환경부 제정

상 수 도 시 설 기 준

2010

한국상하수도협회

시설기준 개정에 따른 경과조치

이 상수도시설기준 개정시점에서 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 종전에 적용하고 있는 상수도시설기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

발 간 사

지금 세계는 지구 온난화로 인해 기상이변이 잦아지고 환경위기가 심화되어 인류생존이 위협을 받고 있습니다. 이러한 기후변화에 대응하기 위해 화석연료 의존도를 낮추고 탄소 배출규제를 강화하는 등 환경보전을 위한 국제적인 논의가 계속되고 있습니다. 우리나라도 '저탄소 녹색성장'을 국가비전으로 천명하고 기후변화 적응 및 에너지자립 기반구축을 통해 신성장 동력을 창출하여 국가위상을 강화하고자 노력하고 있습니다.

물은 생명유지에 필수적인 요소이며, 인간의 기본권리(MDGs)로서 누구에게나 공평하게 서비스되어야 함은 물론 이제는 국가의 안보와도 직결되는 문제가 되고 있습니다. 특히 상수도는 맑고 깨끗한 수돗물을 안정적으로 공급하여 국가경제와 산업발전에 기초가 되는 매우 중요한 시설입니다. 그동안 지자체의 어려운 사정으로 제대로 관리가 되지 못하던 상수도관망을 체계적으로 정비하여 누수를 줄이고 권역별로 급수체계를 조정하여 물이 부족한 곳이 없도록 정부에서도 지원하고 있습니다. 또한 수질의 안전성을 높이고 국민들의 요구수준에 부응하기 위해 막여과나 고도정수처리 도입을 확대하는 등 수도사업 선진화를 통해 녹색성장을 견인할 수 있도록 물산업 육성정책을 추진하고 있습니다.

이번에 새롭게 펴낸 상수도시설기준은 수돗물 공급의 효율성을 높이고 국민의 삶의 질 향상에 기여할 수 있도록 최신 신기술 및 신공법을 도입하여 시대적 변화에 부합할 수 있도록 하였습니다. 기후변화로 인한 가뭄이나 홍수, 지진 등 자연재해에 대응할 수 있도록 관련 기준을 추가하였습니다. 또한 최근 정보·통신기술(IT) 및 환경기술(ET)을 활용하여 시설의 안전성 및 안정성을 제고할 수 있도록 최신의 자료들을 수집 분석하여 국내 여건에 맞도록 반영하였습니다.

이 시설기준이 관련 종사자들에게 실무 지침서로서 현장에서 널리 활용될 수 있기를 바라며, 이번 개정판 발간을 위해 수고해주신 집필위원 및 많은 전문가 분들과 한국상하수도협회 관계자 여러분께 심심한 감사의 마음을 전합니다.

2010년 9월

상하수도정책관 안 문 수

머 리 말

우리나라의 상수도는 1908년 근대식 정수장인 뚝도정수장이 완공된 이후 100년이 지난 지금까지 양적 및 질적으로 많은 발전을 이루고 있다. 이러한 발전을 이루게 된 바탕으로 국가의 설계기준으로 제시되고 있는 「상수도시설기준」의 역할도 많은 영향을 준 것으로 평가되고 있다.

「상수도시설기준」은 1980년에 처음 발간된 이후, 5년을 주기로 하여 그 동안의 기술발전과 경험을 바탕으로 개정되고 있다. 이번 개정에서도 2004년 개정판이 발간된 이후 지난 기간의 기술발전과 설계경험을 반영할 수 있도록 정비· 개편하였다.

금번 「상수도시설기준」 을 개정 집필할 때의 기본방향은 다음과 같다.

(1) 그간 개정된 수도법, 위생안전기준 등 관련 법령과 지침 등의 개정사항을 반영하여 제반 여건 변화에 대응할 수 있는 내용으로 수정하였다. 특히, 「시설기준」에 적합한 시설을 설계하는데 필요한 보편적이고 타당한 정보와 제원을 지금까지 축적된 기술적 지식을 바탕으로 제시하도록 하였다.

(2) 기존 시설 운영에 대한 현황을 분석하여 개선안을 제시하고, 상수도공사 표준시방서, 상수도시설 유지관리 매뉴얼, 유량계 지침 등 각종 업무처리지침 개정사항을 시설기준에 반영하여 신기술 및 신공법 등에 대한 설계기술 및 관리방안을 포함할 수 있도록 하였다.

(3) 갈수, 재해 또는 사고시에도 필요한 물을 안정적으로 공급할 수 있도록 안전성과 안정성을 제고하여, 신뢰성이 높은 상수도시설을 목표로 하여 유지관리가 가능한 상수도시스템을 구축할 수 있도록 시설기준을 보완도록 하였다.

(4) 지진에 대비한 상수도시설의 구축을 위하여 기존에 일부 각 분야에 포함되었던 지진관련 시설기준을 별도의 장으로 마련하여 정리하였으며, 지진에 대비한 상수도시설이 될 수 있도록 구성하도록 하였다.

(5) 상수도시설의 신설이나 확장뿐만 아니라 시설개량이나 시설정비 등에 관하여 고려하는 방식들을 제시하도록 하였다.

(6) 환경보전, 에너지절약, 자원절감에 중점을 두고 상수도시설을 설계하는 것을 목표로 하였다.

이러한 기본적인 집필방침에 따라 개정된 주된 내용은 다음과 같다.

(1) 최근 상수도 통계자료를 반영하고, 최신 관계법령과의 일치 및 전국수도종합계획과 수도정비기본계획과의 관계를 정립하였다.

(2) 기존의 수요예측 방법을 최근 환경부의 “상수도 수요량 예측업무 편람”에 맞추어 수정·보완하였다.

(3) 기후변화에 대비하여 수원의 다원화 원칙 추가 및 가뭄, 홍수, 지진 등의 재해에 대비할 수 있도록 내용을 보완하였다.

(4) 지하수 취수시설에 강변여과수 취수방법 추가하였다.

(5) 계획도수량의 안정적인 공급을 위한 관로의 복선화 또는 네트워크화를 구축토록 내용을 신설하였다.

(6) 현행 수도법 및 수도법시행령에서는 수도용 자재 및 제품의 기준에 대해 명시하고 있기 때문에 국내에서 생산되는 상수도용 관종 및 특성 등의 내용과 현장 여건 및 설계 조건에 따라 설계할 수 있도록 관두께 계산식 등을 삭제하였다.
(7) 수도관의 내용연수에 대하여 지방공기업법 시행규칙에 따르도록 수정하였다.
(8) 설계에 사용되는 각종 계수들은 현장자료를 이용하는 것을 원칙으로 하였으며 수도관의 손실수두계산에 사용되는 유속계수(C계수)도 설계시에 실제 C값을 현장 실정에 맞게 적용하도록 수정하였다.
(9) 정수시설 처리계통에 따라 하위 절의 위치를 재배치하고 국내에서 실제 운영되고 있는 시설의 사례를 추가 반영하였다.
(10) '부식성 제어'와 '맛냄새 제거'에 대한 내용을 별도의 절로 신설 보완하고, "생물처리설비"와 "생물제거설비"는 국내 운전경험이 없는 것을 고려하여 "기타 오염물질"에 포함토록 조정하였다.
(11) 자외선 소독을 "살균설비"에 포함시키며, "제조 차아염소산나트륨용액의 주입"을 "현장제조형 염소발생기"로 분리하여 생성장치 및 발생원리 등 보완하였고, 오존처리설비중 고도산화법(AOP)의 방법별 세부사항을 추가하였다.
(12) 크립토스포리디움 난포낭에 대한 소독 불활성율(정수처리기준) 제정 검토 여건을 반영하여 자외선 소독설비에 해당내용을 추가하였다.
(13) 비상시 대응능력 확보에 대한 내용 추가 및 배수지 설계시 고려사항을 보완하였다.
(14) 계측제어 설비의 정밀도 및 성능 향상을 위한 고려사항을 제시하고 전기설비기술기준 판단기준의 내용을 추가하였다.
(15) 급수기구가 갖추어야 하는 성능기준에 대한 해설 내용을 추가하였다.
(16) 지진시 상수도시설의 급수기능을 최대한 확보하고 2차재해를 발생시킬 가능성을 최소화하기 위해 내진성능 확보에 필요한 최소설계요건을 신설하였다.

본 「상수도시설기준」은 현재까지 파악된 기술수준을 반영하도록 구성되었으나, 이 「시설기준」에 포함된 기술수준보다 더 좋고 더 안전한 수돗물을 생산할 수 있고 안정적으로 공급하도록 설계할 수 있는 기술이 있다면 이를 채택하는 것은 매우 바람직한 설계방향이라고 생각된다.

이번 개정·발간되는 「상수도시설기준」이 앞으로 상수도기술 발전의 비약적인 도약을 위한 받침대가 되기를 기대한다.

끝으로 이번 개정작업을 위해 많은 노력을 해주신 집필진과 자문위원 여러분과 한국상하수도협회의 관계자 여러분께 깊이 감사의 뜻을 표한다.

2010년 9월

상수도시설기준개정 총괄집필위원 현 인 환

차 례

제1장 총론 ····· 1

1.1 총 설 ····· 3

1.1.1 「시설기준」의 특징 ····· 3

1.1.2 상수도시설 계획의 기본적 개념 ····· 3

1.1.3 시설의 개량과 갱신 ····· 5

1.2 기본계획 ····· 6

1.2.1 총칙 ····· 6

1.2.2 기본계획수립 절차 ····· 14

1.2.3 기본방침 수립 ····· 15

1.2.4 기초조사 ····· 17

1.2.5 기본사항의 결정 ····· 30

1.2.6 정비내용의 결정 ····· 34

1.3 설계의 기본사항 ····· 43

1.3.1 총칙 ····· 43

1.3.2 상수도시설의 위치 및 배치 ····· 43

1.3.3 상수도시설의 안전성 확보 ····· 47

1.3.4 설계절차 및 근거기준 ····· 48

1.3.5 설계도면의 작성 ····· 52

1.4 시설구조의 기본사항 ····· 53

1.4.1 총칙 ····· 53

1.4.2 설계하중 및 외력 ····· 54

1.4.3 지반 및 기초 ····· 56

1.4.4 콘크리트 구조물 ····· 58

1.4.5 강 구조물 ····· 59

1.5 상수도용 기자재 및 약품 ····· 60

제2장 수원과 저수시설 ····· 63

2.1 수원 ····· 65
2.1.1 강수특성과 수원확보 ····· 65
2.1.2 수원의 종류와 특성 ····· 66
2.1.3 수원의 선정 ····· 68
2.1.4 수원의 구비요건 ····· 69

2.2 저수시설 ····· 71
2.2.1 총칙 ····· 71
2.2.2 저수시설의 형식 ····· 72
2.2.3 저수시설의 개량과 갱신 ····· 74
2.2.4 조사 ····· 75
2.2.5 계획기준년 ····· 77
2.2.6 저수시설의 유효저수량 결정 ····· 78
2.2.7 구조상의 조건 ····· 84
2.2.8 수질보전대책 ····· 87
2.2.9 다목적저수시설 ····· 89

제3장 취수시설 ····· 99

3.1 총설 ····· 101
3.1.1 기본사항 ····· 101
3.1.2 계획취수량 ····· 101
3.1.3 취수시설의 선정 ····· 102
3.1.4 취수시설의 개량과 갱신 ····· 109

3.2 표류수의 취수 ····· 110
3.2.1 총칙 ····· 110
3.2.2 조사 ····· 110
3.2.3 취수지점의 선정 ····· 117

3.3 취수보 ····· 119
3.3.1 총칙 ····· 119
3.3.2 위치의 구조 ····· 119

3.3.3 가동보 ····· 120
3.3.4 보의 높이 ····· 123
3.3.5 물받이(apron) ····· 124
3.3.6 바닥보호공 ····· 125
3.3.7 취수구 ····· 126
3.3.8 부대설비 ····· 127
3.3.9 방조제 ····· 128
3.4 취수탑 ····· 129
3.4.1 총칙 ····· 129
3.4.2 위치 및 구조 ····· 129
3.4.3 형상 및 높이 ····· 130
3.4.4 취수구 ····· 131
3.4.5 부대설비 ····· 131
3.5 취수문 ····· 132
3.5.1 총칙 ····· 132
3.5.2 위치 및 구조 ····· 132
3.5.3 게이트식 수문 ····· 133
3.5.4 수위조절판(stop log)식 수문 ····· 133
3.5.5 유사시설(溜砂施設 : sand pit) ····· 134
3.5.6 취수문 스크린의 구조 ····· 134
3.5.7 취수문의 크기와 유입속도 ····· 134
3.6 취수관거 ····· 135
3.6.1 총칙 ····· 135
3.6.2 취수구 ····· 135
3.6.3 관거의 구조 ····· 136
3.7 취수틀(intake cribs) ····· 137
3.7.1 총칙 ····· 137
3.7.2 위치 및 구조 ····· 137
3.8 침사지 ····· 138
3.8.1 총칙 ····· 138
3.8.2 위치 및 형상 ····· 138

3.8.3 구조 ····· 138
3.8.4 부대설비 ····· 140
3.9 지하수의 취수 ····· 140
3.9.1 총칙 ····· 140
3.9.2 조사 ····· 141
3.9.3 취수지점의 선정 ····· 146
3.9.4 채수층의 결정 ····· 148
3.9.5 양수량의 결정 ····· 150
3.10 집수매거(infiltration galleries) ····· 159
3.10.1 총칙 ····· 159
3.10.2 위치 및 구조 ····· 159
3.10.3 집수개구부(공) ····· 161
3.10.4 경사 및 거내유속 ····· 161
3.10.5 접합정 ····· 161
3.10.6 조인트와 되메우기 ····· 162
3.11 얕은 우물(천정호 : shallow wells) ····· 164
3.11.1 총칙 ····· 164
3.11.2 형상 및 구조 ····· 165
3.11.3 방사상 집수정 ····· 167
3.11.4 여러 개의 우물배치 ····· 168
3.11.5 부대설비 ····· 169
3.12 깊은 우물(심정호 : deep wells) ····· 169
3.12.1 총칙 ····· 169
3.12.2 착정 ····· 170
3.12.3 구조 ····· 173
3.12.4 여러 개의 우물 배치 ····· 175
3.12.5 우물용 스크린 ····· 175
3.12.6 부대설비 ····· 177
3.13 용천수의 취수시설 ····· 177

제4장 도수시설 ····· 179

4.1 총설 ····· 181
4.1.1 기본사항 ····· 181
4.1.2 계획도수량 ····· 181
4.1.3 도수방식 ····· 182
4.1.4 도수노선 ····· 183
4.2 도수관 ····· 184
4.2.1 총칙 ····· 184
4.2.2 관종 ····· 186
4.2.3 관경 ····· 187
4.2.4 유속 ····· 190
4.2.5 불안정한 지반에서의 관 매설 ····· 191
4.2.6 매설위치 및 깊이 ····· 192
4.2.7 접합정 ····· 193
4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브 ····· 194
4.2.9 공기밸브 ····· 198
4.2.10 배수(drain)설비 ····· 201
4.2.11 맨홀과 점검구 ····· 204
4.2.12 관로보호설비(수격방지 설비) ····· 204
4.2.13 신축이음관 ····· 205
4.2.14 관의 기초 ····· 206
4.2.15 이형관 보호 ····· 210
4.2.16 관로의 표식 ····· 239
4.2.17 전식 및 부식 방지 ····· 243
4.2.18 수압시험 ····· 250
4.2.19 수관교와 교량첨가관 ····· 251
4.2.20 하저횡단(역사이펀관) ····· 255
4.2.21 철도 및 간선도로 횡단 ····· 256
4.2.22 추진공법 ····· 257
4.2.23 쉬일드(shield)공법 ····· 262
4.2.24 전용도로 ····· 265
4.2.25 펌프설비 ····· 266
4.3 도수거 ····· 266

4.3.1 총칙 ····· 266
4.3.2 구조 ····· 266
4.3.3 유속 ····· 268
4.3.4 접합정 ····· 270
4.3.5 월류설비와 순찰도로 ····· 270
4.3.6 도수터널 ····· 271
4.3.7 수로교 ····· 273
4.4 원수조정지 ····· 273

제5장 정수시설 ····· 275

5.1 총설 ····· 277
5.1.1 기본사항 ····· 278
5.1.2 조사 ····· 281
5.1.3 계획정수량과 시설능력 ····· 286
5.1.4 정수처리방법과 정수시설의 선정 ····· 288
5.1.5 배출수 처리 ····· 298
5.1.6 정수시설의 배치계획 ····· 301
5.1.7 수질관리 ····· 304
5.1.8 시설개량과 갱신 ····· 305
5.1.9 안전대책 ····· 308
5.2 착수정 ····· 311
5.2.1 총칙 ····· 311
5.2.2 구조와 형상 ····· 312
5.2.3 용량과 설비 ····· 313
5.3 응집용 약품주입설비 ····· 314
5.3.1 총칙 ····· 314
5.3.2 응집제 ····· 315
5.3.3 pH조정제(산제・알칼리제) ····· 319
5.3.4 응집보조제 ····· 322
5.3.5 검수설비와 저장설비 ····· 323
5.3.6 주입설비 ····· 325

5.4 응집지 ····· 327
5.4.1 총칙 ····· 327
5.4.2 급속혼화시설(혼화지 포함) ····· 328
5.4.3 플록형성지 ····· 331
5.5 침전지 ····· 339
5.5.1 총칙 ····· 339
5.5.2 횡류식 침전지의 구성과 구조 ····· 342
5.5.3 횡류식 침전지의 용량과 평균유속 ····· 345
5.5.4 경사판(관) 등의 침전지 ····· 346
5.5.5 고속응집침전지 ····· 352
5.5.6 정류설비와 유출설비 ····· 357
5.5.7 슬러지 배출설비 ····· 360
5.5.8 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관 ····· 365
5.6 용존공기부상(dissolved air flotation; DAF) ····· 366
5.6.1 총칙 ····· 366
5.6.2 플록형성지 ····· 367
5.6.3 용존공기부상지 ····· 367
5.6.4 예비침전지 ····· 370
5.6.5 DAF와 다른 공정과의 조합 ····· 371
5.7 급속여과지 ····· 372
5.7.1 총칙 ····· 372
5.7.2 구조와 방식 ····· 375
5.7.3 여과면적과 지수 및 형상 ····· 377
5.7.4 여과유량조절 ····· 378
5.7.5 여과속도 ····· 380
5.7.6 여과층의 두께와 여재 ····· 381
5.7.7 자갈층 두께와 여과자갈 ····· 385
5.7.8 하부집수장치 ····· 387
5.7.9 수심과 여유고 ····· 392
5.7.10 세척방식 ····· 393
5.7.11 역세척수량 등 ····· 404
5.7.12 세척탱크와 세척펌프 등 ····· 406

5.7.13 세척배출수거와 트로프 ····· 408
5.7.14 급속여과지의 배관(渠)과 밸브류 ····· 410
5.7.15 배관랑과 조작실 ····· 412
5.7.16 다층여과지 ····· 414
5.7.17 자연평형형 여과지 ····· 417
5.7.18 기타 형식의 여과지 ····· 421
5.7.19 직접여과(direct filtration) ····· 423
5.7.20 내부여과(in-line filtration) ····· 424
5.7.21 여과시설의 정수처리기준 준수 ····· 425

5.8 완속여과지 ····· 430

5.8.1 총칙 ····· 430
5.8.2 구조와 형상 ····· 433
5.8.3 여과속도 ····· 435
5.8.4 여과면적과 여과지수 ····· 435
5.8.5 모래층두께와 여과모래 ····· 436
5.8.6 자갈층의 두께와 여과자갈 ····· 437
5.8.7 하부집수장치 ····· 437
5.8.8 수심과 여유고 ····· 438
5.8.9 조절정 ····· 439
5.8.10 여과수의 역송장치 ····· 440
5.8.11 유입설비 ····· 440
5.8.12 월류관 ····· 441
5.8.13 배수관 ····· 441
5.8.14 세사설비 등 ····· 442

5.9 정수지 ····· 444

5.9.1 총칙 ····· 444
5.9.2 구조와 수위 ····· 444
5.9.3 정수지의 용량 ····· 449
5.9.4 유입관, 유출관 및 우회관 ····· 451
5.9.5 월류관과 배수(排水)설비 ····· 454
5.9.6 환기 및 출입설비 ····· 456
5.9.7 수위계 등 ····· 457

5.10 부식성 개선 ····· 458
5.10.1 총칙 ····· 458
5.10.2 부식억제제 ····· 458
5.10.3 수질조정을 통한 수돗물 부식성 개선 ····· 460
5.10.4 수질변화 및 부식성 평가 ····· 464
5.11 소독설비 ····· 464
5.11.1 총칙 ····· 464
5.11.2 염소제의 종류, 주입량 및 주입장소 ····· 465
5.11.3 저장설비 ····· 470
5.11.4 주입설비 ····· 475
5.11.5 현장제조형 염소발생기 ····· 482
5.11.6 염소주입제어 ····· 485
5.11.7 보안용구 ····· 486
5.11.8 제해설비 ····· 487
5.11.9 배관 기타 ····· 489
5.11.10 이산화염소 주입 ····· 490
5.12 전염소·중간염소처리 ····· 492
5.12.1 총칙 ····· 492
5.12.2 전염소처리 ····· 493
5.12.3 중간염소처리 ····· 494
5.13 폭기설비 ····· 495
5.13.1 총칙 ····· 495
5.13.2 폭기방식 ····· 496
5.14 오존처리설비 ····· 501
5.14.1 총칙 ····· 501
5.14.2 오존처리공정의 배열과 주입률 ····· 504
5.14.3 오존발생장치와 주입설비 ····· 506
5.14.4 배오존설비 ····· 515
5.14.5 안전설비 등 ····· 520
5.15 자외선 소독설비 ····· 521
5.15.1 총칙 ····· 521

5.15.2 자외선 소독장비 ····· 523
5.15.3 자외선반응조 ····· 524
5.15.4 자외선 소독시설의 구성 ····· 524
5.15.5 자외선 램프의 종류 ····· 525
5.15.6 장치의 형식 ····· 526
5.16 분말활성탄 흡착설비 ····· 526
5.16.1 총칙 ····· 526
5.16.2 정수처리공정과의 조합과 품질 ····· 528
5.16.3 검수설비와 저장설비 ····· 530
5.16.4 주입설비 ····· 531
5.17 입상활성탄 흡착설비 ····· 533
5.17.1 총칙 ····· 533
5.17.2 처리공정의 선정 ····· 536
5.17.3 흡착설비의 계획 ····· 543
5.17.4 흡착설비 ····· 551
5.17.5 세척설비 ····· 552
5.17.6 저장설비, 계량설비 및 이송설비 ····· 554
5.17.7 재생설비 ····· 559
5.18. 막여과시설 ····· 562
5.18.1 총칙 ····· 562
5.18.2 막여과 정수시설 ····· 565
5.18.3 전처리설비 ····· 569
5.18.4 막과 막모듈 ····· 570
5.18.5 막여과설비 ····· 575
5.18.6 후처리설비 ····· 580
5.18.7 막세척과 배출수처리 ····· 580
5.18.8 기계・전기설비 ····· 583
5.18.9 부속설비 ····· 584
5.18.10 유지관리 ····· 586
5.19 맛·냄새 제거 ····· 586
5.19.1 총칙 ····· 586
5.19.2 맛・냄새 원인물질 ····· 587

5.19.3 맛·냄새 물질의 제거 ····· 593
5.20 철·망간 제거설비 ····· 596
5.20.1 총칙 ····· 596
5.20.2 철 제거설비 ····· 598
5.20.3 망간 제거설비 ····· 600
5.20.4 망간모래의 접촉산화작용 ····· 604
5.21 기타 오염물질 처리 ····· 607
5.21.1 총칙 ····· 607
5.21.2 pH 조정 ····· 607
5.21.3 침식성유리탄산 제거 ····· 611
5.21.4 불소주입 및 제거 ····· 612
5.21.5 비소 제거 ····· 614
5.21.6 색도 제거 ····· 618
5.21.7 소독부산물 대책 ····· 618
5.21.8 휘발성유기화합물 대책 ····· 619
5.21.9 음이온계면활성제의 제거 ····· 621
5.21.10 질산성질소 제거 ····· 622
5.21.11 경수연화(경도 저감) ····· 626
5.21.12 조류제거 대책 ····· 627
5.21.13 생물학적 처리 ····· 630
5.22 해수담수화시설 ····· 635
5.22.1 총칙 ····· 635
5.22.2 해수담수화방식의 선정 ····· 636
5.22.3 해수담수화시설 ····· 638
5.22.4 원수설비 ····· 642
5.22.5 조정설비 ····· 646
5.22.6 역삼투막 및 막모듈 ····· 650
5.22.7 역삼투설비 ····· 655
5.22.8 방류설비 ····· 661
5.22.9 약품주입설비 ····· 665
5.22.10 기계·전기·계측제어설비 ····· 666
5.23 배출수 및 슬러지처리 시설 ····· 668

5.23.1 총칙 ····· 668
5.23.2 계획배출수 처리량 ····· 677
5.23.3 배출수지 ····· 678
5.23.4 역세척배출수 침전시설 ····· 680
5.23.5 배슬러지지 ····· 681
5.23.6 농축조 ····· 681
5.23.7 방류수 TMS(Tele-Monitoring System) 구축 ····· 686
5.23.8 천일건조상 ····· 687
5.23.9 탈수기 ····· 690
5.23.10 탈수슬러지의 처분 ····· 696
5.24 구내배관과 수로 ····· 699
5.24.1 총칙 ····· 699
5.24.2 연결관과 연결수로 ····· 700
5.24.3 평균유속 ····· 702
5.25 관리용 건물 ····· 710
5.25.1 총칙 ····· 710
5.25.2 배치와 구성 ····· 711
5.25.3 면적 ····· 715
5.25.4 구조 ····· 717
5.25.5 건축설비와 기타 ····· 717
5.26 유량측정설비 ····· 718
5.26.1 총칙 ····· 718
5.26.2 측정방식 ····· 718
5.27 수질시험설비 ····· 723
5.27.1 총칙 ····· 723
5.27.2 수질시험실 규모 ····· 724
5.27.3 수질모니터링 설비 ····· 729
5.27.4 수질시험실의 설치장소 및 구조와 구성 ····· 733
5.27.5 수질시험실의 건축설비 ····· 739
5.27.6 수질시험실의 시험설비 ····· 740
5.27.7 시험실 폐액 및 배기 처리 ····· 741

5.28 보안설비, 동결방지 대책 ····· 741
5.28.1 총칙 ····· 741
5.28.2 보안설비 ····· 741
5.28.3 동결방지 대책 ····· 742

제6장 송수시설 ····· 745

6.1 총설 ····· 747
6.1.1 기본사항 ····· 747
6.1.2 계획송수량 ····· 747
6.1.3 송수방식 ····· 748
6.1.4 송수노선 ····· 749
6.2 송수관 ····· 749
6.2.1 총칙 ····· 749
6.2.2 관종 ····· 749
6.2.3 관경 ····· 749
6.2.4 유속 ····· 750
6.2.5 불안정한 지반에서의 관 부설 ····· 750
6.2.6 매설위치 및 깊이 ····· 750
6.2.7 부속설비 ····· 750
6.2.8 관로보호설비 ····· 750
6.2.9 신축조인트 ····· 750
6.2.10 관의 기초 ····· 750
6.2.11 이형관 보호 ····· 750
6.2.12 관로의 표식 ····· 750
6.2.13 전식 및 부식 방지 ····· 751
6.2.14 수압시험 ····· 751
6.2.15 수관교와 교량첨가관 ····· 751
6.2.16 하저횡단(역사이펀관) ····· 751
6.2.17 해저송수관 ····· 751
6.2.18 추진공법 ····· 753
6.2.19 쉬일드공법 ····· 753

6.2.20 펌프설비 ····· 753
6.3 조정지 ····· 753

제7장 배수시설 ····· 755

7.1 총설 ····· 757
7.1.1 기본사항 ····· 757
7.1.2 배수구역의 설정 ····· 761
7.1.3 계획배수량 ····· 763
7.1.4 시간계수 ····· 764
7.1.5 소화용수량 ····· 765
7.1.6 배수시설의 배치 ····· 767
7.1.7 배수방식의 선정 ····· 769
7.1.8 배수시설의 개량과 갱신 ····· 770
7.1.9 직결급수 ····· 771
7.2 배수지 ····· 772
7.2.1 총칙 ····· 772
7.2.2 구조 및 형상 ····· 774
7.2.3 용량 ····· 774
7.2.4 위치와 높이 ····· 779
7.2.5 유효수심과 수위 ····· 780
7.2.6 여유고와 바닥경사 ····· 780
7.2.7 유입관, 유출관 및 우회관 ····· 780
7.2.8 월류관과 배수(排水)설비 ····· 782
7.2.9 환기장치, 맨홀 및 검수구 ····· 782
7.2.10 수위계, 채수설비 등 ····· 782
7.2.11 추가염소소독설비 ····· 782
7.2.12 배수지의 상부이용 ····· 782
7.3 배수탑과 고가탱크 ····· 783
7.3.1 총칙 ····· 783
7.3.2 구조 ····· 785
7.3.3 위치와 높이 ····· 786

7.3.4 용량 ····· 787
7.3.5 수심 ····· 787
7.3.6 기초와 지주 ····· 788
7.3.7 유입관과 유출관 ····· 789
7.3.8 월류설비와 배수(排水)설비 ····· 789
7.3.9 환기장치, 맨홀 및 검수구 ····· 790
7.3.10 수위계, 채수설비 등 ····· 790
7.4 배수관 ····· 790
7.4.1 총칙 ····· 790
7.4.2 관종 ····· 791
7.4.3 수압 ····· 791
7.4.4 관경 ····· 792
7.4.5 매설 위치와 깊이 ····· 794
7.4.6 신축이음관 ····· 797
7.4.7 관의 기초 ····· 797
7.4.8 이형관 보호 ····· 797
7.4.9 관로의 표식 ····· 797
7.4.10 전식 및 부식방지 ····· 798
7.4.11 수압시험 ····· 798
7.4.12 위험한 접속(dangerous connection) ····· 798
7.4.13 수관교와 교량첨가관 ····· 798
7.4.14 하저횡단(역사이펀관) ····· 798
7.4.15 추진공법 ····· 798
7.4.16 쉬일드(shield)공법 ····· 798
7.4.17 공동구 내의 배관 ····· 799
7.4.18 부단수공법 ····· 800
7.4.19 기존관내 부설공법 및 기타 특수공법 ····· 802
7.4.20 관의 갱생 ····· 804
7.5 부속설비 ····· 809
7.5.1 총칙 ····· 809
7.5.2 차단용 밸브와 제어용 밸브 ····· 810
7.5.3 공기밸브 ····· 810

7.5.4 소화전 ····· 810
7.5.5 감압밸브와 안전밸브 ····· 813
7.5.6 유량계와 수압계 ····· 815
7.5.7 배수(排水)설비 ····· 816
7.5.8 맨홀과 점검구 ····· 816
7.5.9 수질측정장치 ····· 816
7.5.10 펌프설비 ····· 816

제8장 기계 및 전기·계측제어설비 ····· 817

8.1 총설 ····· 819
8.1.1 기본사항 ····· 819
8.1.2 관계법령 ····· 820
8.1.3 설비의 개량·교체 ····· 821
8.1.4 지진 등의 재해대책 ····· 822

8.2 펌프설비 ····· 823
8.2.1 총칙 ····· 823
8.2.2 펌프설비의 계획 ····· 823
8.2.3 계획수량과 대수 ····· 825
8.2.4 펌프의 형식 선정 ····· 826
8.2.5 펌프의 제원 ····· 830
8.2.6 펌프의 형식과 운전점 ····· 835
8.2.7 캐비테이션(공동현상) ····· 846
8.2.8 펌프계의 수격작용 ····· 851
8.2.9 펌프설치와 부속설비 ····· 859

8.3 펌프의 제어 ····· 864
8.3.1 총칙 ····· 864
8.3.2 자동운전용기기 ····· 865
8.3.3 유량제어 ····· 868
8.3.4 압력제어 ····· 869
8.3.5 보호장치 ····· 870

8.4 전동기 ····· 871

8.4.1 총칙 ····· 871
8.4.2 전동기의 선정 ····· 872
8.4.3 기동방식 ····· 873
8.4.4 회전속도제어 ····· 876
8.4.5 보호장치 ····· 880
8.5 밸브 ····· 881
8.5.1 총칙 ····· 881
8.5.2 밸브의 용도와 종류 ····· 882
8.5.3 밸브의 선정 ····· 890
8.5.4 밸브의 압력기준 ····· 902
8.5.5 밸브의 구동장치 ····· 905
8.6 각종 기계설비 ····· 909
8.6.1 총칙 ····· 909
8.6.2 수처리 기계설비 ····· 909
8.6.3 공기공급원 장치 ····· 915
8.6.4 크레인・호이스트 ····· 918
8.6.5 환기・공조설비 ····· 920
8.6.6 용존공기부상지(DAF)의 기계설비 ····· 923
8.7. 전기설비 ····· 927
8.7.1 총칙 ····· 927
8.7.2 기본설계 ····· 927
8.7.3 수전계획 ····· 929
8.7.4 수・변전설비 ····· 932
8.7.5 보호 및 안전설비 ····· 936
8.7.6 배전설비 ····· 938
8.7.7 동력설비 ····· 940
8.7.8 역률개선 설비 ····· 941
8.7.9 무정전 전원장치 ····· 944
8.7.10 직류전원장치 ····· 945
8.7.11 방재설비 ····· 946
8.8 비상용 전원설비 ····· 947
8.8.1 총칙 ····· 947

8.8.2 기본설계 ····· 947
8.8.3 기종 ····· 948
8.8.4 출력 ····· 950
8.8.5 부대시설 ····· 951
8.9 기계실과 전기실 ····· 953
8.9.1 총칙 ····· 953
8.9.2 기계실 ····· 954
8.9.3 전기실 ····· 954
8.9.4 조명 설비 ····· 955
8.9.5 소음방지 등 ····· 956
8.10 계측제어설비 ····· 958
8.10.1 총칙 ····· 958
8.10.2 안전대책 ····· 959
8.11 계측제어용 기기 ····· 960
8.11.1 총칙 ····· 960
8.11.2 유량계측 ····· 961
8.11.3 수위계측 ····· 968
8.11.4 압력계측 ····· 972
8.11.5 수질계측 ····· 973
8.11.6 기타계측 ····· 981
8.11.7 지시·기록용 기기 ····· 981
8.11.8 조절기기 ····· 982
8.11.9 신호변환용 기기 ····· 984
8.11.10 기타기기 ····· 984
8.12 감시제어설비 ····· 985
8.12.1 총칙 ····· 985
8.12.2 감시조작설비 ····· 987
8.12.3 제어설비 ····· 994
8.12.4 전송설비 ····· 996
8.12.5 중앙운영실 ····· 1003
8.12.6 계측제어용 전원 ····· 1004

8.13 시설별 계측제어 ····· 1005
8.13.1 총칙 ····· 1005
8.13.2 저수 및 취수시설 ····· 1005
8.13.3 도수시설 ····· 1008
8.13.4 착수정 ····· 1008
8.13.5 응집용 약품주입설비 ····· 1009
8.13.6 플록형성지와 침전지 ····· 1010
8.13.7 여과지 ····· 1011
8.13.8 정수지(배수지) ····· 1014
8.13.9 소독설비 ····· 1015
8.13.10 전·중간염소처리 설비 ····· 1017
8.13.11 알칼리제·산제 주입설비 ····· 1018
8.13.12 활성탄 흡착설비 ····· 1019
8.13.13 오존처리설비 ····· 1020
8.13.14 막여과설비 ····· 1022
8.13.15 용존공기부상지(DAF) 설비 ····· 1023
8.13.16 해수담수화설비(역삼투막설비) ····· 1025
8.13.17 배출수처리 설비 ····· 1028
8.13.18 송수시설 ····· 1030
8.13.19 배수(配水)시설 ····· 1031
8.13.20 펌프설비 ····· 1033
8.14 무인운전설비 ····· 1037
8.14.1 총칙 ····· 1037
8.14.2 시설의 무인화 ····· 1037
8.15 컴퓨터시스템 ····· 1039
8.15.1 총칙 ····· 1039
8.15.2 컴퓨터시스템 계획 ····· 1041
8.15.3 컴퓨터시스템 설계 ····· 1043
8.15.4 컴퓨터시스템의 하드웨어 구축 ····· 1044
8.15.5 컴퓨터시스템의 소프트웨어 구축 ····· 1045
8.15.6 컴퓨터 응용시스템 ····· 1047
8.15.7 컴퓨터시스템의 유지관리 ····· 1051

8.16 정밀도 및 성능향상을 위한 고려사항 ····· 1052

제9장 급수설비 ····· 1057

9.1 총설 ····· 1059
9.1.1 급수설비의 의의 ····· 1059
9.1.2 급수방식 ····· 1060
9.1.3 구조 및 재질 ····· 1064
9.1.4 급수공사 ····· 1064
9.2 급수관 ····· 1065
9.2.1 총칙 ····· 1065
9.2.2 계획사용수량 ····· 1065
9.2.3 관경 ····· 1072
9.2.4 관종 ····· 1080
9.2.5 관의 분기 ····· 1083
9.2.6 배관 ····· 1084
9.2.7 위험한 접속 ····· 1088
9.2.8 매설심도 ····· 1088
9.2.9 보호공 ····· 1089
9.3 급수기구 ····· 1090
9.3.1 총칙 ····· 1090
9.3.2 분수전 ····· 1092
9.3.3 수도꼭지 ····· 1094
9.3.4 밸브류 ····· 1094
9.3.5 절수형 급수기구 ····· 1106
9.4 수도미터 ····· 1109
9.4.1 총칙 ····· 1109
9.4.2 종류, 구조 및 선정 ····· 1109
9.4.3 성능 ····· 1116
9.4.4 수도미터 설치와 보호통 ····· 1120
9.4.5 수도미터의 원격검침 ····· 1122

9.5 저수조 이하의 설비 ····· 1130
9.5.1. 총칙 ····· 1130
9.5.2 지하저수조 ····· 1130
9.5.3 고가수조 ····· 1133
9.5.4 가정용 소형수조 ····· 1135
9.5.5 펌프직송 급수방식 ····· 1135
9.5.6 배관설비 ····· 1135
9.6 수질관리 대책 ····· 1136
9.6.1 총칙 ····· 1136
9.6.2 수질을 고려한 기자재의 선정 ····· 1137
9.6.3 역류방지(anti-reverse flow) ····· 1139
9.7 한랭지 대책 ····· 1144
9.7.1 총칙 ····· 1144
9.7.2 한랭지에서의 설계의 기본사항 ····· 1144
9.7.3 시공 ····· 1146
9.7.4 동결방지용 보온재 ····· 1147
9.7.5 동결사고의 처리 ····· 1148

제10장 내진설계 ····· 1159

10.1 총설 ····· 1161
10.1.1 목적 ····· 1161
10.1.2 적용범위 ····· 1161
10.2 내진설계 일반 ····· 1162
10.2.1 내진설계의 기본방침 ····· 1162
10.2.2 시설물의 분류와 내진등급 ····· 1163
10.2.3 설계거동한계 및 등급별 내진설계 목표 ····· 1163
10.2.4 설계지반운동 수준 및 표현 방법 ····· 1164
10.3 지진해석 및 내진설계 방법 ····· 1168
10.3.1 입지조건 ····· 1168
10.3.2 지반조사 ····· 1169

10.3.3 하중 ····· 1171
10.3.4 기본적인 지진해석 및 설계 방법 ····· 1171
10.3.5 급수기능 확보를 위한 내진설계 ····· 1172
10.4 품질보증에 대한 기본적인 사항 ····· 1173
10.4.1 일반사항 ····· 1173
10.4.2 설계품질관리 ····· 1173
10.4.3 시공품질관리 ····· 1173
10.4.4 유지관리 ····· 1173
10.4.5 지진기록 계측에 관한 요구사항 ····· 1173

제 1 장

총 론

제1장 총 론

1.1 총 설

1.1.1 「시설기준」의 특징

상수도의 기본법인 『수도법』은 수도에 관한 종합적인 계획을 수립하고 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리함으로써 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 이바지함을 목적으로 제정되었다.

『수도법』의 목적을 달성하기에 적합한 상수도 시설에 대한 기준이 『수도법』 제18조와 이에 부수되는 수도법 시행령 제29조와 수도법 시행규칙 제9조에 규정되어 있다. 상수도시설은 규정된 '시설기준'에 합당하도록 계획되고 설계되어야 한다. 그러나 현행 법령에 규정되어 있는 시설기준은 상수도시설로서 반드시 갖추어야 할 원칙들을 수록하였으므로 상수도시설의 세부적인 사항들을 계획하고 설계함에 있어 참고로 할 수 있는 상세한 기준이 필요하다. 이러한 역할을 담당하기 위하여 『상수도시설기준』이 1980년에 처음 제정되어 2004년까지 수차에 걸쳐서 개정·보완되어 왔으며 금번에도 지난 개정이래 축적된 선진기술들이 반영된 『상수도시설기준』이 개정·발간되게 되었다.

1. 본 『상수도시설 시설기준』(이하 『시설기준』이라 함)은 수도사업자가 자기책임을 전제로 하여 지역특성이나 독자성을 갖춘 시설을 계획하고 설계하는데 참고가 되도록 기술하였다. 또한 『수도법』의 시설기준은 상수도시설의 세부적인 부분이 구체적으로 규정되어 있지 않아서, 이 『시설기준』에는 수도사업자가 원활하게 상수도시설을 계획하고 설계하는데 참고가 될 수 있도록 상수도 시설의 세부적인 사항들이 구체적으로 기술되었다.
2. 본 『시설기준』에는 2004년에 개정·발간되었던 『상수도시설기준』이래 상수도에 적용되었거나 적용 필요성이 있는 부분이 보완되었고, 외국에서 사용되는 기술과 새로이 적용된 기술도 포함되도록 하여 본 『시설기준』이 상수도시설의 질적 향상에 기여하고, 안전하고 합리적인 세부시설기준으로 사용되도록 하였다.
3. 상수도 사업이 기후변화에 대한 적응, 통합관리 등 새로운 과제에 적절하게 대응할 수 있도록 상수도시스템의 유기적인 시설계획의 중요성과 함께 시설을 개량하고 갱신할 경우에 고려해야 할 사항이 포함되었다.

1.1.2 상수도시설 계획의 기본적 개념

2007년 12월말을 기준으로 상수도 보급률은 92.5 %에 달하여 국민의 대부분이 수돗물을 이용하게 되었으나 안전한 수질에 대한 기대치와 요구가 매우 높아지고 있다. 이에 따라 상수도시설 계획에는 보급률 확대를 위한 시설확장계획과 함께, 공급의 안정성과 수질의 안전성을 확보하고 서비스 수준 향

상을 위한 질적인 시설정비계획이 필요하게 되었다. 구체적으로는 가뭄, 지진, 태풍, 홍수 등 각종 재해와 수질사고 시에도 안정적으로 안전하고 맛있는 물을 공급하는 것이 상수도시설 계획의 목표로 되어야 한다.

한편 「수도법시행령」 제29조와 「수도법시행규칙」 제9조의 '시설기준'은 상수도로서 구비되어야 하는 최소한의 기능을 정한 것이다. 따라서 수도사업자는 이 기능들을 만족시키면서 자기책임의 범위 내에서 사용자의 요구 등을 감안하고 지역의 특성이나 재정상황에 따라 지속적으로 시설을 향상시키는 것을 목표로 하는 것이 바람직하다.

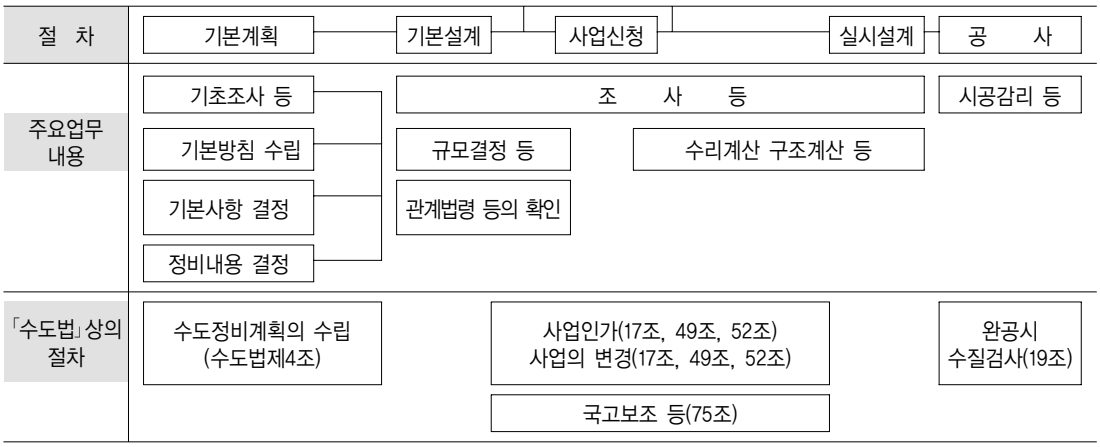
그러나 요구되는 수준의 구체적인 목표나 그것을 달성하는 과정이 각 상수도사업이 처한 자연적·사회적·재정적인 조건에 따라 크게 달라지기 때문에 각 사업자는 지역의 특성 등을 감안하여 상수도시설에 관한 진취적이고 독자적인 계획목표를 설정해야 한다. 또한 사업 내용과 재정 상황에 따라 목표가 달성되는데 장기간이 소요될 수 있으므로 장기적인 비전에 의한 종합적인 기본계획이 수립되어야 한다.

수도사업자가 기본계획을 수립하거나 사업을 실시할 때에는 다음 사항에 유의해야 한다.

1. 상수도시설은 10년 이상의 오랜 기간 동안 기능을 발휘하여야 하므로 상수도시설 계획은 국가나 지방자치단체가 수립한 장기적인 지역계획이나 사회적 환경 또는 '전국수도종합계획' 등의 상위계획과 부합되도록 하는 것이 중요하다. 구체적으로는 합리적인 상위계획에 바탕을 둔 인구동향의 예측이나 경제성장률 등이 반영된 정확한 수요예측에 의하여 장래계획이 수립되어야 한다.
2. 평상시의 급수는 물론 지진, 가뭄, 홍수 등의 재해 시 및 사고 등의 비상시에도 급수의 안정성을 확보해야 한다. 이를 위하여 일상적인 수선과 유지관리가 가능하도록 적정한 예비용량이 확보되어야 하고, 사고 시에도 안정적인 공급이 가능하도록 합당한 여유용량이 유지되도록 하여야 한다.
3. 안정성과 안전성이 높으면서도 경제적인 상수도사업이 운영되기 위해서는 상수원으로부터 수도꼭지에 이르기까지 상수도의 각 시설들은 비상시에 대비한 여유용량이 확보되면서도 일부 시설들이 기능상 과도하거나 과소하지 않도록 계획되어야 하며, 일관된 원칙하에서 건설비용과 유지관리비용 등 총 비용이 저감되도록 계획되어야 한다.
4. 시설의 배치와 구조는 노후화와 기술의 발전에 대비하여 장래에도 개량과 갱신이 용이하도록 설치되어야 한다. 또한 운전·관리 설비는 유지관리하기 용이하면서도 오작동이 없는 시스템이 구축되어야 하며, 점차 자동화·무인화 되는 추세에 있으므로 부분적이고 일시적인 기계적·인간적 오류가 전체 운전에 심각한 영향을 미치지 않도록 계획되어야 한다.
5. 수도사업자는 사용자에게 사업의 필요성이나 효과를 알기 쉽게 설명해야 할 필요가 있다. 또한 시간이 흐름에 따라 상수도 계획을 입안할 당시의 상황과 현재의 사회적 요구가 일치하지 않는 경우도 있으므로 사업을 정기적으로 재평가해야 할 필요성이 있다.
6. 지구온난화, 기후이변, 사막화 등 전 지구 규모의 환경변화가 심각해지고 있는 데 대한 대응으로 자원과 에너지절약, 녹색에너지 활용 확대 등 녹색성장 대책이 요청되고 있다. 수도사업자는 에너지 이용효율을 높이고 수도시설 부지를 이용한 녹색에너지의 생산과 활용, 환경관리시스템을 도입하는 등 환경보전에 적극 노력하여야 한다.

이 「지침」은 이러한 사항들을 충분히 고려하여, 다음 시대의 새로운 상수도시스템 구축에 이바지하는 것을 목표로 작성된 것이다.

또 상수도시설의 설계는 관련되는 법령이나 기준에 부합해야 하는 것은 물론이고 상수도시설이 토목·건축·기계·전기·계측제어 등의 각 분야에 걸치는 기술로 구성된 종합시스템이므로 전체로서 조화된 시설이 되도록 하는 것이 바람직하다. 상수도시설의 기본계획으로부터 설계와 공사에 이르기까지 일반적인 흐름은 다음 〔그림 1.1.1〕과 같다.



[그림 1.1.1] 상수도시설의 기본계획 및 정비절차

1.1.3 시설의 개량과 갱신

2008년은 우리나라에 근대 상수도가 도입된 지 100년이 되던 해이었다. 1950년 한국전쟁의 폐허 위에 다시 재건되기 시작된 상수도시설은 지난 2007년 말 28,455천㎥/일의 시설용량을 갖추고 일 평균 15,657천㎥를 생산하고 있다. 시설용량이 생산수량을 능가하고 있으므로 상수도사업은 신설과 확장에서부터 노후시설의 개량과 갱신으로 사업의 중심이 옮겨져 가고 있다. 따라서 지속적으로 급수의 안정성과 안전성을 유지하기 위해서는 합리적인 계획 하에 시설을 개량하고 갱신해 가는 것이 중요하다.

계획을 수립하거나 사업을 추진할 때에는 다음 사항에 유의해야 한다.

1. 시설을 개량하고 갱신하는 데는 막대한 자본을 투자해야 하지만, 시설개량은 시설확장과는 달리 요금수입의 증가로 이어지지 않으므로 적절한 시기를 놓칠 우려가 있다. 따라서 수도사업자는 장기적인 재정과의 균형을 고려하여 과학적인 방법으로 계획을 수립하고 착실히 추진해야 한다.
2. 개별시설이 개선될 때에도 신설 및 확장과 같이 물수요나 원수수질의 동향, 수요자의 요구나 자연 및 사회 환경의 변화 등 그 시설이 사용되는 기간의 상황 등이 충분히 고려되어야 한다. 또한 갱신되거나 개량되는 부분의 시설뿐만 아니라 상수도시스템 전체의 관점에서 개선사항의 적정성이 고려되고 검토되어야 한다.
3. 안정급수에 지장이 없도록 비상시를 대비한 예비용량이 충분히 확보되어야 하고, 정수시설은 복

수계열화 시켜 개량과 갱신 등 시설정비 때에도 원활한 급수가 가능하도록 계획되어야 한다. 예를 들면, 정수시설 등이 갱신되는 경우에는 시설용량의 감소가 불가피할 경우가 있다. 이 때문에 사전에 예비용량 등이 확보되어야 하고 시설은 계열화 되어야 한다. 또 관로시설은 누수사고 또는 노후관망이 교체되는 경우에도 탄력적인 운영이 가능하도록 설치되어야 한다.

4. 평소 유지관리 시에 도출된 문제점들이 시설개량과 갱신계획에 반영되어 유지관리의 안정성과 운영의 효율성이 향상되도록 해야 한다. 또한 시설의 개량·갱신은 상수도시스템의 질적인 향상이 수반되도록 하여야 하며, 적합한 시기에 장기적인 관점에서 적극적이고 계획적으로 추진되어야 한다.

1.2 기본계획

1.2.1 총칙

수도에 관련한 계획은 수도사업자가 관할 구역내의 수도정비를 목적으로 매 10년 마다 작성하는 수도정비기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)과 환경부장관이 매 10년 마다 전국의 수도정비기본계획을 바탕으로 국가수도정책의 체계적 발전과 용수의 효율적 이용 및 수돗물의 안정적 공급을 위하여 수립하는 전국수도종합계획(이하 "종합계획"이라 한다)이 있다.

기본계획은 수도사업자나 광역상수도사업자 등(이하 '사업자'이라고 한다)이 처한 자연적·사회적·지역적인 여러 가지 조건을 기초로 하여, 미래를 대비하는 수도사업 내용의 근간에 관한 장기적이고 종합적인 계획이어야 하며, 이에는 기본방침, 기본사항, 정비내용으로 이루어진다.

기본계획을 수립할 때에는 수도법에 제시된 각종 사항들과 함께 다음과 같은 기본방침을 고려해야 한다.

1. 수량적인 안정성의 확보
2. 수질적인 안전성의 확보
3. 적정한 수압의 확보
4. 지진 등의 비상대책
5. 시설의 개량과 갱신
6. 환경대책
7. 기타

【해설】

국토해양부장관은 국가 또는 한국수자원공사가 설치·관리하는 광역상수도 및 공업용수도에 관한 수도정비기본계획을 수립하여야 하고, 특별시장·광역시장·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)는 당해 특별시·광역시·시·군이 설치·관리하는 일반수도 및 공업용수도에 관한 수도정비기본계획을 수립하여야 한다.

국토해양부장관이 광역상수도 및 공업용수도에 관한 수도정비기본계획을 수립하고자 하는 경우에는 대통령령이 정하는 경미한 사항의 변경을 제외하고는 시·도지사의 의견을 들은 후 관계중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.

특별시장·광역시장·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 수도정비기본계획을 수립하고자 하는

경우에는 미리 일반수도에 관하여는 환경부장관의, 공업용수도에 관하여는 국토해양부장관의 승인을 각각 얻어야 한다.

국토해양부장관 또는 특별시장·광역시장·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 수도법 제1항 내지 제3항의 규정에 의하여 수도정비기본계획을 수립하거나 변경하려면 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제18조의 규정에 의한 도시기본계획을 기본으로 하여야 한다.

수도가 둘 이상의 특별시·광역시·시·군(광역시의 군은 제외한다)의 관할구역에 걸치거나 그 밖에 특별한 이유가 있으면 대통령령이 정하는 도지사 또는 특별시장·광역시장·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 수도정비기본계획을 수립한다.

수도법 제4조 제7항에 의하여 수도정비기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 수도(전용수도를 제외한다)의 정비에 관한 기본방침
2. 수돗물의 중장기수급에 관한 사항
3. 광역상수원개발에 관한 사항
4. 수도공급구역에 관한 사항
5. 상수원의 확보 및 상수원보호구역의 지정·관리
6. 수도(전용수도는 제외한다)시설의 배치·구조 및 공급능력
7. 수도사업의 재원조달 및 실시순위
8. 수도관의 현황 조사 및 개량·교체에 관한 사항
9. 「하수도법」 제2조11호에 따른 중수도의 개발보급
10. 광역상수도와 지방상수도를 연계하여 운영할 필요가 있는 지역의 통합급수구역에 관한 사항
11. 수돗물의 수질개선에 관한 사항
12. 수도시설의 정보화에 관한 사항
13. 제74조제1항에 따른 기술진단 결과에 따라 수도시설을 개선하기 위한 사항

국토해양부장관 또는 특별시장·광역시장·시장·군수(광역시의 군수를 제외한다)는 수도정비기본계획을 고시한 후 5년이 경과한 때에는 수도정비기본계획의 타당성 여부를 재검토하여 이를 반영하여야 한다.

환경부장관은 수도법 제5조에 따라 국가수도정책의 체계적 발전과 용수의 효율적 이용 및 수돗물의 안정적 공급을 위하여 수도정비기본계획을 바탕으로 하는 전국수도종합계획(이하 "종합계획"이라 한다)을 10년마다 수립하여야 한다.

전국수도종합계획에는 수도법 제5조에 따라 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 인구·산업·토지 등 수도공급의 여건에 관한 사항
2. 수돗물의 수요 전망
3. 수도공급목표 및 정책 방향
4. 광역상수도의 수요 전망 및 개발계획
5. 지방상수도의 수요 전망 및 개발계획

6. 마을상수도의 수요 전망 및 개발계획
7. 농어촌생활용수의 수요 전망 및 개발계획
8. 공업용수도의 수요 전망 및 개발계획
9. 상수원의 확보 및 대체수원의 개발계획
10. 기존 수도시설의 개량계획
11. 중수도의 개발·보급계획
12. 수도사업의 경영체계 개선계획
13. 수도기술의 개발계획
14. 수도인력의 확보 및 교육훈련계획
15. 수도사업의 투자 및 재원조달계획
16. 수돗물의 수질개선에 관한 사항
17. 수도시설의 정보화에 관한 사항

환경부장관은 종합계획을 수립하는 때에는 관계중앙행정기관의 장 및 시·도지사와 미리 협의하여야 하며 수립된 종합계획을 관계기관의 장에게 통보하여야 하며, 수도공급정책의 변경 등으로 인하여 종합계획의 중요한 사항이 변경된 경우 국토해양부장관 또는 특별시장·광역시장·시장·군수에게 수도정비기본계획의 변경을 요청할 수 있다. 환경부장관은 종합계획이 수립된 날부터 5년이 경과된 때에는 그 타당성여부를 재검토하여 이를 변경하여야 한다.

1.에 대하여 ; 상수도 서비스는 평상시의 물 수요에 해당하는 급수는 물론이고 갈수시나 지진 등의 재해시 및 사고 등의 유사시(이하 '비상시'라고 한다)에도 주민들의 생활에 현저한 지장을 미치지 않도록 수량적으로 안정성이 확보되어야 하고 궁극적으로는 무단수 급수가 추구되어야 한다.

이를 위해서는 안정적인 수자원이 확보되어야 하고, 상수도시설의 모든 구성부분에서 비상시에 대비한 여유용량이 확보되어야 한다. 구체적으로는 수원의 복수계통화, 도수관로의 복선화, 원수조정지의 설치, 정수장의 예비용량 확보, 배수지의 용량증대와 적정배치, 관로의 블럭화와 간선관로의 상호연결, 사업자간의 상호연결시설 등이 고려되어야 하며, 평상시는 물론 비상시의 급수시뮬레이션을 통하여 필요한 배수지의 용량, 관로의 구경 및 펌프용량 등이 결정되어야 한다.

이 밖에도 계획취수량, 계획정수량, 계획급수량 등은 여유용량과 적절한 수리권 확보를 감안하여 결정되어야 한다.

급수의 안정성확보는 기본적인 요건이지만, 이를 위하여 필요한 대책은 해당 상수도의 자연적 조건, 사회적 조건 등과도 밀접한 관련이 있으므로 안정급수대책은 일률적인 것이 아니라 사업자가 처한 여러 조건이나 재정상황 등에 따라 적합한 방법이 선택되어야 한다. 개개 시설에 대하여 수량적인 안정성을 확보하기 위한 유의사항은 다음과 같다(〔그림 1.2.1〕 안정급수확보를 위한 기본절차 참조).

1) 저수시설 및 수원시설

지리적 조건이나 경제적인 이유 등에 따라 댐(저수지)의 신규개발수량은 계획대상의 갈수빈도가 10년에 1회 정도로 결정되는 경우가 많다. 계획대상 갈수빈도를 크게 잡으면 그만큼 급수의 안정성이 높아지지만, 이 갈수빈도 결정에는 이미 경험하였던 갈수상황 등이 고려되어 조사·검토되어야 한다.

댐은 해가 갈수록 퇴사(堆砂)되어 저수용량이 줄어들게 되지만, 정해진 퇴사량을 초과하는 경우에는 댐 본래의 기능이 떨어져서 계획저수량이 확보되지 못하게 된다. 이런 경우에는 댐을 준설하거나 댐의 제체를 증축함으로써 저류용량을 회복하기 위한 노력이 필요하며, 기존 댐을 재개발하는 방법도 효과적이다.

지하수는 적정한 양수량 범위 내에서는 유효한 수원이므로 양수기능이 유지되도록 하면서 수질도 고려하여 관리되어야 한다. 상시 수원으로 사용하지 않는 것이라도 비상시설로 관리되는 것이 바람직하다.

그리고 수원의 안정성 향상을 위하여 수원의 다계통화, 복수화 등을 통하여 비상시 서로 연계되어 운용될 수 있도록 시설이 정비되는 것이 바람직하다. 서로 다른 종류의 복수수원 또는 동일 종류의 수원이라도 다른 수계에서 2개 이상의 수원이 확보됨으로써 갈수시나 사고시의 위험이 분산될 수 있고 시설의 확장 및 개량이나 갱신할 때의 대응도 용이하다. 이 밖에도 상수도 이외에 다른 목적의 잉여수원에 대해서도 활용이 검토되는 것이 바람직하다.

2) 취수·도수시설

계획취수량은 계획1일최대급수량에 10 % 정도의 여유를 고려하여 결정되는 것이 일반적이다. 복수의 취수시설이 설치될 경우에는 근접한 다른 상수도사업 등을 포함하여 이들 시설을 상호 연결하기 위한 원수연결시설이 설치되는 것도 바람직하다. 이 경우의 연결수량은 과거 갈수시의 경험, 비상시나 시설 갱신시 등에 예상되는 운용수량을 고려하여 결정되도록 한다. 또한 도수관은 한 관로에서 이상이 발생된 때에도 다른 관로를 통하여 일정수준의 도수가 가능하도록 복선화되는 것이 바람직하다.

또 도수시설의 일부로서 원수조정지가 설치되면 수량 및 수질의 양면에서 원수의 조정이 이루어짐으로써 평상시는 물론 비상시에도 급수의 안정성이 높아질 수 있다. 원수조정지의 저류량은 가능한 한 크게 설정되는 것이 바람직하지만, 실시설계에서는 여러 상황들이 감안되어 원수 또는 정수 중에서 어느 쪽의 저류·조정기능이 증가되는 것이 더 효과적인지, 또 원수조정지로 적지의 유무, 용지취득의 난이도, 건설비, 유지관리비 등이 충분히 검토되어야 한다.

3) 정수시설

정수장은 상수도의 기본적인 시설로서 높은 신뢰성이 요구되기 때문에 비상시나 시설의 개량·갱신시 등에도 가능한 한 급수에 영향이 미치지 않도록 되어야 한다.

계획정수량은 계획1일최대급수량 이외에 정수장내의 작업수량 등이 감안되어 결정되어야 한다. 정수장내의 작업수량 등은 각 정수장에 따라 다를 수 있으므로 기존시설의 실적이 참고되어야 한다.

사고시 및 개량·갱신시를 대비하여 정수장내의 시설은 복수계열로 분할되는 것이 바람직하고, 상황

에 따라서는 정수장을 분산시켜 복수의 정수장이 건설되는 것도 검토되는 것이 바람직하다.

수돗물은 어떠한 경우에도 원활하게 공급되어야 하므로 정수장의 시설용량은 계획정수량 이외에 원수의 수질오염사고시나 시설사고시 또는 개량·갱신시에도 대응할 수 있도록 정수장의 예비용량을 확보하여 결정하는 것이 바람직하다. 그 예비용량은 장내시설을 계열화한 정수장의 경우에는 1계열 시설용량정도로 하며 해당 정수장의 계획정수량의 25 % 정도를 표준으로 한다. 또한 계획급수량 외에 별도의 예비용량이 확보된 정수장도 있으나 정수장에 따라서는 계획정수량에 달할 때까지 정수장 용량에 여유가 있으므로 이러한 여유용량이 예비용량으로 활용될 것이 감안되어 계획정수량이 시설용량으로 설계된 정수장도 있다. 이러한 설계는 전반적으로 정수장 시설이 너무 비대해지는 것을 방지하기 위한 방편이었다. 그러므로 이러한 정수장에서는 정수장의 관리 및 수선 등 수돗물의 안정성을 고려하면 최대생산량을 시설용량으로 나눈 값인 가동율이 최대 75 % 이상되는 것은 바람직하지 않다. 이러한 정수장에서 가동율이 75 %에 근접하고, 급수량이 증가되는 추세에 있다면 신속하게 확장계획이 수립되어야 한다.

복수의 정수장을 보유하는 경우에는 원수 및 정수의 상호연결시설을 설치하여 탄력적인 운영이 가능하게 함과 동시에 주력이 되는 정수장을 중심으로 예비용량이 확보되도록 하는 등의 고려가 필요하다.

4) 송수·배수시설

계획송수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하고 계획배수량은 계획시간최대배수량으로 한다. 다만, 사업규모에 따라 소화용수량이 고려되어야 한다.

정수를 수송하는 기능을 담당하는 송수·배수시설은 급수의 안정성을 크게 좌우한다. 즉, 탄력적인 운영을 가능하게 하는 송수·배수시설의 상호연결, 배수계통 규모의 적정화와 배수관망의 정비와 평상시는 물론 비상시에도 대응할 수 있는 조정지나 배수지의 저류량 증대 등에 의하여 안정성이 높아진다. 서로 다른 정수장계통의 송·배수간선 및 각 배수계통에는 상호 지원체제를 강화하기 위하여 연결관이 설치되는 것이 바람직하다. 연결수량은 과거의 급수자료나 장래의 사고를 예상하여 개량·갱신계획 등이 고려된 종합적 판단 아래 결정되도록 한다.

또 평상시는 물론 비상시에도 원활한 배수와 균형적인 급수가 가능하도록 밸브, 압력계, 유량계 등이 적절한 장소에 설치되어야 하며, 이를 통제하기 위한 원격감시·제어설비 등의 배수제어시스템이 충실해지도록 하는 것이 바람직하다.

배수지는 저류·조정기능을 가지고 있으며 재해나 사고에 따른 단수시에는 응급급수시설이 되기 때문에 급수구역 내에 적절하게 분산되어 설치되어야 한다. 또 설치할 때에는 비상시나 시설갱신시 등에 대한 수운용 계획이 수립되어야 하고, 이러한 사항이 고려되어 수도사업의 특성에 따른 배수지 용량과 위치 등이 결정되어야 한다.

배수지의 유효용량은 계획1일최대급수량의 12시간분 이상을 표준으로 하여야 하며 지역의 특성과 급수의 안정성을 높이기 위하여 가능한 한 크게 잡는 것이 바람직하다. 또 배수지 용량을 크게 잡았을 경우나 정수장으로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 배수지에서 잔류염소의 감시·제어 등 적절한 수질관리가 필요하다.

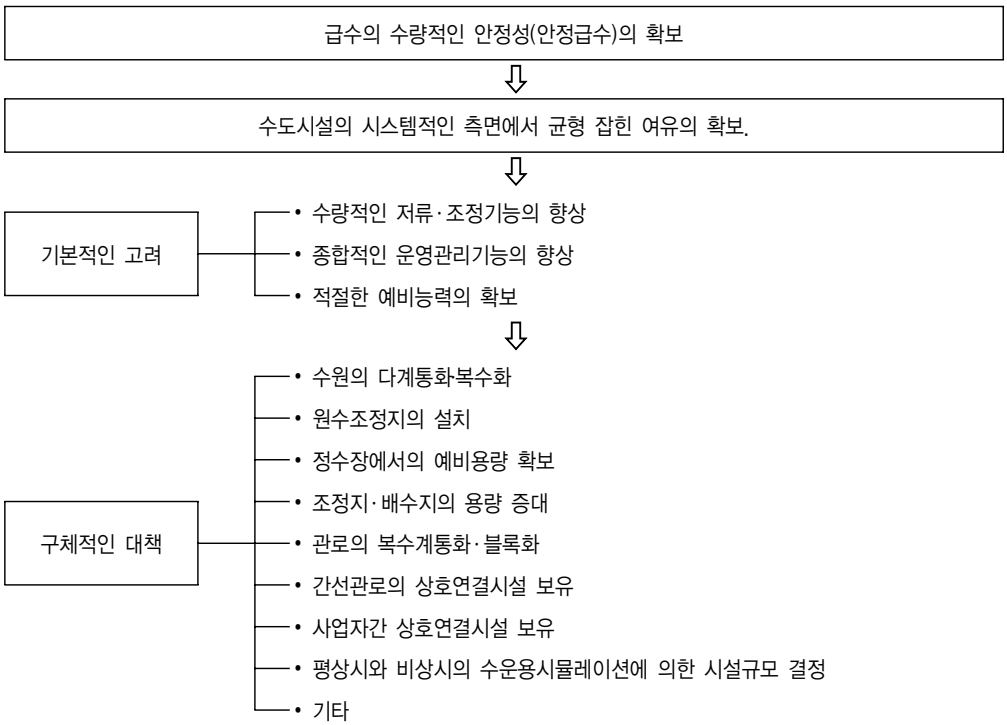
상수도용수공급사업에서 조정지의 유효용량은 실적으로서는 계획송수량의 1~10시간분 정도이지만, 공급량의 시간변동, 비상시의 급수방법, 수요자측의 배수지 정비 상황 등이 고려되어 적절한 여유를 가지고 결정되어야 한다.

5) 기타

상기 이외에 정전에 대비하여 2계통으로부터 수전이나 계통의 2회선화, 자가발전설비의 설치, 각종 원격통신회선의 복수계통화나 계통의 2중화, 주요 기기에 대한 예비기기의 설치 등으로 신뢰성을 높이는 것이 바람직하다.

한편, 시간이 경과함에 따라 약화되거나 능력이 저하되는 시설 또는 내진성이 결여된 시설 등에 대해서는 필요한 시설에 여유시설이나 여유용량을 확보하면서 계획적으로 개량·갱신을 진행시키고 누수방지대책도 함께 추진되는 것이 바람직하다.

또 인접된 수도사업자간의 연결시설을 정비하는 등 상호간의 지원기능을 충실하게 하는 것 등으로 지역적인 입장에서 쌍방 상수도시설의 안정성이 향상되도록 되어야 한다(〔그림 1.2.1〕 안정급수확보를 위한 기본절차 참조).



주) 안정급수의 확보대책은 일률적인 것이 아니라 수도사업자가 처한 여러 조건 등에 적합한 것을 선택해야 한다.

[그림 1.2.1] 안정급수확보를 위한 기본절차

2.에 대하여 ; 상수도는 생활용수 뿐 만 아니라 기타 도시에서 필요한 물 공급을 거의 독점하여 담당하는 도시기반시설이므로 안전하고 깨끗한 물이 공급되어야 한다.

한편, 상수도와 관련된 수질문제는 복잡해지고 있으며 상수원의 오염, 호소수나 댐의 부영양화에 따른 냄새와 이상한 맛, 화학물질 그 밖의 수질사고 등 다양한 문제가 대두되고 있다.

수돗물 수질의 안전성을 확보하기 위하여서는 수원의 수질보전이 중요하며 수도사업자는 관계기관에 한층 더 수원의 수질보전을 촉구하면서 환경행정부서와 밀접한 제휴로 수원의 수질보전에 적극적으로 관여해야 한다. 수도사업자는 또한 필요에 따라 정수장에 고도정수시설 등을 도입하여 보다 양질의 물을 급수하는 것을 목표로 해야 하며 더욱이 송수·배수시설 및 급수설비에서의 적절한 수질관리로 수질의 안전성 확보에 노력해야 한다.

개개의 대책에 관하여 수질의 안전성을 확보하기 위한 유의사항은 다음과 같다.

1) 상수원 대책

상수원의 수질보전대책은 주로 관계되는 환경행정기관에서 이루어지는 것이 많기 때문에 수도사업자와 환경행정기관과의 긴밀한 협력과 제휴가 중요하며, 또 상수도 전용댐 등 상수도 독자적으로 대응할 수 있는 경우에는 수도사업자 스스로가 적극적으로 대처해야 한다. 또 복수의 수도사업자가 관련되었을 경우에는 서로 협력하여 추진해야 한다.

구체적인 상수원의 수질보전대책으로서 하천, 호소, 댐 등의 유역에서는 생활하수대책, 공장·사업장 폐수대책, 농업축산폐수대책, 폐기물 침출수의 적정처리, 정화용수의 도입, 유역환경의 보전과 개발의 억제 등이 있으며 호소나 댐에서는 호소수의 순환, 선택취수, 바닥슬러지의 준설, 수서식물에 의한 수질개선, 저류수의 방류관리 등이 있다. 또한 상수원의 수질을 보전하기 위하여 수도사업자가 수원림을 소유하거나 상수원지역의 조림사업에 참여하는 방법도 있다.

지하수는 철, 망간, 질산성질소 등과 함께 지상의 생활 및 산업활동에서 배출된 각종 유기물질 들이 침투되어 오염되는 지역이 늘고 있으므로 이에 대한 대책이 요구되고 있다.

이상의 것 이외에 취수지점은 장래의 환경변화도 고려되어 수질면에서 가장 적절한 위치로 선정되어야 하는 것은 물론, 취수시설에는 기름류 등의 유입과 같은 돌발적인 사고에 대응하기 위한 오일펜스 등 오염물질의 유입방지시설이나 물고기 등을 사용하는 원수 감시시설이나 수질감시를 위한 자동분석기기에 의한 모니터링설비 등의 설치가 적극적으로 검토되어야 한다.

2) 정수대책

상수원의 수질은 본래 표준적인 정수공정으로 충분히 대응할 수 있는 양질의 수원이 선정되는 것이 기본이지만, 원수수질의 동향에 따라서는 수도사업자의 독자적인 대책으로 고도정수시설이 도입되어야 한다.

실제로 표준적인 정수공정으로 대응하기 어려운 사태가 발생하였을 경우나 동일 상수원 계통의 다른 수도사업체 등에서 유사한 사태가 발생하였을 경우 및 오염발생원의 입지상황, 원수의 수질오염 상황, 호소·댐의 부영양화 진행상황 등으로부터 유사한 사태가 예견되는 경우에는 고도정수시설이 신설되거나 증강 또는 장래 설치될 수 있도록 용지의 확보나 수리적 낙차에 여유가 주어져야 한다.

또한 트리할로메탄 등의 소독부산물을 저감시키기 위하여 전염소주입량의 삭감이나 주입지점의 변경, 산화제의 변경 등도 검토되어야 한다.

이 밖에 기름류, 화학약품 등의 유입에 의한 수질사고에 대비하여 기름제거설비, 분말활성탄주입설비 등이 설치되는 것이 바람직하다.

3) 송수·배수·급수대책

수돗물이 수도꼭지에서 소정의 잔류염소를 유지하는 것은 위생상의 관점에서 필수적인 일이지만, 특히 급수구역이 광범위한 경우에는 정수장과 배수지로부터의 거리에 따라 잔류염소농도에 대폭적인 격차가 생기게 되므로 이러한 경우에는 정수장 외에 송수계나 배수계에서도 잔류염소를 감시하고, 필요에 따라 송·배수과정에서 소독제가 추가 주입될 수 있도록 하는 등의 여러 대책이 강구되어야 한다. 또한 배수관이나 급수관에서는 적수나 탁수 등의 관내수질 악화를 해소시키기 위하여 노후관의 개량과 갱신이나 계획적인 세척 등의 대책이 수립되고 추진되어야 한다.

3.에 대하여 ; 수압을 일정한 범위로 유지하여 직결급수의 범위를 확대하는 것은 저수조관리 소홀로 기인되는 공급수의 수질저하를 해소하는 등 급수서비스의 향상에 기여한다.

목표로 하는 배수관의 최소동수압 및 최대정수압과 급수방식은 최소동수압 150kPa(1.5 kg_f/cm^2)이상, 최대정수압 700kPa(약 7.1 kg_f/cm^2) 이하를 기본으로 하며 각 수도시설의 정비상황, 도시화의 진행상황, 국소적 지형조건 등에 따라 최대 250~300kPa(약 2.5~3 kg_f/cm^2) 내외를 한 급수구역(pressure zone)으로 하여 각 지역에서 독자적으로 적정한 배수관압이 정해지는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 상수도에서 지진재해대책의 기본은 비상시에도 시민의 생명과 생활을 책임지는 물이 공급되도록 하는 것이다. 따라서 상수도시설의 내진화나 대체기능의 확보 등으로 미리 피해저감대책이 강구되어야 하며, 사업자는 지역의 방재계획 등을 감안하여 재해를 당하더라도 조기에 복구가 가능하고 또한 시민의 관점에서 비상급수시스템이 확립된 상수도를 조성하도록 노력해야 한다.

이러한 예방과 조기복구의 양면을 감안할 때 지진대책이 효율적이고 또한 전략적으로 수립되고 추진되기 위하여서는 상수도시스템 전체의 기능이 감안되어야 하는 것이 중요하다. 정수장이나 펌프장과 같은 기간시설의 내진화, 방재거점에 이르는 노후관로의 내진화, 배수지 증설, 정전대책, 배수간선의 관망화 등 특히 우선순위가 높은 노후시설대책과 시스템의 강화대책이 적절하게 유지되는 것이 바람직하다.

또 이러한 지진대책은 상수도시설의 피해에 따른 2차 재해가 방지되도록 준비되어야 하며 일상의 필요수량이 안정적으로 확보되도록 수립되어야 한다.

5.에 대하여 ; 상수도시설을 계획적으로 개량·갱신해 가는 것은 장래에 걸쳐 안정급수를 확보하는 데에 중요하다. 시설을 개량하거나 갱신할 때에는 시설운전이 일정기간 동안 제한가동 되거나 중지되므로 개량 및 갱신은 물 공급시스템 전체의 기능에 영향을 미치지 않으면서 원활하고 또한 계획적으로 추진되어야 한다.

시설을 개량하고 갱신할 때에는 장기적인 관점에서 적정한 예산수립으로 사업량이나 사업비의 적정

화와 평준화가 도모되어야 한다. 즉 각 시설의 중요도나 또는 그에 따른 유지관리수준, 생애주기비용(life cycle cost) 등이 종합적으로 감안되어, 현재 설치되어 있는 시설군이 갖는 정수시설의 예비용량이 효율적으로 활용되는 시설개량과 갱신방법이 적용되어 합리적이고 또한 효과적인 안정급수대책이 진행되어야 한다.

6.에 대하여 ; 오존층의 파괴나 지구온난화의 진전 등 환경문제는 국내외에서 우선적으로 대응해야 하는 과제가 되고 있다. 상수도에서도 직결급수나 고도정수시설의 도입 등 보다 나은 급수서비스가 요구되며 또한 에너지절약이나 자원절약에 대한 노력도 중요해지고 있다. 구체적인 조치의 예로서는 에너지절약 면에서는 에너지절약기기 사용이나 태양광발전 또는 잉여수압을 이용한 소수력발전, 자원절약 면에서는 정수처리의 효율화에 의한 약품주입률 저감, 누수방지에 의한 유효율 향상, 폐기물 면에서는 탈수케익의 유효이용, 건설폐자재의 재활용 및 배출저감 등이 있으며 이들의 도입도 각 수도사업자 등의 상황에 따라 검토되어야 한다.

7.에 대하여 ; 정수장 오염을 방지하고 안전위생을 유지하기 위하여 주변에 울타리를 설치하거나 감시 장치를 설치하는 것 등도 충분히 고려되어야 한다.

배수지의 상부를 공원이나 운동장으로 일반인들에게 개방하거나 다른 목적으로 사용하고 있는 용지의 지하에 배수지를 건설하는 경우에는 위생적인 면이 충분히 고려되어야 하며 유지관리가 지장을 받지 않아야 한다.

상수도용 기기, 자재 및 도료 등은 위생적으로 안전하여 수돗물과 접촉하더라도 유해물질이 용출되거나 이상한 냄새나 맛 기타 수질에 나쁜 영향을 미치지 않아야 하므로 수도법상의 위생안전기준에 적합한 것들이 선정되어야 한다. 또한 관이 부식되어 녹이 발생됨으로써 적수가 공급되는 일이 없도록 적정한 pH조정이 시행되거나 관재료가 신중히 선정되어야 한다.

한편 수도사업자는 더욱 편리한 급수설비나 시스템 등의 도입에 대응하여 상수도시설 전체의 구조를 연구함으로써 급수서비스 수준향상에 노력해야 한다.

1.2.2 기본계획수립 절차

> 기본계획을 수립할 때의 절차는 기본방침 수립(계획목표 설정), 기초조사, 기본사항 결정, 정비내용의 결정 등의 순서로 한다.

【해설】

개개의 상수도사업은 역사도 다르고 시설 규모, 체제, 재정상황도 다르다. 지형, 지질, 수원의 상황 및 재해가 일어날 가능성이라고 하는 자연적 조건 및 토지이용, 지역발전의 상황 및 수요자의 의식과 같은 사회적 조건도 다르다. 따라서 상수도시설 정비에서는 「수도시설의 세부시설기준」에 정해진 조건을 만족하면서 그 위에 사업자가 지역특성에 적합한 방안과 대책을 스스로 찾아내는 연구노력이 필요하다.

상수도시설의 정비내용은 평면적인 양적확대를 위한 시설의 신설이나 확장에 국한되지 말고, 기존시

설의 개량과 갱신을 통하여 질적으로 향상되어야 한다. 또한 수도사업자는 지속적으로 건전하게 사업을 경영하면서 수차의 정비계획을 중첩시켜야 할 경우도 많아지고 있다. 이 때문에 개개 정비계획을 수립하기에 앞서서 전체로서의 장기목표를 밝힌 기본방침이 수립되어야 한다.

즉, 개개 상수도사업 등은 자연적·사회적 상황, 수요수량의 증감, 상수원의 수량과 수질적인 동향, 수요자의 의식, 기존시설의 문제점 등에 관하여 각종 조사가 시행된 후에 각각의 상수도사업 등의 특성에 따른 시설정비 계획목표가 독자적으로 설정되어야 한다.

기본사항은 시설의 확장, 개량·갱신 등 시설이 정비되는 경우에 항상 기초가 되는 것으로, 이러한 기본사항이 결정될 때에는 각종 조사에 근거하여 계획목표가 세워진 다음 계획년도, 계획급수구역, 계획급수인구, 계획급수량 등이 정해지도록 한다.

계획목표를 달성하기 위하여서는 시설의 확장, 개량·갱신 등 복수의 시설정비가 필요하지만, 여기서 정하는 계획년도는 이들 모든 시설정비를 포함한 장기적인 계획기간으로 정해져야 한다.

정비내용은 현재 보유하고 있는 시설의 평가를 포함하여 각종 기초조사에 근거하여 기본사항에 대응하는 시설정비 내용(대상시설, 규모), 공정, 개략사업비가 결정되어야 하며 필요한 경우에는 몇 개의 사업으로 나누어 작성되도록 한다.

1.2.3 기본방침 수립

기본방침을 수립할 때에는 다음 각 항에 대하여 명확하게 하여야 한다. 1. 급수구역에 관한 사항 2. 수도정비기본계획, 전국수도종합계획 등 상위계획과의 일치성에 관한 사항 3. 급수서비스 향상에 관한 사항 4. 갈수, 지진 등 비상시의 대비책에 관한 사항 5. 유지관리에 관한 사항 6. 환경에 관한 사항 7. 경영에 관한 사항

【해설】

1.에 대하여 ; 급수구역은 지역독점사업인 상수도사업에서 가장 기본적인 사항이다. 사업의 확장, 축소, 통합, 폐지 등 사업경영의 근간을 좌우하는 것이 급수구역이다. 기본방침에서는 항상 상수도 보급을 위하여 노력하고 미급수지역을 해소하는데 힘쓰는 것을 기본으로 하며, 현재 급수구역 내외의 물수급상황, 경영상황 등을 감안하여 도시발전상황이나 그 장래계획, 생활용수 확보 현황 등을 검토하여 급수구역에 관한 장기적인 전망을 분명하게 해야만 한다.

2.에 대하여 ; 기본방침을 수립할 때에는 전국수도종합계획이나 광역상수도정비계획 등 수도에 관계되는 주변 및 상위 계획과 조화시켜 일치성을 얻어야 한다.

「수도법」에 근거하여 수도정비기본계획을 수립할 때에 특·광역시·도지사는 해당 특·광역시·도지역의 자연적, 사회적 여러 조건에 따라 상수도를 계획적으로 정비하고, 물 수요의 균형, 수돗물의 안

전성 확보, 미급수지역의 해소, 기타 해당 지역 상수도의 여러 문제를 해결하는데 모든 노력을 경주하여야 하며 수도정비기본계획 방향을 밝히기 위하여 관내 전역의 상수도정비에 관한 기본적인 구상(상수도정비의 기본구상)을 수립해야 한다.

수도정비기본계획에는 상수도의 전반적인 정비에 관한 기본방침, 상수도정비계획 구역에 관한 사항, 상수도시설의 배치 등 시설정비에 관한 사항, 시설 및 수질의 유지관리에 관한 사항, 상수도정비에 관계되는 재정계획 등이 정해져야 한다.

3.에 대하여 ; 상수도의 사명은 깨끗하고 안전한 물을 적정하게 공급하여 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 기여하는 것이다. 동시에 수도사업자는 사회·경제에서 차지하는 상수도의 중요성을 감안할 때 평상시의 안정적인 공급을 도모하는 것은 물론이고 유사시에도 필요한 물이 공급될 수 있도록 안전성과 안정성이 높은 상수도시설을 설치·유지하는 것을 목표로 해야 한다.

수돗물의 안전성 확보는 상수도에서 가장 중요한 과제 중의 하나이다. 그러므로 수도사업자는 하천 등의 공공용 수역이나 지하수 등의 오염방지 대책이 제대로 잘 추진되도록 관계기관에 요청하는 한편 상수도시설에 대해서도 시설정비면 및 유지관리 면에서 적절한 대책을 강구하여 수요자가 안심하고 마실 수 있는 수돗물을 공급하도록 해야 한다. 필요에 따라서 고도정수시설을 도입하는 등의 대책을 강구하고 수질정보의 교환, 수질관리조직의 설치 등 수질관리체제가 충실하도록 노력해야 한다.

위생적으로 안전한 물이 필요한 수량, 적절한 수압으로 상시 공급되기 위하여서는 물 수요에 충분히 대처할 수 있는 수원이 확보되어야 하고 상수도시설의 적절한 정비가 시행되어야 한다. 확보되어야 하는 적정수압은 상수도시설의 정비 상황이나 도시화의 진행상황 등에 따라 설정되어야 하는데 목표로 하는 수압은 중층(3~5층) 건축물에 대하여 직결급수가 가능하도록 고려하는 것이 바람직하다. 그렇게 하기 위하여 배수시설의 정비가 지속적으로 시행되어야 하며 급수설비도 수두손실이 적은 기기나 인증된 역류방지밸브가 설치되는 등 급수서비스의 향상을 위한 수도시설이 되도록 하여야 한다.

4.에 대하여 ; 상수도가 생활용수를 확보하기 위한 유일한 수단으로 된 오늘날, 도시에서는 주택의 고층화, 도시기능의 고도화 등에 따라 상수도가 단수되거나 출수불량으로 되면 시민생활과 도시 활동에 미치는 영향이 더욱 커지고 있다. 그러므로 수도시설은 수돗물의 수요증가에 대비하여 안정적인 공급량 확보뿐만 아니라 갈수시나 지진시 등의 자연재해 시에도 기반시설로서의 기능이 발휘될 수 있도록 설치되어야 하며 수도사업자는 다음과 같은 사항에 유의하여 한다.

① 갈수시에도 시민생활에 현저한 지장을 초래하는 일이 없을 정도의 급수량이 확보되도록 할 것.

② 지진이나 호우시 등의 자연재해에 대하여 전체 상수도시설의 안정성이 확보되어야 하며, 재해를 당하더라도 급수에 미치는 영향이 가능한 한 최소가 되고 신속하게 평상시의 급수상태로 복귀될 수 있어야 할 것

③ 노후시설의 개량 등이 계획적으로 추진되도록 할 것

한편 실제로 갈수시나 지진 등의 비상사태가 발생하였을 경우, 균등한 급수를 확보하기 위한 시설의 운용방법, 다른 관련기관이나 사업체와의 연락체제, 수요자에 대한 홍보 및 공급체제가 항상 갖추어져 있어야 한다.

5.에 대하여 ; 상수도시설정비의 기본방침이 수립될 때에는 유지관리도 고려되어야 한다. 즉 시설정비 방안은 유지관리에 필요한 업무량이나 기술수준 및 자체의 유지관리능력이 적절하게 평가된 다음 장래의 노동조건 변화 등도 감안되어 선정되어야 한다.

또 수도시설은 충분히 수질관리가 가능하여 앞으로 예상되는 상수원 오염의 다양화 및 복잡화에 대응할 수 있도록 설치되어야 하고, 나아가 안정적인 공급이 가능하도록 강화된 유지관리체제가 갖추어져야 한다.

6.에 대하여 ; 상수도시설정비에 대한 기본방침이 수립될 때에는 환경에 미치는 영향이 평가되어야 하며 에너지절약이나 자원절약이 고려된 시설정비계획이나 사업운영 내용이 정해지고 범지구적인 환경을 고려한 기술이 도입되어야 한다.

7.에 대하여 ; 기본방침이 수립될 때에는 1.~ 6. 에 관계되는 사항이 경영에 미치는 영향도 고려되어야 한다. 즉 급수구역의 확장, 안전한 수돗물의 안정적인 공급, 비상시에 대비한 대응책의 강화, 유지관리를 충실하게 하는 것 등이 고려되어 적절하게 시설이 정비될 수 있도록 투자되어야 한다. 특히 기존 시설을 개량하고 갱신하는 사업이 추진되는 경우에는 기존 시설전체의 자산 가치를 평가하고 시설전체를 적정하게 유지하기 위하여 필요한 투자금액을 산출해야 하는 등 재정 면에 미치는 영향도 충분히 검토되어야 한다.

1.2.4 기초조사

기본계획이 수립될 때의 기초조사는 필요에 따라 다음 각 항에 대하여 실시되어야 한다.
1. 급수구역의 결정에 필요한 기초 자료의 수집과 조사
2. 급수량 결정에 필요한 기초 자료의 수집과 관련 계획 등의 조사
3. 종합적인 상위계획 및 관련 상수도사업계획 또는 상수도용수공급계획에 대한 조사
4. 상수도시설의 위치 및 구조 결정에 필요한 자연적, 사회적 조건의 조사
5. 유사하거나 동일한 규모의 기존 상수도시설 및 그 관리실적에 대한 자료수집과 조사
6. 각종 수원에 대한 이수(利水)의 가능성과 수량 및 수질 조사
7. 개량하거나 갱신해야 할 시설의 범위와 시기를 결정하기 위한 현재 보유시설의 평가
8. 공해방지 및 자연환경보전을 도모하기 위한 환경영향평가의 조사

【해설】

1.에 대하여 ; 계획급수구역이 결정될 때에는 행정구역 내의 자연적·사회적 조건 및 이와 관련된 장래의 계획이 파악되어야 한다. 특히 토지이용도, 지역별 물 수요현황 및 장래의 전망등이 조사되어야 한다.

이 경우 상수도가 갖는 사회적 역할의 중요성을 고려하여 되도록이면 급수구역이 넓게 설정되도록 해야 하지만, 그와 동시에 유지관리의 난이도, 경제성 등도 조사되어야 한다.

2.에 대하여 ; 계획년도에서의 급수량이 합리적으로 결정되게 하기 위하여 다음 사항들이 조사되어야 한다.

1) 급수량의 실적은 사용수량의 용도별 또는 구경별 내역의 실적에 대하여 과거 10년간 정도의 자료가 수집되어야 한다. 특수한 용도의 수요가 있을 경우에는 그 수요도 조사되어야 한다. 예를 들면, 관광지역인 경우에는 관광인구 및 사용수량 또는 선박급수량 등이 조사되어야 한다.

2) 용도별 사용수량의 변동요인을 분석하기 위한 자료가 수집되어야 한다. 상세한 것에 대해서는 〔1.2.4 참고 1~3〕이 참조될 수 있다.
3) 수돗물 이외에 지하수가 직접 이용되고 있는 지역에 대해서는 실태조사 등을 통하여 그 이용 상황 등이 파악되어야 한다. 특히 다량의 지하수를 사용하는 건축물이 지하수의 양수규제로 인하여 수돗물로 전환될 가능성 등도 검토되어야 한다.
4) 도시의 성격, 발전상황 등에 따른 영향이 검토되기 위하여 유사도시의 용도별 사용수량 또는 1인 1일사용수량의 추이가 조사되는 것이 바람직하다.
5) 물 수요에 관련된 계획, 예를 들면, 도시정비에 관한 계획, 주택건설에 관한 계획, 공업입지에 관한 계획, 하수도의 정비에 관한 계획 등이 조사되어야 한다.

3.에 대하여 ; 「전국수도종합계획」, 「수도정비기본계획」등 종합적인 계획이 결정되어 있는 경우에는 이들이 고려되어야 한다. 그 계획 내용, 예를 들면, 물 수급에 관한 장기적인 전망, 상수도의 정비에 관한 기본적인 방침 등도 충분히 검토되어야 한다.

원수를 공급하는 사업자는 자체 상수원의 실태, 계획급수량 등에 대하여 조사해야 한다. 한편 원수를 공급받는 수도사업자는 시설계획상의 배분량만을 요청하도록 하여야 하며, 공급자 측의 장래계획 및 공급방식 등에 대하여 조사해야 한다.

또 수원의 상호보완에 의한 물의 효과적인 이용, 시설공동화에 의한 합리적인 유지관리 등을 위하여 광역적인 시야에 입각한 상수도계획과 함께 인접상수도사업 및 상수도용수공급사업의 계획도 충분히 파악되어야 한다.

4.에 대하여 ; 상수도시설은 건설 및 관리가 안전하고 용이한 장소에 설치되어야만 한다. 그러므로 예정지의 자연적, 사회적 조건에 대하여 다음 사항들이 중점적으로 조사되어야 한다.

1) 자연적 조건에 관한 조사

⑴ 지형, 지질 등에 관한 조사

상수도시설의 위치를 결정하기 위하여 도로, 구릉지, 호소 및 하천 등의 위치, 지반의 고저차 및 주요 수준점 등이 조사되어야 한다.

또 시설의 위치, 구조 및 공사의 난이도 등을 판단하기 위하여 지반, 토질 및 지하수위 뿐 만 아니라 지진대책을 검토할 때에 기초 자료로 사용되는 단층의 유무 등도 대해 조사되어야 한다. 이 조사에는 지질도, 시추조사(boring) 등의 토질조사자료, 지하수위 및 지반의 침하상황에 관한 자료 등이 최대한 수집·정리되어야 한다.

⑵ 재해기록의 조사

시설예정지에 대하여 과거에 발생하였던 지진, 풍수해 등에 의한 재해에 대하여 그 규모와 피해 상황이 조사되어야 한다.

2) 입지조건에 관한 조사

시설예정지와 그 주변도로의 정비 상황, 노면교통의 실태, 택지개발의 상황, 가옥의 형태, 토지의 소

유 구분 및 주민의식의 동향 등 환경에 관한 사항도 조사되어야 한다.

3) 토지이용계획 등에 관한 조사

⑴ 지역지정 등에 관한 조사

시설 예정지 및 그 주변지역의 지역지정 및 그 지역에 대한 규제 사항들이 조사되어야 한다.

① 도시지역(「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」: 도시계획구역)

② 농업지역(「농어촌 정비법」: 농업진흥지역)

③ 산림지역(「산림기본법」, 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」: 산림기본계획, 국유림, 도시림, 생활림 등)

④ 자연공원지역(「자연공원법」: 특별지역, 특별보호지역, 보통지역)

⑤ 자연보전지역(「자연환경보전법」: 원생자연환경 보전지역, 자연환경 보전지역)

또 시설예정지에 국가나 지방자치단체장이 지정한 중요문화재, 사적, 명승, 천연기념물 등 또는 이미 확인된 매장문화재(고분, 주거 유적 등)가 존재하는지가 조사되어야 하며 관계지역에 관한 역사서적, 향토지 등을 참고하여 미확인된 매장문화재의 존재 여부에 관한 조사가 수행되어야 할 필요가 있는 경우도 있다.

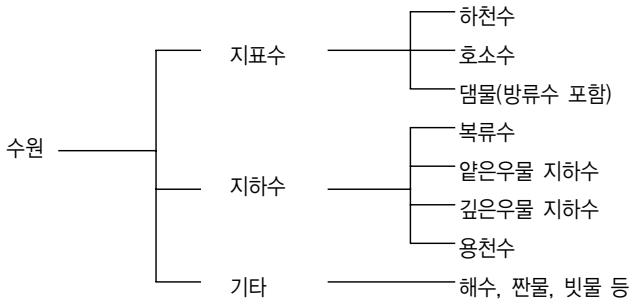
⑵ 개발계획 등에 관한 조사

시설의 위치를 결정할 때 그 예정지 및 주변지역이 각종 개발사업(토지구획정리사업, 신주택시가지 개발사업, 산업단지조성사업, 시가지재개발사업 등), 가로 및 도로계획, 토지개량사업계획 등의 대상이 되어 있는지의 여부도 조사되어야 한다.

5.에 대하여 ; 가능한 한 기존의 유사한 상수도시설에 관하여 수원의 종별과 수질, 정수방법, 시설의 배치, 관리수준 및 관리실적 등이 조사되어야 한다. 이들 조사는 원수 수질에 적합한 정수방법, 합리적인 시설배치 등이 결정될 때에 참고가 된다.

확장할 경우에는 기존시설과 신규시설이 유기적으로 하나가 되어 최적의 기능을 발휘할 수 있도록 현재 보유하고 있는 시설의 처리능력을 재평가하는 것이 포함되어 상세하게 조사되어야 한다.

6.에 대하여 ; 수원을 분류하면 다음과 같다.



지표수는 강우량의 영향을 크게 받는 특성을 가지고 있다. 특히 하천에서는 갈수유량의 대부분을 기득수리권이 차지하고 있어서 갈수시에 상수도용수를 취수하기 어려우므로 댐 등을 건설하거나 기존 댐

을 재개발해서 강수량의 변동을 조절하여 상수원을 확보하는 경우가 많아지고 있다.

지하수 중에서 심층지하수는 장기간의 강우가 지하수분(물그릇 ; water basin)에 고여 모인 것으로 강수량의 계절적 변동을 흡수하며 일정한 양수량의 범위 내에서는 안정된 수원이 될 수 있다.

그러나 수질면에서 보면 유역의 개발과 도시화의 진전 등에 의하여 지표수는 수질오염이 개선되지 못하고 있으며 지하수도 화학물질의 침투 등에 의하여 오염되고 있다. 더욱이 크립토스포리디움 등의 염소내성 병원성 미생물에 의한 상수원의 오염이나 새로운 미량유기화합물에 의한 수질오염 문제가 지속적으로 발생되고 있으므로 수원은 매우 신중하게 선정되어야 한다.

수원을 선정할 때에는 다음 사항에 대하여 조사할 필요가 있다.

1) 수량에 대하여

⑴ 지표수인 경우

적어도 최근 10년 동안 수문에 관하여 기록된 국가 및 지방자치단체의 자료가 수집되어 연간유량과 연간수위 등이 파악되어야 한다. 특히 갈수시의 유량과 수위가 필수적으로 파악되어야 하기 때문에 상수원지역의 특성 등을 고려하고 장기적인 강수량의 변화를 근거로 하며 기왕의 최대갈수위도 조사되는 것이 바람직하다.

일반적으로 하천이나 호소는 상수도용수, 농업용수, 공업용수의 수리 외에도 발전, 어업 등에 이용되므로 신규로 지표수를 취수하고자 하는 경우에는 수리권과 함께 물 이용실태가 조사되어야 한다.

수도사업자는 댐이나 하구둑을 건설하는 등 수원개발에 공동 참여하여 상수원을 확보하는 경우도 많으므로 미리 수원에 관한 각종 정보를 취득해야 한다.

또 다른 용수가 상수도용수로 수리권이 전용된 실제 사례도 있으므로 관계기관과 긴밀히 협의하여 농업용수와 공업용수의 이용상황과 수요동향도 조사되는 것이 바람직하다.

⑵ 지하수, 복류수인 경우

이미 만들어진 우물 등으로부터 지층이나 지하수·복류수에 관한 기존자료가 수집될 수 있으며 또 필요에 따라서는 전기탐사나 탄성파탐사 등이 수맥 및 지질구조 등을 조사하기 위하여 실시되어야 한다. 다음에 시험용 우물을 파거나 또는 기존의 우물 등을 이용하여 양수(揚水)시험이 실시되어야 한다. 이때 지반침하의 대책으로 지하수의 양수규제 동향도 사전에 조사되어야 한다.

용천수의 경우에는 특히 갈수시의 용수량이 파악되어야 하므로 가능한 한 장기간에 걸쳐 조사가 실시되어야 한다. 특수한 경우로서 지하댐에 의한 경우도 있지만, 시공방법, 지하수 이용자에게 미치는 영향 등도 조사되어 검토되어야 한다.

⑶ 기타

수원이 부족한 섬 등에서는 해수의 담수화, 해저송수 등에 관한 기술정보가 수집·조사되어야 한다.

해수나 짠물이 이용되는 경우에는 담수화 방법, 취수하는 해역의 수질, 농축배출수가 해역에 미치는 영향, 에너지 문제, 요원의 확보, 관리상의 난이도, 건설비, 관리비 등도 검토되어야 한다.

2) 수질에 대하여

수원의 수질은 현재 뿐 아니라 앞으로도 지속적으로 수돗물 원수로서의 적합할지가 고려되어야 하

며, 적절한 정수처리 방법이 선택되도록 조사되어야 한다.

상수원의 수질이 악화되었을 경우에도 「먹는물수질기준」에 적합한 물이 공급되어야 하기 때문에 원수수질이 악화되었을 시기의 수질조사가 더욱 필요하다. 또한 상수원에서 수질오염사고나 감염성 미생물의 번식 등도 발생되므로 사업자는 수돗물의 위기관리가 용이하도록 시설을 설치하여야 하며, 항상 위기관리체제를 유지해야 한다.

⑴ 지표수인 경우

원수수질은 일반적으로 취수예정 지점과 그 밖에 필요한 지점에서 「먹는물수질기준」의 주요항목에 대하여 검사되어야 하는데, 이 경우 적어도 1년 동안 한 달에 한 번씩 조사되어야 하며 홍수시나 갈수시 등 수질이 악화되었을 경우의 수질도 가능한 한 상세하게 조사되어야 한다.

농약이나 비료에 의한 수질오염이 예상되는 경우에는 그 사용실태, 영향의 정도가 가능한 한 자세히 조사되어야 한다. 또한 환경기준 및 그 달성상황도 조사되어야 한다.

유역의 지역개발 현황과 앞으로의 동향, 하수도 정비계획 등도 조사되어야 하며 상수원의 수질에 영향을 미치는 사업에 대하여 환경영향평가서 등을 통하여 미래의 수질이 검토되어야 한다. 특히 호소수·댐물은 조류나 플랑크톤에 의한 장애가 발생될 우려가 있으므로 이들에 대해서도 조사되어야 한다. 또 동일수계에서의 기존 수질자료가 있으면 이러한 자료들도 조사되는 것이 바람직하다.

상수원이 호소인 경우에는 호소의 수질보전에 관한 방침이 결정되어 있으므로 이를 참고로 데이터가 수집되고 그 내용이 조사되는 것이 바람직하다.

⑵ 지하수인 경우

지하수의 수질은 일반적으로 양호하지만 지질에 따라서는 특수한 정수처리가 필요한 경우가 있다. 또 지하수는 지표의 오염원으로부터 흘러나온 오염물질에 의하여 오염되는 경우가 있는데 그 경우에는 수질회복에 매우 긴 시간이 걸린다. 그러므로 화학물질에 의한 오염이나 농약, 비료 등의 영향에 대해서도 고려하여 충분한 수질조사와 함께 주위의 상황을 충분히 파악해둘 필요가 있다.

용천수는 지층수나 암장수가 지상에 유출된 것으로 일반적으로 수질은 양호하지만 강수의 영향을 받는 경우도 있으므로 상황에 따라 용천수의 수질 역시 충분히 조사되어야 된다.

7.에 대하여 ; 시설의 평가는 계획목표를 달성하기 위하여 상수원으로부터 급수설비에 이르기까지 모든 시설에 대하여 수질의 안전성, 수량의 안정성, 적정 수압의 확보 면에서 조사·분석된 후 계획기간 내에 개선되어야 될 내용 등이 분명하게 밝혀지도록 하고 정비내용이 결정되는데 활용되도록 한다.

각 시설에 대하여 조사하고 검토해야 할 구체적인 사항은 다음과 같다.

1) 상수원

부영양화 등에 의한 수질장애, 댐의 경우 퇴사가 진행됨에 따른 유효용량의 감소, 지하수의 수질오염 등

2) 취수·도수시설

노후화에 따른 기능저하, 하상의 변화나 관로 내의 조개류 등 생물부착에 의한 취수능력의 저하, 내진성 등

3) 정수시설

원수수질의 악화에 의하여 냄새나 이상한 맛의 발생, 노후화에 따른 기능저하, 내진성 등

4) 송수 및 배·급수시설

관내에 녹이 발생함으로 인한 수질장애나 통수능력의 저하, 노후화에 따른 누수량의 증가, 내진성 등

5) 계측제어설비

노후화에 따른 기능저하, 기술수준의 향상에 따른 구식화 등

이와 같이 개별 시설에 대한 평가는 물론 시설 전체적인 평가가 수행되어야 한다. 시설 전체적인 평가란 각 시설간의 정비수준이 균형을 유지하고 시설 전체적으로 안정성이 확보되어 있는지의 여부가 분석되는 것이다. 현재 보유되어 있는 시설에 대한 평가가 내려질 때는 각종 지침이 참고가 되어 가능한 한 정량적인 평가가 내려지는 것이 바람직하다.

또한 상수도시설의 확장, 개량·갱신에 관한 정비사업이 시행될 때에는 사업의 효율성을 더욱 향상시키기 위하여 사업 착수 전에 비용대효과가 분석되는 것을 포함하여 종합적인 사전평가가 되어야 하고, 사업완료 후에는 사업효과가 사후 평가되는 것이 바람직하다. 사업기간 내에도 자연적·사회적·지역적 조건에 대하여 필요에 따라 사업이 재검토되어야 한다.

이러한 평가결과는 동종사업의 계획·조사 등에 반영시켜 사업운영전체가 효율적이고 효과적으로 실시되는데 도움이 되도록 노력해야 한다.

8.에 대하여 ; 취수시설, 저수시설 등의 건설, 정수시설로부터의 배출수, 펌프 운전시의 소음 등은 주변 환경에 영향을 미칠 우려가 있으므로 필요에 따라 공해방지 및 환경보전을 위하여 충분한 환경영향평가를 하는 등의 대책이 필요하다.

[1.2.4 참고 1] 수요예측

1) 기존 상수도 수요량 추정의 문제점

2007년 까지는 국가기본계획 및 광역상수도계획의 수요추정에서 특·광역시는 개별추정, 그 외의 도시는 인구규모별로 표준도시를 선정하여 대표 원단위를 적용하여 추정하되, 시가지·읍·면 단위로 표준원단위를 적용하여 추정한 후 합산하고 있었다. 그러나 특·광역시를 제외한 전국 대부분의 시·군에 표준원단위를 적용하는 것은 표준도시 그룹에 포함되는 도시의 범위가 넓은 경우에도 산술평균하여 원단위를 산출하게 되므로 개별도시의 특성을 반영하지 못하며, 각기 성격이 다양한 도시의 과거자료를 평균하여 사용할 경우 통계적 유의성을 찾기가 곤란하여 회귀함수식의 상관도가 매우 낮게 산출되는 등의 문제점 내포하고 있었다.

또한 생활용수 추정은 가정용, 영업·업무용, 공업용수 등으로 구분하여 각각의 장래 수요량을 추정 후 이들을 합하여 급수인구 1인당 용수 수요량 추정하는 방법을 일부에서 적용하고 있으나, 과거 자료에 대한 일관성을 갖는 경우가 적어 예측식의 신뢰도가 저하되고, 지자체 조례 등의 차이로 인해 용도별 분류기준이 다를 경우 현황 자료조사에 많은 시간과 노력이 필요하였다. 더욱이 대부분의 경우에서

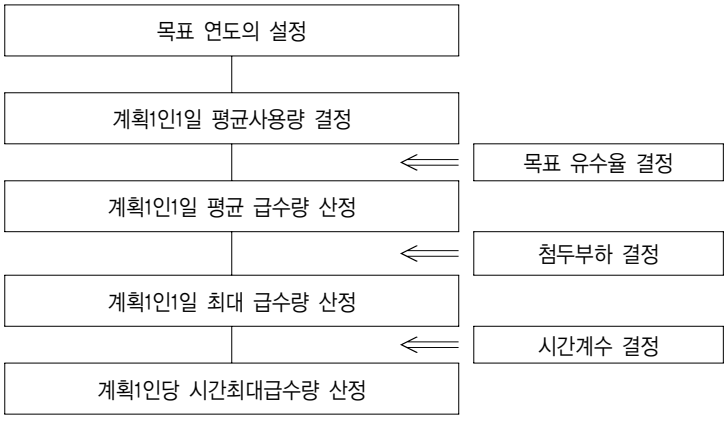
동일한 기준으로 분류가 불가능하며, 적용 가능한 자료가 없는 도시를 제외하여 산술평균하고 있어 통계자료의 신뢰성에 문제가 발생되기도 한다.

지방상수도 계획에서도 통계의 신뢰성을 확보하기 위해서는 적용 자료의 기간이 20년 이상을 사용하는 것이 좋으나 중·소도시의 경우 자료의 이용기간이 충분하지 않은 경우가 많다. 또한, 장래의 수요패턴이 과거와 다르거나 최근 경향이 변하는 지역에서는 시계열 모형을 이용하여 장래의 수요량을 정확히 추정하기는 한계가 있다. 더욱이 대부분의 지자체에서 일반적인 시계열모델 4~5가지를 사용하여 각기 추정한 후에 특별한 논리적인 근거가 없이 모델 값들의 평균값을 채택하여 사용하고 있으나, 이 경우 장래추정치가 왜곡될 가능성 높다. 또한 1인1일급수량을 산정하기 위해서는 수요자가 실질적으로 사용하는 1인1일사용수량을 과거 근거자료로 하여 시계열모형 등으로 추정한 후 지역 고유의 유수율을 고려하여 결정하여야 하나, 일부 지자체의 경우 과거의 1인1일급수량자료만으로 추정함으로써 지자체의 유수율 편차에 의해 1인1일급수량에 많은 오차 발생하고 있다. 또한 지역적 특색에 따라서는 군부대 급수인구, 관광 급수인구, 항구의 선박용수 등으로 인해 사용되는 수량을 별도로 분석하여 추가하여 주어야 함에도 불구하고 이에 대한 분석없이 전체 사용량에 포함하고 전체사용량을 주민등록상 급수인구로 나누어 적용함으로서 비정상적으로 높은 1인1일급수량을 산정하고 있는 실정이다. 이러한 수요추정의 부정확함과 수반되는 과다추정은 항상 여러 수도정비계획상에서 과도한 시설의 증설에 대한 논란으로 이어져 왔다. 이러한 점을 개선하기 위하여 환경부는 2007년 1월에 "상수도 수요량 예측 업무편람"(이하 "업무편람")을 발표하였다. 아래의 상수도 수요량 예측 방법은 환경부의 업무편람을 정리한 것이다.

2) 상수도 수요량 예측방법

가) 상수 수요량 산정 절차

상수도 수요량은 아래 〈1.2.4 참고도-1〉의 순서대로 산정하는 것을 표준으로 한다.



〈1.2.4 참고도-1〉 상수 수요량 산정 절차

나) 1인1일 평균사용량 산정

⑴ 국가계획 및 광역상수도 계획

수요추정 시에 비교적 과거사용량 자료기록이 양호한 인구 10만이상(도·농 통합도시의 경우 도시지역의 인구기준)인 도시는 개별 추정을 원칙으로 하고, 그 외의 중·소도시는 표준 원단위를 적용한다. 다만, 10만 미만의 도시라도 자료 축적이 충분하면 가급적 개별 추정을 통해 개별도시의 특성이 반영되어야 한다. (과거 자료는 20년이상을 사용)

또한 다수의 지자체에 대한 상수도계획이 수립되는 경우에는 용도별(가정용, 영업·업무용, 공업용 등) 사용량이 합산된 생활용수 전체가 대상으로 분석·추정되어야 하고, 필요한 경우 용도별 사용량 비율이 고려되어 지자체별 사용량 기준의 차이로 발생 가능한 오류가 미연에 방지되도록 한다.

⑵ 지자체 계획

생활용수 추정은 용도별(가정용, 영업·업무용, 공업용 등)로 분류하여 경향성이 나타날 수 있도록 20년이상 과거 사용실적을 바탕으로 장래 용도별 사용량이 추정되어야 한다. 이 때 용도별 사용량 추정치의 합과 생활용수 전체에 대한 사용량 추정치가 비교되어 최종 생활용수 사용량이 산정되어야 한다.

시계열 추정시 4개에서 6개의 모델식의 결과에서 최대값과 최소값이 배제되고, 나머지 추정치들의 평균값이 채택되는 방법은 지양되어야 한다. 시계열 모형에 의해 추정하되, 과거자료가 불충분한 경우에는 선행 유사도시의 사례가 참고 되어야 하고, 전문가의 자문이 참고가 되어야 한다. 이때에는 수학적 추정값과 도시 규모와 특성이 유사한 다른 도시의 급수현황 및 관련계획이 상호 비교되어 추정값의 정확도가 제고되도록 한다.

시계열 모형은 등차급수, 등비급수, 베기함수, 지수함수, 로지스틱, 수정지수 중 과거 자료에 잘 부합되며 최근의 경향을 나타내는 정도에 따라 최적 추정곡선식이 선정되어야 한다.

⑶ 공 통

공업용수는 전용공업용수(침전수)와 생활용수 급수구역의 개별입지업체에 공급하는 공업용수(정수)와 구분하여 추정되도록 한다. 이 중에서 전용공업용수(침전수)는 해당지자체 공업용수사용량을 조사한 자료를 업종별로 분석하여 사용하거나, 공업용수산정에 관한 연구자료 등을 참조하여 업종별원단위를 적용하고, 공업용수(정수)는 과거 사용량이 지자체의 생활용수(정수)의 총요금 부과량에 포함되어 있으므로 별도의 구분없이 생활용수 단위급수량에 포함하여 개별지자체별로 추정되도록 하거나, 개별입지업체를 대상으로 과거 요금부과량을 조사하여 업종별로 추정되도록 한다.

기타 용수는 관광용수, 군부대용수, 항만용수, 공항용수 등으로서, 개별 도시추정시 해당 도시의 특성이 고려되어 추정되어야 하며, 표준 원단위를 적용시에는 생활용수 원단위에 포함되어 있는지의 여부와 공업용수, 개발계획과의 중복여부 등이 검토된 후에 산정되어야 한다.

다) 1인1일 평균급수량 산정

장래 급수량은 과거 1인1일 유수수량을 기준으로 장래 사용수량이 추정되고, 급수량은 1인1일 유수수량에 계획 유수율 지표가 적용되어 공급량의 기준이 되는 장래 1인1일 급수량이 추정되도록 한다. 또한, 장래 유수율 계획은 지자체의 노후수도관 전체현황과 총 누수량을 근거로 관련 예산 등을 감안하여 실행 가능한 노후수도관 정비계획이 수립되어야 하며, 이와 연계한 계획 유수율 지표가 장래 급수량 계획에 반영되어야 한다.

라) 계획인구 예측

계획기간까지 계획 급수구역내 급수인구의 정확한 추정은 수요자에게 수돗물을 안정적으로 공급하기 위한 시설계획 수립시 시설의 과대 또는 과소를 예방하기 위하여 필요하다.

계획인구의 추정은 국가계획 또는 광역계획의 경우에는 통계청의 시·도별 추계인구를 적용하고, 개별 지자체는 과거 통계자료를 기초로 시계열모델에 의한 추정값을 적용한다. 시계열모델 중 등차급수법은 연평균 인구증가수를 바탕으로 하며, 발전이 느린 도시나 발전이 진행되는 큰 도시에 적용시 비교적 정확한 예측이 가능하며, 등비급수법은 상당기간 같은 인구증가율이 지속된 발전도시에 적용되는 것이 바람직하며, 발전이 둔화되어 인구증가율이 체감하는 도시에 등비급수법이 적용되면 과대 추정의 우려가 있다. 로지스틱 곡선식은 도시의 인구 동태를 잘 파악할 수 있는 모델이다.

개발계획에 의한 인구증가 추정방법은 개발계획이 확정되어 주민이 입주할 때까지 수년이 소요되는 점을 감안하여 개발에 의한 인구증가분은 동 개발계획이 공식적으로 인정된 경우에 한하여 적용되는 것이 합리적이다. 대단위 도시개발 추진과정에서 인구영향평가를 실시한 경우에 도시개발에 따른 인구증가분은 동 평가에 의한 예측치를 활용하되, 급수구역내 기존 거주인구를 제외한 순수 외부 유입 인구가 적용되어야 한다. 도시개발의 규모가 작아 인구영향평가가 실시되지 않을 경우에는 도시개발의 성격이나 지역 특성이 유사한 도시의 인구영향평가가 활용될 수 있으며, 이 방법도 여의치 않는 경우 통계적 예측 방법에 의해 유발 인구가 추정될 수 있다.

마) 첨두부하율 산정

첨두부하율은 일최대급수량을 결정하기 위한 요소로 일최대급수량을 일평균급수량으로 나눈 값이다. (첨두부하율 = 일최대급수량/일평균급수량(미국 수도협회매뉴얼)) 일본에서는 첨두부하율과는 달리 부하율이라는 개념을 도입하여 사용하고 있는데 부하율은 일평균급수량을 일최대급수량을 나눈 값이다. (부하율 = 일평균급수량/일최대급수량) 결국 첨두부하율은 1보다 큰 값이되고 부하율은 1보다 적은 값이 되는데 양자는 역수의 관계가 있다.

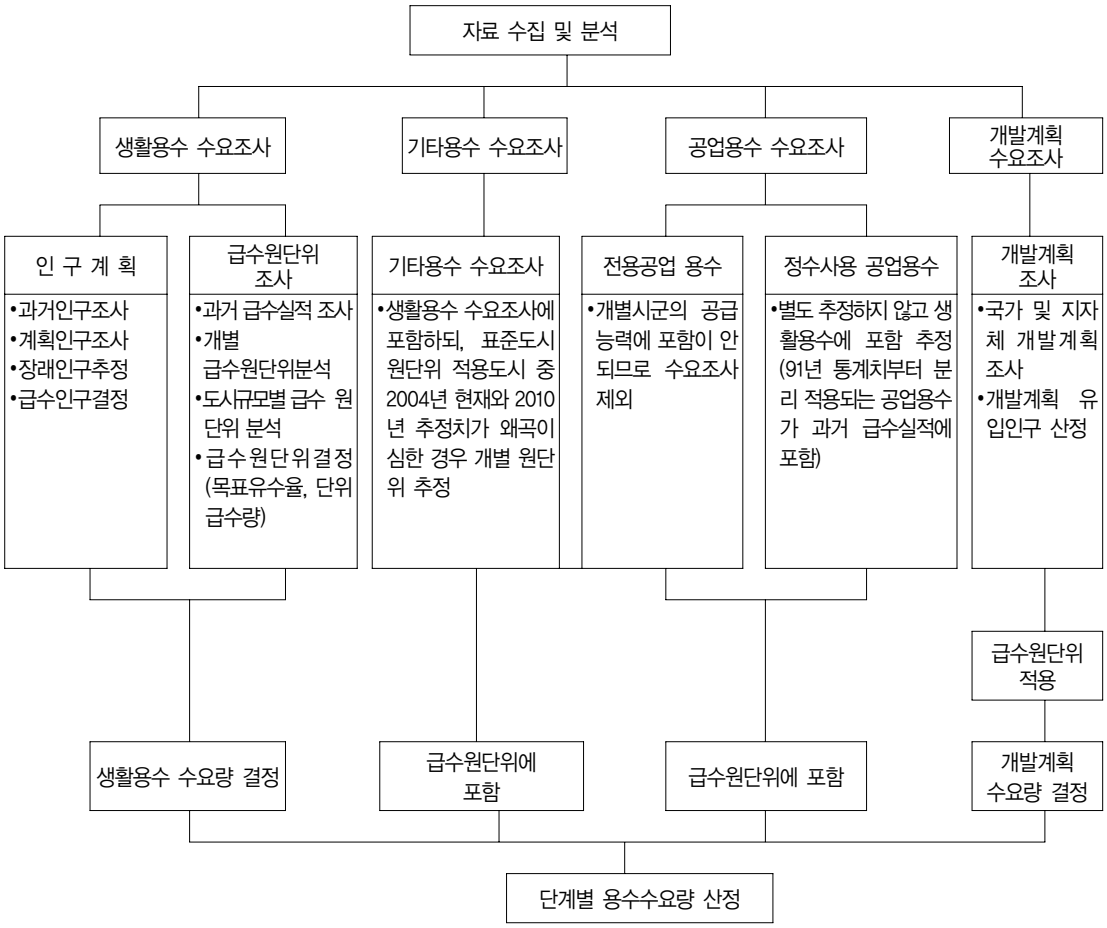
첨두부하는 해당 지자체의 과거 3년 이상의 일일 공급량을 분석하여 산출하고, 국가 또는 광역계획에서는 대표적인 도시에 대해 인구규모별 표본조사 등을 통해 분석한 자료를 이용하는 것도 가능하다. 또한 첨두부하는 해마다 그 당시의 기온, 가뭄상황 등에 따라 다르게 나타날 수 있으므로 해당지역의 과거 자료를 이용하여 장래의 첨두부하를 결정할 필요가 있으며, 이와 같은 분석이 어려운 경우에는 수도정비기본계획수립지침, 일본 등의 외국자료, 관련연구 등의 자료를 비교·분석하여, 해당 지자체에 적절하게 보정하여 사용할 수 있다. 한 도시에서도 정수장, 배수지, 배수본관 등 수도시설에 따라 각각에 맞는 첨두부하가 적용되는 것도 합리적이다.

첨두부하율은 기록연수가 적은 경우에는 2~3년 동안의 값 중에서 가장 큰 값이 선택되거나, 기록연수가 많은 경우에는 평균값 또는 확률개념(10년 확률빈도 등)으로 결정될 수 있다. 또는 규모와 도시특성이 유사한 다른 도시의 첨두부하율 자료가 활용될 수도 있다.

※ 「미국수도협회 매뉴얼(AWWA M32, 1989)」에서는 자료의 기록연수가 적은 경우 통상 최근 2년 또는 3년 동안의 첨두부하중에서 가장 큰 값을 장래의 첨두부하로 채택하도록 제안하고 있으며, 일부 도시들은 10년 확률빈도값을 사용한다.

바) 유수율과 수요량 결정

유수율은 기존수도시설의 현황 및 노후정도, 노후관개량을 위한 투자 등에 따라 달라지므로, 지자체의 자체 목표 유수율 계획을 적용하되, 과거 현황과 장래 유수율 제고사업 계획을 반영하여 결정되어야 한다. 첨두부하율과 유수율이 고려되어 산정된 수요량에 각 지자체별 물 수요관리 정책 추진에 따른 절감량을 고려하여 총수요량이 조정된다. 그러나 일부 지자체는 목표 유수율에 물수요관리에 의한 효과를 이미 반영한 경우도 있으므로 물수요관리에 의한 절감량의 산정은 중복되지 않도록 신중히 적용되어야 한다.



〈1.2.4 참고도-2〉 국가 및 광역상수도 계획의 용수수요량 추정 절차

[1.2.4 참고 2] 수요추정모델

1) 수요추정모델의 종류

가) 등차급수

등차급수는 다음식의 형태를 나타내는 직선식이고 b의 절편이 음수가 되어서는 안 된다. 이는 통계

추정의 원년의 값이 절대 "0"보다 작을 수 없기 때문이다.

$$y = ax + b$$

y = 추정치, x = 경과년수, a = y절편, b = 증가율

나) 등비급수

등비급수는 일정비율로 감소나 증가추세가 중복되므로 그 변화가 급변하는 자료치에 잘 어울린다. 그러나 우리나라는 현재 인구나 원단위 모두 완만한 추세에 들어서서 이 곡선식이 잘 어울리지 않으나 일부 개발이 급격히 이루어지는 시·군에 한해 적용될 수 있다.

$$y = a(1 + b)^{x}$$

y = 추정치, x = 경과년수, a = y절편, b = 증가율

다) 베기함수

등비급수는 베기함수의 특별한 경우로서 y절편 a를 보다 유연하게 확장하여 추정하는 곡선식이다.

$$y = a(1 + b)^{x} + c$$

y = 추정치, x = 경과년수, b = 증가율, a, c = y절편

라) 지수함수

완만한 증가나 감소에 어울리는 추정식으로 매개변수가 3개이다.

$$y = ax^{b} + c$$

y = 추정치, x = 경과년수, a, b, c = 매개변수

마) 로지스틱 식

무한년도에 수렴치(최대값) k를 갖는 추정식으로 S형태의 곡선을 나타낸다. 초기의 급격한 증가 후 점점 그 추세가 완화되는 자료치에 잘 어울린다.

$$y = \frac{k}{1 + e^{a - bx}}$$

y = 추정치, x = 경과년수, k = 극한값, a, b, c = 매개변수

바) 수정 지수함수식

수정지수함수식도 로지스틱과 같은 모습을 나타내는 추정식이다.

$$y = k - ab^{x}$$

y = 추정치, x = 경과년수, k = 극한값, a, b = 매개변수

2) 수요모델의 적용방법

6개의 후보곡선식을 선형화하여 최적곡선의 추정은 최소자승법(Least square Method)을 통해 매개변수를 구한다. 단 최소자승법은 2개의 매개변수만 추정이 가능하므로 3개의 매개변수를 갖는 추정식은 y절편 값 또는 극한값(c, k)을 가정하여 추정하되 c, k값의 변화에 따라 오차자승의 합이 최소가 되는 곡선을 찾는 시산법(Try and error)을 병행해야한다. 그러나, 기존의 많은 보고서에서는 수요추정식의 이러한 기본적인 원칙을 무시하고 극한값(c, k)를 일정한 기준이 없이 계산하는 사람에 따라 상이한 값을 적용함으로써 많은 오류가 발생한 것으로 분석되어 이에 대한 개선이 필요하다. 따라서, 최대값을 결정함에 있어서도 다음에 제시한 각 수요곡선식별 최소자승법을 적용하여 가장 적합한 상수를 결정하여야 한다.

가) 시계열모델 적용방안

기존에 주로 사용되고 있는 5가지 시계열추정법 중에서 등차급수법과 최소자승법은 같은 등차급수법임에도 2중으로 계산하고 있다(등차급수법은 Y=aX+b에서 전체 자료의 양끝 두 자료를 이용하여 a와 b를 결정하는 방법이고, 최소자승법은 Y=aX+b에서 a와 b를 오차자승값이 최소가 되도록 결정하는 방법). 원래 등비급수법, 지수함수법, 로지스틱 곡선법에서도 각 계수를 구하기 위해서는 이러한 최소자승법을 사용하기 때문에 등차급수법의 a, b 결정에 최소자승법을 사용하는 것으로 해야 한다. 한편, 극한값(c, k)를 가정할 경우, 통계적 유의범위 내에서 결정하는 것이 바람직하며, c, k값의 변화에 따라 오차자승의 합이 최소가 되는 곡선을 찾는 시산법을 적용해서 결정하여야 한다.

나) 회귀식 적용에 있어 과거자료 보정방안

과거자료를 사용하여 장래수요를 예측할 경우에 가장 문제가 되는 것 중에 하나는 일부 데이터가 과도하게 큰 값을 나타내거나 과소한 값을 나타낼 때의 처리방안이다. 이 경우에는 반드시 이상한 과거자료에 대한 원인분석이 필요하며, 그 결과에 따라 사용유무를 결정하여야 한다. 또 다른 방법으로는 이상한 값들에 대한 클러스터 분석을 통해 일정한 그룹별 오차한계 등에 대한 기준을 정하고, 그 기준을 상회한 자료에 대해서는 보정하여 사용하거나 해당 값을 버리는 방법 등을 취할 수가 있다. 이러한 분류를 위해 자주 사용되는 통계적 처리기법은 평균오차법이나 분산분석 등이 이용된다.

[1.2.4 참고 3] 수요추정모델에 이용되는 회귀식의 적합성 검토

1) 현황 및 문제점

일부 지자체의 시·군별 시계열모델별 상관계수(R^2) 분석결과(표)가 아래 〈1.2.4 참고표-1〉에 제시되어 있다. 〈1.2.4 참고표-1〉에서 나타난 바와 같이 회귀식의 적합성 검토 결과 상관계수(R^2) 값이 매우 낮게 나타고 있다. 상관계수(R^2)값이 크다고 장래의 수요량 추정값이 항상 정확하다는 의미는 아니나, 최소한 기존자료의 경향을 잘 나타낸다는 점에서는 중요한 인자이므로, 이렇게 낮은 R^2값을 보이는 모형을 이용하여 장래의 수요량을 추정하는 것은 신뢰성이 낮다. 일반적으로 R^2값이 0.8~0.9 이상을 보여도 장래의 추정에 신뢰성 여부에 대한 논란이 있을 수 있다. 따라서 회귀식의 적합성 검토 시에는 전문가의 충분한 검토와 통계적 유의성 판단기준의 확립이 필요하다.

〈1.2.4 참고표-1〉 시·군별 시계열모델별 상관계수 (R^2)값

구 분	등차	최소자승	등비	지수함수	로지스틱	로지스틱 극한값 K
AA	0.078	0.078	0.072	0.346	0.076	930
BB	0.201	0.201	0.190	0.318	0.197	990
CC	0.405	0.405	0.386	0.730	0.398	836
DD	0.116	0.116	0.108	0.442	0.114	924
EE	0.233	0.233	0.224	0.565	0.231	852
FF	0.732	0.732	0.705	0.815	0.718	694
GG	0.408	0.408	0.402	0.415	0.406	768
100~40만	0.693	0.693	0.683	-	0.691	540
40~20만	0.443	0.443	0.419	0.558	0.432	540
20~5만	0.566	0.566	0.538	0.839	0.555	740
5만~2만	0.197	0.197	0.184	0.467	0.191	760
2만~1만 평탄지	0.210	0.210	0.199	0.499	0.204	759
2만~1만 산 지	0.007	0.007	0.016	-	0.007	713
1만 미만 평탄지	0.093	0.093	0.129	-	0.090	722
1만 미만 산지	0.314	0.314	0.301	0.656	0.309	531

2) 개선 대안

시계열 추정법의 경우 통상 6가지 모델(등차급수법, 등비급수법, 지수함수식, 베기함수식, 로지스틱식, 수정지수식)을 이용하여 각 방법에서의 장래 수요량이 추정될 수 있으며 각 회귀식의 계수결정에는 결정계수, 오차자승의 합을 사용하는 것이 검토될 필요가 있다. 시계열 추정법 이외의 다른 방법을 이용하여 장래 수요량을 추정하는 경우에는 반드시 시계열에 의한 추정도 병행하여, 적용하는 방법이 자료의 신뢰성, 예측가능성 등에 있어 최소한 시계열 추정법보다 신뢰성이 있음을 보일 필요가 있다. 따라서, 시계열모형은 여러 가지 방정식들이 사용되며 각 계수는 오차자승의 합이 최소가 되도록 결정하고 있으므로 각 방정식이 과거자료를 얼마나 잘 표현하고 있는지를 비교하는 데에도 오차자승의 합 또는 R^2(결정계수)는 기본적인 판단기준으로 적용 될 수 있다.

수요추정자의 자의적인 결정은 가능한 한 지양되어야 하므로 최적 추정곡선식의 선택을 위해서 다음과 같은 기준이 검토되는 것이 합리적이다. 추정곡선식의 선형화 및 최소자승법과 시산법의 적용 후 선정된 6개의 곡선식 중 장래치 예측(외삽법)에 사용될 최적 추정곡선식의 선정은 아래의 조건을 만족시키는 것으로 선택될 수 있다.

① 어떤 곡선식이 과거자료를 가장 적절히 표현하는가?

② 적절한 후보곡선 중 최근의 경향을 누가 더 잘 나타내는가?

이 두 가지 전제하에 6개의 곡선식을 평가할 기준으로 상관계수(R^2), 오차자승합(SSE) 및 평균절대비율오차(MAPE), 10년 오차자승합(SSE10) 등을 적용하여 최적 추정곡선식의 선택이 필요하다. 각 선택기준의 산출식을 정리하여 제시하면 다음과 같다.

• 상관계수(R^2)

$$R^2 = \frac{[n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)]^2}{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]} \quad \cdots\cdots \text{(참고 1.2.1)}$$

• 오차자승합(Sum of squared Error, SSE)

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} (y_i - F_i)^2 \quad \cdots\cdots \text{(참고 1.2.2)}$$

y_i = 과거자료치, F_i = 과거추정치

• 평균절대비율오차(Mean Absolute Percent Error, MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{|y_i - F_i|}{y_i} \times 100\%}{n} \quad \cdots\cdots \text{(참고 1.2.3)}$$

y_i = 과거자료치, F_i = 과거추정치

• 10년 오차자승합(SSE10)

$$SSE10 = \sum_{i=n-9}^{n} (y_i - F_i)^2 \quad \cdots\cdots \text{(참고 1.2.4)}$$

한편, 이와 같은 결정방법을 연구를 통해 몇몇 지자체에 적용한 결과, 6개의 추정곡선식은 원자료의 형태 중 비슷한 경향을 나타내는 소그룹으로 나뉘어 장래치를 나타내는 경향이 있으며 보통 2~3개의 추정식이 최적 추정곡선식의 후보가 된다. 그러나 반드시 최적곡선식 선정의 3개의 기준이 항상 한 곡선식에서 최적화 되지는 않는다. 과거자료의 분석을 통해서 살펴본 바로는 상관계수보다는 오차자승합이나 평균절대오차 비율로 선택된 곡선이 과거 자료를 더 적절히 표현하는 것으로 나타났다. 따라서, 근사한 값을 가지는 후보곡선식 중 최근 10년의 경향을 나타내는 값(SSE10)이 가장 최소화되는 추정곡선식을 최적추정곡선식으로 선정하는 방법도 충분히 적용될 수 있을 것이다.

1.2.5 기본사항의 결정

기본계획이 수립될 때에는 다음 각 항에 의한 기본사항이 정리되어야 한다.

1. 계획(목표)년도 : 기본계획에서 대상이 되는 기간으로 계획수립시부터 15~20년간을 표준으로 한다.
2. 계획급수구역 : 계획년도까지 배수관이 부설되어 급수되는 구역은 여러 가지 상황들이 종합적으로 고려되어 결정되어야 한다.
3. 계획급수인구 : 계획급수인구는 계획급수구역 내의 인구에 계획급수보급률을 곱하여 결정된다. 계획급수보급률은 과거의 실적이나 장래의 수도시설계획 등이 종합적으로 검토되어 결정된다.
4. 계획급수량 : 계획급수량은 원칙적으로 용도별 사용수량을 기초로 하여 결정된다.

【해설】

1.에 대하여 ; 상수도는 생활기반시설로서 영속성과 중요성을 가지고 있으므로 안정적이고 효율적으로 운영되어야 하며, 이 때문에 계획년도는 장래예측의 확실성, 시설정비의 합리성, 경영상황 등을 기초로 하여, 가능한 한 장기간으로 설정되는 것이 기본이다.

2.에 대하여 ; 계획급수구역은 상수도사업이 적정하고 또한 효율적으로 운영되기 위하여 합리적인 시설의 건설과 유지관리의 가능성이 검토된 다음 결정되어야 한다. 이 경우에 다른 상수도사업이나 간이상수도사업 등과의 통합도 함께 종합적인 관점에서 검토되어 급수구역이 설정되는 것이 바람직하다.
정수를 다른 수도사업자에게 분수하는 경우, 물을 받는 쪽의 급수구역은 상기 계획급수구역에 포함되지 않는다.

3.에 대하여 ; 장래인구의 추계방법에는 주로 다음에 보인 시계열경향분석 또는 요인별 분석에 의한 것이 있다.

1) 시계열경향분석에 의한 장래인구의 추계

시계열경향분석은 인구의 시계열적인 경향을 분석하여 단일방정식으로 이루어지는 경향곡선에 맞도록 하여 장래인구를 예측하는 방법이며 시간을 설명변수로 하는 비교적 간단한 예측방법으로 널리 사용되고 있다. 이 방법의 주된 것으로는 다음과 같은 것들이 있다.

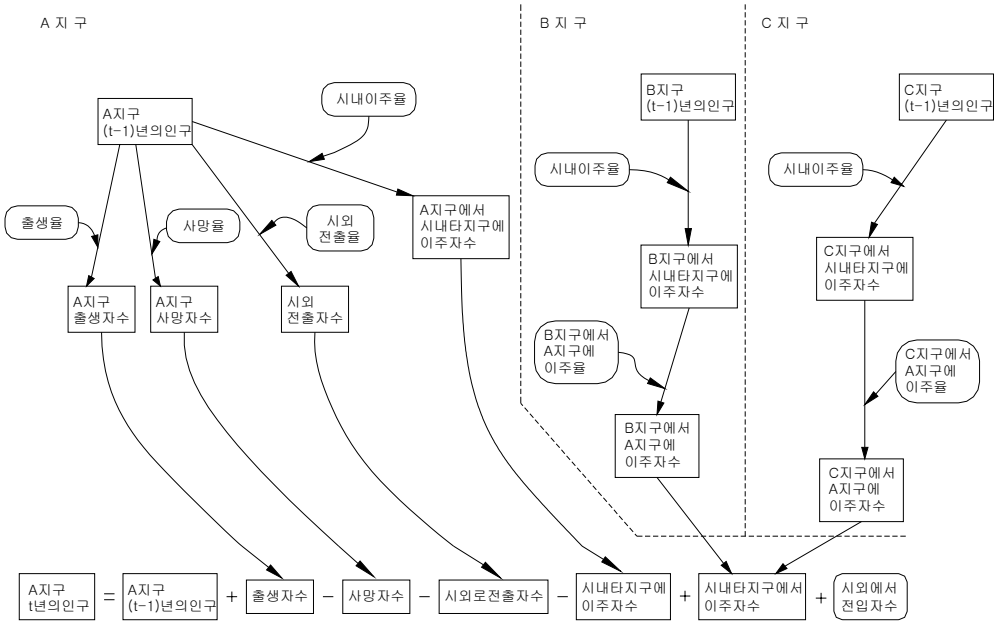
① 연평균 인구증감수와 증감률에 의한 방법
② 수정지수곡선식에 의한 방법
③ 베기곡선식에 의한 방법
④ 이론곡선식(logistic curve)에 의한 방법

2) 요인별 분석에 의한 장래인구의 추계

요인별 분석은 추계의 기준으로 되는 인구에 인구변동요인인 출생, 사망, 전출, 전입을 가감하여 추계하는 방법이다. 이 방법은 총인구 외에 연령별 인구가 추계될 수 있으며 인구이동이 요인의 하나로서 파악되기 때문에 지역별 인구추계에도 적합하다. 그러나 면밀한 분석작업이 수반되므로 이에 대응하여 자료가 충분히 확보되어야 한다. 장래인구의 추계모델도를 〔그림 1.2.2〕에 나타내었다.

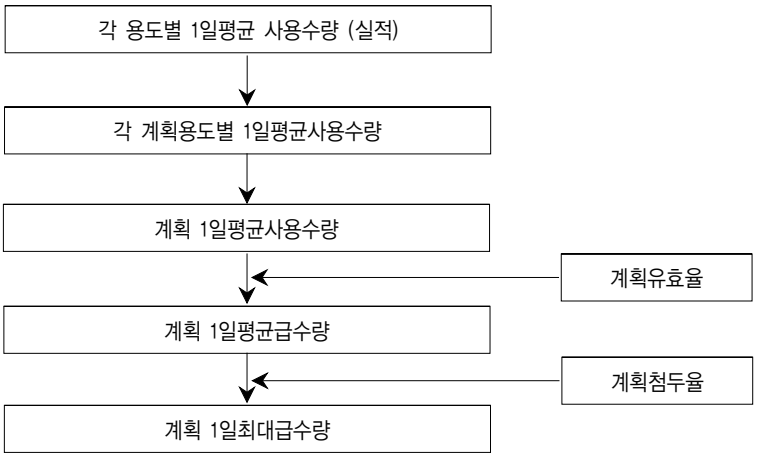
이상 설명한 각 방법에 의하여 수도사업자가 독자적으로 계획급수구역 내의 인구를 결정하는 경우, 몇 가지 방법에 의하여 얻은 결과에 관하여 충분히 고찰하고 다음 사항에도 유의하여 결정한다.
시나 군 등 자치단체 행정구역의 인구예측치는 합리적이고 현실적인 근거가 바탕이 되어야 한다. 이 경우에는 각각 대상구역 및 계획년도가 다른 경우가 있으므로 주의가 필요하다.

계획급수보급률은 시설의 정비내용 등이 충분히 검토된 다음 가능한 한 높은 수준이 목표로 설정되어야 한다.



[그림 1.2.2] 장래인구의 예측모델도

4.에 대하여 ; 계획급수량의 일반적인 산정 절차가 〔그림 1.2.3〕에 나타나 있다.
계획급수량은 기본계획의 큰 틀을 결정하며 장래의 사업경영에도 크게 영향을 미치는 사항이기도 하기 때문에 각 수도사업자는 사회·경제상황이나 지역특성의 동향을 반영해야 하며 수요자의 요구를 충분히 파악한 다음에 산정해야 한다.



[그림 1.2.3] 계획급수량의 산정절차

$$\text{계획1일평균급수량} = \frac{\text{계획1일평균사용수량}}{\text{계획유효율}}$$

계획1일최대급수량 = 계획 1일평균급수량×계획첨두율

계획유효율은 앞으로의 급·배수관 정비계획 등이 반영되어 설정되어야 하지만 계획적인 누수방지대책 추진목표의 95 % 정도로 장래목표치가 설정되는 것이 바람직하다.

더욱이 유효율은 배수제어나 배수계통의 분할상황, 직결급수의 범위, 시설의 노후화 정도 등에도 영향을 받으므로 이러한 인자들이 충분히 고려되어 설정되어야 한다.

첨두율은 평균급수량에 대한 최대급수량의 크기를 나타내는 것이며 일반적으로 소규모의 도시일수록 급수량의 변동폭이 커서 첨두율 값이 커지고, 도시 규모가 커짐에 따라 최대와 평균급수량의 변동폭이 작아져서 첨두율 값이 작아지는 경향이 있다. 첨두율은 도시규모에 따라 변하는 외에 도시의 성격, 기상조건 등에 의해서도 좌우된다.

사용수량의 내역이나 다른 기초 자료가 정비되어 있지 않은 경우에는 1인1일평균사용수량을 기초로 산정할 수 있다.

$$\text{계획1인1일평균급수량} = \frac{\text{계획1인1일평균사용수량}}{\text{계획유효율}}$$

계획1일최대급수량 = 계획 1일평균급수량×계획첨두율

계획1일평균급수량 = 계획1인1일평균급수량 × 계획급수인구

계획1일최대급수량 = 계획1인1일최대급수량 × 계획급수인구

또한 같은 이유로 구경별 사용수량을 기초로 계획급수량을 산출하거나 유효율 대신 유수율을 사용하여 산출할 수 있다. 그리고 1일최대급수량의 실적으로부터 직접 구하는 방법도 있다. 어느 경우에도 합리적인 추계작업이 이루어지도록 유의해야 한다.

〈표 1.2.1〉과 〈표 1.2.2〉에 최근 5년간의 상수도기본자료 현황과 광역자치단체별 상수도기본자료 현황을 나타내었다.

〈표 1.2.1〉 최근 5년간의 상수도 기본자료 현황

구분 \ 연도	2003	2004	2005	2006	2007	비고
총인구(천명)	48,824	49,053	49,268	49,599	50,034	
급수인구(천명)	43,633	44,187	44,671	45,270	46,057	
보급률(%)	89.4	90.1	90.7	91.3	92.1	
시설용량(천㎥/일)	28,462	29,460	30,950	28,538 (31,138)	28,455 (31,265)	
1인1일급수량(L/인·일)	347 (359)	353 (365)	351 (363)	346 (-)	340 (-)	

( ) 안의 수치는 전용공업용수를 포함한 급수량임.

〈표 1.2.2〉 전국 광역자치단체별 상수도 기본자료 현황(2007년말 기준)

구분 / 자치단체별	총인구 (천명)	급수인구 (천명)	보급률 (%)	시설용량 (천㎥/일)	직접급수량 (천㎥/일)	1인1일급수량 (L/인·일)
총 계	50,034	46,057	92.1	28,455(31,265)	15,657	340
서울	10,422	10,422	100.0	5,100(5,230)	3,284	315
부산	3,615	3,600	99.6	2,444(2,644)	1,079	300
대구	2,513	2,504	99.7	1,500(1,700)	812	324
인천	2,710	2,645	97.6	2,578(2,578)	981	371
광주	1,423	1,394	97.9	780(780)	451	323
대전	1,488	1,476	99.2	1,350(1,350)	503	341
울산	1,113	1,041	93.5	551(551)	333	320
경기도	11,340	10,593	93.4	2,510(2,718)	3,430	324
강원도	1,516	1,283	84.6	797(804)	570	444
충청북도	1,527	1,264	82.7	342(342)	463	367
충청남도	2,026	1,366	67.4	159(159)	507	371
전라북도	1,878	1,604	85.4	244(374)	639	398
전라남도	1,945	1,360	69.9	763(829)	480	353
경상북도	2,715	2,192	80.7	969(1,079)	951	434
경상남도	3,239	2,752	84.9	1,282(1,282)	985	358
제주도	563	563	100.0	323(323)	190	338
한국수자원공사	-	-	-	6,764(8,524)	-	

시설용량에서 ( ) 안의 수치는 공업용 정수시설용량을 포함한 시설용량임.

1.2.6 정비내용의 결정

정비내용을 결정할 때에는 시설의 전체적인 합리성 등을 감안하여 사업의 내용, 공정, 개괄적인 사업비 등을 밝혀야 한다.

【해설】

정비내용이 결정될 때에는 시설의 전체적인 합리성이 고려되어야 한다. 시설의 전체적인 합리성이라는 것은 각 시설간의 용량, 능력 등의 균형이 이루어져 있으며 시설을 전체적으로 보았을 때 능력의 낭비가 없어야 한다. 확장계획은 목표년도까지의 수요추이에 잘 대응하여 수급에 과부족이 없도록 수립되어야 한다. 개량계획이 수립되는 경우에는 대상시설이 합리적으로 선정되어야 할 뿐만 아니라 시설간의 정비수준에 충분한 균형이 유지되어야 한다.

각 정비계획이 실시되는 시기는 각 시설정비의 우선성, 긴급성 및 시설개량에 수반되는 일시적인 시설능력의 저하 등 실가동 능력이 고려된 후에 결정되어야 한다. 또 각 시설정비의 사업비나 실시시기에 맞추어 재정계획이 수립되는 등 재정 면에서도 계획이 무리가 없도록 검토되어야 한다.

정비내용은 시설확장을 중심으로 하는 확장계획과 각 시설개량을 중심으로 하는 정비계획으로 크게

나눌 수 있다.

확장계획은 급수구역의 확장에 수반되는 송·배수관이나 배수지 등의 신설, 정수장의 증설·신설, 신규 수원의 개발, 저수시설의 정비 등이 있다.

정비계획에는 정수시설의 정비나 도·송·배수시설의 정비, 또는 취수에서부터 배수시설에 이르기까지 수운용시스템의 통합관리, 수질정보의 수집, 시설의 무인화에 따른 원격조작 등을 위한 원격계측·원격제어시설의 정비, 시설전체에 관련된 내진성을 향상시키기 위한 시설 내진화 등 다양한 것들이 있다.

정수시설의 정비에는 정수시설의 개량, 고도정수시설의 도입, 정수장 예비시설의 확보, 정수시설의 내진화, 정수시설 관리의 효율화 등의 사업이 포함된다.

도·송·배수시설의 정비에는 노후관로의 개량, 배수관의 증설, 내진화를 포함한 배수관망의 정비, 배수계통의 적정화 촉진과 유량계·수압계·수질계측기의 설치, 직결급수의 범위 확대, 균등급수를 위한 배수관의 정비 및 가압시설의 설치, 조정지나 배수지의 용량 증설과 적정배치, 배수시설에서 소독제를 추가주입하기 위한 시설의 설치, 도·송·배수 관거의 내진화와 복선화, 도·송수관로의 연결 등도 포함된다.

또한 환경대책도 충분히 고려되어야 하며 환경부하를 저감하며 재활용·에너지 절약 등에 대한 대책도 중요하다.

이와 같이 정비사업의 내용은 광범위하지만, 제각기 서로 유기적으로 기능을 발휘함으로써 상수도시설 전체의 안정성·안전성이 향상되도록 하여야 한다.

정비내용은 수요자의 요구가 적절하게 반영되고 급수서비스 수준의 향상과 상수도사업 경영개선에 이바지한다는 관점에서 충분히 검토되어야 한다. 그러기 위해서는 시설의 충실을 기하는 한편 유지관리의 효율화와 함께 경영·사무·인사관리·영업 등 각 분야의 업무와 연계된 구상도 필요하다. 예를 들면 기술관리의 효율화, 수도계량기의 자동원격검침제도의 도입, 지리정보시스템(GIS)의 도입 등과 같은 사업도 단계적으로 수준을 높여 갈 필요가 있다.

[1.2.6 참고 1] 기본계획수립에 관련된 주된 법률

1) 수도전반에 관련되는 법률

수도법

2) 물 수요에 관련되는 법률

국토기본법
국토의 계획 및 이용에 관한 법률
도시개발법
수도권정비계획법
농어촌정비법

도시 및 주거환경정비법
산림기본법

3) 수원에 관련된 법률

하천법
한국수자원공사법
댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률
한국농어촌공사 및 농지관리기금법
전원개발촉진법
상수원관리규칙
환경정책기본법
수질 및 수생태계 보전에 관한 법률
한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률
낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률

4) 수도시설의 건설에 관한 법률

하천법
도로법
자연공원법
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률
자연환경보전법
문화재보호법
건축법
건설산업기본법
건설기술관리법
소음진동규제법
환경영향평가법
수질 및 수생태계 보전에 관한 법률
재해구호법
폐기물관리법
주택건설기준 등에 관한 규정

5) 사업경영에 관련되는 법률

지방재정법

지방공기업법
보조금의 예산 및 관리에 관한 법률

6) 기타

지방자치법
산업안전보건법
소방기본법
하수도법
제조물책임법 등

[1.2.6 참고 2] 기본계획 수립의 예

상수도사업 등의 기본계획수립에 대한 예로서 A시 상수도사업을 모델로 기술한다. 사업자는 이 예를 참고로 각각 기본계획을 수립해 주기를 기대한다.

1) A시의 개요

가) 사회적 조건

이 시는 ○○평야의 중심도시로 현재 인구 ○○○,○○○명이고 시가지의 주변도 농업 이외에 수산업 및 ○○공업이 번성하고 있다. 이 시에서는 ○○○○년 시정을 개시할 당시에는 인구 ○○○,○○○명이었지만, ○○○○년도부터 ○○○○년 사이 연간 ○,○○○명씩 급속히 인구가 증가하고 시가지도 급속히 확대되었다. 그렇지만 최근에는 인구증가율도 ○% 전후로 약간 둔화된 추세로 안정적으로 성장하고 있다. 이 시는 인접 시읍면으로부터의 주간인구 유입이 ○,○○○명이 있으며 이 추세는 앞으로도 계속될 것으로 본다.

나) 자연적 및 지리적 조건

이 시는 ○○평야의 ○○강 하구에 위치하고 있다. ○○강 상류유역은 국내 유수의 적설지대이고 ○○지점에서의 연간강수량은 ○○○mm이며 ○○강의 유량은 비교적 안정되어 있다. ○○강에는 ○○○○년에 A댐이 건설되었고 현재 ○○○,○○○m^3/d를 취수할 수 있으며 그 상류에 B댐을 건설할 것으로 예정되어 있다.

2) 상수도사업의 개요

가) 연혁

이 시의 상수도사업은 ○○○○년에 신설되었다. 수원은 ○○강의 표류수이다. 목표년도는 ○○○○년도로 하고 계획급수구역은 이 시의 시가화 구역이며 계획급수인구 ○,○○○천명, 계획급수량 ○○○천m^3/d이었다.

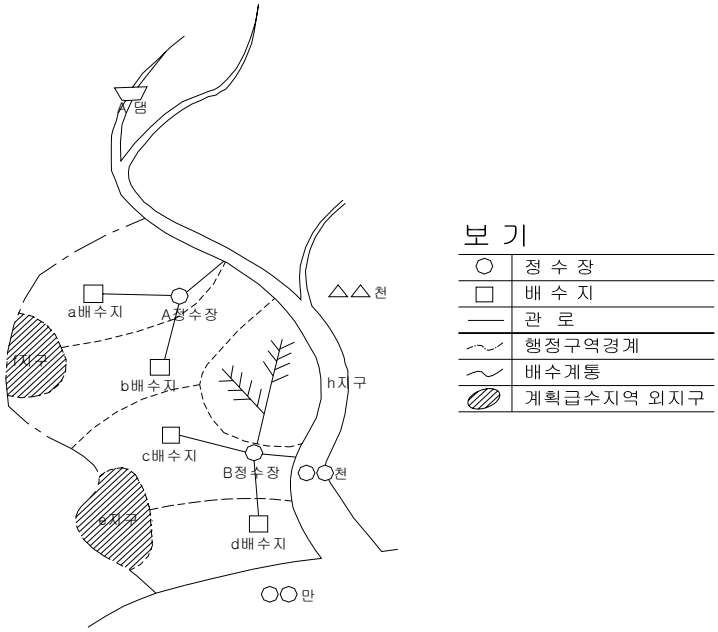
그 후 시가지가 확대되고 인구가 증가하는데 따른 수돗물 수요량을 증대하기 위하여 ○○○○년도 및 ○○○○년도에 계획을 변경하였다.

나) 급수의 현황

○○○○년도 말 현재의 급수구역, 급수인구, 급수량 등은 〈1.2.6 참고도-1〉 및 〈1.2.6 참고표-1〉에 나타낸 바와 같다.

〈1.2.6 참고표-1〉 급수현황(○○○○년도)

행정구역 내 인구	○○○,○○○명
급수구역 내 인구	○○○,○○○명
급수인구	○○○,○○○명
급수보급률	○○.○ %
급수세대수	○○,○○○세대
급수전수	○○,○○○전



〈1.2.6 참고도-1〉 A시 수도시설 현황 개요도

다) 시설 개요

(1) 수원

하천수 및 댐물

기득수리권량 ○○○,○○○m^3/d

(2) 취수·도수시설

○○○,○○○m^3/d

⑶ 정수시설

	정수량
A 정수장	○○○,○○○m^3/d
B 정수장	○○○,○○○m^3/d
계	○○○,○○○m^3/d

⑷ 송·배수시설

㈎ 배수지 용량

㈏ 송·배수관 연장

송 수 관 …… 관경 ○○○~○○○mm, 연장○,○○○m

배수본관 …… 관경 ○○○~○○○mm, 연장○,○○○m

배수지관 …… 관경 ○○○~○○○mm, 연장○,○○○m

	배수지 용량
B정수장 a 배수지 : :	 ○,○○○m^3 ○,○○○m^3
계	○,○○○m^3

3) 현재의 과제

이 시는 전통산업인 수산업과 수산가공업에 추가하여 최근에는 하이테크산업이 발전하고 있으며 인구도 점점 증가하고 있고 시민들의 생활형태도 종전의 농·어촌형으로부터 도시형으로 바뀌고 있다. 최근 수요가 증가되는 추세이며 미급수 지역이 해소되고 수요증가에 대처하기 위하여 새로운 상수원이 계속 확보되어야 할 필요가 있다.

이 시의 수도시설은 구시가지의 배수관이 노후화되었으며 누수가 많고 또 적수가 자주 발생하고 있다. 따라서 배수관 교체가 추진되어야 한다.

○○강의 지류인 도시하천인 △△천은 유역의 하수도정비가 늦어졌기 때문에 수질이 악화되어 있다. 이 때문에 △△천에서 ○○강으로 유입되는 지점의 직하류에서 취수하고 있는 B정수장은 원수수질이 악화되어 있으며 급수구역에서는 여름철에 맛·냄새 문제로 불평이 증대하고 있으므로 시급히 조치해야 할 필요가 있다.

○○○○년에는 이 시에 ○○태풍이 내습하여 이 시의 북부지역 수도시설이 막대한 피해를 입었다. 일부 지구에서는 수개월 동안에 걸친 단수로 시민생활이 마비되기도 하였다. 또한 ○○강 유역에는 여러 개의 화학공장 등이 있어서 최근 수질사고가 자주 발생되고 있다. 특히 작년에는 ○○화학공장에서 시안이 유출되어 약 ○○시간 동안 부득이 취수가 중단되었으며, 고지대를 중심으로 단수가 발생되는 등 급수에 지장이 초래되었다. 따라서 이와 같은 경험을 바탕으로 하여 긴급시를 고려하여 수도시설이 정비될

필요가 있다.

4) 기본방침

가) 급수대상구역

시는 현행의 계획급수구역에 관하여 조속히 급수보급률을 100 %로 달성하고, 그 다음에는 계획급수구역 외의 e지구 및 f지구를 급수구역에 포함되도록 급수구역을 확장할 계획이다(〈1.2.6 참고도-2〉 참조).

나) 광역계획과의 관련

시는 광역적 수도정비계획에 따라 ○○원수공급사업자로부터 ○○,○○○m^3/d의 물을 배분받는다.

다) 급수서비스 수준

⑴ 시는 안정적인 급수와 장래 수요에 대비하기 위하여 부족한 용량은 새로운 상수원을 확보하고 시설도 확장함으로써 해소하도록 한다.

⑵ 사고, 누수, 적수의 원인이 되는 노후관을 개량한다.

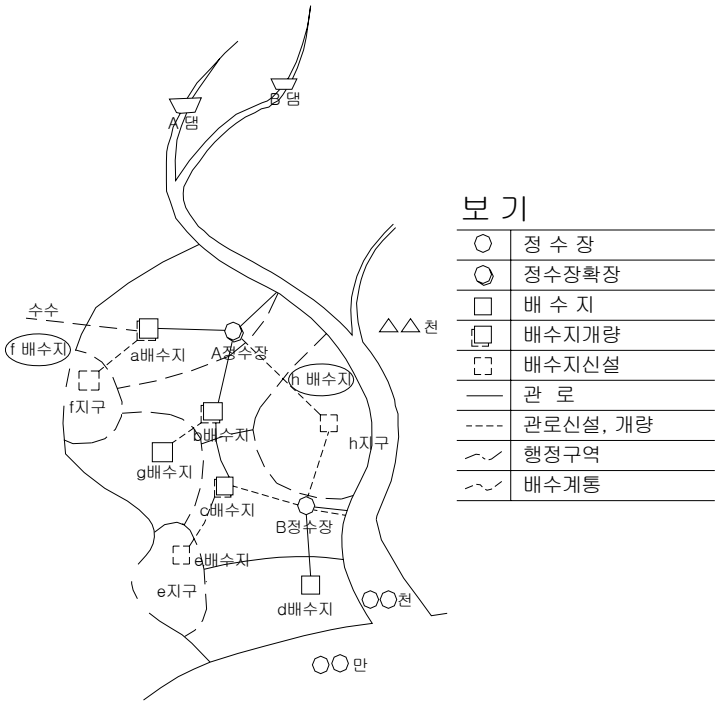
⑶ 맛·냄새문제를 해소하기 위하여 고도정수시설을 도입한다.

⑷ 5층 건물에까지 직결급수의 범위를 확대한다.

라) 이상시 대처

⑴ 수질사고나 시설사고 등 이상 시에 급수를 확보하기 위하여 정수장 간에 연계할 수 있는 송수관을 상호 연결하며 배수지 용량을 24시간 분까지 증대시킨다.

⑵ 자연재해 시에도 안정적인 급수를 위하여 도·송수관로 및 배수관의 내진화를 추진한다.



〈1.2.6 참고도-2〉 A시 수도시설 정비계획도

마) 유지관리

(1) 수압과 수량을 쉽게 관리하기 위하여 배수지를 신설하고 배수계통을 재편성한다.

(2) 정수장 관리 및 수운용 관리의 효율화를 도모하도록 관리시설을 정비한다.

바) 경영관리

경영수지를 개선하고 원활하게 시설을 정비할 수 있도록 계획한다.

5) 기본사항

가) 계획급수구역

행정구역 전체를 계획급수구역으로 한다.

나) 계획년도

계획년도를 ○○○○년도에서 ○○○○년도까지 15년간으로 한다.

다) 계획급수인구

A시의 종합계획에서 장래인구의 예측치에 근거하여 독자적으로 추계한 결과, 계획급수인구를 ○○○,○○○명으로 한다.

라) 계획급수량

용도별 추계법에 의한 추계에 근거하여, 계획1일 최대급수량을 ○○○,○○○m^3/d로 한다.

6) 정비내용의 결정

현재 보유시설을 평가하여 시설전체로서의 균형을 유지하면서 재정계획과 병행하여 각 정비내용의 우선순위 등을 감안하여 정비내용 및 공정을 다음과 같이 결정한다(〈1.2.6 참고도-3〉 참조).

(단위 : 억원)

사업명 \ 년도		'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	'00	사업비
확장에 관한 계획	급수구역 확장 정수장 확장 물을 받는 시설 정비 신규 수원개발																○○
정수시설 정비에 관한 계획	고도정수시설 도입 정수장 시설 개량																○○
배수시설 정비에 관한 계획	노후관 개량 직결급수구역 확대 배수지 용량 확대 송수관의 상호연결 배수구역의 적정화																○○
텔레미터, 텔레컨트롤 시스템 정비에 관한 계획																	○○
시설 내진화에 관한 계획	도수관의 내진화 배수관의 내진화																○○
사업비		○○					○○					○○					○○○

〈1.2.6 참고도-3〉 공정의 예

가) 확장에 관한 계획 …… 사업비 ○○○○억원

⑴ 급수구역 확장

(가) 배수관 신설 …… 관경 ○○○~○○○mm, 연장 ○○○○m

(나) 송수관 신설 …… 관경 ○○○mm, 연장 ○○○m

(다) 배수지 신설

e 지구 …… 배수지 용량 ○,○○○m^3, f 지구 …… 배수지 용량 ○,○○○m^3

⑵ 정수장 시설확장

A 정수장을 ○○,○○○m^3/d 용량의 시설로 확장한다.

⑶ 배수시설의 확장정비

(가) a배수지(거점배수지)를 개조한다.

(나) 송수관 신설 …… 관경 ○○○mm, 연장 ○○○○m

⑷ 신규 수원개발 …… ○○,○○○m^3/d

○○사업으로 계획되어 있는 ○○강 지류의 B댐건설에 참여하여 이를 수원으로 한다.

나) 정수시설정비에 관한 계획 …… 사업비 ○○○억원

⑴ 고도정수처리 도입

물의 맛과 냄새를 제거시키기 위하여 B정수장에 고도정수처리시설을 도입한다.

⑵ 정수장 관리 설비의 개량

A 정수장 관리를 컴퓨터에 의한 관리방식으로 개량한다.

다) 배수시설의 정비에 관한 계획 …… 사업비 ○○○억원

⑴ 노후관 개량

(가) 아연도강관을 내식성 관으로 교체 …… 관경○○~○○○mm, 연장 ○,○○○m

(나) 보통주철관을 덕타일주철관으로 교체 …… 관경○○~○○○mm, 연장 ○,○○○m

(다) 관로 갱생(更生) …… 관경 ○○~○○○mm, 연장 ○,○○○m

⑵ 직결급수의 범위 확대

c지구와 d지구에 가압펌프장을 설치하고 배수관을 정비 …… 관경 ○○~○○○mm, 연장○○○○m

⑶ 배수지의 용량 증대 …… ○○,○○○m^3 증대

e배수지 신설 ○,○○○m^3(e지구, f지구)

⑷ 송수관의 상호연결

(가) b~c배수지간 …… 관경 ○○○mm, 연장 ○,○○○m

(나) 배수지의 개조 …… b배수지, c배수지

⑸ 배수계통의 재편성

(가) B정수장에서 직결급수하고 있는 h지구에 배수지를 신설한다. …… 배수지 용량 ○○,○○○m^3

(나) 고지대로 되어 있는 g지구에 배수지를 설치하고 독립된 배수구역으로 한다.
…… 배수지 용량 ○○,○○○m^3

(다) 배수관 정비 …… 관경 ○○~○○○mm, 연장 ○,○○○m

라) 원격계측·원격제어시스템의 정비에 관한 계획 …… 사업비 ○○○억원

마) 시설 내진화에 관한 계획 …… 사업비 ○○○억원

⑴ 도수관의 내진화

B정수장의 도수관을 파이프인파이프로 내진화한다 …… 관경 ○,○○○mm, 연장 ○○○m

⑵ 배수관의 내진화

중요 노선의 배수관을 내진이음관으로 부설교체 …… 관경 ○○○~○○○mm, 연장 ○,○○○m

1.3 설계의 기본사항

1.3.1 총칙

상수도는 취수, 저수, 도수, 정수, 송수, 배수의 각 시설 및 급수설비로 구성되어 있고 토목, 건축, 기계, 전기, 계측제어 등의 기술 분야가 연결된 시스템으로 이루어지며, 이들이 조화롭게 연관되어야 원활하게 기능이 발휘된다. 따라서 상수도 시설은 각 요소들이 유기적으로 조화되도록 다음 사항에 유의하여 설계되어야 한다.

1. 구조상 안전하고 수리적인 제반 조건이 만족되어야 하며 필요한 급수능력이 구비되어야 함.
2. 생산수질이 먹는물 수질기준에 적합할 것
3. 지진, 홍수, 태풍 등 자연재해나 사고 등의 비상시(이하 「비상시」라고 한다)라도 가능한 한 단수되지 않아야 하며 피해를 입더라도 조속히 복구될 수 있도록 할 것.
4. 예비용량의 확보, 시설의 분산배치, 수원의 다계통화 등을 통하여 급수의 안정성을 높일 것.
5. 법령이나 기준에 근거하며, 특히 정수장진단과 관망진단의 결과가 반영되어야 하며, 정수처리기준이 달성될 수 있을 것.
6. 경제성을 고려하면서 시공 및 유지관리가 편리할 것.
7. 장래의 확장이나 개량·갱신을 고려할 것. 또 검증되지 못한 신기술, 새로운 처리장치나 기자재 등은 충분히 장기간에 걸친 실험이나 실적을 바탕으로 채택여부가 결정되고, 설계인자가 정해져야 한다.

1.3.2 상수도시설의 위치 및 배치

시설의 위치 및 배치는 다음 각 항들이 검토되고 그 결과를 기초로 하여 결정되어야 한다.

1. 지형이 고려되어 최대한 이용되도록 할 것.
2. 장래의 도시발전에 적합하고 장래 시설확장이나 개량·갱신에 지장이 없을 것.
3. 지진, 태풍, 홍수 등 자연재해나 사고 등 비상시에도 가능한 한 단수되지 않는 위치로 할 것.
4. 장래에도 양질의 원수가 안정적으로 취수될 수 있을 것.
5. 시설의 건설과 유지관리가 안전하고 쉬워야 하며 합리적이고 경제적일 것.
6. 광역수도사업자 및 지방상수도사업자 상호간에 합리적이고 또한 상호 융통적인 시설이 되도록 배치할 것.

【해설】

상수도시설의 전반적인 계통배치는 〔그림 1.3.1〕에 나타난 바와 같다. 또한 각 시설간의 도·송·배수방식의 대표적인 사례가 〔그림 1.3.2〕에 보여지고 있다. 이들 시설의 위치 및 배열 결정에는 각 시설이 그 원래의 기능을 충분히 발휘할 수 있을 뿐 아니라, 시설전체가 시스템으로서 안정성이 높게 되도록 다음 사항들이 비교·검토되어야 한다.

1.에 대하여 ; 취수장, 정수장 및 배수지 등의 위치나 그들 시설간의 도·송·배수방식은 지형이 최대한 이용되도록 고려되어야 한다.

2.에 대하여 ; 상수도의 여러 시설들은 도시계획 등에 따라 예측되는 도시발전의 추세와 장래의 도시형태에 적합하도록 배치되어야 한다. 또한 시설이 확장되거나 개량·갱신되는 경우에 기존시설과 기능상 조화가 되도록 각종 시설을 배치해야 한다.

이를 위하여서는 시설의 단계적인 확장이나 개량·갱신에 대비하고, 계통이 분할되어 각 계통에 영향을 미치지 않고 조작할 수 있는 시설의 구조와 배열로 설치되어야 한다. 특히 정수장 내의 시설은 장래에 고도정수시설 등이 도입될 가능성이나 정수장의 예비용량을 확보하기 위한 시설정비에 관해서도 검토되어야 하며, 필요에 따라 장래 추가해야 할 설비나 시설이 미리 고려되는 것이 바람직하다.

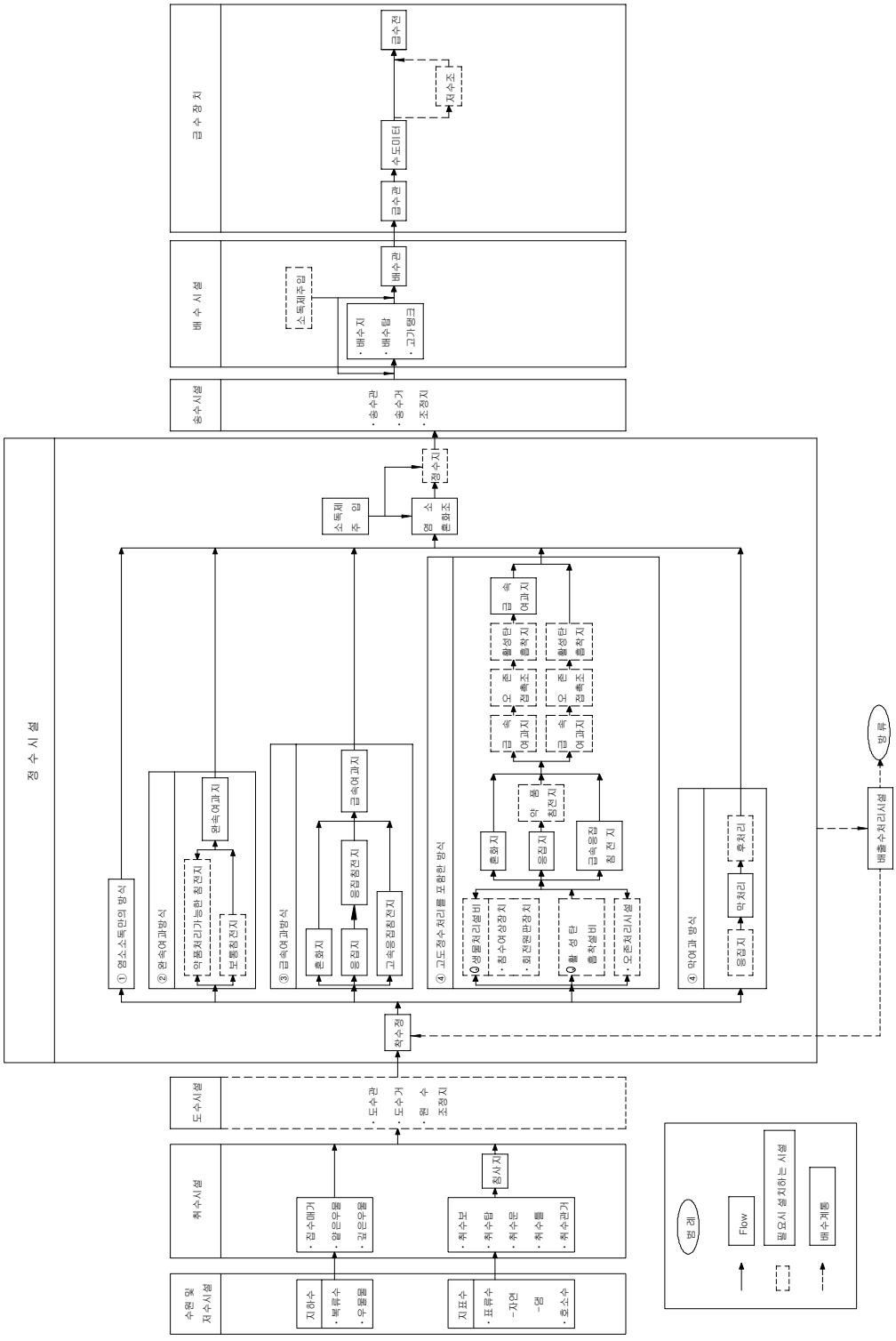
또한 시설용지는 장래 시설이 확장되거나 개량·갱신될 때를 고려하여 선정되고 여유있게 매입되어야 한다.

3.에 대하여 ; 평상시는 물론이고 비상시에도 가능한 한 단수가 되지 않도록 고려되어야 한다. 지반특성이나 지형의 고저차가 감안되어야 하는 것은 물론, 내진성을 강화하는 외에 배수구역의 망목화·블록화, 예비능력의 확보, 시설의 분산화, 수원의 다계통화, 백업시설의 정비 등이 감안되어야 하며, 예방과 조기복구의 양면에서 급수의 확실성이 높아지도록 설치되는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 상수원의 종별 및 취수지점을 선정할 때에는 정수처리를 함으로써 수질기준에 적합한 수돗물이 장래에도 확실하게 공급될 수 있는 수질의 원수가 안정적으로 취수될 수 있도록 하여야 한다.

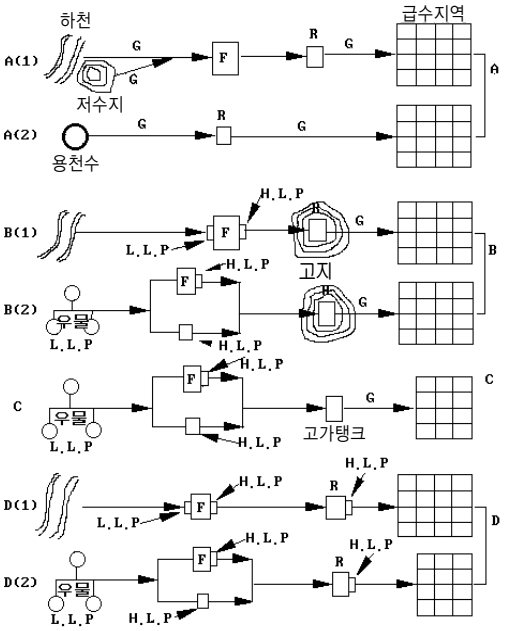
5.에 대하여 ; 취수장, 정수장, 배수지 및 이들을 연결하는 관거 노선의 위치선정에는 용지취득의 난이, 매설도로의 교통량, 지하매설물의 현황, 기초지반의 지지력, 토공량, 자재 운반로 확보의 난이도 등이 감안된 몇 가지의 안들이 비교·검토되어야 한다. 또한 건설공사의 안전성이나 공사 진척에 지장을 주지 않는 방안이 선정되어야 하며 아울러 완성된 뒤의 보수나 점검의 난이 등도 비교·검토되어 확실하고 용이하게 유지관리될 수 있는 안이 선정되어야 한다. 더욱이 건설로부터 유지관리에 이르기까지 합리적이고 경제적이도록 선정되어야 한다. 따라서 건설 및 유지관리의 양면에서 생애주기비용(life cycle cost : LCC) 등이 감안된 비용대비 효과등이 분석 되어 경제성이 고려되면서 시설의 전반적 배치, 구조, 수위관계 및 도·송·배수방식 등이 가장 유리한 안이 선정되어야 한다.

다만, 상수도시설은 급수의 안전성 및 장기에 걸친 기능의 보존과 유지가 가장 중요하므로 건설비가 과도하게 절감되도록 계획되면, 유지관리상 생각하지 못한 손실이 초래되는 경우가 있으므로 주의가 필요하다. 또한 계획에서는 배수지나 비상저수조를 설치하는 것과 같은 공공용지의 이용, 다른 공공시설과의 복합형 시설의 정비, 대심도 지하터널 등도 필요에 따라 검토되어야 한다.



[그림 1.3.1] 일반적인 상수도 계통도

6.에 대하여 ; 수도사업자간 급수체계 조정이나, 지방상수도간 통합, 광역상수도 및 지방상수도의 통합을 고려한 지역에서는 사업상호의 시설정비계획이 이미 수립된 정비계획과 조화되도록 고려되어야 한다. 그 외의 지역에서도 수도사업자간에 상수도시설이 부분적으로 공용되거나 긴급시에 원수나 정수가 상호 융통되도록 하는 등 합리적이고 또한 상호 보완할 수 있는 시설배치가 적극적으로 검토되어야 한다.



취수지점에서 일괄 자연유하에 의한 방법

취수지점에서 정수장까지는 자연유하 또는 펌프가압식, 그 후 정수장에서 고지배수지까지 펌프로 가압하고 그 이후는 자연유하식

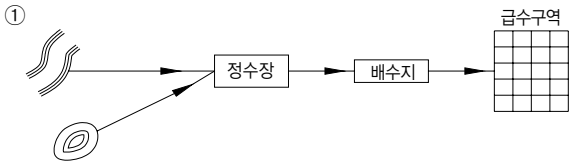
상기 B의 경우와 같이 적당한 고지가 없을 경우 정수장에서 배수탑이나 고가탱크까지 펌프로 가압하고 그 이후는 자연유하식

지세가 평탄할 경우 펌프로 가압하여 정수장으로 도수하고 그 이후는 펌프로 가압하여 송·배수하는 방식

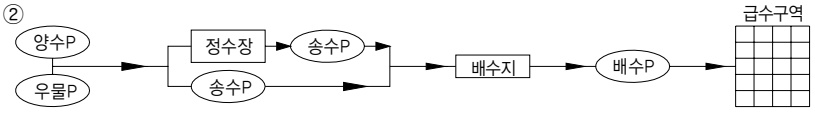
〈보기〉 G : 자연유하, F : 정수장, R : 배수지, L.L.P : 원수양수펌프 또는 우물펌프, H.L.P : 송수펌프 또는 배수펌프

※ 상기 A~D에서 지하수를 수원으로 할 경우에는 정수장을 생략하는 경우가 있음.

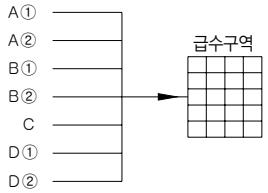
(예) A 취수지점에서 일괄 자연유하에 의한 방법



D 지세가 평탄한 경우 원수를 펌프로 가압하여 … (중략) … 펌프가압에 의한 송·배수방법



한편 급수구역에 대해서는 1개소에 집약하는 것도 가함.



[그림 1.3.2] 도·송·배수 방법의 사례

1.3.3 상수도시설의 안전성 확보

설계할 때에는 상수도시설의 안전성이 확보되도록 다음 각 항이 고려되어야 한다. 1. 재해 또는 사고에 대하여 시설의 안전성이 확보되도록 할 것. 2. 수도시설로 기인하는 소음, 진동, 배수(排水), 배기가스 등이 환경에 나쁜 영향을 미치지 않을 것.

【해설】

1.에 대하여 ; 취수장, 정수장, 배수지 및 중요한 간선관로 등의 위치 선정 시에는 지진이나 풍수해 등에 대한 시설의 안전성이 확보되도록 지형이나 지질 외에 과거의 재해기록 등이 조사되어 가능한 한 안정성이 높은 위치가 선정되어야 하며, 각 시설은 이들 재해에 대비하여 충분히 안전한 구조로 설계되어야 한다.

또 부득이하게 지반이 연약한 곳이나 액상화 및 지반침하의 우려가 있는 곳에 관로가 부설되어야 하는 경우에는 과거의 피해사례 등이 감안되어 관종이나 조인트구조가 선정되어야 하며, 부상방지대책 등이 강구되어야 한다.

비상시에 상수도시설의 파손으로 인한 염소가스누출이나 침수 등은 주민의 건강이나 가옥 등에 재산상의 손해를 끼치는 경우가 있다. 염소저장시설, 제해설비 및 부속관·밸브류의 설계는 특히 내진성이 고려되어야 하며 만일의 경우라도 염소가스가 누출되는 일이 없도록 해야 한다.

부득이 경사지에 배수지 형태의 구조물이나 매설관로 등이 설치되어야 하는 경우에는 구조물 본체나 관·밸브류가 토사붕괴로 인하여 매몰되지 않도록 충분히 고려되어야 하며 제수밸브의 설치위치는 관 파손이 발생된 경우에도 단시간에 단수조작이 가능하도록 선정되어야 한다. 그 이외의 경우라도 시설의 일부가 파손 또는 정지되었을 때에 피해가 확대되거나 2차재해가 발생되지 않도록 하기 위하여 필요에 따라 차단, 배수(排水), 수압조정 등이 가능한 설비가 설치되어야 한다.

또한 지진재해나 정전사고에 대비하여 조정지나 배수지의 출구에 긴급차단밸브가 설치되어야 하고 밸브류가 원격 조작되도록 하거나 시설의 감시·제어, 상호연락을 위한 통신설비를 무선화하는 등의 여러 가지 대책이 강구되는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 상수도시설의 건설 및 운전으로 인한 소음, 진동, 배수(排水), 배기가스 등이 환경에 나쁜 영향을 미치지 않도록 고려되어야 한다. 특히 시설이 건설될 때에 주변에 영향이 미치거나 정수장에서의 배출수, 펌프장 주변의 소음이나 진동이 문제되는 경우가 많다. 펌프장의 소음이나 진동은 펌프특성, 유량제어밸브 및 지반 등의 다양한 요소가 원인인 경우가 많기 때문에 충분한 대책이 필요하다.

1.3.4 설계절차 및 근거기준

상수도시설은 전국수도종합계획과 수도정비기본계획에 근거하여 충분한 조사가 이루어 진 후에 관련되는 법령과 기준 및 지침에 따라 설계되어야 한다.

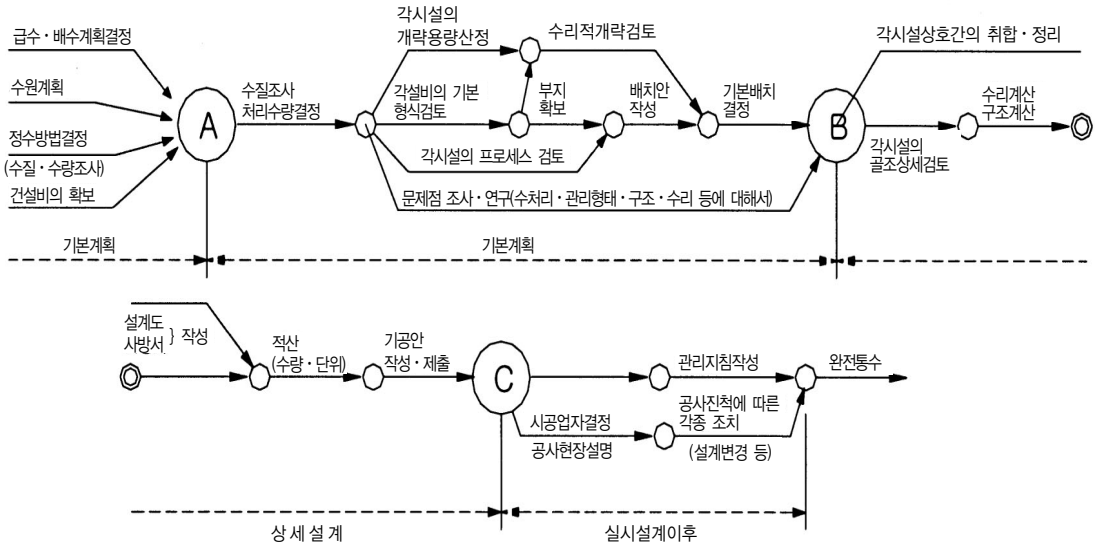
【해설】

상수도시설 설계시에는 기본설계를 통하여 시설의 개요가 정해진 다음에 상세설계가 실시된다. 또한 많은 인·허가 사항, 규제사항 등이 관련되어 있는 상수도시설 설계는 적절한 절차에 따라 설계되어야 한다. 실시설계를 포함한 상수도시설의 계획 등 안정급수확보를 위한 기본절차는 〔그림 1.2.1〕에 나타낸 바와 같다. 일반적인 정수장(주로 토목시설)시설을 설계하는 절차의 한 예가 〔그림 1.3.3〕에, 배수관로 설계절차의 한 예가 〔그림 1.3.4〕에 나타나 있다.

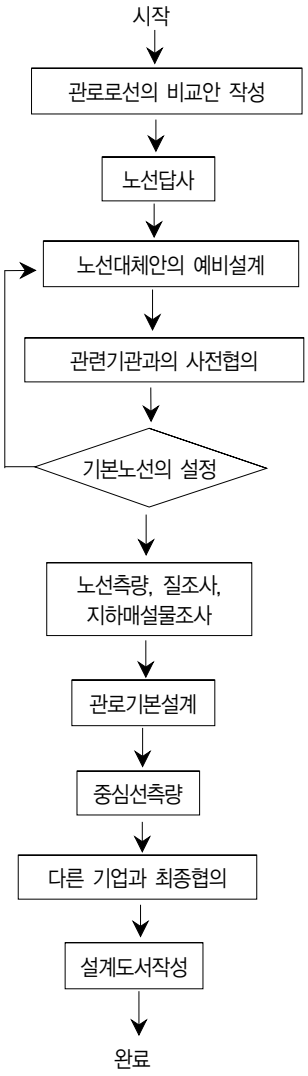
상수도시설의 설계와 관련되는 법령·규제항목·규제내용의 주된 사항들이 〈표 1.3.1〉에 정리되어 있다. 토목시설 및 건축물의 설계는 설계당시에 가장 최근의 법령, 제반 시방서 및 〈표 1.3.2〉에 있는 기준·지침에 따라야 한다. 또 상세한 사항에 대해서는 1.4 시설구조의 기본사항에 의한다.

전기설비의 설계는 『전기통신설비의 기술기준에 관한 규정』(방송통신위원회) 등의 관계법령 및 전기설비에 관한 한국산업표준(KS)등에 근거하여 수행되어야 한다.

기계설비의 설계는 관련법령 및 기계설비에 관련되는 KS 등에 근거하여 수행되어야 한다.



[그림 1.3.3] 정수장시설 설계절차의 예



지도(일반적으로 축척1/2500~1/5000의 것)상에서 노선비교안을 작성한다.

작성된 노선을 답사하고 지장물(지하매설물 포함), 보상여부 등 노선 상황에 대하여 종합적으로 검토하여 개략적인 규모를 판단한다.

관련기관과의 사전협의에 필요한 예비설계를 한다. 예비설계란 관로형식, 시공방법, 도로·하천, 궤도횡단방식 등의 개요적 검토나 기본도의 작성을 말한다.

하수도, 가스, 전기, 통신 등과 관련된 기관들과 예비설계를 함께 협의한다. 도로관리자와는 도로점용에 관한 사항 등에 관하여 협의한다.

예비설계, 다른 관련기관과의 협의결과를 바탕으로 시공성, 경제성 등을 고려하여 기본노선을 선정한다.

관로설계의 기초 자료를 만들기 위하여 평면·횡단측량, 지하매설물조사 및 지질조사 등과 필요에 따라서는 토양의 부식성을 조사한다.

관종·관두께의 검토, 점용위치의 선정, 제수밸브 및 이토밸브·공기밸브의 위치 선정, 토류공·주야간별 시공방법 등의 검토를 포함한 기본설계를 한다. 기존관과 접속하는 경우에는 단수구역을 검토한다.

선정된 관로의 점용위치에 대하여 중심선측량과 종단측량 등을 한다.

관로의 점용, 교통통제, 도로점용, 사유지의 차용 등에 대하여 최종조정을 한다. 설계도, 일반시방서, 특별시방서, 시공계획서, 수량계산서, 공사비 적산서 등을 작성한다.

[그림 1.3.4] 배수관로의 설계순서

〈표 1.3.1〉 주된 규제 법령 등

법	규 제 항 목	규 제 내 역
하천법	취수구조물	유수점용, 토지점용, 공작물의 신집, 토지의
	하천구조물(복월, 수관구 등)	굴착, 하천보전지역에서의 행위
	추진공사	하천예정지에서의 행위
항만법	구조	공작물의 굴착, 설치, 점용
광업법	광업권, 조광권	공작물의 굴착, 설치, 점용
항공법	높이	고가수조, 철탑 등의 항공장해 등
공유수면매립법	구조	매립공사계획, 동의서, 기타
산림기본법	산림지역의 전용	녹지, 우수배수, 조정지 등
택지개발촉진법	조성	절상, 성토, 옹벽, 우수배수 등

법	규 제 항 목	규 제 내 역
도로법	도로계획	도로계획, 침입도로구조계획
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률	공원지성의 전용, 조성	공작물의 전용, 관리 등
도로교통법	교통 규제	안전시설, 도로사용 등
농지법	농지의 전용, 조성	우수배수 등
건축법	부지, 구조, 설비, 용도	면적, 음지, 구조강도
도시개발법	개발행위	용지계획
소방기본법	소방설비	예방, 소화, 피난설비
	위험물	연료, 염소, 황산, 지하저유조, 연과소출조, 중화설비
유해화학물질 관리법	저장, 사용설비	수산화나트륨, 황산
고압가스 안전관리법	저장, 사용설비	염소설비
산업안전보건법	압력용기설치, 굴착 등 건설공사	보일러, 압력용기, 염소설비 사태방지, 굴착, 건설기계, 지지비계
전기사업법	자가용전기공작물	보안규정
	자가발전설비	전기주임기위자선임, 공사계획, 공사인가, 신고
전파법	무선국, 무선설비	무선국·무선설비의 설치, 운용
전기통신기본법	유선전기설비	유선전기설비의 설치, 운용
	전화설비	전화설비의 설치, 운용
대기환경보전법	소각고용·보일러의 설치	매연기규제(NO_X, SO_X, CO 등)
	악취물질의 배출	허용한도, 폐기물의 소각
소음진동규제법	소음	건설기계, 공조기계
	진동	자가발전설비, 건설기계, 공조기계
수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	배수수질	오수에 관한 특정시설설치계출
폐기물관리법	배수슬러지	산업폐기물처리
하수도법	배수수질기준	하수 배제의 제한
지하수의 수질보전 등에 관한 규칙	지하수의 수질보전	지반침하
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	개발제한, 수자원보호	수원의 보전, 함양
자연환경보전법	자연 환경의 보전	댐 등 공작물의 신고
자연공원법	자연 환경의 보전	건축물의 면적, 높이, 색채제한
건설산업기본법	자격	건설업등록, 공사발주
건축사법	자격*	건축사, 사무소등록, 건축물의 설계
기술사법	자격	기술사등록
기타	공해방지조례(각 지방자치단체)	안전설비, 사태방지 공사
	환경영향평가조례(각 지방자치단체)	옹벽, 우수배수, 조정지 등
	녹지조례(각 지방자치단체)	
	포장규제	

〈표 1.3.2〉 주된 설계기준 등

발 행	명 칭
한국상하수도협회	상수도시설기준 하수도시설기준 상수도공사표준시방서
한국수자원학회	하천공사표준시방서 하천설계기준 댐설계기준(구 댐시설기준)
한국수자원공사	댐및상수도공사전문시방서
대한토목학회	토목공사표준일반시방서 도시철도(지하철)공사표준시방서 철도설계기준
대한건축학회	건축공사표준시방서 건축표준기준
한국콘크리트학회	콘크리트표준시방서 콘크리트구조설계기준
한국도로교통협회	도로공사표준시방서 도로표준시방서 도로설계기준(구 도로시설기준) 도로교설계기준
한국조경학회	조경공사표준시방서 조경설계기준
대한터널협회	터널공사표준시방서 터널설계기준
한국조명전기설비학회	건축기계설비공사표준시방서 건축전기설비설계기준
대한설비공학회	건축기계설비공사표준시방서 건축전기설비공사설계기준
대한설비건설협회	산업설비공사일반표준시방서
한국항만협회	항만공사표준시방서 항만및어항공사전문시방서 항만및어항설계기준
농어촌공사	농업토목공사표준시방서 농어촌정비공사전문시방서 농업생산기반정비사업계획설계기준
한국토지주택공사	주택건설전문시방서 한국토지공사건설공사전문시방서
한국도로공사	고속도로공사전문시방서
한국토지공사	한국토지공사건설공사전문시방서
철도청	철도공사전문시방서
서울특별시	서울특별시전문시방서(건축, 토목편)
한국고속철도건설공단	고속철도공사전문시방서(노반, 궤도, 건축편)
한국강구조학회	강구조설계기준
한국지반공학회	구조물기초설계기준
한국지진공학회	내진설계기준

1.3.5 설계도면의 작성

설계도면은 다음 각 항의 원칙에 따라 작성되어야 한다.
1. 설계도면은 수량계산서 및 공사시방서와 함께 공사 발주시와 시공시에 중요한 도서이기 때문에 필요한 사항이 정확하고 명료하게 나타나야 한다.
2. 설계도면은 한국산업표준 각 분야별 제도통칙 등에 따라 작성되어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 설계도면을 작성하는 목적은 설계자의 의도를 시공자 및 운영자에게 정확하게 전달하는 것이다. 도면 작성은 이 목적에 따라 작성되어야 하며, 토목시설, 건축물, 기계설비, 전기설비 등의 위치, 형상, 치수 등이 명료하게 나타나야 한다. 설계도면은 토목, 건축, 기계, 전기, 계측제어의 순서로 편집되는 것이 일반적이고, 또 전체를 나타내는 도면이 앞쪽에 놓이고, 상세한 내용의 도면이 뒤에 편집되는 것이 표준이다. 〈표 1.3.3〉에는 표준 정수장 설계도면의 구성 예가 예시되어 있다.

〈표 1.3.3〉 설계도면의 구성 예(정수장 실시설계의 경우)

1. 토목관계
   ⑴ 일반평면도(안내도를 포함)
   ⑵ 수위관계도(동수경사선도, 수리종단도 등)
   ⑶ 종횡단면도, 가시설도
   ⑷ 기초공도……토목관계
   ⑸ 구조도
   ⑹ 상세도……구조물 신축이음상세도, 난간(hand rail) 설치상세도 등
   ⑺ 배근도
   ⑻ 구내 배관도(평면도, 종단도 등)
   ⑼ 부대공……구내 도로, 출입문, 울타리 상세도 등, 구내 배수(排水)상세도

2. 건축관계
   ⑴ 건축의장도……안내도, 배치도, 구적도, 마감표, 평면도, 입면도, 단면도, 단면상세도, 상세도, 전개도, 천정도(ceiling drawing), 창호도, 건구도, 특별시방서, 공사범위일람표, 법규확인목록 등
   ⑵ 건축구조도……복도, 축조도, 단면목록, 라멘(rigid frame)도, 배근상세도, 슬리브(sleeve)참고도, 배근규준도(bar arrangement standard drawing) 등
   ⑶ 건축기계설비도……(공기조화, 환기, 급배수, 위생, 소화, 기타)계통도, 각층 배관평면도, 특별시방서 등
   ⑷ 건축전기설비도……(조명설비, 설비동력, 화재경보설비, 약전설비, 통신, 시계, 방송, 피뢰설비, 기타)계통도, 각층 배치 평면도, 특별시방서 등
   ⑸ 주요 건물의 투시도

3. 기계관계
   ⑴ 플로시트(flow sheet : 전체 및 시설 또는 설비마다)
   ⑵ 전체 배치평면도
   ⑶ 배치평면도(시설마다)
   ⑷ 배치단면도(시설마다)
   ⑸ 전체 배관계통도
   ⑹ 상세도

4. 전기관계
   ⑴ 구내 일반평면도
   ⑵ 주회로 단선결선도
   ⑶ 기기외형도
   ⑷ 기기배치도
   ⑸ 배선, 배관계통도
   ⑹ 접지계통도
   ⑺ 배선, 배관도(래크, 덕트, 비트, 기타)

5. 계측제어관계
   ⑴ 감시제어시스템 구성도
   ⑵ CCTV설비 구성도
   ⑶ 정수처리 단계별 감시제어계통도
   ⑷ 정보통신설비 계통도
   ⑸ 통합운영실 배치도

2.에 대하여 ; 산업의 각 분야에서 사용하는 도면작성에 대한 총괄적인 사항은 「제도통칙(KS A 0005)」에 따른다. 각 분야의 설계도면은 「토목제도통칙(KS F 1001)」, 「건축제도통칙(KS F 1501)」, 「기계제도(KS B 0001)」등에 따라 작성된다. 또한 토목도면에 관한 기준·표준으로는 구조물에는 「토목제도기준(토목학회)」, 관로나 급수장치의 표시에는 상수도관 표시기호(한국상하수도협회) 등이 있다.

설계도면은 계약 이후 승인도면 등에 의하여 세부내용과 일정을 결정하는 것을 원칙으로 하여 작성되는 것도 있으므로, 각 분야에서 발주자의 요구에 적합한 설계도면이 작성되어야 한다.

1.4 시설구조의 기본사항

1.4.1 총칙

상수도시설의 일반구조는 다음 각 항이 고려되어야 한다.

1. 시설은 자중, 적재하중, 수압, 토압, 풍압, 지진력, 적설하중, 빙압, 온도응력, 부력 및 양압력 등 예상되는 하중에 대하여 구조상 안전하고 또한 경제적이며 내구적이어야 한다. 상수도시설은 특히 지진시에는 10. 내진설계에 준하여 중요도에 따라 지진력에 대하여 안전한 구조인 동시에 지진에 의하여 생기는 액상화, 측면유동 등에 의하여 생기는 영향도 고려되어 설계되어야 한다.
2. 시설에는 토목, 건축, 기계, 전기 등의 설비가 일체로 되는 것이 많다. 따라서 설계에서는 각 관계설비들이 적절하게 설치되어 각각의 기능이나 유지관리에 지장이 없는 구조가 되도록 하여야 하며 또한 장래 시설개량이나 갱신에도 대응할 수 있도록 공간이나 강도 등도 고려되어야 한다.
3. 시설은 누수가 없고 또 외부로부터 오염의 우려가 없는 구조로 되어야 하고 재료의 선택이나 시공 등도 위생적이며 수밀성이 높은 것으로 시행되어야 한다.

4. 시설은 오존, 염소나 응집제 등의 약품에 의하여 부식될 우려가 있거나 또는 수류나 기계설비 등에 의하여 마모될 우려가 있으므로 재료의 선택이나 설계 및 시공 등에서 이러한 사항들이 충분히 고려되어야 하며, 필요에 따라 내식성이나 내마모성의 재료나 설계·시공이 선택되어야 한다.
5. 시설에 사용되는 기자재 등은 수질을 오염시키지 않는 것들이 사용되어야 한다.
6. 해변에 있는 시설에서는 콘크리트의 약화나 기기 및 재료의 부식이 빠르게 진행되는 염해가 생기기 쉽다. 염해를 방지 또는 경감시키기 위하여, 환경조건에 대응할 수 있는 철근콘크리트의 설계, 내식성 금속 및 도장의 선택 등 적절한 염해대책이 수립되어 내구성이 확보되어야 한다.

1.4.2 설계하중 및 외력

시설물이 설계될 때는 시공 당시와 완공 후에 작용하는 하중 및 외력들이 적절하게 고려되어야 한다. 설계에 사용되는 주요 하중 및 외력은 다음 각 항에 따른다.

1. 설계에 사용되는 재료의 단위중량은 특별한 경우를 제외하고는 건설표준품셈에 따른다.
2. 적재하중은 해당 시설의 실정에 따라 산정되어야 한다.
3. 토압의 산정에는 일반적으로 인정되는 적절한 토압공식이 사용되어야 한다.
4. 풍압은 속도압에 풍력계수를 곱하여 산정된다.
5. 지진력은 시설의 중요도 및 지진동의 크기(또는 규모)에 따라 내진수준을 정하고 내진설계법에 근거하여 산정한다.
6. 적설하중은 눈의 단위중량에 그 지방에서의 수직최심적설량을 곱하여 산정된다.
7. 얼음 두께에 비하여 결빙 면이 작은 구조물의 설계에는 빙압이 고려되어야 한다.
8. 구조물 설계에는 일반적으로 온도변화의 영향이 고려되어야 한다.
9. 지하수위가 높은 곳에 설치되는 지상(池狀) 구조물은 비웠을 경우의 부력이 고려되어야 한다.
10. 양압력은 구조물의 전후에 수위차가 생기는 경우에 고려된다.

【해설】

1.에 대하여 ; 재료의 단위중량은 일반적으로 당해연도에 적용되는 건설표준품셈의 "재료의 단위중량 및 토질분류"에 따른다.

2.에 대하여 ; 적재하중은 구조물의 용도에 따라 그 적재물을 상정하여 산출되어야 한다. 특히 설비기기 등의 중량물에 대해서는 기초중량, 운전하중 등이 포함되고 실정에 맞추어서 적정한 값이 산출되어야 한다. 또 관리실, 전기실 등에서 기기의 종류나 위치 변경, 장래의 개량 가능성이 있는 것에 대해서는 처음부터 이에 대처할 수 있도록 고려하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 토압을 받는 구조물 중에 옹벽이나 지하벽에 작용하는 측압의 계산에는 랭킨(Rankine), 쿨롱(Coulomb) 또는 텔자키(Terzaghi) 등의 토압공식이 일반적이고, 이들은 또한 구조물 거동이 서로 다름에 따라 주동토압, 정지토압, 수동토압으로 분류된다. 또한 지하의 관로나 암거 등의 매설물에 작용하는 측압과 연직토압에는 통상 마스튼(Marston′s), 얀센(Jansen′s) 또는 스팡글러(Spangler′s)

공식 등이 사용되고 있다. 토압계산에는 이들 토압공식 중에서 구조물의 종류나 조건 및 토질의 상태에 따라 적정한 것이 선정되어야 하지만, 구조물에 따라서는 관련 지침 등에서 사용할 공식이 지정된 것도 있다. 또 지표면에 적재하중이 있는 경우에는 토압에 포함하여 그 영향이 고려되어야만 한다.

토압계산에 사용되는 흙의 단위체적당 질량, 흙의 내부마찰각, 점착력 등은 현지 흙의 토질시험에 의하여 구하는 것이 원칙이지만 그렇게 할 수 없는 경우에는 흙은 상세하게 종류별로 분류되어야 하고, 분류된 흙에 경험적으로 정해진 적합한 값이 이용되어도 무방하다.

4.에 대하여 ; 상수도시설 중에 고가탱크, 배수탑, 무선철탑 등 바람의 영향을 받기 쉬운 시설에는 풍압이 고려돼야만 한다. 일반적으로 풍압은 속도압에 풍력계수를 곱하여 계산된다.

5.에 대하여 ; 내진설계에 사용되는 지진동의 수준에는 상수도시설의 사용기간 중에 1~2회 발생할 확률을 갖는 지진동 레벨 1(Ll) 및 발생확률은 낮지만 큰 지진동을 수반하는 지진동 레벨 2(L2)가 있다. 또한 상수도시설은 그 중요도에 따라 중요도가 높은 시설은 순위 A, 그 밖의 시설은 순위 B로 분류된다. 따라서 상수도시설은 지진동 레벨(L1, L2)과 시설의 중요도(순위 A, 순위 B)의 조합에 따라 내진수준이 확보되어야 한다.

일반적으로 지진시에 구조물의 거동은 구조물의 특성에 의한 것 이외에 건설지점 주변의 지반조건 등에 크게 지배되기 때문에 내진설계를 하는 경우에 다음 사항이 고려되어야만 한다.

① 지진시에 지반의 변위 또는 변형
② 구조물의 자중과 적재하중에 기인하는 관성력
③ 지진시 토압
④ 지진시 동수압
⑤ 수면동요
⑥ 액상화에 의한 지반의 측방유동
⑦ 인공적으로 개변(改變)한 경사진 지반에서의 지반 왜형(歪形)

수도시설의 내진설계법으로 진도법(수정진도법을 포함한다), 응답변위법 및 동적해석법이 있다. 지상 구조물은 원칙적으로 진도법에 의하여 내진설계가 되지만, 만수시의 관성력 및 동수압의 영향은 무시될 수 없기 때문에 진도법에 추가하여 동적해석법으로 안전성이 확인되는 것이 바람직하다.

지중 구조물은 진도법 또는 응답변위법에 의하여 내진설계를 하지만, 지진시의 거동이 복잡한 구조물의 경우에는 필요에 따라 동적으로 해석되어 진도법 또는 응답변위법에 의한 결과가 확인되도록 한다. 또 침전지와 같은 큰 반지하 구조물은 진도법에 의하더라도 무방하다.

상수도시설 중에서 다른 여러 기준과 관련되는 시설의 상세한 내진설계는 필요에 따라 각 기준의 내진관련 조항에 준거되어야 하며, 특히 탑상구조물, 수관교, 기타의 특수구조물에 대해서는 충분한 검토가 필요하다.

6.에 대하여 ; 눈의 단위체적당 질량은 적설심도 1 cm마다 1 m^2에 대하여 통상 2 kg 이상으로 설정된다.

7.에 대하여 ; 빙압은 통상 얼음의 압축세기까지 포함된다고 평가된다. 얼음의 압축세기는 얼음의 질과 온도에 따라 다르고 1~7 MPa(약 10.2~71.4 kgf/cm^2)의 범위이지만, 통상 1.5 MPa(15.3 kgf/cm^2) 이하인 경우가 보통이다. 따라서 빙압은 특별한 경우를 제외하고는 1.5 MPa 정도로 산정되면 무난하다. 큰 수면을 가지고 있는 구조물에서는 빙질의 불균일 등도 있어서 얼음면에 좌굴이 생기게 되므로 이와 같은 빙압은 발생되지 않지만, 작은 수면의 지(池)이면서 얼음이 두꺼운 경우에는 그 정도의 값에 가깝게 된다.

8.에 대하여 ; 온도변화의 영향은 구조물의 종류, 환경조건, 부재의 크기 및 시공시기 등에 따라 다르다. 일반적으로 부재의 신축에 따라 발생하는 온도응력(temperature stress)은 통상 무시해도 좋지만, 라멘(rigid frame)이나 아치(arch) 등의 부정정 구조물로서 온도변화가 큰 경우에는 온도응력이 고려되어야 한다. 또 설계에 사용되는 온도변화의 범위는 다음 값을 표준으로 하는 것이 좋지만, 관련되는 여러 가지 기준 등에서 별도로 정해진 경우에는 이 표준에 따르지 않아도 된다.

1) 강구조물에서는 기후가 보통인 지방에서는 -10 ℃에서 +50 ℃까지로서, 특히 한랭지에서는 -30 ℃에서 +50 ℃까지로 한다.
2) 콘크리트구조물에서는 지역별 연평균기온과 월평균기온과의 차를 온도변화의 범위로 하며, 일반적으로는 ±15 ℃로 한다.

9.에 대하여 ; 시설 중에 지상구조물이나 관거 등에서 지하수위가 높은 장소에 건설되는 경우에는 구조물이 비워졌을 때의 부력에 대한 안전이 확인되어야 하고 필요에 따라 구조물자체가 무겁게 설치되어야 한다. 구조물을 기초에 정착시켜 부상(浮上)저항을 증가시키거나 또는 미리 지하수위를 낮추는 등의 대책이 시행되어야 한다. 시공 중에라도 빗물의 유입 등에 의하여 예기하지 못한 수위상승이 있을 경우에 대비하여야 한다.

10.에 대하여 ; 댐제체, 취수보, 침사지 등과 같은 구조물의 전후에 수위차가 있는 경우에 양압력으로 구조물의 바닥에 상향의 힘이 발생된다.

1.4.3 지반 및 기초

지반 및 기초를 조사하고 설계를 할 때에는 다음 각 항에 따른다.

1. 지반조사는 국토해양부제정 「구조물기초설계기준」에 정한 방법에 의한다.
2. 지반의 허용지지력도는 지반의 성상과 기초의 크기, 형상 및 근입심도 등에 따라 결정한다.
3. 기초는 구조물에 작용하는 하중 및 외력을 안전하게 지반에 전달하고, 지반의 침하 또는 변형에 대하여 구조내력상 안전하게 설계 및 설치되어야 한다.
4. 동일 구조물에는 이종기초의 병용은 원칙적으로 피한다.
5. 말뚝기초를 설계할 때에는 하중, 지반 및 시공조건을 고려하여 가장 적절한 것이 선정되어야 한다.
6. 한랭지에서 지중구조물을 설계하는 경우에는 지하 동결 및 동상이 고려되어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 상수도시설의 안전성을 확보하기 위하여 그 기초가 되는 지반의 성질, 구성상태, 지지력 및 지하수의 상황 등이 충분히 조사되어야 하고 그 결과에 근거하여 필요에 따른 대책이 강구되어야 한다. 이들 토질조사 및 토질시험방법은 국토해양부 제정 「구조물기초설계기준」에 정해져 있으므로 이들 방법에 따른다.

2.에 대하여 ; 지반의 허용지지력도는 텔자키(Terzaghi′s) 등의 지지력 공식에 의하여 계산되거나, 또는 평판재하시험에 따라 정해질 수 있다. 그 중 지반의 지지력공식에 의한 경우에는 지반의 단위체적질량, 점착력 및 내부마찰각 등 지반의 성상과 기초의 크기, 형상 및 기초심도 등이 관계되므로 관련되는 조사와 시험 등을 통하여 허용지지력도가 결정되어야 한다. 또한 평판재하시험에 따라 정하는 경우에는 기층지반의 성층상태가 고려되어야 한다.

토질공학적으로 양호한 지반으로 보이는 사질지반에서도 지진시에 지반 중의 지하수압이 상승하여 지반이 전단저항을 잃게 되며 소위 액상화 현상이 생기는 경우도 있으며 또한 매립지의 호안부근 지반이나 경사지반에서는 액상화된 지반이 수평으로 이동하는 측방유동현상이 발생되는 경우도 있다. 따라서 지지층이 액상화될 우려가 있는 경우에는 비액상화 층까지 기초를 내리거나 말뚝기초 또는 지반개량, 배수공법 등의 대책 또는 이들을 병용한 대책이 강구되어야 한다.

3.에 대하여 ; 구조물에 작용하는 하중 및 외력은 단지 연직방향으로 작용하는 것뿐만이 아니라 수평방향이나 경사방향으로 가해지는 경우도 있다. 또한 장기간 작용하는 것이나 단시간에 작용이 끝나는 것 등 다양한 종류의 하중이나 외력이 있다. 따라서 기초는 이러한 여러 가지 하중이나 외력을 충분히 안전하게 지반에 전하는 것이어야 하며 또한 지반의 침하나 변형에 대하여 충분한 안전성을 갖고 있어야 한다. 특히 주의해야 할 것은 부등침하 및 이에 따른 구조물의 손상이고, 이러한 유해한 침하가 생길 가능성이 있는 지반에서는 지반개량공법에 의하여 양질의 지반으로 개량하거나 말뚝기초 또는 케이슨(caisson)기초 등에 의하여 하중을 하부의 양질지반에 전하는 등의 대책이 강구되어야 한다.

구조물 및 그 구조물에 연결되어 있는 관과 그 부속품의 사이에는 부등침하가 생기기 쉬우므로 구조물에 근접하여 신축이음관이 설치되는 등의 적절한 대책이 강구되어야 한다.

4.에 대하여 ; 이종기초를 병용하는 경우에는 각 기초침하의 성상이 다르고 부등침하가 생겨 장애가 발생되기 쉽다. 또한 지진시 등에도 이종기초부분의 경계에서 큰 피해가 생기는 경향이 있으므로, 이러한 이종기초의 병용은 가능한 한 배제되어야 한다. 다만, 구조, 형태 및 지반의 상황을 고려한 구조계산 또는 실험에 의하여 구조내력상 안전한 것이 확인된 경우에는 무방하다.

5.에 대하여 ; 말뚝기초를 설계하는 경우에는 하중, 지반 및 시공의 조건들이 충분히 조사되어야 하며 시공 장소의 환경조건도 고려되어 말뚝의 종류, 치수 및 시공방법 등이 선정되어야 한다.

지반침하의 우려가 있는 연약층을 관통하여 하부가 견고한 지층에 지지된 말뚝은 부(-)의 마찰력이 검토될 필요가 있다.

6.에 대하여 ; 한랭지에서는 0 ℃ 이하의 기온이 지속되면 토양 중의 수분이 동결되어 소위 지하동결이 일어난다. 이는 피하기 어려운 현상이고 구조물은 물론 특히 관거 부설에는 그 영향이 충분히 고려되어야 하며 토지의 동결심도 이하에 매설되어야 한다.

동상(frost heaving)은 지하 동결 부분의 수분만이 아니고 동결면 이하의 수분도 모세관 작용에 의하여 빨아올려져서 동결됨으로써 지표면 아래에 렌즈모양의 얼음이 형성되어 구조물이 불균등하게 부상된다. 또한 해빙기에는 부등침하가 발생되어 구조물에 장애를 주므로 기초는 동결심도 이하에 두거나 모래, 자갈 등의 비동상성(not causing frost heaving) 토양으로 기초를 치환하여 동상에 대하여 방호되어야 한다.

1.4.4 콘크리트 구조물

콘크리트구조물은 다음 각 항에 적합하게 한다.

1. 콘크리트 및 철근콘크리트는 그 사용재료, 시공조건, 환경 등이 감안되어 철근 부식, 콘크리트 균열 등에 의한 조기약화가 억제되도록 적절한 대책이 강구되어야 한다.
2. 수밀콘크리트 및 철근콘크리트구조물은 유해한 균열이 발생되지 않도록 배근, 조인트 및 신축이음 등의 구조 및 배치가 적절하게 정해져야 한다.
3. 콘크리트표면에서 마모, 약화, 부식 등의 작용을 심하게 받는 부분은 적절한 재료로 콘크리트표면이 보호되어야 한다.
4. 지상(池狀)콘크리트구조물의 내면에 방식·방수도장을 하는 경우에 도장재료는 콘크리트에 대하여 보호기능이 있고 물을 오염시키지 않는 재질이 사용되어야 한다.
5. 한랭지에서는 콘크리트 표면의 동결융해가 반복되는 것에 대한 적절한 대책이 강구되어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 콘크리트 및 철근콘크리트의 약화는 콘크리트자체의 약화와 철근부식현상에 의한 약화로 나누어진다. 철근콘크리트의 조기 약화요인과 약화현상의 주요한 것은 다음과 같다.

① 염화물에 의한 철근 부식
② 알칼리성 골재반응에 의한 콘크리트의 균열
③ 콘크리트의 중성화와 외피부족에 의한 철근방청력의 저하
④ 동결융해 등 기상작용에 의한 콘크리트자체의 약화

이들 약화에 대해서는 콘크리트 중에 포함된 염화물의 총량 규제, 알칼리 골재의 반응성 확인이나 억제가 필요하지만, 수밀성과 방수성이 높은 콘크리트가 시공될 때에는 특히 주의가 필요하다.

2.에 대하여 ; 수밀콘크리트 및 철근콘크리트구조물은 온도변화, 건조수축, 기초의 부등침하 등에 대하여 철근을 충분히 배치하는 것, 철근의 허용 응력도를 낮게 설정하는 것, 적당한 간격 및 위치에 신축조인트 및 시공조인트를 두는 것 등에 의하여 유해한 균열발생이 방지되도록 설계되어야 하며 시공시에서는 시멘트 사용량, 물시멘트비, 작업성(workability), 굵은 골재의 최대치수, 혼화재료, 콘크리트의 타설, 양생 및 타설 시기 등에 주의가 필요하다. 또한 도장이나 라이닝을 통하여 수밀성을 높이는 대책도 필요하다.

신축조인트의 간격은 온도변화, 건조수축의 크기, 신축을 구속하는 정도, 구조물의 형식, 두께, 신축조인트의 구조 등을 고려하여 정해져야 한다. 수도시설에서는 콘크리트 구조물은 10~15m, 철근콘크리트구조물은 20~30m의 간격으로 설치되는 것이 보통이다. 그러나 설치간격을 크게 잡는 예도 증가하고 있으므로 최신의 사례 등이 참고될 필요가 있다.

신축조인트는 배치나 구조 등에 따라 약점이 되지 않도록 하여야 하며 지진시의 상대변위에 대하여 충분한 신축량을 흡수할 수 있고 또한 지수성의 구조가 되어야 한다. 또 신축조인트의 위치 및 구조는 설계도에 명시해 둘 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 낙하도수(hydraulic jump)하는 수로 등 심한 마모의 우려가 있는 콘크리트 표면은 목재, 양질의 석재, 강판, 고분자물질의 재료로 피복하거나 철근의 외피를 10mm 이상 두껍게 하는 등으로 보호되어야 한다.

4.에 대하여 ; 지상구조물에서는 콘크리트의 내면이 수위변동에 의하여 건습(乾濕)이 되풀이되는 환경이나 물에 오존이나 염소가 주입되어 있는 경우에는 침식이 발생되기 쉽다. 이 때문에 콘크리트의 품질이나 철근피복 등은 특별한 주의가 필요하며 상황에 따라 방식·방수도장이 시공되어 구조물의 강도나 내구성 저하가 방지되어야 한다. 이에 사용되는 도장재의 재질은 수질에 영향을 미치지 않아야 하며 내구성이 뛰어난 제품이 선택되어야 한다. 그러므로 도장재의 선택에는 사용재료, 사용장소의 조건이나 작업환경, 시공의 난이 등이 함께 검토되어야 한다.

5.에 대하여 ; 한랭지에서는 건물의 평지붕, 구조물의 끝부분 또는 수로, 수문 및 지상(池狀)구조물 등 수면선의 경계부근에는 콘크리트표면에 물이 침투되고, 그 부분이 동결과 융해를 반복함에 따라 콘크리트표면이 급속하게 약화된다. 이 때문에 콘크리트는 부배합(富配合 : rich-mix)으로 하거나, 철근의 피복을 통상의 피복보다 두껍게 하는 등의 고려가 있어야 한다.

1.4.5 강 구조물

강 구조물은 일반적으로 다음 각 항에 적합하게 한다.
1. 사용하는 강재는 구조물의 여러 조건에 가장 적합한 것이 선정되어야 한다.
2. 강 구조부의 부재는 간단하게 구성되어야 하고 구조도 가능한 한 단순하게 설계되어야 한다.
3. 강 구조부의 방식조치는 유지관리가 용이하게 되어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 강 구조물을 설계할 때에 강재의 종별은 그 구조물의 내구성, 경제성을 크게 좌우하는 요소이다. 따라서 강재의 선정에는 구조물의 종류, 규모, 중요도, 사용조건(기상·응력) 등 여러 조건들이 종합적으로 감안되어 적재적소에 사용되도록 하여야 한다.

2.에 대하여 ; 강 구조물의 구조를 복잡하게 하면 설계계산도 복잡하게 되어서, 부재에 예기하지 못한 2차응력이 발생되는 경우가 있다. 또한 제작, 운반, 가설(현장에서 조립하여), 검사, 도장, 배수(排

水), 유지관리 등에서 여러 가지 지장이 있으므로 구조의 각부는 가능한 한 단순한 것이 좋다.

3.에 대하여 ; 강 구조물의 특질을 충분히 발휘시키기 위해서는 적절한 방식조치를 통하여 녹이 발생되지 않도록 하여야 한다. 방식조치는 구조물이 완성되고 나서 착수할 수 있는 것이 아니고, 그 설계단계에서 구조물 자체에 방식상의 약점이 생겨나지 않도록 다음 사항들이 유의되어야 한다.

① 필요에 따라 적절한 부식허용값(corrosion allowance)이 산정된다.
② 부재의 배수성(drain ability)과 통풍성이 확보되도록 한다.
③ 부재를 도장하기 쉬운 구조로 설계되어야 한다.
④ 유지관리 작업용 발판걸이(foot step)가 고려되어야 한다.
⑤ 요철부분이 되도록 적어야 한다.
⑥ 장래 전기방식을 시행할 가능성이 있는 경우에는 그 설비가 고려되어야 한다.

방식조치의 선택에는 그 구조물의 설치환경조건 외에 구조형식, 내용년수, 제작, 설치공정, 유지관리 계획, 공사비 등의 여러 조건들이 충분히 고려되어 선정되어야 한다.

1.5 상수도용 기자재 및 약품

상수도시설에서 사용하는 수도용 기자재 및 약품은 다음 각 항이 충분히 고려되어 선정되어야 한다.
1. 장기간 사용에 견딜 수 있어야 한다.
2. 수돗물과 접촉하여 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 한다.
3. 확실하고 또한 용이하게 유지관리 할 수 있는 것으로 한다.
4. 환경에 영향이 적은 것으로 한다.

【해설】

수도사업자는 수도용 기자재 선정시 수도법 시행령 제30조 규정에 적합한 기자재를 선정하여야 한다. 또한, 정수처리과정에 사용되는 약품을 선정할 때에는 환경부 고시에 적합한 수처리제를 선정할 때에는 환경부 고시에 적합한 수처리제를 선정하여야 하며, 선정된 수처리제가 수질에 미치는 영향여부를 평가하고자 할 경우에는 수도용 약품 평가시험방법〔KWWA A 110〕을 사용할 수 있다.

1.에 대하여 ; 상수도에 사용되는 기자재 등은 장기적으로 사용되는 것이므로 재질의 마모, 부식, 약화가 적고 또한 강도도 충분하며, 그 사용되는 환경에 적응하여 물이 침투되거나 스며들 우려가 없고 장기간 사용에 견딜 수 있는 것이어야 한다.

기자재 등은 사용환경에서의 내구성이 충분히 조사된 후에 선정되어야 한다. 지중(地中)이나 수중에 매설되는 기자재는 지질조건, 지하수위 등의 외적요인에 따라 수밀성이나 내식성은 물론 방청대책도 중요하게 검토되어야 한다. 바다에 가까운 곳에서는 공기 중에 포함된 염분, 공업지대에 가까운 곳에서는 공장배출물질에 의하여 매우 빨리 부식이 진행되는 경우도 있다.

2.에 대하여 ; 기자재 및 약품은 위생적이고 안전한 것이 필수적인 요건이다. 따라서 수도시설을 구성하는 기자재는 수돗물과 접촉하는 부분에서 유해물질이 용출되지 않아야 하며 이상한 맛이나 냄새, 기타 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 것이 선정되어야 한다. 또한 정수처리과정에 사용되는 약품은 그 약품을 주입함으로써 pH가 지나치게 낮아지는 등 정상적인 수질에 변화를 가져오지 않아야 한다.

3.에 대하여 ; 기기는 정기적으로 부품교환이 필요하며 사고 등에 의한 손상복구를 위하여 부품이 교체되어야 할 경우도 있다. 따라서 기기를 선정할 때에는 장래 부품조달의 신속성, 호환성이 감안되어야 하며 가능한 한 범용품이 사용되어 유지관리가 용이하고 유지관리비용이 저렴하여 지도록 설치되어야 한다. 또 기기에 따라서는 제작납품자의 기술적인 사후관리가 지원되는지도 검토되어야 한다.

4.에 대하여 ; 기자재 등이 선정될 때에는 내구성 뿐 만 아니라 제조에서부터 사용, 폐기 또는 재이용에 이르기까지를 전망한 생애주기평가(life cycle assessment : LCA)까지 고려되는 것이 바람직하며, 특히 폐기될 때에 환경에 대한 부하가 적도록 하여야 한다. 예를 들어, 환경에 영향이 적은 것으로 「친환경상품 구매촉진에 관한 법률」에 의한 친환경상품 등이 있다.

제 2 장

수원과 저수시설

제2장 수원과 저수시설

2.1 수원

2.1.1 강수특성과 수원확보

수원의 근본이 되는 강수는 강우, 강설, 우박, 서리 등을 총칭하는 것이다. 수원을 확보하기 위해서는 먼저 우리나라의 강수실태를 파악하는 것이 필요하다. 우리나라의 연간 평균 강수량은 약 1,245 mm (1974~2003년 평균)로서 세계평균치의 1.4 배 정도이나 인구 1인당 강수량은 세계평균치의 13 % 수준에 불과하므로 물수요관리 등 효율적인 물이용에 관심이 필요하다.

우리나라 강수량(과거 평균치)의 특성을 보면 하천유역별로 한강이 1,208 mm, 낙동강 1,178 mm, 금강 1,227 mm, 섬진강 1,433 mm, 형산강 1,336 mm, 안성천 1,189 mm, 삽교천 1,194 mm, 만경강 1,255 mm, 형산강 1,133 mm, 동진강이 1,224 mm로 섬진강 유역이 가장 많은 1,433 mm이고, 형산강 및 낙동강 유역은 가장 적은 1,133~1,178 mm 정도이다.

강수량은 지역적으로 상당한 차이가 있을 뿐 아니라 하천유역의 형태상 수계의 분수령이 동쪽에 치우쳐 있어서 동해안의 하천은 급경사로 강수가 일시에 바다로 유출되고 서남해안의 하천들도 상류부는 급경사로 강수가 일시에 유출되어 완만한 중·하류부에 이르러 홍수피해를 가중시키게 된다. 그리고 강수량의 연도별 편차를 보면 갈수년인 1939년에 770 mm, 풍수년인 2003년에 1,790 mm로 기록되어 변화폭이 크고 대체로 연간 강수량의 3분의 2가 6~9월에 편중되고 있다.

따라서 계절적으로 편중되는 경향이 있으므로 안정된 급수를 확보하기 위해서는 연간을 통하여 계획취수량을 안정적으로 취수할 수 있는 수원을 확보하는 것이 기본으로 되고 있으며, 환경을 파괴하지 않으면서 가능한 한 많은 저수시설을 각 지역별로 확보해야 한다.

수량이 풍부한 지하수나 하천 표류수를 수원으로 이용할 수 있는 경우에는 저수시설을 설치할 필요는 없지만, 일반적으로 신규로 지표수를 취수하고자 하는 경우에는 기존의 수리권과 경합되기 때문에 저수시설을 건설하여 수자원을 개발할 필요가 있다. 독자적으로 전용댐을 설치하거나 또는 다목적댐의 건설계획에 참여함으로써 필요한 취수량을 확보할 수 있다.

2.1.2 수원의 종류와 특성

수원의 종류와 특성을 고려하여 상수도 수원을 선정한다(1.2.4 기초조사의 6 참조).
1. 지표수
   (1) 하천수
   (2) 호소수
2. 지하수
   (1) 복류수
   (2) 우물물(지하수)
   (3) 용천수
3. 기타
   (1) 빗물
   (2) 해수

【해설】

1. 지표수

지표수원은 다시 하천수, 호소수로 세분되며, 현재 대규모 상수도의 수원으로 가장 많이 이용되고 있지만 오염물질에 노출에 주의하여야 한다.

(1) 하천수

보통 하천수는 수량이 풍부하나 계절에 따라서 유량변화가 심하다. 하천수는 유역의 토질이나 유입 오·폐수 등의 정도에 따라 다르지만, 약간의 탁질을 포함하고 있으며 호우시나 고수위의 경우는 유수중의 부유물과 세균수가 증가한다. 강우의 유출초기에는 지표의 오염물질이나 퇴적된 오염물질들을 유출시키므로 수질이 많이 악화된다. 하천의 자정작용은 호소에 비하여 느리고 유수에 의하여 오염이 멀리까지 미치기 때문에 자정작용에는 장시간이 소요된다. 그러므로 오염원과 취수지점의 거리가 가까우면 오염의 영향을 직접 받게 된다.

그러나 우리나라의 일반적인 하천수는 연수인 경우가 많으므로 침전과 여과에 의하여 용이하게 정화되는 경우도 많다.

(2) 호소수

댐도 그 성질이 호소와 거의 같으므로 댐물도 여기에 포함되는 것으로 볼 수 있다. 호소수는 하천의 유수보다 자정작용이 큰 것이 특징이다. 호소는 오염물질의 확산이 연안에서 가까운 부분에 한정되고 호소의 중심까지는 하천수의 유입에 의하여 연안에 따라 운반되는 외에는 바람에 의한 흐름에 따라 확산이 일어나며 보통 하천수의 수질보다 양호하다.

호소수의 유량변화는 하천수처럼 현저하지는 않으며, 조류 등 부유생물이 수중의 세균을 감소시키고 유기물을 흡수하여 제거하는 외에 유기물을 분해하고 물에 산소를 공급하나 물에 냄새, 색깔을 나타내며 여과지의 폐색 등 정수기능에 장애를 일으키는 경우가 있다. 플랑크톤조류의 증식을 억제하는 데는 영양염류의 차단이 효과적이다. 그러나 유출이 적은 호소에서는 플랑크톤의 사체가 다시 분해되어 물에 영양염을 보충하는 사이클이 존재하므로 영양염을 완전히 차단하기는 어렵다.

또한 계절 변화에 따른 밀도차로 인한 성층발생으로 상하층간에 수온과 용존산소의 차이로 인하여 망간 용출과 같은 수질 문제를 야기할 수 있어서 정기적인 관리가 필요하다.

2. 지하수

지하수원은 얕은 지층수, 깊은 지층수, 용천수 그리고 복류수로 구분되며, 때로는 얕은 지층수와 깊은 지층수를 지하수라고 한다.

(1) 복류수

하천이나 호소 또는 연안부의 모래·자갈층에 함유되어 있는 지하수를 말한다. 복류수는 반드시 가장 가까운 하천이나 호소의 물이 지하에 침투되었다고는 할 수 없다. 멀리서 흘러온 지하수가 그 수역에 함유되어 있는 경우도 있기 때문이다. 이 판단을 위해서는 복류수와 하천수 및 호소수의 수질시험 결과를 비교하여 비슷한 점이 있는지의 여부를 조사해야 한다. 강변여과수의 경우도 복류수와 유사한 특성을 보인다.

복류수의 수질은 그 원류인 하천이나 호소의 수질, 자연여과, 지층의 토질이나 그 두께 그리고 원류의 거리 등에 따라 변화한다. 그러나 대체로 양호한 수질을 얻을 수 있어서 그대로 수원으로 사용되는 경우가 많으며 또는 정수공정에서 침전지를 생략하는 경우도 있다.

그러나 취수량이 많아서 자연여과가 불충분한 경우에는 취수량이 증가할수록 자연여과의 효과가 감소하여 복류수가 탁하게 되는 경우도 있다.

(2) 우물물(지하수)

우물은 보통 불투수층 이내 정도까지 깊이의 것을 얕은 우물, 그리고 그 이하 깊이의 것을 깊은 우물이라고 한다. 물이 토양층을 침투할 때 대기 중이나 지표에 포함된 미생물, 먼지, 매연, 세균류, 유기물 등은 대부분 지층에 의하여 물리적으로 제거된다. 지층의 상부에서는 유기질이 토양중의 세균에 의하여 분해되어 탄산가스, 물 및 암모니아화합물 등으로 된다. 이와 같은 정화작용을 통하여 지하수가 지중으로 침투되고, 또한 지층에서 유기물질이 분해되면 탄산수소염과 유리탄산으로 되므로 지표면에서 유기물질에 오염된 지하수 중에는 유리탄산이 많은 경우가 있다.

부식토가 많은 지역에서는 부식질이 용해되어 물에 색깔을 띠게 된다. 무기질이 물에 용해되는 순서는 암석 중의 염화물이 먼저 용해되고 다음으로 알칼리금속의 황산염, 칼슘 및 마그네슘, 탄산염, 철 및 망간화합물 그리고 마지막으로 난용해성인 규산염이다.

이와 같이 지하수는 지층 내의 정화작용에 의하여 거의 무균상태인 양질의 물이 되나 얕은 우물에서는 정화작용이 불완전한 경우가 있으며, 특히 주택이나 산업시설 부근으로 오·폐수의 침투가 쉬운 곳은 자연정화작용을 기대할 수 없는 경우가 있으며 총대장균군이 출현할 경우도 있다. 깊은 우물은 수온도 연간을 통하여 거의 일정하고 물의 성분도 많은 변화가 없으며 양질이지만, 보통 경도가 높은 경우가 많으며 깊은 층에서는 산소가 부족하여 황산염이 황화수소(H_2S)로, 질산이 암모니아(NH_3)로 환원되는 등 환원작용을 일으키는 경우가 있다.

(3) 용천수

용천수는 지하수가 종종 자연적으로 지표로 분출되는 것으로 그 성질도 지하수와 비슷하다. 그러나 용천수는 얕은 층의 물이 솟아 나오는 경우가 많으므로 수질이 불량한 경우도 있다. 바위틈이나 석회암층

으로 흘러나오는 물은 토양의 정화작용 없이 그대로 흘러나올 가능성이 있으므로 주의할 필요가 있다.

용천수의 수원이 깊은지 얕은지의 판단은 수온을 조사하는 것이 가장 간단하며 기온변화에 따라 수온이 변화하는 것은 얕은 수원으로 보는 것이 좋다.

3. 기타

(1) 빗물

강설 등을 포함한 강수를 총칭하는 것으로 천수라고 하지만 용수로서 사용은 주로 빗물을 말한다. 빗물은 그 자체로서도 수원으로 사용할 수 있으며 지표면에 떨어져서 흘러가면서 하천수로, 또 댐에 저장되면 댐물로서, 땅속으로 스며들면 지하수로 되는 등 모든 수원의 원천이다. 빗물은 천연의 증류수로 순수에 가깝다. 빗물에 함유된 불순물은 비의 응결핵인 미세한 부유물질 외에 해수가 날려서 대기 중에 함유된 염화물이 있다. 이 밖에도 지상에 이르기까지 여러 가지 물질을 동반하게 된다. 즉 대기 중에서 산소, 탄산가스의 용해 외에 대기 중에 부유하는 생물, 세균, 매연 및 먼지 등을 함유한다.

도시의 빗물은 보통 산성이다. 이는 대기 중에 석탄, 석유, 가스 등의 연소에 의한 아황산가스가 많이 함유되어 있기 때문이다. 또한 최근에는 원자핵 실험에 의한 핵분열 생성물(fission product)이 함유되는 경우도 있어서 문제가 되고 있다.

비가 내릴 초기에는 일반적으로 불순물이 많으나 계속되면 수질이 좋아지며 불순물이 있다고 하더라도 지상에 내린 후에 함유되는 것에 비하면 극소량이다. 빗물은 칼슘 등의 미네랄을 거의 함유하지 않으므로 연수로서 순수에 가까운 것이 특징이다.

(2) 해수

해수는 해역에 존재하는 해수와 해수가 침투하여 지하에 존재하는 물을 말하며, 주로 도서(島嶼) 지역에서는 해수를 담수화하여 상수원으로 사용하고 있다. 장래에는 연안지역, 특히 담수수원이 부족한 지역에서 해수가 상수원으로 활용될 수 있을 것이다.

2.1.3 수원의 선정

수원의 종류에 따른 취수지점을 선정하기 위해서는 다음에 열거된 각 항목을 비교 조사한다.
1. 수원으로서의 구비요건을 갖추어야 한다.
2. 수리권 확보가 가능한 곳이어야 한다.
3. 상수도시설의 건설 및 유지관리가 용이하며 안전하고 확실해야 한다.
4. 상수도시설의 건설비 및 유지관리비가 가능한 저렴해야 한다.
5. 장래의 확장을 고려할 때 유리한 곳이어야 한다.
6. 상수원보호구역의 지정, 수질의 오염방지 및 관리에 무리가 없는 지점이어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수원은 크게 천수, 지표수 및 지하수로 분류되며, 상수원관리규칙에서는 하천수, 호소수, 복류수, 지하수, 해수로 구분하고 있다. 지표수원은 다시 하천표류수와 호소수로 세분되며 현재 대규모 상수도의 수원으로 가장 많이 이용되고 있지만 오염원에 대한 관리가 필요하다. 지하수원은 표층지하수, 심층지하수로 구분되며, 복류수를 별도로 분류하고 있다. 또한 도서지역에서는 해수담수화시설

확충으로 해수를 수원으로 이용하고 있다.

이밖에도 지하수원만으로 수원이 부족한 지역에서는 하수처리장의 방류수를 처리하여 수원으로서 이용도 고려할 대상이다. 천수는 빗물을 주로 하여 눈, 우박, 싸락눈을 포함한 강수를 총칭하는 것으로 수질이 깨끗하나 수량이 부족하므로 대규모 상수도의 수원으로는 부적합하지만 도서지방이나 강수가 많은 지역에서는 개별 가정의 음용수원 정도로 이용될 수 있다.

위에서 설명된 수원 중에서 어떠한 수원을 선택하느냐에 따라 정수방법이 달라지며 취수지점의 선정도 영향을 받게 될 뿐만 아니라 상수도시설 전반의 배치와 구조가 현저하게 달라질 수도 있다.

일반적으로 수원의 후보지를 2~3개 선정하여 필요한 조사를 충분히 실시한 다음 시설물을 설계하여 소요되는 건설비와 유지비를 종합적으로 비교 검토하여 가장 알맞은 수원을 선정해야 한다. 수원으로서 갖추어야 할 요건에 관해서는 다음에 다시 상세히 설명되겠지만 대체적으로 알맞은 수원은 최대갈수시에도 계획취수량 확보가 가능해야 하며 경제적인 정수가 가능한 양호한 수질이어야 한다. 그리고 이러한 조건이 현재뿐만 아니라 장래에도 계속 충족되어야 한다는 점에 유의해야 한다.

특히 가뭄이나 홍수 등 기후변화에 대비하여 주변 수원과 연계, 비상상수원 확보 등의 방법으로 수원의 다원화를 고려하여 계획취수량 확보가 가능하게 고려하여야 한다.

2.에 대하여 ; 한 수원의 물은 생활용수, 농업용수, 공업용수, 발전용수 등 그 용도가 여러 가지이므로 수원의 수리권을 명백히 해두지 않으면 분쟁이 일어날 가능성이 있기 때문에 사전에 충분한 조사와 관계자와 협의를 해둘 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 앞에서도 언급되었지만 수원의 후보지 별로 상수도시설 전반에 걸쳐 건설의 난이도 등을 비교 검토해야 할뿐만 아니라 시설의 유지관리가 안전하고 용이한가를 조사해야 한다.

4.에 대하여 ; 또한 건설비와 운영비를 비교하여 경제적인 수원을 선정해야 함은 재론할 필요가 없다.

5.에 대하여 ; 수원의 장래 확장계획에 대해서는 수량과 수리권뿐만 아니라 수질 면에서도 양호한가를 따져 보아야 하며 한편으로는 상수도시설의 전반적인 확장에 필요한 용지가 충분한가를 수원의 후보지별로 검토해야 할 것이다.

6.에 대하여 ; 수원은 장래 수질오염이 예상되는 지점을 피해야 하고 상수원보호구역의 지정 및 관리에 무리가 없는 지점이어야 한다.

2.1.4 수원의 구비요건

수원을 선정할 때에는 다음의 구비요건을 조사한다.
1. 수량이 풍부해야 한다.
2. 수질이 좋아야 한다.
3. 가능한 한 높은 곳에 위치해야 한다.
4. 수돗물 소비지에서 가까운 곳에 위치해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수원의 수량이 풍부해야 한다는 것은 최대갈수시에도 계획취수량의 확보가 가능해야 한다는 뜻으로 이는 수원에 대한 유량조사를 실시함으로써 확인할 수 있다.

그러나 결코 현재의 수량에만 국한된 의미는 아니며 미래의 수원, 수량에 대해서도 고려해야 한다. 현재 충분한 수량을 가지고 있는 수원이라도 미래에는 상류에서의 지표수 사용이나 지하수의 고갈 등 여러 가지 원인에 의하여 수량이 부족하게 될 수도 있으며, 취수량의 증가로 인하여 수원의 수량만으로 부족한 경우가 생길 수 있다. 특히 하천이 수원인 경우에는 유량의 관점만이 아니고 기후변화에 의한 수위의 변화도 고려해야 할 것이다.

2.에 대하여 ; 수원의 수질이 양호해야 한다는 점은 매우 중요한 사항이다. 왜냐 하면, 수질이 양호한 경우 정수처리비용이 적게 요구되며 급수시설의 유지 및 관리가 용이해질 뿐만 아니라 수돗물이 인체에 미치는 해를 최소화할 수 있기 때문이다.

일반적으로 수원의 수질이 나쁜 경우 비용만 더 들이면 좋은 수질을 가지도록 정수할 수 있다고 단순히 생각하고 있으나, 이러한 사고방식은 때로는 큰 잘못일 수도 있다. 왜냐 하면, 「먹는물수질기준」은 인위적인 것이므로 비록 「먹는물수질기준」을 만족시킬 수 있는 정도의 수질을 가졌더라도 기준치보다 더 낮은 농도의 오염물질을 함유한 물을 계속 마시는 경우에 장기간이 지난 다음에 인체에 어떤 위해가 가해지거나 어떤 문제가 발생하는가는 불확실한 것이며, 또한 현대의 정수처리방법으로서도 원수중의 오염물질을 제거시키지 못하는 경우도 있기 때문이다. 예를 들어 살균방법으로 염소를 물 속에 주입하였을 경우에 염소는 병균을 죽이는데 소모되겠지만, 염소의 일부는 오염물질로 물 속에 존재하는 탄수화물이나 기타 유기물과 결합하여 유해부산물질로 될 수도 있다는 점이 최근에 연구 결과 차차 알려지고 있는 실정이다.

3.에 대하여 ; 수원은 가능한 한 정수장이나 도시보다 높은 곳에 위치함으로써 도수, 송수 및 배수가 자연유하식으로 되는 것이 바람직하다. 그렇지 못한 경우에는 펌프를 사용하는 가압식으로 되어야 하므로 펌프시설을 설치하기 위한 건설비와 운영비가 요구된다.

특히 우리나라와 같이 전력요금이 비싼 경우에는 수원의 고도상 위치는 매우 중요한 의미를 갖는다. 더구나 마을상수도와 같은 소규모 급수시설에서는 송수거리가 조금 길어지더라도 높은 곳에 위치하는 수원을 구하는 것이 훨씬 더 경제적일 경우가 많다.

비록 수원의 표고가 정수장이나 물소비지보다 높다고 하더라도 수로나 관로 내에서의 마찰손실 때문에 자연유하식으로 되지 못하는 경우가 있으며 또한 이런 경우에 펌프가 필요하더라도 펌프양정이 줄어들므로 수원의 표고가 높은 쪽이 경제적이라는 것은 확실하다.

또한 급수의 신뢰성 면을 보더라도 자연유하식이 요구된다. 왜냐하면, 가압식인 경우 동력원에 이상이 발생하거나 펌프에 고장이 생기는 경우에는 급수가 일시적으로 중단되어야 하며, 따라서 수돗물 소비자들은 큰 불편을 겪게 될 뿐만 아니라 만약 화재가 발생한다면 소방용수가 부족하게 되어 피해가 가중될 우려가 있다.

4.에 대하여 ; 수원이 물소비지에 가까워야 한다는 것은 건설비와 운영비면에서 경제적이라는 뜻이다.

도시에서 먼 곳보다 가까운 곳에 수원이 위치하면 그만큼 도수 및 송수관로가 짧게 되므로 관로의 재료비나 시공비가 적게 소요되며, 도수 및 송수관로의 길이가 짧아지면 그만큼 마찰손실이 줄어들어서 펌프의 규모를 줄일 수 있거나 펌프시설 운영비가 절감된다. 또한 관로의 유지비가 감소된다는 점에 있어서도 경제적이다.

그러나 실제 수원을 선정하려면 위에서 설명된 네 가지 구비요건을 모두 만족시키는 수원은 거의 존재하지 않으므로 한두 가지 구비요건을 생략하여야 하는 경우가 대부분이며, 여러 개의 수원 후보지를 비교하여 가장 신뢰성이 있고 경제적인 수원을 선정하는 것이 바람직하다.

나머지 급수시설이 아무리 좋다고 하더라도 수원이 적당하지 않으면, 만족스러운 급수가 되지 못하므로 수원을 선정할 때에는 신중을 기해야 한다.

2.2 저수시설

2.2.1 총칙

안정된 급수를 확보하기 위하여서는 연중 계획취수량을 안정되게 취수할 수 있는 수원을 확보하는 것이 기본이다.

수원으로서 수량이 풍부한 지하수나 하천표류수를 이용할 수 있는 경우에는 저수시설을 설치할 필요는 없지만, 일반적으로 신규로 지표수를 취수하고자 하는 경우에는 기존의 수리권과 경합되기 때문에 저수시설을 건설하는 수자원개발이 필요하다. 즉 독자적으로 전용댐을 설치하거나, 다목적댐시설계획에 참여함으로써 필요한 취수량을 확보할 수 있다.

1. 댐 시설은 풍수시의 물을 저류하여 강수량의 변동을 흡수하며 취수의 안정을 꾀하는 시설이므로, 댐 시설을 설치할 때에는 입지조건, 저수용량, 계획취수량 및 경제성에 관한 검토가 필요하다.
2. 저수시설의 설치장소는 저류수의 수질이 가능한 한 청정하고 장래에도 오염될 우려가 적은 지점이 바람직하다.

   수질이 반드시 양호하다고는 할 수 없는 지점에 부득이 저수시설을 설치해야만 하는 경우에는 유역의 환경오염원 등에 대하여 조사해야 하며 장래의 수질을 예측하고 부영양화의 방지 등 수질보전대책을 적극적으로 강구해야 한다. 즉 댐시설 주변에서의 유입오염부하량에 대한 감시, 저수지내의 폭기순환설비나 선택취수설비 등을 설치하고 운영하는 것이 필요하다.
3. 댐을 건설할 때에는 댐시설이 환경에 미치는 영향을 충분히 검토하여 주변지역 등의 환경악화를 초래하지 않도록 검토해야 한다.

   일정한 규모이상의 댐시설을 건설하는 것은 환경변화가 발생될 수 있으며 계획의 내용 및 실시방법에 따라서는 주변지역이나 호소 등 환경에 나쁜 영향을 미칠 우려가 있다. 그러므로 계획을 입안하거나 또는 변경할 때에는 미리 해당 계획이 환경에 미치는 영향을 가능한 한 예측하여 환경

보전상 필요한 조치를 강구할 필요가 있다.

댐건설의 장기계획과 기본계획 수립에는 「환경정책기본법」에 의한 사전환경성검토가 필요하며, 「환경영향평가법」에 따라 댐 등의 수자원개발에서는 일정한 규모이상(만수면적 200만 m^2 이상이거나 총저수용량 2,000만 m^3 이상)의 대상사업에 대해서는 환경영향평가를 실시해야 한다. 또한 「환경영향평가법」의 제외사업이라 하더라도 지역의 사정을 반영해야 하며, 평가대상사업으로 되지 않는 댐에 대해서도 부영양화의 예측이나 지형변화에 의한 환경에의 영향을 평가하는 것이 바람직하다. 이 밖에 저수시설의 설치에서는 「하천법」, 「자연환경보전법」, 「자연공원법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」등 여러 법규제와 지방자치단체의 조례로 규제되는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

저수시설은 풍수시의 물을 저수지에 저류하고 하천유량이 감소되었을 때에 저류수를 보급하는 운용형태를 취한다. 전용저수시설(상수원호소)은 수도용수의 신규개발을 목적으로 건설되는 것으로 취수방법으로서는 저수지에서 직접 취수하는 경우와, 일단 하천에 방류하여 하류에서 취수하는 경우도 있다. 다목적저수시설은 수도를 비롯하여 홍수조절, 발전, 관개, 공업용수도 등의 두 가지 이상의 목적을 가진다.

저수시설에서의 수리계획에 대하여 하천관리자는 수자원장기종합계획이나 하천기본계획의 수립에 따라 하천을 유지관리하거나 공사를 실시하게 된다. 따라서 저수시설에 대해서는 이들 방침이나 계획과 맞출 필요가 있으며, 이 때문에 계획을 입안할 때부터 관계기관(특히 하천관리자)과 협의할 필요가 있다.

2.2.2 저수시설의 형식

저수시설의 형식을 선정할 때에는 계획취수량, 장래수질, 설치지점, 구조상의 안정성, 경제성, 환경에 대한 영향 등에 관하여 검토한다.

【해설】

저수지를 설치하는 경우에 저수시설의 규모와 형태의 결정은 계획취수량과 수질확보에 중점을 두고, 하천 등의 유황(流況), 저수시설의 설치예정지점에 대한 지형 및 지질, 건설 및 유지관리의 경제성, 환경에 미칠 영향 등의 조건들을 종합적으로 검토해야 한다.

저수시설을 형태별로 분류하면, 〈표 2.2.1〉과 같이 댐, 호소, 유수지, 하구둑, 저수지, 지하댐 등의 형식이 있다. 또한 저수시설을 사용목적에 따라 분류하면, 상수도용으로만 건설되는 전용저수시설(상수원호소)과 홍수조절, 발전, 관개, 공업용수도 등 상수도 이외의 용도와 공동으로 건설되는 다목적 댐이 있다.

전용저수시설은 수도사업자가 자체에서 건설하고 관리하는 것으로 수량과 수질의 관리가 자체적으로 이루어지는 이점이 있다. 그러나 계획에서부터 건설과 관리에 이르기까지 고도의 기술을 요하고 경제성에 대해서도 다목적 저수시설에 비하여 불리한 경우가 있으므로, 건설할 때에는 어떤 형태가 채택 가능하며 유리한가에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

〈표 2.2.1〉 저수시설의 형태별 분류

분 류	저 수 방 법	비 고
댐	계곡 또는 하천을 콘크리트나 토석 등에 의해 구조물로 막고 풍수시 하천수를 저류하고 방류량을 조절하여 하천수를 효과적으로 이용한다.	소양강댐, 안동댐, 충주댐, 남강댐, 합천댐, 섬진강댐, 주암댐, 대청댐, 운문댐, 영천댐
호 소	호소에서 하천에 유출하는 유출구에 가동보나 수문을 설치하고 호소수위를 인위적으로 변동시켜 이의 상하한 범위를 유효저수용량으로 할 수 있다.	
유수지	과거에는 치수 측면에서만 생각했던 유수지를 이용하여 유수지 바닥을 깊이 파는 등에 의하여 이수용량을 확보할 수 있다.	
하구둑	과거에는 바닷물이 강물과 혼합됨으로써 이용할 수 없었던 하천수를, 하구 부근에 둑을 설치함으로써 이용할 수 있도록 한다.	안성천, 삽교천, 영산강, 금강, 낙동강 하구둑
저수지	본래 농업용으로 만들었으나 준설 등의 재개발에 의하여 상수도용으로 사용할 수 있다.	
지하댐	지하의 대수층 내에 차수벽을 설치하여 상부에서 흐르는 지하수를 막아서 저류하는 동시에 하부에서 스며드는 바닷물의 침입을 막는다.	

한편 다목적저수시설에 의하여 수원을 개발하는 경우에는 2.2.9 다목적저수시설에 나타낸 바와 같이 우선되는 개발계획이 있으므로, 시설의 배치, 취수계획, 구조, 관리 등에 대하여 수도사업자의 의견을 충분히 반영해야 한다.

이와 같이 저수시설의 형식을 선정하는 데는 각 저수형태의 장점과 단점을 충분히 고려한 후에 신중하게 검토하여 선정해야 한다. 주요 저수시설을 비교하면 다음 〈표 2.2.2〉와 같다.

〈표 2.2.2〉 주요 저수시설의 비교

구 분	전 용 댐	다 목 적 댐	하구둑 등 저류 목적의 둑
개발수량	작은 규모가 많다.	대량의 개발수량이 기대된다.	일반적으로 중소규모의 개발이 기대된다. 하구둑의 경우 둑의 조작으로 하류의 유지용수를 확보한다. 이 물을 새로운 이용수량으로 사용이 가능하다.
저류수의 수질	자체관리로 비교적 양호한 수질을 유지할 수 있다.	공동관리 또는 하천관리자가 관리하므로 수도사업자의 의향이 충분히 반영되도록, 그리고 가능한 한 양호한 수질을 유지하기 위한 노력이 필요하다.	하구둑의 경우 염소이온 농도에 주의를 요한다.

구 분	전 용 댐	다 목 적 댐	하구둑 등 저류 목적의 둑
설치지점	작은 하천에 축조하는 경우가 많다.	비교적 유량이 많은 하천에 홍수조절과 겸하여 건설하는 경우가 많다.	하구둑의 경우 수요지 가까운 하천의 하구에 설치하여 농업용수에 바닷물의 침해방지기능을 겸하는 경우가 많다.
경제성	일반적으로 비교적 비싸다.	댐 지점으로 유리한 지점이 적어서 비교적 고가이다.	일반적으로 댐보다 저렴하다.
기타	수도사업자에게 고도의 기술이 요구된다. 일반적으로 규모가 작아서 비교적 환경에 영향이 적다.	일반적으로 규모가 크고 수몰지역도 넓어서 환경에 영향이 크고 건설에 장기간이 소요된다.	하류의 어업에 대하여 고려해야 하며 둑 상류의 이수, 치수에 대해서도 고려해야 한다.

2.2.3 저수시설의 개량과 갱신

저수시설의 개량과 갱신에는 다음 각 항에 따라 계획적으로 시행한다.
1. 저수지의 입지조건이나 지질조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 유입토사대책을 강구한다.
2. 댐 등의 공작물은 계측 데이터나 조사 자료를 근거로 검토하고 필요한 보수와 보강 등을 시행하여 누수를 방지하고 시설기준에 적합하도록 한다.
3. 부속 기기류는 일상점검이나 보수할 때에 조작성이나 신뢰성을 손상하지 않도록 개량하거나 갱신한다.

【해설】

저수시설에는 댐에 의한 것, 호소 등을 이용하는 것 등이 있지만, 여기서는 하천을 막은 댐 등의 공작물과 그 결과 생긴 저수지로 구성되는 것을 대상으로 한다.

저수시설은 면적으로나 구조적으로도 규모가 큰 시설이며 여러 종류의 관리 설비를 구비하고 있고 댐의 기능을 적절하게 발휘시키기 위해서는 댐 구조물 및 부속된 여러 설비를 적정하게 유지관리하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 정기적으로 점검정비하고 적절한 시기에 각종 설비들의 기능유지를 위하여 보수해야 하며 상황에 따라 저수시설의 기능증강을 위하여 개량하는 것도 필요하다. 이들 보전이나 갱신에 대해서는 장기간에 걸친 저류제한이나 취수제한이 따르는 경우가 많으며 계획적인 취수가 곤란하여 물의 안정공급에 지장이 생길 우려도 있다.

따라서 저수시설을 설치하는 경우에는 댐 제방 등의 구조상의 안전성을 확보해야 하며 저수지의 사면보전대책이나 유입토사대책을 비롯하여 수문 등 부속설비의 보전이나 갱신이 용이하도록 하는 계획에 대해서도 검토해야 한다.

1.에 대하여 ; 저수지의 사면은 저수위가 오르내림에 따라 산사태가 발생하거나 붕괴되기 쉽다. 또한 골짜기나 계곡 등에서는 강우에 의한 우수가 집중되어 저수지로 유입되기 때문에 세굴이나 토사의 퇴적 등이 생기기 쉽다. 이러한 현상은 지형조건이나 지질조건에 따라 크게 좌우되기 때문에 면밀하게

조사하고 검토하여 미리 충분한 대책을 강구하여 두는 것이 필요하다.

일반적으로 댐의 퇴사(堆砂)용량은 원칙으로 100년간의 추정 퇴사량을 취하도록 되어 있지만, 유입토사량이 많은 댐에서는 유효저수용량의 관계로 대단히 비경제적인 계획으로 되는 경우가 있으므로 적절한 유입토사대책을 강구하여 퇴사용량을 저감시켜야 한다.

유입토사에 대한 대책으로는 저수지 주변의 사면안정, 토사댐의 설치, 퇴적토사의 굴착·준설, 토사바이패스, 토사의 플러싱(flushing), 수림대의 설치 등이 있지만, 입지조건이나 경제성 등을 고려하여 계획을 수립하고 보수·개량·갱신에 의하여 저수용량을 확보함으로써 필요한 취수를 할 수 있도록 조치해야 한다.

2.에 대하여 ; 댐 등의 공작물은 견고하게 만들어지며 내용년수도 길기 때문에 전면적으로 갱신하는 것은 거의 없고 보수·보강 등에 의한 보전이 일반적이다.

필요로 하는 보수·보강 등은 제방 등의 시설구조상의 안정성을 저해하는 노후나 이상변형, 양압력, 누수량 등으로부터 종합적으로 판단한다. 이에 필요한 계측데이터를 얻을 수 있도록 「댐설계기준」에 근거하는 계측항목을 비롯하여 구조물의 형식이나 설계상 고려된 사항 등에 따라 계측설비를 설치해 놓는 것이 바람직하다.

댐제방의 보수·보강은 콘크리트의 노후나 누수에 대한 대책으로서 그라우팅공법이나 증후(增厚)공법 등에 의한 대응이 일반적이지만, 사전에 시추(boring)조사나 콘크리트강도시험, 추적자(tracer)시험 등에 의하여 댐제방과 누수경로의 실태를 조사하고 파악한 다음에 계획을 수립해야만 한다.

댐제방의 대규모 보수·보강방법으로는 중력식 콘크리트 댐에서는 상류면에의 콘크리트덧씌우기, 필(fill type)댐에서는 상하류면에의 성토와 같은 증후공법이 있다. 누수방지대책, 현행기준에의 적합성, 내진성 등을 향상시킬 목적으로 저수지를 비우고 시공한 사례도 있다.

3.에 대하여 ; 수문이나 밸브류, 수위계나 전기계측제어설비 등의 부속기기류는 항상 조작성·신뢰성을 확보하는 것이 필요하며 노후화 등에 의하여 저수시설이 적정하게 운용관리하기가 곤란해지지 않도록 평소에 점검, 보수는 물론, 계획적으로 개량하거나 갱신하는 것이 필요하다(8.1.3 설비의 개량·교체 참조).

2.2.4 조사

저수시설을 계획하는 경우에는 다음 각 항에 따라 조사한다.
1. 수문
2. 지형 및 지질
3. 물 이용 상황
4. 수질(유역의 지질특성에 따른 탁수 유발 등을 포함)
5. 퇴사
6. 보상 등
7. 환경영향
8. 기타

【해설】

1.에 대하여 ; 수문조사로서는 해당 유역에서의 강수량, 유량(홍수량, 평수량, 갈수수량 등), 수온, 기온, 증발량 등의 자료를 수집해야 한다. 특히 수리계획이 과거의 유량자료를 바탕으로 하여 수립되는 것이므로 강수량 및 유량자료에 대해서는 가능한 한 장기간(최저 10개년)에 걸쳐 수집해야만 한다. 실측유량자료가 적을 때에는 저수유출해석이나 유역의 유사한 다른 하천의 자료를 기초로 환산하는 등 방법이 필요하다. 이 때문에 이들의 해석에 필요한 자료를 수집해야 하며 저수시설의 계획지점 및 물수지 계산상 필요한 지점 등에 대하여 실시간유량을 관측할 필요가 있다. 또한 한랭지에서는 적설과 결빙 등의 상황도 파악해야 한다.

2.에 대하여 ; 해당 하천에서 지형의 개요를 파악해야 하며 저수시설의 계획지점 주변에 대한 지형과 지질을 상세히 파악해야 한다. 특히 댐은 인공구조물로서는 가장 큰 시설 중의 하나이며 장기간에 걸쳐 그 효용을 발휘하는 시설이므로 안전성의 확보에 대해서 충분히 고려해야 한다. 이 때문에 댐건설 예정지점에 대한 기초지반의 성상에 대하여 면밀하게 조사한다.

지질조사에 대해서는 현지를 답사하고 조사 방침을 결정하여, 물리탐사, 시추, 시험굴착 등으로 지질상황을 파악해야 하며 각종 시험에 의하여 암반 강도 등에 대해서도 데이터를 수집한다. 댐 재료는 사용량이 대단히 많으며 댐의 형식, 규모, 설계 등에 미치는 영향이 크기 때문에 미리 지질조사, 물리탐사 및 시추 등으로 재료 부존량을 파악해야 하며 채취한 시료에 의하여 각종 실내시험을 실시하여 재료의 성질을 파악해야 한다.

3.에 대하여 ; 저수시설을 계획하는 하천에 대해서는 현재 이미 사용되고 있는 각종 용수(상수도용수, 관개용수, 공업용수, 수력발전용수 등)에 대하여 취수계통도의 작성, 허가 및 관행수리권의 조사, 취수량의 실태조사 등을 하여 물이용 상황을 파악한다. 또 해당 하천 및 영향이 예상되는 해역 등에 있는 어업권에 관해서도 조사를 한다(3.2.2 조사 참조).

4.에 대하여 ; 수원의 수질보전대책은 유역으로부터 유입되는 오염부하를 저감시키는 것이 기본이다. 오랫동안 저류된 물은 부영양화현상 등이 우려된다. 이 때문에 유역으로부터 유입되는 오염부하에 대하여 환경관리부서와 연계하여 조사할 필요가 있다(1.2.4 기초조사 및 3.2.2 조사 참조).

5.에 대하여 ; 저수시설이 완성된 다음에 퇴사가 진행됨에 따라 유효저수용량이 감소되고 또한 저수지의 상류단부에서 배사(背砂)·배수(背水 ; backwater)현상에 의하여 저수지상류의 하상이나 수위가 상승되는 경우도 있다. 따라서 유역내의 토사발생상황, 입도, 밀도 및 하상 등을 관찰, 측정하여 유량과 유출토사량과의 관계를 조사해 놓을 필요가 있다.

토사를 많이 함유하는 물은 저수지내의 맑은 물에 비하여 무거우므로 저수지 바닥을 따라 흐르는 밀도류를 형성하게 된다. 이 밀도류는 저수지 바닥을 따라 흐르다가 댐의 수문에 도달하면 표면으로 솟아오르게 되며 저수지가 얕은 경우에는 토사의 일부가 여수로를 거쳐 나가지만 대부분은 결국 저수지에 남아서 침전된다.

저수지내에서의 토사퇴적은 밀도류가 흘러나갈 수 있는 댐의 수문위치에다 유출구를 설치하여 일부

감소시킬 수 있으며, 유역 내에서 토양보호(soil conservation)를 실시하여 토양이 빗물이나 하천수에 의하여 씻겨 내려가는 것을 방지하는 방법을 택할 수도 있다.

저수지의 바닥에 침강된 토사를 제거하는 것은 때로는 저수지를 신규로 건설하는 것보다 더 비경제적일 수도 있으므로, 가능한 한 토양보호를 실시하여 유입되는 토사량을 감소시키도록 해야 한다. 그러므로 총저수지 용량을 결정할 때에는 토사의 퇴적상태를 감안하여 유효저수용량을 결정해야 한다.

6.에 대하여 ; 저수시설 건설에 따른 보상비가 사업비에서 차지하는 비율이 증가되는 경향이다. 계획할 때부터 보상 물건 등의 개요에 대하여 조사하고 개략비용을 산출해야 한다.

7.에 대하여 ; 저수시설을 건설함으로써 주변자연환경 등에 영향을 미치므로 「환경영향평가법」 등에 근거하여 소정의 수속을 해야 한다. 법 규제대상 이외의 사업이라도 주변지역에서의 식생, 어류, 조류, 곤충, 천연기념물, 문화재 등의 자연환경에 대하여 조사연구 등의 자료를 수집 정리해야 하며 필요하면 환경조사 및 환경영향평가를 실시한다.

저수지에 대한 환경영향평가는 대개 다음 자료의 정비가 필요하다.

① 자연환경 현황과 개발계획에 의한 환경변화의 예측 및 평가

② 유량, 수질, 유지용수 등의 현황이 개발계획에 따라 어떻게 변화할 것인지, 탁도, 수온, 부영양화 등을 포함한 수질변화의 예측

③ 사회환경 현황과 개발계획에 의한 변화의 예측과 평가

상기 사항 이외에도 다른 저수지의 예나 다른 나라의 사례 등을 참고하여 광범위한 분야의 환경에 관한 지식과 정보를 수집하는 것이 요망된다.

8.에 대하여 ; 저수시설을 건설할 때는 취득사업용지 외에도 가설물 설치나 자재 등의 수송수단 등에 대하여 검토하여 적절한 방법과 수단을 정할 필요가 있다.

또한 저수시설 계획과 관련되는 지역의 도로사업이나 하천사업 등을 조사하여 지역적으로도 조화롭고, 합리적인 시설계획이 되도록 해야 한다.

2.2.5 계획기준년

계획취수량을 확보하기 위하여 필요한 저수용량의 결정에 사용하는 계획기준년은 원칙적으로 10개년에 제1위 정도의 갈수를 표준으로 한다.

【해설】

갈수기준년의 선정은 장기간에 걸쳐 이미 구한 갈수 중에서 최대인 것을 선정하는 것이 이상적이지만, 그렇게 하면 대단히 큰 저수량을 필요하게 되는 경우가 많다. 반면, 갈수정도가 낮은 해를 기준으로 하면, 계획취수량을 만족시킬 수 있는 기간이 짧게 될 우려가 있다. 따라서 사업의 경제적인 효과를 고려하여 10개년에 제1위 정도(30~40년 기록 중에서 3번째 정도의 갈수)의 빈도를 갖는 갈수를 기준년으로 하는 것이 일반적이다.

계획기준년을 결정할 때는 가능한 한 장기간(20~30년간, 어쩔 수 없는 경우에는 최근 10년간 정도)의 수문자료를 수집하고, 연속한 10개년에 제1위 정도(30년간의 경우는 제3위, 20년간의 경우는 제2위)의 갈수를 대상으로 한다. 그러나 다목적저수지인 경우에는 관개(灌漑)나 기타의 관계를 고려하여 별도로 결정해야 된다.

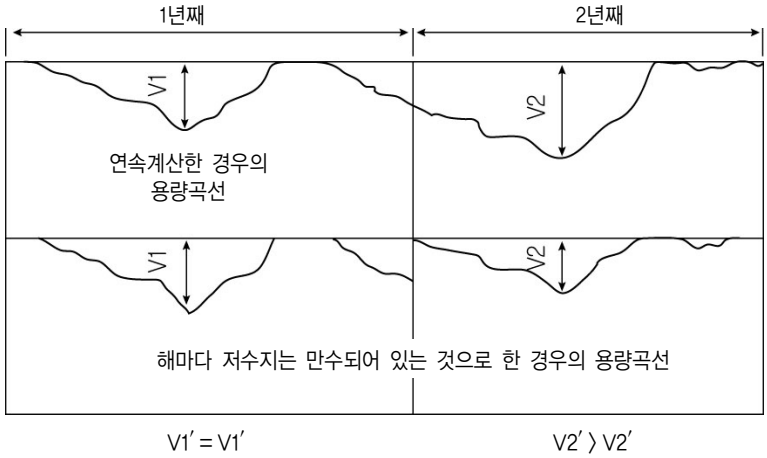
2.2.6 저수시설의 유효저수량 결정

저수시설의 유효저수량은 다음 각 항에 기초를 두고 결정한다.
1. 유효저수량은 계획기준년에 있어서 물수지(저수시설 지점의 하천유량과 계획취수량과의 차)를 계산하여 결정한다.
2. 물수지 계산에서는 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있어야 하며 또한 하천유수의 정상적인 기능유지에 지장을 주지 않아야 한다.
3. 추운 지방에서는 취수지점 결빙으로 인한 영향을 고려한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 물수지(유효저수량의 결정을 위한 하천유량과 계획취수량과의 차)를 계산하기 위하여 일별로 따지는 것이 가장 정확하겠지만, 하천유량이 유효저수량에 영향을 미치는 것은 최대갈수시보다는 어떤 기간동안 계속되는 갈수유황시이기 때문에 댐시설에 의한 개발계획으로서는 반순별(伴旬別 : 5일 단위) 또는 순별(旬別 : 10일 단위) 정도의 비교로도 충분하다. 그러므로 반순간(5일간) 또는 순간(10일간)에 걸친 유량의 평균유량을 일유량으로 정리하여 계획취수량을 취수하기 위한 물수지를 계산하면 된다. 유역변경 등의 경우는 일단위로 계산하는 것도 있다.

물수지를 계산하는 경우, 해마다 댐이 만수로 되는 것으로 하여 계산하는 예가 있지만, 댐이 만수로 되기까지의 기간이 2개년에 걸치는 경우도 있으므로 연속계산을 하는 것이 바람직하다([그림 2.2.1] 참조). 또 예비검토를 하는 경우에는 유량도표에 의한 방법이나 유량누가곡선도표에 의한 방법(Ripple′s method) 등의 간편법을 사용하면 편리하다.



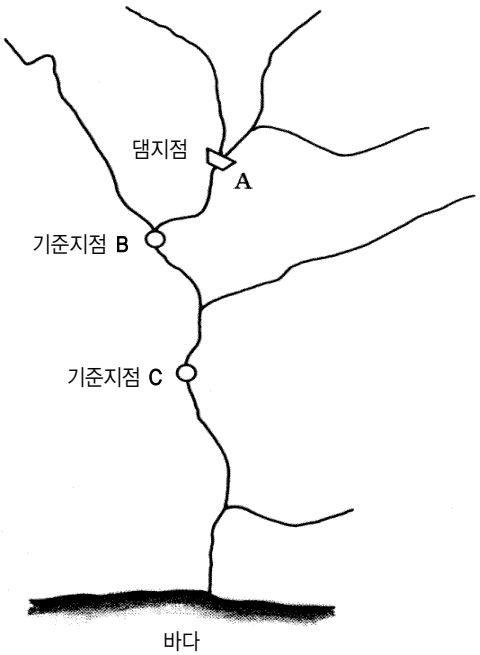
[그림 2.2.1] 물수지를 계산할 때의 저수용량곡선

2.에 대하여 ; 일반적으로 하천유수의 정상적인 기능유지에 필요한 유량이란 유지용수와 하류에서 기득하천사용자(기득수리권)의 수량, 선박의 운항, 어업, 관광, 유수의 청결유지, 염해의 방지, 하구의 폐색 방지, 하천관리시설의 보호, 지하수위의 유지, 동식물의 보호 등이 확보되기 위한 유량이다. 이것을 하천유지용수라고도 하며 하천이 적정하게 이용되고 물의 흐름이 정상적으로 기능을 유지할 수 있는 최소한의 유량이므로, 이를 저해하지 않으면서 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있는 것을 물수지 계산으로 증명해야 한다.

3.에 대하여 ; 추운 지방에서는 담수면이 결빙되며 그 두께가 상당히 두껍게 될 경우가 있으므로, 특히 수심이 얕은 저수지에서는 저수용량이 현저하게 감소한다. 이러한 경우에 유역 내의 적설이 녹아내리는 시기가 아니면 하천 유량이 크게 감소할 수 있다. 따라서 결빙이 저수용량에 크게 영향을 미치는 경우에는 저수시설을 계획할 때에 평균 얼음두께를 고려하여 여유를 두어야 한다.

[2.2.6 참고 1] 댐을 개발할 때에 유효저수량을 산정하기 위한 물수지 계산의 예

유효저수량은 취수기준지점에서 소정의 수량(계획취수량+정상유량)을 확보하기 위하여 필요한 저수지에서의 보급량과 저수지로의 유입량과의 차감에 의하여 유효수량을 반순(伴旬 : 5일 간격)별로 구하고 이것을 누적가산한 것의 최대치이다. 이 계산을 물수지 계산이라고 한다. 저수시설의 규모는 이 물수지 계산을 만족하도록 계획하는 것이다.



〈2.2.6 참고도-1〉 물수지 계산 위치도의 예

1) 계산조건

- 댐의 이수(利水)계획은 댐의 하류에 있는 기득용수와 신규개발수량에 대하여 보급한다.
- 댐의 이수용량은 12,400,000m^3(홍수기)이다.
- 댐의 직하류 환경보전을 위한 의무방류량은 0.3m^3/s로 한다.
- 확보수량은 기준지점 B에서는 B지점으로부터 C지점까지의 기득용수를 기준지점 C에서는 C지점으로부터 하류의 기득용수 및 신규개발수량으로 한다.
- 신규개발수량은 도시용수로서 2.5m^3/s이다.

2) 물수지 계산의 예

물수지를 계산한 예 및 그 계산요령을 〈2.2.6 참고표-1〉, 〈2.2.6 참고표-2〉, 〈2.2.6 참고도-2〉, 〈2.2.6 참고도-3〉에 나타내었다.

이 계산의 예에서는 댐의 누가저류용량이 가장 작아지는 9월 4반순(20일경)에 최대치가 된다. 즉 필요저수용량은 이수용량 12,400,000m^3으로부터 9월 4반순(20일경)의 용량 58,000m^3을 뺀 12,342,000m^3이 된다.

또 계산하는 과정에서 댐의 누가저류용량이 부(-)의 값이 되는 경우에는 신규개발수량의 감량 또는 이수용량의 증량 등의 계획변경이 필요하다.

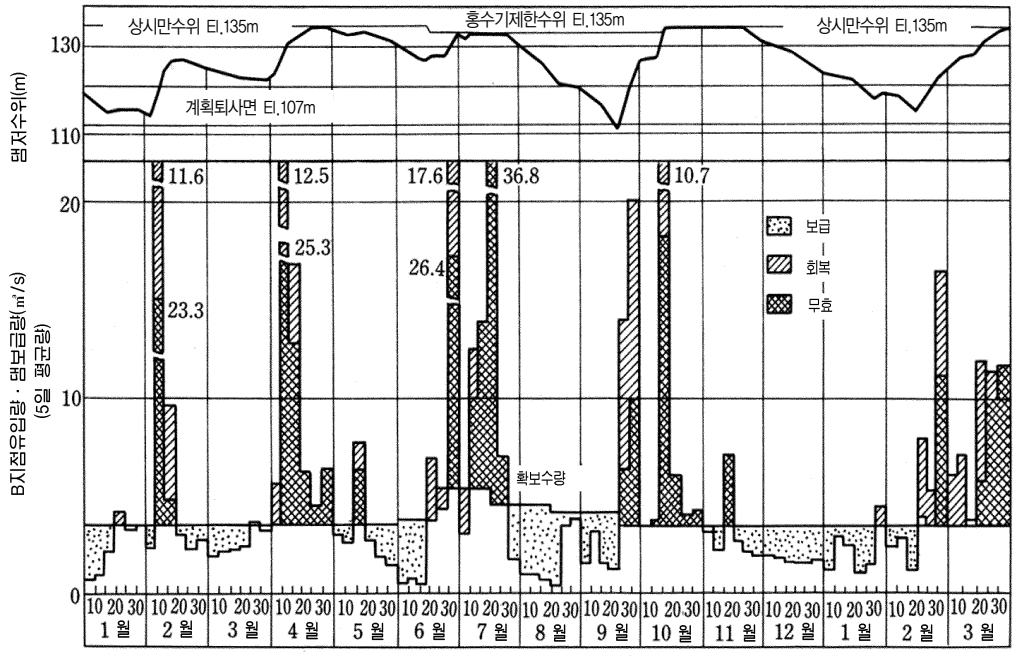
〈2.2.6 참고표-1〉 댐의 수지계산 예

년 월	기준지점 B			기준지점 C			기준지점 조정			댐 지점 A							댐 조작후	
	(1) B점 자연 유량	(2) 불특정 확보 유량	(3) 불특정 부족 유량	(4) C점 자연 유량	(5) 불특정 확보 유량	(6) 불특정 부족 유량	(7) 불특정 보급후 잉여량	(8) 신규 개발 수량	(9) 신규 개발고 부족수량	(10) 댐지점 유량	(11) 불특정 보급량	(12) 합계 보급량	(13) 저류 가능량	(14) 저류량	(15) 반순 보급저류 용량	(16) 댐누가 저류 용량	(17) 댐지점 방류량	(18) 댐조작 후기준 점유량
															천m^3	천m^3		
																12400		
	3.20	2.72	0.48	3.52	3.10	0.42	0.42	2.5	-2.08	1.58		-2.08			-898	11502	3.66	5.60
0년	12.66	2.72	9.94	15.19	3.10	12.09	9.94	2.5	7.44	6.27			6.27	2.08	898	12400	4.19	13.11
7월	14.02	2.72	11.30	15.42	3.10	12.32	11.30	2.5	8.8	6.94			6.94	-		12400	6.94	15.42
	36.80	2.28	34.52	40.48	1.14	39.34	34.52	2.5	32.02	18.22			18.22	-		12400	18.22	40.48
	7.16	2.28	4.88	7.87	1.14	6.73	4.88	2.5	2.38	3.54			2.38	-		12400	3.54	7.87
	1.82	2.28	-0.46	2.00	1.14	0.86	-	2.5	-2.5	0.90	-0.46	-2.96			-1534	10866	3.86	4.96
	1.24	2.28	-1.04	1.36	1.14	0.22	-	2.5	-2.5	0.61	-1.04	-3.54			-1529	9337	4.15	4.90
	1.20	2.28	-1.08	1.32	1.14	0.18	-	2.5	-2.5	0.56	-1.08	-3.58			-1547	7790	4.17	4.90
8월	0.86	2.28	-1.42	0.95	1.14	-0.19	-	2.5	-2.5	0.43	-1.61	-4.11			-1776	6014	4.54	5.06
	0.60	1.55	-0.95	0.66	1.86	-1.20	-	2.5	-2.5	0.30	-2.15	-4.65			-2009	4005	4.95	5.31
	3.54	1.55	1.99	3.89	1.86	2.03	1.99	2.5	-0.51	1.75		-0.51			-220	3785	2.26	4.40
	4.07	1.55	2.52	4.48	1.86	2.62	2.52	2.5	0.02	2.01			0.02	0.02	10	3795	1.99	4.46
	1.60	1.55	0.05	1.76	1.86	-0.10	-	2.5	-2.5	0.79	-0.10	-2.60			-1123	2672	3.39	4.36
	3.50	1.55	1.95	3.85	1.86	1.99	1.95	2.5	-0.55	1.73		-0.55			-238	2434	2.28	4.40
9월	1.70	1.55	0.15	1.87	1.86	0.01	0.01	2.5	-2.49	0.84		-2.49			-1076	1358	3.33	4.36
	1.38	1.55	-0.17	1.52	1.86	-0.34	-	2.5	-2.5	0.68	-0.51	-3.01			-1300	58	3.69	4.53
	14.26	1.10	13.16	15.68	1.10	14.58	13.16	2.5	10.66	7.06			7.06	6.76	2920	2978	0.3	8.92
	20.44	1.10	19.34	22.48	1.10	21.38	19.34	2.5	16.84	10.12			10.12	9.8	4242	7220	0.3	12.66
	3.78	1.10	2.68	4.16	1.10	3.06	2.68	2.5	0.18	1.87			0.18	0.18	78	7298	1.69	3.98
10월	4.00	1.10	2.90	4.40	1.10	3.30	2.90	2.5	0.40	1.98			0.40	0.40	173	7471	1.58	4.00
	22.08	1.10	20.98	24.29	1.10	23.19	20.98	2.5	18.49	10.93			10.93	10.63	4592	12063	0.3	13.66

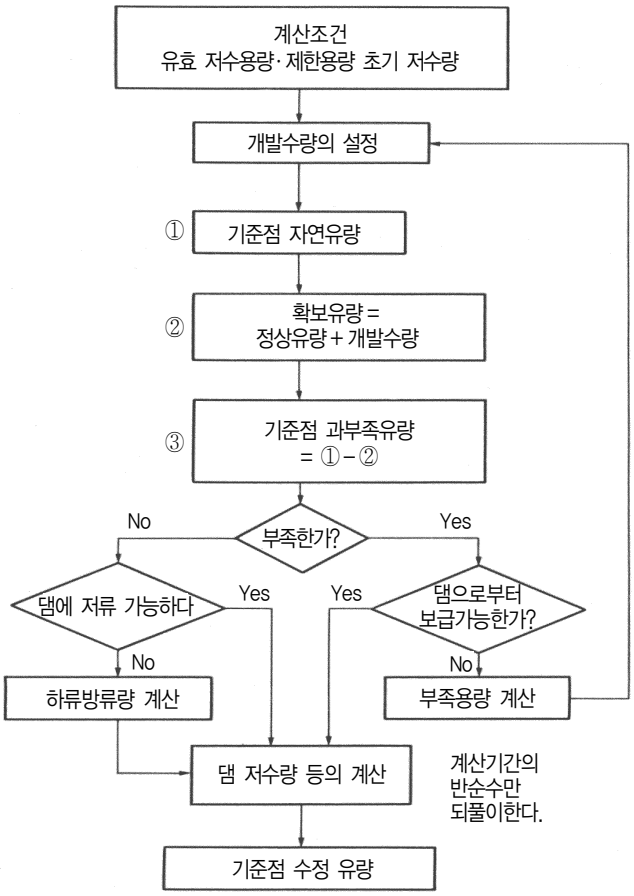
〈2.2.6 참고표-2〉 댐의 수지계산 요령의 예

항 목	설 명	계 산 예	
		9월 4반순 (20일경 보급시)	9월 5반순경 (25일 저류시)
(1) B지점의 자연유량	기준지점 B에 유입되는 댐 개발 전의 유량	1.38	14.26
(3) 불특정확보유량	B지점으로부터 C지점까지의 기득용수량	1.55	1.10
(3) 불특정과부족유량 (3) = (1) - (2)	B지점에서 (2) 확보한 다음 물수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	1.38 - 1.55 = -0.17	14.26 - 1.10 = 13.16
(4) C지점의 자연유량	기준지점 C에 유입되는 댐 개발 전의 유량	1.52	15.68
(5) 불특정확보유량	C지점으로부터 하류의 기득용수량	1.86	1.10
(6) 불특정과부족유량 (6) = (4) - (5)	C지점에서 확보한 다음 물수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	1.52 - 1.86 = -0.34	15.68 - 1.10 = 14.58
(7) 불특정보급후의 잉여량 (7) = |(3), (6)|min	(3)과 (6) 중에서 작은 값 다만, (-)값인 때에는 0으로 한다.	(-0.17, -0.34)min = -0.34 -0.34<0	(13.16, 14.58)min = 13.16
(8) 신규개발수량	C지점에서 개발할 신규 개발량	2.50	2.50
(9) 신규개발과 부족유량 (9) = (7) - (8)	C지점에서 (5)와 (8)확보한 다음 물수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	0-2.50 = -2.50	13.16 - 2.50 = 10.66
(10) 댐 지점의 유량	댐 지점에 유입되는 댐 개발 전의 유량	0.68	7.06
(11) 불특정보급량 (11) = (3) + (6)	댐에서 불특정((2)와 (5))에 대한 보급 합계량. (3)과 (6)의 (-)값만을 계산한다.	-0.17 + (-0.34) = -0.51	-
(12) 합계 보급량 (12) = (9) + (11)	댐에서 불특정보급 및 신규 개발량 (8)에 대하여 보급한 합계량. (11)에 (9)의 (-)값만을 계산한다.	-2.50 + (-0.51) = -3.01	-
(13) 저류가능량 (13) = |(3), (9), (10)|min	댐에 저류하더라도 하류에 지장을 주지 않는 유량. 각 기준지점((3), (9), (10)) 중에서 가장 작은 값. 다만, (-)값인 때에는 보급시에 저류하지 않는다.	(-0.17, -2.50, 0.68)min = -2.50<0 → 0	(13.16, 10.66, 7.06)min = 7.06
⑭ 저류량	댐에 저류하는 유량. 저수지가 만수 또는 댐하류의 의무방류량에 의하여 (13)을 조정한다.	0	7.06 조정 후 7.06 - 0.3 = 6.76

항 목	설 명	계 산 예	
		9월 4반순 (20일경 보급시)	9월 5반순경 (25일 저류시)
(15) 5일간의 보급저류용량 보급시 : (15) = (12)×5일수 ×86,400 저류시 : (15) = (14)×5일수 ×86,400	반순(10일)의 보급용량 또는 저류용량 (-)값이 보급시	-3.01×5×86,400 = -1,300,000m³	7.06×5×86,400 = 3,050,000m³ 조정 후 6.76×5×86,400 = 2,920,000m³
(16) 댐 누가저류용량 (16)=(16)$_{-1}$ + (15)	이수용량으로 계산을 개시할 때에는 만수되어 있는 것으로 한다.	1,358,000 - 1,300,000 = 58,000m³	58,000 + 3,050,000 = 3,108,000m³ 조정 후 58,000 + 2,920,000 = 2,978,000m³
(17) 댐 지점의 방류량 보급시 : (17) = (10) - (12) 저류시 : (17) = (10) - (14) 다만, (17)≥0.3	댐 조작 후의 댐 지점의 방류량 조작 후의 유량이 0.3m³/s를 만족하지 않을 때에는 0.3m³/s를 확보한다.	0.68-(-3.01)=3.69 (>0.3)	7.06 - 7.06 = 0 < 0.3 부족저류량을 조정 (14)에 조정 후 7.06 - 6.76 = 0.3
(18) 댐 조작후의 기준점유량 보급시 : (18) = (4) - (12) 저류시 : (18) = (4) - (14)	댐 조작 후의 기준지점 C의 유량	1.52-(-3.01)=4.53	15.68 - 6.76 = 8.92



〈2.2.6 참고도-2〉 댐의 이수계획도 예



〈2.2.6 참고도-3〉 물수지 계산 절차의 일반적인 흐름도

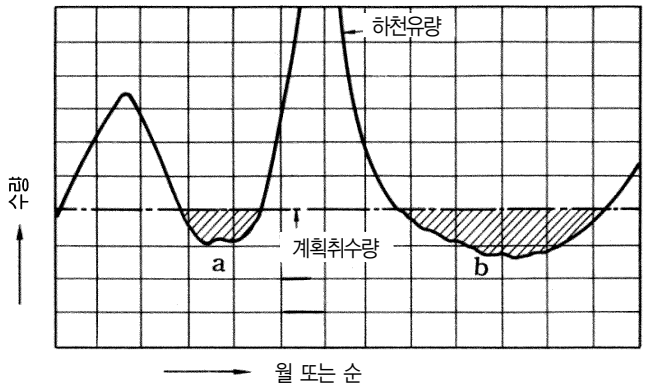
[2.2.6 참고 2] 간편법에 의한 유효저수량의 산정

1) 유량도표에 의한 방법

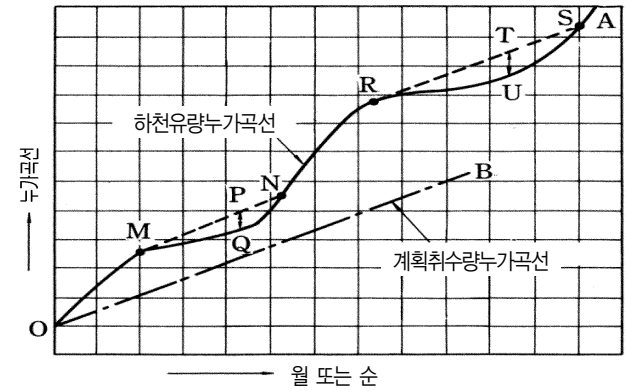
이 방법은 매월 또는 매분기마다 하천유량의 변화를 그려 넣고 이것에 매월 또는 매분기마다의 계획취수량을 기입하여 이들에 둘러싸인 면적 중 최대(b)를 구하는 방법이다. 이것이 그 기간에 있어서의 총공급량, 즉 필요저수용량이다(〈2.2.6 참고도-4〉 참조).

2) 유량누가곡선도표에 의한 방법(Ripple법)

이 방법은 매월 또는 매분기마다 하천유량 및 계획취수량을 누가하고 각각의 유량누가곡선도표를 작성하여 비교하고 하천유량누가곡선이 계획취수량곡선보다 완만한 부분(MQ 또는 RU)의 기점(M 또는 R)에서 계획취수량누가곡선(OB)에 평행한 선(MN 또는 RS)을 긋고 하천유량누가곡선과의 종축의 거리(PQ 또는 TU) 중에서 최대를 구하는 방법으로, 이 최대치가 그 기간의 필요저수용량이다. 여기에 계획취수량누가곡선이 매월 변화하는 경우에는 곡선으로 된다(〈2.2.6 참고도-5〉 참조).



〈2.2.6 참고도-4〉 유량도표에 의한 방법



〈2.2.6 참고도-5〉 유량누가곡선도표에 의한 방법

2.2.7 구조상의 조건

1. 댐의 형식은 댐건설 지점의 지형, 지질, 수리적 조건과 축조재료에 대하여 검토한 다음에 선정한다.
2. 댐의 기초지반에 관해서는 댐 지점의 지질특성, 댐 제체를 지지하는 지층의 두께, 경사, 투수성단층, 균열 등의 지질조건을 검토한다.
3. 댐의 여수로(spillway)는 설계홍수유량을 처리할 수 있는 규모, 형식 및 배치로 하여 시설의 안전을 도모한다.
4. 상수도용수나 하천유지용수 등의 방류에 필요한 방류설비는 고수압에서도 조작되어야 하기 때문에 댐 제체와의 결합성이 양호하고 댐 하류부에 나쁜 영향을 미치지 않는 구조로 한다.
5. 댐 제체의 구조는 댐의 형식, 기초지반, 여수로 등의 특성을 고려하여 필요한 수밀성과 내구성을 가져야 하며 예상되는 하중에 대하여 안전해야 한다.

【해설】

저수시설은 댐의 구조물과 저수지로 구성되며 저류수의 확보와 시설의 안전성을 충분히 검토해야 한다. 저수지는 지형이나 지질적 요인으로 인하여 다른 유역으로 누수되는 경우가 있으므로 충분한 조사

와 검토가 필요하다. 저수지로의 유입수가 다른 곳으로 유출되는 것은 저수지의 수위회복이 늦어지고 계획대로 저수지를 운용할 수 없게 될 우려가 있기 때문에 미리 제체의 보강이나 그라우팅 등에 의하여 지수시키는 것이 필요하다.

댐 등의 공작물은 그 규모가 크고 또한 중요한 구조물이며 만일 파괴되었을 때에는 다른 곳에 미치는 영향이 크다. 따라서 여기서는 댐을 중심으로 한 구조상의 조건을 대상으로 설명한다.

1.에 대하여 ; 댐의 형식은 축조재료에 따라 콘크리트댐과 필(fill type)댐으로 분류되며, 콘크리트댐은 그 역학적 특성에 의하여 중력댐(gravity dam)과 아치댐으로, 필댐에는 차수기능을 하는 부분의 구조에 따라 표면차수형, 균일형, 존(zone)형으로 분류된다. 또 필댐은 축조재료에 따라 록필(rock-fill)댐과 흙댐 등으로 분류된다(〔그림 2.2.2〕 참조). 이들의 형식을 선정할 때에는 댐지점의 지형, 지질, 여수로(spillway)의 규모, 축조재료의 유무에 대하여 충분히 검토하고 주변 환경이나 경제성 등의 여러 가지 조건도 종합적으로 고려하여 최적의 것으로 한다(〈표 2.2.3〉 참조).

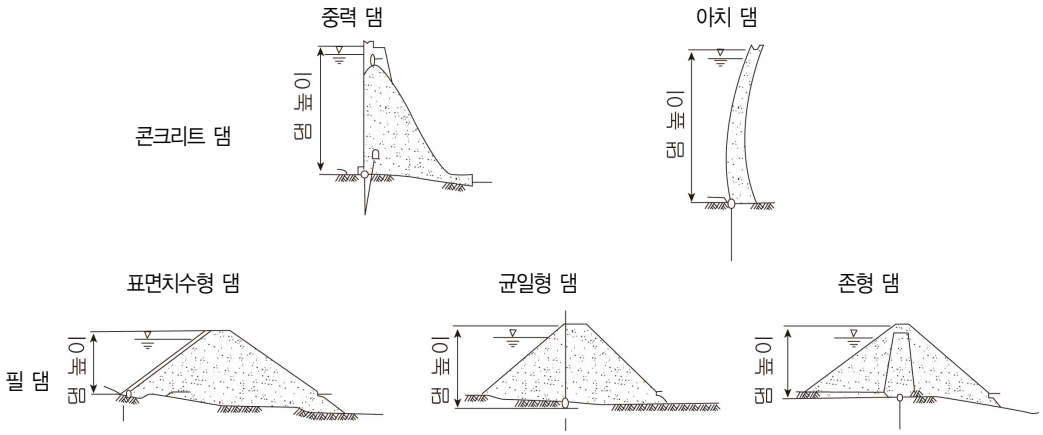
2.에 대하여 ; 댐의 형식에 따라 요구되는 댐 기초의 조건은 다음과 같다.

가. 콘크리트 댐

1) 중력댐 ; 댐의 높이에 따라 암반에 전해지는 힘이 커지기 때문에 최대단면부근의 기초암반은 충분한 전단강도를 갖는 견고한 암반이 필요하다. 수평 또는 수평에 가까운 단층이나 약층이 존재하는 댐지점에서는 국소적인 전단력의 저하 등에 신중한 대응이 필요하다.
2) 아치댐 ; 하상부(河床部)에 대해서는 중력식 댐의 경우보다 전단강도에 대한 제약은 적지만, 상부까지 암반이 견고하고 아치추력에 충분히 저항할 수 있는 강도가 필요하다. 또 댐의 두께가 얇기 때문에 기반의 투수성에 대한 조건은 상당히 엄격하다. 또 암반 내에 아치추력을 받을 때에 미끄러지기 쉬운 방향의 단층 규모에 대하여 조사검토가 필요하다.

〈표 2.2.3〉 각 댐의 형식에 따른 설계방법의 차이

댐의 형식	기본적 가정	댐 의 표 준 설 계 조 건	설 계 수 치
중력식 콘크리트댐	2차원탄성체	1) 외력의 합력이 제체의 수평단면의 중앙 1/3에 들어갈 것. 2) Henny의 식에서 안전율이 4 이상일 것 3) 제체 중에 생기는 응력이 허용응력도를 초과하지 않을 것	원위치시험에 의한 암반의 전단강도 τ_0 암반의 내부마찰계수 f 배합시험에 의한 콘크리트의 물성치 콘크리트의 강도
아치식 콘크리트댐	3차원탄성체	1) 제체 중에 생기는 응력이 허용응력도를 초과하지 않을 것 2) Henny의 식에서 안전율이 4 이상일 것	
필댐	2차원비탄성체	1) 원형미끄러짐면에 대하여 슬라이스(slice)법에 의하여 안전율이 1.2 이상일 것	실내 3축시험 등에 의한 필재료·기초의 점착력 C, 내부마찰각 ϕ



[그림 2.2.2] 댐의 형식

나. 필댐

일반적으로 필댐은 콘크리트댐에 비하여 댐에서 받는 하중을 보다 넓은 지반에 전하기 때문에 기초가 강해야 하는 제약조건은 적다. 기초의 필요조건으로 차수존(zone)의 기초에서는 소요의 지수성과 전단강도가 요구되며, 차수존 이외의 기초에서는 전단강도와 파이핑에 대한 저항성이 요구된다.

3.에 대하여 ; 통상 저수지운전의 최고수위는 상시최고수위이다. 그러나 댐의 안전을 확보하고, 댐으로 인한 하천관리상의 문제를 미연에 방지하기 위해 댐의 조작에 대응하는 최고수위로 설계홍수위가 설정된다. 따라서 상시최고수위로부터 설계홍수위에 이르기까지의 유입량을 하류에 안전하게 유하시키기 위하여 여수로 등을 설치해야 한다.

자유월류형 여수로는 고속류를 처리하기 때문에 콘크리트조로 하며 월류형 콘크리트조로 하는 것이 경제적이다. 필댐의 경우에는 홍수월류에 의한 안전상의 문제가 콘크리트댐의 경우에 비하여 훨씬 크므로 원칙으로 댐제방과는 별개로 여수로를 설치한다.

댐의 하류부는 댐에서의 방류수에 의하여 강바닥이 세굴되는 경우가 많으며 댐의 안전 및 하천관리상 문제가 생기기 때문에 감세공(感勢工) 등을 설치하여 하상을 보호해야 한다.

4.에 대하여 ; 댐의 물은 수도용수로서 직접 도수하는 경우를 제외하고는 일반적으로 이수, 하천유수의 정상적인 기능유지, 저수지 및 댐의 관리보전, 저수지수위를 저하시키는 등의 목적을 위하여 방류관 등에 의하여 댐의 하류부로 방류된다.

이 방류수는 저수지의 수위에 따른 압력을 갖고 있으므로 방류설비는 구조가 견고하고 필요한 수밀성을 가져야 하며 개폐가 확실해야 하고 댐 제방과의 결합성을 고려하여 배치해야 한다.

방류설비는 진동에 의한 영향, 하천 세굴, 충격 등에 대하여 안전하도록 수량 제어나 감세수문 등을 설치하고 시설 및 그 주변에 나쁜 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

댐 관리의 합리화 및 댐의 수력에너지를 유효하게 이용하기 위하여 감세수문 등의 계획시에 수력발전시설의 도입을 검토하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 댐은 댐의 종류와 기초지반에 따라 저수지의 수위나 필요한 외력을 고려하여 안전성이 확보될 수 있는 구조이어야 한다.

가. 댐의 기초지반은 소요강도를 가져야 하며 담수한 다음에 지하수의 거동이 댐의 안정성에 영향을 미치지 않도록 할 필요가 있다. 따라서 지질조사에 의하여 암반의 강도, 균열의 상황, 투수성 등을 파악하고, 이러한 것을 기초로 누수방지나 침투류를 억제한다. 예를 들면, 제체상류부 등에 커튼그라우팅을 하여 필요한 수밀성을 확보한다. 또한 암반강도나 균열상황에 따라 압밀그라우팅(Consolidation Grouting))에 의하여 개량하여 미끄러짐에 의한 파괴나 침투파괴를 방지하는 조치를 강구한다.

나. 중력식 콘크리트댐은 댐의 축에 수직한 연직단면을 이용하여 2차원해석이 이루어지고 아치식 콘크리트 댐의 설계는 3차원해석으로 이루어진다.

콘크리트 댐은 지진시나 강풍시의 파랑을 고려한 수위 및 기타 예상되는 외력에 의하여 활동(滑動) 또는 전도되지 않도록 충분한 여유를 갖는 구조이어야 한다. 「댐설계기준」에서는 활동에 대한 안전도(stability)로서 콘크리트제방과 기초지반이 일체가 된 강체로 취급하여 2차원단면에 대한 작용력과 저항력의 비(Henny의 식으로 요구된 전단마찰저항력의 안전율)는 4 이상, 전도에 대해서는 제방의 상류단에서 연직방향으로 인장응력이 생기지 않도록 외력의 합력이 제체의 수평단면의 중앙 1/3에 들어가야 하며. 또한 제체에 생기는 응력이 허용응력도를 넘지 않아야 하는 것 등의 조건을 만족하도록 하고 있다.

다. 필댐의 최대 특징은 제방이 암석, 모래자갈, 토질재료 등의 소성적 또는 점탄성적 성질을 갖는 재료로 만들어진다는 것이다. 필댐은 기초지반 또는 제방자체의 침하에 대해서도 충분히 안정된 상태를 유지하고 있을 수 있다는 것이 콘크리트댐에는 없는 특징이 있다.

이 때문에 기초지반과 같이 제방에 관해서도 미끄러짐파괴나 침투파괴가 생기지 않도록 하는 구조로 할 필요가 있다. 「댐설계기준」에서는 미끄러짐의 안정성에 관하여 이차원의 원형미끄러짐면에 대한 슬라이스(slice)법으로 검토하고 작용력과 저항력의 비에 대한 안전율이 1.2 이상되는 단면형상을 결정하도록 정하고 있다.

2.2.8 수질보전대책

저수지의 수질오염으로 인하여 문제가 발생할 것으로 예측될 경우에는 수질보전대책을 강구한다.

【해설】

저수지의 수질은 기상, 집수구역의 환경, 저수지의 용량, 수심, 저수지의 운용 등과 밀접한 관계가 있으며 일반 하천수질과는 양상이 다르다. 즉 저수지는 하천수를 저류하며 체류시간이 길고 수심도 깊다. 이와 같은 특성 때문에 부영양화가 진행되는 저수지도 볼 수 있다. 부영양화에 의하여 조류가 번식함에 따라 이상한 맛과 냄새가 발생하고 정수처리부하가 증가하며 정수처리비용도 증대된다.

저수지의 수질보전대책은 집수구역 내에서의 보전대책과 저수지에서의 보전대책으로 나누어지며, 이

두 가지 대책을 계획적이고 종합적으로 추진하는 것이 수질보전의 실효성을 높일 수 있다.

일반적으로 수질보전대책을 추진하는 데는 저수지 및 그 집수구역에 관련되는 기관이 다방면에 걸쳐 있으므로 우선 그 근간이 되는 계획은 환경보전을 담당하는 부서가 중심이 되는 관계기관 등에서 종합 조정된 다음에 수립되어야 한다. 실시대책으로서는 저수지주변의 자연환경보전 및 오염원에 대한 각종 규제나 하수도정비사업 등이 실시되도록 하는 것이다. 따라서 수도사업자는 이들 대책의 전체적인 내용을 충분히 이해한 후 관계기관 등에 협조를 요청할 필요가 있다.

상수원의 수질보전을 위해서는 「4대강(한강, 낙동강, 영산강·섬진강, 금강)수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」에 의한 수변구역의 지정, 오염총량관리제, 환경기초시설의 설치 등과 함께 재원확보를 위한 '물이용부담금제도', 그리고 「상수원관리규칙」, 「수질 및 수생태계보전에 관한 법률」에 명시된 수질보전사업에 수도사업자가 직·간접적으로 관여할 수 있기 때문에 수원의 수질보전을 위한 적절한 수단으로 활용할 수 있다.

또한 수원보전대책의 일환으로 댐 주변에 산림의 수원함양기능을 높이고 난개발에 의한 수질오염을 방지할 목적으로 집수구역의 산림이나 들판을 수도사업자가 스스로 취득하는 것도 필요하며, 상·하류 지역의 교류 등에 의하여 상수원지역에 대한 인식이나 수원림의 귀중함을 인식하는 사업 등을 적극적으로 추진하여, 장래에도 양질의 수돗물을 안정적으로 확보하려는 노력이 중요하다.

더욱이 저수지 내의 수질보전대책으로서는 부영양화의 한 가지 원인인 담수구역의 수목을 벌채하는 것 외에 약제 살포, 저수순환, 바닥퇴적물의 준설 등의 방법이 있으며, 이들은 수도사업자가 스스로 실시할 수 있는 것으로 저수지 내의 수질변화와 집수구역 내에서 보전대책의 진행상황 등을 보면서 적극적으로 실시하는 것이 필요하다. 저수시설 및 부대시설 등에 사용되는 재료로서는 수질에 영향을 미칠 우려가 있는 것은 사용하지 않는 것이 좋다.

[2.2.8 참고 1] 저수지에서 수질보전대책의 주요방법

1) 상류유역의 오염원관리

저수지의 수질보전을 위하여 상류유역에 환경기초시설을 확충하여 질소나 인 등의 오염물질의 유입을 차단하고 논과 밭 등의 비점오염원도 관리해야 한다. 비점오염원관리를 위해서는 비료사용의 축소와 사용방법의 개선, 완충지대 설치, 녹색 댐의 조성, 환경농업의 확대 등 다양한 방법이 있다.

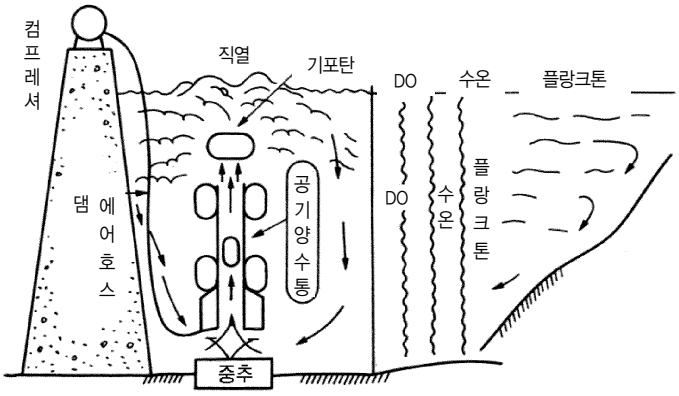
2) 약제 살포

여과장애나 이상한 맛과 냄새발생을 예방하기 위하여 약제를 저수지에 살포하여 생물증식을 억제하는 방법이 있다. 약제로서는 가격이 저렴하면서도 소량으로 효과가 있는 것이 좋지만, 사람에게 무해하고 어류나 농작물에 피해를 주지 않는 것도 필요하다. 황산구리, 염소제(차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘) 등이 있다.

3) 저수의 순환

저수의 순환은 에어리프트(air lift)나 펌프 등을 사용하여 공기를 불어넣어 저류수를 인공적으로 순환시킴으로써 저류수의 수질을 개선하고자 하는 것(〈2.2.8 참고도-1〉 참조)으로, 그 목적과 기능에 따

라 전층폭기순환법, 심층폭기순환법, 2층분리폭기순환법의 세 가지로 크게 나누어진다.



〈2.2.8 참고도-1〉 간헐식 공기양수통의 원리

4) 바닥퇴적물의 준설

인 등 영양염류의 유력한 공급원인 바닥퇴적물을 준설 제거하는 것으로 펌프에 의한 바닥퇴적물의 흡입이나 저수지의 수위가 내려갔을 때의 준설 등이 있다. 준설시에는 저수를 오염시키지 않아야 하며 준설한 토사의 처분장 확보도 필요하다.

5) 조류 등의 방류

증식된 조류를 포함한 상층수 또는 영양염류나 오염물질을 포함한 저층수를 적당하게 방류함으로써 일시적으로 수질을 개선하는 것이지만, 하류에의 영향을 고려해야 한다.

6) 기타

식물을 식재하여 영양염류를 제거하는 식생정화에 의한 방법, 조류펜스(water-bloom fence)에 의하여 유입구에서 조류유입을 방지하는 방법, 바닥퇴적물을 고화(固化)하여 인 등 영양염류가 바닥퇴적물로부터 용출되는 것을 방지하는 방법 등이 있다.

2.2.9 다목적저수시설

다목적저수시설(다목적 댐 등)의 계획에 참여하여 수원을 확보하는 경우에는 다음 각 항에 대하여 고려한다.

1. 조사, 건설, 완성에 이르는 각 단계마다 사업내용을 파악하여 상수도사업의 목적이 충분히 달성되도록 사업주체나 다른 부문과 협의 조정해야 하며 상수도로서의 필요한 조치를 강구한다.
2. 둘 이상의 이수사업자가 참여하는 경우에는 취수시설의 공동화 등에 대해 검토한다.
3. 용량배분은 각 목적의 효과가 종합적으로 발휘되도록 각각의 계획을 통합 조정한다.
4. 관리에 대해서는 수도사업자로서 소기의 목적이 달성되고 원활하게 관리되도록 구체적인 사항에 대하여 사업주체나 다른 부문과 협의하고 조정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 다목적저수시설은 상수도를 비롯하여 홍수조절, 발전, 관개, 공업용수도 등의 두 가지 이상의 목적을 갖는 시설이다. 다목적 저수시설에 의하여 수원을 개발하는 경우에 사업실시의 주체는 국토해양부장관(한국수자원공사)이 되고 관계법령은 「댐 건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률」에 의한다.

보통 다목적 저수시설은 예비조사, 실시계획의 조사를 거쳐서 착공된다. 수도사업자는 기본계획, 기본협정 등의 작성단계에 이를 때까지 해당 댐에 의존하는 이수(利水)량을 결정해야 한다. 이 때문에 사전에 상수도의 장래 물의 수급계획을 수립하고 해당 댐에 관계되는 상수도계획을 수립하는 것이 필요하다. 또 댐 계획의 상세한 자료를 입수하고 물수지나 비용부담비율 등에 대하여 미리 검토하는 것도 중요하다.

일반적으로 실시계획조사의 최종년도에는 기본계획, 기본협정 등 건설계획의 기본사항이 결정되지만, 이 중에서 용수이용자와 개발용량, 저수지의 용량배분, 비용부담비율(cost allocation), 총사업비 및 공사기간 등이 정해지게 된다. 기본계획 등을 정할 때에는 관계자의 의견이 청취되므로 비용분담비율, 취수계획 등에 대하여 미리 조사하고 검토한 결과를 기초로 수도사업자의 의견을 반영시킬 필요가 있다.

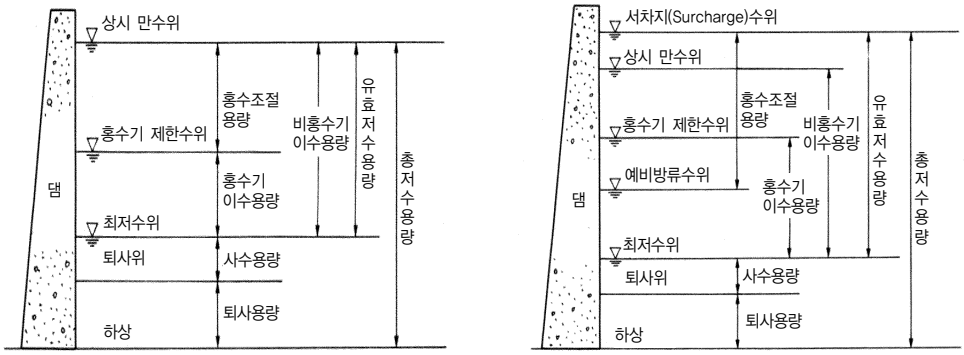
댐건설에 필요한 자금에 대해서는 기본계획, 기본협정 등의 비용부담비율에 따라 각 사업자가 각각 부담하게 된다.

2.에 대하여 ; 다목적저수시설의 계획에 2인 이상의 이수사업자가 참여하는 경우에는 해당 저수시설에 의하여 개발되는 물을 이용할 때에 취수, 도수 등의 시설의 공동이용 등에 대하여 가능한 범위에서 검토할 필요가 있다. 공동으로 이용할 시설에 대해서는 비용부담방법, 관리방법 등에 대하여 조정해야 한다.

3.에 대하여 ; 다목적저수시설을 계획할 때에는 두 가지 이상의 목적을 하나로 정리하여 계획하기 위하여 각각의 목적을 정확하게 파악하고 필요 충분한 조건을 계획에 포함시키는 것이 기본이다. 다목적 저수시설에서의 저수용량은 이수용량(상수도, 관개, 공업용수 및 하천유지용수에 필요한 유량을 보급하기 위한 용량), 홍수조절용량(홍수의 조절에 필요한 용량), 발전용량(발전을 하는 것에 필요한 용량) 및 퇴사용량(저수지에 유입되는 토사퇴적을 위하여 필요한 용량)으로 분류되지만, 이들 용량은 목적에 따라 이용방법이 다르므로 경합관계가 생기는 것도 있다.

특히, 치수·이수 상호간에는 치수사업이 홍수기에는 홍수조절을 위한 용량을 비워두어야 하는 반면, 이수사업에서는 용수공급을 위한 용량을 확보해야 할 필요가 있어서 근본적으로 상반된다. 또한 이수사업의 상호 간에도 목적에 따라 이용시기 및 유효저수량이 다르기 때문에 경합이 생긴다. 이들의 경합을 피하기 위하여서는 각각의 유효저수량을 단독으로 산출한 다음 종합적으로 조정하여 용량배분을 결정하게 된다. 따라서 수도사업자는 유효저수량에 관하여 2.2.6 유효저수량의 결정을 참조한 다음에 적절하게 대처하는 것이 필요하다. 다목적댐의 용량배분 예를 〔그림 2.2.3〕에 보이고 있다.

4.에 대하여 ; 댐의 완성이 가까워지면 수도사업자는 사업주체나 다른 부문과 조정하여 시설관리에 대한 구체적인 사항을 규정한 관리협정 등을 체결해 둘 필요가 있다. 협정에 규정해야 할 사항으로서는 관리주체, 공동시설에 관한 것, 댐의 조작규칙 등의 제정 또는 변경에 관한 협의, 매년도의 실시계획에 관한 협의, 관리비용의 부담비율 및 부담방법, 댐에 기인되는 손해배상에 관한 것 등이 있다.



(1) 비교적 저차의 조정을 하는 저수지

(2) 고차의 조절을 하는 저수기

주)1. 이수용량은 필요한 용수에만 사용하고 다른 목적에 사용하여서는 안된다. 그러나 용수를 하류에서 취수할 경우에 발전소를 통하여 방류된다면 용수목적에 지장을 주지 않을 만큼 발전에 사용한다.
2. 사수용량은 유사상황에 따라 생략할 수 있다.
3. 서차지(Surcharge)수위란 홍수시에 상시 만수위를 초과하는 인위적이고 계획적이며 일시적으로 저류되는 유수의 수위이다

[그림 2.2.3] 다목적 댐의 용량 배분 예

[2.2.9 참고 1] 다목적댐의 비용부담에 관하여

1) 개요

다목적댐의 비용부담비율(cost allocation)은 건설비를 댐의 사용권설정예정자에게 공평하게 할당하기 위한 행위이고, 「댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률」및 그 시행령 등에 의하여 정해지고 있으며, 어느 것이나 "분리비용잔여편익지출법(分離費用殘餘便益支出法)"을 기준으로 하고 있다(〈2.2.9 참고표-1〉 참조).

〈2.2.9 참고표-1〉 다목적댐 건설비용의 부담률 산출방법

구 분	내 용
1. 분리비용 잔여편익 지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 당해 용도의 분리비용을 공제하고 산출한 금액의 각 용도별 비율에 따라 잔여공동비용을 배분하는 방법
2. 대체타당 지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 전용시설비를 공제하고 산출한 금액의 각 용도별 비율에 따라 공동시설비를 배분하는 방법
3. 우선지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 전용시설비를 공제하여 산출한 금액을 한도로 각 용도의 우선순위에 따라 공동시설비를 해당 용도에 배분하는 방법. 이 경우 각 용도의 우선순위는 긴요도 등을 참작하여 국토해양부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 정한다.
4. 우선대체 타당지출법	다목적댐의 용도 중 긴요도가 특히 높은 용도에 대해서는 우선지출법을 적용하여 공동 시설비를 우선 배분하고, 기타의 용도에 대하여서는 대체타당지출법을 적용하고 잔여 공동 시설비를 배분하는 방법. 이 경우 우선지출법이 적용되는 용도는 국토해양부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 정한다.

2) 비용부담의 원칙

① 비용의 부담

공동사업비에 대해서는 참가사업자가 정해진 부담비율에 따라 비용을 부담하며, 전용시설에 대해서는 그것에 참가한 각 사업자가 전액을 부담한다.

② 부담비율

분리비용잔여편익지출법에 의하여 산정한다.

다만, 분리비용잔여편익지출법에 의하여 산출하는 것이 현저히 불리하다고 인정되는 경우에는 대체타당지출법(代替妥當支出法), 우선지출법(優先支出法) 또는 우선대체타당지출법(優先代替妥當支出法) 등에 의하여 산정할 수 있다.

3) 용어의 설명

① 대체건설비

다목적댐의 용도별로 다목적댐과 당해 용도에 전용되는 부대시설이 갖는 효용과 동등한 효용을 갖는 대체시설을 설치하는 데 필요한 추정비용으로 한다.

② 타당투자액

다목적댐의 용도별로 다목적댐과 당해 용도에 전용되는 부대시설이 가지는 효용을 얻기 위하여 필요한 투자비용을 말하며, 연간 등가편익에서 운영관리에 필요한 추정비용을 공제한 금액을 자본환원계수로 나누어 산출한다.

③ 분리비용

다목적댐의 용도 중 특정 용도를 제외하고 다목적댐을 건설할 경우 추정되는 다목적댐건설비용의 절감액으로 하며, 다목적댐의 총 저수용량에서 특정 용도를 제외할 경우에 나타나는 저수량의 감소 등을 감안하여 산출한다.

④ 잔여공동비용

다목적댐건설비용에서 각 용도의 분리비용을 전액 공제한 비용으로 한다.

⑤ 전용시설비

다목적댐의 용도 중 당해 용도에 전용되는 다목적댐 시설의 설치비용으로 한다.

⑥ 공동시설비

다목적댐의 각 용도에 공용되는 다목적댐의 설치비용으로 한다.

4) 대체건설비 및 타당투자액의 세부산출방법

⑴ 대체건설비의 산출방법

- 대체시설 또는 공작물은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치장소와 동일한 장소나 설치비용이 적은 장소에 설치하는 것으로 한다.
- 다목적댐의 용도 중 발전용도의 대체건설비를 산출함에 있어 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물이 갖는 효용과 동등한 효용은 당해 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발

생하는 유효출력(kW) 및 유효전력량(kWh)을 기준으로 한다.

- 대체건설비의 범위는 대체시설 또는 공작물을 직접 설치하는데 필요한 공사비, 보상비, 조사설계비 및 부대비와 건설기간 중의 이자로 한다.

⑵ 타당투자액의 산출방법

① 다목적댐의 용도별 타당투자액의 산출방법

홍수조절용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발생하는 다음의 효용을 시가로 환산한 가액의 합계액이다.

- 제방·호안(護岸)·수제(水制) 기타 하천에서 발생하는 피해 복구에 소요되는 비용의 감소
- 도로, 교량, 철도 기타 교통시설에서 발생하는 재해의 복구에 소요되는 비용의 감소
- 홍수의 범람으로 인한 농작물의 감산, 농지의 유실, 가옥의 손괴, 기타 자산(가계자산, 사무소, 광공업 및 농·어업의 상각자산, 재고자산 및 영업 손실을 포함한다)의 피해방지 또는 감소
- 토사퇴적으로 인한 준설유지비의 감소
- 홍수범람의 방지로 인한 지가 상승

관개용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발생하는 다음 금액의 합계액이다.

- 증가된 작물생산량에 표준단가와 순 이익률을 각각 곱한 연간 작물수입의 증가액
- 댐건설 전의 영농시설유지관리비에서 댐건설 후의 영농시설유지관리비를 뺀 연간 시설유지관리비의 감소액
- 댐건설 전의 영농에 투입된 노동량에서 댐건설 후의 영농에 투입되는 노동량을 뺀 노동량에 노무비 단가를 곱한 노무비 절감액

공업·생활용수 용도의 타당투자액 : 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물에 의하여 공급되는 용수량에 단위당 용수요금을 곱한 금액

발전용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물에 의하여 공급되는 전력량에 당해 시설과 유사한 시설에 의하여 공급되는 전기요금을 곱한 금액이다. 다만, 전기요금이 결정되지 아니하였거나 이를 기준으로 하는 것이 불합리한 것으로 인정되는 경우에는 '라' 목의 규정에 의하여 유효출력의 효용으로부터 산출된 금액과 유효전력량의 효용으로부터 산출된 금액을 합산한 금액으로 한다.

하천유지용수 용도의 타당투자액 : 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물 설치에 의하여 공급되는 용수의 효과와 동등한 수질, 하천생태, 기타 환경보전에 필요한 대체시설 또는 공작물의 설치 및 운영관리에 소요되는 비용의 합계액이다.

기타 용도의 타당투자액 : 국토해양부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 산정한 금액이다.

② 자본환원계수는 다음 산출식으로 산정한다. 이 경우 이자율은 국토해양부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 정한다.

$$\text{자본환원계수} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \qquad (\text{i : 이자율,}\quad \text{n : 댐 사용권의 내용년수})$$

③ 다목적댐의 용도 중 특정용도의 효용이 다목적댐의 건설이 완료된 다음 상당기간이 경과된 다음부터 발생되는 경우에는 당해 용도의 타당투자액은 국토해양부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 감액할 수 있다.

④ 유효출력(kW)과 유효전력량(kWh)에 의한 발전용도의 타당투자액 산출방법

kW편익 = kW당 가치 × 유효출력량(kW)

- kW당 가치 = kW당 대체화력 건설비 × 화력의 연간 고정비율 × 수력대 화력의 계수
- 화력의 연간 고정비율은 자본비용비율(화력발전소건설에 투입된 차입금의 이자와 배당액의 합계액을 화력발전소에 투입된 총건설비로 나눈 비율을 말한다), 감가상각비율, 보험료 및 제세공과금비율, 운전유지비율(연료비는 운전유지비에 산입하지 아니한다)의 합계액으로 한다.
- 수력대 화력의 계수

$$= \frac{\text{수력}(1-\text{1차발전단기준손실률})\times(1-\text{발전소내소비율})\times(1-\text{보수율})}{\text{화력}(1-\text{1차발전단기준손실률})\times(1-\text{사고율})\times(1-\text{발전소내소비율})\times(1-\text{보수율})}$$

kWh편익 = kWh당 가치 × 유효전력량(kWh)

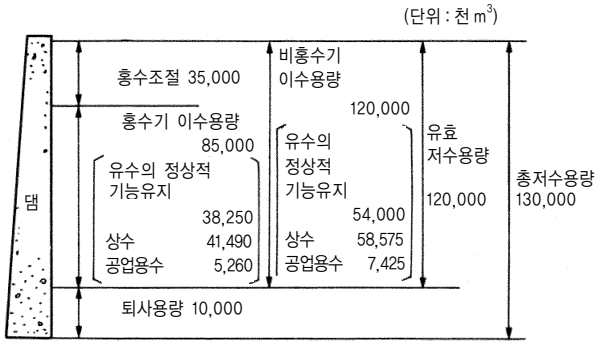
- kWh당 가치 = kWh당 화력의 연료비×수화력조정계수
- 수화력조정계수= $\frac{\text{수력}(1-\text{발전소내소비율})\times(1-\text{송전손실률})}{\text{화력}(1-\text{발전소내소비율})\times(1-\text{송전손실률})}$

5) 계산 예와 그 해설

하천, 상수도용수, 공업용수 및 발전의 4자에 대한 비용분담의 계산 예를 다음에 설명한다.

하천, 상수도용수, 공업용수 및 발전의 4자 비용분담

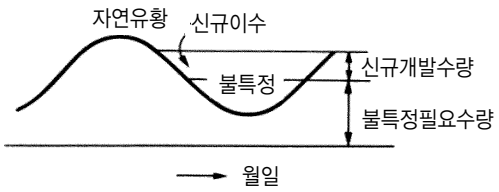
⑴ 저수지의 용량배분(〈2.2.9 참고도-1〉)



〈2.2.9 참고도-1〉 하천·상수도·공업용수 및 발전4종의 저수용량 배분도

댐의 비용을 분담하는 경우에 우선 각 부문마다의 용량이 결정되어야 저수지의 규모가 결정된다. 그 예로서는 저수지의 규모는 홍수기, 비홍수기 모두 120,000천 m^3의 크기로 되어 있지만, 계산으로서는 홍수기에 최대용량이 결정된 것으로 한다. 즉, 대체건설비를 산출할 때는 비홍수기의 용량을, 분

리비용을 산출할 때는 홍수기의 용량을 사용한다. 또 하천의 정상적인 기능유지를 목적으로 하는 경우에는 우선 하천유지용수를 먼저 정하고 나머지를 신규용수이용에 배분하는 것으로 한다(〈2.2.9 참고도-2〉).



〈2.2.9 참고도-2〉 자연유황에 부족한 불특정 필요수량 및 신규개발수량의 개념도

① 하천용수

필요용량 35,000(홍수조절) + 38,250(하천유지용수) + 10,000(퇴사) = 83,250천m^3

건설비 12,600백만원

② 상수도용수

필요용량 58,575(상수도) + 10,000(퇴사) = 68.575천m^3

건설비 11,300백만원

③ 공업용수

필요용량건설비 7,425(공업용수) + 5,000(퇴사 50년) = 12,425천m^3

건설비 2,500백만원

퇴사에 대해서는 저류댐에서는 100년분을 원칙으로 하지만, 극히 소규모의 댐에 대해서는 댐의 형식을 고려하여 이를 줄일 수 있도록 하고 있다. 이러한 경우 100년 퇴사용량으로 10,000천m^3을 적용하면 공업용수의 필요용량보다 크게 되기 때문에 댐의 구조 등을 감안하여 절반인 50년 퇴사로서 계산한다.

(3) 타당투자액

① 하천

• 홍수조절

연평균재해경감액 75600만원

연경비 1600만원

$$\text{타당투자액} = \frac{756-16}{0.0464} = 15,991\text{백만원}$$

• 하천의 정상적인 기능유지

타당투자액 4,023백만원(대체건설비)

하천타당투자액 15,991 + 4,023 = 20,014백만원

하천의 정상적인 기능유지에 대하여 연간효용을 전부 수치적으로 산정하는 것은 대단히 어렵다. 그러나 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위하여서는 필요한 유량을 확보하지 않으면, 그 밖에 대체시설

도 없기 때문에 대체건설비를 가지고 타당투자액으로 한다.

② 도시용수

대체시설로서 상수도용수와 공업용수를 합한 댐을 고려한다.

필요용량 58,575(상수도용수) + 7,425(공업용수) + 10,000(퇴사) = 76,000천 m^3

건설비 12,000백만원

상수도용수의 타당투자액

$$12,000\times\frac{1}{3}+\left\{\frac{14.2}{16}(\text{수량비})+\frac{58,575}{66,000}(\text{저류량비})+\frac{11,300}{13,800}(\text{시설물건설비의 비율})\right\}=10,380\text{백만원}$$

공업용수의 타당투자액

$$12,000\times\frac{1}{3}+\left\{\frac{1.8}{16}(\text{수량비})+\frac{7,425}{66,000}(\text{저류량비})+\frac{2,500}{13,800}(\text{시설물건설비의 비율})\right\}=1,620\text{백만원}$$

상수도용수와 공업용수를 동시에 개발하는 경우에는 양자를 하나의 대체시설을 갖는 타당투자액 산출의 기초로 할 수 있다. 이 경우에 상수도용수와 공업용수간의 배분은 사용수량비, 저류량비 및 대체건설비의 비율에 대한 평균비율로 한다.

③ 발전

연효용 5,000kW(유효출력) × 32.864원/kW+22,500 MWh(유효전력량) × 12.20원/kWh=438,820천원

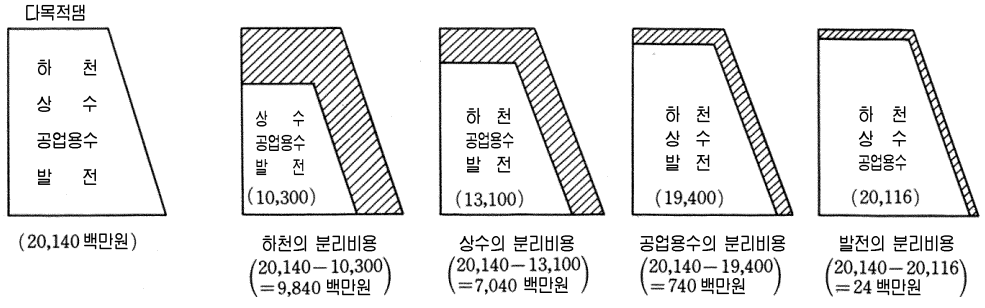
연경비 48,700천원

$$\text{타당투자액}=\frac{438,820-48,700}{0.0838(1+0.4\times0.07\times3)}=4,295\text{만원}$$

발전의 가치로서는 법령에 정해진 바와 같이 유효출력과 유효전력량을 계산하고, kW 및 kWh가치를 곱한 것을 더한 것이 연간효용으로 된다.

연간경비는 인건비, 수선비, 수리사용료(水利使用料), 사업관련세금 등을 계상하여 계산한 것이다. 또한 이 발전소의 경우에는 자본환원계수 및 이자율은 공영(公營 : 보조 없음)을 사용하고 있다. 분모의 0.4는 정수(定數)이고 건설기간에 있어서 투자자금의 중심을 보이며, 3을 곱한 것은 발전시설을 건설하는 데 소요되는 기간을 나타내고 있다. 또 실제 계산에서 발전의 kW단가 및 kWh단가는 항상 그 시점에서의 「협정사항」으로 규정되어 있는 수치를 사용하는 것에 주의해야 한다.

⑷ 분리비용(〈2.2.9 참고도-3〉)



〈2.2.9 참고도-3〉 다목적 댐의 분리비용 산정도

① 하천(홍수조절 + 하천유지용수)

다목적용량 130,000(공동 댐) - 35,000(홍수조절분리) - 38,250(하천유지용수) = 56,750천 m^3

건설비 10,300백만원

분리비용 20,140 - 10,300 = 9,840백만원

② 상수도용수

다목적용량 130,000 - 41,490(상수도용수분리) = 88,510천 m^3

건설비 13,100백만원

분리비용 20,140 - 13,100 = 7,040백만원

③ 공업용수

다목적용량 130,000 - 5,260(공업용수분리) = 124,740천 m^3

건설비 19,400백만원

분리비용 20,140-19,400 = 740백만원

하천, 상수도용수 공업용수의 분리용량은 이 경우 홍수기에 있어서 최대규모가 결정됨으로써 각 부문마다 그 분리용량을 산정하고 있다.

④ 발전

최대사용수량 10.0 m^3/s

상시사용수량 2.35 m^3/s

발전필요용량 $(10.0-2.35) \times 6hr \times 60 \times 60$ = 170천 m^3

분리비용 24백만원

발전이 단독 조정용량을 갖지 않는 경우에는 1일조정용량으로 6시간분의 최대와 상시사용수량의 차를 분리용량으로 한다.

⑸ 비용분담(〈2.2.9 참고표-2〉)

〈2.2.9 참고표-2〉 비용분담표(단위 백만원)

	구 분	하 천	상수도용수	공업 용수	발 전	계
a	대체건설비	12,600	11,300	2,500	-	
b	타당투자액	20,014	10,380	1,620	4,295	
c	a,b 중에서 작은 것	12,600	10,380	1,620	4,295	
d	전담비용	0	0	0	3,911	
e	c-d	12,600	10,380	1,620	384	24,984
f	분리비용	9,840	7,040	740	24	17,644
g	잔여편익	2,760	3,340	880	360	7,340
h	동상(%)	37.6	45.5	12.0	4.9	100.0
I	잔여공동비 배분	938	1,136	300	122	2,496
j	부담액(f+i)	10,778	8,176	1,040	146	20,140
k	건설비부담률	53.5	40.6	5.2	0.7	100.0

6) 참가하는 사업자 간의 긴급도에 현저한 차이가 있는 경우의 비용부담에 관하여

상수도사업 또는 공업용수도사업 등이 다른 사업과의 관련으로 상당히 먼저 장래의 수원을 확보하고 싶다는 등의 이유에서 해당 다목적댐에 참가하는 경우, 댐의 준공과 수도사업자 등의 급수개시시기와의 사이에 분명한 시차가 있으므로, 긴요도의 차이가 특히 심하다고 인정되는 경우나 기타 분리비용잔여편익지출법(分離費用殘餘便益支出法)을 기준으로 하는 것이 부적당하다고 인정되는 경우에는 우선지출법이나 기타 관계행정기관의 장과 협의하여 정하는 방법을 기준으로 부담비율을 산정할 수 있다.

〔2.2.9 참고 2〕 하구둑, 호소수위조정시설, 공공수로 등의 비용부담에 관하여

다목적댐 이외의 비용부담비율(cost allocation)에 대해서는 일반적으로 다음과 같다.

1) 하구둑, 호소수위조정시설에 대해서는 댐의 경우에 준하며 분리비용잔여편익지출법에 의한다.
2) 공동수로에 대해서는 분리비용잔여편익지출법, 대체건설비비율, 최대통수량비율, 연간통수량비율 또는 최대통수량비와 연간통수량비의 2자평균 등 여러 가지 방식이 적용되고 있다.
3) 유황조정하천에 대해서는 원칙적으로 대체건설비의 비율에 의한다.

제 3 장

취 수 시 설

제3장 취 수 시 설

3.1 총설

3.1.1 기본사항

상수원은 주로 지표수(하천수, 호소수 및 저수지수)와 지하수로 구분된다. 어느 쪽의 경우라도 취수시설은 가능한 한 양질의 원수를 안정되게 취수할 수 있어야 하고 또한 유지관리가 용이하도록 고려해야 한다.

1. 취수시설은 수원의 종류에 관계없이 연간을 통하여 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있도록 해야 한다. 수원이 지표수인 경우에는 홍수시나 갈수시에도 안정적으로 취수할 수 있어야 한다. 특히 하천인 경우에는 홍수시의 유목이나 잡초 등 유하물이 취수구를 막아서 취수불능으로 되는 경우가 있다. 또한 홍수시의 전석(轉石 : 암반에서 떨어져 굴러 내려온 돌 또는 흐르는 물에 떠내려 온 돌)이나 토사퇴적으로 취수에 지장을 주는 경우도 있으며, 강바닥의 세굴에 의한 하천수위의 저하가 갈수시에는 취수에 영향을 미친다. 수원이 지하수인 경우에는 지하수를 과잉으로 양수하면 지하수위가 비정상적으로 저하되어 취수량이 감소되는 경우가 있으며, 부압지하수(不壓地下水 : 자유지하수)인 경우에는 갈수시에 수위가 저하되어서 필요한 취수량을 취수하지 못하는 경우도 있다.
   취수시설을 설치할 때에는 이러한 점에 유의하여 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있는 지점과 적절한 취수방법을 선정해야 한다.
2. 취수시설은 원수로서 수질이 양호해야 하며 장래에도 오염될 우려가 없는 지점에 설치해야 한다. 따라서 취수시설은 하수나 기타 오수의 유입지점 부근이나 하류를 피해야 하며, 또한 해수의 영향을 받지 않는 지점에 설치해야 한다.
   이 때문에 공장, 하수처리장, 분뇨처리장, 폐기물처리장, 양돈장 등 오염원이 되는 시설을 조사하고, 현재의 상황과 장래의 환경변화로 수질에 영향을 미칠 가능성을 충분히 검토해야 한다. 또 수질사고를 신속하게 발견하기 위해서는 관계자 간의 비상연락망을 정비해 두어야 한다.
3. 취수시설은 홍수시 등의 악조건에서도 유지관리가 안전하고 또한 용이하게 할 수 있어야 한다. 또 비상시뿐만 아니라 시설을 점검할 때에라도 취수를 정지할 수 있도록 대비해야 한다. 또한 장래에 시설을 확장할 때에 새로운 용지취득이나 공사가 대규모로 되지 않도록 미리부터 장래의 확장을 대비한 구조로 하는 것 등을 고려해야 한다.

3.1.2 계획취수량

계획취수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하며, 기타 필요한 작업용수를 포함한 손실수량 등을 고려한다.

【해설】

계획취수량은 계획1일최대급수량과 취수에서부터 정수 처리할 때까지의 손실수량을 고려하여 정한다. 손실수량으로서는 취수지점에서 정수장에 이르는 도수시설에서의 누수나 정수시설에서의 작업용수 등이 있다. 이들 수량은 도수방법이나 정수처리방법 등에 따라 다르다. 이 때문에 이들 내용을 감안하여 계획1일최대급수량의 10 % 정도 증가된 수량으로 계획취수량을 정하고 있다. 다만, 정수장의 배출수 처리시설에서 처리수를 착수정으로 되돌려 재이용하는 경우에는 정수장 내에서의 손실수량이 줄어들기 때문에 상기 비율을 어느 정도 감소시킬 수 있다.

상수원이 지하수로서 소독만으로 급수할 수 있는 경우에는 작업용수를 필요로 하지 않으며 도수에 따른 손실수량도 거의 무시할 수 있는 경우가 많다. 이러한 경우에는 계획취수량과 계획1일최대급수량이 거의 동일하다.

배수시설 이하에서의 손실수량은 계획1일최대급수량에 포함된다.

3.1.3 취수시설의 선정

취수시설은 수원의 종류에 따라 취수지점의 상황과 취수량의 대소 등을 고려하여 취수보, 취수탑, 취수문, 취수관거, 취수틀, 집수매거, 얕은 우물, 깊은 우물 중에서 가장 적절한 것을 선정한다.

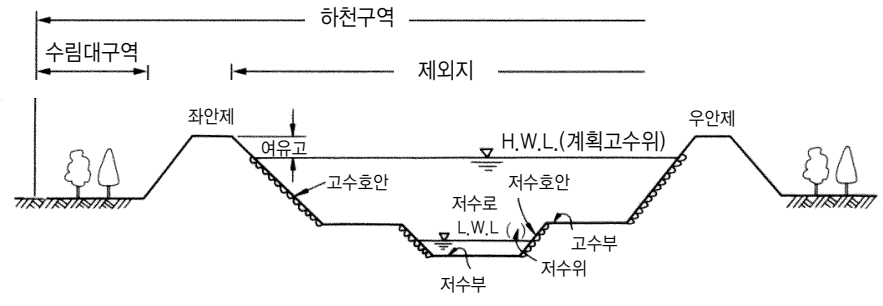
【해설】

취수시설을 선정할 때에는 수원의 종류, 취수지점의 상황, 취수량의 대소, 시공조건 및 「하천법」 등에 의한 제한 등에 관하여 조사하고 검토해야 한다. 취수시설은 〈표 3.1.1〉을 기초로 선정하는 것이 좋다. 다만, 이 표는 다음과 같은 사항을 고려하여 작성되었다.

1. 항목에 대하여; 중요도에 따라 배열하였다.

2. 취수량 구분에 대하여; 대량취수는 10만m^3/d 이상, 중량취수는 수만m^3/d 정도, 소량취수는 1만m^3/d 이하를 기준으로 한다(이하 이 편에서 동일).

3. 하천 등의 부분 명칭에 대해서는 〔그림 3.1.1〕에 의한다.

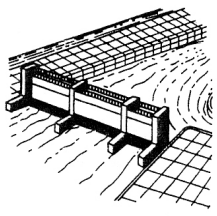
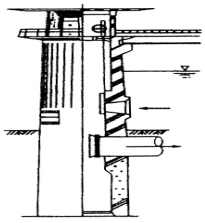
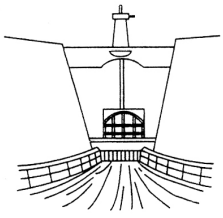
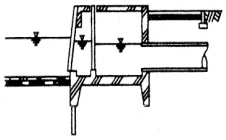


주 : 하구쪽으로 보아서 오른쪽이 우안임

[그림 3.1.1] 하천 등의 부분 명칭

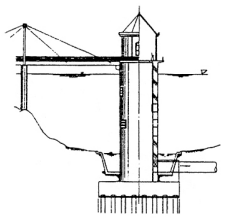
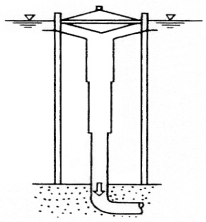
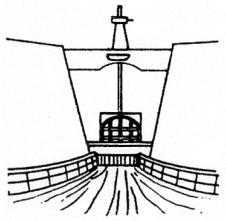
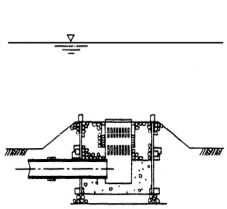
〈표 3.1.1〉 취수시설의 선정 A. 지표수의 취수

A-1 하천수를 수원으로 하는 경우

항목 \ 취수시설의 종별			취 수 보	취 수 탑	취 수 문	취 수 관 거
1	개 략 도					
2	기능·목적		하천을 막아 계획취수위를 확보하여 안정된 취수를 가능하게 하기 위한 시설로서, 둑의 본체, 취수구·침사지 등이 일체가 되어 기능을 한다.	하천의 수심이 일정한 깊이 이상인 지점에 설치하면 연간 안정적인 취수가 가능함. 취수구를 상하에 설치하여 수위에 따라 좋은 수질을 선택취수할 수 있다.	취수구 시설에서 스크린, 수문 또는 수위조절판(stop log)을 설치하여 일체가 되어 작동하게 된다.	취수구부를 복단면하천의 바닥 호안에 설치하여 표류수를 취수하고 관거부를 통하여 제내지로 도수하는 시설이다.
3	특 징		안정된 취수와 침사효과가 큰 것이 특징, 개발이 진행된 하천 등에서 정확한 취수조정이 필요한 경우, 대량취수할 때, 하천의 흐름이 불안정한 경우 등에 적합하다.	대량취수시 경제적인 것이 특징, 유황이 안정된 하천에서 대량으로 취수할 때 특히 유리하다. 취수보에 비하여 일반적으로 경제적이다.	유황, 하상, 취수위가 안정되어 있으면 공사와 유지관리도 비교적 용이하고 안정된 취수가 가능하나, 갈수시, 홍수시, 결빙시에는 취수량확보 조치 및 조정이 필요하다.	유황이 안정되고 수위의 변동이 적은 하천에 적합하다. 시설은 지반 이하에 축조되므로 하천의 흐름이나 치수, 선박의 운항 등에 지장이 없다.
4	기본적 요인	취수량의 대소	보통 대량 취수에 적합, 그러나 간이식은 중·소량 취수에도 사용된다.	보통 대·중용량 취수에 사용된다. 특히 대량 취수의 경우 우수하다.	보통 소량 취수에 이용된다. 그러나 보에 비해서는 대량취수에도 사용된다.	보통 중규모 이하의 취수에 사용하며, 보와 병용하여 대량취수도 가능하다.
5		취수량의 안정성황	안정된 취수가 가능하다.	보통 안정된 취수가 가능하다.	하천유황의 영향을 직접 받으므로 불안정하다. 그러나 하천유황이 안정되어 있고 관리가 잘되는 소규모에서는 안전성이 높다.	보통 안정된 취수가 가능하다. 그러나 하천의 변동이 큰 곳에서는 취수에 지장이 발생될 경우도 있다.
6	법적요인	하천법에의한제한	하천에 대해 직각으로 설치해야 한다. 가동보의 본체는 소규모인 것 또는 홍수의 영향이 적은 것 이외에는 인양식수문으로 해야 한다.	취수탑의 형상은 타원형으로서 장축방향을 유향과 일치시켜야 한다.	계곡이나 소하천에서 홍수의 영향이 없는 경우이외에는 「하천법」의 제약을 받는 경우가 많다.	관거의 매설깊이는 원칙으로 2m 이상으로 할 것. 부득이한 경우에도 계획하상 이하로 해야 한다.
7	외적요인	취수지점	양안이 평행하고 또한 직선부가 하천 폭의 2배 정도이며, 유로부가 안정되어 있는 장소가 바람직하다. 취수구는 가능한 한 유심부가 하안 가까이에 있는 장소를 선정한다.	하천유황이 안정되고 또한 갈수수위가 2m 이상인 것이 필요하다. 하천의 중하류부에 예가 많다.	일반적으로 상류부의 소하천에 사용하고 있다. 또 하상이 안정되어 있는 지점에서 특히 취수문의 전면이 매몰되지 않는 지점을 선정해야 한다.	유황이 안정되어 있고 또한 취수구가 매몰될 우려가 없는 지점이 바람직하다.
8		제외지의상황	하천유황이 크게 변하는 장소에서는 취수구가 매몰되는 경우가 많아서 적당하지 않다.	하천유황이 크게 변하는 장소에서는 취수구가 매몰되거나 노출되므로 적당하지 않다.	하상변동이 작은 지점에서만 취수할 수 있다. 하상이 저하되는 지점에서는 취수불능으로 된다. 또한 복단면의 하천에는 적당하지 않다.	하상변동이 큰 지점에서는 취수구가 매몰되거나 관거가 노출될 우려가 있으므로 적당하지 않다.
9		하천의대소	일반적으로 대하천에 적당하다.	일반적으로 대하천에 사용하고 있다.	중소하천의 상류부에 적당하다.	일반적으로 대하천이나 중규모 하천에 사용하고 있다.

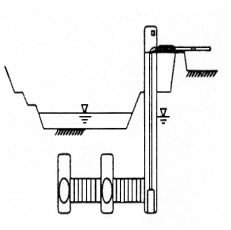
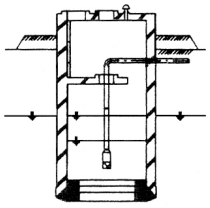
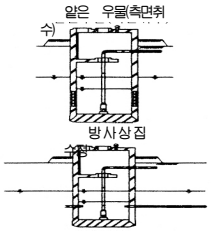
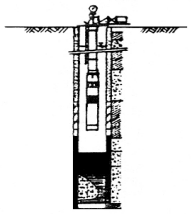
항목		취수시설의 종별	취수보	취수탑	취수문	취수관거
10	외적요인	하천유황	유황이 불안정한 경우에도 취수가 가능하다.	비교적 유황이 안정된 하천에 적당하다.	유황이 안정된 하천에 적당하다.	비교적 유황이 안정된 하천에 적당하다.
11		토사유입등의상황	배사기능을 적절하게 유지하도록 취수구를 기능적으로 설계함으로써 상시 토사유입은 매우 적다. 따라서 정수장의 부하는 적어진다. 다만, 하천표면의 쓰레기가 스크린에 걸리기 쉬우므로 그 대책을 검토해야 한다.	취수보와 달리 어느 정도의 토사유입은 피할 수 없다. 그러나 하천유량에 따라 수문을 조작함으로써 상당히 방지할 수 있다. 쓰레기 대책은 유입속도에 비하여 하천유속이 빠른 경우도 많아서 취수보 등 보다 비교적 용이하다.	토사유입을 방지하는 것은 거의 불가능하고 쓰레기대책도 상당히 곤란하다.	어느 정도의 토사유입은 피할 수 없다.
12		하천유심상황	유심이 안정된 곳이어야 취수구가 매몰될 우려가 없다. 단지 배사문을 설치함으로써 매몰을 방지할 수 있다.	유심이 불안정한 곳에는 취수구가 매몰되거나 노출될 우려가 있으므로 적당하지 않다.	유심이 안정된 하천에 적당하다.	왼쪽과 같다.
13		수심상황	일반적으로 영향이 적다.	갈수시에 일정수위 이상의 수심을 확보할 수 없는 곳에서는 취수불능으로 된다. 수심은 2m 이상 필요하다.	갈수시에 일정한 수위 이상의 수심을 확보할 수 있지 않은 곳에서는 취수가 불가능한 경우도 있다.	갈수시에 일정한 수위 이상의 수심을 확보할 수 없는 곳에서는 취수곤란으로 된다. 일반적으로 관거내면의 상단이 갈수수위보다 30cm 밑으로 되도록 낮게 부설한다.
14		지질조건	기초공법의 선택 등에 따라 대개 지반에 설치할 수 있지만 안전성·경제성 측면에서 가능한 한 양질인 지반이 바람직하다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.
15		기상조건	보(위어)를 올림으로써 하천의 유속이 작아지므로 결빙의 영향을 받기 쉽다. 이러한 경우에는 수중보에 의한 취수도 검토해야 한다.	취수구가 상하 2개소 이상인 경우에는 수문조작에 의하여 파랑이나 결빙의 영향을 최소한으로 방지할 수 있다. 일반적으로는 자연하천상태로 취수하기 때문에 취수보에 비하여 결빙의 영향은 적다.	파랑에 대하여 특히 고려할 필요는 없다. 또한 결빙에 대하여서는 특별한 대책이 필요하다.	조절용의 수위조절판(stop log)을 설치하기 때문에 파랑에 대하여서는 영향이 적다. 결빙에 대해서도 특별한 대책이 필요하다.
16	내적요인	공사비	일반적으로 크다.	일반적으로 크다. 그러나 취수보에 비하면 경제적인 경우가 많다.	일반적으로 작다.	일반적으로 경제적이지만, 하천의 상황에 따라 방호시설 등 부대공사비가 커지는 경우가 있다.
17		관리조건	안정된 취수를 하기 위해서는 토사구(土砂吐)기능을 적절하게 유지해야 한다.	취수탑내의 퇴적 토사를 해마다 1회 이상 조사하고 필요에 따라 배사(排砂)작업을 해야 한다.	강바닥의 변동이나 홍수의 영향을 직접 받아 취수구가 매몰되거나, 노출될 우려가 있는 것으로 적절한 유지관리가 필요하다.	강바닥의 변동이나 홍수의 영향을 받기 쉽기 때문에 적절한 유지관리가 필요하다.
18	시공요인	시공조건	일반적으로 대규모 공사로 되며, 하천의 수로변경(spot removal)이나 물막이(締切: shut-off)를 필요로 한다.	가물막이(仮締切: cofferdam) 등 가설공사는 비교적 소규모로 할 수 있지만, 유수를 저해하지 않도록 고려해야 한다.	일반적으로 가물막이를 하고 임시하도를 설치하는 등을 고려해야 한다.	가물막이공사가 저수로 밖으로 튀어나와 하천의 유수단면에 영향이 크기 때문에, 임시하도를 설치하는 등을 고려해야 한다.
19		시공시기	하천의 대소에 따라 다르지만, 일반적으로 비가 많은 시기(7월~9월)에는 시공이 곤란하므로 비가 적은 시기(10월~6월)에 시공하는 것이 바람직하다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.

A-2 호소·댐을 수원으로 하는 경우

항목 \ 취수시설의 종별			취수탑		취수문	취수틀
			고정식	가동식		
1	개략도					
2	기능·목적		호소나 댐의 대량취수시설로서 많이 사용된다. 취수구의 배치를 고려하면 선택취수가 가능하다.	저수지 등 수심이 특히 깊고, 일반적인 철근콘크리트조의 취수탑을 축조하기 곤란한 경우에 많이 사용된다.	취수구 시설에는 스크린·수문 또는 수위조절판(stop log) 등으로 구성되며, 유사시설 등과 일체가 되어 작동한다.	호소의 중소량 취수시설로 많이 사용된다. 구조가 간단하고 시공도 비교적 용이하다. 수중에 설치되므로 호소의 표면수는 취수할 수 없다.
3	특징		수위변화가 많은 저수지 등에서도 계획취수량을 안정되게 취수할 수 있는 특징이 있다.	수위의 변동에 따라 표면수를 취수하는 것이 특징이다. 필요에 따라 임의의 수심에서도 취수할 수 있다.	호소의 상황, 취수위가 안정되어 있으면 공사와 유지관리도 비교적 용이하고 안정된 취수가 가능하지만, 갈수시, 홍수시, 결빙시에는 취수량의 확보를 위한 조치와 조정이 필요하다.	단기간에 완성되며, 또한 안정된 취수를 할 수 있다.
4	기본적 요인	취수량의 대소	일반적으로 대량취수에 적합하다.	취수량의 대소에 관계없이 사용되고 있다.	일반적으로 중·소량 취수에 사용된다.	비교적 소량취수에 사용된다.
5	기본적 요인	취수량의 안정상황	안정된 취수가 가능하다.	왼쪽과 같다.	갈수시에 호소 등에 유입되는 수량 이하로 취수할 계획이 있으면, 안정되게 취수할 수 있다.	비교적 안정되게 취수할 수 있다.
6	외적 요인	취수지점	취수할 때에는 수심이 큰 지점 쪽이 유리하지만, 유지관리상으로는 만수시에도 물가에서 비교적 가까운 거리가 바람직하다.	수심이 깊은 지점 쪽이 유리하다.	호소 등의 안정되어 있는 지점에서 특히 취수문의 전면이 매몰되지 않는 지점이 바람직하다.	매몰 등을 고려하여 기반이 안정되어 있고, 또한 유지관리상으로 너무 수심이 깊지 않은 지점이 바람직하다.
7	외적 요인	호소등의 규모	일반적으로 대규모인 호소 등에 사용된다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 소규모 호소 등에 사용된다.	호소 등의 대소에는 영향을 받지 않는다.
8	외적 요인	수위변화	비교적 영향이 적다.	왼쪽과 같다.	비교적 수위변동이 작은 호소 등에 알맞다.	비교적 영향이 작다. 다만, 틀이 노출되지 않도록 한다.

항목 \ 취수시설의 종별			취수탑		취수문	취수틀
			고정식	가동식		
9	외적요인	수질상황	수문조작으로 선택 취수할 수 있으므로 비교적 양질의 원수를 취수할 수 있다.	선택취수가 가능하므로 수온과 수질에 따라 취수할 수 있다.	왼쪽과 같다.	호소 등의 수질 변화에 직접 영향을 받는다.
10		수심상황	대개는 영향을 받지 않으나 수심이 너무 깊은 경우에는 탑의 안전성을 확보하는 면에서 적당하지 않다.	수심이 깊은 장소에 적합하다.	거의 영향이 없다.	영향없이 취수할 수 있지만, 일반적으로는 수심이 깊은 경우에는 유지관리가 곤란하므로 비교적 얕은 장소에 적합하다.
11		수위상황	거의 영향이 없다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	수위가 크게 변화하는 곳에는 알맞지 않다.
12		지질조건	양호한 지반이 바람직하다. 부득이 연약지반에 시공하는 경우에는 기초공사를 충분히 할 필요가 있다.	형식에 따라서는 거의 영향이 없는 경우도 있다.	양호한 지반이 바람직하다.	연약한 지반에는 알맞지 않지만 취수틀을 고정시킬 수 있는 지반이면 좋다.
13		기상조건	수문조작에 의하여 파랑·결빙의 영향을 어느 정도 방지할 수 있다.	표면수를 취수하는 형식의 경우에는 파랑·결빙의 영향을 직접받기 때문에 충분한 검토를 요한다.	파랑·결빙의 영향을 직접 받는다. 특히 결빙에 의하여 취수가 불가능해지는 경우가 있기 때문에 주의를 요한다.	거의 영향이 없다.
14	외적요인	선박운항과의 관계	항로를 피하면, 수면상에 노출되어 있기 때문에 위험은 적다.	항로를 피하면서 동시에 위치를 명시하는 등의 대책이 필요한 경우도 있다.	거의 영향이 없다.	항로는 피해야 하지만, 수면아래에 묻혀 있으므로 표시등을 설치하는 것이 필요하다.
15	내적요인	공사비	비교적 대규모 공사이고, 특히 수심이 깊은 경우에는 공사비도 커진다.	일반적으로 공사비는 크다.	왼쪽과 같다.	비교적 경제적이다.
16		관리조건	탑 내에 퇴적된 토사를 해마다 1회 이상 조사하고, 필요에 따라 배사작업을 해야 한다.	취수구의 활동(滑動)이 취수법의 생명이므로, 충분히 관리할 필요가 있다.	간단한 수문조작으로 충분하기 때문에 유지관리가 비교적 용이하다.	갈수기를 중심으로 정기적인 점검이 바람직하다. 퇴적토사가 많은 호소 등에서는 폐색에 의한 취수불량이 생기기 쉬우므로 주의를 해야 한다.
17	시공요인	시공조건·시기	신설 댐에 동시에 설치하는 경우에는 제약을 받지 않는다. 기존의 호소나 댐에 설치하는 경우에는 시공하기 위하여 댐의 수위를 필요한 수위까지 내리는 것이 조건으로 되며, 특히 다목적댐 등에 설치하는 경우에는 그 조정이나 시공시기에 제약을 받는다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 가물막이(cofferdam)를 필요로 한다.	비교적 소규모이기 때문에 시공은 용이하지만, 수중공사나 가물막이를 필요로 하는 경우가 있다.

B. 지하수(복류수포함)의 취수

항목 \ 취수시설의 종별			집수매거	얕은 우물		깊은 우물
				우물통식(井筒式: 불완전 관입정)	우물통식, 방사상 집수정, 케이싱식(완전 관입정)	
1	개략도					
2	기능·목적		제내지, 제외지, 구하천부지 등의 복류수를 취수하는 시설이다.	제내지 또는 제외지에 설치한다. 우물을 파거나 케이싱을 박아 넣은 것이 있다. 바닥 또는 측면으로 취수된다.	제내지 또는 제외지에 설치한다. 대구경으로 우물바닥 부근에 다공집수관을 방사상으로 밀어 넣는다. 일반적으로 얕은 우물에 비하여 다공집수관을 밀어넣은 만큼 집수면적이 커진다.	피압지하수를 양수하며, 케이싱의 구경은 150~400mm의 것이 많다. 양수방법은 거의가 수중모터펌프에 의한다.
3	특징		복류수의 유황이 좋으면 안정된 취수가 가능하고 비교적 양호한 수질을 기대할 수 있다. 지상구조물을 축조할 수 없는 경우의 취수시설로서 유효하다. 얕은 경우에는 노출이나 유실의 우려가 있다.	간단한 취수방법이다.	다공집수관의 위치가 깊으므로 자연의 정화작용을 기대할 수 있으며 오염이 진행되고 있는 하천 등에 적합하다.	양수되는 지하수는 일반적으로 수온과 수질이 안정되어 있다.
4	기본적요인	취수량의대소	일반적으로 중량 취수에 이용되고 있다.	일반적으로 소량 취수에 이용되고 있다.	일반적으로 소량 취수에 사용하지만, 대수층이 두꺼운 경우에는 중량 취수에도 이용된다.	우물로서는 비교적 다량의 취수에 이용된다.
5		취수량의안정성과이용	하천바닥에 매몰되어 있으므로 관리하기 어려우며 막혀서 취수할 수 없는 경우가 있다.	비교적 안정된 취수가 가능하다.	과잉양수하지 않으면 안정된 취수가 가능하다.	안정된 취수가 가능하다.
6	법적요인	하천법에의한제한	매설깊이는 2m 이상 확보하는 것이 필요하다.	하천보전구역 및 제외지에서 공사하는 경우 「하천법」의 적용을 받는다.	하천보전구역 및 제외지에서 공사하는 경우에는 「하천법」의 적용을 받는다.	없다.
7	외적요인	취수지점	투수성이 양호한 대수층으로 강바닥이 저하할 우려가 없는 장소에 적합하다.	수질적으로 지표의 영향을 받기 쉬우므로 오염될 우려가 있는 지점은 피하는 것이 바람직하다.	투수성이 양호하고 대수층의 두께가 충분한 장소에 적합하다.	피압지하수가 발달되어 있는 지역에 적합하다
8		제외지의이용	하천바닥의 변동이나 강바닥의 저하가 큰 지점은 노출될 우려가 크므로 적당하지 않다. 또한 퇴적토사가 많은 지점은 적합하지 않다.	일반적으로 영향은 적다.	왼쪽과 같다.	관계없다.
9		하천의대소	하천의 대소에 관계없이 이용된다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 관계없다.

B. 지하수(복류수포함)의 취수

항목 \ 취수시설의 종별			집 수 매거	얕은 우물		깊은 우물
				우물통식(井筒式: 불완전 관입정)	우물통식, 방사상 집수정, 케이싱식(완전 관입정)	
10	외적요인	하천의 유황	유황의 영향은 비교적 적다.	일반적으로 영향이 거의 없다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 관계가 없다.
11		토사유입 등의 상황	침투된 물을 취수하므로 토사 유입은 거의 없고 대개는 수질이 좋다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 양질의 물을 얻는다.	일반적으로 적다.
12		하천유로의 상황	일반적으로 영향이 적지만 유심이 안정되어 있는 곳이 바람직하다.	왼쪽과 같다.	일반적으로 영향이 적다.	관계없다.
13		수심상황	일반적으로 영향이 적다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.
14		지질조건	투수성이 큰 하천바닥에 적합하다.	투수성이 양호한 자갈층에 적합하다.	투수성이 양호한 대수층의 두께가 충분한 장소에 적합하다.	투수성이 양호한 대수층의 두께가 충분한 장소에 적합하다.
15		기상조건	일반적으로 영향은 적다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.
16	내적요인	공사비	일반적으로 경제적이지만, 대수층이 깊은 경우에는 수중공사 등을 수반하기 때문에 공사비가 커지는 경우도 있다.	일반적으로 작다.	대수층이 깊은 경우에는 공사비가 커지는 경우도 있다.	비교적 크다.
17		관리조건	거내의 모래를 정기 또는 수시로 배출시켜야 한다. 수중에 매몰되어 있기 때문에 상시 점검은 곤란하다.	하천유량의 변동에 따라 부존량이 변동하기 때문에, 적정한 양수관리가 필요하다.	과잉양수에 의하여 기능이 저하되는 경우가 있으므로 상시 수위관측이나 부근의 우물이나 관측정의 수위관측이 필요하다.	과잉양수로 되지 않도록 관리가 필요하며, 자연수위나 양수수위의 변화에 끊임없이 주의하는 것이 바람직하다.
18	시공요인	시공조건	매설깊이(표준 5.0m)가 비교적 큰 경우, 유황이나 토질의 영향을 받기 쉬우므로 주의할 필요가 있다.	제외지의 경우에는 유수의 영향을 받기 쉬우므로 주의가 필요하다. 제방부근에서 공사하는 경우에는 제체지반(提体地盤)으로 영향을 고려해야 한다.	왼쪽과 같다.	부근에 영향을 주지 않도록 여러 가지로 유의할 필요가 있다.
19		시공시기	제외지의 경우에는 취수보와 같고, 제내지의 경우에는 비교적 시기의 제약이 적다.	왼쪽과 같다.	왼쪽과 같다.	시기의 제약은 거의 없다.

3.1.4 취수시설의 개량과 갱신

취수시설을 개량하거나 갱신할 때에는 다음 각 항에 따른다.
1. 취수보, 취수탑, 취수문 등 지표수의 취수시설은 장기간에 걸쳐 그 기능을 유지해야 한다. 이 때문에 토목구조물 및 기계, 전기 등 부속설비는 그 기능 및 각 구성부재와 부품의 특성을 고려하여 설계한다. 또 유지관리할 때는 충분하고 적절한 점검정비와 함께 필요에 따라 개량과 갱신공사를 시행하여 시설의 기능을 유지하도록 노력한다.
2. 지하수의 취수시설은 일반적으로 시간이 경과됨에 따라 스크린 등이 막힘으로써 양수능력이 저하된다. 또한 주변 환경의 변화에 따라 수위가 저하되거나 수질이 악화되는 경우가 있으므로 항상 양질이면서 필요량을 취수하기 위하여 기능을 적정하게 유지하도록 시설을 보전하고 갱신한다.
   따라서 취수시설을 설치할 때에는 데이터 등에 의하여 시설개량이나 시설갱신을 계획적으로 시행할 수 있도록 필요한 계측설비를 설치하고 또한 시설개량이나 갱신이 가능한 한 용이한 구조로 해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 지표수의 취수시설은 대규모이고 설치장소도 한정적이며 새로 만들기가 용이하지 않은 시설이므로, 그 기능을 아주 오래 유지하도록 해야 한다. 취수기능을 적정하게 유지하기 위해서는 시설에 대하여 충분하고 적절하게 점검하고 정비해야 하며 시설의 노후화나 환경변화 등에 따라 개량하거나 갱신해야 할 필요가 있다.

취수보, 취수탑, 취수문 등은 하천 내에 설치되기 때문에 홍수시 세굴로 인한 강바닥의 저하 등에 의하여 토목구조물로서의 안정성이 손상되고 취수기능에 큰 영향을 미친다. 이러한 일이 없도록 처음부터 수리모형실험 등으로 하상변동을 파악한 후에 필요에 따라 물받이(apron), 바닥보호공(護床) 등을 강화하여 충분히 안정성을 높여야 한다.

수문 등의 철강구조물이나 기계·전기 등의 부속설비는 그 기능과 성질을 고려하여 각 구성부재나 부품의 수명을 적정하게 평가하여 재료 등을 선정해야 하며 필요한 점검정비, 보수, 개량, 갱신이 용이하도록 구조 등을 고려해야 한다. 이 때문에 수문본체의 보수에 대비하여 예비수문 또는 수위조절판(stop log 또는 flashboard로 이하 '수위조절판'이라 함)을 수문으로 하는 구조를 설치하기도 하며, 부품을 교환하거나 강제부에 다시 칠하는데 사용할 수 있는 발판 등을 배치할 수 있도록 고려해야 한다.

또 개량이나 갱신공사의 인·허가는 신설공사와 같이 「하천법」에 의한 수속을 필요로 한다. 이 경우에는 시설전체의 갱신공사는 물론 부분적인 개량공사라도 그 구조에서는 가능한 한 현행의 「하천공사시행계획」에 적합하도록 노력해야 한다.

2.에 대하여 ; 지하수의 취수시설인 경우에는 시설의 기능저하가 수위, 수량, 수질의 변화로 나타나기 때문에 시설을 개량하거나 갱신할 때에는 착정시의 양수시험데이터 및 일상의 관리데이터 등을 종합적으로 평가하여 계획한다.

따라서 우물 등에는 필요한 취수데이터를 얻을 수 있도록 시설할 때부터 수위계, 유량계, 탁도계 등의 계측설비를 설치해야 한다. 또한 주변의 자연수위나 수질의 변화를 감시하는 관측정이나 여러 우물에서의 데이터를 정수장에서 집중관리하기 위한 전송설비 등을 설치하는 것이 바람직하다.

지하수는 지표수에 비하여 수질이 양호하고 수질변동이 적은 수원이지만, 해수에 의한 염수화나 공장

폐수에 의한 오염 등은 그 영향이 장기간에 걸치며 또한 복원시키기 곤란한 경우도 있으므로 상세하게 조사·검토하여 미연에 방지하도록 대책을 강구해야 한다. 우물 등의 수질오염을 방지하기 위한 대책으로는 오염 등의 우려가 없는 취수지점의 선정, 집수구역의 환경보전, 오염경로의 차단, 오염물질 제거설비의 설치 등이 있다. 이들 대책을 실시할 때에는 입지조건이나 경제성 등을 검토하고 건설시점에서 신중하게 계획을 입안해야 하며 개량이나 갱신으로 장래에도 수질의 안전성을 확보하도록 고려해야 한다.

지하수의 취수시설은 중요한 부분이 지중이나 수중에 매몰되며 또한 개량 등을 할 때에는 취수를 정지해야 하므로 막힘의 회복이나 수중모터펌프의 교체 등을 용이하게 단기간에 실시할 수 있도록 기기류를 배치하거나 구조적으로 고려해야 한다.

3.2 표류수의 취수

3.2.1 총칙

취수시설은 예상되는 하중에 대하여 구조가 안전하고 홍수시나 갈수시라도 계획취수량을 안정적으로 취수할 수 있도록 해야 한다. 하천수나 호소수 및 댐물 등의 표류수를 수원으로 하는 취수시설에서는 「하천법」 제28조 및 제33조의 허가를 받아 설치되는 공작물(이하 「허가공작물」이라고 한다.)로 취급된다. 취수시설을 설치할 때에는 구조 및 설치장소 등을 사전에 하천관리자와 협의하여 적절한 것으로 설치해야 한다.

취수시설에는 안정된 취수를 확보하기 위한 수위·수량측정설비 외에 필요에 따라 수질감시설비(독성감시생물조, 정수처리에 필요한 수질항목 자동측정기, 조류번식상태를 추정하는 설비 등)를 설치한다. 또한 취수시설은 위험방지 및 오염방지를 위하여 울타리 등을 설치하여 일반인의 시설 내에 출입을 금지해야 하며 폐쇄회로TV(CCTV), 확성기 등을 설치하는 등의 조치를 강구해야 한다.

호소수 또는 댐물을 직접 취수하는 경우에는 성층현상 등에 의하여 수심에 따라 계절적으로 수질이 변동하며 또한 표층부근에 각종 미생물이나 조류가 발생한다거나 홍수시에 탁도가 증가하며 수심에 따라 수온이 현저하게 다른 경우가 있으므로 양질의 물을 선택하여 취수할 수 있도록 깊이에 따른 취수구를 배치하는 것이 필요하다.

3.2.2 조사

취수예정지점 및 그 주변에서 다음 사항에 대하여 조사한다.
1. 유량 및 수위 등의 하천 상황
2. 하천정비기본계획 등
3. 이수 상황
4. 지형 및 지질
5. 수질 등
6. 환경영향

【해설】

1.에 대하여 ;

가. 하천수를 취수하는 경우

취수예정지점에서 가능한 한 장기간에 걸친 하천수위 및 유량관측기록 등으로부터 다음의 유량 및 수위를 구한다. 이들 기록이 없는 경우에는 취수예정지 근방의 관측기록을 기초로 하여 추계한다. 또한 필요에 따라 수위-유량 곡선도를 작성하고 수위기록을 기초로 하여 유량을 구한다.

1) 홍수량, 홍수위 : 해마다의 최대유량과 그 수위
2) 풍수유량, 풍수위 : 1년을 통하여 95일은 이보다 낮지 않은 수량과 수위
3) 평수유량, 평수위 : 1년을 통하여 185일은 이보다 낮지 않은 수량과 그 수위
4) 저수유량, 저수위 : 1년을 통하여 275일은 이보다 낮지 않은 수량과 그 수위
5) 갈수유량, 갈수수위 : 1년을 통하여 355일은 이보다 낮지 않은 수량과 그 수위
6) 기왕의 최대홍수유량, 기왕의 최대홍수위 : 기왕의 최대유량과 그 수위
7) 기왕의 최대갈수유량, 기왕의 최대갈수수위 : 기왕의 최대갈수유량과 그 수위
8) 기준갈수유량, 기준갈수수위 : 수리사용허가, 하천종합개발계획 등에서 기준으로 되는 갈수유량과 그 수위를 말한다. 통상 과거 10년간 매년의 갈수유량 중 최소의 것과 그 수위(20년간에서는 제2위, 30년간에서는 제3위의 것)
9) 계획고수유량, 계획고수위 : 치수계획에서 대상으로 되는 홍수유량과 그 수위

7) 의 기왕의 최대갈수수위는 취수시설의 설계취수위를 정할 때의 기준이 된다.

9) 의 계획고수유량 및 계획고수위는 취수시설의 안정계산, 구조물의 제원을 정할 때에 필요한 것이다. 통상 하천관리자가 하천기본계획 등으로 정하고 있으므로 하천관리자의 확인이 필요하다. 취수시설은 하상이 안정되어 있으며 토사의 유입이 없는 곳에 취수구를 설치할 수 있으면 좋지만, 실제로는 유수 중에는 항상 유사가 생기며 또한 홍수시에는 토사의 이동에 의하여 하상은 변동된다. 경우에 따라서는 토사의 유입, 하상의 변동에 의하여 취수에 지장을 주는 경우도 있다. 취수시설을 계획하고 설계할 때에는 유수에 의한 토사의 이동과 그 성질, 이에 관한 하상의 퇴적이나 세굴, 취수구로의 유입 토사량 등을 고려해야 한다. 이 때문에 취수구 높이의 결정, 하도의 안정성 예측, 침사지의 제원 결정, 취수기능에 미치는 영향의 파악 등을 위하여 필요에 따라 유사량, 하상의 변동량, 하상의 재료 등을 조사해야 한다.

유로가 이동하기 쉬운 하천에서는 오래된 지도와 주민의 이야기 등도 종합하여 기왕의 유로 변화상태를 조사해야 한다.

하구 가까이에 설치되는 취수시설을 계획하고 설계할 때에는 파랑, 조수의 수위, 염수가 올라가는 구간과 같은 필요한 사항을 조사하여 취수구에 염수가 침입하지 않도록 해야 한다.

나. 호소수를 취수하는 경우

최대홍수위, 계획고수위, 수위변화와 호소수량과의 관계, 호소의 수심, 호소바닥의 상황 등에 관하여

조사하고 취수시설의 설치장소와 취수방법의 선정 등의 계획과 설계에 이용해야 한다.

다. 댐물을 취수하는 경우

위의 1)항 및 2.2.4 조사를 참조.

2.에 대하여 ; 하천관리자가 「하천법」에 따라 하천공사의 실시에 관한 기본사항을 정한 「하천공사시행계획」을 파악하도록 해야 한다. 「하천공사시행계획」이 정해지지 않은 경우에는 실제로 시행하고 있는 하천공사를 위한 개수계획 등에 정해진 계획고수유량, 계획고수위, 계획횡단면, 하천개수공사의 연간계획 등에 관하여 조사하여야 한다.

3.에 대하여 ; 기존의 수리권, 어업권 및 기타, 하천, 호소수의 이용 상황에 관하여 조사해야 한다.

"수리권"이란 특정한 목적을 위하여 통상 「하천법」에 근거하여 하천관리자의 허가를 받아 하천(호소수를 포함한다)의 유수를 배타적이고 독점적으로 계속하여 이용하는 권리(허가수리권)를 말한다. 이 밖에 주로 관개(농업)용수로서 관행적으로 유수를 점용하고 있는 수리권(관행수리권)도 포함된다.

사용목적별로 보면, 상수도용수, 관개용수, 공업용수, 발전용수 및 그 외로 분류된다.

일반적으로 상수도용수의 수리권 허가기한은 10년간으로 되어 있다. 새로이 취수(유수의 점용)를 하는 경우에는 하천의 유량으로부터 하천유지용수 및 기존의 이수자(利水者)를 위한 필요수량을 공제하고 그 잔량이 신규로 취수하는 자의 취수량으로 만족하는 것이어야 한다. 이때에 하천유량으로서는 원칙적으로 신규로 취수하는 지점에서의 기준갈수유량을 적용한다.

수리권 설정에는 기득수리권자, 어업권자 등(관계하천사용자)과의 조정이 필요하다. 수리사용 신청자는 사전에 관계하천사용자의 동의를 얻고 나서 신청하는 것이 통례이지만, 동의를 얻을 수 없을 경우에는 「하천법시행규칙」제27조에 의하여 그 사정을 기재한 서면을 신청서에 첨부하도록 되어 있다.

최근 도시주변의 농지가 대지나 산업용지 등으로 전용됨에 따라 경지면적이 감소되므로 농업용수에 잉여분이 생기는 예도 있다. 또한 공업용수로서는 배출규제 등에 의하여 공장 내 사용수의 회수율이 향상되고 있으며, 신규보급수량이 감소되는 경향이 있어서 잉여량이 생기고 있는 예도 있다. 물의 수급이 어려운 지역에서는 이러한 상황에 주의하여 하천관리자를 포함한 관계자간의 협의로 조정하고 적극적으로 활용하기 위하여 노력해야 한다.

또 농업용수로부터 전용하는 경우에 상수도용수로 계속 사용하기 위하여서는 비관개시기의 물 값을 별도로 고려해야 한다.

상수원호소에는 원칙적으로 양식어업면허가 금지되어 있으나, 일정한 내수면(하천 및 호소수)에서는 어업권이 설정된 사례가 많으므로 신규로 취수를 계획하는 경우에 어업권자와 조정하여 후일에 문제가 일어나지 않도록 주의해야 한다.

복류수를 이용하는 경우에는 그 이용 상황, 선박의 운항이 있는 경우에는 배의 크기, 통행량 및 시기 등을 조사해 놓는 것이 필요하다.

4.에 대하여 ; 취수지점의 선정, 취수시설의 배치, 시공계획의 작성을 위하여 우선 관계되는 지도를 입수하고 현지를 답사하여 취수예정지점 및 그 주변의 지형상 특징과 토지이용상황 등의 개요를 파악

해야 한다. 이어서 필요한 범위를 측량하지만, 그 때 하천계획에 사용되고 있는 수준점의 표고가 도로계획 등의 수준점과 다른 경우도 있으므로 조사해 둘 필요가 있다. 취수지점은 가능한 한 자연유하식으로 취수할 수 있는 지점을 선정하는 것이 바람직하다.

지질조사에서는 취수시설의 기초와 구조의 결정 등에 필요한 지질 그 밖의 자료를 얻을 필요가 있다. 이 때문에 가까이에 구조물이 있는 경우에는 그 기초의 형식과 시공할 때의 상황 등에 관한 자료를 제공받을 수 있도록 하고 우물굴착 등 기왕의 지질조사자료를 수집하고 정리해야 한다.

미리 입수된 자료를 참고로 하여 구조물의 종류에 따른 조사방침을 정하고 시추와 재하시험(하중시험) 등을 실시하여 지반지지력, 토압, 지하수압 등을 파악하기 위한 상세한 지질을 조사해야 한다.

5.에 대하여 ;

가. 강수량과 탁도와의 관계

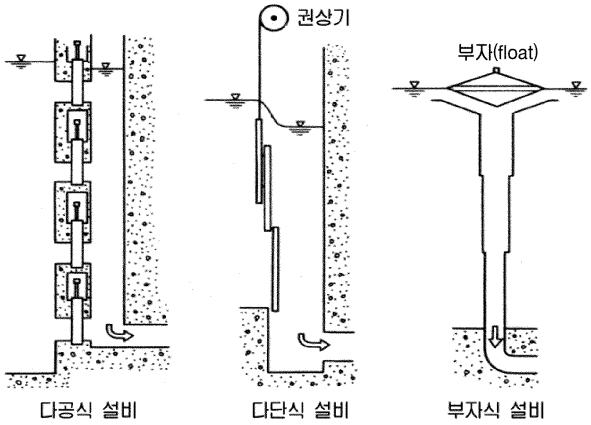
탁도에 관한 조사결과의 평가에서는 고탁도의 원인이 주로 강수에 따른 홍수에 의한 자연적 요인에 의한 것인지, 공사나 댐 등에 의한 인위적인 요인에 의한 것인지를 조사해 놓는다.

강수에 의하여 하천의 수량이 증가하고 또한 탁도도 증가한다. 따라서 하천유량과 탁도와의 관계에 관하여 조사해 둘 필요가 있다. 특히 과거 홍수시의 최고 탁도나 그 계속시간 등 이외에 탁도의 변화추세를 조사해 두어야 한다.

취수지점의 상류부에서 하천개수 등이 이루어지고 있는 경우에는 탁도가 높게 나타날 수 있다. 하천개수 등의 공사에서는 공사가 완료되면 탁도 문제가 없어진다. 그러나 자갈을 채취하고 있는 하천에서는 그 배출수 처리시설의 고장 등으로 인하여 탁도가 상승하는 경우도 있으므로 미리 조사해 두는 것이 필요하다.

댐의 상류부에 붕괴지가 많고 또한 흙의 입자가 대단히 미세한 경우에는 홍수시에 저수지에 유입된 탁질수가 중층부와 저층부에 층을 형성하며, 댐의 표층부는 청정하더라도 층을 형성한 탁질수가 장기간에 서서히 방류되며 탁질수의 유출이 지속되는 경우가 있다. 이러한 현상은 홍수의 규모나 저수지내의 수온분포특성과 밀접한 관계가 있다. 장기간에 걸친 고탁질수에 대해서는 지형과 지질 등의 입지조건이나 저수지의 규모 등의 유사한 다른 저수지의 예 등을 참고로 하며 선택취수설비(〔그림 3.2.1〕 참조) 등의 대책을 검토해 둘 필요가 있다. 또 이들 사항을 근거로 하여 정수방법 등을 선정한다.

또 적설지역에서는 초봄의 눈 녹음과 함께 장기간에 걸쳐 하천의 수량이 증가하고 저수온 이면서 고탁도가 지속되며 한편으로는 알칼리도가 저하되는 경우도 있으므로 이들 상황에 관하여 파악해 둔다.



[그림 3.2.1] 표층수의 선택취수설비의 예

나. 연간의 수질변화

수질은 공장폐수, 도시하수, 가정하수, 축산폐수나 농약·비료 등에 의한 인위적인 오염에 좌우되는 것 이외에 그 유역의 기상조건이나 지질 등에 의하여 변화한다. 이 때문에 1.2.4 기초조사에서 설명한 바와 같은 원수수질이 현재 및 장래에도 적절한 지, 또 어떠한 정수방법을 선택할 것인지를 판단하기 위하여 수질조사를 실시한다(5.1.2 조사 참조).

수질시험을 위한 시료채취는 취수예정지점, 상류의 지천합류지점 및 수질의 특성을 보이는 주요지점 등을 선정한다. 이를 위하여서는 지표수나 지하수를 막론하고 지형과 지리 등을 종합적으로 조사한 다음에 시료를 채취한다.

이상은 스스로 수질을 조사하여 필요데이터를 수집하는 경우이지만, 환경부에서는 주요하천의 유량관측점 등 주요지점에서 매월 1회 정도의 수질을 측정하고 있으며 이들 지점 중 일부 지점에서는 수질자동감시가 이루어지고 있다. 이 결과나 동일 하천(호소)에서 취수하는 다른 수도사업자의 측정결과를 기초로 하여 해당 취수지점 또는 그 근방 측정지점의 수질에 대하여 해마다의 변화 동향을 조사하여 스스로 조사한 수질조사를 보완할 수 있다.

다. 부영양화 및 성층현상

일반적으로 호소나 댐은 생물의 사체나 토사의 퇴적 등에 의하여 질소, 인 등 영양염류가 축적되며 소위 빈영양호에서 부영양호로 변화한다. 그 과정에서 이들 영양염류에 기인한 호소나 댐의 생물생산량이 증대되며 그 결과로 물의 빛깔이 나빠지고 투명도가 저하되며 조류의 발생, 물고기 종의 변화 등의 현상이 나타난다. 이들은 부영양화에 따른 현상으로 알려져 있다. 인위적인 오염 등으로 영양염류가 대량으로 유입되면 부영양화가 현저하게 빨라진다. 호소의 수질조사에서는 무기상의 질소나 인산상태의 인 등의 영양염류 및 투명도, 화학적산소요구량(COD), 용존산소(DO)의 측정은 필수적이다.

유입하천의 수량과 수질은 호소수나 저수지의 수질에 크게 영향을 미친다. 따라서 유입하천의 수량과 수질에 대하여 해마다 정기적으로 조사하는 것이 필요하다. 또 호소수에서 유출되는 하천에 관하여

서도 조사하고 수량 및 오염물질의 수지나 동향을 파악하는 것이 바람직하다. 특히 질소와 인에 대하여서는 유입하천 외에 강수, 농지, 산림, 지하수 등에 기인하는 유입부하량의 조사자료도 수집하고 검토하는 것이 바람직하다.

부영양화된 호소수를 수원으로 이용하는 경우의 영향으로서는,

1) 암모니아성질소에 의한 염소요구량의 증가
2) 조류 등의 번식에 의한 냄새의 발생
3) 조류 등에 의한 여과지의 폐색
4) 저질(底質)로부터의 철, 망간의 용출에 기인하는 흑수 등의 장애
5) 응집침전처리에의 장애 등을 들 수 있지만, 특히 문제가 되는 것은 물에서 좋지 않은 냄새의 발생이다. 계획시점에서는 문제가 생기지 않았더라도 3~5년 후에 문제가 되는 경우도 있으므로, 특히 조류 등의 미생물이나 영양염류 등을 계속적으로 조사하여 해마다의 변화추세를 추적해야 한다.

깊은 호소나 댐에서는 계절적인 온도성층현상이 생기며 깊이에 따라 수질이 현저히 변화하는 경우도 있다. 따라서 계절에 의한 미생물의 종류, 양, 수온, 영양염류, pH, DO, COD 및 탁도에 대하여 계절별, 깊이별로 이들 분포를 조사해야 한다. DO, pH 및 수온 등은 투입식자동측정기기 등을 이용하면 단시간에 대략적이기는 하지만, 상당히 유효한 정보를 얻을 수 있다. 부영양화가 진행되고 있는 호소나 댐에 있어서 DO의 수직분포에 의하여 하절기의 성층기에 저층의 혐기성상태를 파악할 수가 있고, 저질에서의 철, 망간, 암모니아성질소, 인산상태의 인 등의 용출을 파악할 수 있다.

또한 순환기에는 상하층이 혼합됨으로써 성층기에 하부에 집적되어 있던 영양염류 등의 용해성분이 상층으로 올라오게 되며, 태양광선의 영향으로 급격하게 조류가 증식되어 호소를 탁하게 하거나 냄새 등을 발생하기도 한다. 부영양화에 따른 조류의 증식이 활성화 되면, 낮과 밤사이의 pH의 차가 현저하게 되고 정수처리에 지장을 주는 경우도 예상되므로 pH의 수직분포상황 정보로부터 최적취수수심을 결정할 필요가 있다.

부영양화가 진행된 호소나 댐에서는 저질의 상태가 수질에 영향을 미치기 때문에 가능하면 저질의 조사도 실시하는 것이 바람직하다.

라. 오염원의 파악

수원부근 및 그 집수구역에 대해서는 오염원이 되는 공장, 사업장 등의 유무나 종류 및 오염물질의 배출상황 등을 파악하도록 한다. 또한 맛과 냄새물질, 암모니아성질소 등을 배출하는 공장이나 사업장 등에도 주의가 필요하다.

그 밖에 배후지에서 사용되고 있는 농약의 종류, 양 및 사용 시기 등의 상황, 폐광산에서의 폐수, 자갈채취나 토목공사의 동향, 댐이나 발전소의 운용상황, 가정하수처리상황, 관광개발, 택지개발, 공업개발 등에 관해서도 자료를 수집하도록 노력해야 한다.

마. 수질보전대책의 상황

취수하는 하천 등에 대하여 생활환경의 보전에 관한 환경기준의 유형 및 그 달성목표년도, 달성상황 및 달성을 위한 여러 시책, 특히 유역에 관계되는 하수도계획과 그 진척상황 및 해당 유역의 배출기준의 설정상황 등에 관하여 자료를 수집한다.

하천이나 호소의 오염 원인으로서 생활하수, 특히 부엌하수 등 생활하수의 영향이 크다. 그 대책으로서 마을에서는 집합하수처리시설의 정비, 또 산재된 가옥에서는 합병처리정화조의 설치나 하수처리시설의 정비가 있다. 유역에 관한 이들 시설의 정비 및 설치상황, 장래계획에 관해서도 자료를 수집한다.

바. 수질의 현황과 장래에 관한 예측

조사한 사항을 종합적으로 검토하여 해당 취수지점의 수질현황 및 장래의 전망에 대하여 수도사업자의 입장에서 고찰하고, 그 결과를 정수방법의 선정, 수원관리 등에 반영하도록 노력한다. 또 수질조사에 대하여 상당부분은 3.9 지하수의 취수에도 적용한다.

사. 기타

호소의 수질은 유역 등의 주변 환경, 오염원의 유무, 저수용량, 수심, 바람의 강함이나 방향 등에 의하여 현저하게 영향을 받으므로 이에 대하여 조사해야 한다.

호소에는 용천수가 그 수량이나 수질에 큰 영향을 미치며 선박의 항로는 기름 등에 의하여 오염될 우려가 있으므로 이들의 상황을 조사한다. 그 이외에 호안의 레크리에이션 시설이나 관광객 등에 의한 오염에 대해서도 유의한다.

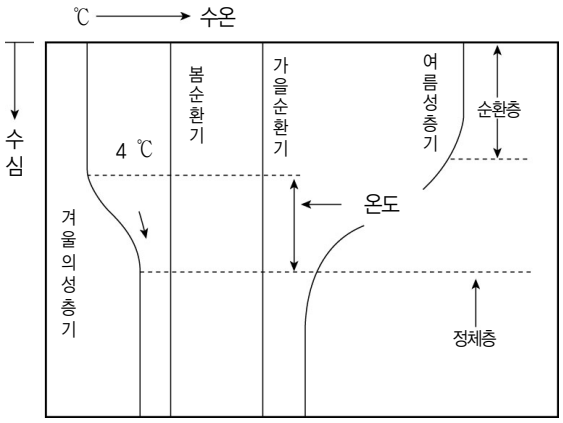
[3.2.2 참고 1] 저수지 수온의 수직분포

저수지의 탁질수의 분포형태에는 ① 저수지 내에 탁질수가 띠를 이루어 정체되는 것, ② 탁질수가 저수지에 전체적으로 분포하는 것 등이 있다.

저수지 수온의 수직분포는 계절에 따라 변하며 봄부터 가을까지는 온도성층이 형성된다. 표층부근에 생긴 약층을 1차 약층, 중층의 취수구 부근에 생긴 약층을 2차 약층이라 한다([3.2.2-참고도 1] 참조). 2차 약층까지 파괴되지 않는 중규모의 홍수인 경우에는 ①에 해당하며 가을철의 대규모의 홍수인 경우에는 ②에 해당된다. ①의 현상으로서는 상층부는 비교적 단기간에 청정화되기 때문에 표층수의 선택취수에 의하여 영향을 경감시킬 수 있지만, ②의 현상으로서는 전층에 걸쳐 탁질수가 분포되고 심층부에 미치는 대류 때문에 가을에서 봄까지 탁질수가 계속되며 영향이 장기간 지속된다.

6.에 대하여 ; 취수시설을 설치할 때에는 어류, 조류, 식물 등의 생태계와 경관 등 주변환경을 충분히 조사하여 자연환경보전에 노력하는 것이 필요하다.

특히 취수보는 비교적 대규모인 것이 많으며 「환경영향평가법」 또는 특·광역시·도 등의 환경영향평가조례(환경평가조례)의 대상사업이 되는 경우가 있으므로 소정의 수속이 필요하다(2.2.4 조사의 7. 환경영향 참조).



[3.2.2 참고도-1] 호소수온의 수직분포

3.2.3 취수지점의 선정

취수지점은 다음 각 항을 고려하여 선정한다.
1. 계획취수량을 안정적으로 취수할 수 있어야 한다.
2. 장래에도 양호한 수질을 확보할 수 있어야 한다.
3. 구조상의 안정을 확보할 수 있어야 한다.
4. 하천관리시설 또는 다른 공작물에 근접하지 않아야 한다.
5. 하천개수계획을 실시함에 따라 취수에 지장이 생기지 않아야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ;

가. 하천수를 취수하는 경우

취수지점은 연간을 통하여 수위가 안정되어 있어야 하고 장래에도 유로의 변화, 하상의 상승 또는 저하의 우려가 적고 유속이 완만한 지점이 바람직하다. 홍수가 발생하면 유로가 변화하는 경우가 있으며 굴곡부에는 유사가 퇴적되어 취수구를 폐색시키기 쉽다.

또한 유역의 산림개발, 남벌 및 황폐에 의하여 토사나 자갈이 흘러내림으로써 하상의 상승으로 인하여 토사가 유입되어 취수구가 막히게 하며, 반대로 취수구 전면의 하상세굴이나 자갈채취 등에 의하여 하상이 낮아지기도 한다.

따라서 취수지점을 선정하는 경우에는 현존하는 좋은 조건만 고려하지 말고 장래에 일어날 수 있는 변화를 감안하여 선정해야 한다.

이미 하상의 변화가 일어나고 있는 지점에 취수지점을 선정해야 하는 경우에는 하상변화를 방지하는 시설을 설치하여 하상의 안정을 도모하고 장래에도 확실히 취수할 수 있도록 해야 한다.
또 한랭지에서는 유수가 결빙되어 취수가 곤란하게 되는 경우가 있으므로 대책을 강구해야 한다.

나. 호소수를 취수하는 경우

호소수의 취수지점은 연간을 통하여 수위가 안정되어 있어서 갈수가 되더라도 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있고 또 유입하천에서 유입되는 토사 등에 의하여 취수에 영향이 생기지 않을 지점을 선정해야 한다. 또 한랭지에서의 고려사항은 1)과 같다.

2.에 대하여 ;

가. 하천수를 취수하는 경우

다른 조건이 모두 좋다고 하더라도 하수가 유입되는 지점을 피해야 하며, 부득이한 경우에는 상류오염원의 하수를 차집하여 취수지점의 하류로 유도 방류하는 시설을 설치하는 것이 바람직하다. 또한 취수시설의 상류지점에 하수가 유입되는 경우에는 갈수시에 이것이 영향을 미치는 지를 조사해야 하며 상황에 따라서는 취수지점을 오수유입지점보다 상류지점으로 선정하는 것 등을 검토해야 한다.

부득이하게 상류부에 하수나 분뇨처리장의 방류구가 있는 지점을 취수지점으로 선정해야 하는 경우에는 그 영향을 조사하고 파악하여 가급적 영향을 최소화하도록 해야 한다.

하구 가까이에 선정하는 경우에는 해수의 영향이 없는 지점을 선정해야 한다.

나. 호소수를 취수하는 경우

태풍이나 계절풍 등에 의하여 호소바닥의 침전물질이 교란되어 수질이 극심하게 오염되는 지점, 강풍일 때의 파랑에 의하여 호안의 침식이 우려되는 지점, 호안의 사태 및 절벽붕괴 등으로 탁도에 영향을 미치는 지점, 또한 부유물이 집합되는 지점은 피해야 한다.

3.에 대하여 ; 취수예정지점의 지형과 지질을 파악하여 취수시설의 구조상 안정된 지점을 선정해야 한다. 가능한 한 양호한 지반에 축조하는 것이 바람직하지만, 부득이하게 연약지반상에 축조해야 할 때에는 충분한 기초공사를 해야 한다.

또 배후지의 사태 및 절벽붕괴 등에 의하여 탁질의 영향을 받거나 취수구가 막힘으로써 취수에 지장을 주는 경우가 있으므로 배후지의 지형과 지질을 조사하여 필요에 따라 방호공사 등을 해야 한다.

4.에 대하여 ; 취수시설의 설치에 의한 하상의 변화로 부근 시설에 영향을 미치지 않도록 다른 시설에서 멀리 이격하여 설치한다. 선박의 운항이 있는 곳에서는 기름오염, 시설의 손상 등을 피하기 위하여 항로에서 가능한 한 멀리 떨어진 지점으로 한다.

5.에 대하여 ; 하천의 개수로 인하여 제방의 위치나 유로 등이 변경되는 경우가 많으므로 하천기본계획 등에 의한 하천공사계획을 조사하여 하천관리자와 협의한 다음에 취수지점을 선정해야 한다.

3.3 취수보

3.3.1 총칙

취수보는 하천에 보를 쌓아올려서 계획수위를 확보함으로써 안정된 취수를 가능하도록 하기 위하여 하천을 횡단하여 만들어지는 시설이고, 인양식(lifting) 수문 또는 기복식(shutter) 수문 등으로 이루어진 보의 본체와 취수구로 이루어진다.

취수보는 비교적 대량으로 취수하는 경우, 농업용수 등의 다른 이수와 합동으로 취수하는 경우, 하천의 유황이 불안정한 경우, 개발이 진행되고 있는 하천 등으로 정확한 취수조정을 필요로 하는 경우 등에 적합하다. 보는 통상 하천수위를 조정하는 것이며 유수를 저류함으로써 유량을 조절하는 경우는 적다.

취수보는 보를 쌓아올리는 것에 의하여 하천의 유속이 작아지기 때문에 결빙의 영향을 받기 쉬우므로 취수구의 구조 등에 관하여 고려해야 한다.

하구둑은 조수의 저지효과에 의하여 담수를 취수하기 위하여 하구 가까이에 설치되는 취수보의 일종으로, 대규모의 하구둑은 저류효과를 갖게 하고 유량을 조절하며 신규수리를 개발하도록 하고 있다.

보는 구조상의 분류로 가동보와 고정보로 나누어지고, 수문에 의하여 수위를 조절할 수 있는 것을 가동보, 조절할 수 없는 것을 고정보라고 한다.

고정보는 홍수시의 흐름에 미치는 영향이 크기 때문에 이러한 보를 설치하는 것은 엄격하게 규제되고 있다.

3.3.2 위치와 구조

취수보의 위치와 구조는 다음 사항을 고려하여 결정해야 한다.

1. 유심이 취수구에 가까우며 안정되고 홍수에 의한 하상변화가 적은 지점으로 한다.
2. 원칙적으로 홍수의 유심방향과 직각의 직선형으로 가능한 한 하천의 직선부에 설치한다.
3. 침수 및 홍수시의 수면상승으로 인하여 상류에 위치한 하천공작물 등에 미치는 영향이 적은 지점에 설치한다.
4. 고정보의 상단 또는 가동보의 상단 높이는 계획하상높이, 현재의 하상높이 및 장래의 하상변동 등을 고려하여 유수소통에 지장이 없는 높이로 한다.
5. 원칙적으로 철근콘크리트구조로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 유심이 안정된 지점은 오랜 세월의 홍수에 대하여 하상이 평형상태를 유지하고 있고 장래에도 유지될 것을 의미하므로 안정된 취수를 기대할 수가 있다.

2.에 대하여 ; 취수보를 홍수시 유심에 직각이 아닌 장소나 하천의 좁아진 부분(narrow portion)이나 사행부(meandering portion) 등에 설치하면, 홍수시에 하천의 흐름이 교란되어 둑에 작용하는 충격력, 하상에 대한 세굴력 등이 현저히 커져서 구조물의 안정성에 크게 영향을 미치게 된다.

3.에 대하여 ; 물을 채움으로 인한 수위상승이 상류부의 하천공작물이나 보의 주변 호안에 영향을 미칠 우려가 있다. 따라서 호안에 대한 법면방호 등을 충분히 해야 한다.

평상시 및 홍수시에 있어서 둑쌓아올리기배수(dammed-up back-water), 바닥보호공의 시공범위, 유심의 안정성 검토, 퇴사 등 복잡한 하천현상의 문제를 해결하기 위하여 필요에 따라 수리모형실험을 실시한다.

4.에 대하여 ; 보를 설치함으로써 하천의 통수단면적은 고정되기 때문에 홍수시의 유수가 안전하게 유하되게 하기 위하여 필요한 유하단면을 확보할 필요가 있다. 이 때문에 고정보의 상단높이 또는 가동보의 상단높이는 유하단면 내에 설치하지 않아야 한다.

다만, 산간협곡부에 설치하는 경우나 기타 하천의 상황, 지형의 상황 등에 의하여 치수상 특히 지장이 없다고 인정될 때 및 하상의 상황에 따라 유하단면 내에 설치할 수밖에 없다고 인정되는 경우로 치수상의 기능을 확보하기 위하여 적절한 조치를 강구하였을 때에는 그러하지 아니한다.

5.에 대하여 ; 사방기준으로서는 가동보의 주요구조물(상판, 둑기둥, 문설주 및 수문조작대) 및 고정보는 원칙적으로 철근콘크리트구조로 한다.

3.3.3 가동보

가동보는 다음 각 항에 따른다.
1. 계획취수위의 확보, 유심의 유지, 토사의 배제, 홍수의 소통 등의 기능을 충분히 할 수 있어야 한다.
2. 유심을 유지하고 원활한 취수를 가능하게 하기 위하여 배사문(排砂門)을 설치한다.
3. 홍수의 유하에 대비하여 홍수배출구(spillway)를 설치한다.
4. 수문은 원칙적으로 강구조로 한다.

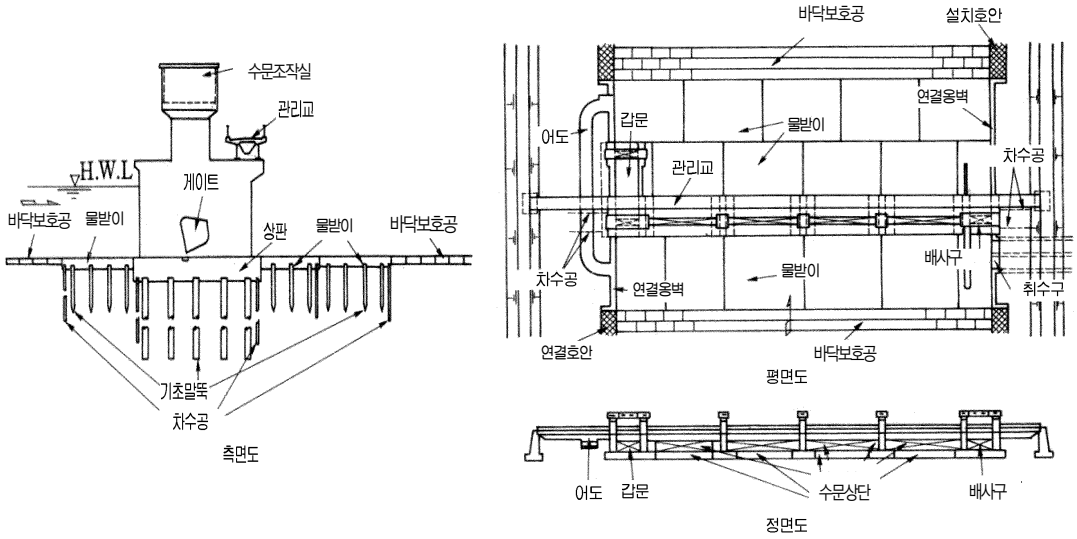
【해설】

1.에 대하여 ; 가동보의 수문에는 인양식 수문 및 기복식(shutter) 수문의 2종류가 있다. 기복식 수문은 유압실린더 등에 의하여 조작하지만, 모래의 퇴적으로 개폐가 완전히 이루어지지 않는 경우가 있다. 이 때문에 중요한 하천 등의 경우에는 원칙적으로 인양식 수문으로 하고 그 밖의 중소하천 등의 경우에는 하천의 상태를 검토한 다음 기복식 수문으로 하는 경우도 있다.

인양식 수문의 한 종류로서 유량조절에 유효한 기복식 수문의 이점을 살려서 중간축(intermediate shaft)을 갖는 인양식 수문이 개발되어 있다. 기복식수문의 일종으로 고무인포제(rubber coated fabric)인 기복보도 있으며 이는 강제수문의 보에 비하여 공사비, 공사기간 및 유지관리 면에서 유리하기 때문에 주로 중소하천 및 월류량이 적은 장소에 설치된다(〔그림 3.3.1〕 참조〉).

인양식 수문에는 월류를 허용하는 형식과 허용하지 않는 형식이 있다. 월류를 허용하지 않는 형식의 인양식 수문에서는 만일 월류되는 경우의 대책에 관해서도 검토해 두어야 한다.

수문의 개폐장치는 원칙적으로 동력에 의하여 작동되는 것으로 하며 필요에 따라 예비동력을 구비하는 것으로 한다.



[그림 3.3.1] 인양식 수문인 가동보의 각 부분 명칭

2.에 대하여 ; 배사문은 취수구 부근에 설치하여 유심을 유지하고 취수시에 도수로의 내부에 토사유입을 방지해야 하며 취수구 전면에 고인 토사를 배제하기 쉽게 하기 위하여 설치한다. 그 높이는 홍수배출구(spillway)보다 0.5~1.0m 정도 낮게 하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 홍수배출구는 계획취수위를 확보해야 하며 홍수를 안전하게 유하시키기 위하여 설치되는 것이다.

4.에 대하여 ; 시방기준으로서 수문은 강철구조로 하는 것이 원칙이지만, 특수한 경우에는 주철, 스테인리스, 알루미늄 등을 사용하는 경우도 있다. 또 이종금속을 조합한 수문을 사용하는 경우(예컨대 강철과 일부 스테인리스 등)에는 매크로셀(macro cell)부식을 방지하기 위하여 도장 등에 유의해야 한다.

[3.3.3 참고 1] 배사문 및 여수로

1) 배사문

① 토사를 씻어 흘려보내는데 필요한 배사기준유량은 해당 하천의 평수량을 밑돌지 않는 유량을 표준으로 한다. 다만, 유하토사가 많고 배사의 조작회수가 많을 것으로 예측되는 하천에서는 갈수수량에 대해서도 검토하는 것이 바람직하다.

② 배사유속은 취수구 부근에 퇴적될 것으로 예측되는 토사 및 자갈을 씻어 흘려보내는 데 충분한 유속으로 한다. 소요배사유속은 자갈의 크기와 형상에 따라 정해진다.
정지된 자갈을 이동시키기 위한 소요유속은 소류유속의 평균 1.5배인 것을 고려하며 소요배사유속은 Lacey의 소류유속에 대한 변형식을 1.5배하여 다음 식으로 구한다.

$$V_e = 1.5C\sqrt{d}$$

여기서,

V_e : 소요배사유속(m/s)

C : 자갈의 형상에 의한 계수. 표준으로서 3.2~3.9, 자갈이 원형인 경우에는 작고 각형은 큰 값을 갖는다. 모래자갈만이 모여 있는 경우에는 4.5~5.5로 된다.

1.5 : 안전율

d : 최대입경(일반적으로 0.3 m)

③ 배사문의 폭은 기준배사유량으로 소요배사유속을 얻을 수 있고 또한 홍수시의 유목 등이 방해가 되지 않는 것으로 한다.

배사문의 폭은 일반적으로 다음 식으로 구한다.

$$q = \frac{V_e}{g}, \quad L = \frac{Q}{q}$$

여기서,

L : 폭(m)

Q : 기준배사유량(m^3/s)

q : 단위폭 당의 유량($m^3/s \cdot m$)

V_e : 소요배사유속(m/s)

g : 중력가속도(m/s^2)

q는 일반적으로 2~4$m^3/s \cdot m$의 것이 많다. 이보다 큰 경우에는 알맞게 경간을 나누어서 유량변화에 따라 조작할 수 있도록 하는 편이 좋다.

④ 배사문은 단시간에 배사시키기 위하여 기준유량으로 배사문의 흐름이 제트유동으로 되는 경사로 한다.

배사문의 경사는 일반적으로 다음 식에 의하여 구한다.

$$I_e \geq \frac{n^2 \, g^{10/9}}{q^{2/9}}$$

여기서,

I_e : 한계경사(일반적으로 1/20~1/100)

n : 조도계수(표준 0.03)

q : 단위폭 당의 유량($m/s \cdot m$)

g : 중력가속도(m/s^2)

⑤ 배사문의 상류쪽은 수로상태로 하고 토사를 소류시키기 위하여 도류벽을 설치한다.

2) 여수로(spillway)

① 원칙적으로 가동보의 전체 통수단면적으로부터 배사문의 통수단면적을 뺀 것을 여수로의 통수단면적이라 한다.

② 여수로의 높이는 일반적으로 계획하상고와 일치시키고 계획고수유량의 흐름에 지장이 되지 않는 높이로 하며 배사구의 높이보다 0.5~1.0 m 정도 높게 한다.

③ 여수로의 경간장(둑기둥의 중심간 거리)은 원칙적으로 계획고수유량에 따라 〈3.3.3 참고표-1〉에 의하여 정한다.

〈3.3.3 참고표-1〉 계획고수유량과 경간장(하천설계기준)

계획고수유량(단위 : m^3/s)	경간장(단위 : m)
500 미만	15
500~2,000	20
2,000~4,000	30
4,000 이상	40

3.3.4 보의 높이

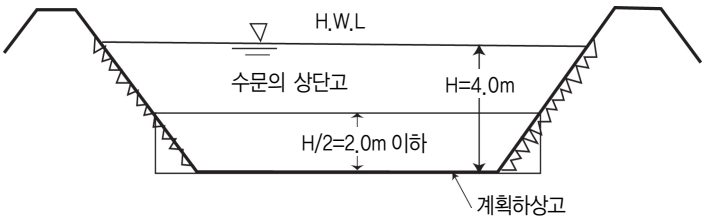
취수보의 높이는 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있도록 정한다.

【해설】

취수보의 높이는 일반적으로 계획취수위에 필요한 여유고를 더한 높이로 한다. 여유고는 파랑 등에 대한 것으로 보통 10~15cm로 한다.

보의 계획담수위(湛水位 : design filling level)는 원칙적으로 고수위의 높이보다 50cm 낮은 높이로 하고 제내지반고보다 높지 않은 것으로 하지만, 지형의 상황 등에 따라 부득이한 경우에는 성토 등에 의하여 제내지반 또는 고수위부에 특별한 조치가 필요하다.

또 기복보(shutter weir)의 높이는 계획수심(계획고수위와 계획하상고의 차)의 1/2 이하 및 직고(直高)를 3 m 이하로 한다(〔그림 3.3.2〕 참조).



[그림 3.3.2] 기복식수문의 상단고

3.3.5 물받이(apron)

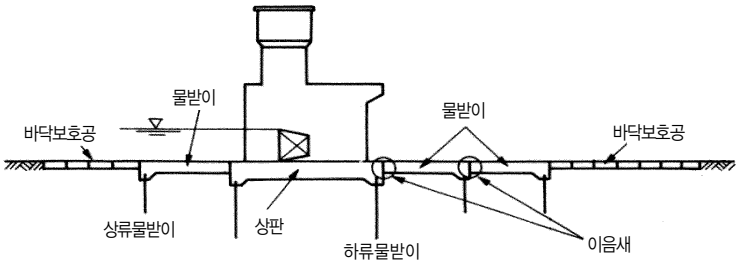
1. 월류수 또는 수문의 일부 개방에 의한 강한 수류에 의하여 보의 하류가 세굴되는 것을 방지하기 위하여 물받이를 설치한다.
2. 하류면의 물받이는 양압력에 견딜 수 있는 구조로 한다.

【해설】

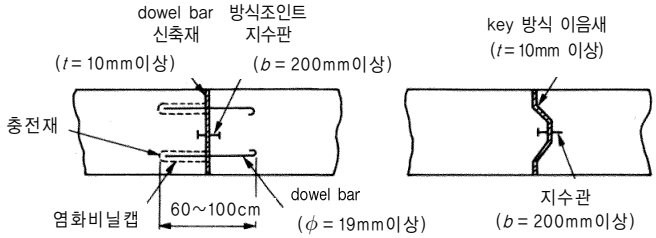
1.에 대하여 ; 물받이는 철근콘크리트구조를 원칙으로 하며 물받이와 상판과의 조인트부분은 수밀구조로 하며 부등침하에도 대응할 수 있는 구조로 한다. 물받이의 길이는 바닥의 세굴을 방지하는데 충분한 길이로 한다(〔그림 3.3.3〕 및 〔그림 3.3.4〕 참조).

2.에 대하여 ; 물받이의 두께는 보의 상하류 수위차에 의하여 생기는 양압력, 물의 무게, 시공시의 상재하중 등을 고려하여 정하지만, 일반적으로는 50cm 이상 1m 정도의 두께로 한다. 또 상류측 물받이의 두께는 하류측의 1/2~2/3 정도로 한다.

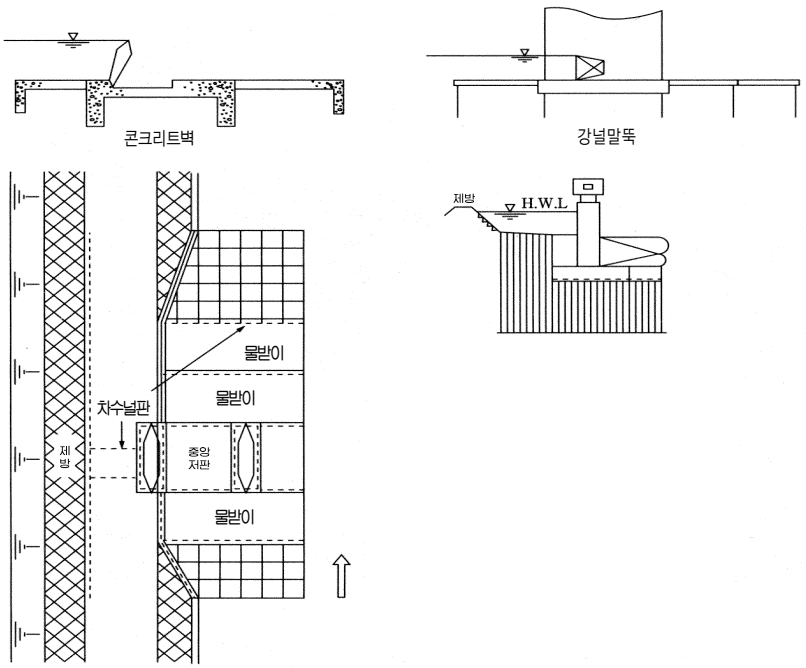
양압력에 대해서는 침투로의 길이를 길게 하고 양압력을 감소시키는 차수공을 설치하는 것이 좋다. 차수공은 원칙적으로 콘크리트구조의 컷오프(cutoff) 또는 강널판 구조로 한다. 차수공은 상판, 물받이의 하부, 보의 제방 등의 연결부 및 보의 상하류 연결옹벽의 저판하부 등에 설치되지만, 대규모 보인 경우에는 차수공이 침투로의 길이를 길게 하는 것에 의하여 양압력을 줄여서 상판, 물받이의 두께를 엷게 하는 효과도 있으므로 차수공의 길이는 이들의 효과를 종합적으로 검토하여 정한다. 차수공에 대해서는 보의 연결옹벽에 따른 침투에 대해서도 검토하여 둔다(〔그림 3.3.5〕 및 〔그림 3.3.6〕 참조).



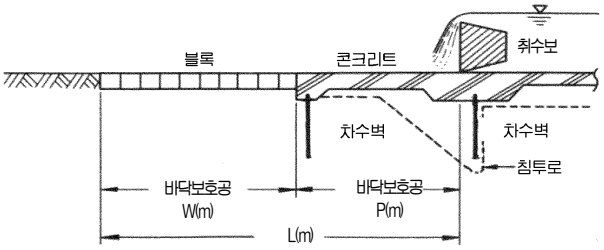
[그림 3.3.3] 물받이



[그림 3.3.4] 물받이의 이음새



[그림 3.3.5] 차수공의 설치



[그림 3.3.6] 물받이, 바닥보호공의 구조 예

3.3.6 바닥보호공

1. 원칙적으로 물받이의 상하류에 바닥보호공을 설치한다.
2. 바닥보호공의 구조는 원칙적으로 유연성을 갖는 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 유속을 약하게 하여 유수를 조정하는 작용을 갖는 바닥보호공은 하상에 수평으로 설치된 세굴방지용의 공작물이며, 아울러 보의 본체 및 물받이를 보호하는 것을 목적으로 하고 물받이의 상하류에 설치한다.

2.에 대하여 ; 바닥보호공은 보의 본체로부터 멀어짐에 따라 강한 것으로부터 유연한 것으로 변화시킨다. 일반적으로 사용되는 종류로는 콘크리트블록상, 사석상(rubble-mound floor), 목공침상(fascine mattress) 등이 있으며 또 이들을 조합한 것도 있다. 수류에 따라 바닥보호공이 세굴되지 않는 공법으로 할 필요가 있다.

3.3.7 취수구

취수구의 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 계획취수량을 언제든지 취수할 수 있고 취수구에 토사가 퇴적되거나 유입되지 않으며 또한 유지관리가 용이해야 한다.
2. 높이는 배사문(排砂門)의 바닥높이보다 0.5~1.0m 이상 높게 한다.
3. 유입속도는 0.4~0.8m/s를 표준으로 한다.
4. 폭은 바닥높이와 유입속도를 표준치의 범위로 유지하도록 결정한다.
5. 제수문의 전면에는 스크린을 설치한다.
6. 지형이 허용하는 한 취수유도수로(driving channel access)를 설치한다.
7. 계획취수위는 취수구로부터 도수기점까지의 손실수두를 계산하여 결정한다.

【해설】

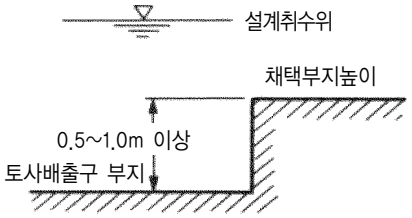
1.에 대하여 ; 취수구에는 계획취수량을 취수하기 위하여 스크린, 제수문, 배사문(sand flash port) 및 여수로(spillway) 등을 설치해야 한다.

취수구는 일반적으로 유심이 하안에 가깝고 또한 충분한 수심을 유지할 수 있는 장소를 선정하며 제방법선에 직각으로 설치해야 한다. 도수로 등이 유심에 대하여 대안 쪽인 경우에는 조건이 양호한 강변에서 취수하여 적당한 위치에 사이펀 또는 수관교로 대안 쪽으로 도수하는 방법을 검토할 필요가 있다. 취수구의 전면에 발생하는 와류에 의하여 부상하는 토사의 유입을 방지하는 시설을 설치하는 것이 좋다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 하천 함사량(sand contents)의 수직분포는 수면에서 0.6H(H는 수심)일 때부터 급증하며 0.8H의 곳에서 최대로 되기 때문에 취수구의 바닥표고는 가능한 한 하상에서 높은 쪽이 좋다(〔그림 3.3.7〕 참조).

3.에 대하여 ; 하천부지의 상태, 하천유황, 함사량, 쓰레기량 등을 고려하여 정해야 하며 농업용수의 유입속도는 일반적으로 0.6~1m/s 정도이지만, 상수도에서는 안전을 고려하여 0.4~0.8m/s를 표준으로 한다.

4.에 대하여 ; 취수구의 폭은 계획취수량을 유입할 수 있도록 정한다. 취수구의 필요폭이 클 때에는 문설주를 설치하여 분할하는 것이 좋다(폭의 표준은 인력권양인 경우에는 1~2m, 기계인상식에서는 3~6m).



[그림 3.3.7] 취수구 부고(부지높이)

[3.3.7 참고 1] 취수구의 폭

취수구의 폭은 다음 식으로 구한다.

$B = Q/(H \cdot V)$

여기서 B는 취수구의 폭(m), Q는 계획취수량(m^3/s), H는 유입수심(m)이고 V는 유입속도(m/s)이다.

5.에 대하여 ; 스크린은 쓰레기, 수초, 유목 및 유빙 등의 유입을 방지하기 위하여 제수문의 전면을 덮는 크기로 하며, 제수문의 하천 쪽에 쓰레기 등을 제거하기 용이하도록 70° 정도의 경사를 갖게 하여 설치한다. 일반적으로 스크린은 강철제로 스크린의 바(bar)는 평강(平鋼) 또는 환강(丸鋼)을 사용하고 바의 순 간격(net interval)은 3~5cm 정도로 한다.

하천이나 댐의 유역환경에 따라 다량의 쓰레기나 수초 등이 유입될 것으로 예상되는 경우에는 협잡물제거기(rubbish remover)를 설치하여 기계력으로 제거해야 한다. 이 경우에는 쓰레기나 수초 등의 질이나 양 및 유지관리방법 등을 고려하여 적절한 협잡물제거기의 기종을 선택하는 것으로 한다.

6.에 대하여 ; 취수유도수로(driving channel access)란 취수구로부터 유입되는 수류가 원활하게(정류하여) 도수로로 유입되도록 점차 감축시키는 접속부를 말한다. 취수정의 길이는 점차 감축(gradually reduced)의 형상을 무리없이 성립시킬 수 있는 길이로 하며 편류를 피하기 위하여 점차 감축부의 유적을 같도록 설계하는 것이 바람직하다.

7.에 대하여 ; 계획취수량을 확실히 취수하여 도수로에 도수하기 위하여 취수구로부터 도수로기점까지의 각종 손실수두를 계산하여 필요수두를 정해야 한다.

3.3.8 부대설비

취수보에는 필요에 따라 관리교, 어도, 배의 통항, 유목로, 갑문, 경보설비 등을 설치한다.

【해설】

1. 관리교 ; 보에는 원칙적으로 관리교를 설치하는 것으로 한다. 기복식 수문에 의한 것이나 기타 필요하지 않다고 인정되는 경우에는 그렇게 하지 않는다.

관리교는 도로 또는 하천관리용 통로를 겸하는 경우도 있지만, 일반적으로는 보의 유지관리에 필요한 것이다. 관리교의 폭과 설계하중 등은 다른 목적과 겸용되는 경우를 제외하고는 보의 유지관리상 필요한 요건을 만족하면 된다. 즉, 수문, 권양기, 조작반 등의 부품교환이 예상되는 것으로 최소단위로 분해되는 것 중에서 가장 무거운 것을 반출입할 수 있는 관리교이면 된다. 교환부품 중 무거운 것으로서는 롤러나 드럼이 있으며, 이들 부품을 반출입할 수 있는 트럭이나 크레인을 대상으로 폭 및 설계하중을 결정하는 경우가 많다. 또 관리교를 사용하여 예비수문을 설치하고 철거하는 경우에는 그것에 대해서도 고려해야 한다.

2. 어도(fishway) ; 어도는 장래에 걸쳐 물고기가 거슬러 올라가고 내려갈 수 있게 하기 위하여 설치하는 것으로, 단지 어업권을 보상할 뿐만이 아니고 물고기의 생육환경을 보전하기 위하여 설치한다. 어도의 규모, 설치위치, 형식(계단식, 마중물식 등이 있다.)은 대상이 되는 물고기 및 습성을 고려하여 정한다(『하천설계기준』및 『댐설계기준』의 "어도부분" 참조).

3. 배의 통항(ship way) ; 배를 통항시키는 것은 작은 배의 운행을 가능하게 하기 위하여 설치하는 경우가 있다. 배의 통항규모와 설치위치는 대상으로 되는 배의 종류를 고려한 다음에 정한다. 유목로 및 갑문은 육로교통의 발달에 따라 그 필요성이 적어지고 있다. 그러나 지역주민의 생활권과 깊은 관계를 가지고 있는 경우도 있으므로 충분히 조사한 다음에 결정할 필요가 있다.

4. 경보설비 ; 가동보에서는 수문개방으로 상하류에 현저하게 영향을 미치는 경우가 있으므로 일반적으로 경보설비를 설치한다.

5. 조명설비 ; 관리교에는 수문에 투광을 겸한 조명 설비를 설치한다.

6. 예비수문 ; 연간을 통하여 조작을 필요로 하는 보에 대해서는 주수문을 보수점검하기 위한 예비수문(수위조절판을 포함한다)을 1개 이상 만들어서 치수상 지장이 없는 적당한 장소에 넣어 보관한다.

7. 오일펜스 등 ; 취수구에는 기름의 유입을 방지하고 목재 등 큰 쓰레기가 스크린에 걸리는 것을 방지하기 위하여 취수구에는 필요에 따라 오일펜스, 그물망(net)을 설치한다. 이들은 자중, 유수저항, 물결압력, 바람 등의 하중에 대한 강도를 가지고 있으며 수위변화에 추종할 수 있는 구조로 한다.

3.3.9 방조제

1. 해수가 역류할 가능성이 있는 곳에는 방조제를 설치한다.
2. 방조제의 높이는 현지의 최고조수위 이상으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 방조제는 하구 부근에서 해수의 역류 가능성이 있는 곳에 설치되므로 일반적으로 연약지반 상에 시공되는 경우가 많다. 구조는 취수보에 준하나 만조시에는 해수가 기초지반을 통하여 역류 침투할 가능성이 있으므로, 침투경로의 길이를 길게 하기 위하여 그라우트(grout)공법을 적용하여 차

수벽을 시공하는 것이 좋다.

또한 취수구를 방조제보다 어느 정도 상류에 위치시키는 것도 하나의 방법이다.

방조제에 로크나 어도를 함께 설치하는 것이 일반적이며 특히 수문이나 강제널판 등이 염분에 의하여 부식되지 않도록 방지책을 강구해야 한다.

2.에 대하여 ; 폭풍시의 파랑에 의한 역월류를 고려하여 방조제의 높이를 최고조수위보다 50 cm 이상 높게 하는 것이 안전하다.

3.4 취수탑

3.4.1 총칙

취수탑은 하천, 호소, 댐의 내에 설치된 탑모양의 구조물로 측벽에 만들어진 취수구에서 직접 탑내로 취수하는 시설이다. 일반적으로 다단수문형식의 취수구를 적당히 배치한 철근콘크리트구조이다. 호소나 댐에서 특히 수심이 깊은 경우에는 철골구조의 부자(float)식의 취수탑이 적당한 경우도 있다. 갈수시에도 일정이상의 수심을 확보할 수 있으면, 취수탑은 연간의 수위변화가 크더라도 하천이나 호소, 댐에서의 취수시설로서 알맞고 또한 유지관리도 비교적 용이하다. 더욱이 제내지에의 도수는 자연유하 외에 펌프에 의하여 압송할 수 있기 때문에 제내지의 지형에 제약을 받지 않는 이점도 있다.

또 한랭지에서는 결빙 등에 의하여 취수가 곤란하게 되는 경우가 있으므로 탑의 설치위치나 취수구의 배치 등에 관하여 고려하고 유지관리에 유의해야 한다.

3.4.2 위치 및 구조

취수탑의 위치와 구조는 다음 각 항에 따른다.

1. 연간을 통하여 최소수심이 2m 이상으로 하천에 설치하는 경우에는 유심이 제방에 되도록 근접한 지점으로 한다.
2. 우물통침하(井筒沈下)공법으로 설치하는 취수탑은 그 하단에 강판제의 커브슈 (curb-shoe)를 부착하고 철근콘크리트의 벽을 두껍게 하고 배력철근을 충분히 배치한다.
3. 세굴이 우려되는 경우에는 돌이나 또는 콘크리트공 등으로 탑주위의 하상을 보강(床止 : for stabilizing)한다.
4. 수면이 결빙되는 경우에는 취수에 지장을 미치지 않는 위치에 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 취수탑은 탑의 설치 위치에서 갈수수심이 최소 2m 이상이 아니면, 계획취수량의 취수에 필요한 취수구의 설치가 곤란하다. 또한 하천에 설치하는 경우에는 하천의 유심이 되도록이면 제방에 근접한 지점을 선정해야 하며, 이러한 지점은 탑을 제방에 근접하여 설치할 수 있으며 관리교의 경간이 줄어들고 유지관리상 유리하다.

2.에 대하여 ; 우물통침하공법에 의한 경우에는 우물통의 하단 끝에 커브슈(curb-shoe)를 부착시켜야 하며 또한 침하작업 중에 예측하지 못하였던 큰 응력이 생길 수도 있으므로 배력철근을 충분히 배치해야 하고 또한 벽체의 두께도 안전성이 높도록 충분히 두껍게 만들어야 한다.

3.에 대하여 ; 홍수시에 하천에 설치된 취수탑 주위의 하상이 세굴될 우려가 있는 경우에는 탑 주위의 기초방호를 위하여 돌부침, 콘크리트공 및 침상 등 적당한 하상보강공(bed stabilizer)을 시공해야 한다.

4.에 대하여 ; 한랭지에서 수면이 결빙되는 경우에 결빙되지 않는 깊이에 취수구를 설치해야 한다. 제방에 근접하여 설치하는 경우에는 결빙이 발달되기 쉬우므로 특히 주의해야 한다.

3.4.3 형상 및 높이

취수탑의 형상 및 높이는 다음 각 항에 따른다.
1. 취수탑의 횡단면은 환상으로서 원형 또는 타원형으로 한다. 하천에 설치하는 경우에는 원칙적으로 타원형으로 하며 장축방향을 흐름방향과 일치하도록 설치한다.
2. 취수탑의 내경은 필요한 수의 취수구를 적절히 배치할 수 있는 크기로 한다.
3. 취수탑의 상단 및 관리교의 하단은 하천, 호소 및 댐의 계획최고수위보다 높게 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 횡단면이 원형이나 타원형으로 만들면 외관적으로나 구조적으로도 좋다.
하천에 설치하는 경우에는 흐름을 교란시키는 것이 적도록 타원형으로서 장축을 흐름방향에 일치시킨다.

2.에 대하여 ; 내경은 취수구의 크기, 특히 폭, 개수 및 배치를 고려하여 정하지만, 구조상의 약점이 되지 않도록 고려해야 한다. 내경이 결정되면 외경은 구조상 요구되는 벽의 두께를 더하여 결정할 수 있다.

3.에 대하여 ; 하천에 설치하는 경우, 탑의 상단 및 관리교의 하단은 〈표 3.4.1〉에 근거하며 계획고수유량에 따라 계획고수위보다 0.6~2m 정도 높게 한다. 이 밖에 관리교의 구조 또는 제방의 높이에 대한 배려도 필요하다. 호소 및 댐에 설치하는 경우에는 최고수위에 더하여 바람이나 지진에 의한 파랑의 높이를 고려한다. 바람이나 지진에 의한 파랑고 고려는 댐관련 설계기준에 준한다.

〈표 3.4.1〉 제방높이(계획고수유량과 계획고수위에 가해지는 값)

계획고수유량 (단위 : m^3/s)	200 미만	200~500 미만	500~2,000 미만	2,000~5,000 미만	5,000~10,000 미만	10,000 이상
계획고수위에 가해지는 값(단위 : m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0

3.4.4 취수구

취수탑의 취수구는 다음 각 항에 따른다.
1. 계획최저수위인 경우에도 계획취수량을 확실히 취수할 수 있는 설치위치로 한다.
2. 단면형상은 장방형 또는 원형으로 한다.
3. 전면에는 협잡물을 제거하기 위한 스크린을 설치해야 한다(**8.6.2 수처리 기계설비**의 1. 참조).
4. 취수탑의 내측이나 외측에 슬루스게이트(제수문), 버터플라이밸브 또는 제수밸브 등을 설치한다.
5. 수면이 결빙되는 경우에도 취수에 지장을 주지 않도록 유의한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 최하단에 설치하는 취수구는 계획최저수위를 기준으로 하고 갈수시에도 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있는 것으로 한다. 또한 계획최고수위나 중간수위 각 층의 물을 취수할 수 있도록 다단식으로 취수구를 설치하는 것이 바람직하다. 이 때에 취수탑의 강도가 저하되지 않도록 주의해야 한다.

2.에 대하여 ; 취수구의 형상은 슬루스게이트 또는 제수밸브 등의 모양과 관계가 있으므로 장방형이나 원형 등으로 하는 것이 좋다.

유입속도가 크면 취수구의 단면적은 작아지지만, 부유물, 토사 등의 유입이 많아진다. 이것을 적게 하기 위하여 그 단면적은 하천인 경우에는 원칙적으로 유입속도를 15~30 cm/s, 호소나 댐인 경우 1~2m/s를 표준으로 결정하고 있다.

3.에 대하여 ; 일반적으로 스크린에는 3~5 cm의 간격으로 철제격자를 취수구의 전면에 설치한다. 부착된 협잡물을 제거하기 위하여 긁어 올리는 장치를 부착하며 또한 필요에 따라 예비스크린을 두는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 각각의 취수구에는 슬루스게이트, 버터플라이밸브 또는 제수밸브 등을 설치한다. 부착하는 위치는 하천인 경우에는 유목 등의 충격과 장애를 피하기 위하여 탑벽의 내측으로 한다. 한편, 호소나 댐에서는 외측에 부착하는 경우가 많다.

5.에 대하여 ; 한랭지에서는 취수구 주위의 결빙대책이 필요한 경우가 있다. 송풍기(air blower)로 수면을 동요시키는 등의 방법이 있다.

3.4.5 부대설비

취수탑에는 관리교, 조명설비, 유목제거기, 협잡물제거설비 및 피뢰침을 설치한다.

【해설】

관리교는 유지관리상으로 강변과 연락하기 위하여 필요한 시설이며 원칙적으로 폭은 1 m 이상으로 한다.

또한 취수탑을 하천에 설치하는 경우에는 유목에 의한 손상을 방지하기 위한 대책으로서 철근콘크리트제의 말뚝을 탑의 상류 측에 설치하거나 기름의 오염이나 협잡물의 대책으로 울타리 등을 탑의 주위에 설치한다. 기타 필요에 따라 조명설비나 피뢰침, 보안울타리, 철사다리, 트랩, 회랑(corridor) 등을 설치할 필요가 있다.

3.5 취수문

3.5.1 총칙

취수문은 하천의 표류수나 호소의 표층수를 취수하기 위하여 물가에 만들어지는 취수시설로서 취수문을 지나서 취수된 원수는 접속되는 터널 또는 관로 등에 의하여 도수된다.

일반적으로 구조는 문(門)모양이고 철근콘크리트제로 하며 각형 또는 말발굽형 등의 유입구에 취수량을 조정하기 위한 수문 또는 수위조절판(stop log)을 설치하고 그 전면에는 유목 등의 유입을 방지하기 위하여 스크린을 부착한다.

취수문은 수위 및 하상 등이 안정된 지점에서 중소량의 취수에 알맞고 유지관리도 비교적 용이하다. 또 한랭지에서는 결빙 등에 의하여 취수할 수 없는 사태로 되지 않도록 고려해야 한다.

3.5.2 위치 및 구조

취수문의 위치와 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 양질이고 견고한 지반에 설치한다.
2. 수문의 크기를 결정할 때에는 모래나 자갈의 유입을 가능한 한 적게 되는 유속으로 한다.
3. 문설주(gate post)에는 수문 또는 수위조절판을 설치하고, 문설주의 구조는 철근콘크리트를 원칙으로 한다.
4. 적설, 결빙 등으로 수문의 개폐에 지장이 일어나지 않도록 한다.
5. 수문의 전면에는 스크린을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 취수문은 지반이 좋고 견고한 곳에 설치되어야 하고 부득이한 사유로 사력층과 같은 지반에 축조되어야 하는 경우에는 기초공사를 충분히 하여 견고한 구조로 해야 한다.

2.에 대하여 ; 수문의 크기를 정할 때에는 모래나 자갈의 유입을 가능한 한 적게 하기 위하여 유입속도는 1m/s 이하를 표준으로 한다.

3.에 대하여 ; 취수량의 조절은 수문식 또는 수위조절판식으로 한다. 문설주의 구조는 일반적으로는 철근콘크리트로 축조한다. 취수문은 수압과 퇴적토사압에 견딜 수 있는 것으로 한다. 특히 문설주는 수문이나 수위조절판과의 접촉하는 부분에 윤활성과 수밀성을 유지할 수 있는 구조로 한다.

4.에 대하여 ; 한랭지에서는 동절기간의 적설이나 결빙으로 취수할 수 없는 경우가 있으므로 빙설을 용이하게 제거할 수 있도록 고려한다. 이를 위하여 원적외선히터에 의한 동결방지나 눈녹임, 제설이나 제빙 등이 용이하게 하는 비점착성 에폭시로 도장하는 경우도 있다.

기름의 오염과 쓰레기 대책으로 그물망(net)이나 오일펜스 등을 설치하는 경우도 있다.

5.에 대하여 ; 3.3.7 취수구에 준한다.

3.5.3 게이트식 수문

게이트식 수문은 다음 사항에 따른다.
1. 하천이 고수위이더라도 확실히 개폐할 수 있고 수밀성을 갖는 구조로 한다.
2. 동력으로 개폐하는 장치인 경우에는 수동으로도 개폐할 수 있는 구조로 한다.
3. 모래나 자갈이 유입될 우려가 있는 경우에는 수문의 상류에 수위조절판을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수문은 원칙적으로 강철제나 주철제가 사용된다.

2.에 대하여 ; 수문을 열고 닫을 때에는 일반적으로 동력에 의하지만, 정전이나 고장 등에 대비하여 수동으로도 조작할 수 있도록 고려한다. 또 수동조작인 경우에는 조작 및 보수를 쉽게 하기 위하여 수문의 폭을 3 m 이내로 하는 것이 바람직하다. 취수량이 적을 경우에는 1문이라도 좋지만, 많은 경우에는 여러 개의 문으로 나누어 만든다.

3.에 대하여 ; 취수량이 비교적 커서 모래나 자갈이 유입될 우려가 있는 경우에는 취수문의 전면에 수위조절판을 설치하여 모래나 자갈의 유입을 방지하고 또한 하천의 수량변동이 있더라도 이에 따라 취수량을 조절할 수가 있다.

3.5.4 수위조절판(stop log)식 수문

수위조절판(stop log)식 수문은 다음 각 항에 따른다.
1. 수압과 퇴적토사의 압력에 대하여 충분한 강도를 가져야 하며 또 목제인 경우에는 부상되지 않도록 고려한다.
2. 1문의 크기는 조작의 난이도를 고려하여 정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수위조절판으로 사용하는 재료는 강철제로서는 형강이나 I빔 등을 사용하고 목재로서는 노송의 각재가 사용되지만, 홍수시에 유목이나 유석이 부딪칠 우려가 있는 지점에서는 목재를 사용하지 않는 것이 좋다.

수위조절판으로 사용하는 부재의 강도는 최악의 경우에는 함수율이 높은 토사에 의한 토압을 한쪽만 받는 경우가 있으므로 이에 대하여 충분히 대응할 수 있는 것이 필요하다.

목재를 사용하는 경우에는 부상되지 되지 않도록 하기 위한 장치 또는 부상을 방지할 수 있는 중량의 강판 등을 부착한다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 수동으로 조작되므로 그 조작을 용이하게 하기 위하여 수문폭을 3 m 이내로 하는 것이 일반적이다. 권양장치는 홍수시라도 안전하고 확실하게 조작할 수 있도록 한다.

3.5.5 유사시설(溜砂施設 : sand pit)

취수구와 침사지간의 수로가 긴 경우에는 필요에 따라 취수구에 근접하여 유사시설을 설치하며 침전된 모래를 쉽게 제거할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

하천에 설치되는 취수문은 홍수시에 자갈이나 모래가 유입·침전되어 취수를 어렵게 하는 경우가 많다. 이 때문에 침사지를 취수문 부근에 설치하는 것이 바람직하다. 그러나 침사지를 설치하기 곤란한 경우에는 소규모인 제사설비가 필요한 경우가 있으며, 이를 유사시설이라고 한다.

유사시설의 설치지점은 취수문에 가까운 지점으로 하며 침전된 자갈이나 모래를 쉽게 제거할 수 있도록 설계해야 한다.

3.5.6 취수문 스크린의 구조

스크린(screen)은 협잡물, 유목, 유빙 등의 유입을 방지하기 위하여 취수문의 상류 측에 충분한 크기로 경사지게 설치하며, 가능하면 취수문 전방에 부상식 스크린을 설치하여 하천에 부유하는 비닐, 유목 등의 유입을 억제하도록 한다.

【해설】

수문의 상류 측에 5 cm 정도의 간격을 가진 눈이 크고 견고한 스크린을 윗부분에서 하류 측을 향하여 경사지게 설치한다.

스크린의 청소가 용이하도록 설계할 때에 미리 고려해야 하며 교대로 사용할 수 있도록 예비스크린을 마련하는 것도 바람직하다.

3.5.7 취수문의 크기와 유입속도

취수문을 통한 유입속도가 0.8 m/s 이하가 되도록 취수문의 크기를 정한다.

【해설】

취수문에서의 유입속도가 너무 크면 모래나 잔자갈 등이 유입될 우려가 있으므로 이 점을 고려하여 취수문의 크기를 결정해야 한다. 큰 하천에서 소량의 표류수를 취수하는 경우에는 어느 정도 유입속도를 크게 하더라도 되겠지만, 반대로 갈수시에 취수하는 경우에는 유입속도를 1 m/s 이하로 해야 한다.

3.6 취수관거

3.6.1 총칙

취수관거는 그 취수구를 제방법선에 직각으로 설치하고 직접 관거 내로 표류수를 취수하여 자연유하로 제내지에 도수하는 시설이다. 유황이 안정되고 유량변화가 적은 하천에서의 취수에 알맞다. 또한 유지관리가 비교적 용이하다. 그러나 하상변동이 크고 유심이 불안정한 하천에서는 하천 상황의 영향을 받기 쉽고 취수구가 매몰되거나 세굴에 의한 관거 노출 등의 우려가 있다. 이 때문에 시설의 설치위치를 선정할 때에 유의해야 하며 하상 및 고수위부의 세굴방지에 관하여 적절하게 고려해야 한다. 또 홍수 등에 의하여 쓰레기가 다량 유입되면 취수구가 막혀서 계획수량을 취수할 수 없기 때문에 이에 대한 방지대책이 요구된다.

한랭지인 경우에는 결빙이나 적설로 취수가 곤란하게 될 우려가 있는 곳에서는 취수구의 설치위치나 구조 등에 관하여 배려해야 하고 그 방지대책이나 유지관리에 유의한다.

3.6.2 취수구

취수구는 다음의 각 항에 따른다.
1. 철근콘크리트구조로 한다.
2. 설치높이는 장래의 하상변동을 고려하여 결정한다.
3. 전면에 수위조절판이나 스크린을 설치한다.
4. 원칙적으로 관거의 상류부에 제수문 또는 제수밸브를 설치한다.
5. 필요에 따라 유사시설을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 취수구는 철근콘크리트의 견고한 구조로 하고 제방의 약점이 되지 않도록 한다.

2.에 대하여 ; 취수구의 설치높이는 하상의 저하에 의하여 계획취수량을 확보할 수 없는 경우가 생기지 않도록 과거의 하상변동 동향을 조사하고 장래의 하상의 저하가능성에 대하여 검토한 다음에 결정한다.

최대갈수유량일 때에도 계획취수량을 확보할 수 있는 구조로 하기 위하여서는 취수관거 내면의 수로상단이 갈수수위보다 30 cm 정도 낮도록 부설해야 한다. 관거의 저면고는 수위조절판(stop log)의 설치높이와 같거나 이보다 낮게 부설해야 한다.

3.에 대하여 ; 수위조절판은 하상의 변화에 따라 하상과 취수구의 설치고와의 높이를 조절하는 외에 토사의 유입방지 및 지수를 겸하여 설치한다. 관거 내의 평균유속은 자연유하로 0.6~1 m/s이다. 수위조절판 부분의 유입부는 모래 등의 유입을 방지하기 위하여 갈수수위일 때에도 관거부의 평균유속이 1/2~1/3이 되는 단면적을 확보한다. 스크린은 떼어낼 수 있는 구조로 하고 평강이나 강봉을 3~5 cm 간격으로 배열하여 만드는 것이 일반적이다.

4.에 대하여 ; 긴급시의 지수, 점검 등을 위하여 원칙적으로 관거의 상류부에 제수문 또는 제수밸브를 설치한다.

5.에 대하여 ; 관거의 연장이 커지는 경우에는 모래 등을 관거 내로 유입시키지 않기 위하여 유사시설(sand pit)을 설치하는 경우가 있다. 유사시설의 깊이는 30~50 cm, 길이는 3 m 정도를 표준으로 하며 배사작업 등을 위하여 맨홀을 설치한다. 고수위부에 설치할 때에는 유사시설의 상단 끝은 고수위부와 같은 높이로 하고 맨홀을 구비한 상판구조로 한다.

3.6.3 관거의 구조

관거는 다음 각 항에 따른다.
1. 관거에 작용하는 내압 및 외압에 견딜 수 있는 구조로 한다.
2. 관거를 제외지에 부설하는 경우에 원칙적으로 계획고수부지고에서 2m 이상 깊게 매설한다.
3. 관거가 제방을 횡단하는 경우에는 원칙적으로 유연(柔軟)한 구조로 한다. 또 비상시에 지수가 확실하고 용이하게 이루어지도록 원칙적으로 제수밸브 등을 설치한다.
4. 시공한 다음 제방에 영향을 주지 않도록 제방법면의 보호공을 설치한다.
5. 사고 등에 대비하기 위하여 가능한 한 2열 이상으로 부설한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 관거는 내압 및 외압의 어느 것에도 견딜 수 있는 강도를 갖는 것으로 철근콘크리트구조 또는 덕타일주철관, 강관 등으로 한다. 덕타일주철관, 강관 등을 사용하는 경우에는 그 외측을 철근콘크리트로 감싸는 것을 원칙으로 한다.

2.에 대하여 ; 관거를 고수부지에 부설하는 경우에는 그 매설깊이는 원칙으로 계획고수부지고(현 고수부지가 계획고수위보다 낮을 때에는 현 고수부지 높이)에서 2m 이상 깊게 매설한다.

다만, 바닥세굴방지공(床止 : ground sill) 또는 바닥보호공(護床 : river bed protection) 등을 설치하여 바닥을 안정시킨 경우에는 매설깊이를 2m보다 얕게 할 수 있다.

3.에 대하여 ; 관거의 횡단방향은 제방의 법선에 대하여 가능한 한 직각으로 하지만, 지형의 상황이나 그 이외의 이유로 부득이한 경우에는 그렇지 않다. 관거는 구조물의 주변이 제방의 약점으로 되지 않도록 관거 설치한 이후에 생기는 기초지반의 침하에 추종시키기 위하여 유연한 구조로 한다. 제방의 밑에 있는 부분과 그 이외의 부분과는 필요에 따라 수밀성이 있고 유연한 이음새로 접속시킨다.

또 긴급시에 취수를 정지할 때에 지수가 신속하고 확실하며 용이하게 할 수 있도록 제내지 또는 제외지에 제수문, 제수밸브 등을 설치한다. 다만, 지형의 상황 등을 고려하여 그 필요성이 없는 경우에는 그렇지 않다.

4.에 대하여 ; 제방은 성토하여 축조된 것이므로 가능한 한 취수관거가 성토부분을 횡단하지 않도록 해야 하며, 원지반에 매설하여 제방을 횡단하는 것이 바람직하다. 제방을 개착하여 설치할 때에는 시공한 다음의 제방에 나쁜 영향을 미치지 않도록 조심하고 차수공을 설치하여 누수되지 않도록

고려해야 한다. 또 복구가 곤란한 장소이므로 파손되지 않도록 충분히 견고한 기초 위에 견고한 구조로 한다.

개착된 제방은 복구한 다음 법면에 콘크리트블록을 붙이거나 돌망태 등에 의하여 호안을 위한 법면 보호공을 시공하는 것으로 한다.

5.에 대하여 ; 관거에 사고가 있을 때에 다른 계통으로부터 취수할 수 없는 경우 또는 복구가 곤란할 것으로 예상되는 경우에는, 안정되게 취수하기 위하여 관거를 2조 이상 부설하는 것이 바람직하다.

3.7 취수틀(intake cribs)

3.7.1 총칙

취수틀은 하천이나 호소의 하부 수중에 매몰시켜 만드는 상자형 또는 원통형의 취수시설이다. 측벽에 만드는 다수의 개구에 의하여 취수하는 것으로 중소량의 취수용이다.

3.7.2 위치 및 구조

취수틀의 위치 및 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 하천이나 호소의 바닥이 안정되어 있는 곳에 설치한다.
2. 선박의 항로에서 벗어나 있어야 한다. 부득이 항로에 근접되는 지점에는 충분한 수심을 확보한다.
3. 철근콘크리트 틀의 본체를 하천이나 호소의 바닥에 견고하게 고정시킨다.

【해설】

1.에 대하여 ; 하천이나 호소의 바닥이 변화가 심한 곳은 파손이나 매몰 등이 우려되기 때문에 안정된 장소에 설치하는 것이 필요하다.

2.에 대하여 ; 항로에 가까운 경우에는 취수틀 주위의 일정한 범위에 출입을 금지하는 부표(buoy) 등을 설치하는 것이 바람직하며 선박의 항행에 장애를 받지 않도록 최소수심이 3 m 이상인 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 개구가 손상되지 않도록 또한 토사 등으로 쉽게 폐색되지 않도록 개구의 주위는 견고한 나무틀, 콘크리트틀 등으로 방호하고, 더욱 틀의 내외에 사석, 콘크리트치기를 한다. 취수틀 내의 유입속도는 0.5~1 m/s를 표준으로 한다.

3.8 침사지

3.8.1 총칙

침사지는 원수와 동시에 유입된 모래를 침강, 제거하기 위한 시설이다. 침사지의 형상이나 구조 및 지내의 유속은 침사효율의 양부에 영향을 미치며 나아가서는 펌프 등 각종 기기나 설비의 유지관리에 크게 영향을 미친다. 따라서 연간을 통하여 하천의 유황에 따라 원수 중에 포함된 모래의 양, 입도분포, 밀도 등을 조사하여, 지의 형상, 치수 및 구조 등을 적절한 것으로 한다.

3.8.2 위치 및 형상

침사지의 위치 및 형상은 다음에 따른다.
1. 위치는 가능한 한 취수구에 근접하여 제내지에 설치한다.
2. 지의 형상은 장방형으로 하고 유입부 및 유출부를 각각 점차 확대·축소시킨 형태로 한다.
3. 지수는 2지 이상으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침사지는 유입되는 모래를 신속하게 침전, 제거하기 위하여 취수구에 근접한 제내지에 설치한다.

2.에 대하여 ; 수로단면이 갑자기 확대되면 편류나 역류가 생기게 되고 침사지의 효율을 감소시키며 침사효과가 저하된다. 이 때문에 지내에서 와류가 생기지 않도록 유입부나 유출부의 폭을 점차 확대·축소시키는 것이 좋다. 일반적으로 유입확대이행부의 확대각은 가능한 한 작게 하는 쪽이 좋다. 확대각이 40° 이상으로 되는 경우에는 유입확대이행부에 적절한 정류장치를 설치한다. 도류벽이나 정류벽을 설치하거나 또는 지의 수위가 일정하게 유지하는 데는 유입확대이행부의 유적이 유입도수로의 유적과 같도록 정류역경사(整流逆傾斜) 부분을 확대이행부의 종단까지 설치하는 정류방법이 있다.

3.에 대하여 ; 청소, 점검, 수리 등을 고려하여 지수는 2지 이상으로 한다. 용지면적이나 그 밖의 제약으로 1지로 하는 경우에는 칸막이벽을 사용하여 2부분으로 나누거나 우회관(by-pass)을 설치하여 청소나 보수를 할 수 있도록 해 둔다.

3.8.3 구조

침사지의 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 원칙적으로 철근콘크리트구조로 하며 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.
2. 표면부하율은 200~500 mm/min을 표준으로 한다.
3. 지내평균유속은 2~7 cm/s를 표준으로 한다.
4. 지의 길이는 폭의 3~8배를 표준으로 한다.
5. 지의 고수위는 계획취수량이 유입될 수 있도록 취수구의 계획최저수위 이하로 정한다.
6. 지의 상단높이는 고수위보다 0.6~1 m의 여유고를 둔다.
7. 지의 유효수심은 3~4 m를 표준으로 하고, 퇴사심도를 0.5~1 m로 한다.
8. 바닥은 모래배출을 위하여 중앙에 배수로(pitt)를 설치하고, 길이방향에는 배수구로 향하여 1/100, 가로방향은 중앙배수로를 향하여 1/50 정도의 경사를 둔다.
9. 한랭지에서 저온으로 지의 수면이 결빙되거나 강설로 수중에 눈얼음 등이 보이는 곳에서는 기능장애를 방지하기 위하여 지붕을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침사지는 원칙적으로 철근콘크리트구조로 하며 충분한 강도를 가져야 한다.

침사지를 설치하는 제내지의 지하수위가 높은 경우에는 청소, 점검, 보수 등을 위하여 침사지를 비울 때에 부력에 의하여 지가 부상될 우려가 있다. 이 때문에 지의 저판이나 벽의 두께를 두껍게 하여 자중을 크게 하는 등 부력에 대하여 구조상으로 안전하도록 고려해야 한다.

2.에 대하여 ; 침사지의 표면부하율은 침전되는 입자의 침강속도 및 침사지의 정류정도 등을 고려하여 정한다(5.5 침전지 참조).

여기서는 실적 등으로부터 표면부하율은 200~500 mm/min을 표준으로 하였다. 또 체류시간은 계획취수량의 10~20분을 표준으로 한다.

3.에 대하여 ; 경험으로는 평균유속을 2~7 cm/s로 하면 침강된 모래가 재부상되어 움직이지 않는다.

4.에 대하여 ; 침사지의 길이는 다음 식으로 산출한다. 또 폭은 길이의 1/3~1/8을 표준으로 한다.

$$L = K(\frac{H}{U} V)$$

여기서

L : 지의 길이(m)

H : 유효수심(m)

U : 제거할 모래의 침강속도(cm/s)

V : 지내의 평균유속(cm/s)

K : 계수(안전율) 1.5~2.0

모래입자의 침강속도는 〈표 3.8.1〉과 같다.

침전되는 입자의 직경은 0.1~0.2 mm 정도가 보통이다.

〈표 3.8.1〉 모래입자의 침강속도(비중 : 2.65인 경우)

입자의 직경(mm)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08
침강속도(cm/s, 10 ℃일 때)	3.2	2.1	1.5	0.8	0.6

5.에 대하여 ; 지의 고수위는 취수하천의 수위가 계획최저취수위의 경우라도 계획취수량을 취수할 수 있도록 정한다.

6.에 대하여 ; 침사지에는 일반적으로 취수구로부터 관거를 거쳐 자연유하식으로 하천에서 유입되고 있다. 따라서 침사지의 월류수를 하천에 자연유하로 방류하는 것이 곤란하기 때문에 월류설비를 설치하기 어려운 경우가 많다. 월류설비가 없는 경우에는 여유고를 크게 잡는 것으로 한다.

7.에 대하여 ; 침사지의 유효수심은 경험적으로 사용되는 것이 3~4 m를 표준으로 한다.

퇴사심도는 연간의 퇴사량과 배사의 회수에 따라 결정되는 것이지만, 0.5~1 m로 한다.

8.에 대하여 ; 바닥경사는 배사 및 방류의 편리를 위하여 설치하는 것으로, 표준적인 값을 이용하고 있다.

9.에 대하여 ; 한랭지의 경우에서는 지의 수면이 결빙되거나 적설 때문에 지의 기능이 현저히 저하되는 경우가 많다. 이러한 장애를 방지하기 위하여 지에 지붕을 설치하여 외기온도를 차단하고 동결을 가능한 한 방지한다.

3.8.4 부대설비

침사지의 부대설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 유입구와 유출구에는 제수밸브 또는 슬루스게이트 등을 설치한다.
2. 지하수위가 높은 지점에 설치하는 경우에는 안전을 위하여 부상방지설비를 설치한다.
3. 필요에 따라 제진설비로서 스크린 및 제거기를 설치한다.
4. 필요에 따라 침사탈수설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침사지의 유입구와 유출구에 설치하는 제수밸브나 슬루스게이트는 지수 외에 유량의 조절에 사용되는 경우도 있다. 따라서 월류 등의 사고가 생기지 않도록 조작이 확실한 것을 설치할 필요가 있다.

2.에 대하여 ; 부상방지설비로서는 지의 부근에 배수정(排水井)을 설치하고 수중모터펌프 등에 의하여 배수(排水)하여 지하수위를 낮춤으로써 부력을 낮추는 방법이나 지의 상판에 소구경의 평저밸브를 적절히 설치하고 지가 비워질 경우나 지하수위가 급격하게 상승하는 경우에 수압에 의하여 작동하도록 하여 부력을 감소시키는 방법 등이 있다.

3.에 대하여 ; 침사지에 설치하는 스크린은 취수구 스크린을 통과한 쓰레기들을 다시 한번 억류시키기 위한 것이다. 스크린 바는 취수구와 같이 평강 또는 환강을 사용하고 간격을 2.0~2.5 cm로 하는 것이 일반적이다(3.3.7 취수구 참조).

4.에 대하여 ; 침사지 내의 퇴사를 배사한 다음 탈수하는 것이다. 이 경우에 침사지의 구조, 퇴사의 성상 등을 고려하여 적절한 배사방법과 탈수방법을 선정한다(5.22 배출수 및 슬러지처리 시설 참조). 침사지내에 유입된 기름 등을 제거하기 위하여 월류설비를 설치하는 경우가 있다.

3.9 지하수의 취수

3.9.1 총칙

지하수는 지층수(formation water)와 암장수(fissure water)의 두 가지 형태로 존재한다. 물이 포화되어 있는 틈이 흙 입자의 틈인 경우를 지층수(formation water or pore water)라고 한다. 그 틈이 암석의 균열(cracks), 공극(fissure) 및 틈새(gaps) 등인 경우를 암장수(fissure water)라고 한다.

지층수에는 자유지하수(free groundwater)와 피압지하수(confined groundwater)로 구분된다.

자유지하수는 지하의 가장 얕은 부분에 있는 모래나 자갈 등의 지층 중에 함유되어 있는 지하수로서, 강수량의 변동에 따라 수위가 오르내리며 수량자체도 증감한다. 또한 대수층이 지표로부터 얕으며 지상으로부터의 오염을 받기 쉽다. 자유지하수의 취수시설로서는 얕은 우물이 일반적으로 사용된다.

복류수는 하천수(호소수)가 하상(호소상) 또는 그 부근에 잠류하는 자유지하수의 일종이다. 복류수의 취수시설로는 집수매거, 얕은 우물(천정호) 등이 사용된다. 또한 강변여과수의 취수방식은 강변둔치(고수부지)에 깊이 20~40 m 정도의 취수정을 설치하여 물을 취수하는 취수정 방식과 표류수를 취수하여 인공적으로 만든 호소, 함양분지 등 시설의 지층(대수층)에 침투시켜 지층의 자정능력에 의하여 오염물질이 여과·제거된 물을 다시 취수하여 상수원수로 사용하는 인공함양 방식이 있다.

피압지하수는 대수층이 불투수성의 지층에 의하여 눌려 있기 때문에 압력을 갖는 상황에 따라서는 지상으로 스스로 분출되는 것도 있다. 피압지하수는 주로 모래나 자갈과 같은 틈새를 갖는 지층 중에 존재하며, 수온은 연간을 통하여 거의 일정하고 일반적으로 수질은 양호하다. 피압지하수의 취수시설로서는 깊은 우물(심정호)이 사용된다.

또한 용천수는 지층수나 암장수가 지표로 용출되는 것이다.

지하수는 일반적으로 함양속도가 지극히 느리기 때문에 과잉으로 퍼 올리게 되면 지하수에서 물수지의 균형이 무너져서 지반침하를 야기하며, 해안부에서는 지하수의 염수화 등을 야기한다. 따라서 항상 적정한 양수량의 범위 내에서 취수하는 것이 필요하다(3.9.5 양수량의 결정 참조). 지하수는 주로 용해성의 무기질과 지하에 생식하는 생물을 함유한다. 이것은 지질이나 그 밖의 환경에 의한 것으로 무기질로서 칼슘이나 마그네슘의 중탄산염, 염화물 및 황산염 등이 용해되어 있으며, 철이나 망간 등도 용해되어 있는 경우가 많고 생물로서 철세균이나 유황세균 등이 검출되는 경우도 있다.

지하수 중의 유기계 질소는 분해되어 암모니아성질소로 되며 시간이 지나면 아질산성질소, 질산성질소로 산화되어 간다. 유기물 중의 탄소는 분해되어 CO_2로 되며 일부는 용존하고 또한 일부는 탄산수소염 또는 유리탄산을 형성한다.

지하수의 수질과 수질보전을 위해서는 지하수법과 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙에 규정된 지하수오염유발시설의 종류, 지하수 오염관 측정 방법, 수질측정 주기, 지하수 수질기준 등에 적합하도록 하며, 특히 철, 망간, 질산성질소와 트리클로로에틸렌 등의 휘발성유기화합물에 관해서도 수질검사의 대상으로 해야 한다.

지하수의 오염방지를 위해 오염방지시설을 설치하는 것이 바람직하며, 지하수의 오염방지시설은 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제2조 별표 1 지하수 오염방지시설의 설치기준의 규정에 따른다.

3.9.2 조사

지하수의 취수에서는 원칙적으로 다음 각 항을 조사한다.
1. 예비조사
2. 수문지질조사

【해설】

지하수의 개발은 지하에 충분한 부존량이 존재하는 것을 확인하는 것이 전제로 되기 때문에 예비조사로서 그 지역에 관한 수문 관계자료, 기존의 지하수 관계 자료를 가능한 한 수집하여 검토할 필요가 있다. 이들의 자료에 의하여 부존량을 확인할 수 없는 경우에는 지표지질조사, 전기탐사, 그 밖의 수문지질조사를 하는 방법이 필요하다.

1.에 대하여 ; 예비조사로 수집하는 필요한 자료는 지형지질 분류도, 강수량 및 하천유량, 기존 우물에 대한 착정주상도, 지하수면도, 양수량, 지하수위의 변동, 수질 등이다. 더욱이 기존 우물에 대하여 그 한계양수량(3.9.5 양수량의 결정 참조), 자연수위, 풍수기와 갈수기의 수위변동 및 수질을 조사하고, 그 지역의 기존 우물의 총양수량과 양수수위와의 관계, 동수경사, 대수층의 위치와 그 투수계수 등으로부터 가능하다면 해당 지역 지하수의 물수지에 대한 실태를 파악한다.

지반침하를 방지하기 위한 지하수의 취수규제 상황, 지하수의 수질오염상황, 토지이용의 상황 및 장래의 개발예정 등에 관해서도 미리 조사한다.

2.에 대하여 ; 수문지질조사에는 지표지질조사, 전기탐사, 탄성파탐사, 시추조사, 전기검층 등이 있지만, 이들의 조사에 의하여 조사지역의 지질구조, 지층의 계면 및 투수성의 양부 등을 파악하여 대략적인 지하수 부존량을 확인한다.

가. 지표지질조사

지형·지질자료를 기초로 하여 지표를 답사하고 햄머나 클라이노미터를 사용하여 지층의 주향이나 경사를 측정하여 극히 개념적인 지형·지질을 파악한다.

나. 전기탐사

땅속에 전류를 통하여 지층의 겉보기비저항을 측정하고 지질구조와 지하수위를 개념적으로 확인하는 방법이다. 이 비저항법에는 수평탐사법과 수직탐사법이 있다.

수평탐사법은 복류수 등 극히 얕은 부분의 대수층 지하수에 대하여 2개의 전류전극과 2개의 전위전극을 직선상에 각각 일정한 간격을 유지하며 그 간격에 해당되는 깊이의 비저항을 측정하는 방법으로 수많은 측점을 선정하여 조사한다.

수직탐사법으로는 수평탐사법과 같이 4개의 전극을 이용하여 우선 전극간격을 어느 간격으로 유지하고 그 간격에 해당하는 깊이의 지층에 대한 비저항을 측정한다. 다음에 그 간격을 점차 길게 잡아서 각각의 간격에 해당되는 깊이에 대한 지층의 비저항을 측정한다. 이 탐사법은 특히 연약지반의 조사에 유효하고 지표의 전극설치조건이 좋은 경우에는 심도 300m 정도까지의 개략조사도 가능하다.

다. 탄성파탐사

지중에서 화약을 폭발시켜서 폭발에 의하여 생기는 탄성파의 전파속도에 의해 지질구조를 개념적으로 조사하는 방법이다. 고결도(固結度)가 높은 지층의 탐사에 알맞고 기반의 심도가 얕은 경우나 암장수의 조사에 이용된다.

라. 시추조사

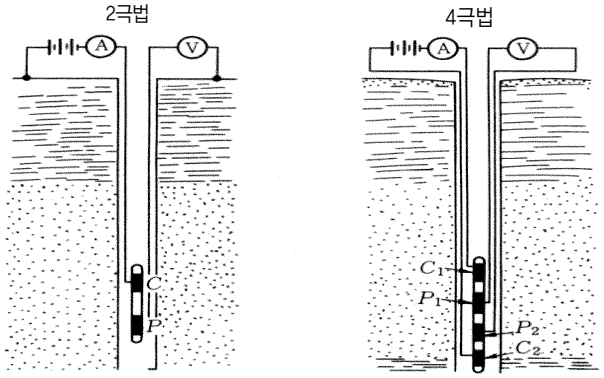
이 조사는 확실한 지질시료를 채취하기 위하여 하는 것이며 다음에 설명하는 전기검층을 병용함으로써 지층의 계면이나 투수성의 양부를 확인할 수 있다.

마. 전기검층

착정공에 전극을 내려보내고 착정공 내의 겉보기비저항(β)과 자연전위(SP)를 측정하여 그 비저항치와 깊이, 자연전위와 깊이와의 관계를 나타내는 것을 전기검층도라고 한다. 이 그림을 해석하여 지층의 성질, 깊이, 두께를 판정하고, 아울러 대수층의 개략을 파악하는 방법이다.

또 지층의 비저항측정방법에는 2극법, 3극법, 4극법 등이 있지만, 일반적으로는 2극법이나 4극법을 이용한다.

〔그림 3.9.1〕과 같이 2극법이란 전류전극 C와 착정에 근접한 대지와의 사이에 전기회로를 만들어 전위전극 P와 지표부근의 대지간의 전위차를 측정하는 방법이다.



[그림 3.9.1] 전기검층법

4극법이란 나공 내에 내려 보낸 전류전극 C_1과 C_2의 사이에 전류를 흘려서 전위전극 P_1과 P_2의 전위차를 측정하는 방법이다.

바. 시험정에 의한 확인

① 시험정의 굴착

전기탐사나 그 밖의 조사결과에 따라 시굴지점을 선정하고 가장 조건이 좋은 지점 몇 개소를 선정하여 시험정을 굴착하고 각층을 시험하는 것이 바람직하다.

이 시험정은 단순한 지질이나 지하수의 개략적인 상황을 알기 위한 것이 아니라 어디까지나 정확한 양수시험을 할 수 있는 구조이어야 하기 때문에 직경은 적어도 150 mm 이상으로 한다.

또한 필요에 따라 시험정의 주위에 몇 개의 수위관측정을 뚫고 시험정의 양수시험에 따라 생기는 시험정 주변의 지하수에 대한 수위변화를 관측한다. 이에 따라 단지 양수할 수 있는 가능양수량을 파악하는 것뿐만 아니라, 주변의 기존 우물에의 영향정도도 조사하여 착정의 상호간에 적절한 간격을 결정

하는 자료로도 사용된다.

② 각층 시험

대수층은 각각 고유의 다른 압력을 가지고 있고, 또한 수질도 각각 다른 경우가 있다. 종래의 우물은 조금이라도 수량을 많이 확보하기 위하여 여러 층을 채취하여 왔지만, 향후에는 수량, 수질 및 개개의 대수층 수위의 면에서 채수층을 적절히 선택할 필요가 있다.

따라서 시험정의 단계에서 각층의 시험을 실시하는 것이 바람직하다. 각층의 시험은 다음과 같이 한다.

굴착이 대수층에 도착하면 또한 약 5 m 정도 굴진한 곳에서 굴착을 중지하고 첨단에 0.7~1.0 m의 길이의 스크린을 붙인 케이싱(구경 100 mm)을 일시적으로 나공 내에 내려 보내고 스크린의 바깥쪽에 자갈을 충전하며 그 상부에 생점토를 투입하여 차수한다.

다음에 케이싱 내에 수중모터펌프 또는 공기관을 내려 보내고 펌프양수 또는 에어리프트(air lift)양수를 계속한다. 양수한 물이 완전히 맑아진 시점에서 수질검사를 위하여 채수한다.

양수를 정지하고 시간이 충분히 경과하였을 때에 양수관내의 자연수위를 측정하고 투입한 케이싱과 스크린을 빠르게 끌어올린 다음 나공의 밑바닥에 침강된 충전자갈과 생점토를 제거하고 굴착을 계속한다.

이하 다음 대수층에 도달할 때마다 같은 작업을 되풀이한다.

[3.9.2 참고 1] 전기탐사법에 대하여

1) 원리와 조사방법

지표면이 완전히 평탄하고 또한 대지는 균질등방성(均質等方性)으로 무한의 넓이를 가지고 있는 것으로 가정하면, 전극을 어떻게 배치하더라도 측정된 비저항은 동일한 값을 얻을 수 있다. 이것을 대지의 진비저항이라고 한다.

〈3.9.2 참고도-1〉와 같이 지표에 4개의 전극(C_1, C_2, P_1, P_2)을 직선상 등간격 L로 접지하고 외측(C_1, C_2)의 2극간에 전류를 흘리면 지하의 깊이 L에서의 전위강하는 그림의 P_1, P_2점에서의 전위강하와 같다고 할 수 있으므로, 이것을 측정하면 지층의 비저항은

$$\rho = 2\pi L \frac{V}{I}$$

로서 산출된다.

이것을 웬너(Wenner)의 공식이라고 한다.

여기서

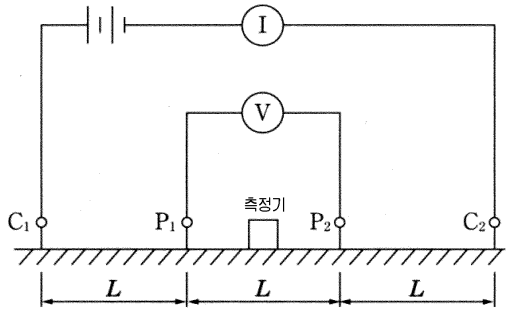
ρ : 비저항(Ω · m)

π : 원주율

L : 전극간격(m)

I : 전류전극 C_1, C_2간에 흐르는 전류(A)

V : 전위전극 P_1, P_2간의 전위차(V)



〈3.9.2 참고도-1〉 전기탐사법

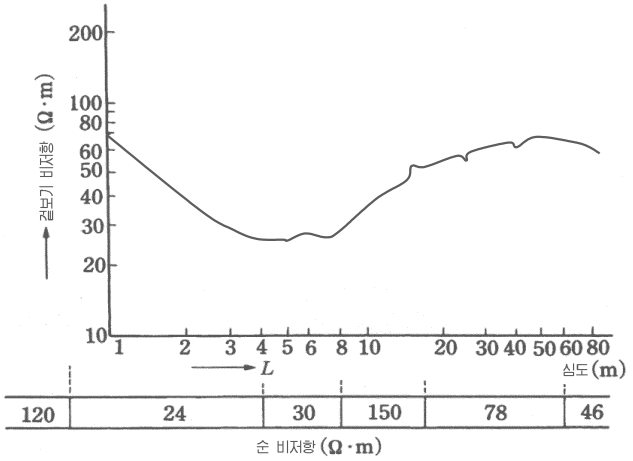
한편, 대지가 균질등방성이 아닌 경우나 비저항이 높은 지층과 낮은 지층이 번갈아 층을 이루고 있는 경우에는 위의 식에서 구해진 비저항은 대지의 불균일성에 영향을 받아 변화하며 결국은 비저항의 참값과는 다르게 된다. 이것을 겉보기비저항이라 한다. 전극간격 L을 작은 값으로부터 순차 확대하고 그 때마다 ρ를 산출하여 지층의 영향을 확인한다.

이렇게 하여 구한 겉보기비저항은 대지의 불균일성을 구성하는 각 지층의 진(眞)비저항과 어떠한 모양으로 결부되고 있는 것이므로 여러 가지의 조건하에서 겉보기비저항을 측정하고 그 변화를 조사하는 것에 따라 대지의 상태를 추측할 수 있다.

만약에 근접지에 기존의 자료를 얻을 수 있는 경우에는 이것과 대비하고, 얻을 수 없는 경우에는 거의 동일한 지형·지질조건을 구비한 지역의 조사 자료와 그 결과를 기초로 함으로써 구체적인 추정이 가능하다.

2) ρ – L곡선

측정 결과는 양대수 방안지의 세로축에 겉보기비저항 ρ, 횡축에 심도 L을 취하고 각각의 측정치를 표시(plot)하여 ρ-L곡선을 그린다(〈3.9.2 참고도-2〉 참조).



〈3.9.2 참고도-2〉 ρ-L곡선도

ρ-L곡선은 대지가 완전히 균질하다면 수평일직선으로 되지만, 일반적으로는 상승 또는 하강하는 등 여러 가지로 변화한다. 상승하는 경우에는 상위의 지층에 비하여 비저항이 높은 지층이 하위에 존재하는 것을 의미하며 하강하는 경우에는 그 반대라고 본다.

곡선의 해석에는 여러 가지가 있지만, 이론적인 방법인 표준곡선법, 경험적인 방법인 직시법이 많이 사용되고 있다.

3) 진비저항과 수리·지질

지층의 비저항은 모래자갈층은 높고 점토층은 낮은 경향이 있다. 모래자갈층은 건조상태에서는 비저항이 지극히 높고 지하수면 이하로 습윤한 경우에는 물의 비저항에 영향을 받아 약간 낮아진다. 모래층은 모래자갈층보다도 함수량이 크고 수질의 영향을 받기 쉽기 때문에 지하수면 이하에서는 모래자갈층의 비저항보다 낮게 된다(〈3.9.2 참고표-1〉 참조).

〈3.9.2 참고표-1〉 토사의 공극률, 보수율(保水率), 유효공극률

지 층	공극률(%)	보수율(%)	유효공극률(%)
충적자갈층(alluvial gravel layer)	35	10	25
잔자갈층(fine gravel layer)	35	20	15
사구모래층(sand dune sand layer)	30~35	10~15	20
이점토질층(muddy clay layer)	45~50	30	15~20
충적사락층(alluvial gravel layer)	30	10~15	15~20
모래층(sand layer)	35~40	5~10	30
롬층(loam layer)	50~70	30~50	20
이층점토층(muddy layer and clay layer)	50~70	45~60	5~10

공극률에서 유동에 관여하지 않는 무효공극률을 뺀 것을 유효공극률이라고 한다.

이토층이나 점토층은 유효공극률이 작고 다량의 채수불가능한 물을 포함하며 비저항이 낮은 물의 영향을 강하게 받기 때문에 이 층의 비저항도 현저하게 낮은 것이 통례이다.

치밀한 화성암이나 변성암은 그 자체의 비저항도 높지만, 공극률이 지극히 작고 균열도 적기 때문에 지하수면의 밑이라도 지층의 비저항은 일반적으로 높다.

3.9.3 취수지점의 선정

취수지점은 다음 각 항에 적합하게 한다.

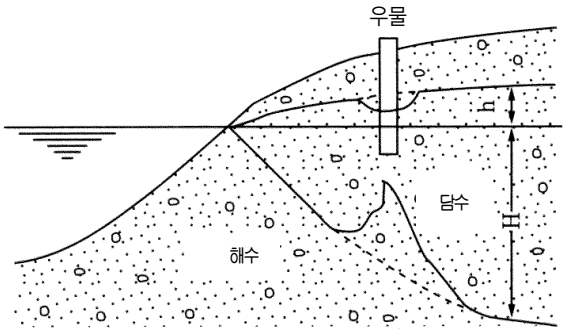
1. 기존 우물 또는 집수매거의 취수에 영향을 주지 않아야 한다.
2. 연해부의 경우에는 해수의 영향을 받지 않아야 한다.
3. 얕은 우물이나 복류수인 경우에는 오염원으로부터 15m 이상 떨어져서 장래에도 오염의 영향을 받지 않는 지점이어야 한다.
4. 복류수인 경우에 장래 일어날 수 있는 유로변화 또는 하상저하 등을 고려하고 하천개수계획에 지장이 없는 지점을 선정한다. 그리고 하상 원래의 지질이 이토질(泥土質)인 지점은 피한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 양수시험 등에 의하여 해당 대수층의 영향권이 알려져 있는 경우에는 영향권 내의 기존 우물의 수위 강하량을 10~20 cm 이하로 되는 지점을 선정한다.

또 우물의 밀집지역에서 상기에 의하기 어려운 경우에는 양수량을 제한하여 상호간섭을 억제하도록 한다(3.9.5 양수량의 결정 참조). 보통 자유지하수는 300 m, 피압지하수인 경우에는 500~1,000 m 정도의 간격을 두는 것이 안전하다.

2.에 대하여 ; 해안지대에서는 현재는 물론 장래에도 해수의 영향을 받을 우려가 없는 지점을 선정할 필요가 있다. 해안부근의 지하수는 육지에서 바다로 향하여 유출되는 담수층과, 바다에서 육지로 침입하는 해수층과의 밀도 관계로 다음 〔그림 3.9.2〕와 같이 균형이 잡혀 있다(Ghyben・Herzberg의 법칙).



[그림 3.9.2] 담수와 해수의 평형관계도

즉, 담수의 두께 $H+h$에 상당하는 무게는 두께 H의 해수 무게와 같으므로 담수의 밀도를 ρ, 해수의 밀도를 ρ′라고 하면,

$$(H+h)\rho = H\rho' \quad \cdots\cdots (3.9.1)$$

$$(\rho' - \rho)H = \rho h \quad \cdots\cdots (3.9.2)$$

$$\therefore \frac{H}{h} = \frac{\rho}{\rho - \rho'} \quad \cdots\cdots (3.9.3)$$

여기서,

ρ = 1.0, ρ′= 1.024이므로 위의 식은 $H=42h$가 된다.

상기 식에서 $h=0$으로 되면 $H=0$으로 되어 해수가 침입하게 된다. 일단 해수가 침입하면, 그 우물의 수질은 수년동안 회복되지 않는 경우도 있다(〔그림 3.9.2〕 참조). 또 하천하류부에서는 하천개수나 자갈의 대량채취로 해수가 의외로 상류까지 영향을 미치는 경우가 있으며 특히 갈수기에 격심하다.

이러한 문제들로 인하여 연해부에 우물을 선정하는 경우에는 해안과 취수정과의 사이에 가능한 한 많은 관측정을 설치하여 수위와 수질변화를 감시하는 것이 바람직하다. 그러나 관측정이 없는 경우에는 해당 취수정의 수질을 검사하여 안전을 확인해야 하며 계속하여 수질을 감시할 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 자유지하수는 지표에서의 영향을 받기 쉽기 때문에 수질이 부근의 공장폐수, 하수, 오물투기, 거름, 가축분뇨 등의 지하침투에 의한 영향을 받지 않는 지점을 선정해야 한다.

따라서 우물을 이러한 근원으로부터 최소한 15 m 이상 떨어지게 해야 할뿐만 아니라 오염의 발생여부를 철저히 감시해야 한다. 또한 장래의 오염을 방지하기 위하여 수원 주위에 미리 넓은 공간을 확보할 수 있는 취수지점을 선택하는 것이 좋다.

4.에 대하여 ; 복류수는 하천표류수와 밀접한 관계가 있으므로 하천의 유로가 변하든지 하상이 저하되는 경우에는 갈수수량이 심하게 감소할 수 있으며 때로는 취수가 전혀 불가능한 경우도 있다. 해수의 영향을 받아서 수질이 악화된다든지 홍수시의 탁도 증가로 인하여 집수매거가 부설된 후에 쓸모없게 되는 예는 얼마든지 있으므로 이러한 수질변화가 생기지 않는 지점을 선정해야 한다. 또한 하천개수계획이 있는 경우에는 그 계획을 고려하여 취수지점을 선정해야 하며, 하천개수계획이 없는 경우에는 하천관리당국과 의견을 교환한 다음 취수지점을 선정할 때에 참고해야 한다.

하상의 원지반 토질이 이토질인 경우에는 집수매거층이 막혀서 장기간 후에는 계획취수량을 취수할 수 없다.

3.9.4 채수층의 결정

채수층은 굴착 중에 얻은 다음 자료를 참고로 선정한다.
1. 지층이 변할 때마다 채취한 지질시료
2. 굴착 중인 점토수(泥水 : drilling mud)의 양적인 변화와 질적인 변화, 용천수 또는 일수(逸水 : spill water) 등의 유무
3. 전기저항탐사의 결과
4. CCTV 수중카메라 촬영
5. 대수성시험팩커 설치 및 양수시험

【해설】

1.에 대하여 ; 깊은 우물을 굴착할 때에 점토수굴착법(drilling mud excavation method)을 사용하는 경우에는 점토수(drilling mud)를 펌프로 압송하며 지층의 붕괴를 방지하면서 나공상태로 소정의 깊이까지 굴착한다. 따라서 굴착 중에 대수층의 수량이나 수질을 확인하는 것은 불가능하다.

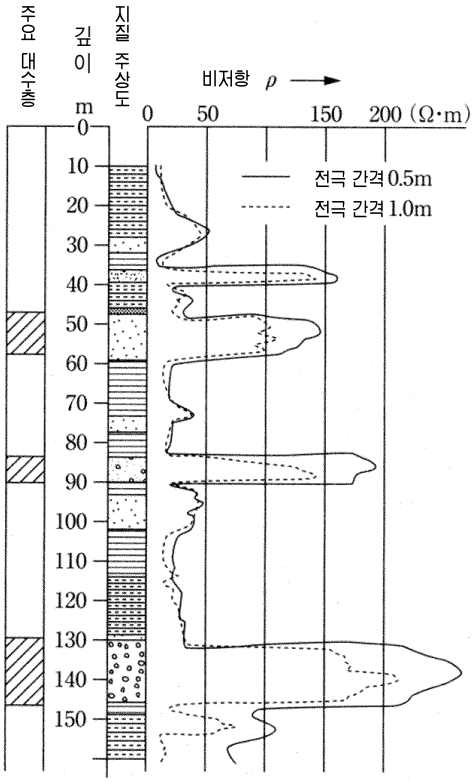
수량과 수질을 알 수 있는 것은 스크린을 부착시킨 케이싱(우회관)을 삽입하여 펌프로 양수하는 공사의 최종단계이다. 만약에 이 단계에서 필요한 수량과 수질이 얻어지지 않았더라도 케이싱을 넣어 고치는 것은 기술적으로 거의 불가능하다.

따라서 각 지층의 대표적인 시료를 500g씩 채취하고 될 수 있으면 체가름시험을 하여 지질의 경연(硬軟), 굴착기계가 받는 충격 등을 고려하여 지층의 조성을 주상(column)도에 표현하고 대수층의 위

치를 판단하는데 참고로 한다.

2.에 대하여 ; 굴착 중에 사용하는 점토수의 수위가 용천수 또는 일수(spill water)에 의하여 현저히 변화하는 현상은 굴착 중인 지층이 투수성을 갖고 있다는 증명이기 때문에 주상도에 그 취지를 기록해 두고 채수층을 결정하는 하나의 수단으로 한다.

3.에 대하여 ; 지질주상도의 정밀도는 굴착방법이나 현장기술자의 기술능력에 의하여 개인차가 있지만, 이것을 객관적으로 시험하는 방법으로 전기검층법이 있다(〔그림 3.9.3〕 참조).



[그림 3.9.3] 전기검층도

그 원리는 해변, 모래 및 점토의 전기저항이 다른 것을 이용한 것으로(3.9.2 조사 참조), 지층의 변화나 발달상황을 판단할 수 있다. 일반적인 지층의 비저항은 다음과 같다.

1) 자갈층인 경우, 200~500 Ω · m
2) 모래자갈층인 경우, 150~300 Ω · m
3) 모래층인 경우, 100~150 Ω · m

채수층의 조건으로서는 1)이 가장 좋고, 그 다음 2), 3)의 순서이다. 첫째 대수층에서 그 값이 1,000 Ω·m 이상으로 되는 지층은 대수하지 않는 경우가 많다. 또 모래층 또는 모래자갈층이더라도 겉보기비저항이 100 Ω·m 이하인 경우에는 염분, 철분 또는 오수 등의 영향을 받고 있는 경우가 많으므로 채수 대상에서 제외하는 편이 좋다.

채수층의 결정은 이상과 같은 다각적인 관찰에 의하여 이루어지지만, 앞의 설명과 같이 종래에는 가능한 한 다량의 물을 채취하고자 하는 대수층이라면 어떠한 위치에도 스크린을 삽입하여 소위 다층에서 동시에 채수하는 우물이 많았다.

그러나 대수층은 각각 다른 압력을 가지고 있으며 장소에 따라서는 스크린을 삽입하였기 때문에 반대로 그 부분으로 다른 대수층의 지하수가 빠져나가서 오히려 소요수량을 얻을 수 없는 경우도 있다. 따라서 채수층을 결정하는 경우에는 가능한 한 투수성이 좋고 수질이 양호하며 수위가 안정되고 양호한 대수층만을 선택하여 스크린을 설치한다.

4.에 대하여 ; 깊은 우물을 굴착한 후 굴착된 전구간에 대하여 CCTV 수중카메라 촬영을 통해 파쇄대 유무와 그 위치를 확인할 수 있다. 파쇄대는 대수층이 존재할 수 있는 가능성이 높으며 각 깊이별로 정확히 위치를 조사할 수 있는 장점이 있다.

5.에 대하여 ; 대수성시험팩커는 하단에 심정 수중펌프가 연결설치되고 대수성시험팩커를 관통하여 양수파이프가 지상에 까지 연결설치된 형태이다. 압축공기를 주입하면 팽창되는 튜브가 설치되어 있어 각 깊이별로 위치한 파쇄대를 상부, 또는 하부에 위치하게 한 상태에서 해당 구간을 차폐한 상태에서 심정 수중펌프를 가동시켜 양수시험을 시행하도록 한 것이다. 결과적으로 깊이별 구간별 양수시험이 가능하게 되어 채수층별 수량과 수질을 조사하여 활용할 수가 있다.

3.9.5 양수량의 결정

양수량의 결정은 다음 각 항에 따른다.
1. 한 개의 우물에서 계획취수량을 얻는 경우의 적정 양수량은 양수시험에 의해 판단한다.
2. 여러 개의 우물(기존 우물 포함)에서 계획취수량을 얻는 경우에는 다음에 따른다.
   1) 우물 상호간의 영향권을 고려하여 개수를 결정한다.
   2) 양수량은 양수시험과 부근 우물의 수위관측으로 수위가 계속하여 강하하지 않는 안전 양수량으로 한다.

【해설】

지하수의 취수는 지반침하 등 환경에 영향을 심각하게 주지 않도록 해당 지역의 지하수에 대한 물수지를 고려해야 한다.

그러나 실제로는 대수역의 실태를 파악하고 물수지를 구하는 것은 쉽지 않으며 오랜 세월동안 자료를 축적하는 것이 필요하다.

우물의 양수량 결정은 일반적으로 〔그림 3.9.4〕의 흐름도(flow chart)에 의하여 이루어지고 있다. 또 여기서 사용하는 각종 양수량의 정의는 다음과 같다.

1) 최대양수량 ; 양수시험의 과정에서 얻어진 최대의 양수량
2) 한계양수량 ; 단계양수시험으로 더 이상 양수량을 늘리면 급격히 수위가 강하되어 우물에 장애를 일으키는 양
3) 적정양수량 ; 한계양수량의 70 % 이하의 양수량
4) 안전양수량 ; 1)~3)은 우물 한 개마다의 양수량이지만, 안전양수량은 대수역(水盆)에서 물수지에 균형을 무너뜨리지 않고 장기적으로 취수할 수 있는 양수량

1.에 대하여 ; 단계양수시험에 의하여 한계양수량이 구해진 경우에는 그 70 % 이하의 양을 적정양수량으로 하고 취수우물로 사용해도 된다. 한계양수량이 구해지지 않은 경우라도 양수시험을 한 범위 내에서 계획취수량을 얻을 수 있으면 취수우물로 사용할 수 있다.

시험용의 펌프능력이 작기 때문에 한계양수량이 구해지지 않고 더구나 양수시험을 할 때의 최대양수량이 계획취수량을 만족하지 않은 경우에는 대수층을 시험한다. 이 시험에 의하여 얻어진 수리정수(水理定數)를 수리공식(〔3.9.5-참고 2〕참조)에 대입하고 우물의 구경을 가정하여 양수량을 산출하고 계획취수량, 비용천수량(양수량을 그 수위 강하량으로 나눈 값) 등도 감안하여 취수우물의 구경과 양수펌프의 용량을 결정한다.

2. 1)에 대하여 ; 계획취수량이 한 개의 우물로 얻어지지 않는 경우에는 3.9.2 조사에서 얻어진 자료를 참고로 하여 수리공식(〔3.9.5-참고 2〕 참조)에 의하여 영향권을 시험계산하고 우물의 배치를 충분히 고려하여 취수우물의 수를 결정한다.

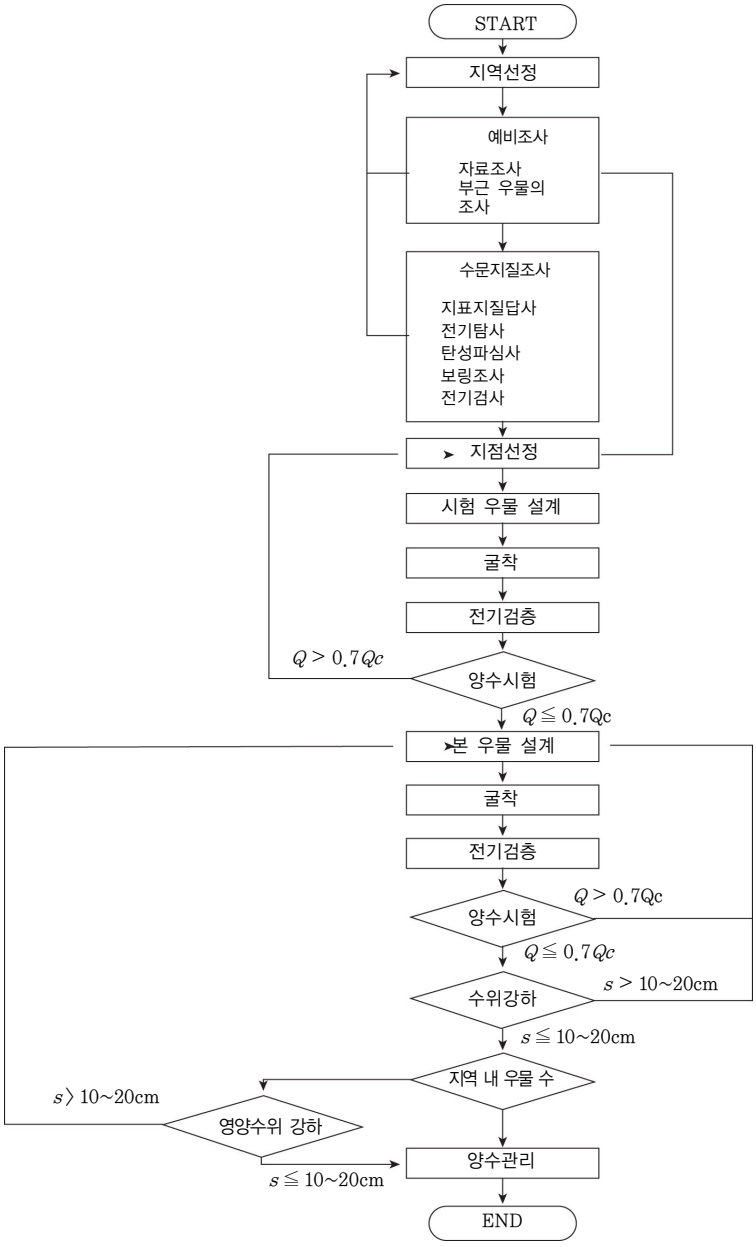
2. 2)에 대하여 ; 복수의 우물로 양수하는 경우에는 적정한 양수량으로 취수하더라도 서로 영향을 줄 우려가 많기 때문에 양수시험과 부근 우물의 수위관측으로 수위가 계속 내려가지 않는 양수량을 찾아낼 필요가 있다.

〔3.9.5 참고 1〕 양수시험의 방법

양수시험은 채수층의 특성과 양수우물의 성능을 조사하기 위하여 시험하는 것으로 단계양수시험 및 대수층시험 등이 있다.

1) 단계양수시험([3.9.5 참고도-1] 참조)

목적 : 한계양수량 및 비용천수량을 구하기 위하여 시험한다.



[3.9.5 참고표-1] 각종 물질의 투수계수 k(수리전도율)

	점토	실트	미세모래	모래	중간모래	굵은 모래	잔자갈
d (mm)	0.00~0.01	0.01~0.05	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.50	0.50~1.0	1.0~5.0
k (cm/s)	3×10^{-6}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-3}	1.6×10^{-2}	8.6×10^{-2}	3.4×10^{-1}	2.8

k는 하젠의 식에서 T=10 ℃로서 계산된 값이다. 충적층과 홍적층의 대수층의 평균적인 k는 1×10^{-3}cm/s이다. 또 투수계수 k는 최근에는 수리전도율(水理傳導率)이라고 한다.

방법 : 양수량을 몇 개의 단계(일반적으로 6~7단계)로 나눠서 하나의 단계에서 몇 시간동안 양수를 계속하여 수위가 안정되었다면, 다음 단계의 양수량으로 증가시킨다. 다시 수위가 안정될 때까지 양수를 계속하여 수위가 안정되면 다음 단계로 이행한다. 이 작업을 몇 번을 되풀이하여 양수량과 수위강하량과의 관계를 양대수방안지에 그린다. 양수량이 적은 단계에서는 각 점을 연결하면 거의 직선으로 된다. 양수량이 증가하면 변곡점 A를 가지며, 이 변곡점에 상당하는 양수량을 한계양수량 Qc라고 한다. 또 대수층의 용천수량이 지극히 커서 시험용의 펌프능력을 상회하는 경우에는 변곡점까지 달하지 않으며 한계양수량을 구하는 것은 불가능하다.

2) 대수층시험

대수층시험에는 ① 일정량연속양수시험과 ② 수위회복시험이 있다. 또 대수층시험을 하기 위해서는 관측정을 필요로 하는 경우도 있다.

목적 : 대수층의 성질과 상태, 즉 투수량 계수 T, 투수계수 k 및 저류계수 S를 구하기 위하여 시험한다(〈3.9.5 참고표-1〉 참조).

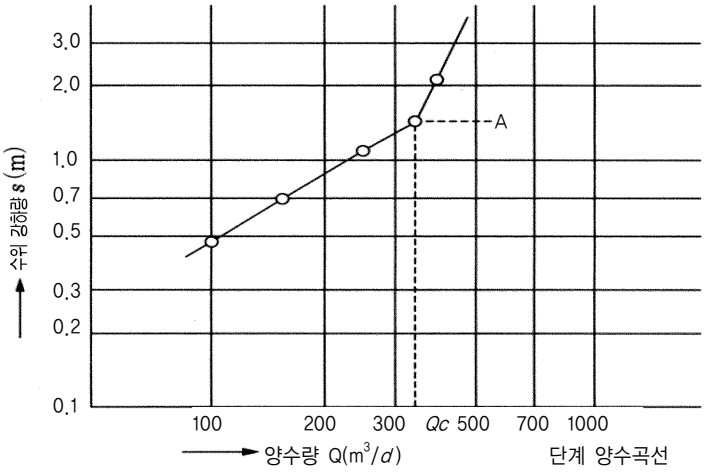
방법 : ① 일정량연속양수시험은 한계양수량을 밑도는 양수량을 정하고 그 양수량으로 연속시험하여 수위강하량과 시간과의 관계를 양대수 방안지에 그려서 수위강하량의 차 $\triangle s$를 구하기 위한 시험이다.

② 수위회복시험은 ①의 일정량연속양수시험이 종료되고서 그 다음 회복되는 수위와 시간과의 관계를 기록하는 시험으로, 잔류회복수위(원수위와 회복수위와의 차) s'와 t/t'의 관계를 편대수방안지의 산술눈금과 대수눈금에 각각 표시하여 $t/t' \sim s'$곡선을 그려 ①과 같은 조작으로 $\triangle s$를 구하기 위한 시험이다.

3) 양수시험의 수위측정 간격

양수시험의 수위측정간격은 아래 표를 목표로 하면 된다. 또한 단계양수시험도 이 표를 참고한다.

양수개시 또는 양수정지 후의 시간(min)	양수정 측정시간(min)	관측정 측정시간(min)
0 …… …… …… 10	0.5	2
10 …… …… …… 15	1	5
15 …… …… …… 60	5	10
60 …… …… …… 300	30	30
300 …… …… ……1440	60	60
1440 …… …… 시험종료시	480	480



〈3.9.5 참고도-1〉 단계양수곡선

[3.9.5 참고 2] 양수시험의 해석

양수시험의 해석에는 ① 평형식에 의한 티엠(Thiem)방법과 ② 비평형식에 의한 타이스(C. V. Theis), 야콥(Jacob) 등의 방법이 사용되고 있다.

투수량계수 T, 투수계수 k(수리전도율)(〈3.9.5 참고표-1〉 참조) 및 저류계수 S는 일정량연속양수시험의 결과로부터 타이스의 t~s곡선, 야콥의 t~s곡선 및 회복시험에 의한 t/t'~s'곡선 등을 각각 그린 다음 1)~6)의 공식에서 구할 수 있지만, 그 중 어떤 값을 선택할 것인가는 수문학적인 견지에서 판단해야 한다.

또 여기서 사용되는 각종 기호는 아래 표와 같다.

기 호	단 위	설 명	기 호	단 위	설 명
s 또는 H-h	m	수위강하량	r	m	양수정의 중심에서 관측정의 중심까지의 거리
Q	m^3/s	양수량	t	s	양수개시 후의 경과시간
T	m^2/s	투수량 계수	t'	s	양수정지 후의 경과시간
k	m/s 또는 cm/s	투수 계수(수리전도율)	s'	m	잔류회복수위량
M	m	대수층의 두께	u~$W(u)$	-	우물 함수
S	-	저류계수	L_t	$m/(m^3/s)$	층류손실 함수
R	m	영향반경	T_f	$m/(m^3/s)^2$	난류손실 함수
r_w	m	우물의 유효반경	N	-	데이터의 수

1) 티엠(Thiem)의 공식

$$Q=\frac{2\pi \cdot k \cdot M(H-h)}{2.3\log_{10}(R/\gamma_w)} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.1)}$$

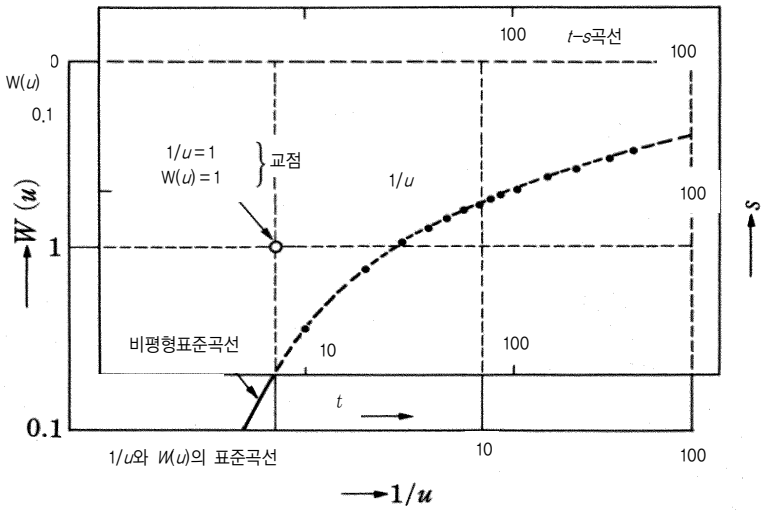
2) 타이스(C. V. Theis)의 표준곡선법(〈3.9.5 참고도-2〉 참조)

양대수 방안지의 가로축에 양수시간 t, 세로축에 수위강하량 s를 취하고 관측데이터로부터 t~s곡선을 작도한다. 이것과 $1/u$~$W(u)$의 표준곡선을 중첩하여 만나는 점(match point)을 구하고 그 점에서의 t, s, $1/u$, $W(u)$를 읽어서 다음 식으로부터 계산한다.

$$T=\frac{0.0796 \cdot Q}{s} W(u) \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.2)}$$

$$k=\frac{T}{M} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.3)}$$

$$S=\frac{4 \cdot T \cdot t}{r^2(1/u)} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.4)}$$

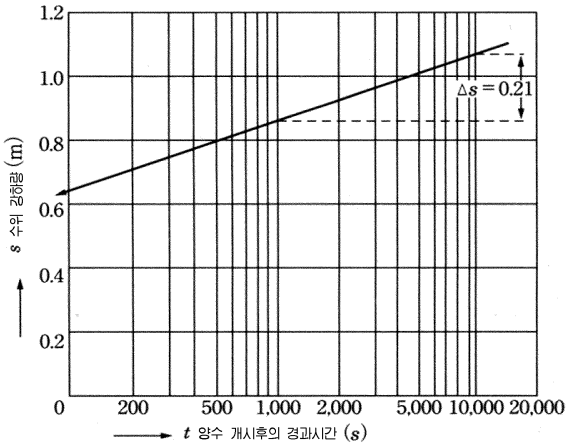


〈3.9.5 참고도-2〉 표준곡선법

3) 야콥(Jacob)의 직선해석법(〈3.9.5 참고도-3〉 참조)

편대수방안지의 대수눈금에 양수시간 t, 산술눈금에 수위강하량 s를 취하고, 관측데이터로부터 t~s곡선을 그린다.

t에 대한 하나의 대수 사이클에 있어서의 수위강하를 $\triangle s$로 하고 해석곡선 $s=0$과 교차하는 점을 t_0라고 하면 다음 식으로 산출된다.



〈3.9.5 참고도-3〉 야곱의 직선해석법

$$T=\frac{0.183\cdot Q}{\triangle s} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.5)}$$

$$k=\frac{T}{M} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.6)}$$

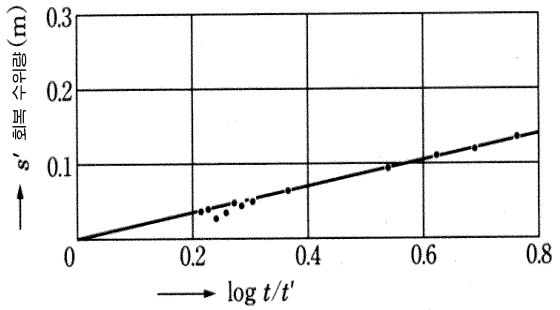
$$S=\frac{2.25\triangle\cdot T\cdot t_o}{r^2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.7)}$$

4) 수위회복법(〈3.9.5 참고도-4〉 참조)

우물에 있어서 이미 알고 있는 시간에 양수를 중지하면 수위는 상승한다. 이러한 경우의 회복량이 양수량과 같다고 하면 비평형식을 적용할 수 있다.

편대수방안지의 대수눈금에 t/t', 산술눈금에 잔류회복수위량 s'을 취하고 $t/t'\sim s'$곡선을 그린다. 직선해석법과 마찬가지로 조작하여 $\triangle s'$를 구한다.

$$T=\frac{0.183\cdot Q}{\triangle s'} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.8)}$$



〈3.9.5 참고도-4〉 수위회복법

5) 영향권을 구하는 방법(비평형식)

영향권은 다음 식으로 구한다.

$$W(u) = \frac{T \cdot s}{0.0796 \cdot Q} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.9)}$$

u~W(u)함수표에서 u를 구하고

$$R = \sqrt{\frac{4T \cdot t \cdot u}{S}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.10)}$$

또한 대수층시험의 하나로서 채수층별로 용천수량을 측정시험하여 각 대수층별로 성능을 파악하는 방법도 있다.

6) 층류손실정수(laminar flow loss constants) 및 난류손실정수(turbulent flow loss constants)를 구하는 방법

양수정의 정내에서 수위강하량은 일반적으로

$$s = L_f Q + T_f Q^2 \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.11)}$$

이고, 이 식을 Q로 나누면

$$s/Q = L_f + T_f Q \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.12)}$$

의 일차식이 되므로 단계양수시험 및 일정량연속양수시험의 데이터에 의하여 Q를 가로축에, s/Q를 세로축에 취하고 직선을 그리면 절편이 L_f, 경사가 T_f로서 구해진다. 또 L_f 및 T_f를 최소자승법으로 구하면 다음과 같은 연립방정식이 성립되며, 이 방정식을 풀어서 구한다.

$$\sum s/Q = L_f N + T_f \sum Q \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.13)}$$

$$\sum s = L_f \sum Q + T_f \sum Q^2 \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.9.14)}$$

여기서

N : 데이터의 수

[3.9.5 참고 3] 계산의 예

1) 야콥의 직선해석법

편대수방안지를 사용하여 대수의 가로축에 t를 세로축에 s를 취하고, 아래 표의 각 수치를 표시하면 〈3.9.5 참고도-3〉와 같이 된다.

t에 대한 하나의 대수 사이클에 있어서 s의 차 $\triangle s$를 구하면,

$$\triangle s = 1.04-0.83 = 0.21(\mathrm{m})$$

를 얻는다.

t (s)	1,200	1,800	3,600	6,000	9,000	10,000
s (m)	0.861	0.910	0.955	1.002	1.025	1.062
Q (m^3/s)	0.018					

다음에 이 직선을 화살표방향으로 연장하여 $s = 0$과 교점의 t, 즉 t_0를 읽으면(이 경우 벌써 한 장의 편대수방안지를 연결하지 않으면 읽을 수 없다.) $t_0 = 0.12$초를 얻는다.

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{\triangle s} = \frac{0.183\times 0.018}{0.21} = 0.0157 \ (\mathrm{m^2/s})$$

$$k = \frac{T}{M} = \frac{1.57}{M} \ (\mathrm{cm/s})$$

$$S = \frac{2.25 \cdot T \cdot t_o}{r^2} = \frac{2.25\times 0.0157\times 0.12}{r^2} = \frac{0.0042}{r^2}$$

2) 수위회복법

다음 표로부터 s'와 log t/t'의 관계를 편대수방안지에 그리면 〈3.9.5 참고도-4〉와 같이 된다.

$s' = 0.1$일 때, log $t/t' = 0.6$으로 되므로,

$$T = \frac{0.183Q}{s'} \log t/t' = \frac{0.183\times 0.018\times 0.6}{0.1} = 0.0197\,(\mathrm{m^2/s})$$를 얻는다.

시간	s'	t'	t	t/t'	log t/t'	시간	s'	t	t'	t/t'	log t/t'
13:11	1.070	0	191	-	-	15:00	0.071	1.09	300	2.76	0.4469
15	0.427	4	195	48.7	1.6875	20	0.064	1.29	320	2.43	0.3945
20	0.292	9	200	22.1	1.3443	40	0.057	1.49	340	2.28	0.3579
30	0.200	19	210	11.0	1.0414	16:00	0.052	1.69	360	2.13	0.3283
40	0.160	29	220	7.6	0.8808	20	0.049	1.89	380	2.05	0.3118
50	0.135	39	230	5.9	0.7709	40	0.048	2.09	400	1.91	0.2810
14:00	0.117	49	240	4.9	0.6902	17:00	0.041	2.29	420	1.83	0.2625
20	0.095	69	260	3.76	0.5752	20	0.038	2.49	440	1.77	0.2480
40	0.082	89	280	3.15	0.4983	40	0.035	2.69	460	1.71	0.2330

3.10 집수매거(infiltration galleries)

3.10.1 총칙

집수매거는 하천부지의 하상 밑이나 구하천 부지 등의 땅속에 매설하여 집수기능을 갖는 관거이며 복류수나 자유수면을 갖는 지하수(자유지하수)를 취수하는 시설이다.

자갈, 모래 등 투수성이 양호한 대수층을 선정하여 만들며 유황(流況)이 좋으면 안정되게 취수할 수 있다. 지상구조물을 축조할 수 없는 장소에도 설치가 가능한 이점이 있다.

제외복류수를 취수하는 경우 또는 제내복류수에 관해서도 그 취수에 의하여 하천 유량에 영향이 현저한 경우에는 「하천법」의 규정이 적용되는 경우가 있다. 하천구역이나 하천보전구역의 복류수나 강변여과수를 취수하는 경우에는 하천관리자와 협의해야 한다.

3.10.2 위치 및 구조

집수매거의 위치 및 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 집수매거의 부설 방향은 복류수의 상황을 정확하게 파악하여 효율적으로 취수할 수 있도록 한다.
2. 집수매거는 노출되거나 유실될 우려가 없도록 충분한 깊이로 매설한다.
3. 집수매거의 길이는 시험우물 등에 의한 양수시험 결과에 따라 정한다. 이 때에 집수개구부지점에서의 유입속도는 모래의 소류한계속도 이하를 표준으로 한다.
4. 철근콘크리트조의 유공관 또는 권선형 스크린관을 표준으로 한다.
5. 세굴의 우려가 있는 제외지에 설치할 경우에는 철근콘크리트틀 등으로 방호한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 집수매거는 복류수의 흐름방향에 대하여 지형이나 용지 등을 고려하여 가능한 한 직각으로 설치하는 것이 효율적이다. 복류수가 풍부한 곳에서는 흐름방향에 평행하게 또는 평행에 가깝게 매설하는 경우도 있다. 취수량을 많게 하기 위하여 집수매거의 본관에서 지관을 1개 내지 몇 개를 분기하는 경우도 있다(〔그림 3.10.1〕 참조).

2.에 대하여 ; 집수매거는 가능한 한 직접 지표수의 영향을 받지 않도록 하기 위하여 매설깊이는 5 m 이상으로 하는 것이 바람직하지만, 대수층의 상황, 불투수층의 깊이 및 수질 등을 고려하여 결정한다. 제외지에 있어서는 저수로의 하상에서 2 m 이상으로 한다.

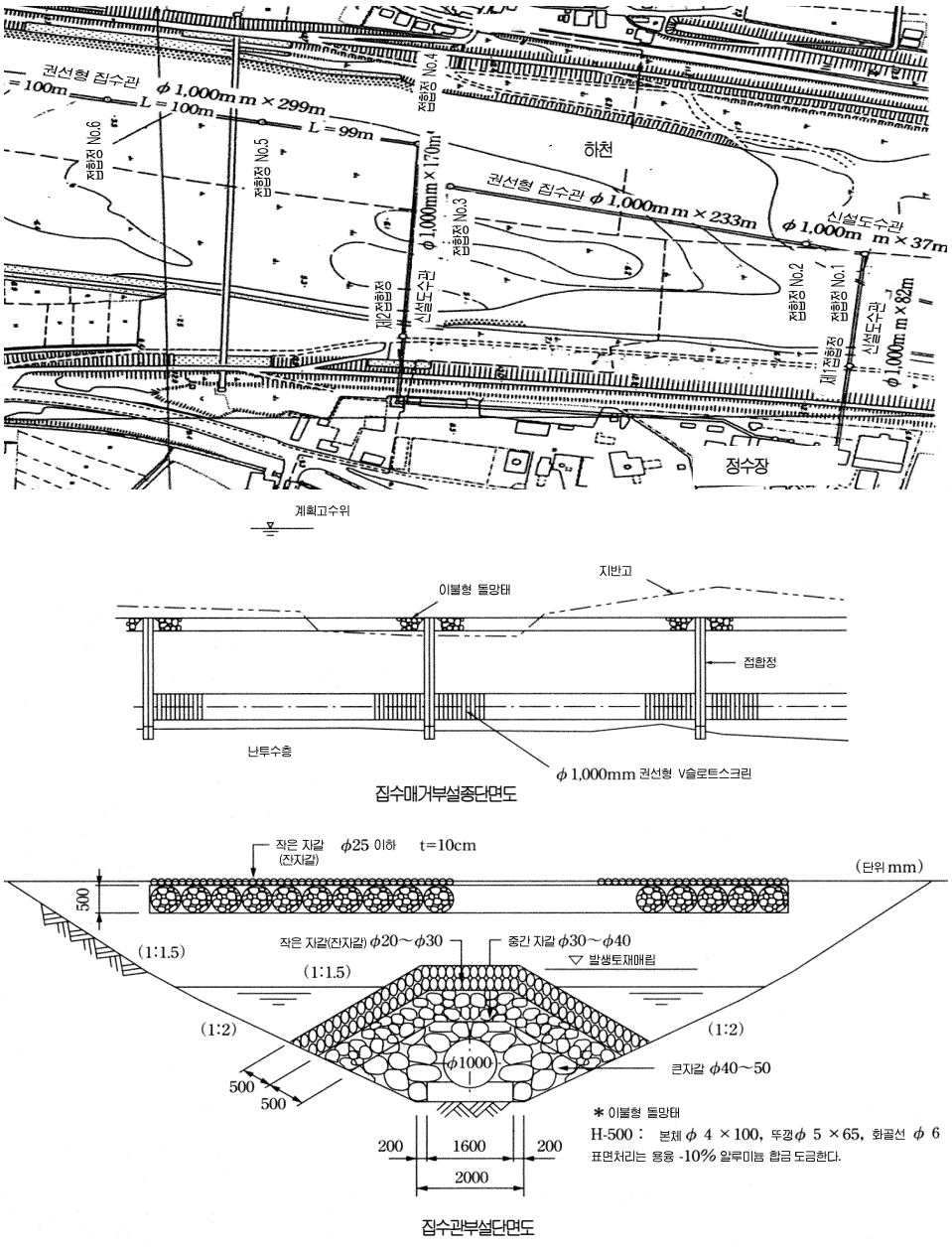
3.에 대하여 ; 시험정 등에 의하여 3.9.5 양수량의 결정에서 설명된 양수시험을 참고로 하여 집수매거의 조건에 적합한 수리공식을 사용하여 길이를 결정한다. 또한 길이를 결정할 때에는 모래 등에 의하여 집수공을 폐색시키지 않도록 유입속도는 모래의 소류한계유속 이하로 한다.

4.에 대하여 ; 철근콘크리트유공관 및 권선형 스크린관(3.10.3 집수개구부(공) 참조)은 어느 것이나 녹슬지 않고 강도 및 내구성이 있는 재질로 한다.

관거의 형상은 원형을 표준으로 한다. 내경은 부설한 다음의 점검, 수리 등 유지관리에 편리하도록

900 mm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 제외지에서 세굴될 우려가 있는 경우에는 관거가 이동되거나 유실되는 것을 방지하기 위하여 철근콘크리트로 된 보호틀 등으로 방호해야 하며 하상보강공(reinformed concrete frame) 등을 하고 또 기초지반이 불량한 장소에는 관거의 부등침하를 방지하기 위하여 말뚝치기, 통나무(wooden bases) 등을 사용한다.



[그림 3.10.1] 집수매거도의 부설 예(단위mm)

3.10.3 집수개구부(공)

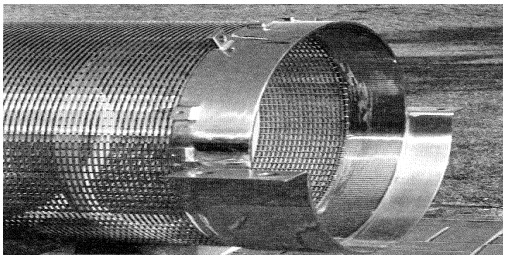
집수개구부의 공경은 효율적으로 취수할 수 있고 막힐 우려가 적은 크기로 한다.

【해설】

철근콘크리트유공관의 공경이 지나치게 크면 모래 등이 많이 유입되고 또한 지나치게 작으면 폐색될 우려가 있으므로 10~20 mm를 표준으로 하고, 그 수는 1 m^2당 20~30개의 비율로 하며 대수층이나 유입속도를 고려하여 결정한다.

집수개구부가 막히는 것을 방지하기 위하여 집수공은 안쪽으로 향하여 크게 해두는 것도 좋은 방법이다. 형상은 원형보다도 타원형으로 하는 편이 같은 면적으로 모래 등의 유입을 막을 수 있다.

권선형 스크린관([그림 3.10.2] 참조)은 개구율이 크기 때문에 유입속도를 느리게 할 수 있으며 막히지 않는 구조이면서 재질이 스테인리스강이기 때문에 녹슬지 않는 특징이 있다.



[그림 3.10.2] 권선형 스크린관의 구조

3.10.4 경사 및 거내유속

집수매거는 수평 또는 흐름방향으로 향하여 완경사로 하고 집수매거의 유출단에서 매거내의 평균유속은 1m/s 이하로 한다.

【해설】

전체적으로 균형있게 취수하기 위하여 집수매거의 경사는 될 수 있으면 수평 또는 1/500 이하의 완경사로 하는 것이 좋다.

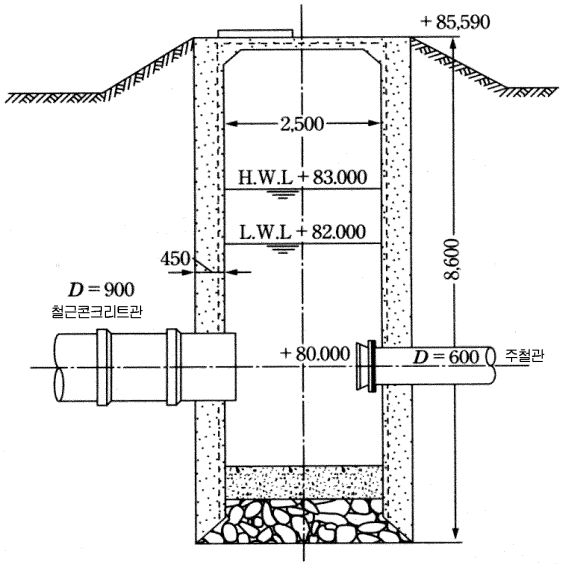
또한 집수매거내의 유속은 집수매거의 크기와 집수개구부에서의 유입속도 등과의 관계로부터 집수매거의 유출단에서 평균유속은 1 m/s 이하로 한다.

3.10.5 접합정

집수매거의 접합정은 다음 각 항에 따른다. 1. 집수매거에는 종단, 분기점, 기타 필요한 곳에 접합정을 설치한다. 2. 점검이나 그 밖의 작업이 크기를 용이하도록 정하고 철근콘크리트의 수밀구조로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 집수매거는 점검과 수리가 편리하도록 매거의 종단, 분기점, 굴곡점, 그 밖에 필요한 곳에 접합정을 설치한다(〔그림 3.10.3〕 참조).



[그림 3.10.3] 접합정의 구조도 예(단위 : mm)

2.에 대하여 ; 접합정의 내경은 집수매거내의 점검이나 모래의 반출을 용이하게 할 수 있도록 1m 이상으로 한다.

접합정은 지표수나 오수가 침입하지 않도록 철근콘크리트조의 수밀구조로 하고 맨홀을 설치하는 것이 일반적이다.

접합정의 바닥을 얕은 우물 구조로 하여 집수하는 예도 있다.

3.10.6 조인트와 되메우기

집수매거의 조인트 및 되메우기는 다음 각 항에 따른다.
1. 조인트는 관종에 따라 슬립식 공조인트로, 소켓삽입조인트, 플랜지조인트 및 새들조인트로 한다.
2. 집수매거의 주위에는 안쪽에서 바깥쪽으로 굵은 자갈, 중자갈, 잔자갈의 순서로 각각 그 두께를 50 cm 이상 충전하여 필터층을 설치하고 그 위에 토사로 되메운다.

【해설】

1.에 대하여 ; 유공철근콘크리트관의 조인트는 슬립조인트(slip joint)로 하고 모르타르 등을 채우지 않는 공조인트(open joint)로 하면, 관거 전체의 이동을 막을 수 있으며 동시에 조인트를 통하여 복류수가 유입될 수도 있다.

칼라조인트(collar joint)로 하는 경우에 한쪽만을 미리 복합조인트(composite joint)로 하여 두고 다른 쪽을 공조인트로 하면 된다.

권선형 스크린관의 조인트는 소켓삽입조인트, 플랜지조인트 및 새들조인트로 한다.

2.에 대하여 ; 집수매거의 주위에는 모래의 유입을 방지하고 복류수의 유입을 원활하게 하기 위하여 필터층으로서 안쪽에서 바깥쪽으로 굵은 자갈(입경 4~5cm), 중자갈(입경 3~4cm) 잔자갈(입경 2~3cm)의 순서로 각각의 두께 50cm 이상으로 충전하고 그 위에 토사를 되메운다.

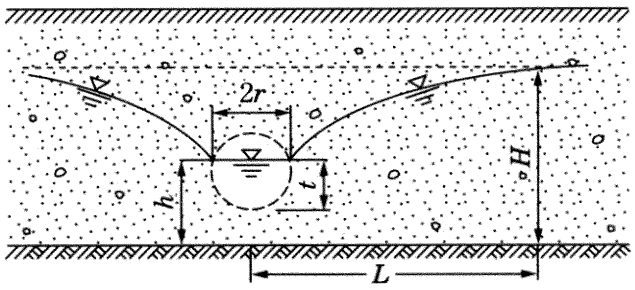
하상 밑의 집수매거는 하상에 슬러지 등이 퇴적되어 취수량이 감소되는 경우가 있다. 이 막힘을 제거하기 위하여 미리 공기 또는 압력수를 분출시키는 세척관을 설치해 놓으면 좋다.

[3.10.6 참고 1] 집수매거의 수리공식

1) 자유수면을 갖는 지하수(자유지하수)(〈3.10.6 참고도-1〉)

매거의 밑바닥이 난투수층에 달하지 않고, 난투수층까지 상당히 깊지 않은 경우

$$Q=\frac{k(H^2-h^2)\cdot l}{L}\cdot\sqrt{\frac{t+0.5r}{h}}\cdot\sqrt[4]{\frac{2h-t}{h}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.10.1)}$$



〈3.10.6 참고도-1〉 자유수면을 갖는 지하수

여기서

Q : 양수량(m^3/s)
k : 투수계수(m/s)
L : 영향반경(R)
H : 현 지하수심(m)
r : 매거의 반경(m)
h : 매거의 수위로부터 불투수층까지의 깊이(m)
t : 매거내의 수심(m)
l : 매거의 길이(m)

2) 하상 밑의 매거(〈3.10.6 참고도-2〉)

하천의 폭이 넓고 대수층이 충분히 깊은 경우

$$Q_{vD}=\frac{2\pi k\{H_o+d-(P_c/W)\}\cdot l}{2.3\log_{10}\left\{\frac{\sin N\alpha+\sin N(d-r)}{\sin N\alpha-\sin N(d-r)}\right\}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.10.2)}$$

$$N=(\pi/2)/I \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.10.3)}$$

$$\alpha=\frac{2I}{\pi}sin^{-1}\sqrt{\sin N(d-r)\cdot\ \sin(d-r)}\fallingdotseq d \quad \cdots\cdots \text{(참고 3.10.4)}$$

여기서

d : 하상에서 매거중심까지의 깊이(m)

H_o : 투수층상의 수심(m)

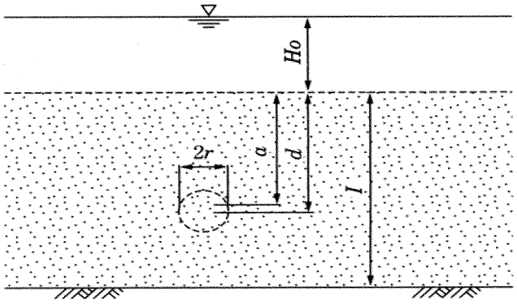
α : 유입점의 위치(m)

P_c : 매거내의 수압(t/m^2)

W : 물의 단위 중량(t/m^3)

Q_{vD} : 매거의 단위길이당의 유입량(m^3/s)

I : 투수층의 두께(m)



〈3.10.6 참고도-2〉 하상 밑의 매거

3.11 얕은 우물(천정호 : shallow wells)

3.11.1 총칙

얕은 우물은 자유지하수 또는 복류수를 취수하는 우물로, 일반적으로 철근콘크리트제의 우물통을 지하에 설치하고 그 바닥 또는 측면에서 우물통 내로 집수하며 그 물을 수중 모터펌프 등으로 양수하는 시설이다.

우물통 외에 강제의 케이싱을 설치하고 측면의 스크린으로 집수하는 경우도 있다.
우물통의 벽면에 있는 대수층에 수평방사상으로 집수관을 삽입하여 우물통 내로 집수하는 방사상 집수정도 있다. 수량·수질 모두 양호한 대수층이면, 비교적 간단히 안정되게 취수할 수 있다.

얕은 우물에서 안정되게 취수하기 위하여서는 양호한 대수층을 선정한 다음 우물통의 구조, 우물바닥의 깊이, 양수펌프의 능력 등을 적절히 결정해야 한다. 또한 지표로부터의 수질오염을 방지하기 위하여 필요한 조치를 취할 필요가 있다.

3.11.2 형상 및 구조

우물의 형상 및 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 우물통에 의한 경우
   1) 원통형의 철근콘크리트조를 표준으로 한다.
   2) 대수층이 두텁고 우물통의 밑바닥으로부터 취수하는 경우에 우물의 크기는 시험우물의 양수시험결과에 근거하여 정하며, 밑바닥과 불투수층과의 간격을 적절히 유지하고 우물바닥에는 단단하고 깨끗한 자갈을 깔아 채운다.
   3) 밑바닥에서의 유입속도는 모래의 소류한계유속 이하를 표준으로 한다.
   4) 대수층이 엷은 경우에 우물통의 구조는 대수층 밑바닥 가까이 설치하고 밑바닥은 철근콘크리트판으로 한다. 집수지점은 우물의 최저수위보다 아래에 설치한다.
2. 케이싱에 의한 경우는 **3.12 깊은 우물**에 준한다.

【해설】

표층에는 다량의 지하수를 갖는 모래자갈층이 풍부하므로 얕은 우물이 많이 사용된다. 깊이 8~20m의 비교적 얕은 우물은 굴착하면서 우물통을 설치해 나간다. 그 이상 깊은 우물은 무너지기 쉬운 모래층이 많으므로 강관 등을 박아 넣는 케이싱에 의한 방법이 일반적이다.

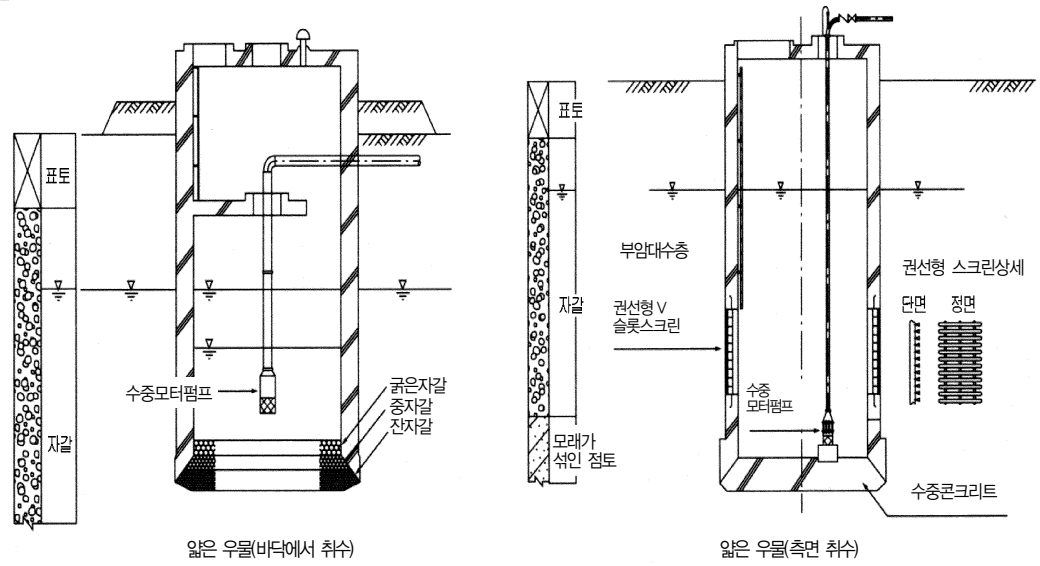
우물통인 경우에는 취수량과 대수층의 두께에 의하여 저면 또는 측면으로부터 취수하고 케이싱인 경우에는 측면으로부터 취수한다.

1. 1)에 대하여 ; 얕은 우물은 지표로부터의 수질에 영향을 받기 쉽기 때문에 가능한 한 깊게 하는 편이 좋지만, 8~20m의 것이 많다. 우물통의 형상은 원형을 표준으로 한다.

구조는 철근콘크리트조나 철근콘크리트블록조립조로 하며 측벽은 파괴될 우려가 없는 충분한 강도를 갖는 것이 필요하다(〔그림 3.11.1〕 참조)

우물통 침하공법에 의하여 얕은 우물을 설치하는 경우에는 우물통 하단에는 강판제의 커브슈(curb-shoe of steel plate)를 부착하고 더욱이 시공 중에 부등침하 등으로 인하여 우물통이 기울어져서 예측하지 못하였던 응력이 생길 수 있으므로 우물통의 벽두께를 두껍게 해야 하며 철근을 충분히 넣는다.

1. 2) 및 1. 3)에 대하여 ; 대수층이 두껍고 우물의 밑바닥으로부터 취수하는 불완전관입우물을 채택하는 경우에는 우물통 밑바닥과 불투수층과의 사이의 지하수 유입저항을 감소시키기 위하여 우물바닥이 불투수층보다 우물통 외경의 1/4 이상 깊도록 간격을 유지한다.

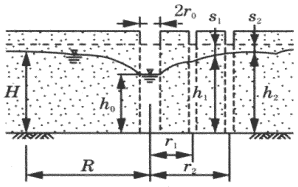


[그림 3.11.1] 얕은 우물의 구조

〈3.11.1 참고-1〉 얕은 우물의 수리공식

$$Q=\frac{\pi k(H^2-h_o^2)}{2.3\log_{10}(R/r_o)}$$ 평형식(양수시험) $$Q=\frac{\pi k(h_2^2-h_1^2)}{2.3\log_{10}(r_2/r_1)}$$

또는 $$k=\frac{0.733Q\log_{10}(r_2/r_1)}{(h_1+h_2)(s_1-s_2)}$$



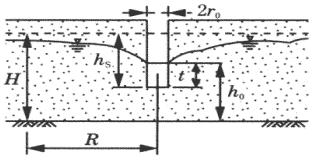
완전관입우물

볼리(Boreli)의 식

$$Q=\frac{\pi k(h_s^2-t^2)}{2.3\log_{10}(R/r_o)}\left\{1+(0.3+10\frac{r_o}{H})\sin(1.8\frac{h_o-t}{h_o})\right\}$$

폴히하이머(Forchheimer)의 식

$$Q=\frac{\pi k(H^2-h_o^2)}{2.3\log_{10}(R/r_o)}\sqrt{\frac{t+0.5r_o}{h_o}}\sqrt[4]{\frac{2h_o-t}{h_o}}$$

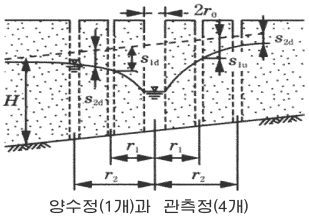


불완전관입우물

수정평형식(양수시험)

$$k=\frac{2.93Q\log_{10}(r_2/r_1)}{M(s_{1u}+s_{1d}-s_{2u}-s_{2d})}$$

$$M=4H-(s_{1u}+s_{1d}-s_{2u}-s_{2d})$$



양수정(1개)과 관측정(4개)

우물의 밑바닥으로부터 모래가 유입되지 않도록 유입속도는 모래의 소류한계유속 이하로 해야 하며 지하수나 복류수가 풍부한 경우라도 밑바닥으로부터의 유입속도를 감안하여 우물통의 구경을 너무 작게 하는 것은 피해야 한다. 우물통을 지나치게 깊게 내리면 계획한 대로 취수할 수 없는 경우도 있다.

대수층의 모래가 우물로 유입되지 않아야 하고 양수할 때에도 올라오지 않도록 하기 위하여 하부로부터 순차적으로 잔자갈(입경 2~3 cm)·중자갈(입경 3~4 cm)·굵은 자갈(입경 4~5 cm)을 각각 30 cm, 합계 90 cm 정도의 두께로 고르게 깔아 채우는 것이 필요하다.

1. 4)에 대하여 ; 취수량에 비하여 대수층이 엷은 경우에 특히 갈수기에 지하수의 수위저하가 우려되는 경우, 우물통 구조는 대수층의 밑바닥 가까이까지 취수할 수 있도록 불투수층까지 파내려 가서 철근콘크리트로 밑바닥을 막은 완전관입정으로 하고 우물통의 측면으로부터 취수한다.

이러한 경우에는 집수지점은 우물의 최저수위보다 아래에 설치하는 것이 좋다. 집수지점은 3.10.3 집수개구부(공)에 준하여 설치하는 것이 좋다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 강관이 케이싱으로 사용되지만, 소구경의 경우나 부식의 우려가 있는 곳에는 경질염화비닐관, FRP관 등이 사용된다.

또한 캐스트홀공법(cased hole method-casing excavation)에 의한 우물은 굴착할 때에 벤토나이트나 점토 등에 의한 점토수를 사용하지 않는 청수굴착(fresh water for excavation)으로 비용출량(比湧出量-specific spring water quantity)이 큰 우물인 경우가 많으며 구경은 1,000mm 이상인 것도 있다.

3.11.3 방사상 집수정

방사상 집수정의 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 우물통의 지름은 집수관을 삽입하기 위하여 기계를 용이하게 조작할 수 있는 크기로 한다.
2. 우물통은 토압이나 부력 등에 대하여 안전한 구조로 한다.

【해설】

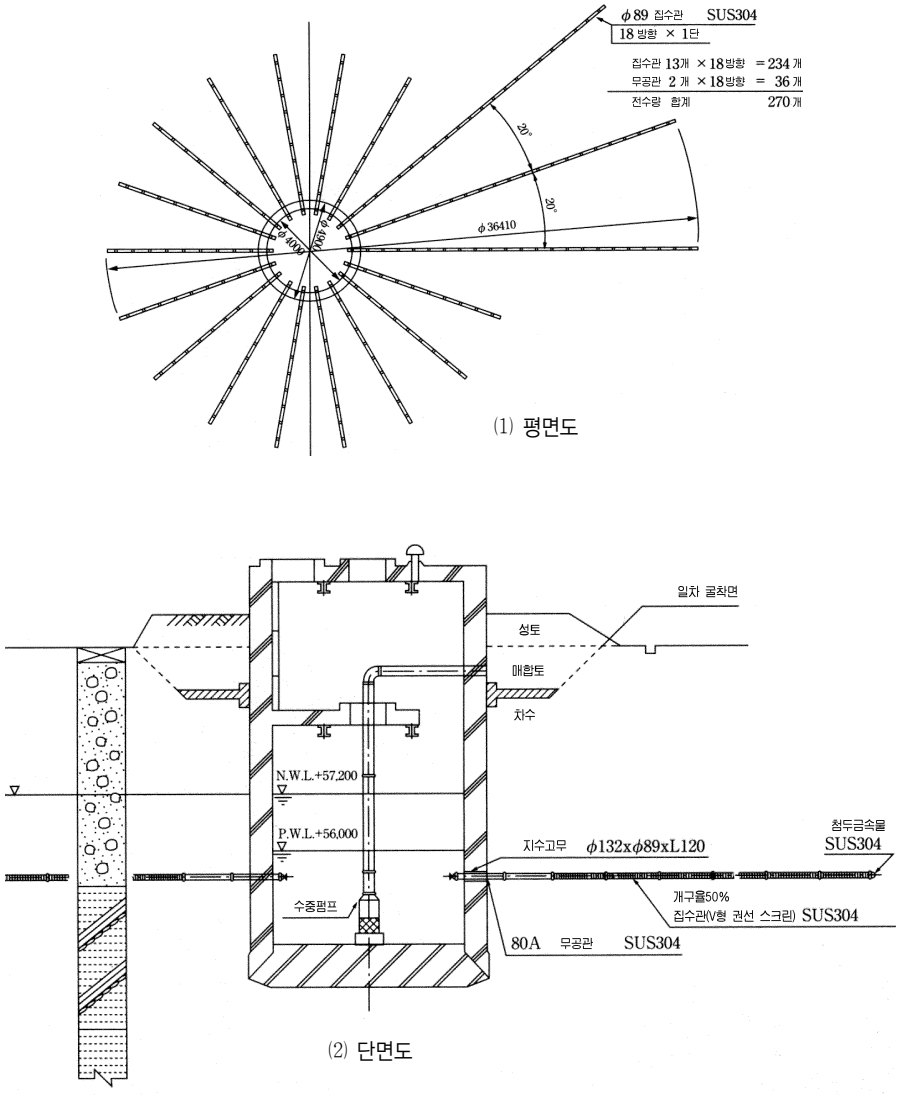
방사상 집수정의 구조는 우물통의 측벽으로부터 대수층 중에 집수관을 수평방향으로 방사상으로 밀어 낸다. 이 밀어 낸 길이만큼 우물의 반경이 커지기 때문에 대량취수에 유리하다.

우물바닥은 불투수층(이암 등)까지 도달시키고 또한 점검이나 보수할 때에 취수를 정지시킬 수 있도록 하기 위하여 우물통 내에 있는 집수관의 끝에는 내식성을 갖는 볼밸브를 설치하는 것이 바람직하다.

1.에 대하여 ; 우물통의 지름은 우물통 내에서 임팩트해머(impact hammer) 등으로 다공집수관을 박아 넣거나 굴착기(boring machine)로 뚫은 다음 외관을 삽입하고 권선형 스크린관을 설치하는 작업에 필요한 크기로 한다(〔그림 3.11.2〕 참조).

2.에 대하여 ; 우물통은 철근콘크리트조로 하고, 우물통 바닥도 철근콘크리트로 폐쇄시킨다. 또한 점검하거나 보수할 때에는 우물통 내의 물을 전부 배제하고 작업하는 경우가 있으므로 토압, 양압력 및

부력에 대하여 안전한 구조로 할 필요가 있다.



[그림 3.11.2] 방사상 집수정 구조도

3.11.4 여러 개의 우물배치

근접하여 여러 개의 우물을 설치하는 경우에는 상호간섭이 없도록 우물 간격을 결정한다.

【해설】

우물 간의 간격을 지나치게 가까이 하면, 상호간섭에 의하여 극단적인 수위저하를 일으키며 모래가 유입되는 등의 장애가 생길 우려가 있으므로 3.9.2 조사, 3.9.3 취수지점의 선정 및 3.9.4 채수층의 결정에 근거하여 적절한 간격을 두고 설치한다.

또 지하수나 복류수의 흐름방향에 대하여 우물들을 잇는 선에 직각이 되도록 배치하는 것이 취수하는데 유리하다.

이것은 흐름방향에 대하여 평행으로 우물들을 배치하는 경우에는 상류 측의 우물은 안정되게 취수되지만, 하류측의 우물은 상류측 우물의 영향을 받아 충분하게 취수하기가 곤란하게 될 우려가 있기 때문이다.

3.11.5 부대설비

얕은 우물의 부대설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 우물통의 상단은 지표면보다 높게 하고, 뚜껑, 통기공 및 맨홀 등을 설치한다.
2. 우물통의 바깥주변에는 배수시설을 잘 설치하고 오수가 침입하지 못하도록 보호공을 시설한다.
3. 우물에는 수위계를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 우물통의 상단은 외부로부터 오수 등이 들어가지 않도록 지표면으로부터 30cm 이상 높게 하고 반드시 뚜껑을 설치한다.

뚜껑에는 우물의 수위변화에 대응하기 위한 통기공을 설치하고 또한 점검할 때의 출입에 필요한 맨홀을 설치한다. 통기공은 쓰레기나 곤충 등이 들어가지 않도록 고운 철망을 씌운다.

기타 개수공사 등에 대비하여 사람이나 기자재를 반출입할 수 있는 반입구를 설치한다.

2.에 대하여 ; 우물통의 측벽에 따라 지표수나 오수가 지하로 침입되기 쉬우므로 우물통의 외주(ground surface portion)에는 배수(drain)가 잘 되도록 하고, 굴착면과 우물통 사이의 틈새 상부는 점토 등으로 차수하여 오수가 지하로 침입하지 못하도록 조치한다.

3.에 대하여 ; 우물관리를 위하여 우물의 수위를 상시 알 수 있도록 수위계를 설치해 놓는다.

3.12 깊은 우물(심정호 : deep wells)

3.12.1 총칙

깊은 우물은 피압대수층으로부터 취수하는 우물로서 케이싱, 스크린, 케이싱 내에 설치하는 양수관과 수중모터펌프로 이루어지며, 좁은 용지에서 비교적 다량의 양질인 물을 얻을 수 있다. 채수층에 설치된 스크린으로부터 직접 펌프로 양수하며 깊이는 30m 이상의 것이 대부분이고 600m 이상인 것도 있다.

얕은 우물에서는 주로 대수층의 면적확대를 고려해야만 하는 데 반하여 깊은 우물은 대수층을 입체적으로 넓게 이용하는 방식이며, 대수층의 두께가 어느 정도 있어야 한다.

따라서 깊은 우물의 스크린은 대수층의 두께에 알맞은 길이가 필요하다.

안정된 취수량을 확보하기 위하여서는 충분히 조사하여 양호한 대수층을 찾아내고 그 대수층에 알맞은 스크린을 설치하며 지하수 부존량에 알맞은 능력의 펌프를 선정해야 할 필요가 있다.

또 스크린의 막힘 등 비상시에도 안정된 공급량을 확보하기 위하여 예비정을 설치하는 것을 검토해 둘 필요가 있다.

3.12.2 착정

착정은 다음 각 항에 따른다.
1. 공법은 그 토지의 지형·지질과 환경을 고려하여 선정한다.
2. 수직을 유지하도록 굴착한다.
3. 점토수(泥水-drilling mud)를 사용할 때에는 지층의 붕괴나 일수(逸水-spill)사고가 없도록 유의한다.
4. 지층의 시료를 채취하여 굴착이 종료된 후에 전기검층을 한다.
5. 케이싱강하 작업은 신속히 한다.
6. 자갈충전은 도중에 공동이 생기지 않도록 한다.
7. 점토수의 배제와 마무리 작업은 완전하게 한다.
8. 양수시험은 반드시 실시한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 깊은 우물의 굴착공법은 크게 나누어서 오픈홀(open hole)공법과 캐스트홀(cased hole)공법으로 분류된다.

오픈홀공법이란 굴착공의 붕괴를 방지하기 위하여 공내를 점토수로 채워서 점토벽을 만들면서 소정의 깊이까지 나공으로 굴진하며 굴착작업이 완료되면 스크린이 부착된 케이싱을 내려 보내는 공법이다.

이에 대하여 캐스트홀 공법이란 굴착공의 붕괴를 방지하기 위하여 가설케이싱을 지층에 삽입하면서 굴진하며, 원칙적으로 점토수를 사용하지 않고 맑은 물만으로 굴진하는 공법(清水掘鑿工法)이다.

석회암, 안산암 및 응회암 등의 공동이나 균열로부터 채수하며 붕괴의 우려가 없는 경우에는 케이싱도 스크린도 삽입하지 않고 나공상태로 마무리하는 경우도 있다.

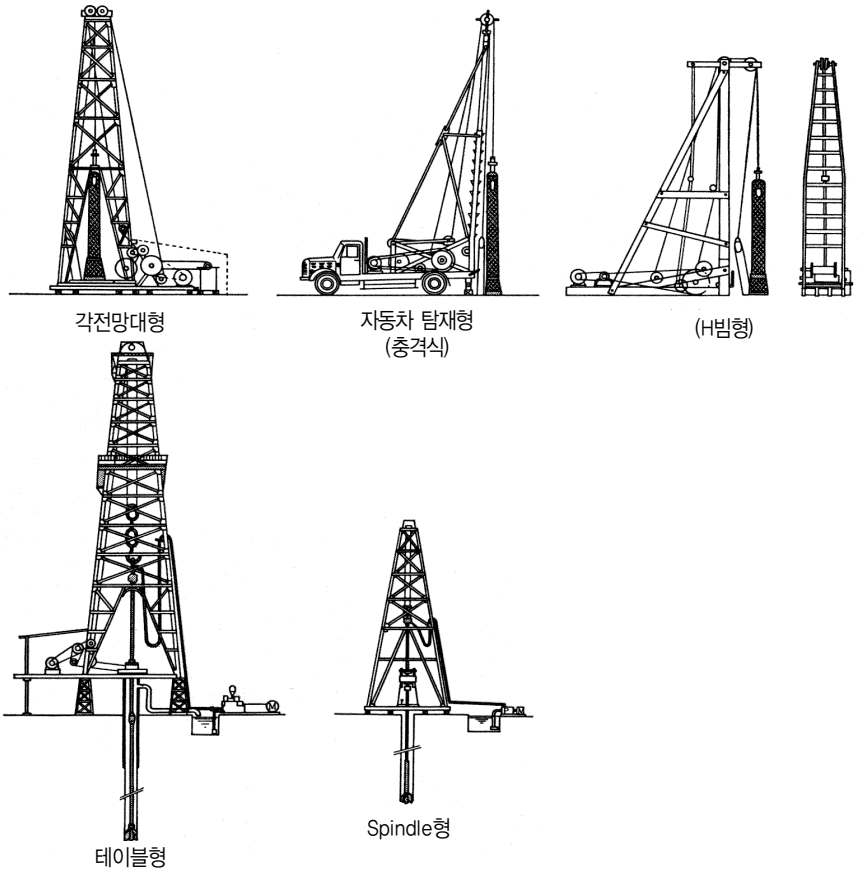
착정기로는 로터리식(rotary type)과 충격식(percussion type)이 있으며 지층(strata)의 종류, 착정의 깊이, 입지조건 및 경제성 등에 따라 선정한다(〔그림 3.12.1〕 참조). 로터리식과 충격식과의 비교표를 〈표 3.12.1〉에 나타내었다.

2.에 대하여 ; 우물의 공이 휘어지게 되면, 굴착용의 비트(bit) 등이 끼이게 되거나 충전자갈이 충분히 들어가지 않고 마무리가 불량하게 되며 최악의 경우에는 케이싱이 내려가지 않게 된다.
따라서 굴진 중에 몇 번이나 우물의 공중심(center)을 측정하고 경사측정기를 내려 보내서 휘어짐이 생겼을 때에는 즉시 수정해야 한다.

〈표 3.12.1〉 굴착방법에 의한 비교표

기 종	설치 면적	굴진율						깊 이(m)	사용 점토수(泥水)와 마무리의 관계	비용
		구 경			지 질					
		대	중	소	점토	모래	자갈			
로터리식 (table)	대	△	◎	○	◎	◎	△	경제적으로 400m 이상이 바람직하다	주로 벤토나이트를 사용하므로 아주 정성들여야 함	대
로터리식 (spindle)	중	△	○	◎	◎	◎	△	소구경으로 1000m 이상, 대구경으로 200m까지	상동	중
충격식 (stationary)	중하	○	○	×	○	○	○	150~400m	주로 생점토나 분말점토를 사용하며 비교적 용이함	중하
충격식 (mounting type)	소	○	◎	△	◎	○	○	300m 까지	상동	소

◎ : 우수, ○ : 좋음, △ : 보통, × : 나쁨



[그림 3.12.1] 각종 착정기

3.에 대하여 ; 굴착장소의 지질에 알맞은 점토수를 사용하지 않으면, 일수(逸水 : spill), 발분(發噴 : burst) 등의 사고를 일으키며, 정상적인 마무리를 할 수 없게 되는 경우가 있다. 따라서 사용하는 점토수의 종류, 밀도 및 점성 등을 충분히 고려해야 한다.

4.에 대하여 ; 각 지층의 시료채취와 전기검층은 스크린의 설치위치를 결정하는데 필요한 자료를 제공해 주게 된다.

지층의 시료채취량은 체가름시험을 하는 경우에는 1회에 대하여 약 500g이 필요하다.

전기검층에는 비저항법 중에 전극간의 거리에 의하여 롱-노말(long normal)과 쇼트-노말(short normal)의 2가지 측정법이 있지만, 비저항치뿐만 아니라 대수층의 투수성을 파악하기 위하여서는 이 2가지 방법을 사용해야 한다(3.9.2 조사 참조).

5.에 대하여 ; 케이싱의 강하작업을 오래 끌게 되면, 지층이 압착되거나 붕괴되어 나공의 상태가 악화되고 케이싱의 강하가 불가능하게 되는 경우가 있다.

충전자갈의 투입도 케이싱의 강하작업이 완료된 직후에 가능한 한 조속히 한다.

6.에 대하여 ; 충전자갈은 계산된 투입량보다 20 % 정도 많이 준비하고 투입할 때에는 중간에 공동이 생기지 않도록 하기 위하여 끊이지 않고 일정량을 연속적으로 투입해야 한다.

만약에 충전자갈층에 공동이 생기면 마무리할 때에 그 공동부분이 함몰되고 붕괴되어 케이싱이 압착되고 파괴되는 경우도 있다.

충전자갈은 원칙적으로 최상부 스크린의 상단에서 5~10 m 윗부분까지 충전하고, 그 상부는 시멘트밀크(cement milk), 생점토, 벤토나이트 등으로 차수(water insulation)하여 지표면으로부터 하수 등의 오염물질이 우물 속으로 침입하지 않도록 한다.

7.에 대하여 ; 오픈홀공법에서는 점토수를 사용하기 때문에 나공 주위에 점토벽이 형성되며 또한 일부의 점토수가 대수층 내에 침입한다. 마무리할 때에는 이미 침입한 점토수와 점토벽을 가능한 한 완전히 제거해야 한다. 특히 로터리공법으로 굴착한 경우에는 튼튼한 점토벽이 만들어지므로 스크린의 기능을 손상하지 않도록 제거해야 한다.

마무리작업은 착정작업 중에서 가장 중요한 작업 중의 하나이다.

우선, 케이싱 내의 점토수를 맑은 물로 치환하기 위하여 점토를 배제하고 다음에 열거한 몇 가지 방법을 조합하여 마무리작업을 실시한다.

① 스와빙(swabbing : surging)법
② 과대단속(過大斷續)양수법
③ 고속제팅(high speed zetting)법
④ 백워싱(back washing)법
⑤ 약품처리(chemical treatment)법

① 스와빙법은 케이싱을 실린더라고 생각하고, 케이싱 속에 케이싱의 내경보다 약간 작은 직경의 스웨지볼(swedge ball)이라는 철구(鐵球)를 철선으로 달아매어서, 피스톤모양으로 철구를 스크린의 직상부까지 조용히 내린 다음 급속히 끌어당겨 올린다. 이 철구의 상하운동에 의한 흡인력으로 스크린의 바깥쪽에 형성된 점토벽을 파괴하고 잔 모래입자를 채수층으로부터 인출함으로써 물길을 열어서 지하수를 유도하는 방법이다. 이 방법은 각종 마무리작업의 방법 중에서 가장 효과적인 방법이다.

② 과대단속양수법은 양수펌프에 의하여 과대양수와 단속양수를 반복함으로써 채수층에 충격을 주어서 점토벽(泥壁)을 파괴하고, 잔 모래 등을 배출시켜 지하수를 유도하는 방법이다.

③ 고속제팅법은 스크린의 내부로부터 외부를 향하여 물을 분사시켜 스크린의 눈(網目)을 깨끗하게 함으로써 지하수를 유도하는 공법이다.

④ 백워싱법은 우물 내에 청정한 물을 한꺼번에 유입시켜서 우물내의 수위를 일시적으로 높이고 역세척작용에 의하여 스크린의 막힘을 제거하여 지하수를 끌어내는 방법이다.

⑤ 약품처리법은 어느 정도 세척된 우물 내에 고중합인산염 등을 투입하여 산으로 세척하는 방법이다. 또 세척배출수는 「수질오염물질의 배출허용기준」에 적합하도록 처리해야 한다.

권선형 스크린, 슬리트형 스크린에는 ① 방법이 가장 알맞으며 ① 만으로서는 마무리가 불충분한 경우에는, ②, ④ 또는 ⑤ 의 방법을 병용한다.

권선형 V슬로트 스크린은 주로 ③ 방법이 적합하지만, 경우에 따라서는 ①, ② 및 ⑤ 의 방법도 사용되고 있다.

8.에 대하여 ; 양수시험에는 3.9.5 양수량의 결정에서 설명한 바와 같이 정량적인 단계양수시험과 정성적인 대수층시험이 있지만, 어느 것이나 개개 우물의 적정 양수량을 결정하고 확실하게 우물을 관리하기 위하여서는 빠뜨릴 수 없는 시험이다.

3.12.3 구조

깊은 우물의 구조는 예정심도, 양수량, 지하수의 수위 및 수질 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

케이싱의 구경은 주로 양수량의 다소에 의하여 결정되지만, 굴착의 난이도를 고려해야 한다. 일반적으로 양수량과 케이싱구경과의 관계는 다음과 같다.

① 양수량 1,500 m^3/d 미만인 경우에는 케이싱구경 250 mm(양수관경 100 mm)

② 양수량 1,500~2,500 m^3/d 미만인 경우에는 케이싱구경 300 mm(양수관경 125~175 mm)

③ 양수량 2,500 m^3/d 이상인 경우에는 케이싱구경 350 mm 이상(양수관경 175 mm 이상)

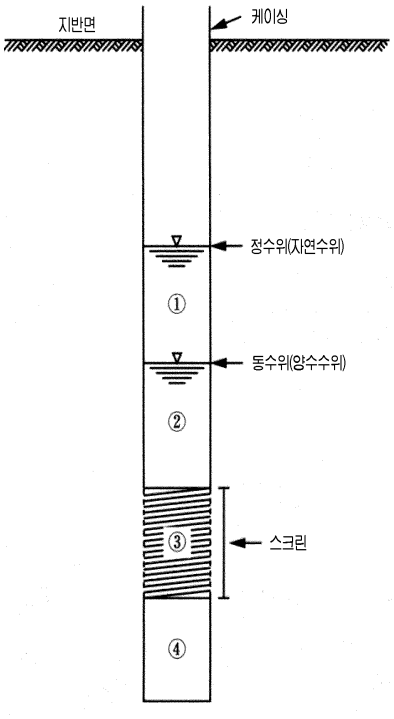
케이싱은 일반적으로 강관이 사용되며 그 두께는 지질의 경연 정도나 깊이에 따라 결정된다. 수질의 영향에 의한 부식이나 전식의 우려가 있는 경우에는 두꺼운 관을 사용하거나 스테인리스강관이나 합성

수지관을 사용한다. 케이싱 및 스크린의 접합에는 용접이음과 나사조임이 있으나, 일반적으로는 용접이음이 사용된다.

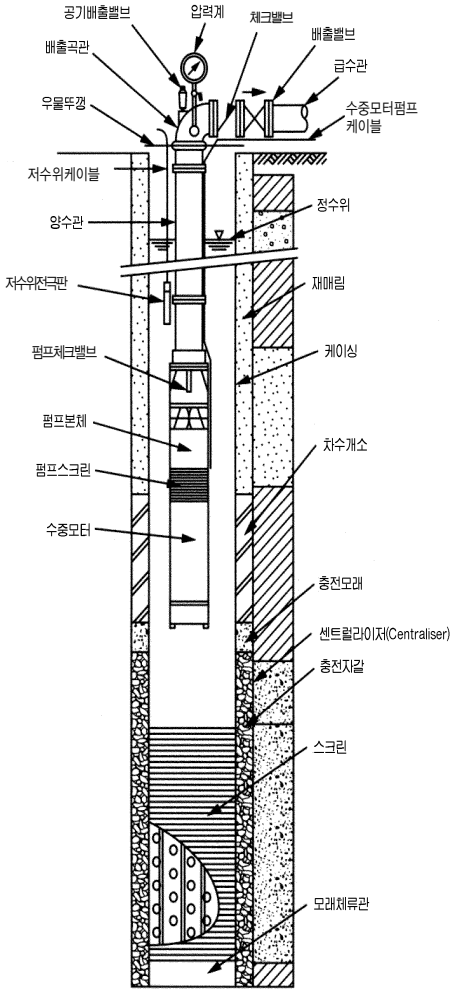
깊은 우물용의 양수펌프에는 수중모터펌프가 사용된다. 수중모터펌프의 시방은 펌프의 구경, 토출량, 전양정, 회전속도, 펌프효율, 축동력 등에 의하여 결정된다.

구경이 200 mm를 넘는 대형 수중모터펌프를 사용하는 경우에는 전원전압, 모터의 시동방식 등에 대하여 검토해야 한다.

양수펌프의 설치위치는 〔그림 3.12.2〕의 ③에서는 모래가 유입될 우려가 있으며 ④에서는 펌프의 설치비가 비싸게 되고 또한 양수저항도 크며 모터의 주위에 수온상승의 우려도 있다. 따라서 그 설치위치는 ②가 가장 바람직하며 그렇게 할 수 없는 경우에는 ④의 위치에 설치하는 경우도 있다. ①에서는 소정의 양수량을 양수할 수 없는 경우가 있다(〔그림 3.12.3〕 참조).



[그림 3.12.2] 양수펌프



[그림 3.12.3] 깊은 우물의 구조

3.12.4 여러 개의 우물 배치

우물을 2개 이상 설치할 경우에는 일반적으로 지하수의 흐름방향과 직각으로 지그재그로 배치하고 우물간의 간격은 양수량의 상호간섭이 가능한 한 적도록 정한다.

【해설】

우물 상호간의 간섭을 피하고 가능한 한 합리적으로 지하수를 채취하기 위하여서는 우물의 배치에 관하여 고려해야 한다. 얕은 우물과 마찬가지로 지하수의 흐름방향과 평행으로 우물을 배치하면 상류측의 우물은 충분한 지하수를 양수할 수 있지만, 하류측 우물은 상류측 우물의 영향을 받아서 충분한 취수가 불가능하게 되는 경우가 있다. 따라서 한정된 부지 내에서 지하수의 흐름과 직각으로 또한 지그재그로 배치하는 것이 합리적이다.

이상은 지극히 일반적인 경우이지만 실제로는 우물의 영향권은 완전한 원형이거나 지질에 따라서는 타원형 또는 극단적인 경우에는 띠 모양이 되는 경우도 있다. 따라서 보다 합리적인 우물 배치를 위해서는 최초에 굴착된 우물 주위에 적어도 2개 이상의 관측 우물을 설치하여 우물간의 상호영향의 정도를 조사해야 한다.

취수우물과 관측우물과의 위치관계는 흐름방향과 평행 및 직각으로 하고 그 간격은 지형이나 지질조건 등에 따라 다르지만, 일반적으로 10~50 m로 하는 것이 바람직하다.

이용할 수 있는 여러 개의 대수층이 있는 경우에는 대수층을 바꿔서 취수함으로써 상호간의 영향을 작게 할 수 있다.

3.12.5 우물용 스크린

깊은 우물의 우물용 스크린은 다음 각 항에 따른다.
1. 설치위치는 피압대수층으로 하고 스크린의 최하부에는 유사시설로서 맹관을 붙인다.
2. 우물용 스크린 내로 유입되는 물의 속도는 가능한 한 느리게 한다.
3. 채수층을 구성하는 모래자갈 등의 형상과 입경에 적합한 구조로 한다.
4. 강도나 내식성이 풍부한 재질로 한다.

【해설】

우물용 스크린(이하 스크린이라 한다)은 우물의 채수층 부분에 삽입되는 유공관으로 이전에는 스트레이너라고도 하였다. 스크린의 양부에 따라 착정의 우열을 결정한다고 할 정도로 스크린의 상태가 좋아야 하며 말하자면 착정의 심장부이다.

1.에 대하여 ; 지표수가 침투하여 오염되는 경우가 많은 자유대수층에는 스크린을 설치하지 않는 것이 좋다.

다만, 산악지대가 해변 가까이까지 있으며 평야지대가 좁은 우리나라의 동해안과 같은 지형에서는 자유대수층 바로 아래가 암반 등의 불투수층인 경우가 많으므로, 이러한 경우에는 가능한 한 자유대수

층의 하부에 스크린을 설치한다.

더욱이 양수할 때에 모래가 유입되는 경우도 있으므로 유사시설로서 최하부에 5~10m 길이의 맹관을 스크린에 붙인다.

2.에 대하여 ; 모래 섞인 자갈층이나 모래층으로부터 채수하는 경우에는 잔 모래가 유입될 우려가 있으므로 자갈을 충전하는 것뿐만 아니라 스크린에 유입되는 지하수의 속도가 가능한 한 느리도록 스크린의 개구율을 크게 한다.

지하수의 유입속도는 모래의 소류한계속도 이하를 표준으로 한다.

3.에 대하여 ; 스크린의 종류는 슬릿(slit)형, 환공권선형, 권선형, 보강링부권선형 등이 있다. 채수층이 입자가 큰 둥근 자갈로 이루어지고 모래가 전혀 포함되지 않은 경우에는 케이싱에 환공 또는 슬리트만을 뚫은 스크린으로도 지장이 없지만, 일반적으로는 모래가 유입되는 것을 방지하기 위하여 채수층의 모래자갈이나 충전자갈의 입경에 알맞은 슬롯크기(slot size)의 권선형 스크린을 사용하는 편이 좋다.

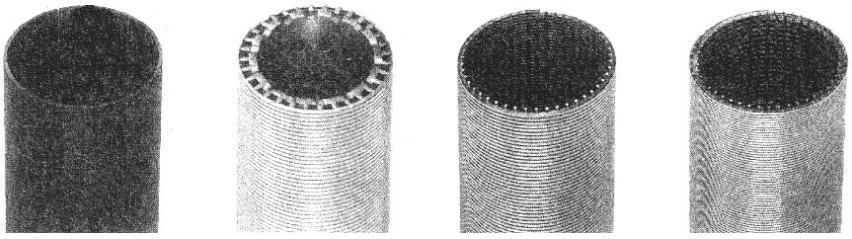
4.에 대하여 ; 스크린의 재질 선정에는 케이싱과 같이 지질의 경연, 심도 및 수질의 영향에 의한 부식이나 전식을 고려한다(3.12.3 구조 참조).

강도가 부족하면, 착정시의 스와빙(swabbing)이나 막힘의 수복공사로 생기는 부압현상으로 인하여 스크린이 압축, 파괴되는 경우가 있으므로 재질이 합성수지관 등인 경우에는 주의해야 한다.

[3.12.5 참고 1] 스크린의 대표적 종류(〈3.12.5 참고도-1〉 참조)

1) 슬릿형 스크린 ; 케이싱에 종방향으로 구멍을 지그재그로 뚫은 것으로 기계절삭과 가스절삭의 2종류가 있다. 개구율은 일반적으로 표면적의 3 % 전후이고 구조는 간단하지만, 개구율을 크게 하면 강도가 약해진다. 많은 경우, 자갈충전법을 병용한다. 용천수량이 적은 대수층에서의 취수에 사용되고 있다.
2) 환공권선형 스크린 ; 케이싱에 환공을 지그재그로 뚫고서 그 외부에 베개선(sleeper wire)을 두고 그 외측에 사다리꼴의 선을 감은 것으로 이들의 접점은 전부 스폿전기용접을 하였으므로 강도는 거의 원관재와 동일하다.
   개구율은 환공 부분만으로는 14~15 %이고 슬롯폭은 보통 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mm의 5종류이므로 그 간격에 따라서는 개구율이 감소한다.
   대수층에 적당한 충전자갈을 선정하면 모래유입을 방지하는 효과가 크다.
3) 권선형(V-slot) 스크린 ; 가는 철봉을 세로방향으로 배열한 외측에 V형 선재를 거의 수평으로 말아 감고 각 접점에 스폿전기용접을 한 것이다. 개구율은 지극히 커서 20~40 %가 사용되며 모래유입을 방지하는 효과가 가장 크다. 일반적으로 슬롯크기에 알맞은 자갈을 주위에 충전한다.
4) 보강링부 권선형 스크린 ; 권선형(V-slot) 스크린의 보강형, 이중구조의 권선형 스크린으로 내측권선은 눈이 거칠고, 외측권선은 고운 것이 보통이고 개구율은 최대 50 % 정도의 것이 있다.

이상과 같이 4종류의 스크린 외에 내식성이 뛰어난 다판식 스크린이나 FRP슬릿형 스크린이 있다.



슬릿형 스크린 환공권선형 스크린 권선형 V슬롯 스크린 보강링이 달린 권선형 스크린

〈3.12.5 참고도-1〉 스크린의 종류

3.12.6 부대설비

1. 우물에는 수위계, 수질검사용의 채수밸브 등을 부착하고 또한 유지관리에 필요한 자료를 상비해 놓는다.
2. 펌프실은 침수되지 않도록 지표면보다 높게 한다.
3. 필요에 따라 예비전원설비 및 예비펌프를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 우물에는 펌프의 운전조작에 필요한 수위계, 유량계 등의 계기류 외에 수질검사용의 채수전을 부착해야 한다. 착정시의 지하수 조사보고서, 시공기록, 주상도, 전기검층도, 양수시험 기록 등을 정리, 보관하여 수원의 유지관리에 유용하게 할 필요가 있다. 펌프실에는 펌프취급설명서나 운전관리의 기록(수위계, 유량계, 전류계)을 구비해 놓으면 좋다.

계측데이터를 정수장 관리실에 전송하면 보다 충분한 관리가 가능하게 된다.

2.에 대하여 ; 펌프실의 종류는 건물방식, 지하피트실방식, 박스식 등이 있다. 어느 경우에도 침수되지 않도록 지표면보다 높게 하고 주위에 배수구를 설치한다. 또한 통풍구 및 기계반입구를 설치한다.

3.에 대하여 ; 비상시를 대비하여 자가용 발전설비를 설치해야 하며 펌프가 고장인 경우를 고려하여 예비펌프를 준비해야 한다.

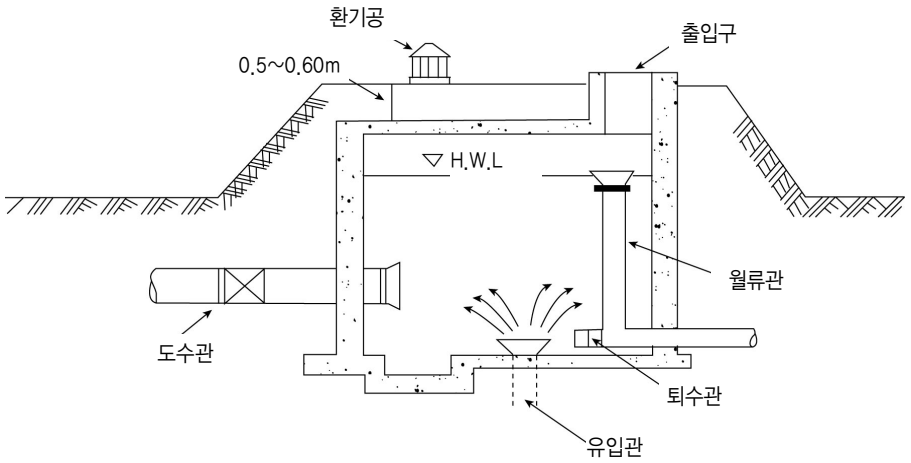
3.13 용천수의 취수시설

용천수의 취수시설에는 뚜껑을 설치하여 외부로부터의 오염을 방지할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

용천수를 수원으로 하는 경우에는 지표수, 하수, 먼지, 곤충, 야생동물, 가축으로부터 수원을 보호하기 위하여 뚜껑을 설치해야 하며 뚜껑의 형태는 돌출형(raised curbing type)으로 하고 자물쇠가 있는 맨홀을 설치해야 한다(〔그림 3.13.1〕 참조).

용천수는 보편적으로 수질이 양호하며 원수를 그대로 음용할 수 있으므로 취수원으로 사용할 경우에는 용출되는 자연상태 그대로 취수할 수 있도록 뚜껑이 있는 집수정을 만들어 취수하는 것이 보통이다.



[그림 3.13.1] 용천수의 취수시설

제 4 장

도 수 시 설

제4장 도 수 시 설

4.1 총설

4.1.1 기본사항

도수시설은 취수시설에서 취수된 원수를 정수시설까지 끌어들이는 시설로 도수관 또는 도수거, 펌프설비 등으로 구성된다.

도수시설에서 태풍이나 지진, 홍수 등 비상시와 사고가 발생할 경우에는 급수구역에 도수량의 저하나 도수의 정지에 의하여 광범위하게 영향을 끼칠 우려가 있으므로 필요량을 확실하게 도수할 수 있도록 해야 하며 높은 신뢰성이 요구된다. 이 때문에 송·배수시설에서의 계통간 연결의 유무 등을 고려하여 가능한 한 도수노선의 복수화에 관해서도 검토해야 한다.

한편 도수시설의 설계에서는 적절한 노선의 선정, 시설의 내진성 및 내구성의 확보, 원수 공급과정에서 수질오염방지, 유지관리의 용이성, 경제성 등에 대해서도 충분히 검토해야 한다. 도수시설을 설계할 때에는 몇 개의 노선에 대해 답사하고 지표지질의 자료를 수집(필요시 지질조사 시행)하며 시점·종점간의 고저차 관계, 길이, 지형, 지세, 건설의 난이도 등에 대하여 검토한 다음에 수리적으로나 경제적으로 최적의 노선을 선정해야 한다.

특히 교체주기가 비교적 짧은 전기·기계·계측제어 설비의 배치 등에 대해서는 장래에 교체하는 경우를 감안하여 검토해야 하며 장래의 시설교체에 관해서도 고려하는 것이 중요하다.

또한 유지관리를 합리적으로 수행하기 위하여 수위, 수압, 도수량 등을 항상 감시·제어할 수 있는 계측제어설비를 설치하고, 이들 자료는 연속적으로 축적·정리하여 장래의 시설개량과 교체에 유용하게 이용할 수 있도록 한다. 또한 조사결과에서 기존의 도수시설에 사고가 발생할 우려가 높은 경우에는 보강과 개량 또는 별도의 도수관 부설 등을 검토해야 한다.

그 밖에도 지형, 지질, 민원, 지가(地價) 등을 고려하여 지형조건이 가능하다면 원수를 일시 저류하였다가 갈수시나 수질오염 사고시 또는 긴급시 등의 비상급수용으로 수량을 확보하기 위한 원수조정지를 설치하는 것을 검토해 볼 필요가 있다.

4.1.2 계획도수량

1. 도수시설의 계획도수량은 계획취수량을 기준으로 한다.
2. 도수시설은 노후관 개량, 누수사고, 청소 등에도 중단 없이 계획 도수량을 안정적으로 공급할 수 있도록 도수관로의 복선화 또는 네트워크화를 구축한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 계획도수량은 계획취수량을 기준으로 하되 장래 확장에 대한 수원을 확보할 수 있는 경우에는 장래의 확장분을 포함하여 미리 계획하는 것이 유리하다.

특히 시공이 곤란한 장소(터널, 하천횡단 등), 장래의 확장분을 별도로 시공하기보다 동시에 시공하는 편이 장기적인 측면에서 경제적인 장소, 장래의 확장분에 대한 용지매수나 용지취득이 곤란할 것으로 예상되는 장소 등에 관해서도 장래의 확장분을 포함하여 계획하는 쪽이 유리하다.

2.에 대하여 ; 도수시설은 계획도수량을 안정적으로 공급할 수 있도록 도수관로를 복선화 또는 취수장간 네트워크화 하여, 도수관로의 점검 및 개량과 누수사고 등 재해발생 시에도 도수를 중단하는 사례가 없도록 하여야 한다. 도수시설 규모는 복수관로 중 1열 사고 시에도 복수관로간 상호 연결 등을 감안하여, 1일 평균급수량 수준의 비상공급이 가능하도록 계획하여 원수공급에 안정성을 확보하여야 한다.

4.1.3 도수방식

도수방식의 선정에는 취수원에서 정수장까지의 고저 관계, 계획도수량, 노선의 입지조건, 건설비, 유지관리비 등을 종합적으로 비교·검토하여 결정한다.

【해설】

도수방식은 취수시설과 정수시설간의 표고, 계획도수량, 노선의 입지조건, 건설비, 유지관리비 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

도수방식에는 시점인 취수시설로부터 그 종점인 정수장간의 표고차, 노선에 따른 지형과 지세 등에 따라 자연유하식, 펌프가압식 및 병용식이 있다.

노선에 따른 지형과 지세가 비교적 평탄하고 또한 시점과 종점간의 유효낙차가 충분히 있는 경우에는 안정성이 높고 관리가 용이하며 동력비가 불필요하다는 점으로 인해 자연유하식이 일반적이다. 시점수위보다 종점수위가 높은 경우나 유효낙차가 적어 자연유하식이 불가능한 경우에는 펌프가압식을 채택한다.

수로의 형식은 관수로식과 개수로식이 있지만, 펌프가압식에서는 관수로식을 채택한다.

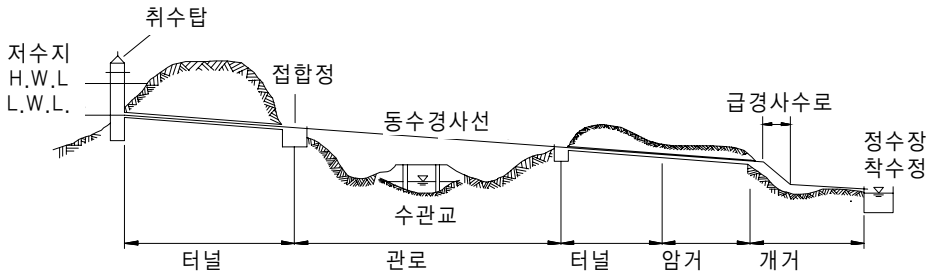
자연유하식에 있어서도 관수로식과 개수로식이 있지만, 어떤 것을 채택할 것인가는 노선에 따른 지형, 지세, 용지취득의 난이, 공사의 시공성, 유지관리의 용이성이나 경제성, 환경에의 영향 등을 검토하여 결정한다.

관수로식은 일반적으로 공공도로의 아래 공간을 점용할 수 있으며 장애물에 대해서도 비교적 용이하게 우회할 수 있고 오염을 방지할 수 있다는 점으로 인해 채택하는 경우가 많다.

개수로식은 도수량이 큰 경우나 시점과 종점간의 유효낙차가 비교적 작은 경우에 적합하지만, 증발에 의한 물의 손실, 외부로부터의 수질오염, 토사의 유입에 의한 매몰 등의 문제가 있기 때문에 이들에 관하여 미리 조사하여 채택여부를 결정한다.

노선선정에서는 개수로로 하는 경우라도 하천, 산, 산골짜기, 철도, 도로 등을 횡단하는 경우에는 수관교, 터널 및 역사이펀 등 지형과 지세에 따라 관수로와 개수로를 병용할 수도 있다(〔그림 4.1.1〕 참조).

또한 시점과 종점간의 수위차가 과대할 경우에는 수로중간에 급경사수로를 설치하거나 접합정을 설치하고 제수밸브로 조절하는 방식도 사용된다.



[그림 4.1.1] 도수노선의 종단면도

4.1.4 도수노선

도수노선의 선정은 다음 각 항에 따른다. 1. 몇 개의 노선에 대하여 건설비 등의 경제성, 유지관리의 난이도 등을 비교·검토하고 종합적으로 판단하여 결정한다. 2. 원칙적으로 공공도로 또는 수도용지로 한다. 3. 수평이나 수직방향의 급격한 굴곡을 피하고, 어떤 경우라도 최소동수경사선 이하가 되도록 노선을 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 노선의 선정에 대해서는 몇 개의 노선에 대하여 먼저 도면상에서 조사하고 다음에 현장을 답사하여 설계상의 문제가 되는 점을 조사한다. 또 이들 노선에 대하여 용지취득비, 건설비 등의 경제성, 자연재해에 대한 안전성, 유지관리의 난이성 등에 대하여 비교·검토하고 종합적으로 판단하여 노선을 결정하는 것이 바람직하다.

도수거의 경우에는 균일하고 완만한 수면경사를 얻을 수 있는 용지확보의 가능성, 구릉지나 하천·산골짜기를 횡단하는 경우의 터널, 수로교, 역사이펀 등에 관하여 공사의 난이성 및 공사비용 등에 관하여 검토해야 한다.

2.에 대하여 ; 도수관은 상수도에 있어서 가장 중요한 간선시설의 일부이므로, 도수관로의 노선은 유지관리상 사유지를 피하고 공공도로 또는 수도용지 내에 매설하는 것이 바람직하다.

유지관리상 수도용지가 이상적이지만, 용지취득 또는 가옥이나 장애물 등 이전이 곤란하며 고액의 매수비용을 요하는 곳도 있으므로 먼저 공공도로의 이용을 원칙으로 하되 공공도로가 없을 경우나 있더라도 도로 폭이 협소하거나 지나치게 우회하는 경우 또는 굴곡이 심하여 도수관로의 노선으로 부적

당한 경우에는 되도록 수도용지를 확보하여 수도전용의 노선을 고려한다.

장래 수도전용의 노선을 공공도로에 편입하는 것을 조건으로 매수를 용이하게 할 수도 있다. 이런 경우와 또 부근의 발전에 따라 장래 공공도로의 개설이 예상될 경우에는 당초부터 공공도로로서 노면하중을 감안하여 흙덮기와 관 두께를 고려하여 설계한다.

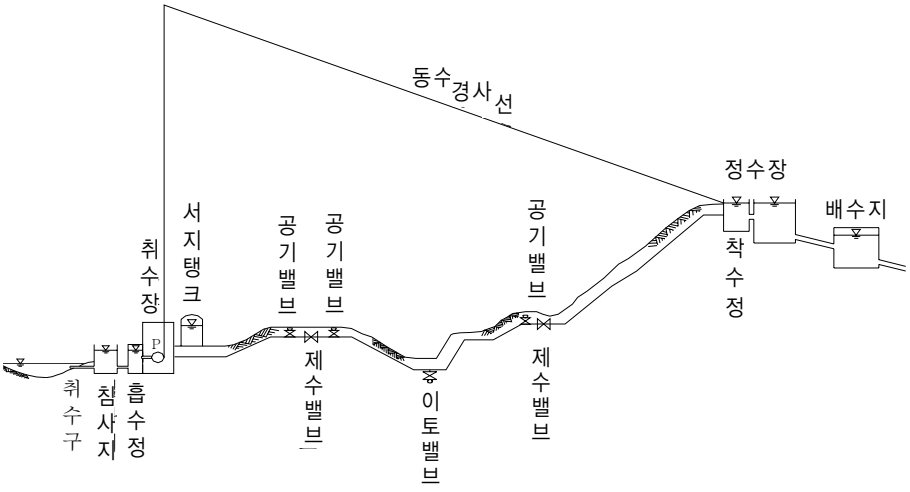
공공도로에 매설하는 경우에는 먼저 하천횡단이나 철도횡단과 같은 특수한 장소 또는 기존의 지하매설물 등에 대하여 조사하고 점용이 가능한 지를 사전에 각 시설관리기관과 협의한다.

3.에 대하여 ; 수평이나 수직방향의 급격한 굴곡은 손실수두를 크게 하고 수리학적으로 좋지 않으며, 수압과 유속에 따라 관로의 외측을 향하는 힘이 작용하는 구조상의 약점으로 되므로 피해야 한다.
관로의 일부가 동수경사선보다 높을 경우에는 관 상부의 관내 압력이 대기압보다도 작아지고, 거기에 수중의 공기가 분리되어 축적되면 통수에 방해가 될 뿐 아니라, 만일 접합부에 틈이 있거나 관에 균열이 발생되면, 빗물과 오수가 관내로 유입되어 수질오염을 일으킬 수 있으므로 관로상 어떤 지점도 동수경사선보다 항상 낮게 위치하도록 노선을 선정한다.

4.2 도수관

4.2.1 총칙

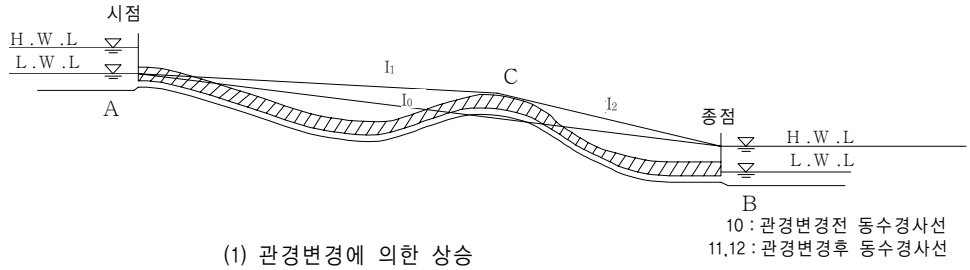
도수관은 취수지점으로부터 정수장까지 원수를 공급하는 시설로서, 도수관 본체, 펌프설비, 차단·제어용 밸브, 공기밸브 및 유량계, 배수(排水)설비, 접합정, 압력조절 탱크, 감압밸브, 그 외 부속설비로 구성(〔그림 4.2.1〕 참조)된다.



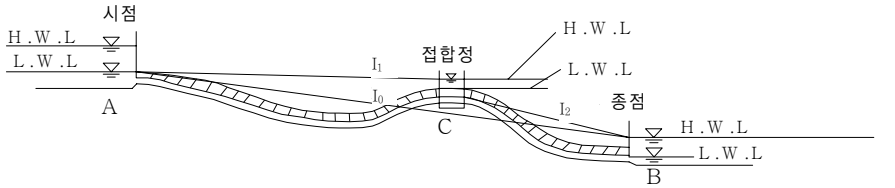
[그림 4.2.1] 도수관로 수리계통도 예

도수관의 부속설비는 관수로로서의 수리조건에 적합하며 유지관리를 고려하여 선정하고 적정한 위치에 설치해야 한다.

도수관의 노선은 관로가 항상 동수경사선 이하가 되도록 설정하고 항상 정압이 되도록 계획한다. 관로의 위치가 동수경사선 보다 높게 되는 것을 피할 수 없는 경우에는 지세를 잘 조사하여 부압이 생기는 장소의 상류 측에 대해서는 관경을 크게 하고, 하류 측에 대해서는 관경을 작게 하거나 접합정을 설치함으로써 부분적으로 동수경사선을 상승시킬 수 있다(〔그림 4.2.2〕 참조). 도수관은 주로 수도용지의 전용도로나 공공도로에 개착공법으로 매설하며 지반, 지형 및 지층에 대하여 사전조사를 충분히 실시하고 적절한 관종 선정과 기초공 및 이형관보호 등을 실시한다.



(1) 관경변경에 의한 상승



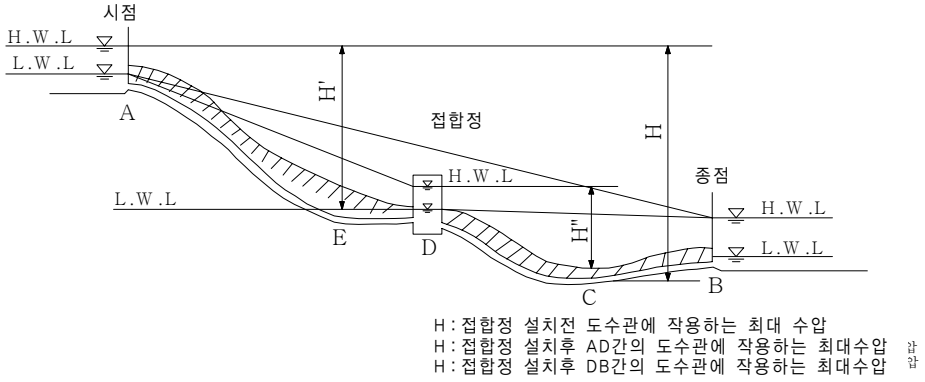
(2) 접합정설치에 의한 상승

[그림 4.2.2] 동수경사선의 상승 사례

또 도수관로가 하천, 철도, 주요도로 등을 횡단하거나 지형적으로 최소동수경사선보다 높은 산악이나 구릉 등을 횡단하여야 할 경우에는 수관교의 가설, 추진공법, 터널공법 또는 쉬일드(shield)공법 등 비개착공법을 채택한다. 이들 공법들은 개착공법에 비하여 대개 3배 이상의 공사비가 소요되며 사고발생시의 복구에도 곤란한 경우가 많으므로 가능한 최단거리로 횡단하도록 한다. 상기 공법 중 어느 공법을 결정하기 위해서는 연장, 지형, 지질, 재해에 대한 안전성과 공사비 등을 종합적으로 검토해야 한다.

관로에 작용하는 최대정수압이 부득이 고압으로 되는 경우에는 특수한 고압관을 사용하거나 고압지점의 상류측의 적당한 위치에 접합정을 설치한 다음 자유수면으로 압력을 개방하여 최대정수압을 감소시켜야 한다(〔그림 4.2.3〕 참조).

도수관의 초기 도수량은 계획도수량에 크게 미달할 경우가 많으므로 소유량시의 유량조절설비와 계량설비를 우회(by-pass)관으로 설치해 두는 것이 바람직하다.



[그림 4.2.3] 도수관에서 정수압의 경감 사례

4.2.2 관종

상수도관의 관종은 다음 각 항을 기본으로 하여 선정한다.
1. 관 재질에 의하여 물이 오염될 우려가 없어야 한다.
2. 내압과 외압에 대하여 안전해야 한다.
3. 매설조건에 적합해야 한다.
4. 매설환경에 적합한 시공성을 지녀야 한다.

【해설】

상수도관으로는 덕타일주철관, 강관, 스테인리스강관, 수도용경질폴리염화비닐관 및 수도용폴리에틸렌관 등의 관종을 사용한다. 이 관들은 각각 재료, 제조방법, 규격치수, 강도 및 내외면 도장 등이 다르기 때문에 다음 각 항에 의하여 위생성, 호환성, 내구성, 유지관리의 용이성 등을 고려하여 최적의 관종을 선정한다. 실제로는 한국산업표준(KS) 또는 한국상하수도협회규격(KWWA) 등의 규격이 있으므로 규격에 맞는 관종 및 관두께의 제품을 사용한다.

도수관로가 자연유하식으로 수압이 낮고 수압변동도 적으며 또한 지반이 견고하고 부등침하 등도 없으며 또 지진시의 지반변동에 의한 관체 및 접합부에서의 영향이 없는 경우에는 프리스트레스트 콘크리트관 및 원심력철근 콘크리트관 등을 사용할 수도 있다.

1.에 대하여 ; 상수도용 관종은 관 재질로 인하여 물이 오염될 우려가 없는 것으로 안전성이 확인된 것을 선정하여 사용한다. 수도용 자재는 「수도법시행령」 제30조(수도용 자재 및 제품의 기준)에 따라야 하며, 환경부령으로 정하는 위생안전기준에 적합하여야 한다.

2.에 대하여 ; 상수도관은 내압 및 외압 모두에 견딜 수 있는 강도를 지닌 것이어야 한다. 내압은 실제로 사용하는 관로의 최대정수압과 수격압을 고려해야 한다. 또한 외압은 토압, 노면하중 및 지진력 등을 감안해야 한다.

관종을 선정할 때에는 강관이나 덕타일주철관 등의 관두께는 실제로 작용하는 내압, 외압, 부등침하,

지진하중 등을 고려하여 관종별로 규격에 맞는 압력관을 사용해야 하며, 어떠한 경우라도 최소 관두께 이상이어야 한다.

3.에 대하여 ; 관종은 매설장소의 제반조건인 토질상태, 지하수의 상황, 기타 지하매설물의 유무 및 노면하중 등을 고려하여 최적의 관종을 선정한다. 특히 부식성이 강한 토질이나 지역적으로 지하수가 예상되는 경우에는 부식에 강한 관종을 선정한다. 유기용제의 영향 등이 있는 장소에서는 수도용 경질폴리염화비닐관이나 수도용폴리에틸렌관 등을 사용하는 것은 피해야 한다.

4.에 대하여 ; 상수도관의 접합부 구조는 관종에 따라 다르며, 시공의 난이도를 지배하는 큰 요소가 되므로 다른 지하매설물이 많이 매설되어 있는 경우나 조기에 되메우기가 요구되는 경우에는, 그 접합부의 구조에 대한 시공성도 고려하여 관종을 선정한다. 또한 매설환경에 따라서는 휨성, 이탈에 대한 저항성, 신축성 등 유연성이 있는 신축이음을 고려해야 하는 경우도 있다.

4.2.3 관경

도수관의 관경은 다음 각 항을 기준으로 한다.
1. 관경은 시점의 저수위와 종점의 고수위를 기준으로 하여 동수경사를 산정한다.
2. 덕타일주철관 또는 수도용 강관을 사용하는 경우에는 사용년수의 경과에 따라 통수능력이 감소되므로 설계시 내용년수를 고려하여 산정한다. 다만, 시멘트모르터, 액상에폭시수지도료 등으로 내구성이 있는 도장을 시공한 관은 통수능력이 거의 감소되지 않는 것으로 본다.
3. 펌프가압식인 경우에는 펌프양정과 관경과의 사이에 경제적인 관계를 고려하여 설계한다.

【해설】

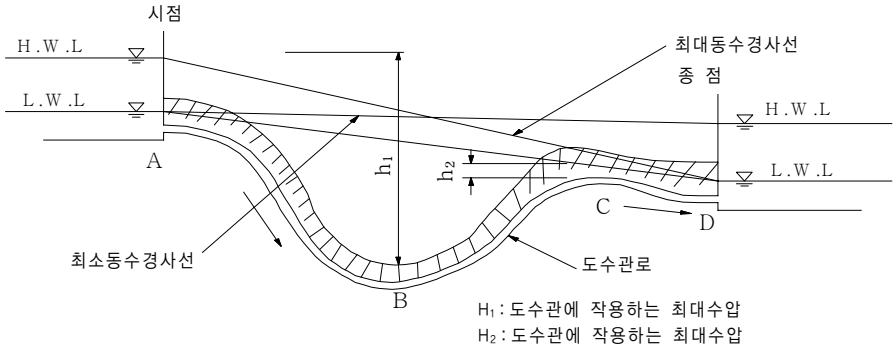
1.에 대하여 ; 도수관은 어떤 조건하에서도 계획도수량을 도수해야 하므로 관경은 동수경사로서 고려할 수 있는 최소의 경우에 대하여 산정해 두면 안전하다.

도수관로가 자연유하식인 경우에는 시점과 종점이 모두 자유수면을 가지며 각각 고수위와 저수위가 있기 때문에, 시점의 저수위와 종점의 고수위인 경우가 가장 작은 동수경사인 최소동수경사(〔그림 4.2.4〕 (1) 참조)가 된다. 펌프가압식인 경우에는 펌프흡수정의 저수위와 정수장 착수정과의 수위차 및 도수관로의 손실수두로부터 펌프의 전양정을 산정하면 된다(〔그림 4.2.4〕 (2) 참조). 관로의 손실수두를 산정할 때에 마찰손실을 먼저 산정하고 곡관부와 그 외의 손실수두를 가산한다. 다만, 곡관과 기타 이형관이 적을 경우에는 이들의 손실을 무시하고 계산하더라도 지장은 없다.

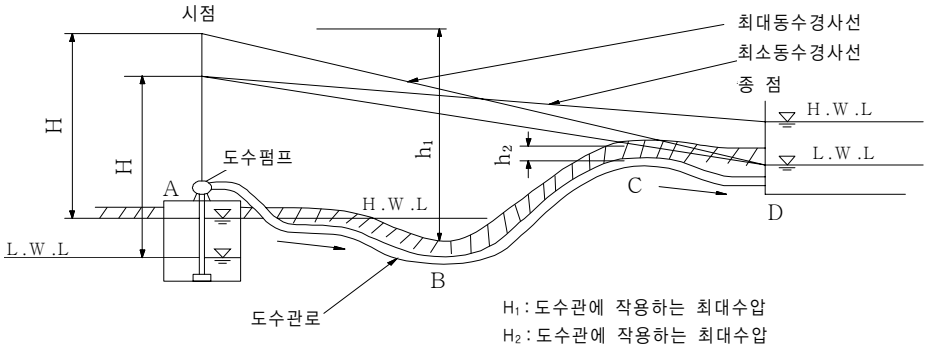
2.에 대하여 ; 프리스트레스트(P.S)콘크리트관 및 원심력철근콘크리트관에서는 사용년수의 경과에 따른 통수능력의 감소는 적지만, 덕타일주철관 또는 수도용 강관으로 내면에 충분한 내구성이 있는 도장을 시공하지 않은 경우에는 통수년수에 따라 내면에 관석(scaling)이 생겨 단면이 축소되고 조도가 증가하여 통수능력이 점차로 감소된다.

따라서 새롭게 관을 부설할 때에는 새로운 관의 내면상태에 따라 관경을 정하기 때문에 통수년수가 경과하면 유량이 부족하게 되므로, 지방공기업법 시행규칙의 내용년수를 고려하여 관경을 산정한다.

한편, 펌프가압식인 경우에는 관의 내용년수와 기계, 전기시설의 내용년수를 고려하여 유속계수의 변화에 의한 손실수두를 염두에 두고 계획한다.



(1) 자연유하식 도수관로



(2) 펌프가압식 도수관로

[그림 4.2.4] 도수관로의 동수경사선

이상은 도수관을 신설할 때를 설명한 것이지만 확장하거나 개량할 경우에는 기존에 설치된 관과 신설관은 각각 다른 조도계수를 적용하여 계산해야 한다. 기존에 설치된 관의 조도는 가능한 한 실측하는 것이 바람직하다. 일반적으로 사용되는 관수로의 유량공식은 하젠-윌리암스(Hazen-Williams)공식으로, 그 공식과 각 C값에 대한 관경별 유량도는 〔그림 4.2.5〕와 같다.

하젠-윌리암스 공식은 다음과 같다.

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad \cdots\cdots (4.2.1)$$

$$Q = AV \quad \cdots\cdots (4.2.2)$$

$$h_L = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L \quad \cdots\cdots (4.2.3)$$

여기서,

V : 평균유속(m/s)

C : 유속 계수

R : 경심=$D/4$(m)

I : 동수경사=h/L

L : 연장(m)

h_L : 길이 L(m)에 대한 마찰손실수두 H(m)

D : 관의 내경(m)

Q : 유량(m^3/s)

A : 관의 단면적(m^2)

위의 식에서 C는 유속계수이며, 〔그림 4.2.5〕에 C=110에 대한 유량도표를 예시하였다.

일반적으로 매설된 관의 C값은 관내면의 조도에 따라 다르고, 덕타일주철관으로 신설된 관은 130 정도로 보며 수질의 영향에 따라 상이하고 통수년수의 경과에 따라 점차 감소되므로, 「지방공기업법 시행규칙」의 내용년수를 고려하여 결정하는 것이 적정하다. 설계 시에는 기존관로의 C값 조사, 국내 및 외국 문헌의 조사 등을 통한 종합적인 검토 후 적용하여야 한다. 또한, C값의 적용에 있어 관경에 따라 차등을 주어 적용하는 것이 타당하다.

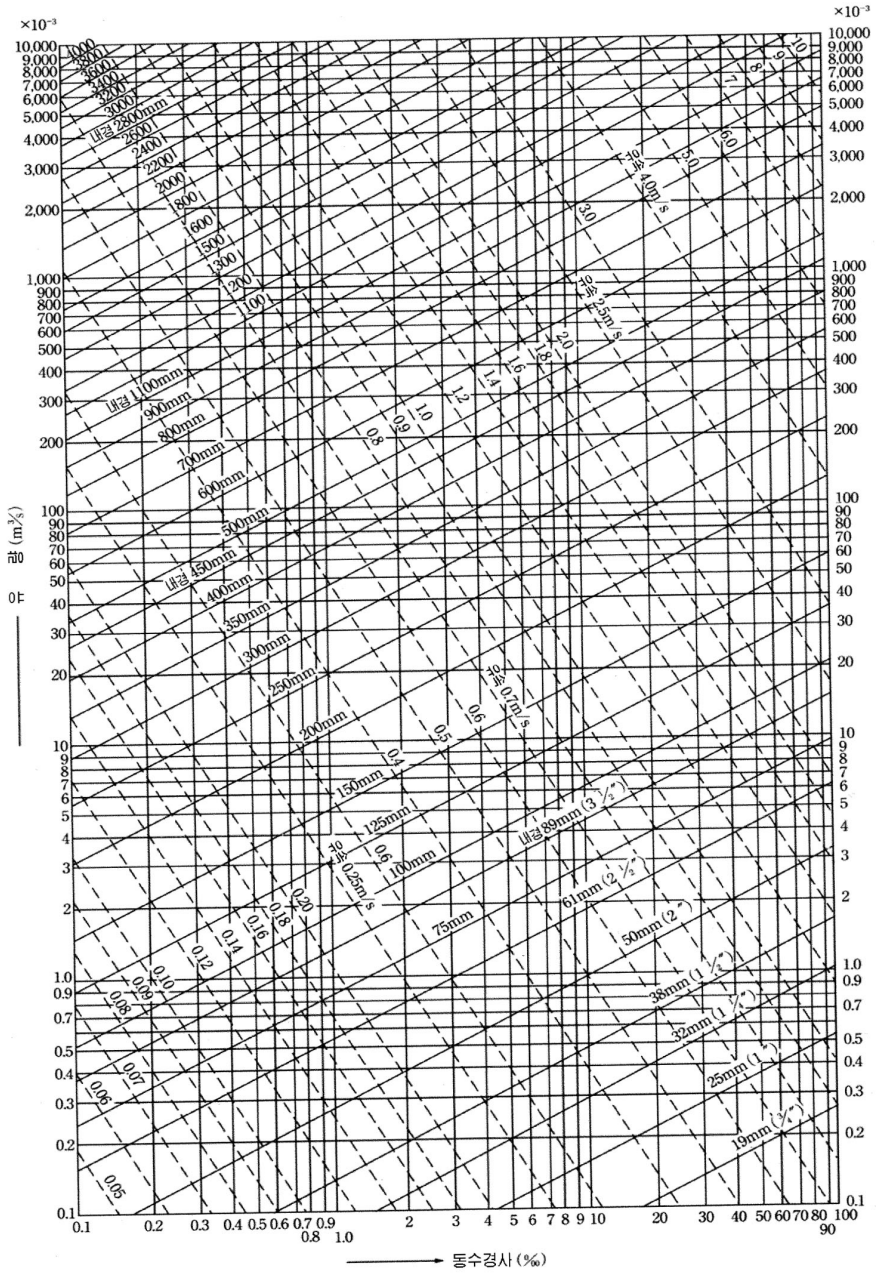
3.에 대하여 ; 펌프가압식인 경우에는 도수관의 관경과 펌프양정과의 상관관계를 무수히 조합할 수 있는데, 관경을 작게 하면 관의 부설비는 저렴하나 통수저항을 증가시켜 동수경사가 급하게 되며 손실수두가 커지기 때문에 펌프양정이 커진다. 따라서 펌프의 설비비가 커질 뿐만 아니라 장래에 전력비가 높아져서 비경제적으로 된다.

반대로 관경을 너무 크게 하면 펌프 설비비는 적으나, 관의 부설비는 증가되며 어느 경우에도 비경제적인 설계가 되기 쉽다.

일반적으로 관로관계의 비용과 펌프관계의 비용을 합산한 값을 연간총경비(건설비, 이자, 시설의 감가상각비 및 유지관리비의 합산치)의 형태로 고려하면, 주어진 유량에 대하여 총경비가 최소이며 가장 경제적인 관경이 반드시 하나 존재하는데, 이를 상수도 관로의 경제적 관경이라고 한다. 이것은 송수관과 배수관에 관해서도 마찬가지로서 펌프가압식 수도관의 경제적 관경이다.

이 경우 유속, 유량, 동수경사가 각각의 관경에 대한 경제유속, 경제유량, 경제동수경사가 된다. 즉, 이들의 경제적 수리제원은 주어진 관종, 부설조건에 대하여 하나의 물가체계상에서는 각 관경별로 항상 일정한 값을 표시한다.

경제적 설계조건에 영향을 미치는 요소로서는 관부설 재료비 및 인건비, 펌프 설비비(가건물 포함), 건설자금의 이자율, 관 및 펌프설비의 감가상각률과 유지보수율(고정자산 보존율), 전기요금 등이 있고 그 중 하나가 변동하면 경제적 제원들도 따라서 변화한다.



[그림 4.2.5] Hazen-Williams 공식도표(C=110)

4.2.4 유속

도수관을 설계할 때의 평균유속은 다음 각 항에 따른다.

1. 자연유하식인 경우에는 허용최대한도를 3.0 m/s로 하고, 도수관의 평균유속의 최소한도는 0.3 m/s로 한다.
2. 펌프가압식인 경우에는 경제적인 유속으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 자연유하식 도수관인 경우에는 시점과 종점간의 낙차를 최대한도로 이용하여 유속을 가능한 한 크게 하는 쪽이 관경이 최소가 된다. 유속이 커지면, 밸브를 조작할 때에 비정상적인 유량 변동에 의하여 압력이 불안정하게 되거나 관내면의 마찰 등이 생기기 때문에, 덕타일주철관, 수도용 강관, 경질폴리염화비닐관 등에 대한 기왕의 실적을 참고하여 관내평균유속의 허용최대한도를 3.0 m/s 정도로 한다. 또한 도수관의 평균유속으로 최소의 한계는 모래입자가 침강되는 것을 방지하기 위하여 0.3 m/s로 한다.

2.에 대하여 ; 펌프가압식 도수관로인 경우에는 경제적인 관경에 대한 유속으로 하는 것이 바람직하다. (4.2.3 관경 참조)

4.2.5 불안정한 지반에서의 관 매설

부득이하게 지반이 불안정하고 위험한 위치에 관을 매설할 경우에는 충분히 지질을 조사하고 다음에 열거하는 조치를 취한다.

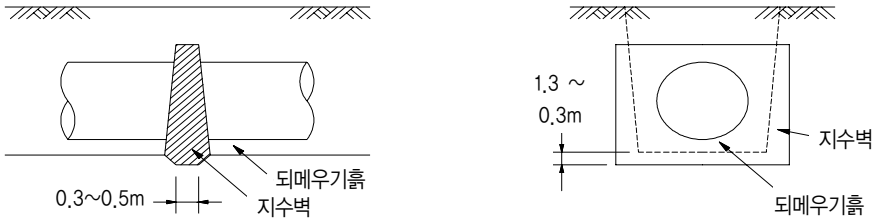
1. 비탈면은 충분한 법면 보호공을 실시하여 법면이 침식되거나 붕괴되는 일이 없도록 하고 표면수와 침투수 및 지하수의 배제를 고려한다.
2. 급경사인 도로에 관을 매설하거나 경사면에 연하여 관을 매설하는 경우에는, 관체의 흘러내림과 되메우기 흙의 유실을 방지하기 위하여 지수벽을 설치한다.
3. 연약지반에 관을 매설하는 경우에는 부등침하를 고려한 관종과 접합방법을 선정하고, 관의 침하를 억제하기 위하여 필요에 따라 지반을 미리 개량하는 등의 조치를 강구한다.
4. 액상화의 우려가 있는 지반에서는 적절한 관종·접합방법의 선정 외에 필요에 따라 지반을 개량한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수관로의 매설은 단층, 파쇄대, 산사태가 발생할 가능성이 있는 지대나 급경사면, 비탈머리나 비탈기슭 또는 성토된 지질 등으로 지반이 불량한 장소는 되도록 피해야 하지만, 부득이하게 이러한 위험지대에 관을 매설할 때에는 표층퇴적물, 지하수 및 산지의 거동 등에 대하여 사전에 충분히 조사한 다음 필요한 보호조치를 한다.

비탈면에 등고선을 따라 관을 매설하는 경우에는 비탈면의 보호와 아울러 비탈면의 배수를 충분히 고려한다. 비탈면을 보호하기 위하여서는 비탈기슭에 측구를 설치함과 아울러 비탈면으로부터 용출수가 있더라도 비탈면을 침식하지 않도록 종횡의 배수구를 설치해야 한다. 소량의 누수라도 지하에 침투하여 비탈면의 붕괴를 조장·유발시킬 우려가 있기 때문에 특히 유념하여 설계한다.

2.에 대하여 ; 급경사의 도로 또는 경사면에 관을 부설하는 경우에는 콘크리트 또는 불투수성이 높은 점질토의 지중(natural soil)을 기반으로 하여 지수벽을 만들어서 관체가 흘러내리지 않도록 하고, 강우에 의하여 되메우기 흙이 유출되지 않도록 한다(〔그림 4.2.6〕 참조).



[그림 4.2.6] 지수벽의 사례

3.에 대하여 ; 연약지반에 관을 매설할 경우에는 우선 관의 부등침하에 견디는 강도와 접합부 성능을 고려하여 관종 및 접합방법을 선정한다. 또 관의 부등침하를 방지하기 위하여 지반을 개량하거나 말뚝박기기초를 해야 한다. 지반개량공법에는 치환법, 다짐공법, 탈수압밀법, 고결법 등이 있으며 충분한 토질조사와 토질시험을 실시한 다음에 적용할 공법을 결정한다. 부등침하를 방지하기 위하여 통나무를 사용하는 경우도 있지만, 이 경우 통나무에 직접 관체를 접촉시키면 응력이 집중되기 때문에 접촉면에서 충격을 흡수할 수 있도록 완충재를 설치하고, 통나무의 간격을 적절하게 정한다. 수관교 또는 밸브실 등 구조물의 부착부에는 부등침하에 따른 응력집중이 생기기 때문에 플렉시블한 신축이음관을 사용한다.

4.에 대하여 ; 사질지반으로 지하수위가 높고 홍수 등 자연재해로 지하수압이 급격하게 상승함으로써 액상화 될 가능성이 높다고 판단되는 장소에는 적절한 관종과 접합방법을 선정하고 필요에 따라 지반개량 등을 한다. 액상화 발생 가능성 판정은 10.3.2의 2.항에 따른다.

관종의 선정에서는 지반에서 액상화가 발생하였을 때 관체의 좌굴, 파열, 접합부의 이탈 등에 견디며 어느 정도의 신축을 흡수할 수 있는 접합구조로 하거나 관체의 강도 및 신축에 대응하도록 관로전체를 용접 등에 의한 일체구조로 한다.

4.2.6 매설위치 및 깊이

관로의 매설위치 및 깊이는 다음 각 항에 따른다.

1. 공공도로에 관을 매설할 경우에는 「도로법」및 관계법령에 따라야 하며 도로관리기관과 협의하여야 한다.
2. 관로의 매설깊이는 관종 등에 따라 다르지만 일반적으로 관경 900 mm 이하는 120 cm 이상, 관경 1,000 mm 이상은 150 cm 이상으로 하고, 도로하중을 고려할 필요가 없을 경우에는 그렇게 하지 않아도 된다. 도로하중을 고려해야 할 위치에 대구경의 관을 부설할 경우에는 매설깊이를 관경보다 크게 해야 한다.
3. 도로하중을 고려할 필요가 있으나 지반이 암반인 경우 등으로 부득이하게 매우 얕게 매설해야 할 경우에는 별도로 관을 보호하는 조치를 강구한다.
4. 한랭지에서 관의 매설깊이는 동결심도보다 깊게 한다.
5. 매설위치는 태풍이나 지진, 홍수 등 비상시에도 관로의 구조에 영향이 최소화될 수 있는 곳으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 공공도로에 관을 매설할 때에는 『도로법』에 의하여 도로관리기관에 도로점용 허가를 받아야 한다. 매설물의 위치와 깊이에 대해서는 도로관리기관과 상수도, 하수도, 지하철, 가스, 전력, 전신, 전화 등 지하 매설물의 위치와 깊이를 고려하여 도로의 종별에 따라 협의하고, 특별한 경우를 제

외하고는 그 협의에 따라야 하는 것이 바람직하다. 하천부지, 철도부지 또는 사유지에 관을 매설하는 경우에는 해당 관리기관 또는 토지소유자와 협의한 다음에 사용승인을 얻어야 한다. 『도로법시행령』에서는 토피의 표준은 120 cm(부득이한 경우 60 cm)로 규정하고 있지만, 수관교 부착부의 제방 횡단개소나 다른 매설물과의 교차관계 등으로 토피를 표준 또는 규정치까지 확보하지 못하는 경우에는 도로관리기관 또는 하천관리기관과 협의한 다음에 토피를 60 cm까지 축소할 수 있다.

2.에 대하여 ; 매설관의 깊이는 토압과 노면의 동하중에 대하여 관이 안전하여야 하므로, 그에 필요한 깊이는 토질, 노면상태, 도로등급과 종별에 따라 다르고 또 관의 재질, 구조, 관경에 따라 정해지는 것이나 관경이 클수록 흙덮기를 많이 한다. 그러나 보도나 중차량의 교통을 불허하는 수도용지 내에 매설할 경우에는 표준보다 얕게 해도 된다.

3.에 대하여 ; 수관교 연결부의 제방 횡단장소나 다른 매설물과의 교차관계 또는 기초지반이 견고한 암반일 경우 등으로 매설깊이를 표준 또는 규정치까지 깊게 매설하지 못할 경우에는 흙덮기를 60 cm까지 축소할 수 있으며 이 때에는 관의 바로 윗부분의 노면에 콘크리트 또는 철근콘크리트의 슬래브(slab)를 설치하거나 라멘(rahmen)으로 관을 싸서 보호한다.

4.에 대하여 ; 한랭지에서는 동결심도보다 20 cm 이상 깊게 매설해야 하며 구경 500 mm 이상의 관에서는 관경의 0.5배 이상 깊게 매설하여야 한다.

참고로 동결심도는 한국건설기술연구원의 '동결심도 및 포장내부 온도 조사' 보고서를 참조한다. (7.4.5 매설위치 및 깊이 참조)

5.에 대하여 ; 일반적으로 취수시설은 정수장으로부터 원거리에 위치하여 산지나 하천의 둔치 또는 하천을 횡단하여 매설되기 때문에 안정적인 도수량을 공급하기 위하여는 관로의 매설 위치가 태풍이나 지진, 홍수 등 비상시에도 관로의 구조에 영향이 최소되는 위치를 선정하여야 한다.

4.2.7 접합정

접합정은 다음의 각 항에 적합하게 한다.

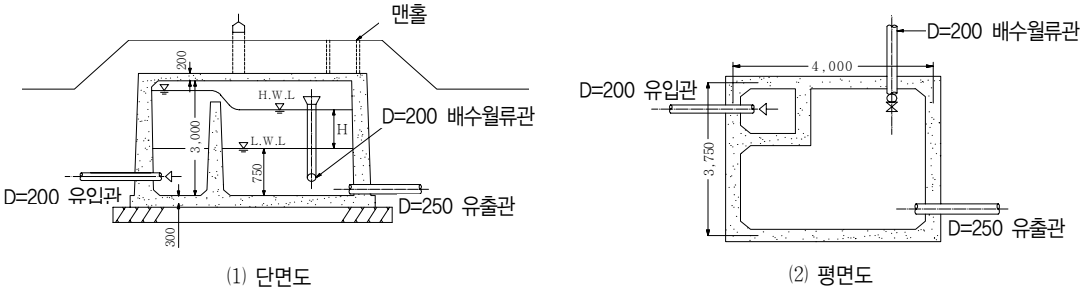
1. 원형 또는 각형의 콘크리트 또는 철근콘크리트로 축조한다. 아울러 구조상 안전한 것으로 충분한 수밀성과 내구성을 지니며 용량은 계획도수량의 1.5분 이상으로 한다.
2. 유입속도가 큰 경우에는 접합정 내에 월류벽 등을 설치하여 유속을 감쇄시킨 다음 유출관으로 유출되는 구조로 한다. 또 수압이 높은 경우에는 필요에 따라 수압제어용 밸브를 설치한다.
3. 유출관의 유출구 중심높이는 저수위에서 관경의 2배 이상 낮게 하는 것을 원칙으로 한다.
4. 필요에 따라 양수장치, 배수설비(이토관), 월류장치를 설치하고 유출구와 배수설비(이토관)에는 제수밸브 또는 제수문을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 관로의 도중에 설치하는 접합정은 주로 관로의 수압을 조절할 목적으로 설치하기 때문에 그 위치는 관로에 작용하는 수압 외의 수리적 상황을 종합적으로 검토하여 결정한다. 통상 접합정은 철근콘크리트, 프리스트레스트콘크리트, 강판 등으로 만들어지는데 어떠한 경우에도 수밀성과 내진성을 지닌 구조로 한다.

접합정의 용량은 수압을 조절해야 하며 수면의 동요를 흡수하고 원활하게 도수할 수 있는 것으로, 통상 계획도수량의 1.5분 이상으로 하며 수심은 3.0~5.0 m를 표준으로 한다. 계획도수량이 작을 때에는 수면의 면적이 작아져서 수면동요를 흡수할 수 없기 때문에 수면의 최소면적을 10 ㎡ 정도가 바람직하다. 구조 및 형상은 5.2 착수정을 참조한다.

2.에 대하여 ; 관로의 수압 경감을 목적으로 접합정을 설치한 경우에는 접합정의 상류 측 관내의 유속이 클 때에는 접합정내에서 난류가 형성되어 유출관으로 공기를 끌어들일 우려가 있고 또 접합정의 수위는 일정한 것이 바람직하므로 유입속도가 큰 경우에는 접합정 내에 월류벽을 설치하여 유입에너지를 분산시킴으로써 유속을 줄이고 접합정내 수위의 안정을 도모하는 것이 필요하다([그림 4.2.7] 참조).



[그림 4.2.7] 접합정의 예 (단위 : mm)

3.에 대하여 ; 유출구가 저수위에 가까울 때에는 유출관 속으로 공기가 빨려 들어가서 통수능력을 저하시키는 원인이 되므로, 이를 방지하기 위하여 저수위보다 관경의 2배 이상 낮게 설치하면 안전하나 대구경 관로의 경우에는 현실적으로 어려움이 있으므로 적절하게 조정한다.

4.에 대하여 ; 제수밸브, 공기밸브, 배수(排水)설비 등의 부속설비는 4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브, 4.2.9 공기밸브, 4.2.10 배수설비의 해설이나 4.2.12 관로보호설비(수격방지 설비)의 해설을 참조한다.

4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브

차단용 밸브와 제어용 밸브의 설치는 다음 각 항에 따른다.

1. 도·송·배수관의 시점, 종점, 분기장소, 연결관, 주요한 배수설비(이토관), 중요한 역사이펀부, 교량, 철도횡단 등에는 원칙적으로 제수밸브를 설치한다.
2. 제수밸브실은 도로의 종류별, 배관의 구경별 및 현장의 설치조건에 따라 소형, 중형, 대형으로 구분하며 밸브실 전후 관로의 안정성을 확보한다.
3. 제수밸브실은 설치 및 유지관리가 용이하도록 충분한 공간을 확보하며 이상수압이 발생하였을 때 즉시 감지하기 위한 수압계의 설치와 배수 및 점검을 위한 설비를 갖추어야 한다.
4. 밸브는 수질에 영향을 주지 않아야 한다.

【해설】

차단용 밸브로서는 제수밸브와 버터플라이밸브가 사용되며, 유량과 수압의 제어용 밸브로서는 버터플라이밸브와 콘밸브가 많이 사용되고 있다. 이들 밸브는 용도별 기능에 대하여 비교 검토하여 가장 적절한 밸브를 적당한 장소에 설치한다.

1.에 대하여 ; 차단용 밸브는 통상 밸브본체의 전개(全開)나 전폐(全閉)를 함으로써 관로내의 수류를 통수하거나 차단하는 것이다.

차단용 밸브는 배수구역이나 배수블록의 설정 또는 변경, 관로의 공사나 사고 등의 비상시에도 차단 등 조작할 필요가 생겼을 때에 확실하게 작동하는 것을 사용한다.

제어용 밸브는 공급구역 내의 동수압을 가능한 한 일정하게 유지하고 물의 수요에 따른 필요수량을 급수하기 위하여 구역내에서 지형의 고저, 건축물의 규모 등 지역특성, 관로의 배치상황 등에 따라 밸브의 개도조정으로 적절하게 수량과 수압을 제어할 수 있어야 한다.

관로는 안정급수를 확보하기 위하여 관경을 여유 있게 결정하는 것이므로 사고시에는 물론이고 공급량의 시간적 변동에 따라 수량과 수압을 제어할 수 있는 밸브를 사용한다.

밸브(차단용과 제어용 밸브)는 관망의 구성상황, 지형을 고려한 동수압의 평균화, 합리적 수운용 및 관로의 유지관리 등을 적절하게 할 수 있도록 적당한 장소에 설치한다. 또한 평상시 및 비상시 등에 있어서 수운용을 위한 제어용 밸브를 설치한다.

밸브를 설치하는 장소를 구체적으로 예시하면 다음과 같다.

1) 도·송수관

관로에서도 충수, 통수, 배수(排水) 등의 작업과 사고시를 고려하여 1~3km 간격으로 제수밸브를 설치하는 것이 바람직하다.

2) 배수본관

⑴ 관로의 시점, 분기점, 교차부, 수관교 또는 역사이펀부의 양단, 배수(排水)관의 분기부 부근에 설치하는 외에 관로가 길 경우에는 1~3 km 마다 설치하는 것이 바람직하다.

⑵ 표고차가 크고 긴 사면의 상부 및 하부에는 반드시 설치한다.

3) 배수지관

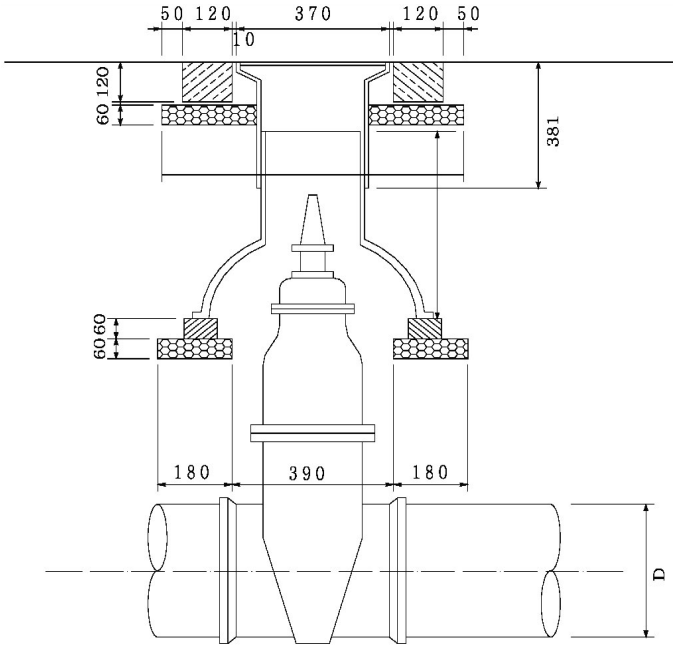
배수본관에서의 분기부, 수관교 또는 역사이펀부의 양단, 배수관의 분기부 부근에는 반드시 설치하며, 배수지관의 분기부나 교차부에는 배수지관망의 구성상황에 따라 설치한다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 관경 400 mm 이상의 배수본관 밸브에 대하여서는 밸브실을 설치하지만, 교통량이 많은 장소, 자동차가 통과하는 도로 아래에 밸브실을 설치하는 경우에는 이들의 조건에 견딜 수 있는 견고한 구조로 한다.

밸브실은 밸브를 교체할 수 있는 구조로 하며 맨홀에는 내식성의 사다리를 고정 설치하여 점검이나 정비를 위하여 안전하게 출입할 수 있도록 한다.

밸브의 개폐조작을 쉽게 하기 위해서는 스핀들의 위치에 밸브키대를 연장하여 정확하게 고정시켜 둔다. 맨홀뚜껑은 변형되거나 설치상태가 불량하면 소음으로 민원이 발생하거나 사고가 발생할 수 있기 때문에, 그런 일이 발생하지 않는 구조와 방법으로 설치한다.

밸브뚜껑의 설치 예를 〔그림 4.2.8〕에 나타내었다.



[그림 4.2.8] 밸브뚜껑의 설치 예

계측용이나 밸브구동용의 전기·기계설비가 설치되는 경우에는 수밀성을 높이고 실내의 습도가 높지 않도록 대책을 강구한다.

관경 300 mm 이하의 밸브에는 소형 또는 중형의 밸브실을 사용하며, 밸브실 하단부나 주위에 깬자갈기초 등으로 충분히 다짐을 하여 밸브가 경사져서 밸브를 개폐하는데 지장을 초래하지 않도록 한다. 밸브실의 설치기준은 〈표 4.2.1〉과 같다.

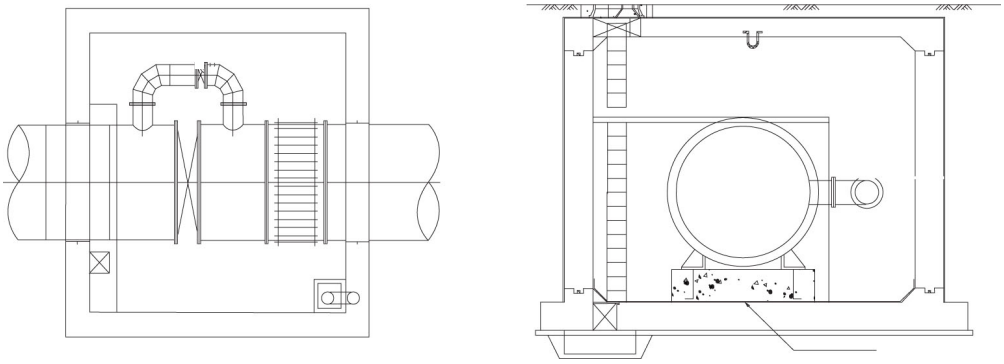
3.에 대하여 ; 밸브실은 밸브와 일체구조로 되어 중량이 커지기 때문에 가능한 한 지반이 양호한 장소를 선정하여 설치한다.

부득이하게 연약지반이나 액상화가 우려되는 사질지반 등에 설치할 때에는 기초공사를 하거나 지반을 개량한다. 특히 밸브실 부근의 관로는 지반의 부등침하나 액상화될 때에 밸브실과는 다른 거동을 보이며, 사고가 발생할 가능성이 크므로 적절한 대책을 강구하여 관로의 안정성을 확보한다. 밸브실의 설치 예를 〔그림 4.2.9〕에 나타내었다.

〈표 4.2.1〉 밸브실의 설치기준

구분	밸브실명	적용관경(mm)	적 용 장 소	기 타
소형	밸브보호통	D80~300	• 보도 및 폭이 좁은 도로 • 도로 폭 6m 이하로서 중차량 통행이 빈번하지 않은 도로	제수밸브실의 규격은 제수밸브의 치수에 의함.
중형	원형(圓形)밸브실(A)	D80~300	• 보도 및 폭이 좁은 도로 • 도로 폭 15m 이하인 도로	
	원형(圓形)밸브실(B)	D80~300	• 도로폭 20m 이상인 차도	
대형	구형(矩形)밸브실(A)	D300~600	• D 400mm 이상의 제수밸브 설치시 • 도로폭 20m 이상 차도에 D 300mm 인 제수밸브 설치시	
	구형(矩形)밸브실(B)	D700 이상	• D 700mm 이상 제수밸브 설치	제수밸브실의 규격은 버터플라이밸브의 치수에 의함.
기타	이토 및 공기밸브실	D80~300	• 도로폭 15m 이하인 도로	

주) 밸브실의 표준도는 많이 사용되고 있는 제수밸브실의 규격을 기준으로 하였음.



[그림 4.2.9] 밸브실 설치 예

4.에 대하여 ; 차단용 밸브와 제어용 밸브도 오랜 세월에 걸쳐 사용하는 동안에 밸브박스나 밸브본체의 도장이 노후하고 녹이 발생하여, 적수의 원인이 되거나 개폐하기 곤란한 경우가 있다. 이들 밸브에 사용되는 도장에 대해서는 도포막으로서의 특성이 뛰어나고 수질에 영향을 미치지 않는 도료를 사용해야 한다. 밸브의 도장방법으로는 에폭시수지분체도장, 에폭시수지도장, 폴리우레아도장 등이 있다.

관경 350 mm 이하의 제수밸브에는 유로에 홈이 없으며, 밸브박스에는 에폭시수지 분체도장을 하고 밸브본체에 고무시트(seat)를 붙인 소프트실(seal) 밸브 등도 있다.

4.2.9 공기밸브

공기밸브의 설치는 다음 각 항에 적합하게 설치한다.

1. 관로의 종단도상에서 상향 돌출부의 상단에 설치해야 하지만 제수밸브의 중간에 상향 돌출부가 없는 경우에는 높은 쪽의 제수밸브 바로 앞에 설치한다.
2. 관경 400 mm 이상의 관에는 반드시 급속공기밸브 또는 쌍구공기밸브를 설치하고, 관경 350 mm 이하의 관에 대해서는 급속공기밸브 또는 단구공기밸브를 설치한다.
3. 공기밸브에는 보수용의 제수밸브를 설치한다.
4. 매설관에 설치하는 공기밸브에는 밸브실을 설치하며, 밸브실의 구조는 견고하고 밸브를 관리하기 용이한 구조로 한다.
5. 한랭지에서는 적절한 동결방지대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 공기밸브의 설치 목적은 관내에 공기를 배제하거나 흡인하기 위한 것이다. 관로의 종단도상에서 상향 돌출부의 상단에는 물속에 용해되어 있는 공기가 유리되고 축적되어 에어포켓(air pocket)을 형성하며, 이 에어포켓 부분을 제거하지 않으면 통수단면적을 감소시켜서 원활한 통수를 방해하며 때로는 관로사고를 유발하는 경우도 있으므로 적절하게 자동적으로 배제시켜야 한다.

또 관을 부설하거나 단수 후에 물을 다시 채울 때에는 관내의 공기를 배제하면서 충수해야 하며, 또 공사할 때나 작업상 필요에 따라 단수하고 관내의 물을 빼내는 경우에는 관내가 진공에 가깝게 되어 외압에 의하여 관이 변형될 우려가 있다. 이런 경우에는 관의 변형을 방지하기 위하여 공기를 자동적으로 관내에 빨아 들여야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 관로에는 적당한 장소에 공기밸브를 설치하여야 한다.

관로에서 공기가 가장 모이기 쉬운 부분인 관로의 종단도상에서 상향 돌출부의 상단은 전체 관로를 통하여 최고부가 아니더라도 국부적인 그 부근에서 가장 높은 지점이며, 이러한 지점들은 관로의 종단도상에서의 모든 상향 돌출부의 상단을 말한다.

예를 들면, 수관교의 돌출부 상단(top)도 이에 해당된다.

관로연장이 길고 또한 관로의 종단도에 돌출부가 없는 경우에는 충수 또는 배수(排水)에 요하는 시간을 적절하게 하도록 제수밸브와 제수밸브 사이에 공기밸브를 설치한다. 관로연장이 긴 경우에는 유지관리를 위하여 1~3 km의 간격으로 제수밸브를 설치하기 때문에 공기밸브는 이들 제수밸브중 위치가 높은 쪽 제수밸브 바로 앞의 가까운 곳에 설치한다.

배수지관에는 급수관이 분기되며 관내의 공기는 급수장치를 통하여 배출되기 쉽다. 배수지관을 신설할 때 및 유지관리를 위한 충수·배수(排水)시에는 흡기·배기에 소화전을 이용할 수 있다.

2.에 대하여 ; 공기밸브에는 단위시간에 있어서의 흡·배기량의 대소에 따라 급속공기밸브, 쌍구공기밸브 및 단구공기밸브로 나누어진다.

단위시간당의 공기 흡입량은 배수로(排水路)의 단위시간당 배수(排水) 가능량, 관내 수량 및 허용배

수(排水)시간에 의하여 정한다. 단위시간당의 배기량은 충수시에 관의 공급능력, 안전한 충수속도 및 허용충수시간 등에 의하여 정한다. 공기밸브는 이러한 검토에 의하여 적절한 종류를 선택한다.

예컨대, 배수로(排水路)가 작은 하천인 경우에 배수(排水) 시에는 그 수위가 일정하다고는 할 수 없으며 단위시간당의 배수 가능량은 수위가 낮으면 크고, 수위가 높으면 작아지기 때문에 지금까지의 경험에 근거하여 관경 400 mm 이상의 본관에는 급속공기밸브 또는 쌍구공기밸브를, 관경 350 mm 이하의 본관에는 급속공기밸브 또는 단구공기밸브를 설치한다.

관경 800 mm 이상의 대구경관에는 맨홀용의 T자관 뚜껑을 이용하여, 그 뚜껑의 상부에 공기밸브를 설치하면 공기밸브실과 맨홀을 겸할 수 있으므로 유지관리상 편리하다.

특히 동수경사선상에 설치된 터널 입·출구 등에는 공기 배제용의 입상관(stand pipe)을 설치하는 것이 바람직하다.

관경에 따른 공기밸브의 적용구경은 다음 〈표 4.2.2〉와 같다.

〈표 4.2.2〉 쌍구 및 급속공기밸브 적용구경

쌍구공기밸브		급속공기밸브	
구경(mm)	관경(mm)	구경(mm)	관경(mm)
80	400~600	80	400~900
100	600~900	100	600~1,200
150	900 이상	150	900 이상
200	1,600 이상	200	1,600 이상

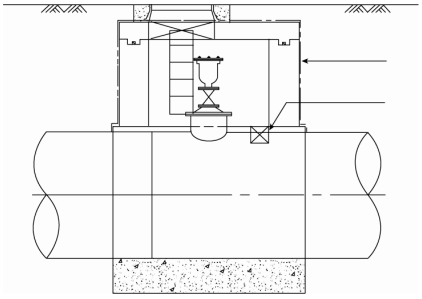
3.에 대하여 ; 공기밸브의 구조는 간단하지만, 볼(ball)이나 고무패킹이 파손되기 쉽고 교체하거나 수리해야 할 필요성이 생기는 경우가 많으므로 관로를 단수시키지 않으면서 보수하기 위하여 공기밸브용 T자관과 공기밸브의 사이에 보수용의 제수밸브를 설치한다.

또 공기밸브실이 작고 좁거나 얕은 곳에는 밸브실의 상부에서 제수밸브를 조작할 수 있도록 공기밸브와 제수밸브가 일체로 제작된 공기밸브를 사용하면, 개폐조작이 용이하고 얕게 묻힌 배관에 설치하기도 쉽다. 공기밸브는 그 기능을 완전하게 발휘하기 위하여 관 상단에 설치하여야 한다.

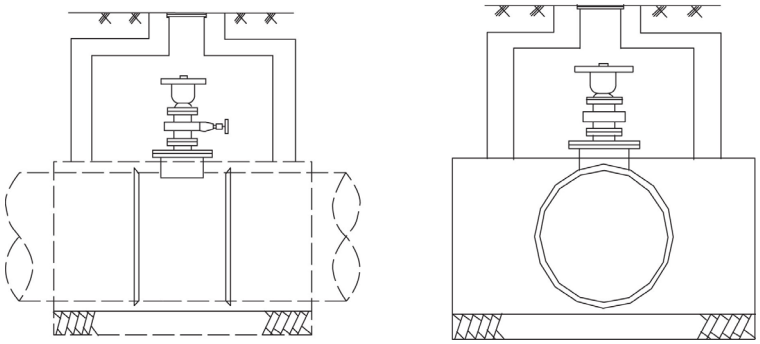
4.에 대하여 ; 공기밸브는 공기의 배제나 공기밸브의 유지관리를 쉽게 하기 위하여 밸브실을 설치한다. 특히 매설관의 공기밸브에는 반드시 밸브실을 설치하며 밸브실은 철근콘크리트 또는 콘크리트블록 쌓기로 하고 밸브를 보수할 수 있는 크기로 한다.

밸브실 내에는 빗물 또는 공기밸브를 통하여 분출된 물 등이 고이기 쉬우므로 외부로 배수(排水)할 수 있는 구조로 한다. 공기밸브실 주위의 지하수위가 높을 경우에는 외부에서 물이 역으로 유입되지 못하도록 필요한 높이의 관을 이어서 높게 하며 밸브실내에 공기의 유출입이 용이하도록 환기구를 설치한다. 다만 수관교, 교량첨가부에는 공기밸브실을 설치하지 않는 경우도 있다.

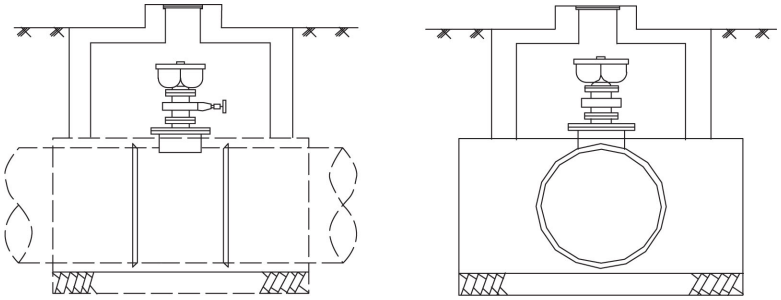
급속공기밸브, 단구공기밸브 및 쌍구공기밸브의 예를 〔그림 4.2.10~4.2.12〕에 나타내었다.



[그림 4.2.10] 급속공기밸브 설치 예



[그림 4.2.11] 단구공기밸브 설치



[그림 4.2.12] 쌍구공기밸브 설치 예

5.에 대하여 ; 한랭지에서는 공기밸브의 동결을 방지하기 위하여 매설관의 공기밸브실 뚜껑을 이중구조로 하거나 밸브실내에 적당한 방한재를 채워야 하며, 수관교나 교량첨가부의 공기밸브에는 외상자를 씌우고 그 속에 발포스티로폼 등의 방한재를 충전하여 공기밸브의 동결을 방지할 필요가 있다. 동결방지장치를 부가한 급속공기밸브를 사용하면 보다 효과적이다.

4.2.10 배수(drain)설비

배수(排水)설비는 다음 각 항에 적합하도록 설치한다.

1. 상수도 관로의 종단상에서 하향 굴곡부의 하단으로 적당한 배수로(排水路), 하수관거 또는 하천 등(이하 「수로 등」이라고 한다)이 있는 지점의 부근을 선정하여 배수설비(이토관)를 설치한다.
2. 배수설비(이토관)의 관경은 도수관경의 1/2~1/4로 하고 가능하면 치수가 큰 것을 택한다.
3. 방류수면이 관저보다 높을 경우에는 배수설비(이토관)와 토출구의 도중에 배수실을 설치한다.
4. 토출구 부근의 호안은 방류수에 의하여 침식되거나 파괴되지 않도록 견고하게 축조한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수(排水)설비의 설치 목적은 관을 매설하였을 때에 관의 바닥에 남은 이토나 모래 등 협잡물을 배출하고 관내에 발생한 탁질수의 배제와 공사 및 사고 등 비상시나 평소의 유지관리상 관내의 청소와 정체수의 배제 등을 목적으로 설치한다.

따라서 배수(排水)설비는 관로의 낮은 곳에서 배제(排除)할 수 있는 수로 등의 부근과 분기지점 근처의 적절한 지점에 밸브를 설치하여 효율적으로 배수(排水)할 수 있도록 선정한다.

일반적으로 배수(排水)설비를 도·송·배수본관에만 설치하고 배수(配水)지관의 배수(排水)를 소화전에 의존하는 경우도 있지만, 소화전만으로서는 모든 협잡물들을 배출할 수 없기 때문에 드레인관(배수용 T자관)(주 : 배수본관과 분기관의 하단부 높이가 동일하게 접속된 T자관)과 소화전을 사용하여 수질보전을 한층 충실하게 할 필요가 있다.

관로가 특히 낮은 곳이 아니더라도 부근에 적당하게 배출할 수 있는 장소가 있는 경우에는 배수설비(이토관)를 설치하는 것이 바람직하다. 가깝게 적당한 수로가 없을 경우에는 배수관로가 상당한 거리가 되더라도 가장 가까운 수로에까지 배수설비(이토관)를 매설하는 것이 바람직하다. 또 배수설비(이토관)는 제수밸브와 제수밸브 사이에 적어도 한 개는 설치하는 것이 바람직하다.

일시적으로 대량의 물을 배수하는 것은 수로 등에 영향을 주기 때문에 배수관경이 제약되는 경우가 있지만, 가능한 한 배수량에 적합한 관경으로 하는 것이 바람직하다.

배수관로에서의 토출구는 수로 등에서의 오수 역류를 방지하기 위하여 수로 등의 고수위보다 높은 위치에 설치한다.

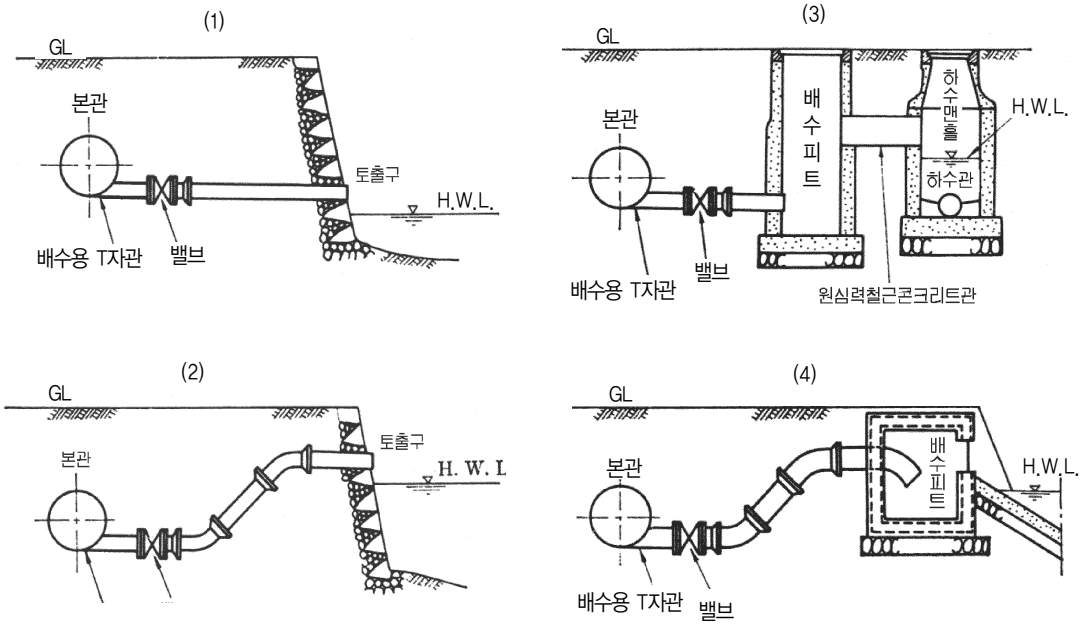
방류수면이 관의 밑바닥보다 높은 경우에는 관내수를 완전히 배수하기 위하여 배수관로의 도중에 배수실(catch basin)을 설치하고 펌프로 배수해야 한다.

배수관로의 토출구 부근이 방류에 의하여 침식 또는 파괴될 우려가 있는 경우에는 콘크리트, 돌망태, 사석 등의 방호공을 설치한다. 일시적으로는 배수시에 강판말뚝을 한줄로 세우거나 목재의 뗏목을 띄우는 등으로 하여 방호하는 경우도 있다.

또한 배수실을 철근콘크리트조로 하여 토출구에서 분출수의 에너지를 감쇄시키고 그 월류구의 폭을 가능한 한 크게 하여 유속을 줄여서 방류하는 방법도 있다.

대구경관의 배수관로 토출구 등에는 필요에 따라 위험을 방지하기 위한 조치를 강구한다.

배수설비 배치의 예를 〔그림 4.2.13〕의 (1)~(4)에 나타내었으며, 〔그림 4.2.13〕의 (1)인 경우에는 배수관의 개략적인 배수량 산정표를 〈표 4.2.3〉에 나타내었다.



[그림 4.2.13] 배수관, 배수실, 토출구의 설치 예

2.에 대하여 ; 배수설비(이토관)의 관저고는 본관의 관저고와 일치시켜야 하며 관내를 충분히 세척하기 위하여서는 상당히 빠른 유속이 필요하기 때문에 배수설비(이토관)의 관경을 1,650 mm 이상의 대구경관 이외에는 주배관 관경의 1/2~1/4 정도로 하면 되지만, 가능하면 크게 하는 편이 유지관리가 편리하다.

그러나 관경 500 mm 이상의 관에서는 토출구의 수로가 범람할 우려가 있으므로 이런 때에는 배출 가능한 장소마다 여러 개의 배수(排水)설비를 설치할 수도 있다.

3.에 대하여 ; 방류수로의 하수 등이 관내로 역류하지 못하게 토출구는 반드시 방류수로의 고수위보다도 높게 설치한다. 세척수만을 배출하기 위하여 설치한 배수설비(이토관)는 방류수면보다 토출구를 높게 하는 것이 좋으나 관내에서 물을 완전하게 빼내고자 할 경우에는 배수설비(이토관)의 도중에 별도의 배수실을 설치하여 펌프로 배출할 수 있도록 한다.

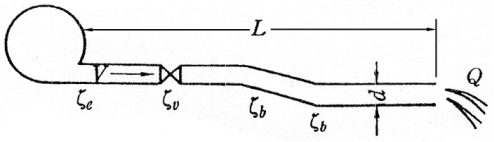
4.에 대하여 ; 토출구 부근이 대량의 방류수에 의하여 침식 또는 파괴될 우려가 있는 장소는 반드시 보호공을 설치한다.

〈표 4.2.3〉 배수관(排水管)의 개략적인 배수량 산정표

L = 50m (단위 ; ㎥/min)

	개 도		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개		개 도		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개
100ϕ	개구 면적(㎡)		0.0009	0.0027	0.0034	0.0046	0.0057	0.0067	0.0079	250ϕ	개구면적(㎡)		0.0062	0.0142	0.0226	0.0291	0.0358	0.0416	0.0491
	스핀들회전속도		1.7	3.5	5.2	7.0	8.6	10.4	13.8		스핀들회전속도		3.1	6.7	9.2	12.3	15.4	18.2	24.6
	본관 수압 MPa	0.05	0.44	0.74	0.85	0.91	0.93	0.95	0.95		본관 수압 MPa	0.05	2.9	6.0	8.0	9.2	9.8	10.2	10.5
		0.10	0.63	1.05	1.21	1.29	1.31	1.33	1.35			0.10	4.2	8.4	11.3	13.0	13.9	14.4	14.8
		0.15	0.76	1.27	1.48	1.57	1.61	1.63	1.65			0.15	5.1	10.3	13.9	15.9	17.0	17.7	18.1
		0.20	0.87	1.48	1.70	1.82	1.86	1.90	1.90			0.20	5.9	12.0	16.1	18.5	20.1	20.6	21.2
		0.25	0.97	1.65	1.91	2.05	2.09	2.11	2.12			0.25	6.6	13.4	18.0	20.7	22.4	23.0	23.7
		0.30	1.06	1.80	2.11	2.24	2.27	2.31	2.33			0.30	7.3	14.7	19.7	22.7	24.5	25.2	26.0
		0.35	1.16	1.95	2.26	2.39	2.46	2.48	2.52			0.35	7.5	15.9	21.3	24.5	26.5	27.3	28.1
		0.40	1.57	2.09	2.43	2.56	2.63	2.67	2.69			0.40	8.3	17.0	22.7	25.2	28.3	29.4	30.0
150ϕ	개구 면적(㎡)		0.0021	0.0050	0.0077	0.0091	0.0127	0.0149	0.0177	300ϕ	개구면적(㎡)		0.0094	0.0173	0.0315	0.0420	0.0516	0.0601	0.0707
	스핀들회전속도		2.2	4.4	6.5	8.9	11.1	13.3	17.7		스핀들회전속도		3.7	7.4	11.1	14.8	18.4	22.1	29.5
	본관 수압 MPa	0.05	1.0	1.9	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7		본관 수압 MPa	0.05	4.3	9.9	12.3	14.5	15.7	16.5	17.0
		0.10	1.5	2.7	3.3	3.6	3.7	3.8	3.9			0.10	6.0	12.7	17.4	20.5	22.2	23.3	24.0
		0.15	1.8	3.3	4.0	4.4	4.6	4.6	4.7			0.15	7.4	15.5	21.3	25.0	27.2	28.6	29.4
		0.20	2.0	3.8	4.7	5.1	5.3	5.4	5.4			0.20	8.6	17.9	24.7	29.0	31.5	32.9	34.0
		0.25	2.3	4.2	5.2	5.6	5.9	6.0	6.1			0.25	9.6	20.0	27.6	32.4	35.3	36.8	38.0
		0.30	2.5	4.6	5.7	6.2	6.4	6.6	6.6			0.30	10.5	21.9	30.2	35.5	38.6	40.3	41.6
		0.35	2.7	5.0	6.1	6.7	7.0	7.1	7.2			0.35	11.3	23.7	32.6	38.3	41.6	43.5	45.0
		0.40	2.9	5.3	6.6	7.1	7.4	7.6	7.7			0.40	12.1	25.3	34.9	41.0	44.5	46.7	48.0
200ϕ	개구 면적(㎡)		0.0040	0.0090	0.0137	0.0186	0.0228	0.0267	0.0314	400ϕ	개구면적(㎡)		0.0168	0.0368	0.0564	0.0749	0.0920	0.1070	0.1256
	스핀들회전속도		3.0	5.9	8.9	11.8	14.7	17.7	23.6		스핀들회전속도		4.3	8.6	12.9	17.2	21.5	25.9	34.5
	본관 수압 MPa	0.05	1.9	3.6	4.5	5.2	5.5	6.0	6.1		본관 수압 MPa	0.05	7.7	16.4	23.5	28.4	31.6	33.4	34.8
		0.10	2.6	5.1	6.3	7.4	7.8	8.0	8.1			0.10	10.9	23.3	33.3	40.1	44.6	47.3	49.2
		0.15	3.2	6.3	7.7	9.0	9.5	9.8	10.0			0.15	13.3	28.5	40.8	49.1	54.7	58.0	60.2
		0.20	3.7	7.3	9.0	10.4	11.0	11.3	11.5			0.20	15.4	32.9	47.0	56.7	63.2	66.8	69.5
		0.25	4.2	8.1	9.9	11.6	12.3	12.6	12.8			0.25	17.2	36.8	52.7	63.4	70.6	74.8	77.7
		0.30	4.6	8.9	10.9	12.7	13.4	13.8	14.1			0.30	18.8	40.3	57.6	69.5	77.3	81.8	85.1
		0.35	4.9	9.6	11.8	13.8	14.5	14.9	15.2			0.35	20.3	43.6	62.3	70.1	83.5	88.5	92.0
		0.40	5.3	10.2	12.6	14.7	15.5	15.9	16.3			0.40	21.7	46.6	66.6	80.2	89.2	94.5	98.3

(계산조건)



$$H=(\zeta_e+\zeta_v+2\zeta_b+\lambda\frac{L}{d})\frac{v^2}{2g}=(1.6+2\zeta_b+\lambda\frac{L}{d})\frac{v^2}{2g} \qquad \therefore v=\frac{4.43}{\sqrt{1.6+\zeta_v+\lambda\frac{L}{d}}}\sqrt{H}(m/s)$$

유량 Q는 $Q=\frac{\pi}{4}d^2v=\frac{\pi}{4}d^2\frac{4.43}{\sqrt{1.6+\zeta_v+\lambda\frac{L}{d}}}\sqrt{H}(m^3/s)$

여기서 H : 수도본관의 수압(m)
L : 배수관(排水管)의 길이(m)
d : 배수관(排水管) 관경(m)
ζ_e : 유입손실계수(0.5)
ζ_b : 곡관손실계수(0.04)
ζ_v : 밸브의 손실계수
λ : 배수관(排水管)의 마찰손실계수(신관, 라이닝 없음)

밸브의 개도와 ζ_v 와의 관계

개도	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개
ζv	90	16	5.5	2.3	1.0	0.385	0

관경과 λ와의 관계

관경	100	150	200	250	300	400
λ	0.045	0.040	0.036	0.031	0.027	0.024

4.2.11 맨홀과 점검구

관경 800mm 이상의 관로에 대해서는 관로의 시공과 유지관리시 내부 누수공의 확인이나 검사와 보수를 위하여 필요한 장소에 맨홀을 설치하고, 800mm 미만의 관로에는 점검구를 둘 수 있다.

【해설】

맨홀은 관경 800 mm 이상의 관로를 부설할 때에 덕타일주철관의 내면조인트, 강관의 접합 등을 위한 작업요원의 출입구, 재료·기자재의 반출입구 등 관로 매설공사를 시공할 때와 관로매설 후 내부점검이나 밸브점검 등을 유지관리 할 때에 활용하기 위하여 설치한다.

설치지점은 공기밸브의 설치지점이 일반적이지만, 강관 접합부의 용접이나 도장을 할 때에는 관내의 강제배기 등을 위하여 필요에 따라 공기밸브 이외의 지점에 설치한다.

특히 사고 가능성이 많은 수관교, 역사이펀, 제수밸브, 지형과 지질이 변화하는 장소와 기타 중요한 장소에 설치하고 또 일반적인 관로에도 토피가 큰 장소에는 외부로부터의 검사와 보수가 불가능하므로 특히 맨홀을 설치하는 것이 필요하다.

맨홀의 T자관 크기는 대개 직경 600 mm로 충분하다. 맨홀은 보통 상향으로 뚜껑을 설치하고 공기밸브를 접속한다. 공기밸브를 설치하지 않는 지점에는 구경 600 mm의 플랜지 뚜껑으로 밀폐하는데 에어포켓(air pocket) 발생과 이에 따른 플랜지부 패킹의 이탈로 인한 누수예방을 위하여 출입구가 측면에 오도록 설치한다.

관경 800 mm 미만의 관에도 대형관의 맨홀 설치방법에 준하여 점검구를 둠으로써 시공 및 유지관리할 때에 관로내부에 감시카메라 등을 삽입하여 내부상태를 점검·확인할 수 있고 기존관로의 보수나 갱생에도 활용할 수 있다.

맨홀과 점검구의 실은 4.2.9 공기밸브의 4.에 준한다.

4.2.12 관로보호설비(수격방지 설비)

수격작용으로 관로에 영향을 미칠 우려가 있는 경우에는 이를 경감시키기 위하여 다음 각 항에 의한 보호설비를 설치하는 것이 바람직하다.

1. 압력저하에 따른 부압방지대책으로 플라이휠(fly wheel), 에어챔버(air chamber), 압력조절탱크(surge tank), 공기밸브 등을 설치한다.
2. 압력상승에 따른 배관 및 가압설비의 보호대책으로 안전밸브(safety valve) 즉, 스윙체크밸브(swing check valve), 급폐형 체크밸브, 콘밸브(cone valve) 또는 니들밸브(needle valve), 수격완화밸브(relief valve), 에어챔버(air chamber), 우회관(bypass line)등을 설치한다.
3. 사고로 인한 단수에 대비하기 위하여 필요에 따라 관을 2계열로 매설하고 중요한 장소에 연결관을 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.과 2.에 대하여 ; 수격방지에 대해서는 8.2.8. 펌프계의 수격작용을 참조한다. 펌프의 급격한 기동, 정지 또는 밸브의 개폐에 의한 물의 운동상태가 급격하게 변함에 따라 관로에 커다란 압력의 상승 또는 저하를 일으키는데, 이와 같은 비정상상태의 수리현상에 의하여 발생하는 압력의 변동현상을 수격작용이라고 하며, 이 작용을 완화하고 경감하는 장치를 수격방지설비라고 한다.

펌프 양수시 관로연장이 긴 경우에는 펌프의 운전개시, 정지, 정전, 기타의 사고가 있을 때나 하류측 제수밸브의 개폐시 등에 관로에 이상수격압이 일어나기 때문에 필요에 따라 그 완화대책으로서 안전밸브 또는 자유수면을 갖는 압력조절탱크(surge tank)를 설치해야 한다. 또 관경이 크고 연장이 길 경우에는 도중의 관로 파열사고에 대비하여 자동차단밸브를 설치하면 안전하다. 도·송수중의 펌프가 급격히 구동력을 잃은 경우에는 회전속도의 저하에 의하여 양수능력을 잃고, 관내압력은 급속히 저하한다. 관내압력이 그 온도에서 물의 포화증기압 이하가 되면 관내의 물속에 공기가 기화하고 공동부(cavitation area)가 발생하여 수주분리를 일으키는데, 어느 시기가 경과하면 역류되기 시작하여 수주가 다시 결합될 때에 큰 압력을 유발하여 관로를 파손시키는 경우도 있다.

이러한 경우는 에어챔버(air chamber) 또는 일방향 조압수조를 설치하는 것이 안전하다.

노선계획의 측면에서 보면 펌프장 토출측이 급격히 올라가는 장소나 지형여건상 관로가 종단도상에서 상향 돌출부에는 커다란 수격작용이 발생한다.

수격작용을 경감시키는 데는 압력저하와 압력상승을 경감시키는 방법이 있는데, 실제로 무엇이 문제가 되는가를 검토하고 필요에 따라 여러 방법을 병용해야 한다.

3.에 대하여 ; 관로의 사고시 다른 계통에서 보급이 안 될 경우 또는 복구가 곤란할 것으로 예상될 경우에는 전 노선이나 위험성이 큰 구간의 관로를 2계열로 하고 중요한 장소에는 상호 연결관을 설치하여 사고시의 안전을 기하는 것이 바람직하다.

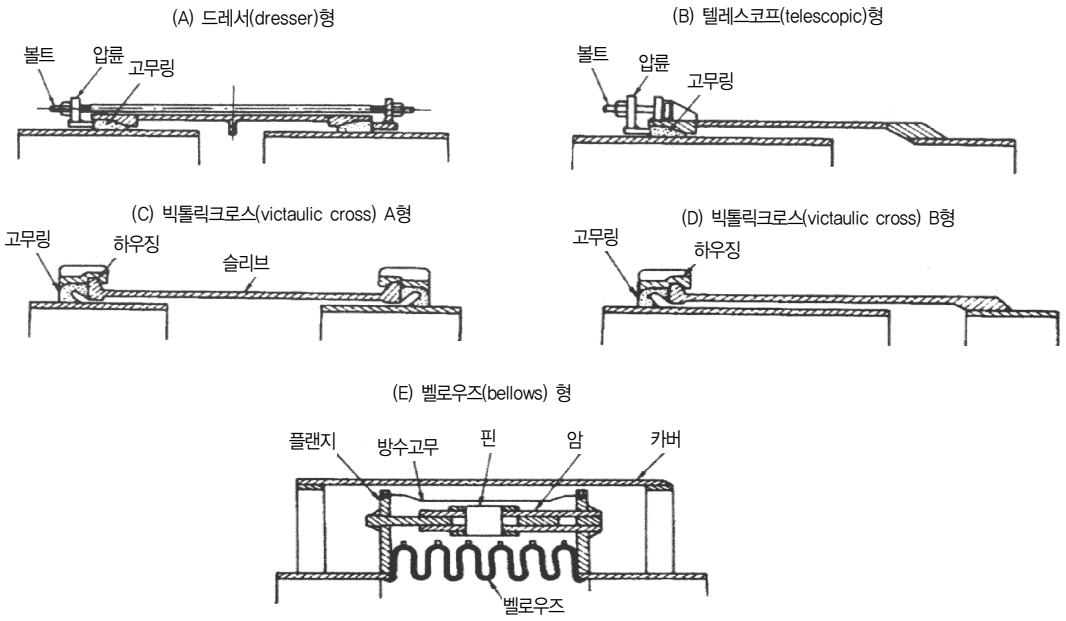
4.2.13 신축이음관

신축이음관은 다음 각 항에 적합하게 한다.

1. 신축자재가 아닌 노출되는 관로 등에는 20~30 m 마다 신축이음관을 설치하고, 연약지반이나 구조물과의 접합부(tie-in point) 등 부등침하의 우려가 있는 장소에는 휨성이 큰 신축이음관을 설치한다.
2. 매설되는 수도용 강관의 관로부에는 별도의 신축이음관이 필요하지 않으나 제수밸브, 펌프 등 관로의 중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실 내에 신축이음관을 설치하고 밸브실 통과부에는 관이 축방향으로 변위될 수 있게 하되 외부지하수 등이 침입할 수 없는 구조로 한다.

【해설】

신축이음을 설치하는 목적은 연약지반 등에서의 부등침하를 흡수하거나 노출배관에 대하여 온도에 의한 관로의 신축에 대응시킴과 동시에 자연재해 등의 응력을 흡수하기 위하여서이다. 따라서 관로의 안전성을 확보하기 위하여 신축이음관을 적절히 배치한다(〔그림 4.2.14〕 참조).



[그림 4.2.14] 수도용 강관의 신축이음관

1.에 대하여 ; 연약지반 등 부등침하가 광범위하게 생길 것으로 예측되는 장소에 대해서는 관로전체에 유연한 신축이음관을 사용한다. 수관교나 역사이펀(inverted siphon)과 같은 구조물과의 접합부에 휨성이 있는 신축이음관을 사용하는 경우에는 추정침하량을 흡수할 수 있는 휨성만으로 선정하는 것이 아니고, 내·외압, 내구성 및 수밀성에 대한 안전성을 검토한 다음에 최적의 것을 선정한다. 수관교 등의 노출부는 온도변화에 의한 관의 신축이 커지므로 교대부에 신축이음관을 설치한다.

2.에 대하여 ; 수도용 강관은 온도응력에 대하여 강도가 크고 또한 용접접합이기 때문에 관로로서 일체감을 갖게 되며 흙에 의한 구속력이 있으므로 신축이음관을 거의 사용하지 않고 설계하고 있지만, 제수밸브, 곡관, T자관의 전후지점으로 온도응력이 일어나면 파손될 우려가 있는 지점에는 신축이음관을 설치한다. 이 경우에는 편압에 대하여 밸브를 보호할 대책이 필요하다.

강관 부설공사에서 최후의 접합지점에는 용접에 따른 열응력을 적게 하기 위하여 신축이음관을 설치하는 것이 좋으며 그렇지 않을 경우 하루 중에서 기온이 가장 낮은 시간대에 용접을 하는 것이 바람직하다.

4.2.14 관의 기초

관을 매설할 때에는 다음 각 항에 따른다.

1. 매설관의 기초는 지반의 상태와 지층을 사전에 조사하여 태풍이나 지진, 홍수 등 비상시에도 관로의 구조에 영향이 최소화될 수 있도록 사용 관종을 선정하고 최적의 공법을 채택한다.
2. 관을 매설할 때의 다짐이 적절하게 이루어지도록 되메우기 흙을 선정한다.
3. 견고한 지반과 연약지반이 단층으로 접해 있을 때와 관의 한쪽이 구조물에 고정되어 있을 경우에는 부등침하에 대비하여 알맞은 시공법, 관종, 신축이음을 사용한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 매설관의 기초는 지반의 상태, 하중조건 및 사용관종의 특성을 고려하여 설계한다.

1) 기초의 형상

덕타일주철관의 기초는 원칙적으로 평평한 밑바닥으로 하고, 강관도 통상의 토질과 토피이면 특별한 기초를 필요로 하지 않지만, 굴착바닥이 딱딱한 암반인 경우이거나 자갈 등을 포함한 지반인 경우에는 관의 단면방향 응력이나 변형을 저감시킬 목적으로 모래채움(sand bed)을 한다. 수도용 경질폴리염화비닐관과 폴리에틸렌관은 원칙적으로 굴착바닥에 0.10m 이상의 모래 또는 양질토를 채운다.

2) 관의 밑바닥 지지각

관의 두께계산 등에 사용되는 관의 밑바닥 지지각은 지반상태나 되메우기 흙의 종류 및 기초의 지지각을 감안하여 결정한다. 덕타일주철관에 대하여 매설조건별로 구한 예를 표시하면, 〈표 4.2.4〉와 같다.

강관이나 스테인리스강관에 대해서는 60~150°의 기초지지각이 표시되며 일반적으로는 90°를 사용한다고 되어 있다. 관체를 지지하는 기초는 모래 또는 양질토를 사용하고 설계지지각 이상으로 다짐을 한다. 충분히 다지지 않으면, 기대한 것과 같은 설계지지각을 얻을 수 없으며 관체의 안전성을 확보하기 어려울 수도 있다.

〈표 4.2.4〉 각 매설조건에 대한 지지각

구 분	매 설 조 건	지지각
A	일반적인 지반인 경우	60°
	굴착된 바닥이 강고한 경우에 바닥에 모래를 채운 경우	
	굴착된 바닥이 강고한 경우에 되메우기 흙을 모래로 치환한 경우	
B	굴착된 바닥이 강고한 경우	40°

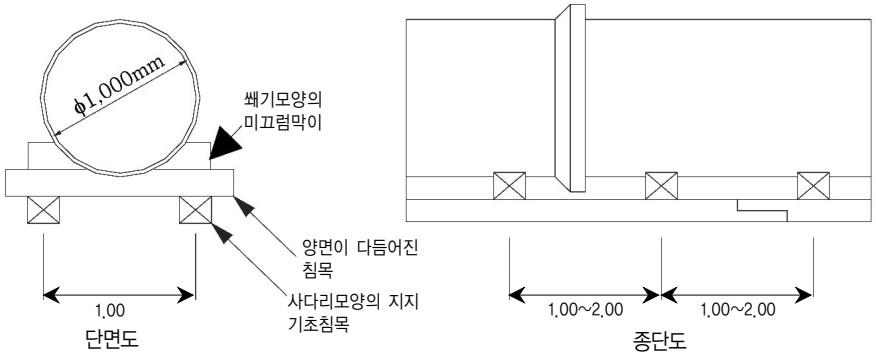
2.에 대하여 ; 되메우기 흙의 양부(良否)는 되메우거나 다짐 때의 시공성을 좌우할 뿐만 아니라 관로의 안전성에도 크게 영향을 미친다. 특히 수도용 강관, 경질폴리염화비닐관 및 폴리에틸렌관에 대해서는 관체의 손상을 야기할 수 있는 자갈이나 깬돌 등을 포함하고 있어서는 안 된다. 굴착토만으로 설계조건을 충족하는 양질토를 얻을 수 없는 경우에는 모래 또는 양질토로 치환할 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 충적층 등의 연약한 지반에서는 관의 설치가 곤란할 뿐만 아니라 장래 관로의 부등침하를 일으킬 우려가 있다. 연약지반 등에 관로를 매설하는 경우에는 지반상황이나 관로의 침하량에 관하여 검토하고 적절한 시공방법, 관종, 신축이음을 사용한다.

연약층이 얕은 지반에 관을 매설하는 경우에는 관의 중량, 관내 물의 중량, 되메우기 토압 등을 고려하여 관의 하부에서 토압증가분 등을 계산하고 침하량을 추정한 다음 관종이나 신축이음의 특성과 재질을 충분히 파악하여 안전대책을 강구한다.

관의 밑바닥 아래로 관경의 1/5~1/2(최저 0.15 m) 정도는 모래 또는 양질토로 치환하거나 통나무사다리를 병용한 기초로 하는 것이 바람직하다.

통나무사다리기초는 〔그림 4.2.15〕에 예시한 바와 같이 관체의 하부를 모래 또는 양질토로 치환하며, 그 위에 통나무와 침목을 설치하고 쐐기 등을 박아 넣어서 사다리모양으로 하여 고정시킨 것이다.



[그림 4.2.15] 통나무 사다리기초침목의 설치 예

관체에 발생하는 응력은 관저의 지지각에 따라 많은 영향을 받으므로 지지각을 크게 하는 것이 어느 경우에나 유리하다. 또 사다리기초(주 : 양면이 다듬어진 침목)나 침목기초(주 : 사다리모양의 지지기초 침목)에서 침목의 간격이 너무 넓으면 이 부분에 관체응력이 집중되므로 특히 변형되기 쉬운 강관에서는 관체의 좌굴(座屈)에 대한 안전성에 관해서도 충분히 검토한다.

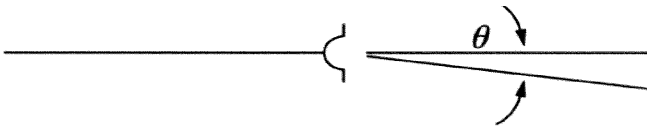
덕타일주철관의 각종 접합부에 대한 굴곡허용각도는 〈표 4.2.5〉와 같고 이 굴곡허용각의 범위 이내이면 관로는 지반의 부등침하에 순응할 수가 있다.

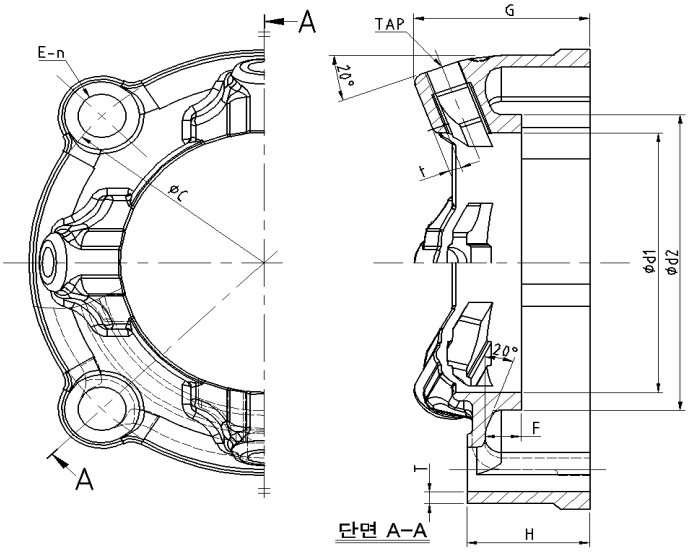
연약층이 깊은 경우 또는 배관공사를 위하여 중기계가 들어갈 수 없는 대단히 연약한 지반에 상수도관을 부설할 경우에는 치환공법, 샌드드레인(sand drain) 등의 탈수압밀공법, 고결법(固結法) 등의 근본적인 지반개량공법이 필요하지만, 일반적인 연약지반에 대해서는 콘크리트기초, 침목기초, 통나무사다리기초 또는 치환기초로서 관저 이하의 토사를 관경의 1/3~1/1 정도 두께까지 잔자갈이나 양질의 모래로 치환하고 관의 주위도 강모래 등으로 되메우기 한다.

연약지반에서의 이형관 보호공에 중량이 큰 콘크리트블록을 사용하면 부등침하의 원인이 되므로 이탈방지압륜과 같은 경량의 보호공이 유리하다(〔그림 4.2.16〕 참조). 또 지하수위가 높고 관의 중량이 가벼울 경우에 관내가 비어 있으면 부상되는 일이 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

〈표 4.2.5〉 덕타일주철관의 조인트부에서 굴곡허용각도

구분 / 호칭지름	KP 메커니컬	타이튼조인트	메커니컬조인트
ϕ 80mm	5°	5°	5°
100	5°	5°	5°
125	5°	5°	5°
150	5°	5°	5°
200	4°	5°	4°
250	4°	5°	4°
300	4°	5°	4°
350	3°	4°	3°
400	3°	4°	3°
450	3°	3°	3°
500	3°	3°	3°
600	2.0°	3°	2.0°
700	2.0°	2.5°	2.0°
800	1.5°	2.5°	1.5°
900	1.5°	2.5°	1.5°
1,000	1.5°	2.0°	1.5°
1,100	1.5°	2.0°	1.5°
1,200	1.5°	2.0°	1.5°
1,350	1.3°	2.0°	1.3°
1,500	1.3°	2.0°	1.3°
1,600	1.3°	2.0°	1.3°
1,650	1.3°	2.0°	1.3°
1,800	1.3°	2.0°	1.3°
2,000	1.3°	2.0°	1.3°
2,100	1.3°	-	1.3°
2,200	1.3°	-	1.3°
2,400	1.3°	-	1.3°
2,600	1.3°	-	1.3°





[그림 4.2.16] 내진형 이탈방지압륜의 예

4.2.15 이형관 보호

이형관 보호에는 각 항에 따른다.

1. 관내수압은 안전성을 고려하여 최대정수압에 수격압을 더한 것으로 한다.
2. 덕타일주철관 및 경질폴리염화비닐관의 이형관 보호에는 관외주면의 구속력이 충분하도록 콘크리트블록 또는 내진형 이탈방지압륜 등으로 보호한다.
3. 용접이음의 강관, 스테인리스강관 및 융착이음의 수도용 폴리에틸렌관에는 이형관 보호 등을 경감 또는 생략할 수 있다. 다만, 신축이음관이 불평균력을 억제하기 위한 유효길이의 범위 내에 설치되어 있는 경우에는 콘크리트블록 등으로 보호한다.

【해설】

곡관, T자관, 편락관 등의 이형관에는 수평, 수직 모두 관내의 수압에 의하여 불평균력을 받는데 불평균력의 크기는 수압, 관경 및 각도가 클수록 커진다. 수압에 의한 불평균력은 이형관의 종류에 따라서 〔4.2.15 참고 1〕 ~〔4.2.15 참고 4〕에 나타낸 식으로 계산할 수 있다.

이 불평균력의 작용에 따라 이형관이 외측으로 밀려나가서 접합부가 이탈할 우려가 있으므로 이형관을 보호해야 한다.

1.에 대하여 ; 이형관 보호에 대한 관내수압은 최대정수압에 수격압을 더한 것으로 한다.

보호공의 크기를 결정할 때에 관내수압에 의한 불평균력에 대하여 저항하는 요소, 즉 되메움 흙의 중량, 토압저항력, 관외주의 마찰구속력을 고려해야 하는 지의 여부는 관의 접합형식 및 관로의 매설상황 등에 따라서 판단한다.

매설관 주위에 다른 매설물들이 많은 시가지 등에서 방호배면이 굴착될 가능성이 있는 경우에는 그 영향을 고려한다.

2.에 대하여 ; 보호 콘크리트블록의 크기를 결정하는 데는 여러 가지 방안이 고려될 수 있는데, 일반적으로는 다음에 따른다.

토피(土被)에 의한 하중, 관의 중량, 물의 중량 및 콘크리트블록의 중량에 의한 흙과의 마찰저항과 콘크리트블록의 배면에 수(주)동토압(passive(active) earth pressure)에 의한 저항을 합한 것이 불평균력에 저항하는 것이라는 개념을 기본으로 하고, 그중 일부의 저항력(예를 들면 주동토압 저항력)을 생략하는 경우도 있다. 또 연약지반이나 콘크리트블록의 설치공간에 제약이 있는 경우 등은 이탈방지압륜을 사용한다. 계산방법은 〔4.2.15 참고 1〕, 〔4.2.15 참고 2〕를 참조한다

덕타일주철관의 이탈방지압륜으로는 〔그림 4.2.16〕과 같은 특수압륜이 사용되고 있으며, 불평균력이나 토질조건에 따라 관로의 일체화길이를 계산한다. 또한, 수압이 높은 관로나 보호개소의 부근을 반복하여 파낼 가능성이 있는 경우에는 콘크리트블록을 병용하는 것도 바람직하다.

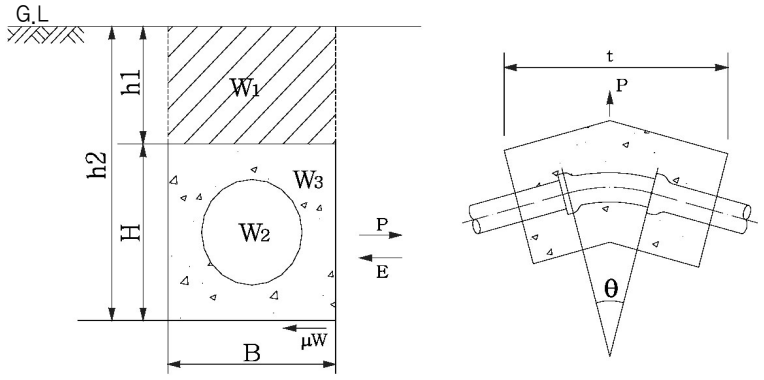
어느 것이나 이탈방지압륜으로 설정되어 있는 허용수압에 불평균력이나 토질조건에 따라 충분한 안전율이 예상되는 수압 이하의 관로에만 사용한다. 이때의 이탈방지압륜에 의한 이형관부의 보호방법에 대한 관로 일체화길이의 계산방법은 〔4.2.15 참고 3〕을 참조한다. 부득이 부식성 지반에서 이탈방지압륜을 사용하는 경우에는 폴리에틸렌슬리브 피복 등의 적절한 방법을 강구하여 방식대책에 만전을 기해야 한다.

3.에 대하여 ; 용접이음의 강관, 스테인리스강관 및 융착이음의 수도용 폴리에틸렌관은 관로가 일체화되어 있어 내압에 의한 불평균력을 관 자체의 강도에 따라 흡수하기 때문에 이형관 보호를 경감 또는 생략할 수 있다.

관로에 신축이음관 등이 설치되어 있고 구속길이가 부족한 경우에는 콘크리트블록 등으로 이형관을 보호해야 한다. 그러나 연약지반 등에 콘크리트 보호공을 설치할 경우에는 침하 등에 주의해야 한다. 수구조인트의 절관(切管) 또는 원심력금형주철관을 사용한 경우에는 미케니컬조인트 등에 준하여 보호공을 강화한다. 강관의 곡관부에 대한 검토 방법을 〔4.2.15 참고 4〕에 나타내었다.

[4.2.15 참고 1] 콘크리트블록의 설계방법

1. 곡관부에 수평으로 불평균력이 가해지는 경우(〈4.2.15 참고도-1〉 참조))



〈4.2.15 참고도-1〉 수평곡관보호용 콘크리트블록

μW : 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력

E : 콘크리트블록의 배면에서 수동토압저항력

P : 곡관부의 불평균력

이라고 하면,

$$P < \mu W + E$$

여기서 $P = 2pA\sin\frac{\Theta}{2}$

P : 수압에 의하여 굴곡부에 작용하는 외력의 합(kN)

p : 관내수압(kN/m^2)

A : 관단면적(m^2)

Θ : 굴곡각도(도)

W : 콘크리트블록의 저면에 걸리는 총중량(kN)

W_1 : 토피에 의한 하중(kN)

W_2 : 관 및 물의 중량(kN)

W_3 : 콘크리트블록의 중량(kN)

μ : 콘크리트블록과 흙의 마찰저항계수

로 하면

$$\mu W = \mu(W_1 + W_2 + W_3)$$

로 된다.

l : 콘크리트블록의 배면에서 투영길이(m)

r : 흙의 단위중량(kN/m^3)

C_e : 수동토압계수

로 하면

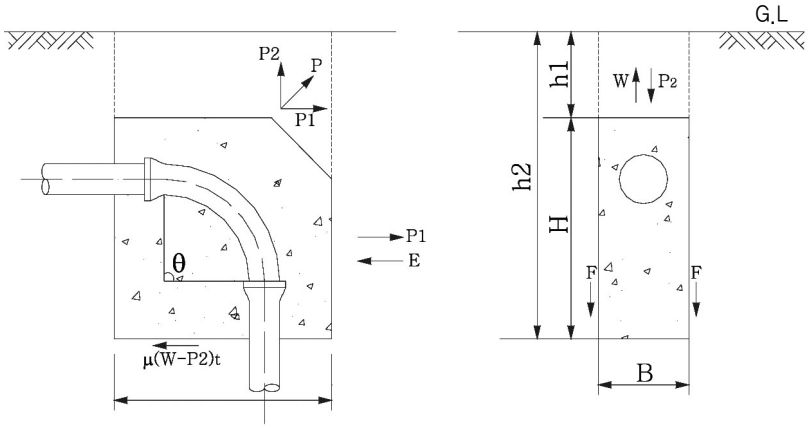
$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot l$$

여기서,

$$C_e = \tan^2(45° + \frac{\phi}{2})$$

ϕ : 흙의 내부마찰각(도)

2. 곡관부에 수직상향으로 불평균력이 작용하는 경우(〈4.2.15 참고도-2〉 참조))



〈4.2.15 참고도-2〉 수평곡관보호용 콘크리트블록

P_1 : 불평균력 P의 수평분력(kN)

P_2 : 불평균력 P의 수직분력(kN)

$\mu(W-P_2)$: 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력(kN)

E : 콘크리트블록의 배면에서 수동토압저항력(kN)

F : 콘크리트블록의 측면에서 주동토압저항력(kN)

이라고 하면, 수평분력에 대해서는

$$P_1 = P\sin\frac{\Theta}{2} < \mu(W - P_2) + E$$

이 되고, 수직분력에 대해서는

$$P_2 = P\cos\frac{\Theta}{2} < W + F$$

이 된다.

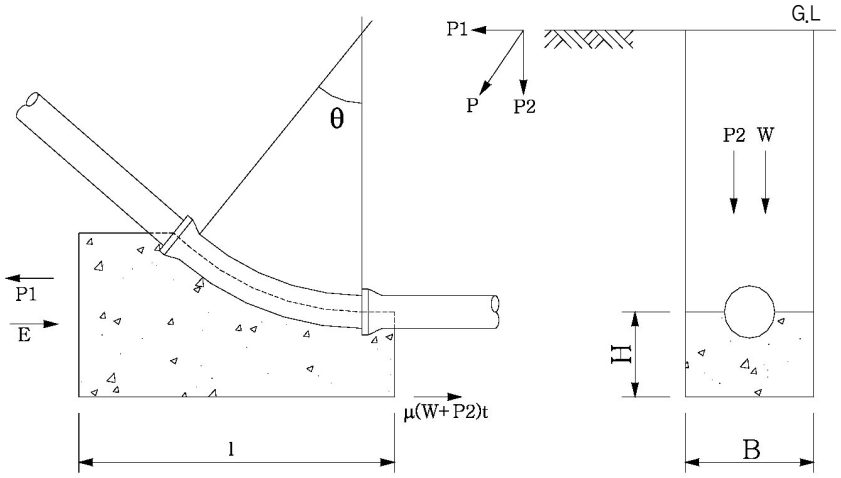
여기서 콘크리트블록의 폭을 B, 콘크리트블록의 길이를 l,

주동토압계수를 $C'_e = \tan^2\left(45° - \frac{\Theta}{2}\right)$라고 하면,

$$F = \frac{1}{2} C'_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \times 2(B + l)\mu$$

이 된다.

3. 곡관부에 수직하향으로 불평균력이 작용하는 경우(〈4.2.15 참고도-3〉)



〈4.2.15 참고도-3〉 수직하향곡관보호용 콘크리트블록

$$P_1 = P\sin\frac{\Theta}{2} < \mu(W + P_{2)} + E$$

$$P_2 = P\cos\frac{\Theta}{2} \cdot \frac{W + P_2}{B \cdot l} < \sigma$$

σ : 지내력

지내력이 부족한 경우에는 기초말뚝을 사용한다.

4. 편락관에 불평균력이 작용하는 경우(〈4.2.15 참고도-4〉)

μW : 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력(kN)

E : 콘크리트블록의 배면에서 수동토압저항력(kN)

P : 편락관에 가해지는 불평균력(kN)

이라고 하면

$$P < \mu W + E$$

이고, $P = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$

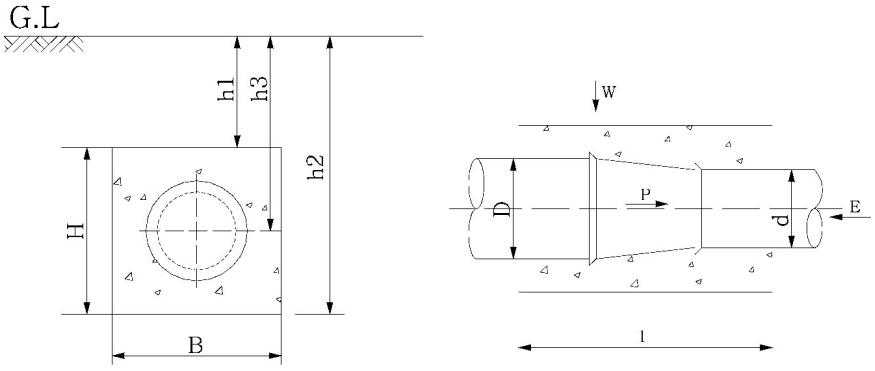
이다. 여기서

p : 수압(kN/m^3)

D : 실외경(큰 직경)(m)

d : 실외경(소직경)(m)

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot B - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot r \cdot C_e \cdot h_3$$



〈4.2.15 참고도-4〉 편락관보호용 콘크리트블록

5. 수치계산의 예

1) 설계조건

⑴ 수압에 관하여 : 정수압에 수격압을 더한 것으로 한다.

⑵ 지반의 여러 물성치에 관하여 : 대구경관인 경우에는 토질조사를 하고 실측치를 사용하여 설계검토를 하는 것이 바람직하지만, 일반적인 계획에서는 〈4.2.15 참고표-1〉~〈4.2.15 참고표-3〉을 참고하면 된다.

⑶ 불평균력표

수압 0.1MPa당의 불평균력을 보면 〈4.2.15 참고표-4〉와 같다.

〈4.2.15 참고표-1〉 콘크리트블록에 대한 흙의 마찰계수

흙의 종류	마 찰 계 수	흙의 종류	마 찰 계 수
다져진 흙	0.50	모래자갈	0.60
젖은 흙	0.33	점토	0.20~0.50
잔자갈	0.60	마른 모래	0.50
굵은 자갈	0.50	보통 흙 또는 젖은 모래	0.20~0.33

〈4.2.15 참고표-2〉 지반의 허용지지력

흙의 종류	허용지지력(kN/m^2)	흙의 종류	허용지지력(kN/m^2)
점토	50~200	단단한 모래	500~700
모래가 섞인 흙	300~400	깬자갈	500~800
수분이 많은 모래	10~300	흙돌, 사암	700~2500
수분이 작은 모래	300~500	경암	2000~5000

〈4.2.15 참고표-3〉 토사의 단위체적중량과 내부마찰각

종 별	상 태	단위체적중량(t/㎥)	내부마찰각(도)
보통 흙	건조된 것 수분이 있는 것 물이 포화된 것	1.4 1.6 1.8	30~40 45 25~30
모래	건조된 것 수분이 있는 것	1.6 1.8	30~35 40
점토가 섞인 모래	수분이 포화된 것 건조된 것 수분이 있는 것	2.0 1.5 1.9	20~25 20~45 20~25
점토	건조된 것 수분이 있는 것 물이 포화된 것	1.6 2.0 -	40~45 20~25 14~20
실트		1.7	10~20

〈4.2.15 참고표-4〉 수압에 의한 불평균력표

호칭직경 D(mm)	수압 0.1MPa당 불평균력표(kN)				
	90°곡관	45°곡관	$22\frac{1}{2}$°곡관	$11\frac{1}{4}$°곡관	T자관, 수도꼭지, 밸브
80	0.96	0.52	0.27	0.13	0.68
100	1.55	0.84	0.43	0.21	1.09
150	3.17	1.72	0.88	0.44	2.24
200	5.38	2.91	1.48	0.75	3.80
250	8.19	4.43	2.26	0.14	5.79
300	11.57	6.26	3.19	1.60	8.18
350	15.54	8.41	4.29	2.15	10.99
400	20.12	10.89	5.55	2.79	14.23
450	25.25	13.67	6.97	3.50	17.86
500	30.97	16.76	8.54	4.29	21.90
600	44.20	23.92	12.19	6.13	31.25
700	59.68	32.30	16.47	8.27	42.20
800	77.63	42.01	21.42	10.76	54.89
900	97.93	53.00	27.02	13.58	69.25
1000	120.37	65.14	33.21	16.68	85.11
1100	145.36	78.67	40.11	20.15	102.79
1200	172.44	93.32	47.58	23.90	121.93
1350	217.70	117.82	60.06	30.18	153.94
1500	268.23	145.16	74.00	37.18	189.67
1600	302.39	163.65	83.43	41.92	213.82
1650	321.38	173.93	88.67	44.55	227.25
1800	379.32	205.29	104.65	52.58	268.22
2000	471.80	255.34	130.17	65.40	333.62
2100	520.14	281.50	143.51	72.10	367.79
2200	577.40	312.49	159.30	80.04	408.28
2400	671.07	363.18	185.15	93,02	474.52
2600	800.15	433.04	220.76	110.91	565.79

주) 외경으로 계산

2) 45°곡관의 계산 예

(1) 계산조건(각 계산의 예 공통)

호칭직경 : D=600mm(실 외경 D_2=0.6308m)

수압 : p=1.0 MPa=1000 kN/m^2

관종 : 3종관

토피 : 1.2m

(2) 곡관부의 불평균력

$$P = 2p \cdot A \cdot \sin\frac{\theta}{2} = 2 \times 1000 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times \sin\frac{45°}{2}$$

$$= 239.190(\mathrm{kN})$$

여기서,

P : 곡관의 불평균력(kN)

p : 수압(kN/m^2)

A : $= \frac{\pi}{4} D_2^2 (\mathrm{m}^2)$

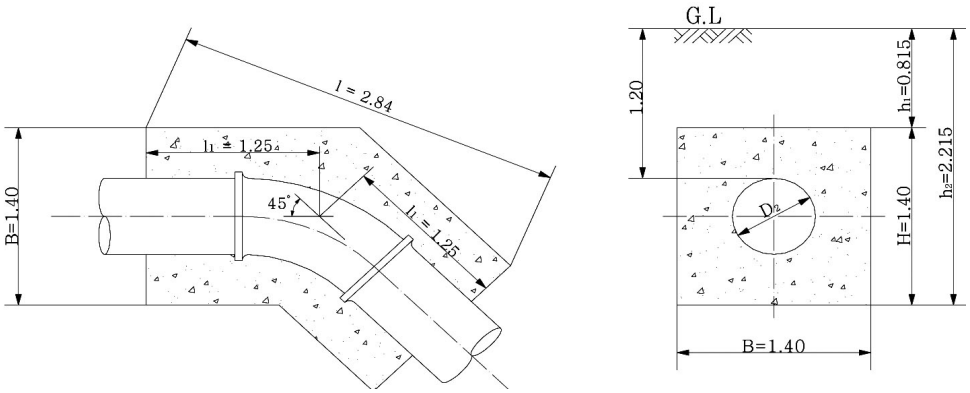
ϕ : 관의 굴곡각도(도)

(3) 지반에 관한 계산조건(각 계산의 예 공통)

흙의 콘크리트블록에 대한 마찰계수 : μ=0.5

흙의 내부 마찰각 : ϕ=30°

(4) 수평곡관 45°의 경우(〈4.2.15 참고도-5〉)



〈4.2.15 참고도-5〉 수평곡관 45°의 수치계산 예(단위 : m)

물의 단위체적중량 : γ_w = 1(t/m^3)

흙의 단위체적중량 : γ_s = 1.63(t/m^3)

콘크리트블록의 단위체적중량 : γ_c = 2.35(t/m^3)

a. 토피에 의한 하중(W_1)

수직공식에 의한다.

$W_1 = 2 \cdot l_1 \cdot B \cdot \gamma_s \cdot h_1 \cdot g$

$= 2 \times 1.25 \times 1.40 \times 16 \times 0.815$

$= 45.640(\mathrm{kN})$

b. 관과 물의 중량(W_2)

$W_2 = (W_p + \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 2 l_1 \gamma_w \cdot g)$

$= 3.082 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times 2 \times 1.25 \times 9.8$

$= 10.007(\mathrm{kN})$

W_p : 관의 질량(t)

c. 콘크리트블록에 의한 중량(W_3)

$W_3 = \left[2 l_1 (B \cdot H - \frac{\pi}{4} D_2^2\right] \gamma_c \cdot g$

$= \left[2 \times 1.25 \times (1.40 \times 1.40 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2)\right] 2.35 \times 9.8$

$= 94.730(\mathrm{kN})$

D_2 : 관의 실외경(m)

d. 콘크리트블록의 저면에 걸리는 총하중(W)

$W = W_1 + W_2 + W_3$

$= 45.640 + 10.014 + 94.730 = 150.384(\mathrm{kN})$

e. 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력(μW)

$\mu W = 0.5 \cdot 150.377 = 75.189(\mathrm{kN})$

f. 콘크리트블록의 배면에서 수동토압에 의한 저항력(E)

$E = \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) l \cdot g$

$= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (2.215^2 - 0.815^2) \times 2.84$

$= 289.135(\mathrm{kN})$

C_e' : 수동토압계수 $= \tan^2(45° + \frac{\phi}{2})$

여기서,

ϕ : 흙의 내부마찰각(도)

h_1 : 콘크리트블록의 상면까지 깊이(m)

h_2 : 콘크리트블록의 저면까지 깊이(m)

g : 방호콘크리트블록의 총저항력(R)

$R = \mu W + E$

$= 75.189 + 289.135$

$= 364.324$ (kN)

h. 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R}{P}$$

$$= \frac{364.324}{239.190} = 1.52 > 1.5$$

설계안전율 1.5 이상으로 안전하다.

i. 방호콘크리트블록을 지지하는데 필요한 지내력(σ)

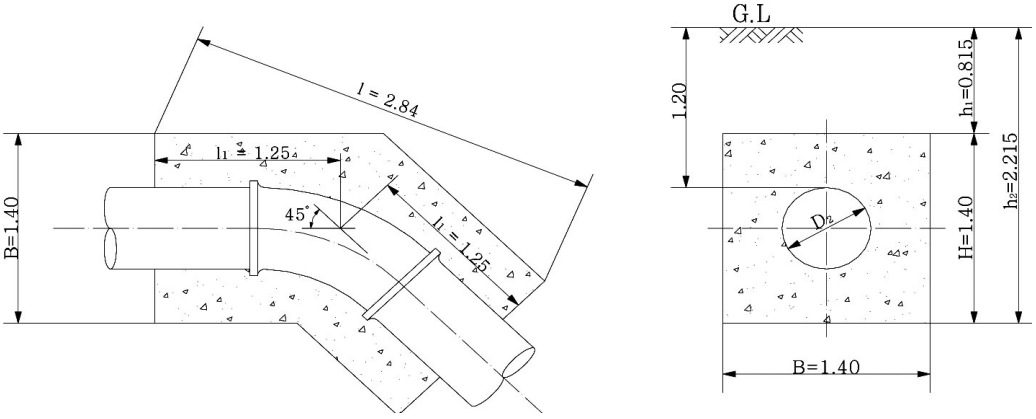
$$\sigma = \frac{W}{2Bl_1}$$

$$= \frac{150.377}{2 \times 1.40 \times 1.25}$$

$= 42.96$ (kN)

따라서 지내력은 50 kN/m^2 이상 필요하다.

(5) 수직상향 곡관 45°인 경우(〈4.2.15 참고도-6〉)



〈4.2.15 참고도-6〉 수직상승곡관 45°의 수치계산 예(단위 : m)

a. 곡관부의 불평균력

수평분력 $P_1 = P\sin\frac{\phi}{2}$

$$= 239.190 \times \sin\frac{45°}{2}$$

$= 91.534$(kN)

수직분력 $P_2 = P\cos\frac{\theta}{2}$

$= 239.190 \times \cos\frac{45°}{2}$

$= 220.983(\text{kN})$

b. 수평분력에 대하는 저항력의 검토

a) 토피에 의한 하중(W_1)

$W_1 = l \cdot B \cdot \gamma_s \cdot h_1 \cdot g$

$= 2.40 \times 1.60 \times 16 \times 1.01$

$= 62.054(\text{kN})$

b) 관 및 물의 중량(W_2)

$W_2 = \left(W_p + \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2)\gamma_w \right) g$

$= 3.597 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times (1.15 + 1.77) \times 9.8$

$= 11.688\ (\text{kN})$

W_p : 관의 중량(t)

c) 콘크리트블록의 중량(W_3)

$W_3 = \left\{ B \cdot H \cdot l - \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2) \right\} \gamma_c \cdot g$

$= \left\{ 1.60 \times 2.15 \times 2.40 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times (1.15 + 1.77) \right\} \times 23$

$= 168.899(\text{kN})$

d) 콘크리트블록의 저면에 걸리는 총하중(W)

$W = W_1 + W_2 + W_3$

$= 62.054 + 11.688 + 168.899$

$= 242.641\ (\text{kN})$

e) 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력($\mu(W - P_2)$)

$\mu(W - P_2) = 0.5 \times (242.641 - 229.983)$

$= 10.829\ (\text{kN})$

f) 콘크리트블록의 배면에서 수동토압에 의한 저항력(E)

$E = \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) B$

$= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (3.16^2 - 1.01^2) \times 1.60$

$= 344.275(\text{kN})$

g) 수평분력에 대한 방호콘크리트블록의 총저항력(R_h)

$R_h = \mu(W-P_2)+E = 10.829+344.275$

$= 355.104(\text{kN})$

h) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R_h}{P_1}$$

$$= \frac{355.104}{91.534} = 3.88 > 1.5$$

설계안전율 1.5 이상으로 안전하다.

c. 수직분력에 대한 저항력의 검토

a) 중량에 의한 저항력(W)

$W = 242.641\ (\text{kN})$

b) 콘크리트블록의 측면에서 주동토압에 의한 저항력(F)

$$F = \frac{1}{2} C'_e \cdot \gamma s(h_2^2 - h_1^2)2(B+l)\mu$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.333 \times 16 \times (3.16^2 - 1.01^2) \times 2(1.60+2.40) \times 0.5$$

$= 95.536\ (\text{kN})$

C'_e: 주동토압계수 $= \tan^2(45° - \frac{\phi}{2})$

c) 수직분력에 대한 저항력(R_v)

$R_v = W+F$

$= 242.641+95.536$

$= 338.177(\text{kN})$

d) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R_v}{P_2}$$

$$= \frac{338.177}{220.983} = 1.53 > 1.5$$

설계안전율 1.5 이상으로 안전하다.

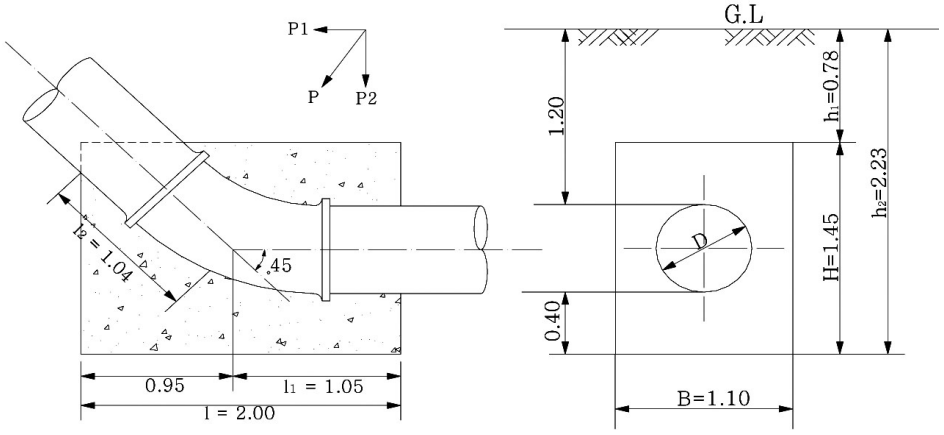
d. 방호콘크리트블록을 지지하는데 필요한 지내력(σ)

$$\sigma = \frac{W}{B \cdot l} = \frac{242.641}{1.60 \times 2.40}$$

$= 63.19\ (\text{kN})$

따라서 지내력은 70 kN/m^2 이상 필요하다.

(6) 수직하향곡관 45°인 경우(〈4.2.15 참고도-7〉)



〈4.2.15 참고도-7〉 수직하향곡관 45°의 수치계산 예(단위 : m)

a. 곡관부의 불평균력

수평분력 $P_1 = P\sin\frac{\phi}{2}$

$= 239.190 \times \sin\frac{45°}{2}$

$= 91.534$ (kN)

수직분력 $P_2 = P\cos\frac{\theta}{2}$

$= 239.190 \times \cos\frac{45°}{2}$

$= 220.983$(kN)

b. 수평분력에 대한 저항력

a) 토피에 의한 하중(W_1)

$W_1 = l \cdot B \cdot \gamma_s \cdot H_1 \cdot g$

$= 2.00 \times 1,10 \times 16 \times 0.78$

$= 27.456$(kN)

b) 관과 물의 중량(W_2)

$W_2 = (W_p + \frac{\pi}{4} \times D^2(l_1 + l_2)\gamma_w) \cdot g$

$= 2.575 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times (1.05 + 1.04) \times 9.8$

$= 8.366$(kN)

W_p : 관의 중량(t)

c) 콘크리트블록에 의한 하중(W_3)

$$W_3 = \left\{ B \cdot H \cdot l - \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2) \right\} \gamma_c \cdot g$$

$$= \left\{ 1.10 \times 1.45 \times 2.00 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times (1.05 + 1.04) \right\} \times 23$$

$$= 58.347 \text{ (kN)}$$

d) 콘크리트블록의 저면에 걸리는 총중량(W)

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 27.456 + 8.366 + 58.347$$

$$= 94.169 \text{ (kN)}$$

e) 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력($\mu(W+P_2)$)

$$\mu(W+P_2) = 0.5 \times (94.169 + 220.983)$$

$$= 157.576 \text{ (kN)}$$

f) 콘크리트블록의 배면에서 수동토압에 의한 저항력(E)

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) B$$

$$= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (2.23^2 - 0.78^2) \times 1.10$$

$$= 115.223 \text{ (kN)}$$

g) 수평분력에 대한 방호콘크리트블록의 총저항력(R_v)

$$R_v = \mu(W+P_2) + E$$

$$= 157.576 + 115.223$$

$$= 272.799 \text{ (kN)}$$

h) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R_v}{P_1}$$

$$= \frac{272.799}{91.534} = 2.98 > 1.5$$

설계안전율 1.5 이상으로 안전하다.

c. 수직분력에 대하는 저항력(R_v)

수직분력에 대한 저항력은 방호콘크리트블록을 지지하는데 필요한 지내력(σ)으로 검토한다.

$$R_v(\sigma) = \frac{W + P_2}{B \cdot l}$$

$$= \frac{94.169 + 220.983}{1.10 \times 2.00}$$

$$= 143.25 \text{ (kN)}$$

따라서 지내력이 150kN/m^2 이상이면 안전하다.

3) 편락관의 계산 예(〈4.2.15 참고도-8〉)

(1) 계산조건

호칭직경(대구경측) : D = 600mm(실외경 D_2 = 0.6308m)

(소구경측) : d = 500mm(실외경 d_2 = 0.528m)

토피 : 1.6m

수압 : p = 1.3 MPa (13.26 kgf/cm^2) = 1300 (kN/m^2)

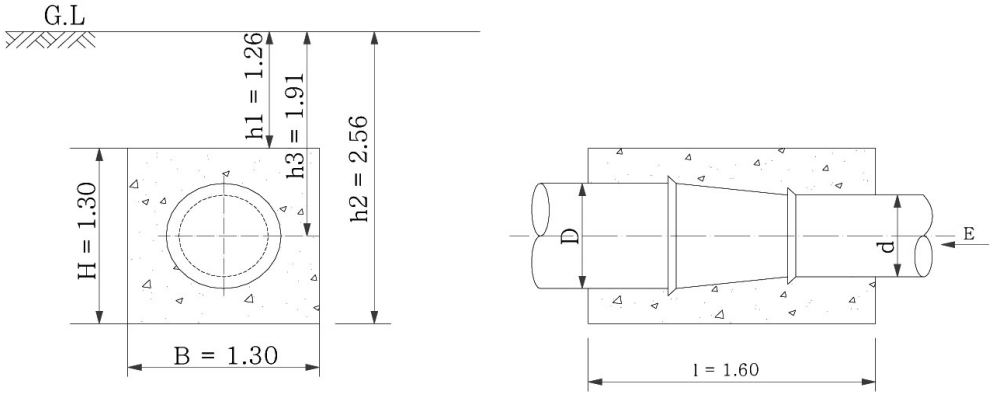
콘크리트블록과 흙의 마찰계수 : μ = 0.50

흙의 내부 마찰각 : ϕ = 30.00 (deg)

흙의 단위체적중량 : γ_s = 1.63 (t/m^3)

물의 단위체적중량 : γ_w = 1.0 (t/m^3)

콘크리트블록의 단위체적중량 : γ_c = 2.35 (t/m^3)



〈4.2.15 참고도-8〉 편락관 수치계산의 예(단위 : m)

(2) 불평균력 : P

$$P = p \cdot \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$= 1300 \times \frac{\pi}{4} \times (0.6308^2 - 0.528^2) = 121.628 \text{ (kN)}$$

(3) 콘크리트블록의 저면에서 흙과의 마찰저항력(μW)

a. 토피에 의한 하중(W_1)

수직공식에 의한다.

$W_1 = h_1 \cdot B \cdot l \cdot \gamma_s$

$= 1.26 \times 1.30 \times 1.60 \times 16 = 41.933(\mathrm{kN})$

b. 관과 물의 하중(W_2)

$W_2 = 4.116(\mathrm{kN})$

c. 콘크리트블록에 의한 하중(W_3)

$W_3 = 52.4(\mathrm{kN})$

d. 마찰저항력(μW)

$\mu W = W_1 + W_2 + W_3$

$= 41.933 + 4.116 + 52.4 = 98.449(\mathrm{kN})$

$\mu W = 0.5 \times 98.452 = 49.449(\mathrm{kN})$

(4) 콘크리트블록의 배면에서 토압(E)

$$E = 0.5 C_e \cdot \gamma_s \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot B - \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 \cdot \gamma_s \cdot C_e \cdot h_3$$

$$C_e = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$= \tan^2(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}) = 3.0$$

$$E = 0.5 \times 3.0 \times 16 \times (2.56^2 - 1.26^2) \times 1.30 - \frac{\pi}{4} \times 0.528^2 \times 16 \times 3.0 \times 1.91$$

$= 134.865\ (\mathrm{kN})$

(5) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{\mu W + E}{P} = \frac{49.225 + 134.865}{121.628} = 1.51 > 1.5$$

이상의 계산에서 콘크리트블록 저항력의 불평균력에 대한 안전율은 1.5 이상으로 되었다.

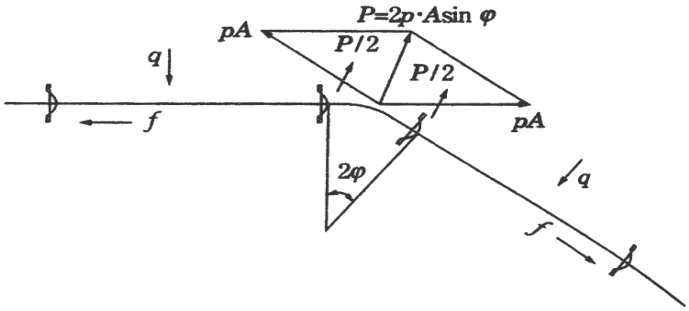
(6) 방호콘크리트블록을 지지하는데 필요한 지내력(σ)

$$\sigma = \frac{W}{B \cdot l} = \frac{98.449}{1.3 \times 1.6} = 47.33\ (\mathrm{kN/m^2})$$

따라서 지내력은 $50\mathrm{kN/m^2}$ 이상 필요하다.

[4.2.15 참고 2] 덕타일주철관 이탈방지압륜의 일체화길이 계산법

1. 기본적인 고려사항



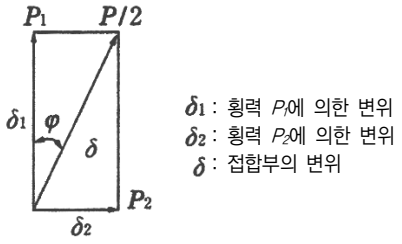
위의 그림에서

$f \rangle p \cdot A$(주로 수직곡관부나 역사이펀부) 또는 $f+q \rangle P/2$(수평곡관)의 조건을 만족하도록 계산한다. $P/2$를 분해하여 힘의 균형 및 변위의 관계를 보이면, 다음과 같다.

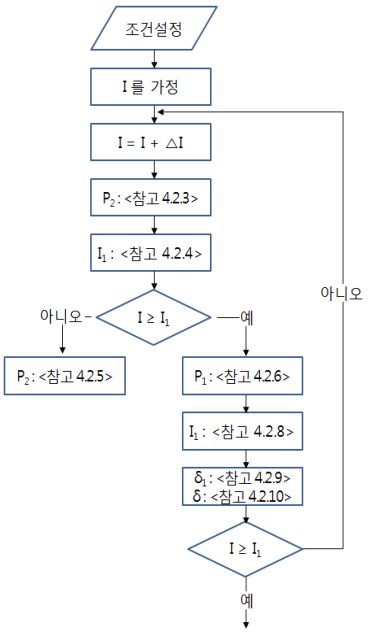
$$P = 2p \cdot \sin\phi$$

$$P_1 \cos\phi + P_2 \sin\phi = P/2$$

2. 수평곡관부의 방호계산 방법



수평곡관에 대해서는 이탈방지압륜으로 일체화된 관로를 탄성보로 보아서 구한다. 다음에 나타낸 순서(〈4.2.15 참고도-9〉)로 조인트의 일체화길이를 구한다.



$$P = 2p \cdot A \sin\frac{\Theta}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.1)}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K \cdot D_2}{4E \cdot I}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.2)}$$

$$\alpha = a \cdot E \cdot \mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi$$

$$X = \frac{\cosh 2\beta l + \cos 2\beta l + 2}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l}$$

$$P_2 = -\frac{\beta \cdot \alpha}{K} X \tan^2\frac{\theta}{2} + \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot \alpha}{K} X \tan^2\frac{\theta}{2}\right)^2 + \frac{P \cdot \beta\alpha \tan\frac{\theta}{2}}{K\cos 2^{\frac{\theta}{2}}} - X} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.3)}$$

$$l_1 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.4)}$$

$$P_2 = \mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot l \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.5)}$$

$$P_1 \cos\frac{\theta}{2} + P_2 \sin\frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.6)}$$

$$Y = \frac{\cosh 2\beta l - \cos 2\beta l}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.7)}$$

$$M = \frac{P_1}{2\beta} Y \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.8)}$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 \cdot \beta}{K \cdot P_2} X \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.9)}$$

$$\delta\cos\phi = \delta_1 \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.10)}$$
$$\delta\cos\phi = \delta_2$$

여기서

P : 곡관에 작용하는 불평균력 (kN)

p : 설계수압 (MPa)

Θ : 곡관의 구부러짐 각 (도)

A : 통수단면적 (m^2)

K : 지반반력계수

D_2 : 관외경 (m)

E : 덕타일주철관의 탄성계수(1.6 x 10^8 kN/mm^2)

I : 철관부의 단면2차모멘트(m^4)

$$I = \frac{\pi}{64}(D_2^4 - D_1^4)$$

D_1 : 관내경 (m)

a : 철관부의 단면적 (m^2)

$$a = \frac{\pi}{64}(D_2^2 - D_1^2)$$

μ : 흙과 관의 마찰계수

γ : 되메우기 흙의 단위체적중량(kN/m^3)

H' : 유효토피 (m)

$$H' = H + \frac{D^2}{2}$$

H : 토피 (m)

l : 한쪽의 일체화길이 (m)

Mo : 조인트의 한계굽힘모멘트(kN · m)

M : 조인트에 발생하는 모멘트(kN · m)

〈4.2.15 참고도-9〉 계산순서 흐름도

계산 순서

① (참고 4.2.1)식에 의하여 불평균력 P를 구한다.

② l을 가정하여 (참고 4.2.3)식에서 축력 P_2를 구하고, (참고 4.2.4)식에서 유효장 l_1을 구한다.

③ $l \geq l_1$인 경우에는 (참고 4.2.6)식에서 횡력 P_1을 구한다.

④ $l < l_1$인 경우에는 바꾸어서 (참고 4.2.5)식에서 P_2를 구하고 (참고 4.2.6)식에서 P_1을 구한다.

⑤ (참고 4.2.8)식에서 굽힘모멘트 M을 구한다.

⑥ (참고 4.2.9)식 및 (참고 4.2.10)식에서 이형관부의 이동량 δ를 구한다.

⑦ δ〈0.020m M의 안전율이 2.5 이상인지를 확인하며 만족하지 않는 경우에는 또 한번 ①~⑥의 계산을 되풀이하여 (참고 4.2.3)의 조건을 만족할 때까지 되풀이하여 계산한다.

3. 수평곡관부의 수치계산 예(ϕ 600 조인트인 경우)

1) 계산조건

설계수압 : $p = 1.5(\mathrm{MPa}) = 1500(\mathrm{kN/m^2})$

토피 : $H = 1.2(\mathrm{m})$

흙의 단위체적중량 : $\gamma = 1.63(\mathrm{t/m^3})$

지반반력계수 : $K = 4000(\mathrm{kN/m^3})$(〈4.2.15 참고표-5〉 참조)

관과 흙의 마찰계수 : $\mu = 0.4$(〈4.2.15 참고표-6〉 참조)

관외경 : $D_2 = 0.6308(\mathrm{m})$

곡관의 곡각 : $2\phi = 45°$

〈4.2.15 참고표-5〉 지반반력계수(K값)

흙의 성질	K(kN/m^3)
아주 연약한 실트 또는 점토	2,800~ 14,000
연약한 실트 또는 점토	14,000~ 28,000
보통 점토	28,000~140,000
단단한 점토	140,000~
모래(마찰력 없음)	28,000~83,000

주) K값은 관로주변 흙의 다짐정도에 따라 다르기 때문에 안전을 고려하여 K=2,000~5,000을 사용하는 것이 좋다.

〈4.2.15 참고표-6〉 관과 흙의 마찰계수

지반의 종류	마찰계수 μ	
	폴리에틸렌슬리브 있음	폴리에틸렌슬리브 없음
단단한 지반	0.4	0.5
중정도의 지반	0.3	0.4
연약지반	0.2	0.3

2) 불평균력의 계산

$$P = 2p \cdot A\sin\phi = 2p \cdot \frac{\pi}{2}D_2^2 \cdot \sin\phi$$

$$= 2 \times 1500 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times \sin 22.5°$$

$$= 358.785(\mathrm{kN})$$

3) 조인트에 발생하는 굽힘모멘트의 계산

곡관 편측의 일체화길이를 l = 11.3m로 가정하여, (참고 4.2.3)식에서 P_2를 구한다.

$$P_2 = -\frac{\beta \cdot \alpha}{K} X\tan^2\phi + \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot \alpha}{K} X\tan^2\phi\right)^2 + \frac{P \cdot \beta \cdot \alpha \tan\phi}{K\cos\phi} X}$$

$$= 405.331 \text{ (kN)}$$

여기서

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{KD_2}{4EI}} = 239.198\times 10^{-3} (\text{m}^{-1})$$

$$a = a \cdot E \cdot \mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot g = 1.230\times 10^8$$

$$X = \frac{\cosh 2\beta l + \cos 2\beta l + 2}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} = 1.026$$

상기 P_2로부터 유효길이 l_1을 구한다.

$$l_1 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g} = 21.1 \text{ (m)}$$

여기서, l = 11.3〈l_1= 21.1이므로, (참고 4.2.5), (참고 4.2.6)식에서 P_2, P_1을 구한다.

$$P_2 = \mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot l \cdot g = 217.184 \text{ (kN)}$$

$$P_1 = \frac{\frac{P}{2} - P_2\sin\phi}{\cos\phi} = 104.212 \text{ (kN)}$$

(참고 4.2.8)식으로부터 M을 구하면

$$M = \frac{P_1}{2\beta} Y = \frac{104.212}{2\times 239.198\times 10^{-3}} \times 0.990 = 215.658 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

여기서

$$Y = \frac{\cosh 2\beta l - \cos 2\beta l}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} = 0.990$$

4) 이형관부의 이동량 계산

(참고 4.2.9)식에서 관축직각방향의 이동량 δ_1을 구한다.

$$\delta_1 = \frac{P_1 \cdot \beta}{K \cdot D_2} X = \frac{104.212\times 239.198\times 10^{-3}}{4000\times 0.6308} \times 1.026 = 0.0101 \text{ (m)}$$

따라서 불평균력 방향의 이동량 (참고 4.2.10)식에서

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos\phi} = \frac{0.0101}{0.924} = 0.0110 \text{ (m)}$$

5) 가정한 일체화길이 l의 타당성 확인

조인트에 발생하는 굽힘모멘트의 안전율 S_f는

$$S_f = \frac{M_o}{M} = \frac{540}{215.658} \fallingdotseq 2.50$$ (목표안전율을 만족)

M_o=540(kN·m)은 ψ600 조인트의 한계굽힘모멘트(〈4.2.15 참고표-7〉 참조)이고, 이형관부의 이동량 δ는,

δ=0.0110(m)〈0.020(m) (허용이동량 이하)

이다. 따라서 곡관 편측의 일체화길이는 11.3m 이상이면 좋다.

계산에 사용하는 한계굽힘모멘트는 다음 식으로 구한다.

호칭직경 900mm 이하 $M_o = M'_o$

호칭직경 1,000mm 이상 $M_o = M_{o'}\sqrt{1-\frac{H}{H_o}}$

여기서,

M_o : 계산에 사용하는 한계굽힘모멘트(kN·m)

M'_o : 〈4.2.15 참고표-7〉에 보인 한계굽힘모멘트(kN·m)

H : 설계내압(MPa)

H_o : 〈4.2.15 참고표-7〉에 보인 한계수압(MPa)

〈4.2.15 참고표-7〉 이탈방지압륜의 한계굽힘모멘트와 한계수압

호칭직경(mm)	한계굽힘모멘트 : Mo'(kN·m)	한계수압(MPa)	호칭직경(mm)	한계굽힘모멘트 : Mo'(kN·m)	한계수압(MPa)
80	4.4	6.0	500	360	3.1
100	7.4		600	540	
150	17	5.5	700	820	2.6
200	24		800	1180	2.2
250	35		900	1630	1.9
300	130	3.8	1000	2010	1.5
350	160	3.3	1100	2600	1.3
400	220		1200	3140	1.1
450	280	3.1			

[4.2.15 참고 3] 이탈방지압륜에 의한 이형관부의 보호방법

1. 이탈방지압륜을 적용할 수 있는 관로

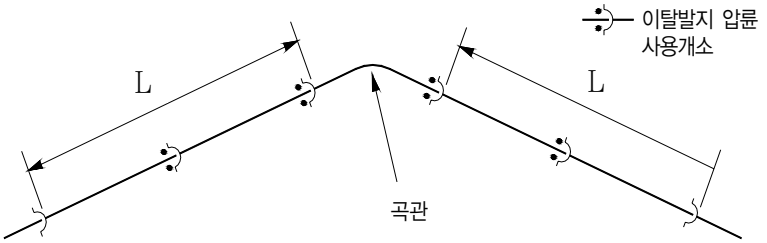
1) 사용수압(정수압+수격압)이 허용수압이하일 것. 여기서 말하는 허용수압이란 실험으로 구한 한계수압에 안전율(2 이상)을 고려한 값이다.
2) 부식성 지반이 아닐 것.

2. 일체화길이(사용개수) 계산방법

1) 수평곡관에 사용하는 경우

⑴ 이탈방지압륜의 사용방법

〈4.2.15 참고도-10〉에 그린 바와 같이 곡관의 양단으로부터 L(계산으로 구한 일체화길이)이내의 접합부에는 전부 이탈방지압륜을 사용한다.



〈4.2.15 참고도-10〉 이탈방지압륜의 사용개소

⑵ 계산식(〈4.2.15 참고도-11〉)

곡관에 작용하는 불평균력에 대하여 곡관에 인접한 직관 1본분의 수동토압저항력과 일체화길이분의 마찰저항력이 작용하는 것으로 본다.

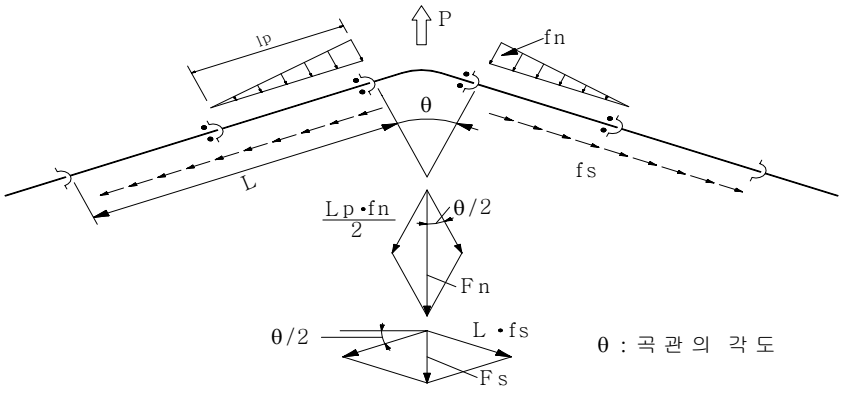
a. 수압에 의한 불평균력 P

$$P=2p\cdot A\cdot \sin\frac{\Theta}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{(참고 4.2.11)}$$

여기서,

p : 수압(kN/m^2)

A : 관의 단면적($=\frac{\pi}{4}\cdot D_2^2$, D_2 : 관의 실외경(m)) (m^2)



〈4.2.15 참고도-11〉 수평곡관에 사용하는 경우

b. 주위면의 마찰력에 의한 합력 F_s

$$F_s = 2\sin\frac{\Theta}{2} \cdot L \cdot f_s \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.12)}$$

여기서,

f_s : 단위길이당의 마찰저항력

$f_s = \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi D_2 \cdot g$

μ : 관과 흙의 마찰계수(구체적 숫자는 〈4.2.15 참고표-6〉 참조)

γ : 흙의 단위체적중량(kN/m^2)(구체적인 숫자는 〈4.2.15 참고표-2〉 참조)

H_c : 관의 중심까지의 토피(m)$(= h_1 + \frac{D_2}{2}$, h_1 : 관의 상단까지 토피(m)

여기서,

L : 관로일체화길이(m)

c. 직관부의 수동토압에 의한 합력 F_n

$$F_n = 2\cos\frac{\Theta}{2} \cdot L_p \cdot f_n \cdot \frac{1}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.13)}$$

여기서,

f_n : 단위길이당의 수동토압저항

$$f_n = \frac{1}{2} C_e' \cdot \gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot R \cdot g$$

여기서,

C_e' : 수동토압계수

$$C_e' = \tan^2(45° + \frac{\phi}{2})$$

여기서,

ϕ : 흙의 내부마찰각(도)(구체적 숫자는 〈4.2.15 참고표-2〉 참조)

h_2 : 관의 밑바닥까지의 토피(m)

h_1 : 관의 상단까지의 토피(m)

R : 원형단면에 의한 감소율 R=1/2로 한다.

L_p : 곡관에 인접한 직관 1본의 길이

다만, 특수 압륜을 1개 사용한 경우($L \leq L_p$)는 L_p를 L로 대체한다.

d. 힘의 균형

$$P \leq \frac{F_3 + F_n}{S_f} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.14)}$$

S_f : 안전율

(참고 4.2.14)식을 만족하도록 일체화길이 L를 계산한다.

e. 일체화길이의 계산순서

최초에 (참고 4.2.15)식으로 L를 계산한다.

$$L' \geq \frac{S_f \times p \cdot A \cdot \sin\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}\mu \cdot \gamma \cdot H_c \pi \cdot D_2 \cdot g + \frac{1}{4}\cos\frac{\theta}{2} C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_2^2) R \cdot g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.15)}$$

(참고 4.2.15)식으로 구한 L'가

$L' \leq L_p$일 때에는 L'가 구하는 일체화길이 L이다. 또한 $L' > L_p$일 때에는 (참고 4.2.16)식으로 L을 계산한다.

$$L' \geq \frac{S_f \times p \cdot A \cdot \sin\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4}\cos\frac{\theta}{2} L_p \cdot C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}{\sin\frac{\theta}{2}\mu \cdot \gamma \cdot H_c \pi \cdot D_2 \cdot g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.16)}$$

2) 수직곡관에 사용하는 경우(〈4.2.15 참고도-12〉)

⑴ 이탈방지압륜의 사용방법

수평곡관에 사용하는 경우와 같다.

⑵ 계산식에 의하여 빠지는 힘 $p \cdot A$에 대하여 일체화길이분의 마찰저항력만이 작용한다고 본다.

a. 주면마찰력 F_δ

$$F_\delta = f_\delta \cdot L \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.17)}$$

여기서,

f_δ : 단위길이당의 마찰저항력(kN/m)

$f_\delta = \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g$

μ : 관과 흙의 마찰계수

γ : 흙의 단위체적중량(t/m^3)

L : 관로의 일체화길이(m)

b. 힘의 불균형(unbalanced force)

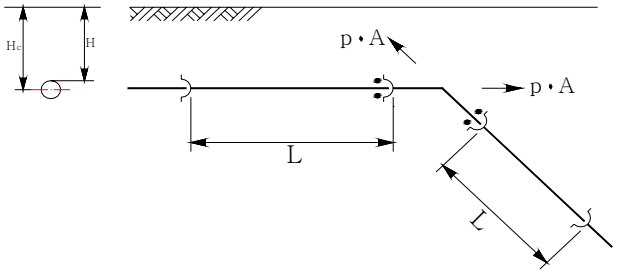
$$p \cdot A \leq F_\delta / S_f \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.18)}$$

여기서,

S_f : 안전율

c. 일체화길이

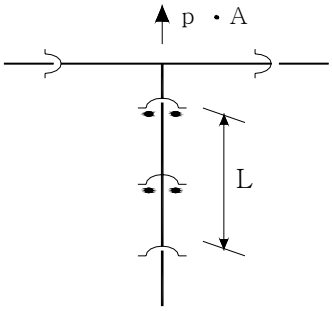
$$L \geq \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma (H + \frac{D_2}{2}) g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.19)}$$



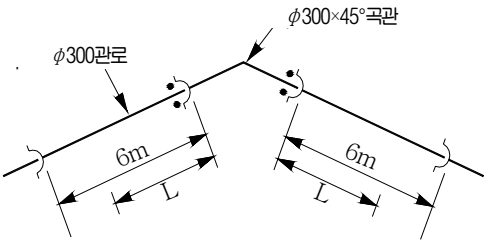
〈4.2.15 참고도-12〉 수직곡관에 사용하는 경우

3) T자관에 사용하는 경우(〈4.2.15 참고도-13〉)

분기관로에만 이탈방지압륜을 사용한다. 일체화길이 L의 계산은 (참고 4.2.19)식에 의한다.



〈4.2.15 참고도-13〉 T자관에 사용하는 경우



〈4.2.15 참고도-14〉 수평곡관부

3. 일체화길이의 수치계산 예

1) 설계조건

계산에 필요한 지반에 관한 수치는 〈4.2.5 참고표-2〉 및 〈4.2.15 참고표-16〉를 참고한다.

2) 수평곡관의 수치계산 예(〈4.2.15 참고도-14〉)

(안전율 S_f = 1.25로 한 경우의 예를 게시한다.)

⑴ 계산조건

관의 호칭직경 : D = 300(mm)(관의 실외경 D_2 = 0.3228m)

수압(정수압+수격압) : p = 0.75(MPa)=750(kN/m^2) 및 p = 1.3(MPa)=1300(kN/m^2)

토 피 : H = 1.2(m)(=h_l)

흙의 단위체적중량 : γ = 1.63(t/m^3)

관과 흙의 마찰계수 : μ = 0.4

흙의 내부마찰각 : ϕ =25°

⑵ 수치계산

수압 p = 0.75 MPa(7.6 kgf/cm^2)인 경우

우선, (참고 4.2.15)식에 의해 L'를 계산한다.

$$L' = \frac{S_f \times p \cdot A \cdot \sin\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}\mu \cdot \gamma \cdot H_c \pi \cdot D_2 \cdot g + \frac{1}{4} cos\frac{\theta}{2} C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g} = 3.98(\mathrm{m})$$

곡관의 양쪽에 정해진 길이의 직관(길이 = 6 m)을 사용하는 경우, $L' < L_p$이므로 L=3.98(m)가 구하는 일체화길이이다.

수압 p=1.3 MPa(13.3 kgf/cm^2)인 경우

우선, p=0.75 MPa(7.6 kgf/cm^2)인 경우와 마찬가지로 (참고 4.2.15)식으로 계산한다.

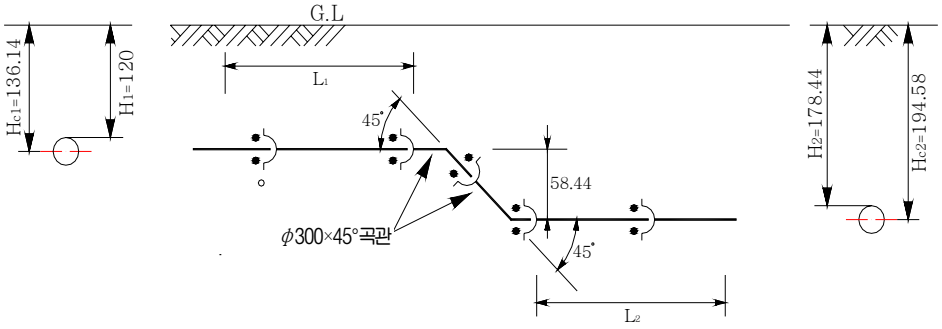
L' = 6.90(m)

$L' > L_p$이므로, (참고 4.2.16)식에서 L을 다시 계산한다.

$$L' = \frac{S_f \times p \cdot A \cdot \sin\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} cos\frac{\theta}{2} L_p \cdot C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}{\sin\frac{\theta}{2}\mu \cdot \gamma \cdot H_c \pi \cdot D_2 \cdot g} = 7.95(\mathrm{m})$$

따라서 L=7.95m가 구하는 일체화길이이다.

3) 수직곡관의 수치계산 예(〈4.2.15 참고도-15〉)



〈4.2.15 참고도-15〉 수직곡관부

(안전율 S_f=1.25로 한 경우의 예를 게시한다.)

⑴ 계산조건

관의 호칭직경 : D=300(mm)(관의 실외경 D_2=0.3228m)

수 압 : p=0.75(MPa)=750(kN/m^2)

(정수압+수격압)

토　　피 : H_1=1.2(m)

흙의 단위체적중량 : γ=1.63(t/m^3)

관과 흙의 마찰계수 : μ = 0.4

⑵ 수치계산

우선, 토피 H_1=1.2m의 관로에 대한 일체화길이 L_1을 (참고 4.2.19)식으로 계산한다.

$$L_1 = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma(H + \frac{D_2}{2}) \cdot g} = 8.68 \text{ (m)}$$

또한 H_2=1.2+0.5844=1.7844(m)에 대한 일체화길이 L_2를 (참고 4.2.19)식으로 계산한다.

$$L_2 = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma(H + \frac{D_2}{2}) \cdot g} = 6.08(\text{m})$$

따라서 L_1=8.68m, L_2=6.08m가 관로의 필요일체화길이이다.

4) T자관의 수치계산 예(〈4.2.15 참고도-16〉)

⑴ 계산 조건(안전율 S_f=1.25로 한 경우의 예)

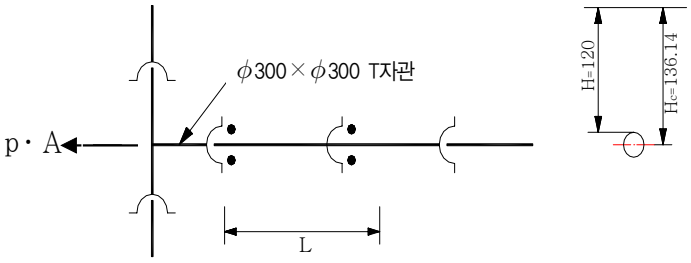
관의 호칭직경 : D=300(mm)(관의 실외경 D_2=0.3228 m)

수압(정수압+수격압) : p=0.75(MPa)=750(kN/m^2)

토　　피 : H=1.2 (m)

흙의 단위체적중량 : γ=1.63(t/m^3)

관과 흙의 마찰계수 : μ=0.4



〈4.2.15 참고도-16〉 T자관부(단위 : cm)

⑵ 수치계산

분기우회관로만 사용한다. 분기관로의 일체화길이 L은 (참고 4.2.19)식에 의하여 계산한다.

$$L = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma(H + \frac{D_2}{2}) \cdot g} = 8.68(\text{m})$$

따라서 관로의 필요일체화길이 L=8.68m이다.

[4.2.15 참고 4] 강관의 곡관부 검토방법(〈4.2.15 참고도-17〉)

관로의 곡관부에는 정수압에 의하여 외향으로 힘이 작용한다.

정수압에 의하여 곡관체 부문에 작용하는 힘 P는

$$P = 2p \cdot A \cdot \sin\phi \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.20)}$$

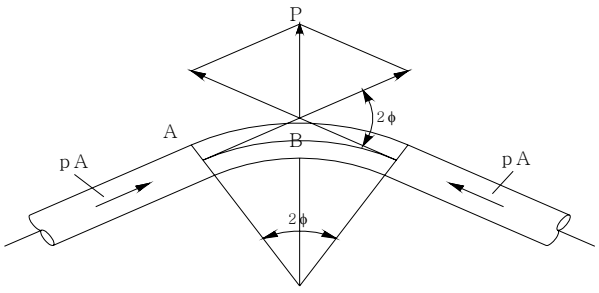
여기서,

P : 정수압에 의하여 곡관부에 작용하는 힘(kN)

A : 관내단면적(m)

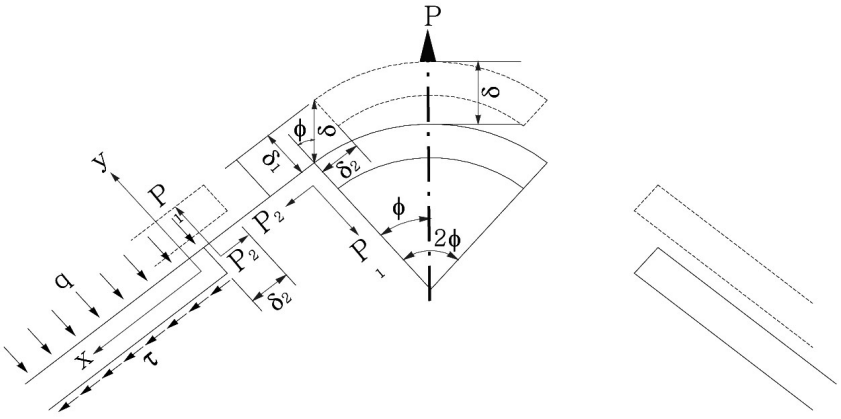
p : 정수압(수격압을 포함)(kN/m^2)

2ϕ : 굴곡(bend)각(도)



〈4.2.15 참고도-17〉 강관의 곡관

불평균력 P에 의하여 관은 탄성변형하며, 지반반력 q와 마찰력 τ가 생겨 불평균력과 합해진다. 이 지반반력과 마찰력의 유효작용범위를 구하기 위하여 〈4.2.15 참고도-18〉에 그려진 바와 같이 직관부와 곡관부를 끊어서 생각한다.



〈4.2.15 참고도-18〉 관로의 곡관부에 발생하는 힘

직관부의 절단면에는 횡력 P_1과 축력 P_2가 작용하며, 각각의 힘에 의하여 δ_1과 δ_2의 구부러짐이 생긴다. 이것에 의한 힘의 균형 및 변위 관계는 다음 식으로 된다.

$$P_1\cos\phi + P_2\sin\phi = \frac{P}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.21)}$$

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos\phi} = \frac{\delta_2}{\sin\phi} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.22)}$$

곡관부의 탄성변형을 무시하고, δ_1과 δ_2를 구하면 다음과 같다.

경계조건 $x = 0$에서 $\frac{dy}{dx} = 0$이라는 조건으로 풀면

$$\delta_1 = \frac{P_1\beta}{D_oK} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.23)}$$

$$\delta_2 = \frac{P_2^2}{2aD_o} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.24)}$$

여기서,

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{D_oK}{4EI}}$$

여기서,

D_o : 관의 외경

K : 지반반력계수

E : 강철의 영률(Young's modules of steel)

I : 관의 단면 2차 모멘트

A_s : 관의 실단면적

μ : 관과 흙과의 마찰계수

γ : 흙의 단위체적 질량

H_o : 관중심선까지의 토피

a : $A_s \cdot E \cdot \mu \cdot \gamma \cdot H_o \cdot \pi \cdot g$

(참고 4.2.20)~(참고 4.2.23)식을 연립방정식으로 풀면

$$P_2 = -\frac{a\beta}{K}tan^2\phi + \sqrt{(\frac{a\beta}{K}tan^2\phi)^2 + \frac{a\beta P tan\phi}{Kcos\phi}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 4.2.25)}$$

지반반력 q, 마찰력 τ가 관에 작용하는 유효범위는 다음과 같이 주어진다.

외력에 의한 유효 길이 l_1은 $l_1 = \frac{\pi}{\beta}$ ····· (참고 4.2.26)

마찰력에 의한 유효 길이 l_2는 $l_2 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H_o \cdot \pi \cdot D_o \cdot g}$ ····· (참고 4.2.27)

(참고 4.2.26)식과 (참고 4.2.27)식 중에 어느 쪽이나 큰 유효길이의 범위 내에서는 밸브실이나 신

축이음관 등을 설치하지 않는 편이 좋다.

4.2.16 관로의 표식

매설관을 보호하고 효율적으로 관리하기 위하여 다음 사항을 따른다.

1. 매설관에는 원칙적으로 수도사업자명, 부설년도, 관종 등을 명시한 테이프를 부착하고 관경에 따라 되메우기 할 때에 적절한 깊이에 테이프 또는 시트부설을 병행한다.
2. 상수도 관로가 매설된 지역에는 현장에서 관로 위치를 파악하기 쉽도록 직선구간의 일정한 간격 과 수평변곡점에 표시석 등을 설치한다.
3. 관로에 대한 전산화와 유지관리의 효율화를 위하여 수평변곡점, 수직변곡점 및 각종 밸브실에 대하여 3차원 좌표를 설정한다..

【해설】

1.에 대하여; 지하매설물이 많이 매설됨에 따라 도로굴착에 따른 사고를 방지하기 위하여 수도 관로는 「도로법시행규칙」에 따라 사업자명, 부설년도 등을 명시하여 다른 기관의 매설물과 구별하고 또한 인접지역을 굴착할 때에 상수도관을 보호하도록 조치해야 한다.

다만, 매설된 상수도관 중 다음 각 항에 해당하는 것은 제외된다.

1) 외경 80mm 미만의 것.
2) 시가지를 형성하고 있는 지역 또는 시가지를 형성할 전망(장래성)이 많은 지역 이외의 지역 내에서 다른 점용물건이 매설되지 않은 장소에 매설된 것.
3) 콘크리트로 견고히 방호된 것.

관로의 구체적인 표지방법의 예는 다음과 같다.

표지방법은 관경 350 mm 이하는 전대테이프만으로, 관경 400 mm 이상에 대해서는 전대테이프와 상단테이프(crest tape)를 사용하여 식별할 수 있도록 한다.

(1) 표지에 사용되는 재료

① 재료 : 염화비닐테이프

② 빛깔 : 바탕 색-청색, 문자-백색

③ 테이프의 형상

관 경	전대테이프의 폭	상단테이프의 폭	테이프의 두께
350mm	3 cm	—	0.15mm
400mm	3 cm	3 cm	±0.03mm

(2) 전대테이프의 간격

① 관의 길이 4 m 이하 : 3개소/본(관의 양끝으로부터 15~20 cm 및 중간에 1개소)

② 관의 길이 5~6 m : 4개소/본(관의 양끝으로부터 15~20 cm 및 중간에 2개소)

③ 특수관으로 이형관이나 밸브류에 해당되지 않는 경우에는 테이프의 간격이 2 m 이상을 초과하지 않도록 개소를 증가한다.

④ 추진관에 대해서는 관의 상단에 폭 100 mm 정도의 청색페인트를 칠한다.

(3) 표지방법

(표지의 예)

	○○수도○○ 2010년		2010년 ○○○

① 문자 크기의 가로, 세로는 8 mm 내외, 문자간격은 4 mm 정도로 한다.

② 표지간격은 3 mm 정도로 한다.

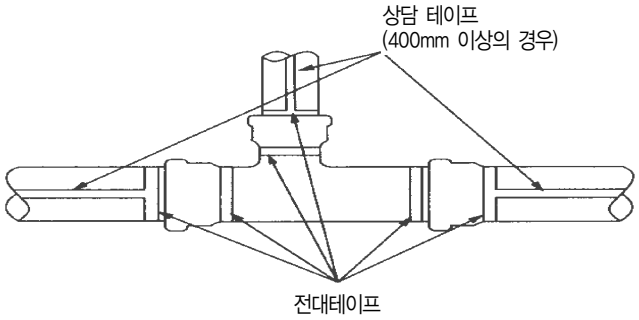
③ 명시년은 3개월 정도의 차이가 나더라도 지장이 없다.

④ 기존관을 노출시킨 경우에는 노출된 부분에도 표지를 하는 것을 원칙으로 하며, 이러한 경우에도 부설년도가 명확하지 않은 관은 여러 관련 자료로부터 추정하여 명시하는 것이 바람직하다.

⑤ 전대테이프는 한번 반을 감는다.

(4) 특수부

① 이형관의 경우에는 아래 〔그림 4.2.17〕과 같이 한다.

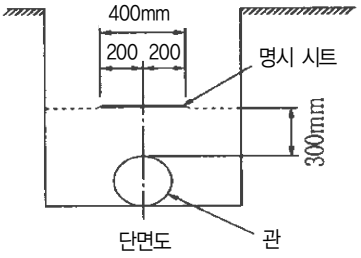


[그림 4.2.17] 관에 명시(T자관)한 예

② 밸브

밸브류는 밸브실 등의 뚜껑이 있고, 이것에 표시되어 있기 때문에 다른 매설관과 구별이 용이하므로 별도의 표시는 필요 없다.

또 명시테이프와는 별도로 재굴착하는 경우에 관을 손상시키는 경우가 있으므로 이것을 방지할 목적으로 비닐제의 명시시트를 되메우기 할 때에 매설해 두면, 재굴착할 때에 그 위치를 판단할 수 있도록 하는 방법을 취하는 예도 있다(〔그림 4.2.18〕).



[그림 4.2.18] 관로에 대한 명시시트의 예

2.에 대하여 ; 수도사업자가 관리하는 상수도부지의 경계를 명확히 하고 그 경계를 외부에 명시함으로써 무단점유를 예방하며, 상수도관로가 매설된 지역에는 관로 매설표시를 함으로써 각종 공사로 인한 굴착시에도 수도관로를 보호하여야 한다. 관로가 매설된 위치를 표시하는 방법으로서 인식표지(표시못) 및 표지주(표시석) 등이 있다.

공공도로인 경우에는 교통에 지장이 없도록 인식표지를 일정한 간격으로 포장면에 박아두며, 차량통행이 없는 비포장도로나 초지나 임야 등 수목이나 풀이 있는 지역에는 표지주를 설치하여 시설물을 유지관리 한다.

인식표지 등의 제작·설치의 예는 다음과 같다.

1) 표지의 종류 및 설치 위치

(1) 인식표지(도시지역, 〔그림 4.2.19〕 참조)

- 설치 대상지역 : 도로의 보차도가 구분되어 있는 도시지역

(2) 표지주(〔그림 4.2.20〕 참조)

2) 설치간격

(1) 일반적인 설치간격 : 지방지역 50 m, 도시지역 20 m, 곡선부위 5~10 m 간격을 원칙으로 하고, 주변 지형여건 등에 따라 적절히 조정할 수 있다.

(2) 변곡점에는 반드시 설치하여야 한다.

(3) 변곡점에 인접한 곳에서는 다음 방향을 용이하게 찾을 수 있도록 10m 내외의 간격으로 표지한다.

(4) 표지의 종별로는 광역상수도는 "광수도", 지방상수도와 공업용수도 및 그 외의 수도관은 "상수도"라고 표지하고, 관리기관명은 6자 이내로 표지한다.

3) 인식표지(〔그림 4.2.19〕 참조)

(1) 재료 : 재료는 KS D 5101(동합금봉), KS D 6001(황동주물), 또는 이와 동등이상의 것을 사용하고, 인식표지의 핀은 KS D 3503(일반구조용 압연강제) 또는 이와 동등이상의 재료를 사용한다.

(2) 규격 : 몸체 100 m/m × 7 m/m, 핀 140 m/m × 20 m/m

4) 표지주(〔그림 4.2.20〕 참조)

(1) 재료 : 콘크리트, 석재

(2) 색상 : 지반선이상 노출부분은 노란색 페인트를 칠한다.

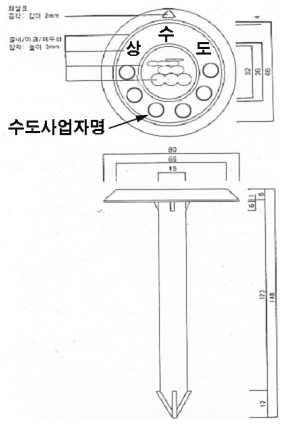
(3) 글씨크기 : 매설물의 종류, 관리기관, 거리표기중 글씨는 음각을 하고, 검정색페인트를 칠하며 거리숫자 표시는 검정색 페인트로 표기한다.

이상과 같이 「도로법시행규칙」에 표시되어 있다.

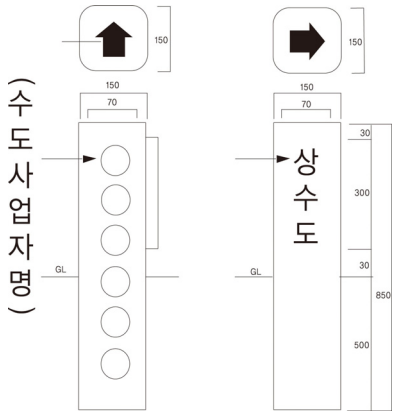
한편 도로 이외의 초지나 임야 등에는 표지석을 표지주에 준하여 설치할 수 있다. 설치간격과 위치는 직선구간은 일정한 간격(보통 200 m), 변곡점, 분기점과 교차점 및 기타 유지관리상 필요한 지점에 설치하며, 설치 방법은 표시석은 지상으로 30 cm 노출하고 지하로 50 cm 매립하며 콘크리트를 타설하여 견고하게 설치한다.

5) 설치할 때에 고려해야 할 사항

- 식별이 용이하고 주변 지형보다 높고 시야를 가리는 장애물이 없는 장소에 설치
- 지반이 단단하고 표시석 훼손의 요인이 없는 장소에 설치
- 표시석의 기초는 토질, 지하수위, 주변세굴 및 지형상황을 고려하여 견고하게 설치
- 차량 소통 및 통행에 지장이 없도록 하고 「도로법」 등 관련 법규에 저촉되지 않도록 설치한다.



[그림 4.2.19] 표시못



[그림 4.2.20] 표시석

3.에 대하여 ; 최근에는 상수도시설 운영관리의 효율화 및 과학화 추세에 따라 관로를 포함한 수도시설물 전반에 대하여 도형과 속성에 대한 데이터베이스를 구축하고 있다. 따라서 관로의 경우 설계도 작성시부터 3차원 좌표계(x, y, z)를 도입하여 위치를 명확히 하여 각종 지상·지하매설물 중에서 상수도관로의 상대적 위치를 정확하게 파악할 수 있는 정보를 얻게 함으로써 관로의 보수나 교체시 단시간 내에 경제적으로 공사를 시행할 수 있을 뿐만 아니라 하수관, 도시가스관, 전력선 및 통신선 등 다른 분야의 사업자에게도 관로의 위치를 정확하게 제공하여 인접 시설공사에 의한 사고를 예방함으로써 수도에 대한 안정성과 신뢰성을 확보 할 수 있다.

아울러 시공단계에서 관로를 부설한 다음 수평 및 수직변곡점과 각종 밸브의 위치에 대하여 정밀도

가 높은 GPS(Global Positioning System : 위성항법장치) 수신기로 측량하여 「측량법」에 의한 공공측량심사를 필한 다음 준공도를 작성하고 전산화하는 과정도 필요하다.

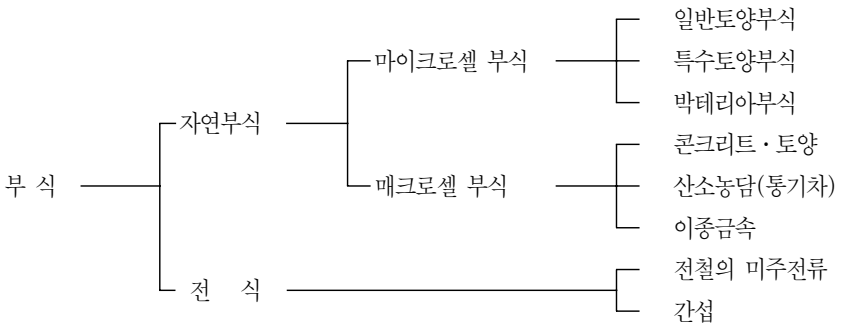
4.2.17 전식 및 부식 방지

관을 매설할 때에는 전식과 기타 부식을 방지하기 위하여 다음 각 항에 따라 시행한다.

1. 전식의 위험이 있는 철도 가까이에 금속관을 매설할 때에는 충분한 상황을 조사하여 전식을 방지하기 위한 적절한 조치를 취한다.
2. 부식성이 강한 토양, 산이나 염수 등의 침식이 있을 수 있는 지역에 관을 매설할 때에는 상황을 조사한 다음에 관종을 선정하고 적절한 방식대책을 취한다.
3. 관의 콘크리트 관통부, 이종토양간의 부설부 및 이종금속간의 접속부에는 매크로셀(macro cell)부식이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취한다.

【해설】

부식은 일반적으로 〔그림 4.2.21〕에 그려진 바와 같이 전식과 자연부식으로 크게 나누어진다.

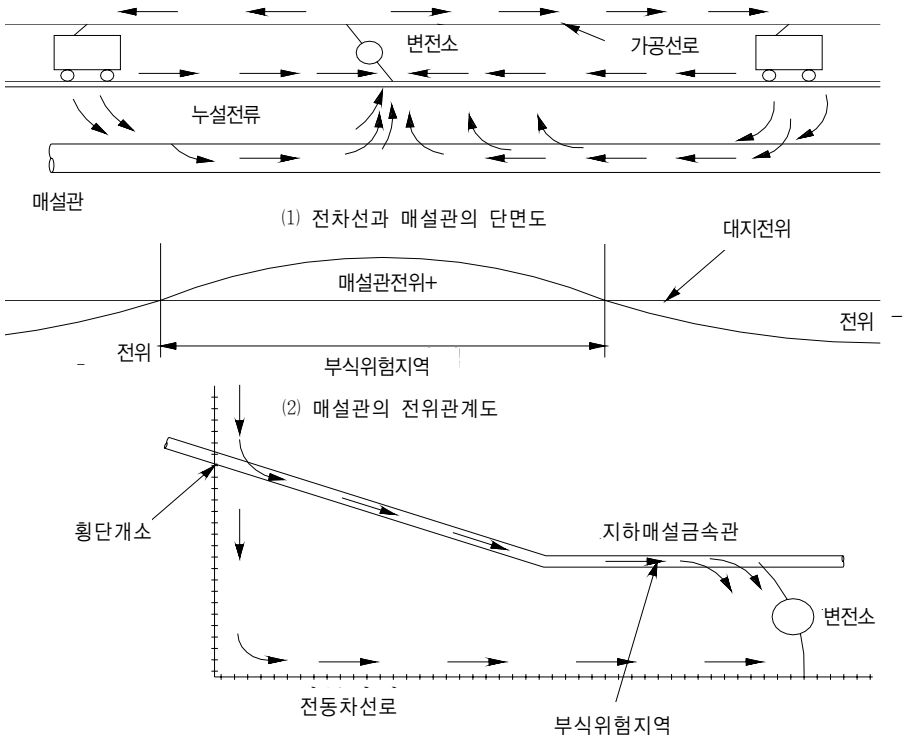


[그림 4.2.21] 금속관의 부식과 전식의 분류

전식이란 직류전기철도의 누설전류 및 전기방식설비의 방식전류에 의하여 생기는 부식을 말한다(〔그림 4.2.22〕 참조).

자연부식은 부식전지의 형성상황에 따라 마이크로셀 부식과 매크로셀 부식으로 구분된다. 마이크로셀 부식은 금속관의 표면상 미시(마이크로)적인 국부전지작용에 의하여 생긴다. 매크로셀 부식은 구조물에 있어서 부분적인 환경의 차이나 재질의 차이로부터 금속관표면의 일부분이 양극부로 되고 다른 부분이 음극부로 되어 양자가 거대(macro)한 부식전지를 구성함으로써 생긴다.

매크로셀(거대부식전지)의 양극부와 음극부의 위치와 규모는 일반적인 측정 등에 의하여 구분할 수가 있다.



[그림 4.2.22] 전식위험지역

1.에 대하여 ; 직류전기철도의 경우에는 철도의 레일(rail)이 전류의 귀로로 이용되며 레일을 통하여 변전소로 귀환되는 전류의 일부가 지중을 통하여 변전소로 귀류할 때 지중에 매설된 상수도관, 가스관, 통신용관, 전력용관 등의 금속매설관이 있으면 저항이 적은 금속관으로 전류가 흐르게 되므로(미주전류, stray current) 전류유출부에 전기분해부식(전식, electrolytic corrosion)이 일어난다.

이와 같은 전식을 줄이기 위해서는 지중으로 흘러 들어온 전류가 관에 유입되거나 관에서 유출되지 않도록 전기철도에 근접, 평행, 교차하지 않도록 관로를 계획하는 것이 바람직하나, 부득이 할 경우에는 전위차 등을 충분히 조사한 다음에 적절한 전식방지 조치를 한다. 특히 통신용 연피복케이블, 전력용 케이블 및 가스용 강관 등은 전식을 받을 우려가 크기 때문에 유입전류를 배류하는 배류시설(排流施設)이 설치되어 있는 경우가 있으므로, 이와 같은 배류시설이 있는 금속관에도 근접, 평행, 교차하여 관을 매설하는 것은 바람직하지 않다.

전식방지 방법으로는 전류를 방출하는 측에서 레일이음을 용접하는 등 이음부의 접속을 견고히 하고 레일과 변전소 연결전선의 강화증설, 레일과 대지간(對地間)의 절연증대를 위한 침목 및 도상의 개량 등 방법을 사용하도록 협조를 구하는 것이 바람직하다.

1) 전류를 방출하는 측에서의 대책

누설전류를 방출할 가능성이 있는 전기철도측과 협의하여 누설전류를 경감하는 것이 좋다. 그것을 위해서는 레일을 전기적으로 접속하고 있는 이음부의 용접 또는 본드(bond)의 강화, 레일과 변전소를 잇는 전선의 강화증설, 레일과 지중간의 절연향상을 위한 침목 및 도상의 개량 등 가능한 방법을 강구하도록 협조를 구한다.

2) 금속관을 매설하는 측의 대책

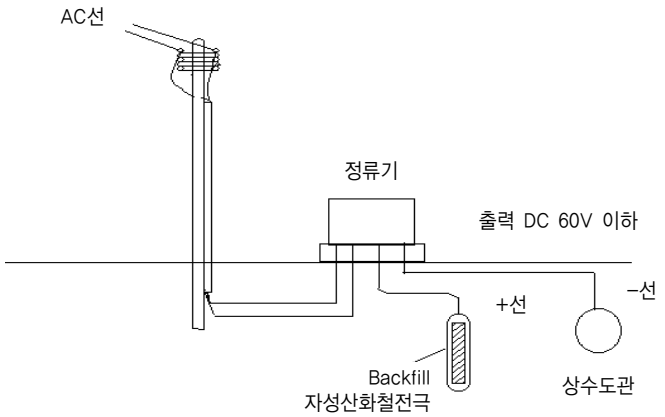
매설하는 금속관의 전식방지방법으로 다음과 같은 방법을 들 수 있다.

(1) 외부전원법

관과 불용성전극(자성산화철, 고규소철, 흑연, 납합금 등)과의 사이에 직류전원을 공급하여

전원→(+)전선→불용성전극→지중→관→(−)전선→전원 으로 흐르는 전기회로를 형성하여 관에서 유출되는 전류를 없애는 유입전류를 만들어서 전식을 방지하는 방법이다.

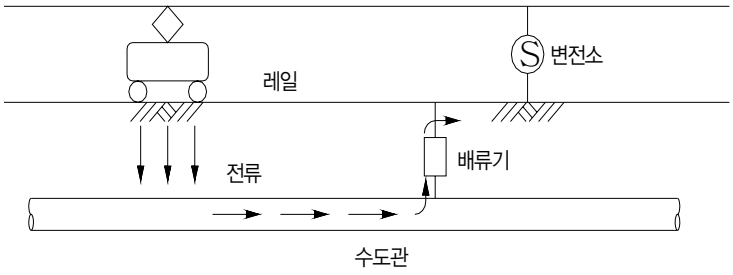
이 방법은 유출전류가 큰 경우 등에 적합하다(〔그림 4.2.23〕 참조).



[그림 4.2.23] 외부전원법 사례

⑵ 선택배류법

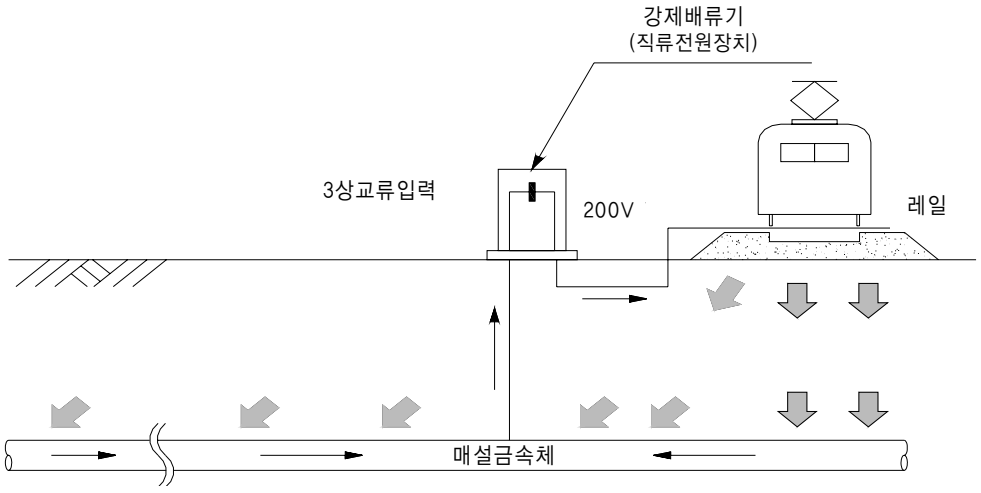
관이 레일에 대하여 정(+)전위로 되는 장소에 선택배류기를 통하여 관과 부(-)의 귀전선 또는 레일을 도선으로 전기적으로 접속하여 관에 흐르는 전류가 직접 땅속으로 유출되는 것을 막으며 이것을 일괄하여 레일 등에 귀류 시키는 방법이다. 이 방법은 대책지점이 레일 등에 근접하고 있어야 적용할 수 있는 등의 제약조건이 있다(〔그림 4.2.24〕 참조).



[그림 4.2.24] 선택배류법 사례

⑶ 강제배류법

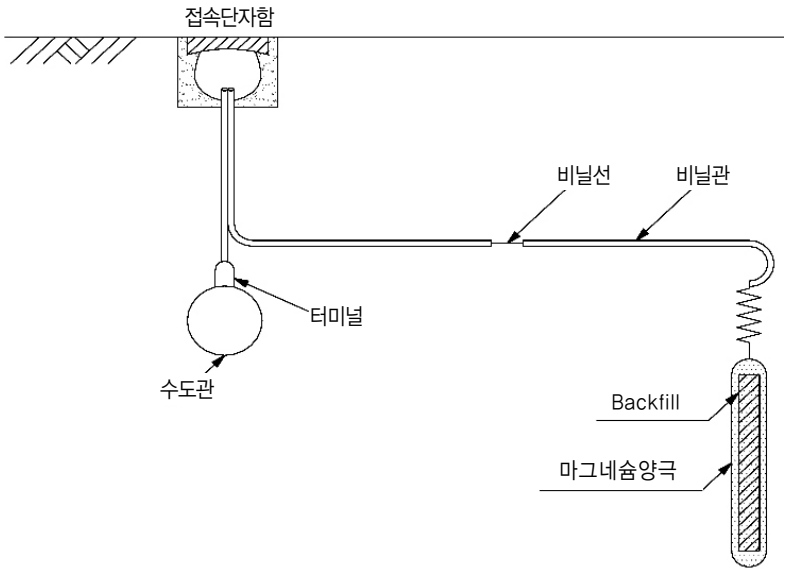
관과 레일과의 사이에 직류전원을 설치하여 관으로부터 레일로 강제적으로 배류전류를 흘리는 방법으로 원리적으로는 (2)와 동일하다. 레일대지전압의 정(+)값이 크고 레일부근에서 관에 유입된 전류가 레일로부터 멀리 떨어진 지역에서 관으로부터 유출되며 거기에 전식을 일으키는 경우에 대한 전식 방지법이다(〔그림 4.2.25〕 참조).



[그림 4.2.25] 강제배류법 사례

⑷ 유전(流電)양극법(또는 희생양극법)

관에 표준단극전위가 낮은 금속(magnesium 등)을 양극으로 설치하고 양극과 관과의 전위차를 이용하여 이종금속전지를 형성시켜서 관에 방식전류를 유입시키는 방법이다(〔그림 4.2.26〕 참조).



[그림 4.2.26] 유전양극법 사례

(5) 이음부의 절연화

전식위험구역 중 변전소 근방 등 전위차가 극단적으로 큰 곳을 제외한 장소에 관을 부설하는 경우에는 관의 이음부에 전기저항을 갖게 하여 관로전체로서 미주전류(迷走電流)의 귀로가 되기 어려운 구조로 만드는 것이 전기방식방법으로 유효하다.

(6) 차단

(5)를 보다 효율적으로 절연하는 방법으로서 관주위에 차폐물을 설치하는 방법이 있다. 이 방법은 미주전류(迷走電流)에 대한 차폐물로서의 효과를 발휘함과 동시에 토양부식에 대해서도 방식효과를 갖는다. 차폐물로는 절연물이나 반도체가 고려되며 전자로서는 폴리에틸렌슬리브법, 폴리에틸렌코팅법 등의 절연피복이 있으며, 후자로서는 외관으로 금속관 등을 사용하는 공법이 있다.

또한 (1)은 전식방지대책에 한하지 않고 도복장만으로서는 대처할 수 없는 부설조건에 도복장과 병용하면 효과적인 방식대책으로 된다.

2.에 대하여 ; 관의 부설에 앞서서 토양의 비저항, pH, 황화물이나 지하수의 수질에 대하여 부식성을 조사하는 것이 바람직하다. 토양의 부식성 평가방법의 예로서 미국의 주철관연구협회(Cast Iron Pipe Research Association)에서는 주철관을 매설하는 경우에 토양부식성 평가기준을 만들었으며, 합계점수가 10점 이상이 되면 특수방식방법을 채택하도록 권고하고 있다.

이 평가기준은 미국의 국가규격(ANSI/AWWA C 105/A21.5-82)에도 받아들여지고 있으므로, 이 기준을 적용하여 토양의 부식성을 평가하는 것도 타당한 방법이다(〈표 4.2.6〉 참조).

〈표 4.2.6〉 토양의 부식성평가(ANSI/AWWA C 105/A 21.5-82)

항 목	측 정 결 과	점 수	항 목	측 정 결 과	점 수
토양의 비저항 (Ω-cm)	700>	10	산화환원전위 (Redox 전위) (mV)	100<	0
	700~1000	8		50~100	3.5
	1000~1200	5		0~50	4
	1200~1500	2		(-)	5
	1500~2000	1	수분 (함수량, %)	배수가 나쁜 습윤	2
	2000<	0			
토양 pH	2>	5		배수가 상당히 양호하고 일반적으로 젖은 상태	1
	2~4	3			
	4~6.5	1		배수가 양호하고 건조한 상태	0
	6.5~7.5	0	산화물 (염화물, 황산화물, mg/kg)	100 이상	3.5
	7.5~8.5	1		100 미만	2
	8.5<	3		없음	0

비고) pH가 6.5~7.5인 경우에 산화물이 존재하며, 또한 산화환원전위가 낮은 경우에는 3점을 가산한다.

한편, 국내에서도 부식방지에 관한 자세한 사항은 한국수자원공사의 "수도관 개량을 위한 의사결정지원시스템 개발", "수도관개량을 위한 관로진단 매뉴얼(manual)" 그리고 한국건설기술연구원(KICT)의 "상수관 부식방지 기법" 보고서, "상수도시스템의 부식측정 및 평가방법 표준화 연구", 대한환경공학회지, 대한환경공학회 학술연구발표회 논문집 등을 참고하면 많은 도움이 될 것이다.

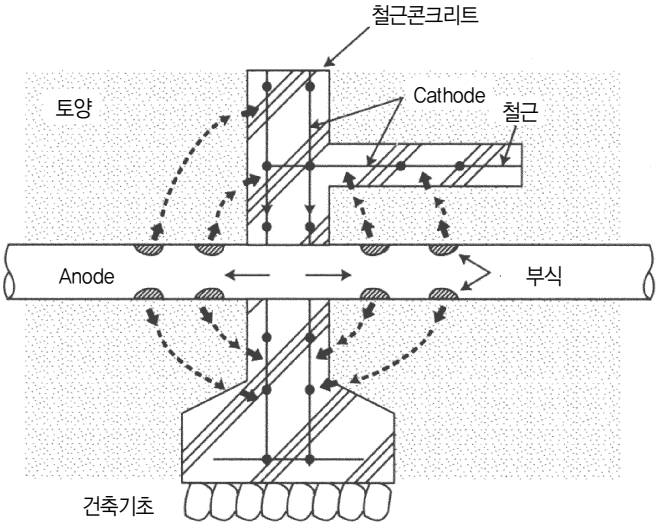
수도관을 산성의 공장폐수 등이 지하에 침투된 곳이나 해변지대에서 지하수중에 다량의 염분이 함유된 장소, 황(S)성분을 함유한 석탄재로 성토한 곳 및 토탄지대, 폐기물매립지 등에 부설할 경우에는 콘크리트보호공, 각종 방식테이프감기, 폴리에틸렌슬리브를 관체에 씌우는 등의 조치를 강구하거나 아스팔트계 도장, 에폭시계 도장, 플라스틱 피복 등에 의하여 관의 외면을 방식한다.

이때에 이음부분 접합부의 볼트 너트류에 대해서는 스테인리스제, 저합금 덕타일제 또는 방식산화피막처리나 합성수지피복을 처리한 제품을 사용하거나 이음부 부분을 포함한 관체를 폴리에틸렌슬리브로 씌우는 등의 방식공법을 사용한다.

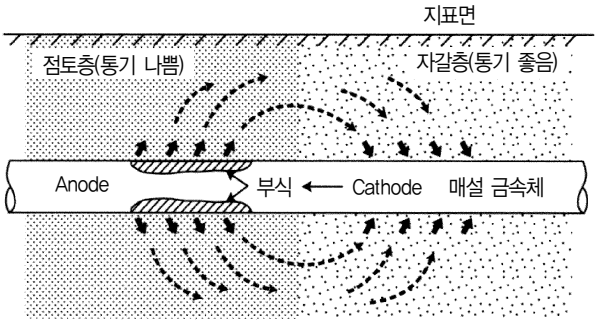
수도용 경질폴리염화비닐관 또는 폴리에틸렌관을 매설하는 경우에는 자외선의 영향을 받을 우려가 있는 부분, 높은 온도를 받는 부분, 또는 온도저하가 현저한 곳은 피하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 관이 철근콘크리트(앵커블록, 수관교의 교대 등)부를 관통하여 부설되어 철근과 접촉되는 경우, 다른 토양간(롬질 〔loam : 부식질〕 과 점토질 등)의 경계면에 걸쳐서 부설하는 경우, 관에 이종금속(강관과 황동밸브 등)을 접속하는 경우, 주위환경의 차이에 의한 전위차 또는 금속자체의 전위차에 의하여 거대(macro)한 부식전지가 형성되며 매크로셀(macro cell)부식의 원인으로 된다(〔그림

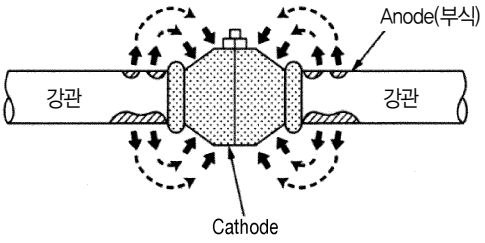
4.2.27]~[그림 4.2.30] 참조).



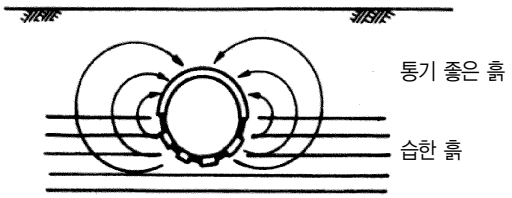
[그림 4.2.27] 콘크리트중의 철근과 관이 접촉되는 경우의 부식



[그림 4.2.28] 토질의 차이에 의하여 발생되는 부식



[그림 4.2.29] 이종급속간의 접촉에 의하여 발생되는 부식



[그림 4.2.30] 통기관에 의하여 발생되는 부식

그 중에서도 철근콘크리트 관통부 부근의 매설부에서는 방식피복결함부에서 매크로셀부식의 사례가 많이 보고되고 있다. 이 경우의 방식방법 및 주의사항은 다음과 같다.

1) 철근콘크리트벽의 관통부, 배관지지금구 및 각종 설비기기의 기초앵커 등이 철근콘크리트중의 철근과 접촉하지 않도록 설계상 고려하거나 그 부분을 절연 조치한다.
2) 매크로셀부식은 콘크리트구조물 부근의 매설부에 방식피복의 결함부가 생기기 때문에 이 범위의 되메우기에서는 방식피복에 손상을 주지 않도록 한다.
3) 절연조인트를 사용한다.

4.2.18 수압시험

관로의 수압시험은 다음 각 항에 따라 시행한다.
1. 관로를 매설한 다음에는 원칙적으로 수압시험 또는 기밀시험(산소압축시험)으로 수밀성과 안전성을 확인한다.
2. 수압시험을 시행한 다음 그 결과에 따라 적절한 조치를 취한다.

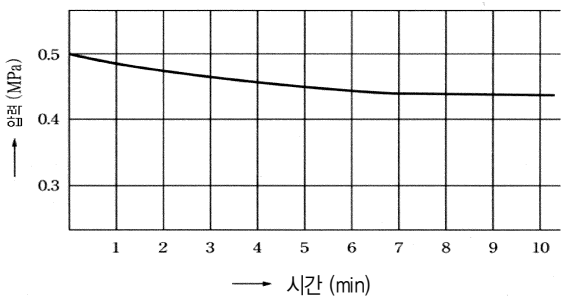
【해설】

1.과 2.에 대하여 ; 관 자체의 수밀성과 내압성은 공장의 수압시험 등에 의하여 확인된다. 따라서 관로의 접합, 부속설비의 설치, 콘크리트블록의 방호 등의 시공이 종료된 다음, 매설된 관로 전체의 수밀성과 안전성을 확인하기 위하여 수압시험을 실시한다.

수압시험을 위하여 물을 주입하기에 앞서 어느 정도 관로를 임시로 되메워서 관로가 수압시험 중에 이동하는 것을 막아야 한다. 또한 수압시험에서는 급격한 가압으로 관로를 파괴하는 일이 없도록 충분한 시간을 두고 천천히 충수해야 한다.

관로에 물을 주입할 경우에는 관내의 공기를 배제하면서 천천히 주입해야 하며 충수 중에 공기밸브 등에서 공기가 배제되고 있는지 또는 관로에 이상이 있는지를 확인해야 하며 누수장소에는 적절한 지수조치를 강구한다.

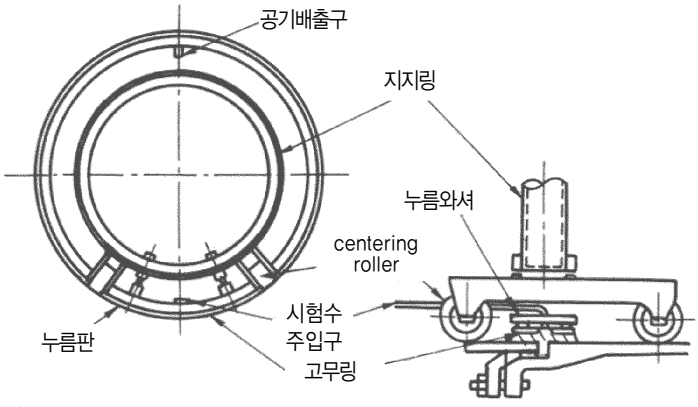
수압시험은 관로에 충수한 다음 하루 정도 경과하고 나서 시험하는 것이 바람직하다. 시험방법은 일정(시험)수압까지 가압한 다음 일정시간(24시간 정도)을 유지하고, 그 사이 관로의 이상유무와 압력변화를 조사한다. 시험수압, 유지시간 및 허용압력 저하량에 대해서는 사용수압, 관종, 조인트의 구조, 관로연장, 부속설비의 상황 및 시공조건 등을 고려하여 적절한 수치를 설정한다(〔그림 4.2.31〕 참조).



[그림 4.2.31] 압력변화

중대관경의 미케니컬조인트의 관에 대해서는 되메우기 전에 테스트밴드로 조인트부의 수밀성을 검사함으로써 관로의 수압시험으로 대신하는 경우가 있다([그림 4.2.32] 참조).

용접이음구조의 강관인 경우에는 용접부에 대하여 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상시험을 실시함으로써 수압시험을 대신하는 경우도 있다.



[그림 4.2.32] 테스트밴드

4.2.19 수관교와 교량첨가관

수관교와 교량첨가관은 다음 각 항에 따른다.

1. 관경, 경간장, 가설지점의 지리적 조건 및 경관과의 조화를 고려하여 가장 적절한 구조형식을 선정한다.
2. 자중, 물의 하중, 지진하중, 풍하중 및 적설하중 등에 대하여 안전해야 한다.
3. 지지부분은 관의 수압, 지진하중, 온도변화에 대하여 안전한 구조로 한다.
4. 교대부근의 매설관에는 유연한 신축이음관을 설치하고, 굴곡부에는 필요에 따라 방호공을 시공한다.
5. 가장 높은 위치에 공기밸브를 설치하고, 한랭지에서는 적당한 방한설비를 시공한다. 또한 필요에 따라 관리통로를 설치한다.
6. 수관교에는 적절한 이탈방지조치를 강구한다.
7. 적절한 방식조치를 강구한다.
8. 수관교의 교각에는 필요에 따라 충돌물에 대한 방호공을 시공한다.
9. 교량 첨가관은 교량 가동단의 위치에 맞추어서 필요에 따라 신축이음관을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수도관을 교량에 첨가하여 하천, 도로 및 철도 등을 횡단하는 방법으로서 수관교와 교량첨가가 있다. 또한 수관교의 형식에는 파이프빔식과 보강식의 두 가지로 크게 나누어진다. 그 계획과 설계에서는 지형, 지질, 장애물, 환경 및 장래계획에 관하여 조사해야 하며 시설관리자와 협의한 다음 승인을 얻을 필요가 있다. 또한 계획할 때에는 기능적 안정성이나 경제성이 우수할 뿐만 아니라 주위의 경관에 조화된 안정감이 있는 기능과 구조미를 갖는 형식을 선정하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 설계상 고려할 하중으로서 다음 것을 들 수 있다.

⑴ 수압
⑵ 관의 자중
⑶ 관내의 물 하중
⑷ 지진하중
⑸ 풍하중
⑹ 온도변화
⑺ 기타 적설이 있는 지역에서는 적설하중을 고려하고 또 관리통로를 설치하는 경우에는 통행하중을 고려한다.

3.에 대하여 ; 지지구조는 크게 나누어서 앵커블록(anchor block)과 새들지지(saddle support) 및 링거더(ring girder)가 있다. 앵커블록은 일반적으로 콘크리트제의 고정대로 교대와 병용되는 것이 많다. 새들지지는 강판과 형강을 조합하며 필요에 따라 관과 강판과의 사이에 활동(滑動)보조재(sliding auxiliary material)를 넣는 경우가 있다. 링거더의 지지에는 슬라이드지지, 로커(locker)지지 및 롤러(roller)지지가 있지만, 도로교에 비교하여 반력이 작기 때문에 일반적으로 슬라이드지지가 채택되고 있다.

지지부에 대해서는 상·하부구조 간에 지진력을 충분히 전달될 수 있는 구조로 하여야 하며 교좌장치(shoe)의 붕괴를 방지하기 위하여 하부구조의 정상부(頂上部)에 대하여 지지가동단으로부터 하부구조의 정상부 가동단까지 거리를 충분히 잡는다.

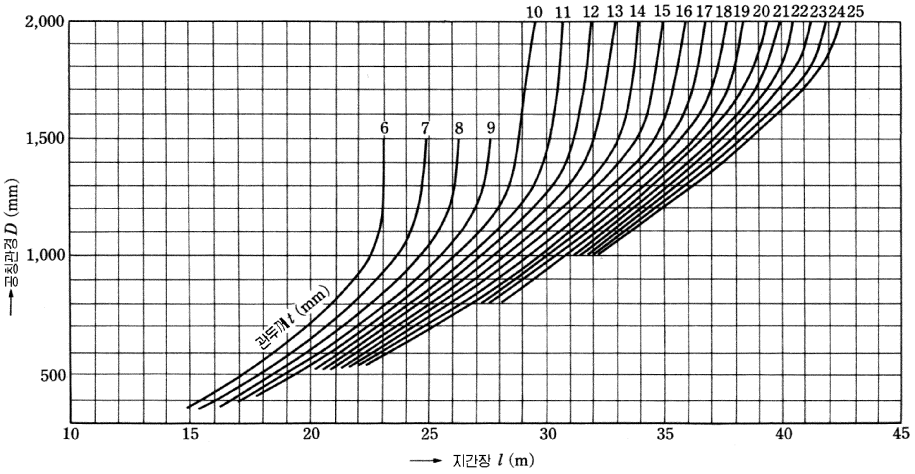
4.에 대하여 ; 일반적으로 교대부(橋臺部)에는 견고한 기초공사를 시공하기 때문에 교대와 이에 접속되는 매설관과의 사이에는 부등침하가 생기기 쉽고 지진시의 진동도 다르기 때문에 플렉시블(flexible)한 신축이음관을 설치한다.

또 굴곡부에는 수압에 의한 불평균력이 작용하기 때문에 굴곡부를 교대부와 정착하여 일체화하거나 기초가 교대기초와 같이 단단한 콘크리트지지대로 정착하는 등의 방호공을 시공한다. 강관의 경우에는 교대와 교각 부분에서의 온도변화에 따른 교량보의 신축에 대응하도록 관에도 신축이음관을 설치한다.

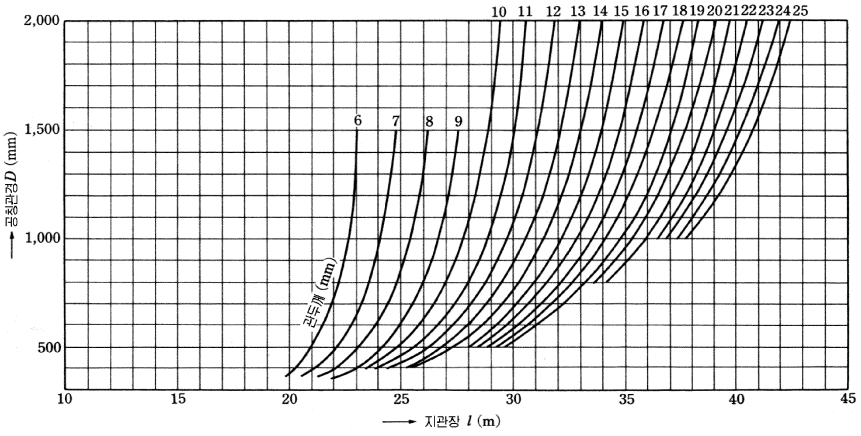
또 관축방향의 진동에 대비하여 진동력이 양단의 연결부에 집중하는 것을 방지하고 각 교각과 교대에 분산시키기 위하여 경간마다 관을 상부구조에 정착시킨다.(〔그림 4.2.33〕, 〔그림 4.2.34〕 참조).

5.에 대하여 ; 관로의 종단도에서 상부횡단(over crossing) 부분은 돌출부로 되기 때문에 공기를 배제하기 위하여 공기밸브를 설치한다. 수관교에서는 공기밸브의 효과를 좋게 하고 미관이나 거더의 하부공간 확보를 겸하여 캠버(camber)를 붙이는 경우가 많다. 또한 연장이 긴 경우에는 점검보수나 공기밸브조작을 위하여 통로를 설치해 두는 것이 바람직하며, 이 경우 위험을 방지하기 위하여 양단에는 일반인의 출입을 금지하는 울타리 등을 설치한다.

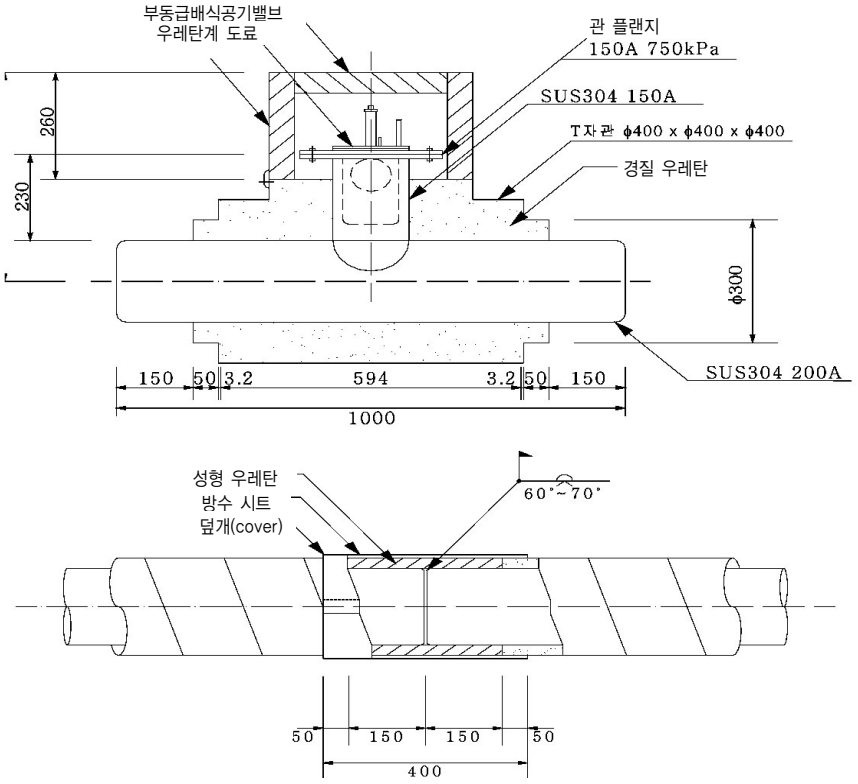
한랭지에서 관내의 물이 동결될 우려가 있는 경우에는 관의 외주에 적당한 방한설비를 시설한다. 방한설비로서는 일반적으로 관의 외주에 폴리우레탄폼 등의 방한재를 감고 그 주위를 철판으로 보호하는 공법이 많이 채택되고 있다(〔그림 4.2.35〕 참조).



[그림 4.2.33] 단순지지의 허용최대 지간장(支間長)



[그림 4.2.34] 일단고정, 일단자유 지지보의 허용최대 지간장



[그림 4.2.35] 수도관동결방지시공 예

6.에 대하여 ; 이탈방지구조는 다음에 의한다.

(1) 가동받침부에는 이탈방지구조로서 자연재해시에 상부교좌장치(upper shoe)가 하부교좌장치(lower shoe)로부터 일탈되지 않도록 이동제한장치를 설치한다.

(2) 거더의 단부에 대해서는 거더가 교대나 교각으로부터 탈락되지 않고 또한 플렉시블 조인트로부터의 누수를 방지하기 위하여 이탈방지장치를 설치한다.

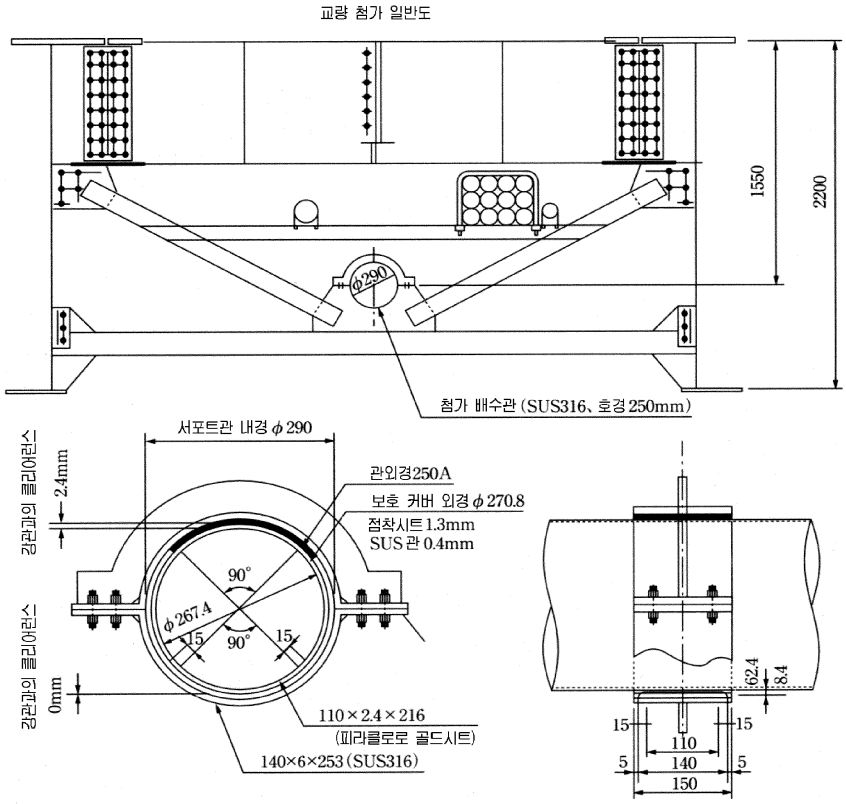
이탈방지장치에는 상부구조와 하부구조를 연결하는 구조, 2연의 상부구조를 서로 연결하는 구조 등이 있으며 설계에 사용하는 설계지진력은 지진시 보유 수평내력법(지진동레벨 2)에 의하여 산정하는 것을 기본으로 한다.

(3) 이탈방지구조의 이동 가능량은 플렉시블 조인트의 허용신축량을 넘어서는 아니 된다.

7.에 대하여 ; 노출부의 방식방법은 설치환경을 고려하여 결정한다. 교대부의 매크로셀(macro cell) 부식의 대책에 대해서는 4.2.17 전식 및 부식방지를 참조한다.

8.에 대하여 ; 하천에 만들어진 교각에 유목이나 그 밖의 유하물 또는 선박 등이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌에 의한 구체의 파손을 방지하기 위하여 적당한 방호공을 설치한다.

9.에 대하여 ; 온도변화에 의한 교량 거더의 신축에 대응하여 필요에 따라 관에도 신축이음관을 설치하는 것이 안전하다. 그 위치는 교량의 가동단에 맞춘다. 또한 관축방향의 지진하중에 대하여 지진력이 양쪽 끝의 부착부에 집중되는 것을 방지하고 각 교각과 교대에 분산시키기 위하여 필요에 따라 관을 상부구조에 정착시키는 것이 좋다. 거더의 높이에 비하여 관경이 지나치게 큰 경우에는 관을 몇 본으로 분할하여 첨가하는 방법도 있다. 첨가관의 참고 예를 〔그림 4.2.36〕에 나타내었다.



[그림 4.2.36] ϕ250mm 교량 첨가관(단위 : mm)

4.2.20 하저횡단(역사이펀관)

하저횡단은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 하저횡단의 역사이펀관은 2계열 이상으로 하고 가능한 서로 이격하여 부설한다.
2. 역사이펀부 전후 연결관의 경사는 부득이한 경우 외에는 45° 이하로 하고, 굴곡부는 콘크리트지지대에 충분히 정착시켜야 한다.
3. 연약지반의 역사이펀은 기초를 완전하게 하거나 지반의 부등침하에 대응하는 구조로 해야 한다.
4. 호안공 등의 장소에 사이펀관의 위치를 표시한다.

【해설】

역사이펀이란 하천, 운하, 철도 및 도로 등의 횡단개소에서 관을 일단 낮추어서 그 시설들의 하부로 관을 부설하는 것을 말한다. 역사이펀으로 시공하는 경우에는 해당 시설물의 관리기관으로부터 방재면이나 보수면에서의 제약을 받는 경우가 많다. 하천 등의 횡단부에는 관계기관에서 관체를 콘크리트 피복구조(concrete lined pipe) 또는 2중관구조(casing pipe) 등의 조건을 요구하는 경우가 있다.

따라서 역사이펀으로 계획하고 설계할 때에는 횡단공법, 부설위치, 매설깊이, 연장, 시공시기 및 장래계획 등을 관련기관과 협의한 다음에 결정한다.

1.에 대하여 ; 하저횡단 역사이펀관은 사고를 발견하기가 어렵고 보수하기도 곤란하므로 기초를 견고하게 하여 내구성이 큰 구조로 한다. 또한 그 중요도와 하천의 상황에 따라서는 미리 2계열 이상으로 분할하여 매설하고 그 거리도 되도록 멀리 떨어지게 이격하여 전체 관로가 동시에 단수되는 일이 없도록 한다.

2.에 대하여 ; 하상은 일반적으로 지반이 연약하므로 지지층의 깊이가 깊을 경우에는 말뚝기초 등으로 시공하여 기초를 보강한다. 또한 지지층이 깊고 지반침하가 큰 장소에는 플렉시블한 신축이음관으로 한다.

사이펀의 연결관은 되도록 완경사로 하고 기초를 견고하게 하며 상하 굴곡부를 콘크리트지지대에 정착하여 접합부의 이탈을 방지해야 하며 그 근처에 플렉시블한 신축이음관을 삽입한다.

3.에 대하여 ; 부득이하게 연약지반에 관을 매설하는 경우에는 지지력의 증강과 부등침하나 응력집중이 발생하지 않도록 지반개량이나 말뚝기초 등이 적절하게 기초를 견고하게 한다. 또 지지층이 깊고 지반침하가 큰 장소에는 관의 이음이 부등침하를 허용하는 미케니컬조인트 등으로 할 필요가 있다.

4.에 대하여 ; 관과 하천의 유지관리를 위하여 역사이펀관의 매설위치를 명확하게 표시하여 둘 필요가 있다. 따라서 횡단대장을 작성해 놓으면 편리하다.

4.2.21 철도 및 간선도로 횡단

철도 및 간선도로의 횡단은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 관이 레일상의 차량하중과 진동을 직접 받지 않도록 측벽과 떼어낼 수 있는 슬래브(slab)로 된 암거나 내경 600mm 이상의 삽입관 등으로 관을 보호한다.
2. 관경 400mm 이상의 관에서는 필요에 따라 그 보호공 내의 관을 보수하거나 검사하기 위하여 사람이 출입할 수 있는 크기로 한다.
3. 관이 전식을 받을 우려가 있는 경우에는 상황을 충분히 조사하여 적당한 전식방지 조치를 강구한다. 또 횡단지점의 양단에는 매설위치를 나타내는 표지판을 세운다.

【해설】

1.에 대하여 ; 철도를 횡단하여 관을 부설할 경우에는 그 설계와 공법에 따라 철도관리자의 승인을 요한다. 상수도의 입장에서는 철도의 하중과 진동이 직접 관에 전해지지 않도록 보호공 내에 관을 넣는 것이 좋다. 슬래브로 된 암거는 상부슬래브를 떼어낼 수 있도록 해 두면 보수할 때 편리하다.

공법은 철도관리자와 협의하여 정해야 하나 열차운행의 영향을 되도록 적게 하기 위하여 개착에 의

하지 않고 잭(jack) 등으로 삽입관을 굴진시키는 추진공법을 채택하는 경우가 많다.

삽입관으로서는 원심력철근콘크리트관이 보통이나 강관의 추진도 많이 사용되고 있으며 그 관경은 사람이 관의 내부에 들어가 작업할 수 있는 규격으로서 도·송수관의 연장과 관경이 클수록 크게 한다.

2.에 대하여 ; 관경 400 mm 이상의 중요한 도·송수관에서는 사고에 의한 단수가 있으면 영향이 크기 때문에 보호공 내의 관을 검사하고 보수하기 위하여 사람이 출입할 수 있는 크기로 한다. 그렇게 하는 것이 불가능할 경우에는 적어도 이음부에서 누수 등의 우려가 없는 구조로 한다.

3.에 대하여 ; 단선가공식의 전기철도를 횡단하여 철관을 부설하는 경우에는 절연피복이나 기타의 방법을 강구하지만, 부설한 다음 철관의 대지전위와 관내전류를 측정하여 전식의 우려가 있다고 판단될 경우에는 4.2.17 전식 및 부식방지에 따른 전식방지조치를 강구해야 한다.

4.2.22 추진공법

추진공법은 다음 각 항에 따른다.

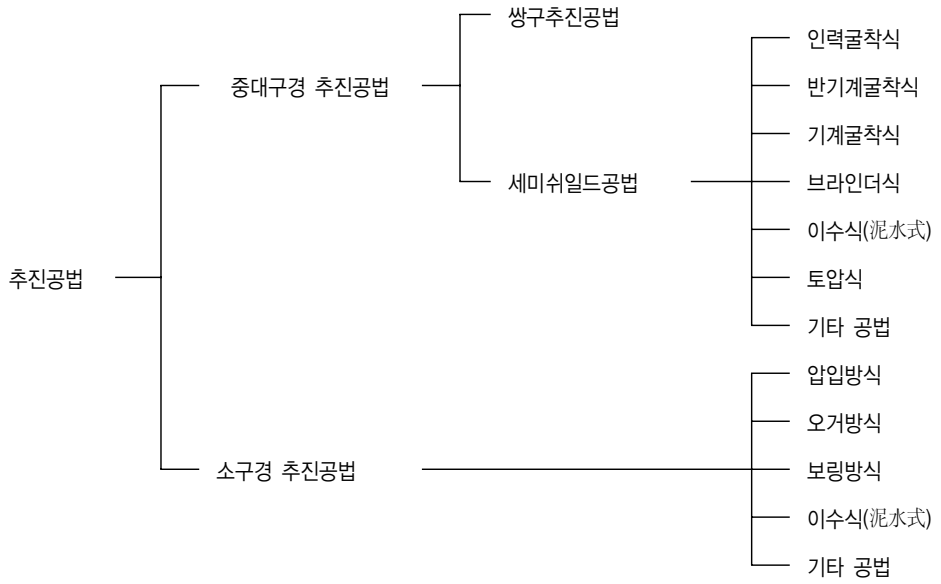
1. 토질, 장애물, 환경 등을 사전 조사하고, 관계기관과도 사전 협의하여 공사의 난이도, 안전성, 확실성 등을 종합적으로 검토하여 적절한 공법을 선정한다.
2. 추진관의 관종은 강도, 내구성, 시공의 난이도 등을 고려하고, 소요구경, 연장, 매설심도 및 공법에 적합한 관종을 선정한다.
3. 선도관(先導管)은 추진관의 구경, 토질, 공법에 적합한 구조로 한다.
4. 압입수직갱은 추진관을 계획선상에 정확하게 압입하기 위하여 강널말뚝 등을 사용하여 견고하게 축조하고 필요에 따라 콘크리트 지압벽(back concrete)이나 가이드 레일(guide rail) 등의 설비를 시공한다. 또한 도달수직갱도 작업이 용이하도록 축조한다.
5. 연약지반이나 지하수위가 높은 곳에서 시공할 때에는 미리 적당한 지반강화 조치나 지수조치를 취함과 아울러 적절한 보조공법을 병용하여 안전하게 시공할 수 있도록 한다.
6. 외부관 추진공법을 채택할 경우에는 내부에 들어갈 관의 손상을 방지하기 위한 조치를 취하고 관추진 후의 노면침하를 방지하기 위한 지반보강 등의 조치를 취한다.

【해설】

원활한 교통소통을 확보하고 공사공해를 방지하는 관점에서 시가지에서는 개착공법에 의한 관부설이 곤란한 경우가 있으므로 비개착공법으로 시공하는 것이 증가하는 추세이다.

비개착공법은 추진공법과 쉬일드공법으로 나누어지며 추진공법은 궤도, 하천, 간선도로 등 굴진단면의 규모가 작고 연장이 대개 50~100 m 정도까지가 일반적이지만, 토질조건이나 공법에 따라서는 장거리 시공도 가능하다. 여기에 비하여 쉬일드공법은 단면적이 크고 연장이 길며 규모가 큰 경우에 채택된다.

추진공법을 굴진방식과 굴착기구에 의하여 분류하면 〔그림 4.2.37〕과 같다.



[그림 4.2.37] 추진공법의 종류

진공법은 압입수직갱을 파고 추진용 칼날을 붙인 선도관을 앞세우고 추진용 잭으로 압입하여 관내의 토사를 배제시키면서 굴진하고 순차로 관을 연결하여 터널을 형성시켜 가는 공법이다([그림 4.2.38] 참조).

세미(semi)쉬일드공법이란 관의 첨단에 굴진기를 선도체로 하여 발진입갱내의 관체 뒤에 설치된 잭에 의하여 관을 추진하면서 부설하는 공법이다.

소구경 추진공법이란 선도체로서 소구경 추진관 또는 유도관을 접속하여 발진기지에서의 기계조작에 의하여 압밀, 굴착 또는 버럭을 반출하면서 관을 부설하는 공법이다.

추진공법을 사용하는 추진 부설관의 사용방법에 따라 분류하면, 2중관 추진공법과 본관 추진공법으로 크게 나누어진다.

2중관 추진공법은 외관을 추진 부설한 다음 그 내부에 수도관을 밀어 넣는 방식이고, 본관 추진공법은 외장을 한 덕타일주철관 또는 강관을 추진시키고 이 관 자체를 직접 수도관으로 사용하는 공법이다.

1.에 대하여 ; 추진공법은 칼날부, 작업부, 추진부로 구성되고 관을 잭으로 굴진시키는 공법으로서, 추진 매설관의 사용방법에 따라 외부관 추진공법과 철관 추진공법으로 나눈다.

외부관 추진공법은 추진 매설관내에 상수도관을 설치하는 2중관방식이고 철관 추진공법은 외장한 주철관이나 강관을 추진시키고 그 관 자체가 직접 상수도관으로 사용되는 방식이다.

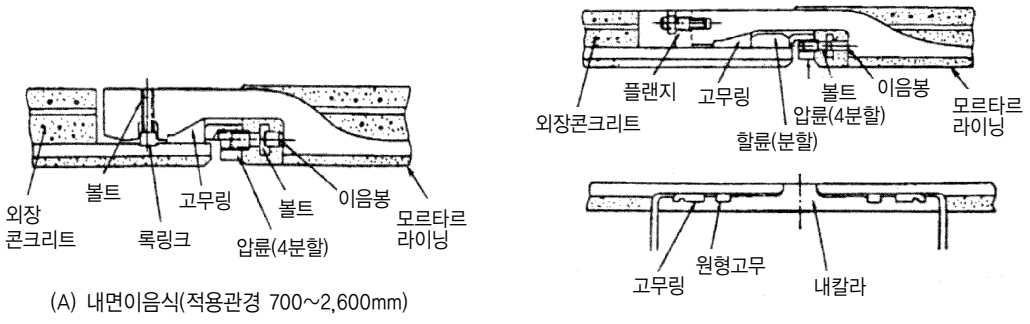
추진공법을 채택할 때에는 사전에 조사하여, 시공성과 안전성 등의 관점에서 공법을 선정해야 한다. 특히 토질은 추진공법의 시공성이나 공사의 난이도를 좌우하므로 토질의 N값, 지하수위, 지층구성 등

을 조사하고 모래층에서는 입도, 공극비, 투수계수를, 실트 및 점토층에서는 함수비, 액성한계, 소성한계, 일축압축(一軸壓軸)시험 등을 조사한다. 또한 추진 장소에 가까운 매설물 또는 직상부의 시설물을 확인하고 현지의 교통사정과 건축물의 상황 및 공사장의 넓이 등도 사전에 조사하여 적절한 조치를 취한다.

2.에 대하여 ; 추진공법에 사용되는 관은 추진력에 대하여 충분한 강도와 하중에 의한 휨모멘트에 견딜 수 있고, 수밀성과 시공성이 우수한 관으로서 추진공법에 적합한 관종을 선정한다. 일반적으로 외부관 추진공법으로 시공할 경우에는 관내의 토사를 인력으로 반출할 수 있을 때에는 관경 800 mm 이상의 원심력 철근콘크리트관을 사용하는 경우가 많다. 이와 같은 공법으로 시공 가능한 연장은 토질에 따라 차이가 있으나 관경 1,500~2,000 mm로서 길이가 30 m 정도인 경우에는 굴착공법으로 하지만, 그 이상 연장이 긴 경우에는 압입수직갱에서 중압관(propelling pipe)과 중압관 사이에 잭을 거치하고 2단 또는 그 이상의 다단으로 압입하는 공법이 사용된다. 외관속으로 수도관을 끌어넣는 경우에는 필요에 따라 외관내면 및 수도관외면을 손상되지 않도록 조치를 강구한다.

철관 추진공법에서는 덕타일주철관과 강관이 사용된다. 덕타일주철관에는 내면 이음식이나 내면 칼라이음식이 사용되고 강관에서는 KS규격으로 내외부 도복관을 사용한다. 외관 추진공법과 같이 장거리추진인 경우에는 중압공법이 사용된다. 이들 공법은 시공 중에 내면도장이 손상되는 수가 많으므로 손상을 방지하기 위하여 충분히 유의해야 하며 아울러 추진종료 후에는 반드시 조사하여 도장면의 파손부를 재도장해야 한다(〔그림 4.2.38〕 ~ 〔그림 4.2.40〕 참조).

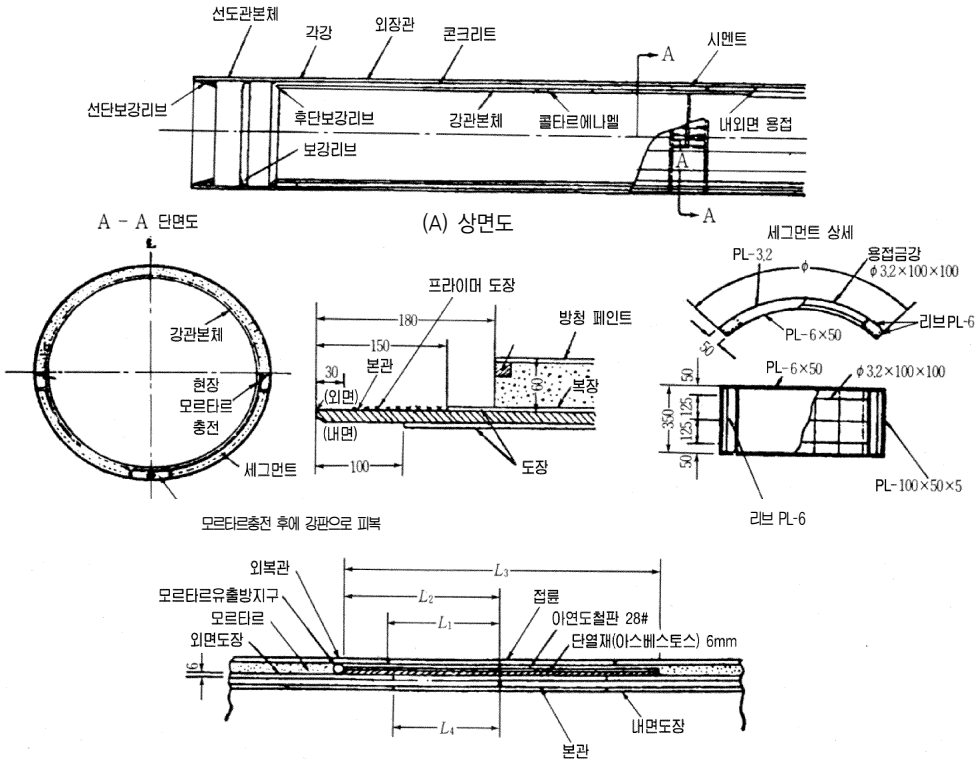
3.에 대하여 ; 관내에 사람이 들어가서 시공할 수 있을 정도의 중·대구경관을 추진할 때에는 선도관은 칼날부와 작업부 및 추진관연결부로 구성되는데, 특히 칼날부에서 추진할 때의 저항을 감소시키고 지중에 잘 관입되도록 선단부의 내면 측을 경사지게 한다. 또한 토질에 따라서는 칼날부를 폐쇄해야 할 경우도 있으므로 흙막이(end dam)를 장치할 수 있는 것이 바람직하다. 한편 작업부는 관내의 토사를 안전하게 굴착할 수 있는 넓이가 되어야 하고 연결부는 추진관과 선도관을 고정시키는 부분으로서 어느 관종이라도 연결할 수 있는 구조로 하는 것이 편리하다.



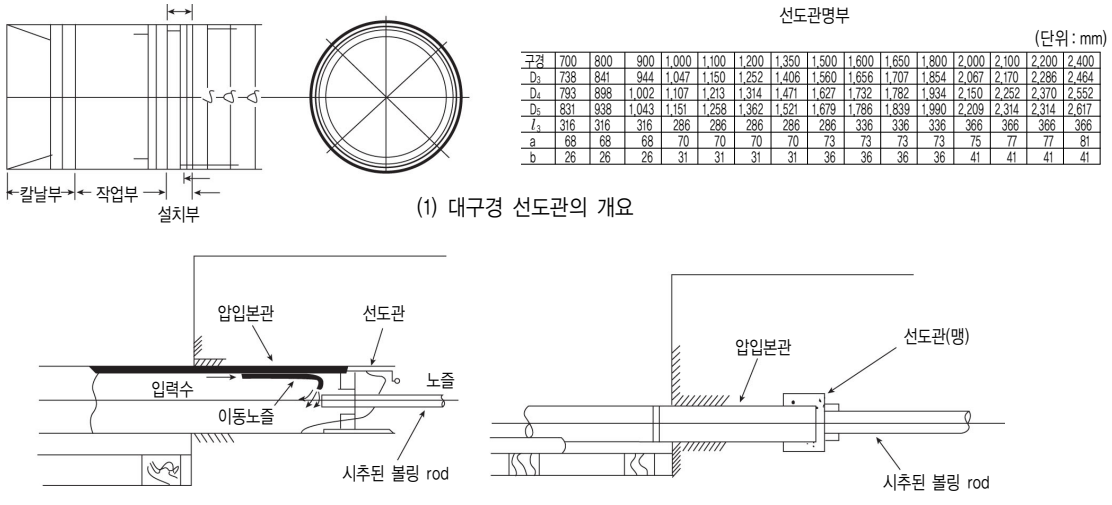
(A) 내면이음식(적용관경 700~2,600mm)

(B) 내면칼라이음식(적용관경 200~900mm)

[그림 4.2.38] 추진용 덕타일 주철관



[그림 4.2.39] 추진용 강관



선도관명부

(단위 : mm)

구경	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,350	1,500	1,600	1,650	1,800	2,000	2,100	2,200	2,400
D_3	738	841	944	1,047	1,150	1,252	1,406	1,560	1,656	1,707	1,854	2,067	2,170	2,286	2,464
D_4	793	898	1,002	1,107	1,213	1,314	1,471	1,627	1,732	1,782	1,934	2,150	2,252	2,370	2,552
D_5	831	938	1,043	1,151	1,258	1,362	1,521	1,679	1,786	1,839	1,990	2,209	2,314	2,314	2,617
l_3	316	316	316	286	286	286	286	286	336	336	336	366	366	366	366
a	68	68	68	70	70	70	70	73	73	73	73	75	77	77	81
b	26	26	26	31	31	31	31	36	36	36	36	41	41	41	41

[그림 4.2.40] 선도관의 개요

사람이 안에 들어가서 일할 수 없는 700mm 이하 중소구경의 관추진에서는 토질 등 시공조건에 따라 여러 가지 공법이 개발되어 있다. 시공의 안전성과 정확성을 기하기 위하여 많이 사용되는 공법으로서는 본관을 잭으로 추진하면서 관내에 들어오는 토사를 흙오거(earth auger)로 배토하면서 추진 매설하는 수평오거방식이나, P.C.강선을 수평보링공에 관통하여 전방으로 끌어당기는 견인식 공법 등도 있다(〔그림 4.2.41〕 참조).

4.에 대하여 ; 압입수직갱은 추진관의 토피(土被), 필요한 추진력, 소요설비 등에 따라 그 넓이가 정해지나, 추진관의 반입이나 콘크리트 지압벽(back concrete)의 축조 등의 설비가 기능적으로 배치되고 안전하며 능률적으로 관내 토사를 반출할 수 있는 구조로 한다. 추진관을 안전하고 확실하게 추진시키기 위해서는 추진력의 계산, 널말뚝 및 콘크리트 지압벽 등을 검토하여 잭의 대수 등을 산출하고 여유를 고려하여 압입수직갱의 여러 설비를 배치한다.

압입수직갱으로부터 선도관을 압입하는 추진갱구는 선도관의 외경보다도 약간 큰 직경으로 널말뚝 등을 절단할 필요가 있을 때, 이때 널말뚝과 선도관의 간격으로부터 토사가 흘러나와 갱이 무너지는 일이 없도록 적절한 조치를 취한다.

5.에 대하여 ; 연약지반에서는 추진관 선단의 주위부로부터 붕괴되는 것을 방지하기 위하여 토질에 따라 약액주입이나 지하수위의 저하 등 적절한 보조공법을 병용할 필요가 있다. 그밖에도 압축공기공법이나 동결공법이 있으며 이들 공법은 지하수위가 높고 연약한 토질조건하에서 관내로 토사가 지하수와 함께 유입할 수 있는 장소에 적합하다.

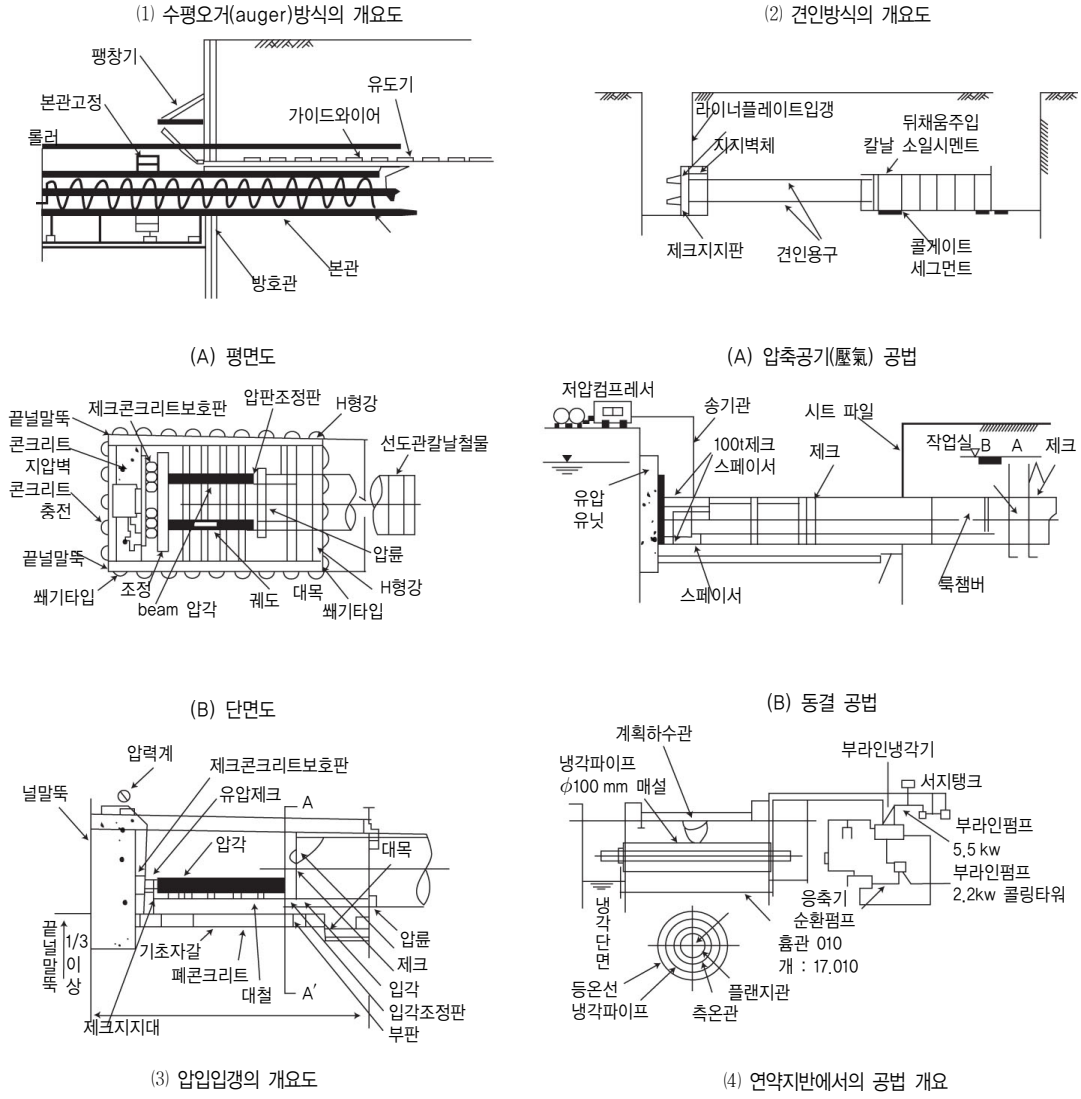
압축공기공법은 추진관에 작업실과 록챔버(lock chamber)를 갖춘 관을 접속하고 작업실에 압축공기를 공급하여 용출수를 줄이고 토사붕괴를 방지하면서 전진하는 공법이다.

동결공법은 관추진 예정부지의 주위에 동결관을 매설하고 그 외주의 흙을 동결시켜 연속된 흙막이 지수벽을 형성시키면서 굴착하는 공법이다.

이와 같은 특수공법들은 큰 설비가 되고 고도의 기술이 요구되며 보안대책상이나 환경보전문제 등이 생길 우려가 있으므로 신중한 검토가 필요하다.

6.에 대하여 ; 외부관 추진공법에서 외부관부설이 완료되고 그 내부에 상수도관로를 설치할 경우에는 외부관의 관저에 콘크리트를 깔고 필요에 따라서는 간이레일 등을 콘크리트에 고정시켜서 관체가 그 위를 통하여 설치되도록 하여 관체의 손상을 방지한다.

관을 설치한 다음에는 외부관과 상수도관로와의 사이에 시멘트모르터나 콘크리트 등으로 채우고 또 외부관의 출입구에서 내부로 토사가 유입되어서 노면침하 등이 일어나지 않도록 양단 출입구에 콘크리트나 블록 등으로 채워야 하며, 이 때에 상수도관로에 전단력이 가해지는 일이 없도록 한다.



[그림 4.2.41] 추진공법의 종류

4.2.23 쉬일드(shield)공법

쉬일드공법은 다음 각 항에 따른다.

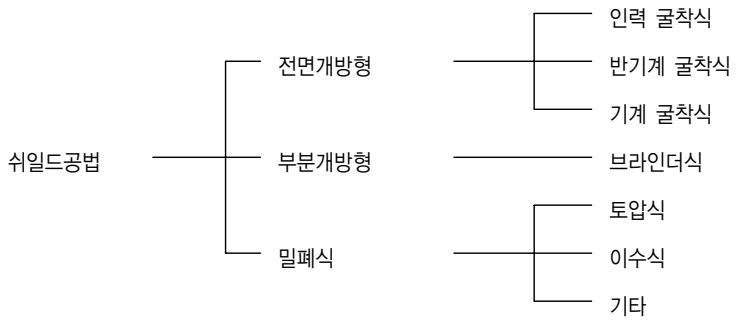
1. 관계법규가 정하는 바에 따라 수속절차와 대책을 검토해야 하며 입지조건, 지장물, 지형 및 지질, 환경보전을 위한 조사를 한다.
2. 터널의 소요단면은 공사방식과 관경 등에 따라 정하고 시공상 안전하고 능률적인 것이어야 한다.
3. 터널의 선형은 직선 또는 완곡선을 택하고 터널의 토피(土被)는 지질과 지형에 따라 정한다.
4. 입갱부는 원칙적으로 실을 축조하고 필요에 따라 제수밸브, 공기밸브 및 배수(排水)설비 등을 설치한다.
5. 쉬일드기종과 보조공법은 지중(natural ground)조건과 시공조건에 적합해야 하며 주위지역의 환경보전에 유의한다.

【해설】

쉬일드공법은 쉬일드(shield)를 사용하여 시행하는 터널공법이다. 쉬일드는 주로 원통형 강제의 스킨플레이트(skin plate)와 내장된 잭으로 구성된다.

선단의 칼날부에서 굴착하고 내부에서 일차 복공의 세그먼트(segment)를 조립하고, 후부의 잭을 세그먼트의 반력(反力)으로 추진한다. 스킨플레이트가 붕괴되지 않도록 지중(natural ground)을 지지하고 터널을 구축한다. 지질에 따라 사용하는 세그먼트가 비경제적이라고 생각되는 경우에 세그먼트를 사용하지 않고 바로 콘크리트라이닝공법을 검토한다.

쉬일드공법을 굴착방법으로 분류하면 〔그림 4.2.42〕과 같다.



[그림 4.2.42] 쉬일드공법의 체계

쉬일드공법은 추진공법에 비하여 대형의 터널공법으로 추진연장이 500~1,000 m를 표준으로 하고, 방향수정을 쉽게 할 수 있으며 선형도 수평곡선 또는 연직방향으로는 어느 정도까지의 경사를 갖게 할 수 있다.

또한 지중이 불안정하고 막장의 붕괴나 지표면의 함몰 또는 침하의 우려가 있을 경우에는 지중의 조건이나 환경 등을 고려하여 압축공기공법, 지하수위저하공법, 약액주입공법, 파이럿터널에 의한 지중안정공법, 동결공법 등의 보조공법으로 지중의 안정을 도모한다.

1.에 대하여 ; 쉬일드공법은 법규의 규제를 받는 일이 많으며 관계기관에 대한 여러 가지 수속을 필요로 하는 경우도 많으므로 규제정도와 수속절차 및 대책 등에 대한 사전검토가 필요하다. 또 지중의 토질, 지층, 지하수상태 등의 조건과 지표상황(도로, 하천, 궤도, 가옥 등)에 따라야 할 때가 많으므로 이와 같은 상황을 고려하여 사전조사가 필요하다. 사전조사 자료는 터널의 노선선정과 쉬일드공법의 채택여부, 터널설치에 따르는 주변의 환경보전 및 쉬일드공법의 규모나 내용을 결정하는데 중요한 자료가 되기 때문에 충분한 조사가 필요하다.

2.에 대하여 ; 쉬일드(shield)의 단면형상은 일반적으로 원형이 채택되고 있다. 그 이유는 외압에 대하여 견고하고 쉬일드 추진이나 제작조립이 편리하며 쉬일드 추진 중의 롤링(rolling)에 대해서도 단면 이용상 지장이 적은 점 등이다.

1차복공 세그먼트는 쉬일드를 추진하도록 하는 잭의 추진력을 주지만, 쉬일드테일(shield tail)로

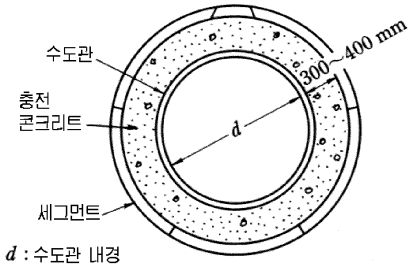
되면 동바리공(timbering)으로서의 역할을 하게 된다.

도수터널에서는 콘크리트로 2차 복공을 한 후 관로로 이용하는 경우가 있으나, 송·배수터널에서는 대부분이 압력관로이므로 강관이나 덕타일주철관을 터널 내에 삽입 시공하는 방식이 많이 사용되며 대표적인 방법은 다음과 같다.

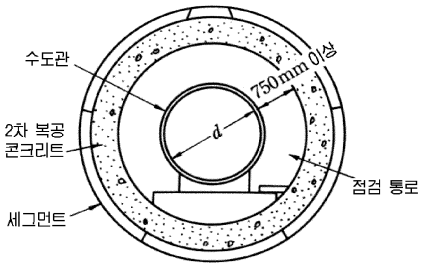
1) 콘크리트충전방법

상수도관로의 구경보다 600~800mm 정도가 더 큰 내경의 일차복공을 전체 연장에 걸쳐 축조한 후, 강관이나 덕타일주철관을 순차로 삽입하여 터널과 동심원상에 배관을 접합하고 일차복공과 관과의 사이 간격을 콘크리트로 충전하는 방식으로서 가장 많이 사용하는 방법이다. 이 방식에서 관의 접합작업은 내면에서 시공해야 하므로 강관에서는 내부용접하고 덕타일주철관에서는 내면이음관 등이 사용된다.

1차복공과 관과의 간격은 쉬일드가 배기와 배수(排水)를 위하여 종단상으로 경사를 가질 때에도 관을 소정의 위치에 배관할 수 있는 여유와 최소한의 이차복공콘크리트의 두께를 고려하여 정한다. 이 방식은 검사통로방식에 비하여 쉬일드의 단면이 작고 공사비도 저렴하나 터널관의 검사와 보수시에 단수해야 하므로 유지관리상 다소 불편하다(〔그림 4.2.43〕 참조).



[그림 4.2.43] 충전방식



[그림 4.2.44] 점검통로방식

⑵ 검사통로방식

상수도관로의 구경에서도 1,500 mm 이상의 큰 구경에서 이차복공 내공단면의 터널을 축조하고 그 속에 강관 또는 덕타일주철관을 배관하는 방식으로 복공과 관과의 공간은 검사통로로 이용한다.

이 방식은 콘크리트 충전방식에 비하여 쉬일드단면이 크고 공사비도 많이 들지만, 터널과 관을 검사하기 위하여 단수할 필요가 없으므로 유지관리상 유리하다. 이 방식에서는 일반적으로 시공오차에 대한 여유를 둘 필요가 없다(〔그림 4.2.44〕 참조).

3.에 대하여 ; 터널선형은 직선이나 완곡선으로 하고, 터널을 추진하기 위한 최소토피(土被)는 굴착외경의 1~1.5배가 필요하지만, 이보다 작은 토피로 성공한 예나 또 이보다 깊더라도 함몰 등이 일어난 예가 있다. 따라서 쉬일드공법으로 시행 할 경우에는 지표나 지하구조물의 상황, 지중의 조건, 굴착단면의 크기, 시공방법 등을 고려하여 필요에 따라 적당한 보조공법을 채택한다.

지하수가 많은 지층 특히 하저나 해저를 통과할 경우에는 터널의 부상과 압축기공법에서의 공기누출

이나 분출에 대하여 검토해야 하며, 매립지 등을 통과하는 경우에는 가스의 고임에 주의해야 한다.

도로교차점 등에서 급각도의 방향전환이 필요할 경우에는 특수한 보조공법으로 극소반경의 곡선으로 굴진할 때도 있으나 일반적으로는 방향전환용의 입갱을 축조하여 쉬일드의 방향전환을 하거나 쉬일드와 쉬일드를 지하에서 결합시키는 방식이 사용된다.

지하접합방식에서 주의할 점은 양질지반을 확인하고 쉬일드 상호간의 관계, 위치파악과 정확한 위치조절 및 압축공기공법에서는 쌍방의 압축공기에 대한 조절 등이다.

4.에 대하여 ; 관로를 유지관리하기 위하여 터널의 종단경사도에서 요철부에 입갱을 설치하는데 상향돌출부(凸)의 입갱에는 공기밸브, 하향돌출부(凹)의 입갱에는 배수(排水)설비를 설치한다. 이 때에 인접한 입갱간의 터널경사는 편경사로 한다. 입갱부는 상기 설비 외에 맨홀, 제수밸브, 터널과 입갱내의 배수와 환기설비를 설치해야 한다. 이와 같이 하기 위하여 입갱실을 설치하고 터널과 입갱실 내를 보수하거나 기자재를 반입하기 위한 맨홀을 설치해야 한다.

5.에 대하여 ; 지중조건과 시공조건에 적합한 쉬일드 기종을 선정하고 압축공기공법, 약액주입공법, 지하수위저하공법 등의 보조공법 채택에 대해서도 그 적부를 미리 조사할 필요가 있다. 또 입갱 주위의 공사장에 대한 방음과 방진대책도 환경보전 측면에서 고려해야 한다.

4.2.24 전용도로

1. 상수도시설의 유지관리를 위한 전용도로는 유지관리용 장비들이 원활하게 통행하는데 지장이 없는 구조와 폭으로 확보한다.
2. 상수도시설을 유지관리하기 위한 전용도로가 일반도로 기능을 겸용할 경우에는 「도로법」에 관한 규정에 따라 도로의 종류 및 등급에 맞는 구조와 폭으로 확보한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 관로를 유지관리 하기 위한 전용도로는 기존 도로를 최대한 활용하는 것이 좋으나, 새로 축조해야 할 경우에는 용지보상비가 적게 되도록 하는 것이 필요하다.

⑴ 시가지 구간은 기존도로를 이용한다.

⑵ 기존도로 병행구간으로서 도시의 확장, 토지의 이용변경 등으로 인한 관로 이설 요인이 발생되지 않는 구간은 도로의 노견 및 도로 인접 토지에 매설한다.

⑶ 기존도로가 없는 산지 및 농경지를 통과하는 지역일 경우에는 관로 전용도로를 축조한다.

관로 전용도로의 폭은 관로시설을 일상점검하기 위한 순찰차량의 통행과 유지보수 작업을 위한 작업차량 및 장비들의 통행에 필요한 최소 도로폭을 확보하는 것이 필요하다. 일반적으로 전용도로의 폭은 진입장비의 폭을 감안하여 4~5 m로 하나, 지형상 부득이 한 경우에는 지형조건에 적합하게 증감 조정한다. 또한 작업차량과 장비가 교행하는 것을 감안하여 직선구간에서는 300~500 m마다, 시계가 불량한 곳에는 적당한 간격으로 도로폭을 넓게 설치한다.

2.에 대하여 ; 지역의 여건상 관로용 전용도로가 일반도로로서 기능을 겸용할 것으로 예상되는 경우에

는 도로관리담당부서에 도로개설을 요구하고 부득이 수도사업자가 도로를 개설할 경우에는 도로관리담당부서와 협의하여 선형, 구조, 폭 등을 결정하는 것이 필요하다.

4.2.25 펌프설비

펌프설비는 **8.2 펌프설비**에 준한다.

4.3 도수거

4.3.1 총칙

도수거는 취수시설로부터 정수시설까지 원수를 개수로방식으로 도수하는 시설로서 수리학적으로 자유수면을 갖고 중력작용으로 경사진 수로를 흐르는 시설이고, 구조적으로는 개거, 암거 및 터널 등이 있으며 일정한 동수경사(통상, 1/1,000~1/3,000)로 도수하는 시설이다.

도수거는 필요수량을 확실하게 보낼 수 있어야 하며 그 형상 및 구조는 지형과 지세를 고려하고, 용지취득비, 건설비의 대소, 유지관리의 용이성, 재해에 대한 안전성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다. 그리고 도수거는 비교적 지반이 평탄하고 양호하며 성토하거나 절토할 필요성이 없는 곳에서는 개거 또는 개거에 덮개를 한 구조의 암거가 많이 이용되는데, 산이나 구릉 횡단으로 절토량이 많게 될 경우에는 터널을 적용하고 하천이나 계곡 등을 횡단할 경우에는 수로교나 역사이펀이 적합하다.

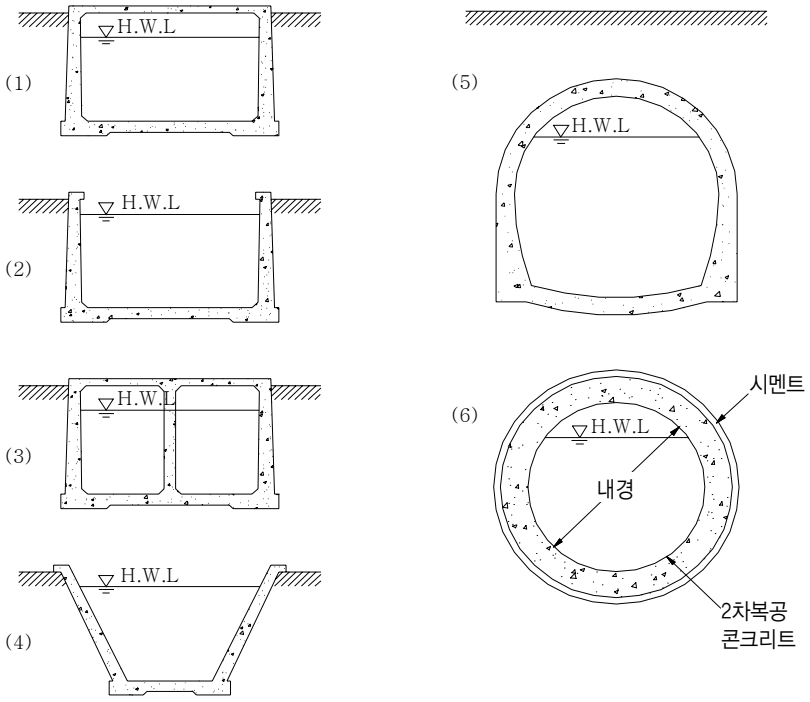
한편, 도수거는 외부에서 하수가 침투되는 것에 대하여 각별히 유의해야 하며 또한 연약지반이나 액상화할 우려가 있는 장소에 도수거를 계획하는 것을 피해야 한다.

4.3.2 구조

구조와 형식은 다음 각 항에 따른다.
1. 개거와 암거는 구조상 안전하고 충분한 수밀성과 내구성을 가지고 있어야 한다.
2. 도수거는 한랭지에서 뿐만 아니라 기타 장소에서도 될 수 있으면 암거로 설치한다. 부득이 개거로 할 경우에는 수질오염을 방지하고 위험을 방지하기 위한 조치를 강구해야 한다.
3. 개거나 암거인 경우에는 대개 30~50 m 간격으로 시공조인트를 겸한 신축조인트를 설치한다.
4. 지층의 변화점, 수로교, 둑, 통문 등의 전후에는 플렉시블한 신축조인트를 설치한다.
5. 터널에 대해서는 **4.3.6 도수터널**에 준한다.
6. 암거에는 환기구를 설치한다.

【해설】

도수거의 형식은 도수량의 대소에 따라서 〔그림 4.3.1〕과 같이 구분된다.



[그림 4.3.1] 도수거 단면도

〔그림 4.3.1(1)〕은 도수량이 작을 때에 일반적인 도수거이다.

〔그림 4.3.1(2)〕는 소형수로로서 주위에서 토사의 붕괴나 오염의 위험이 적은 경우에 사용하는 일반적인 형식이다.

〔그림 4.3.1(3)〕은 유지관리면 및 구조상에서 격벽을 설치하여 2개련으로 한 단면이다. 일련을 단수하고서 내부점검 등에 유리하다.

〔그림 4.3.1(4)〕은 도수거 중에서도 수리적으로 유리하다. 일반적으로 도수량이 클 때에 채택한다.

〔그림 4.3.1(5)〕는 터널의 일반적인 단면이다. 무압력 터널은 일반적으로 말굽형 단면이 이용된다. 측벽의 원호는 반경이 큰 쪽이 시공이 용이하므로 지질이 양호한 경우에는 측벽을 연직 또는 이에 가까운 큰 곡률로 한다.

〔그림 4.3.1(6)〕은 쉬일드 터널이다.

1.에 대하여 ; 개거 또는 암거는 물의 원활한 유하나 탁질수 방지, 수로내면의 세굴방지를 위하여 콘크리트로 만들거나 철근콘크리트로 만들게 되며 가능한 한 저부와 측벽이 일체가 되는 구조로 한다. 지질에 따라서는 콘크리트 블록을 이용하거나 강판재를 사용하는 경우도 있는데 어느 경우에도 수압이나 토압에 견딜 수 있도록 구조상 안전한 것이어야 한다.

2.에 대하여 ; 한랭지에서 도수거는 반드시 암거로 하고 강설과 결빙의 피해를 방지할 수 있도록 해야 하며, 기타 지역에도 되도록 암거로 하는 것이 바람직하다. 부득이 개거로 할 경우에는 수질오염, 사람과 가축에 대한 위험을 방지하기 위하여 다음과 같은 조치를 고려해야 한다.

1) 측벽은 수면보다 30 cm 이상의 여유고를 두며 주위의 지반보다 20 cm 이상 높게 하고, 굴곡부에서는 원심력 때문에 내·외벽에 수위차가 발생하므로 이를 고려해야 한다.
2) 절토하여 수로를 만들 경우에는 절취면의 비탈 하부에는 반드시 측구(側溝)를 만들어서 빗물과 오수의 유입을 방지해야 한다.
3) 인가의 근처에는 쓰레기나 오물의 투입을 금지하는 표시판을 세우고 장소에 따라서는 사람의 출입을 금지하는 철망을 설치해야 한다.

3.에 대하여 ; 개거 및 암거에는 온도변화에 따른 콘크리트의 신축을 위하여 신축조인트를 설치한다. 신축조인트의 간격은 수로의 크기, 철근의 유무, 배수(排水) 상황, 기온 및 수온의 변화 등을 고려하여 정하는 것으로 대략 30~50 m가 적당하다.

4.에 대하여 ; 지층의 변화점에서 지진과 같은 자연재해 발생시에 큰 신축이나 부등침하가 예상되는 장소에는 큰 플렉시블한 이음(flexible joint)을 설치해야 한다. 이에는 부채꼴변형(fan deformation type), 전단변형(shear deformation type), 축방향 신축변형(axial deformation type) 등 여러 가지의 형태가 있다.

6.에 대하여 ; 수량의 변동에 따라 수면상부로 공기가 용이하게 흡·배기될 수 있는 환기구가 필요하다. 설치지점은 장래의 유지관리를 고려하여 결정한다.

4.3.3 유속

도수거에서 평균유속의 최대한도는 3.0 m/s로 하고 최소유속은 0.3 m/s로 한다.

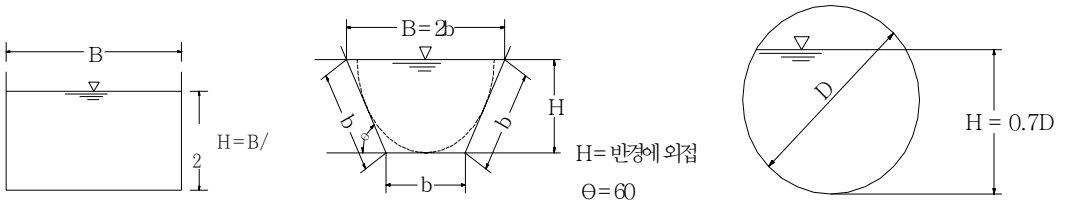
【해설】

일반적으로 도수거는 콘크리트로 만들어졌기 때문에 수로를 유하하는 모래입자에 의한 수로내면의 마모를 방지하기 위하여 도수거에서의 평균유속의 최대한도는 3.0 m/s로 하고, 또한 도수거에는 고운 모래가 수로 내에 가라앉지 못하도록 하기 위하여 최소유속은 0.3 m/s로 한다. 여기서 평균유속이란 다음 식으로 계산한다.

$$\text{평균유속} = \frac{\text{계획도수량}}{\text{통수단면}}$$

[4.3.3 참고 1] 개수로의 수리적 대량단면

주어진 유수단면에 대하여 경심이 최대가 되도록 하는 단면형을 수리적 최량단면이라 한다(〈4.3.3 참고도-1〉 참조).



(1) 장방형 단면 (2) 사다리꼴 단면 (3) 원형 단면

〈4.3.3 참고도-1〉 개수로의 수리적 최량단면도

[4.3.3 참고 2] 개수로의 단면결정

개수로의 단면결정에는 우선 취수시설의 최저수위와 정수장내 착수정의 계획수위로부터 수면경사를 구한다. 다음에 단면을 가정하고 평균 유속공식에 의하여 평균유속을 계산하고 이것에 가정단면적을 곱하여 유량을 구한다. 이 유량이 계획수량으로 될 때까지 여러 차례 단면을 가정하는 계산을 반복한다. 개수로의 평균 유속공식은 Ganguillet-Kutter공식 또는 Manning공식이 있는데, 보통은 Manning 공식을 사용한다.

Manning공식은 다음과 같다.

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

또한 Ganguillet-Kutter공식은 다음과 같다.

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI}$$

여기서, v : 평균유속(m/s)

R : 경심(m)

I : 수면경사

n : 조도계수

설계할 경우에 조도계수 n은 보통 0.013~0.015로 한다.

4.3.4 접합정

접합정 또는 맨홀은 다음 각 항을 기준으로 정한다.
1. 개거에서 암거로 바뀌는 지점이나 분기점, 합류점, 기타 필요한 지점에 접합정을 설치한다.
2. 접합정은 구조상 안전한 것으로 충분한 수밀성과 내구성을 지녀야 하며, 용량은 계획도수량의 유하를 저해하지 않는 용량으로 한다.
3. 필요에 따라 유량측정장치, 월류장치, 배수(排水)설비 등을 설치하고 유출구에는 제수문을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수거의 접합정은 도수거의 구조가 변화하는 지점 등에 설치하여 수면의 변동을 흡수하고 원활하게 도수할 목적으로 설치되는 것으로 현저한 와류 또는 편류가 생기지 않는 구조로 한다. 접합정은 도수거가 개거에서 암거로 구조가 변화하는 지점, 도수거에서 압력수로(pressure conduit) 등 도수로가 변화하는 접속개소 및 월류설비 등과 겸하여 도수거의 도중에 설치한다.

2.에 대하여 ; 접합정은 구조상 안전하고 수밀성과 내구성을 가져야 하며, 용량은 계획도수량을 유하시키는데 저해되지 않는 용량으로 하고 접속되는 도수거의 크기나 사람의 출입이 가능한 크기 또는 접합정에 설치되는 월류장치(여수토)의 형식 등으로부터 용량이 결정된다.

3.에 대하여 ; 접합정에는 필요에 따라 유량측정장치, 월류장치와 배수(排水)설비를 설치하고 유출구에는 제수밸브 등을 설치한다.

도수거로부터 압력수로로 변화하는 지점의 접합정 또는 유수의 급변에 의한 와류 등에 의하여 수중에 흡인된 공기가 도수관내에 유리되어 체류되기 때문에 원활한 도수를 저해시키는 경우가 있다. 이러한 공기를 배제시키기 위하여 접합정의 하류측 입구 부근에 환기공을 설치한다.

4.3.5 월류설비와 순찰도로

도수거의 월류설비와 순찰도로를 다음 각 항에 따라 설치한다.
1. 시점과 종점, 그리고 그 외에 필요한 지점에 제수문 또는 수위조절판(stop log)을 설치하고, 유지관리용 맨홀을 설치한다.
2. 수로의 도중에는 필요에 따라 월류설비를 설치한다.
3. 개거인 경우에는 수로부(channel location) 등을 이용하여 순찰도로를 설치한다.
4. 개거인 경우에는 필요에 따라 낙엽 등이 유하되는 것을 방지하는 스크린을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수거의 시점과 종점 및 긴 터널이나 역사이펀 등의 필요한 지점에는 제수문이나 수위조절판(stop log)을 설치하고, 또 암거에는 내부점검과 청소 등을 위하여 맨홀을 설치해야 한다.
제수문은 견고하고 수밀성과 내구성이 있는 것으로 하며, 일반적으로 동력에 의하여 개폐하지만, 정전이나 고장 등에 대비하여 수동으로도 조작할 수 있도록 해 두어야 한다.

2.에 대하여 ; 월류설비는 호우시 등으로 인하여 도수거에 일시적으로 과잉 유입되거나 하류측의 사고 등으로 제수문이 폐쇄됨으로 인한 잉여수량을 접합정에서 위어(weir)를 이용하여 월류 시키는 방식 등으로 배수(排水)함으로써 도수거의 수위상승을 억제하여 도수거의 안전을 확보하는 것이다.

월류위어와 함께 도수거의 점검, 청소, 공사에 따른 단수작업 등을 위하여 접합정의 바닥에 피트(pit) 등을 설치하고 배수관(排水管)을 접속하여 도수거를 비울 수 있도록 배수(排水)설비를 설치하면 편리하다.

월류위어의 하류부는 제수문 또는 수위조절판 등의 제수설비를 설치한다. 월류위어의 유량은 계획도수량을 기준으로 하는 외에 호우시의 과잉유입량 등을 고려하여 결정한다.

3.에 대하여 ; 개거인 경우에는 사고의 미연방지를 위하여 수로부 등을 이용하여 정기적으로 수로를 순시하기 위한 도로를 만드는 것이 필요하지만, 수로가 비교적 소규모로 연장이 짧은 경우에는 필요하지 않다.

4.에 대하여 ; 개거인 경우에는 낙엽, 수초, 조류 및 부유물의 유하를 방지하기 위하여 적절한 지점에 필요에 따라 스크린을 설치한다.

4.3.6 도수터널

도수터널은 다음 각 항에 따른다.
1. 터널은 콘크리트라이닝(concrete lining)을 하는 것을 원칙으로 하되 필요에 따라 그라우팅(grouting)을 하고 입구와 출구는 충분히 보호한다.
2. 터널 설계는 터널표준시방서에 준한다.
3. 터널내부의 청소와 점검 등이 가능하도록 터널 중간에 출입구를 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.에 대하여 ; 터널은 공사비가 일반적으로 많이 소요되나 수로연장이 단축되고 수두손실이 적은 이점이 있다. 터널시공은 지질조건 및 터널 내에 작용하는 각종 수압조건에 적합하도록 각각의 경우마다 필요한 제반검토를 실시하며, 최소단면은 터널연장 및 시공상의 제약요소 등을 감안하여 결정하는 것이 바람직하다.

터널의 설계와 시공은 도로나 철도의 경우와 같으나, 수로로서 이용하기 때문에 누수가 없도록 수밀성에 유의해야 한다. 그러므로 터널지반은 암반이 이상적이지만 양질의 암반인 경우에도 유수면 이하는 반드시 콘크리트라이닝(concrete lining)을 한다. 그 밖의 경우에는 그라우팅(grouting)을 시공하는 편이 수밀성을 유지하는 면에서 구조물의 안전상에도 바람직하다.

터널의 출구와 입구는 안전을 위하여 갱구로부터 5 m 까지는 특히 견고한 콘크리트라이닝을 하며 절취면은 붕괴되지 않도록 충분히 보호해야 한다.

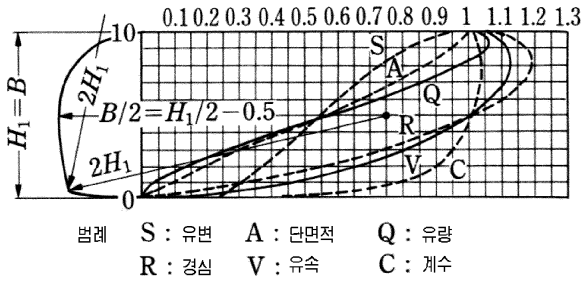
또 공사 중인 갱도와 수로와의 교점 부근은 과다한 굴착으로 아치부에 사고가 발생하기 쉬우므로 특별한 주의를 요하며 기둥을 받쳐서 콘크리트를 시공할 필요가 있다. 또 터널을 축조하는 부근에는 우물이 고갈될 우려가 있으므로 처음부터 그 대책을 강구해야 한다.

2.에 대하여 ; 터널은 지형, 지질조건 및 환경 등에 좌우되는 요소가 많기 때문에 조사, 계획, 설계 및 시공시에는 이를 충분히 고려하고 (사)한국터널공학회의 「터널표준시방서」에 준한다.

터널의 단면형상으로는 산악터널인 경우에는 보통 3~5 심원으로 이루어진 말굽형 단면이나 TBM 공법으로 시공된 원형단면 등이 이용된다. 지질이 양호한 곳에서는 측벽부를 수직으로 하는 경우도 있다. 또 지질이 불량한 곳에서는 원형단면을 고려해야 한다.

터널의 내공(內空)단면은 계획도수량을 유입할 수 있는 크기를 지녀야 한다. 터널내의 최대 통수량은 터널의 단면형상과도 관계되나 수심이 터널높이의 약 80~90 % 전후인 경우인데, 이 경우 안정된 흐름상태를 유지하기 어려우므로 단면을 결정할 때에 수심을 터널높이의 약 80 % 이하로 결정하는 것이 안전하다.

〔그림 4.3.2〕은 말굽형단면의 터널에 대한 수리특성곡선도이다. 최소단면은 시공면에서 제약되며 1.8 m 정도로 된다.



[그림 4.3.2] 말굽형단면의 터널 수리특성곡선도

콘크리트의 복공두께는 토피(土被)가 적은 곳, 중요한 도로, 하천의 횡단장소 및 지반이 나쁜 장소 등에 대해서는 필요에 따라 복공두께를 늘리던가 철근을 추가 삽입하는 등으로 보강해야 한다. 콘크리트의 시공조인트에는 지수판을 삽입한다. 콘크리트라이닝과 지중(natural ground)과의 사이에는 공극이 생기기 때문에 수밀성 유지와 구조물의 안전성 측면에서 공극에 모르타르나 그 외의 것으로 뒤채움(back fill)한다. 특히 압력터널에 대해서는 주의하여 뒤채움(back fill)주입을 시행해야 한다.

터널의 입·출구부는 안전을 위하여 갱구에서 5 m 정도는 특별히 견고한 콘크리트라이닝으로 하고 절토된 법면이 붕괴되지 않도록 충분히 방호한다.

3.에 대하여 ; 터널공사 중에 사갱(斜坑)이나 횡갱(橫坑)을 설치할 경우에는 터널 완성 후에 묻지 말고 이것을 보강하여 두었다가 여수토나 이토구 또는 유지관리용 출입구로 이용하는 것이 편리하다. 또한 터널의 중심선을 지상에 표시해 두는 것도 필요하다.

터널을 압력수로로서 사용하는 경우에는 내외부의 수압에 견디기 위하여 철근콘크리트로 라이닝하는 것이 좋으며 입·출구부에는 강관 또는 덕타일주철관과 연결되는 경우와 암질이 좋지 않은 구간에 대해서는 30 m 이상 강관 또는 덕타일주철관을 삽입한다.

4.3.7 수로교

수로교는 다음 각 항에 따른다.
1. 수로교는 철근콘크리트 또는 강재(鋼材)를 사용하여 구조상 안전하며 충분한 수밀성과 내구성을 지녀야 한다.
2. 온도변화, 부등침하 및 지진시 등의 상대변위 등에 대비한 유효한 신축조인트를 설치한다.
3. 수로교에서 보의 하부공간은 건축한계나 그 외의 관계법규에 따라 결정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수거가 깊은 계곡이나 하천을 횡단할 경우에는 교량을 설치하여 상부구조를 수로로서 도수하는 경우가 있다. 이 수로교는 일반 교량과 동일하나 수로의 저면은 종단적으로 편경사이고 상부에 하중이 집중되어 걸리므로 횡방향의 지진력에 대하여 수로가 지지점에서 탈락하지 않는 구조로 축조한다. 단경간(短徑間)이고 교각이 낮을 때에는 철근콘크리트로 축조해도 되나 높을 경우에는 강재로 하는 것이 안전하다.

도수거의 구조는 철근콘크리트로 하거나 강재 또는 프리스트레스트콘크리트 등으로 하고 수로는 충분한 수밀성과 내구성이 있는 것으로 한다. 형식은 단순보(girder), 라멘 및 연속보(continuous girder bridge) 등이 있는데, 어느 것이나 수로를 다리의 구조부재인 보(girder bridge)로 고려하는 것이 보통이다.

수로교의 계획과 설계에는 경관 및 환경과의 조화도 고려한다. 수로교는 자중, 물의 하중, 풍압 및 지진 등의 하중에 대하여 안전성이 있는 것으로 해야 한다. 특히 수로교는 물의 하중이 장기간에 걸쳐 작용하기 때문에 도로교나 철도교와 비교하여 경간을 짧게 하는 쪽이 안전하다.

2.에 대하여 ; 수로교와 접속부 및 수로교의 가동지지부 부근에는 각각 온도변화, 부등침하 및 지진시의 상대변위 등 각종 변위를 흡수할 수 있고 수밀성을 지닌 신축조인트를 설치한다.

3.에 대하여 ; 수로교에서 보의 하부공간은 상하류 도수로의 수위, 건축한계 그 밖의 관계법규에 근거하여 관계기관과 충분히 협의하여 결정한다.

4.4 원수조정지

원수조정지를 설치할 때에는 다음 각 항에 따른다.
1. 취수시설과 정수시설과의 사이에 설치한다.
2. 용량은 갈수시나 수질사고 등을 고려하여 적절한 용량으로 한다.
3. 필요에 따라 펌프와 그 외의 부속설비를 설치한다.
4. 필요에 따라 오염방지 및 위험방지를 위한 조치를 강구한다.

【해설】

원수조정지는 도시의 성격과 지역의 특성에 따라 갈수기일 때에 취수가 제한되거나 수질사고시 또는 취수시설을 개량하거나 갱신하기 위하여 취수를 정지해야 할 때에 가능한 한 수요가 쪽의 단수나 감수의 영향을 완화시키기 위하여 도수시설의 일부로서 설치한다.

구체적으로는 계절에 따라 또는 기상조건에 따라 수요수량이 수리권수량을 밑돌 때에 수요수량과의 차이를 저류하여 두었다가 그 저류수를 갈수기일 때나 수질사고시 등에만 보급하여 부족수량을 보충하

는 등으로 원수를 운용하는 것이다.

원수조정지는 원수 중의 현탁물질의 자연침강 작용 등에 의하여 원수의 수질도 개선된다. 원수의 수질 및 지내의 저류상황에 따라서는 부영양화 등 수질악화도 예상되므로 주의해야 한다.

원수조정지 계획을 작성할 때에는 수도시설의 정비계획, 배수지 용량의 증강계획과의 관련에 관하여 수도시설 전체의 견지에서 원수나 정수 어느 쪽의 저류와 조정기능을 정비하는 것이 충실하고 유효한 것인가를 검토해야 한다.

원수조정지의 용지확보에는 그 위치가 도수시설의 근방에 한정되며 곳에 따라서는 도시화의 진전도 고려해야 되기 때문에 현지의 지형, 그 외의 환경에 관하여 조사한다. 농업용저수지 등 유휴시설이라면 이해와 협력을 얻은 다음 전용하는 것도 유효한 방법이다.

용지의 결정에는 원수조정지와 취수지점, 정수장과의 표고 등 수위관계에 관해서도 검토한다.

1.에 대하여 ; 원수조정지는 수리권 수량의 범위 내에서 취수하면서 수요수량과의 차이를 저류하므로 그 위치는 취수시설과 정수시설의 사이에서 도수관(거)에 근접한 장소를 선정한다.

취수시설에서 정수장까지 자연유하식으로 도수될 경우에는 원수운용을 원수조정지를 경유하는 것으로 하여 원수를 저류한다.

취수시설과 정수시설과의 표고에 따라서는 펌프가압식 또는 자연유하식의 병용에 의하여 도수해야 한다. 이러한 경우에는 수원의 사정, 수급관계, 경제성 등을 고려하여 가장 합리적인 운용으로 저류한다.

2.에 대하여 ; 원수조정지는 그 용량이 크면 갈수시나 사고시 등에 있어서 급수의 안정성이 높게 된다. 그러나 실제로는 용지확보의 제약 등도 있으므로 다음 1)~3)에 관하여 어느 정도로 급수의 안정성을 확보할 수 있는 가를 검토한 다음에 용량을 결정한다.

1) 갈수기일 때의 취수제한에 대해서는 수원하천의 수문상황, 물 이용상황, 하천의 개발계획 및 과거 갈수의 발생빈도와 규모 등에 관하여 조사하고, 앞으로 예상되는 취수제한의 규모와 계속일수를 기초로 하여 원수조정지에서 1일계획보급량과 보급계속일수를 기초로 용량을 정한다.
2) 원수의 수질사고에 대해서는 수원하천 등의 유역에 있어서 도시화의 진전상황, 공장 등의 건립상황 및 이들의 동향에 관하여 조사하는 외에, 과거의 수질사고의 기록, 유사한 다른 하천 등에서의 기록을 조사하고 예상되는 사고시의 취수 정지시간 등으로부터 용량을 정한다.
3) 복수의 수원, 복수의 정수장을 가지고 있으며 수원 간에 원수 연결관이 정비되어 있고 정수장간에 송수관에 의하여 연결되어 있는 경우에는 수원전체로서의 안정성을 검토한 다음 용량을 정한다.
   배수지가 정비되어 있어서 비상시의 대응용량이 확보되어 있을 때에는 그 용량에 관해서도 배려한다.

3.에 대하여 ; 평상시 및 비상시에 원수를 원활하게 운용하기 위하여 원수조정지와 취수시설, 정수시설과의 수위관계에 따라서는 수리적 조건을 만족하는 펌프, 밸브, 월류설비 그 밖의 부속설비를 설치한다. 펌프용량은 계획도수량을 기준으로 한다.

4.에 대하여 ; 외부로부터의 오염방지에 적절하게 대처하는 외에 위험방지를 위하여 침입방지 울타리를 설치하는 등의 조치를 강구한다.

제 5 장

정 수 시 설

제5장 정 수 시 설

5.1 총설

5장 정수시설에는 총설을 포함하여 아래와 같이 총 28절이 포함된다. 이 절들은 다음과 같은 원칙에 따라서 배치하였다. 우선 정수시설의 처리흐름에 따라서 배치하였다. 예를 들면 착수정, 응집, 침전, 여과, 소독 등의 순으로 배치하였으며, 슬러지 및 배출수 처리는 수처리 다음에 배치하였다. 수처리의 표준처리와 고도처리는 표준처리를 전반부에 배치하고 고도처리와 오염물 제거를 후반부에 배치하였다. 또한 유사한 공정은 가능한 함께 배치하였다. 예를 들면 용존공기부상은 침전지와 함께, 완속여과지는 급속여과지와 함께 배치하였다.

1. 총설
2. 착수정
3. 응집용 약품주입설비
4. 응집지
5. 침전지
6. 용존공기부상
7. 급속여과지
8. 완속여과지
9. 정수지
10. 부식성 개선
11. 소독설비
12. 전염소·중간염소 처리
13. 폭기설비
14. 오존처리설비
15. 자외선 소독설비
16. 분말활성탄 흡착설비
17. 입상활성탄 흡착설비
18. 막여과 시설
19. 맛·냄새 제거
20. 철·망간 제거설비

21. 기타 오염물질 처리
22. 해수담수화 시설
23. 배출수 및 슬러지 처리시설
24. 구내배관과 수로
25. 관리용 건물
26. 유량측정설비
27. 수질시험설비
28. 보안설비, 동결방지대책

이번 개정 본에는 2004년 시설기준 발간 이후 개정된 관련법령의 내용(먹는물수질기준, 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준, 막여과 정수시설의 설치기준에 대한 고시 등)을 반영하였으며, 국내의 운영경험을 적극 반영하였다. 이에 따라 부식성 개선과 맛·냄새 제거를 신설하였으며, 자외선 소독설비를 추가하였다. 또한 별도의 절로 구성되었던 생물처리설비와 생물제거설비는 국내에서의 운전경험이 없는 것을 고려하여 별도의 절 대신 기타 오염물질 처리에 포함시켰다.

5.1.1 기본사항

정수시설은 수도시설의 중추시설이며, 그 정수처리방법과 정수시설의 선정 및 유지관리는 수도시스템 전반에 직접적으로 영향을 미친다. 정수시설의 기능은 정수처리로 소요수질의 물을 필요량만큼 안정적으로 얻는 것이 기본이다. 수도에 대한 사회적 요구를 반영하여 「보다 안전하고 양질의 물을 공급」, 「재해나 사고 등에 대처하는 것을 포함하여 보다 안정된 물 공급」, 「환경부하의 저감」 등 종래보다도 한층 높은 수준의 기능을 갖추도록 정수시설 계획을 수도계획 전체와 연계하여 입지조건, 정수처리방법, 건설조건 및 유지관리에 대하여도 충분히 조사하고 계획해야 한다.

한편으로 이와 같은 수도에 대한 요구를 달성하는 데는 수도사업자가 놓여있는 자연적, 사회적 조건이 크게 관련되기 때문에 수도사업자는 사용자의 요구나 지역특성 등을 고려하여 독자적으로 시설계획이나 정비목표를 설정하는 것이 중요하다.

정수시설을 신설하거나 확장하는 계획을 수립할 때에는 수도법상의 시설기준 이외에 시설규모, 수원, 원수수질, 정수수질의 관리목표, 정수방법, 용지의 지형 및 취득조건, 적용되는 기술기준, 주위환경에 대한 관련성, 관련법과 규제 등에 대해서도 조사해야 하며 개량하거나 재배치를 계획할 때에는 기존시설과 신규시설의 연계성도 조사해야 한다.

1. 시설규모

최적의 시설규모는 수도시설 전체의 기본계획으로 결정되어야 하지만 실제로 정수시설을 계획할 때에는 장래 확장 분까지를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 또한 시설규모를 결정할 경우에는 예비능력도 고려해야 할 중요한 사항이다. 다른 수도시설과 마찬가지로 정수시설은 평상시에도 계획정수량을 처리할 수 있어야 할 뿐 아니라, 일정한 예비능력을 구비함으로써 시설개량이나 사고시에도 수도시

스템 전체로서 가능한 한 안정적으로 계획정수량을 확보할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

2. 수원확보

수원으로부터 취수가능량이 정수시설의 규모를 결정하는데 직접 관련되므로 수원에 대하여 충분히 검토해야 한다. 현재 확보되어 있는 수리권 수량뿐만 아니라 장래 가용수리권의 수량에 대해서도 고려해야 한다.

지하수를 수원으로 이용하는 경우에는 지하수의 양수규제사항과 지하수위의 저하문제 등에 대해서도 조사해야 한다.

3. 원수수질과 정수수질의 관리목표

정수방법을 선정할 때에 원수수질이 가장 중요한 요소 중의 하나이므로, 현재까지 얻어진 수질분석 자료와 함께 장래의 수질도 예측해야 한다. 그러므로 상수원 주변의 도시개발계획, 공업단지계획 또는 농업개발 등에 대한 장래의 추세가 상수원에 영향을 미치는 요인이다. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 이에 대처할 필요항목에 대해서도 조사해야 한다. 취수지점의 상류에 댐을 개발하는 경우에 댐에서 발생하는 조류의 영향 등에 의한 원수의 수질변화에 대해서도 주의할 필요가 있다.

한편 정수수질의 관리목표도 정수방법을 선정하는 중요한 요소이다. 정수처리 수질목표는 「먹는물수질기준」에 적합해야 하는 것은 물론이고, 맛과 냄새, 탁도 및 수도시설의 부식 등을 고려해야 한다. 「먹는물수질기준」은 급수전에서 지켜야 할 최소한의 요구라는 것을 고려하여 보다 안전하고 양질의 물을 공급해야 한다는 것을 목표로 수질관리계획을 설정해야 한다.

4. 정수처리방법과 정수시설의 선정

정수처리 방법에는 소독만 하는 방식, 완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식, 고도정수처리방식 또는 기타의 처리방식을 추가하는 방식이 있으며, 이와 같은 처리방법을 선정하는 것은 어떠한 원수수질에 대해서도 정수수질의 관리목표를 만족시킬 수 있는 적절한 정수처리방법이어야 함은 물론이고 정수시설의 규모나 운전제어 및 유지관리기술의 수준 등을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

정수방법이 결정되면 이 결정된 방법에 가장 적합한 정수시설을 선정해야 하며, 동일한 정수방법이라도 선택되는 시설의 조건에 따라 달라지므로, 정수시설을 선정할 때에는 앞에서 설명한 조사결과와 함께 건설비와 유지관리비 등을 포함한 총괄원가에 대하여 조사해야 하며, 또한 유지관리의 확실성, 편리함 및 에너지절약 등도 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

또한 각종 고도정수시설의 개발 등으로 정수시설이 복잡해지고 또한 다양해지고 있으므로 가능한 한 유지관리하기 쉬운 정수방법의 정수시설을 선정하도록 유의하고, 정수시설의 규모나 여러 특성에 따라 수량, 수위, 수질, 기타를 계측하고 운전상태를 감시하며 제어하기 위한 계측제어설비를 설치하는 등 정수시설을 적정하게 자동화하고 간소화하는 것도 고려해야 한다.

5. 정수시설 위치

정수시설이 설치되는 위치조건에 대해서는 용지취득이 용이한 것은 물론이고 급수구역과의 고저차를

활용하여 에너지를 효율적으로 이용할 수 있어야 하고, 외부로부터 오염을 받지 않으며 견고한 기초지반이어야 하고 대규모로 절토하거나 성토하지 않고도 정지할 수 있는 위치가 이상적인 장소이다.

정수시설의 평면배치는 각 정수공정이 각 각 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하며 또한 전체의 수위관계로 보아 토지의 고저차를 이용하여 합리적으로 배치하는 것이 중요하다. 더욱이 용지를 효율적으로 이용하도록 배치해야 하며 필요에 따라 장래의 시설개량이나 갱신 또는 시설확장을 위한 여유부지를 확보해 놓는 것도 고려해야 한다. 시설은 평면으로 배치하는 것이 바람직하지만 용지가 협소해서 모든 정수시설을 평면으로 배치할 수 없는 경우에는 비용이 들지만 입체적으로 시설을 배치하는 것도 고려할 수 있다.

건설계획을 준비할 때에는 무엇보다도 지형과 지질에 대한 조사를 해야 한다. 그러므로 시추조사와 토질시험을 포함한 지형측량의 결과를 토대로 하여 시공계획을 작성하되, 시공계획에는 시공공정계획, 토공계획, 공사용 도로, 공사용 전력 및 용수 등에 대한 계획이 포함되어야 한다.

6. 환경에 대한 배려

정수시설은 관계법령에 따라 정수처리 후의 배출수를 공공수역에 배출하거나 냄새, 소음 등에 대하여 주변 환경에 미치는 영향을 배려해야 하며 시설을 건설할 때의 영향도 가능한 최소화하도록 배려해야 한다. 또한 자원절약과 에너지절약의 관점에서 탈수케익의 유효이용과 수두차이용 및 폐열에너지이용 등에 관해서도 고려해야 한다.

7. 재해나 사고에 대한 안전성과 안정성 확보

정수시설은 자연재해나 사고 등의 비상시에도 단수되는 사태와 같은 급수에 대한 영향이 없도록 하거나 최소화해야 하며, 또한 사고로 운전 정지되었더라도 신속하게 복구될 수 있도록 배려해야 한다. 이 때문에 피해를 미연에 방지할 수 있도록 또는 일부가 파손되거나 운전 정지된 경우에 피해의 확대나 2차 재해를 방지할 수 있도록, 필요에 따라 수류를 차단하거나 배수(drain) 및 수압을 조정하는 등의 대책을 강구하는 것이 중요하다.

또한 필요에 따라 시설을 분산배치하거나 수원을 다계통화하고 원수시설이나 정수시설 간의 상호연결관을 설치하는 등에 대해서도 배려함으로써 갈수나 수질사고 등이 발생하였을 경우를 대비할 수 있다. 더욱이 기기 사고나 고장에 대하여 필요한 장소에 예비설비를 설치하거나, 전력수전선을 2회선으로 수전하는 등의 대책을 마련해 두는 것도 바람직하다.

8. 시설개량과 갱신

시설은 어떤 경우에도 시간이 경과함에 따라 노후화되므로 장래에 용이하게 시설을 개량하거나 갱신할 수 있도록 용지를 확보하거나 시설을 배치하고, 필요에 따라 예비능력을 확보하는 것을 배려해야 한다. 또한 실제로 개량하거나 갱신할 경우에는 기존시설과의 처리성능, 수리 및 운전관리 등 여러 면에서 조화를 이루어야 한다.

5.1.2 조사

정수시설을 계획할 때에는 다음 사항들에 대하여 조사해야 한다.
1. 신설하거나 확장할 경우
   1) 입지계획에 대한 조사
   2) 정수시설계획에 대한 조사
   3) 건설계획에 대한 조사
2. 개량하거나 갱신할 경우
   상기 1.의 신설하거나 확장할 경우의 조사항목에 추가하여 신구(新旧)시설 간의 연계성(compatibility)에 대한 조사

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 정수장의 입지를 계획할 때에는 다음 사항들에 대하여 충분히 조사해야 한다.

1) 상수도시설 전체에 대한 배치를 고려해야 한다.

정수시설은 취수로부터 배수에 이르기까지 정수시설이외의 다른 시설들과 일체가 되어 상수도시설로서 기능을 발휘하므로, 입지계획은 상수도시설 전체의 평면배치와 수위관계를 고려해야 한다.

2) 위생적인 환경이어야 한다.

정수장은 음용수를 생산하는 곳이므로 인근에 오염원이 있는 장소는 피해야 하며, 특히 취수지점 상류에 공장이나 사업장 등에서의 폐수방류상황을 조사해야 하고 또한 정수장은 넓은 수면이 노출되어 있고 외부로부터 오염되기 쉬우므로 공중을 날아다니는 오염물질과 관련되는 오염원(쓰레기처리장이나 농약공중살포의 실시 등)을 포함하여 주위환경을 조사해야 한다. 부득이하게 오염원 인근에 장소를 선정해야 하는 경우에는 처리를 강화하거나 개방수면(특히 여과지)에 지붕을 설치하는 등의 대책을 고려해야 한다.

3) 재해에 대하여 안전해야 한다.

정수장뿐만 아니라 모든 상수도시설은 재해에 대하여 안전해야 하며 재해로 인하여 정수장 기능이 정지되어 급수가 불가능하게 되어서는 아니 된다. 수도시설이 재해를 입더라도 최소한의 생명선으로서 기능할 수 있도록 안정성을 높여서 설계해야 할 필요가 있다.
지진, 호우, 태풍 등으로 인하여 시설이 도괴·파손, 침수, 염해 등의 재해를 받기 쉬운 장소에 시설을 계획하는 것은 급수의 안정성을 확보한다는 관점에서 바람직하지 못하며, 입지계획을 할 때에는 이러한 자연재해에 대하여 안전한 장소를 선정하는 것이 중요하다.
지진에 대해서는 연약지반을 피하고 지반이 견고한 장소를 선정해야 하며, 호우나 침수의 우려가 있는 저지대는 피하고 배수가 양호한 장소를 선정해야 한다.

4) 필요한 면적과 형상을 갖는 용지를 확보해야 한다.

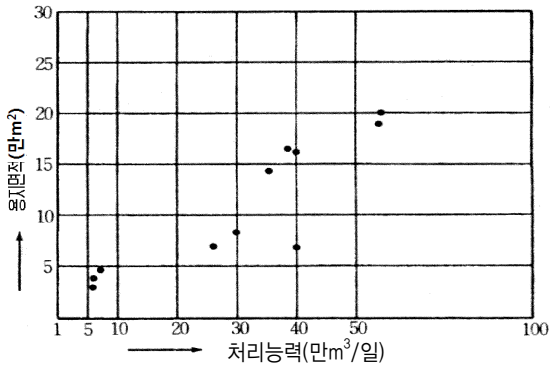
정수장 용지는 정수시설 이외에 관리용 건물과 관로 및 유지관리를 위한 공간도 필요하므로 정수장을 건설하는데 충분한 면적의 용지가 필요하며, 가능한 한 동일평면의 용지이어야 한다. 용지가 충분히 확보되지 않을 경우에는 정수시설의 기능이 부적합할 뿐만 아니라 유지관리하기도 불편하다.

정수시설의 건설계획은 몇 단계로 나누어 단계별로 건설되는 경우가 많으나 용지를 그때마다 취득하

는 것은 곤란하므로 처음부터 전체 용지를 확보하는 것이 일반적이다. 또한 시설을 개량하거나 갱신하기 위한 필요용지도 고려해 두는 것이 바람직하다.

정수장의 처리능력과 용지면적의 관계는 〔그림 5.1.1〕에 표시한 바와 같으며, 이 용지면적은 급속여과방식인 경우이므로 정수처리방식에 따라 상이하다.

한편 용지의 형상은 좁고 긴 것보다는 장방형 용지가 시설을 배치하는데 유리하며, 가능한 한 평탄한 것이 바람직하나 고저차가 있더라도 처리시설의 수위관계와 맞출 수 있다면 불리하지 않으며, 일부 낮은 장소는 배출수 처리시설을 배치하는 방법도 있다.



[그림 5.1.1] 정수장시설규모(급속여과방식)와 용지면적

5) 시설물을 유지관리하기에 편리한 위치이어야 한다.

정수장은 상수도시설 중에서 중추시설이고 상수도시설을 유지관리하는 근간이 되므로 일상의 유지관리가 용이한 위치에 배치하는 것이 유리하며, 또한 정수장에는 정수약품이나 자재 등을 반입하기 용이해야 한다.

그리고 정수장에는 관련되는 취수시설, 도수시설, 송수시설 등을 원격 관리하는 경우가 많으며, 원거리의 시설을 무선으로 제어하는 경우에는 도중에 전파방해가 없는 지를 조사해야 한다.

6) 기타

도시지역에서는 정수장 용지를 취득하기가 대단히 어렵고 앞의 1)~5)항까지 사항 이외에 부지가 도시계획상 어떤 규제가 되며, 그 외의 법규에 제한을 받고 있는지, 주변은 장래에 어떻게 발전할 것으로 예상되는지를 확인하는 것이 필요하다. 또한 문화재 등의 매장물이나 유적 등도 사전에 충분히 조사하는 것이 필요하다.

이상과 같이 정수장의 입지에 대해서는 여러 가지 사항들을 고려하여 종합적으로 판단해야 한다.

1. 2)에 대하여 ; 정수시설을 계획할 때에는 원수수질을 파악하는 것이 중요하다. 원수에 포함된 성분이나 농도는 변화가 많고 수원에 따라 고유의 특징이 있다. 또한 유역의 도시화에 의한 폐수배출의 영향으로 수질이 오염되는 경우가 있으므로 현재의 수질을 충분히 파악하고 유역개발의 동향에 따라 장래의 수질을 충분히 예측해야 한다.

정수시설을 계획할 때에는 원수의 수질조건을 파악하는 것뿐만 아니라 각 처리시설에 대한 처리특

성, 배출수처리방식과 관리방식 등에 대해서도 충분히 조사해야 한다.

1) 수질현황의 파악

a. 수질조사 항목

현재의 수질을 파악하기 위한 수질조사 항목으로서는 원수수질이 가장 악화되는 홍수시와 갈수시 등을 포함하여 적어도 월1회의 비율로 1년동안 「먹는물수질기준」의 전 항목은 물론이고 필요에 따라서는 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS), 침식성유리탄산, 총유기탄소(TOC), 총질소, 총인, 트리할로메탄전구물질, 농약 등에 대하여 조사하는 것이 바람직하다.

상기의 수질조사는 여러 곳의 상수원에 대하여 시행할 필요가 있으며, 각 상수원에 대한 특기사항은 다음과 같다(필요에 따라서는 기존 자료를 충분히 이용할 필요가 있다.).

① 하천표류수인 경우

하천표류수의 수질은 기온, 유량, 유역의 지질, 폐수 등이 자연환경이나 사회환경의 영향을 받기 쉬우며, 그 영향의 정도는 지역이나 시기에 따라 다르므로 수질조사 항목은 각 상수원의 상황에 따라 시험지점, 시험항목 및 시험빈도 등을 적절히 정하는 것이 필요하다.

홍수시에는 특히 탁도변동이 심하기 때문에 가능하면 시간변동까지 상세히 조사하는 것도 필요하다. 한편 갈수기일 때에는 유량이 감소됨에 따라 용해성 물질의 농도가 증가하며, 수질은 유입되는 폐수의 영향을 받기 쉬우므로 암모니아성질소(NH_3-N), 과망간산칼륨(KM_nO_4)소비량, 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 음성이온계면 활성제, 미량 유해물질(페놀, 1-4다이옥산 등) 대하여 특히 주의하여 조사해야 한다.

② 댐, 호소수인 경우

기존의 댐호로부터 취수할 경우에는 부영양화의 원인 물질인 총질소와 총인 뿐 아니라 여과장애 및 맛과 냄새 등의 문제를 일으키는 플랑크톤(plankton)조류 등의 생물에 대해서도 조사해야 한다. 생물은 댐·호소의 성층기나 순환기 등에 따라 변동하므로 연간을 통하여 그 종류와 개체수, 클로르필-a, 냄새 등을 조사해야 한다.

또한 댐·호소의 저층부에는 용존산소가 저하됨에 따라 철이나 망간이 용출되므로 깊이별로 수온, 용존산소(DO), 철, 망간 등을 조사해야 하며, 신설된 댐으로부터 취수할 경우에는 유사한 댐에 대하여 조사하여 참고하는 것이 바람직하다(다만, 기존자료가 충분히 있을 경우에는 이를 이용하는 것이 더 확실할 경우도 있다).

③ 지하수인 경우

지하수에는 천층수와 심층수가 있고 수질이 양호한 것이 일반적이지만, 천층지하수는 지표수의 영향을 받기 쉽고 심층지하수는 대수층 주위의 지질에 따른 고유의 특징이 있다.

수질조사 항목으로는 수온, pH, 색도, 경도, 침식성유리탄산, 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소, 철, 망간, 세균 등의 조사가 필요하며, 지역에 따라서는 불소를 추가하는 경우도 있다. 또한 유기용제에 의한 오염사례가 많으므로 트리클로로에틸렌(trichloroethylene), 테트라클로로에틸렌(tetrachloroethylene), 1,1,1-트리클로로에탄(trichloroethane) 등의 휘발성 유기화합물에 대해서

도 조사해야 한다.

④ 복류수(subsoil water)인 경우

복류수는 하천수가 투수성이 좋은 지층으로 흐르는 상태이므로 하천표류수에서 탁질 등이 제거되었기 때문에 탁도가 낮고 수온도 비교적 안정되어 있다. 수질적으로는 복류수가 지표수와 지하수의 중간 성질을 가지며 시험항목은 하천수와 지하수의 경우에 준하여 선정하여야 한다.

⑤ 강변여과수인 경우

강변여과수는 하천이 하상 주변을 통과하는 동안 탁질과 유기물이 일정 부분 제거되었기 때문에 탁도와 유기물의 농도가 대부분 낮다. 반면, 철과 망간이 높게 측정되는 경우가 많으며, 경도가 높게 측정되기도 한다. 이러한 사항을 고려하여 하천수와 지하수의 경우에 준하여 시험항목을 선정하여야 한다.

b. 수질자료의 해석

정수시설은 원수수질이 나쁠 때에라도 충분히 처리할 수 있도록 계획해야 하며 원수수질은 동일 하천에서도 취수지점과 시기에 따라 다르고 특히 홍수기, 갈수기, 해빙기 등에는 탁도, 알칼리도, pH, 암모니아성질소, 과망간산칼륨소비량, 세균수 등이 심하게 변동한다. 이와 같이 하천표류수나 지표수는 수질변동이 심하고 탁도는 평균치에 비하여 최대치가 수십배가 되기도 하며 호소수나 댐호에서는 계절에 따라 부영양화가 진행됨에 따라 조류가 증식된다.

이와 같이 변동하는 수질특성을 파악하기 위해서는 통계처리가 유효한 수단이며, 연평균치의 75 % 값이나 95 %값과 같은 대표치에 의하여 장기변동을 해석하며 유량과 수온 등의 계절적인 변화가 원인으로 되어 발생하는 변동을 시계열적으로 처리하고 해석해야 할 경우도 있다.

또한 수원의 수질특성을 파악하고 수질자료와 유역환경, 홍수, 갈수, 해빙, 기온 등의 관계에 대하여 규명해야 한다. 특히 갈수기로 하천유량이 감소하거나 호소나 댐의 수위가 이상 저하되었을 때에는 수질이 심하게 악화되므로, 이 시기의 자료는 통계적 해석에서 특이치로서 취급해야 한다.

수질자료를 해석하는 방법으로는 다음과 같은 방법들이 있다.

- 수질자료의 분석
  - histogram
  - 비초과 확률(非超過 確率)(정규분포, 대수정규분포)
- 수질자료의 대표값
  - 평균값, 분산
  - 중간값 : 75 %값, 95 %값
  - 최빈값
- 수질자료의 상호관계
  - 상관 메트릭스(correlative matrix)
  - 단회귀 분석(95 % 신뢰구간 포함)
  - 중회귀 분석
  - cluster 분석(주성분 분석 포함)
- 주기특성의 해석 및 시계열의 해석
  - 자기상관계수(auto correlation coefficient), 코-리로그램(correlogram)
  - power spectrum
  - Fourier 해석
  - 이동평균

2) 장래의 수질예측

하천수, 댐물, 호소수가 상수원수로 사용되는 경우에는 원수가 장기적으로는 유역개발 등으로 오염되거나 부영양화될 것으로 예측해야 한다. 그 예측방법으로는 추세에 의한 방법 또는 오염부하량을 발생원별로 해석하여 예측하는 방법, 댐물이나 호소수의 수질예측에 적용하는 유사댐 비교법, 모델법 등이 알려져 있으며 상세한 사항은 관련 문헌을 참고하는 것으로 한다.

추세에 의한 방법은 유역 내의 자연적 및 사회적인 조건변화가 단순한 경우에 과거의 수질변동추세를 파악하고, 그 추세에 최적추세추정식을 사용하여 장래의 원수수질 동향을 예측한다.

오염부하량에 의한 예측인 경우에는 오염부하원을 각각 설정한 다음 각 요인마다 오염부하량을 분석하고 장래의 지역개발이나 하수도정비계획 등에 근거하여 오염부하량의 변화를 추정하고 장래의 수질을 예측한다.

유사댐 비교법은 총저수량, 수심, 체류일수 등이 유사한 댐이나 저수지에 대한 과거의 수질변화에 근거하여 해당 댐이나 저수지의 장래 수질을 예측하는 방법이고, 모델법은 호소 등 유역 내에서의 오염부하량과 호소수질과의 관계를 모델로 작성한 다음 장래 오염부하량의 변화를 추정하고 해당 모델을 사용하여 해석함으로써 장래의 수질을 예측하는 방법이다.

3) 처리특성 등

원수의 수질조사 이외에 처리수와 다른 인자들의 특성에 대해서도 조사하는 것이 필요하며 이 경우 동일수계의 원수를 취수하고 있는 다른 정수장이나 원수수질이 유사하고 시설규모가 비슷한 다른 정수장에 대하여 다음 사항을 조사하여 참고하는 것이 바람직하다.

⑴ 정수장 계획단계에 고려해야 할 사항과 실제 운전처리의 상황
⑵ 전체적인 정수장의 물 수지(收支)
⑶ 원수수질과 정수수질의 관리목표치 및 각 공정별 처리수의 수질
⑷ 정수처리방식과 시설규모의 특징
⑸ 응집·침전·여과 등 단위공정의 처리특성
⑹ 사용약품의 종류와 주입상황
⑺ 배출수의 농축·탈수특성, 케익의 발생량과 처분상황, 배출수의 원수로의 반송과 정수처리에 미치는 영향
⑻ 사용기기의 신뢰성, 운전제어 및 유지관리의 용이함

참고되는 정수장이 없을 경우에는 현장에서 모형실험장치(pilot plant)로 처리특성을 판단하는 방법도 바람직하다.

1. 3)에 대하여 ; 정수장에 대한 건설계획을 작성할 때에는 지형과 지질을 충분히 조사한다.

1) 지형조사

정수시설의 배치계획, 공사용 가설계획, 공사용 도로계획, 토공계획, 시공공정계획 등을 작성하기 위하여 지형조사를 해야 한다.

2) 지질조사

구조물에 대한 기초설계와 내진설계를 위하여 시추(boring)조사, 재하시험(필요할 경우), 토질시험, 지하수위측정 등을 해야 하며 가능한 한 지하수위측정은 적절한 조치를 취하기 위하여 공사구역 외에 대해서도 영향을 조사해야 한다.

3) 기타의 조사

건설에 관계되는 사전조사로는 건설공사에 따른 소음·진동 등이 주변환경에 미치는 영향을 예측해야 하고, 매장 문화재의 유무 등을 포함하여 주변환경도 조사하며 또한 법률 등에 의한 규제사항과 인허가 사항 등에 대해서도 사전에 조사해야 한다.

「환경영향평가법」이나 이에 관련되는 조례 등으로 사업장의 신설, 대규모건축물의 신축, 종합적인 개발행위 등에 관한 환경영향평가 의무가 부과되어 있는 경우가 많으며 건설하고자 하는 시설 등이 또한 그에 해당되는 가에 대해서도 조사해야 한다.

2.에 대하여 ; 정수시설을 개량하고 갱신할 때에는 일반적으로 기존시설을 가동하면서 시행해야 하므로 기존시설에 미치는 영향을 가능한 최소화하도록 해야 하며, 개량이나 갱신이 완료된 후에도 새로운 시설과 기존시설의 기능이 일치되도록 기존시설도 충분히 정비해야 한다.

이를 위하여 앞의 조사사항 이외에 다음 사항에 대해서도 조사해야 한다.

⑴ 개량 및 갱신해야 할 시설의 선정
⑵ 개량 및 갱신할 때의 시공방법
⑶ 기존시설의 능력감소를 보완하기 위한 대책
⑷ 공사에 따른 진동 및 분진 등이 기존시설의 유지관리에 미치는 영향
⑸ 부지 내에서 시설의 배치관계
⑹ 시설 간의 수위관계
⑺ 신·구시설 간에 유지관리방식의 일치성

또 시설을 개량하고 갱신함으로써 새로운 처리방식을 도입하는 경우에는 기존의 각 처리공정에서 처리대상물질이나 처리성 및 운전조건의 변화, 약품주입량이나 전력사용량의 변화 등에 관해서도 조사해야 한다.

5.1.3 계획정수량과 시설능력

정수시설의 계획정수량과 시설능력은 다음 각 항에 따른다.

1. 계획정수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하고, 여기에 작업용수와 기타용수를 고려하여 결정한다.
2. 소비자에게 고품질의 수도 서비스를 중단없이 제공하기 위하여 정수시설은 유지보수, 사고대비, 시설 개량 및 확장 등에 대비하여 적절한 예비용량을 갖춤으로서 수도시스템으로서의 안정성을 높여야 한다. 이를 위하여 예비용량을 감안한 정수시설의 가동율은 75 % 내외가 적정하다.

【해설】

1.에 대하여 ; 계획정수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하고 여기에 정수장 내에서 작업용수, 잡용수, 그 밖의 손실수량을 고려하여 결정한다. 작업용수로는 침전지의 슬러지배출(排泥), 여과지의 세척용수 또는 모래세척용수, 약품용해수, 염소주입용 압력수, 기기 냉각수 및 시설의 청소용수가 있으며 잡용수로는 정수장내 급수와 정수장내 청소용수 및 분수용수(噴水用水) 등이 있다.

2.에 대하여 ; 정수시설은 1.에서 결정된 계획정수량을 상시 안정적으로 처리할 수 있는 능력을 갖추어야 하며 개량하거나 갱신할 때에도 항상 그 능력을 유지할 수 있는 것이 바람직하다. 또한 재해시나 기기고장, 사고 등일 때에도 급수에 미치는 영향을 최소화하고 신속하게 복구할 수 있도록 배려해야 하며, 정수시설에는 적절한 예비능력을 갖는 것이 바람직하다.

1) 개량하거나 갱신하는 동안의 예비능력

시설을 개량하거나 갱신하는 동안 또는 고도정수시설을 도입하기 위한 공사로 인하여 장시간에 걸쳐 정수능력을 저하시켜야 하는 경우에 예비능력을 투입하여 정수능력의 감소를 보완해야 한다.

2) 사고나 고장에 대한 예비능력

정수시설이 독립된 몇 개의 처리계열로 구성되어 있을 경우에 기기고장이나 사고로 인하여 한 계열을 정지시켜야 할 경우에는 예비능력을 투입하여 정수능력의 감소를 보완해야 한다.

3) 예비능력의 설정

예비능력은 일상적인 소규모 고장, 청소, 점검 등에 의한 것이 아닌 장기적인 정수능력의 감소에 대비하여 고려되어야 한다. 목표연도가 도래한 시설의 적정가동율을 100 %로 할 경우 개량, 교체 등의 시설물 정비에 한계가 있으며, 시설 노후화에 따른 정수능력 저하로 수질기준의 만족이 곤란하다. 정수장의 예비능력은 정수장이 여러 계열로 구성되어 있는 경우에는 그 1계열에 상당하는 용량으로서 당해 정수장 계획 정수량의 25 % 정도를 표준으로 한다. 그러므로, 적정가동율은 약 75 % 내외가 적정하다.

그러나 정수장의 처리계열이 1계열 또는 2계열만인 경우에는 예비능력으로서 1계열 분을 추가하는 것이 대단히 어려울 뿐 아니라 1계열을 추가하게 되면 시설이 과대해 질 수 있다. 따라서 이와 같은 경우에는 침전지와 여과지는 복수로 하는 것이 원칙이며 침전지에는 경사판을 설치하고 여과지는 2층여과 등으로 간단하게 정수능력을 높임으로써 예비능력을 확보할 수 있다.

또한 2개 이상의 정수장을 보유한 경우에는 정수장간에 원수 및 정수에 대한 시설상호간의 연결관을 설치함으로써 탄력적으로 운용할 수 있도록 하며, 주력으로 되는 정수장을 중심으로 예비능력을 확보하는 방안도 고려할 수 있다.

이와 같은 예비능력의 상한치는 모든 수도사업에도 일률적으로 적용되는 것이 아니고 정수시설의 용량, 배수지의 용량, 상호연결관(원수 및 정수의 안정성) 등 상수도시설의 정비상황에 따라 상이하므로 수도시스템 전체로서 예비능력을 적절하게 설정해야 한다.

그리고 예비능력으로 확보한 시설에 대해서도 사고시에 대처능력을 높이기 위하여 상시 가동하고 있어야 한다.

5.1.4 정수처리방법과 정수시설의 선정

정수처리방법과 정수시설의 선정에는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 정수방법은 「먹는물수질기준」에 적합한 수돗물을 안정적으로 급수할 수 있는 것으로서 원수수질, 정수수질의 관리목표, 정수시설의 규모, 운전제어 및 유지관리기술의 수준 등에 따라 소독만의 방식, 완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식 중에서 선정해야 하며 필요에 따라 고도정수처리방식 등을 조합할 수 있다.
2. 해수 또는 기수(brackish water)를 담수화하는 경우에는 역삼투법이나 전기투석법 등의 탈염처리에 적합한 처리방법을 선정하고 필요에 따라 다른 처리방법을 조합할 수 있다.
3. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 급속여과방식, 완속여과방식 또는 막여과방식 중의 어느 방식을 사용한다.
4. 고도정수처리방식 등에는 기존시설의 가동상황이나 실험자료 등을 충분히 조사한 다음 기존의 지식으로 불충분한 경우에는 해당 정수장의 원수를 사용한 실험으로 처리성이나 안전성을 확인한다.
5. 원수수질, 정수수질의 관리목표, 시설규모, 시설의 운전·계측제어 및 유지관리 방법, 건설비, 유지관리비, 용지조건(넓이 및 위치, 취득조건) 등을 고려하여 신뢰성이 높은 정수처리시설을 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수방법은 원수수질이 최악인 경우에도 정수수질의 관리목표를 만족시킬 수 있는 확실한 처리방법을 선정해야 한다. 「수도법」과 「수도법시행령」및 「먹는물수질기준에관한규칙」의 「먹는물수질기준」(최근 먹는물수질기준 참조) 은 수도꼭지의 물을 대상으로 최소한 지켜야 하는 기준이라는 사실을 고려하여 정수장에서는 「먹는물수질기준」보다 더 양질을 목표로 하여 정수수질을 관리해야 한다는 것을 목표로 설정해야 한다.

정수방법을 크게 분류하면 소독만의 방식, 완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식이 있으나 5.1.2 조사에서 조사된 원수수질의 조건에 따라 상기 방식들 중에서 가장 적절한 방식을 선정해야 한다. 그리고 그 이외의 정수방식을 선정할 경우에는 장기간에 걸친 실험으로 안전성, 안정성, 경제성, 지속가능성 및 유지관리계획 등을 명확하게 해야 한다.

「먹는물수질기준」 중 '미생물에 관한 기준', '건강상 유해한 무기물질에 관한 기준', '건강상 유해한 유기물질에 관한 기준', '소독제 및 소독부산물에 관한 기준', '정수처리에 관한 기준'은 건강에 관련되는 항목을 대상으로 한다. 이 항목들은 생애에 걸쳐 연속적으로 섭취하더라도 인체의 건강에 영향이 생기지 않는 수준으로 안전성을 충분히 고려하여 기준이 설정되었다. '심미적 영향물질에 관한 기준'은 수돗물이 갖추어야 할 성상에 관련되는 항목을 대상으로 한다. 이 항목들은 수돗물로서의 생활이용상(색도, 탁도, 냄새 등) 또는 수도시설 관리상(부식성 등) 장애가 생길 우려가 없는 수준으로 기준을 설정한 것이다. 따라서 이 항목들의 수질기준은 급수전수를 대상으로 하여 최소한 지켜야 되는 기준인 것을 고려하여 정수처리에서는 더욱 좋은 수질을 목표로 하여 정수수질의 관리목표를 설정해야 한다.

이러한 점과 관련하여 「먹는물수질기준」을 보완하는 사항으로서 각 수도사업자가 정한 「감시항목」이 설정되어 있는 경우도 있다. 이 「감시항목」은 수도수질에 대한 수요자들의 요구수준이 고도화됨에 따라 수질기준으로 설정되지 않은 항목에 대해서도 질 높은 수돗물 공급을 목표로 하기 위하여 목표치를 정한 것이다. 이들 목표치를 채택하여 급수전수에서 목표치가 달성될 수 있도록 정수관리와 배수관리를 하고 있는지에 대해서는 수도사업자 등의 재량에 맡겨지고 있다.

「감시항목」은 건강에 관련되는 물질 중 장래에 걸쳐 수돗물의 안전성을 확보할 수 있도록 체계적이고 조직적으로 감시하며, 그 검출상황을 파악하며 수질관리에 활용하기 위한 지침수치를 잠정적으로 정하는 경우가 있다. 현재 검출상황은 그 값에 비교하여 지극히 낮은 수준이므로 현재로서는 수질기준이 아니지만, 장래에는 검출수준이 상승될 우려가 있기 때문에 감시해야 하는 항목들이다.

「감시항목」에는 각 수도사업자의 수돗물 수질관리계획에 따라 대규모인 수도사업자 등을 중심으로 수계 또는 지역단위로 감시하고 있으며, 원수를 중심으로 측정하고 소독부산물은 정수에 대하여 측정하고 있다.

더욱이 농약은 「감시항목」으로 되어 있는 것 이외에도 현재까지 골프장에서 사용되는 주요한 농약에 관하여 측정하고 있다. 이들 농약에 관해서도 지역특성에 따라 해당 농약의 살포에 대한 영향이 우려되는 경우에는 필요에 따라 수질목표치로 활용하고 감시해야 한다.

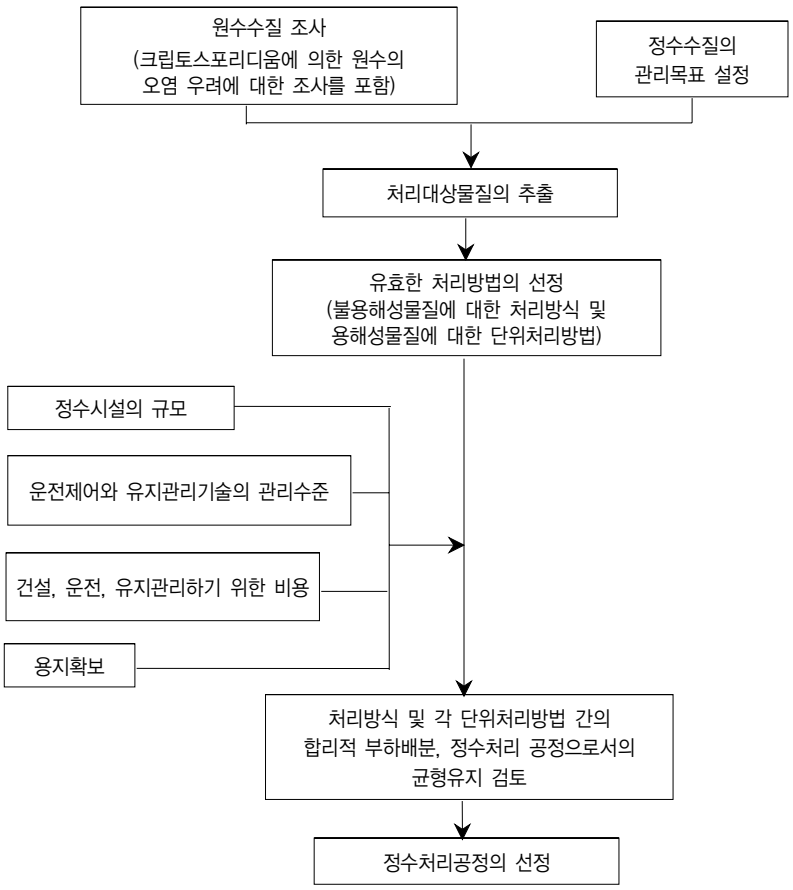
1) 정수방법의 선정조건

정수방법을 선정할 때에는 원수수질 상황과 정수수질의 관리목표를 중심으로 다음 사항을 종합적으로 검토해야 한다.

① 원수수질
② 정수수질의 관리목표
③ 정수시설의 규모
④ 정수시설의 운전제어와 유지관리기술의 수준

일반적인 정수방법의 선정 순서는 〔그림 5.1.2〕에 나타낸 바와 같다. 「수도법」에 의무화되어 있는 염소제에 의한 소독에 덧붙여서 원수수질의 조사결과로부터 불용해성 성분과 용해성 성분으로 나누어서 정수수질의 관리목표치를 정하고, 처리대상물질에 유효한 처리방법 중에서 정수수질의 관리목표치까지 처리하는데 필요한 것을 조합하게 된다. 그 때에는 각 단위처리방법 간에 합리적으로 처리부하를 분담하여 효율적인 정수처리공정으로 되도록 하는 것이 필요하다. 특히 고도정수처리 등을 포함하여 몇 가지 처리방법을 사용하는 경우에는 이 점에 관하여 배려해야 한다.

또한 처리성 뿐만 아니라 시설규모나 운전제어, 유지관리기술의 수준, 또한 건설비, 운전비 및 설치에 소요되는 면적 등을 종합적으로 고려한 다음, 적정한 처리공정으로 조합하는 것이 필요하다. 예를 들면, 상수원이 동일한 수계이더라도 소규모 시설과 대규모 시설에서 반드시 동일한 처리방법을 선정하는 것이 합리적이지 않은 경우도 있다.



[그림 5.1.2] 일반적인 정수방법 선정순서

막여과방식에는 소규모 수도에 적용할 경우에는 시설이 콤팩트하고 에너지절약형으로 시도되는 등 많은 장점을 갖고 있지만, 대규모 수도에 적용할 경우에는 비용 면에서의 개선 등에 검토의 여지가 있다. 또한 고도의 운전제어나 유지관리기술을 요하는 처리방법을 채택하기 위해서는 그와 같은 관리기술을 갖는 기술자의 확보 및 관리체제의 구축이 필요하며 경우에 따라서는 외부에 관리위탁도 검토해야 할 필요가 있다.

더욱이 용지의 넓이도 정수방법 선정의 한 가지 조건이다. 용지가 좁은 곳에서는 완속여과방식과 같은 넓은 면적을 필요로 하는 정수방법을 채택하기 곤란하며 면적에 비하여 처리효율이 높은 정수방법을 선정할 필요가 있다.

2) 정수처리공정의 선정

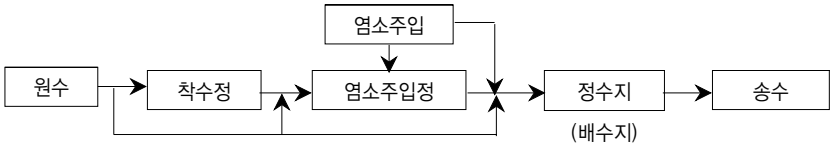
일반적으로 제거대상이 되는 불용해성 성분으로는 탁질, 조류 및 일반세균이나 대장균군이 있으며 용해성 성분으로는 농약이나 기타 일반유기화학물질, 소독부산물 및 그 전구물질, 그 이외에 철, 망간, 경도, 불소, 암모니아성질소, 질산성질소, 침식성유리탄산 등의 무기물이 있다.

정수처리공정을 선정할 때에는 우선 불용해성 성분에 관하여 적절한 처리방식을 선택하며 그 다음 필요에 따라 용해성 성분을 처리하기 위한 처리방식을 조합시키는 것이 일반적이다. 다만, 수질이 양호한 지하수를 수원으로 하는 경우에는 소독만으로 수질기준을 만족하는 경우도 많다. 불용해성 성분을 제거하는 유효하고 대표적인 처리방식으로 완속여과방식, 급속여과방식 및 막여과방식이 있다. 다음에 이들 대표적인 처리방식의 특징을 설명한다. 이들 방식으로는 용해성 성분을 충분히 제거할 수 없기 때문에 필요에 따라 고도정수처리 등의 특수처리방식을 추가하는 것을 고려해야 한다.

⑴ 소독만인 방식

원수수질이 양호하고 대장균군 50MPN(100mL) 이하이고 일반세균 500CFU(1mL) 이하이며 그 외의 수질항목이 「먹는물수질기준」등에 상시 적합한 경우에는 간이처리방식으로 처리할 수 있다. 일반적으로 이 방식은 수질이 양호한 지하수를 수원으로 하는 경우에 적용하는 방식으로 정수처리방식 중에서 가장 단순하며 처리공정은 〔그림 5.1.3〕과 같다.

원수가 깨끗하더라도 크립토스포리디움에 오염될 우려가 있는 경우에는 이 방식을 채택할 수 없다(2.에 대하여 참조). 따라서 소독만의 방식을 채택할 수 있는 경우로는 ① 상류유역에 오염발생원이 없고, ② 지표세균이 검출되지 않으며, ③ 탁도관리가 이루어지고 있어야 하며 일반적으로 원수가 분변으로 오염되지 않았다는 조건을 확인해야 한다.

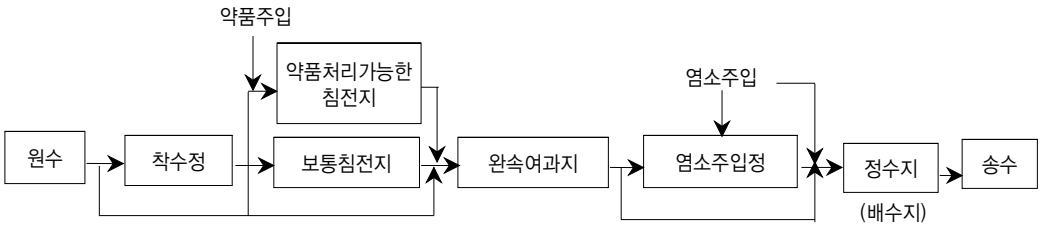


[그림 5.1.3] 염소소독만의 방식

⑵ 완속여과방식

이 방식은 원수수질은 비교적 양호하며 대장균군 1,000MPN(100 mL에 대하여) 이하, 생물학적 산소요구량(BOD) 2 mg/L 이하, 최고탁도 10NTU 이하인 경우에 완속여과로 처리할 수 있다. 이와 같은 원수는 지하수, 부영양화가 진행되지 않은 댐물・호소수, 오염이 진행되지 않은 하천표류수 등이다. 이러한 원수 중에 소량의 현탁물질과 유기물질을 제거할 목적으로 채택하는 처리방식으로는 완속여과방식이 적합하며 완속여과방식의 공정은 〔그림 5.1.4〕과 같다.

완속여과방식은 비교적 고운 모래층을 4~5 m/d의 느린 속도로 물을 통과시켜 여과함으로써 원수를 정화하는 방식이며, 모래층 표면에서 물 속의 불용해성 물질을 제거하고 모래층 중에 증식하는 미생물군으로 용해성 물질을 산화하고 분해하는 작용에 의한 정수방식이다. 이러한 작용으로 부유하는 탁질로부터 암모니아성질소, 망간, 세균, 냄새물질 등의 미량물질도 제거된다. 그러나 휴민질(humic substance)에 연유되는 색도는 제거되기 어렵다.

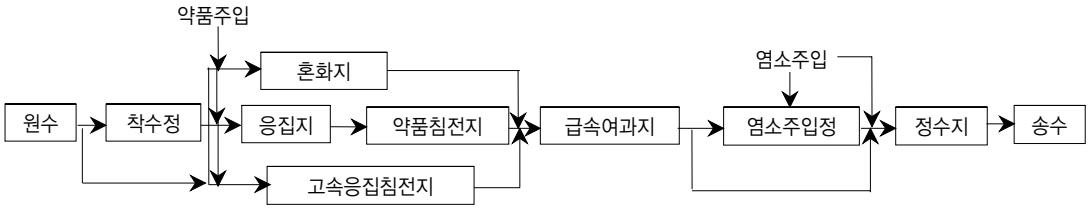


[그림 5.1.4] 완속여과방식

완속여과방식은 유지관리가 간단하고 고도의 기술을 요구하지 않으면서 안정된 양질의 처리수를 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 여과속도가 느리기 때문에 넓은 면적이 필요하고 또 오사삭취작업 등을 위한 많은 인력이 필요하다. 그리고 원수수질에 따라 보통침전지를 설치하는 경우와 생략하는 경우가 있으며 필요에 따라서는 침전지에 약품처리가 가능한 설비를 갖추어야 한다.

(3) 급속여과방식

원수수질이 소독만의 방식이나 완속여과방식으로 정화할 수 없는 경우에는 급속여과방식이 적합하다. 이 방식은 약품침전지, 급속여과지, 소독시설로 구성되며, 현탁물질을 처음부터 약품처리함으로써 응집시켜 플록을 형성하고 침전지에서 효율적으로 침전·제거하며 다음에 급속여과지에서 나머지를 여과·제거하는 방식이다. 여과지 내에 유입된 미세플록은 여재입자 표면에서 물리·화학적 작용으로 부착되거나 플록상호간의 부착으로 억류되는 방식으로 비교적 대량의 부유물질을 제거할 수 있다. 그러나 용해성물질의 제거능력은 거의 없으므로 문제가 되는 용해성물질의 종류와 농도에 따라서는 고도정수시설을 추가할 필요가 있으며 일반적인 급속여과방식의 공정은 〔그림 5.1.5〕와 같다.



[그림 5.1.5] 급속여과방식

유럽에서는 급속여과방식과 완속여과방식의 특징을 이용하여 2단여과를 시행하기도 하며, 이 방식은 급속여과로 현탁물질을 제거하고 완속여과로 용해성물질을 제거하는 방식이다.

급속여과지는 완속여과지보다도 굵은 여과모래를 사용하고 여과속도는 120~150 m/d가 표준이다. 완속여과의 30배 정도 또는 그 이상의 속도로 여과하는 방식으로 좁은 여과면적으로 대량의 물을 처리한다. 급속여과방식에서는 적절한 침전처리가 중요하고 최적주입 등 운전과 관리에 고도의 기술이 필요하며 또한 배출수처리가 따른다. 그러나 자동화나 원격제어 등이 가능하며 에너지절약화를 기하기 쉽다.

또 원수탁도가 장기간에 걸쳐 10NTU 이하로 안정된 경우에는 침전처리를 생략하고 혼화를 주체로

하는 응집조작만으로 직접 여과하는 직접여과법(5.7.19 직접여과 참조)을 선택할 수도 있다.

⑷ 막여과방식

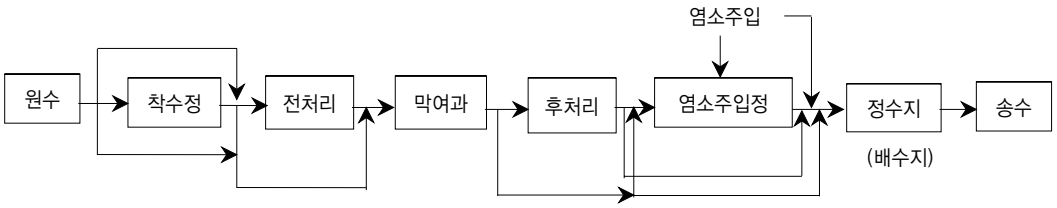
이 방식은 현탁물질이나 콜로이드를 제거하기 위한 경우에 사용된다. 정밀여과막(MF), 한외여과막(UF) 등의 막을 사용하며, 막의 공경(pore size)보다 큰 입경의 현탁입자를 물리적으로 제거한다.

막여과의 성능을 효율적으로 발휘시키기 위하여서는 협잡물 등을 제거하기 위한 전처리가 필요한 경우가 있으며, 막여과로는 제거하기 어려운 용해성유기물, 냄새와 맛, 망간을 제거하기 위해서는 후처리를 해야 한다.

이 방식은 수개월 간격으로 막을 약품세척해야 하고 수년 간격으로 막을 교환해야 하지만, 기기의 수나 가동부분이 적고 또한 일반적으로 자동화나 원격제어 등이 가능하며 운전관리도 용이하다.

정수장 용지취득의 난이도, 소비자들의 보다 고급의 수질요구, 소규모 수도사업자의 기술자 확보문제 등을 배경으로 콤팩트하고 효율적이며 또한 에너지절약형인 막분리에 의한 정수처리기술의 채택이 늘어나고 있다. 소독부산물, 농약, 맛 및 냄새물질 등 용해성 미량유기물질을 막처리로 제거하기 위하여 나노여과막(nano filter : NF)의 연구도 진행되고 있다.

막여과방식의 공정도를 〔그림 5.1.6〕에 나타내었다.



[그림 5.1.6] 막여과방식

3) 고도정수처리 등

지금까지 설명한 처리방식으로는 용해성 성분을 충분히 제거할 수 없기 때문에 제거대상으로 되는 용해성 물질의 종류와 농도에 따라 고도정수처리 등의 처리방법을 단독 또는 조합하여 사용할 필요가 있다.

고도정수처리란 일반적인 정수처리방식으로 제거하기 어려운 원수의 냄새물질(2-MIB, geosmin 등의 곰팡이 냄새), 색도, 미량유기물질, 소독부산물 전구물질, 암모니아성질소, 음이온계면활성제, 휘발성유기물질, 등을 제거하는 방식이다. 따라서 제거하려는 대상물질에 따라 고도정수시설인 활성탄처리시설, 오존처리시설 등을 단독 또는 조합하여 도입할 필요가 있다. 또 철, 망간, 침식성유리탄산, 불소, 암모니아성질소, 질산성질소, 경도 등을 처리할 목적으로 전염소처리, 폭기처리(aeration), 알칼리제처리 등 각각의 물질제거에 알맞은 처리방법을 도입할 필요도 있다(5.20 철·망간 제거설비 및 5.21 기타 오염물질 처리 참조). 조류 등에 의한 생물장애가 있는 경우에는 장애생물의 종류에 알맞은 생물제거처리를 할 필요가 있다(5.21.13 생물제거설비 참조). 이들 각 수질항목별로 유효한 처리방식을 정리하면 〈표 5.1.1〉와 같다.

〈표 5.1.1〉 처리대상물질과 처리방법

	처리대상항목	처리대상물질	처 리 방 법
불용해성성분	탁 도		완속여과방식[주1),]급속여과방식(직접여과)[주2)] 막여과방식[주3)]
	조 류		막여과방식, 마이크로스트레이너, 부상분리 (급속여과방식 중에서 2단 응집, 다층여과 등의 대응방법이 있다)
	미 생 물	크립토스포리디움	완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식, 오존
		일반세균, 대장균군	염소, 오존
용해성성분	냄 새	곰팡이 냄새	활성탄, 오존, 생물처리
		기타 냄새[주4)]	활성탄, 오존, 폭기, 염소[주5)]
	소독부산물	THMs전구물질[주6)]	완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식, 오존, 활성탄
		THMs	활성탄, 산화, 소독방법 변경[주7)]
	음이온계면활성제		활성탄, 오존, 생물처리
	휘발성 유기물		활성탄, 탈기
	농약류[주8)]		활성탄, 오존
	무 기 물	철	산화(전염소, 중간염소, 폭기)처리, 폭기와 여과
		망간	산화(전염소, 중간염소, 오존, 과망간산칼륨)처리와 여과, 망간사 여과
		암모니아성질소	염소(파괴점염소)처리, 생물처리, 막처리(역삼투)
		질산성질소	이온교환, 막처리(역삼투), 전기투석, 생물처리(탈질)
		불소	응집침전, 활성알루미나, 골탄, 전기분해, 막처리(역삼투)
		경도	정석(晶析)연화, 응석(凝析)침전, 막처리(NF), 이온교환
		침식성유리탄산	폭기, 알칼리제 처리
	색 도	부식질	응집침전, 활성탄, 오존
	랑겔리아지수[주9)]		알칼리제 처리, 탄산가스, 소석회 병용법

주1) : 원수탁도가 대략 10NTU 이하로 안정된 경우. 다만, 원수탁도의 상승에 대하여 침전처리 또는 1차여과설비를 완속여과 앞에 추가하여 대처할 수 있다.

주2) : 원수탁도가 대략 10NTU이하로 안정된 경우에는 응집처리만으로 급속여과하는 방식(직접여과)으로 할 수가 있다.

주3) : 이 표에서는 막여과방식은 정밀여과(MF) 및 한외여과(UF)를 말한다. 중·고탁도의 원수처리에는, 일반적으로 전처리가 필요하다.

주4) : 냄새원인물질에 따라 유효한 처리방법이 다르다.

주5) : 아민류와 같이 염소와 결합하여 냄새가 강하게 되는 것이 있으므로 주의를 요한다.

주6) : 여과방식으로 제거할 수 있는 트리할로메탄전구물질은 현탁성의 것에 한한다.

주7) : 이 표에서는 산화와 소독방법의 변경이란, 전염소처리방식으로부터 중간염소처리로 변경, 전염소·중간염소처리에서 오존 등 다른 산화제로의 변경 및 유리염소로부터 결합염소로 소독방법을 변경하는 것을 말한다.

주8) : 농약의 종류에 따라 처리성이 다르다(상세한 것은 「상수도시설기준 유지관리매뉴얼」 제10장. 수질위생관리 참조).

주9) : 랑겔리아지수의 개선은 직접 처리대상물질은 아니지만, 이 란에 포함하여 기재하였다.

그 밖에도 오존과 과산화수소 등 산화제의 사용(산화처리의 촉진), 이산화염소의 사용(산화, 소독), 자외선의 이용(살균) 등이 있다.

각 처리방법에 관하여 처리기구, 처리설비, 처리효과 등에는 이 「시설기준」의 해당 처리방식의 【해설】을 참조하기 바라며, 또 처리방법 중에는 다른 처리방법과의 조합이 전제로 되는 것이나 처리대상물질에 따라 처리조건이 다른 것 등에 주의해야 한다.

이들 처리방식을 정수처리공정도로 구성하는 경우에 유의해야 할 사항을 설명하면 다음과 같다.

㈀ 정수처리공정도를 구성할 때에는 각 처리방식에 대하여 처리대상물질의 적용가능한 농도, 처리효과 및 처리조건 등의 특성이 있기 때문에 원수수질과 정수수질의 관리목표를 기본으로 선택된 여러 처리방식에 대하여 적절한 배치나 부하배분을 고려하여 처리효율이 좋은 합리적인 정수처리공정도를 마련하도록 배려한다.

㈁ 처리방식에 따라서는 고농도의 탁질이나 소독제, 산화제, pH조정제 등의 약품주입, 수온, 그 밖의 영향을 크게 받는 것이 있다.

㈂ 오존처리를 하는 경우에는 입상활성탄처리를 후단에 설치하는 등 특정한 처리방식에는 다른 처리방식과 조합하는 방식이 정해진다.

㈃ 처리방식의 조합에 따라서는 각각 단독으로 처리하는 방식보다도 더 처리효과가 상승하는 경우도 있지만, 반대로 서로 간섭되어 처리효과가 감소되는 경우도 있다.

㈄ 선택된 처리방식에 대하여 최대한의 처리효과를 기대하여 정수처리공정도를 구성한 것은 아니고 원수수질의 변동범위 등도 고려하여 개개의 처리방법에 대하여 적절한 여유와 정수처리공정 전체로서의 유연성을 배려해야 한다.

㈅ 하나의 처리방식에서 발생된 문제점이 정수처리공정 전체에 미치지 않도록 가능하다면 정수처리공정 중에 몇 개의 우회로를 설치(우회관로 사용에는 약품주입 변경 등을 수반하는 경우도 주의)하는 것도 배려해야 한다.

고도정수처리 등을 포함한 대표적인 정수처리공정에 대하여 각종 처리대상항목 또는 물질에 대한 처리효과에 관하여 정리하면 〈표 5.1.2〉와 같다.

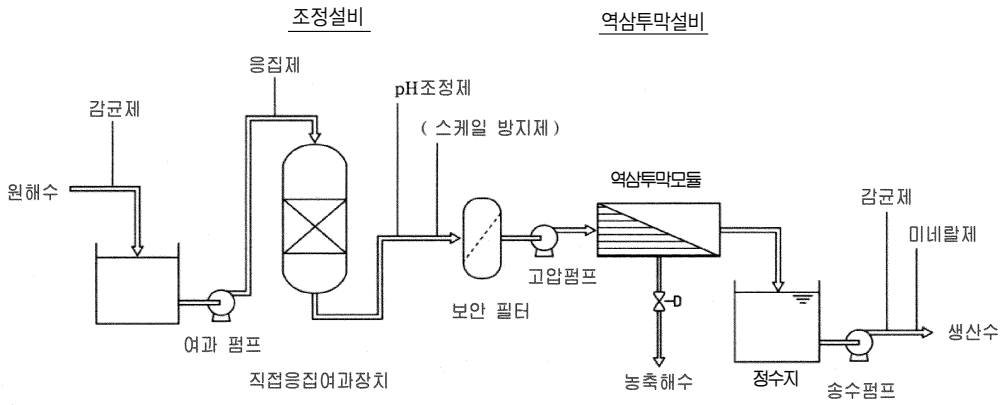
2.에 대하여 ; 정수처리할 수 있는 충분한 양의 담수수원을 개발할 수 없는 낙도지역 등에서는 해수나 기수(brackish water)를 담수화하여 음용수로 공급하는 경우가 있다.

해수나 기수를 담수화하는 데는 원수 중에 포함된 염분농도를 낮추는 것이 정수방법 선정의 주안점이고, 이와 같은 처리방법으로는 역삼투법이나 전기투석법이 있으며 일반적으로는 역삼투법이 이용되고 있다. 염분농도가 낮은 기수의 탈염처리에는 전기투석법이 채택되는 경우도 있다. 정수처리공정의 구성은 이들 탈염처리법에 더하여 원수수질에 따라 전처리방법 등을 조합시키게 되며 또한 소독부산물 농도가 수질기준치를 넘지 않도록 주의해야 한다(5.21 해수담수화시설 참조). 역삼투법을 사용하는 일반적인 정수처리공정도의 예는 〔그림 5.1.7〕과 같다.

〈표 5.1.2〉 정수처리의 대표적인 처리공정과 그 선정 표준

불용해성 성분의 처리방식	용해성 성분의 처리방식	정수처리공정의 대표예	정수처리공정에 의한 처리대상 항목 또는 물질의 처리성					
			탁도	맛냄새 2-MIIB 지오스민	THMs 또는 THMs 전구물질	농약	ABS	철분, 망간
완속여과방식		① 완속여과	◎	○	△	×	△	○
급속여과방식 또는 막여과방식 (MF, UF)		② 응집침전→급속여과(전염소 또는 중간염소)	◎	△	△	×	×	◎
	분말활성탄	③ 분말활성탄→응집침전→급속여과 (전염소 또는 중간염소)	◎	○	○	○	○	◎
		분말활성탄→막여과(염소처리함)						
	입상활성탄	④ 응집침전→급속여과→입상활성탄 (전염소 또는 중간염소)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		막여과→입상활성탄(염소처리 있음)						
	입상활성탄 (GAC)	⑤ 응집침전→급속여과→입상활성탄 (전염소 또는 중간염소 없음)	◎	◎	○	◎	◎	○
		막여과→입상활성탄(염소처리 없음)						
		⑥응집침전→입상활성탄→급속여과 (중간염소 있음)	◎	◎	○	◎	◎	◎
		막여과→입상활성탄(염소처리 있음)						
	오존, 입상활성탄	⑦ 응집침전→급속여과→오존→입상활성탄 (전염소 또는 중간염소 있음)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		막여과→오존→입상활성탄(염소처리 있음)						
	오존, 입상활성탄 (GAC)	⑧ 응집침전→급속여과→오존→입상활성탄 (전염소 또는 중간염소 없음)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		막여과→오존→입상활성탄(염소처리 없음)						
		⑨ 응집침전→오존→입상활성탄→급속여과 (중간염소 있음)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		오존→입상활성탄→막여과(염소처리 있음)						
		⑩ 응집침전→급속여과→오존→입상활성탄→ 급속여과(입상활성탄후 중간염소 있음)	◎	◎	◎	◎	◎	◎

정수처리공정에 의한 평가 :
◎ ; 양호하게 처리할 수 있다. ○ ; 어느 정도 처리할 수 있다. △ : 약간 처리할 수 있다. × ; 거의 처리할 수 없다.



[그림 5.1.7] 역삼투막법에 의한 해수담수화 공정도의 예

3.에 대하여 ; 크립토스포리디움은 내염소성인 병원성 미생물 중의 하나이지만, 우리나라에서도 상수원수에서 발견되고 있으며 수돗물에서 오염문제가 발생할 수 있으므로 그 대책이 시급하다.

크립토스포리디움으로 상수원이 오염될 우려가 있다고 판단되는 정수장에서는 크립토스포리디움 등 병원성 미생물을 제거하기 위하여 급속여과법, 완속여과법 또는 막여과법 중의 어느 방법으로 정수처리 해야 한다.

크립토스포리디움에 의한 오염의 우려가 있는 상수원인 하천표류수나 복류수를 취수하는 시설의 상류유역 또는 얕은우물 주변에 사람이나 포유동물의 분변을 처리하는 시설 등의 배출원이 있는 경우에는 그들 분변에 의한 상수원의 오염유무를 파악해야 한다. 분변에 의한 오염지표로서는 대장균(*E. coli*), 분변성 대장균군, 분변성 연쇄구균 및 혐기성 아포균이 유효하며 이들 지표미생물을 검사하여 분변에 의한 오염의 영향이 있다고 판단되는 경우에는 크립토스포리디움과 같은 병원성 미생물에 의한 오염이 우려된다고 할 수 있다.

따라서 이들 조건에 해당되는 경우에는 상기 3가지 정수방법을 중심으로 하여 처리공정을 조합할 필요가 있다.

4.에 대하여 ; 고도정수처리를 실시한 예가 많이 있지만, 제거대상물질과 그 농도 외에 기존시설에 추가하여 도입하는 경우에 도입공간의 문제나 정수수질의 관리목표치 등에 따라 처리방법이나 시설시방이 다르다. 이 때문에 고도정수처리의 각 처리방법에 관한 표준시방은 아직 확정되지 않고 있으며, 원수수질과 정수수질의 관리목표가 유사한 고도정수처리의 실시 예나 실험 예를 참고하면서 가능한 한 정수처리하고자 하는 실제 원수를 사용하여 모형실험장치 등으로 처리실험을 하여 처리효과를 확인하고 최적의 설계시방을 결정하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 안정적으로 급수하기 위하여서는 상수도시설 전반에 걸쳐 신뢰성이 높도록 해야 하지만, 특히 정수장의 기능정지는 그 영향이 클 뿐만 아니라 복구도 용이하지 않으므로 정수시설의 신뢰성이 아주 중요하다. 이와 같은 관점에서 개개의 정수시설에 대해서도 정수방법 선정에 관한 조건을

충분히 고려하여 선정해야 한다.

정수수질의 관리목표는 단지 『먹는물수질기준』을 만족하는 정도로 설정하는 것보다는 높게 설정할 필요가 있다. 예를 들면, 수질기준에서는 망간이 0.05 mg/L 이하로 규정되어 있으나 실제로는 색도증가, 흑색부유물질의 유출 등을 방지하기 위하여 정수장에서는 그 보다 더 낮게 목표를 설정하는 곳도 있다. 이와 같이 수질관리는 목표를 높게 설정 할 필요가 있다.

시설의 운전·제어 및 유지관리방법도 시설선정에 중요한 조건이며 정수시설의 운전·제어는 컴퓨터에 의한 자동제어가 많으나 안이하게 고도의 자동화를 목표로 하는 것은 문제가 있다. 즉 어떠한 시설이 자동화하기 용이하며 어느 정도의 자동화시설이 유지관리면에서 바람직한 것인지 또한 반대로 어떠한 시설이 자동화하기 쉬운 것인가 등에 관하여 비용대효과를 포함하여 검토해야 할 필요가 있다.
또한 사고 시에 대처하기 용이한 관점에서도 검토할 필요가 있다. 이와 함께 상이한 처리시설에 대하여 사전에 경제성을 비교하는 것도 필요하다. 각 수도사업자의 기술수준, 기술축적, 근무체제, 외부관리위탁 등 운전관리에 관한 조건을 충분히 검토하는 것도 중요하다.

용지면적도 선정조건이 된다. 그러므로 용지가 협소한 장소에서는 고효율의 시설을 목표로 하여 입체적인 배치를 계획하는 것도 고려할 필요가 있다.

기타 배출수처리시설과의 관계도 중요하므로 침전지와 여과지 등으로부터 배출되는 슬러지의 농도와 양은 배출수처리시설의 선정에 영향을 미친다. 또한 시설주변에 미칠 영향, 소음, 진동, 냄새 등에 대해서도 종합적인 검토가 필요하다.

5.1.5 배출수 처리

배출수처리시설은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 침전지로부터 슬러지와 여과지의 세척배출수는 구분하여 처리해야 하며, 여과지의 세척배출수를 재활용하는 경우에는 상징수를 정수시설의 착수정으로 직접반송하거나 또는 침전과 소독공정을 거친 다음 상징수를 착수정으로 반송한다.
2. 세척배출수에서 발생된 슬러지와 정수공정의 침전지슬러지는 배출수처리시설의 농축조에서 농축처리하며 그 상징수는 정수공정으로는 반송하지 않는다.
3. 슬러지처리시설은 정수처리시설에서 발생하는 슬러지를 처리하고 처분하는데 충분한 기능과 능력을 갖추어야 한다.
4. 슬러지처리시설의 방식은 정수처리시설과의 관계, 원수수질, 배출수의 양과 질, 슬러지 특성, 유지관리, 용지면적, 건설비, 지역 환경을 고려하여 적절한 방식을 선정해야 한다.

【해설】

1,과 2에 대하여 ; 시설용량 1,000m^3/d 이상인 정수장은 『수질 및 수생태계 보전에 관한 법률』에서 폐수배출시설로 지정되어 있어서 배출수의 하천방류가 규제되고 있으며 배출수처리시설을 설치하도록 규정하고 있다.

지금까지는 여과지의 세척배출수를 침전지로부터 배출되는 슬러지와 함께 혼합하여 처리하는 방법을 채택하는 경우가 많았다. 그러나 그러한 행위는 결코 바람직하지 않다. 왜냐 하면, 농축된 침전슬러지

를 세척배출수 중에 희석 확산시키기 때문이다. 0.5~1.5％로 농축 회수된 침전슬러지는 원수로부터 침전되거나 추출된 미량유기물, 유기화합물, 중금속 등이 포함되어 있다. 이에 비하여 세척배출수의 입자농도는 0.01~0.04％이다. 만약 이 두 가지를 혼합시킨다면 배출수탁도는 증가하고 슬러지와 세척배출수를 혼합시켜서 처리하는데 더 많은 수처리약품이 필요하게 된다. 또한 슬러지의 불쾌한 맛과 냄새를 수돗물 속으로 전이시켜서 재순환될 가능성도 있다. 그러므로 침전지로부터 배출되는 슬러지는 재순환되는 여과지의 세척배출수와 혼합되어서는 아니 되며 침전지로부터 배출되는 슬러지는 구분하여 슬러지처리시설로 배출시켜야 한다.

세척배출수의 양이나 발생률은 정수공정의 효율 이외에 원수수질과 전처리공정의 형식에도 좌우된다. 처리수량에 대한 세척배출수의 비율은 여름에는 약 2％이고 겨울에는 약 3％ 정도이다. 직접여과나 인라인(in-line)여과설비는 일반적으로 세척배출수의 발생비율이 높고 원수 중에 조류가 번성하거나 탁도가 높을 때에는 10％를 초과한다는 보고도 있다. 원수의 취수조건에 따라 세척배출수를 정화처리한 다음 방류하는 방식보다 재순환시키는 것이 수자원의 절약과 함께 원수요금도 절감된다는 사실에 대한 경제성을 검토해야 한다.

1) 재순환되거나 방류시키는 세척배출수의 목표수질

재순환되는 세척배출수의 목표수질은 평균적인 원수수질과 같거나 더 양호해야 한다. 그러나 만약 세척배출수가 공공수역에 방류되는 경우에는 세척배출수의 수질이 기본적으로 인체에 대한 허용수질과 동일하거나 그 보다 양질이어야 한다.

2) 처리공정의 형식과 처리능력

세척배출수처리공정의 형식은 기본적으로 통상의 소독을 수반하는 플록형성·침전공정과 같다. 큰 내부순환류를 가지고 있는 고속응집침전지는 공정효율도 좋고 충격부하에도 내성이 있으며, 슬러지의 농축성이 높고 슬러지를 제거하기 쉬우며 필요로 하는 부지면적이 작다. 일반적인 횡류식 장방형침전지는 배출수를 취급하기 쉽지만, 낮은 수리적 허용부하량으로 인하여 고속응집침전지보다 큰 부지면적을 필요로 한다.

장치의 형식에 관계없이 운전과 정지를 반복하지 않고 기본적으로 연속적으로 운전하는 방식이 가장 양호한 성능을 나타낸다. 이러한 이상적인 조건을 달성하기 위해서는 세척배출수 저류조를 크게 설치하고 일정한 수량을 단위처리시설에 계속 양수해야 한다. 세척배출수처리시설의 용량은 정수장에서 최대세척배출수 발생량과 정수장에서 허용재순환량의 두 가지를 기준으로 하여 결정해야 한다. 실용적인 최대재순환율은 정수장 유량의 20％이지만 각 정수공정의 수리적 부하량을 증가시키지 않기 위하여 재순환율을 10％ 이하로 설계하도록 한다. 세척배출수처리시설의 침전지에서 생성된 슬러지는 슬러지처리시설로 이송시켜야 한다.

3) 처리방식

보통 상태에서 여과지에 유입되기 전에 원수 중의 현탁물질은 잘 응집시키고 플록을 형성시켜야 한다. 더구나 여과 중에 여과층에서 유효한 플록이 추가적으로 형성된다. 그 결과로서 역세척배출수는

충분히 플록이 형성된 입자들을 포함하고 있어서 아주 침강이 잘 된다. 세척배출수의 빠른 침강특성을 이용하는 두 가지의 기본적인 처리방법 중에서 선택할 수 있다. 즉 (1)소독을 수반한 천일건조방식과 ⑵ 소독을 수반한 보통 플록형성・침전처리방식이다.

4) 소독설비

반송수의 소독에는 염소처리가 유효한 수단이다. 반송수량은 일반적으로 정수장 유량의 2~3 % 정도이므로 원수특성이 문제인 경우를 제외하고는 염소처리로 인한 소독부산물의 생성은 별로 문제되지 않는다.

3.에 대하여 ; 일반적인 방법으로는 배출슬러지를 농축하고 탈수하여 케익을 장외로 반출하고 분리액은 농축조에 반송하여 처리하거나 하수도에 방류해야 하며, 탈수는 기계탈수기로 처리하는 방법이 비교적 안정되어 있다.

또한 기후조건이 양호하거나 소규모인 경우에는 천일건조방식도 유효한 방법이다. 슬러지처리시설을 계획할 때 고려해야 할 조건은 ① 케익의 처분방법 또는 유효하게 이용하는 방법과 ② 처리능력이다. 슬러지처리시설이 충분히 역할을 달성하기 위하여서는 케익의 최종처분방법과 유효이용방법을 함께 검토하는 것도 필요하다. 구체적으로 케익에 대한 검토사항으로는 함수율, 중금속, 석회, pH, 냄새, 형상 등이며 방류수에 대해서는 부유물질량, pH, 중금속, 유기고분자 농도 등이다. 이러한 사항은 법적으로 규제를 받게 되므로 법적규제사항도 검토해야 한다.

처분지는 환경오염을 방지하는 관점에서 지하수의 오염방지 등 규제조건을 고려하여 적당한 면적과 정수장으로부터 운반거리가 짧은 장소를 선정할 필요가 있다.

또한 슬러지 처리시설은 영속적으로 필요한 시설이므로 10년 정도를 목표로 계획하는 것이 바람직하다.

케익의 유효이용계획은 케익의 처분지확보가 점점 어려워지고 있기 때문에 더욱 더 필요하다. 이는 비용절감을 위한다기 보다 폐기물을 배출하지 않는다는 관점에서도 검토되어야 한다.

현재 매립성토재, 일반점토벽돌, 경량골재, 건축재료, 요업재료 및 화분용 경석 등 여러 가지를 시도하고 있으나 농업용 흙으로 이용할 수 있으면 가장 바람직하다.

슬러지의 처리시설은 발생즉시 처리할 필요는 없으며 슬러지발생량의 변동이 크기 때문에 반드시 각 정수장마다 설치하는 것이 유리하다고 할 수는 없다. 그리고 배슬러지지 또는 배출수지 등의 용량은 가능한 한 크게 하는 것이 변동이 큰 발생량에 대하여 처리를 평준화할 수 있으므로 유리하다.

4.에 대하여 ; 슬러지처리 방법은 각종 방법(5.23 배출수 및 슬러지처리 시설 참조)이 있는데 이를 크게 나누면 천일건조, 기계탈수, 열처리(가열에 의한 건조), 동결융해 등의 방법이며 이를 개략적으로 설명하면 다음과 같다.

천일건조방식은 농축된 슬러지를 수영장과 같은 연못에 도수하여 침강탈수, 태양열에 의한 건조 등 자연력을 이용하는 방식으로 경비가 저렴하고 유지관리도 간단하지만 넓은 용지가 필요할 뿐 아니라 일기조건에 따라 능력이 좌우되므로 한랭지 등에서는 어려우며 또한 옥외에서 처리되기 때문에 주변환경에 대한 냄새문제의 영향이 없는지에 대해서도 검토해야 한다.

기계탈수방식은 농축슬러지를 기계로 탈수하는 방식으로 처리효율은 슬러지의 질에 좌우되지만 비교적 안정적이고 유지관리도 비교적 용이하며 케익 함수율도 낮고 설치면적도 적으며 주위환경에 대한 영향도 없으므로 슬러지의 여과성 등을 정확하게 파악하여 도입하면 안정된 처리가 기대되는 방법이다.

열처리 방법은 탈수된 케익을 가열하여 함수율을 낮추는 방법으로 이 방법은 가열을 위한 경비가 증가하며 배출가스를 처리해야 한다.

냉결융해법은 농축이 어려운 성질의 슬러지를 냉결시킴으로써 탈수성이 양호한 케익으로 개선하여 탈수하는 방법으로 시스템이 복잡하고 처리비용이 비교적 높다. 또 열처리법이나 동결융해법은 슬러지의 유효이용을 위하여 슬러지의 성상을 변경할 목적으로도 사용되고 있다.

탈수케익의 유효이용이나 처분방법의 검토에서는 일반적으로 함수율, 중금속, 석회, pH, 냄새, 형상 등을 조사하여 유효하게 이용하는 경우에는 그 용도에 따른 항목조사도 필요하다.

유효이용에는 처분지를 확보하기 어려운 현재의 상황으로서는 비용면에서 채산성을 따지기보다는 폐기물을 배출하지 않는다는 관점에서 검토가 중요하다. 유효이용방법으로는 농업이나 원예에의 이용, 택지조성이나 토지개량 및 토목재료로서의 이용 등이 있다.

처분하는 경우에는 케익은 「폐기물관리법」으로 사업장폐기물로 분류된다. 처분지는 환경오염방지의 관점에서 지하수의 오염방지 등의 제약조건을 고려하면서 적당한 면적을 가지고 또한 정수장에서 운반거리가 짧은 장소를 선정해야 한다. 처분지의 확보에는 장기계획을 요하는 것이 많으므로 10년 정도를 내다보는 것이 바람직하다.

5.1.6 정수시설의 배치계획

정수시설의 배치는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 정수시설을 배치할 때에는 정수처리방법에 따라 각 정수처리공정의 시설이 각각 기능을 충분히 발휘할 수 있고 또한 정수장 전체의 조화와 효율화를 도모하며 유지관리나 시설확장, 개량 및 갱신이 용이하도록 배치한다.
2. 처리계열은 시설규모 등에 따라 가능한 한 독립된 2계열 이상으로 분할하는 것이 바람직하다(시설용량이 중·소규모인 경우에는 기능별로 계열의 기능이 발휘될 수 있도록 한다).
3. 각 시설간의 수위결정을 위한 손실수두는 수리계산이나 실험으로 결정한다.
4. 정수장 내의 화장실, 오수저류시설 및 폐기물수집소 등은 정수시설에 대하여 위생상 문제가 없도록 구조와 배치에 유의해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수시설의 평면배치계획은 용지의 면적과 형상에 제약을 받게 되며 원수의 유입방향, 송수방향, 수전위치(受電位置), 접근도로의 위치 등 외부의 시설조건, 처리공정의 계통, 관리에 필요한 공간, 정수장 내에 기능상 필요한 건축물의 배치 등과 쓰레기처리장 등 오염원으로 될 가능성이 있는 외부시설 및 소음·진동, 염소냄새 등 외부에 영향을 미치는 시설을 종합적으로 고려하여 배치한다. 또한 장래의 확장계획이 예정되어 있는 경우에는 확장부지의 확보와 상호연결을 위한 관로와 수로 등

을 처음부터 배치계획에 포함시켜야 한다.

정수시설의 배치는 처리공정의 순서대로 계획하는 것이 원칙이며, 이러한 배치는 물이 균등하게 흐르고 약품주입이 용이하며 계측제어용 케이블 배선이 짧고 시설을 절체(switching) 사용하는 것도 용이할 뿐 아니라 수리계통의 운영과 유지관리도 좋다. 예를 들면, 급속여과방식의 정수시설 배치에 대해 유의해야 할 사항들을 시설별로 들어보면 다음과 같다.

착수정은 그 이후의 공정인 응집·침전·여과로 이어지는 처리공정을 원활하게 할 수 있는 위치에 선정한다.

응집·플록형성·침전은 일련의 연속된 처리공정으로 각기 분리 배치하는 것은 바람직하지 않다. 이들 시설들이 분리되면 거리가 멀어지고 유하시간도 길어져서 양호한 플록형성을 방해하고 수로의 도중에 플록이 침강되기도 한다. 또한 슬러지배출방법, 슬러지배출관의 방향을 고려하여 침전지의 방향과 배치를 결정해야 한다.

여과지는 여과수관, 유입관, 역세척수관 등 여러 관을 모아서 배치해야 하므로 배관랑을 설치하여 배관 연결, 밸브류 설치 및 유량조절장치 등의 설치를 용이하게 해야 한다.

소독은 여과지 유입 전과 후에 물이 모이는 곳에 접촉지를 설치하여 염소제 등 소독제를 주입한다. 여과 이후에는 오염을 방지하기 위하여 밀폐된 구조로 하는 것이 원칙이지만, 일반적으로 접촉지로서는 여과수가 정수지로 유입되기 전에 정수거의 일부(경우에 따라서는 정수지 일부)를 이용하는 경우가 많다.

정수지는 넓은 면적이 필요하고 수위가 낮은 위치에 설치되므로 지하구조로 되는 경우가 많으며 상부 공간은 여과지를 배치하여 입체구조로 하여 이용되기도 하지만, 이러한 방식은 구내의 손실수두가 커지는 단점이 있다.

착수정으로부터 정수지까지는 일반적으로 자연유하로 연결되므로 가능한 한 수로(관로)를 짧게 하여 구내의 손실수두를 최소화하는 것이 바람직하다. 만약 용지의 제약상 이러한 것들을 근접시켜 배치하지 못할 경우에는 플록형성지로부터 침전지까지는 가능한 한 하나의 구조로 하고 여과지와 정수지는 약간 떨어진 장소에 배치할 수도 있다.

송수펌프장은 정수지와 가깝게 배치하는 것이 수리상 바람직하며 송수방향에 맞추어 배치하는 것이 구내배관의 연장을 짧게하고 구내매설관 등이 집중되는 것을 피하는데 편리하다. 한편 펌프장은 소음발생원이기도 하므로 주위환경을 고려하여 외부에 영향이 없도록 배치해야 한다.

약품주입동은 주입지점 및 본관관리실에 가까운 장소가 편리하며 주입지점이 가까우면 약품주입관과 샘플링관의 배관연장이 짧게 되고 제어와 유지관리에도 유리하다.

고도정수시설은 어떤 방식을 채택하느냐에 따라 정수처리공정에서 고도정수공정의 배치가 다르게 된다.

배출수처리시설 중에서 배출수지와 배슬러지지는 정수장의 가장 낮은 위치에 배치하며 배출수처리시설의 침전지는 가급적 정수장의 착수정에 자연유하로 흘러갈 수 있는 위치에 두는 것이 유지관리를 편리하게 할 수 있다. 또한 배출수처리시설은 정수처리공정과는 직접 관계가 없으므로 다소 떨어진 장소에 설치하든가 별도의 용지에 설치하는 경우도 있다. 그러나 장거리에 슬러지를 이송하게 되면 이송관

이 막히는 경우가 있으므로 충분히 주의해야 한다. 또한 케익 냄새와 주위 환경에 미치는 영향도 충분히 고려하는 것이 바람직하다.

수·변전시설은 가능한 한 용지경계에 가까운 위치로 하고 정수시설과 근접시킬 필요는 없으며, 배전선로가 짧아지고 전압강하를 적게 하기 위하여 사용전력량이 가장 많은 송수펌프장 인근에 배치하는 것이 유리하다. 또한 유지관리상 지하매설 케이블은 관로 및 공동구와는 교차되지 않게 매설하는 것이 바람직하다.

용지가 협소하고 모든 정수시설을 평면으로 배치할 수 없는 경우에는 비용이 들지만, 입체적으로 배치할 수도 있다. 이러한 경우에는 관리용 건물 등도 포함하여 일체화하는 경우도 있다.

2.에 대하여 ; 정수처리공정이 1계열일 경우에는 청소, 보수, 부품교체 또는 불의의 사고 등이 발생하였을 경우에는 정수처리공정 전체를 정지시키게 된다. 또한 개량이나 갱신 등으로 시설을 장시간 정지해야 하는 경우를 고려하여 2계열 이상 독립된 처리공정으로 계획하는 것이 필요하며, 2계열로 할 경우에는 계열 간에 관거로 연결하고 수문이나 밸브를 설치하여 상호 이용할 수 있도록 한다. 다만, 여러 개의 정수장이 있는 경우에는 그들 상호간의 지원체제 등도 고려하여 계열을 분할할 수도 있다.

3.에 대하여 ; 완속여과방식의 정수장인 경우에는 착수정으로부터 침전지와 여과지까지 전체의 손실수두는 1~2m 정도이며, 급속여과방식인 경우에는 고도정수처리를 하지 않는 통상적인 응집·플록형성·침전·여과까지 시설 전체의 손실수두는 3.0~5.5m 정도가 된다.

이 손실수두의 대부분은 여과지의 손실수두이고 그 밖에는 플록형성지나 관로 및 관거 등의 저항, 유향제어용 밸브와 수문의 손실 등이 있다.

정수장 전체의 수위는 각 처리공정마다 수리적으로 연계구간을 짧게 하면 제어가 용이하다. 착수정·응집·플록형성지·침전지·여과지 간의 연계구간이 짧아지지 않을 경우에도 손실수두를 적게 하기 위하여 처리공정상호간에 간섭받도록 배치하는 방법은 바람직하지 못하다.

정수장의 손실수두는 수리계산으로 결정되지만 복잡한 시설인 경우에는 수리실험에 의한 비율보정을 고려하여 결정할 수 있으며, 그 밖에 시설을 개량하거나 또는 노후화에 의한 표면조도(表面粗度)의 증가 등을 예상하여 여유를 갖는 것이 일반적이다.

정수장에 고도정수시설을 도입하면 손실수두는 더욱 커진다. 특히 고정상의 활성탄흡착지는 거의 급속여과지와 동일한 기구이므로 손실수두 역시 거의 비슷하다. 그 외에 오존접촉지나 생물처리지 등의 손실수두는 시설계획에 따라 다르게 된다.

정수시설의 계획에서 수리적으로 중요한 것은 손실수두 뿐만 아니라 병행운용되는 각 지(池)의 유입수를 어떠한 방법으로 균등하게 배분시킬 수 있느냐가 대단히 중요하다. 급속여과지는 유량제어시스템에 따라 각 지별로 균등성을 확보할 수 있으나 침전지는 각 지별로 균등한 유입량의 제어가 대단히 어렵다. 그 이유는 각 지까지 수로 또는 관로의 길이가 다른데 따른 수리적인 불균형, 수로 또는 관로의 도중에 플록의 퇴적으로 인한 유하단면의 감소, 수문제어의 어려움 및 불편 등을 들 수 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 수로와 관로 등의 손실수두를 동일하게 하도록 연구해야 할 뿐 아니라 정

교하게 유량을 제어할 수 있도록 수문의 전동화 등의 대책이 필요하다.

4.에 대하여 ; 정수장 내의 화장실, 오수저류시설, 폐기물 수집장 등의 오염원은 오수가 누출되지 않도록 수밀구조로 해야 하고, 침전지, 여과지, 정수지, 배수지 등의 중요한 시설로부터 가능한 한 멀리 떨어진 장소에 설치하며 적어도 15m 이상 떨어져 설치하는 것이 바람직하다.

5.1.7 수질관리

정수시설에서의 수질관리에 대하여서는 다음 각 항에 따른다.

1. 정수장에 설정된 수질관리목표에 정수가 적합하도록 수질관리를 하기 위하여 필요한 수질시험설비를 설치한다.
2. 정수처리과정에서 주입되는 약품류 및 물에 접하는 기자재 등이 수질에 미치는 영향에 대하여 유의한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수장에서는 더욱 좋은 수질을 얻기 위하여 설정된 수질관리의 목표에 적합한 정수를 얻도록 각 처리공정별로 수질관리하는 것이 중요하다.

확실하게 수질관리하기 위하여서는 수원으로부터 급수전에 이르기까지 각 과정에 대하여 이화학시험, 미생물시험 및 생물시험의 각 수질시험을 시행하고, 그 결과를 상수도시설의 관리운영에 반영시켜 적절하게 각종 시설을 조작하는 것이 필요하다.

특히 정수처리할 때에는 원수, 침전수, 여과수, 정수 등 각 처리과정의 수질을 측정하고 처리 효과를 확인해야 하며, 그 결과를 정수처리용 주입약품조정이나 정수처리방법의 개선 등에 반영시키는 것이 중요하다. 그러기 위하여 원수수질과 정수처리방법 및 시설규모에 따라 수질시험실을 설치해야 한다.

수질검사는 모두 자기검사가 원칙이지만, 「먹는물 수질기준」의 항목 중에는 고급분석기기와 숙련분석기술, 방사선취급자 면허를 필요로 하는 것들이 있다. 분석기기의 정비나 기술자 확보 등의 면에서 자기검사가 곤란한 경우에는 여러 수도사업자가 공동으로 수질검사센터를 설치하거나 지방공공단체의 기관 또는 환경부장관이 지정하는 자에게 위탁하여 정기검사와 수시검사를 시행할 수도 있다.

이러한 경우에는 정확한 검사결과가 신속히 제공되도록 하며 특히 「먹는물 수질기준」중 '건강에 관한 항목'에는 검사결과를 곧 수질관리에 반영할 수 있도록 조속히 시험하고 또한 이상치가 발견된 경우에는 긴급히 연락하는 긴급연락체제를 갖추는 것이 필요하다.

수질의 연속측정과 기록이 가능한 자동수질모니터링 설비를 정수시설의 적당한 위치에 배치하는 것이 바람직하다. 수질모니터링 대상항목으로는 수온, 탁도, 색도, pH, 알칼리도, 냄새, 암모니아성질소, 염소요구량 등이 있다. 또 수질시험실에 각 처리공정수를 채수할 수 있는 집중채수장치를 설치하는 경우에는 배관의 도중에서 수질이 변화하지 않도록 충분히 유의해야 한다. 더욱이 돌발적인 수질사고 등으로 상수원이 유해물질로 오염될 우려가 있는 경우에는 어류에 의한 원수수질감시수조(어항) 등을 설치하여 원수수질의 이상을 조기에 발견하도록 노력하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 수도에 사용되는 기자재 등은 장기적으로 사용되는 것이므로 재질의 마모나 부식 및 열

화가 적고 또한 강도도 충분하며 그 사용환경에 적응하여 물이 침투되거나 스며들 우려가 없고 장기간 사용에 견딜 수 있는 것이어야 한다.

기자재 등을 선정할 때에는 그 사용환경에 대한 내구성에 대하여 충분히 조사해야 한다. 기자재와 약품은 위생적이고 안전한 것이 필수적인 요건이다. 따라서 수도시설을 구성하는 기자재가 물과 접촉되는 부분에 대해서는 수돗물과 접촉함으로써 또는 정수나 정수처리과정에 사용되는 약품 등에 대해서는 그들을 주입함으로써 유해물질을 용출하거나 맛과 냄새 기타 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 것을 선정해야 한다.

5.1.8 시설개량과 갱신

원수수질이 악화되어 적절하게 정수처리할 수 없게 될 우려가 있을 경우에는 필요한 시설을 증설하거나 개량 또는 갱신해야 한다. 시설을 개량하거나 갱신할 때에는 다음 사항에 적합하도록 한다.

1. 기존 정수처리시설의 성능이나 안정성 및 운전관리상의 합리성을 상실하지 않으면서 새로운 시설의 능력이 발휘될 수 있도록 한다.
2. 가동 중인 시설의 능력감소에 대한 대처방안을 미리 준비해야 하고, 또 공사시행으로 인하여 가동 중인 기존시설에 대한 영향이 최소화되도록 대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 시설을 개량하거나 갱신하는 내용으로 보아 기존시설과 동일한 방식으로 개량하거나 갱신할 경우, 기존시설의 처리방식을 새로운 처리방식으로 변경할 경우, 기존시설과는 다른 처리방식의 시설을 추가하지만 그 밖에 정수처리와는 직접 관계가 없는 배출수처리시설, 전기기계시설, 계측제어설비 등을 교체하거나 신규시스템을 도입하는 경우 등이 있다.

시설을 개량하거나 갱신할 때에는 기존시설과 조화를 이루기 위하여 다음 사항을 고려해야 한다.

⑴ 가동 중인 기존시설의 처리효과를 감소시키지 않도록 한다.

⑵ 수리적인 변경이 발생할 경우에는 적절한 조치를 강구해야 한다.

⑶ 새로운 시설의 운전관리방식은 기존시설의 운전관리방식과 조화를 이루어야 한다.

특히 새로운 처리방법을 도입할 경우에는 실제 모형실험장치 등으로 실험하고 효과를 확인하는 것이 바람직하다. 또한 기존의 정수처리공정에 대하여 처리대상물질이나 처리성 및 운전조건이 변화하거나 약품주입량이 변한 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

새로운 처리방식을 도입하는 것은 유지관리상 문제점을 일으키기 쉬우며 일상의 운전, 점검, 보수 등은 시설규모에 따라 다르지만, 기기의 종류가 많고 복잡한 것 등으로 운전제어와 유지관리작업의 양과 질이 좌우된다. 따라서 개량하거나 갱신할 때에는 운전, 점검, 유지관리 등을 용이하게 할 수 있는 방안이 필요하며 동시에 시설의 안정성을 높이기 위하여 2중화나 예비설비 등을 충분히 고려해야 한다.

수리적인 문제로는 개량하거나 갱신함으로 인하여 적정하게 유량이 균등배분되지 못할 경우도 있다. 이는 수로의 형상이나 경사 등은 기존의 것과 동일하게 하고 수리계산에서 유량을 균등하게 유지하도록 하였더라도, 실제로는 불균등하게 흐르는 경우가 있다. 이에 대한 대책으로는 유량조절용 수문이나

밸브를 설치하고 또한 관로나 수로도 되도록이면 짧은 거리로 연결한다.

손실수두에 관해서도 기존시설과 새로운 시설을 동일하게 한다는 것은 어려우며 또한 기존의 처리공정에 새로운 공정을 추가하면 손실수두는 커진다. 이와 같은 경우에는 수두를 보완하기 위하여 저양정의 펌프설치가 필요하며 또한 펌프설치로 이전보다 수두가 상승되는 경우에는 정수장내에서 월류수가 발생하지 않도록 하는 조치가 필요하며, 정전사고 등으로 정수계통이 급격하게 정지되었을 때에도 펌프흡수정이 넘치지 않도록 설계해야 한다. 펌프의 설치위치는 처리공정 중에서 플록파괴를 피하기 위하여 플록형성지로부터 침전이 종료될 때까지 사이에는 피해야 하며 급속교반하기 전이나 침전지의 다음에 설치해야 한다.

시설배치에서는 기존시설과의 거리를 짧게 하는 것이 수리계획상 유리하고 또한 처리공정의 순서에 따라 배치하는 것이 바람직하다. 거리가 짧은 것은 수리상 유리하고 또한 처리공정에 맞추는 것이 유지관리에도 용이하며 약품주입과 계측제어에도 편리하다.

새로운 처리방식을 도입할 때에 정수장에 적당한 여유공간이 없을 경우에는 기존 처리시설의 개량 등(침전지에 경사판 설치나 완속여과지를 급속여과지로 변경, 급속여과지의 2층화 등)으로 공간을 확보하는 경우가 있다. 개량이나 새로운 처리방식의 선정은 새로운 기기의 도입이 수반되고 필요한 전력량이 증가되며 그로 인한 수·배전시설의 용량검토가 필요하다.

시설개량과 갱신의 예와 유의사항을 표시하면 〈표 5.1.3〉와 같다. 또한 〈표 5.1.4〉에 고도정수처리의 도입에 따라 기존시설에 대한 유의사항의 일례로서는 급속여과방식의 정수장에 오존과 입상활성탄처리를 도입하는 경우를 나타내었다.

〈표 5.1.3〉 시설개량이나 갱신 방법과 유의사항

시 설	방 법	유 의 할 점
착수정	여유고를 높인다.	수면동요의 흡수에는 면적이 필요함
응집·플록형성지	급속교반의 변경, 플록큐레이터의 개량	응집, 플록형성 효과 확인, 여유공간의 유무, 구조상의 안전성, 유지관리의 용이함
침전지	경사판 등의 설치, 정류벽, 유출위어 개량, 슬러지 수집장치 개량	효과확인, 여유공간 유무, 구조상의 안전성, 슬러지 재부상
여과지	2층화, 여과조절기능의 갱신, 표면세척장치 개량	여과와 세척효과 확인, 여유공간 유무, 여재 유출
약품주입장치	약품변경, 주입기 개량	효과 확인, 법령상 제약, 저장장소 확보, 주입량 범위(range) 검토
전기·기계	설비 교체, 용량 증강	계측제어·제어와 관련, 전력용량 확보, 유지관리 변경
계측제어	시스템의 변경, 설비의 교체	제어의 효과와 신뢰성, 유지관리의 변경, 여유공간 유무
케이블, 관로, 닥터	단면과 본수 증강	신호·전력용량, 유량·손실수두 확보, 점검·피난의 안전 확보
배출수 처리	방식 변경, 기기 교체	처리능력과 케익의 질, 여유공간 유무, 유지관리의 변경, 분리수의 반송

〈표 5.1.4〉 고도정수처리의 도입에 따른 기존시설에 대한 유의점과 대책의 예

〔전염소처리와 세척배출수를 반송하고 있는 급속여과방식의 정수장에 오존과 입상활성탄(BAC)처리를 도입한 〈표 5.1.2〉의 정수처리공정⑦ 경우〕

시 설	유 의 점	대 응 책
착수정	입상활성탄 흡착설비의 세척배출수반송과 급속모래여과지 세척빈도 증가 등에 따른 반송수량의 증가	착수정 주벽인상, 세척배출수 균등반송
응집·플록형성지	전염소처리의 폐지에 따른 pH조정제 주입량 감소	플록형성상태 확인
침전지	전염소처리의 폐지에 따른 조류 발생, 슬러지 재부상	조류발생이나 슬러지의 재부상을 방지할 정도의 최소전염소주입, 침전지의 차광(덮개의 설치 등)
급속여과지	전염소처리의 폐지에 따라 여과층에 생물이 발생함으로써 세척빈도가 증가	여과층의 오염제거에 충분한 세척속도, 시간 및 세척관계설비(세척펌프, 세척탱크)의 능력확보, 정기적인 여과층 상태 확인
배출수처리	입상활성탄 흡착설비의 세척배출수 반송과 급속여과지의 세척빈도 증가 등에 따른 세척배출수 증가 전염소처리의 폐지에 따른 슬러지의 탈수성, 탈수케익의 질 변화	세척배출수의 반송관련설비(반송펌프, 세척배출수받이)의 능력확보, 세척배출수의 균등반송(착수정 세척배출수 반송량의 피크량 완화 및 반송에 따른 수질변화에 대하여 약품주입량 조정을 쉽게 하기 위하여) 탈수처리의 강화
약품주입설비	전염소처리의 폐지에 따른 pH조정제 주입량 감소, 염소주입지점의 변경(후염소주입만으로 변경), 오존, 입상활성탄처리의 도입에 의한 염소주입량 감소	약품주입설비의 용량, 대수, 주입관의 재검토 염소접촉지의 설치(암모니아성질소를 제거하기 위하여 파과점염소처리하는 경우)
전기·기계	오존, 입상활성탄처리를 위한 소비전력 증가	전력설비용량의 증강, 펌프설비의 증강 등
계측제어	오존, 입상활성탄처리관련 계측제어설비 추가 염소주입관련 계측제어설비 변경	계측제어시스템의 변경
기타	오존, 입상활성탄처리설비 및 연락배관 등에 의한 손실수두 증가 기존 시설과의 여유공간 조정	저양정의 펌프설치 등 경우에 따라 기존시설의 개량으로 공간확보, 시설의 입체화도 고려

2.에 대하여 ; 개량이나 갱신은 기존시설을 가동하면서 하지만, 충분한 예비능력을 갖는 경우는 별도로 하고 일반적으로는 정수능력의 저하를 피할 수 없다. 이 때문에 공사는 수요가 적은 시기를 골라서 다른 정수장으로부터 지원 등의 대책 외에 수질상으로나 수리상 문제가 없는 범위 내에서 침전지나 여과지를 과부하로 운전함으로써 정수장 내에서 대처하고 있다. 다만, 이러한 대책은 능력을 대폭 올리는 것은 곤란하기 때문에 미리 무리가 없도록 계획을 세우고 검토해야 한다.

개량이나 갱신은 노후시설에 가까울수록 영향이 크므로 가급적 그 영향이 적도록 해야 한다. 그 영향의 예로서는 굴착에 의한 지반 이동, 말뚝박기나 건설기계의 진동, 지하수위의 저하로 인한 압밀침

하 등에 의한 기존구조물의 변위, 침하, 손상, 관로의 변형이나 이탈로 누수되는 경우가 있다. 이러한 일이 생기지 않도록 약품주입, 저진동공법, 분할시공 등에 대하여 검토하여 효율적으로 이용해야 한다. 공사에 앞서서 지하매설물 조사는 불가결하고 준공도뿐만 아니라 시굴하여 매설물을 확인하고 케이블의 절단이나 관로파손 등을 방지해야 한다. 또한 공사용수의 공급, 배수로 설치, 공사현장에서 비산물 방지용 울타리설치 등에 대하여 검토한다. 공사용 전력에 대해서는 원칙적으로 정수시설용과는 별도로 수전해야 하지만, 소규모의 유지관리공사인 경우에는 정수장 내의 전력을 사용하는 경우도 있다.

기타 정수장의 유지보수 및 관리의 구역을 구분하기 위하여 또한 작업원의 공사구역 외에 출입을 방지하기 위하여 울타리, 조명, 화장실 등을 설치한다.

5.1.9 안전대책

정수시설은 자연재해, 기기사고, 수질사고, 인명사고 등에 대하여 안전대책을 강구해야 한다.

【해설】

1) 자연재해대책

자연재해에 대한 안전성을 확보하고 사고나 고장을 미연에 방지해야 하며 가령 사고가 발생하였더라도 그 영향을 최소화하고 정수공정을 보호해야 한다.

안전대책은 대상으로 되는 것에 따라 다음과 같이 나누어진다.

⑴ 지진시의 안전성

도시화된 지역에서는 정수시설용지를 취득하기가 대단히 어려우므로 내진상으로는 바람직하지 못한 연약지반의 지역 등에도 부득이 정수장을 건설해야 하는 경우가 있다. 또한 충분한 넓이의 용지를 취득할 수 없는 경우에는 시설을 입체화하는 등 정수시설은 점점 더 복잡하게 되는 경향으로 가고 있으므로, 자연재해에 의한 일부의 피해가 정수장 전체의 운전에 영향을 미칠 위험성이 커지고 있다. 내진설계에서는 10. 내진설계를 따르고 추가로 관련 각종 기준과 지침 등을 참조하는 것이 좋다.

정수시설을 구성하는 각 요소와 지반조건에 따라 일반적으로 다음과 같은 대책을 고려한다.

- 연약지반, 액상화 가능성이 큰 장소
  ⇒ 지반개량, 구조물 특성 및 지반과 조건에 적합한 기초공
- 지(池)모양 구조물
  ⇒ 기초를 포함한 지(池)모양 구조물의 내진설계, 지진시 동수압 대책(밀폐식 압력수조), 신축조인트의 배치
- 건축구조물
  ⇒ 기초를 포함한 지붕의 내진설계
- 정수장의 구내배관
  ⇒ 중요 노선의 다계통화, 루프(loop)화, 상호융통시스템, 공동구 내의 배관, 신축이음관의 배치

- 약품주입설비 등
  ⇒ 약품류 및 유류 등 저장조의 내진설계, 누설대책
- 기계·전기·계측제어설비
  ⇒ 중요설비의 이중화, 2계통화, 백업시스템
- 기타 ⇒ 긴급차단밸브의 설치, 정전대책 기타

정수시설 중에서 피해를 받기 쉬운 장소는 구조물의 조인트 및 관과 구조물과의 연결부분 등이다. 구조물의 조인트는 지진시에 각 블록의 거동편차로 변위가 커지며 조인트가 벌어지며 부등침하가 생겨서 상하차를 감당할 수 없게 된다. 이들에 대한 대책으로서는 지반변위를 예측하여 여유있는 조인트를 채택하고 충분한 지지력을 갖는 기초를 설계한다.

구조물과 관과의 연결부는 신축이음관을 배치함으로써 지반변위에 대처할 수 있는 구조로 하고 응력집중을 피하는 구조로 하는 것이 바람직하다.

⑵ 호우시의 배수(排水)

호우시에 정수장이 침수되는 경우에는 정수처리가 불가능하게 될 뿐만 아니라 복구에 장시간이 소요되며 경제적 손실도 커진다. 이 때문에 배수가 좋지 않은 곳에서는 정수장 내의 지반고를 주위의 지반보다 약간 높게 하거나 배수대책을 강구해야 한다. 정수장 내에 빗물 유수지를 마련하거나 배수펌프를 설치해야 한다.

호우시는 지하수위가 상승되며 정수지 등 지하에 설치된 지류(池類)가 비어 있는 상태이면 부력이 중력을 상회하는 경우가 있다. 이에 대해서는 지(池)의 부상을 방지하는 대책이나 지하수위의 상승을 방지하는 배수대책을 마련해야 한다.

법면의 안정도 호우시에는 유실될 수 있으므로 안정경사를 확보해야 하며 배면의 물을 뺄 수 있도록 해야 한다.

⑶ 강풍시의 대책

강풍시에는 침전지나 여과지에 먼지나 쓰레기가 날아드는 경우가 있으므로, 필요에 따라 지붕을 설치한다. 그 밖에 강풍시의 피해로서는 울타리나 문짝의 파손, 통신탑, 조명전등주, 식목 등이 도괴되는 경우가 있으므로, 바람이 강한 장소에는 미리 보강해 두어야 한다.

⑷ 염해대책

해안에 가까운 지역에서는 염분이 바람에 의해 날려서 소위 염해가 생긴다. 특히 전기설비는 지락사고를 일으키는 경우가 있으므로 지붕을 설치하거나 밀폐형 설비를 채택하는 등의 대책을 강구해야 한다. 그 밖에 철제품은 부식이 빨리 되기 때문에 방식도장을 하거나 스테인리스강, 알루미늄, FRP 등의 재료를 사용한다.

⑸ 설해대책

대설지대에 비교하여 눈이 적은 지역에서는 설해대책이 소홀한 경향이 있다. 설해에는 송전선의 절단 등에 의한 정전, 약품류의 반입지연, 눈(雪)하중에 의한 건물의 파손, 담이나 전주 등의 도괴가 있을 수 있으므로, 2회선으로 위험을 분산하는 등의 적절한 정전대책, 반입지연에 대비한 약품저장조의

용량검토, 설하중(雪荷重)에 대한 설계를 고려해야 한다.

2) 사고, 화재 대책

⑴ 수질사고 대책

원수에 의한 수질사고 대책으로서는 사고가 발생된 원수를 정수장 내에 받아들이지 않도록 하는 것이 중요하다. 이를 위한 시설로서 차단용의 수문이나 밸브를 착수정 이전에 설치한다. 원수에 기름이 유입되는 것을 방지하기 위하여 취수구나 수로에 오일펜스 등을 설치해 둔다. 경미한 수질사고에 대해서는 분말활성탄흡착으로 대처할 수 있으며, 이 경우 분말활성탄 주입시설과 저장고 등이 필요하다. 또 정수장 내에 유입되었을 때를 고려하여 하천관리자 등과 협의하여 가능한 한 배수관(排水管)을 설치해 둔다. 염소 등이 포함된 물을 방류하면 물고기의 부상 등 하천환경에 영향이 미치므로 방류할 때에도 하천관리자 등과 협의가 필요하다. 수원을 다계통화하거나 시설을 분산시켜 두는 것도 수질사고 대책의 관점에서도 유리하다.

수질사고는 조기에 발견할 수 있으면 대책을 강구하기도 쉽다. 취수시설의 상류에 수질감시장치를 설치하거나 동일한 하천수계의 정수장들 간이나 하천관리자와 연락통신망을 정비해 두는 것이 바람직하다.

⑵ 정전대책

자연재해나 사고, 화재 및 송·배전선이나 기기의 보수작업 등에 의한 정전발생에 대비하여 최소한의 전력을 확보해 둘 필요가 있다. 그 방법으로는 무정전전원장치나 비상용 자가발전설비 설치 및 2계통수전이 있다. 이들 방안 중에 어떤 대책을 어느 정도(설비용량)로 실시할 것인가는 정수장 입지조건이나 시설규모 및 중요도 등을 종합적으로 고려하고 정전되었을 때에 예상되는 피해와 대책(안)에 대해 비교 검토한 다음 판단한다.

⑶ 기기의 고장이나 사고대책

정수시설에서 사용되는 기기 중 일반적으로 고장이나 사고가 많은 것은 약품관계 기기, 수질계기, 전자제어기기, 수중기기의 마모부분 등이다. 이들 고장·사고를 방지하기 위해서는 기기자체의 신뢰성이 높은 것을 선정하는 것은 당연하지만, 가능한 한 기구가 간단하고 또한 유지관리가 용이한 것을 선정하도록 한다.

습도가 높은 곳, 고온인 곳, 분진이 많은 곳, 통풍이 나쁜 곳, 진동이 많은 곳 등에서는 그들의 설치환경을 고려한 시방의 기기를 선정해야 한다.

⑷ 약품누설사고의 대책

정수장에서 사용하는 약품 중 누설사고로 특히 주의를 요하는 것은 염소제, 산·알칼리제 및 산화제이고, 누설사고에 대비하여 약품의 종류에 따른 누설검지설비나 제해설비, 보안용구 등을 정비해 둔다.

⑸ 화재대책

정수장에서는 가연성이 있는 것으로는 자가발전용 연료유, 가연성 약품, 난방용 등유 및 가스, 변압기유, 케이블 피복재, 건축재료 등이 있다. 이들을 저장하거나 사용하는 건축재 등은 「소방기본법」과 「건축법」의 적용을 받고 저장방법과 재질이 규제되고 있다.

시설의 규모, 구조 등에 따라 필요한 소방설비(화재감지기, 스프링클러, 이산화탄소소화기, 소화전 등)를 설치한다.

(6) 노동안전대책

정수장은 위생상의 안전성뿐만 아니라 일상적인 유지관리작업을 할 때에 안전을 기할 필요가 있다. 이 때문에 「산업안전보건법」등 관련법으로 규정하고 있는 높은 장소에는 추락방지용 난간이나 울타리, 조명, 환기설비, 배수(排水)설비 등 필요한 설비를 설치한다.

3) 시스템으로서 안전대책

정수장은 착수정으로부터 정수지에 이르기까지 각 단위처리공정으로 구성되어 있지만, 그들 시설 전체가 서로 균형을 이룬 하나의 정수처리시설로서 적정하게 가동되어야 한다.

이 때문에 수량, 수질 등의 조건이 변화하였더라도 극단적인 능력의 저하를 초래하지 않도록 여유있는 시스템으로 설계해야 한다. 또한 기기는 어느 정도의 고장은 불가피하고 기기 조작도 반드시 정확하게 이루어진다고는 할 수 없으므로 기기의 일부 고장이나 오조작이 시설 전체에 영향을 미치지 않도록 설계해야 한다.

따라서 정수시설의 복수계열화, 중요설비의 이중화, 예비설비 설치, 기기의 오조작에 대한 안전장치의 설치 등을 배려해야 한다.

정수장이 여러 개인 경우에는 수원의 위치, 종별, 원수 및 정수수질, 시설규모, 정수시설의 입지조건 등 각 정수장이 갖는 특성을 효율적으로 살리면서 필요에 따라 원수나 정수를 상호 융통할 수 있는 설비를 설치하는 등 종합적이고 탄력적으로 운용할 수 있도록 한다. 이에 따라 모든 정수장에서 반드시 동일한 수준의 안전대책을 정비할 필요가 없는 경우도 있다.

5.2 착수정

5.2.1 총칙

착수정은 도수시설에서 도수되는 원수의 수위동요를 안정시키고 원수량을 조절하여 다음에 연결되는 약품주입, 침전, 여과 등 일련의 정수작업이 정확하고 용이하게 처리될 수 있도록 하기 위하여 설치되는 시설이다. 또한 착수정은 원수수질이 일시적으로 이상상태를 나타낼 때 분말활성탄을 주입하며 고탁도일 때에 알칼리제와 응집보조제를 주입하고 여러 계통의 수원으로부터 원수를 받을 경우에는 이들 원수를 혼합하며 약품혼화지로 원수를 균등하게 분배하고 역세척배출수의 반송수를 받아들이는 등의 목적과 기능도 가지고 있다.

따라서 상기 목적과 기능을 안정적으로 달성하기 위하여 필요에 따라 적절한 정류설비와 표면적 및 체류시간을 필요로 하며 원수량을 조절하고 파악하기 위해서는 계량설비를 구비해야 하고, 수위계, 유량조절용 밸브 또는 수질계기에 물을 보내는 채수펌프 등이 설치되기도 한다. 그러나 원수압력을 효율

적으로 이용하고 싶은 경우나 수위변동을 충분히 흡수할 수 있을 정도로 착수부의 관거용량이 커서 착수정을 설치하지 않고도 이상의 목적과 기능을 충분히 달성할 수 있는 정수장에서는 이들 설비의 일부 또는 전부를 생략할 수 있다.

5.2.2 구조와 형상

착수정의 구조와 형상은 다음 각 항에 따른다.
1. 착수정은 2지 이상으로 분할하는 것이 원칙이나 분할하지 않는 경우에는 반드시 우회관을 설치하며 배수설비를 설치한다.
2. 형상은 일반적으로 직사각형 또는 원형으로 하고 유입구에는 제수밸브 등을 설치한다.
3. 수위가 고수위 이상으로 올라가지 않도록 월류관이나 월류위어를 설치한다.
4. 착수정의 고수위와 주변벽체의 상단 간에는 60cm 이상의 여유를 두어야 한다.
5. 부유물이나 조류 등을 제거할 필요가 있는 장소에는 스크린을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 착수정과 그 부대설비의 수리와 청소 등을 위하여 착수정은 2지 이상으로 분할함이 원칙이나 규모가 작아서 분할하지 못하는 경우에는 반드시 우회관을 설치해야 한다. 또한 여러 계통의 수원으로부터 원수가 유입되거나 역세척배출수의 반송수를 받는 경우에는 이들이 균등하게 혼합되도록 관을 배치해야 하고 월류위어를 설치해야 한다. 분할된 각지에는 배수(排水)설비를 설치해야 한다.

2.에 대하여 ; 착수정의 형상이 직사각형일 때 ① 정류, ② 월류, ③ 유량측정, ④ 유출의 순서로 2~3실로 구분하는 것이 바람직하다. 또한 원형일 때에는 착수정 중심부의 아래쪽에서 원수가 유입되도록 하고 월류, 정류, 도류, 유량계실, 유출의 순서로 2~3실로 구분하는 것이 적합하다. 유입구에는 사고 등에 대비하여 제수밸브나 제수문 등을 설치해야 한다.

3.에 대하여 ; 착수정은 용량이 적으므로 수위와 수량의 급변에 대처하기 위하여 반드시 월류관이나 월류위어를 설치해야 한다.

월류관은 유입량의 1/5 이상을 배수(排水)할 수 있는 크기로 하며 설치위치는 고수위로 하는 것이 원칙이나 유입수의 파고형성에 의한 월류로 원수손실이 우려되는 경우를 고려하여 고수위보다 2~5cm 높게 설치할 수도 있다. 착수정에 역세척배출수의 반송수가 유입되는 경우에는 반송수에 의한 수위상승을 고려해야 한다.

적당한 월류수 방류관이 없는 경우에는 월류관 또는 월류위어를 설치하지 않고 유입량을 적절하게 제어하기 위한 유량계와 수위계 및 차단용을 겸한 유량조절용 밸브를 설치한다. 다만, 착수정의 월류를 방지하기 위하여 유량조정용 밸브를 설치하는 위치는 착수정의 상류측으로 한다.

4.에 대하여 ; 착수정은 상기한 바와 같이 용량이 적고 유입되는 원수의 수위변동과 동요도 정수장의 다른 시설보다 일반적으로 크고 급격하므로 침전지나 여과지보다 크게 여유를 60 cm 이상으로 하고 수위가 고수위 이상으로 상승할 때에는 월류설비에서 빨리 배출시킬 수 있어야 한다.

5.에 대하여 ; 부유물이 유입되는 경우에는 후속공정에 영향을 미칠 수 있으므로 스크린 등의 제거설비를 갖추어야 한다.

5.2.3 용량과 설비

1. 착수정의 용량은 체류시간을 1.5분 이상으로 하고 수심은 3~5m 정도로 한다.
2. 원수수량을 정확하게 측정하기 위하여 유량측정장치를 설치한다. 유량측정장치는 위어나 유량계로 하고 유량계를 설치할 경우에는 유량계실을 설치한다.
3. 필요에 따라 분말활성탄을 주입할 수 있는 장치를 설치하는 것이 바람직하다.
4. 착수정에는 원수수질을 파악할 수 있도록 채수설비와 수질측정장치를 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.에 대하여 ; 착수정은 그 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 경제성을 고려하여 너무 크게 할 필요는 없고 체류시간을 1.5분 이상으로 하고 수위변동이나 기타 유지관리상으로 보아 수심이 3~5m 정도로 하는 것이 바람직하다. 그러나 소규모 정수장에서 체류시간을 1.5분 정도로 하면 표면적이 너무 작아지거나 또는 수심이 깊게 되어 유지관리가 곤란하게 되므로 표면적이 $10m^2$ 이상 되도록 체류시간을 연장하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 정수처리수량의 파악, 응집약품이나 염소제 주입량의 결정 및 침전, 여과 등의 정수작업을 적정하게 시행하기 위해서는 원수유입량을 정확하게 파악하는 것이 필요하다. 여러 계통의 수원으로부터 원수를 받는 경우에는 각 계통별로 원수량을 측정하는 것이 필요하다. 또한 역세척배출수의 반송수를 받는 경우에는 별도로 계량해야 한다.

위어로 착수정에서 유출수량을 측정할 경우에는 수위의 동요를 완전히 소멸시키고 유량계측의 정확도를 증대시키기 위하여 유공정류벽 등을 설치한다. 이때 정류벽이 유입구에 너무 근접되어 있으면 정류효과가 떨어지므로 1m 이상 떨어지게 설치해야 한다. 또한 위어가 정류장치와 너무 가까우면 수위에 영향을 미치며 유량측정이 부정확하게 되므로 적어도 2m 이상 떨어지게 설치해야 한다.

위어로 원수유입량을 측정할 경우에는 위어월류수심을 쉽게 파악할 수 있도록 착수정 벽면에 위어상단을 영(0)점으로 하여 상향수심을 측정할 수 있는 눈금자를 설치해야 한다. 위어하류 측의 수위는 수중위어로 되지 않도록 낮게 하여 배수(排水)가 원만하게 완전월류되도록 해야 한다.

유량계로 원수유입량을 측정할 경우에는 착수정에 유출수조와 유량계실을 설치하고 유출수조의 수심이 너무 얕으면 공기흡입 등으로 유량측정에 나쁜 영향을 미치므로 수심이 유출관의 중심에서 관경의 2배 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다.

전자유량계, 초음파유량계, 차압식 유량계 등의 유량계를 설치할 경우에는 사고나 수선 등에 대비하여 유량계 앞에 제수밸브나 수위조절판(stop log)을 설치하고 정확하게 유량을 측정하기 위한 유량계의 시방서에 따라 유량계의 전·후에 일정한 직선거리를 확보해야 한다. 또한 유량계 다음에는 유량제어용 제수밸브를 설치하는 것이 일반적이다. 유량계실에는 수선 등 유지관리를 고려하여 출입구나 기

기의 반·출입구를 설치하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 돌발적이거나 일시적으로 발생하는 원수의 수질이상에 대처하기 위하여 착수정과 약품혼화지 사이에 분말활성탄 주입지를 설치하는 것이 바람직하지만, 기존의 정수장에서는 응급조치로 착수정에서 분말활성탄을 주입할 수 있다. 따라서 분말활성탄 주입설비를 설치하고 이 주입설비로부터 슬러리화된 분말활성탄을 착수정에 주입할 수 있는 장치를 설치하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 착수정은 원수수질을 쉽게 파악할 수 있는 장소이므로 채수펌프와 수질계기 등의 설치가 필요하다.

5.3 응집용 약품주입설비

5.3.1 총칙

급속여과방식의 정수처리에서는 전처리로서 약품에 의한 응집이 필수적이다. 원수 중에 부유하는 미세입자는 그대로는 쉽게 침전되지 않으며 급속여과에서는 이들 대부분이 여과층에 억류되지 않고 통과해 버리며 특히 원수가 저탁도이더라도 급속여과지에서 여과하는 것만으로는 콜로이드성 현탁물질이 충분히 제거될 것으로 기대할 수 없으며, 더욱이 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 이들을 확실하게 제거할 목적도 포함하여 급속여과방식의 정수방법에서는 전처리로서 미리 약품을 사용하여 응집시켜서 고액분리가 가능한 상태로 변화시키는 것이 불가결한 요건이다.

완속여과에서는 원수탁도가 30NTU 이상이 되면 보통침전시킨 다음에도 탁도가 높아서 여과층이 빨리 막히므로 응집침전으로 탁도를 낮추어야 한다. 따라서 이와 같은 경우에는 완속여과시설에서도 응집용 약품주입설비가 필요하다.

응집용약품은 응집제, pH조정제(산제, 알칼리제), 응집보조제로 크게 구분된다.

응집제는 원수 중의 현탁물질을 플록형태로 응집시켜 침전되기 쉽고 여과지에서 포착되기 쉽게 하기 위하여 사용하며, pH조정제로서 원수의 pH가 지나치게 높은 경우에 산제가 또 원수의 알칼리도가 부족할 때에는 알칼리제가 사용되며, 응집보조제는 플록형성과 침전 및 여과효율을 향상시키기 위하여 응집제와 함께 사용한다. 사용하는 약품은 처리효과를 향상시키는 외에도 주입 후의 수질이 외관이나 독성 등의 면에서도 위생적으로 지장이 없어야 하며 취급하기 쉬운 조건 등을 구비해야 한다.

약품주입률은 자-테스트(jar-test)로 결정하는 방식이 일반적이다. 자-테스트의 자동화 또는 원수탁도와 알칼리도 등을 수질계기로 연속측정하고, 그 측정결과에 따라 약품주입률을 자동으로 산출하는 방식도 있다. 약품주입량은 설비용량의 결정에 필요하며 원수수질에 따라 변하므로 충분한 조사가 필요하다.

응집용약품의 저장설비는 사용량을 고려하여 적절한 용량으로 하며 주입설비는 주입량의 최대로부터

최소까지 정밀하게 계량하고 조절하여 주입할 수 있는 용량과 대수가 필요하다. 주입방식은 약품의 성질과 상태 및 처리수량의 다소 등에 따라 습식이나 건식, 정량주입이나 유량비례주입 등 사용조건에 알맞은 방식을 선정한다. 약품은 대개 강한 산성이나 알칼리성을 띄고 있으므로 설비는 내식성의 구조와 재질로 해야 한다.

5.3.2 응집제

1. 응집제의 종류는 원수의 수량, 탁도(최고치와 시간적 변화) 등의 수질, 여과방식 및 배출수처리방식 등에 관하여 적절해야 하고 위생적으로 지장이 없어야 한다.
2. 주입량은 다음 각 호에 정하는 바에 따른다.
   1) 주입률은 원수수질에 따라 실험에 의하며, 원수수질의 변화에 따라 적시에 적절하게 조정하는 것이 바람직하다.
   2) 응집제를 용해시키거나 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량과 취급상 용이함을 고려하여 정한다. 다만, 희석배율은 가능한 한 적은 것이 바람직하다.
   3) 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
3. 주입지점과 주입방법은 응집약품이 순간적으로 원수에 균일하게 혼화되는 지점과 방법으로 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 : 정수용 수처리제는 환경부 고시로 지정된 제품이며, 응집제는 황산알루미늄(알럼(alum)이라고도 함, 이 「시설기준」에서는 황산알루미늄과 알럼을 혼용함), 폴리염화알루미늄(poly aluminum chloride, PAC*l* : 보통은 PAC라고 하였지만 분말활성탄(PAC)과 구분하기 위하여 PAC*l*로 표시함) 등의 알루미늄염이 주로 사용된다. 그 밖에 황산제1철, 황산제2철, 염화제2철 등의 철염이 사용되며 외국에서는 여러 가지 유기고분자응집제(polymer)를 사용하기도 한다. 다만, 유기고분자응집제는 식품에 첨가할 정도의 안전성이 공인된 것 이외에는 정수처리에 사용하는 것은 바람직하지 않다.

유기고분자응집제 중에서 폴리아크릴산계 아크릴아미드와 아크릴산염의 공중합체 등의 폴리아크릴아미드계는 건강상의 위해성 논란이 있으므로 정수처리에 사용하는 것이 바람직하지 않다. 알루미늄도 건강상의 위해도에 대하여 고려해야 하며 처리수 중의 잔류알루미늄 농도의 허용치가 0.2 mg/L로 규제되고 있으므로 응집제 주입량의 최적화가 필요하다.

알루미늄염의 응집작용은 알루미늄염을 물에 가하면 쉽게 가수분해되어 양(+)전하로 하전(荷電)된 알루미늄수산기중합체(중합체에서 $Al(OH)_3$로 된다고 함)가 된다. 수중의 탁질 콜로이드는 그 표면이 음(-)전하로 하전되어 있으므로 콜로이드가 상호 반발하기 때문에 잘 침전되지 않으나, 수산화알루미늄의 양(+)전하로 중화되면 미립자가 상호집합하여 커지면서 물 속에 있는 유기물, 세균, 무기물, 생물 등까지 끌어들여 플록으로 성장한다.

황산알루미늄(alum)은 '황산반토'라고도 하며 고형과 액체가 있으며, 최근에는 취급이 용이하므로 대부분의 경우 액체가 사용된다. 황산반토는 대부분의 탁질에 대하여 유효하다. 고탁도시나 저수온시 등에는 응집보조제를 병용함으로써 처리효과가 상승된다. 액체황산알루미늄은 겨울철에 산화알루미늄

농도가 높으면 결정이 석출(〔그림 5.3.1〕 참조)되어 송액관을 막히게 하는 예가 있으므로 사용농도에 주의해야 한다.

폴리염화알루미늄(PACl)은 액체로서 그 액체 자체가 가수분해되어 중합체로 되어 있으므로 일반적으로 황산알루미늄보다 적정주입 pH의 범위가 넓으며 알칼리도의 감소가 적다는 점 등의 특징이 있다. 그러므로 최근에는 소규모시설과 한랭지의 상수도에서도 상시 사용하는 곳이 많아졌다. 다만 폴리염화알루미늄의 산화알루미늄 농도가 10~18 %이고 -20℃ 이하에서는 결정이 석출되므로 한랭지에서는 보온장치를 하는 것이 필요하다.

처리성과 경제적인 면에서 본다면 평상시에는 황산알루미늄이나 폴리염화알루미늄을 사용하고 고탁도시나 저수온시에는 고염기도 계통의 응집제를 사용하는 방법도 바람직하다. 폴리염화알루미늄은 6개월 이상 저장하면 변질될 가능성이 있으므로 주의해야 한다. 또한 폴리염화알루미늄을 황산알루미늄과 혼합 사용하면 침전물이 발생하여 송액관을 막히게 하므로 혼합하여 사용하지 말아야 한다. 알루민산나트륨은 알루미늄분을 많이 함유하고 또 알칼리제로서 기능도 있으나 황산알루미늄과 병용해야 하고 수질에 따라서는 효과적일 때가 있으나 사용하는 예가 적다.

철염계 응집제는 적용 pH의 범위가 넓으며 플록이 침강하기 쉽다는 이점도 있지만, 과잉으로 주입하면 물이 착색되기 때문에 주입량의 제어가 중요하다. 염화제2철은 해수담수화의 전처리를 위한 응집제로도 사용되고 있다. 이들 응집제의 품질규격은 최근의 환경부 고시에 따른다.

2.에 대하여 ; 저장과 주입설비의 용량은 약품주입량에 따라 결정되며 설계상 필요한 수치는 최대, 최소 및 평균주입량이다.

2. 1)에 대하여 ; 응집제 주입률은 약품의 종류, 원수의 수온, 탁도, pH, 알칼리도 등에 따라 달라진다. 또 철, 망간, 맛과 냄새를 처리하기 위하여 전염소나 분말활성탄을 처리할 때에나 응집침전시설의 효율, 침전지와 급속여과지에서 탁질부하 배분, 직접여과법에 의한 처리 등 많은 요소에 따라 달라지나 설비용량을 결정하는 기초가 되는 주입률은 다음과 같이 정한다.

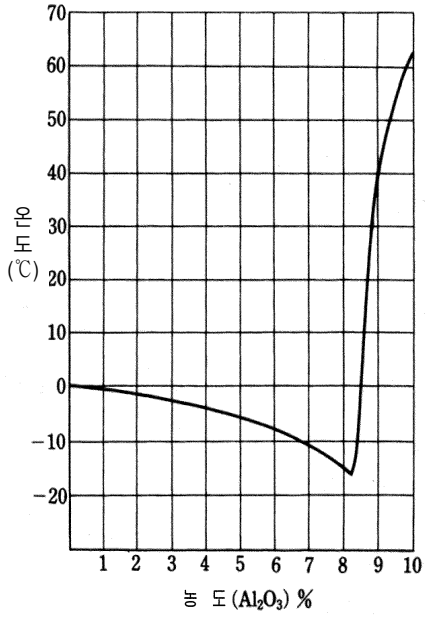
홍수로 원수의 고탁도시, 저탁도시, 저수온시 및 그 하천환경으로부터 예상되는 최고온도 등에 해당하는 인공현탁액(주 : 인공현탁액은 그 하천바닥에 침전된 고운 흙이나 점토를 사용)을 만들고 이들 현탁액에 대한 자-테스트(jar-test)를 실시하여 응집제를 선정하고, 알칼리제와 응집보조제의 필요 여부, 사용약품의 종류에 따른 최고, 최저 및 평균주입률 등을 정한다.

응집제의 주입량 결정은 동일수계에서 다른 정수장의 경우 등도 참고로 한다. 〔그림 5.3.2〕는 원수탁도와 주입률과의 관계의 예를 나타내었다.

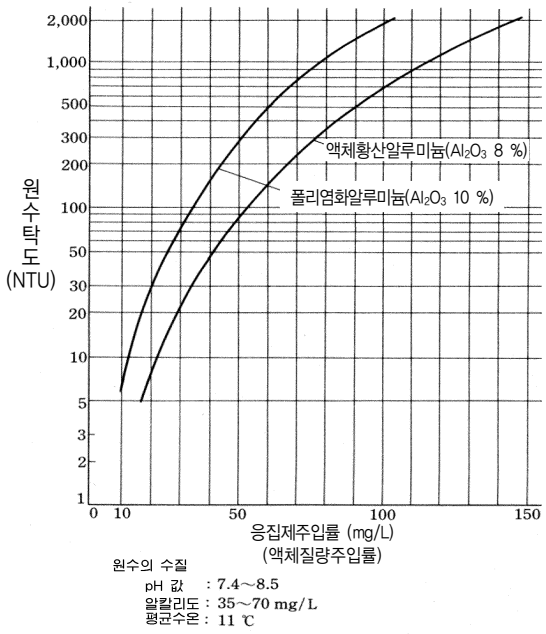
원수수질은 하루 중에도 변화가 많을 수 있으므로 응집제 주입률은 원수수질이 변함에 따라 적시에 적절하게 조절할 수 있도록 대비하는 것이 바람직하다. 일부 정수장에서는 제타포텐셜미터(zeta potential meter)나 SCD(streaming current detector) 등의 측정기기를 활용하여 응집제 주입량을 자동보정하려는 추세도 있다.

크립토스포리디움 등 병원성 미생물로 원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 원수수온과 수질검사 결

과에 알맞은 응집제를 적정한 주입률로 주입하는 것과 함께 pH조정이 중요하며, 각종 수질항목의 값을 인자로 하는 주입률연산식을 설정하는 것에 관하여 고려해야 한다.



[그림 5.3.1] 액체황산알루미늄의 결정석출곡선



[그림 5.3.2] 원수탁도와 응집제 주입률의 예

[5.3.2 참고 1] 자-테스트(jar-test)

자-테스트는 자-테스터(jar-tester)를 사용하여 시험한다. 원수 1L 또는 2L를 각 원형 자(jar) 또는 4각형의 자(jar)에 채우고, 교반날개(임펠러)의 주변속도를 약 40 cm/s로 조절한다. 이어서 단계적으로 주입률을 바꿔 자(jar)에 응집제를 재빠르게 첨가하면서 주변속도 40 cm/s의 급속교반을 1분간, 그리고 주변속도 약 15 cm/s로 10분간 완속교반을 계속한다. 10분간 정치한 다음에 상징수 약 500 mL를 사이펀 또는 경사법으로 조용히 채취한다. 그 사이 플록형성과 침전상태를 관찰한다(☞ 자-테스트 방법은 각 정수장의 조건에 따라 달라질 수 있다).

채취한 시료에 대하여 탁도, pH, 알칼리도 등을 측정하여 플록형성과 침전상태의 양부를 종합적으로 판단하며 적정주입률을 결정한다. 자-테스트로 좋은 응집효과를 얻지 못하였을 때에는 응집제 주입률을 바꾸거나, 그 위에 산제, 알칼리제, 응집보조제를 병용하여 테스트를 되풀이한다. 자-테스트에 사용되는 응집제는 실제로 사용하는 응집제를 사용하여 1 w/v % 용액을 만들고 그 1 mL을 원수 1 L에 주입(또는 2 w/v % 용액을 만들고 그 1 mL를 원수 2L에 주입)하면 10 mg/L의 비율로 되므로 편리하다. 또 폴리염화알루미늄을 희석한 용액은 시간이 경과함에 따라 가수분해되어 백탁(白濁)으로 된다. 이와 같은 용액을 사용하여 자-테스트를 하면, 올바른 응집효과를 판단할 수 없다.

2. 2)에 대하여 : 고형황산알루미늄은 중량비로 5~10 % 용액으로 하여 사용하는 것이 편리하다. 주입량이 적을 때에는 농도를 적게 하고 주입량이 많을 때에는 농도를 20~30 %까지 할 수 있다. 액체황산알루미늄은 원액을 그대로 사용할 때가 많으나 결정석출의 우려가 있을 때에는 산화알루미늄으로서 6~8 % 정도의 일정한 농도로 희석하여 사용한다. 다만, 황산알루미늄 용액이 너무 희석되면 응집효능을 잃게 되므로 주의해야 한다. 폴리염화알루미늄은 물에 용해되면 가수분해가 촉진되므로 원액을 그대로 사용하는 것이 바람직하다.

2. 3)에 대하여 : 주입량은 처리수량에 응집제주입률을 곱하여 산정한다. 고형황산알루미늄을 용해하여 사용할 때에는 농도에 따라 주입량이 달라지고, 액체황산알루미늄 원액을 희석하여 사용할 때에는 주입률산정시 희석배수도 계산에 고려해야 한다. 액체인 경우의 주입률은 고형황산알루미늄 환산주입률(mg/L), 용적주입률(mL/m^3), 액체질량주입률(mg/L) 등으로 표시방법이 여러 가지이나 모두 ppm으로 호칭되므로 주의해야 한다.

주입량 산출식을 예시하면,

⑴ 고형황산알루미늄의 용적주입률

$$V_v = Q \times R_S \times \frac{100}{C} \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.3.1)}$$

여기서

V_v : 고형황산알루미늄을 용해하여 C(%)의 농도인 황산알루미늄용액의 용적주입률(L/h)

Q : 처리수량(m^3/h)

R_s : 고형황산알루미늄 주입률(mg/L)

C : 고형황산알루미늄을 용해하였을 때의 용액농도(%)

※ 고형황산알루미늄의 중량주입률은

$$M = Q \times R_S \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.3.2)}$$

여기서

M : 고형황산알루미늄의 중량주입률(kg/h)

⑵ 액체황산알루미늄의 용적주입률(주입률을 고형황산알루미늄으로부터 산정할 때)

$$V_v = Q \times R_S \times \frac{C_1}{C_2} \times \frac{1}{d} \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.3.3)}$$

여기서,

V_v : 액체황산알루미늄의 용적주입률(L/h)

C_1 : 고형황산알루미늄의 Al_2O_3(%)

C_2 : 액체황산알루미늄의 Al_2O_3(%)

d : 액체황산알루미늄의 밀도(kg/L)

⑶ 액체황산알루미늄의 용적주입률(주입률을 액체황산알루미늄 주입용량으로부터 산정할 때)

$V = Q \times R_L$ ····· (참고 5.3.4)

여기서,

V : 액체황산알루미늄의 용적주입률(L/h)

R_L : 액체황산알루미늄의 주입률(mL/L)

⑷ 액체황산알루미늄의 용적주입률(주입률을 액체황산알루미늄 주입질량으로부터 산정할 때)

$V = Q \times R_m \times \frac{1}{d} \times 10^{-3}$ ····· (참고 5.3.5)

여기서,

V : 액체황산알루미늄의 용적주입률(L/h)

R_m : 액체황산알루미늄의 주입률(mg/L)

d : 액체황산알루미늄의 밀도(kg/L)

3.에 대하여 ; 응집제가 주입된 후 수중에서 가수분해되어 콜로이드 입자와 반응하는 데 걸리는 시간은 원수 내의 상황에 따라 수십분의 일초에서 수초 이내에 종료되는 것으로 알려지고 있다. 따라서 효과적으로 응집되기 위해서는 급속교반할 수 있는 혼화장치 외에도 주입 즉시 강하게 교반될 수 있는 응집제 주입지점을 선정하는 것도 매우 중요하다.

혼화방식으로서는 수류식이나 기계식 및 펌프확산방식, 관내설치 혼화방식 등이 있다. 또한 주입지점은 혼화방식에 따라 달라지며 낙차지점 또는 회전날개의 근접지역이나 유입관의 중심부 등 주입과 동시에 신속한 교반이 이루어 질 수 있는 지점이어야 한다.

5.3.3 pH조정제(산제·알칼리제)

1. pH조정제의 종류는 원수수질에 따라 응집효과를 높이는데 적절하고, 또 위생적으로 지장이 없는 약품이어야 한다.
2. 주입량은 다음 각 호의 정하는 바에 따른다.
   1) 주입률은 원수의 알칼리도, pH 및 응집제 주입률 등을 참고로 하여 정한다.
   2) pH조정제를 용해 또는 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량이 적절하고 취급이 용이하도록 정한다.
   3) 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
3. 주입지점은 응집제주입지점의 상류측이 일반적이며 혼화가 잘 되는 장소로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; pH조정제로는 원수의 pH를 높이기 위하여 소석회, 소다회 및 액체수산화나트륨 등을 사용할 수 있으며, 부영양화 등의 이유로 높아진 원수의 pH를 낮추기 위하여 황산이나 이산화탄소 등의 산성약품을 사용할 수도 있다. 다만 정수를 목적으로 사용되는 약품은 환경부에서 고시하는 제품이어야 한다.

응집작용의 원리에서 알루미늄염은 수중의 알칼리성분과 반응하여 〈표 5.3.1〉에 표시된 비율에 따라

소비되므로 원래 알칼리도가 낮은 원수나 다량의 응집제가 사용되는 고탁도시에는 부족한 알칼리분을 보충하여 알칼리도와 pH를 조정하고 충분한 응집효과를 내도록 해야 한다.

〈표 5.3.1〉 정수약품 1 mg/L주입에 따른 알칼리도의 증감

약품명		알칼리도	
		증가	감소
소석회(CaO 기준) 72 %		1.29	
소다회(Na_2CO_3) 99 %		0.93	
액체수산화나트륨(NaOH)	(45%)	0.56	
	(20%)	0.25	
황산알루미늄(Al_2O_3 기준)	액체(7%)		0.21
	액체(8%)		0.24
	고형(15%)		0.45
폴리염화알루미늄(Al_2O_3 (10 %) 염기도(50 %) 기준			0.15
염소(Cl_2)			1.41

알칼리제로는 소석회, 소다회 및 수산화나트륨 등이 사용된다. 이 중에서 소석회는 경제적이지만 분말이기 때문에 취급하기가 곤란하고 완속여과지에 사용하면 여과모래가 서로 부착되는 경우가 있다. 소다회가 입상일 경우에는 취급하기 쉽다. 수산화나트륨은 극약이므로 취급에 주의해야 하며 주입하기는 쉽다.

산제와 알칼리제에 대한 품질규격은 최근의 환경부 고시에 따른다. 상수원이 부영양화된 경우에는 조류가 번성하는 시기에 pH가 높아지므로 응집에 필요한 적정 pH로 조정하기 위하여 황산을 사용할 필요가 있다. 또한 산제 중 액화이산화탄소도 상수도용으로 고시되어 있다.

2. 1)에 대하여 ; 산제나 알칼리제의 주입률은 응집제의 주입률과 관련하여 결정해야 하며 또한 원수의 pH, 알칼리도, 응집제 주입률과 자-테스트할 때의 상징수 알칼리도(물의 부식성과의 관련상 20 mg/L 이상 잔류함이 바람직하다) 등으로부터 산제나 알칼리제의 필요성 여부, 필요할 경우의 주입률 범위(최고, 최저, 평균)도 정해야 한다. 산제의 주입률은 미리 대상으로 되는 원수에 대하여 실험으로 구한 수치를 사용하는 것이 바람직하다. 산제의 종류에 따라서는 알칼리도도 저하되기 때문에 원수의 특성에 따라 사용하는 산제의 종류를 선정할 필요가 있다.

알칼리제 주입률은 〈표 5.3.1〉의 수치를 사용하여 다음 식으로 산출한다.

$$W = [(A_2 + K \times R) - A_1] \div F \quad \cdots\cdots (5.3.1)$$

여기서

W : 알칼리제 주입률(mg/L)

A_1 : 원수 중의 알칼리도(mg/L)

A_2 : 처리 후에 남아 있어야 할 알칼리도(mg/L)

K : 〈표 5.3.1〉에서 제시한 사용응집제 수치

R : 응집제 주입률(mg/L)

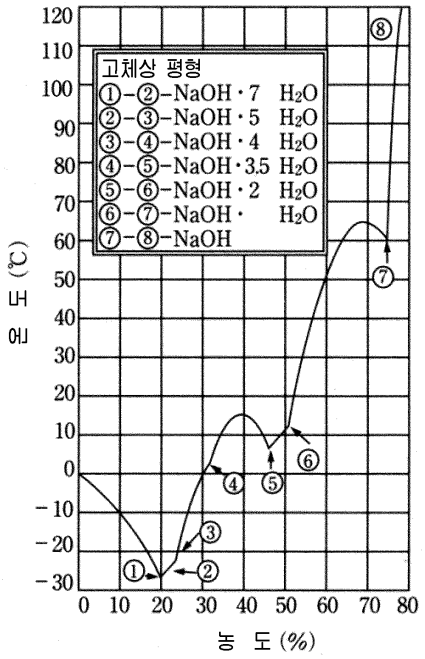
F : 〈표 5.3.1〉에서 제시한 사용 알칼리제의 수치

전염소처리를 할 때에는 염소(Cl_2) 1 mg/L에 대하여 알칼리도는 이론상 1.41 mg/L를 소비하나 전염소주입률이 높을 경우에는 보정이 필요하다.

2. 2)에 대하여 ; 진한 황산 취급에 대해서는 물과 접하면 심하게 발열하기 때문에 정수장에서는 희석하지 않고 사용할 목적에 따른 농도의 묽은 황산을 구입하여 사용하는 것이 일반적이다.

소석회와 소다회는 대개 건식으로 주입하지만, 습식으로 주입할 경우에는 소석회를 석회유(石灰乳)로 하여 10~20 %, 소다회는 5~10 % 정도의 용액으로 하면 사용하기가 편리하다.

수산화나트륨 45 % 원액은 액온 5~10 ℃ 이하에서 〔그림 5.3.3〕에서 보는 바와 같이 결정이 석출되므로 수산화나트륨은 20~25 %로 희석하거나 희석된 것을 구입하여 저장하고 사용하면 된다.



[그림 5.3.3] 수산화나트륨의 결정 석출 곡선

2. 3)에 대하여 ; 주입률 산출은 5.3.2 응집제의 〔해설〕을 참조

3.에 대하여 ; 산제와 알칼리제는 응집제를 가장 양호한 조건하에서 사용할 수 있도록 알칼리도와 pH를 조정하기 위한 것이므로 일반적으로 응집제 주입지점보다 상류 측에서 주입한다. 그러나 응집제를 주입한 다음 알칼리제를 주입하는 경우가 더 효과적일 경우도 있으므로 자-테스트로 비교 시험하여 결정해야 한다. pH조정제를 주입하기 위하여 체류시간 1분 정도의 별도 혼화지를 설치할 수도 있다.

5.3.4 응집보조제

1. 응집보조제는 원수 수질에 따라 플록형성과 침전 및 여과의 효과를 높이는데 적당하고 위생적으로 지장이 없는 것이라야 한다.
2. 주입량은 다음 각 호의 정하는 바에 따른다.
   1) 주입률은 원수 수질에 따라 실험으로 정한다.
   2) 응집보조제를 용해 또는 희석하여 사용할 경우의 농도는 주입하거나 취급하기 용이하도록 정한다.
   3) 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
3. 주입지점은 실험으로 정하고 혼화가 잘 되는 지점으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 강우로 인하여 원수 탁도가 높아졌을 경우나 겨울철에 저수온일 때 또는 처리수량을 증가시키고자 할 경우에는 응집제만을 사용하거나 또는 pH조정제(산제나 알칼리제)와 병용하는 일반적인 방법으로는 플록이 잘 형성되지 않고 침전수 탁도가 상승함으로써 여과수탁도가 높아지는 경우가 있다. 이와 같은 경우에 크고 무거운 플록을 형성시켜서 잘 침전 분리되도록 하고 플록을 단단하게 만들어서 급속여과지에서 쉽게 제거되도록 해야 한다. 또한 철, 망간, 생물 등을 제거하는 경우와 분말활성탄을 주입할 때에도 침전과 여과효과를 더욱 높이는 것이 필요하며, 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 응집보조제를 사용한다. 일반적으로 응집제로서 황산알루미늄을 사용할 때에는 응집보조제가 필요하고, 폴리염화알루미늄을 사용할 때에는 필요로 하지 않는 경우가 많다.

응집보조제로서는 규산나트륨과 알긴산나트륨이 사용되고 있으며 외국에서는 그 밖에 여러 가지 합성유기고분자 응집제가 활용되기도 한다. 저수온이나 저농도로 응집하기 어려운 경우에는 10 mg/L 정도의 카오린이나 분말활성탄을 주입하는 방법도 있다. 설비가 간단하고 효과가 높기 때문에 소규모 정수장에서 채택하는 경우가 많다. 이들 응집보조제를 주입할 때에는 미리 자-테스트로 효과를 확인해야 한다. 합성유기고분자 응집제는 다양한 기본물질들이 개발되고 있지만, 식품에 첨가할 정도의 안전성이 공인된 것이어야 하며 건강상 위해성의 논란이 되는 물질을 정수처리과정에서 사용해서는 안 된다.

활성규산은 규산나트륨을 산(황산, 이산화탄소 등)으로 어느 정도 중화시켜서 숙성한 다음 규산을 중합시켜 고분자콜로이드로 만든 것으로, 규산콜로이드와 응집제에서 생성된 수산화알루미늄과의 하전중화에 의하며 응집보조제로서 기능은 우수하지만, 여과지에서 손실수두가 빠르게 상승하며 활성화 조작에 어려움이 있다. 응집보조제의 규격은 최근의 환경부 고시를 참조한다.

알긴산나트륨은 미역과 같은 해초로 만들어지는 천연고분자제의 약품으로서, 그 작용은 가교흡착과 이온교환작용이라고 하며 분말을 그대로 용해하여 사용하므로 편리하나 순도가 높으면 점성이 커서 용해시키는데 시간이 걸린다. 그 밖의 고분자응집제도 외국에서는 여러 가지가 사용되고 있지만, 정수중에 잔류하는 아크릴아미드모노머의 농도가 기준치를 넘지 않도록 운전 관리해야 한다.

2. 1)에 대하여 ; 응집제의 주입률을 결정할 때에는 자-테스트 결과 등으로 응집보조제의 필요 여부를 판단하고, 필요한 경우에는 최고, 최저 및 평균주입률 등 응집보조제 주입률 범위를 정해야 한다. 통상

활성규산은 SiO_2로서 1~5 mg/L, 알긴산나트륨은 0.2~2 mg/L의 범위로 주입된다.

2. 2)에 대하여 ; 활성규산은 활성화가 과대하면 응고되어 주입장치가 막히게 되므로 SiO_2 기준으로 0.5 % 정도 희석한 용액으로 사용해야 한다. 알긴산나트륨은 1 % 이하로 희석하여 사용해야 한다.

2. 3)에 대하여 ; 주입량 산출은 5.3.2 응집제의 〔해설〕을 참조할 것.

3.에 대하여 ; 주입지점을 응집제를 주입하기 전, 후 또는 동시 중에서 어느 지점에서 주입하는가를 자-테스트를 통하여 효과를 비교하고 결정한다.

5.3.5 검수설비와 저장설비

1. 응집약품을 납품받고 저장하기 위하여 적절한 검수용 계량장비를 설치한다.
2. 약품저장설비는 구조적으로 안전하고 약품의 종류와 성상에 따라 적절한 재질로 한다.
3. 저장설비의 용량은 계획정수량에 각 약품의 평균주입률을 곱하여 산정하고 다음 각 호를 표준으로 한다.
   1) 응집제는 30일분 이상으로 한다.
   2) 알칼리제는 연속 주입할 경우 30일분 이상, 간헐 주입할 경우에는 10일분 이상으로 한다.
   3) 응집보조제는 10일분 이상으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 응집약품을 납품받을 경우에는 약품형태와 저장규모에 적합한 계량장치를 설치하여 공급자와 수납인이 납입량을 상호 확인할 수 있도록 해야 한다. 응집용약품은 고형으로는 포대로 납품되며, 액체로는 용기, 탱크로리 등에 의해 운반된다. 검수용 설비로서는 소량을 취급하는 경우에는 천평저울, 대량인 경우에는 트럭스케일 등 시설규모에 따라 적당한 것을 설치해야 한다. 액체인 경우에는 유량계 또는 검수조와 액면계를 사용하여 계량하는 경우도 있다. 또한 외관검사, 밀도검사 등 간단히 품질을 확인하며 공급자로부터 품질분석표를 받고 외관이나 비중 등을 측정할 수 있는 장소와 장비를 마련하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 응집용 약품저장조는 콘크리트제, 강제, 강화플라스틱(FRP)제 등으로 구조상 안전해야 하고 관리와 주위환경을 고려하여 보수점검 등이 용이하도록 적당한 장소에 설치해야 한다. 설치장소로서는 옥내외를 막론하고 누출액을 발견하기 쉽고 검사와 관리가 용이한 구조와 배치가 되어야 한다. 또한 만약 응집제가 누출되는 경우를 대비하여 주변에 방액제(防液堤), 중화장치, 폐액저류조 등을 설치하여 두는 것이 바람직하다. 황산알루미늄을 액상으로 저장하는 설비로는 에폭시수지라이닝, 경질 또는 연질의 염화비닐판을 붙이는 등 내산재료를 사용하거나 스테인리스피복 등의 내산재료를 사용해야 한다.

라이닝이 실패하는 것은 대개 접합부분이 불완전하거나 핀홀의 발생 또는 접합부분이 박리되는 것 등이므로 시공하기 쉬운 재료를 선정하고 핀홀검사기를 사용하여 핀홀을 검사하는 등 충분히 시공 관리해야 한다.

최근 많이 사용되는 폴리염화알루미늄은 수도용황산알루미늄보다 pH는 중성에 가까우나 부식성이 커서 스테인리스강도 침식시키므로 합성수지나 고무 등으로 라이닝하거나 FRP제 저장조를 사용해야 한다.

액체황산알루미늄은 운반하거나 저장하기 위하여 농도가 높을수록 유리하나 농도가 9% 이상으로 너무 높으면 상온이라도 결정이 석출되며 점성이 높아져서 계량하거나 주입하는데 지장이 있다.

실험에는 〔그림 5.3.1〕에서 나타낸 바와 같이 가장 안정된 산화알루미늄의 농도인 6~8%를 사용한다. 기온이 많이 떨어지는 한랭지역에서는 석출온도 이하로 온도가 하강할 경우가 있으므로 저장설비와 계량 및 주입설비에도 보온장치를 설치할 필요가 있다.

고형황산알루미늄은 운반하기 용이하도록 저장장소를 용해조 근처에 설치하는 등 작업동선을 고려해야 한다. 또한 운반량이 많을 경우에는 엘리베이터, 벨트컨베이어, 포오크리프트 등의 운반용구가 필요하다. 약품을 바닥에 직접 놓지 않는 것도 필요하다.

pH조정제 중에서 산제인 황산은 독극물로서 법규의 규제를 받는 경우가 있다. 이산화탄소는 독극물 규제는 없지만, 저장량이 많아지면 「고압가스안전관리법」의 규제대상이 된다. 진한황산은 98% 용액으로서는 액온이 3 ℃ 이하가 되면 결정이 석출되기 때문에 환경부에서 고시한 93% 용액 또는 75% 용액으로 저장하는 것이 바람직하다. 산제의 저장설비는 내식성이 높은 재료로 사용하며 진한황산을 저장하는 경우에는 공기 중의 수분을 흡수하여 강재 등이 부식되는 경우가 없도록 저장탱크는 밀폐형으로 할 필요가 있다.

pH조정제 중에서 알칼리제인 수산화나트륨과 같이 pH가 높은 것은 유기물질을 용해하는 성질이 있어서 위험하므로 내알칼리성 재료를 사용해야 한다. 뿐만 아니라 수산화나트륨은 독극물이므로 저장장소 밖으로 비산 또는 유출되는 것에 대비하여 대책을 강구해야 하며 취급 작업시 인체에 접촉되지 않도록 해야 하고 방호설비와 세안기 등을 설치해야 한다.

수산화나트륨은 공기 중의 탄산가스를 흡수하여 그 효능이 감소되므로 밀폐식 구조로 해야 한다. 또한 수산화나트륨은 45% 용액을 구입할 수 있으나 액온이 5~10 ℃ 이하가 되면 결정이 석출되므로 용액의 농도를 20~25%로 저장한다. 수산화나트륨을 직접 공장에서 납품받을 때 액온이 70 ℃에 가까운 고온인 경우도 있으며, 희석할 때 격렬한 발열반응이 있으므로 희석조 구조와 라이닝이 큰 폭의 온도변화에 견딜 수 있도록 해야 한다.

소석회는 습기가 많으면

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

으로 반응하여 탄산칼슘으로 변하고 소석회의 유효함유량이 감소한다.

소다회는 습기가 들어가면 결정수를 갖는 탄산나트륨으로 변하여 분말이 서로 밀착되고 고결되어 물에 녹지 않게 됨으로써 사용할 수 없게 되므로 저장실은 완전한 방습구조로 해야 한다.

3.에 대하여 ; 약품저장량이 너무 과대하면 설치비가 많이 들고 너무 과소하면 정수처리에 지장을 주므로 필요한 최소한의 용량을 유지해야 한다.

약품구입은 조달청과 계약한 회사나 조합으로부터 적당한 시간간격으로 필요에 따라 발주하면 특별

한 약품이 아닌 한은 쉽게 납품받을 수 있기 때문에, 평상시에는 그다지 큰 저장설비를 필요로 하지 않는다. 그러나 태풍이나 지진 등의 자연재해시에는 수송수단이 두절되거나 약품을 납품받는데 상당한 시일이 소요될 수 있을 것으로 예상된다. 특히 태풍시에는 수일에 걸쳐 원수 탁도가 수백NTU로 지속되는 경우도 있으므로 약품주입량도 늘어나며 약품의 구입난과 겹치는 경우에는 상당한 약품저장량을 확보하지 않으면 정수처리에 지장을 주게 된다. 이러한 것을 고려하여 각 약품의 저장량을 정해야 한다. 계절적으로 수송이 어려운 지역에는 그 사이에 필요한 약품량을 저장하는 설비를 고려해야 한다.

5.3.6 주입설비

응집약품 주입설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.
1. 주입방식은 사용약품의 종류와 성상에 따라 적정하게 주입할 수 있는 방식을 선정한다.
2. 주입장치의 용량은 최소주입량에서 최대주입량까지 안정되게 주입할 수 있고 또한 여유가 있어야 한다.
3. 주입기에는 예비기 또는 예비설비를 함께 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 약품주입방식은 주입량, 제어방식 및 경제성 등의 조건을 비교검토하고 응집제의 종류, 원수의 특성, 처리수량의 변화, 후속처리공정, 비용 등을 종합적으로 고려하여 정하도록 한다. 약품주입장치에는 습식주입장치와 건식주입장치가 있으며 사용하는 약품의 종류에 따라 적당한 방법을 선정해야 한다.

일반적으로 분말약품은 유동성이 매우 불량하기 때문에 건식으로 안정적으로 주입하는 것을 기대하기 어렵다. 건식주입은 저장조나 주입기 호퍼의 추출부에 가교(bridge)현상을 방지하기 위한 대책이나 급격한 방출 방지를 위한 대책을 마련하는 등 충분히 주의해야 한다. 습식주입은 오리피스를 이용한 자연유하식의 정량주입설비나 원심력펌프 또는 플런저펌프(plunger pump) 등에 의한 펌프주입방식 또는 이젝터(ejector)주입방식 등이 있다.

용량제어식의 펌프주입은 주입량을 동시에 제어할 수는 있지만 주입량이 설정치와 일치하는가를 확인하기 어렵다. 원심력펌프와 조절밸브·전자유량계를 조합시킨 주입방식은 유량계로 주입량을 계측하고 설정치와의 편차를 조절밸브에 피드백(feed-back)하여 제어하는 방법이다. 일단 고가탱크(약품주입조)에 약품을 채운 다음 자연유하식으로 주입하며, 그 주입량을 유량계와 조절밸브로 제어하는 방식도 있다.

건식주입에는 중량계량으로 주입하는 방식과 용량계량으로 주입하는 방식이 있으나, 이 중 어느 것을 선택하는가는 약품의 성상과 설비규모 및 기능상의 장단점 등을 고려하여 결정해야 한다. 일반적으로 사용되는 각 약품의 주입방식은 〈표 5.3.2〉과 같다.

액체약품의 주입펌프에는 STS316 이상, 세라믹 또는 고무나 염화비닐의 라이닝을 한 내식성 펌프를 사용하고, 배관재료도 경질염화비닐관, 내충격성 염화비닐관, 고무라이닝강관, 염화비닐라이닝강관 등 내식성이 강한 재질을 사용해야 하며 필요에 따라 보온조치를 해야 하고 자외선에 견딜 수 있는 조

치를 취해야 한다. 또한 신축조인트 등을 적절하게 배치하여 내진성이 있는 설비로 한다.

약품주입설비에 사용되는 밸브류는 스테인리스제, 약품에 접하는 부분에 합성고무, 천연고무 등을 사용한 내식성 다이어프램밸브 등을 사용한다. 알칼리제는 전부 철제를 사용한다.

일반적으로 사용하는 각 약품의 내식성 재료를 〈표 5.3.3〉에 나타내었다.

〈표 5.3.2〉 약품주입방식

	약품의 종류	주입방식	적 요
응집제	액체황산알루미늄 PAC*l* 고형황산알루미늄	습식 습식 습식	산화알루미늄(Al_2O_3) 농도 6~8 % 사용 산화알루미늄(Al_2O_3) 농도 10~18 % 사용 고형황산알루미늄은 수용액으로 주입한다.
산제	황산 이산화탄소	습식 습식	황산(H_2SO_4)농도 98 %를 100~80배로 희석한 것을 사용한다. 액화가스를 기화기를 사용하여 주입한다.
알칼리제	수산화나트륨 소석회 소다회	습식 건식 또는 습식 건식 또는 습식	일반적으로 20~25 %로 희석하여 사용한다. 소석회는 건식주입기를 사용하거나 일정 농도의 석회유로 하여 용량계량펌프로 주입한다. 소다회는 세립상의 것을 건식으로 주입할 때와 배치식으로 일정 농도의 수용액으로 하여 주입하는 경우가 있다.
응집보조제	활성 규산 알긴산나트륨	습식 습식	규산소다용액(SiO_2 1.5 %)을 활성화한 후 SiO_2 0.5 % 정도의 용액으로 희석 사용한다.

〈표 5.3.3〉 정수용 약품의 내식성 재료

약 품 명	금 속 계	수 지 계	고 무 계
황산알루미늄	STS316, SCS14	FRP, 염화비닐, 폴리에틸렌, 테프론	천연고무, 합성고무
폴리염화알루미늄	하스테로이C(Hastelloy C), 탄탈륨(tantalum, Ta)	위와 같음	위와 같음
황산	-	위와 같음	위와 같음
이산화탄소	STS304, 316	위와 같음	위와 같음
수산화나트륨	STS304, 316 SCS 13, 14	위와 같음	위와 같음
소다회	SS	위와 같음	위와 같음
소석회	SS	위와 같음	위와 같음
알긴산나트륨	SS	위와 같음	위와 같음
규산나트륨	SS	위와 같음, 유리섬유, 에폭시	

주) SCS : 스테인리스주강품, STS : 스테인리스강, SS : 일반구조용 압연강재

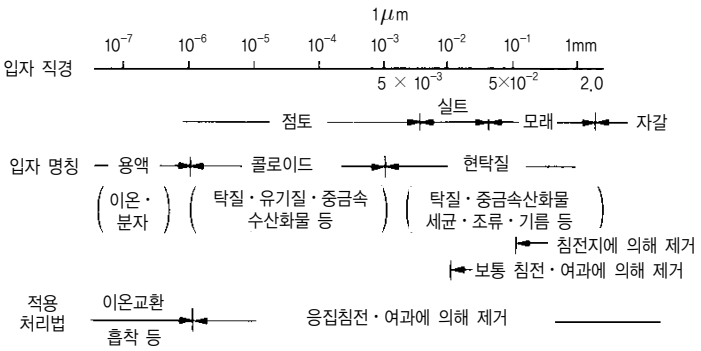
2.에 대하여 ; 약품주입량은 처리수량에 주입률을 곱하여 산출하지만, 주입률은 원수수질에 따라 다르기 때문에 어느 기간동안의 실험이나 과거의 실적을 참고로 하여 결정해야 한다. 최대주입량과 최소주입량의 비는 약품의 종류에 따라 다르지만, 수배에서 수10배까지로 광범위하게 되며 또 처리수량의 변화에 따라서도 크게 변하므로 여러 개의 주입기를 조합하여 사용할 수 있도록 설치하고, 언제나 최대주입량에서 최소주입량까지의 변동범위에 대처할 수 있도록 계획해야 한다. 평균주입량과 최소주입량과의 사이를 양호하게 제어할 수 있는 설비를 상용으로 하고 최대주입량에 대해서는 우회관을 설치하고 거기에 설치된 로터미터(rotameter) 등의 유량계로 대유량을 흘리면서 조정은 상용설비로 조절하는 방법도 있다. 또한 주입기 고장이 많으므로 1대가 고장일 때 다른 주입기가 자체 최대주입량의 75%까지 추가 보충할 수 있는 용량으로 설계해야 하며 예비기를 설치하는 것이 바람직하다. 또 계측제어설비에 대해서는 8.11 계측제어용 기기, 8.13.5 응집용 약품주입설비 및 8.13.11 알칼리제·산제 주입설비를 참조한다.

3.에 대하여 ; 주입기의 고장과 수리점검 등에 대처하기 위하여 예비기를 설치한다. 예비기는 주입계통마다 1대를 설치하는 것이 바람직하지만, 계통수가 많은 경우에는 상황에 따라 공용으로 할 수가 있다. 또한 여러 종류의 약품을 사용하여 서로 원만하게 주입하는 것을 절제시킬 수 있는 경우에는 예비기를 설치하는 대신에 이러한 절체주입방식을 사용하는 것(병용은 하지 않는다)도 고려할 수 있다.

5.4 응집지

5.4.1 총칙

원수의 탁질 중에서 입경이 10^{-2}mm 이상인 것은 보통 침전이나 여과로 제거가 가능하지만, 입경이 10^{-3}mm(1 μm) 이하가 되면 일반적으로 콜로이드입자라고 총칭하며 그대로의 상태로서는 거의 침강되지 않을 뿐더러 급속여과기구에서도 포착되지 않는다(〔그림 5.4.1〕 참조).



[그림 5.4.1] 수중에 존재하는 물질과 적용처리법

따라서 급속여과방식에서는 이와 같은 탁질을 효과적으로 제거하기 위한 전처리로서 응집조작으로 콜로이드상의 탁질을 플록화하여 약품침전이나 급속여과에서 포착되도록 탁질의 성상을 변화시키는 조작이 반드시 필요하다. 또한 양호한 플록을 효과적으로 형성시키는 약품혼화와 플록형성 등을 강구해야 한다.

조작기능을 검토해 보면 응집제를 첨가한 다음 가능한 한 빨리 교반시켜 탁질을 미소한 플록으로 생성시키는 단계와, 생성된 미소플록을 크게 성장시키기 위하여 천천히 교반하는 단계로 구분할 수 있으며, 이 두 단계의 기능을 분리하여 전단계를 혼화, 후단계를 플록형성이라 한다. 즉 응집지는 이와 같은 기능에 따라 급속혼화시설(혼화지 포함)과 플록형성지로 구성된다.

다만, 정수장을 건설할 때에 혼화지나 플록형성지에서 침전지를 거치지 않고 여과지로 직접 연결되는 연결관을 설치하여 두면 저탁도의 원수가 장기적으로 유입되어 침전효율이 낮을 때에는 정수장 관리인의 판단으로 침전처리를 생략하는 직접여과 방식 내지는 플록형성까지 생략하고 혼화 후에 여과하는 인라인 여과 방식을 채택함으로써 정수장의 운영효율을 높이는 것이 바람직하다.(5.7.19 직접여과 참조).

또 플록형성지의 계측제어에 대해서는 8.11 계측제어용 기기 및 8.13.6 플록형성지와 침전지를 참조한다.

5.4.2 급속혼화시설(혼화지 포함)

응집을 위한 급속혼화시설에는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 급속혼화방식에는 수류식이나 기계식 및 펌프확산에 의한 방법으로 달성할 수 있다.
2. 기계식 급속혼화시설을 채택하는 경우에는 1분 이내의 체류시간을 갖는 혼화지에 응집제를 주입한 다음 즉시 급속교반시킬 수 있는 혼화장치를 설치한다.
3. 혼화지는 수류 전체가 동시에 회전하거나 단락류를 발생하지 않는 구조로 한다.

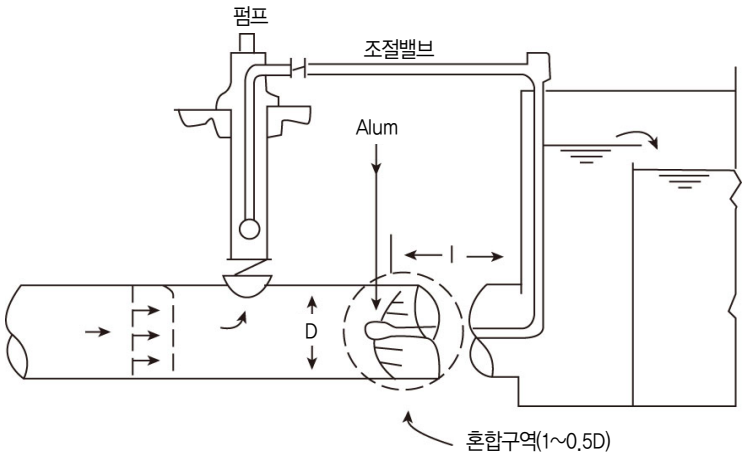
【해설】

급속혼화의 목적은 응집제를 단시간 내에 골고루 확산시키는 것이다. 효과적인 급속혼화는 알럼(alum)이나 염화제2철과 같은 금속염 응집제를 사용할 경우에 특히 중요하다. 그 이유는 금속염응집제의 함유물이 1초 이내에 가수분해되면서 콜로이드입자로의 흡착도 거의 순간적으로 일어나기 때문이다. 따라서 실제 설계에서 금속염 응집제의 분산은 몇 분의 1초 이내에 이루어져야 한다. 반면에 폴리머, 염소, 알칼리제, 오존, 그리고 과망간산칼륨과 같은 약품들은 가수분해반응이 일어나지 않기 때문에 요구되는 접촉시간은 그리 크게 문제되지 않는다. 실제로 이들 약품의 확산시간은 수초 정도 안에 이루어져도 된다. 응집제의 급속혼화는 화학공업에서 사용하는 보통의 '액체-액체'간의 혼화에 관한 일반적인 개념과는 아주 다르다. 정수장의 경우 정상적인 조건에서 알럼과 물의 비는 1 : 50,000(정수처리 분야에서) 정도이다. 따라서 이러한 소량의 알럼을 원수에 순간적으로 확산시켜야 한다는 것은 매우 특이한 상황이다.

1.에 대하여 ; 급속혼화의 가장 일반적인 방법으로는 기계식 혼화, 수류식 혼화, 인라인기계식 혼화, 인라인고정식 혼화, 가압수확산에 의한 혼화, 파이프 격자에 의한 혼화와 같은 방법들이 있다.

1) 가압수확산에 의한 혼화(diffusion mixing by pressurized water jet)

가압수확산에 의한 혼화는 많은 장점이 있으므로 여러 종류의 급속혼화방식 중에서도 가장 우선적으로 선택된다. 즉, 혼화기에 의한 추가적인 손실수두가 없고 혼화효과가 좋으며, 혼화강도를 조절할 수 있고 소비전력이 기계식 혼화의 절반 이하이다(〔그림 5.4.2〕 참조).



[그림 5.4.2] 확산펌프에 의한 혼화의 예

가압수는 정수장 내 급수용수관, 고양정펌프의 토출수 또는 원수의 펌프가압수를 이용할 수 있다. 원수에 민물고기나 민물조개들과 같은 부유물질이 없어야 하고 탁도가 항상 낮은 경우(5NTU 이하)에만 응집제를 원수에 희석하는데 사용할 수 있다. 만약 위의 조건을 만족시키지 못하고 가압펌프에 바스켓스트레이너(basket strainer)를 설치하지 않으면, 노즐이 막히는 심각한 현상이 발생할 수 있다. 이상적으로는 침전수 또는 여과수를 펌프로 가압하여 사용해야 한다. 또한 약품을 확산시킬 때에 사용되는 압력은 70 kPa(약 0.7 kgf/cm^2) 이상으로 한다.

이 혼화방식의 단점은 첫째, 응집제와 가압수에 있는 부유물로 노즐이 폐색될 우려가 있고, 둘째, 직경 2,500 mm 이상의 대형관이나 넓은 수로에서는 사용하기 어렵다는 점이다. 대용량의 시설에서 사용할 경우에는 여러 개의 주입노즐을 구비하거나 또는 분사노즐을 구비한 파이프격자식 확산방식을 사용해야 한다. 금속염 수산화물의 스케일로 주입노즐이 폐색되는 현상을 방지하기 위해서는 주입하기 전에 금속염 응집제를 지나치게 희석시키지 않도록 하는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 알루미늄 용액은 1 % 이하로 너무 묽게 하지 않아야 한다(염화철인 경우 5 %). 희석수의 경도가 낮거나 또 희석률을 높여도 pH가 플록형성영역으로 변하지 않는다면 희석방법을 조정해야 한다. 이러한 금속염 응집제는 별도의 알럼 주입관으로 희석되지 않은 용액상태로 노즐에서 가압수에 주입하는 것이 가장 좋다.

2) 인라인 고정식 혼화(in-line static mixing)

이 설비는 고정식 혼화기로도 알려져 있다. 최근에는 몇 종류의 인라인고정식 혼화기가 사용되고 있으며, 이 방법을 적정하게 선정하여 적절하게 이용하면, 응집공정에서 아주 큰 효과를 얻을 수 있다.

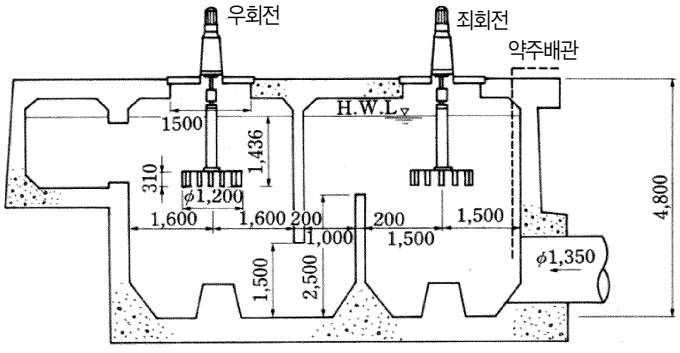
이 방법은 효과가 좋기 때문에 산업계에서 주로 사용되고 있다. 이 방법의 장점은 가동부가 없으며 약품주입에 외부동력이 불필요하다는 것이다. 그러나 이 방식의 단점은 혼화정도와 혼화시간이 유량에 따라 변동하며, 이 제품은 제작회사의 특허제품이므로 설계자는 제작자가 만든 제품의 성능표에 의존해야만 한다는 것이다. 실질적인 관점에서 혼화시간 1~3초와 최대손실수두 0.6~0.9m는 현장에서 채택하기 어렵지 않다. 정수장을 설계할 때에는 큰 부유물로 고정식 혼화장치가 막히는 현상을 방지하기 위하여, 이 장치의 상류부에 취수스크린을 설치해야 한다. 또한 이물질이나 스케일을 제거할 수 있도록 하기 위하여 혼화기의 내부를 떼어낼 수 있도록 시방서에 명기하는 것이 중요하다.

3) 수류식 혼화(hydraulic mixing)

수류식 혼화장치에는 파샬플룸, 벤투리미터 및 위어 등이 있다. 원수가 개수로를 통하여 정수장으로 유입될 때 파샬플룸 또는 Palmer-Bowles Flume을 사용하면 도수현상과 함께 심한 난류를 발생시킨다. 또한 원수가 관로를 통하여 유입될 경우에는 벤투리미터 또는 오리피스를 유입관로에 설치하여 유량계의 압력차를 이용하여 어느 정도 혼화된다. 위어는 하류에 난류를 발생시키므로, 개발도상국에서는 약품혼화용으로 그 성능특성이 이용되고 있다. 그러나 이러한 방식의 결점은 와류의 정도가 처리수량에 좌우되며 혼화강도를 조절할 방법이 없다는 점이다.

4) 기계식 혼화(mechenical mixing)

기계식 혼화는 정수장에서 가장 많이 사용되고 있는 혼화방식으로 탱크 또는 수로에 1대 또는 여러 대의 기계식 혼화장치를 설치한다. 일반적인 설계기준은 G=300s^{-1}, 혼화시간은 10~30초, 소요동력은 10,000 m^3/d당 2.24~2.64hp이다(〔그림 5.4.3〕 참조). 최근의 연구에 의하면 연속흐름인 정수공정에서 기계식 급속혼화는 ① 순간혼화가 어렵고 ② 단락류가 많이 발생하며 ③ 금속염 응집제에 대해서는 혼화시간이 너무 길고 ④ 응집효과에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 back-mixing이 발생한다는 등의 이유로 기피되고 있다. 대용량 정수장에서 특히 발생하는 현상으로는 축과 날개에 미치는 여러 외력의 해석이 불충분하며 축과 기어드라이브에 고장이 발생되는 예가 많다. 기계를 선정할 때에 여유를 두지 않으면 다른 혼화방법에 비하여 운전과 유지관리비가 상대적으로 비싸며 소음도 발생한다. 이와 같은 이유 때문에 기계식 혼화방법은 여러 방법 중 선호도가 낮은 편이다.



[그림 5.4.3] 기계식 교반방식의 혼화지 예

5) 파이프 격자에 의한 혼화(diffusion by pipe grid)

이 방법은 파이프 격자에 의해 발생되는 난류를 이용하여 급속혼화되는 것이다. 응집제나 다른 약품은 파이프 격자의 주입 오리피스를 통하여 주입된다. 이 장치를 몇 개월에서 1년 동안 운전한 결과 주입구가 막히는 사태가 발생하였으며, 모형실험에 사용하는 것 이외에 실제 설계에는 고려하지 않는 것이 좋다.

2.에 대하여 ; 응집제의 혼화시간은 신속하고 균일한 혼화가 되어야 하며 수질과 현장조건에 따라 pH 조정제(산제와 알칼리제)의 혼화와 연계하여 조정해야 한다. 지금까지 가장 많이 사용되었던 형식이 혼화지에 급속혼화기(flash mixer)를 설치하여 운전하는 방식이었다. 연직축 주위에 붙은 몇 개의 회전날개가 주변속도 1.5 m/s 이상으로 회전하면서 혼화한다. 회전속도를 변화시켜서 교반강도를 조절할 수 있으므로 유량변화에 대한 적응성이 있으나 기계적인 고장이 많다. 일반적으로 기계교반방식은 수두손실이 거의 없다는 것이 특징이다. 혼화지에서 급속혼화기로 교반하는 경우에는 혼화지 체류시간은 원수수질에 따라 달라지며 입경이 작은 유기질콜로이드를 대량 포함하고 있을 경우에는 음(-)의 전하량이 커서 충분한 혼화시간이 필요하지만, 주로 점토질 콜로이드와 같이 큰 콜로이드를 함유하는 원수는 단시간 혼화하면 된다. 약품혼화시간은 주입하는 응집제와 응집보조제의 종류를 고려하여 정하되 양호한 혼화가 이루어진다면 1분 이내라도 충분하다.

기계식 급속혼화장치를 급속혼화용으로 사용하는 많은 정수장 운전자가 급속혼화기를 돌리거나 돌리지 않거나 간에 효과가 다르지 않다고 하는 점을 중시해야 한다. 실제로 소음이나 에너지손실과 같은 기계적인 문제와 높은 유지관리비 때문에 급속혼화장치를 사용하지 않는 경우가 많다.

3.에 대하여 ; 기계교반방식의 혼화지는 수조 중의 물이 교반날개의 운동에 따라 동시에 함께 회전하지 않도록 하기 위하여 원형조보다도 사각형 조가 유리하고 측벽에 직각으로 저류판을 설치하면 회전운동을 줄이고 수조 중의 속도경사를 크게 할 수 있다. 또한 혼화지 유입수와 유출수는 단락류가 발생하지 않는 구조로 하고 효과적으로 혼화할 수 있도록 배려해야 한다.

5.4.3 플록형성지

플록형성지는 다음 각 항에 따른다.

1. 플록형성지는 혼화지와 침전지 사이에 위치하고 침전지에 붙여서 설치한다.
2. 플록형성지는 직사각형이 표준이며 플록큐레이터(flocculator)를 설치하거나 또는 저류판을 설치한 유수로로 하는 등 유지관리면을 고려하여 효과적인 방법을 선정한다.
3. 플록형성시간은 계획정수량에 대하여 20~40분간을 표준으로 한다.
4. 플록형성은 응집된 미소플록을 크게 성장시키기 위하여 적당한 기계식교반이나 우류식교반이 필요하다.
   1) 기계식교반에서 플록큐레이터의 주변속도는 15~80 cm/s로 하고 우류식교반에서는 평균유속을 15~30 cm/s를 표준으로 한다.
   2) 플록형성지 내의 교반강도는 하류로 갈수록 점차 감소시키는 것이 바람직하다.
   3) 교반설비는 수질변화에 따라 교반강도를 조절할 수 있는 구조로 한다.
5. 플록형성지는 단락류나 정체부가 생기지 않으면서 충분하게 교반될 수 있는 구조로 한다.
6. 플록형성지에서 발생한 슬러지나 스컴이 쉽게 제거될 수 있는 구조로 한다.
7. 야간근무자도 플록형성상태를 감시할 수 있는 적절한 조명장치를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 플록형성은 급속혼화 후에 바로 이루어지며 성장된 플록이 침전지에 도달하는 사이에 지나치게 유동되거나 외부로부터 영향을 받으면 파괴될 우려가 있기 때문에 플록형성지는 혼화지와 침전지 사이에 일체구조로 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 플록형성지의 형상은 침전지와 일체구조로서 유수로나 기계설치 등을 감안하여 직사각형으로 하는 것이 바람직하다. 플록의 성장에 필요한 에너지를 주기 위하여 교반장치를 설치한다. 교반장치에는 기계식인 경우가 있고, 또한 유수로식으로서 저류판과 도류벽을 설치한 우류식도 있다.

3.에 대하여 ; 플록형성지의 체류시간은 보통 20~40분간이 적당하며 너무 짧으면 교반에너지를 충분히 투입하였더라도 플록형성효과는 크게 저하된다. 반대로 체류시간이 너무 길면 형성된 플록이 침강되거나 파괴되는 경우가 생기며 수류에 의한 전단작용이 지나치면 플록이 파괴된다.

4.에 대하여 ; 급속혼화로 생성된 미소플록을 침강 제거시키기 위해서는 응집된 플록이 크고 무거우며 견고하게 형성되어야 한다. 플록형성과정은 응집된 미소플록을 크게 만드는 조작이다.
플록은 서로 충돌하면서 응집되고 성장되는 것으로, 그 기초이론식은 캠프(Camp)와 스타인(Stein)의 식이 있다. 이 식은 층류 중의 입자충돌에 관하여 유도된 것이다.

$$N = \frac{1}{6} n' n'' \sqrt{\frac{P}{\mu}} (d' + d'')^3 \quad \cdots\cdots (5.4.1)$$

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu}} \quad \cdots\cdots (5.4.2)$$

여기서,

N : 단위시간 중에 단위체적에서 플록의 충돌회수($1/m^3 \cdot s$)

n' : 단위체적 중의 직경 d'의 플록입자수($1/m^3$)

n'' : 단위체적 중의 직경 d''의 플록입자수($1/m^3$)

P : 단위체적당의 동력($N \cdot m/s \cdot m^3$)

μ : 점성계수 〔 $kg/(m \cdot s)$〕

G : 속도경사($1/s$), 수온에 따라 변동한다.

위의 식으로부터 플록의 충돌결합회수, 즉 플록형성속도는 ① 플록입자수의 2승에 비례하며 ② G값은 단위수량에 주어지는 동력 P의 1/2승에 비례하고 점성계수(μ)의 1/2승에 반비례한다.

즉 플록형성단계에서 큰 풀록을 형성시키기 위해서는 플록농도가 클수록 효과적이고 적당한 교반이 필요하며 입자경의 3승에 비례하여 급속히 성장됨을 알 수 있으므로 플록형성지의 단계에서는 효과적인 교반과 적당한 교반시간으로 플록을 성장 촉진시키는 것이 필요하다.

4. 1)에 대하여 ; 교반으로 풀록이 어느 크기까지 성장하면 수류에 의한 전단작용에 저항하지 못하여 파괴되므로, 큰 플록을 만들기 위해서는 플록입경이 작은 초기에는 강한 교반을 하고 플록이 크게 성장함에 따라 단계적으로 교반강도를 낮추어가는 점감식플록형성(tapered flocculation)방식을 채택하

는 것이 바람직하다. 즉 플록형성지 후단으로 갈수록 수류 자체의 에너지에 의한 교반인 경우에는 수로폭 등을 확대하여 평균유속을 느리게 하며, 또한 기계에너지에 의한 교반인 경우에는 회전속도를 낮추어서 교반장치의 주변속도를 느리게 한다. 따라서 플록이 점차 크게 성장함에 따라 3~4단으로 나누어 교반강도를 줄여가는 방식을 채택하는 경우가 많다.

4. 2)에 대하여 ; 교반방법에는 크게 나누어서 다음과 같으며 유지관리를 고려하여 효과적인 방법을 선정해야 한다.

1) 수류자체의 에너지에 의한 교반

이 방법은 유수 자체의 수두를 교반에 이용하는 것으로 〔그림 5.4.4〕와 같은 상하우류식, 수평우류식 및 양자의 복합식이 대표적인 형식이다.

우류식에 의한 동력은 다음 식으로 표시된다.

$$P = \frac{wQh_f}{al} = \frac{wvh_f}{l} \quad \cdots\cdots (5.4.3)$$

여기서,

P : 단위체적당 동력(N · m/s · m^3)

w : 물의 단위중량(1000N/m^3)

Q : 단위시간당 유입량(m^3/s)

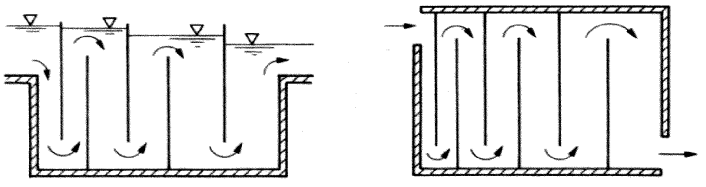
h_f : 플록형성지에서 전수두손실(m)

a : 우류수로의 단면적(m^2)

l : 우류수로의 총연장(m)

v : 지내유속(m/s)

위 식에서 h_f는 유속 v의 제곱에 비례하므로 동력 P는 유속의 세제곱에 비례함을 알 수 있다. 따라서 유량이 감소되면 교반이 심하게 부족하게 되며 유량이 증대하면 교반이 과대하고 경우에 따라서는 플록이 파괴된다. 이와 같은 사태를 방지하기 위하여 저류벽의 수나 치수를 변화시켜 대처할 수 있으나, 일반적으로 우류식에서는 수량이나 수질변동이 심할 경우에 대처할 융통성이 없다.



(1) 상하우류식(단면도) (2) 수평우류식(평면도)

[그림 5.4.4] 우류식 플록형성지의 예

우류식에서는 교반을 위하여 큰 수두손실을 필요로 하나 기계를 사용하지 않으므로 유지관리면에서 대단히 용이하다. 저류벽에 의한 손실수두는 다음과 같이 계산한다.

• 상하우류식의 하부굴곡손실수두(h_b)

$$h_b = f_b \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.4.4)$$

여기서

f_b : 굴곡손실수두계수 2~4.5, 평균 3.5

• 상하우류식의 암거에 의한 마찰손실수두(h_c)

$$h_c = \frac{lv^2}{RC^2}, \quad C^2 = \frac{1}{n^2} R^{1/3} \quad \cdots\cdots (5.4.5)$$

여기서

l : 환산수로 길이(m)

C : Chezy계수

n : 조도계수

R : 경심(m)

• 상하우류식의 월류손실수두(h_0)

$$h_o = \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.4.6)$$

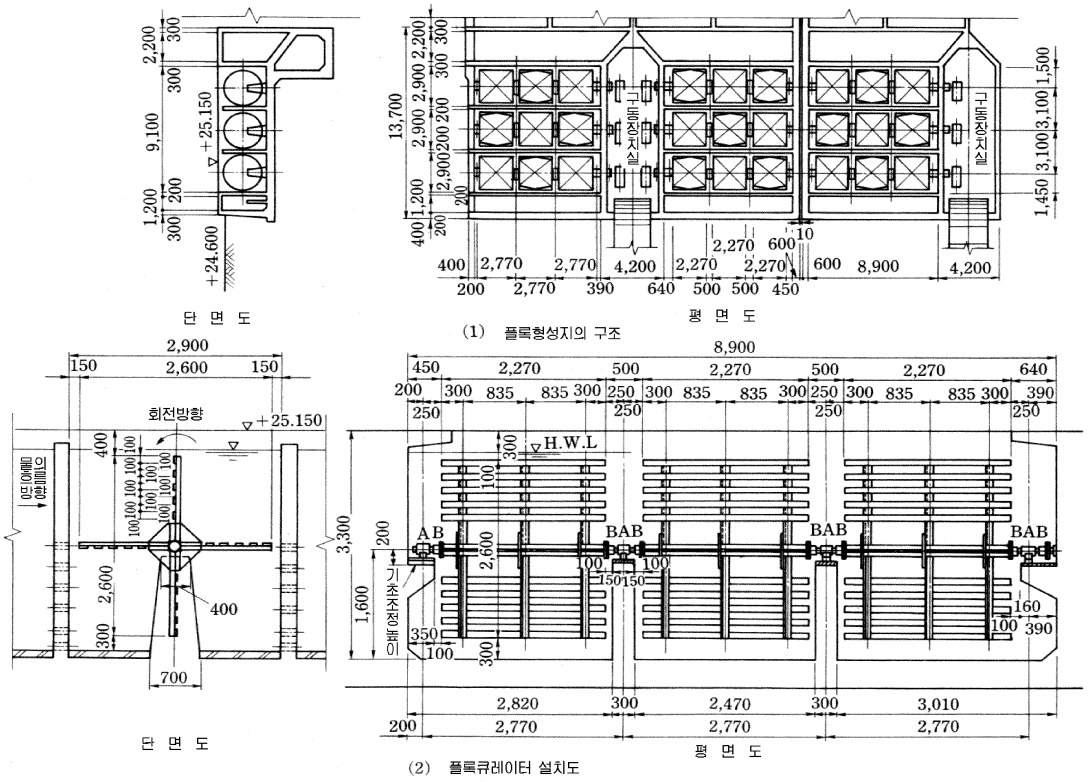
실제 계산할 때에는 저류벽의 간격이 협소할 경우에는 잠류나 월류시에도 h_b로 계산해야 하고, 그 값에 h_c를 가산하는 것이 좋으며 간격이 넓을 경우에는 $h_0+h_c+h_b$가 실제값에 근사하게 된다.

수평우류식에서는 상하우류식과 전적으로 동일하게 생각하여 180°굴곡에 의한 손실수두 h_b에 개거에서의 마찰손실수두를 가산하면 된다. 그러나 h_c를 계산할 때에 상하우류식에서는 경심 R을 암거로 계산하지만 수평우류식에서는 R을 개거로서 계산한다.

2) 기계에너지에 의한 교반

기계적 교반방식에는 여러 가지가 있으나 모두 교반날개로 수류를 교반하고 플록의 성장을 촉진하는 형식이며 대표적인 방식으로 패들(paddle)식 교반장치가 있다(〔그림 5.4.5〕). 이 때의 교반효율은 교반날개와 주위에 있는 물과의 상대속도가 최대일 경우가 가장 유효하며, 이 때에 주위에 있는 물이 함께 회전하지 않도록 주벽에 고정날개를 설치하거나 패들날개판의 물을 헤치는 면적이 수로단면적의 10 % 정도로 적게 해야 한다. 패들의 주변속도는 성장된 플록이 파괴되거나 침전되지 않도록 입구부근에서는 80 cm/s 정도로 하고 출구부근에서는 성장된 플록이 파괴되거나 침전되지 않도록 15 cm/s 정도로 하며, 소요마력은 실제 설계에는 실험이나 실적 등을 참고하여 결정하는 것이 좋다.

기계교반식 플록큐레이터는 손실수두가 적고 처리수량이나 수질변동에 따라 교반강도를 바꿀 수 있도록 설계할 수 있다는 점 등 유리한 점이 있으나, 기계작동부분이 수중에 있으므로 유지관리비가 많이 들고 회전축 근방에서의 교반강도가 약해서 균일하게 교반되지 않으며, 또한 단락류가 발생하기 쉬운 점 등 불리한 점도 있다.



[그림 5.4.5] 패들식 교반장치의 플록형성지 설계의 예(단위 : mm)

5.에 대하여 ; 어떤 방법으로 플록을 형성시키거나 가장 중요한 점은 유입수가 동일하게 교반되도록 플록형성지를 수리적으로 구성해야 한다.

플록형성이 잘 되지 않는 가장 일반적인 원인은 단락류나 정체부분이 생김으로써 유효체류시간을 크게 저하시키게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 플록형성지에 저류벽이나 정류벽 등을 적절하게 설치해야 한다.

6.에 대하여 ; 플록형성지에는 상류로부터 흘러 들어오거나 지내에서 발생한 스컴이 저류벽이나 정류벽에 걸려서 지내에 축적되는 일이 많고, 또 크게 성장된 플록이 침강되어 지저(池底)에 대량으로 퇴적되는 경우가 있다. 이들을 그대로 방치하면 플록형성지의 기능을 저해하므로 정기적으로 이를 제거하기 위해서는 저류벽이나 정류벽의 상단은 수면 밑으로 1.3cm 정도 잠기도록 하여 스컴이 넘어갈 수 있도록 하고, 하단에도 슬러지의 제거와 함께 배수가 용이하도록 2.5cm 정도의 공간을 두어야 한다. 이렇게 하단에 두는 공간은 저류벽이나 정류벽을 단면으로 보아서 쐐기모양으로 만들어 두는 것이 유지관리에 편리하다. 배수로로 이용하기 위하여 정류벽 하단에 큰 단면의 통로를 설치하면 심한 단락류가 발생하므로 피해야 한다. 만약 저류벽이나 정류벽에 통로를 반드시 크게 설계하고자 한다면 정상적으로 시설을 운전할 때에는 닫혀 있고 청소할 때에만 정류벽의 일부가 힌지로 열리는 구조로 해야 한다.

7.에 대하여 ; 야간근무시의 플록관찰에는 특별한 형식의 조명장치가 필요하다. 적절하게 플록을 관찰하기 위하여 플록형성지의 바닥쪽으로 향하여 수면을 비추는 강력한 조명이 필요하며 보도에 설치된 일반조명등으로는 빛이 반사되기 때문에 부적합하다. 이러한 플록관찰용의 조명장치는 수면 바로 위에 설치해야 한다. 이렇게 하면 틴들효과(Tyndall effect)로 플록을 뚜렷하게 볼 수 있다.

[5.4.3 참고 1] 혼화지에서의 G값 계산

1) 급속혼화방식

① 교반날개의 회전속도와 저항계수를 기초로 한 계산

$$G = \sqrt{\frac{\rho C \sum_i (a_i v_i^3)}{2\mu V}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.1)}$$

여기서

ρ : 물의 밀도(예를 들면, 1.0×10^3 kg/m^3, 20 ℃)

C : 교반날개의 저항계수(=1.5)

a_i, : 교반날개 i의 운동방향에 직각인 면적(m^2)

v_i : 교반날개 i의 평균속도(m/s)

μ : 물의 점성계수(예를 들면, $= 1.0 \times 10^{-3}$ kg/m·s, 20 ℃)

V : 혼화지 용량(m^3)

또 위의 식에서는 수류가 함께 회전하지 않도록 해야 한다.

② 구동장치의 축동력을 기초로 한 계산

$$G = \sqrt{\frac{P\eta}{\mu V}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.2)}$$

여기서

P : 구동장치의 축동력 〔(kg·m^2)/s^3〕

η : 감속기 효율

2) 펌프확산방식

$$G = \sqrt{\frac{\rho v^2 Q}{2\mu V}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.3)}$$

여기서

v : 노즐분출수의 초속도(m/s)

Q : 노즐분출수류량(m^3/s)

[5.4.3 참고 2] 우류식 플록형성지에서 GT값의 계산

$$GT = \sqrt{\frac{\rho g h T}{\mu}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.4)}$$

여기서

g : 중력가속도(=9.8 m/s^2)

h : 플록형성지 내에서의 손실수두(m)

T : 플록형성지 내에서의 체류시간(s)

손실수두는 다음 식으로부터 구한다.

1) 상하우류식

① 하부굴곡손실수두 h_b

$$h_b = f_b \cdot \frac{v_b^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.5)}$$

여기서

v_b : 하부굴곡부의 평균유속(m/s)

f_b : 굴곡손실수두계수 2~4.5, 평균 3.5

② 암거의 마찰손실수두 h_e

$$h_c = \frac{l}{C^2 R} \cdot v_c^2, \quad C^2 = \frac{1}{n^2} \cdot R^{1/2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.6)}$$

여기서

v_c : 암거부의 평균유속(m/s)

l : 환산수로장(m)

C : Chezy 계수(상향류·하향류부분 유로의 합계)

n : 조도계수

R : 경심(m)

③ 월류손실수두 h_0

속도수두가 전부 없어진다고 보아서,

$$h_0 = \frac{v_0^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.4.7)}$$

가 된다.

여기서

v_0 : 월류부의 평균유속(m/s)

실제 계산에서는 저류벽 간격이 넓은 경우에는 ①, ②, ③의 합으로부터 구하며 저류벽 간격이 좁은 경우에는 잠류나 월류와 함께 ①에 의해 계산하고 이것에 ②를 더하는 것이 실제 값에 가깝게 된다.

2) 수평우류식

상하우류식의 경우와 똑 같이 하고 180° 굴곡에 의한 손실수두 h_b와 개거로서의 마찰손실수두를 가산하면 된다. 다만, h_c의 계산에서 상하우류식인 경우에는 경심 R를 암거로서 계산하지만, 수평우류식인 경우에는 R를 개거로서 계산한다.

[5.4.3 참고 3] 플록형성지 등의 유입구 형식 선정

플록형성지(침전지포함)나 여과지의 유입수로에서 유량의 시간적인 변화에도 불구하고 가능한 한 각 지에 균등하게 분배시켜야 하는 것은 대단히 중요하다.

대부분의 정수장은 침전지나 용존공기부상지의 앞에 장방형 플록형성지를 가지고 있다. 이러한 경우 가장 단순하지만 비용효율적인 설계는 각 플록형성지 별로 각각 한 개의 유입구를 설계하는 방법이다. 만약 플록형성지에서의 흐름형태가 우류식이면, 한 개의 파이프로 된 유입구를 채택할 수 있다. 그러나 실제 설계에서는 유입수로나 유입관으로부터 각 플록형성지에 2개 이상의 유입구를 마련하고 있다. 각 지별로 유입구의 갯수와 상관없이 가장 중요한 설계문제는 각각의 지에 수량이 일정하게 공급되는가 하는 것이다.

플록형성지 유입구를 설계할 때에 두 가지의 기본적인 방법 중에서 선택할 수 있다. 즉, 동일한 높이에 똑같은 개별적인 위어를 몇 개 설치하는 방법과, 각각 차단용 밸브나 수문이 부착된 잠수공을 몇 개 설치하는 방법이다. 위어유입은 이론적인 관점에서는 매력적이나 이 방식을 채택하였을 경우에 나타나는 4가지의 기본적인 문제가 있다. 즉 (1) 수로의 전체 길이에 걸쳐서 유량의 다소에도 불구하고 수면 높이가 거의 동일하게 유지되도록 유입수로가 충분히 커야 한다. (2) 수로의 규격이 크고 수로 내에서의 유속이 느리기 때문에 수로 내에 부유고형물이 퇴적된다. (3) 각 지를 수위조절판(stop log)으로 고립시키지만, 수위조절판은 완전하게 차수되지 않으며 또한 아래로 눌러서 열리는 수문을 채택하지 않는 한 정수장 운전자에게 아주 어려운 일을 요구하게 된다(눌러서 열리는 것은 차단하기 위하여 들어올린 다음에 정확하게 동일한 높이로 복구시키는 과정에서 신뢰성이 없다). (4) 항상 모든 위어의 높이가 동일하게 설치되었다면, 수로에서 수심을 약간 변경시키는 것은 위어를 넘어가는 유량에 큰 변화를 가져온다. 어떤 정수장은 유입수로에 따라 위어 높이를 다르게 설치하기도 한다. 그러나 설정된 높이는 특정 유량에 한하여 유효할 뿐이므로 이러한 것은 권장할 수 없다.

플록형성지 유입구의 설계에서 두 번째 선택방법인 차단용 밸브나 수문이 부착된 잠수공을 유입수로의 바닥 가까이에 설치하는 방법이다. 위어유입부의 설계에 비하여 초기의 건설비용이 약간 많으며 손실수두가 약간 크다는 두 가지 결점이 있다. 그러나 이 설계는 위어유입에 비하여 4가지 장점을 가지고 있다. 즉 (1) 유입수로의 한끝으로부터 수위를 약간 변경시키더라도 유입량에 크게 영향을 미치지 않는다. (2) 유입수로의 크기가 보다 작아도 되며 유속도 0.6~0.9 m/s이면 충분하다. (3) 유속이 빠르고 또 수로 바닥에 가까운 쪽으로 흐르기 때문에 유입수로 내에 부유고형물의 퇴적이 거의 없다. (4) 차단용 밸브나 수문은 물이 누수되지 않게 닫을 수 있다.

유입수로에서 수위가 낮아지거나 유량이 감소됨으로 인한 유량변동의 감도를 위어유입과 잠수공유입을 비교해 보면, 위어유입에서 설명한 바와 같이 최종 유입구에서 수위가 2.54 cm 정도 낮아지면 위어를 넘어가는 유량은 83.7 %로 되고, 5.1 cm가 떨어지면 유량은 66.3 %로 된다. 반대로 45 cm 직경의 잠수공유입에서는 수위가 2.54 cm 정도 낮아지면 유량은 96.3 %가 되고 수위가 5.1 cm 정도 떨어지면 92.5 %가 된다. 요약하면, 플록형성지의 유입수로로부터 최적의 현실적인 유입구는 잠수공에 의한 유입방법이다.

5.5 침전지

5.5.1 총칙

침전지는 현탁물질이나 플록의 대부분을 중력침강작용으로 제거함으로써 후속되는 여과지의 부담을 경감시키기 위하여 설치한다. 침전지는 침전, 완충 및 슬러지배출 등의 3가지 기능을 갖는 것으로, 이 기능들은 정수처리공정 전체의 흐름에서 검토되어야 한다.

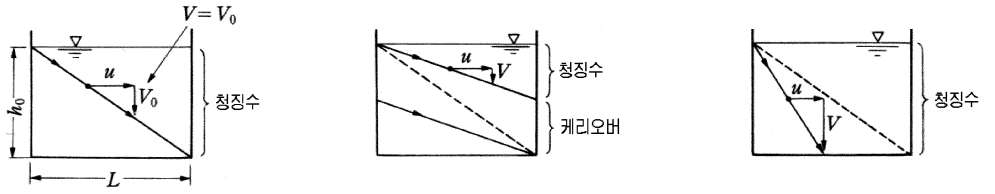
침전지를 생략하고 혼화지에서 직접 여과지를 통하여 정수되는 직접여과법도 있으나 이와 같이 처리하기 위해서는 원수탁도가 안정되어 있고 혼화효과를 확실하게 감시할 수 있으며 그 결과를 즉시 약품주입에 반영시킬 수 있는 설비를 구비해야 하고 탁질억류기능이 큰 여과층을 채택하는 등 여러 여건을 충분히 검토한 다음 결정해야 한다.

침전기능이란 유입된 탁질을 가장 효과적으로 침전시켜 제거하는 기능으로, 침전지에서 침전효율을 나타내는 가장 기본적인 지표가 표면부하율(surface loading)이다. 〔그림 5.5.1〕과 같이 침전지에 유입되는 유량을 Q, 침전지 표면적을 A라 하면 표면부하율 V_o는,

$$V_o = \frac{Q}{A} \quad \cdots\cdots (5.5.1)$$

로 나타내며 일반적으로mm/min과 같이 속도의 차원을 갖는다.

표면부하율은 〔그림 5.5.1(1)〕에 나타낸 바와 같이 이상적인 침전지에서 유입구의 최상단으로부터 유입되어 유출구 쪽에서 침전지 바닥에 침강되는 플록의 침강속도를 뜻한다. 따라서 〔그림 5.5.1(2)〕와 같이 침강속도 V가 표면부하율 V_o보다 적은 플록은 V/V_o의 부분제거율을 나타내게 되며, 단락류나 밀도류가 없는 이상적인 침전지에 유입되는 플록 중에서 〔그림 5.5.1(3)〕과 같이 침강속도가 표면부하율보다 큰 플록은 100 % 제거된다.



제거율 : 100 %
(1) 입자의 침강속도 $V=V_0$

제거율은 $\frac{V}{V_0}$
(2) 입자의 침강속도 $V<V_0$

제거율 : 100 %
(2) 입자의 침강속도 $V>V_0$

유량 Q, 유속 u, 수심 h_0, 침강면적 A, 지의 폭 B, 지의 길이 L라고 한다.(V_0 : 표면부하율)

$V_0 = \frac{\frac{h_0}{L}}{u}$, $Q = B \cdot h_0 \cdot u$, $A = B \cdot L$에서 $V_0 = \frac{Q}{A}$ 로 된다.

[그림 5.5.1] 횡류식 침전지(이상적인 흐름상태)

따라서 제거율을 향상시키기 위해서는

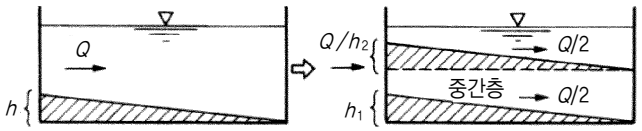
① 침전지의 침강면적 A를 크게 하고

② 플록의 침강속도 V를 크게 하며

③ 유량 Q를 적게 하는,

세 가지를 고려할 수 있다.

침전지의 침강면적 A를 크게 하기 위해서는 〔그림 5.5.2〕에 표시된 바와 같이 침전지 중간에 판을 설치하는 것을 고려할 수 있다. 이 판 1장으로 제거율은 2배가 되고 이 같은 판을 2장 삽입하면 제거율은 3배가 된다는 것을 쉽게 이해할 수 있다.



(1) h의 범위에 유입된 입자는 침전한다.

(2) h_1, h_2의 범위에 유입된 입자는 침전한다.

[그림 5.5.2] 2층식 침전지의 효과

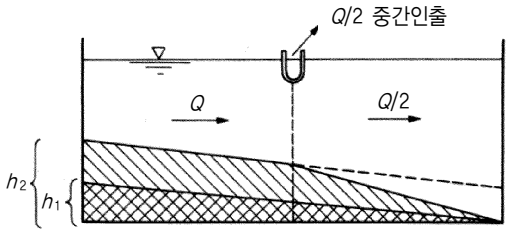
이와 같은 생각으로 만들어진 침전지가 다층침전지이다. 다층침전지는 용지점용면적의 비율보다도 큰 용량의 침전지를 만들 수가 있고 용량효율도 좋다. 그 반면에 구조가 복잡하고 관리가 어려우므로 충분히 검토한 다음에 계획해야 한다.

층수를 증가시키면 제거율이 그만큼 증가되므로 궁극적으로 경사판식 침전지나 경사관식 침전지(이하 경사판(관)식 침전지라 한다)를 고안하게 되었던 것이다. 침전지에 삽입된 경사판은 원활하게 슬러지를 제거시키기 위하여 경사지게 장착된 것이다.

플록의 침강속도 V를 크게 하고 침전효율을 보다 좋게 하고자 하는 시도로서 여러 가지 방식이 개발되었으며, 가능한 한 크고 무거운 플록을 만들고자 하는 응집제나 응집보조제의 연구, 응집조작의 원리 구명 등에 많은 노력을 경주하여 왔다.

이와 같은 기본적인 연구를 바탕으로 제약된 용지범위 내에서 높은 제거율을 얻기 위하여 활성이 있는 미세플록을 기성 플록과 적극적으로 접촉시켜 큰 플록으로 만듦으로써 효과적으로 분리 제거시키는 방법이 일반화되었으며, 이러한 방법이 고속응집침전지이다. 최근에는 응집단계에서 미세한 모래입자를 첨가하여 이 모래를 플록의 핵으로 하여 무거운 플록을 형성시켜 침전을 촉진시키는 장치도 나타나고 있다.

다음 유량 Q를 작게 함으로써 침전효율을 높일 수 있다. 〔그림 5.5.3〕에 표시된 바와 같이 침전지 중간에서 상징수를 유출시키면 효율이 상승된다. 중간에서 유출시켜 침전효율을 개선한 양만큼 침전지 수심을 얕게 하거나, 이후의 체류시간을 연장하여 수질을 좋게 할 수 있다.



침강가능 범위가 h_1에서 h_2로 확대된다.

[그림 5.5.3] 중간 인출식 침전지의 효과

침전공정의 효율은 응집을 포함한 침전공정 이전 단계에서 원수를 어떻게 적절히 조정하였는지의 정도와 타당성에 크게 영향을 받는다. 원수 중에 있는 부유물질을 응집하고 효율적으로 플록을 형성하는 것이 응집침전에서 가장 핵심적인 사항이다.

그밖에도 외부적인 요인으로 침전지 내의 수류가 흔들리는 등 침전효율에 크게 영향을 미치는 요소가 많으므로 종합적으로 검토하여 최선의 계획을 세워야 한다.

침전지로 유입된 원수의 수량과 수질은 연간을 통하여 크게 변동한다. 침전지는 이와 같은 탁질량의 변동을 흡수하여 여과지 부담을 가능한 한 일정하게 유지되도록 하는 기능을 가지고 있다. 이와 같은 완충기능은 침전지가 가지고 있는 중요한 기능이다.

침전의 효율화를 도모하고 체류시간을 단축시키는 것은 완충기능을 저하시키는 요인이 될 때가 많다. 이것을 보충하기 위해서는 플록의 침강상황이나 슬러지의 재부상 유무 등을 감시하며 적절하게 약품을 주입할 필요가 있다. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 침전지의 체류시간, 침전지 내의 유속에 특히 유의하여 충분히 침전 처리하는 것이 필요하며 침전효과를 높일 필요가 있을 경우에는 경사판 등을 설치하는 것도 고려한다. 상향류식 침전지는 특히 밀도류의 영향을 방지하기 위하여 침전조작을 확실하게 할 필요가 있다.

침전기능을 언제나 충분히 확보하기 위하여 침전지에는 그 구조에 알맞은 슬러지 배출설비를 설치해야 한다. 원활한 슬러지배출이 이루어지지 않을 경우에는 침전지 사용을 정지시켜야 할 수도 있으므로 슬러지 배출기구는 고장이 적고 퇴적된 슬러지를 충분히 배출시킬 수 있어야 한다. 또 다음에 이루어질 슬러지 처리시설과의 관련도 고려하여 설계해야 한다.

침전지의 주요형식을 분류하면 횡류식 장방형침전지, 상향류식 침전지 및 상향류접촉반응형 침전지 등의 3가지가 있다(〈표 5.5.1〉 참조). 이 중 횡류식 장방형침전지는(설계만 적절하게 되어 있다면) 수리적으로 안정되어 있고 또한 수리적인 충격부하에 대해서도 어느 정도 감당할 수 있으므로 침전지의 형상으로서 일반적으로 권장되는 형식이다. 이 형식의 침전지는 일반적으로 설계유량의 2배의 부하에서도 침전수의 수질을 심하게 저하시키지 않으면서 안정된 운전성능을 발휘할 수 있다. 또한 이 형식은 조작이 간단할 뿐만 아니라 고속침강장치를 쉽게 추가할 수 있다.

〈표 5.5.1〉 침전지의 분류

횡류식 침전지	단층식	
	다층식	2층식
		3층식
	경사판식 등	수평류식
		상향류식
고속응집침전지	슬러지순환형	
	슬러지블랑키트형	
	복합형	

주) 고속응집침전지에 경사판 등의 침강장치를 설치하는 경우도 있다.

또한 전처리공정에서 응집약품을 사용하는지의 여부에 따라 응집처리를 수반하는 약품침전지와 원수를 자연침강으로 현탁물질을 분리시키는 보통침전지가 있다. 보통침전지는 완속여과지의 부담을 경감시키기 위하여 설치하지만, 침전효율을 좋게 하기 위하여 침전지의 형상이나 유입부와 유출부, 정류설비 등을 충분히 고려하여 설계해야 한다.

원수의 연간최고탁도가 30NTU 이상인 경우에는 응집처리할 수 있는 시설을 설치해 두어야 한다. 또 저수지의 물이나 지하수를 상수원으로 하는 경우 등 원수탁도가 대체로 10NTU 이하인 경우에는 보통침전지를 생략할 수도 있다.

원수 중에 다량의 플랑크톤 조류가 포함되어 있으면 일반적으로 플랑크톤 조류의 번식으로 pH가 올라가고, 저수지 물이 초록~암적색으로 착색되며 냄새가 나는 경우도 있다. 이러한 경우에는 염소처리가 가능한 설비를 고려해 두어야 한다. 다만, 이것은 후속되는 완속여과지의 여과막 생물에 미치는 영향을 고려하여 신중하게 해야 한다.

또 침전지의 계측제어설비는 8.11 계측제어용 기기, 8.13.6 플록형성지와 침전지를 참조한다.

5.5.2 횡류식 침전지의 구성과 구조

1. 약품침전지의 구성과 구조는 다음 각 항에 따른다.
   1) 침전지의 수는 원칙적으로 2지 이상으로 한다.
   2) 배치는 각 침전지에 균등하게 유출입될 수 있도록 수리적으로 고려하여 결정한다.
   3) 각 지마다 독립하여 사용가능한 구조로 한다.
   4) 침전지의 형상은 직사각형으로 하고 길이는 폭의 3~8배 이상으로 한다.
   5) 유효수심은 3~5.5m로 하고 슬러지 퇴적심도로서 30 cm 이상을 고려하되 슬러지 제거설비와 침전지의 구조상 필요한 경우에는 합리적으로 조정할 수 있다.
   6) 고수위에서 침전지 벽체 상단까지의 여유고는 30 cm 이상으로 한다.
   7) 침전지 바닥에는 슬러지 배제에 편리하도록 배수구(排水溝)를 향하여 경사지게 한다.
   8) 필요에 따라 복개 등을 한다.
2. 보통침전지의 구성과 구조는 위의 1.에 준한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 기계적인 슬러지 수집설비를 설치하였더라도 바닥에 있는 슬러지가 완전하게 배출되지 못하므로 정기적으로 침전지를 비워서 청소하는 것이 필요하고, 침전지 내의 각종 설비의 고장 등도 점검하고 수리해야 하므로 지 수가 1지일 경우에는 침전지를 사용할 수 없는 경우가 생길 수 있다. 그러므로 청소, 검사 및 수리 등을 고려하여 침전지를 2지 이상으로 해야 한다.

그러나 단시간동안이면 침전을 생략하고 혼화지에서 여과지로 직접 조작하더라도 무방한 원수조건인 경우에는 예외로 우회관을 설치하고 침전지는 1지로 할 수도 있다.

1. 2)에 대하여 ; 배치계획에는 여러 개의 침전지에 유출입량의 균등화, 수리작업의 공간확보 등에 충분히 배려해야 한다. 여러 개의 침전지에 균등한 수량을 유출입시키는 것은 쉬운 일이 아니므로 도수거, 혼화지, 플록형성지, 침전지 및 침전수거 등 일련의 시설배치를 결정할 때에는 수량이 균일하게 배분되도록 수로구조, 정류설비 및 유출입밸브의 설치 등을 고려해야 한다. 또한 수리작업 등을 위한 작업공간 확보에 대해서도 감안해야 한다.

1. 3)에 대하여 ; 침전지를 청소하거나 수리 및 점검할 때에 각 침전지가 독립적으로 사용할 수 있도록 유출입설비 및 슬러지 배출설비 등 각종 설비를 구성해야 하고 가동 중인 다른 침전지에 영향을 주지 않도록 해야 한다.

1. 4)에 대하여 ; 편류를 방지하여 침전지 내의 수류상태를 최대한으로 균등하게 하고 침전지 용량을 유효하게 활용하여 침전시간을 길게 하기 위하여 횡류식 침전지의 평면형상은 직사각형으로 하고 수류는 유입단에서 유출단까지 직선적으로 흐르도록 하는 것이 좋다. 원형이나 정사각형 침전지의 중앙에서 유입되는 방사류식 침전지는 수류의 방향성 결여, 바람 등 2차적 외란의 영향으로 수류상태가 극히 불안정한 것이 확인되고 있어서 채택하지 않는 것이 바람직하다.

직사각형 침전지에서도 길이에 비하여 폭을 크게 하면, 침전지 내의 수류가 균등하지 못하여 정체부가 많아지고 편류나 단락류가 발생하여 용량효율이 감소됨으로써 침전효율이 떨어진다. 그러므로 수류의 안정화에는 침전지 폭을 좁게 하고 길이를 길게 하여 직선적으로 흐르는 것이 중요하다. 그러나 길이에 비하여 폭을 지나치게 좁게 하면 건설비가 증대되므로 실험결과나 실적에 따라 길이를 폭의 3~8배(장폭비)로 하는 것이 적당하다. 또 중간정류벽을 설치할 때에는 장폭비를 3~5배 정도로 하는 경우가 많다. 도류벽을 설치하여 전장을 몇 개의 구간으로 구분할 경우에는 구간마다 상기 비율을 적용한다. 침전지 폭은 설비면에서 또는 수리학적으로 15m 정도까지의 것이 많다. 또 침전지내에서 수류의 안정에 관해서는 5.5.6 정류설비와 유출설비를 참조하기 바란다.

1. 5)에 대하여 ; 횡류식 침전지에서 플록이 침강할 때 플록간의 침강속도 차이로 충돌하면서 응집되어 더욱 큰 침강속도의 입자가 되어 침전된다. 이것을 응집성 침전이라 하며 비응집성 입자(discrete particle)의 침강을 기초로 한 표면부하율의 현상으로서는 설명할 수 없는 현상, 즉 침전지 수심이 침강효율에 영향을 미치며 수심이 깊은 침전지가 제탁효과도 좋은 결과이다. 경험상으로 표면부하율과 침강특성을 고려할 때 침전지의 유효수심은 3~4 m가 적합하다고 일반적으로 평가하고 있다. 그러나

대규모 정수장에서 침전지를 설치할 부지가 제한받을 경우 수심을 5.5 m까지 설치할 수도 있으나 무리하게 할 필요는 없다. 따라서 정수장 상황과 슬러지 수집설비의 형상, 침전지의 구조에 따라 수심을 다소간 조정하는 것이 합리적일 수 있다.

수심을 너무 얕게 하면 바람이나 기온 등의 영향을 크게 받으므로 바람직하지 않으나 2층침전지의 하단이나 복개를 설치한 침전지에서 지장이 없는 것이 확실한 경우에는 어느 정도까지 수심을 감축시킬 수 있다.

침전지의 수심에는 유효수심 외에 슬러지 퇴적을 위하여 30 cm 이상을 두어야 한다. 슬러지 퇴적깊이 추정에는 원수의 수질상황과 슬러지 배출작업의 빈도 등에 대하여 고려해야 한다. 슬러지 퇴적량은 원수탁도, 응집제의 종류와 주입량, 수온, 퇴적슬러지의 압밀성상 등의 영향인자가 많아서 추정하는 것이 쉽지 않으므로 동일 수계의 유사한 정수시설의 실적을 참고하는 것이 바람직하다.

침전지의 유입측일수록 대량의 슬러지가 퇴적되므로 유입측의 퇴적심도를 크게 하고 바닥을 유출측으로 향하여 상향경사로 하는 것이 양호한 효과를 가져왔다.

1. 6)에 대하여 ; 고수위에서 침전지 상단까지 여유고는 침전지를 포함한 그 전후 자유수면의 크기, 월류설비의 용량 등을 기초로 하여 수면변동의 해석이나 바람에 의한 수면상승 등을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

일반적으로는 상류 측에서 여분의 수량이 유입되거나 또는 하류 측의 여과지 유출량이 급변하더라도 침전지에서 자유수면의 면적이 크기 때문에 단시간에 급속하게 수위가 상승하지 않으므로 30cm 정도를 표준으로 한다. 이에 따라 위험한 사태발생이 예측되는 경우에는 특별한 대책을 취한다.

1. 7)에 대하여 ; 침전지의 퇴적슬러지를 기계로 긁어모으는 것이 일반적이다. 인력으로 배출하는 경우에는 배수구(排水溝)를 향하여 1/200~1/300 정도의 경사를 두는 것이 바람직하다. 슬러지 배수구는 배출할 때의 슬러지 이송거리가 될수록 짧게 하는 장소에 설치한다.

침전지 바닥의 중앙에 배수구(排水溝)를 설치하여 양측에서 배수구를 향하여 1/200~1/300의 경사로 하고 또 이 배수구 바닥도 배수구(排水口)로 향하도록 경사지면 배출작업이 용이하다.

정류벽 등으로 침전지가 구분되어 있을 경우에는 배수구나 작업용 출입구를 관통해 두면 편리하지만, 단락류를 방지하기 위하여 힌지에 매달린 수문을 설치하고 평상시에는 이 수문을 닫아두고 청소 등 필요할 때에만 열어서 통과시킬 필요가 있다. 슬러지를 기계적으로 수집하여 배출할 경우에는 인력으로 배출해야 할 슬러지의 양이 적으므로 경사를 1/500~1/1,000까지 감축시킬 수 있다.

1. 8)에 대하여 ; 동절기에 결빙될 우려가 있는 경우에는 복개하여 보온하는 등의 조치가 바람직하다. 복개는 햇빛에 의한 밀도류의 발생방지, 부유 및 부착조류의 성장억제, 조류에 의한 스컴 발생방지, 염소소비량의 저감, 경사판 등 침강장치의 열화방지, 바람의 영향방지, 쓰레기나 낙엽의 유입방지 대책으로서도 유효하다.

2.에 대하여 ; 보통침전지의 구성과 구조에 관해서도 위의 1.에 준하지만, 다음 사항을 고려해야 한다.

완속여과지의 전처리로서 보통침전지에서는 일반적으로 고탁도의 원수유입이 적기 때문에 슬러지의

퇴적량은 적다. 따라서 약품침전지와 같이 슬러지수집기를 고정하여 설치할 필요는 없으며 침전지를 비워서 슬러지를 제거하는 등으로 배출할 수 있도록 하거나 또는 압력수를 분사하여 슬러지를 씻어 버리며 바닥의 배수구에서 배수(排水)하도록 해 놓으면 충분하다.

또한 침전지가 급격한 수면변동에 대처하기 위하거나 침전지에 부유되는 쓰레기나 기름 등을 제거시키기 위하여 월류관을 설치한다. 월류관은 침전지 바닥의 배수관과 동일 계통으로 방류하는 경우에는 배수관 가까이에 설치하고 도중에서 공통으로 하면 경제적이다.

침전지의 슬러지 배출, 청소, 수리 등을 위하여 침전지를 비울 수 있도록 하기 위하여 침전지 바닥에 배수관(排水管)을 설치한다. 관과 밸브의 구경은 필요로 하는 배수(排水)시간으로부터 정해지지만, 배수를 빨리 또한 안전하게 하기 위해서는 침전지 바닥보다 한층 낮은 위치에 배수구(排水口)를 설치한다. 배수관의 상단은 침전지 바닥보다 낮은 위치에 설치하며 배수는 자연유하에 의하는 것이 바람직하다.

5.5.3 횡류식 침전지의 용량과 평균유속

횡류식 침전지는 다음 각 항에 따른다.
1. 보통침전지(응집처리를 하지 않은 것)
   1) 표면부하율은 5~10 mm/min를 표준으로 한다.
   2) 침전지 내의 평균유속은 0.3 m/min 이하를 표준으로 한다.
2. 약품침전지(응집처리를 수반하는 단층침전지)
   1) 표면부하율은 15~30 mm/min으로 한다.
   2) 침전지 내의 평균유속은 0.4 m/min 이하를 표준으로 한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 표면부하율은 원수의 탁질 분포와 침강속도의 실측자료 등을 기초로 하여 정한다. 표면부하율을 5~10 mm/min로 하고 깊이를 5.5.2 횡류식 침전지의 구성과 구조로 정하면, 체류시간은 약 8시간 정도로 된다. 또한 고탁도시에 응집처리하는 경우에도 실례로부터 보아 이 값으로 충분하다.

1. 2)에 대하여 ; 유속이 너무 크면 침전을 저해하거나 침전된 슬러지를 부상시킬 우려가 있기 때문에 경험상으로 침전지 내 평균유속은 0.3 m/min 이하를 표준으로 한다.

2. 1)에 대하여 ; 침전지에서 필요로 하는 표면부하율(또는 체류시간)은 원수수질, 응집의 성과, 침전지의 정류정도 및 수온 등에 따라 크게 차이가 있다. 약품침전지의 침전특성은 일반적으로 침전시간을 길게 할수록 침전효과는 양호해지지만, 지나치게 용량을 증가시키더라도 그 비율만큼 침전효과가 높아지는 것은 아니다.

이 밖에 지 내에 난류나 편류 또는 단락류가 있는 경우에는 용량효율이 크게 떨어진다. 또한 다층침전지에서는 유향변경 등에 의한 난류와 청소의 어려움 때문에 계층이 부분적인 것도 있고 또한 계층을 증가시킨 것만큼 곧바로 침전효과가 있는 것이 아니며 최근에는 다층침전지를 설계하지 않는 추세이다. 여기서는 단층침전지에 대한 기준으로 실제 침전지에서의 침전효율이 감소되거나 수질변동으로 인

한 침전능력에 여유를 보아서 표면부하율은 15~30 mm/min를 표준으로 한다.

2. 2)에 대하여 ; 침전지 내의 유속은 입자의 침강속도, 수류의 정류(整流)정도 및 침강거리 등과 밀접한 관계가 있으며 또 바닥에 침전된 슬러지를 재부상시키지 않는 한계소류(限界掃流)유속으로부터도 한도가 있으며 경험상의 실적을 고려하여 평균유속으로 40 cm/min 이하를 표준으로 한다.

5.5.4 경사판(관) 등의 침전지

경사판(관)식 침전지는 다음 각 항에 따른다.

1. 원수수질, 처리수질의 목표 및 침전지의 형식 등을 고려하여 침강장치의 종류와 형식을 정한다.
2. 침전지 유입부에는 경사판 등의 침강장치에 균등하게 유입되도록 하고, 단락류를 방지하기 위하여 유효한 조치를 강구한다.
3. 기타 설비에 대해서는 약품침전지의 기준에 준해야 한다.
4. 횡류식 경사판침전지는 다음 각 호를 표준으로 한다.
   1) 표면부하율은 4~9 mm/min로 한다.
   2) 경사판의 경사각은 60^0로 한다.
   3) 침전지 내의 평균유속은 0.6 m/min 이하로 하고, 경사판 내의 체류시간은 경사판의 간격 100 mm인 경우에 20~40분으로 한다.
   4) 장치의 하단과 바닥과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
   5) 장치와 침전지의 유입부벽 및 유출부벽과의 간격은 1.5 m 이상으로 한다.
5. 상향류식의 경사판을 설치하는 경우에는 다음을 표준으로 한다.
   1) 표면부하율은 12~28 mm/min로 한다.
   2) 침강장치는 1단으로 한다.
   3) 경사각은 $55~60^0$로 한다.
   4) 침전지 내의 평균상승유속은 250 mm/mim 이하로 한다.
   5) 상승수류를 가능한 한 침강장치 내로 통과시키기 위하여 다음 각 호를 참고한다.
      ⑴ 유출수 전량이 경사판 침강장치를 통과하는 구조이어야 한다.
      ⑵ 만약 (1)의 구조가 아닌 경우, 침강장치의 설치면적은 침전지에서 상향류 부분의 90 % 이상으로 해야 한다. 다만 구조적인 제약 등으로 인하여 불가피한 경우에는 80 % 이상으로 하되 저류벽 등을 설치하여 단락류가 생기지 않도록 주의한다.
      ⑶ 만약 (1)의 구조가 아닌 경우, 침강장치와 침전지 측벽 또는 저류벽과의 간격은 100 mm 이하로 한다.
   6) 횡류식 침전지에 상향류식 경사판을 설치하는 경우에는 다음 각 호에 따른다.
      ⑴ 장치의 하단과 바닥과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
      ⑵ 장치와 유입부벽과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
      ⑶ 장치 하부의 입구에서 평균유속은 0.7m/min 이하로 한다.
6. 경사판을 설치할 때에는 경사판에 쌓인 슬러지를 제거시키기 위한 장치를 설치하거나 경사판의 중간에 통로를 두어 청소하는 사람이 통행할 수 있도록 해야 한다.
7. 경사판 등 침강장치는 지진이나 침전지를 비울 때에 경사판에 쌓인 슬러지의 무게로 인하여 경사판이 파손되는 경우가 없도록 적절한 조치를 강구한다.
8. 처리효율을 향상시키기 위하여 기존 침전지에 경사판 등 침강장치를 설치하는 경우에는 부대된 기존 설비능력을 고려한다.
9. 조류가 번성함으로 인한 장애에 대한 대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 경사판(관)식 침전지는 〔그림 5.5.4〕에 나타낸 바와 같이 침전지 내에 경사판이나 경사관을 삽입하여 일종의 다층침전지를 구성함으로써 침전효율을 높이고자 하는 것으로, 침강장치로는 각종 형상의 것들이 사용된다.

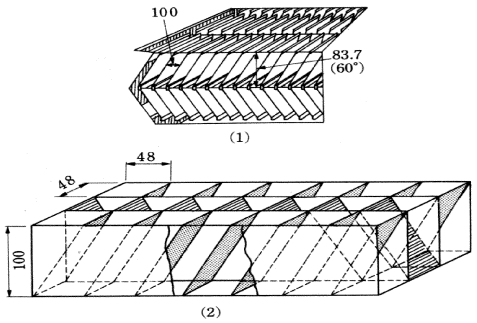
〔그림 5.5.5〕에서와 같이 수심 H의 침전지에 경사판을 삽입하였을 경우에 침전지 내에서 현탁입자의 최대침강거리는 H에서 h로 짧아지며 침전효율은 H/h배로 증대된다. 이를 다른 방향에서 본다면 H/h층의 다층침전지를 형성하고 있는 것으로 볼 수 있다. 이것은 경사판의 형상에는 관계가 없으며 침전지 내의 수류방향이 횡류이거나 상향류일 경우에도 성립된다.

〔그림 5.5.6〕에 나타낸 바와 같이 침강장치의 형상에 따라 주로 횡류(수평류)에서 사용되는 것, 상향류에서 사용되는 것, 어느 방향의 수류에서나 사용할 수 있는 것 등이 있다. 원리적으로는 동일하나 그 성질에 각각 약간의 차이가 있으므로 이러한 장치를 설치하는 침전지에는 횡류식침전지와 고속응집침전지에서는 플록의 성장이나 완충기능 및 슬러지 배출방법이 다르기 때문에 이들을 고려하여 침강장치의 형상과 배치를 결정해야 한다. 침전지 내에 경사판 등 침강장치를 설치하여 침전효율을 개선하고자 하였을 경우에는 그 효과에 따라 체류시간을 감소시키고 침전지의 처리능력을 향상시킬 수 있다.

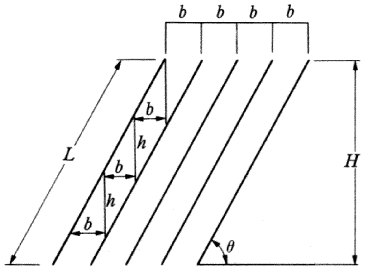
경사판 등 침강장치와 외관은 유사하나 원리적으로는 전혀 다른 신종의 침강장치도 출현하고 있다. 〔그림 5.5.7〕에 보인 장치는 경사판에 따라 많은 날개(fin)를 부착한 것으로 독립된 침전대를 갖는 구조로 되어 있고 제거율을 높이고 장치를 축소시키고자 하였다. 또한 경사판의 내부를 단위 구획으로 구분하고 상부의 유출부를 오리피스를 가공한 밀폐형으로 구성하여 경사판 내부로 유입되는 수류를 균등하게 하는 효과를 갖는 장치도 있다.

2.에 대하여 ; 경사판식 침강장치 등에서는 수류가 침강장치의 밖을 통과하게 되면 침전효율이 심하게 떨어지기 때문에 단락류가 생기지 않도록 해야 한다. 그러므로 침전지 내로 유입되는 유입수를 균등하게 하기 위하여 적당한 정류벽을 설치하거나 단락류가 발생되지 않도록 바닥과 경사판간에 저류벽이나 저류판 또는 측류방지시설을 설치하는 것 등이 필요하다(〔그림 5.5.8〕 참조). 실제로 단락류를 방지하기 위한 시설(정류벽, 저류벽, 저류판 등)을 불충분하게 설치함으로써 실패한 예가 많다. 횡류식 침강장치에 설치된 저류벽은 침강장치와 바닥 간에 설치되기 때문에 침전지가 가동 중에는 저류벽에 설치된 통로(출입문 등)는 완전히 폐쇄하여 단락류를 방지하고, 점검하거나 수리할 때에는 사람이 출입할 수 있는 구조로 설계하는 것이 필요하다. 수류의 흐트러짐을 방지하고 침강장치의 침전부하를 경감시키기 위하여 플록형성지와 침강장치 사이에 전단계 침전지를 설치한 예도 있다(〔그림 5.5.9〕 참조).

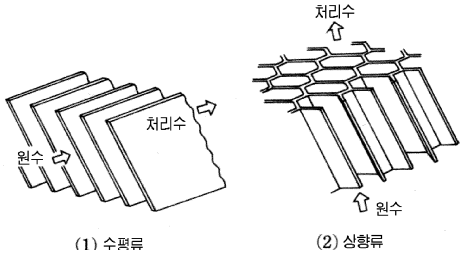
3.에 대하여 ; 경사판 등 침강장치는 침전효율만을 개선하기 위하여 설치하는 장치일 뿐이고 그 밖에도 침전처리에 필요한 응집, 슬러지 배출 및 침전수 유출 등 침전지의 요건에 관해서는 일반적인 약품침전지와 동일하게 해야 한다.



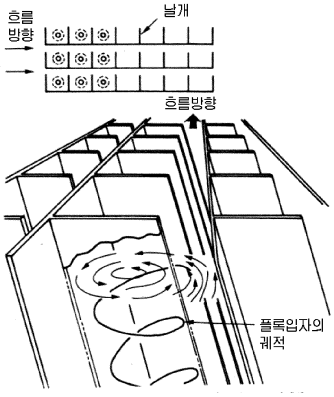
[그림 5.5.4] 경사판 침강장치의 예(단위 : mm)



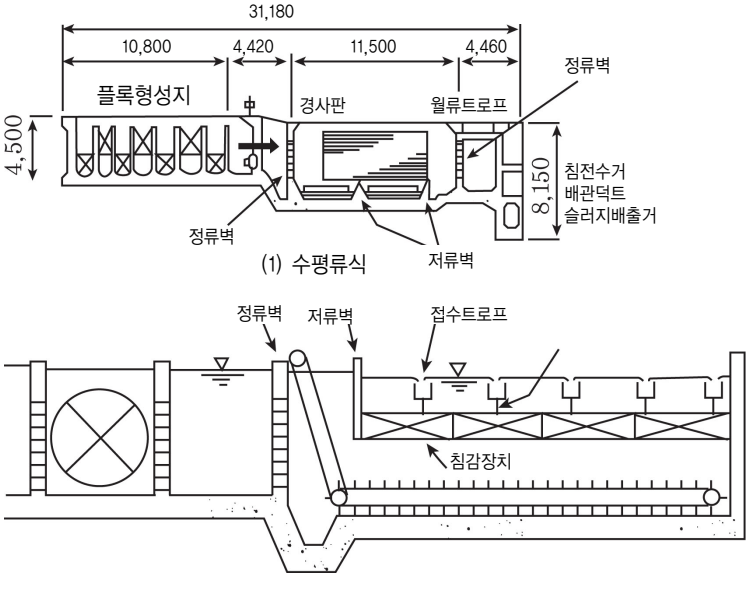
[그림 5.5.5] 경사판의 효능



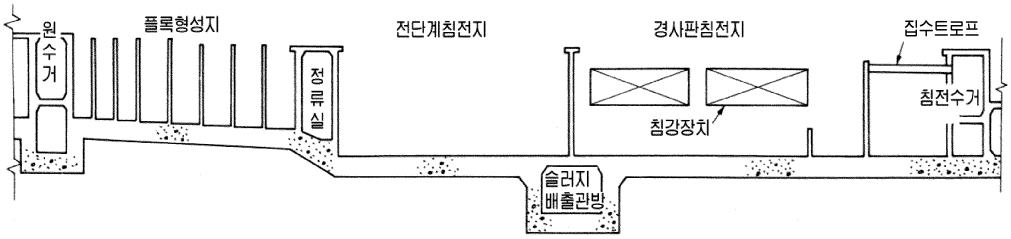
[그림 5.5.6] 침강장치와 흐름방향



[그림 5.5.7] 날개가 부착된 경사판



[그림 5.5.8] 정류벽·저류벽 설치방법의 예(단위 : mm)



[그림 5.5.9] 전단계 침전지 설치의 예

4. 1)에 대하여 ; 경사판 등 침강장치의 표면부하율은 횡류식이나 상향류식의 어떤 경우에도 처리수량을 침강장치의 침강판 수평투영면적으로 나누어 구한다. 침강장치가 없는 경우와 비교하여 n배의 연투영면적을 갖는 침강장치를 설치한 침전지는 이론적으로 n배의 처리능력을 갖는다. 그러나 침강면적의 증가로 정류효과가 있는 한편으로 침강장치 내에서 미끄러져 떨어지는 슬러지를 부상시키기도 하며 밀도류로 인하여 효과가 저하되기도 한다. 여기서는 이러한 것을 고려하여 실적으로부터 표면부하율을 4~9 mm/min으로 하였다. 또한 수온이나 탁도의 변화가 큰 경우에는 짧은 시간에 침전처리하기 위하여 고도의 기술을 필요로 하는 방법보다는 체류시간을 1시간 이상으로 하여 완충능력을 크게 하는 편이 바람직하다.

4. 2)에 대하여 ; 경사판 침강장치를 침전효율 면에서만 본다면 경사판이 0°에서 제일 침전효율이 좋지만, 경사판상의 슬러지를 자연스럽게 연속적으로 바닥 쪽으로 미끄러져 흘러내리도록 하기 위하여 어느 정도의 경사각이 필요하다. 실험이나 경험상으로 볼 때에는 60° 정도이면 대개 지장 없이 슬러지가 흘러내릴 수 있다. 그러나 지금까지의 사용실적을 보면 슬러지가 경사판에 걸려서 경사판을 파괴시키는 사고도 일어나고 있었으므로 경사판의 강도와 경사판의 조립에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

4. 3)에 대하여 ; 침전지 내의 평균유속은 경사판 침강장치의 위를 미끄러져 떨어지는 슬러지를 부상시키지 않도록 정하는 것이 필요하다. 여기서는 이들을 고려하여 실적으로부터 경사판을 설치하는 경우의 최소간격은 100mm로 해야 하며, 이 때에 경사판 내의 체류시간은 20-40분으로 정하였다. 또한 지금까지의 경험으로부터 장치 내의 통과시간을 적절하게 선정하는 것은 효과적으로 침전 제거시키기 위하여 중요하다. 표면부하율과 침전지 내의 평균유속으로부터 침강장치를 설계하지만, 장치의 간격이 좁은 경우에는 이들 상한치를 사용하면 장치 내의 통과시간이 줄어들게 되어 정수처리가 적절하게 이루어지지 않는 경우도 있다. 따라서 지금까지의 경험으로부터 장치의 간격을 Pmm라고 하는 경우에 장치 내의 통과시간 T는

$$T = (20\sim40)\times P/100\text{min}(\text{다만, 15분 이상으로})$$

으로 되도록 한다.

또 침전지 내의 평균유속과 장치 내의 통과시간을 산출할 때에는 침전지의 측벽과 침강장치와의 틈새 등을 제외한 침강장치의 유효단면적을 사용한다.

4. 4)에 대하여 ; 침강장치의 하단과 바닥과의 사이는 1.5 m 이상으로 하여 퇴적슬러지 공간으로 확보해야 하며 슬러지 수집설비의 설치 또는 슬러지 제거작업, 침강장치의 유지관리 작업을 원활하게 할 수 있도록 한다.

4. 5)에 대하여 ; 침강장치가 침전지 유입부의 벽에 지나치게 근접되면 장치 내로 균등하게 유입되지 않으며 유출부의 벽에 지나치게 근접되면 플록을 감아올려지는 편류(eccentric flow)가 생길 우려가 있다.

5. 1)에 대하여 ; 상향류식 침강장치의 기능으로서는 정류작용, 침강면적의 증대, 침강장치 내에서의 2차 응집효과 등이 고려된다. 여기서 상향류식의 경우 표면부하율은 유량을 침강장치의 수평투영면적으로 나눠 구하며, 침전지내 경사판 설치 투영 면적에 따른 표면부하율은 12~28 mm/min로 한다.

5. 2)에 대하여 ; 상향류식 침강장치에서 횡류식과 같이 여러 단으로 설치하면 상승수류의 영향으로 인하여 침강장치의 판면이 꺾이고 접히는 부분에서 술러지가 퇴적되거나 편류가 발생하여 침강효율을 저하시킨다. 그러므로 상향류식 침강장치는 1단으로 설치하는 것이 일반적이다.

5. 3)에 대하여 ; 4.2)의 **【해설】**을 참고로 한다. 단 경사각은 55~60°로 한다.

5. 4)에 대하여 ; 상향류식인 경우의 상승유속은 유량을 침강장치의 수평투영면적으로 나눠 구한다. 상승유속을 크게 하면 당연히 처리수량이 증가하며, 침전지내 경사판이 설치된 수 표면적을 고려한 상승유속은 250 mm/min 이하로 한다. 또한 침강장치의 간격이나 길이의 관계로부터 제작과 시공에 한계가 있다. 여기서는 이러한 것들을 고려한 실적이다.

침전지 내의 평균상승유속을 산출할 때에는 침전지의 측벽과 침강장치와의 간격, 침강장치 상호간의 간격 등을 제외한 침강장치의 유효단면적을 사용한다.

5. 5)에 대하여 ; 상향류식 침강장치를 설치하였을 때에는 유출수 전량이 경사판침강장치를 통과하는 것이 이상적이다. 그러나 소규모의 원형침전지와 같이, 침강장치의 형상과 크기, 침전지의 형태 등으로 인하여 침강장치를 전단면에 설치할 수 없는 경우가 있다. 또한 침강장치는 설치기구 등의 관계로 측벽이나 저류벽에 밀착시킬 수 없는 경우가 많다. 이 때문에 상향류수의 일부가 침강장치를 통과하지 않고 상승하여 집수트로프로 유출되는 경우가 있으며, 그만큼 침전지 능력이 저하된다. 이러한 것을 방지하기 위하여 실제 침전지의 상황을 고려하여 정한다.

5. 6)의 (1)과 (2)에 대하여 ; 침강장치가 침전지의 유입부벽에 지나치게 근접하게 되면 장치 내로의 유입흐름이 균등하지 않을 우려가 있다. 경사판 침강장치의 하단과 바닥과의 거리는 1.5 m 정도의 슬러지 퇴적공간을 확보해야 하며, 또한 유입흐름이 균등하게 이루어질 필요가 있다. 이 공간은 슬러지 수집설비나 침강장치의 유지관리와 수리점검에도 이용된다.

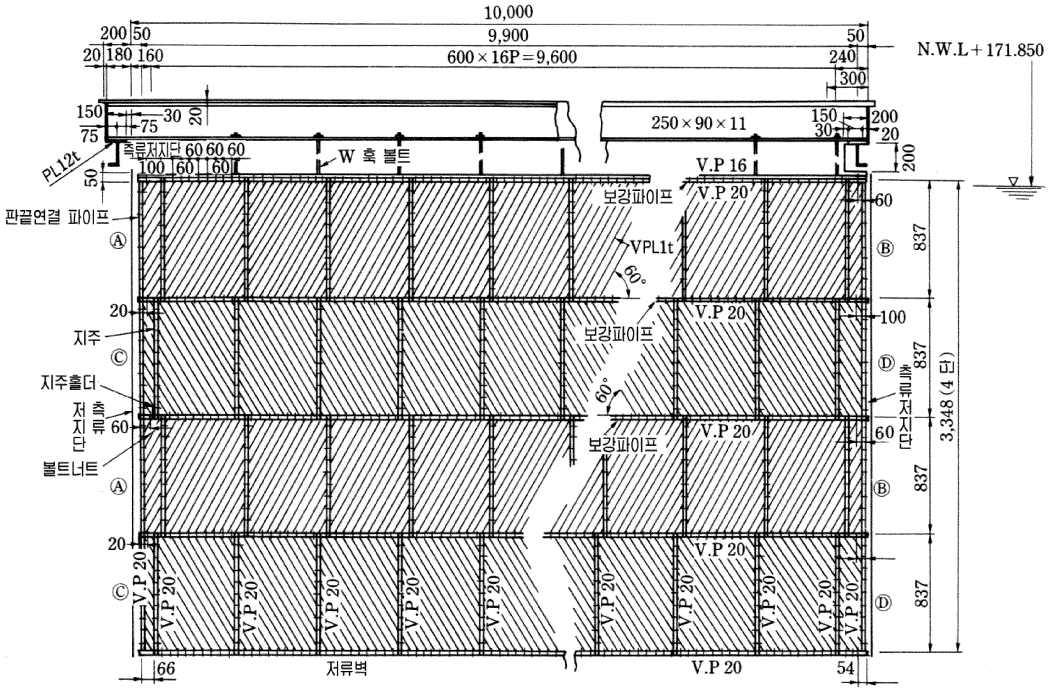
침전지 가동 중에는 경사판 침강장치와 바닥과의 사이를 저류벽으로 완전 차단하여 단락류를 방지해야 하며 필요할 때에는 사람이 출입할 수 있는 출입문 구조로 해야 한다. 슬러지 수집방법은 구조상

제약을 받으므로 인력에 의하거나 체인플라이트식 또는 수중대차식의 장치를 사용하게 되며, 어느 방식이라도 고장이나 기타 원인으로 슬러지가 쌓여서 경사판의 일부에까지 쌓이게 되면 경사판이 파손되므로 경사판이 없는 침전지의 경우보다 슬러지 퇴적과 배출을 철저하게 감시해야 한다.

5. 6)의 (3)에 대하여 ; 침강장치의 하부 입구에서 유속이 너무 크게 되면 플록이 파괴되거나 편류로 침전된 플록이 다시 부상될 우려가 있다.

6.에 대하여 ; 경사판에 슬러지가 쌓였을 때 이를 자동적으로 세척할 수 있는 장치를 설치함으로써 침전지의 물을 배출하지 않고 청소하는 것이 바람직하지만, 침전지 내의 물을 배출한 다음에도 경사판을 하나하나 뜯어내어야만 청소가 가능한 경우에는 파손과 고장 등으로 재사용하기까지 많은 시간이 소요되거나 심지어 재사용이 불가능한 경우도 있으므로 청소에 대한 고려가 필요하다.

7.에 대하여 ; 경사판 등 침강장치는 지진이 발생하거나 침전지의 물을 배수(排水)시킬 때에 파손되어 정수처리에 지장을 주는 경우가 있다. 또 슬러지가 침강장치 내에 퇴적되어 슬러지 자체의 하중으로 침강장치가 넘어지는 사고도 발생하고 있다. 그러므로 침강장치는 충분한 강도가 있어야 하며 조립대에 견고하게 접속되어 있어야 한다. 또한 침강장치를 조립하는 방법에 대하여 충분하게 검토해야 한다. 경사판 침강장치는 훅(hook)으로 침강장치에 작용하는 지진시의 동수압을 완화시키는 방법도 있다 ([그림 5.5.10] 참조).



[그림 5.5.10] 경사판 침강장치 조립의 예(단위 : mm)

8.에 대하여 ; 기존 침전지에 침강장치를 설치하는 목적은 처리수의 수질향상을 도모하는 경우와, 처리수량을 증대시키기 위한 경우가 있다.

처리수량을 증대시키는 경우에는 다음 사항에 대하여 조사하고 검토해야 할 필요가 있다.

① 수질로부터 본 증대 가능량

② 침강장치의 설치가능면적

③ 침전지의 표면부하율, 침전지내의 유속

④ 유량변동에 대한 완충능력

⑤ 유출설비의 능력

⑥ 슬러지 배출 능력

이 경우, 플록형성에 관한 설비는 종래와 동등이상으로 플록이 형성되도록 해야 한다.

9.에 대하여 ; 침전지 주벽이나 경사판에 조류가 번성하여 침전효과를 저해하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 경사판 침전지를 복개하여 햇빛을 차단함으로써 부착조류의 성장을 억제하는 방법과 간헐적인 전염소처리나 침전지 주벽과 경사판 등에 압력수를 분사하여 조류를 제거하는 방법 등의 대책이 있다.

5.5.5 고속응집침전지

1. 고속응집침전지를 선택할 때에는 다음 조건을 고려하여 결정한다.
   1) 원수 탁도는 10NTU 이상이어야 한다.
   2) 최고 탁도는 1,000NTU 이하인 것이 바람직하다.
   3) 탁도와 수온의 변동이 적어야 한다.
   4) 처리수량의 변동이 적어야 한다.
2. 고속응집침전지의 지수와 구조는 다음 각 호에 따른다.
   1) 표면부하율은 40~60 mm/min을 표준으로 한다.
   2) 용량은 계획정수량의 1.5~2.0시간분으로 한다.
   3) 경사판 등의 침강장치를 설치하는 경우에는 슬러지 계면의 상부에 설치한다.
   4) 슬러지 배출설비는 지내의 잉여슬러지를 수시로 또는 상시 연속으로 충분하게 배출할 수 있는 구조로 한다.
   5) 침전지를 청소하거나 고장인 경우에도 정수처리에 지장이 없는 침전지의 지수로 한다.

【해설】

고속응집침전지는 기성 플록이 존재하는 중에 새로운 플록을 형성시키는 방식의 침전지로 응집침전의 효율을 향상시키는 것을 목적으로 하는 방식이다.

고속응집침전지는 원리상 또는 기구상으로 슬러리 순환형, 슬러지 블랑키트형 및 양자의 복합형으로 크게 나눌 수 있으며 각각 다수의 기종이 있고 원수조건과 사용조건에 대한 적용범위를 가지고 있으므로 계획하는 정수장의 조건과 각종 고속응집침전지의 특징을 충분히 검토하고 기종을 선정해야 한다. 재질이 강판인 경우에는 유지관리할 때에 부식을 방지하기 위한 도장에 대하여 주의를 기울여야 한다.

1) 슬러리 순환형

〔그림 5.5.11〕에 표시된 바와 같이 유입원수와 응집제는 순환되는 기존 슬러리와 혼화되고 교반된 후에 순환류와 함께 분리부에 유입되며, 이 분리부에 상징수의 상승수류와 침강 분리되어 순환하는 하강슬러리류로 분리된다. 상징수는 수면에 배치된 트로프를 통하여 유출되고 잉여슬러지는 바닥 또는 순환부에 설치된 슬러지 호퍼에서 배출된다. 교반부의 크기와 구조는 기종에 따라 다르며 교반과 순환을 일으키는 방식은 회전날개에 의한 방식 외에 수류에 의한 방식, 공기세척에 의한 방식 등이 있다. 특히 슬러지의 양이 많은 경우에 적합하도록 중심축회전식 슬러지수집기를 갖춘 기종도 있다.

2) 슬러지 블랑키트형

〔그림 5.5.12〕, 〔그림 5.5.13〕에 표시된 바와 같이 상승수류로 부유상태인 슬러리의 아래쪽에서 응집제가 혼합된 원수가 통과하면서 현탁물질은 많은 기존 플록과 접촉하여 한 덩어리가 되고 슬러리층(blanket)의 상면에 도달할 때까지 성장하며 상승수류보다 침강속도가 커진 플록은 상승수류에서 분리되어 기존의 부유슬러리층(blanket)으로 들어간다. 일반적으로 순환류는 없으며 슬러리를 부유시키는 것을 상승수류에만 의존하는 형식들이 많다.

교반은 회전날개에 의한 방식 외에 맥동에 의한 방식, 펌프가압수류에 의한 살수기의 회전에 의한 방식 등이 있다. 잉여슬러지의 배출은 침전지 바닥에서 이루어지는 경우가 많으나, 맥동형에서는 분리면의 상단에서 월류시킨 다음 슬러지를 배출시키고 있다. 평면형상은 원형과 직사각형의 것이 있다.

3) 복합형

〔그림 5.5.14〕과 같이 최초의 응집과정을 슬러리 순환으로 하고 다음에 플록의 성장과 분리를 슬러지 블랑키트로 하는 방식이 많이 사용되고 있다. 슬러리 순환을 교반하는 방식에는 회전날개에 의한 방식, 수류 자체에 의한 방식 및 살수기의 회전에 의한 방식 등이 있다

1. 1)에 대하여 ; 고속응집침전지가 빠른 상승유속과 짧은 체류시간으로 처리기능을 발휘하기 위해서는 기성 슬러리의 존재가 필요조건이다. 슬러리를 상시 보유하기 위해서는 끊임없이 어느 정도의 탁질유입과 슬러지배출에 의한 슬러리의 신진대사를 필요로 한다. 신진대사가 없으면 플록의 흡착응집능력이 저하되거나 슬러리 중에 유기물의 부패로 인하여 새로운 원수에 대한 제탁능력을 발휘할 수 없게 된다.

또 저수온에서 탁도 5NTU 이하인 경우에는 양호한 플록이 생기지 않으며 고속응집침전의 이점이 발휘되지 않을 경우가 많다. 실적에 의하면 원수의 최저탁도가 항상 10NTU 정도일 때에 안정된 처리가 이루어진다.

1. 2)에 대하여 ; 특히 고탁도에 적합하도록 설계된 것을 제외하고는 일반적으로 고속응집침전지는 너무 높은 탁도에는 적합하지 않다. 즉 일반적인 고속응집침전지에서 구조상으로 슬러지 퇴적심도가 작기 때문에 잉여슬러지는 압밀농축이 불충분한 묽은 상태로 제거된다. 그러므로 1,000NTU 이상의 고탁도로 유입되는 탁질과 배출되는 탁질의 균형을 유지하고 침전지유출수에 슬러리를 유출시키지 않기 위해서는 슬러리 배출수량이 유입수량의 수 10 %가 되는 경우도 있어서 처리수량이 감소되는 등 정수처리에 지장을 초래하게 된다.

또 퇴적된 슬러지의 점착력이 강한 경우에는 슬러지의 압밀농축성은 좋으나 반대로 침전지 내의 유

로를 막히게 하여 침전지 자체의 기능이 저해되는 경우가 있으므로 빈번하게 슬러지를 배출시켜야 한다. 횡류식 약품침전지는 슬러지 퇴적부가 크고 고탁도시에도 슬러지를 저류시킬 수 있으므로 기능적으로는 지장이 없으나, 일반적으로 고속응집침전지는 1,000NTU 이상의 고탁도에는 적합하지 않다.

1. 3)에 대하여 ; 원수의 탁도와 수온변동으로 제탁능력이 저하되고 침전수에 슬러지가 유출되는 것을 방지하기 위하여 슬러리 농도와 슬러지블랭키트 면의 유지가 중요하다. 이를 위하여 탁도와 수온변동에 대처할 수 있는 약품주입량과 종류를 파악하여 변동 폭이 다음 수치 이하인 것이 바람직하다.

탁도변화 1시간에 100NTU, 수온변화 1시간에 0.5~1.0 ℃

그러므로 계획할 때에는 원수의 탁도에 관해서는 시간변화와 지속시간의 검토가 필요하고 수온에 관해서는 특히 상승시의 변화상황을 조사하는 것이 필요하다.

1. 4)에 대하여 ; 고속응집침전지 내에는 대량의 슬러지를 보유하고 있으므로 유입수량의 변동폭이 너무 크지 않으면 슬러지 농도의 범위나 슬러지 블랑키트 면의 승강신축 범위 내에서는 유입수량의 변동을 흡수 완충하는 능력을 가지고 있다.

슬러리 순환형에서 순환수량을 유입수량의 수배로 하고 있을 경우에는 비교적 영향이 적은 것 같지만, 슬러리를 부유시키는 것을 기계교반보다도 유입수의 상류수에 의존하는 비중이 큰 형식일수록 유량의 변화를 피해야 한다. 유량변동으로 슬러리 분리의 균형이 파괴되고 슬러리 유출의 원인이 되며 또한 그 회복도 어렵다.

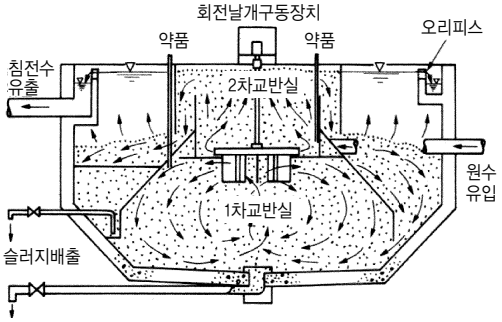
그러므로 부득이하게 유량을 변경시켜야 하는 경우에는 원수수질과 형식에 따른 시간당 허용변동폭에 따라 신중하게 시간을 두고 천천히 변경시켜야 한다. 일반적으로 주간에만 사용하거나 또는 단시간에 단속적으로 운전하는 사용조건에는 적합하지 않다.

2. 1)에 대하여 ; 표면부하율은 침전효과를 크게 좌우하며 그 결과가 건설비에 영향을 미치므로 설계할 때에는 기초적 조사항목 중에서 가장 중요한 항목 중의 하나이다.

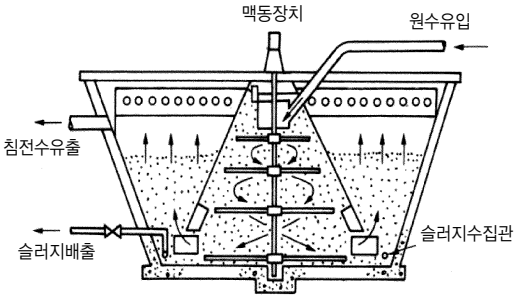
표면부하율을 결정하는 요소는 플록의 침강속도와 플록의 생성상황 및 제탁률을 파악하며, 여기에 실적치를 고려하여 판정해야 한다. 또 여과지와의 제탁부하 분담, 여과계통의 구조, 용량과의 관계 등도 고려하는 것이 바람직하다.

일반적으로 가벼운 플록이 생기는 경향이 있는 경우에는 느린 표면부하율로 35~45 mm/min 정도가 바람직하다. 반대로 침강속도가 빠른 플록이 생기는 경향이 있는 경우에는 표면부하율을 60 mm/min 정도로 운전할 수 있다. 이와 같이 플록의 상태에 따라 차이가 있으므로 원수나 응집제의 사용조건 및 수처리 면에서 충분히 검토되어야 한다.

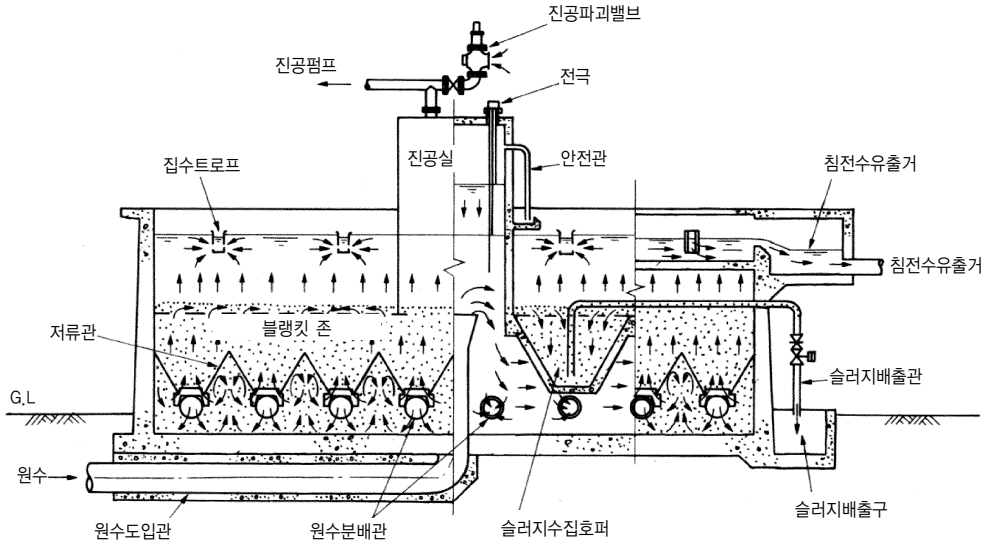
고속응집침전지에서 원수조건이나 처리방법과 기종의 특성에 의한 조건과의 균형을 상실하면 탁질을 제거하는 능력이 저하될 뿐만 아니라 처리불능으로 되거나 슬러지퇴적에 의한 기능장애 등을 일으키는 경우가 있다. 여러 형식 중에서는 장치상에서 상승유속의 상한과 하한을 갖는 것도 있으므로 형식을 선정할 때에는 충분히 고려해야 한다. 또 경사판 등 침강장치를 삽입하여 상승유속을 높이는 방법도 있으나, 채택할 때에는 충분한 검토가 필요하다.



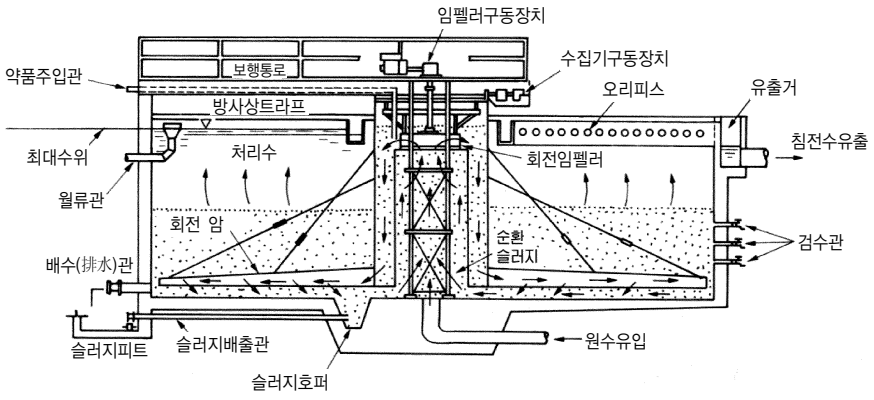
[그림 5.5.11] 고속응집침전지(슬러리 순환형)



[그림 5.5.12] 고속응집침전지(슬러지 블랑키트형)



[그림 5.5.13] 고속응집침전지(맥동형)



[그림 5.5.14] 고속응집침전장치(복합형)

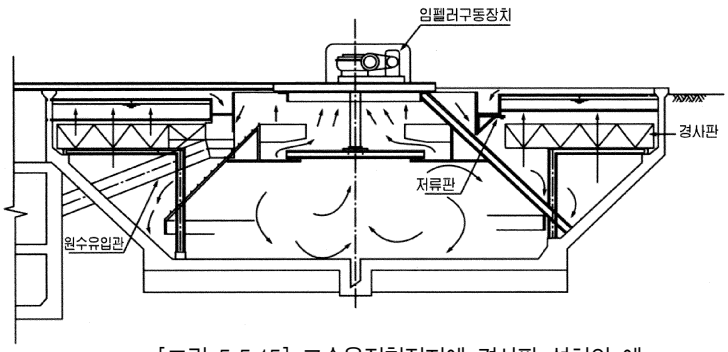
2. 2)에 대하여 ; 체류시간은 탁도, 탁질 등의 원수조건과 형식에 의한 기능, 구조의 상이 등으로 차이가 있으므로 개개 사례에 알맞도록 선정하는 것이 바람직하다.

고속응집침전지는 일반적으로 표면부하율만으로 기능을 평가하기 쉬우나 수심이나 체류시간도 제탁능력과 밀접한 관계가 있으므로 조건이 허락하는 한 수심도 깊게 하고 용량도 크게 하는 것이 바람직하다. 그러나 효과와 건설비 관계에서 크기의 한계가 있다.

또 최소한의 용량을 채택하더라도 기구상으로나 구조상으로 일정한 한도 이하로는 될 수 없다. 그러므로 여기서는 이들 조건과 실적을 고려한 용량으로 1.5~2.0시간을 표준으로 한다.

2. 3)에 대하여 ; 〔그림 5.5.15〕에 보인 바와 같이 고속응집침전지에 경사판 등의 침강장치를 설치하면 상승유속을 높이며 생물에 의한 여과장애, 밀도류에 의한 탁질유출(carry over), 분말활성탄누출 등의 대책에 유효하고 침전처리수의 수질을 개선할 수 있다. 여기서는 슬러리계면의 상부에서 미세한 플록을 포착하도록 침강장치를 계면의 상부에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

이 경우의 기준은 5.5.4 경사판(관) 등의 침전지에 준한다.



[그림 5.5.15] 고속응집침전지에 경사판 설치의 예

2. 4)에 대하여 ; 고속응집침전지에서는 유입탁질과 유출탁질의 균형을 유지함으로써 슬러리 농도와 슬러지층의 계면높이가 적정범위 내로 유지하며 양호한 처리상태를 유지할 수 있다.

슬러지가 장치 내에 퇴적되면 여러 가지 지장의 원인으로 되므로 설계에서는 슬러지 배출설비의 구조나 용량을 특히 고려해야 한다.

잉여슬러지의 양이나 점착성은 원수조건에 의해 정해지는 것이지만 슬러지 배출호퍼의 크기와 형상을 결정하는데 있어서도 중요하므로 될수록 조건이 비슷한 정수장의 상황을 상세히 조사 검토하는 것이 바람직하다. 점착성이 높은 경우일수록 호퍼를 작게 하고 퇴적시간을 짧게 하고 슬러지 배출회수를 늘리는 것이 좋다.

고탁도 등으로 잉여슬러지의 양이 많고 퇴적될 것으로 예상되는 경우에는 슬러지 배출설비로서 슬러지수집기를 내장한 형식을 선정하는 것이 바람직하다.

슬러지 배출밸브는 개폐타이머(on/off timer)에 의한 자동조작을 원칙으로 한다. 슬러지 배출시에 지내에 미치는 영향을 되도록 적게 하고 될수록 고농도의 슬러지를 소량 배출함으로써 수량손실을 적

게 하고 또 슬러지 처분을 쉽게 하는 것을 목적으로 하여 슬러지 배출밸브를 몇십분마다 5초 정도의 단시간에 빈번하게 개방하는 방식이 바람직하며 주야 구별없이 연속하여 슬러지를 배출해야 하므로 타이머가 필요하다. 또 슬러지 배출밸브는 정전 등의 사고시에는 닫힌 상태로 자동안전조작(fail-safety)되는 방식이 바람직하다.

일반적으로 약품침전지에 비해 고속응집침전지의 슬러지 배출은 저농도 슬러지가 다량으로 발생하고 또 슬러지를 배출할 때에는 언제나 침전지에서 배출시킬 수 있어야 하므로 배출수조와 배출수 펌프에 대해 상당히 고려해야 한다.

2. 5)에 대하여 ; 슬러지퇴적으로 인하여 처리불능이 되었을 경우와 기계부분의 보수나 도장이 필요할 경우에는 침전지를 일시적으로 운전 중지해야 하므로 침전지의 수는 2지 이상으로 하는 것이 바람직하다.

일반적으로는 청소, 도장, 검사를 겸하여 1년이나 몇 년마다 한번씩 침전지를 비우는 경우가 있으나, 돌발사고 이외에는 처리수량이 적은 시기에 비우는 것이 통례이다. 이 때에 다른 지의 수량부담이 그만큼 증가하므로 지수나 상승유속을 결정할 때에는 정수처리에 지장이 없도록 고려해야 한다.

5.5.6 정류설비와 유출설비

침전지의 정류설비와 유출설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 침전지의 정류설비는 지내에서 편류나 밀도류를 발생시키지 않고 제거율을 높이기 위한 시설로서 다음 각 호에 따른다.
   1) 유입구는 침전지의 전횡단면에 가능한 한 균등하게 유입되도록 그 위치와 구조를 정한다.
   2) 횡류식 침전지의 정류설비는 다음 각 항에 따른다.
      ⑴ 유입부에는 정류벽 등을 설치하여 지의 횡단면에 균등하게 유입되도록 한다.
      ⑵ 정류벽은 유입단에서 1.5 m 이상 떨어져서 설치한다.
      ⑶ 정류벽에서 정류공의 총면적은 유수단면적의 6 %를 표준으로 한다.
      ⑷ 침전지 내에는 필요에 따라 도류벽이나 중간정류벽을 설치한다.
2. 침전지의 유출설비는 다음 각 호에 따른다.
   1) 횡류식 침전지의 유출설비는 침전지 내의 유황(流況)을 교란시키지 않는 구조로 하고, 그 위어부하는 500m^3/(d·m) 이하로 한다.
   2) 상향류식에 경사판 등 침강장치를 설치하는 경우에는 다음 각 항에 따른다.
      ⑴ 유출설비의 하단과 침강장치 상단과의 간격은 원칙으로 30 cm 이상으로 한다.
      ⑵ 유출설비의 위어부하는 350 m^3/(d·m) 이하로 한다.

【해설】

실제 횡류식 침전지에서 지내의 수류는 수류 자체의 흔들림이나 외부로부터의 영향으로 이상적인 상태와는 거리가 먼 수류상태를 나타낸다. 수리학적으로 보면 수류 자체의 흔들림은 레이놀즈(Re) 수로 결정된다. 개수로에서 수온 0 ℃인 경우에는,

Re≤500 ------- 층류역

Re≥2000 -------난류역

이지만, 실제 침전지에서는 $Re \fallingdotseq 10^4$ 정도의 난류역이 된다. 유황을 층류에 가깝게 하기 위하여 유속만을 작게 하면 외부로부터의 영향으로 인하여 수류의 안정성이 나빠지는 경향이 있다.
이 수류의 안정성은 푸루드(Froud : Fr)수로 결정된다. $Fr \geq 10^{-5}$ 정도로 하면 유황은 개선되지만, 실제 침전지에서는 $Fr = 10^{-6}$ 정도가 된다. 지 내의 유속을 크게 하면 후루드수가 커져서 수류의 안정성이 증대되지만, 한편 표면부하율이 크게 되어 침전효율이 떨어지고 침전지 바닥에 침전된 슬러지가 다시 부상하는 현상도 발생하므로 유속 증가에는 한도가 있다.

수류의 안정조건만으로 생각한 이상적인 침전지의 형상은 $R_e = 500$, $Fr = 10^{-5}$로 표시할 수 있으나, Fisherstorm에 의하면 이와 같은 침전지의 폭과 수심의 비는 1:700으로 극단적으로 가느다란(slender) 형태가 된다.

수류의 흔들림은 수류 자체에 의한 것 외에 외부로부터의 영향도 크다. 그 주요한 것은 지내수와 유입수 간에 생기는 수온차나 탁도차에 의한 밀도류, 바람의 작용, 유입흐름과 유출흐름의 불균일함으로 인한 편류 등이 있다. 수온차 1 ℃로 생기는 단락류의 유속은 지내 평균유속의 10배에 달한다.

이들 외부로부터의 영향으로 인한 수류의 교란은 실질적으로 표면부하를 증대시키고 용량효율(tank passage time)을 감소시키므로 침전효율에 큰 영향을 미친다. 밀도류나 편류에 의한 침전효율의 감소를 방지하기 위해서는

① 지 내의 유입수를 될수록 균일하게 유입시키기 위하여 유입부에 정류벽을 설치한다.

② 지의 수면 위를 복개하여 외부의 영향을 차단하고 수류의 안정을 도모한다.

등의 방법을 고려할 수 있으나 ②의 방법은 유지관리상 어려우므로 일반적인 방식은 아니다.

또한 경사판 등 침강장치에서는 밀도류로 인한 바닥흐름현상을 방지하기 위하여 침강장치 직전에 정류판(flow uniforming plate)을 설치하는 경우도 있다.

1. 1)에 대하여 ; 유입시의 빠른 유속뿐만 아니라 수류의 방향이 변화하는데 따라 발생되는 관성을 지내의 침전부까지 미치게 하는 것은 침전에 극히 나쁜 영향을 미치므로 유입전의 수류방향 등에 대하여 배려해야 하는 외에 될수록 정류벽이나 저류판 등을 설치하여 전 횡단면에 걸쳐서 균등하게 유입되도록 하는 것이 중요하다.

유입구에는 유입량을 조절할 수 있는 밸브를 설치하는 경우가 있다. 이러한 경우에 밸브의 직경과 설치 갯수는 유입수가 가능한 한 균등하게 유입되도록 하기 위하여 수문의 폭을 넓게 하거나 밸브의 수를 늘리는 것을 고려해야 한다. 일반적으로 유입부에는 정류벽을 설치하고 또 1지에 대하여 3~5개소 정도의 밸브나 수문으로 유입시키는 경우가 많다.

1. 2)에 대하여 ; 정류벽은 물의 흐름에서 에너지의 국부적 불균형을 시정하고 전체의 흐름이 될수록 균일하게 하기 위하여 설치하는 시설로, 정류벽의 개구면적이 너무 크면 정류효과가 떨어지고 너무 작으면 정류공 통과부에서 유속이 과대하게 되므로, 지내수류 및 플록파괴의 관점에서 바람직하지 못하다.

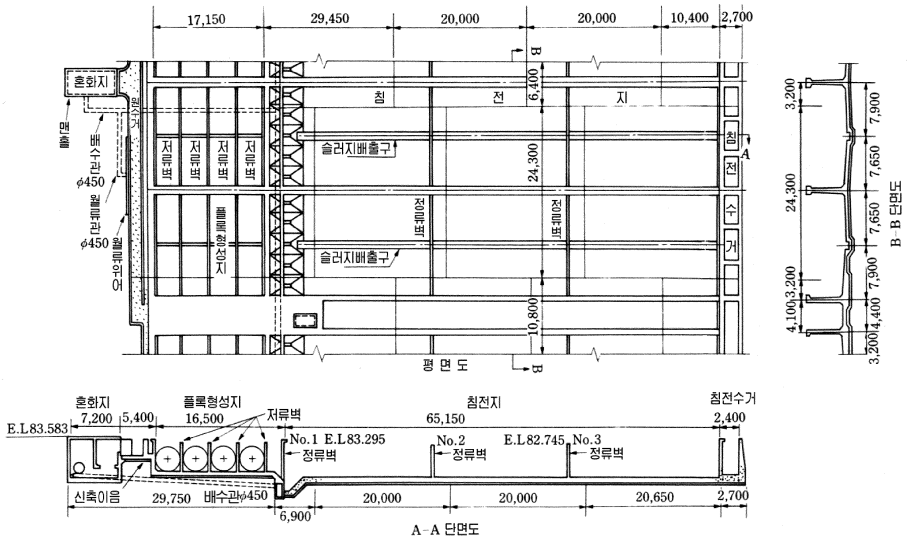
정류공의 직경은 10cm 전후, 정류공의 단면적은 수류전체의 횡단면적에 대하여 약 6 % 정도가 바람직하다. 이 정류벽은 유입단에서 1.5m 이상 떨어진 위치에 설치하는 것이 바람직하다.

정류공을 통과할 때에 생기는 분출류(jet flow)의 영향은 하류 1~2 m까지 이르고 침전작용에 나쁜 결과를 미치므로 정류벽 설치에서는 전체적으로 침전효율이 개선되도록 배려한다.

정류벽의 정류효과를 적극적으로 활용하고 용량효율을 높이기 위하여 유입단 뿐만 아니라 침전지 중간에도 1~3개소에 정류벽을 설치하는 경우가 있으며 이를 중간정류벽식 침전지라고 한다(〔그림 5.5.16〕 참조).

그러나 중간정류벽을 설치하는 경우에는 체인플라이트식이나 수중대차식과 같은 슬러지 수집설비를 활용하기가 매우 어렵거나 불가능하므로 중간정류벽을 설치할 경우에는 슬러지 수집을 위한 합당하고 효과적인 대책이 필요하다.

침전지에 도류벽을 설치하거나 중간구획판(partition plate)을 설치하면 수류가 안정된다. 이것은 수리학적으로 말하면 물에 접하는 벽면을 증가시킴으로써 윤변을 크게 하는 것으로 된다. 윤변이 크게 되면 레이놀즈수가 작아지고 후루드수가 커지므로 수류상황이 개선되어 침전효율을 높인다.



[그림 5.5.16] 중간정류벽식 침전지의 예

2. 1)에 대하여 ; 횡류식 침전지의 유출부에는 트로프(위어식 또는 오리피스식)를 설치하고 되도록 저탁도의 침전수를 지 내의 수류를 흐트러뜨리지 않으면서 유출시킬 수 있도록 해야 한다. 트로프로 침전지 전폭의 표면부에서 유출시키기 위해서는 월류부하(유출수량/위어 전장)를 충분히 적게 하고, 정체부의 발생, 슬러지의 끌어올림 또는 지내수류에 영향을 줄 수 있는 흐름의 발생 등을 방지하도록 해야 한다. 월류부하를 감소시키기 위하여 트로프 간을 너무 근접시키면 서로 간섭되어 효과가 나빠진다. 월류부하는 최대 500 $m^3/d \cdot m$까지 가능하지만, 실제로는 구조적인 제약 때문에 350~400 $m^3/d \cdot m$ 정도가 한도이다.

월류방식 중에서 수중오리피스식이 시공의 용이성, 수면부유물의 여과지 유입방지, 플록파괴방지 및

한랭지역의 침전지 결빙시에 집수의 용이성에서 우수한 것으로 나타나고 있다.

2. 2) (1)에 대하여 ; 유출설비와 경사판 등 침강장치와의 간격이 좁으면 유출설비의 하부 침강장치에서 처리수의 유출흐름이 방해되고 또 침강장치 내에 균일하게 유입될 수 없게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 침강장치는 유출설비의 하단보다 30cm 이상 이격하여 설치하는 것이 바람직하다. 기존 침전지에 침강장치를 설치할 경우에 30cm 이상 이격시키는 것이 불가능한 경우에는 적어도 10cm 이상 이격시켜 침강지 내로의 유입흐름에 편류가 생기지 않도록 한다.

2. 2) (2)에 대하여 ; 유출설비가 경사판 등 침강장치 상부에 설치되는 경우에는 위어부하가 너무 커지면 침전지 내의 유황을 흐트려서 편류의 원인으로 된다.

5.5.7 슬러지 배출설비

침전지 슬러지의 배출설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 횡류식 침전지의 슬러지 배출설비는 침전지의 구조와 유지관리, 슬러지의 성상 등을 고려하여 적절한 방식을 선정한다.
2. 고속응집침전지의 슬러지 배출설비는 침전지 내의 잉여슬러지를 수시 또는 일정한 간격으로 또한 충분히 배출할 수 있는 구조로 한다.
3. 슬러지 배출밸브는 정전 등의 사고가 있을 때"열림"상태로 되지 않도록 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침전지에서 슬러지 배출이 원활하게 이루어지지 않으면 침전지 기능을 정지시켜야 한다. 슬러지 배출기능은 침전지 기능 중에서 중요한 기능 중의 하나이다.

슬러지 배출설비의 설계원칙은 다음과 같다.

① 슬러지 배출이 원활하고 고장이 없을 것.

② 슬러지 양에 알맞은 배출능력을 가질 것.

③ 고농도로 소량의 슬러지를 배출할 수 있을 것.

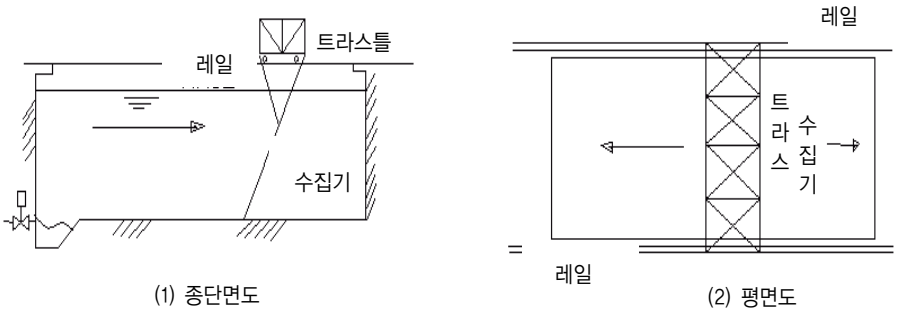
등이다. 이 중 ①과 ②에 관해서는 많이 배려하였으나 ③의 항목에 대해서는 지금까지 소홀히 취급하는 경향이 있었다.

침전지로부터 배출되는 슬러지는 고농도로 소량을 배출시키는 것이 다음 처리를 위하여 유리하다. 이러한 관점에서 슬러지 배출호퍼의 크기나 형태 및 슬러지 배출방법 등이 검토되어야 한다. 경사판(관)식 침전지는 단위침전면적당의 슬러지 발생량이 많다.

슬러지배출방식에는 다음과 같은 방식들이 있다.

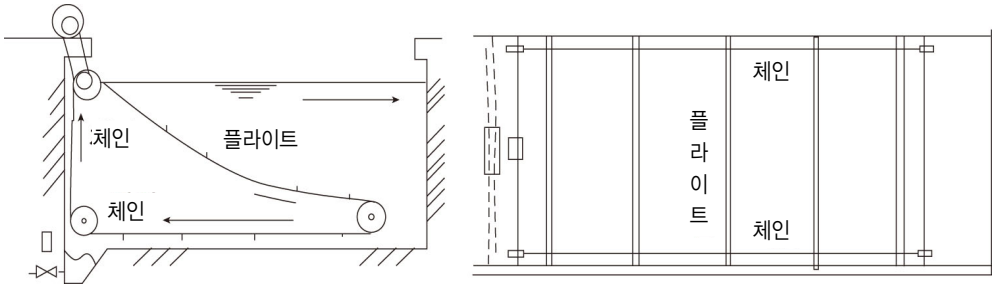
1) 기계적 제거방식

이 방식은 침전지 바닥에 호퍼(hopper)와 슬러지 배출밸브를 설치하고 수압 또는 펌프로 슬러지를 배출하는 방식이다. 필요에 따라 압력수 분사장치를 구비한 것도 있다.

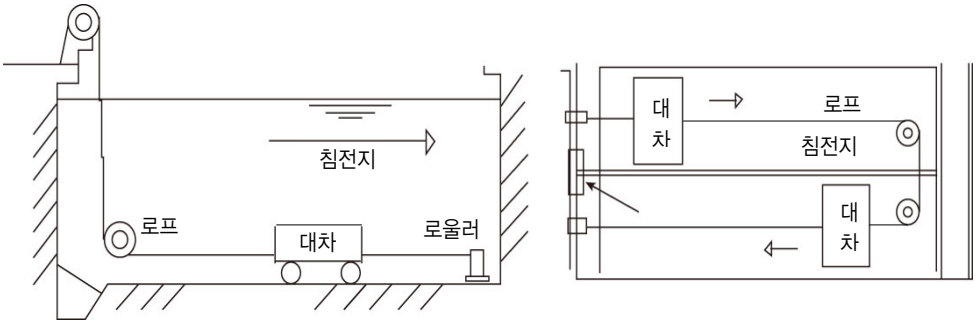


[그림 5.5.17] 주행브리지식 슬러지수집기

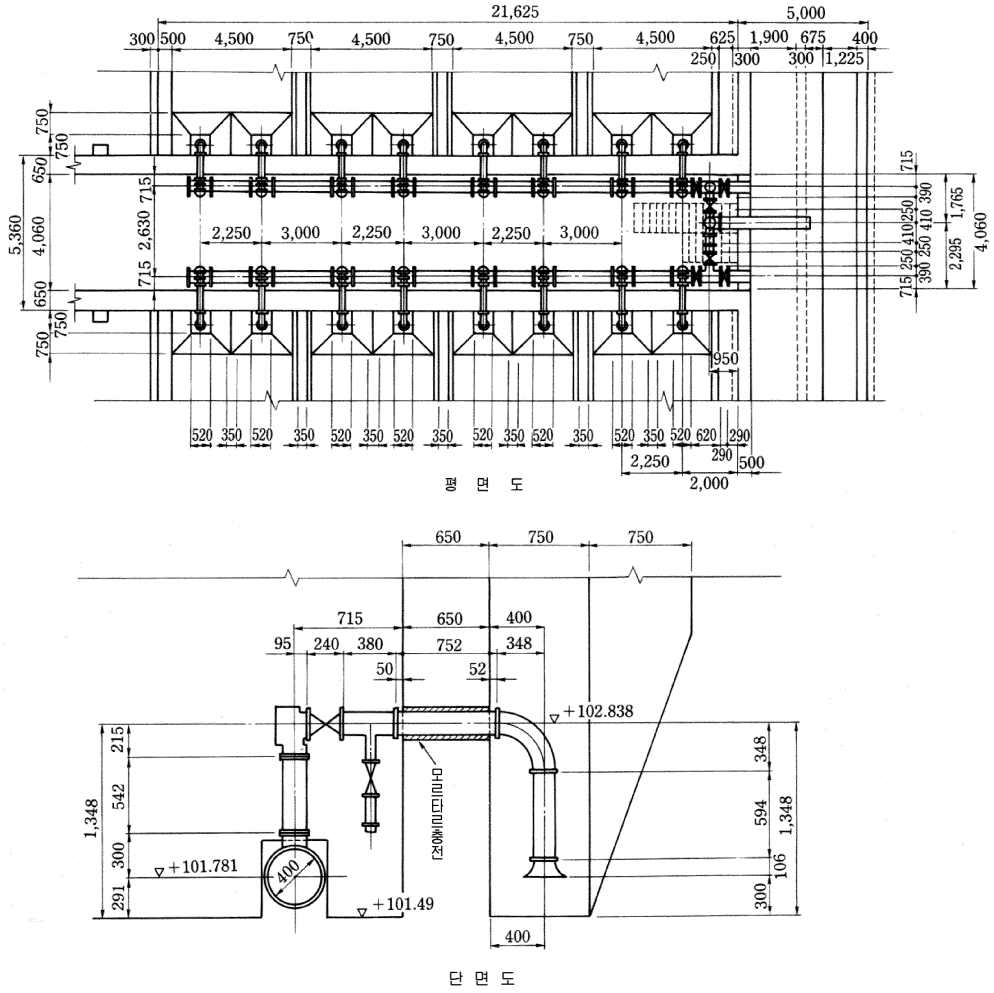
슬러지 수집기는 슬러지량, 지수, 지(池)용량의 여유 유무, 기계의 신뢰도, 슬러지 배출작업의 상황 등을 고려하여 형식을 선정한다. 수집기의 형식으로는 주행브리지식(〔그림 5.5.17〕 참조), 체인플라이트식(〔그림 5.5.18〕 참조), 수중대차식(〔그림 5.5.19〕 참조), 중심축회전식(center pivot rotating arm type) 등이 있다(8.6.2 수처리기계의 4. 슬러지수집기 참조).



[그림 5.5.18] 체인플라이트식 슬러지수집기



[그림 5.5.19] 수중대차식 슬러지수집기



[그림 5.5.20] 슬러지 배출시설 구조도의 예

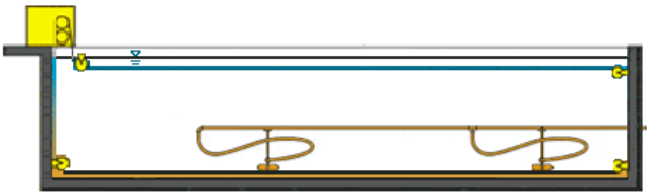
침전지 중에 어떤 범위를 긁어모을 것인가 또한 주행식인 경우에는 1대로 몇 개의 지를 담당하게 할 것인가 등은 기종, 슬러지량과 그 분포, 수집시간 및 필요로 하는 수집빈도 등에 따라 다르다.

수집속도는 슬러지를 부상시키거나 또는 침전을 방해하지 않을 정도로 느린 속도로 하며 실적과 경험으로부터 12 m/h 이하를 표준으로 한다. 레일에 부설할 때에는 지반침하로 인한 단차를 방지하고 사행을 방지하기 위하여 침전지의 폭을 검토해야 하며, 리밋스위치(limit switch)에 대해서는 내구성과 함께 안전장치를 검토해야 한다.

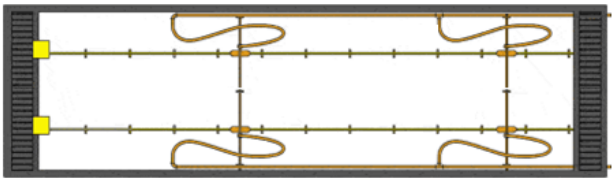
고농도 슬러지를 침전지 밖으로 배출하기 위하여 긁어모은 슬러지를 일단 호퍼에 모아서 밸브나 펌프를 통하여 배출해야 한다. 호퍼의 용량과 형상에 대해서는 슬러지량과 그 성상, 제거구조 등으로부터 검토한다([그림 5.5.20] 참조). 수집기의 운전·정지 또는 슬러지 배출밸브의 개폐는 타이머설정 등에 의한 자동조작으로 하는 예가 많다.

2) 공기압이용방식

이 방식은 수평형 슬러지 수집관을 중계점으로 침전지 바닥에서 침전슬러지를 빨아들이는 지관과 지관 내에 빨려 들어온 슬러지를 침전지 밖으로 배출하는 슬러지 배출관, 압축공기를 공급하는 공기공급관 등으로 구성되며, 압축공기를 내보내는 방식으로 슬러지를 수집관 내로 수집하여 배출하는 방식이다. 공기압식 슬러지수집기는 고정식과 이동식이 있으며 침전지 규모가 크고 고농도의 슬러지배출이 필요한 경우에는 이동식 수집기가 유리하다(〔그림 5.5.21〕 참조).



(1) 종단면도



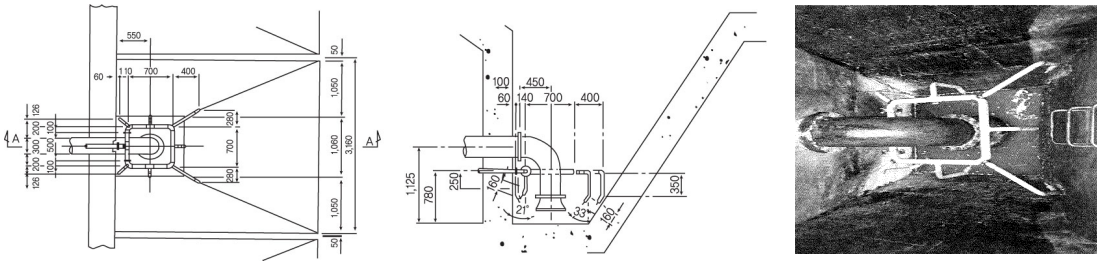
(2) 평면도

[그림 5.5.21] 공기압식 슬러지수집기(이동식)의 예

이 장치의 특징으로는 침전지의 구조나 형상에 제약되지 않으며(고정식), 보수점검에 필요한 기기류가 수중에 없고 기본적으로 공기압축기(compressor)와 주행구동장치(이동식)뿐이기 때문에 유지관리의 부담이 적으며 슬러지 수집효율이 좋다. 또한 슬러지 배출호퍼가 필요하지 않음으로 슬러지 배출설비를 가지지 않고 인력으로 슬러지를 배출하고 있던 침전지를 기계적으로 배출하는 방식으로 변경하는 경우에도 적합하다. 다만, 슬러지 배출농도가 높을수록 점성이 증가하며 슬러지 수집량이 감소되기 때문에 고농도 슬러지를 배출하는 경우에는 압축공기의 강제배기로 슬러지 수집력을 높이거나 슬러지 퇴적면에 압력수를 분사하여 슬러지의 유동성을 높여서 슬러지를 수집하기 쉽게 하는 등 장치적으로 고려해야 한다. 또 슬러지 퇴적량은 침전지의 유출측에서 유입측으로 향하여 많아지기 때문에 그와 같은 상황을 배려한 장치의 운전조건 설정이 필요하다.

3) 침전지 바닥 전체에 호퍼를 설치하는 방식

이 방식은 호퍼 내에 수로가 있어서 슬러지를 완전하게 배출할 수 없는 경우가 있으므로 호퍼에 압력수 분사장치를 설치하거나(〔그림 5.5.22〕 참조) 호퍼의 형상을 검토해야 한다. 또한 호퍼의 수가 많아지기 때문에 슬러지 배출밸브도 많아진다. 따라서 슬러지 배출밸브는 타이머 설정으로 자동 조작되는 것이 바람직하다.



평면도 A-A 단면도 외관도

[그림 5.5.22] 호퍼에서 압력수 분사장치의 예

4) 침전지를 비우고 청소하는 방식

이 방식을 취하는 경우에는 필요에 따라 슬러지를 배제하기 위하여 압력수를 이용할 수 있는 설비를 설치해야 한다. 압력수 배관을 고정시켜도 좋고 이동식 펌프 등으로 인접 침전지의 물을 가압 송수할 수 있도록 하는 방식도 가능하다.

2.에 대하여 ; 고속응집침전지에서는 슬러리농도와 슬러지블랑키트면의 높이를 적정 범위로 유지하면서 양호한 처리상태를 유지하기 위하여 유입탁질과 유출탁질의 수지균형을 맞추는 것이 필수적이다. 잉여슬러리의 양이나 점착성은 원수조건에 따라 정해지지만, 슬러지 배출호퍼의 크기와 모양을 정할 때에 중요하므로 되도록 조건이 서로 유사한 정수장의 상황을 조사하여 검토한다. 점착성이 강할수록 호퍼는 작게 해야 하며 퇴적시간의 간격을 두지 않고 곧바로 슬러지를 배출시키는 것이 좋다

고탁도 등으로 잉여슬러리의 양이 많아서 퇴적될 것으로 예상되는 경우에는 적극적인 슬러지 배출설비, 예를 들면, 수집기를 내장한 기종을 선정하거나 침전지 바닥에 슬러지 배출설비를 설치하여 운전에 지장이 없도록 한다.

슬러지 배출밸브의 개폐는 타이머에 의한 자동조작을 원칙으로 한다. 그것은 슬러지 배출시에 침전지에 미치는 영향을 최소화하고 되도록 고농도의 슬러지를 배출하여 수량손실을 줄이며 또한 슬러리농도를 적절하게 유지하기 위하여 밤낮 없이 슬러지를 배출해야 하기 때문이다.

횡류식 침전지와 비교하여 고속응집침전지의 슬러지 배출은 저농도이며 대량으로 생기므로 빈번하게 슬러지를 배출해야 하기 때문에 배수피트(drainage pits)와 배수펌프의 용량에 관해서도 충분히 검토해야 한다.

3.에 대하여 ; 정전 등 사고시에 슬러지 배출밸브가 열리게 되면 정수처리나 배출수처리 등에 지장을 초래하게 되므로 정전이나 고장시에는 "닫힘"상태로 되는 밸브를 선정해야 한다(fail- safety). 또 슬러지 배출밸브는 슬러지로 막히지 않아야 하며 내마모성이 우수해야 하므로 다이어프램(diaphragm) 밸브나 편심밸브 등이 일반적으로 사용된다.

5.5.8 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관

침전지의 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관은 다음 각 항에 따른다.
1. 침전지에는 필요에 따라 월류관을 설치한다.
2. 슬러지 배출관의 관경은 슬러지 배출시간과 배출량에 따라 적정한 것으로 한다.
3. 원칙으로 배슬러지지에 자연유하로 배출되어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침전지는 자유수면이 넓으므로 급격한 수위변동이 쉽게 생기지는 않지만, 월류사고를 방지하기 위하여 월류관을 설치할 수 있다. 침전지에 부유하는 부유물이나 기름 등을 제거하기 위하여 풍향을 조사한 다음 바람의 우각부 등 부유물이 모이기 쉬운 곳에 월류관을 설치하는 것이 바람직하다. 월류관은 바닥의 배수관과 동일계통을 경유하여 방류될 경우에는 배수관 근처에 설치하고 도중에서 합류되면 경제적이다. 그러나 최근에는 월류사고를 방지하는 의미로서 월류관을 착수정 부근에 설치하고 침전지에는 설치하지 않는 경우가 많다.

2.에 대하여 ; 침전지의 운전 중에 슬러지 배출을 위하여 또 침전지 청소나 수선 등에서 침전지 물을 배출시키기 위하여 바닥에 배수관(排水管)을 설치한다. 슬러지 수집기를 설치하고 통수된 상태에서 슬러지를 배출할 수 있는 경우에는 당연히 슬러지 배출관도 겸하게 된다. 그 관이나 밸브류의 직경은 슬러지 배출빈도와 1회 배출량 및 배출시간에 따라 결정되지만, 단시간에 배출시키기 위해서는 관경과 방류구의 용량도 크게 해야 한다.

장기간에 걸쳐 바닥에 압밀된 슬러지를 낮은 수압으로 유출시켜야 할 경우도 있으므로 관로가 긴 경우에는 경사를 크게 잡고 또한 관경은 최소 150mm 이상으로 충분히 크게 하여 슬러지 배출에 지장이 없도록 하고 필요에 따라 맨홀도 설치하는 것이 바람직하다.

배수(排水)와 슬러지배출을 빠르고 또 완전하게 하기 위해서는 침전지 바닥보다 한층 더 얕은 위치에 배수구(排水溝)를 설치하고 배수관(排水管)의 상단은 바닥보다 관경의 2배 이상 낮게 설치해야 한다. 배수구의 크기나 경사에 관해서는 충분하게 검토하여 설계하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 침전지의 배수(排水)와 슬러지배출은 고형물 농도가 높은 것이 일반적이므로 배슬러지지에 배출하는 것이 보통이다. 슬러지는 자연유하로 배출하는 것이 가장 바람직하나 부득이 할 경우에 펌프를 설치하여 배출해야 한다. 이러한 경우에 배수(排水)펌프 용량은 펌프운전에 여유를 가지고 배출할 수 있도록 해야 한다. 배슬러지지의 크기는 펌프 운전시간을 고려하여 결정해야 한다.

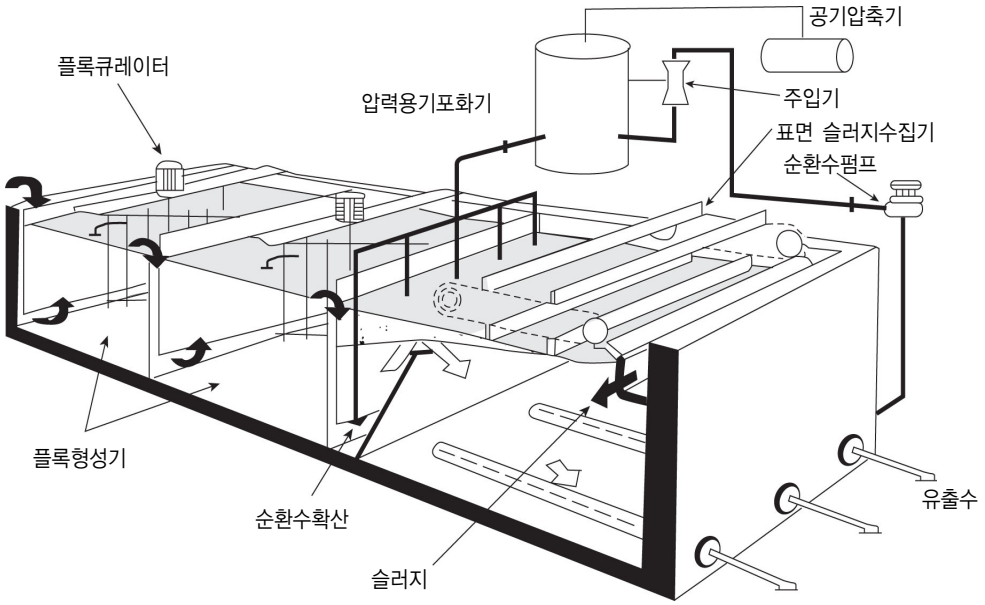
5.6 용존공기부상(dissolved air flotation; DAF)

5.6.1 총칙

호소나 저수지에서 원수를 취수하고 있는 대부분의 정수장에서는 원수에 조류와 유기화합물과 같은 저농도 부유고형물이 포함되어 있으며, 이러한 원수는 때로는 심한 색도를 띄기도 한다. 호소수나 저수지수의 탁도가 비록 낮더라도 호소와 저수지의 하부 심수층(hypolimnion)은 부영양상태(nutrient rich)이다. 해마다 봄과 가을에 호소에 저장된 물의 전도현상은 조류의 번성과 함께 용존된 철과 망간의 문제와 맛과 냄새의 문제를 일으킨다. 이러한 물에 대해서는 용존공기부상법(dissolved air flotation, DAF)이 적합하다.

이 방법은 전처리에서 형성된 플록에 미세기포를 부착시켜 수면 위로 부상시키는 침전공정의 효과적인 대안이며, 부상된 슬러지를 걷어내며 용존공기부상지의 바닥쪽으로는 맑은 물이 남는다. 플록형성에 소요되는 시간은 재래식 침전공정보다 짧으며 플록형성지에서 수리적 표면부하율은 재래식 침전지의 10배 이상이다. 또한 발생슬러지의 고형물농도는 침전에서 발생된 슬러지의 농도(0.5 %)보다 훨씬 높다(2~3 %).

DAF공정은 당초에는 광산에서 선광공정으로 발달되어 왔으며 그 후에 생물학적인 하·폐수처리장에서 폐수나 활성슬러지를 농축시키는데 뿐만 아니라 펄프와 제지공장 등에 널리 사용되었다. 유럽의 여러 나라에서는 이미 1960년대부터 이 공정을 수처리용에 성공적으로 사용되어 왔다. 〔그림 5.6.1〕은 DAF방식의 일반적인 개념을 나타내었다.



[그림 5.6.1] 일반적인 용존공기부상(DAF) 공정도

5.6.2 플록형성지

플록형성지는 플록을 형성하고 또한 용존공기를 플록에 효과적으로 부착시킬 수 있는 구조와 시설로 설계해야 한다.

【해설】

DAF공정과 재래식 일반 침전공정에서는 플록형성공정의 설계에 중요한 차이점이 있다. DAF공정에서는 침전과는 달리 많은 수의 공기방울들이 플록에 부착되어 수면으로 부상되도록 작고 가벼운 플록들을 만들어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 3가지 중요한 기준이 맞아야 한다. 즉 (1) 약품침전지의 플록형성지에 비하여 상대적으로 높은 교반강도, (2) 짧은 교반시간, (3) 기포플록덩어리가 부상지 수면쪽으로 향하도록 부상지 유입구에 경사진 저류벽 설치 등이다.

플록형성지는 2지 이상으로 구분하고 수심은 3.6~4.5m, 폭은 부상지의 폭과 같도록 하며 10m 정도로 한다. G값 30~120s^{-1} 정도의 교반에너지가 사용되도록 DAF용 플록형성공정을 설계한다. 이 값은 재래식 플록형성공정에 비하여 상대적으로 높은 교반강도를 필요로 하는 교반에너지이다. 교반시간 즉 체류시간은 일반적으로 15~20분 정도이며, 이렇게 짧게 교반하려면 플록형성지의 각 단을 구획시키는 적절한 격벽이 있어야 한다. 일반적으로 플록형성지는 2단으로 이루어진다. 가장 중요한 설계항목은 플록형성지 유출부에 수평면에 대하여 60~70°인 경사저류벽을 설치하는 것이다.

5.6.3 용존공기부상지

용존공기부상지(DAF)는 다음 각 항에 따른다.
1. 부상지의 크기는 처리수량에 따라 적절하게 결정한다.
2. 부상지의 유입부는 처리수가 균일하게 분배되는 구조로 한다.
3. 부상분리지는 슬러지가 충분히 부상하고 부상슬러지를 효율적으로 제거할 수 있는 구조와 제거설비를 구비한다.
4. 부상지의 유출구는 부상슬러지나 침전슬러지를 유출시키지 않는 구조와 높이로 한다.
5. 반송부하량은 부상분리에 적합한 수량으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 부상지는 최소 2지 이상으로 한다. 침전지와 달리 부상지에서는 장폭비의 중요도는 높지 않으나 미세기포가 수면으로 모두 부상되는 거리를 고려하여 부상지의 길이가 결정되어야 하며 경험으로는 최대 12 m 이하로 한다. 폭은 플로트(부상슬러지) 수집장치로 제한되며 10 m 이하로 한다. 체류시간은 표면부하율 10~15 m/h에서 10~15분이다. 최근 모형실험에서는 일반 무기응집제와 폴리머를 조합하여 주입하였을 때, 표면부하율 15~20 m/h까지 사용하였다. 그러므로 부상지의 바닥면적은 일반 침전지 바닥면적의 약 10 % 정도이다.

일반적으로 적용되는 부상지의 수심은 1.0~3.2 m 정도이고 너무 얕으면 미세기포가 유출수에 혼합되어 배출되며, 너무 깊어도 추가적인 효과가 없다.

2.에 대하여 ; 플록형성지를 거친 처리수는 플록형성지와 부상지를 구분하는 경사저류벽을 월류하여 DAF반응구역(reaction zone)으로 유입된다. 부상지의 유입부 형태는 부상공정의 효율에 결정적인 역할을 한다. 경사저류벽인 유입부는 플록형성된 물을 순환분산구역(recycle dispersion zone)으로 부상지의 전폭에 걸쳐서 균일하게 받아들여야 한다. 이 저류벽의 상단은 수리적인 면을 고려하여 일반적으로 수심의 1/2 지점 아래에 둔다.

또한 순환수분배관(recycle header)은 단일관 또는 이중관으로 구성되며 각 분배관의 끝에는 노즐이 배치된다. 순환수분배관의 크기에 따라 순환수(recycle water)가 부상지의 전폭에 걸쳐 처리수에 균일하게 혼화되도록 주입된다. 순환수는 특수노즐이나 오리피스 또는 기타 분배방법으로 연속적으로 공급된다. 415~620kPa의 순환수압력을 갑자기 대기압에 가깝도록 낮추면 순환수에 포함된 포화공기는 평균 40~50μm 크기의 미세기포로 방출된다. 우유빛을 띤 미세기포들은 플록과 충돌·부착되고 이들 플록덩어리는 기포의 부상력으로 부상지 수면으로 상승하게 된다.

부상된 플록들이 비나 바람에 의하여 깨지기 때문에 부상지는 반드시 옥내에 설치해야 한다. 또한 부상지는 농축된 슬러지와 함께 물을 배출시키기 위한 배수밸브를 구비해야 한다.

3.에 대하여 ; 반응지역에서 미세기포와 충돌·부착된 플록은 수면으로 상승하면서 표면에 얇은 부상슬러지인 플로트(float)층을 형성한다. 플로트는 수집기에 의하여 플로트 비치(float beach)로 모아져서 플로트 트로프(float trough)로 배출되며 트로프에서 플로트 배출구(float sump)로 수집된다.

일반적으로 플로트 수집기(scraper)와 운영방법은 높은 건조고형물(DS %) 또는 양질의 처리수를 얻고자 하는 목적에 달려있다. 동시에 모두를 만족시키는 것은 어려우며 일반적인 부상지의 처리수를 얻는 것을 목적으로 한다.

기계식 수집방식 대신에 수류의 월류를 이용할 경우에는 슬러지 고형물 농도가 0.2~0.5 %로 낮아지게 된다.

플로트 수집장치에는 다음과 같은 방법이 있다.

- 수류에 의한 제거(flooding)
- 수집기에 의한 수집(scraping) : 전폭수집기, 회전식수집기
- 흡입에 의한 제거(sucking)

① 수류에 의한 제거(flooding/weir)

형성된 얇은 슬러지 층이 수면 위에 형성되고 물과 플로트(이하 플로트 또는 슬러지로 혼용)의 혼합물은 분리지의 끝부분에 위치한 위어로 넘어가는 수류에 의하여 함께 제거되어 슬러지 트로프에 수집된다.

위어 상단(crest)의 수류 높이가 슬러지를 통과시키기에 충분한 높이여야 한다. 물을 함유한 슬러지뿐만 아니라 물도 함께 넘어간다. 부상지의 수위가 제거되는 슬러지의 건조고형물 농도를 결정하므로, 높은 건조고형물 함량을 가진 상층부의 슬러지층만을 긁어내므로서 슬러지 고형물의 농도를 높일 수 있다.

수류에 의한 수집방법은 낮은 시설비용, 쉬운 운전, 부상공정의 유출수질에 미치는 영향을 최소화할 수 있다는 점 등의 장점이 있으나, 많은 물을 손실(생산량의 약 1~2.5 %)하며 낮은 슬러지 고형물의 함량(0.1~1.0 % DS)이 단점이다. 이 방법은 연속적으로 또는 간헐적으로 운전할 수 있다.

연속적으로 수류에 의하여 제거되는 경우, 성공적으로 운영되기 위해서는 부상지에 일정한 수위를 유지하도록 일정한 유입유량이 요구된다. 만약 부상지의 수위가 일정한 시간동안 낮아지면 슬러지가 굳어지고, 이를 제거하기 위해서는 훨씬 많은 양의 물이 위어로 넘쳐흘러야 한다.

간헐적으로 수류에 의하여 제거하는 경우, 부상지의 수면 위에 슬러지가 농축되도록 일정한 시간동안 둔 다음 슬러지를 수집하기 위하여 부상지의 처리수 유출구를 짧은 시간동안(5~10분) 부분적으로 또는 완전히 닫아서 수위를 높임으로써 슬러지가 위어로 넘어가도록 한다. 수위와 위어상단 간의 높이는 중요한 인자이므로 최적화 되어야 한다.

② 수집기(scraper)

수집기는 플로트(부상물)를 운반하여 특수하게 형상화된 부분을 통하여 슬러지 트로프로 넘긴다. 기계적인 수집기에 의한 슬러지 수집은 일반적으로 슬러지 수집과정 동안과 수집완료 후의 짧은 시간동안 일부 부상지의 처리수 수질이 악화될 수 있다.

부상지에서 수위는 모든 슬러지 수집장치의 형식이 중요하고, 앞에서 설명된 바와 같이 부상지의 수위변동은 처리수 뿐만 아니라 플로트 수집에 부정적인 영향을 미치므로 가능한 변동이 없어야 한다. 그러므로 수집기의 수평유지와 함께 적절한 수위조절이 중요하다.

처리수의 수질에 미치는 슬러지 수집의 영향을 최소화하기 위하여 슬러지 수집빈도, 수집기 속도, 부상지의 수위가 각각 개별적으로 최적화되어야 한다.

기계적 슬러지 수집장치들은 비싼 편이지만 간헐적으로 또는 연속적으로 운영될 수 있기 때문에 운영 측면에서는 유연성이 높다. 건조고형물 농도는 0.2~6 % 정도이다.

이 방식에서 슬러지 수집장치의 운전비는 전체 정수장 운전비를 고려하여 비용 면에서 효과적인 방식을 선정해야 한다.

기계적으로 플로트를 수집하기 위하여 다음 2가지 형태의 장치가 일반적으로 사용된다.

㉠ 전폭수집기(full-length or chain scraper)

부상지 전체의 폭에 부착된 수집기의 날개가 체인으로 연결되어 있다. 플로트는 천천히 밀려서 경사진 비치(beach)를 넘어 슬러지 트로프로 보내진다.

플로트에 미치는 힘을 작게 할수록 약한 슬러지인 경우에도 양호한 처리수질을 얻을 수 있다. 고려해야 할 사항은 (1) 수위와 비치(beach) 간의 거리 (2) 수면 밑의 풀로우트수집기 날개의 깊이 (3) 수집기의 속도(30m/h 정도)이고, 슬러지 건조고형물의 농도는 5 % 정도이다.

㉡ 회전식 수집기(beach rotating roll scraper)

분리지의 끝부분에 4~8개의 날개를 가진 수집기의 회전롤러가 연속적으로 플로트를 비치쪽으로 밀어서 슬러지트로프로 보낸다. 플로트가 수집기에 부딪치기 때문에 어느 정도의 플로트 교란이 일어난다. 그러므로 회전식 수집기는 점착력이 있고 안정된 슬러지인 경우에 사용된다. 처리수의 수질악화를

최소로 하고 1~3 %의 건조고형물 농도를 얻을 수 있다.

설계와 운영을 위하여 가장 중요한 인자들은 수집기 날개의 수, 요구되는 회전수, 수면과 비치(beach)간의 거리이다. 회전식 수집기인 경우에 약 4rpm의 회전속도가 사용된다. 회전식 수집기의 장점은 전폭수집기와 비교하여 기계적인 부분이 적다는 점이고, 또한 플로트 파괴가 적다는 보고도 있다.

③ 흡입제거(sucking) 등

다른 기계적 수집기술로는 플로트(부상슬러지)를 흡입하거나 수면에 롤러를 설치하여 퍼내는 방법 등이 있다.

4.에 대하여 ; 탁질이 제거된 처리수는 부상지의 바닥쪽에 설치된 격벽이나 또는 유공관(pipe lateral)을 통하여 균일하게 수집되며, 유출관의 오리피스는 가능한 한 균등한 흐름을 유지하기 위하여 유공관의 유입부와 유출부의 유량비(최소/최대)가 80~85 %가 되도록 구경과 개수를 결정한다. 또한 부상지 내에서 수위가 일정하게 유지되도록 유출부 위어를 통하여 수집된 물이 월류되어 배출된다.

또한 바닥에 침강된 슬러지가 유출수와 함께 유출되지 않도록 하기 위하여 유출수의 집수위치는 부상지 바닥보다 30cm 이상 높게 해야 한다.

5.에 대하여 ; 순환비(recycle ratio)는 공정수의 6~10 %로 하며 최대공기부하량은 10g/m^3, 포화부하량은 62.5m^3/m^2 · h, 운전압력은 415~620kPa로 한다.

물 속에 공기를 포화시키는 방식은 주입기, 압력용기포화기 또는 충전재가 들어있는 압력탱크식 등 다양한 방법들이 있다. 이 방법들 중 충전재가 들어있는 압력탱크식이 경제적이면서 효율적인 방식으로 알려져 있다. 순환비는 총 공정수의 8~10 %가 일반적이며 이는 공정수 m^3당 8~10g의 공기에 상당한다. 지표수인 경우에는 공기와 고형물의 비율이 고형물 1g에 대하여 공기 380mL의 비율이다. 이것은 활성슬러지의 농축치에 비하여 약 15배 정도 높다.

DAF방식은 재래식 플록형성공정과 침전공정에 비하여 훨씬 적은 바닥면적이 소요된다. 이 점은 DAF가 재래식 플록형성공정과 침전공정에 비하여 초기투자비용을 적게 하는 것이다. DAF의 운전비용은 재래식 침전방식보다 높은데, 이는 공기포화기, 순환펌프, 슬러지 수집장치에 사용되는 높은 소요동력 때문이며, 일반 플록형성공정과 침전공정에는 0.7Wh/10m^3/d인데 반하여 DAF에 소요되는 동력은 2.5Wh/10m^3/d 정도이다.

5.6.4 예비침전지

DAF를 운영하는 정수장에서 고탁도(100NTU 이상)의 원수가 유입되는 경우에는 DAF전에 전처리시설로 예비침전지를 두어야 한다.

【해설】

DAF는 일반적으로 저탁도의 원수수질에 효과적으로 운전된다. 홍수기에 저수지 수위가 낮은 상황에서는 유입원수의 탁도가 높아질 가능성이 크고, 고탁도기에는 유입입자의 비중이 커서 부상특성이 나

쓰기 때문에 DAF의 효율이 떨어질 것으로 예상된다. 일반적으로 100NTU가 DAF와 침전공정의 효율적인 선택을 구분짓는 경계로 알려져 있으며, 그 이상의 탁도에서는 침전공정이 더 효과적인 것으로 알려져 있다. 따라서 예비침전지는 혼화와 플록형성 등의 전처리 없이 유입원수의 탁도를 100 NTU 이하로 감소시키고 혼화와 플록형성 등의 전처리를 할 경우 35NTU 이하로 감소시킬 목적으로 사용된다. 이 경우 예비침전지는 표준약품침전지와 같이 완전하게 탁질을 제거하는 것이 아니라 DAF운전범위에 적합한 정도로 탁질을 제거하며 DAF급속혼화에서 추가적으로 약품을 주입하여 혼화하고 플록형성하게 된다. 따라서 예비침전지는 약품침전지에 비하여 상대적으로 높은 표면부하율로 설계한다. 예비침전지와 용존공기부상 공정은 정수처리할 때 연계하여 운영되며 상호보완적인 기능을 수행할 수 있다.

예비침전지는 평상시에는 배출수지(washwater equalization tank)에서 반송되는 역세척배출수의 탁질부하를 80 % 이상 제거하는 배출수침전지의 역할을 수행할 수 있다(5.23.4 역세척배출수 침전시설 참조). 이외에도 PAC접촉조 등 복합기능을 갖는 처리시설로 설계할 수 있다.

5.6.5 DAF와 다른 공정과의 조합

DAF와 다른 정수공정과의 조합으로는 다음과 같은 공정들이 있다.
1. DAF－여과지 조합방식
2. 오존－DAF의 조합방식

【해설】

1.에 대하여 ; DAF공정의 특별한 방식 중의 하나는 부상지의 하부에 여과지를 함께 설치하여 DAF공정과 여과공정을 일체로 운전하는 방식으로, 컴팩트한 디자인에 소요부지를 축소시킬 수 있다는 장점이 있다. 이러한 공정은 DAF지의 하부에 여과지를 두어 플록은 수면 위로 부상시키고 처리된 유출수는 여과지로 빠져나가도록 하는 방식이다. 하지만, 이러한 조합형 공정을 설계할 때에 주의해야 할 점은 수위균등형여과지로 해야 하며, 여과속도는 DAF공정의 표면부하율을 고려하여 설계해야 한다. 또한 구조물 외부에 감시창을 두어 여과지의 유입수 수질을 모니터링할 수 있도록 해야 하며 각각의 플록형성지와 부상지는 하나의 여과지와 짝을 이루어야 한다.

일반적으로는 DAF공정을 독립적으로 설계하는 것이 더 유리하다.

2.에 대하여 ; DAF에 공기를 압축하여 주입하는 대신에 오존을 가압용존시켜 주입함으로써 수중의 유기물제거와 부상을 동시에 가능하게 하는 공정이 있다. 장점으로는 홍수시에 예상되는 고탁도의 원수가 유입될 때 유기물 부하량을 저하시키거나 미생물의 살균, 색도제거 및 천연유기물저감 등의 효과가 있다. 그러나 오존발생으로 인한 공기압축기나 압력탱크의 내부부식 및 배오존시설에 대한 추가비용부담을 고려해야 하는 단점이 있다.

5.7 급속여과지

5.7.1 총칙

급속여과지는 원수 중의 현탁물질을 약품으로 응집시킨 후에 입상여과층에서 비교적 빠른 속도로 물을 통과시켜 여재에 부착시키거나 여과층에서 체거름작용으로 탁질을 제거하는 고액분리공정을 총칭한다. 제거대상이 되는 현탁물질을 미리 응집시켜 부착 또는 체거름되기 쉬운 상태의 플록으로 형성하는 것이 필요하다.

원수가 저탁도이더라도 급속모래여과지에서 여과하는 것만으로는 크립토스포리디움을 포함한 콜로이드·현탁물질을 충분하게 제거할 수 없기 때문에 반드시 응집제를 사용하여 처리한다.

여과층에서 현탁물질을 제거하는 기구는 두 단계로 나눌 수 있다. 제1단계는 현탁입자가 유선(流線)에서 이탈되어 여재표면 근처까지 이송되는 단계로 체거름작용 및 저지작용과 중력침강작용이 주로 작용한다. 제2단계는 이송된 입자가 여재표면에 부착되고 포착되는 단계로 이것은 현탁입자와 억류표면(여과초기에는 여재표면이 되고 그 후에는 포획된 현탁입자로 생성된 표면)의 관계에 의존한다고 본다. 이러한 여재표면에서의 부착에 의한 억류가 여과작용의 주요인이 되기 때문에 가능한 한 많은 여재표면이 부착에 사용될 수 있도록 함으로써 여과작용을 유효하게 할 수 있다.

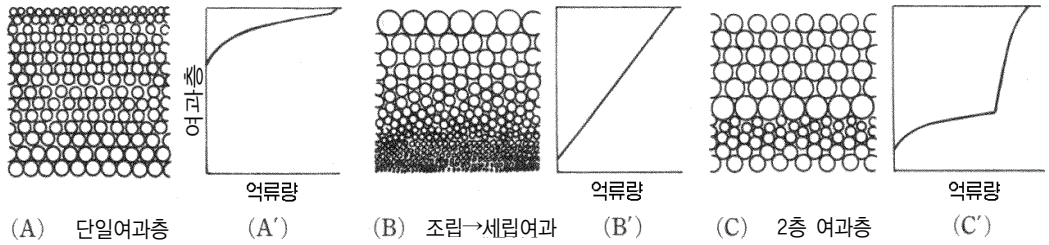
단위여과면적당 여재표면적은 여재입경과 여층두께의 함수관계이다. 따라서 여재입경을 작게 할수록 억류효과가 높아지고 여층두께가 얇아도 탁질을 억류할 수 있으나, 억류물이 특정(표면) 여과층에 집중되어 손실수두가 높아지기 때문에 장기간 여과지속은 어렵고 얇은 여과층에서 억류되는 탁질량은 한계가 있다. 이에 반해 여과층 내부로 플록을 침투시켜 여과층 전체를 이용하여 탁질을 포착할 수 있는 여층을 사용하면 대량의 탁질을 여과층 내에서 억류할 수 있고 손실수두도 작다. 그러나 탁질누출의 우려가 있으므로 연속적인 감시가 필요하다. 여과층의 두께방향에서의 여과기능을 부담하는 방법에 따라 전자를 표면여과(표층여과), 후자를 내부여과(체적여과)라고 한다.

또 여과층에서 플록의 포착상태는 플록의 강도에 따라 달라지며 탁질당 응집제의 양(Al/T비)이 높은 플록은 강도가 낮고, 일단 여재입자의 표면에 부착되었더라도 물 흐름에 의한 전단력으로 파쇄되어 누출되기 쉽다. 한편, Al/T비가 낮고 강한 교반으로 생성된 플록은 강도가 높고 쉽게 누출되지 않는다.

일반적으로 여재는 굵은 것과 미세한 것들이 혼합된 입경분포를 가지기 때문에 역세척하면 미세한 여재가 위에 모이고 굵은 여재는 아래에 모여서 나누어지는 경향이 있다. 이것을 모형적으로 나타내면 〔그림 5.7.1(A)〕와 같다. 이 여과층에 하향으로 원수가 흐르면수중의 플록 대부분은 표층 근처에서 제거되고 억류량은 〔그림 5.7.1(A′)〕와 같은 분포를 갖는다. 따라서 표층의 손실수두가 높아지고 여과층 내부의 억류용량을 충분히 이용하지 못한 채 여과를 중단하고 세척해야 한다.

모래만을 여재로 사용하는 단층여과지에서 이와 같은 단점을 보완시키기 위해서는 여재 입경분포 폭을 작게 하고 또 입도를 크게 하여 표층에서 억류량의 집중을 완화시키며 여과층을 두껍게 함으로써 탁질누출을 지연시키는 연구가 이루어지고 있다. 이것은 내부여과의 장점을 채택한 것을 의미한다.
내부여과에서는 공극률이 큰 여재로 비교적 고속으로 여과함으로써 플록을 내부로 침투시켜 내부에 억

류시키는 것이지만 플록의 침투가 지나치면 누출되기 쉬우므로 누출이 시작되기 전에 여과를 정지시킬 수 있도록 여과수 탁도를 연속 감시하는 등 고도의 기술적인 관리능력을 필요로 한다.



[그림 5.7.1] 여과층의 입도분포와 탁질억류량 분포

〔그림 5.7.1(B)〕와 같이 입경과 공극률을 물흐름 방향에 따라 점점 작아지도록 여재를 구성할 수 있으면 고도의 탁질 제거능력과 대량의 억류기능을 함께 갖출 수 있다.

역세척하더라도 이와 같은 여과층 구조를 유지하기 위해서는 상층보다 하층을 구성하는 여재의 침강속도를 크게 해야 한다. 이를 위해서는 하층에 밀도가 큰 여재를 사용해야 한다. 그러나 사용할 수 있는 여재의 종류는 한정되어 있으므로 여재의 입경이 상부에서 하부로 향하여 연속적으로 작아지는 급속여과지는 아직 실현되지 못하고 있다.

조립층(粗粒層)으로부터 세립층(細粒層)으로 물이 흐르도록 하는 여과지를 목표로 하는 하나의 형태로서 밀도가 다른 여러 여재를 이용한 다층여과가 있다. 실제로 많이 이용되는 것은 모래층 위에 안트라사이트를 넣은 이층여과로 모래에 비하여 입경이 크고 밀도가 작은 안트라사이트층에서 탁질의 대부분을 억류하고 나머지를 모래층에서 감당하는 억제기능을 각각 분리하여 실행하는 방법이다. 각 층의 상층에 미세여재가 모이는 경향을 피할 수는 없으나, 이 입경분포는 〔그림 5.7.1(C)〕와 같이 전체적으로 위에서부터 조립여재에서 세립여재의 순으로 여과층을 구성할 수 있다. 2층여과에서는 억류량이 〔그림 5.7.1(C′)〕와 같은 분포가 바람직하다.

일반적으로 단층여과에서 〔그림 5.7.1(A)〕를 상향류로 여과하는 방법(상향류여과)은 조립으로부터 세립으로 한결같이 고르게 입경이 변화되는 여과층으로 여과할 수 있지만, 여과속도를 크게 하면 여과층이 팽창되어 탁질이 누출되기 쉬우며 또한 여과수가 통과하는 부분에 세척할 때에 세척배출수의 일부가 잔류하는 결점이 있다. 또 일부에 이런 방식을 취한 것으로 여과층의 상부와 하부에서 원수를 유입시키고 여과층 중앙부에서 처리수를 집수하는 상하향류여과가 있으나 상향류여과와 동일한 문제가 있다.

여과지는 정수처리공정에서 탁질 등 미세입자를 제거시키는 가장 핵심적인 최종단계로 다음과 같은 기능을 필요로 한다.

① 『먹는물수질기준』 및 『정수처리기준 등에 관한 규정』을 만족시킬 수 있는 여과수를 얻을 수 있는 정화기능

② 탁질의 양적인 억류기능
③ 수질과 수량의 변동에 대한 완충기능
④ 충분한 역세척기능

여과층 내의 탁질 억류상태는 유입플록의 성상과 양, 여과층 구성, 여과속도, 여과지속시간 등에 따라 달라지기 때문에 역세척방식은 이러한 것들을 종합하여 설계해야 한다.

급속여과지는 급속여과방식이라는 종합적인 고액분리시스템의 일환이므로 시스템 전체가 여과지에 할당된 탁질제거 부하와 완충능력(부하변동 흡수)에 맞추어서 설계해야 한다. 즉 정수시설을 계획할 때에는 원수수질, 특히 탁도에 대하여 침전과 여과가 각각 어느 정도 또는 어떠한 양적·질적 부하를 담당하며 또 여과수의 안전 확보를 위하여 여유를 어떻게 분담할 것인가를 감안하고, 그 결과로 여과지에 부과된 기능을 만족시킬 수 있도록 설계되어야 한다. 여과지의 기능은 망간제거 등과 탁질제거 이외의 기능을 고려할 때 탁질제거는 될 수 있는 한 침전지에서 분담하여 여과지에는 너무 부담을 주지 않아야 하며, 여과지는 정수처리의 최종 마무리를 위한 처리공정으로 보는 것이 바람직하다.

여과지 설계에서 선택할 수 있는 주요한 항목은 여재입경, 여층두께를 포함한 여과층의 구성, 여과속도와 그 조절방식, 여과층의 역세척방식과 역세척빈도 등이다. 이들은 상호간에 밀접한 관련을 갖고 있으므로, 그 선택시 전체적인 조화가 유지되도록 고려해야 한다.

여과지를 설치하는 경우에 쓰레기 처리장 등이 가까이 있거나 농약 공중살포가 행해지는 지역 등 공중에 날라오는 오염물의 영향이 염려되는 경우에는 여과지에 복개 등의 조치를 강구해야 한다.

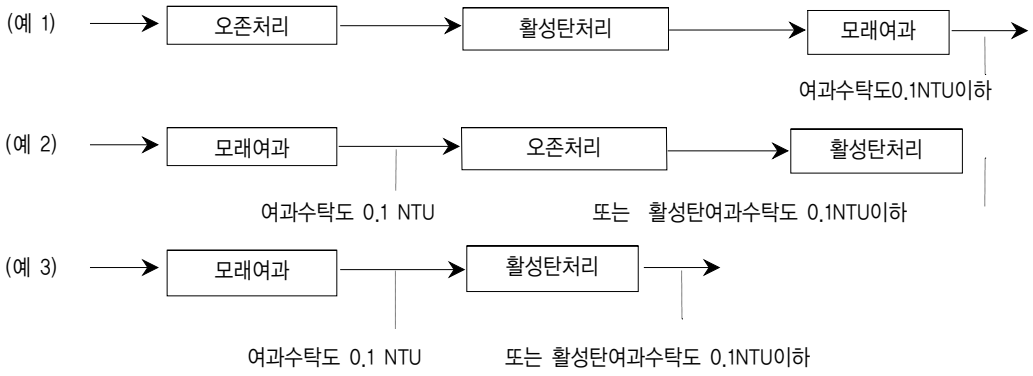
2002년 7월에 「정수처리기준 등에 관한 규정」이 정해져, 바이러스나 지아디아 등 병원성 미생물에 대한 여과지의 역할이 더 중요하게 되었다. 이 규정은 이러한 병원성 미생물이 수돗물에 함유되지 않도록 하기 위하여 여과지 유출수의 탁도를 상시 파악하고, 여과지 유출수의 탁도를 0.3NTU 이하로 유지할 것을 요구하고 있다. 그러나 국내의 일부 도시에서는 병원성 미생물이 수돗물에 함유되지 않도록 하기 위하여 여과지 유출수의 탁도를 상시 파악하고 0.1NTU 이하로 유지할 것을 목표로 하고 있는 도시도 있으며, 외국의 선진도시에서도 그렇게 하고 있다. 여과지의 탁도는 개별 여과지에 대하여 연속측정장치를 사용하여 매 15분 간격으로 측정하는 것이 바람직하다.

이 장의 5.7.2~5.7.15까지는 일반적인 형식의 중력식 여과지에 대하여 설명하고, 급속여과지의 계측제어설비는 8.11 계측제어용 기기 및 8.13.7 여과지를 참조한다.

[5.7.1 참고 1] 여과공정에서 크립토스포리디움에 대한 처리대책 사례(일본)

크립토스포리디움으로 인한 여과지의 역할이 지금까지의 것보다 더 중요해졌다. 크립토스포리디움에 의해 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 여과지 출구의 여과수탁도를 상시 감시하고 0.1NTU이하로 유지해야 한다. 그 때문에 반드시 충분히 조정된 탁도계를 이용해야 하며 또 여과지 출구의 여과수의 탁도는 각 여과지마다 측정하는 것으로 해야 하지만, 불가능한 경우에는 각 처리계통마다 측정하는 것으로 할 수 있다. 또한 고도정수처리를 하고 있는 경우의 탁도는 공정의 최종단계 또는 모래여과의 여과수로 0.1NTU이하가 유지되도록 운전관리를 해야 한다.

여과지에서의 크립토스포리디움대책으로서는 ① 약품에 의한 응집처리의 필요성, ② 여과재개 후 일정한 시간동안 여과수를 배출하는 시동방수설비 설치, ③ 여과수 탁도의 상시감시, ④ 여과를 재개할 때에 여과속도의 단계적 증가방식(slow start, or filter ripening sequence-FRS), ⑤ 여과지속시간 단축 등이 채택되고 있다. 크립토스포리디움에 의해 상수원오염이 우려되는 원수를 사용하는 정수장을 설계할 경우에는 이러한 대책에 대하여 고려할 필요가 있다.



5.7.2 구조와 방식

급속여과지의 구조와 방식은 다음 각 항에 따른다. 1. 여과 및 여과층의 세척이 충분하게 이루어질 수 있어야 한다. 2. 급속여과지는 중력식과 압력식이 있으며 중력식을 표준으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 현재 가장 많이 사용되고 있는 여과지의 형식은 적절한 입도로 체거름된 자연모래를 여재로 사용하여 중력으로 하향류로 여과하고 세척은 역세척과 표면세척, 또는 역세척과 공기세척을 구비한 형식의 것들이 대부분 사용되고 있다.

여과기능은 합리성, 효율성 및 경제성 등을 추구하며 여과지의 규모와 용도에 따라 많은 형식이 개발되고 있다. 이들은 다음과 같이 분류된다.

① 여과층의 구성에 따라 단층과 다층

② 물 흐름 방향에 따라 하향류와 상향류

③ 여재로는 모래와 안트라사이트(각각 단층인 경우와 다층인 경우)

④ 여과속도에 따라 단층은 120~150 m/d, 다층인 경우 120~240 m/d를 표준으로 한다.

⑤ 수리적으로 중력식과 압력식

⑥ 여과수량의 시간변화에 따라 정속여과와 감쇠여과

⑦ 여과수량의 조절방식에 따라 유량제어형, 수위제어형, 자연평형형

⑧ 세척수의 공급방식으로부터는 고가형 세척탱크 또는 세척펌프에 의해 공급하는 형식과 여과지 정수거의 물 또는 다른 여과지에서 여과수를 공급하는 형식

⑨ 처리하는 미여과수의 종류로부터는 응집·침전처리한 물을 여과하는 일반적인 여과방식과 응집만을 한 물을 처리하는 직접여과방식

이들 중에서 정수목적에 부합되는 필요한 여과기능과 여과능력을 구비하고 있으면서 충분한 세척이 이루어질 수 있는 시설로 설계해야 한다.

여과공정은 수량·수질적으로 필요한 여과기능을 지속할 수 없는 시점, 즉 여과수 탁도가 「먹는물 수질기준」 및 「정수처리기준 등에 관한 규정」을 초과하고 손실수두가 증가하여 필요한 여과수량을 얻을 수 없는 시점에서 여과를 중단하고 세척하여 재생시킨다. 이러한 탁도와 유량의 한계를 충분히 고려하여 설계해야 한다.

또한 역세척을 종료하고 여과를 다시 개시한 직후에는 여과기능이 발현되지 않기 때문에 여과수 탁도가 일시적으로 상승하는 경우가 있다. 이러한 경우 병원성 미생물이 유출될 우려가 있으므로 여과지의 유출수 탁도를 0.1NTU 이하로 유지할 수 있도록 여과재개 후 일정한 시간동안 여과수를 배출시키는 시동방수(filter-to-waste)공정을 여과공정 중에 두는 것이 바람직하다.

여과지의 억류능력을 충분히 발휘하게 한다는 관점에서 여과수 탁도를 연속감시하고 누출이 발생하면 여과를 정지시키는 것이 합리적이지만, 안전성과 실용적 측면에서는 누출이 발생되기 전에 일정한 손실수두에 도달하였을 때 또는 일정한 여과지속시간마다 여과를 정지하고 세척하는 것이 일반적이다.

2.에 대하여 ; 급속여과지는 수리적으로 중력식(수면개방형)과 압력식(유압밀폐형)으로 분류할 수 있다.

중력식이란 여과지 내에 자유수면을 가지고 있으며 중력에 의하여 자연유하로 여과하는 방식으로 일반적으로 많은 수도사업체에서 사용되고 있다.

한편 압력식은 강판제 등의 밀폐탱크인 경우가 대부분이며 토목구조물이 아니기 때문에 현장에서의 공사기간을 단축할 수 있다는 점, 펌프압력을 이용하기 때문에 정수장 내의 수리적인 제약을 받지 않는 점, 운전조작이 간단한 점 등으로 인하여 비교적 소규모 정수장이나 침전지를 생략할 수 있을 정도의 원수를 대상으로 하는 곳에서 사용되고 있다.

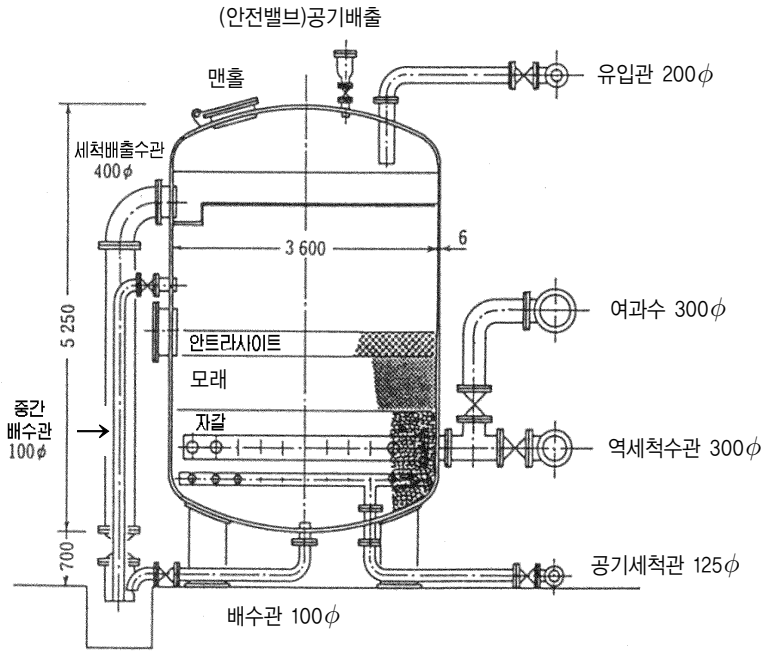
이 「시설기준」에서는 압력식에 비하여 사용빈도가 많은 중력식 여과지를 표준으로 하였으며, 압력식 여과지의 개요도는 〔그림 5.7.2〕와 같다.

압력식 여과지는 종형과 횡형의 두가지 형식으로 강판제 등 밀폐조 내의 압력(0.1~0.6MPa정도)으로 여과하는 여과지로, 종형은 소량의 물을 처리하는데 사용되며, 횡형은 비교적 대량의 물을 처리하는 경우에 사용하고 있다.

또한 압력식 여과지(〔그림 5.7.2〕참조)는 부압발생을 초래하지 않으면서 높은 손실수두가 될 때까지 여과를 지속할 수 있는 점과 여과지에 햇빛이 들어가지 않으므로 조류 발생이 적은 이점이 있지만, 여과층을 감시하기 어렵고 정압여과인 경우에는 여과속도의 변화폭이 크다는 결점이 있다.

압력식 여과지를 설치하는 경우에는 지수와 여과층 및 세척방식 등은 중력식 여과지에 준하며 점검·수리하기 위하여 구경 600 mm이상의 맨홀을 설치하는 것이 일반적이고, 한랭지에서는 중력식이

나 압력식을 막론하고 동결을 방지하기 위하여 보온시설을 설치하거나 지붕을 설치해야 한다.



[그림 5.7.2] 압력식 여과장치의 예(단위 : mm)

5.7.3 여과면적과 지수 및 형상

급속여과지의 여과면적과 지수 및 형상은 다음 각 항에 따른다. 1. 여과면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 계산한다. 2. 여과지 수는 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고 10지를 넘을 경우에는 여과지수의 1할 정도를 예비지로 설치하는 것이 바람직하다. 3. 여과지 1지의 여과면적은 150m^2 이하로 한다. 4. 형상은 직사각형을 표준으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 소요여과면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 계산한다.

2.에 대하여 ; 여과지는 세척, 점검, 고장, 여재교환 등의 경우를 고려하여 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고, 10지마다 1지의 비율로 예비지를 설치한다. 이렇게 할 경우 전체로서 여과수량의 생산을 유지할 수 있다.

3.에 대하여 ; 여과지 1지의 면적이 너무 크면, 여과와 세척의 평면적인 균일성을 확보하기 어려우며 세척설비도 커져야 하므로 1지의 최대면적은 150m^2 이하로 하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 여과지의 형상은 직사각형이 원형이나 부채꼴보다 건설측면에서 유리하고 유지관리 면에서도 문제가 적으므로 이를 표준으로 한다. 단, 길이와 폭의 비가 너무 크게 되면, 지내로 유입되는 수류의 균일성이 확보되기 어려워지므로 대개 5 : 1 이하를 목표로 한다.

5.7.4 여과유량조절

급속여과지에는 여과유량을 조절하는 기구를 구비한다.

【해설】

어떤 형태의 여과지이든 급속여과지에는 유입·유출유량의 평형을 유지하고 적당한 여재수심을 확보하며 여과속도의 급격한 변화를 피하기 위하여 반드시 여과유량을 조절하는 기구를 구비 한다. 특히 여과를 개시할 때에 급격한 여과속도의 상승은 탁질누출의 문제로 이어지므로 여과유량을 조절할 때에 이러한 현상이 생기지 않도록 배려해야 한다. 대책으로는 여과속도를 단계적으로 증가시키는 슬로스타트(slow start or filter ripening sequence)방식이 일반적으로 사용되고 있으며, 이 방식은 병원성 미생물의 누출방지대책으로도 유효하다.

유량조절기구는 계량장치와 유량조절장치로 이루어지고 있으며 일반적으로 전자로는 전자유량계나 차압식유량계, 후자로는 버터플라이밸브가 사용되고 있다. 그러나 자연평형형 여과지와 같이 특히 이러한 장치를 가지지 않고서 제어할 수 있는 방식도 있다.

여과방식과 여과제어방식은 다음과 같다.

1. 정속여과방식

1) 정속여과방식의 개요

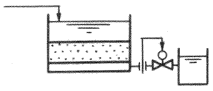
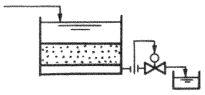
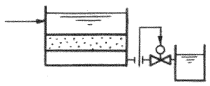
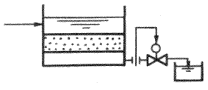
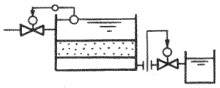
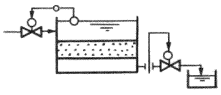
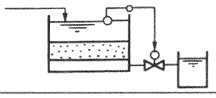
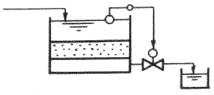
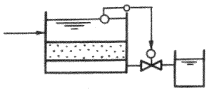
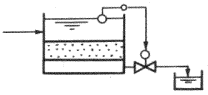
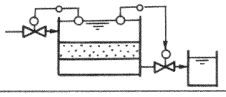
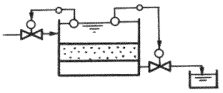
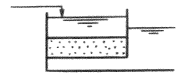
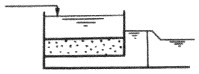
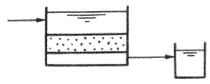
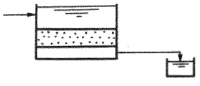
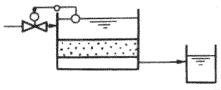
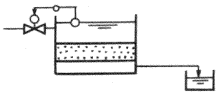
여과층의 폐색이 진행됨에 따라 상류측 수위를 높이거나 또는 하류측 유량제어계의 저항을 낮추어서 (밸브를 열어) 여과층에 걸리는 압력차를 증가시키게 되면, 여과수량의 감소를 보충할 수 있어서 일정한 여과유량을 유지할 수 있다. 이 방식을 정속여과라 하며 일반적으로 널리 사용되고 있는 방식이다.

2) 정속여과의 제어

정속여과의 제어에는 유량제어형, 수위제어형 및 자연평형형의 세 가지 방식이 있다([그림 5.7.3] 참조).

⑴ 유량제어방식

유량제어방식은 여과지 유출측에 계량장치와 유량조절장치를 설치해 두고 여과초기에는 조절장치로 큰 손실수두를 발생시켜서 여과유량을 제어한다. 여과가 진행됨에 따라 여과층의 폐색이 진행되면 여과층 내에 증가한 손실수두만큼 밸브를 열어서 조절장치에서의 손실수두를 감소시키는 것으로 여과유량을 일정하게 유지하는 방식이다. 이 방식에는 여과층 표면에서 유입거의 수위까지 고저차를 비교적 작게 할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면, 장치가 비교적 복잡하고 높은 손실수두일 때의 부압발생으로 수질을 악화시킬 가능성이 있다는 점 등의 단점이 있다.

조절방식		유입법	유출법	
			비 캐스케이드(non-cascade)	캐스케이드(cascade)
정속여과법	유량제어형	캐스케이드		
		비 캐스케이드		
		수위제어		
	수위제어형	캐스케이드		
		비 캐스케이드		
		수위제어		
	자연평형형	캐스케이드		
감쇄여과법		비 캐스케이드		
		수위제어		

주) 캐스케이드 방식이라는 것은 낙하방식으로, 유입 또는 유출측이 수면과 떨어져 있는 방식을 말한다.

[그림 5.7.3] 유량조절방식과 유출입방식

(2) 수위제어방식

수위제어방식은 여과지 수위를 검지하고 그 신호를 유량조절기구에 전달하여 정속여과를 유지하는 방식으로 비교적 얕은 여재표면 위의 수심으로 할 수 있지만, 장치가 복잡하다.

(3) 자연평형방식

자연평형방식은 유출측 위어를 여재표면보다 높은 위치에 설치하고 여과층 폐색에 따른 통수량 감소를 방지하도록 여과지의 여재표면 위의 수심이 서서히 높아짐에 따라 일정한 여과유량을 얻는 방법이다. 여재표면 위의 수심이 어느 설정값(set value)에 도달하면, 여과를 정지하고 역세척하므로 여재표면 위의 수심을 크게 잡을수록 여과지속시간을 길게 할 수 있다. 이 방식은 유출측에 여과유량조절장

치를 설치하지 않고서 정속여과가 가능하다는 점, 여과층 내에 부(-)압발생의 위험이 적다는 점 등의 장점을 가지고 있지만, 여과지의 깊이가 깊어지는 단점도 있다.

2. 정압여과방식

1) 정압여과방식의 개요

여과를 지속하면, 여과층에 탁질이 억류됨에 따라 여과층 내의 유로단면적이 감소되며 투수성이 낮아진다. 따라서 여과층의 상류측 수위와 하류측 수위, 즉 여과층에 걸리는 압력차가 일정하면, 여과층 폐색에 따라 여과유량은 서서히 감소하는 방식으로 이것을 정압여과라고 한다.

2) 정압여과의 제어

정압여과는 여과속도가 저하되어 소요수량을 얻을 수 없게 되기까지의 시간을 길게 하기 위하여 여과층, 하부집수장치, 유출측 배관 등에서의 저항을 크게 해야 한다. 이것을 작게 하는 것은 초기의 여과속도가 극단적으로 커지거나 외란에 의한 여과유량의 변화가 크게 되고 탁질이 누출되기 쉽다. 결국은 여과유량이 변동하기 때문에 수량관리가 어려운데 이 때문에 일반적으로는 유출부에 고정된 조절부를 설치하여 여과속도의 상한을 어느 한도로 억제한다. 감쇠여과방식은 정압여과의 전형적인 방식이다.

감쇠여과방식은 여러 개의 여과지를 가지고 있는 경우에만 적용할 수 있다. 침전지에서의 유입수량을 그대로 여과하기 때문에 여과층의 저항으로 여과유량이 감소된다. 정압여과라고 하더라도 여과수량이 감소하면서 지내의 수위는 자연스럽게 상승한다. 여과속도가 떨어져서 수위가 일정이상으로 상승할 경우에는 여과지를 세척하여 전체로서의 여과능력을 회복시키고 수위를 낮춘다.

이 방식은 기구가 단순하고 필요한 수두가 작으며 여과층 폐색에 따라 자연적으로 유량이 감소되므로 탁질누출의 위험이 적은 것 등의 장점이 있다.

그러나 여과지의 수가 적은 경우에는 여과속도의 감쇠에 따른 유량관리가 어렵고 여과지의 운전중지와 복귀에 따른 여과속도의 변동이나 수위 변동이 크게 된다는 단점도 있다.

5.7.5 여과속도

여과속도는 120~150 m/d를 표준으로 한다.

【해설】

여과속도는 여과유출량을 여과면적으로 나누어 계산한다. 효율적인 여과를 위한 여과속도는 유입수의 수질, 여과층의 구성, 여과지속시간 등을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

여기서 여과속도를 120~150 m/d로 한 것은 이 「시설기준」에서 나타낸 정도의 응집·침전처리, 여과모래의 형질 및 여과모래층을 구성하는 경우 안정된 여과수와 유지관리상에서 충분한 여과지속시간을 얻기 위하여 지금까지의 경험에 비춰 볼 때, 이 정도의 여과속도가 적당하다고 판단되기 때문이다. 여과지속시간은 유입수질, 처리목표수질, 가용수두 및 운전관리의 경제성 등을 고려하여 결정한다.

유효경이 큰 여재를 사용하여 여과층 두께를 두껍게 구성한 경우나 또는 응집·침전처리가 특히 양호한 경우, 고도정수처리 등으로 특히 양호한 여과지의 유입수를 얻을 수 있는 경우에는 이 여과속도

를 초과하는 여과속도를 적용할 수도 있다. 또한 5.7.16 다층여과지와 같이 여재의 여층구성을 변경하여 처리수질을 떨어뜨리지 않고서 여과속도를 올리고자 하는 경우나 급속여과지의 다음에 탁질제거에 유효한 다른 처리방법이 있어서 여과수질을 약간 떨어뜨리더라도 되는 경우에 여재 입경을 바꾸는 등으로 여과속도를 상승시키는 방식도 있다. 이러한 경우에는 실제 원수를 사용하여 채택하고자 하는 정수공정을 충분히 고려한 다음에 실험을 하여 결정하는 것이 안전하고 적절하다.

또한 여과를 계속하는 중에 여과속도를 급격하게 변경시키면 여과층 중에 억류되었던 플록이 박리·누출되어 여과수질을 악화시킬 우려가 있으므로 여과속도의 급격한 변경은 피하는 것이 좋다. 여과속도의 변경기준은 각 정수장에서 조사한 다음 충분한 안전율을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

5.7.6 여과층의 두께와 여재

급속여과지의 여과층 두께와 여과모래는 다음 각 항에 따른다. 1. 여과모래는 입도분포가 적절하고 협잡물이 적으며 마모되지 않고 위생상 지장이 없는 것으로 안정적이고 효율적으로 여과하고 세척할 수 있는 것이어야 한다. 2. 모래층의 두께는 여과모래의 유효경이 0.45~0.7 mm의 범위인 경우에는 60~70 cm를 표준으로 한다. 다만, 유효경이 그 이상으로 크게 되는 경우에는 실험 등에 의하여 합리적으로 여과층의 두께를 증가시킬 수 있다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과모래로는 일반적으로 자연모래가 사용되고 있다. 여과모래의 품질 시험방법은 한국상하수도협회 규격으로 정해져 있으며 이에 준한 각 항목은 다음과 같다.

⑴ 여과모래의 외관은 먼지나 점토질 등이 없으며, 편평한 모래, 취약한 모래, 불순물 등이 많이 혼입되지 않아야 하고, 석영질이 많고 견고하며 균일한 자연모래가 좋다. 특히 철분의 함량이 적은 것이 바람직하다.

⑵ 급속여과모래의 유효경은 0.45~1.0 mm 중에서 적정한 입경을 선정하여 사용한다. 여러 가지 입경의 입자들 혼합체인 모래의 입경을 표시하는 방법으로 여러 가지가 있지만, 여기서는 상수도에 관용적으로 사용하는 유효경(모래의 입도가적곡선 상에서의 10 % 통과입경, 〔그림 5.7.4〕 참조)으로 표시한다.

세립자의 여과모래를 사용할수록 플록저지율은 높지만, 표면여과의 경향이 강해진다. 또한 억류 탁질량이 적고 머드볼(mud ball) 생성이 쉬우며 손실수두가 빨리 증가하는 등의 단점이 있으나 역세척 유속이 적어도 되고 여과모래층의 두께를 줄일 수 있는 등의 이점도 있다.

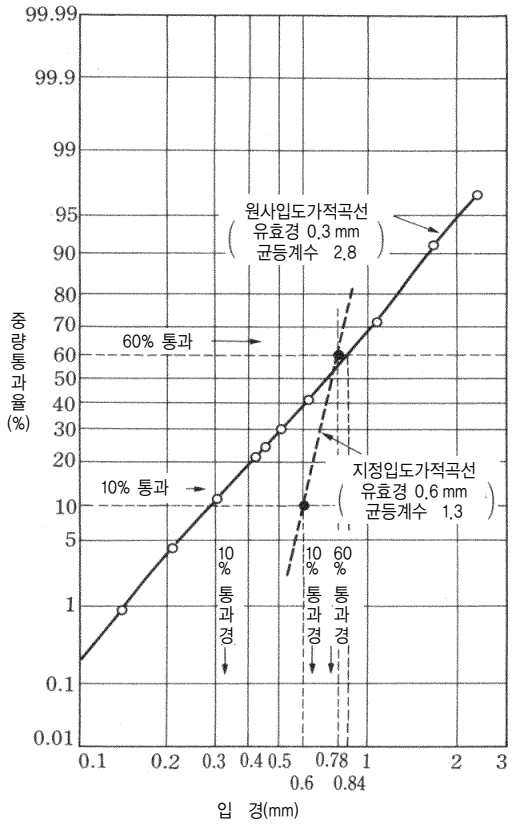
반대로 큰 입경의 여과모래를 사용하는 경우에는 내부여과의 경향이 강하기 때문에 여과모래층을 두껍게 하고 모래의 균등계수를 작게 한다면, 손실수두를 너무 높이지 않고서도 여과지속시간을 길게 유지할 수 있으며 여과속도를 높일 수도 있다. 이러한 경우에 역세척속도를 높이거나 공기세척을 병용하는 등으로 세척효과를 높일 필요가 있다.

여과층의 두께가 60~70 cm인 보통 급속여과지에서는 저지율, 여과지속시간, 역세척속도 및 광범위한 원수수질의 변화 등에 대처하는 관점에서 유효경은 0.45~0.7 mm(여과층 두께의 약 1/1000 이하 입경) 내외의 모래가 널리 사용된다. 또한 여과층의 두께를 120 cm까지 두껍게 하고 유효경 1.0

mm 정도의 조립자(粗粒子)를 사용하는 경우도 있다.

⑶ 균등계수는 1.70 이하일 것.

모래의 입도가적곡선(〔그림 5.7.4〕 참조)에서 60 % 통과경과 10 % 통과경의 비를 균등계수라고 하며 입경분포의 균일한 정도를 나타내는 지표이다.



[그림 5.7.4] 입도가적곡선의 예

자연에 존재하는 모래의 균등계수는 대체로 1.5~3.0의 범위에 있다. 이러한 모래를 그대로 사용하면 역세척 중에 상층의 모래와 하층의 모래는 뒤섞여서 세척되지만, 세척을 정지할 때에 조립자의 모래일수록 침강속도가 빠르기 때문에 하층에 모이며 세립자의 모래는 상층에 모인다. 이 때문에 여과에서 탁질 억지율은 지극히 높은 반면, 폐색되기 쉬우므로 손실수두가 지나치게 커져서 충분한 여과지속시간을 유지할 수 없다.

균등계수가 큰 모래로서는 표층의 고운 모래와 하층의 굵은 모래의 입도경사가 커짐에 따라 밀집된 충전의 경향을 보인다. 따라서 모래층 표면에서의 탁질 저지율이 높게 나타나는 것을 완화하고 모래층 내부에 높은 탁질 억류능력을 갖게 하기 위해서는 여과모래에 대한 입경의 균일도를 높일 필요가 있다. 그래서 균등계수의 상한을 1.7로 정하였다.

균등계수는 1에 가까울수록 입경이 균일해지므로 모래층의 공극률이 커지고 탁질억류가능량은 증가한다. 그러나 균등계수를 작게 할수록 원사(原沙)로부터 얻는 여과모래의 양이 적어지며 균등계수 1.3 부근에서 체가름량이 급격하게 줄어든다. 그러므로 유효경이 0.6~0.7 mm인 모래의 경우 실제로는 1.3~1.6정도의 균등계수를 채택하고 있다.

⑷ 세척탁도는 30NTU이하일 것.

신규 여과모래의 깨끗한 정도(오염의 한도)를 세척탁도로 30NTU이하로 정한 것이다. 다만, 가공한 망간모래인 경우에는 이 항을 적용하지 않는다.

⑸ 강열감량은 0.75 %이하일 것.

여과모래는 될수록 불순물이 적은 양질의 것이 바람직하다. 유기성 불순물이나 석탄입자, 석회석, 조개껍질 등 협잡물의 혼입에 대하여 비교적 간단하게 시험할 수 있는 방법으로 그 상한을 강열감량 0.75 %이하로 정하였다.

⑹ 염산가용률은 3.5 %이하일 것.

전항과 같이 협잡물의 혼입한도를 염산가용률 3.5 %이하로 정한 것이다.

⑺ 비중(밀도)은 2.55~2.65의 범위일 것.

자연모래의 비중은 2.6전후이지만, 비중이 2.55 이하인 모래는 유기성 물질이나 다공성 모래가 혼입되어 있는 경우가 있고, 비중이 2.65이상인 모래에는 석회석이나 중금속류의 광석이 혼입되어 있는 경우가 있으므로 여과모래로서는 바람직하지 못하다.

⑻ 마모율은 3 %이하일 것.

역세척을 반복함에 따라 여과모래가 파쇄·마모되어 세척배출수 중에 유출되고 여과층의 입도구성이나 여과층 두께가 설계상태와 달라지는 것을 방지하기 위하여 여과모래의 마모율을 3 % 이하로 정한 것이다.

⑼ 여과모래의 최대경은 2.0 mm를 넘지 않아야 하고 최소경은 0.3mm를 내려가지 않아야 하며 부득이한 경우라도 최대경을 넘는 것 또는 최소경을 밑도는 것이 1 %이하일 것.

역세척을 반복함에 따라 표층에는 작은 입자의 모래가 많아지고, 하층에는 굵은 입자의 모래가 많아진다. 여과모래의 유효경과 균등계수만으로는 입도분포 중 10 % 입경 이하와 60 % 입경 이상의 분포에 관한 한계가 없으므로 분급의 경향이 극단적으로 커지는 것을 피하기 위하여 입경의 상·하한으로 0.3~2.0 mm를 정하였다.

여과지에 여재를 초기 투입할 때에는 먼저 여재를 투입한 다음 팽창률 30 %를 초과하지 않을 정도로 역세척을 2~3회 반복하여 표층에 모이는 극히 작고 가벼운 성분이나 점토 등을 몇cm를 주의깊게 삭취해야 한다. 따라서 여과모래는 표층의 오사삭취를 고려하여 모래층의 설계두께보다 몇 cm 많이 깔아 넣는 것이 필요하다.

2.에 대하여 ; 플록의 질을 일정한 것으로 가정하였을 경우에 플록의 여과층 침입깊이 즉 여과층의 필요두께는 여재입경과 여과속도에 비례한다. 그러므로 역세척으로 약하게 성층된 실제 여과지에서는 여재 입도가 클 경우, 균등계수가 작을 경우, 또는 여과속도가 빠를 경우에는 플록이 내부까지 침입하므로 다량의 탁질을 억류시킬 수 있는 반면, 여과층 두께를 깊게 해야 한다. 입도와 여과속도 등의 조건

이 동일하면 여과모래층의 두께를 줄일수록 여과수에 탁질이 누출되는 시간이 빨라진다.

또 탁질이 억류되는 정도는 플록의 성질이나 수온의 영향이 크기 때문에 여과층의 엄밀한 필요두께는 실제 사용할 원수를 사용하여 계획된 전처리조건에 따라 실험으로 두께를 구하는 방법이 바람직하다.

그러나 종래부터 사용되어 온 표준적인 정수방법의 여과지에서는 여과지속시간과 여과효과를 고려한 경제적인 면과 여과모래층으로 탁질침입의 정도로 보아 경험상 대개 60~70 cm의 여과모래층 두께가 바람직하다.

최근에는 유효경이 큰 여과모래를 사용하거나 여과속도를 올려 여과모래층의 심층부에까지 탁질억류를 기대하는 경우, 여과지속시간(세척간격)을 길게 하고 싶은 경우, 안전에 여유를 크게 갖고자 하는 경우 등 특별한 목적이 있는 경우에는 모래층을 두껍게 설계한다.

반대로 표층에서의 탁질저지율을 높게 하고자 여과속도를 줄이고 세립자의 여재를 사용하는 대신에 세척회수를 늘리는 방식을 채택할 경우에는 여과지 유입수의 수질이 항상 양호해야 하며 여과모래층의 두께를 표준보다 얇게 할 수 있다.

[5.7.6 참고 1] 여층두께와 여재입경의 관계

여과층 두께와 여재입경은 원래 실험에 의해서 정해야 하지만, 후지다(藤田)는 이 관계를 다음과 같은 일반식으로 나타내었으며 이 값이 800이상이면 대체로 안전하다고 한다.

$$\frac{L}{D_e} \geq 800$$

여기서

L : 여과층 두께(mm)

De : 여재의 유효경(mm)

유효경, 균등계수 및 조화평균경과의 사이에는 〈5.7.6 참고표-1〉와 같은 관계가 있다.

[5.7.6 참고 2] 여과모래의 유효경과 균등계수에 대한 이해와 구매시방서 작성 요령

이 「시설기준」이나 각종 교과서에 여과모래의 유효경과 균등계수에 대하여 유효경은 0.45~0.7 mm 또는 0.45~1.0 mm라고 되어 있고, 또 균등계수는 1.7이하라고 간단히 설명하고 있다. 그렇다고 여과모래의 구매시방서를 작성할 때에 앞서 언급된 내용들을 그대로 옮겨 써서는 원하는 여과모래를 구매할 수 없는 경우가 많다. 이 수치는 여과모래의 유효경과 균등계수를 선정하는 범위일 뿐이고, 해당 여과지의 유효경과 균등계수는 아니다.

따라서 여과모래 구매시방서를 작성할 때에는 먼저 설계상의 여과모래층 두께를 찾고 다음에 여과모래의 유효경과 균등계수를 정한다. 예를 들어 설계상의 여과모래층 두께가 70cm로 설계되어 있으며 모래단독인 경우이면, 유효경은 0.45~0.7 mm 중에서 선정하는 것이 일반적이다. 그 중에서 중간치에 가까운 0.55 mm를 유효경으로 선정하였다고 하자.

이 값은 다음 〈5.7.6 참고표-1〉에서 유효경이 모래층 두께의 1/1,000 이하이므로 바람직하다. 그

러나 유효경을 0.55 mm로만 시방서에 표시할 경우에는 이 시방에 적합하도록 모래 생산업자가 여과모래를 생산하는 것은 대단히 어렵다. 따라서 유효경에 어느 정도의 범위를 두어야 한다. 즉 유효경은 0.55±0.02 mm로 표시하거나 또는 ±몇 %로 범위를 설정하면 거의 원하는 입경의 모래를 구매할 수 있다.

또한 균등계수는 1.7 이하라고 설명되어 있었지만, 균등계수의 최대가 1.7이며 여과모래의 균등계수는 가능한 한 낮을수록 좋다. 그러나 너무 낮으면 생산원가가 올라가고 여과모래를 공급할 수 없을 수도 있다. 한편 여과모래 공급자는 누구든지 균등계수 1.4 정도의 모래를 가격의 인상없이 공급할 수 있어야 하고, 선진국에서는 균등계수를 1.4 또는 1.5 이하를 많이 채택하고 있다. 그러나 균등계수를 1.3 이하로 설정하면 여과모래의 단가가 약간 인상될 수도 있다.

〈5.7.6 참고표-1〉 여과층 두께와 유효경

L/De ≥	1,000 ……보통 모래단독이나 2층 여과인 경우
	1,250 ……3층(안트라사이트, 모래, 가네트)
	1,250~1,500 …심층 조립단일여재인 경우(1.2 ≤ De ≤ 1.4)
	1,500~2,000 …입경이 매우 큰 심층조립단일여재인 경우(1.5 ≤ De ≤ 2.0 mm)

여기서 L은 여과층 두께(mm)이고, De는 여재의 유효경(mm)이다.

주 : 1. 여재입경이 1.5mm 이상이면 보통 여과층의 공극에 비하여 여재 입자간의 공극은 훨씬 커진다. 여재입경이 2배가 되면 공극은 3배가 된다. 그러므로 L/De비는 여재의 입경이 1.5 mm 이상일 때 추정값으로만 사용할 수 있으며 실제값은 모형실험을 통하여 얻어야 한다. 또한 파과현상으로 인하여 원생동물의 난포낭과 같은 작은 입자가 유출되는 것을 방지하기 위한 방호벽으로써 심층조립 단일여재의 여과층 바닥에 0.3 m 정도의 모래층을 두면 좋다.

2. 여과보조제로 폴리머를 사용하지 않고 여과수 탁도가 0.1NTU 이하를 맞추어야 하는 경우 L/De비가 15 % 정도 증가된 값이 좋다.

3. 장래 수질기준이 더욱 엄격해질 것을 예상하여 보통의 여과층을 활성탄(GAC)여재로 교체하는 계획을 수립하는 게 좋다. 가장 짧은 공탑접촉시간(EBCT)이 10분인 활성탄여과에 필요한 접촉시간을 확보하기 위하여 보통의 여과지를 신설할 경우에도 활성탄여과에 대응할 수 있도록 깊게하는게 좋다. 240 m/d의 여과속도에서 10분의 공탑접촉시간을 확보하기 위해서는 1.7 m의 여층두께가 필요하다.

5.7.7 자갈층 두께와 여과자갈

급속여과지의 자갈층 두께와 여과자갈은 다음 각 항에 따른다.

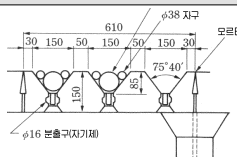
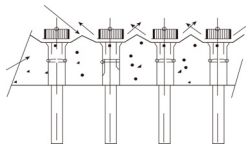
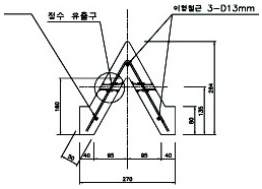
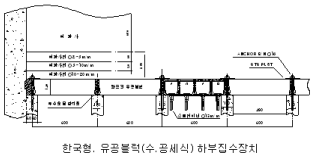
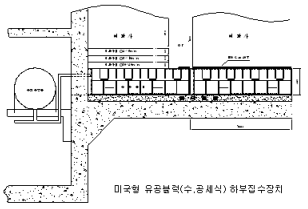
1. 여과자갈의 입경과 자갈층의 두께는 하부집수장치에 적합하도록 결정한다.
2. 여과자갈은 그 형상이 구형(球形)에 가깝고 경질이며 청정하고 균질인 것이 좋으며 먼지나 점토질 등 불순물을 포함하지 않아야 하고 모래층을 충분히 지지할 수 있어서 안정적이고 효율적으로 세척할 수 있어야 한다.
3. 조립여과자갈을 하층에, 세립여과자갈을 상층에 배치하는 것을 표준으로 하며 입도의 순서대로 깔아야 한다.

【해설】

자갈층은 여과하는 과정에 여과모래가 하부집수장치를 통하여 유출거 등으로 누출되지 않도록 지지하기 위하여 설치하는 것이며, 또한 역세척할 때에는 하부집수장치로부터 분출되는 세척수를 균등하게 분산시키는 역할을 하는 것이다.

1.에 대하여 ; 자갈층의 표준적인 구성은 〈표 5.7.1〉과 같다.

〈표 5.7.1〉 하부집수장치에 따른 자갈층의 표준적 구성

하부집수장치	세척방식	규격(mm)	두께(mm)	총 계	비고(설치 사례)
휠러 블록형	물	ϕ2~ϕ5	100	400~500	 (대구 두류, 목포 몽탄정수장)
		ϕ5~ϕ10	100		
		ϕ10~ϕ15	100~150		
		ϕ15~ϕ30	100~150		
스트레이너형	물	ϕ2~ϕ5	80~100	250~300	 (서울 강북, 인천 부평정수장)
		ϕ5~ϕ10	80~100		
		ϕ10~ϕ20	90~100		
	물+공기	ϕ2~ϕ5	50~100	50~100	
티피 블록형	물	ϕ2~ϕ3	75	440	 (대구 매곡, 수공 수지정수장)
		ϕ3~ϕ5	75		
		ϕ5~ϕ10	75		
		ϕ10~ϕ20	75		
		ϕ20~ϕ40	140		
유공블록 (한국)형	물	ϕ2~ϕ5	80~100	250~300	 (부산 덕산, 대전 월평정수장)
		ϕ5~ϕ10	80~100		
		ϕ10~ϕ20	90~100		
	물+공기	ϕ2~ϕ5	80~100	250~300	
		ϕ5~ϕ10	80~100		
		ϕ10~ϕ20	90~100		
유공블록 (미국)형	물	ϕ2.0~ϕ3.5	50~100	200~400	 (부산 명장, 대전 석봉정수장)
		ϕ3.5~ϕ7.0	50~100		
		ϕ7.0~ϕ13	50~100		
		ϕ13~ϕ20	50~100		
	물+공기	ϕ2.0~ϕ3.5	50	200~300 (IMS-Cap 대체 가능)	
		ϕ3.5~ϕ7.0	50		
		ϕ7.0~ϕ13	50~100		
		ϕ13~ϕ20	50~100		

2.에 대하여 ; 자갈층은 여과층을 지지하며 세척면으로 보아 경질이고 구형인 것이 좋다.

1) 외관은 먼지나 점토질 등의 불순물 또는 편평하거나 취약한 입자를 많이 포함하지 않아야 하고 단단하고 둥그스름한 것이 바람직하다.
2) 세척탁도는 30NTU이하일 것.
3) 자갈의 형상은 최장축이 최단축의 5배 이상인 것이 중량비로 2 % 이하일 것.

4) 비중은 표면건조상태로 2.5이상일 것.
5) 염산가용률은 3.5 %이하일 것.
6) 여과자갈의 입경은 각 층마다 설계 최소경 이하의 입경과 설계최대경 이상의 입경에 대한 중량비를 합한 것이 합계로 15 %이하일 것.

3.에 대하여 ; 자갈층은 모래층을 지지하는 것이 목적이며 자갈층 중에 여과모래가 침입하지 않도록 상부에 세립자갈을 깔고 하층으로 갈수록 조립자갈로 깔아서 성층시키는 것을 표준으로 한다.

5.7.8 하부집수장치

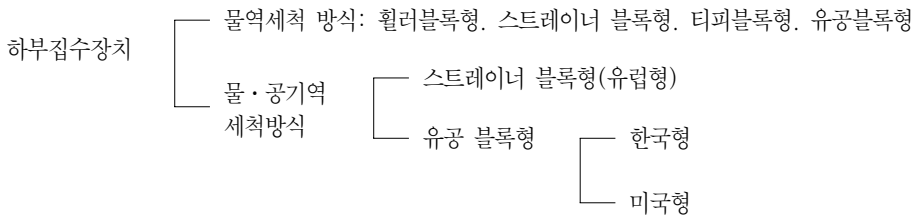
하부집수장치는 균등하고 유효하게 여과되고 세척될 수 있는 구조로 한다.

【해설】

급속여과지 중·하부에 여과블록을 설치하여 여과지를 상부와 하부로 분리시켜 상부에는 여과재(여과자갈, 여과모래, 안트라사이트 등)를 설치할 수 있는 구조로 하고, 하부는 여과수(정수)를 집수하여 정수지로 보내는 구조이다. 또한 역세척시 세척수 및 공기를 균등분배하여 하부에서 상부로 분출시켜서 여과재를 세척시키는 역할도 하는데 이러한 기능을 갖도록 설비한 것을 하부집수장치라 하고, 그 기능은 다음과 같다.

1) 여과지를 하부집수실과 상부여과실로 분리시킨다.
2) 상부 여과실에는 설치한 여과재를지지 보호하며 상·하부로 유출됨을 방지한다.
3) 침전지 월류수를 상부 여과실에서 여과시켜 하부집수실로 보낸다.
4) 세척수 및 공기를 하부집수실로부터 상부여과실로 분출시켜 여과재를 깨끗이 세척시킨다.
5) 역세척수 및 공기를 여과실 전체에 균등압력으로 균일하게 분포시켜서 세척의 효과를 높이는 역할도 매우 중요하다.

하부집수장치에는 집수블록의 형태로 종류를 분리하거나 역세척방식에 의해 분리될 수도 있다, 따라서 물로만 역세척하는 방식을 수세식, 물과 공기로 역세척하는 방식을 수공세식이라 하며, 현재 우리나라에서 사용하고 있는 방식은 다음과 같다.



여과지에는 여재의 지지, 여과수의 집수, 역세척수의 균등배분 등의 기능을 함께 가지고 있는 하부집수장치를 설치해야 한다. 적절한 하부집수장치를 선정하기 위해서는 여과지의 세척방식을 고려해야 하며, 공기세척방식을 병용하는 경우에는 이에 알맞은 하부집수장치를 선정해야 한다. 역세척할 때에

하부집수장치를 통과하는 역세척유량은 여과유량의 몇 배에 달한다. 그러므로 수리적으로 역세척할 때의 유량배분이 균일하게 되는 조건을 만족시키면 여과수를 집수할 때의 균일성은 충분히 달성될 수 있다.

그러므로 하부집수장치는 물의 수송(여과)과정에서는 단면을 충분히 유지함으로써 수두손실을 적게 하고 수압의 평면적인 균일화를 도모하며, 물의 분배(세척)과정에서는 통수공경(通水孔徑)을 줄이고 통수저항을 어느 정도 크게 함으로써 평면적으로 균일한 유출입을 도모하도록 설계해야 한다.

세척이 평면적으로 균일하지 않으면, 여과할 때에 세척된 부분으로만 여과하는 물이 통과하게 되며 그 부분에서만 여과속도가 빠르게 되고, 반대로 세척이 불충분한 부분에서는 여과층의 부분적인 폐색이 서서히 발생한다. 따라서 세척의 균일성 확보는 여과지의 기능을 지속하기 위하여 중요하다.

하부집수장치로는 손실수두가 작고 단면도 작은 것이 경제적이므로 이러한 값을 가능한 한 작게 하면서 거기에 수류분포(水流分布)의 균일성을 얻기 위한 연구가 이루어져야 하며, 다음에 설명된 것과 같은 다양한 형태의 하부집수장치가 이용되고 있다.

그러나 한편 작은 수두손실로서 균등분포를 확보할 수 있는 하부집수장치일수록 장치로서는 우수하지만, 통수저항이 작으므로 반대로 여과수거(濾過水渠) 등 유출측에서의 수위변동이 여과지 내에 전달되어 여과조건을 교란시키기 쉽다. 그러므로 손실수두가 작은 하부집수장치를 채택하는 경우에는 하류측에서 수리적으로 연속되지 않도록 여과수거 등 유출측의 수위변동이 작은 구조로 하는 것이 필요하다.

수리적 조건 이외에 하부집수장치는 내식성, 내구성 및 내압성이 큰 재질로 만들어서 저판에 견고히 고정시킬 필요가 있다. 하부집수장치가 파손되면, 세척이 불균등하게 되어 모래가 압력실을 통과하여 여과수거까지 유출되고 여러 가지 문제점 발생의 원인으로 된다. 또 여과상(濾過床)하부의 장치로서 점검이나 수리가 쉽지 않으므로 신뢰성이 높은 것을 사용해야 한다. 즉 장치는 상시 수류에 노출되어 있고 또 세척할 때에는 염소와 접촉되므로 내식성이 큰 것이라야 한다. 또 여재의 중량에 견뎌야 하고 세척할 때에는 급격한 수압변동에 견딜 수 있는 역학적인 강도를 가지고 있어야 한다. 또 하부집수장치의 손실수두는 개구부의 면적, 유속 및 형상계수로 결정된다(〔그림 5.7.5〕 참조).

이하는 구체적인 하부집수장치에 대하여 그 요건과 해설을 기술한 것이다.

1. 유공블록형

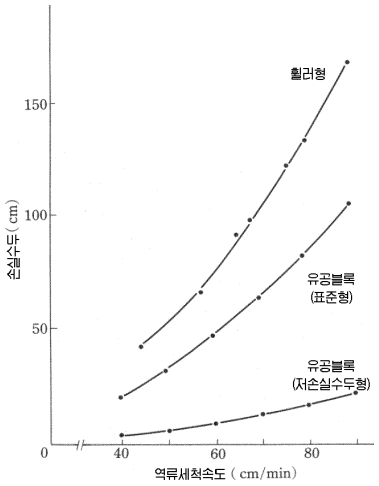
바닥판에 분산실과 송수실을 갖는 성형블록을 병렬로 연결한 것으로, 블록의 표준형상과 매설상황은 〔그림 5.7.6〕에 표시된 바와 같다. 이 형식은 오리피스를 통한 2단구조에 의한 균압효과와 블록상면에 배열된 다수의 집수공에 의하여 평면적으로 균등한 여과와 역세척효과를 기대한 것이다. 유공블록은 휠러형에 비하여 블록이 가볍고 지주 등이 필요하지 않으므로 시공이 쉽고 압력실이 필요하지 않으므로 구조를 얕게 할 수 있으며 평탄하게 하기 쉬운 점 등이다. 송수실의 단면 크기가 클수록 물 수송과정에서 균등압력이 유지되므로 집수공의 공경(孔徑)을 크게 하더라도 수량분산의 평면적 균일성을 유지할 수 있어서 결과적으로 하부집수장치에서 손실수두를 감소시킬 수 있다.

유공블록의 재질은 내식성, 내구성 및 내압성이 큰 도자기나 플라스틱이 사용되고 있다. 또 여과지의 중앙이나 관랑 측에는 집수거를 설치하여 블록과의 사이에 물이 유출입하게 하고 있으며, 그 단면

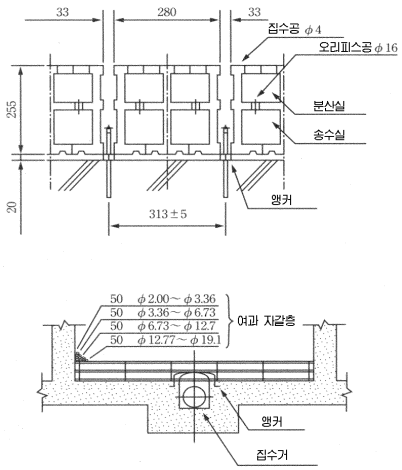
적은 여과면적의 1% 이상(역세척속도 0.6m/min일 때)으로 하는 것이 바람직하다. 보통 사용되는 블록의 개구비(집수공 총 면적에 대한 비)는 0.6~1.4 %이다.

블록의 부설길이가 너무 길면, 위치에 의한 압력의 불균형이 크기 때문에 일반적으로는 5m 정도가 한도라고 본다. 또한 역세척할 때에는 블록의 일부에 상향력이 작용하기 때문에 적당한 간격으로 앵커(anchor)를 설치하여 고정시켜야 하며 블록 사이는 누수되지 않도록 정교하게 시공해야 한다.

유공블록(한국)형은 1990년대 말부터 사용되었고 물세척방식과 물·공기세척방식 겸용으로 여과지의 구조와 설치, 운영방법은 스트레이너 블록형과 거의 동일하다. 유공블록이라서 250~300 mm의 여과자갈이 노즐역활을 한다. 유공블록(미국)형도 물세척방식과 물+공기세척방식 겸용으로 국내에는 1990년대 말에 미국회사 제품이 처음 들어왔다. 여과지 구조와 설치방법이 유럽형과 다르고, 유공블록이라서 250~300 mm의 여과자갈이 노즐역활을 하고 있으나, 최근에는 IMS-Cap(다공판)을 사용하여 여과자갈을 대신하고 있다.



[그림 5.7.5] 하부집수장치의 손실수두

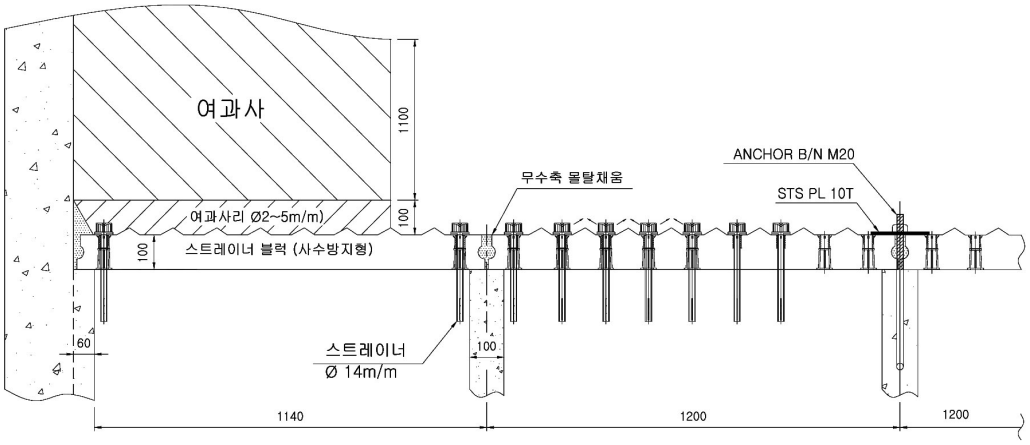


[그림 5.7.6] 유공블록형 하부집수장치(단위 : mm)

2. 스트레이너형

유럽형 방식으로 유럽은 물론 우리나라와 일본 등에서 주로 사용하는 형식이다. 저판상에 매설된 관 또는 지지판에 스트레이너를 붙였고 이 스트레이너를 통하여 여과수와 역세척수가 유출입하게 되는 것으로, 이 표준형상과 매설상황은 〔그림 5.7.7〕에 표시한 바와 같다. 관에 부착할 경우에는 관과 물이 유출입하는 집수거를 여과지 중앙에 설치한다. 관은 내구성의 것으로 하고, 부착할 때에는 스트레이너의 최하공 근처까지 콘크리트를 충전하여 물이 정체되는 부분을 없애야 하며 스트레이너가 관에서 빠지지 않도록 충분히 고정시켜야 한다.

스트레이너의 간격은 너무 넓으면 균등한 여과와 세척이 이루어지지 않는다. 또한 너무 좁으면 비경제적으로 된다. 지금까지의 경험으로 보면 10~20cm가 적당하다. 그리고 스트레이너의 부착 높이가 동일하게 설치해야 한다.



[그림 5.7.7] 스트레이너 블록(물·공기식) 하부집수장치 예

스트레이너의 설치에 필요한 단관의 총 단면적은 여과면적의 0.25~1.0 %로 하면, 역세척할 때에 평면적으로 적당하고 균등한 수류를 얻을 수 있다.

스트레이너형 하부집수장치가 잘 유지되게 하기 위해서는 스트레이너의 부식과 폐색을 방지해야 한다. 부식방지에는 내식성이 강한 금속이나 합성수지재료를 사용하고 스트레이너의 슬릿 폭은 0.25~0.75mm로 하는 것이 적당하다. 폐색방지에는 스트레이너의 슬릿 크기에 알맞은 굵기의 자갈과 적당한 두께의 자갈층을 유지함으로써 또는 여과할 때의 과대한 여과속도를 피함으로써 세립자의 탈락을 예방한다. 스트레이너의 형상치수를 모래가 탈락하더라도 폐색되지 않는 것을 선택하는 것이 좋다. 우리나라에는 70년대 초부터 사용하기 시작하였으며 물세척방식과 물+공기세척방식에 사용되고 있다.

3. 유공관형

통수공을 개방시킨 관을 공(孔)이 아래쪽을 향하도록 저판 상에 지대를 설치하여 매설하는 것으로 〔그림 5.7.8〕에 표시한 것과 같은 구조이다. 사용하는 관은 내식성, 내구성 및 내압성이 큰 재질로 만들어진 것으로 소공은 구경과 각도가 균등하게 개방된 것이라야 한다. 집수지관(集水支管)의 간격은 30cm 이하로 하고 그 길이는 관경의 60배 이하로 한다. 관경에 비하여 관 길이가 너무 길면, 역세척할 때에 관내수압이 불균형하게 되어 균등한 세척이 어렵게 된다.

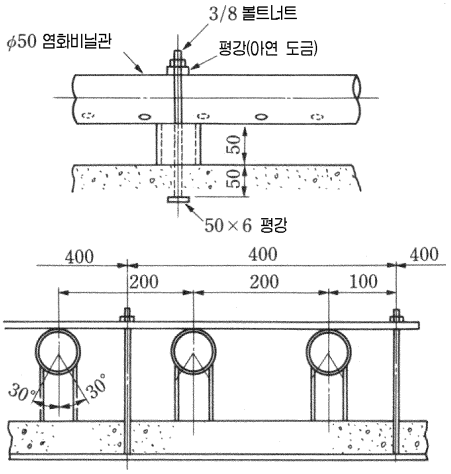
유공관형은 세척할 때에 관이 진동하기 쉬우므로 지대에 충분히 정착시켜야 한다. 또 역세척할 때의 집수관 내 압력분포를 될수록 균등하게 유지하기 위하여 상호 연결하는 것도 좋은 방법이다.

4. 다공판형

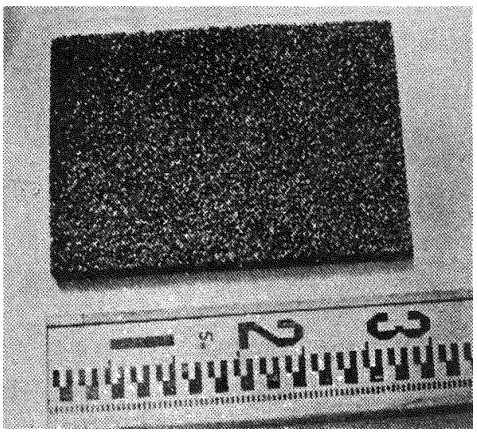
직경이 몇 mm의 입상(粒狀)물질을 성형한 판으로 저판상에 지벽(支壁)을 설치하여 압력실로 하고 지벽에 다공판을 붙여서 집수장치로 하는 것 〔그림 5.7.9〕으로 입상물질로는 각을 깎아 둥그스름하게 접착시킨 용융알미나(장경 3 mm정도)가 사용되고 있다. 다공판에서 요구되는 성질은 전체 여과상면에 균일하게 유수를 유지하는 것과 함께 통수성의 지속력과 역학적 강도이다.

다공판의 장점은 일반적으로 자갈층을 생략할 수 있으므로 구조물 깊이를 얕게 할 수 있지만, 큰 면

적의 여과지에서는 판의 수평성 확보 등 확실한 시공관리가 필요하다. 또한 수질에 따라서는 막히는 경우가 있다. 판의 가격이 다른 것에 비하여 고가이다.



[그림 5.7.8] 유공관형 하부집수장치(단위 : mm)

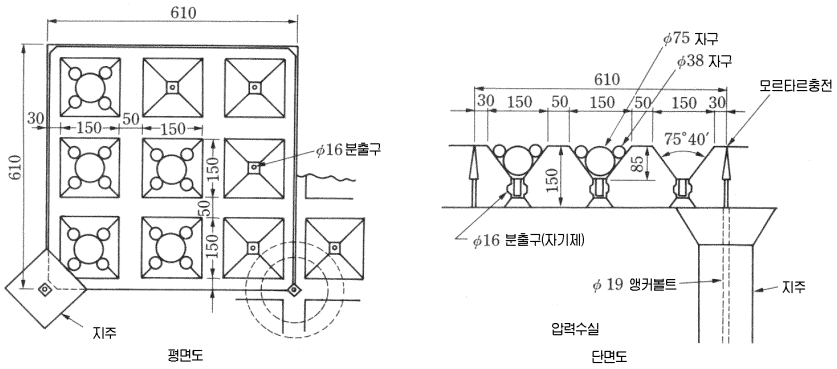


[그림 5.7.9] 하부집수장치용 다공판

[5.7.8 참고 1] 휠러형(Wheeler ball type)

〈5.7.8 참고도 1〉에 표시된 바와 같이 여과지 바닥판상에 지주를 설치하고 그 위에 콘크리트 성형품을 고결시킨 것이 많고 성형품과 저판 사이에는 압력수실이 된다. 성형품의 상면은 도각추형(倒角錐形) 요부가 있다. 그 중에 대소 5개 또는 14개 자구(磁球, Wheeler ball)를 놓은 것이다. 이 형식은 상수도 초기(1960~1970년대) 급속여과지에서 하부집수장치로서 많이 사용되어 왔으나 지금은 거의 사용하지 않고 물세척방식 전용으로 사용되었으며 물+공기세척방식에는 사용하지 않는다.

도각추형의 중심간격은 지금까지 경험으로 20~30 cm 정도가 적당하다. 중앙부의 분출구 총단면적은 여과면적의 0.25~0.4 % 정도가 바람직하다. 도각추형부에 들어가는 자구는 질이 견고하고 정확한 형태라야 한다. 보통 잘 소성된 경질자구가 사용된다.



〈5.7.1 참고도-1〉 휠러형 하부집수장치(단위 : mm)

〔5.7.8 참고 2〕 티피블록형(Teepee block type)

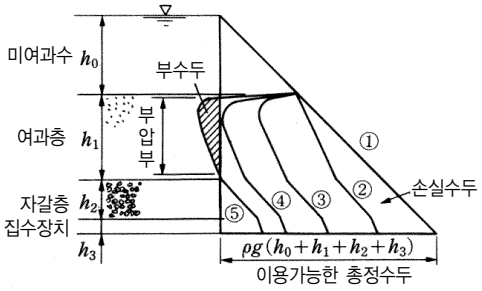
미국형식으로 티피(∧)형에 삼각형상의 꼭지점 좌, 우측에 분출구가 있으며 ϕ10mm 분출구 위에 5종류의 여과자갈을 450mm 높이로 설치하여 노즐역활을 한다. 이중여재(여과사+안트라사이트) 여과지로서 정수 높이 자체로 역세척을 하기 때문에 별도의 역세척시설이 필요없으며 물세척방식 전용으로 사용되고 90년대 중반에 신공법으로 개발되어 사용되고 있다.

5.7.9 수심과 여유고

급속여과지의 수심과 여유고는 다음 각 항에 따른다. 1. 여과지 여재표면상의 수심은 여과 중에 부압을 발생시키지 않는 수심으로 한다. 2. 고수위로부터 여과지 상단까지의 여유고는 30cm 정도로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 현탁물질이 여과재 간극 내에 억류되고 여과재입자 간의 수로가 폐색되면 손실수두가 증가하여 여과층 내의 수압이 점차 저하되어 간다. 이 관계를 단층여과지에 대하여 모식적으로 나타낸 것이 〔그림 5.7.10〕이다.



[그림 5.7.10] 여과층 내의 수압분포

그림에서

직선 ① ; 여과지에 물을 만수시키면 직선의 수압분포를 얻을 수 있다.

절선 ② ; 여과를 시작한 직후에는 여과층과 자갈층의 저항에 따른 수압분포를 표시한다.

곡선 ③ ; 여과를 계속하여 여과층 내에 현탁물질이 억류가 진행되면 여과층에 의한 손실수두가 커진다. 여과층 내에서 현탁물질의 억류분포는 약품주입량, 플록의 크기와 강도, 여과재 입경과 균등계수, 여과속도와 여과층의 두께 및 그 밖의 요인으로 차이가 있으나, 주로 표층부에 많은 현탁물질이 억류되는 방식으로 할 때가 많다. 그러므로 표층부에서의 손실수두가 그 외의 부분에 비하여 현저하게 크다.

곡선 ④ ; 총손실수두가 크게 되어 이용가능한 총수두의 대부분이 소모된 상태에서 통수능력면에서 여과를 정지해야 할 상태이다. 실제 급속여과지에서는 총손실수두를 1~2m 정도로 설정하여 여과하는

경우가 많다.

곡선 ⑤ ; 여과지 전체의 압력차가 통수능력을 유지할 수 있는 경우에도 많이 폐색된 여과층 부분에서 국부적으로 대기압보다 압력이 낮은 부(-)압부분이 발생할 때가 있다. 이와 같은 국부적 부압현상은 현탁물질이 여과모래층의 표면에 집중적으로 억류되는 경우나, 여재표면상의 수심이 과소한 경우에 발생하기 쉽다.

여과지 내에 부수두가 발생되면 수중의 용존가스가 유리되고 이들이 여과층 중에 집적되어 기포로 된다. 이와 같은 상태가 되면, 통수면적이 줄어들고 여과능력도 감소되며 따라서 다른 부분에 과부하를 발생시키게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 일반적으로 급속여과지의 수심을 1~1.5m로 유지하는 경우가 많다. 유출측의 수위가 여재표면보다 아래에 있는 여과지인 경우에 여과속도를 크게 하거나 여과지속시간을 길게 하고자 할 때에는 부압수두의 발생을 피하기 위하여 큰 수심을 필요로 한다.

한편 내부여과의 경향이 강하여 손실수두의 발달이 지연되는 경우나 또는 소정의 손실수두에 미달된 상태에서 빈번하게 세척하는 경우 또는 유출부의 수심이 여재표면보다 높은 경우에는 부압수두의 발생이 없다는 것이 확인되면, 여과지의 안정적인 운전을 위하여 여과초기의 수심을 표준보다 얕게 할 수 있다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 약품침전지에서 월류관을 설치하므로 급속여과지에서는 월류관을 설치하지 않는 것이 보통이지만, 유량제어형의 여과지에는 소규모의 시설, 또한 침전지에 월류관이 없는 시설에는 여과지에 월류관을 설치하는 경우가 있다. 또한 수면변동의 흡수를 고려하여 고수위로부터 여과지 상단까지의 여유고를 30cm 정도로 해야 한다.

5.7.10 세척방식

여과층의 세척은 역세척과 표면세척을 조합한 방식을 표준으로 하고 여과층이 유효하게 세척되어야 하며 필요에 따라 공기세척을 조합할 수 있다.

【해설】

세척의 좋고 나쁨은 여과효과에 크게 영향을 미치므로 여과층 전체가 균등하고 유효하게 세척될 수 있는 방식을 선정해야 한다. 균등하고 유효한 세척이란 여과층 전체표면과 여과층 전체깊이에서 될수록 청정한 여과재를 유지하는 것이다.

세척효과가 불충분할 경우에는 여과지속시간의 감소, 여과수질의 악화, 머드볼(mud ball)의 발생 외에 여과층의 균열, 여과층 표면의 불균일, 측벽과 여과층간에 간극발생 등 여러 장애요인이 발생되므로 주의해야 한다.

세척효과의 판정은 보통 세척배출수의 최종탁도로 한다. 병원성 미생물에 대한 대책으로 세척배출수의 최종탁도 관리가 대단히 중요하며, 최종탁도는 10NTU 내외를 목표로 하는 것이 바람직하다. 또한 여과개시 직후에는 여과지 내에 잔류하는 탁질이 원인으로 되어 탁도가 일시적으로 상승하는 경우가

있으므로, 이를 억제하면서 여과층을 재성층하기 위한 대책으로서 세척종료 직전에 세척속도를 단계적으로 감소시키는 슬로다운(slow-down, or filter ripening sequence)세척방식이 있다.

표준방식은 표면세척과 역세척을 조합한 것으로 여과층표면의 탁질을 물 흐름에 의한 전단력으로 파괴하고 이어서 여과층이 유동화 상태로 될 때까지 역세척 유속을 높여서 여재 상호간의 충돌·마찰이나 물 흐름에 의한 전단력으로 부착탁질을 벗겨서 여과층으로부터 배출시킨다.

물의 유동화에 의한 역세척이 1929년 Hulbert와 Herring's에 의해 연구되었는데 이 보고서에 의하면 여과공정상 억류되었던 floc들이 subfluidization에 의해 완전히 제거되는 것으로 믿었으나 뒤이은 조사에 의하면 50 % 팽창에도 일부 머드볼이 제거되지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 물에 의한 역세척을 보완하기 위해 표면세척과 공기를 사용하는 역세척방법 등이 다양하게 연구되었다.

그 밖에 공기세척과 역세척을 조합한 방식이 있는데, 이는 상승기포의 미진동으로 부착탁질을 벗긴 다음 역세척으로 여과층으로부터 배출시키는 방법으로 air scouring과 subfluidization으로 collapse-pulsing현상을 일으켜 역세척 효율이 향상되는 것으로 개발되었는데, 탁질을 여과층 내부까지 침입시키는 여과지, 여과층이 깊은 여과지 또는 여과재의 입경이 큰 여과지에서는 내부에 억류된 탁질을 효율적으로 제거시키는 방법으로 공기세척이 유효하다.

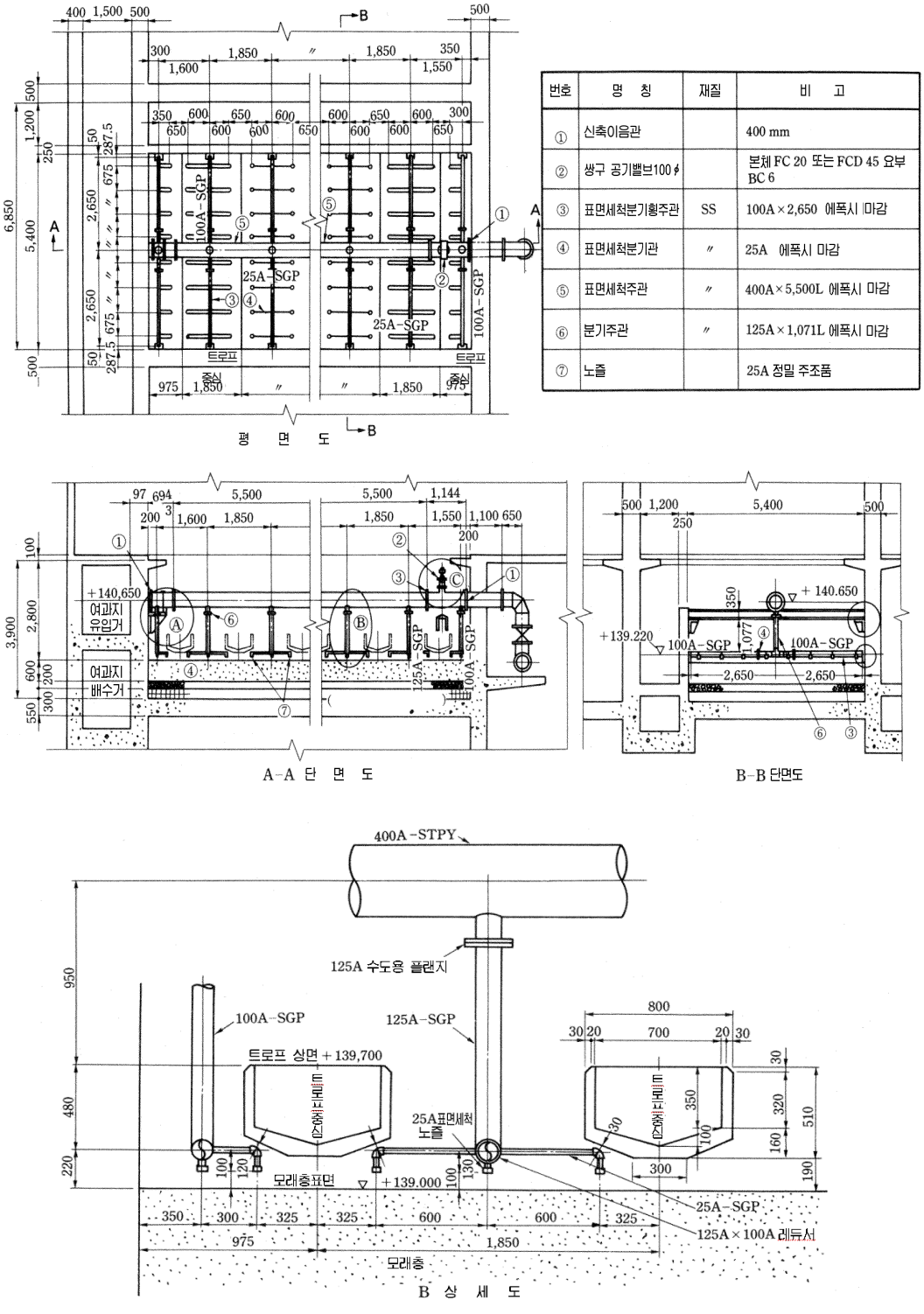
1. 표면세척

표층부에 많은 탁질이 심하게 억류되어 있고 역세척만으로는 표면부에 탁질이 남아서 오랫동안 여과층 표면의 여과재에 진흙과 같은 점토물질들이 축적되어 여과층의 탁질억류용량을 감소시킬 뿐만아니라 결국은 머드볼이 형성되는 경우도 있다. 이와 같은 결점을 보완하기 위하여 역세척 외에 표면세척을 병용해야 충분한 세척효과를 얻을 수 있다.

표면세척은 여과층의 표층부에 압력수를 고속으로 분사시키고 강력한 수류에 의한 전단에너지로 진흙상태인 표층부를 파쇄하여 세척효과를 높이고자 하는 것이다.

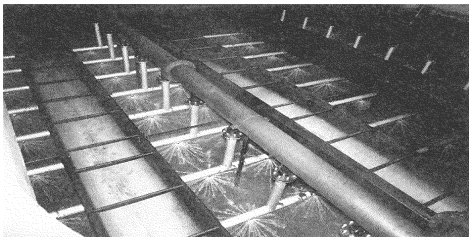
표면세척장치에는 고정식과 회전식이 있다. 고정식에는 수평관 자체에 천공하여 살수시키는 방식과, 수평관으로부터 수직관을 분기하고 그 수직관의 끝(先端)에 다수의 분출공을 만들고 분출노즐을 붙여서 여기로부터 살수하는 방식이다. 고정식에는 전자의 방식으로 관을 사면상 5~10 cm의 높이에 수평간격 약 60 cm로 배치하고 여기에 약 30 cm마다 공을 양측에 설치하며, 후자의 방식으로는 60~90 cm 간격의 관경 25 mm관을 수직으로 배열하고 여과모래층의 표면보다 5~10 cm 위에 있는 관의 끝에 분출노즐을 붙인다(〔그림 5.7.11〕, 〔그림 5.7.12〕 참조).

회전식은 수직회전축의 하단에 붙인 수평회전관의 측면과 끝의 분출공에서 살수시키고 그 압력으로 수평회전관을 회전시키는 방식이다. 중앙에 회전축을 갖는 관을 모래면상 5~25 cm의 높이에 배치하고 관의 측면과 끝에 분출노즐을 붙이며 5~15회/min의 속도로 회전하는 구조로 한다(〔그림 5.7.13〕~〔그림 5.7.15〕 참조). 회전관은 팽창된 여과층 내에서 회전할 수 있는 높이로 설치한다. 또한 회전반경이 큰 경우에는 여과지 모퉁이 부분이 충분히 세척되지 않기 때문에 고정식을 병용하는 경우도 있다.

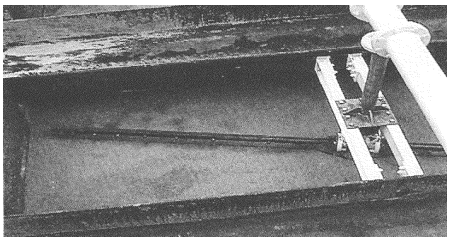


번호	명 칭	재질	비 고
①	신축이음관		400 mm
②	쌍구 공기밸브100ϕ		본체 FC 20 또는 FCD 45 요부 BC 6
③	표면세척분기횡주관	SS	100A×2,650 에폭시 마감
④	표면세척분기관	〃	25A 에폭시 마감
⑤	표면세척주관	〃	400A×5,500L 에폭시 마감
⑥	분기주관	〃	125A×1,071L 에폭시 마감
⑦	노즐		25A 정밀 주조품

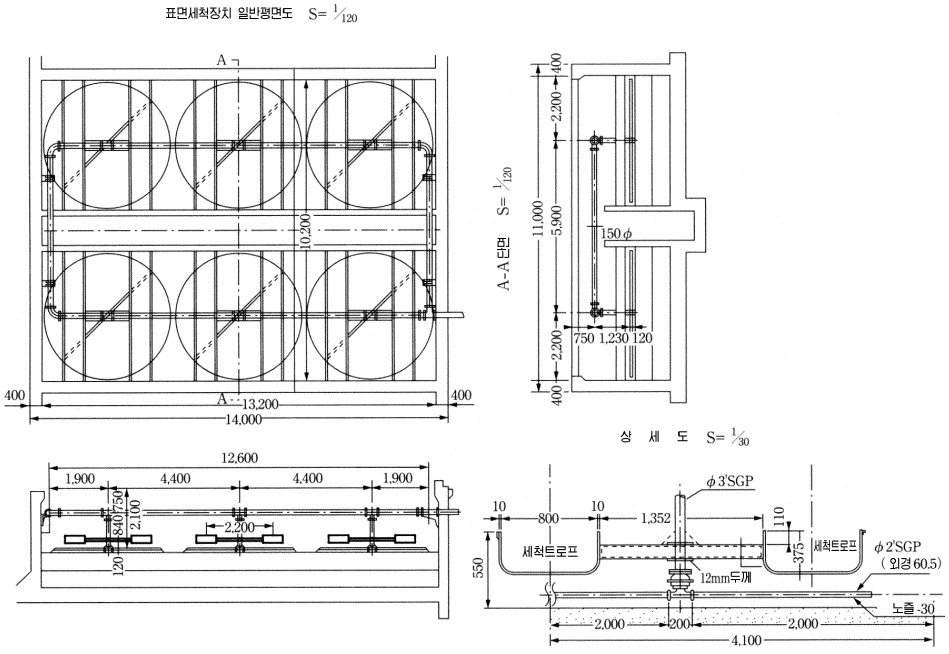
[그림 5.7.11] 표면세척장치의 배치도와 상세도의 예(고정식)(단위 : mm)



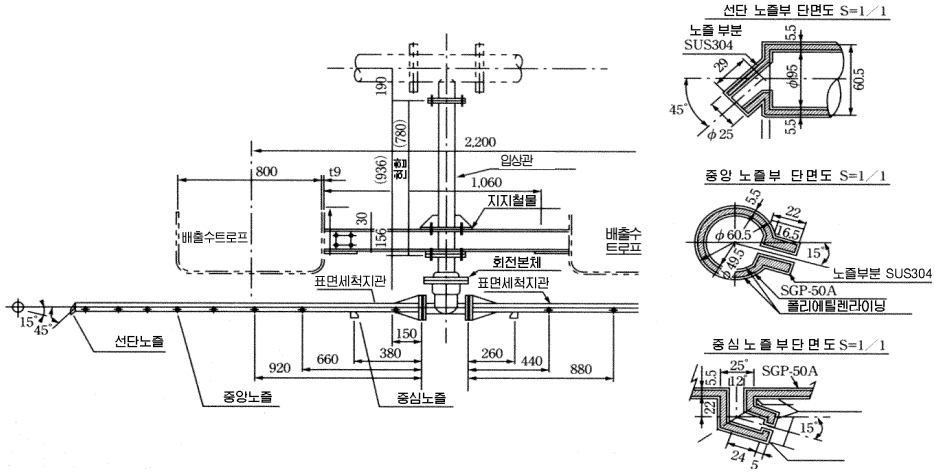
[그림 5.7.12] 표면세척장치(고정식)



[그림 5.7.13] 표면세척장치(회전식)



[그림 5.7.14] 표면세척장치의 배치 예(회전식)(단위 : mm)



[그림 5.7.15] 표면세척장치 상세도의 예(회전식)(단위 : mm)

2. 역세척

여과층 내에 억류되어 있는 탁질을 여재로부터 박리(剝離)하고 또 박리된 탁질을 여과층으로부터 분리하여 트로프로 월류배출시키는데 필요하고 충분한 역세척 유속과 균등한 수류분포가 유지되도록 해야 한다.

역세척은 2단계로 되어 있으며 1단계는 역세척수로 여과층을 유동화 상태로 만들고, 국소적인 단락류나 작은 소용돌이에 의한 여재 상호간의 충돌과 마찰이나 물 흐름에 의한 전단력으로 부착탁질을 박리하여 분리하는 단계이다.

역세척에서는 먼저 여과층을 유동화시키는 것이 중요하다. 여과층의 하부로부터 역세척수를 보내면 어느 유속까지는 여과층이 정지되어 있으나 유속을 증대시킴에 따라 여재 입자가 도약하고 여과층이 유동화되기 시작한다. 더욱 유속을 증대시키면 여재 입자가 유동화 상태로 된다. 유속을 더 한층 증대시킴으로써 여재 입자의 운동은 활발하게 되고 결국은 유동화 상태의 여과층에서 탁질이 떨어져 나오게 된다.

역세척은 여과층을 유동화시키고 여재입자가 부유·팽창되고 또 유동화된 여과층으로부터 여재입자에서 탁질이 떨어지게 하는 상태로 하는 것이 중요하다. 역세척의 제1단계는 역세척수에 의해 여과모래층을 유동화 상태로 만들고 여재 상호의 충돌, 마찰, 물의 흐름에 의한 전단력에 의해 여재에 부착된 탁질을 분리시키는 것이다. 부착된 탁질의 박리나 여과층으로부터의 분리는 여과층을 20~30 % 팽창시켰을 때에 가장 유효하고 세척효과가 좋다고 한다.

2단계는 여과층상으로부터 분리된 탁질을 조속히 트로프로 배출시키는 단계로 트로프의 높이 및 간격의 영향을 받는다.

어느 단계에서도 역세척수가 바닥으로부터 균등하게 분출될 수 있는 하부집수장치와 자갈층이 설치되어 있는 것이 필요하다. 이러한 문제들을 개선하기 위하여 5.7.8 하부집수장치에서 설명한 바와 같이 세척이 평면적으로 균일하지 않으면 여과시 세척된 부분으로만 물이 통과하게 되며 그 부분에서만 여과속도가 매우 빠르게 되고 반대로 세척이 불충분한 부분에서는 여과층의 부분적인 폐색이 서서히 발생하므로 세척의 균일성 확보는 여과지의 기능을 계속하기 위해서 중요한 문제이다.

이를 달성하기 위하여 집수공(역세척시의 분출공)의 간격을 좁히는 쪽으로 연구개발되는 경향이다. 이에 따라 초기의 급속여과지는 휠러블록으로 자갈층을 약 50 cm정도로 크게 하였으나 분출공 간격이 보다 좁고 자갈층을 얇게 한 스트레이너블록으로 발전하여 자갈층도 얇게 하였고 또 분출공의 간격을 더욱 좁힌 하부집수장치가 국내외에서 개발되고 있다. 최근에는 이를 더욱 발전시킨 것이 시멘트블록이나 합성수지블록으로 만들어진 다공판형도 개발되고 있으며, 다공판인 경우에는 자갈층을 생략할 수도 있다.

3. 공기세척

공기세척방식은 여과층의 하부에서 공기를 불어넣어 여재에 부착된 탁질을 박리시키는 방법으로 역세척과 병용하며 또한 이 경우에는 표면세척은 하지 않는 것이 보통이다.

공기세척방법의 예를 들면, 다음과 같은 것들이 있다.

〔예-1〕 5분정도 공기를 불어넣고 이것을 멈춘 다음 1분정도 공기를 배출한 다음 물로 10분정도 세척하는 방법으로 공기량은 0.8~1.5 $m^3/(min \cdot m^2)$, 역세수량은 0.6~0.8 $m^3/(min \cdot m^2)$이다.

〔예-2〕 5분정도 물과 공기로 동시에 세척하고 그 다음 공기를 멈추고 물만으로 10분정도 세척하는 방법으로 공기량은 0.8~1. 0$m^3/(min \cdot m^2)$, 역세수량은 0.3~0.5 $m^3/(min \cdot m^2)$이다.

〔예-3〕 처음에 0.8~1.22 $m^3/(min \cdot m^2)$의 속도로 공기를 5~8분 불어넣는다. 공기를 불어넣기 시작하여 1~2분 후에 0.2~0.4 $m^3/(min \cdot m^2)$의 느린 속도로 물에 의한 세척을 시작하며 공기를 멈춘 뒤 0.6~0.8 $m^3/(min \cdot m^2)$의 빠른 속도로 5~8분간 물만으로 세척한다.

공기+물로 역세척하는 경우에는 collapse-pulsing현상을 일으켜 역세척 효율이 향상되는데, 여과층 팽창 유무에 따라 역세척속도를 다음 표를 참고하여 결정할 수 있으며 역세척 후 여과수의 수질이나 여과지 운전효율을 판단할 수 있다.

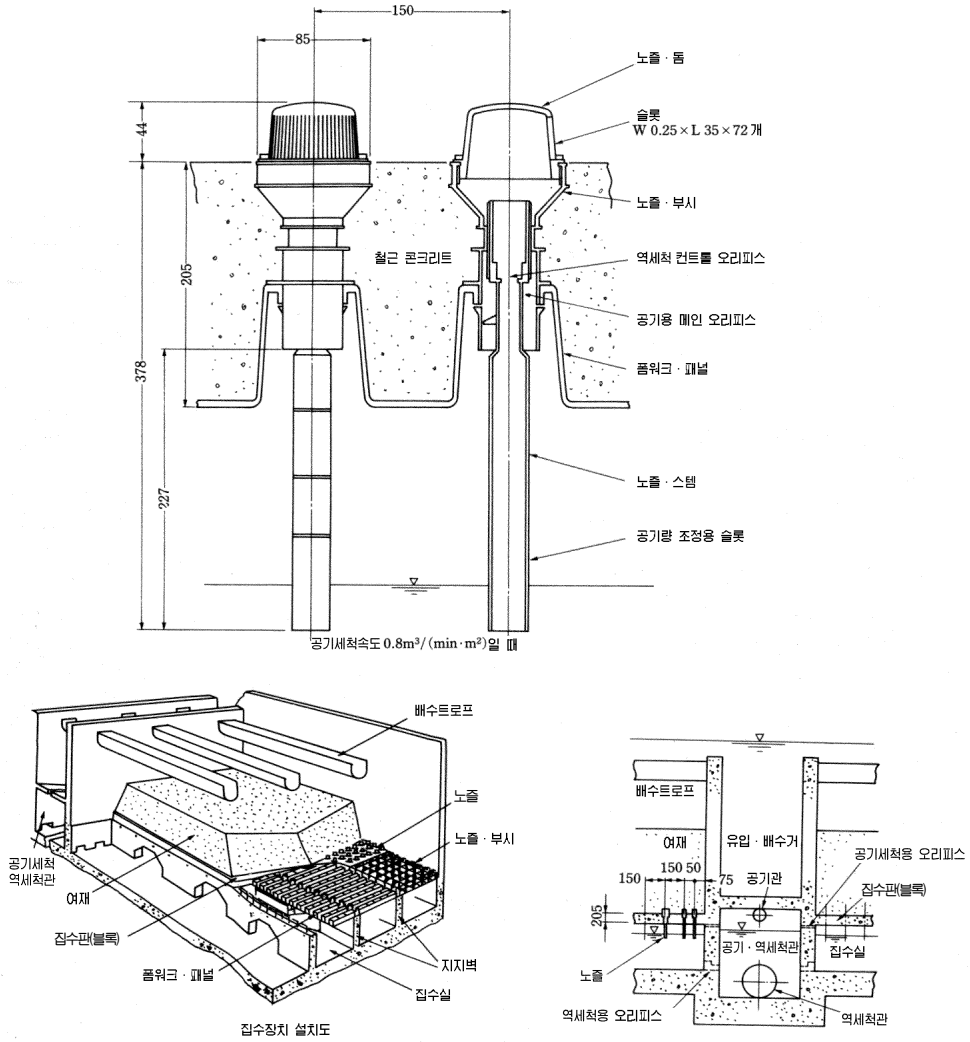
〈사례표 5.7.1〉 공기세척을 이용한 전형적인 역세척 속도

여재 구성	역세척 순서	공기 속도(m/min)	물 속도(m/min)	비 고
가는 모래 0.5mm	공기, 물	0.62~0.92	0.62	팽창방식
가는 안트라사이트 1.0mm 포함한 이중여재	공기, 물	0.92~1.22	0.62~0.82	팽창방식
굵은 안트라사이트 1.5mm 포함한 이중여재	공기, 공기+물, 물	1.22~1.52 1.22~1.52	0.40 1.02	팽창방식
굵은 모래 1.0mm (조립 심층)	공기+물, 물	0.92~1.22	0.25~0.28 동일속도 혹은 2배	비팽창방식
굵은 모래 2.0mm (조립 심층)	공기+물, 물	1.83~2.43	0.40~0.48 동일속도 혹은 2배	비팽창방식
굵은 안트라사이트 1.5mm (조립 심층)	공기+물, 물	0.92~1.52	0.33~0.40 동일속도 혹은 2배	비팽창방식

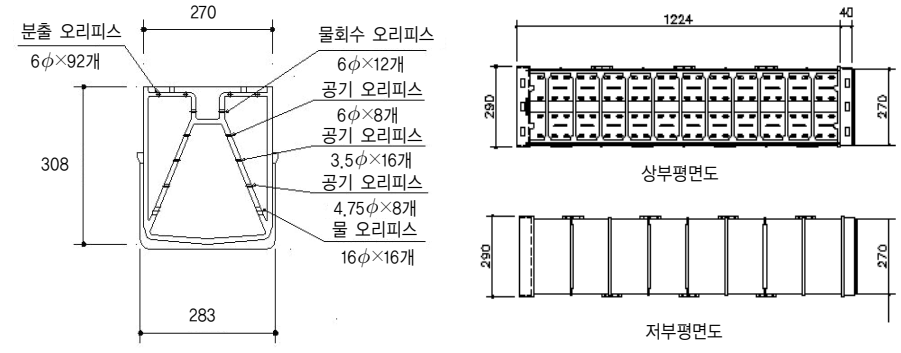
주) Cleasby, J.L. and G.S.Logsdon. 1999. Granular Bed and Precoat Filtration, in Water Quality and Treatment, 5th Ed.

공기세척을 채택할 때에 중요한 것은 공기를 균등하게 배분하는 것이 문제이다. 공기는 물에 비하여 점성이 작고 약간의 압력차가 있더라도 분출공기량이 크게 달라지므로 공기를 여과층 전체에 균등하게 분산(분출공의 간격을 좁게 하는)시킬 수 있는 하부집수장치를 선정해야 한다.

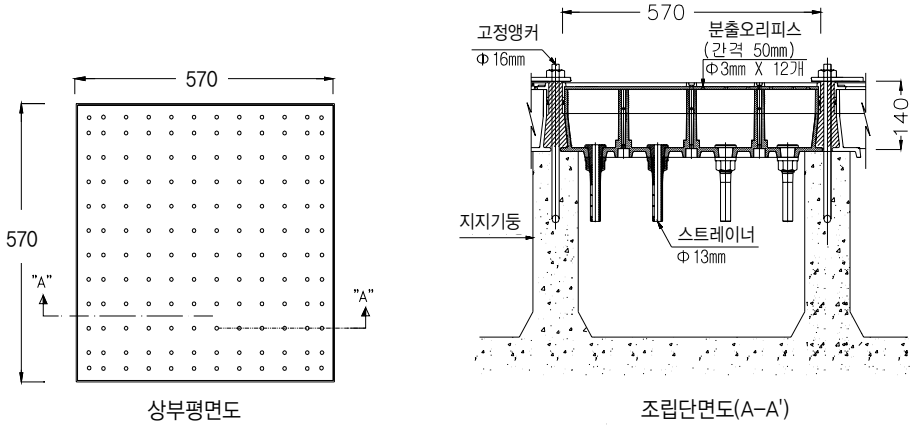
여과지 내에서 공기분산방식으로서는 (1) 하부집수장치와는 별도로 공기분배관을 여과층 최하부에 부설하는 방식 (2) 하부집수장치의 스트레이너 노즐을 이용하여 공기와 세척수의 분산을 겸하여 공기분배장치로 하는 방식(〔그림 5.7.16〕 참조) (3) 공기-물 병용가능한 유공블록형 하부집수장치를 사용하는 방식(〔그림 5.7.17〕 및 〔그림 5.7.18〕 참조) (4) 공기-물 병용가능한 다공판형 하부집수장치를 사용하는 방식(〔그림 5.7.9〕 참조) 등이 있다.



[그림 5.7.16] 스트레이너형 공기분배장치의 예(단위 : mm)



[그림 5.7.17] 유공블록형 공기분배장치의 예(1)



[그림 5.7.18] 유공블록형 공기분배장치의 예(2)

[5.7.10 참고 1] 비팽창세척방식

유효경 0.9mm 정도의 조립여재로 이루어진 여과층의 여과지에 역세척으로 사용하는 특수한 경우로서 여과층의 팽창이 없으며 공기와 물 동시에 세척하는 방식이다. 이는 모래 등이 팽창되지 않는 역세척 속도를 유지하면서 동시에 여과층의 하부로부터 공기를 불어넣음으로써 여재에 부착된 탁질을 박리시켜 씻어주는 세척방식이며 모래층은 안정된 상태로 있으나 모래표면의 탁질은 공기로 완전히 떨어지는 세척방식이다.

이 방식은 공기를 주입하는 동안 역세척 유량은 변할 수 있으나 $0.08\,m^3/(min \cdot m^2)$ 이하로 떨어져서는 안 되며 최적유속은 여재 또는 다른 여과인자에 따라 결정된다. 탁질이 여재로부터 박리되면 깨끗한 물로 행구며(rinsing), 이 때에는 공기주입을 중단한 다음 아래와 같은 여러 가지 방식으로 한다.

역세척 배출수가 깨끗할 때까지 역세척을 일정한 유량으로 계속하는 방식으로 역세척 지속시간은 유량에 반비례하고 여재상의 수심에 비례하며 역세척 유속은 $0.2\,m^3/(min \cdot m^2)$ 이상으로 한다.

① 행구기하는 동안은 유속을 최대한 $0.25\,m^3/(min \cdot m^2)$ 이상으로 증가시키는 방식

② 역세척과 동시에 원수나 정수를 사용하여 날개벽 측에서 균등하게 유입되는 수평류를 사용하여 세척을 촉진하는 방식

③ 여과층 상부의 더러운 물을 빼내고 수평류를 사용하여 표면세척을 하는 방식 등이 있다.

세척방법에는 여러 가지 방식이 있으나 한 가지 예를 들면 다음과 같다.

처음에는 공기와 물을 약 3~5분 정도 동시에 공급하며 일반적으로 이때의 공기량은 $0.8\sim1.0 m^3/(min \cdot m^2)$ 정도이고 다음에는 공기공급을 중단하고 약 6~10분 정도 물로만 세척하는 방식이 많이 사용된다.

[5.7.10 참고 2] 공기역세척 현상의 이해

최근 일부 책자나 장비제조업체에서는 공기에 의한 여과지의 세척방식이 여과지 종류에 관계없이 깨끗한 여과층을 유지하기 위한 유일하고 효과적인 방법이라는 인상을 독자들에게 주고 있다. 그러나 이것은 사실이 아니다. 공기로 세척하면 여과층 상부 15~25 cm만이 강력하게 교반된다. 이러한 보일링(boiling) 현상이 정수장 운전자나 방문객들에게 여과층 전체가 격렬하게 교반되고 있는 것으로 믿도록 현혹시키고 있다. 그러나 보일링부분과 보일링부분 사이의 아래에 빠져있는 머드볼은 깨지지 않고 그대로 남는다. 하부집수장치에 스트레이너형 노즐을 사용하는 경우, 바닥의 스트레이너형 노즐로부터 방출되는 압축공기는 각 노즐의 직상부로 곧바로 올라갈 뿐이고 옆으로 퍼지지 못한다는 것을 이해해야 한다. 상승흐름과 상승흐름 사이에 있는 여재는 반대로 끌려 내려간다(mass balance법칙에 의함). 압축공기와 함께 완속으로 역세척할 경우에 이러한 성질은 더욱 분명해진다. 모형실험연구와 공기세척을 실시하는 실제 여과지에서 채취된 시료에서 이러한 현상들이 확인되었으며 여과층의 아래쪽으로 슬러지의 퇴적이 약간 증가하였다.

가장 최악의 시나리오는 여과층 상부에 퇴적된 크립토스포리디움 난포낭도 함께 여과층의 아래쪽으로 끌려 내려가게 되어 파과현상이 생긴다. 그러므로 하부집수장치로 스트레이너형 노즐을 가지고 있는 공기세척방식에서는 표면세척방식을 결합하여 사용하는 것을 고려할 수 있다. 이 방식은 공기세척 전에 먼저 표면세척할 때 여재의 딱딱해진 부분인 여과층 표면의 약 20 cm 부분을 깨뜨리는 방식이다. 그리고 여과층 상부에 있는 부유고형물이 부상되도록 완속으로 역세척시킨다.

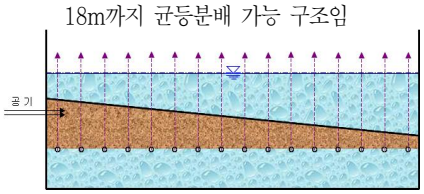
공기세척방식을 선정하게 되면 여과지설계와 건설공사뿐만 아니라 공기블로어, 공기공급관, 공기공급 및 역세척의 순차적인 제어 등 여과지 운전도 까다로워진다. 역세척 시간도 표면세척방식의 2~3배 정도로 길어진다. 더욱이 압축공기의 압축성과 폭발성으로 하부집수장치가 파손된 사례도 있다.

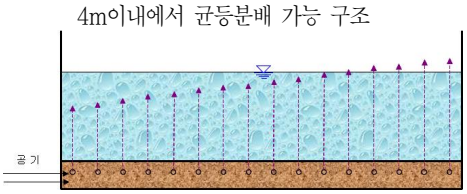
그러므로 공기세척방식에서는 역세척수관에 직경 30 cm 정도의 입상관을 압력방출수단으로 둘 것을 강력하게 권고하는 바이다. 이 입상관의 소요높이는 여과지 구조물의 상단보다 약 1.8m 높게 즉 역세척하는 동안 동수경사선보다 60~90 cm 정도 높게 해야 한다.

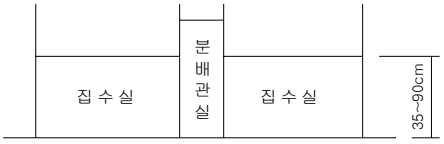
여과층의 두께가 75 cm 이하인 여과지는 표면세척(고정노즐식)으로 충분히 세척할 수 있기 때문에 공기세척방식이 필요하지 않다. 그러나 여과층 깊이가 1 m를 넘는 경우에는 공기세척시설을 설치하는 것이 옳은 선택이다.

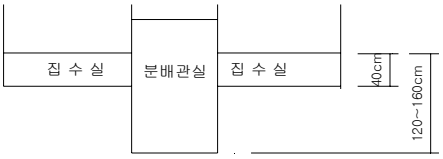
공기세척방식으로 설계할 때에 중요한 문제는 (1) 오랜 기간 사용되었고 증명된 만족스런 성능을 가지고 있는 방식을 채택하고 (2) 알맞은 고정기구를 가져야 하며 (3) 품질관리가 잘 되는 제작자의 제품을 사용하고 (4) 설치하는 동안 엄격한 시공감독을 해야 하는 것 등이다.

[5.7.10 참고 3] 하부분배관실과 집수실의 균등 · 비균등압력 분포(비교사례)

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">종단면과 횡단면의 공기 균등분배와 하부 집수실 비교</th></tr>
<tr><td>하부
분배
관실</td><td>종단면 : 변단면 구조로 입구부와 끝단부가 균등 분배.
(베르누이 정리: 균등유속 = 균등압력)
18m까지 균등분배 가능 구조임
 

〔균등압력으로 동시에 공급〕</td><td>종단면 : 동일단면으로 종단면 끝부분에 유량 편중
(균등배분을 위해 분배관실이 상당히 커야 됨)
4m이내에서 균등분배 가능 구조
 

〔불균등압력으로 순차적 공급〕</td></tr>
<tr><td>하부
집수실</td><td>횡단면: 집수실은 높고 정수거는 작다
 

높다 : 35~90cm. 전체높이: 45~100cm</td><td>횡단면: 집수실은 낮고 정수거는 아주 크다
 

낮다 : 32cm. 전체높이: 40cm</td></tr>
</table>

[5.7.10 참고 4] 여과지의 시동방수

여과지 시동방수시설의 목적은 수질이 불량한 여과수를 배출수관으로 절체시켜 배출시키는 것이다. 불량한 여과수는 정상상태에서나 비정상상태에서도 발생할 수 있다. 정상상태에서는 전처리를 잘못하였거나 또는 여과층이 숙성되지 않은 상태일 때에 운전되는 정수장에서 탁질누출을 종종 관찰할 수 있다.

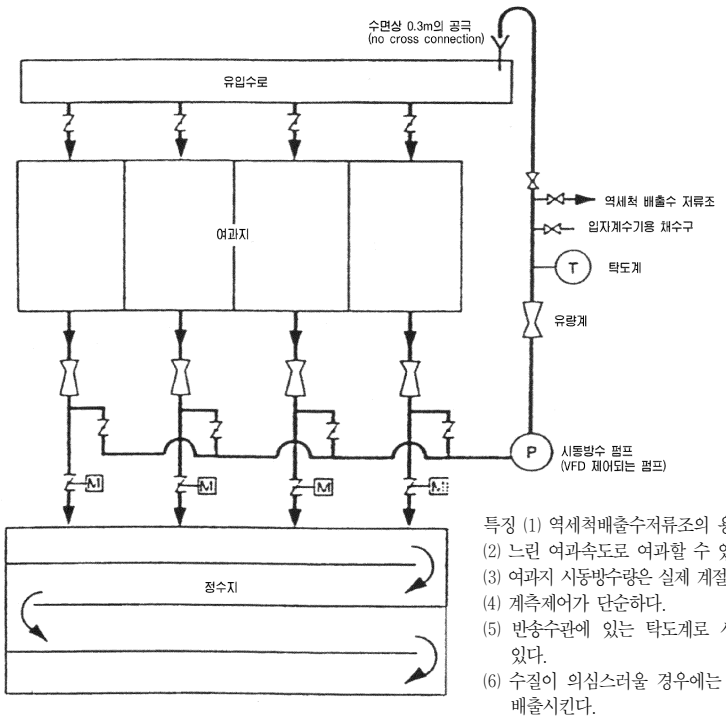
불량한 여과수는 아래와 같은 비정상적인 정수장 조건에서 발생한다. (1) 여재를 새로이 투입한 다음에 여과층이 숙성되지 않았을 때(여과보조제로서 주입된 폴리머의 양이 적거나 여재상에서 퇴적된 부유고형물의 퇴적과 풀록의 양이 너무 많아서 부유고형물을 효과적으로 억류시킬 수 있는 여과층의 상태가 아니다), (2) 여과지의 자갈층이나 하부집수장치를 보수하거나 개량함으로써 여과층을 교란시켰을 때, (3) 여과되고 있는 동안에 표면세척기나 공기교반시설의 우발적인 작동으로 여과층이 교란되었을 때, (4) 강한 지진으로 인한 여과층의 액상화, (5) 부정확한 응집제의 주입관리 등이다.

최근 각국의 수돗물 수질규제기관에서는 특히 크립토스포리디움과 같은 원생동물의 포낭(cysts)이나 난포낭(oocysts)의 존재에 대하여 깊은 관심을 가지고 있다. 결과적으로 여과수의 수질목표를 0.1 NTU이하로 설정하고 있다. 일부 도시(캘리포니아)에서는 탁도 0.25NTU 이상의 여과수는 버리도록 하고 있는 보다 더 엄격한 지침을 설정하기도 하였다. 또 초기의 탁질누출을 피하기 위해서는 여과지를 역세척한 다음에는 천천히 여과를 개시하는 방식(slow starts, FRS-filter ripening sequence)에 동의하고 있다.

여과지의 시동방수에 대한 대안으로 역세척수에 응집제나 폴리머를 첨가하는 것을 승인하는 곳도 있다. 폴리머를 첨가하면 여과를 개시하기 전에 여과층을 개량한다. 그러나 불행하게도 이것은 건전한 방법이 아니며 모형여과지의 운전자나 기술자 양쪽의 경험으로 뒷받침되는 사실로서는 항상 성공할 수 없는 방법이다. 몇 개의 정수장에서는 이러한 방식을 사용하였을 때 정수지에서 플록이 형성되고 슬러지가 퇴적되는 문제를 보고하고 있다. 아직 이러한 문제점에도 불구하고 설계기술자들과 정수장 관리자들은 이 방법이 법적인 요구를 충족시키는데 아주 값싼 방법이기 때문에 응집제로서 폴리머를 첨가하는 방법을 종종 채택하고 있다.

여과를 개시할 때 각 여과지의 유입수에 폴리머를 주입하는 것이 역세척수에 폴리머를 주입하는 것보다는 나을 수 있다. 이것은 간단한 기구로서 초기의 탁질누출을 효과적으로 최소화시키는데 도움이 된다. 불리한 점은 약품주입지점이 많아지는 것이다. 만약 여과지가 일관되게 양질의 여과수를 생산하기 위하여 1NTU 이하의 유입수가 요구된다면, 원수의 부유고형물이 불충분하게 응집되었거나 여과층이 부적절하게 개량되었기 때문에 여과지가 최적기능을 발휘하지 못하는지를 조사해야 한다.

여과지가 정상적으로 운전되거나 비정상적으로 운전되더라도 초기의 탁질누출을 관리하기 위해서는 여과지의 시동방수용 배관시설을 각 여과지에 설치해야 한다. 여과지의 시동방수방법으로 몇 가지 방법이 있지만, 〈5.7.10 참고도-1〉에 그려진 방식을 고려해야 한다.



특징 (1) 역세척배출수저류조의 용량을 추가하지 않는다.
(2) 느린 여과속도로 여과할 수 있다(7.5→10→12.5m/h)
(3) 여과지 시동방수량은 실제 계절별 여과량을 맞출 수 있다.
(4) 계측제어가 단순하다.
(5) 반송수관에 있는 탁도계로 시동방수시간을 결정할 수 있다.
(6) 수질이 의심스러울 경우에는 배출수관으로 시동방수를 배출시킨다.

〈5.7.10 참고도-1〉 여과지 시동방수의 모식도

5.7.11 역세척수량 등

급속여과지의 역세척 수량은 다음 각 항에 따른다. 1. 역세척에는 염소가 잔류하고 있는 정수를 사용한다. 2. 역세척에 필요한 수량과 수압 및 시간은 충분한 역세척 효과를 얻을 수 있도록 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수처리에서 탁질을 제거하는 최종단계로 급속여과지를 사용하는 경우, 여과층 중에 조류(藻類)나 소형동물이 서식하여 오염되거나 여과장애를 일으키지 않도록 하기 위하여 역세척수는 잔류염소가 존재하는 물을 사용해야 한다.

다만, 고도정수처리의 도입 등으로 전·중간염소처리를 하지 않고 급속여과지를 사용하며 또한 급속여과지 다음에 탁질을 제거하는데 유효한 어떤 처리방법이 있는 경우에는 여과지를 역세척할 때에 정수 이외의 깨끗한 물(여과수 등)을 사용하더라도 가능하다.

2.에 대하여 ; 역세척수량과 수압 및 시간 중 어느 하나를 줄이면 역세척효과가 불충분하게 되고, 또 너무 커지게 하면 비경제적으로 될 뿐만 아니라 여과모래의 유출과 같은 장애가 발생하는 경우도 있으므로 원수수질, 수온, 전처리의 정도, 모래층의 입도와 두께, 여과지속시간 등을 충분히 고려하여 설계하는 것이 좋다. 〈표 5.7.2〉는 역세척수량의 대략 표준을 제시한 것이다.

표면세척장치는 팽창된 여과층 중에 노즐이 묻히도록 한다. 이렇게 하면 표층뿐만 아니고 더욱 깊은 부분의 여재입자간에 상호 충돌과 마찰이 증대되어 세척효과를 더욱 높일 수 있다. 역세척에서 유속과 팽창률의 관계는 여재의 종류와 수온 등에 따라 차이가 있다.

유효경 0.6 mm, 균등계수 1.3인 모래층에서는 수온 20 ℃인 경우에 약 0.3 m/분의 역세척속도이면 유동되고 팽창되기 시작하지만, 탁질성분을 여재로부터 떨어뜨리고 충분히 배출하기에는 부족하다. 역세척속도를 0.6 m/분으로 하면 팽창률은 약 20 %가 되어서 모래층은 적당한 유동상태로 되며 모래입자의 상호 충돌과 마찰이나 수류에 의한 전단력으로 부착 탁질이 떨어져서 모래층으로부터 원활하게 배출된다. 역세척효과를 높이기 위해서는 여과층을 이와 같은 유동상태로 하는 것이 중요하다. 그러므로 여과층을 20~30 % 팽창시켜서 유동상태를 유지할 수 있고 여과층으로 부터 배출된 탁질이 트로프로 빨리 배출될 수 있는 역세척속도를 설정한다.

일반적으로 동일한 팽창률로 되기 위한 역세척속도는 여재의 입경이 커지면 빠르게 되며 수온이 낮을수록 느려진다. 또한 〈표 5.7.2〉의 역세척시간으로 부착탁질의 박리·분리·배출이 충분히 일어난다고 본다.

그러나 역세척속도를 0.9m/분 이상으로 하면, 여재가 트로프로 배출될 우려가 있으므로 피하는 것이 좋다. 또 동일한 팽창률을 얻기 위하여 필요한 역세척유속을 수온으로 보정하는 보정계수(20 ℃의 경우 역세척속도에 곱하는 계수)를 〔그림 5.7.19〕에 제시하였다.

수온차가 큰 지역에서는 계절에 따라 팽창률이 달라지기 때문에 세척효과를 일정하게 유지하기 위해서는 언제나 같은 팽창률을 얻을 수 있도록 수온이 높을 때의 역세척유속을 기준으로 시설을 설계하고

수온에 따라 일년에 몇 번 역세척속도를 변경하는 것이 바람직하다.

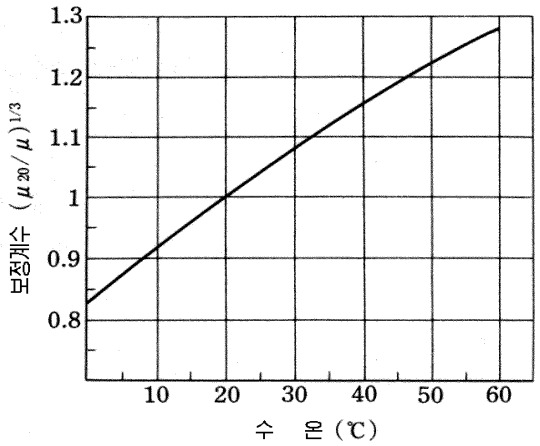
〈표 5.7.2〉 역세척수량, 수압 및 여과지속시간의 표준

항목 \ 세척방법	표면세척과 병용하는 경우		역세척만인 경우
	고 정 식	회 전 식	
표면분사수압(m)	15~20	30~40	
동 수량(m^3/min · m^2)	0.15~0.20	0.05~0.10	
동 시간(min)	4~6	4~6	
역세척 수압(m)	1.6~3.0	1.6~3.0	1.6~3.0
동 수량(m^3/min · m^2)	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~0.9
동 시간(min)	4~6	4~6	4~6

주 : 1) 표면분사수압은 분출부에서의 동수두

2) 역세척 수압은 하부집수장치의 분출부(하부집수장치는 포함하지 않는다)에서의 동수두. 이것은 여과층과 자갈층의 손실수두 0.4~0.8 m와 하부집수장치의 상단으로부터 세척트로프의 월류수면까지 표준수심 1.2~1.6 m에 여유를 가산한 것이다.

3) 수량은 매분당 여과면적 1m^2당의 수량



[그림 5.7.19] 최적역세척유속의 수온에 의한 보정계수

수온은 여과공정에 크게 영향을 미치는데, 동일한 여과속도에서 수온이 4.5 ℃이하가 되는 겨울의 여과지속시간은 수온이 21 ℃이상인 여름의 여과지속시간의 절반정도가 되고, 여과수의 탁도도 겨울철이 더 높다. 더욱이 동일한 역세척률에서 겨울철에는 여층팽창률이 여름의 2배 정도가 된다. 그러므로 겨울철에 역세척률을 조정하지 않으면 많은 여재가 유실된다.

5.7.12 세척탱크와 세척펌프 등

세척수와 공기를 공급하기 위한 세척탱크, 세척펌프 및 송풍기는 세척에 필요한 수량, 수압 및 공기량을 확보할 수 있도록 한다.

【해설】

여과지의 역세척수는 세척탱크 또는 세척펌프를 설치하여 공급하는 것이 필요하다. 펌프직송으로 세척하기 위해서는 일시에 다량의 물을 펌프로 양수해야 하기 때문에 상당히 큰 용량의 펌프를 필요로 하지만, 연속하여 세척을 할 수 있다는 이점이 있다. 한편 세척탱크를 설치하는 경우에는 양수펌프의 용량은 작게 할 수 있지만, 전체로서 설비비는 비싸게 되는 경향이 있다.

그러므로 펌프직송으로 하느냐 또는 세척탱크를 설치하느냐는 시설규모, 건설비, 전력수전용량, 유지관리비 및 입지조건 등을 종합적으로 검토한 다음에 결정해야 한다.

1. 세척탱크

세척탱크의 용량은 적어도 1지를 세척할 수 있는 물을 저장할 수 있는 크기로 하고 여과지의 수가 20지 이상인 경우에는 2지 이상을 동시에 세척할 수 있는 용량으로 하는 것이 바람직하다.

또한 수심은 가능한 한 얕게 하여 세척수압의 변화를 적게 하는 것이 바람직하다.

탱크에는 유입관, 유출관, 월류관, 배수(排水)관 및 만수경보장치 등을 설치한다. 유출관은 그 중심을 저수위로부터 관경의 2배 이상 얕게 하거나 벽을 설치하는 등의 방법으로 공기가 혼입되는 것을 방지하고 여과지에 공기가 따라 들어가지 않도록 해야 한다.

탱크의 저수위는 트로프의 상단 높이에 역세척배관, 밸브류, 유량조절기, 하부집수장치, 자갈층 및 여과층 등의 손실수두를 가산하여 결정해야 한다. 이 경우 모래층으로부터 하부집수장치까지의 손실수두는 1~2m로 하는 것이 적절하다.

세척탱크의 양수펌프는 30분~1시간 동안 탱크를 가득 채울 수 있는 용량으로 하고 고장이나 유지관리를 고려하여 반드시 예비기를 설치해야 한다.

세척설비에는 세척유량계와 유량조절장치를 설치할 필요가 있다.

세척탱크는 장시간에 걸쳐 사용하면, 내부의 점검이나 보수로 일시적으로 사용하지 못하는 시기가 반드시 생긴다. 이러한 사태에도 대처하기 위하여 구내급수관과 송수관의 분기를 이용하여 세척할 수 있도록 배려해야 한다.

2. 역세척펌프

역세척수를 직송할 때의 역세척펌프 용량은 〈표 5.7.2〉을 참고로 하여 필요한 세척수량을 충분히 송수할 수 있어야 한다.

역세척펌프의 양정은 역세척배관, 밸브, 유량조절기, 하부집수장치, 자갈층 및 여과층 등의 손실수두에 펌프흡수정의 수위와 트로프 상단과의 고저차를 가산한 것에 다소의 여유를 두어서 결정해야 한다. 역세척펌프에는 고장이나 유지관리를 고려하여 반드시 예비설비를 두어야 한다. 그 밖의 것은 세척탱

크와 같다.

3. 표면세척펌프

표면세척에 필요한 수량은 역세척에 비하여 적기 때문에 정수장 구내용의 압력급수를 이용하는 것을 먼저 검토하고 이것을 이용할 수 없는 경우에는 전용펌프를 설치해야 한다.

표면세척펌프의 용량은 〈표 5.7.2〉를 참고하여 결정한다. 양정은 세척배관, 밸브 및 노즐의 손실수두에 펌프흡수정의 수위와 트로프상단과의 고저차에 〈표 5.7.2〉를 참고하여 표면세척기의 분사수압을 가산하여 결정한다. 펌프흡수정과 예비펌프 등을 고려하는 방법은 역세척펌프와 같다. 또한 표면세척관은 여과지의 수위보다 너무 높은 위치에 설치하면 부압이 발생하여 공기가 분리되므로 피해야 한다. 펌프의 체크밸브가 고장난 경우에는 여과지의 물이 역류되므로 사이펀을 설치해야 한다.

4. 세척용 송풍기

공기세척을 하기 위한 송풍기(air blower) 용량은 5.7.10 역세척방식의 3. 공기세척을 참조하고 토출압력은 모래면 위의 수심, 배관 및 하부집수장치의 손실수두를 고려하여 결정한다.

송풍기는 1대로 1지의 소요풍량에 대처할 수 있으며 고장 등에 대비하여 예비기를 설치해야 한다. 공기배관은 여과지의 물이 송풍기 내로 들어가지 않도록 여과지의 수위보다 높은 위치에 설치하거나, 배관을 수위보다 높게 올렸다가 내리도록 하고 공기흡입 측에는 필터와 소음기를 설치하며 소음과 진동 대책을 고려한 부속기기를 설치해야 한다. 또한 공기와 공기량을 감시하기 위한 계량기와 유량조절장치를 설치해야 한다.

흡입공기는 각 여과지의 하부에 송풍되지만 그때에 급격하게 송풍되면 기기와 여과층에 나쁜 영향을 미치므로 자동밸브 등을 설치하여 천천히 송풍되도록 하는 것이 바람직하다.

[5.7.13 참고 1] 여과지 성능평가 방법

여과공정의 최적화를 위하여 정수장 운영자는 여과지의 성능을 지속적으로 평가하여야 하는데, 여과지 성능을 평가할 때에 사용되는 세가지 지표는 여과수탁도, 여과지속시간 및 역세척수량의 여과수량에 대한 비율이다.

여과지 성능을 나타내는 또 다른 평가지표는 여과지속시간 내에 처리된 여과지의 단위면적당의 여과수량(unit fiter run volumn UFRV)이다. UFRV는 여과속도(m/분)와 여과지속시간(분)의 곱으로서 여과지 단면적(m^2)당 여과수량(m^3)으로 표시된다. 일반적으로 UFRV값이 200 m^3/m^2 이하에서는 여과지속시간이 너무 짧아 검토가 요구되고, UFRV값이 410 m^3/m^2을 초과하면 여과지 성능이 양호함을 나타내며, UFRV값이 610 m^3/m^2 이상이면 재래식 정수공정에서는 여과성능이 좋다고 본다.

5.7.13 세척배출수거와 트로프

세척배출수거와 트로프(trough)는 다음 각 항에 따른다.

1. 세척배출수거와 트로프의 크기는 최대배출수량에 약 20 % 여유를 둔 수량을 배출할 수 있어야 하고 트로프의 상단에서 완전히 월류하는 상태가 유지되는 용량이어야 한다.
2. 트로프는 내식성, 내구성 및 내압성이 큰 재질로 만들어야 하고 트로프의 상단은 완전히 수평으로 동일한 높이로 견고하게 설치한다.
3. 세척할 때에 여재가 유출되지 않도록 월류하는 트로프 상단의 간격은 1.5 m 이하로 하고, 여과모래층의 표면으로부터 높이는 40~70 cm로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 세척배출수거와 트로프의 크기는 최대세척수량을 완전히 배출할 수 있는 것이라야 하지만, 세척수량에 관해서는 〈표 5.7.2〉에 제시된 바와 같이 어느 정도 설계할 때의 폭이 있으므로 실제 여과지를 축조한 다음 세척실적을 보고 세척수량을 증가시키고 싶은 경우도 있다. 이러한 경우를 고려하여 설계할 때에 세척수량을 너무 작게 빠듯한 크기로 설계하면, 지장이 생기는 경우도 있으므로 설계세척수량에 대하여 20 % 정도의 여유를 갖는 것이 무난하다. 또 트로프 설계에는 미러공식, 캠프(Camp)공식 및 나가가와(中川)공식이 있다.

⑴ 미러공식

$$Q = 1.05B(h_0 + L\tan i)^{1.5} \quad \cdots\cdots (5.7.1)$$

여기서

Q : 트로프에 흐르는 유량(m^3/s)

B : 트로프 폭(m)

h_0 : 트로프상류측 수심(m)

L : 트로프 길이(m)

i : 트로프바닥이 수평과 이루는 각도

⑵ 캠프공식(하류 끝단에서 자유월류인 경우)

$$h_0 = \sqrt{2h_c^2 + (h_c - \frac{iL}{3})^2} - \frac{2}{3}iL \quad \cdots\cdots (5.7.2)$$

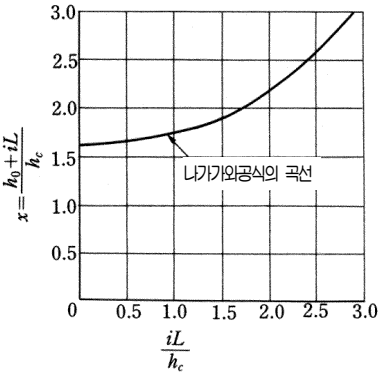
여기서, h_c : 한계수심 $= \left(\frac{\alpha Q^2}{gB^2}\right)^{\frac{1}{3}}$ ····· (5.7.3)

α : 속도에너지의 보정계수 ($\fallingdotseq 1.10$)

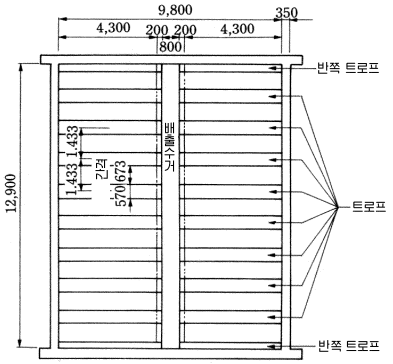
⑶ 나카가와(中川)공식

$$h_0 = h_c\left(x - \frac{iL}{h_c}\right) \quad \cdots\cdots (5.7.4)$$

여기서, x : iL/h_c에 의하여 결정되는 값으로 〔그림 5.7.20〕에서 구한다.



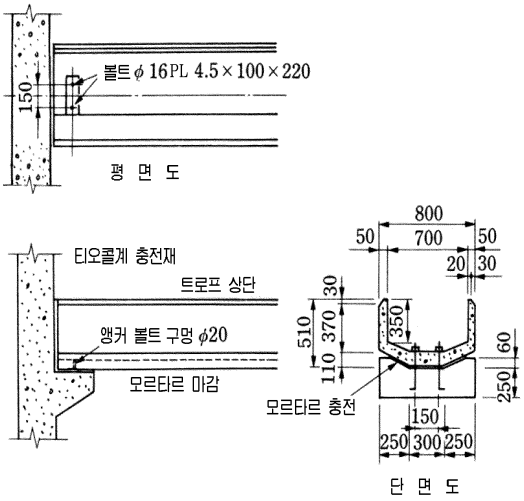
[그림 5.7.20] 트로프 상단의 수심계산도



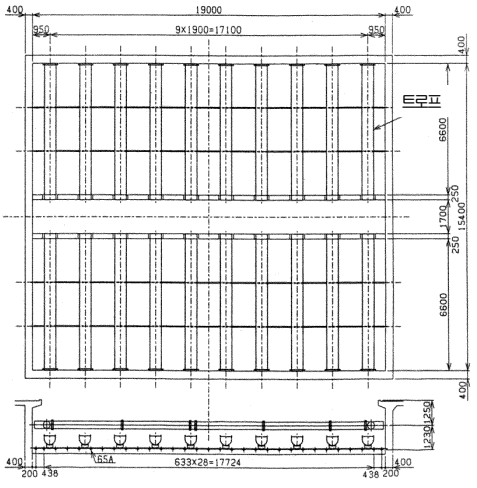
[그림 5.7.21] 트로프의 배치 예(단위 : mm)

2.에 대하여 ; 트로프는 일반적으로 스테인리스강판제, 철근콘크리트제, 프리스트레스콘크리트제 및 합성수지제 등이 사용된다. 여과지가 비었고 트로프가 만수일 경우, 트로프가 비었고 여과지가 트로프 외측의 상단까지 만수일 경우, 표면세척관을 지지하는 경우 등의 하중조건에 대하여 재료의 선택과 강도를 계산해야 한다(〔그림 5.7.21〕~〔그림 5.7.24〕 참조).

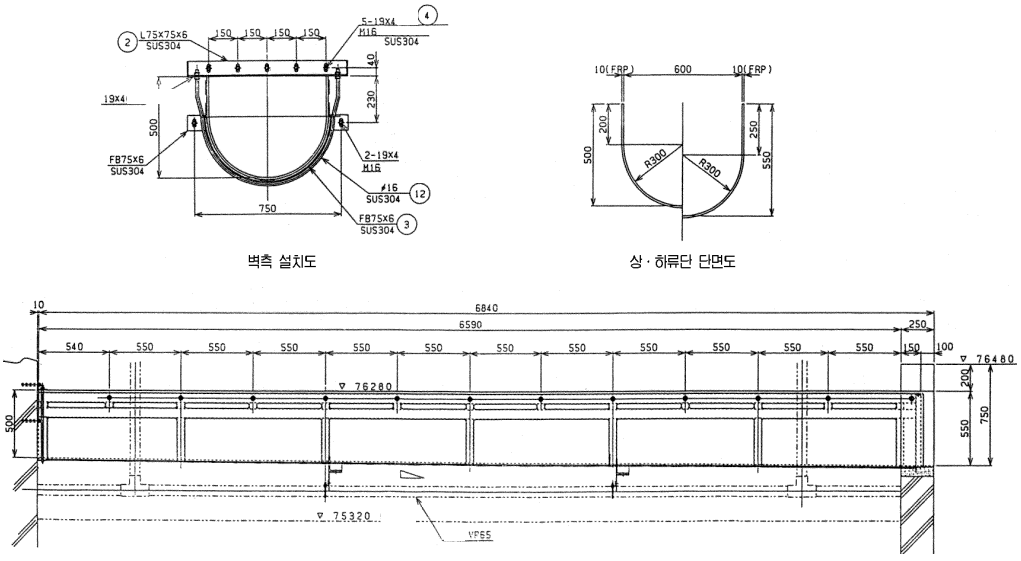
트로프의 상단은 완전하게 수평이고 또 동일한 높이가 아니면 세척배출수를 배출할 때 전평면에서 균등하게 배제되지 않는다. 또 트로프 상단의 월류부는 외측으로 꾸부리지 않은 것이 좋다. 여과층으로부터 배출되는 세척배출수가 유출되기 어렵기 때문이다. 트로프 바닥은 수평으로 하거나 유출단으로 향하여 경사를 두는 방법의 어느 쪽이나 좋다. 바닥이 수평인 트로프쪽이 건설이나 설치가 간단하다.



[그림 5.7.22] 콘크리트 트로프의 예(단위 : mm)



[그림 5.7.23] FRP 트로프 배치의 예(단위 : mm)



[그림 5.7.24] FRP 트로프의 예(단위 : mm)

3.에 대하여 ; 월류하는 트로프 상단간의 트로프 간격이 너무 넓으면 탁질을 배출시키기는 쉽지만, 동시에 여재가 유출되기 쉽다. 또한 지나치게 좁으면 여재 교체작업 등 유지관리에 지장이 있다. 그러므로 1 m 전후로 사용하고 있다.

여과층의 표면으로부터 트로프 상단까지의 높이는 여재가 유출되지 않을 정도로 낮게 하면 탁질을 단시간에 배출시킬 수 있다. 그러나 트로프 밑바닥이 여과층 표면에 너무 가까우면, 세척 중에 트로프의 직하부 여과층의 표면이 세굴(洗掘)되므로 바람직하지 않다. 그러므로 여과층의 표면으로부터 트로프 상단까지의 높이는 세척속도, 여재입도, 여과층의 팽창률 및 트로프의 형상과 치수 등을 고려하여 40~70 cm로 하는 것이 좋다.

5.7.14 급속여과지의 배관(渠)과 밸브류

급속여과지의 배관(거)과 밸브는 다음 각 항에 따른다.
1. 배관구경과 거(渠)의 단면은 유속과 손실수두를 고려하여 적절히 정한다.
2. 관과 밸브류는 확실히 고정하고 수선할 때에 분해할 수 있는 구조로 해야 하며 구조물에 신축이음을 설치한 부분에는 관에도 반드시 신축이음관을 설치한다.
3. 밸브는 여과공정과 세척공정을 완전하게 절체할 수 있도록 한다.
4. 밸브는 긴급할 때에 안전측으로 작동하는 것이라야 한다.
5. 여과수가 세척배출수 등으로 오염될 우려가 없는 구조로 한다.

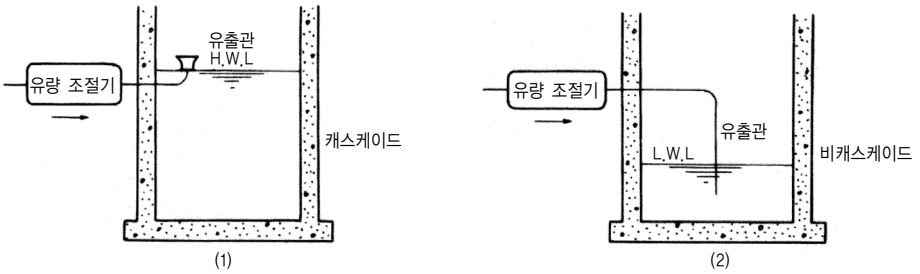
【해설】

1.에 대하여 ; 급속여과지에서 각종 배관(거)의 표준유속과 범위는 〈표 5.7.3〉과 같다.

1) 유입관거는 충분한 단면적을 가짐으로써 유속이나 수위변동을 흡수할 수 있어야 한다.
2) 각 여과지 유출관은 유량조절기를 설치하는 경우에는 그 최대유량으로 관경을 정한다. 유량조절기 이하의 배관은 유출관거의 수위 승강에 영향을 받지 않도록 〔그림 5.7.25〕의 (1)과 같이 해야 하고 〔그림 5.7.25〕의 (2)와 같은 방법은 피한다.
3) 세척본관은 세척유속을 소요의 크기로 하기 위하여 유량조절기와 유량지시계를 설치한다.
4) 세척배출수관(거)에는 세척배출수를 빨리 배제할 수 있는 단면으로 한다.

〈표 5.7.3〉 급속여과지 배관의 유속 범위

명 칭	유 속(m/s)		주 의 사 항
	표 준	범 위	
유입관(거)	0.60	0.50~1.00	유량조절기의 표준량으로 관경을 정한다.
유출관(거)	1.00	0.60~1.50	각지의 세척압력을 가능한 한 동일하게 한다.
세척관 ┌본관	2.00	1.50~3.00	압력수실이 있으면 세척수가 균등하게 분포되도록 한다.
세척관 └지관	2.50	2.00~3.50	빨리 배제하기 위하여 충분한 크기로 한다.
세척배출수관	2.00	1.50~3.00	



[그림 5.7.25] 유출관(거)의 설치도 예

2.에 대하여 ; 관의 넓이가 한정된 관랑 내에 밸브나 이형관을 연속하여 배관하므로 관의 지지정착에 특별히 주의하고 수선할 때에 관이나 밸브를 교환할 수 있도록 충분한 공간을 확보해 두어야 하며 유량조절기나 기타 계기류의 점검에 편리하도록 해 놓아야 한다. 관은 구조물에 고정되어야 하기 때문에 구조물의 신축이음을 설치한 부분에는 관에도 신축이음관을 반드시 설치해야 하며, 그렇지 않으면 관이 절단되는 경우가 있다.

3.에 대하여 ; 급속여과지에는 각종 밸브를 필요로 하며 이 밸브들을 단시간에 조작해야 하므로 전동등의 액튜에이터로 자동 조작한다.

소구경의 밸브는 전동으로 하면 밸브자체보다 전동부가 커지고 또 중량도 무거워지며 전도(轉倒)되거나 배관에 중량이 걸리므로 그렇게 하지 않도록 고정시켜야 한다.

필요한 계기류를 집중하여 설치하는 등 밸브를 확실하게 조작할 수 있도록 해야 한다. 여과지에 설치되는 밸브들은 다른 곳에 설치된 밸브보다 사용빈도가 높고 지수성이 떨어지기 쉽다. 특히 배수밸브

나 수문의 형식선정에는 모래 등으로 장애를 받지 않도록 배려해야 한다.

4.에 대하여 ; 긴급시의 상황에 따라 밸브는 "현상태유지"가 바람직한 경우와 "열림"이나 "닫힘"으로 되는 것이 바람직한 경우가 있다(fail safety). 모든 경우를 가정하여 어떠한 종류의 긴급시에 어떻게 대처할 것인가를 정하고 대책을 강구해야 한다.

정전과 같이 긴급할 때에는 일반적으로는 "현상태유지"가 바람직하며 전동밸브가 바람직하다. 공기압이나 수압으로 조작하는 밸브류는 열려있던 것이 닫혀버리거나 닫혀있던 것이 열려버리게 되기도 하기 때문에 안전측으로 작동하는 것을 선정한다.

공기압이나 수압으로 조작하는 밸브는 밸브본체와 실린더부를 각각 독립된 형태로 하고 상시 열려있는 것은 횡형(橫形), 수평형으로 설치하여 밸브가 저절로 닫히지 않도록 해야 하며 부득이 종(縱)으로 설치할 경우는 제동장치를 설치하거나 평형추(counter weight)를 설치하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 여과수가 세척배출수나 그 외의 것으로 오염되지 않도록 여과수거와 세척배출수거는 각각 이격하여 설치한다. 여과수거 위의 슬래브상판에 맨홀을 설치할 경우 맨홀의 상단은 슬래브의 상단보다 10cm 이상 높게 설치하고 평소에는 밀봉해야 한다.

5.7.15 배관랑과 조작실

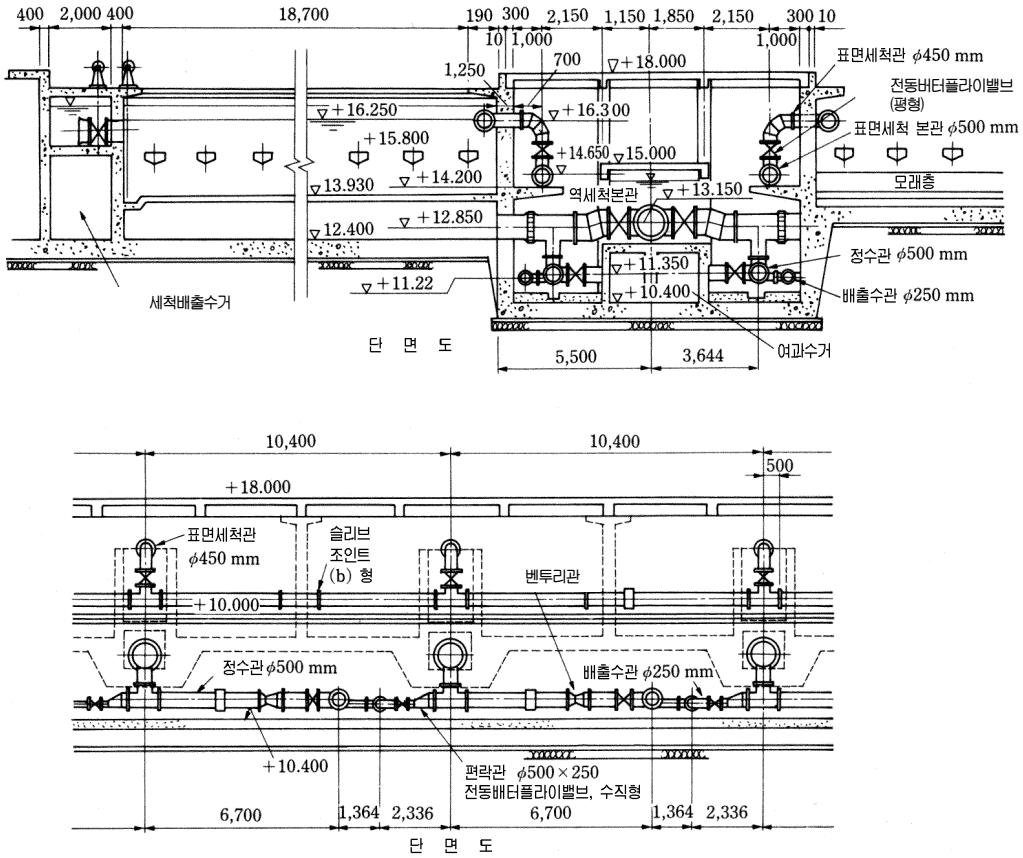
급속여과지의 배관랑과 조작실은 다음 각 항에 따른다. 1. 배관랑은 기기 검사와 반출입에 편리한 구조로 하고 통풍, 배수, 제습 및 조명 등에 유의한다. 2. 배관랑측의 여과지벽체에 여층내부의 상태를 직접 눈으로 관할할 수 있는 감시창을 둘 수도 있다. 3. 조작실을 설치하는 경우에는 여과지 전체를 감시할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배관랑은 각종 관거와 밸브류가 혼재되어 있으므로 이들의 설치, 점검, 수선, 반출입 등이 효율적이고 편리한 구조로 설계해야 한다. 이 곳은 통풍이나 배수(排水)가 잘 되지 않을 수 있으므로 제습과 환기 및 점검 등을 고려하여 출입구를 양쪽에 설치하는 것이 바람직하다. 밑바닥에는 배수구(排水溝)를 설치하고 누수 등을 배수구로 집수하고, 정수장의 위치에 따라 자연유하 또는 펌프로 외부에 배수(排水)할 수 있도록 해야 한다(〔그림 5.7.26〕 참조).

2.에 대하여 ; 여과지의 작동상태나 역세척상태 또는 여층의 구성 등을 직접 관찰하고 감시할 수 있는 기능과 내방객에게 여과지 기능을 알 수 있도록 편의를 제공할 수 있는 감시창을 여과지 벽체에 종방향으로 좁고 길게 설치하여 운영관리에 효율성을 도모할 수 있다.

3.에 대하여 ; 조작실은 여과지 조작대 등을 수용하는 경우에 설치되는 곳으로 조작대 등을 보호하는 건물을 설치하거나 여과지 가동상황을 충분히 감시할 수 있는 구조로 설계해야 한다.(〔그림 5.7.26〕 참조)



[그림 5.7.26] 배관랑(유입수거를 외측에 설치)의 예(단위 : mm)

[5.7.15 참고 1] 손실수두 계산법

여과지 구조물을 통과할 때의 수리학적인 문제로 여과층 통과시의 손실수두, 역세척시의 여과층 팽창률, 그리고 여과지 관로와 수로에서의 유속을 파악하여야 한다.

여과 시작시점에서의 손실수두를 초기손실수두(initial headloss)라고 하는데 이는 물이 입상여재를 통과할 때 발생하는 저항이며, 수온에 따라 다양한 여과속도로 여과층을 통과할 때의 초기손실수두는 Darcy 등의 공식에 의하여 계산할 수 있다.

$$\triangle h = LQ/kA \qquad \text{(Darcy)}$$

$$k = c(0.7+0.03t)de^2 \qquad \text{(Hazen)}$$

여기서

h = 손실수두(cm), L = 여층의 두께(cm), Q = 유량(cm^3/s), A = 여과지의 면적(cm^2)

k = 투수계수(cm/s), c = 계수, t = 수온(℃), De = 여재의 유효경(cm)

※ 대부분 여재의 입경에서는 c가 124이고 0.3~2.0mm의 유효경(De)에 따라 123에서 125까지 변한다.

〔계산 예〕

여재의 유효경이 0.075cm이고, 여층의 두께가 76cm인 여과지에서 여과속도 15m/h(360m/d)일 및 수온 20 ℃일때의 손실수두를 계산하시오?

(풀이) 여과지 단위표면적($1cm^2$)에 대한 손실수두를 계산한다.

$k = 124\times(0.7+0.03\times20)\times0.075^2 = 0.906cm/s$

여과량 $= (15\times100) \div 60^2 = 0.417cm^3/s$

역세척이 최적일 때의 여과층팽창률은 다음 식으로 계산할 수 있다. 여기서 f는 여과층의 공극률이다.

여층 팽창률 $= (0.1)^{0.22}-f/1-(0.1)^{0.22} = (0.6-f) / 0.4$

일반적으로 모래 여과층의 공극률은 0.43~0.45이고 안트라사이트층은 0.48~0.50이다

역세척하는 동안의 팽창층의 깊이는 다음식을 이용하여 계산할 수 있다. $Le/L = (1-f)/(1-fe)$ 여기서 L은 안정된 여과층 깊이, Le는 팽창된 여과층 깊이, f는 안정된 여과층의 공극률이고 fe는 팽창된 여과층의 공극률이다.

팽창된 여과층의 손실수두는 다음 식으로 계산할 수 있다. $h/Le = (\rho m-1)(1-fe)$ 여기서 h는 손실수두이고 ρm은 여재의 비중이다

〔계산 예〕

유효경 0.5mm, 공극률 0.45이고 비중이 2.65인 모래층 30cm와 유효경 1.0mm, 공극률 0.5이며 비중 1.65인 안트라사이트층 61cm로 구성된 2층여과지에서 표면세척시설을 갖추고 있을 경우 알맞은 역세척조건에서 손실수두는 얼마인가?(모래층 팽창률은 37 %, 안트라사이트층의 팽창률은 25 %이다.

(풀이) 모래층의 손실수두 $h_1 = (30\times1.37)(2.65-1)(1-0.6) = 27.4cm$

안트라사이트층의 손실수두 $h_2 = (61\times1.25)(1.65-1)(1-0.6) = 19.8cm$

∴ 총 손실수두 $h = h_1 + h_2$는 27.4+19.8 = 47cm이다.

5.7.16 다층여과지

다층여과지는 다음 각 항에 따른다.

1. 여재의 품질은 충분한 여과기능과 여과층 구성을 유지할 수 있고 위생적이어야 한다.
2. 총 여과층의 두께는 **60~80 cm**를 표준으로 한다.
3. 여과층 구성은 충분한 여과효과를 얻을 수 있어야 하고 역세척하는 동안에 상하의 여재간에 분리와 팽창이 적절하게 이루어져야 한다.
4. 지지층에 관해서는 **5.7.7 자갈층의 두께와 여과자갈**에 준한다. 다만, 최하층에 입경이 가장 작은 여재를 사용하는 경우에는 여재의 누출방지에 유의해야 한다.
5. 여과속도는 **240 m/d** 이하를 표준으로 한다.
6. 세척방식은 여재의 경계부와 여과층의 내부에 억류되어 있는 탁질을 효율적으로 제거할 수 있어야 한다.
7. 단층여과지를 **2층화**할 경우에는 기존 설비를 충분히 파악하여 결정한다.

【해설】

다층여과지는 밀도와 입경이 다른 여러 종류의 여재를 사용하여 수류방향에서 큰 입경으로부터 작은

입경으로 구성된 역입도(逆粒度)의 여과층을 구성하며, 모래단층여과지에 비하여 여과기능을 보다 합리적이고 효율적으로 발휘하기 위한 것을 목적으로 하는 여과지이다. 두 종류의 여재를 사용하는 경우에는 2층여과지, 세 종류의 여재를 사용하는 경우에는 3층여과지라고 하지만, 2 이상의 여재를 사용하는 여과지를 총칭하여 다층여과지라고 한다.

다층여과지는 모래단층여과지와 비교하여 다음과 같은 특징이 있다.

① 내부여과의 경향이 강하므로 여과층의 단위체적당 탁질억류량이 크고 여과효율이 높다.

② 탁질억류량에 대한 손실수두가 적어서 여과지속시간이 길어진다.

③ 여과속도를 크게 할 수 있다.

④ 여과수량에 대한 역세척수량의 비율이 작다.

⑤ 고속여과로 여과면적을 작게 할 수 있다.

⑥ 조류, 특히 시네드라, 멜로시라, 마이크로시스티스 등 응집침전으로 제거하기 어려운 것들에 대해서도 여과폐색을 일으키지 않는다.

1.에 대하여 ; 다층여과지의 여재에는 모래(비중 2.55~2.65), 안트라사이트(무연탄, 비중 1.4~1.6), 인공경량사(비중 1.75~1.82), 석류석(garnet, 비중 3.15~4.3), 일메나이트(티타늄철광, 비중 4.5~5) 등 밀도가 다른 재료들이 있다.

이 중에서 안트라사이트의 선정표준으로 각 항목은 다음과 같다.

1) 외관은 먼지, 쇄석, 토탄질 등 불순물 및 미분탄, 세장(細長), 편평(偏平) 등의 파쇄물이 적을 것.

2) 비중은 1.40이상일 것.

안트라사이트의 비중은 24시간 침적후 측정하여야 하며, 다층여과지의 역세척에서 유출손실의 대소 및 역세척 종료 후 성층의 양부에 관계된다. 이 선정표준에서 입도범위로서는 사용실적으로부터 1.40 이상이 바람직하나 상한으로는 여과모래의 입도, 밀도 및 역세척 조건(속도) 등과의 관계도 있으므로 1.60 전후가 일단 한도이다.

3) 마모율은 3 %이하일 것.

4) 염산가용률은 6.0 %이하일 것.

염산가용률은 원탄에 따라 상당한 차이가 있지만, 가능한 한 작은 것이 바람직하다.

5) 공극률은 50 %이상일 것.

6) 유효경은 0.7~1.5 mm의 범위에 있을 것.

7) 균등계수는 1.5이하일 것.

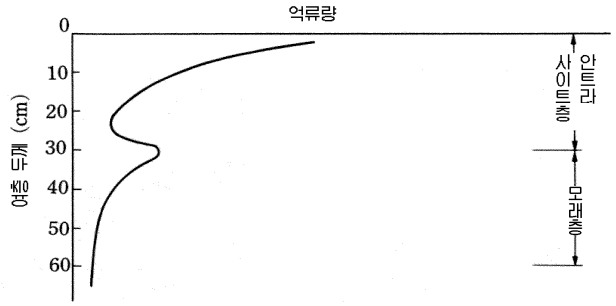
8) 최대입경은 2.8 mm이하, 최소입경은 0.5 mm이상일 것.

2.에 대하여 ; 총 여과층의 두께는 상층의 안트라사이트층에 정밀한 탁질을 제거하는 기능을 기대하기 어려우므로 모래단층 여과지의 경우보다 두껍게 한다. 실례로서 60~80 cm로 하고 있고 이를 표준으로 한다.

3.에 대하여 ; 여과층의 구성은 여과속도, 지속시간, 손실수두, 유입수의 수질, 세척방식 등에 관하여

검토한 다음 결정해야 한다. 다층여과지에서 상층여재와 하층여재의 경계부에서 여재가 혼합되면, 여과층의 다른 부분과 비교하여 경계부의 공극률이 작게 되고 이 부분에서 폐색현상이 생긴다. 〔그림 5.7.27〕에 2층여과지에서 탁질억류분포의 상황을 모식도(模式圖)로 나타내었다. 따라서 여재는 혼합되지 않으며 전도층(layer inversion)이 생기지 않도록 하기 위하여 입자의 침강속도를 고려하고 조합하여 채택해야 한다.

이제까지의 경험으로부터 표준적인 여과층 구성을 〈표 5.7.4〉에 나타내었다.



[그림 5.7.27] 2층여과지의 탁질억류분포

〈표 5.7.4〉 표준적인 여과층 구성의 예(2층여과지의 예) (단위 : mm)

구 분	안 트 라 사 이 트		여 과 모 래		총 여과층 두께
	여과층 두께	유 효 경	여과층 두께	유 효 경	
경우 1	200~300	0.9~1.4	300~400	0.45~0.6	600
경우 2	200~400		300~500		700
경우 3	300~500		300~500		800

4.에 대하여 ; 이층여과지의 지지층(자갈층)은 하부집수장치에 따라 자갈의 입경과 자갈층두께도 다르며 5.7.7 자갈층의 두께와 여과자갈을 참조한다.

3층여과지에서 최하층의 여재로 입경이 작은 석류석 등을 사용하는 경우에는 석류석이 자갈층과 혼합되어 통수할 때에 누출될 우려가 있으므로 자갈층 위에 지지층으로 1.5~3.0 mm 정도로 굵은 입경의 석류석 등을 사용해야 한다.

5.에 대하여 ; 현재까지 실례로서는 240 m/d 이하의 여과속도를 표준으로 하지만, 원수수질이 양호하고 운전관리가 잘되는 경우나 고도정수처리 등으로 여과지유입수가 특히 양호한 경우 등 상황에 따라 더욱 여과속도를 상승시킬 수 있다.

6.에 대하여 ; 다층여과지의 세척방식은 여재의 경계부와 여과층의 내부에 억류된 탁질을 효율적으로 제거할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 ① 표면세척과 역세척을 조합하는 방식 ② 공기세척과 역세척을 조합하는 방식 ③ 표면세척과 역세척의 조합에 공기세척을 추가하는 방식 등이 있다. 다만 공기세

척을 하면, 안트라사이트에 기포가 부착되어 트로프로 유출되기 쉬우므로 주의해야 한다.

표면세척에 관해서는 여재의 경계부를 효율적으로 세척하기 위하여 상층여재와 하층여재의 각각에 표면으로부터 5 cm 정도 높이에 회전세척관을 설치하여 2단회전식 표면세척장치를 채택하는 것도 검토한다.

안트라사이트는 유출되기 쉬우므로 사이폰(siphon)을 설치하여 여과지 수위를 낮추어 역세척을 실시하거나, 역세척유속, 표면세척과 역세척의 중첩시간, 여재의 입경, 균등계수, 여과층표면으로부터 트로프의 상단까지 높이 등은 다른 시설에서의 실적 등을 참고하여 결정한다.

7.에 대하여 ; 일반적으로 기존 여과지를 2층화하는 경우, 적어도 다음 목적을 달성할 수 있다. 우선 첫째로 여과시설을 증설하지 않고 여과속도를 높임에 따라 처리능력을 증대시킬 수 있다. 정수장 용지 취득의 어려움이나 확장공사비가 앙등하는 경향 때문에 이러한 방법으로 개선하는 것은 앞으로도 증가할 것으로 예상된다. 두번째는 댐 등의 수원에서 조류번식으로 인한 여과지의 폐색장애를 해소할 수 있다. 2층화할 경우에 우선 검토해야 할 사항은 여과층의 구성이다. 상층의 안트라사이트 입경, 층두께에 따라서는 여과수 수질의 안전성을 확보하기 위하여 모래층의 입경을 작게 하는 등 모래층의 여재를 교체하는 것이 필요한 경우도 있다. 여과층의 구성을 검토할 때는 다른 도시에서 실시한 예나 5.7.6 여과층의 두께와 여재를 참조하고, 그리고 기존 여과지의 세척능력(세척속도와 수량), 세척방식, 하부집수장치의 형식, 여과층의 표면으로부터 트로프의 월류면까지 간격 등이 중요한 문제로 되기 때문에 이들 내용을 고려한 다음 적응성을 검토한다. 검토할 때에는 예비실험(pilot-plant에 의한)과 실제지에서의 실용화실험을 하는 것이 보다 안전하고 적절하다.

실험기간은 수질의 계절변화와 전처리에 미치는 수온의 영향 등을 고려하여 결정한다. 검토내용은 여과효율과 세척방법에 관한 사항이다. 여과효율에 관해서는 안트라사이트와 모래의 층 두께비와 여과수질과의 관계, 그리고 수질변동에의 추종성, 손실수두의 동향을 들 수 있다. 세척방법으로 여과층 내의 오염상황과 세척효과, 여과층의 팽창률 등의 조사가 필요하다.

5.7.17 자연평형형 여과지

자연평형형 여과지는 다음 각 항에 따른다.
1. 유입량의 제어는 사이펀이나 밸브 등 확실한 방법으로 한다.
2. 군(群)제어를 하는 여과지는 확실하게 역세척할 수 있도록 여과지의 수가 적절해야 한다.
3. 모래면 위의 수심변화에 충분히 대처할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

자연평형형 여과지는 유입수량과 유출수량이 자연스럽게 평형을 이루는 방식을 말한다. 자연평형형 여과지는 자기역세척형과 역세척탱크보유형으로 크게 나눌 수 있는데, 같은 형식 중에서도 여러 가지 방식이 있다.

따라서 자연평형형여과지를 채택하는 경우에는 계획하는 정수장의 규모, 부지의 상황, 수위관계, 건

설계획, 유지관리 체제 등의 조건과 각 기종의 특징, 유의해야 할 점 등을 충분히 검토하여 선정해야 한다.

1.에 대하여 ; 자연평형형여과지의 각 형식에 공통적인 특징은 유출측에 유량조절기 등을 설치하지 않고 여과지로 유입된 물을 그대로 유출한다.

유입측에는 사이펀과 밸브 등을 설치하여 여과되지 않은 물의 차단과 유입을 확실히 제어할 수 있어야 한다. 유출측에 유량조절기구가 없으므로 배관 등은 간단하게 된다.

또 처리수는 여과모래면보다 높은 위치에 설치된 위어를 넘어 유출시키기 때문에 사고 등으로 유입이 정지된 경우라도 여과지 내의 수면이 떨어져서 여과층 내에 공기가 들어가지 않는다. 또 유량이 일시적으로 과대한 경우에도 급격히 수면이 상승하여 여과지 상단으로 월류하는 일이 없으므로 사고 등에 대한 운전관리면에서 안전도가 높다.

2.에 대하여 ; 자기역세척형여과지는 여과중인 다른 여과지 또는 다른 구획의 여과수를 사용하여 역세척한다. 따라서 확실한 역세척을 하기 위해서는 1지 또는 1구획의 세척에 필요한 수량 이상을 처리할 수 있는 지수 또는 구획을 하나의 군(群)으로 제어하는 방식이 필요하다.

3.에 대하여 ; 이 형식의 여과지는 손실수두 증가에 따라 지내의 수면이 상승하며 일정한 여과속도를 유지하는 형식이므로 여과지 전체의 깊이는 수면상승분만큼 일반 여과지보다 커진다.

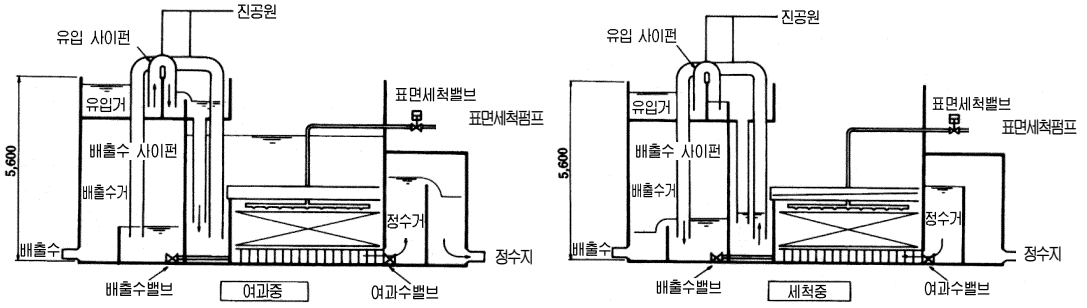
여과지의 수위는 유출위어의 높이에 손실수두를 더한 것이 되지만, 최대손실수두는 1.5~2.5m로 하는 것이 적당하다.

1) 자기역세척형

이 형식의 여과지는 6지 이상을 1군(群)으로 하여 1지가 세척상태로 될 경우 정수거에 유입되는 다른 여과지의 여과수로 세척하는 형식이다.

정수거는 각 여과지에 공동으로 하고 정수거 내의 수위는 여과지 내의 배출수트로프보다 높게 설치된 위어를 넘어 유출되는 구조로 한다.

설비의 개요는 〔그림 5.7.28〕에 나타내었다.



[그림 5.7.28] 자기역세척형(단위 : mm)

유입수는 유입수거에서 사이폰 등에 의해 유입되며 이때의 유입량은 유입위어 등으로부터 각 여과지에 균등하게 분배된다.

여과지에 유입된 물은 여과층에서 여과되어 하부집수장치를 경유하여 정수거로 들어가며 여과지 배출수트로프의 상단보다 약 900mm가 높게 설치된 유출위어를 월류하여 유출된다.

여과지 내의 수위는 여과를 개시할 때에는 유출위어의 높이와 거의 동일하지만, 여과를 계속함에 따라 수위가 상승하고 일정수위에 도달한 시점에서 세척한다.

세척은 우선 유입사이펀을 끊어서 유입을 정지시킨 다음 여과를 계속하여 지내의 수위가 유출위어 상단에 근접할 때까지 저하시킨다. 다음에 배출수사이펀을 가동하여 지내의 물을 배출시키고 서서히 역세척을 시작하면서 동시에 표면세척도 개시한다.

여과지의 수위가 배출수 트로프의 상단 위치까지 낮아지면 역세척을 규정의 유량으로 실시하고 이 경우 역세척수는 여과중인 다른 여과지로부터 여과수거에 유입된 물을 이용하며, 역세척 유속은 대개 유출위어의 높이와 배출수트로프 상단의 높이 차이로 결정된다. 따라서 역세척 유속의 변경이 가능하도록 유출위어의 높이를 다소 조절할 수 있도록 배려할 필요가 있다.

설비로는 유입부와 배출부에서 물의 유입과 정지용으로 사이펀 또는 밸브가 사용된다. 이들의 작동에 사용되는 진공의 발생원으로는 진공펌프, 인젝터 또는 진공발생탱크가 있고, 이들이 각종 자기역세척형 여과지의 특색으로 된다.

일반적으로 사용되는 사이펀의 구경은 최대유속이 1.3 m/s 정도가 되도록 하고 유입위어와 유출위어의 폭은 월류수심이 16 cm 이하가 되도록 결정해야 한다. 또 각 여과지의 유입위어는 유입수가 균등하게 분배되도록 정해진 높이로 정밀하게 설치해야 한다.

이 형식의 장점은 다음과 같다.

① 역세척탱크 또는 역세척펌프가 필요하지 않다.

② 배관 등의 기구가 단순하고 운전관리가 용이하다.

③ 여과를 슬로우스타트(slow start)하고, 세척도 슬로우다운(slow down)하는 방식이 자연스럽게 이루어진다.

한편, 단점으로는 다음과 같은 것들이 있다.

① 여과지의 수는 여과속도가 150 m/d인 경우에도 최소 6지 이상이 필요하다. 그 이하인 경우 또는 세척할 때의 처리수량이 역세척수량보다 작은 경우에는 외부로부터 보충수가 필요하다.

② 세척하고 있는 시간대는 여과지 전체에서의 처리수량이 대폭적으로 감소되므로 후속되는 소독용 염소의 주입량을 제어해야 한다.

③ 세척을 개시할 때에는 다른 지의 여과속도가 증가한다.

④ 진공배관은 길이가 너무 길게 되면 진공도가 떨어지고 물이 고이기 쉬우며 한랭지에서는 동결되기 쉽다.

⑤ 사이펀의 브레이크음과 유입수의 낙하소음이 크다.

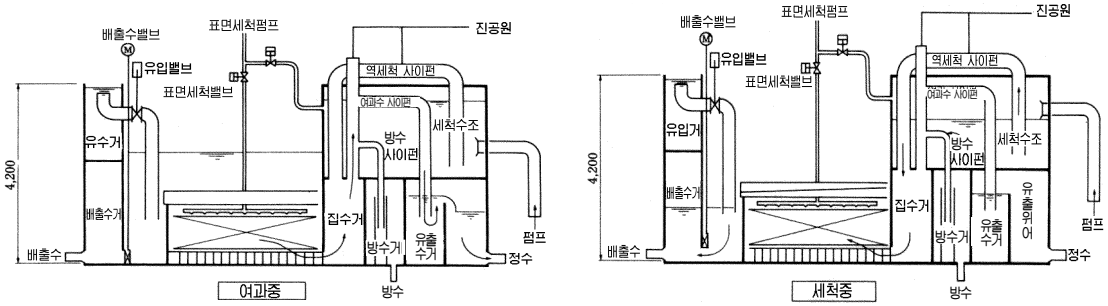
⑥ 전염소나 중염소 처리를 하지 않는 경우에는 염소가 잔류하는 물로 세척할 수 없다.

또 이 형식의 여과지는 밸브개폐에 의한 충격이나 여과층 수류의 불연속도 없기 때문에 지금까지 시동방수기구는 설치되지 않았지만, 크립토스포리디움 등 병원성 미생물에 대한 대책 면에서 시동방수기구를 부착한 여과지도 사용되고 있다.

2) 역세척탱크 보유형

이 형식의 여과지는 자기역세척형과 같이 유입부에서 유입수를 각 지에 균등하게 분배하고 유출부에서는 유량을 조절하지 않고 유출위어로부터 유출되게 하는 방식이다. 역세척에서는 처리수를 펌프로 양수하여 여과지에 가깝게 설치된 저치형 세척탱크에 저수하여 사용한다. 설비의 개요는 〔그림 5.7.29〕에 나타내었다.

유입수는 유입수거 내에 설치된 위어를 월류하여 유입관을 통하여 각 여과지로 흘러 들어간다. 각 여과지에 들어간 물은 여과층에서 여과되어 여과수 사이펀을 통하여 정수거를 거쳐 유출위어에서 유출된다. 위어의 높이는 여과층의 표면보다는 높고 배출수트로프의 상단보다는 낮게 설정된다.



[그림 5.7.29] 역세척탱크 보유형의 예(단위 : mm)

여과를 개시할 때에 지내의 수위는 배출수트로프의 상단 높이이지만, 여과가 계속됨에 따라 수위가 상승하여 일정한 높이에 도달한 시점에서 세척한다.

세척은 우선 유입밸브를 닫아서 유입을 정지시키고 여과를 계속하여 지내의 수위를 배출수트로프의 상단 근처까지 저하시킨다. 다음으로 표면세척을 개시하고 저치형(低置形) 역세척탱크에 접속된 사이펀을 가동시켜 역세척을 시작한다. 세척탱크의 용량은 고가형인 경우와 같이 1지 세척에 필요한 수량 이상으로 하고 유효수심(H.W.L~L.W.L)은 1 m 정도로 한다.

설비로는 유입부와 유출부에서 물의 유입과 정지용으로 전동밸브 또는 사이펀, 여과수부와 시동방수부 및 역세척부에서 사이펀이 이용된다.

이 형식의 장점은 다음과 같다.

① 역세척탱크를 보유하고 있으므로 지수(池數)에 대한 제약이 없다.

② 유출위어 높이를 자동역세척형보다 낮게 할 수 있으며 지의 전체 깊이를 작게 할 수 있다.

한편 단점은 다음과 같다.

① 세척펌프와 세척탱크를 필요로 한다.

② 사이펀기구에 대해서는 자기역세척형과 같다.

특히 이 형식에는 강철제압력식 밀폐기종이 있는데, 이런 기종을 사용하는 경우에는 5.7.2 구조와 방식을 참조한다.

5.7.18 기타 형식의 여과지

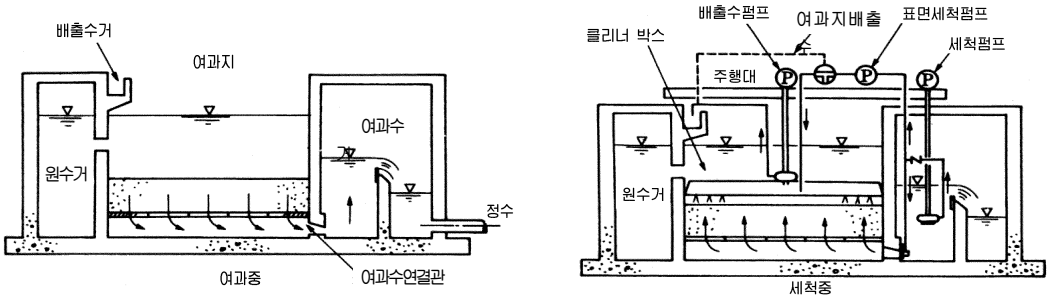
역세척장치이동형(hardinge filter)이나 아카즐필터 등의 여과지 채택에는 원수수질, 계획정수량, 여과기능, 여과능력과 운전관리방식 등을 검토하여 결정한다.

【해설】

중력식급속여과지에서는 지금까지 기술해 온 일반적인 형식의 여과지 이외에 자연평형형여과지의 다른 형식들도 있다. 기타 형식의 여과지 채택에서는 계획하는 정수장의 규모, 건설용지, 원수수질, 전처리방식, 계획정수량, 여과기능, 여과능력, 운전관리방식, 유의해야 할 사항 등을 충분히 검토한 다음 선정한다. 이 기타 형식의 여과지 개요를 다음에 설명한다.

1) 역세척장치 이동형(hardinge filter)여과지

이 형식의 여과지는 여과층의 상부는 1지 1구획으로 되어 있지만, 여과층과 여과층 하부는 소구획으로 구분되어 있어서 세척은 소구획마다 펌프로 세척수를 펌핑해야 하고 세척수는 여과중인 다른 구획의 여과수를 사용한다. 설비의 개요는 〔그림 5.7.30〕에 나타내었다.



[그림 5.7.30] 역세척장치 이동형 여과지의 개요도

유입수는 유입수거의 개구에서 여과지로 유입되고 여과지에 들어간 물은 여과층에서 여과되어 여과수집수관을 통하여 여과수거(정수거)에 들어가서 여과층 표면보다 높은 위치에 설치된 유출위어에서 유출된다. 여과층은 폭 200~300mm로 구획되어 횡방향으로 연속적으로 병열로 배열되고 그 구획은 여과모래와 다공판형 하부집수장치로 구성되며 자갈은 사용하지 않는다.

세척은 여과층 위를 전동장치로 이동하는 저속 주행대차가 달린 세척장치로 이루어진다. 이 세척장치는 역세척펌프, 표면세척펌프, 배출수펌프 및 대차로 구성된다.

세척방법은 세척장치가 세척하는 소실(小室) 바로 위에 정지한 다음 세척펌프가 가동되어 토출하는 물의 일부는 표면세척펌프로 재가압하여 표면세척수가 되고, 나머지는 여과수연결관을 통하여 여과수실로 들어가 여과층을 역세척한다. 세척 후의 배출수는 배출수펌프로 배출수거에 이송된다.

이 형식의 장점은 다음과 같다.

① 유입에서 유출까지의 총 손실수두는 약 1m로 적어, 여과지 전체를 얕게 할 수 있다.

② 여과수거의 여과수를 역세척펌프로 양수하므로 세척탱크가 필요하지 않다.

한편, 단점은 다음과 같다.

① 주행대차, 펌프 등 기기류가 많다.

② 여과지 전체를 덮는 건물이 필요하다.

③ 세척 직후에 여과층의 여과속도가 커진다.

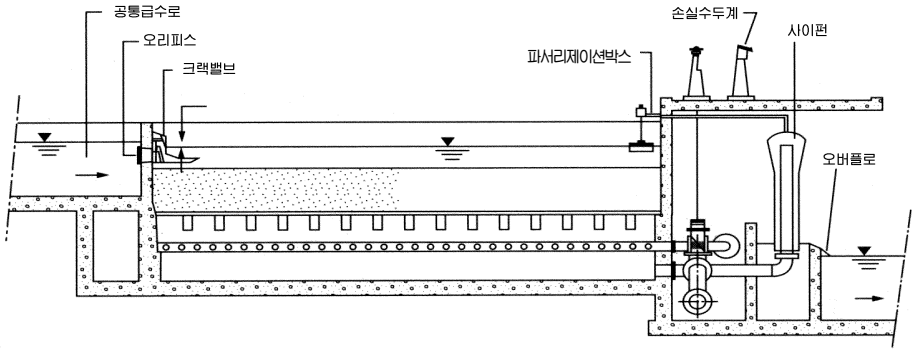
④ 표면세척장치를 붙이기 어렵다.

2) 아카즐 필터

아카즐 필터는 여과유량조절장치나 세척방법 등에 특색을 갖는 일종의 중력식 여과장치이다. 구조는 직사각형 콘크리트조의 중층에 여과층을 설치하며 여기에는 플라스틱제 스트레이너를 부착하고 그 위에 모래를 깔은 것으로 설비의 개요를 〔그림 5.7.31〕에 나타내었다.

여과유량은 여과수가 지나는 사이펀 꼭대기의 공기량을 가감함으로써 조절한다. 세척은 공기·물 병용방식을 취하며 표면세척을 생략하고 있다. 굵은 입경의 모래를 사용하고 여과층의 두께를 두껍게 하는 한편, 모래표층 위의 수심을 얕게 하고 트로프를 생략한다.

침전지에서 처리수는 공통의 도수로를 통하여 각 여과조에 들어간다. 여과조의 유입량은 파서리제이션박스(partialization box : 스프링으로 매단 일종의 판으로 지시극은 플로트(float)에 부착되어 있다)로 항상 각 여과조의 수위가 모두 동일하도록 조절되기 때문에 도수로와 각 여과조 내의 수위차가 동일하게 된다. 그러므로 동일 직경의 오리피스(orifice)로부터 유입되는 수량은 동일하게 된다.



[그림 5.7.31] 아카즐 필터의 단면도

파서리제이션박스의 작동기구는 여과조 내에 부유하는 부표(float)의 상하 움직임에 연동하여 유출측 사이펀 내에 보내는 공기량을 가감함으로써 여과유량을 조절하여 여과조 내의 수위를 일정하게 유지한다.

여과층의 폐색 등으로 여과조 내의 수위가 오르면, 파서리제이션박스의 수위가 올라가며, 그것에 의하여 밸브가 닫혀서 사이펀 목부분의 송기량이 감소하고 여과유량이 증가하기 때문에 수위가 낮아진다.

반대로 여과조 내의 수위가 내려가면 플로트가 하강하여 밸브가 열리므로 송기량이 증가하고 사이펀 내를 흐르는 수량이 감소하므로 수위가 회복된다.

세척은 처음에 세척펌프를 가동하여 약한 수류로 세척한다. 그 다음 여과조의 수위가 배출수위어의 높이에 가깝게 되었을 때에 송풍기로 공기를 불어넣어 약한 수류와 함께 세척을 계속한다. 이 공정에서는 공기의 심한 교란작용으로 대부분의 협잡물이 모래로부터 탈리되어 배출수구로 배제된다. 마지막으로 대량의 물로 세척한다. 세척배출수는 여과조의 긴 변의 벽을 월류위어로 하여 벽 외측에 배출수구를 설치하고 세척배출수를 월류하여 배출한다.

이 형식의 특징은 다음과 같다.

① 모래층 표면상의 수심이 얕으므로 역세척하기 전에 물을 버릴 필요가 없고 트로프도 생략할 수 있다.

② 공기세척을 겸용하므로 역세척 수량이 적고 세척펌프도 물세척방식보다 작아도 된다.

③ 한 지가 세척 중에는 원수의 전부가 자동적으로 나머지 여과조에 균등하게 분배되기 때문에 총 여과수량은 줄지 않는다.

5.7.19 직접여과(direct filtration)

직접여과를 채택할 때에는 다음 각 항을 따른다.

1. 원수수질이 양호하고 장기적으로 안정되어 있어야 한다.
2. 응집과 여과의 관리가 적절하고 충분한 수질감시가 이루어져야 한다.
3. 일반적인 정수처리공정과 비교할 때 침전공정이 생략된 방식으로 통상적으로 수질변화가 적고 비교적 양호한 수질에서는 일반정수처리공정에 비해 설치비 및 운영비가 적게 소요되며, 원수수질이 악화되는 경우에는 일반적인 응집·침전과 급속여과방식으로 대처할 수 있는 설비를 갖춘다.

【해설】

직접여과는 저수온이고 저탁도의 원수를 대상으로 하여 소량의 응집제를 주입한 다음 침전공정을 거치지 않고 여과하는 방식이다. 탁도가 낮은 경우에 침전지에서 탁질을 제거하기 위해서는 플록입경을 크게 하기 위하여 탁질당 응집제 주입량을 많이 해야 하며, 이러한 경우에는 플록의 밀도가 작고 깨지기 쉬우므로 여과지에서 탁질누출이 생기기 쉽다.

또 침전지 슬러지는 농축성과 탈수성이 나쁘고 슬러지의 처리나 처분이 곤란한 경우가 많다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 저탁도 원수에 대하여 적접여과를 하기도 한다.

이 직접여과는 응집제주입량을 통상 주입량의 1/2~1/4 정도만 주입하여 플록을 형성시킨다. 이 때에 생성되는 플록은 입경과 침강속도는 작지만, 밀도와 강도가 큰 마이크로플록이 형성되므로 이것을 직접여과함으로써 안정되게 처리할 수 있을 뿐아니라 약품사용량이 절약되고 발생슬러지량도 적어진다.

1.에 대하여 ; 표준적인 여과층 구성과 여과속도로 직접여과를 할 경우에 원수탁도가 대체로 10NTU 이하이면 양호한 처리결과를 기대할 수 있다. 다만, 10NTU이하라도 단시간에 원수탁도가 변동하는 경우에는 처리가 안정적이지 않으며 여과지를 폐색시키기 쉽다. 따라서 직접여과는 탁도가 10NTU이하이고 또한 거의 일정한 상태가 장기간 지속되는 시기에 한하여 적용해야 한다. 또 원수에 여과장애생물이 발생하는 경우에는 여과지의 폐색이 심하게 되기도 하므로 기계적인 생물제거설비가 없는 한 직접여과를 채택할 수가 없다.

더욱이 휴민질 등에 의한 색도성분을 다량 포함한 원수는 응집제의 과잉주입에 의한 약산성역에서 응집되어야 하기 때문에 직접여과에 의한 처리는 적합하지 않다. 직접여과의 여과층 구성은 2층 또는 다층으로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 직접여과에는 플록을 성장시키지 않고 미세한 상태 그대로 여과지에 유입시킬 필요가 있다. 일반적인 처리에서 혼화지에 응집제를 주입한 다음 여과지까지 유로가 길어서 플록이 성장할 경우에는 여과지 직전에 응집제를 주입하여 혼화한다.

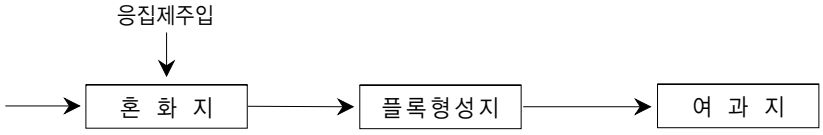
저탁도일 때에 직접여과로 전환할 경우에는 응집제 주입량을 통상처리의 절반 정도까지 감소시키는 것이 바람직하다. 따라서 응집제 주입설비는 넓은 범위에 걸쳐 정확하게 주입할 수 있어야 하며, 제어 가능한 주입률의 하한은 알루미늄으로 0.1 mg/L 정도가 바람직하다.

또한 직접여과에서 통상처리로 바꿀 경우에는 체류시간 등을 고려하여 무약주 또는 과잉주입으로 되지 않도록 조작해야 하며 원만하게 절체될 수 있도록 관과 밸브류는 정기적으로 점검하고 정비해 놓을 필요가 있다.

여과지에서는 플록이 여과층 내부까지 침입하므로 일반적인 처리의 경우보다 주의하여 세척해야 한다. 또 세척을 종료하고 여과를 개시한 직후에는 양호한 처리수를 얻을 수 없으므로 시동방수에 대하여 고려할 필요가 있고 또 일반적인 정수처리인 경우에는 중간단계인 침전처리수의 탁도를 감시하여 정수처리상태를 어느 정도 확인할 수 있지만, 직접여과에서는 도중에 수질상태를 확인할 수 없으므로 여과수의 탁도를 특히 엄격하게 감시해야만 한다.

3.에 대하여 ; 원수에 탁도, 색도 및 미생물의 수가 낮은 원수를 대상으로 적합한 정수처리방식이다. 많은 직접여과 정수장은 급속혼화 후 교반을 하지 않은 체 한동안(20~60분) 체류시킨 후 여과를 한다.

일반적인 여과공정에서처럼 여과보조제는 여과지 유입 직전에 주입하며, 태풍이나 호우 등으로 인하여 원수수질이 악화되어 직접여과법으로는 처리할 수 없는 경우가 있다. 따라서 이 방법을 채택하는 정수장에서는 원수수질이 악화되는 경우에는 통상의 응집·침전지를 구비하여둘 필요가 있다.



[그림 5.7.32] 직접여과방식의 흐름도

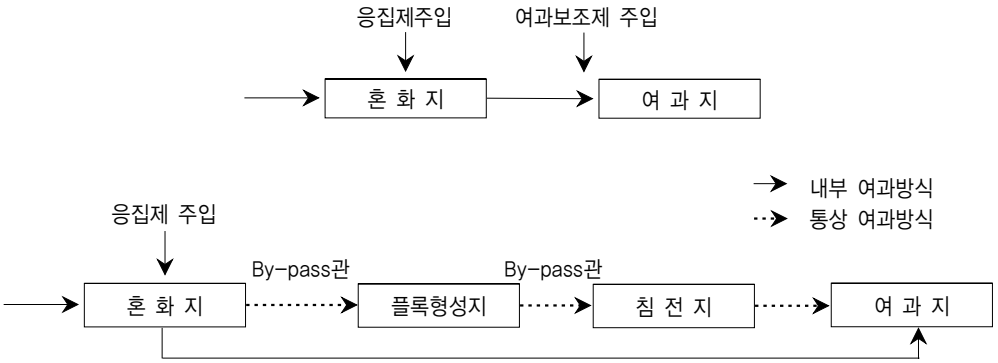
5.7.20 내부여과(in-line filtration)

내부여과를 채택할 때에는 다음 항을 따른다. 응집제를 여과지에 유입되는 관로에 주입하는 방식으로 일반 정수처리공정과 비교하여 응집공정 및 침전공정이 생략된 상태이다. 이러한 방식은 원수의 수질변화가 큰 원수나 최적응집제주입량이 과다한 원수에서는 사용이 어렵다.

【해설】

이공정은 원수의 탁도나 미생물수의 변화가 심할 경우에는 응집공정이나 침전공정이 있는 일반적인

방식에 비해 효과적이지 못하다. 또한 충분히 반응하지 않은 응집제가 여과후에 플록을 생성시킬 가능성도 있다.



[그림 5.7.33] 내부여과방식의 흐름도

5.7.21 여과시설의 정수처리기준 준수

수도법 및 그 시행령에 따라 바이러스나 지아디아 포낭의 제거, 불활성화비의 계산 및 확인방법 등 여과시설의 정수처리 등에 관한 사항을 정한다.

【해설】

1) 정수처리기준 적용대상 시설은 「수도법」 제3조 제7, 8호에 따른 광역(지방)상수도 및 사업자로서, 시행령 제48조에 따른 정수처리기준을 준수하기 위하여 이 고시에서 정한 탁도기준과 불활성화비에 적합하도록 여과시설과 소독시설 등을 설치·운영하여야 한다. 단 지하수를 수원으로 사용하는 수도사업자가 사용중인 지하수가 병원성미생물로부터 영향을 받는 지 여부를 감시한 후, 수질의 안전성을 입증하는 증빙서류를 갖추어 한국상하수도협회장의 인증을 받은 경우에는 정수처리기준의 적용을 받지 아니 한다.

① 정수처리기준 : 경제적·기술적으로 농도기준을 정하고 정기적으로 수질검사를 실시하는 것이 어려운 바이러스·지아디아 등 병원미생물이 수돗물 중에 함유되지 않도록 하기 위하여 필요한 정수장의 운영·관리 등에 관한 기준을 말한다.

② 불활성화비 : 병원미생물이 소독에 의하여 사멸되는 비율을 나타내는 값으로서 정수시설의 일정지점에서 소독제 농도 및 소독제와 물과의 접촉시간 등을 측정·평가하여 계산된 소독능값(CT)과 대상미생물을 불활성화하기 위해 이론적으로 요구되는 소독능값과의 비를 말한다.

2) 수도사업자는 정수처리기준 제4조 제1항에 따라 급속, 완속, 직접, 막여과 및 기타 여과시설을 갖추고, 여과시설의 종류 및 규모 등에 따라 정수처리기준에서 정한 탁도 기준을 준수하도록 운영·관리 및 수질검사를 하여야 하며, 여과방식에 의한 바이러스, 지아디아 포낭의 제거율〈표 5.7.5〉을 충족하여야 하고, 그렇지 못할 경우에는 추가적인 규정준수를 입증하여(여과, 소독 및 배급수 등) 수도법에 따른 한국상하수도협회장의 인증을 받아야 한다.

〈표 5.7.5〉 여과에 의한 바이러스, 지아디아 포낭의 제거율(제5조 제3항 관련)

여과방식	제 거 율	
	바이러스	지아디아 포낭
급속 여과	99 %(2 log)	99.68 %(2.5 log)
직접 여과	90 %(1 log)	99 %(2 log)
완속 여과	99 %(2 log)	99 %(2 log)
정밀 여과(MF)	68.38 %(0.5 log)	99.68 %(2.5 log)
한외 여과(UF)	99.9 %(3.0 log)	99.68 %(2.5 log)

비고 : 1. Log 불활성화율과 % 제거율은 다음 식에 의해 계산된다.

$\%$ 제거율 $= 100-(100/10^{\log \text{ 제거율}})$

2. 정밀여과 및 한외여과의 제거율은 막모듈 및 시설에 대한 평가절차 마련전까지 적용한다.

3) 수도사업자는 규정에 따른 적정한 소독시설을 갖추어 소독을 실시하여야 하며, 소독시설에서의 불활성화비 계산을 위하여 잔류소독제 농도와 수온 및 pH 등에 대한 수질검사 및 수량분석 등을 실시하여야 하여 계산된 불활성화비가 항상 1이상이 유지되도록 정수시설을 운영·관리하여야 한다. 또한 취수지점으로부터 정수지 유출지점 이외의 공정에서 소독을 실시하고 추가적으로 소독능값을 인정받고자 하는 경우에는 증명하는 서류를 첨부하여 한국상하수도협회장의 인증을 받아야 한다.

4) 수도사업자는 정수처리기준의 규정을 준수하지 못하는 경우에는 정수처리기준 위반시 조치사항에서 정하는 바에 따라 기준초과 원인을 분석하고 이에 따른 시설개선을 실시하는 한편 주민공지 등 적절한 조치를 취하여야 하고, 수질검사 및 조치결과 기록은 3년간 보존·관리하여야 한다.

5) 정수처리기준 인증 주기는 인증 받은 날부터 3년마다 인증을 다시 받아야 하고 「정수장 운영 및 관리실태 평가규정」에 따라 우수등급을 받은 정수장은 적용하지 아니하며 우수등급 정수장에서 제외된 때에는 그 날부터 3년마다 인증을 다시 받아야 한다.

[5.7.21 참고-1] 여과지별 탁도 관리

여과지별 탁도측정은 병원성미생물에 대한 수질관리를 강화하기 위하여 「정수처리기준 등에 관한 규정」에 따라 여과지 공동수로와 각각 여과지에 설치하여 감시·관리하여야 하며, 평상시나 탁도기준 위반시 신속하게 원인을 조사하고 대책을 강구하여 보다 안전한 수질관리가 되도록 한다. 최근 미국, 스위스, 일본 등에서는 여과지유출부에 입자계수기를 설치하여 입자의 크기나 개수를 실시간으로 파악하여 원생동물의 누출여부를 확인·감시하고 있다.

1) 여과수 탁도관리 목표

(1) 공동수로 여과수 탁도(급속·직접 여과시설)

① 시료채취지점 : 단위 공정 여과지의 모든 여과수가 혼합된 지점

② 탁도측정 및 기록 : 탁도 자동측정기에 의거 실시간측정·감시운영하고 1시간 이내 간격으로 기록 유지한다(또는 4시간 간격으로 1일 6회 이상).

③ 탁도관리 목표 : 매월 측정된 시료수의 95 % 이상이 0.3NTU를 초과하지 아니하고 각각의 시료에 대한 측정값이 1.0NTU를 초과하지 아니할 것. 단, 공동수로 여과수의 탁도관리 목표 초과 원인이 탁도계 또는 계측제어설비 등에 의한 초과의 경우에는 위 탁도기준을 적용하지 아니한다.

④ 공동수로 여과수 탁도관리 목표 위반시 조치사항.

(2) 지별 여과수 탁도(급속·직접 여과시설)

① 시료채취지점 : 타여과지 여과수가 혼합되기 전 지별 여과수의 대표지점

② 탁도측정 및 기록 : 탁도 자동측정기에 의거 실시간 측정하여 매15분 간격으로 기록유지

③ 지별탁도 관리목표

- 매월 측정된 시료수의 95 % 이상이 0.15NTU를 초과하지 아니하여야 한다.
- 여과개시 후 안정화될 때까지 0.5NTU보다 커서는 안 된다.
- 여과개시 4시간 후에는 0.3NTU보다 커서는 안 된다.
- 매월 1NTU보다 높은 탁도가 30분 이상 연속하여 월 1회 이상 발생하고 이와 같은 현상이 3개월 연속 나타나서는 아니 된다.
- 매월 2NTU보다 높은 탁도가 30분 이상 연속하여 월 1회 이상 발생하고 이와 같은 현상이 2개월 연속 나타나서는 아니 된다.

④ 지별 여과수 탁도관리 목표 위반시 조치사항(정수처리기준 등에 관한 규정 참조)

2) 여과수 탁도계(on－line) 설치 및 관리

탁도계는 측정방법, 제조회사 등에 따라 설치 및 관리 등이 상이할 수 있으나 일반적으로 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 측정된 데이터의 정확성과 신뢰성이 확보되어야 한다.

(2) 주기적인 청소와 소모품의 확인·교환을 하여야 한다.

(3) 측정값의 유효성 확인을 위한 수분석값과 비교 검토·교정을 하여야 한다.

(4) 설치시 고려사항

① 제조사의 지침서에 따른다.

② 시료는 배관의 측면 시료를 채취하도록 한다(상단부는 공기, 하부는 슬러지의 영향을 받기 쉬움).

③ 탁도계는 가급적 시료채취 지점에 가까이 위치하여야 한다.

④ 시료배관의 구경은 충분한 양의 시료를 공급 할 수 있어야 한다.

⑤ 일상적인 점검과 교정을 위해 접근이 용이한 위치에 설치한다.

⑥ 시료는 자연유하로 탁도계에 유입되도록 설치하는 것이 좋다.

⑦ 시료의 기포가 충분히 배기되는 구조로 설치한다.

⑧ 진동의 영향을 받지 않는 장소에 설치한다.

⑨ 탁도계 드레인배관은 시료 흐름을 확인할 수 있도록 한다.

⑩ 검출부는 물과 외부오염에 취약하므로 이에 대한 배려를 하여야 한다.

(5) 운전관리

① 탁도계에 유입되는 유량은 제조사의 규격에 따른다.

② 예방 및 일상정비는 제조사의 지침서에 따른다.

③ 1주일에 1회 이상 점검한다.

④ 램프, 렌즈 등 중요한 부분의 점검·정비시 등에는 반드시 재 교정한다.

⑤ 램프, 전자회로 등 기기의 여러 부품도 수명이 있으므로 주기적으로 교체하여야 한다.

⑥ 렌즈, 광원, 기타 시료 통 등은 주기적으로 세정한다.

⑦ 기기의 부품을 충분히 확보하고 이에 대한 예산을 확보하여야 한다.

(6) 보정 및 교정

① 공동수로 여과수 탁도계는 1주일에 1회 정도, 지별 여과수 탁도계는 2개월에 1회 정도 보정하여야 한다(탁도계의 상태에 따라 보정주기는 단축 또는 연장할 수 있다).

② 교정시에는 표준물질을 사용하는데 1차 표준물질과 2차 표준물질이 있다.

- 1차 표준물질 : 포마진, AMCO-AEPA-1®, microspheres, stablecal
- 2차 표준물질 : GELEX®, glass/ceramic cubes

③ 1차 표준은 사용자가 1차 표준물질을 가지고 일정조건에서 정확한 방법으로 교정한 표준을 말한다.

④ 2차 표준은 제조사가 1차 표준과 동일한 결과가 나온다고 인증한 표준을 말한다.

⑤ 1년에 2회는 탁도계를 철저히 세정하여 1차 표준물질로 교정하여야 한다.

⑥ 탁상용 탁도계로 on-line 탁도계를 교정하는 것은 좋지 않다.

⑦ 교정 후에는 2차표준물질로 올바르게 교정되었는지를 확인한다.

⑧ 기기 교정은 제조사의 매뉴얼에 따라 실시한다.

⑨ 교정방법은 항상 동일한 방법으로 실시한다.

⑩ 표준 절차서를 마련하여 담당자가 숙련되도록 하고 교정절차서는 비치하여 누구든지 표준방법으로 교정하도록 하여야 하며 교정 점검표를 작성하여 교정시마다 기록하여야 한다.

(7) 품질보증 및 관리(QA/QC)

① 담당자는 분석원리 및 기기구조 등을 이해하고 수질이상시 원인을 파악하고 대책을 강구하여야 하며 분석기술 유지를 위한 훈련, 노후된 기기장치 정비, 변질된 표준물질 사용금지 등을 통하여 부정확한 측정이 방지되도록 하여야 한다.

② 탁도계 세정 및 교정, 표준용액 조제 등을 위한 표준절차를 만들어 담당자들이 일관성 있는 방법으로 관리하고 결과를 보증 할 수 있도록 하여야 한다.

③ 시료채수절차에는 채수위치, 채수횟수, 시료취급방법, 운반상 고려사항, 안전상 주의사항 등을 분명하고 간결하게 명시하여야 한다.

④ 탁도를 정확하게 측정하기 위하여 제조사들은 각 모델에 대한 특정 규정을 가지고 있으므로 이에 따라 실시한다.

⑤ 실험실 탁상용 탁도계에 대한 일반사항은 다음과 같다(on-line 탁도계 참고).

- 시료관은 흠집과 오염 또는 손상을 피하기 위하여 조심스럽게 다루어야 한다.
- 시료 셀 또는 셀이 들어가는 상자 내부의 흠집, 지문, 물방울은 측정결과에 영향을 준다.
- 셀은 주기적으로 산 세정하고 흠집을 보완하기 위하여 실리콘 오일을 도포할 수 있다.
- 지문, 얼룩을 피하기 위하여 셀 상단부 또는 마개를 잡고 사용하여야 한다.
- 셀에 시료를 채운 후 외면은 깨끗하고 부드러운 천으로 닦은 후 실험한다.
- 셀의 균일하지 못함으로 인한 영향을 줄이기 위하여 사용할 때마다 셀 상단에 표시된 동일 방향으로 탁도계에 넣어 실험한다.
- 시료는 상당량의 가스를 포함하고 있어 탁도 측정에 영향을 준다(기포 제거를 위해 계면활성제, 부분진공 또는 초음파를 이용하는 방법이 있다).
- 수온과 침강 등이 탁도에 영향을 미치므로 즉시 측정하여야 한다.
- 시료의 온도는 공정수의 온도와 같아야 한다.

(8) 공인기관의 탁도계(on-line) 정밀도 관리

① 근거 : 「환경분야 시험검사 등에 관한 법률 시행규칙」(2009.7.13)

② 정밀도검사 주기 : 최초 정밀도검사는 취득일로부터 2년 후(정밀도 검사주기는 2년)

③ 정밀도검사 대상 : 탁도 연속측정기 및 그 부속기기

[5.7.21 참고 2] 소독에 의한 불활성화비 계산

1) 소독에 의한 불활성화율 계산법

① 실제(현장) 소독능값(CT계산값)의 산정

$$CT_{계산값} = \text{잔류소독제 농도(mg/L)} \times \text{소독제 접촉시간(분)}$$

② 잔류소독제 농도는 정수지 유출부나 잔류소독제 농도측정지점에서 측정한 잔류소독제 농도값 중 최소값을 택한다.

③ 소독제와 물의 접촉시간은 1일 사용유량이 최대인 시간에 최초소독제 주입지점부터 정수지 유출지점 또는 불활성화비의 값을 인정받은 지점까지 측정하여야 한다.

- 추적자시험을 통해 실제로 소독제의 접촉시간을 측정하는 때에는 접촉시간을 측정하기 위해 최초 소독제 주입지점에 투입된 추적자의 10 %가 정수지 유출지점 또는 불활성화비의 값을 인정받은 지점으로 빠져 나올 때까지의 시간을 접촉시간으로 한다.
- 이론적인 접촉시간을 이용할 경우는 정수지 구조에 따른 수리학적 체류시간 ($\frac{\text{정수지사용용량}}{\text{시간당최대통과유량}}$)에 〈표 5.9.1〉(2)장폭비에 따른 환산계수를 곱하여 소독제의 접촉시간으로 한다.

2) 불활성화비의 계산

$$\text{불활성화비} = \left(\frac{CT_{\text{계산값}}}{CT_{\text{요구값}}}\right)$$

① 정수시설의 한 지점에서만 소독하는 경우 잔류 소독제 농도 측정지점에서 불활성화비 $\left(\frac{CT_{\text{계산값}}}{CT_{\text{요구값}}}\right)$를 결정하고 소독에 의한 처리기준 준수여부를 판정한다.

② 정수처리공정 또는 급수과정에서 1회 이상의 소독을 할 경우에는 각 소독단계에서 소독능값을 계산하고 각 단계별 불활성화비를 합한 값으로 소독에 의한 처리기준을 준수하는지 여부를 판정한다. 다만, 취수지점에서 정수장 정수지 유출지점 이외의 지점에 대한 불활성화비의 합산은 정수처리기준 등에 관한 규정에 의해 인증 받은 경우에 한한다.

③ 불활성화비 계산을 위한 소독능요구값(CT요구값)은 다음과 같이 산정한다.

- 정수처리기준 표에서 측정된 pH와 온도범위에 해당하는 상하값을 찾은 후, 그 두 값을 직선화하여 측정된 pH와 온도에서의 소독능요구값을 정한다.
- 일상적인 계산에 있어서는 소독능 산정의 편리 등을 위하여, 측정된 pH와 온도보다 낮은 온도 및 높은 pH를 찾은 후 그 값을 적용할 수 있다.

3) 정수처리기준의 준수여부 판단

계산된 불활성화비 값이 1.0이상이면 99.99 %의 바이러스 및 99.9 %의 지아디아 포낭의 불활성화가 이루어진 것으로 한다.

5.8 완속여과지

5.8.1 총칙

완속여과법은 모래층과 모래층 표면에 증식하는 미생물군에 의하여 수중의 부유물질이나 용해성물질 등의 불순물을 포착하여 산화하고 분해하는 방법에 의존하는 정수방법이다. 그러므로 이 방법은 비교적 양호한 원수에 알맞은 방법으로 생물의 기능을 저해하지 않는다면 완속여과지에서는 수중의 현탁물질이나 세균뿐만 아니라 어느 한도 내에서는 암모니아성질소, 냄새, 철, 망간, 합성세제, 페놀 등도 제거할 수 있다.

이 정화기능을 세분하여 보면, 여과되지 않은 물이 세밀하게 충전된 가는 모래 사이를 느린 속도로 통과함으로써 모래층의 표면에서 기계적인 체거름 작용과 함께 수중의 미립자가 모래입자의 표면에 부착됨으로써 수중의 현탁물질이 모래층의 표면에 억류된다. 이 억류된 물질에 다시 수중의 부식질이나 영양염류가 부착되고 그 위에 조류나 미소생물이 번식하며 또한 이들을 분해하는 다수의 박테리아가 번식하여, 축적된 현탁물질과 생물군 그리고 그 분비물이 피막을 이루면서 생물여과막이 형성된다.

이러한 생물여과막이 형성되면 표층에서 현탁물질의 저지율이 매우 높아지며 유기물은 산소농도가 높은 이 여과막내에서 무기화된다. 또 여과층 내부의 모래입자 표면에는 박테리아와 그 대사물질이 부착되어 우무(寒天)모양의 피막을 형성하고 있어서 유하하는 수중의 암모니아 등을 산화하며 안정시키는 기능도 가지고 있다.

완속여과에서 현탁물질의 저지는 여과모래층의 표층부에 집중되기 때문에 표층부분에서 큰 여과손실수두가 생긴다. 손실수두의 증가에 따라 유출부의 수위를 낮추어(밸브를 개방하여) 정속여과를 유지한다. 그렇지만 손실수두가 커져서 필요한 통수량이 유지되지 않으면 여과를 정지하고 표층부분 10mm 정도의 모래를 삭취하여 모래층의 표면을 재생한다.

완속여과의 장점은 약품처리 등을 필요로 하지 않으면서 이와 같은 정화기능을 안정되게 얻을 수 있다는 점이다. 따라서 완속여과지의 설계에서는 이러한 장점을 고려해야 한다.

한편 단점은 넓은 부지면적을 필요로 하는 것과, 오래 사용한 여과지의 표층을 삭취해야 한다는 것이다. 완속여과지는 그 기능상 유입되는 원수수질에 대하여 다음과 같은 제약이 있다. 우선 완속여과지에서는 여과모래층의 표층에서만 현탁물질이 억류되기 때문에 탁도가 높거나 플랑크톤 조류가 많은 경우에는 표층의 손실수두가 단시간에 높아져서 여과지속시간이 단축되기 때문에 적당하지 않다. 여과지 유입수의 탁도는 연중 최고일 때도 10NTU를 초과해서는 안 된다.

2주 정도의 여과지속일수 밖에 얻을 수 없는 경우에는 탁도와 플랑크톤 조류 등을 미리 전처리하여 농도를 저하시키는 것이 바람직하다. 탁질제거에는 보통침전과 초벌여과(1차여과)가, 또 플랑크톤 제거에는 저수지에서의 처리, 취수수위의 조절, 마이크로스트레이닝(micro straining), 초벌여과 및 응집침전 등의 방법이 있다. 한편 원수 중의 철·망간에 의한 색도는 완속여과지에서 일부를 제거할 수 있지만 휴믹산 등 천연의 안정한 화합물에 의한 색도는 거의 제거가 불가능하다.

완속여과의 정화는 주로 생물작용에 의한 것이기 때문에, 정상적인 생물기능을 저해할 정도로 오염된 물이나 중금속, 시안 등 독극물의 농도, pH 등 이 박테리아나 조류의 기능을 해칠 정도로 높은 물이나 여과층내부의 호기성박테리아의 생존을 위협할 정도로 산소소비율이 크거나 용존산소의 농도가 낮은 물은 직접 완속여과하는 것이 적당하지 않다.

또한 여과층 내에서 유기물과 철, 망간이 산화되기 위해서는 여과층 내부가 호기성 상태여야 한다. 만약 여과모래층 내부에서 용존산소가 결핍되면 여과모래층 내부에서 유기물 분해와 질소산화를 하는 호기성세균이 기능을 하지 못할 뿐 아니라 여과모래층 내에 축적되어 있는 철, 망간 등이 용출되기 때문에 용존산소의 농도가 낮은 물은 직접 완속여과가 적당하지 않다.

그러므로 완속여과는 어느 정도의 오염도까지는 급속여과가 미치지 못하는 광범위한 용해물질을 제거하는 기능을 가지고 있으나, 그 정도를 초과하면 정수기능을 발휘할 수 없게 된다. 이와 같은 경우에는 전처리를 추가하여 수질개선을 도모하거나 다른 정수방법으로 변경해야 한다.

상수원이 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물에 오염될 우려가 있는 경우의 여과지 유출수에 대한 탁도감시는 5.7.1 총칙에 준하여 상시 감시하고 여과지 유출구의 여과수 탁도를 0.1NTU 이하로 유지해야 한다. 여과수 탁도는 충분히 조정된 탁도계를 이용하여 각 여과지마다 측정하는 것이 원칙이지

만, 불가능한 경우에는 각 처리계통마다 측정하는 것으로 할 수 있다. 또한 고도정수처리를 하고 있는 경우의 탁도는 공정의 최종단계또는 모래여과의 여과수로에서 탁도가 0.1NTU 이하가 유지되도록 운전관리를 해야 한다.

[5.8.1 참고 1] 초벌여과설비(조대입자여과)

1. 개요

당초에는 2단여과에서 초벌여과설비는 플랑크톤, 조류, 탁질 등의 부유물질들을 제거하여 완속여과지의 부담을 줄이기 위하여 완속여과지의 전단계로 필요에 따라 설치하였다. 현재는 완속여과지의 전단계용뿐 아니라 직접여과, 인라인(in-line)여과 등의 고속여과로 대체되면서 주목받고 있다. 2단여과의 공정은 1차여과지(초벌여과지)와 2차여과지(최종여과지)로 구성되어 있다. 조립자의 여과층이 플록형성작용을 가지고 있다는 것은 많은 연구에서 인정되고 증명되었다. 1차여과지의 기능은 플록형성으로서 뒤이은 고속여과지에 적합한 플록을 만들며 부유물질의 50~80 %를 제거한다. 그러므로 이 여과지는 응집제의 주입량이나 원수의 성상에 영향을 받는다.

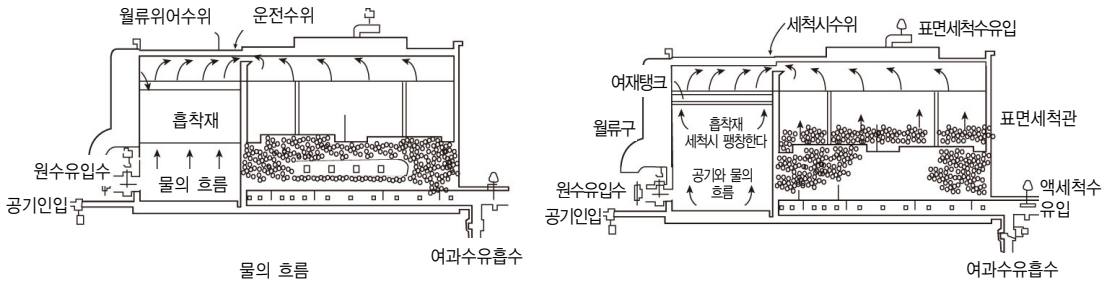
2단여과의 장점은 응집제의 주입량을 감소시키는 것으로, 슬러지 발생량도 적고 직접여과나 인라인 In line)여과와는 달리 2단여과는 단기간의 탁도상승과 조류번성에 견딜 수 있다. 이 여과지의 한 가지 결점은 세척배출수가 두 군데의 여과지로부터 발생한다는 점이다. 2차여과지는 보통 고속여과지에 준한다.

2. 구조와 형상

초벌여과설비의 구조와 형상은 다음과 같다.

1) 구조, 여과면적, 침전지의 수 및 하부집수장치 등은 급속여과지에 준한다.

초벌여과에는 보통 하향류이지만 상향류나 수평류로도 할 수 있고 구조는 각각 다르다. 하향류의 구조는 급속여과지와 거의 같으며 상향류는 여과층 하부의 압력수실을 크게 하여 침전효과를 기대하는 것과 함께 슬러지 배출을 위해 사람이 들어갈 공간을 확보하고 또 배수(排水)하기 위하여 여과층에 적당한 경사를 둔다. 침전지면적은 여과와 세척의 균일성 유지를 위해 하나의 지를 100m^{2}이하로 한다(〈5.8.1 참고도-1〉 실용화된 2단여과방식).



〈5.8.1 참고도-1〉 실용화된 2단여과방식(인용 : Neptune) Microfloc,Inc.)

2) 여과속도와 여재의 입경 및 여과층의 두께는 실험으로 정한다.

여과속도는 원수수질, 여재의 입경, 여과층의 두께 등에 따라 다르기 때문에 실험으로 정하는 것이 바람직하지만, 일반적으로 720~900 m/d가 사용된다. 여재로는 작은 자갈, 안트라사이트 또는 플라스틱을 사용하고 여재의 유효경(De)은 3~6 mm이고 균등계수는 1.5이하이며 여과층 두께(L)는 75~300cm(250〈L/De〈500) 정도가 적당하다. 또한 지지자갈은 유효경 10~20 mm이고 두께는 15~30 cm가 적당하다.

3) 세척방식은 공기와 물을 함께 사용한다.

초벌여과지는 작은 자갈을 여재로 사용하기 때문에 여과층의 세척은 물만으로는 불충분하며 공기세척을 병행한다. 또 보조적으로 기계 또는 인력으로 교반하여 세척하는 방법도 사용된다. 세척트로프는 설치하는 것이 바람직하다. 세척수두 5~10 m, 세척수량 0.6~0.9 m^3/min-m^2, 세척시간 5~8 min, 공기량 0.9~1.5 m^3/min-m^2, 공기압 3~5 m·수주, 통기시간 5~7 min 정도이다.

5.8.2 구조와 형상

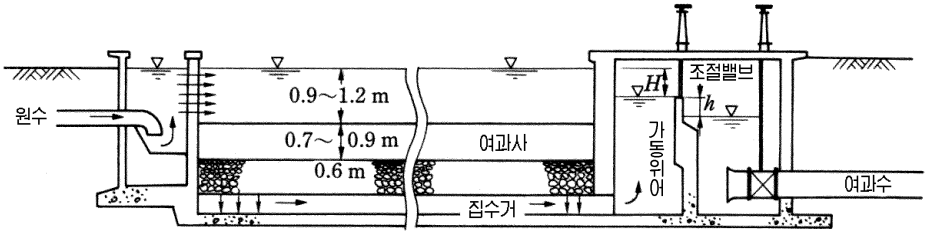
완속여과지의 구조와 형상은 다음 각 항에 따른다.

1. 여과지 깊이는 하부집수장치의 높이에 자갈층과 모래층 두께, 모래면 위의 수심과 여유고를 더하여 2.5~3.5 m를 표준으로 한다.
2. 여과지의 형상은 직사각형을 표준으로 한다.
3. 배치는 몇 개 여과지를 접속시켜 1열이나 2열로 하고, 그 주위는 유지관리상 필요한 공간을 둔다.
4. 주위벽 상단은 지반보다 15 cm 이상 높여 여과지 내로 오염수나 토사 등의 유입을 방지해야 한다.
5. 한랭지에서는 여과지의 물이 동결될 우려가 있는 경우나 또한 공중에서 날아드는 오염물질로 물이 오염될 우려가 있는 경우에는 여과지를 복개한다.

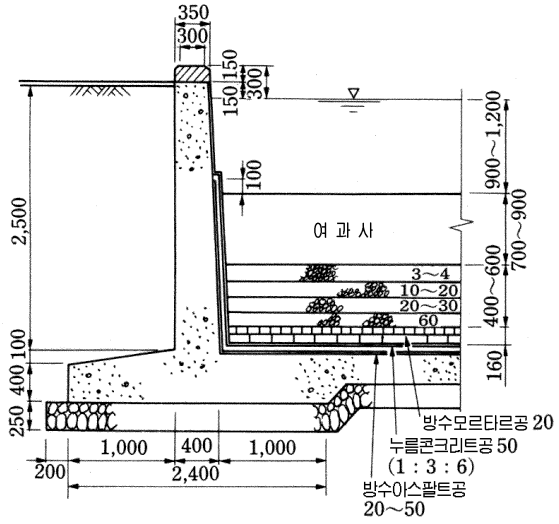
【해설】

완속여과지의 구조는 깊이 2.5~3.5 m의 콘크리트조로 여과지의 바닥에 하부집수장치를 설치하고 그 위에 여과자갈과 모래를 각각 일정한 두께로 부설한 것이다(〔그림 5.8.1〕, 〔그림 5.8.2〕 참조). 또 여과지의 한쪽 끝에는 원수유입구를 설치하고 다른 쪽 끝에는 여과유량을 조절할 수 있는 조절정을 설치한다. 그리고 조절정에는 가동위어나 제수밸브, 수위나 손실수두를 표시하는 지시계 등을 장치한다.

1.에 대하여 ; 여과지의 깊이는 하부집수장치의 높이, 자갈층의 두께, 모래층의 두께, 모래면 위의 수심과 여유고로 정해지지만, 너무 깊게 하면 여과지의 축조비가 증대될 뿐 아니라 여기에 부속되는 다른 구조물도 비경제적인 깊이를 필요로 하게 되는 단점이 있으므로 2.5~3.5 m의 범위 내가 적당하다.



[그림 5.8.1] 완속여과지 구조도의 예(단위 : mm)



[그림 5.8.2] 완속여과지 단면도 예(단위 : mm)

2.에 대하여 ; 직사각형의 여과지가 원형이나 부채꼴보다도 건설면이나 유지관리면에서 유리하므로 직사각형을 표준으로 한다. 여러 개의 여과지를 서로 접속시켜 축조할 경우 주벽과 칸막이벽의 길이 및 경제성을 고려하여 형상과 크기를 갖도록 배려하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 여과지는 1열 또는 2열로 배치하지만 마주보게 배치하는 경우에는 그 중간 또는 외측에 여과지를 인접해서 조절정을 설치하는 것 외에 삭취한 표층모래나 또는 보충용 모래를 보관하는 장소로 이용하기 위해서 여과지 면적에 따라 충분히 넓은 공간을 두어야 한다.

4.에 대하여 ; 여과지는 수돗물을 생산하는 중요한 시설이므로 지표면으로부터의 오염수나 토사 등의 유입을 방지해야 한다. 이를 위하여 여과지 주벽부는 지면보다 적어도 15 cm 이상 높일 필요가 있다.

5.에 대하여 ; 한랭지에서는 동절기에 여과지의 물이 동결되는 경우가 있고 여과지의 물이 동결되면 작업이 불가능하다. 이러한 우려가 있는 지역에서는 여과지의 물이 동결되는 것을 방지하는 방법으로 완속여과지를 복개한다. 이러한 경우 표층을 삭취하기 위한 기기 반출입, 삭취된 모래 및 보충용 모래

를 보관할 공간, 세척된 모래의 적치공간 및 기기를 보관하는 곳 등을 고려하여 지장이 없는 구조로 하고, 가능한 한 중간에 기둥이 없는 것이 바람직하다. 또한 여과지의 주벽 상단으로부터 적어도 2.1 m 이상의 공간을 두어야 한다. 공중에서 날아드는 오염물질로 물이 오염될 우려가 있는 경우에도 마찬가지로 한다.

5.8.3 여과속도

완속여과지의 여과속도는 4~5 m/d를 표준으로 한다.

【해설】

완속여과는 본질적으로 표면여과이며 또 표층을 긁어냄(削取)으로써 여과기능이 재생되기 때문에 여과층 내부로 현탁물질이 침입되도록 하는 조치를 절대로 피해야 한다. 그러므로 여과속도를 너무 빠르게 하면 여과층 전체가 빨리 악화되어 탁질이 누출되고 높은 손실수두가 발생되어서 여과지속일수가 단축되는 등의 단점이 있으며, 여과속도가 느릴수록 완속여과의 정수기능이 우수하게 발휘된다.

경제성까지 포함하여 경험상으로 종합적으로 판단해 볼 때 일반 표류수에서는 4~5 m/d가 적절하므로 이를 표준으로 한다. 다만, 원수수질이 양호하고 특별한 지장이 없을 경우에는 그 보다 빠르게 할 수 있다. 그러나 여과속도를 너무 빠르게 하면 여과지속일수가 단축되고 유지관리상 장애가 있으므로 8 m/d까지를 한계로 한다.

상수원이 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 오염될 우려가 있는 경우에는 여과속도는 5 m/d를 넘지 않도록 한다. 여과모래를 교체한 다음에는 여과수를 배출시키면서 생물막이 다시 형성되어 정수 탁도가 0.1NTU 이하로 될 때까지 낮은 여과속도로 여과하고 서서히 여과속도를 올리도록 한다(여과기능이 발휘되는데는 하절기에 1일 정도, 동절기에 7일 정도를 요한다).

5.8.4 여과면적과 여과지수

완속여과지의 여과면적과 여과지수는 다음 각 항에 따른다. 1. 여과면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 구한다. 2. 여과지의 수는 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고 10지마다 1지 비율로 예비지를 둔다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과지의 총면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 구한다. 또 1지의 면적이나 지수 중 어느 하나가 정해지면 총면적으로부터 자연히 구할 수 있다. 여과지 운용은 운전, 정지, 삭취 및 보사작업 등이 순환으로 이루어지고 있으며, 이것과 정수장의 규모, 건설비 및 유지관리의 난이도 등을 고려하여 1지의 크기를 적절하게 정한다. 일반적으로 사용되는 여과지의 크기는 큰 것은 4,000~5,000 m^2, 작은 것은 50~100 m^2 정도로 만들고 있다.

2.에 대하여 ; 계획정수량과 여과속도로부터 구한 필요 여과면적이 작더라도 여과지의 운영상 예비지가 필요하다. 필요한 예비지의 수는 여과지속일수, 오사삭취 시간이나 모래를 보충하는 소요일수에 따라 차이가 있으나 적어도 10지마다 1지의 비율로 설치하는 것이 필요하다.

여과지속일수는 주로 유입수의 수질과 여과속도에 따르며, 오사삭취 시간이나 모래보충 일수는 그 작업능률이나 여과지면적으로 결정된다.

5.8.5 모래층두께와 여과모래

완속여과지의 여과모래와 모래층의 두께는 다음 각 항에 따른다.

1. 여과모래의 품질은 입도분포가 적절하고 협잡물이 적으며 마모되기 어렵고 위생상 지장이 없는 것으로 안정적이고 효율적으로 여과할 수 있어야 한다.
2. 모래층의 두께는 70~90 ㎝를 표준으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과모래의 품질은 규격으로서 한국상하수도협회규격 KWWA F 100(수도용여과모래시험방법)에 준거하고 판정할 수 있다.

선정표준의 각 항목은 다음과 같다.

⑴ 외관은 먼지나 점토질 등의 불순물이 적으며 편평하거나 취약한 모래를 많이 포함하지 않아야 하고 석영질이 많고 단단하며 균질의 모래이어야 한다.

⑵ 유효경은 0.3~0.45 mm이어야 한다. 고운 모래일수록 여과층에서 세균과 미립자를 제거하는 효과는 크지만, 반면 고운 모래는 폐색되기 쉽고 삭취회수가 많아져서 비경제적이므로 작업상 및 경제적인 관점에서 완속여과지용 모래의 유효경은 0.3~0.45 mm가 바람직하다.

⑶ 균등계수는 2.0 이하이어야 한다. 완속여과는 표면여과이므로 급속여과와 같이 세척에 따라 굵은 입자(粗粒子)와 고운 입자(細粒子)가 상하로 분리되지 않으므로 균등계수의 상한은 그렇게 중요한 의미를 갖지 않는다. 그러나 균등계수가 너무 크면 세립자와 조립자의 여재가 치밀한 여과층을 구성함으로써 높은 저지율(阻止率)을 나타내는 반면 손실수두가 너무 커진다. 또 오사세척으로 장시간 작은 입자들이 유출되어 전체 입경분포가 변하며 유효경을 증대시키게 된다.

⑷ 최대경은 2 mm이내로 또 최소경은 0.18 mm으로 하며 부득이할 경우에도 그 입경을 초과하는 것이 1 % 이하라야 한다.

⑸ 그 외에 세척탁도, 강열감량, 비중, 마멸률, 염산가용률 등은 5.7.6 여과층의 두께와 여재를 참조

2.에 대하여 ; 완속여과는 탁질제거면에서 보면 표면여과이지만, 내부여과층에 용해성 물질을 제거하는 기능을 가지고 있으며 여과수의 안전을 확보하기 위하여 어느 정도의 여과층 두께가 필요하다. 간단한 삭취만으로 계속하여 여과기능을 재생하기 위하여 모래저장과 여과모래표면의 숙성 등도 겸하여 모래층의 최초두께 또는 보사 후의 두께는 70~90 ㎝가 적당하다.

삭취를 반복하였을 때 여과수의 수질을 저하시키지 않는 모래층의 최소두께는 원수수질, 여과속도,

모래입자의 오염정도와 모래의 입경 등에도 관계가 있으나 모래층의 생물기능의 분포와 경험으로 판단하여 약 40 cm가 한계이다. 실제로 모래층의 두께가 감소됨에 따라 모래층 내의 오염도가 급속히 증가하고 여과수질이 악화되는 경향이 있으므로 모래층 두께를 그 이상 얇게 하는 것은 바람직하지 않다.

5.8.6 자갈층의 두께와 여과자갈

완속여과지의 자갈층 두께와 여과자갈은 다음 각 항에 따른다.
1. 여과자갈의 품질은 자갈의 형상이나 입경 등이 적절하고 협잡물이 적고 위생상 지장이 없는 것으로 모래층을 충분하게 지지할 수 있어야 한다.
2. 여과자갈의 입경과 자갈층의 두께는 하부집수장치에 맞춰 적절하게 정하고 또한 조립자를 아래층에, 세입자를 위층에 순서대로 깔아야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과자갈의 품질은 5.7.7 자갈층의 두께와 여과자갈을 참조한다.

2.에 대하여 ; 완속여과지의 여과자갈은 최대경 60 mm, 최소경 3 mm로 하고, 층의 두께는 400~600 mm를 표준으로 하며 일반적으로 4층으로 깔고 있다. 하부집수장치의 구조에 따라서는 자갈층의 두께를 얇게 할 수도 있고 급속여과지에 준하더라도 가능하다(5.7.7 자갈층의 두께와 여과자갈을 참조).

5.8.7 하부집수장치

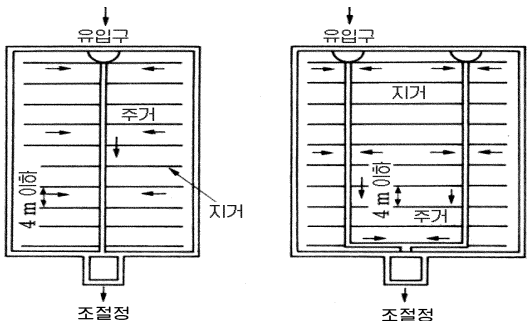
완속여과지의 하부집수장치는 다음 각 항에 따른다,
1. 하부집수장치는 여과지의 모든 부분에서 균등하게 여과할 수 있는 구조로 배치한다.
2. 하부집수장치와 바닥에는 배수(drain)를 고려하여 필요한 경사를 둔다.

【해설】

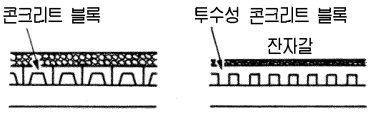
1.에 대하여 ; 하부집수장치는 여과지의 전면에서 균등하게 여과하기 위하여 설치하는 설비이다. 설계에서는 여과지의 모든 부분으로부터 가능한 한 균일하게 집수하며 더구나 적은 손실수두로 물이 흐르도록 하는 연구가 필요하다. 집수거는 주거와 지거로 구분하고 유속은 지거에서 15cm/s 이하, 주거에서 20 cm/s 이하로 한다. 하부집수장치의 배치의 일례를 〔그림 5.8.3〕에 나타내었다. 지거의 간격이 너무 크게 되면, 한 지거가 담당하는 집수면적이 과대해지고 여과가 불균일해지므로 여과지 바닥의 어느 지점에서도 지거까지의 수평거리는 4 m이하로 한다.

급속여과지와 같이 역세척을 하는 것은 아니기 때문에 일반적으로 하부집수장치는 간단한 구조로 한다. 투수성 콘크리트블록이나 유공블록 등을 한 줄로 세우는 방식으로도 할 수 있다(〔그림 5.8.4〕 참조).

2.에 대하여 ; 하부집수장치의 바닥경사는 청소나 그 밖에 여과지를 비웠을 경우에 물이 흐르는데 충분한 경사를 둔다. 지금까지의 경험으로 주거에는 1/200, 지거에는 1/150 정도이다.



[그림 5.8.3] 하부집수거 배치의 예



[그림 5.8.4] 완속여과지의 지거 단면도의 예

5.8.8 수심과 여유고

완속여과지의 수심과 여유고는 다음 각 항에 따른다. 1. 여과지의 모래면 위의 수심은 90~120cm를 표준으로 한다. 2. 고수위에서 여과지 상단까지의 여유고는 30cm 정도로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과층이나 집수장치 등의 마찰저항을 극복하고 물을 통과시키는데 필요한 수두가 여과수두이므로 여과수두의 허용한계는 모래면 위의 수심까지로 한 것이다. 즉 여과수의 수위(유출수위)는 모래층의 표면높이보다 저하시켜서는 안 된다. 그 이유는 손실수두가 그 이상 커지면 모래층 내에 부(-)수두(負水頭)가 발생하여 수중의 공기가 유리되고 모래층 사이에 축적되어 에어바인딩(air binding)을 일으켜서 여과를 방해하기 때문이다. 그런 면에서 여과수두를 증가시키기 위해서는 미리 수심을 증가시켜야 한다. 수심이 얕으면 손실수두에 여유가 적게 되어 여과지속일수가 줄어든다. 또 조류가 발생하거나 풍랑으로 여과막이 손상될 우려가 있다. 그러나 수심을 너무 크게 하면 여과지 깊이가 깊어지고 모래층을 단단하게 만드는 역효과도 있으므로 모래면 위의 수심은 90~120 cm를 표준으로 한다.

또 여과가 지속되는 중에는 여과층에 수류의 변동을 일으키지 않아야 하며 여과지의 수위는 일정하게 유지해야 한다. 그러기 위해서는 수위를 유효하게 조절할 수 있는 위치에 원수(침전수) 유입량을 총 여과수량에 따라 조절하기 위한 제수문, 밸브 및 월류설비 등을 설치해야 한다.

2.에 대하여 ; 여유고를 필요이상으로 크게 잡으면 여과지의 깊이가 커지고 여러 가지 폐해를 일으킨다. 그러나 여유고가 너무 작으면 여과지 내의 수위를 조절하는데 불편을 느끼게 되며 여과지의 크기에도 관계되므로 적어도 풍랑으로 월류되지 않을 정도의 여유고를 가져야 한다. 일반적으로 여유고는 30 cm 정도가 적당하다.

5.8.9 조절정

완속여과지의 조절정은 다음 각 항에 따른다.
1. 조절정에는 유량조절장치를 설치한다.
2. 유량조절장치에는 여과손실수두계, 여과속도 및 여과수량 지시계 외에 필요한 관이나 밸브류를 설치한다.
3. 유량조절장치는 여과지 내에 부(-)수두가 발생하지 않는 구조로 한다.
4. 조절정은 지내 여과수가 오염되지 않는 구조로하고 필요에 따라서 건물을 설치해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 조절정은 여과지에 근접하여 설치하지만, 삭취 직후의 여과지와 장기간 사용하고 있는 여과지는 여과조건이 다르므로 각 여과지를 독립하여 운영할 수 있도록 각 여과지마다 조절정을 설치하고 여기에 조절장치를 설치한다.

또 여과지의 배치 등을 고려하여 조절정과 조절장치의 조작부분을 한 장소에서 집중관리할 수 있으면 여과지의 관리상 능률적이다.

2.에 대하여 ; 여과수량을 설정하고 또 여과속도를 항상 일정하게 유지하기 위하여 유량조절장치를 설치하며 그밖에 여과조작을 원활하게 하기 위하여 상기 계기류, 제수밸브 및 관류를 설치해야 한다.

조절방식으로는 ① 유량계와 밸브의 조합(전자유량계와 버터플라이밸브, 벤투리유량계와 버터플라이밸브), ② 위어나 오리피스(orifice)의 조절이 있다.

가동위어 또는 오리피스(orifice) 등을 사용하는 경우에는 각 여과지에 근접하여 조절정을 설치하고, 그 속에 조절장치를 수용한다. 이런 경우에 조절정이 외부로부터 오염되지 않도록 복개할 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 유량조절장치는 가동위어나 텔리스코오프식 등 위어형을 사용하는 경우에는 여과층 내에 부(-)수두가 발생하지 않도록 하기 위하여 위어의 최저위치는 계획모래층 두께의 모래면보다 높게 해야 한다.

상기 2종의 조절장치는 공기를 함께 흡인할 우려가 있으므로 유출관에 배기장치를 설치할 필요가 있다. 또 오리피스나 벤투리관인 경우에도 여과층 내에 부(-)수두가 발생하지 않는 구조로 만들어야 한다.

4.에 대하여 ; 조절정내로 직접 여과수가 유입할 때는 특히 외부로부터 오염되지 않도록 하기 위하여 조절정의 구조는 균열 등이 발생하지 않는 수밀성 구조로 해야 한다. 또 조절정의 상부에는 조작대, 계기류가 설치되어 있으므로 필요에 따라 건물을 설치해야 한다.

5.8.10 여과수의 역송장치

완속여과지에서 여과수의 역송장치는 다음 각 항에 따른다.
1. 조절정에 연결되는 여과수의 역송장치를 설치한다.
2. 인접여과지의 여과수를 이용하는 경우에 유출관이나 우회관을 역송장치로 이용해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 오사(*汚砂*)삭취작업을 완료한 다음 지내에 원수를 유입시키기 전에 다른 여과지의 여과수를 조절정을 경유하여 역송시킨다. 이것은 모래면의 하부에 형성된 공기를 서서히 배제하고 여과장애가 되지 않도록 하기 위한 방법이다. 역송시킨 물이 모래면상 10cm 정도가 충전되었을 때 역송을 중지하고 원수밸브를 열어서 원수를 서서히 유입시킨다. 여과수 역송에서 조절정 내에 장치된 여과수 유출설비 중 양수위어나 사이펀 등으로는 역송할 수 없으므로 별도의 연결용 역송관을 설치해야 한다.

2.에 대하여 ; 인접한 여과지의 여과수를 이용할 경우에는 특별히 역송장치를 설치하지 않고 유출관 또는 우회관으로 직접 역송시킬 수 있으나, 일반적으로 이러한 조작은 다른 여과지의 여과작업에 지장을 줄 우려가 있으므로 실시하는데는 신중을 기해야 한다.

5.8.11 유입설비

완속여과지의 유입설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 여과지에 접하여 유입측에 유입주관을 설치하고 여기에 연결되는 유입지관에는 제수문이나 제수밸브를 설치한다.
2. 유입지관은 여과지 크기에 따라 1~2개소 설치하고 그 관경은 평균유속 50cm/s정도가 되도록 한다.
3. 유입부의 주위에는 모래면 보호설비를 설치한다.

【해설】

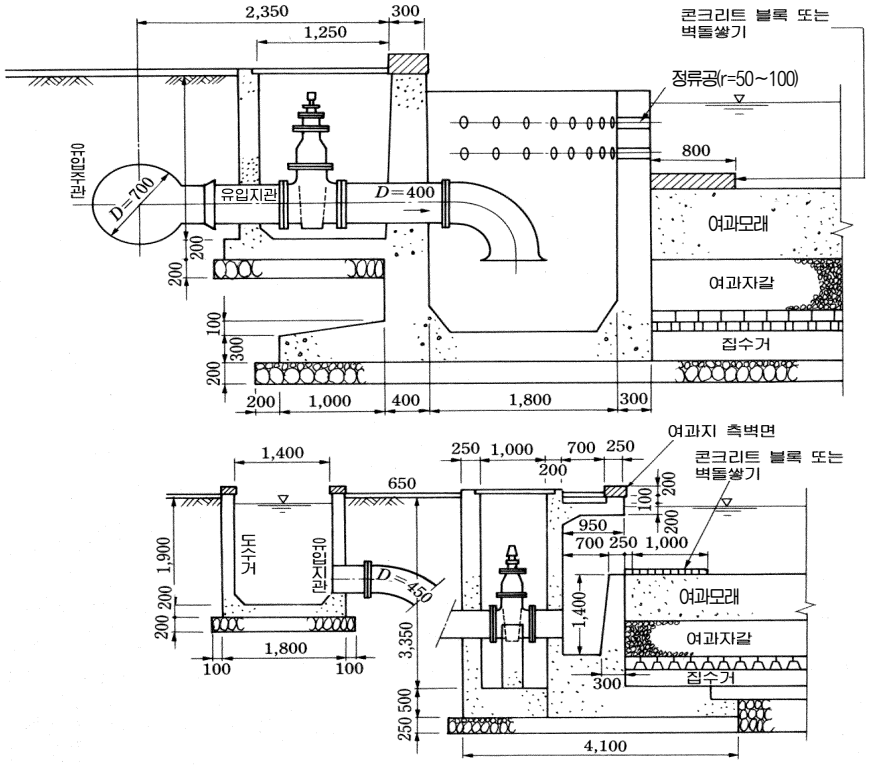
1.에 대하여 ; 원수를 여과지에 도입하기 위해서는 여과지에 근접하여 유입측에 유입주관(거)을 설치해야 하고, 이것으로부터 각 여과지에 유입되는 부분에는 여과지를 운전중지할 경우를 대비하거나 또는 유입량을 조절하기 위하여 제수문이나 제수밸브를 설치해야 한다.

2.에 대하여 ; 유입지관은 여과지 크기에 따라 1~2개소 설치하는 것이 통례이나 유입속도가 빠르면 유입부 부근의 여과모래가 교란되고 여과가 불균등하게 될 우려가 있으므로 유입지관의 관경은 될수록 크게 하며 여과지에 서서히 유입되도록 해야 한다(〔그림 5.8.5〕 참조)).

또 유입속도는 평균 50 cm/s 정도를 표준으로 한다. 실제로는 대개 30~60 cm/s가 많다.

3.에 대하여 ; 유입부 주위는 앞의 "2.에 대하여"에서 기술한 바와 같이 완만하게 원수가 유입되더라도 어느 정도는 여과모래가 교란되므로 이를 최소한도로 억제하기 위하여 유입부 주위의 모래면 폭 1m 정도에 콘크리트판 등을 설치하여 모래면이 세굴되지 않도록 보호해야 한다. 그 밖에 유입부에

반원형 월류위어를 설치하고, 그 중심에 벨마우스(bell mouth)를 하향으로 설치하는 방법, 반원형 유공정류벽을 설치하는 방법 또는 유입측의 측벽 몇m를 월류위어식으로 하여 유입시키는 방법 등이 있다.



[그림 5.8.5] 완속여과지 유입설비(단위 : mm)

5.8.12 월류관

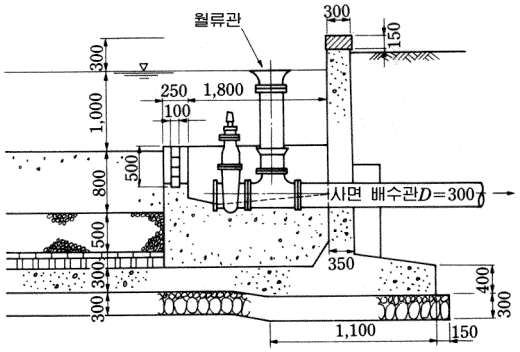
완속여과지에 월류관을 설치하는 경우에는 5.5.8 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관에 준한다.

5.8.13 배수관

완속여과지의 배수관은 다음 각 항에 따른다. 1. 모래면의 상부에 있는 배수관의 관경은 배수시간을 3~4.5시간 정도로 하며, 모래면의 하부에 있는 배수관의 관경은 1~1.5시간 정도로 배수할 수 있도록 정한다. 2. 배수관의 토출구는 상시 배수할 수 있으며 오염수가 역류되지 않는 장소에 설치한다. 3. 상시 배수할 수 없을 경우에는 배수펌프와 배수조를 설치한다. 4. 펌프를 사용하는 경우 배수조의 크기는 배수량의 4분간 분량 이상으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 모래면의 상부에 있는 배수관은 오사삭취작업을 할 때에 모래면상의 여과되지 않은 물을 빨리 배제하기 위하여 설치한다. 보통은 여과지의 유입수를 차단하고 여과지의 수위를 고수위로부터 30cm 정도 저하시킨 다음 모래면 하부 약 20 cm까지의 수량을 모래면 상부의 배수관과 모래면 하부의 배수관으로 배수한다. 모래면 상부는 약 3~4.5시간, 모래면 하부는 30 cm를 1~1.5시간에 배수할 수 있는 관경으로 정한다. 보통은 유출관과 동일한 직경의 배수관을 필요로 한다. 합계 4~6시간으로서 완전히 배수할 수 있는 관경으로 정하는 것이 바람직하다(〔그림 5.8.6〕 참조).



[그림 5.8.6] 월류관과 모래면 상부 배수관의 예(단위 : mm)

2.3.4에 대하여 ; 배수를 장외로 내보내는 경우에는 배수관의 토출구는 상시 배수할 수 있어야 하며 또한 오수가 역류되지 않는 장소에 설치하고 방류수역의 수질기준에 적합해야 한다. 또한 정수장 내에서 처리하는 경우에는 배수밸브와 배수펌프의 용량은 배수작업에 큰 영향을 주기 때문에 여유가 있는 것을 설치한다.

5.8.14 세사설비 등

완속여과지의 세사설비 등은 다음 각 항에 따른다.

1. 여과지에 가까운 곳으로 모래의 반입과 반출에 편리한 장소에 보충용 깨끗한 모래와 걷어낸(削取) 오사(汚砂)를 각각 저장할 수 있는 저장조를 설치한다.
2. 정수장 내에서 걷어낸 오사를 세척할 경우에는 세사장치 외에 적당한 수량과 수압을 가진 세척수압관, 세척배출수 침전조 등 필요한 설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 여과지 근처에는 5.8.2 구조와 형상의 3.에서 기술한 바와 같이 삭취된 오사를 반출하며, 깨끗한 모래를 저장하고 운반하기 위한 공지가 필요하다. 그리고 깨끗한 모래는 먼지 등 불순물의 혼입을 피하고, 더러워진 모래는 비산되는 것을 방지하기 위하여 구분된 저장조를 각각 설치해야 한다.

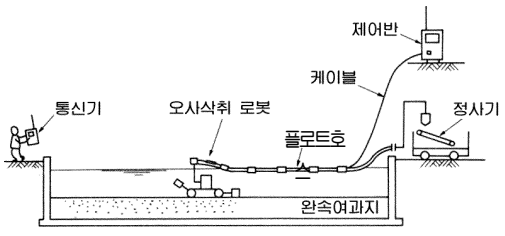
2.에 대하여 ; 오사를 정수장 구내에서 세척하여 재생하는 경우에는 오사를 세척하고 아울러 사용중에 파쇄된 미사나 혼입된 자갈, 목편 등을 제거하기 위하여 세사장치와 세척수조 등을 설치한다. 세척기는 크게 나누어 수류식과 회전체식의 두가지 형식이 있다. 세척에는 통상 수압 200kPa(약 2 kgf/cm^2)에서 오사량의 15~20배 정도의 수량을 필요로 한다. 세척수압이나 수량이 부족하면 세척능률과 세척효과가 떨어지며, 또 과대하면 모래가 유출되기 쉬우므로 적절한 수압과 수량을 유지할 수 있는 고압수설비를 설치해야 한다. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 오염될 우려가 있는 여과모래를 재사용하는 경우에는 세척수 탁도가 2NTU이하로 될 정도까지 세척하고 세척수는 상수원수로 이용하지 않아야 한다.

[5.8.14 참고 1] 오사삭취의 기계화

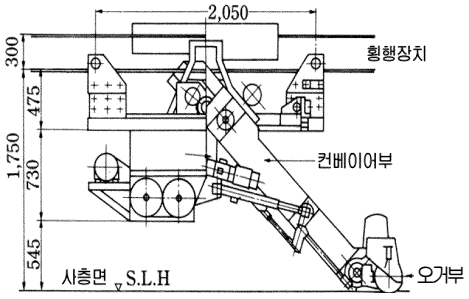
오사삭취 작업에는 많은 인력을 필요로 하기 때문에 기계적으로 작업하는 방법에 관하여 검토되어 왔지만, 실제의 여과지에 사용되는 예는 적다. 여기서는 2가지의 예에 관하여 개략 소개한다. 기계화하고자 할 경우에는 사용하는 기계에 따라 연료나 기름 등의 유지류를 필요로 하지만, 이들의 누설에 의한 여과모래의 오염에 주의해야 한다.

1) 오사삭취 로봇트

물을 빼낸 상태에서 완속여과지의 여과층 위를 미리 기억시킨 주행패턴에 따라 오사를 삭취하여 반출하면서 자동으로 주행하는 전자동 로봇트이다. 자기 위치를 인식하기 위한 각종 센서, 주행로나 오사삭취, 반출동작을 자기제어하기 위한 마이크로컴퓨터, 오사를 균일하게 삭취하고 지 외로 반출하기 위한 스크루형 삭취기와 샌드펌프를 탑재하고 있으며, 그것들을 캐터필러로 주행하는 대차에 탑재하고 있다. 긁어낸 오사는 탁질수와 함께 여과지의 수면에 띄어진 호스를 통하여 이 장치전용의 고속세사기로 보내지고 세사에서부터 체가름과 선별에 이르기까지 일련의 작업을 거의 인력을 들이지 않고서 할 수 있다. 로봇트에의 운전지령은 무선으로 제어반에 보내면 제어반에서 호스에 부착된 케이블로 수중의 로봇트에 전원과 함께 운전신호를 보내는 시스템으로 되어 있다(〈5.8.14 참고도-1〉 참조).



〈5.8.14 참고도-1〉 오사삭취로봇 개념도의 예



〈5.8.14 참고도-2〉 샌드스크레이퍼 장치(단위 : mm)

2) 샌드스크레퍼장치

이 장치는 복개된 완속여과지에 사용된다. 즉 천정의 대들보에 메달려진 주행레일에 매달린 형식으로 설치된 장치로 기기는 다음과 같이 구성되어 있다. 즉 오거부, 컨베이어부, 호퍼, 횡행장치, 주행장치, 회전장치, 급전장치, 연전석, 부대설비로 구성된다.

삭취방법은 오거부를 삭취면에 가볍게 밀착시키고 날개를 회전시켜서 중심으로 모래를 긁어모으면서 횡행레일로 전진한다. 오거중심부에 긁어모아진 모래는 컨베이어로 호퍼에 끌어올려진다. 컨베이어는 오거와 일체가 되어 있고 오거에 연동된다. 호퍼에 채워진 모래는 주행레일에 의하여 외부반출용 컨베이어까지 이동하여 배출된다. 배출은 호퍼 내의 스크류에 의해 자동적으로 이루어진다. 이상 일련의 작동은 상부 운전석에 있는 조작반으로 조작할 수 있게 되어 있다. 구동부는 전부 전동으로 되어 있다. 여과지 간의 이동은 호이스트크레인으로 치켜 올려서 이동한다(〈5.8.14 참고도-2〉 참조).

5.9 정수지

5.9.1 총칙

정수지는 정수처리 운영관리상 발생하는 여과수량과 송수량간의 불균형을 조절하고 완화시킴과 동시에 사고나 고장에 대응하고, 상수원과 수질의 이상시에 수질변동에 대응하며 시설의 점검과 안전작업 등에 대비하여 정수를 저류하는 탱크로 정수시설로는 최종단계의 시설이다. 즉 정수지는 첨두수요 대처용량과 적절한 소독접촉시간($C \cdot T$)의 용량 등을 확보해야 한다.

일반적인 상황에서는 정수량과 송수량은 항상 동일하고 일정하며 수요량의 시간적 변동에 대해서는 배수지에서 대처하는 것이 원칙이지만, 정전 등으로 요구량이 급변하였을 때에는 정수량을 증감시키기 위하여 수량을 조절하는데 상당한 시간이 필요하므로 정수지가 필요하다. 그러므로 정수장 내에 배수지가 있으면 배수지가 이와 같은 역할을 담당한다. 또 염소혼화지가 별도로 없을 때에는 정수지가 주입된 염소를 균일하게 혼화시키는 목적도 겸한다. 정수지에 알맞은 양의 물을 저장해 두면 첨두수요에 맞추기 위하여 여과지의 여과속도를 자주 변경시키지 않아도 되기 때문에 여과수질과 여과지 운전조건을 개선할 수 있다.

정수지 상부는 반드시 복개해야 하고 정수지는 정수장의 정지고나 예상 홍수위보다 0.6 m이상 높게 해야 한다. 정수지 복개부는 조류나 동물, 곤충이나 쓰레기로부터 보호할 수 있도록 방수지붕으로 해야 한다.

5.9.2 구조와 수위

1. 정수지의 구조는 다음 각 항에 적합해야 한다.
   1) 구조적으로나 위생적으로 안전하고 충분한 내구성과 내진성 및 수밀성을 가져야 한다.
   2) 한랭지나 혹서시 수온 유지가 필요할 때에는 적당한 보온대책을 강구해야 한다.

3) 지하수위가 높은 장소에 축조할 경우 부력에 의한 부상방지 대책을 강구해야 한다.
4) 지수는 2지 이상으로 하는 것을 원칙적으로 한다.

2. 정수지의 수위는 다음 각 호에 적합해야 한다.
1) 유효수심은 3~6 m을 표준으로 한다.
2) 최고수위는 시설 전체에 대한 수리적인 조건에 의해 결정해야 한다.
3) 정수지의 저수위 이하의 물은 유출되지 않도록 유출관을 설치하고 저수위 이하의 물과 바닥의 침전물을 배출할 수 있는 배출관을 설치해야 한다.

3. 정수지의 여유고와 바닥경사는 다음 각 호에 적합해야 한다.
1) 고수위로부터 정수지 상부 슬래브까지는 30 cm이상의 여유고를 가져야 한다.
2) 바닥은 저수위보다 15 cm이상 낮게 해야 한다.
3) 바닥에는 필요에 따라 청소 등의 배출을 위해 적당한 경사를 두어야 한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 정수지는 정수를 저류하는 시설이므로 빗물이나 쓰레기 등 외부로부터의 오염을 방지하고 또 조류가 발생되지 않도록 하기 위하여 직사광선이 차단되도록 밀폐구조로 하여야 하며 수밀성과 내구성을 갖는 구조로 해야 한다. 정수지는 일반적으로 철근콘크리트조, 프리스트레스트 콘크리트조, 강판제, 강화플라스틱제(FRP) 등이 있다.

철근콘크리트조인 경우에는 형상은 직사각형이 일반적이나 지형이나 규모 등을 고려하여 원통형 등의 형상으로 하기도 한다. 정수지의 구조는 빔구조와 평판 슬래브구조가 일반적이나 측벽부는 옹벽식이나 부벽식으로 하기도 한다.

철근콘크리트조인 경우에는 수밀성을 유지하기 위하여 양질의 콘크리트를 사용하고 특히 이음부는 누수의 원인으로 되기 쉬우므로 그 위치와 방향에 관한 사항을 설계에 명시하여 정교하게 시공하도록 한다. 이러한 경우 이음부에는 구리 또는 플라스틱제의 지수판을 설치하기도 한다. 콘크리트의 경화수축이나 온도변화에 의한 피해를 최소화하기 위하여 20~30 m마다 신축이음을 설치해야 한다(〔그림 5.9.1〉 참조).

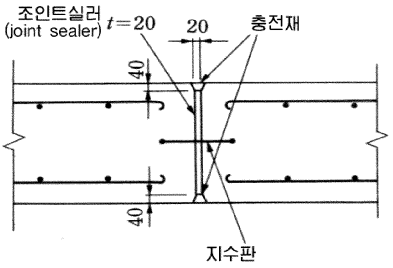
신축이음은 구조상 약점이 되는 경우가 있으므로 그 간격은 효과적인 범위에서 될 수 있는 한 길게 하는 것이 바람직하고 공법 등에 대해서는 설계에 명시해야 한다. 신축이음이 있는 장방형 정수지인 경우에 측면이 개방된 상자(box)형으로 생각되며 지진시에는 상판에 큰 수평력을 받아서 비틀린다. 이러한 경우 신축이음에 부합되게 내진벽을 설계하는 것이 좋다. 상판(슬래브)과 벽 등 개구부의 주변에는 응력집중에 의한 피해가 발생되므로 보강을 위한 철근을 배치해야 한다.

콘크리트의 열화에는 ① 콘크리트에 사용된 골재의 알칼리반응에 의한 피해 ② 콘크리트의 중성화 ③ 염해로 크게 분류할 수 있다.

①은 골재 중에 포함된 비결정 실리카성분이 시멘트 중의 알칼리성분과 반응하여 골재표면에 규산소다(물유리)를 생성하고 이것이 주위의 수분을 흡수하여 생성물질이 체적을 팽창하게 되어 골재 주변부

가 그 팽창압에 의해 균열이 생기는 현상이다.

(SiO_2 + 2NaOH + nH_2O → $Na_2H_2OSiO_4$ · nH_2O)



(A) 신축조인트의 예(단위 : mm)

	종류	기호
FF	flat-flate	FF
FC	flat corrugate	FC
CF	center valve flate	CF
CC	center valve corrugate	CC
UF	uncut flat	UF
UC	uncut corrugate	UC

(B) 염화비닐수지제 지수판

[그림 5.9.1] 신축조인트와 지수판의 예

건조수축이나 온도응력에 의한 균열과 비슷하지만, 반응이 진행되면서 거북이등 무늬모양의 균열이 심해지고 균열폭도 특이하게 커진다. 기존시설인 경우에 균열부위에 수지주입과 방수도장 등의 차수조치로 수분침투를 차단하여 반응의 진행을 억제해야 한다.

신설 시설인 경우에는 실리카광물에 의한 골재에 알칼리 반응이 예측되는 경우에 「골재의 알칼리 실리카 반응성 시험방법」에 의해 실험한다. 반응성 골재를 사용해야 하는 경우에는 저알칼리형 시멘트(총알칼리 0.6 % 이하) 등을 사용하여 알칼리 골재의 반응을 억제해야 한다.

②에는 공기 중의 이산화탄소가 콘크리트 중의 수산화칼슘과 반응하여 콘크리트 중의 pH를 낮추는 현상으로 pH가 낮아지면 철근의 부동태가 존재하지 않아 철근이 부식된다. 이산화탄소가 존재하면 반드시 부식이 되지만, 내구성을 고려하는데 중요한 것은 부식의 속도이다. 그 때문에 물과 시멘트의 비를 작게 하고 정교하게 시공함과 동시에 철근의 피복두께를 증가시키고 수밀성이 높은 표면처리를 하며 철근 자체를 방식처리한다. 특히 이음부의 처리는 적절히 해야 한다.

③에는 세골재로 사용된 해사(sea-sand)에 함유된 염분에 의한 것과, 외부로부터 콘크리트에 침입된 염분에 의한 것이 있다. 해사에 포함된 염화물의 허용한도는 총염소이온량을 0.3 kg/m^3 이하로 한다. 이러한 경우에 세골재의 건조중량에 대하여 NaCl로 환산하여 0.03 % 이하가 된다. 해사 중에 함유된 염화물의 대부분(90 %)은 NaCl의 형태로 존재하고 있으며 철근을 부식시킨다. 또한 알칼리 골재반응을 촉진시키는 경우도 있으므로 해사의 사용에 대해서는 충분히 주의해야 한다.

정수지의 내부는 염소가스로 콘크리트 면이 침식될 우려가 있으므로 수질에 영향을 주지 않는 에폭시 수지도료의 도포로 누수방지의 기능을 겸한 방식도 검토하는 것이 바람직하다. 방법의 한 가지 예를 들면, ① 기초처리(전면 샌드 마감하고), ② 초벌페인트(0.15 kg/m^2 이상), ③ 퍼티(putty)처리(0.5 kg/m^2 이상, 무용제형, 에폭시 함유량 45 % 이상), ④ 중간페인트칠(0.30 kg/m^2 이상, 무용제형, 에폭시 함유량 70 % 이상), ⑤ 덧페인트칠(0.25 kg/m^2, 무용제형, 에폭시 함유량 70 % 이상)

이다.

도료 사용에는 사용목적과 기초처리 등 시공조건을 충분히 고려하고 사전에 시험 등을 통해 적절한 도료를 선정하는 것이 바람직하다. 또한 도장을 하지 않고 피복을 두껍게 하여 염소에 대한 대책으로 대처하는 경우도 있다.

정수지 상부의 상판면에는 방수처리하고 1/100~1/300 정도의 경사를 주어 빗물이 신속하게 배제되도록 한다. 또한 상판의 위에 흙을 덮는 경우에는 상판과 흙이 접하는 부분에 자갈 등을 깔아서 투수층을 만들고 여기에 투수관과 반원관 등을 포설하여 빗물을 신속하게 배제함으로써 방수성을 높이는 것이 바람직하다. 흙을 덮지 않을 경우에도 상부슬래브에 방수처리함과 동시에 경사를 붙여서 빗물이 빨리 배제되도록 하는 것이 바람직하다.

P.S.콘크리트조인 경우에는 형상은 역학적 특성으로 원통형이 일반적으로 사용되고 있으며 수압에 의해 발생되는 휨모멘트에 대처하기 위하여 측벽의 종방향에 PC강봉을, 또 원주방향에 작용하는 수평인장응력에 대처하기 위하여 PC강선을 사용하여 프리스트레스를 걸어준다. 원주방향에 프리스트레스를 걸어주는 방법으로서는 탱크를 원주방향으로 4~8등분한 위치에 기둥을 설치하고 PC강선을 정착시키는 방법과, 기둥을 설치하지 않고 탱크의 원주방향으로 PC강선을 감는 방법이 있다. 측벽과 저판(低盤)과의 접합에는 고정, 힌지(hinge) 및 활동의 형식이 있으나 약점이 되기 쉬우므로 충분히 검토하여 설계하고 시공해야 한다. 또 지붕의 구조에는 돔(dome), 평슬래브 및 프리캐스트판 등이 있고 측벽과의 접합에는 이음새를 설치하는 경우가 많다. 유입관과 유출관 및 점검구 등은 PC강선을 적정하게 배치하기 어려우므로 저판이나 지붕을 설치하는 것이 좋다.

PS콘크리트조의 설계와 시공은 한국콘크리트학회 제정 「콘크리트표준시방서」에 의하고 신뢰할 수 있게 시공되어야 한다.

강판제인 경우에는 형상은 역학적 특성 때문에 원통형으로 하고 저판은 평판으로 하며 지붕은 돔형이 일반적이고 그 이음은 통상 용접이음이 사용된다. 특히 소용량의 경우에는 패널(panel)조립식이 있다.

용접부분의 시공은 신뢰할 수 있는 시공업자로 하여금 정교하게 시공시켜야 하고 엄중한 검사가 필요하다. 강판은 수밀성과 재질의 균일성이 좋고 강도가 높은 점 등의 이점이 있으나, 부식되기 쉬운 문제점도 있다. 특히 내부는 염소와 접하므로 에폭수지시도료 등의 내염소도장(耐鹽素塗裝)을 하고 외부에는 내기후성도장(耐氣候性塗裝)을 해야 하지만, 현시점에서 이들 방식도료에는 완전한 것이 없고 정기적인 재도장이 필요하다. 또 철판의 부식을 방지하기 위하여 양극방식시설을 고려해야 한다.

도장에 의하여 강재의 부식을 방지할 뿐만 아니라 사용하는 강재를 SS재(일반구조용 압연강재)나 SM재(용접구조용 압연강재)보다 더 내기후성을 갖는 SMA재(용접구조용 내기후성 열간압연강재) 등을 사용하여 재도장 회수를 줄이는 방법도 있다. 특히 저판하부의 기초와 접하는 부분은 재도장할 수 없으므로 아스팔트를 도포하고 거기에 오일샌드, 아스팔트, 모르타르 등을 5~10cm의 두께로 깔아서 부식을 줄여야 한다.

강화플라스틱제의 경우는 일반적으로 소용량의 정수지에서 채택되며, 그 형상은 원통형 또는 구형이

많다. 방식에는 내부 쪽은 문제가 없으나 외부는 자외선에 의해 열화되며 또 빛의 투과에 의해 조류가 증식할 우려가 있으므로 도장 등의 대책이 필요하다.

정수지는 미관상, 보온상 및 부상방지 대책으로 흙을 덮는 경우가 많으나 고저차의 관계가 허락하면 정수지를 일부 지상에 노출시켜서 굴착을 적게 하고 토공량을 줄이는 것이 수리적으로나 경제적으로도 유리하다.

1. 2)에 대하여 ; 지역에 따라서는 지내의 수온이 외부로부터 영향을 받는 것을 방지하기 위하여 60cm 정도의 흙을 덮는 대책이 필요하다.

1. 3)에 대하여 ; 정수지는 그 구조상으로 지하수위가 높은 장소에 축조하였거나 되메우기를 한 부분에 빗물이 고였을 경우에 관리상 지의 수위가 내려가거나 비워지게 되면, 정수지구조물이 부상(浮上)됨으로써 불의의 사고를 일으키는 경우가 있으므로 부상방지대책에 특히 유의해야 한다.

구체적인 부상방지대책으로서는 ① 흙덮개를 두어 하중을 크게 하는 방법, ② 말뚝박기를 하여 지반에 정착시키는 방법, ③ 지하수위를 저하시키는 방법 등이 있다.

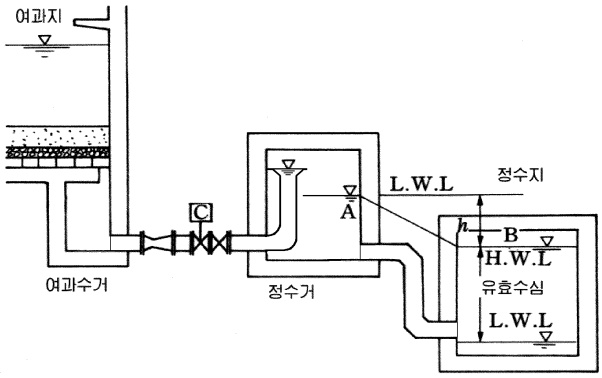
용지이용의 효율화를 위해 정수지를 플록형성지나 여과지 등의 하부에 설치하기도 한다. 축조위치가 깊게 되면 구조에 주의를 기울여야 하고 특히 부력, 내진성, 수밀성에 대해 충분히 검토하여 시설의 안전성을 확보해야 한다. 그러나 이러한 형태의 정수지는 ① 정수지의 여러 지점(심지어는 유출구 근처에서 들어오기도 함)으로부터 여과지 유출수가 들어오므로 소독시간을 신뢰할 수 있도록 계산하기 어렵거나 거의 불가능하며 ② 지아디아 포낭과 크립토스포리디움 난포낭에 대한 소독으로서는 정수지 용량이 부적합하고 ③ 상부 구조물의 균열 등에 의한 미처리수가 유입될 위험 등이 있으므로 가급적 피하는 것이 좋다.

1. 4)에 대하여 ; 정수지는 검사, 청소 및 수선 등으로 비울 때가 있으므로 유지관리상 2지 이상으로 분할하여 설치하는 것이 바람직하다. 또한 각지의 수위가 균형을 유지할 수 있도록 구조와 연결관 등에 대해서도 고려해야 한다.

2. 1)에 대하여 ; 정수지는 정수장 내에서 수리적으로 말단의 비교적 낮은 위치에 설치하는 경우가 많으므로 송수수위를 될수록 높게 하고 또 수위변동을 적게 하기 위하여 유효수심을 너무 크게 하지 않는 것이 바람직하다. 경험상 3~6 m 정도가 일반적이나 정수장의 용지에 고저차가 있어서 수리적으로 가능하면 이것보다 깊게 정수지를 축조할 수도 있다.

2. 2)에 대하여 ; 정수지의 고수위는 여과지의 수위에 영향을 미치지 않도록 여과지와의 사이에 충분한 낙차를 가지고 있어야 한다.

〔그림 5.9.2〕에 표시한 바와 같이 수위 A는 급속여과지 유출거(관) 또는 완속여과지의 조절정 최저수위(여과수두에 대한 것)를 표시하지만, 정수지의 고수위 B는 수위 A로부터 AB간의 손실수두만큼 낮춘 위치에 두어야만 여과지가 정수지 수위의 영향을 받지 않고 완전하게 기능을 할 수 있다.



[그림 5.9.2] 여과지와 정수지의 수위관계도

3. 1)에 대하여 ; 밸브를 잘못 조작하였거나 송수계통의 돌발사고 등으로 정수지 수위가 상승하여 상부슬래브에 상향으로 수압이 걸리는 것을 방지하기 위하여 고수위를 설정하고 상부슬래브와의 사이에 적당한 여유고를 두어야 한다. 고수위에는 월류설비를 설치하여 수위상승을 제한하는 것이 바람직하다. 여유고는 클수록 좋으나 경제적으로는 불리하다는 제한 때문에 경험상 최소 30 cm 정도로 한다.

3. 2)에 대하여 ; 정수지는 정수를 저류하는 곳이지만, 오랜 기간이 지나면 물때가 끼거나 침전물이 쌓이므로 바닥으로부터 적어도 15cm 정도까지의 수량은 사용하지 않기 위하여 저수위 이하의 물은 유출관으로 흘러 들어가지 않도록 하기 위하여 유출관의 최하단 높이를 결정한다.

3. 3)에 대하여 ; 저수위 이하의 물과 침전물을 배제하기 위하여 배출관을 설치해야 하며 배출구를 향하여 1/100~1/500 정도의 경사를 주는 것이 좋다. 정수지가 큰 경우에는 장축방향에 1/500, 단축방향에 1/100~1/250정도의 경사를 줄 수도 있다. 바닥면적이 넓은 경우에는 본체 콘크리트 타설시 경사를 주는 것이 어려우므로 따로 경사용 콘크리트를 타설하는 것이 일반적이다.

5.9.3 정수지의 용량

정수지의 유효용량은 최소한 첨두수요대처용량과 소독접촉시간(C·T)용량을 주로 감안하여 다음과 같이 용량을 결정해야 한다.

1. 첨두수요대처용량은 운전최저수위 이상에서의 용량으로 1일평균소비량을 평균화시킬 수 있는 용량으로 한다.
2. 소독접촉시간용량은 운전최저수위 이하에서의 용량으로 적절한 소독접촉시간(C·T)을 확보할 수 있는 용량이어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수지는 여과수량과 송수량의 변동을 조절하고 완화하는 기능을 하는 것이 므로 정전이나 여과수량과 송수량의 급변 또는 보전작업시간의 확보를 위한 용량이 필요하다. 따라서 수량조절

등이 필요한 시간을 고려하여 최저운전수위 이상의 용량은 1일평균소비량을 평균화시킬 수 있는 용량으로 한다. 따라서 배수지 등 급수구역에 별도의 저수시설이 있는 경우에는 이 용량이 작아진다. 정수지를 비롯한 저류조들이 체류시간을 갖는 것은 모래입자나 플록 또는 침전고형물을 송수되기 전에 침강하여 제거시킬 수 있다.

2.에 대하여 ; 소독제 주입이 정수지의 직전에서 이루어지므로 소독제(염소)와의 접촉시간을 확보하는 역할을 가지고 있다. 균등한 소독제의 혼화 및 제어를 위하여 소독제용 혼화지를 확보하는 것이 효과적이다(5.11 소독설비 참조).

전통적인 정수지 설계는 정수지 내에서의 흐름특성을 무시하였으므로 단락류 뿐만 아니라 정체부를 가지고 있다. 이러한 이유 때문에 기존 정수지의 실제 유량통과시간을 추적자시험으로 찾아내지 않는 한 접촉반응시간으로서의 수리학적체류시간 T는 단지 10 %정도만을 인정하고 있다. 정수지에서 실제 소독시간의 효율계수로서 〈5.9.3 참고표-1〉 도류벽 분류표를 다음과 같이 제시하고 있다. 이는 T_{10}/T로 표현되며 여기서 T_{10}은 실제 체류시간이고 T는 정수지의 용적을 유속으로 나눈 수리학적 체류시간이다.

[5.9.3 참고 1] 소독제 접촉시간 산정 예

소독제의 접촉시간을 산정할 경우에 추적자 실험을 통하여 접촉시간을 측정하는 경우에는 실험용으로 주입된 추적자(불소 또는 리튬클로라이트)의 10 %가 정수지의 유출부 또는 불활성화비를 인정받은 지점으로 빠져나올 때까지의 시간을 접촉시간으로 한다. 이론적인 접촉시간을 이용하는 경우에는 정수지 구조에 따른 이론적인 체류시간에 환산계수를 곱하여 실제 소독제의 접촉시간으로 한다. 환산계수는 정수지 내의 구조에 따라 T_{10}/T의 값을 0.1~1.0의 값을 적용한다. 정수지에서 실제소독시간의 효율계수로서 도류벽의 설치상태에 따른 환산계수표를 〈5.9.3 참고표-1〉과 같이 제시하고 있다. 이 값은 T_{10}/T로 표현되며 여기서 T_{10}은 실제 체류시간이고 T는 정수지의 용적을 유속으로 나눈 수리학적 체류시간이다. 또한 도류벽에 의한 정수지 유로의 장폭비에 따른 환산계수표가 〈5.9.3 참고표-2〉와 같이 제시되고 있다.

〈5.9.3 참고표-1〉 도류벽 분류표

도류벽 상태	T_{10}/T	도 류 벽 설 명
없음(혼화된 흐름)	0.1	도류벽이 없으며 교란되는 정수지이고 장폭비가 아주 낮음. 유입·유출구의 유속이 아주 빠름.
불량	0.3	유입구와 유출구가 하나이거나 복수이지만, 완충기능이 없으며 도류벽이 없음.
보통	0.5	유입구와 유출구에 완충기능이 있고 도류벽이 있음.
양호	0.7	유입구와 유출구에 완충기능이 있고 내부에 도류벽이 양호하게 설치되어 있음.
완전(plug flow)	1.0	장폭비가 크고(플러그흐름형태), 유입·유출구에 완충기능과 내부에 도류벽이 있음.

경험상으로 소독이 잘 되는 흐름특성을 가지고 있는 정수지를 설계하기 위해서는 정수지의 형태가 정사각형이거나 장방형이라고 가정할 때 정수지를 3~5개의 수로가 되도록 구분하는 2~4개의 도류벽을 갖는 것이다. 이러한 배치는 각 수로가 5 : 1~15 : 1의 장폭비를 가지게 되므로 총계의 장폭비는 25~50이며 최소수심은 3m이다. 정수지의 염소접촉조 부분은 지아디아의 불활성화를 위하여 1 mg/L의 유리잔류염소일 때 최소 30분의 순접촉시간을 가져야 한다. 여기서 정수지 수위의 하한은 $C \cdot T$값을 확보할 수 있는 수위로 한다. 또한 정수지의 용량은 1.(첨두수요대처용량)과 2.(소독접촉시간용량)를 고려하여 최소 2시간분 이상을 표준으로 한다.

〈5.9.3 참고표-2〉 장폭비에 따른 환산계수(T10/T)

환산계수(T10/T)	유로의 장폭비(L/W)	T_{10}/T	유로의 장폭비(L/W)
0.10	2 미만	0.65	30 이상 40 미만
0.20	2 이상 5 미만	0.70	40 이상 50 미만
0.30	5 이상 10 미만	0.71이상	50 이상인 경우에는 추적자 실험에 의한다.
0.40	10 이상 15 미만		
0.50	15 이상 20 미만		
0.60	20 이상 30 미만		

1. 장폭비 : 정수지내 일정간격으로 설치된 도류벽에 의해 산출된 실제 물흐름 길이(L)와 물 흐름 폭(W)의 비
2. 관 흐름(pipeline flow)인 경우의 환산계수는 1.0으로 한다.
3. 일정간격으로 도류벽이 설치되지 않은 경우에는 추적자 실험결과에 따라 산출된 환산계수를 적용한다.

5.9.4 유입관, 유출관 및 우회관

1. 정수지의 유입관과 유출관은 다음 각 호에 적합해야 한다.
   1) 지내의 물이 정체되지 않도록 지의 형상과 구조를 고려하여 그 위치를 결정해야 한다.
   2) 저수위 이하의 물은 어떠한 경우에도 유출관으로 유출되지 않도록 배치해야 한다.
   3) 관이 정수지의 벽체를 관통하는 장소는 수밀성에 주의하고 벽의 외측 근처에 필요에 따라 가용성 신축이음관을 설치해야 한다.
   4) 유입관과 유출관에는 각각 제수밸브를 설치해야 한다.
   5) 유출관에는 필요에 따라서 긴급차단장치를 설치하는 것이 바람직하다.
2. 정수지가 1지뿐인 경우에는 다음 각 호에 적합하게 설치해야 한다.
   1) 정수지를 경유하지 않고 직접 송수할 수 있도록 우회관을 설치한다.
   2) 우회관에는 제수밸브를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 유입관과 유출관은 다음에 알맞아야 한다.

1. 1)에 대하여 ; 정수지는 보통의 사용상태에서는 유입량과 유출량이 대개 동일한 것이 배수지와 차

이가 있다는 점이다. 수위가 대략 일정한 상태에서 사용하면 지내에 유수의 정체부가 생기므로 이를 방지하기 위하여 도류벽을 설치하는 것이 일반적이다.

또한 유입수가 흐름의 진행방향과 일치하도록 분사되면 유입구에서 유출구를 잇는 유로로 유출에너지에 의해 유입구의 중앙부분만 유출구를 향하여 빠른 속도로 흘러가므로 가급적 유로전체를 균일하게 흘러가도록 하기 위하여 유입구에는 에너지 분산장치나 분산방법을 고려해야 한다. 유입관은 정수지 내에서 유입속도를 감소시키고 염소를 균등하게 혼합시키기 위한 방법을 강구하여야 한다.

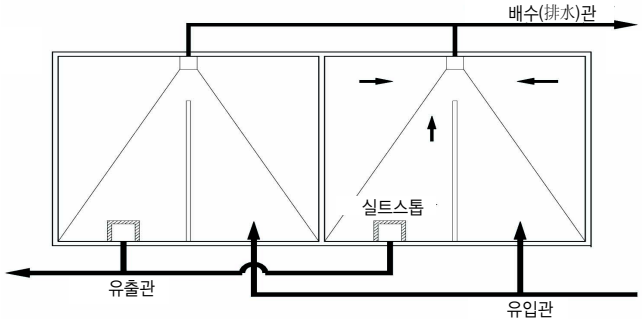
도류벽체의 하단과 바닥면과의 사이는 약 2cm 정도의 간격을 두어서 정수지 바닥의 청소나 배수(排水)를 용이하게 하도록 도류벽 하단의 단면이 쐐기모양 공극을 길게 두는 것이 바람직하다.

1. 2)에 대하여 ; 유출관의 위치는 유효저수량을 전부 유출시킬 수 있는 위치에 설치해야 한다. 유입관과 유출관은 위치를 서로 분리하고 유로가 가장 긴 위치로 배치해야 한다. 이렇게 함으로써 정수지 내의 물의 순환을 개선하여 수질을 균일하게 유지할 수 있다. 또한 유출구에는 실트스톱(silt stop)을 설치하거나 유출관을 저수위보다 높게 유지하여 침전물 등 저수위 이하의 물과 이물질이 유출구를 통해 유출되지 않도록 해야 한다. 〔그림 5.9.3〕과 〔그림 5.9.4〕 참조)

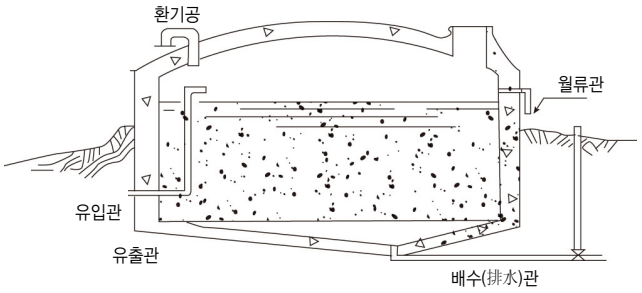
1. 3)에 대하여 ; 관이 벽체를 관통하는 장소는 누수되기 쉬우므로 특히 주의하여 시공해야 한다. 〔그림 5.9.5〕에 나타낸 바와 같이 상자모양의 관통구를 통해 관을 설치하는 경우가 많지만, 배관주변의 충전에는 충전재료와 충전공법에 관해 구체적으로 명시해야 한다.

또한 지수판이 붙은 관을 설치하는 방법도 있다. 또 정수지 본체와 관 매설부와는 일반적으로 기초조건이나 하중조건이 다르고 부등침하가 일어나기 쉬우므로, 그 침하량에 따라 신축관이나 가용성(유연한) 신축이음을 구조물의 외측에 근접하여 설치한다.

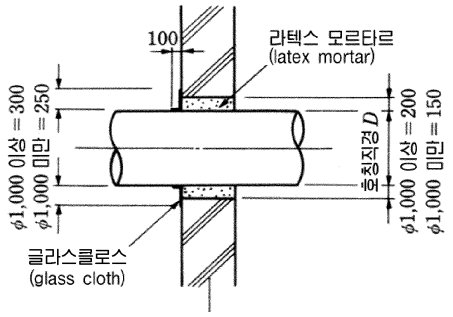
정수지의 측벽 주위에 감시통로를 설치하면 관이나 케이블 등의 포설공간으로 이용할 수 있으며 또한 오염방지와 누수확인 등의 관리상으로도 편리하다(〔그림 5.9.6〕 참조).



[그림 5.9.3] 유입관과 유출관의 배치평면도 예

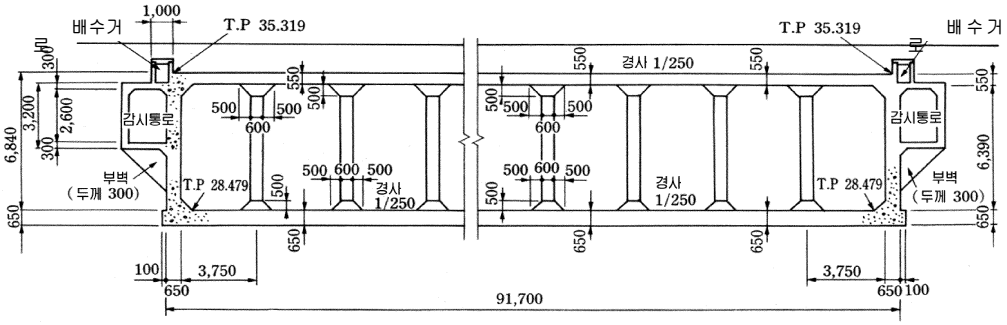


[그림 5.9.4] 정수지(배수지)의 전형적인 단면도의 예



[그림 5.9.5] 벽체관통부의 누수방지 예(단위 : mm)

1. 4)에 대하여 ; 정수지의 수리, 검사 및 청소를 위하여 비우거나 또는 송수관로나 연락관로의 수선이나 점검을 하기 위하여 유입관 및 유출관에는 제수밸브를 설치해야 한다. 제수밸브는 지진시에 구조체와 일체로 움직이도록 구조물의 바닥 또는 바닥판과 일체로 된 밸브기초 위에 설치하면 좋다. 또한 제수밸브를 밸브실 내에 설치할 때에는 관축방향으로 신축할 수 있는 이음관을 사용하면 설치할 때나 수리할 때에 편리하다.



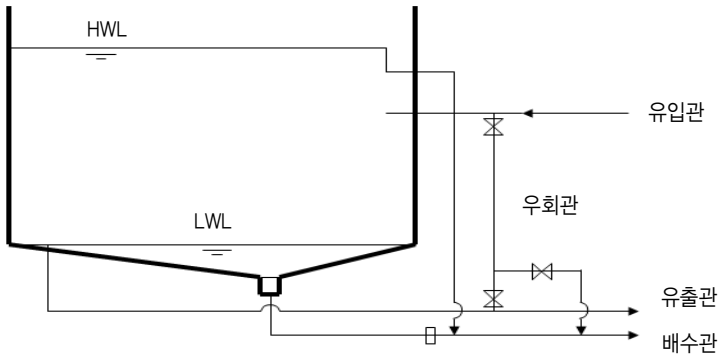
[그림 5.9.6] 정수지 감시 통로의 예(단위 : mm)

1. 5)에 대하여 ; 불의의 사고나 지진 등의 재해로 인하여 송수관이 파손되고 정수가 유출하는 것을 방지하기 위하여 정수지 유출관을 단시간 내에 차단할 수 있는 긴급차단 밸브를 설치하는 것이 바람직하다. 이러한 밸브장치에는 자동으로 낙하되는 형식과 비상전원을 구비한 유압작동의 형식이 있다. 단시간 내에 유출관이 차단되면 관내에 부압이 발생되어 예기치 못한 사고가 일어날 수 있으므로 송수관로에 흡기관, 공기밸브 또는 조압수조 등을 설치하는 것이 필요하다.

2.에 대하여 ; 정수지가 1지인 경우에 우회관은 다음에 알맞아야 한다.

2. 1)에 대하여 ; 수리, 검사 및 청소 등을 위하여 정수지를 비울 때는 유입관과 유출관을 연결하는 우회관을 설치하여 두면 정수지를 경유하지 않고 송수할 수 있으므로 조작상 안전하다.

2. 2)에 대하여 ; 우회관은 항상 사용하는 관이 아니므로 우회관 내의 물은 사수가 된다. 그러므로 우회관의 양쪽 끝에는 제수밸브를 설치하여 절연시켜 두어야 한다. 우회관을 사용할 때는 이 사수를 배출할 필요가 있으므로 배출용 분기관과 제수밸브를 설치하여 배출수관에 접속시킬 필요가 있다.(〔그림 5.9.7〕 참조)



[그림 5.9.7] 정(배)수지의 유입관, 유출관 및 우회관 위치 종단도

5.9.5 월류관과 배수(排水)설비

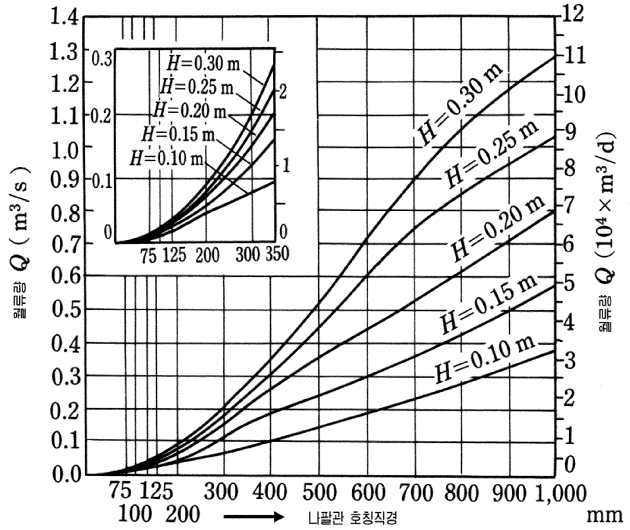
1. 정수지의 월류설비는 다음 각 항에 따른다.
   1) 고수위에 설치하고 나팔관(bell mouse) 또는 위어로 한다.
   2) 월류능력은 지의 면적, 여유고 및 유입량을 고려하여 결정한다.
   3) 월류설비의 방류지점 고수위는 정수지의 월류 수위보다 낮아야 한다.
2. 정수지의 배수(排水)설비는 다음 각 호에 의한다.
   1) 정수지 바닥의 최저부에 배출수관을 설치하고 여기에 제수밸브를 설치한다.
   2) 배수관(排水管)의 구경은 저수위 이하의 수량과 배출시간을 고려하여 결정한다.
   3) 배수관(排水管) 토출구의 고수위는 정수지의 최저부보다 낮게 한다. 전량을 자연배수 할 수 없는 경우에는 배수실(排水室)을 설치하여 펌프로 배수할 수 있도록 한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 정수장 내의 수위는 착수정에서 종합적으로 조절해야 하지만, 만일의 경우 정수지의 수위가 상승하여 상부슬래브에 압력이 걸리지 않아야 하므로 월류설비를 설치하는 것이 원칙이다.

1. 2)에 대하여 ; 월류관의 크기는 만일의 경우 유출밸브가 닫혔을 때 유입량과 지의 면적 및 여유고(5.9.2 구조와 수위 참조)에서 계산한 여유용량으로부터 여유시간(여유용량/유입량)을 구하고, 여기에 유입수의 정지조작에 필요한 시간이 길면 적어도 그 시간차에 해당되는 수량을 정지조작시간 내에 월류시킬 수 있는 크기로 한다. 〔그림 5.9.8〕은 나팔관의 월류수심이 10~30 cm일 때의 관경별 월류량을 표시한 것이다.

1. 3)에 대하여 ; 정수지는 수리적 위치로부터 지하에 축조되는 경우가 많으므로 오수가 정수지로 역류되지 않도록 월류관이 방류되는 지점(하천, 하수도, 배출수지 등)의 고수위와 정수지의 월류수위를 잘 조사하여 항상 자연유하로 배수될 수 있도록 한다.



[그림 5.9.8] 월류관(나팔관 부착)에 의한 월류수심(H)과 월류량(Q)의 관계

2. 1)에 대하여 ; 수리, 점검, 청소 등을 위하여 정수지를 비워야 하는 경우가 있으므로 정수지 바닥의 최저부에 호퍼나 상향나팔구를 설치하고 배수관(排水管) 등의 설비를 설치한다.

2. 2)에 대하여 ; 배수관(排水管)은 지내를 비우는 것이 목적이므로 될수록 단시간에 비울 수 있는 관경으로 해야 한다. 저수위까지의 수량은 기본적으로 송수관으로 처리할 수 있으므로 저수위 이하의 수량과 배출시간을 고려한다. 일반적으로 배수관(排水管)의 관경은 유입관경의 1/3~1/2 정도이다.

2. 3)에 대하여 ; 앞의 1. 3)에서 설명한 바와 같이 오수가 정수지에 역류되지 않도록 자연유하로 배

출하는 것이 바람직하다. 자연유하로 배출하는 것이 어려울 경우에는 펌프에 의해 직접 지내로부터 배출시키는 것이 아니고 일단 지외의 피트(pit)에 유입시켜서 펌프로 배출시키는 구조로 해야 하고 역류에 의하여 정수가 오염되지 않도록 해야 한다.

또한 배수(排水)를 방류하는 곳이나 배수처리에는 배수(排水) 수량, 수질 및 배수의 방류규제 상황 등을 고려하여 결정하지만, 하천 등에 배출하는 경우에는 배수의 잔류염소에 의해 어류가 폐사될 염려가 있으므로 필요에 따라 탈염소처리를 해야 한다. 선진국에서는 공공수역의 물고기를 보호하기 위하여 잔류염소가 함유된 물을 공공수역에 방류하는 것을 규제하고 있는 나라도 있으며 최대허용농도는 유리잔류염소와 결합잔류염소 모두 4 mg/L이다.

정수장 외로의 배출이 규제되는 경우에는 월류수나 배수(排水)를 배출수지(排出水池)에 받아서 착수정으로 반송시키는 시스템을 검토할 필요가 있다.

5.9.6 환기 및 출입설비

1. 환기설비는 다음 각 항에 따른다.
   1) 환기장치는 검수실 등에 설치한다.
   2) 송수량의 변동에 해당하는 공기량이 자유롭게 출입할 수 있는 환기면적을 갖는다.
   3) 외부로부터 빗물, 먼지 및 작은 동물 등이 들어가지 못하는 구조로 한다.
2. 출입설비는 다음 각 항에 따른다.
   1) 정수지의 출입설비는 점검과 유지관리가 용이하도록 반드시 계단시설을 갖춘다.
   2) 출입용 계단의 출입부는 환기설비와 겸용할 수 있다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 정수지는 정수를 저장하는 구조물이기 때문에 오염을 방지한다는 관점에서 환기장치, 지내의 출입구, 검수작업을 고려한 검수실 등을 설치하는 것이 바람직하다.

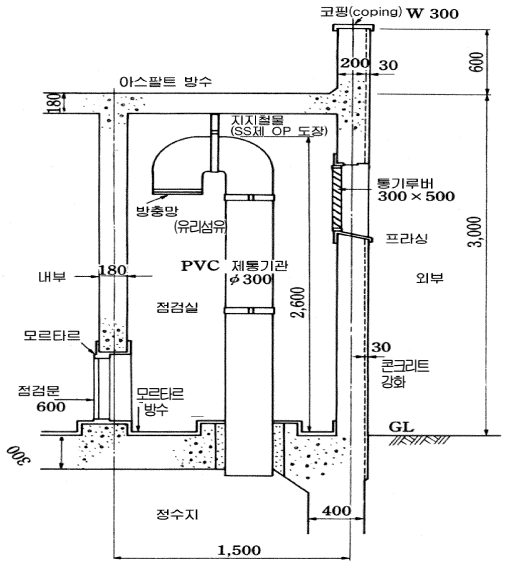
눈이 많이 오는 지역에서는 환기장치나 후드가 눈에 묻혀서 장치의 기능을 발휘할 수 없을 때가 있으므로 환기방법이나 설치장소에는 충분한 주의를 해야 한다.

또한 환기장치 주변의 전기설비, 주택, 풍향 등의 영향에 대해서도 잘 조사하고 설치위치는 평면적인 배치, 높이, 방향성도 고려해야 한다.

예를 들면, 지내로부터 통기관을 검수실 등에 일단 개방하고 검수실의 환기장치에 의존하게 되면 이물질 등이 직접 지내로 들어갈 위험을 방지할 수 있다.

검수실이나 감시실 등의 출입문, 통풍구, 난간 등은 내식성 자재를 사용한다. 그리고 모든 출입문은 자물쇠를 설치해야 한다(〔그림 5.9.9〕참조)

1. 2)에 대하여 ; 송수량이 시간대별로 변동함에 따라 정수지 내의 수위가 변동하므로 공기를 출입시켜서 정수지 내의 기압저하에 의한 월류관으로부터의 오염물질을 빨아들이지 않도록 하는 목적이다. 공기의 유출입은 물의 유출입보다 저항이 적으므로 통풍면적은 유출관의 단면적 정도이면 충분하다.



[그림 5.9.9] 환기실의 예(단위 : mm)

1. 3)에 대하여 ; 환기장치의 개구부에는 외부로부터 빗물, 먼지, 작은 동물, 곤충 등이 들어가지 못하도록 갤러리(gallery) 또는 방충망을 설치한다. 지내의 공기는 염소를 포함하여 부식성이 강하므로 방충망의 재질은 염화비닐, 스테인리스 또는 FRP가 사용된다.

2. 1)에 대하여 ; 정수지는 정수를 저장하는 구조물이므로 정수지의 점검, 장기적인 청소, 시설의 유지관리 등을 위한 지내의 출입설비는 반드시 계단식으로 한다. 계단시설은 가능한 한 완만하게 설치하며 정수지가 깊을 경우에는 중간에 계단참(stair landing)을 시설하고 출입문, 통풍구, 난간 등은 내식성 자재를 사용한다.

2. 2)에 대하여 ; 출입용 계단의 출입부를 환기설비와 겸용으로 사용할 경우에는 2가지 목적을 달성할 수 있는 기능을 갖추어야 하며 특히 빗물이나 먼지 및 작은동물 등이 들어가지 못하도록 특별히 유의해야 한다.

5.9.7 수위계 등

정수지에는 수위계와 검수설비 등을 설치하고 필요에 따라 수위계와 연결 작동되는 경보장치와 유량계를 설치한다.

【해설】

정수지의 수위를 중앙관리실은 물론 여과지나 펌프실의 조작반실 등에 원격지시되고 있으면 조작상 편리하다. 또 유출입밸브를 원격조작하면 정수지 조작상 수위가 급변하는 경우에도 안전하다. 또 고수

위 이하 30cm와 운전최저수위 이상 30cm정도에 수위가 도달하면 경보가 발령되도록 센서를 설치하면 송수의 조작상 대단히 편리하다.

또한 정수가 「먹는물 수질기준」에 적합하며 잔류염소가 목표치로 유지되는가를 감시하기 위하여 검수설비와 수질계측기 등을 설치한다. 필요에 따라서 유출측의 관로에 유량계를 설치하고 계측제어장치에 대해서는 8.11 계측제어용 기기 및 8.13.8 정수지(배수지)를 참조한다.

5.10 부식성 개선

수돗물의 부식성이 강한 경우에는 공급과정중 녹물발생 가능성이 높으며 부식억제제를 주입하거나 알칼리제 주입 등으로 부식성을 개선할 수 있다.

5.10.1 총칙

수돗물의 부식성이 강한 경우에는 수도관의 부식을 촉진시켜 수돗물 공급과정 중 녹물발생 가능성이 높다. 정수장에서 고품질의 수돗물을 생산하여도 공급과정에서 녹물이 발생하면 수돗물 안전성에 대한 고객의 신뢰도가 저하된다. 정수장에서는 수돗물의 부식성을 개선함으로써 공급과정에서 수돗물의 품질저하를 예방할 수 있다. 정수장이나 배·급수계통에서 적용 가능한 수돗물 부식성 개선 방법으로는 부식억제제 주입, 알칼리제 주입 등이 있다.

5.10.2 부식억제제

부식억제제는 수도관의 부식을 억제하여 수돗물에 녹물이 발생되는 것을 방지할 목적으로 첨가하는 물질이다. 부식억제제의 기준과 규격은 환경부 수처리제 고시에 정의되어 있다.

부식억제제의 주입방법으로는 정수장에서 주입하거나, 배·급수계통의 배수지 및 수돗물 공급과정의 마지막 단계인 아파트 및 빌딩의 저수조 전후에 주입하기도 한다.

수돗물 공급과정에서 부식억제제를 주입할 경우는 적정 농도 유지를 위하여 철저한 공정관리가 요구되며, 관리가 부실할 경우 종종 과다투입과 같은 문제가 발생되기도 한다. 반면 미국과 유럽에서는 상수도관의 재질, 수질특성에 따라 차이가 있기는 하지만 녹물의 저감에 긍정적인 효과가 인정되어 부식억제제를 일부 정수장에서 투입하고 있으며, 특히 미국의 경우는 1991년 납 동 규제법(Lead & Copper Rule) 제정 후 그 사용량이 증가하고 있다.

정수장에서 부식억제제를 주입할 경우 위생적인 측면에서 매우 안전하게 관리되어야 하며, 환경부의 고시에서 정하는 기준과 규격에 맞게 사용하여야 한다.

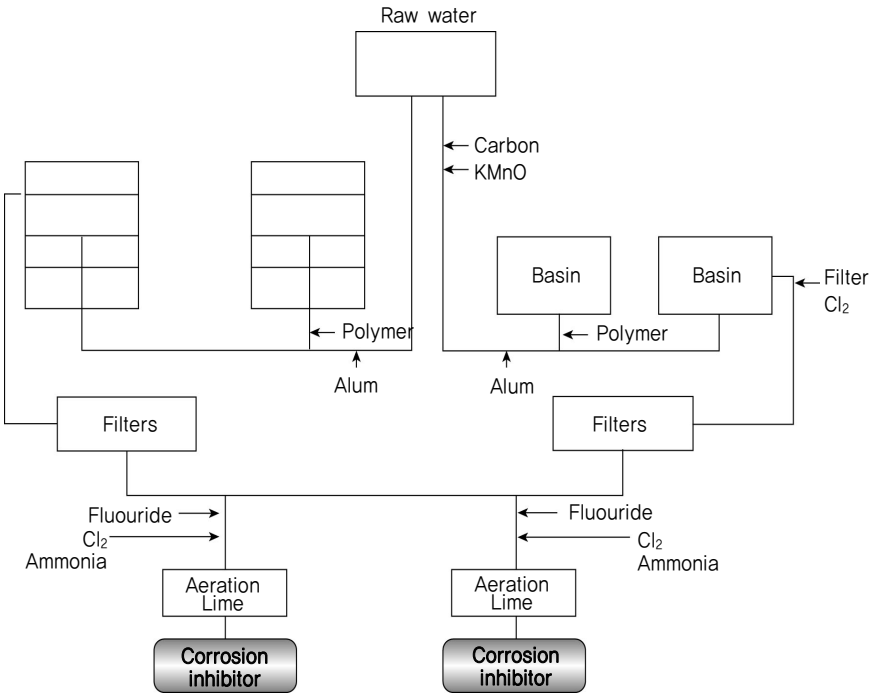
부식억제제는 인산염과 규산염이 주원료로 사용되며, 주요 특징은 〈표 5.10.1〉과 같다.

〈표 5.10.1〉 인산염계 부식억제제와 규산염계 부식억제제의 특징

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">인산염계 부식억제제</th><th colspan="3">규산염계 부식억제제</th></tr>
<tr><td rowspan="4">종류</td><td></td><td>화학식</td><td>특징</td><td></td><td>화학식</td><td>특징</td></tr>
<tr><td>정인산염</td><td>H_3PO_4
NaH_2PO_4
Na_2HPO_4
Na_3PO_4</td><td>칼슘이온이 많은 경우 효과적으로 보호피막 형성</td><td rowspan="3">규산염</td><td rowspan="3">Na_2SiO_3
$Na_6Si_3O_7$</td><td rowspan="3">$(mSiO_2,\ nSiO_3)^{2n-}$와 같은 콜로이드 음이온으로 작용

pH가 낮고 용존산소가 높은 수질에서 처리하기 적당</td></tr>
<tr><td>다중인산염</td><td>$Na_5P_3O_{10}$
$(NaPO_3)_6$</td><td>Polyphosphate가 Orthophosphate로 전환될 때 효과 있음</td></tr>
<tr><td>혼합인산염</td><td>Ortho phosphate
+
Poly phosphate</td><td>Orthophosphate는 부식억제효과, Polyphosphate는 봉쇄제효과</td></tr>
<tr><td colspan="2">인체 유해성</td><td colspan="2">과잉 섭취시 체내 칼슘 소모 등</td><td colspan="2">과잉 섭취시 결석(요석) 초래 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">사용 기준</td><td colspan="2">P_2O_5 기준으로 국내 5 mg/L 이하
프랑스, EU, 일본 5 mg/L 이하</td><td colspan="2">SiO_2 기준으로 국내 10 mg/L 이하
프랑스, EU 10 mg/L 이하
일본 5 mg/L 이하</td></tr>
<tr><td colspan="2">효과</td><td colspan="2">부식속도 감소 및 중금속 용출 제어</td><td colspan="2">고농도 주입시 부식속도 감소
주철관에서 오히려 철용출 증가
동관, 아연도강관에서 효과 미미</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용 사례</td><td>국내</td><td colspan="2">옥내급수관 부식방지를 위해 많은 저수조에서 인산염계 부식억제제 사용</td><td colspan="2">인산염계 부식억제제에 비해 미미한 실적</td></tr>
<tr><td>외국</td><td colspan="2">미국의 경우 수돗물 중 납, 동 용출 방지를 위해 많은 정수장에서 주로 인산염계 부식억제제 사용</td><td colspan="2">문헌상으로 규산염계 부식억제제 사용 사례가 극히 적으며, 일부 지하수를 대상으로 적용한 사례 있으나 효과 미미</td></tr>
</table>

일반적으로 정수장에서는 부식억제제를 소독공정 후단에 주입하고 있으며, 〔그림 5.10.1〕은 정수장에서 부식억제제 주입공정도를 나타낸 것이다.



[그림 5.10.1] 미국 리치먼드 정수장의 부식억제제 주입 공정도

5.10.3 수질조정을 통한 수돗물 부식성 개선

수돗물의 부식성을 직접적으로 측정하는 지표는 현재까지 알려져 있지 않으며, 간접적으로 부식성을 측정하는 대표적인 지표는 〈표 5.10.2〉와 같다. 실제 부식현상의 발생은 주변환경, 관재질 등에 따라 상이하나, 일반적으로 수돗물의 부식성이 높을수록 녹물발생 등 공급과정중에 수돗물 품질이 저하될 가능성이 높다.

〈표 5.10.2〉 수돗물 부식성 관련 지수

지수(index)	계산식	의미
LSI 또는 LI (Langelier Saturation Index)	LSI=pH-pHs	LSI〉0 탄산칼슘 스케일 형상(비부식성) LSI=0 탄산칼슘 평형 LSI〈0 탄산칼슘 용해가능(부식성)
AI(Aggressive Index)	AI=pH+log[(A)(H)] A : 총경도 H :칼슘경도	AI〈10 강부식성 AI=10-12, 약부식성 AI〉12 비부식성
RSI(Ryanar Stability Index)	RSI = 2pHs-pH	RSI〉7.0 부식성 6.5〈RSI〈7.0 평형상태 RSI〈6.5 스케일 형성

출처 : 미국수도협회, Corrosion Control for Operators, 1986

〈표 5.10.2〉의 지표중 랑게리아지수(Langelier Saturation Index, LI)를 일반적으로 사용하고 있다. 랑게리아지수(포화지수)란 물의 실제 pH와 이론적 pH(pHs, : 수중의 탄산칼슘이 용해되거나 석출되지 않는 평형상태로 있을 때의 pH)와의 차를 말하며, 탄산칼슘의 피막형성을 목적으로 하고 있다. 지수가 양(+)의 값으로 절대치가 클수록 탄산칼슘의 석출이 일어나기 쉽고, 0이면 평형관계에 있고, 음(-)의 값에서는 탄산칼슘피막은 형성되지 않고 그 절대치가 커질수록 물의 부식성은 강하다. 이러한 물은 콘크리트구조물, 모르타르라이닝관, 석면시멘트관 등을 열화시키며 아연도금강관, 동관, 납관에 대해서는 아연, 동, 납을 용출시키거나 철관으로부터는 철을 녹여서 녹물발생의 원인이 되는 등 수도시설에 대하여 여러 가지 장애를 일으킨다. 그 대책으로서 랑게리아지수를 개선하게 되면, 수도시설이나 급배수관 등의 부식성 개선 외에 랑게리아지수가 음(-)이더라도 값이 0에 가까우면 관 내면에 탄산칼슘피막이 형성되어, 부식을 방지할 수 있는 것으로 알려져 있다. 〈표 5.10.3〉은 랑게리아지수와 부식성과의 관계를 나타내고 있다. 〈표 5.10.4〉는 미국과 일본의 부식성 관련 수질기준을 나타내고 있다.

〈표 5.10.3〉 LI와 부식성과의 관계

LI	부식특성
+0.5~+1.0	보통~다량의 스케일 형성
+0.2~+0.3	가벼운 스케일 형성
0	평형상태
-0.2~-0.3	가벼운 부식
-0.5~-1.0	보통~다량의 부식

출처 : Kawamura, 정수시설의 종합설계와 유지관리, 2001

〈표 5.10.4〉 수돗물 부식성 관련 미국, 일본 수질기준

구 분	미 국	일 본
pH	7.0 이상	7.5
LI	-	-1.0~0

주 : 일본의 경우 LI≥-1, pH 7.5 정도를 유지하는 것을 국가 수질관리 목표항목으로 설정하여 운영하고 있음

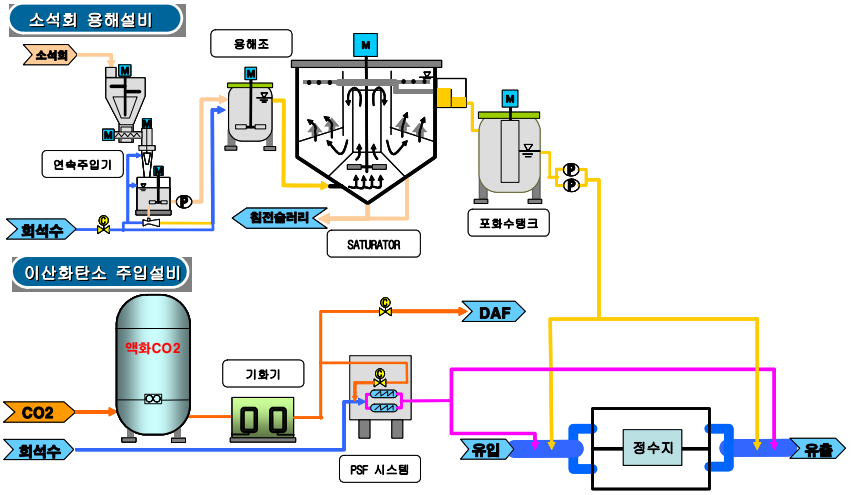
랑게리아지수는 pH, 칼슘경도, 알칼리도를 증가시킴으로써 개선할 수 있으며 소석회・이산화탄소병용법과 알칼리제(수산화나트륨, 소다회, 소석회)를 단독으로 주입하는 방법이 있다. 개선방법의 결정에는 원수수질과 목표로 하는 랑게리아지수 등을 고려하여 선택한다.

소석회・이산화탄소병용법은 처리수에 소석회와 이산화탄소를 주입하여 pH, 칼슘경도, 알칼리도를 동시에 증가시키는 방법으로, 그 반응식은 다음과 같다.

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

소석회・이산화탄소병용법은 칼슘경도, 유리탄산, 알칼리도가 낮은 원수의 랑게리아지수 개선에 알맞은 방법이고, 랑게리아지수를 거의 0에 가깝게 하고 싶은 경우에 효과적이다.

〔그림 5.10.2〕는 K-water에서 운영하는 강원도 횡성군 송전정수장에 설치된 소석회・이산화탄소 병용법 공정도이며, 분체 소석회를 포화조(saturator)를 통해 액상화한 다음 정수지 전단에 이산화탄소와 동시에 주입함으로써 pH, 칼슘경도, 알칼리도를 동시에 증가시켜 부식성을 개선하는 방법이다. 액상소석회가 2007년 수처리제로 지정고시됨에 따라 〔그림 5.10.2〕의 공정을 보다 간단하게 구성할 수 있다. 알칼리제 단독 주입에 대해서는 5.21.2 pH 조정에 준한다.



[그림 5.10.2] 소석회+이산화탄소 주입설비(예)

〈표 5.10.5〉 소석회+이산화탄소 병용주입을 통한 LI 개선사례

구분	수온 (℃)	pH	탁도 (NTU)	전기전도도 (μmhos/cm)	알칼리도 (mg/L)	칼슘경도 (mg/L)	LI
여과수	19.8	6.7	0.051	93.8	14.9	26	-1.99
소석회 8 mg/L	21.4	7.8	0.071	110.4	25.5	37	-0.58
		7.5	0.069	105.8	25.8		-0.82
		7.0	0.069	108.8	25.9		-1.05
소석회 16 mg/L	22.9	7.8	0.069	128.5	35.6	47	-0.25
		7.5	0.066	130.8	35.5		-0.45
		7.0	0.067	131.8	35.8		-0.78
소석회 mg/L	22.3	7.8	0.068	157.9	45.9	57	-0.05
		7.5	0.069	158.1	46.0		-0.24
		7.0	0.071	158.4	45.7		-0.75

〈표 5.10.5〉는 소석회·이산화탄소 동시 주입 공정에서, 소석회·이산화탄소 주입량 변화에 따른 처리수의 pH 및 LI 변화 결과이다. 소석회를 8, 16, 32 mg/L 농도로 주입하고 이산화탄소를 이용하여 pH를 7.0, 7.5, 7.8로 조절한 후 탁도와 LI를 비교하였다.

[5.10.3 참고 1] 랑게리아지수(〈참고표-5.10.1〉 참조)

랑게리아지수는 물의 pH, 칼슘이온량, 총알칼리도 및 총용존고형물농도로부터 다음 식으로 구한다.

랑게리아지수 = 물의 pH - pHs

pHs = A+B - log[Ca^{2+}] - log[총알칼리도]

여기서,

A : 수온관련 상수

B : 총용존고형물관련 상수

Ca^{2+}: 칼슘농도(as CaCO3)

총알칼리도 : 총알칼리도(as CaCO3)

〈5.10.3 참고표-1〉 pHs 산정표

A

수온(℃)	A값
0	2.60
4	2.50
8	2.40
12	2.30
16	2.20
20	2.10
25	2.00
30	1.90
40	1.70
50	1.55
60	1.40
70	1.25
80	1.15

B

증발잔류물(mg/L)	B값
0	9.70
100	9.77
200	9.83
400	9.86
800	9.89
1000	9.90

칼슘경도, 알칼리도 (mg/L)	C값
10	1.00
20	1.30
30	1.48
40	1.60
50	1.70
60	1.78
70	1.84
80	1.90
100	2.00
200	2.30
300	2.48
400	2.60
500	2.70
600	2.78
700	2.84
800	2.90
900	2.95
1000	3.00

출처 : 미국수도협회, Corrosion Control for Operators, 1986

LSI 계산예)

1) 칼슘농도(as $CaCO_3$) : 88 mg/L

2) 총알칼리도(as $CaCO_3$) : 110 mg/L

3) 총용존고형물 : 170 mg/L

4) pH : 8.2, 수온 : 25 ℃

pHs = A+B - 1og〔Ca^{2+}〕- log〔총알칼리도〕

pHs = 2.0+9.81-1.94-2.04 =7.83

LSI = pH - pHs = 8.20-7.83 = 0.37

5.10.4 수질변화 및 부식성 평가

부식억제제 주입 및 수돗물 부식성 제어를 통한 효과검증 및 평가를 위해 공급계통에서 녹물발생빈도, 수도관 부식과 관계된 철, 구리, 아연 등의 농도에 대한 모니터링이 필요하다. 수도관의 부식도를 간접적으로 평가하기 위해 관로내 시편(coupon)을 설치하고 주기적으로 부식진행정도를 평가할 수 있다. 또한 부식성제어를 위한 공정이 이루어지는 정수시설에서는 공급관로와 함께 부식성제어 효과분석을 위한 예비관로 부설을 검토하는 것도 바람직하다.

5.11 소독설비

5.11.1 총칙

수돗물은 병원성 미생물에 오염되지 않고 위생적으로 안전해야 한다. 침전과 여과로는 원수 중의 세균을 완전히 제거하는 것이 불가능하며, 배수계통에서도 위생상의 안전을 유지하기 위하여 수돗물은 항상 확실하게 소독되어야 한다. 이를 위하여 정수시설에는 정수방법의 종류나 시설규모의 대소에 관계없이 반드시 소독설비를 설치해야 한다. 소독방법으로는 염소에 의한 방법, 오존, 자외선 등에 의한 방법이 있으며, 「수도법」에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에서 수도꼭지에서 유지되어야 할 잔류염소를 규정하고 있기 때문에 다른 소독제를 사용하였더라도 최종적으로는 염소제를 사용해야 한다.

염소제의 장점은 소독효과가 우수하고 대량의 물에 대해서도 용이하게 소독이 가능하며 소독효과가 잔류하는 점 등을 들 수 있다. 한편 트리할로메탄 등의 유기염소화합물을 생성하며 특정물질과 반응하여 냄새를 유발하기도 하고 암모니아성질소와 반응하여 소독효과를 약하게 하는 등의 문제가 있을 수 있다. 또한 염소내성미생물인 크립토스포리디움 등 병원성 미생물에 의한 오염문제를 계기로 염소제에 의한 소독이 완전하다고는 단언할 수 없다는 것이 판명되고 있다.

염소제의 선정은 시설규모나 취급성 등을 고려하고 주입량은 수질에 따라 다르므로 충분히 조사하고 이를 기초로 시설용량을 결정한다. 「먹는물 수질기준」의 정수에서 잔류염소의 상한은 4 mg/L으로 정해져 있으나 이는 지나치게 과량이며 과잉주입으로 되지 않도록 주의해야 한다. 염소제의 저장설비는 사용량을 고려하여 적절한 용량으로 하고 주입설비는 최소주입량으로부터 최대주입량까지 정확하게 계량하고 조절하여 주입할 수 있도록 해야 하며, 예비주입기를 포함한 용량과 대수가 필요하다. 또 2종 이상의 소독제를 보유하고 있는 경우에는 소독제의 변경으로 주입기의 고장 등에 대처할 수도 있다.

주입방식은 염소제의 종류나 처리수량의 많고 적음 등을 고려하여 습식과 건식, 정량주입이나 유량비례주입 등 사용조건에 적합한 것을 선정한다.

제해설비는 염소가스가 누출되는 경우 중대한 사고로 연결되지 않도록 하기 위하여 충분한 중화능력을 가져야 한다. 염소제 중에 특히 액화염소는 「고압가스 안전관리법」의 기준을 적용 받으므로 설비의 구조, 재질 및 유지관리 면에서 이들 법령에 충분히 부합될 수 있도록 해야 한다. 또한 설비를 교체하거나 염소제를 변경하는 경우에는 가설설비의 설치, 운전조작, 변경방법 등에 관하여 검토해야 한다.

오존은 매우 강력한 살균효과를 가지고 있어서 바이러스나 원생동물의 포낭을 쉽게 무력화시킬 수 있다. 그러나 염소와 같은 잔류효과가 오존에는 없으며 수중의 유기물질과 반응하여 유해한 소독부산물을 생성할 가능성도 있다. 오존에 의한 소독효과와 오존시설에 대한 상세한 설명은 5.14 오존처리설비를 참고로 한다.

자외선 또한 효과적인 병원성 미생물의 소독방법으로 주목되고 있다. 자외선은 오존과 마찬가지로 잔류효과가 없으나, 유해한 소독부산물을 생성하지 않으며 바이러스와 원생동물을 효과적으로 불활성화시킬 수 있으며 조작과 관리가 간편하다. 자외선 시설에 대한 상세한 설명은 5.15 자외선 소독설비를 참고 한다.

5.11.2 염소제의 종류, 주입량 및 주입장소

1. 염소제의 종류는 처리수량, 취급성, 안전성 등을 고려하여 적절한 것으로 선정한다.
2. 주입량은 다음 각 호에 따른다.
   1) 주입률은 물의 염소소비량, 염소요구량, 관로 등에 의한 소비량을 고려하여 수도꼭지에서의 잔류염소농도가 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에 적합하도록 결정한다.
   2) 염소제를 용해 또는 희석하여 사용할 경우의 농도는 주입량과 취급성 등을 고려하여 결정한다.
   3) 주입량은 처리수량과 주입률로부터 산출된다.
3. 주입지점은 착수정, 염소혼화지, 정수지의 입구 등 잘 혼화되는 장소로 한다.
4. 정수장 밖에서 염소를 추가주입해야 할 필요성이 있는 경우에는 배수지나 관로시설 등에 추가주입설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 염소제로는 액화염소, 차아염소산나트륨 및 차아염소산칼슘(고도표백분 포함) 등이 있으며 차아염소산나트륨은 전해법으로 자가생성하여 사용하는 경우도 있다. 액화염소는 염소가스를 액화하여 용기에 충전시킨 것이다. 염소가스는 공기보다 무겁고 자극성 냄새를 가진 가스로서 독성이 강하므로 취급에 충분한 주의가 필요하며 관계법령의 규정을 준수해야 한다. 액화염소 중의 유효염소성분은 거의 100 %이므로 다른 염소제에 비하여 저장용량은 적어도 되며 또한 품질도 안정되어 있다.

차아염소산나트륨은 유효염소농도가 5~12 % 정도의 담황색 액체로 알칼리성이 강하다. 농도가 높은 것일수록 불안정하며 저장 중에 유효염소가 감소된다. 액화염소에 비하면 안정성과 취급성이 좋으며 법적 규제는 없으나 용액으로부터 분리되는 기포(산소)가 배관 내에 누적되어 물의 흐름을 저해할 가능성이 있으므로 충분히 배려해야 한다.

차아염소산나트륨용액 중에 포함되는 식염분에 따라 일반식염(12.5 % 이하)차아염소산나트륨, 저식염(4 % 이하)차아염소산나트륨, 초저식염(1~2 % 이하)차아염소산나트륨으로 분류된다. 식염분이 많을수록 차아염소산나트륨은 분해되기 쉽다. 수도에 사용되는 차아염소산나트륨의 식염분은 4 % 이하가 바람직하다.

차아염소산나트륨의 자가생성장치에 의한 생산품은 유효염소 농도가 1 % 이하의 묽은 용액이므로 시판되는 차아염소산나트륨에 비하여 기포에 의한 장애는 적지만 장치설비비가 고가인 반면 처리비용은 낮고 운전관리도 용이하다. 차아염소산칼슘은 분말, 과립, 정제가 있으며 유효염소 농도는 60 % 이상으로 보전성이 좋다.

염소제를 선정할 때에는 전술한 바와 같은 각종 염소제의 특성, 유지관리의 난이도 및 재해시의 안전성 등을 고려할 필요가 있다. 일반적으로 중규모 이하의 상수도에서는 시판 또는 자가생성 차아염소산나트륨을 사용하는 것이 바람직하다. 비교적 대규모의 수도라도 시판되는 차아염소산나트륨을 사용하는 예가 많아지고 있다. 수송할 때의 사고로 인한 2차재해를 방지하기 위하여 자가제조하는 차아염소산나트륨을 사용하는 경우도 있다. 또 재해 등 비상용으로 준비해 두기에는 취급성과 화학적 안전성 측면에서 차아염소산칼슘이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 저장설비와 주입설비의 용량은 염소제 주입량을 기초로 결정된다. 설계에 필요한 값은 최대, 최소 및 평균주입량이다.

2. 1)에 대하여 ; 「수도법」에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에서 수도꼭지에서의 먹는물의 잔류염소 농도를 규정하고 있으며, 이 규정농도를 유지하기 위한 염소주입률은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

1) 수도꼭지에서 유지하고자 하는 유리잔류염소농도 또는 결합잔류염소농도는 이질균(*Dysentery bacteria*), 장티푸스균(*Typhoid fever bacteria*) 등의 병원성 미생물을 소독하기에 충분한 농도이어야 하며, 평상시에는 유리잔류염소로 0.1 mg/L(결합잔류염소로 0.4 mg/L) 이상, 소화기계 수인성전염병 유행시 또는 광범위하게 단수한 다음 급수를 재개할 때 등에는 유리잔류염소로 0.4 mg/L(결합잔류염소로 1.8 mg/L) 이상으로 유지하는 것이 「수도법」에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에 포함되어 있다.
2) 물과 접촉하는 상수도시설에 의하여 소비되는 염소량으로는 배수지에서의 소비량, 송·배수관에서의 소비량, 급수관에서의 소비량, 펌프와 계량기 등에서의 소비량이며 시설에 따라 거의 일정하다.
3) 물의 염소요구량 또는 염소소비량은 수중의 유기물, 철, 망간, 암모니아성질소, 유기성질소 등 피산화물(被酸化物)에 의하여 소비되는 염소량이며 원수에 대하여 수질변동기를 포함한 염소소비량을 측정한다.

동시에 이 결과로부터 유리염소, 결합염소 및 파괴점염소처리 등 어느 소독방법으로 하느냐를 정한다. 주입률의 범위(최고, 최저 및 평균)는 위 (1)과 (2)의 합계에 (3)의 값을 고려하여 결정한다. 최고주입률은 원수 중의 암모니아성질소(수질에 따라 다르나 10배 이상의 염소를 소비함)의 장래 동향에 충분히 유의하여 결정한다.

2. 2)에 대하여 ; 차아염소산나트륨은 통상 원액 그대로 사용하지만, 계량 등의 관계로 희석하는 경우에는 유효염소농도를 5~6 % 정도로 하면 자연분해가 낮아서 좋다. 다만, 희석수의 경도가 높으면 관내에 스케일이 형성되므로 주의해야 한다. 차아염소산칼슘은 유효염소농도 5~6 % 정도로 용해하여 주입하며 사용조건에 따라서는 이보다 높은 농도도 사용된다.

2. 3)에 대하여 ; 주입량은 처리수량에 염소제 주입률을 곱하여 산정하며 다음 식으로 예시하였다.

1) 액화염소의 질량주입량

$$V_W = Q \times R \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (5.11.1)$$

V_W : 질량주입량(kg/h)

Q : 처리수량(m^3/h)

R : 액화염소주입률(mg/L)

2) 차아염소산나트륨의 용적주입량

$$V_V = Q \times R \times \frac{100}{C} \times \frac{1}{d} \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (5.11.2)$$

V_V : 용적주입량(L/h)

C : 유효염소농도(%)

d : C %일 때의 밀도(kg/L)

3.에 대하여 ; 소독설비만 있는 정수시설에서는 착수정, 염소혼화지, 정수지입구 등에서, 여과지를 갖춘 시설에서는 여과지 이후의 염소혼화지나 정수지입구 등에서 주입한다(5.12 전염소·중간염소처리 참조).

4.에 대하여 ; 정수장으로부터 송·배수관로의 연장이 길거나 배수지의 용량 등의 관계로 잔류염소농도가 현저하게 감소되거나 특정지역의 수도꼭지까지 거리가 지나치게 길어서 정수장에서 염소제의 과잉주입 우려가 있는 경우에는 가능한 수도꼭지에서 잔류염소를 균일하게 하고 필요한 잔류염소를 유지하기 위하여 배수지나 배수관 도중에 염소주입설비를 설치하여 염소제를 추가 주입하는 방식을 고려할 필요가 있다.

[5.11.2 참고 1] 소독효과

염소나 차아염소산나트륨이 수중에 주입된 후에는 차아염소산과 차아염소산이온이 생성된다. 염소인 경우

$$Cl_2(g) + H_2O \rightleftarrows HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl \rightleftarrows OCl^- + H^+$$

차아염소산나트륨인 경우

$$NaOCl + H_2O \rightleftarrows HOCl + Na^+ + OH^-$$

$$HClO \rightleftarrows OCl^- + H^+$$

차아염소산(HOCl)과 차아염소산이온(OCl^-)은 같은 유효염소지만, 살균력에 차이가 있으며 차아염소산(HOCl)이 살균작용이 강하다. 차아염소산과 차아염소산이온의 존재비는 pH가 낮아질수록 차아염소산의 존재비율이 높아지므로 소독효과는 커진다.

[5.11.2 참고 2] 유효염소

차아염소산나트륨(NaOCl)의 유효염소는 차아염소산이온 중의 염소가 갖는 산화력을 당량의 염소농도로 환산하여 2당량의 산화력을 갖는다.

$$ClO^- + H_2O + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^- + 2OH^-$$

차아염소산나트륨의 유효염소는 차아염소산이온 중 유효염소의 2배로 된다. 즉 Cl_2(g)는 전자 1 mole을 받아들이기 위하여 35.5 g이 필요한 반면, 차아염소산나트륨은 37.27 g이 필요하므로 같은 무게일 경우 순수 차아염소산나트륨은 순수 Cl_2에 비하여 95 %의 유효염소를 갖고 있는 것으로 계산된다.

[5.11.2 참고 3] 유리잔류염소, 결합잔류염소

염소는 물에 용해되면 물과 반응하여 차아염소산(HOCl)과 염산으로 되며 차아염소산은 그 일부가 차아염소산이온(OCl^-)과 수소이온으로 해리된다. 이 반응은 가역적이며 물의 pH나 수온에 따라 변한다. 차아염소산과 차아염소산이온을 유리염소 또는 유리잔류염소라고 한다.

한편 염소는 수중의 암모니아화합물과 반응하여 클로라민을 생성한다. 클로라민은 반응진행정도 및 pH에 따라 모노클로라민(NH_2Cl), 디클로라민($NHCl_2$) 및 트리클로라민(NCl_3)으로 존재한다. 모노클로라민과 디클로라민을 결합염소 또는 결합잔류염소라 한다.

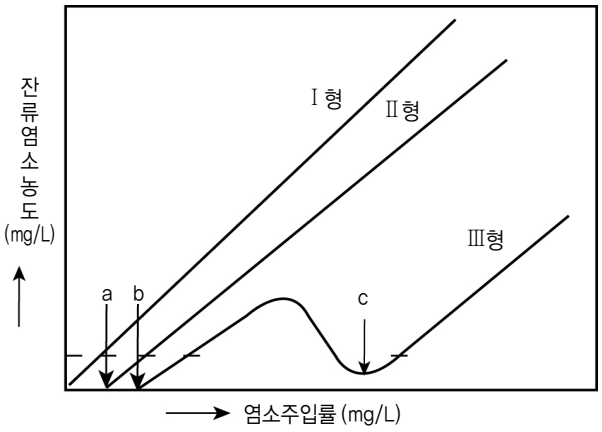
유리잔류염소와 결합잔류염소와의 살균력에는 차이가 있으며 가장 좋은 조건하에서 동일한 접촉시간으로 동등한 소독효과를 달성하기 위해서는 결합잔류염소는 유리잔류염소에 비하여 25배의 양을 필요로 하고 동일한 양을 사용하여 동등한 효과를 올리기 위해서는 약 100배의 접촉시간이 필요하다.

[5.11.2 참고 4] 염소요구량, 염소소비량

유리잔류염소에 의한 소독방법에서는 염소요구량을, 또 결합잔류염소에 의한 소독방법에서는 염소소비량을 각각 기준으로 주입률을 결정할 필요가 있다. 일반적으로 양질의 물에서는 염소요구량과 염소소비량은 동일하지만, 암모니아성질소 등의 농도가 높은 물에서는 그 차이가 크다.

〔5.11.2 참고도-1〕은 염소주입률과 잔류염소농도와의 관계를 나타낸 것인데, 수질에 따라 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ형으로 구분된다. Ⅰ형은 유기물이나 피산화물을 전혀 함유하지 않은 물로서 실제로는 존재하지 않는다. Ⅱ형은 일정한 염소요구량을 가지고 있는 물로 염소주입량의 증가에 비례하여 유리잔류염소가 검출되는 경우이다. Ⅲ형은 수중에 암모니아화합물이나 유기성질소화합물(알부미노이드, 아미노산, 아민 등)을 함유한 경우로 이와 같은 물에 염소를 주입하면 결합잔류염소를 생성하며 주입된 염소량에 따라서 점차 증가한다. 그러나 어느 한도에 도달하면 염소주입률이 증가함에도 불구하고 잔류염소는

감소하며 영(零) 또는 그에 가깝게 된다. 이는 과잉염소에 의하여 클로라민이 분해되기 때문이다. 더욱 염소주입률을 증가시키면 주입된 염소량에 비례하여 유리잔류염소가 증가한다. Ⅱ형에서는 a 점까지의 염소주입률이 염소요구량이며 염소소비량이기도 하다. Ⅲ형에서는 b 점까지의 염소주입률이 염소소비량, c 점까지의 염소주입률이 염소요구량이다.



〈5.11.2 참고도-1〉 염소주입률과 잔류염소농도와의 관계

[5.11.2 참고 5] 결합염소에 의한 소독

특정 지하수에서 볼 수 있는 바와 같이 세균이 적고 암모니아성질소가 일정수준 존재할 경우에는 결합염소(클로라민)로 소독할 수도 있다. 그러나 결합잔류염소는 소독효과가 낮으므로 세균오염도가 높은 경우에는 파괴점염소처리를 고려하는 것이 바람직하나 THM 등 소독부산물 생성에 유의해야 한다.

잔류염소를 오래 지속시킬 필요가 있는 경우나 색도의 상승, 맛·냄새의 발생방지 등의 이유로 결합염소로 소독할 경우에는 염소를 미리 주입함으로써 암모니아성질소 및 생성된 클로라민을 분해한 다음 암모니아의 첨가에 의하여 결합염소를 생성하여 소독하도록 한다. 암모니아는 액체암모니아를 사용하면 염소주입기와 같은 장치로 주입할 수 있다. 결합염소로 소독할 경우에는 주입 후 사용될 때까지 충분한 접촉시간을 갖도록 한다. 또한 원수가 각각 다른 처리수를 배수지에서 혼합시키는 경우에 처리수의 소독방법이 유리형과 결합형으로 각각 다르게 되어 있으면, 잔류염소가 소멸될 우려가 있으므로 이러한 처리수를 혼합시키는 것은 피해야 한다.

[5.11.2 참고 6] C·T값

$C \cdot T$값은 〔5.11.2 참고표-1〕을 참고한다.

〈5.11.2 참고표-1〉 각종 염소제에 대한 미생물들의 $C \cdot T$값

미생물의 종	염 소 제			
	유리염소 pH 6~7	클로라민 pH 8~9	이산화염소 pH 6~7	오존 pH 6~9
E. coli	0.034~0.05	95~180	0.4~0.75	0.02
G. lamblia cysts	65~121(a)	2,200(b)	26(b)	1.9(b)
Cryptosporidium	7,200		277(c)	9.9(c)

주) $C \cdot T$값은 다음의 예외를 제외하고는 5 ℃일 때에 99 % 불활성화하기 위한 값이다.
단위는 $mg \cdot L^{-1} \cdot min$
(a) pH 6~7, 염소농도 0~3.0 mg/L, 5 ℃일 때에 99 % 불활성화하기 위한 값
(b) pH 6~9, 5 ℃일 때에 99.9 % 불활성화하기 위한 값
(c) pH 7, 10 ℃일 때에 90 % 불활성화하기 위한 값(US EPA 2003)

[5.11.2 참고 7] 파괴점염소처리(또는 불연속점염소처리)

수중에 암모니아성질소가 포함되어 있어서 클로라민을 생성하는 경우에는 생성된 클로라민을 모두 파괴하고 유리잔류염소로 소독하는 방법을 말하며, 〈5.11.2-참고도 1〉의 Ⅲ형의 c 점을 파괴점(breakpoint)이라고 하고 이점을 넘어서 유리잔류염소가 존재하도록 염소를 주입하는 방법을 파괴점염소처리라고 한다. 유리염소는 살균력이 강하여 소독효과를 충분히 달성할 수가 있다.

파괴점염소소독을 할 경우 수중의 유기물질과 반응하여 THM 등의 소독부산물을 생성하는 경우가 있으므로 이에 대하여 고려하는 것도 필요하다.

5.11.3 저장설비

1. 액화염소의 저장량은 항상 1일사용량의 10일분 이상으로 한다.
2. 액화염소의 용기에 의한 저장설비는 다음 각 호에 따른다.
   1) 용기는 50 kg, 100 kg, 1 ton 용기를 사용하며 법령에 의한 각종검사에 합격하고 등록증명서가 첨부되었거나 등록번호가 각인된 것이라야 한다.
   2) 용기는 40 ℃ 이하로 유지하고 직접 가열해서는 안 된다.
   3) 용기를 고정시키기 위하여 용기가대를 설치하고, 1ton 용기를 사용할 경우에는 용기의 반·출입을 위한 리프트장치를 설치한다.
3. 액화염소저장조의 저장설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.
   1) 액화염소를 저장조에 넣기 위한 공기공급장치를 설치해야 한다.
   2) 저장조 본체는 법령에 따라 각종 검사에 합격한 것이라야 한다.
   3) 저장조는 비보냉식으로 하며 밸브 등의 조작을 위한 조작대를 설치한다.
   4) 저장조는 2기 이상 설치하고 그 중 1기는 예비로 한다.
4. 액화염소 저장실은 다음 각 호에 적합해야 한다.
   1) 실온은 10~35 ℃를 유지하고 출입구 등을 통하여 직사일광이 용기에 직접 닿지 않는 구조로 한다.
   2) 내진 및 내화성으로 하고 안전한 위치에 설치한다.
   3) 습기가 많은 장소는 피하고 외부로부터 밀폐시킬 수 있는 구조로 하며 두 방향에 출입문을 설치하고 환기장치를 설치한다.

4) 저장조가 설치된 저장실 출입구는 기밀구조로 하고 이중출입문을 설치한다.
5) 방액제와 피트를 설치하여 누출된 액화염소의 확산을 방지하는 구조로 한다.
6) 염소주입기실과 분리하고 용기의 반출입이 편리한 위치로서 감시하기 쉬운 곳에 설치한다.

5. 차아염소산나트륨의 저장설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.
1) 저장조 또는 용기로 저장하고 2기 이상 설치한다.
2) 저장조 또는 용기는 직사일광이 닿지 않고 통풍이 좋은 장소에 설치한다.
3) 저장조의 주위에는 방액제(防液堤) 또는 피트를 설치한다.
4) 저장실은 필요에 따라 환기장치 또는 냉방장치를 설치한다.
5) 저장실의 바닥은 경사를 주고 내식성 모르타르 등으로 시공한다.

6. 기타 염소제의 저장은 (5)에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 염소제는 연속적으로 주입할 수 있으며 또 언제라도 주입량을 증가시킬 수 있도록 항상 어느 정도의 여유량을 저장하고 있어야 한다. 저장량은 지리적 조건 등에 따른 염소제 취득의 난이도에 따라 차이가 있으므로 안전율을 고려하여 계획정수량과 평균주입률로부터 산출된 1일사용량의 10일분 이상으로 한다. 한랭지의 동절기와 같이 입수가 곤란하게 되는 시기가 있을 경우에는 그러한 시기 동안의 소요량을 감안한 저장설비를 설치할 필요가 있다.

2.에 대하여 ; 액화염소를 저장 또는 사용할 경우에는 「고압가스 안전관리법」으로 엄격하게 규제되므로 계획을 수립할 때에 법령의 준수는 물론, 법령이나 규칙에 정해진 기술적 기준에 적합하고 각각의 기능이 충분히 발휘되며 또 유지관리가 용이하도록 해야 한다.

액화염소의 저장설비로서는 용기에 의한 저장과 저장조에 의한 저장방법이 있지만, 「고압가스 안전관리법」에서는 저장, 소비 및 제조 등 그 목적에 따라 다음과 같이 구분하고 있다.

특정고압가스 사용시설 ; 액화염소를 250 kg 이상 저장하고 소비하는 시설로 사용개시 7일 전까지 시장·군수·구청장에게 신고하여야 한다.

고압가스 저장소 ; 액화염소 1,000 kg 이상 저장하는 시설을 말하며, 시장·군수·구청장의 설치허가를 받는다.

고압가스제조시설 ; 저장 능력 또는 처리능력이 1,000 kg 이상인 액화염소를 제조하는 경우에는 특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장의 허가를 받아야 한다.

용기에 의한 저장은 설비가 비교적 간단하고 취급도 용이하다. 또한 법적인 규제도 엄하지 않다. 한편 저장조에 의한 저장은 설비도 복잡하고 법적인 규제도 엄격하다. 일반적으로는 용기방식을 취하는 곳이 많지만, 대규모 정수장(10만 m^3/d 이상)인 경우에 저장조방식을 취하는 곳도 있다.

2. 1)에 대하여 ; 용기는 보통 50 kg용기, 100 kg 용기와 1 ton 용기가 사용되고 있지만, 1일사용량과 용기 교체횟수를 고려하여 용기의 크기를 선정한다.

2. 2)에 대하여 ; 용기는 지붕이 있고 통풍과 환기가 잘 되는 장소에 보관하며 항상 40 ℃이하로 유지

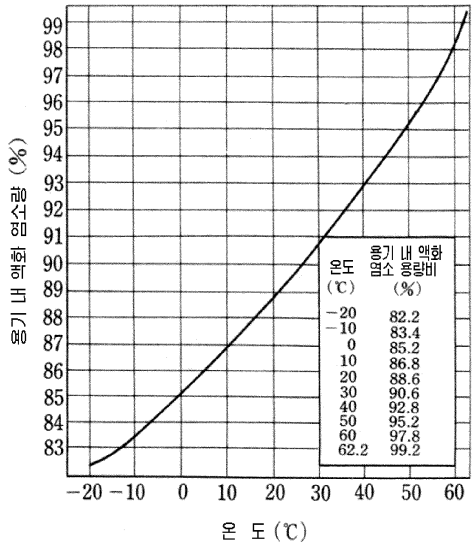
해야 한다. 50 kg용기인 경우에는 상온에서 용기용적의 약 88 %를 점하는 액화염소는 온도가 높아지면 압력과 부피가 늘어 약 65 ℃에서는 99 % 이상을 점하게 된다. 또 염소용기는 절대로 직접 가열해서는 안 된다(〔그림 5.11.1〕 참조).

2. 3)에 대하여 ; 용기를 사용할 경우에는 전도(轉倒) 등의 사고가 없도록 안전하게 용기를 조작할 수 있는 가대를 설치한다.

가대(架臺) 주위에는 용기의 반출입이나 밸브조작 등을 위한 충분한 공간이 필요하며 예비용기를 보관하기 위한 여유가 필요하다. 다수의 100 kg 용기 또는 50 kg 용기를 나란히 세워서 고정시키는 가대로서 강재구조인 것은 용기중심의 간격을 충분히 두고 각각의 용기는 밴드로 가대에 고정시켜야 한다. 다수의 1 ton 용기를 눕혀서 병렬할 경우에는 용기중심의 간격을 충분히 두고 용기중심의 높이는 바닥에 대하여 가능한 낮게 하며, 액화염소로 사용할 경우에는 사용용기의 분출측이 다소 낮아지도록 경사를 두는 것이 바람직하다.

용기 내의 염소소비량과 잔존량을 감시하기 위해서는 50 kg 용기인 경우에는 대칭저울, 1 ton 용기인 경우에는 계중기(load cell)를 설치한다. 또한 용기에서 연속적으로 필요한 압력의 염소가스를 확보하기 위해서는 실온 15~20 ℃에서 50 kg 용기 1개로서는 1 kg/h, 1 ton 용기에서는 7 kg/h를 목표로 동시사용개수를 정한다.

1 ton용기를 저장할 경우에 용기의 반출입을 위하여 용기를 기중기로 운반하는 장치가 필요하다. 그 구조는 로우헤드형 등으로서 반입트럭의 하대(荷臺 : board)로부터 높이를 확보하고 기중속도와 주행속도는 용기운반에 위험이 없는 저속도로 하며 소용돌이 방지장치를 구비해야 한다.



[그림 5.11.1] 온도와 용기용적에 대한 액화염소의 용적비(%)

3. 1)에 대하여 ; 저장조에 의한 저장은 대규모의 소독설비에서 사용된다. 저장조에 액화염소를 저장하기 위해서는 탱크로리로부터 도관을 접속하여 입하(入荷)하며 다량의 압축건조공기를 필요로 한다. 이 압축건조공기를 제조하는 설비가 액화염소입하용 공기공급장치이며 수분이 적고 압력이 높은 건조공기를 다량 제조하는 능력을 필요로 하며 그 구성은 다음과 같다.

⑴ 공기제습장치

건조제에 공기를 통과시킴으로써 공기 중의 습기를 제거하는 흡습제법이 주로 사용된다.

⑵ 공기압축기

고압가스 제조기기로서 규제를 받으며 예비기를 설치해야 한다.

⑶ 냉각분리기

압축된 고압공기를 냉각코일에 의하여 물로 냉각시키면서 먼지나 기름을 공기청정기로 제거한다.

⑷ 공기조

제조된 고압건조공기를 저류하기 위한 탱크로 안전밸브를 설치한다.

3. 2)에 대하여 ; 저장조의 크기는 염소충전량을 기준으로 한다.

3. 3)에 대하여 ; 액화염소는 상온에서 안전하게 저장할 수 있으므로 저장조 본체는 비보냉식(非保冷式)으로 한다. 또한 저장조에는 각종 밸브류가 붙어 있으며 그것들을 조작점검하기 위한 조작가대를 설치한다.

3. 4)에 대하여 ; 저장조는 2기 이상 설치하고 그 중의 1기는 예비로 하여 상시 비어두고 상용저장조의 사고 등이 있을 때 빈 저장조에 액화염소를 이송할 수 있도록 설비하는 것이 바람직하다.

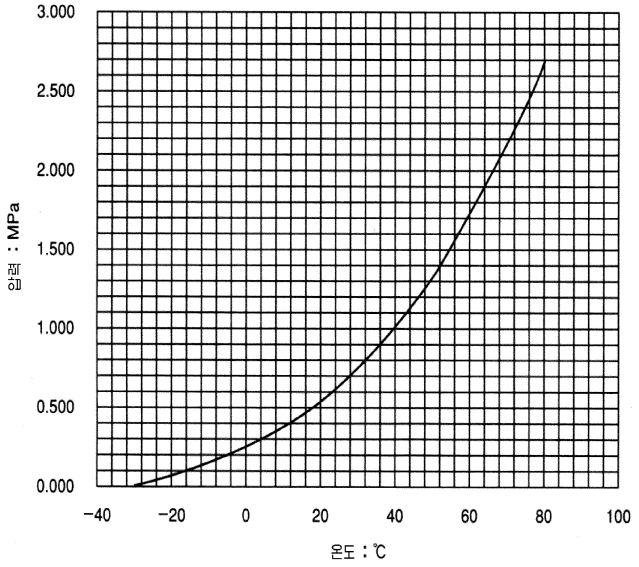
4.에 대하여 ; 염소저장실을 계획할 때에는 먼저 사고방지와 공공의 안전을 최우선으로 한다.

4. 1)에 대하여 ; 용기 내의 온도가 상승하면 염소가스의 압력이 높아지고 액체가 팽창하므로 용적이 증대된다. 온도가 40 ℃가 되면 압력이 1.0 MPa(약 10.5 kg/cm^2)가 되므로 용기에는 직사일광이 닿지 않도록 해야 한다. 또 기화기를 사용하지 않는 경우에는 동절기에도 실온을 10 ℃ 이상으로 유지하지 않으면 염소가스를 빼내기 어려우므로 실온은 항상 10~35 ℃로 유지하는 것이 바람직하다(〔그림 5.11.2〕 참조).

4. 2)에 대하여 ; 저장실은 위험을 방지하기 위하여 내진·내화구조로 한다. 저장실은 두께 12 cm 이상의 철근콘크리트조 또는 그 이상의 강도를 가진 구조로 한다. 높이는 저장용기의 저장·반출·계량 시 지장이 없도록 저장용기 규격 등을 고려하여 결정하여야 한다. 저장실의 외면으로부터 각 보안물건에 대해서는 법에 정해진 이격거리 이상을 유지한다.

4. 3)에 대하여 ; 저장실은 저지 등 항상 습기를 받는 장소를 피하고 건조하고 통풍이 좋은 장소에 설치한다. 지하실 등 통풍이 불량한 장소에서는 그 구조물의 상부에 환기공(강제환기 장치 포함)을 설치하여 통풍환기를 양호하게 하고 비상시 밀폐시킬 수 있는 구조로 하여 염소가스 확산을 방지한다. 염소가스는 공기보다 무거우므로 누출될 경우 바닥으로 깔려 정체되므로 누출가스를 중화하는 재해장치의 흡인구는 바닥의 하부에 설치한다.

4. 4)에 대하여 ; 장래 저장조를 갱신하는 것을 고려하여 반출입구를 준비해야 하며 벽부(壁部)를 블록 등으로 쌓아서 용이하게 뜯어낼 수 있는 구조로 할 필요가 있다.



온도 (℃)	압력 (MPa)
-30	0.020
-25	0.054
-20	0.082
-15	0.121
-10	0.160
-5	0.210
0	0.261
5	0.319
10	0.387
15	0.466
20	0.551
25	0.650
30	0.780
35	0.878
40	1.030
45	1.154
50	1.330
55	1.518
60	1.726
65	1.948
70	2.157
75	2.432
80	2.687

[그림 5.11.2] 온도와 염소가스압력과의 관계

4. 5)에 대하여 ; 누출된 액화염소가 실외로 유출되는 것을 방지하기 위하여 방액제(防液堤)를 설치해야 한다. 또 누출된 액화염소가 증발되고 기화되는 것이 적도록 하기 위하여 피트(pit)를 설치해야 한다. 이들의 용량은 설비 내용에 따라 관계법령에 정해져 있다. 저장실의 측구(側溝)는 외부와 관통되어서는 안 된다.

4. 6)에 대하여 ; 염소취급의 안전을 확보하기 위하여 저장실은 주입기실과 동일한 실에 두지 않고 분리시키는 것이 바람직하다. 이렇게 분리함으로써 저장실에의 점검작업을 위한 출입횟수도 현저히 감소되고 주입기실과 동일하게 보온해야 할 필요도 없어서 효과적이다.

5.에 대하여 ; 차아염소산나트륨(NaOCl)은 보존 중 유효염소가 감소하므로 다음과 같은 점에 유의하여 저장한다.

5. 1)에 대하여 ; 차아염소산나트륨용액을 저장할 경우에는 저장조에 의하지만, 소용량을 저장할 경우에는 용기를 사용한다. 저장조는 밀폐구조(다만, 배기접속구는 설치함)로 하고 2조 이상으로 설치하여 교대로 사용한다.

5. 2)에 대하여 ; 차아염소산나트륨은 직사일광, 특히 자외선으로 분해되며 또 온도상승과 함께 유효염소농도가 저하되기 때문에 저장조나 용기는 직사일광이 닿지 않도록 실내에 설치하는 것이 바람직하고 예비조를 설치하는 경우도 있다.

5. 3)에 대하여 ; 차아염소산나트륨은 강한 알칼리성과 산화작용으로 대부분의 물질을 부식시킨다. 또 산류나 응집제 등의 산과 반응하여 염소가스를 발생하기 때문에 누출되는 경우에 확산을 방지하기 위하여 방액제(防液堤) 또는 피트를 설치하고 가까이는 세척용 급수설비를 마련한다. 방액제 또는 피트의 용적은 1조의 전체 저장용량분의 크기 이상으로 하고 다른 약품과 혼합되지 않도록 한다.
차아염소산나트륨용액의 수납구는 용액명을 명시하여 다른 약품의 수납구와는 구분하고 특히 산성약품과는 수납장소를 이격하여 설치한다.

5. 4)에 대하여 ; 차아염소산나트륨용액의 저장실에는 환기장치 또는 냉방장치를 설치하는 것이 바람직하다. 주위온도의 상승을 억제함으로써 기포발생이나 유효염소농도의 저하를 최소화할 수 있다.

5. 5)에 대하여 ; 누출된 차아염소산나트륨용액으로부터 바닥콘크리트면을 보호하기 위하여 내식성 모르타르나 내식성 도료로 시공한다. 또 누출시의 바닥 세척을 용이하게 하기 위하여 바닥경사를 둔다. 실내에는 세척용 급수설비를 설치한다. 차아염소산나트륨 저장조의 기초는 주입설비에 흘러들어 갈 수 있는 높이로 한다. 저장조실에는 누액검지기를 설치한다.

6.에 대하여 ; 차아염소산나트륨 생성장치는 전해조 내에서 식염수를 전기분해하여 차아염소산나트륨을 생성시키는 장치로서 저장량은 원료염으로서 평균주입량(염소로 환산)의 10일분 이상으로 한다. 발생차아염소산나트륨용액의 저장은 시판되는 차아염소산나트륨용액과 동일하게 배려해야 한다. 차아염소산칼슘은 밀봉하여 건조한 냉암소에 가연성 물질이나 폭발성 물질과의 접촉을 피하여 저장한다.

5.11.4 주입설비

1. 염소제 주입설비는 다음 각 호에 따른다.
   1) 용량은 최대에서 최소주입량에 이르기까지 안정되고 정확하게 주입할 수 있어야 하며 예비기를 설치한다.
   2) 구조는 내부식성과 내마모성이 우수하고 보수가 용이한 구조로 한다.
   3) 배치는 점검정비가 용이하게 배치한다.
2. 액화염소 주입설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.
   1) 사용량이 20 kg/h 이상인 시설에는 원칙적으로 기화기를 설치한다.
   2) 염소주입기실은 지하실이나 통풍이 나쁜 장소를 피하고 가능한 주입지점에 가깝고 주입점의 수위보다 높은 실내에 설치한다.
   3) 염소주입기실은 내진성과 내화성으로 하고 상부에 환기구를 설치하며 바닥은 콘크리트로 하고 한랭시에도 실내온도를 항상 15~20 ℃로 유지되도록 간접보온장치를 설치한다.
   4) 주입기실의 면적은 주입설비의 조작에 지장이 없는 넓이로 한다.
   5) 주입량과 잔량을 확인하기 위하여 계량설비를 설치한다.
3. 차아염소산나트륨용액 주입장치는 다음 각 호에 따른다.
   1) 주입장치가 자연유하방식인 경우에는 주입에 필요한 위치수두를 확보한다.
   2) 주입장치는 가능한 주입점에 가까운 장소의 실내에 설치한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 주입기 용량은 최대주입량으로부터 최소주입량에 이르기까지 안정되고 정확하게 연속 주입할 수 있도록 용량과 대수를 정해야 한다.

주입기의 용량에 비하여 소요주입량이 적으면 계량기의 눈금폭이 작으므로 조정기구가 부정확하게 되기 쉽고 주입량이 불안정하기 쉬우므로 평상시는 기계용량의 60~80 % 범위 내에서 조작하는 것이 가장 안전하고 확실하다.

또 수돗물은 상시 확실하게 소독되어야 하기 때문에 주입기는 고장 등으로 염소소독을 중단하는 일이 없도록 하기 위하여 또한 염소소독을 수시로 강화시킬 수 있도록 하기 위하여 예비주입기를 설치하는 것이 필요하고 최소 2대를 필요로 한다.

재해시를 대비한 비상용소독제로서 안정성이 좋고 장기보존에 견디는 차아염소산칼슘(고도표백분)을 상비해 두는 것이 바람직하다.

1. 2)에 대하여 ; 주입기는 사용하는 염소제의 성상과 설치조건에 따라 다음 중에서 선정한다.

1) 액화염소의 주입방식

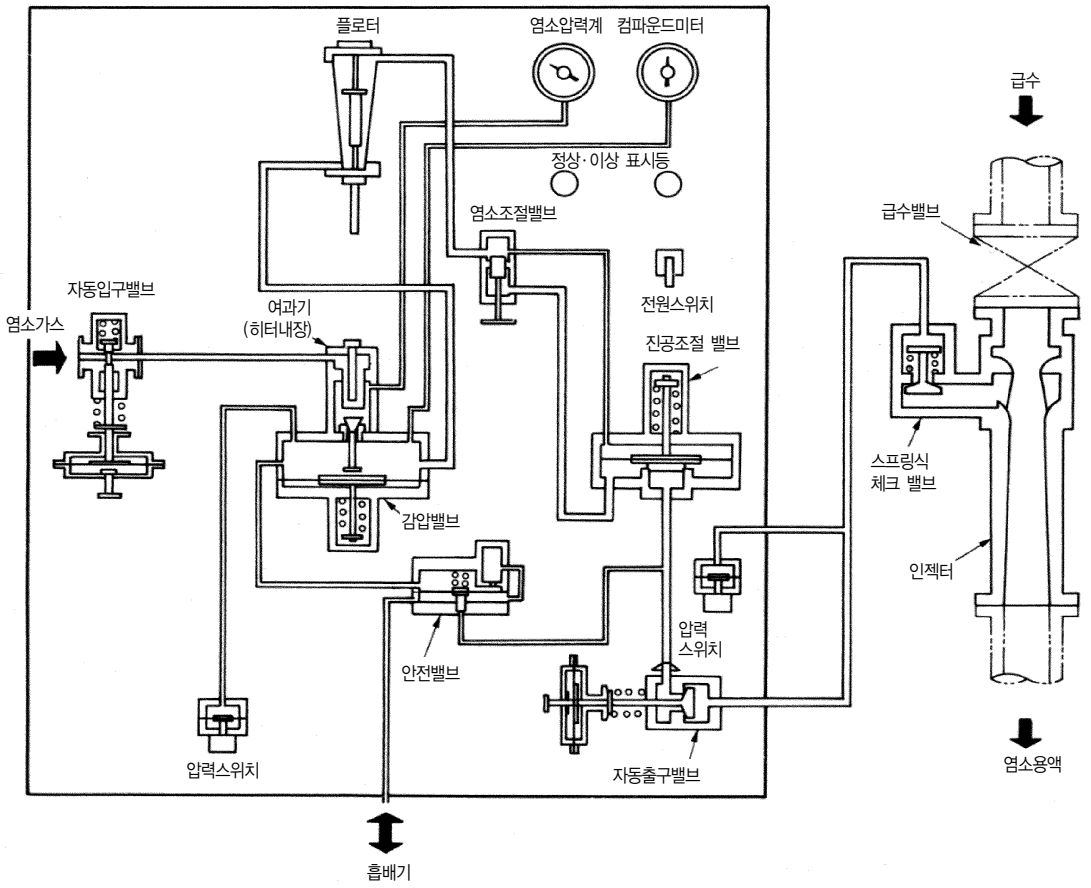
염소주입기는 용기 또는 염소기화기로부터 연속적으로 공급되는 염소가스를 안전하고 정확하게 계량하여 주입하는 장치이며 건식과 습식이 있다. 일반적으로 습식진공식 염소주입기가 가장 많이 사용되고 있다.

(가) 습식진공식 염소주입기

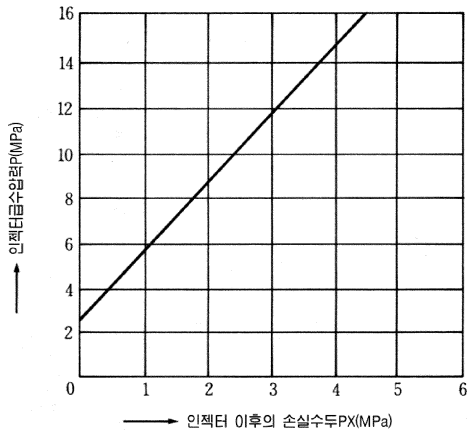
습식진공식 염소주입기는 인젝터와 압력조정기구에 의하여 진공을 발생하며, 진공상태로 염소가스를 계량하고 제어하여 인젝터 내에서 압력수와 혼합하여 염소수로서 주입점에 송액하는 장치이다. 대기압 이하의 압력에서 계량하고 제어하므로 염소가스의 누출이나 용기 내에 염소가 남는 경우가 적다. 인젝터의 급수압력이 저하하여 기내의 진공압력이 정압으로 되면 자동적으로 염소주입을 정지시키는 등의 기능을 가지고 있다. 대표적인 염소주입기를 〔그림 5.11.3〕에 예시하였다.

인젝터의 사용수량은 주입기 용량에 따라 다르고 인젝터의 급수압력은 인젝터 본체의 운전에 필요한 압력과 인젝터로부터 주입점까지 손실수두를 고려하여 결정한다(〔그림 5.11.4〕 참조). 염소주입기용 인젝터의 필요급수량과 급수압력의 값을 〈표 5.11.1〉에 나타내었다.

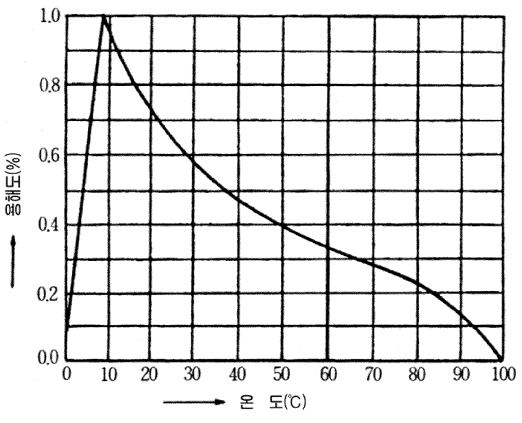
염소수의 농도는 0.3 % 이내로 설계하는 것이 바람직하다. 염소농도가 높고 혼합용수의 수온이 낮은 경우에는 염소의 결정이 생길 우려가 있다(〔그림 5.11.5〕 참조).



[그림 5.11.3] 건식경량(습식주입)진공식 염소주입기



[그림 5.11.4] 인젝터의 급수압력(MPa)



[그림 5.11.5] 물에 대한 염소용해도와 온도의 관계

〈표 5.11.1〉 염소주입기 인젝터의 필요급수량과 급수압력

용량(kg/h)	급수	배압(MPa)		
		0	0.1	0.2
0.5 내외	급수압력 : MPa	0.15	0.33	0.48
	급수량 : L/min	13	20	24
1.0~2.0	급수압력 : MPa	0.29	0.51	0.70
	급수량 : L/min	29	38	45
3.0~5.0	급수압력 : MPa	0.34	0.48	0.58
	급수량 : L/min	62	75	80
6.0~10.0	급수압력 : MPa	0.29	0.47	0.76
	급수량 : L/min	115	145	185
15.0~20.0	급수압력 : MPa	0.29	0.48	0.76
	급수량 : L/min	165	210	265
30.0~50.0	급수압력 : MPa	0.29	0.49	0.78
	급수량 : L/min	330	420	550
60.0~100.0	급수압력 : MPa	0.29	0.49	0.78
	급수량 : L/min	550	700	900
120.0~200.0	급수압력 : MPa	0.29	0.49	0.78
	급수량 : L/min	1000	1200	1500

(나) 습식압력식 염소주입기

용기 중의 액화염소를 염소가스로 유출시켜 계량하고 이를 진한 염소수로 한 다음 처리할 수중에 주입하는 방식의 장치이다. 건식주입기에 비하여 염소가스의 혼화가 균등하게 이루어지며 과거부터 소용량에 많이 사용되고 있다.

(다) 건식압력식 염소주입기

용기 중의 액화염소를 염소가스로서 유출시켜 계량하고 가스상태로 처리할 물에 직접 주입하는 방식의 장치이다. 가스자체를 수중에 방출하므로 용해되지 않은 염소가스가 공중으로 비산될 기회가 많다. 그러므로 주입률이 불균등하게 되기 쉬운 결점이 있으므로 거의 사용하지 않는다.

(라) 염소혼합용수의 수량과 압력 및 설비

염소혼화용수의 소요압력과 수량은 주입기의 종류 또는 용량에 따라 차이가 있으나 대략의 표준은 〈표 5.11.2〉에 제시된 바와 같다. 고가탱크나 송수펌프 등의 설비가 있을 경우에는 그 토출 측에서 분기하여 적당한 수압과 수량이 되도록 배관하면 좋으나, 적당한 수압이 안 될 경우에는 펌프를 설치해야 한다.

2) 차아염소산나트륨용액의 주입방식

차아염소산나트륨용액의 주입방식에는 자연유하방식, 인젝터방식 및 펌프방식이 있다. 각 방식과 사용하는 차아염소산나트륨용액은 거품발생이 적고 분해로 인한 유효염소농도의 저하가 적은 저식염(4 % 이하)차아염소산나트륨용액을 사용하는 쪽이 안정적으로 주입할 수 있다.

(가) 자연유하방식

저장조 또는 분배조를 주입점 부근에 설치한다. 주입점의 수가 여러 점인 경우에는 각 주입점에 분배조를 설치하고 저장실의 저장조로부터 이송펌프로 각 주입점의 분배조에 이송한다. 분배조에서는 자연유하로 주입기(전자유량계와 유량조절밸브)에 보내서 계량·조절·주입하는 방식이다. 주입점 부근에 주입기를 설치하면 원액을 주입하기 때문에 주입량 변경에 대한 응답성이 좋으며 주입시간이 지체되지 않는다. 또 주입관 내에 기포장애가 적으며 안정적으로 주입할 수 있다. 구조가 단순하기 때문에 주입량의 변동이 적은 소규모 시설에 적합하다.

(나) 인젝터방식

압력수를 인젝터에 공급하여 차아염소산나트륨과 희석 혼합시킨 후 주입점에 송액하는 방식이다. 주입점에서 혼합효과는 좋다. 인젝터에 공급하는 압력수는 희석혼합에 의한 스케일 생성을 피하기 위하여 가능한 한 경도가 낮은 물을 사용한다. 차아염소산나트륨용액과 압력수의 희석배율은 100배 이상으로 한다.

차아염소산나트륨용액은 함유된 유리알칼리가 0.2~0.3 % 정도로 가능한 한 낮은 용액을 사용하는 것이 스케일이 부착되지 않는다.

(다) 펌프방식

계량펌프(다이어프램식, 일축(unconfined)편심나사식, 기어(gear)식 등)로 주입점에 송액하는 방식으로 주입량의 제어범위가 넓다. 다만, 펌프 흡입부에서 기포가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

1. 3)에 대하여 ; 주입기는 보수점검이 용이하도록 주위의 벽이나 인접한 장치로부터 필요한 만큼 이격하여 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 액화염소주입기에 대한 설명은 다음과 같다.

2. 1)에 대하여 ; 기화기는 저장시설로부터 이송된 액화염소를 온수로 간접적으로 가온하여 액화염소를 연속적으로 가스화하는 장치로서 염소사용량이 큰 시설에 사용된다.

가열방법으로는 전열온수식과 증기온수식 등이 있으며 상수도시설에서는 거의 전열온수식이 사용된다.

기화기를 설치하고 사용하는 경우에는 다음 사항을 고려한다.

⑴ 사용량이 20 kg/h 이상인 경우에는 상온에서 기화량이 부족하므로 기화기를 사용한다.

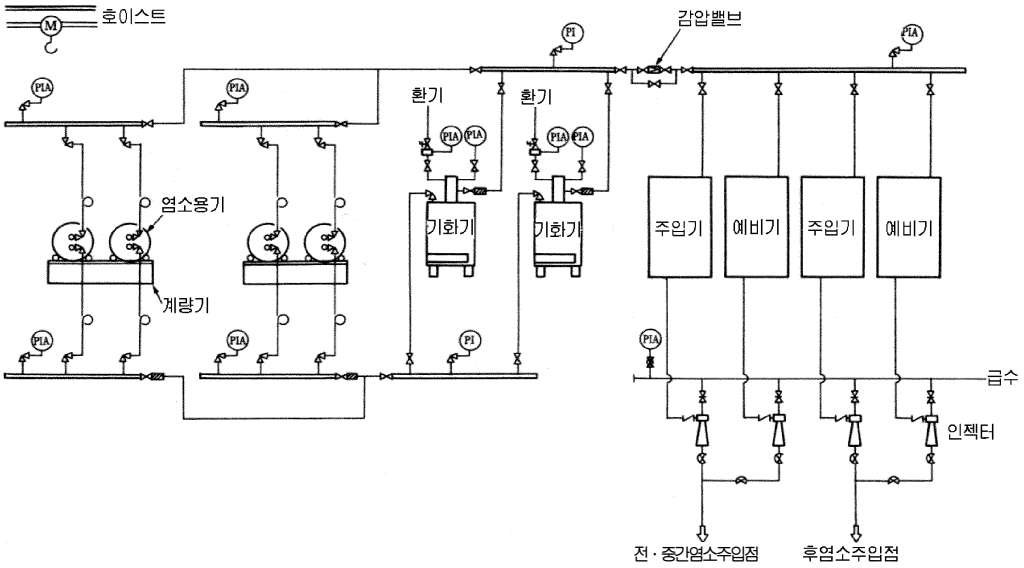
⑵ 기화능력은 최대염소사용량 이상으로 한다.

⑶ 대수는 예비를 포함하여 2대 이상으로 하며 주위와 천정높이는 분해청소와 반출입을 위하여 충분한 공간을 확보한다.

⑷ 설비상황에 따라 제조시설의 법적규제를 받으며 이 경우 법정기준의 각종검사에 합격해야 한다.

⑸ 용기 내의 액화염소를 가온하는 온수 온도는 통상 40 ℃ 전후로 제어된다. 염소는 온도에 따라서 압력이 변하기 때문에 기화기의 온도를 제어함으로써 기화압력을 제어할 수 있다. 기화된 염소가 식으면 재액화되기 때문에 저장실보다 주입기의 실온이 낮아지지 않도록 하는 것이 바람직하다.

⑹ 기화기에는 제어장치, 계측감시장치, 안전장치, 경보장치를 설치한다. 염소주입설비 공정도의 예를 〔그림-5.11.6〕에 나타내었다.



[그림 5.11.6] 염소주입설비 공정도의 예

2. 2)에 대하여 ; 염소주입기실은 지하실 등 통풍이 나쁜 장소는 피한다. 염소가스는 습기가 있으면 부식이 심하므로 습기가 많은 장소도 피해야 한다.

염소주입기실과 주입점과의 거리는 주입시간지연이나 주입관의 누출사고를 최소화하기 위하여 가능한 한 가깝게 한다. 또 주입기실은 인젝터의 급수압력이 저하된 경우라도 역류를 방지하기 위하여 주입점의 수위보다 높게 배치해야 한다.

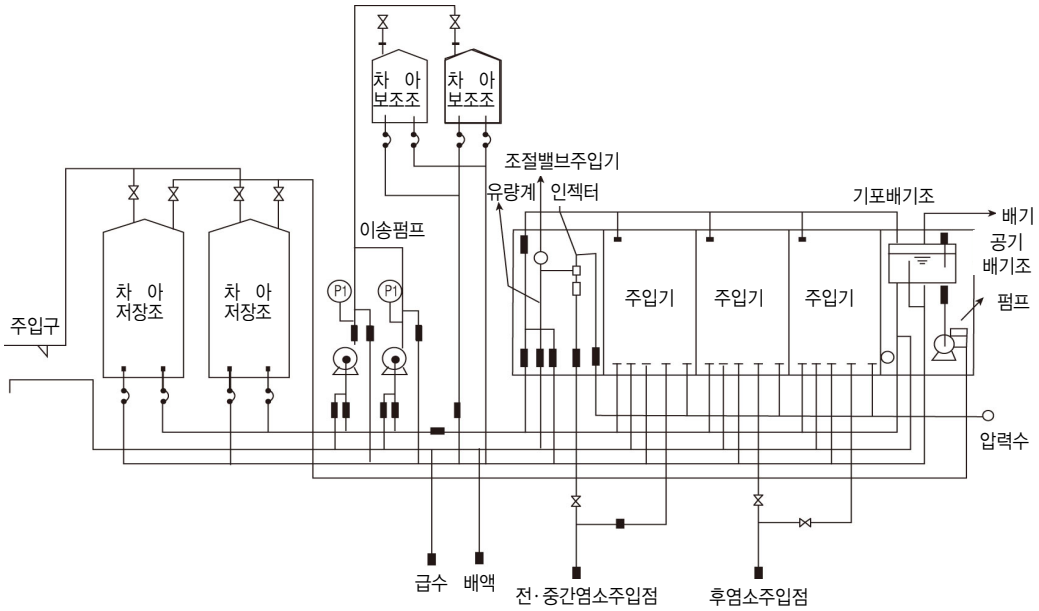
2. 3)에 대하여 ; 주입기실은 내진·내화구조로 하고 환기구를 설치한다. 필요에 따라 통풍환기를 좋게 하기 위하여 강제환기장치를 설치하며 비상시 밀폐시킬 수 있는 구조로 한다. 염소가스의 확산을 방지하기 위하여 제해장치의 흡입구는 주입기실(室) 바닥의 하부에 위치시킨다. 실내온도는 재액화를 방지하기 위하여 15~20 ℃로 유지한다.

2. 4)에 대하여 ; 바닥면적은 주입기의 종류, 형식에 따라 다르지만, 대개 기계 2대일 때 8 m^2 정도로 하고 1대 더할 때마다 2 m^2 정도를 증가시킨다. 바닥면적은 보수점검과 주입조작에 지장이 없는 넓이로 하며, 너무 넓으면 난방비용증가 등으로 비경제적이다.

2. 5)에 대하여 ; 용기 내의 염소량을 관리하기 위하여 계량기를 설치하여 염소주입기의 계량기 지시와 실제 용기로부터 유출된 염소량을 비교하여 주입기가 유효하게 작동하는가를 확인하고 주입량을 정확하게 하기 위하여 용기 내의 잔량을 점검하여 용기교환 시기를 예측하고 염소주입이 중단되지 않도록 주의한다.

3.에 대하여 ; 차아염소산나트륨 주입기에 대한 설명은 다음과 같다.

3. 1)에 대하여 ; 주입에 필요한 위치수두는 주입방식에 따라 다르지만, 자연유하식에서는 저장조를 주입점보다 높게 하거나 저장조와 주입기 사이의 높은 장소에 분배조를 설치하여 펌프로 항상 일정수준 이상의 액위가 유지되도록 제어장치를 설치할 필요가 있다. 차아염소산나트륨주입설비 공정도의 예를 〔그림 5.11.7〕에 나타내었다.



[그림 5.11.7] 차아염소산나트륨 주입설비 공정도의 예

3. 2)에 대하여 ; 차아염소산나트륨용액은 분해되어 산소가스를 발생한다. 이 기포가 배관 또는 주입기내에 저류되면 불안정 주입의 원인으로 되기 때문에 주입기는 가능한 한 주입점에 가까운 곳에 설치하는 것이 바람직하다. 또한 주입관 내의 체류시간을 단시간으로 하기 위하여 적절한 배관구경을 선정한다. 저장조로부터 주입설비 간에는 반드시 스트레이너를 설치하여 주입설비 내로 들어가는 미세한 먼지들을 제거해야 한다. 차아염소산나트륨 주입설비실에는 누액검지기를 설치한다.

5.11.5 현장제조형 염소발생기

1. 현장제조형 염소발생방식은 무격막방식과 격막방식이 있으며, 시설규모와 유지관리방법에 따라 적절한 방식을 선정한다.
2. 주입방식 및 주입장치는 **5.11.4 주입설비 및 주입지점**에 준한다.
3. 현장제조형 염소발생기 설비 선정시 고조파 차단장치 등을 고려하여야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 현장제조형 염소발생방식은 포화소금물을 전기분해하여 차아염소산나트륨용액을 발생시키는 것으로, 유효염소 농도는 발생방법에 따라 다르다. 이 방식은 전기분해할 때에 부산물인 수소가스가 발생한다. 수소는 가연성가스이며 제조설비에는 희석용 팬(fan)을 설치하여 옥외로 방출한다. 발생차아염소산나트륨을 저장조로 이송하는 이송용 배관에는 수소의 혼입을 방지하는 장치를 설치하도록 한다. 제조설비의 용량에 따라 부산물인 수소발생량이 일정량을 초과하는 경우에는 법규제를 받는 경우가 있다.

발생방식으로는 무격막방식과 격막방식이 있으며, 소규모의 시설에서는 무격막방식, 대규모의 시설에서는 격막방식이 유리하다.

1) 무격막방식

전기분해조에 양극판과 음극판이 설치되며 두 판의 사이를 구분하는 격막이 없다. 공급된 소금물은 전기분해되어 양(+)극에서는 염소가 발생하고 음(-)극에서는 수소가스와 수산이온이 생성된다.

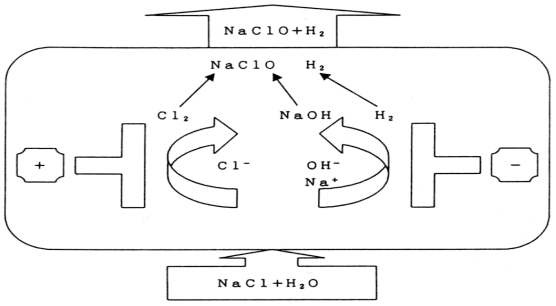
음극 측에서는 나트륨이온과 수산이온으로 수산화나트륨(NaOH)이 생성되며 양극에서 생성된 염소와 음극에서 생성된 수산화나트륨이 반응하여 차아염소산나트륨(NaC1O)이 제조된다. 원리도를 〔그림 5.11.8〕에 보였다.

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ ····· (양극)

$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ ····· (음극)

$2Na^+ + 2OH^- \rightarrow 2NaOH$

$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O$ ····· (차아염소산나트륨 생성반응)



[그림 5.11.8] 무격막방식의 원리

제조된 차아염소산나트륨용액의 유효염소농도는 1.0 % 전후로 시판품과 비교하여 낮다. 또한 미반응식염이 포함되기 때문에 염화나트륨량과 유효염소량과의 비는 시판 차아염소산나트륨액보다 많다. 무격막방식으로 제조된 차아염소산나트륨용액은 약 알칼리(pH 약 9)이고 시판용액과 비교하여 거품발생이나 스케일부착이 적어서 배관 도중에서 막힘이 적다.

무격막방식에 의한 차아염소산나트륨 제조설비의 공정도 예를 〔그림 5.11.9〕에 들었다.

(가) 공정도

(나) 생성장치 배치도

생성장치는 실내 장치인데 염용해조 및 차아염소산나트륨 저장조는 실외에 설치되는 경우가 있다.

(다) 주요 구성기기

무격막법의 주요 구성기기는 다음과 같다.

① 연수(軟水) 장치

양이온 교환수지를 충전한 것으로 전해에 사용시에 포함되는 경도성분을 제거한다. 물에 포함되는 경도성분의 양이 매우 작을 경우에는 이 장치를 생략할 수 있다.

② 염용해조

전해에 사용하는 염을 용해시키고 포화염수를 만든다.

③ 희석수조

포함 염수를 약 3 %로 희석하기 위한 물을 저장한다. 평소에는 연수를 저장한다.

④ 전해조

약 3 %의 염수를 전해시켜 차아염소산나트륨을 생성한다.

⑤ 정류기(整流機)

전해조에 전해용의 직류전류를 공급한다.

⑥ 차아염소산나트륨 저장조

생성된 차아염소산나트륨을 저장한다.

⑦ 부대기기

수소가스 희석 팬, 각종 펌프류 등이 있다.

(라) 설비의 규모

① 생성장치

생성장치의 용량은 일평균 주입량을 기준으로 하여 일최대 주입량 및 일최소 주입량을 고려하여 여유를 주어 결정한다. 설비대수는 연간 가동률 및 생성 차아염소산나트륨의 유효염소농도를 고려하여 예비기를 포함하여 2대 이상 하는 것이 바람직하다.

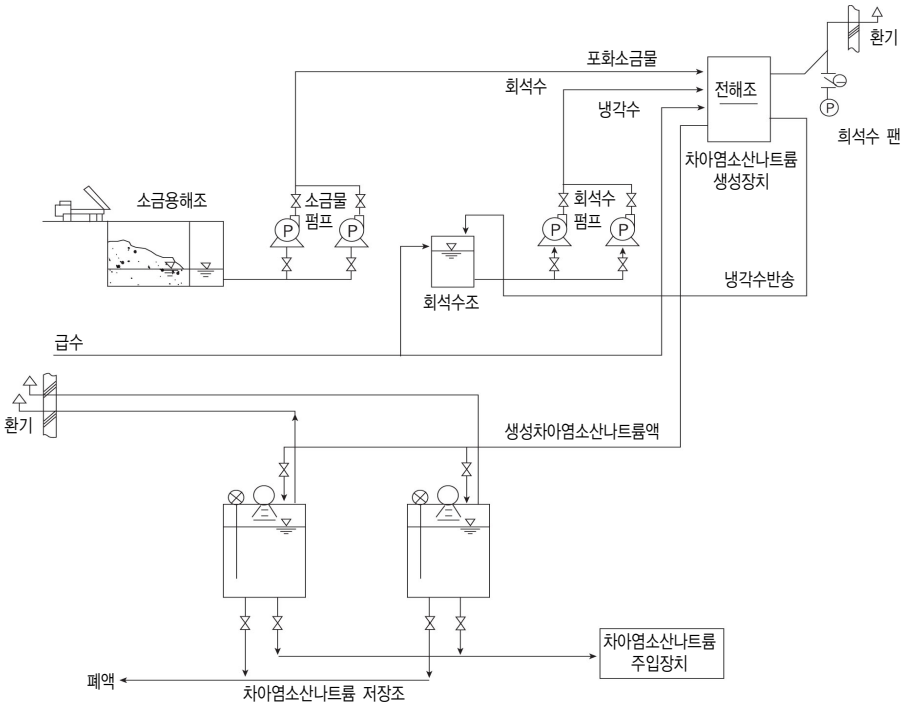
② 저장설비

㉮ 원료염

원료염의 저장용량은 용해염수 및 생성 차아염소산나트륨을 포함하여 항상 사용량의 10일분 이상(염소 환산)이 저장될 수 있는 규모로 한다.

㈏ 생성 차아염소산나트륨

생성 차아염소산나트륨의 저장조 용량은 항상 사용량의 1일분 이상을 저장할 수 있는 규모로 하고 또한 항상 어느 정도의 여유량이 확보될 수 있도록 한다. 여유량은 전극의 교환, 청소 등을 고려하여 그 사이의 소요량을 산출하여 정한다. 저장조는 2기 이상 설치하여 그 중 1기는 예비로 한다. 저장조 구조는 예측하지 못한 사고에 의해 생성장치가 정지하는 것을 고려하여 반드시 다른 시설의 생성 차아염소산나트륨 혹은 시판하는 차아염소산나트륨을 받아들여 사용할 수 있도록 해 둔다.



[그림 5.11.9] 무격막방식에 의한 차아염소산나트륨 제조설비 공정도의 예

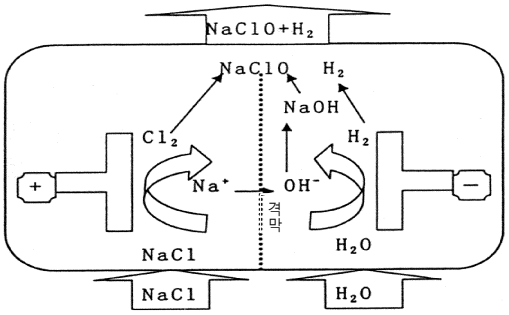
③ 주입설비

주입기는 생성 차아염소산나트륨의 유효염소농도의 변동에 대해 항상 대처할 수 있도록 용량 및 설비대수를 정하고 반드시 예비기를 설치한다. 주입설비는 사고에 대비해 시판하는 차아염소산나트륨을 구입사용 할 수 있는 구조로 한다.

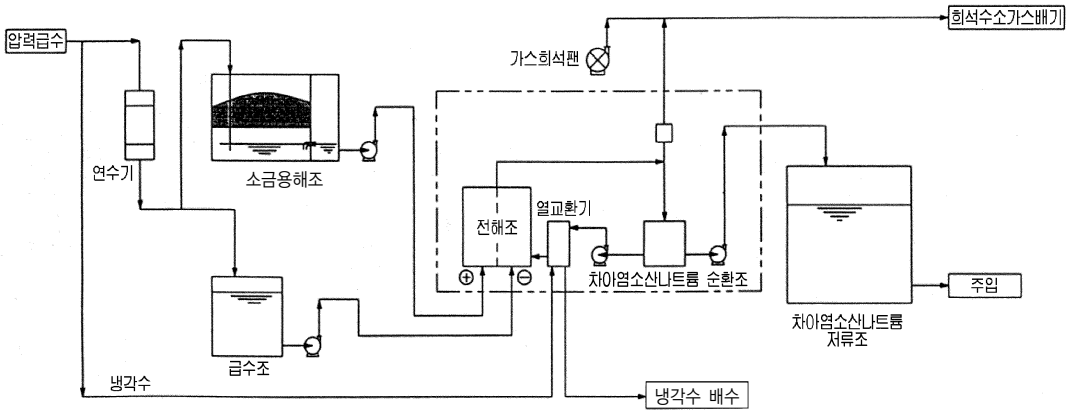
2) 격막방식

전기분해조의 양극과 음극 간에 이온교환막을 설치하여 양극 측에 소금물, 음극 측에 물을 공급하면 양극에서는 염소가 발생하고 나트륨이온이 교환막을 투과하여 음극으로 이동한다. 음극에서는 수소가 발생하며 수산이온이 생성된다. 그리고 양극으로 이동해 온 나트륨이온과 수산이온으로 수산화나트륨이 생성된다. 양극에서 발생된 염소가스와 음극에서 생성된 수산화나트륨이 반응탑에서 반응하여 차아

염소산나트륨(NaOCl)이 생성된다. 원리도를 〔그림 5.11.10〕에 나타내었다. 생성액의 유효염소농도는 높고 다른 성분의 함유량은 유리알칼리를 제외하고는 일반적으로 낮다. 이온교환막방식에 의한 차아염소산나트륨 제조설비의 예를 〔그림 5.11.11〕에 나타내었다.



[그림 5.11.10] 이온교환막방식의 원리



[그림 5.11.11] 이온교환막방식에 의한 차아염소산나트륨 제조설비 공정도의 예

3.에 대하여 ; 현장제조형 염소발생기의 전원은 교류를 직류로 전환하여 사용하므로, 설비선정시 고조파 차단장치가 포함된 기기를 설치하도록 고려하여야 한다.

5.11.6 염소주입제어

염소주입제어에는 수동정량제어, 유량비례제어 및 잔류염소제어가 있으며 시설규모와 유지관리방법에 따라 적절한 방식을 선정한다.

【해설】

적절한 염소주입제어방식을 선정하기 위해서는 수량, 수질변화, 시설규모, 유지관리 등을 고려할 필요가

있다. 주입제어방식에는 수동정량제어, 정치제어, 유량비례제어, 피드백제어, 피드포워드제어, 캐스케이드제어 등이 있으며 상세한 것은 8.13.9 소독설비를 참조(8.13 시설별 계측제어)한다.

5.11.7 보안용구

염소주입기실이나 저장실 근처의 안전한 장소에 보안용구를 상비하고 또 적절한 상태로 유지되도록 한다.

【해설】

액화염소를 취급하는 시설에서는 유지관리상 필요한 보안용구와 비상용구를 상비해야 한다. 이들 보안용구를 보관하는 장소는 저장실이나 주입기실에서 염소가스가 누출된 경우에 신속하게 처리하기 위하여 저장실과 주입기실에 가까워야 하며, 또 염소가스에 노출되지 않고 보안용구를 꺼낼 수 있는 곳이어야 한다.

보관장소는 보안용구와 비상용공구의 종류와 수량을 고려하여 쉽게 꺼내고 착용할 수 있는 넓이로 한다. 또한 보관장소는 정전시에도 염소가스누출에 대해서는 긴급조치를 취할 수 있도록 비상조명을 설치한다.

보안용구의 구비와 유지관리는 다음과 같이 한다.

1) 방독마스크

(1) 공기호흡기 또는 송기식 마스크 3개 이상
(2) 격리식 방독마스크(전면고농도형) 3개 이상
(3) 공기 또는 산소의 예비용기 3개 이상
(4) 직결식 소형방독마스크

2) 보호구

(1) 보호의(고무제) 2벌 이상
(2) 보호장갑과 보호장화(고무제) 각 2켤레 이상
(3) 안전모 2조 이상
(4) 보호안경

3) 비상용 공구

(1) 누출방지용 안전캡
(2) 넛트와 패킹류
(3) 납마개 또는 나무마개
(4) 맹플랜지
(5) 철선과 테이프류
(6) 응급수리용 공구

4) 기타

(1) 누설검지용 암모니아수(농도 28 % 이상)
(2) 구강세척제

(3) 내산성 도료

액화염소를 1,000 kg 이상 저장하고 소비하는 시설에서는 상기 수량을 기준으로 하고 있으나 긴급작업에 종사하는 작업원의 수에 적절한 예비수를 더한 수량을 설치해야 한다. 또 100 kg용기를 사용하는 소비시설에서도 적어도 격리호흡식 방독마스크 3개 이상, 보호구 및 비상용 공구는 각기 정한 수량을 구비해야 한다.

방독마스크는 티오황산나트륨 또는 활성탄을 사용한 것이 유효하나 염소가 농후한 경우에는 공기가 부족하여 호흡곤란이 되므로 산소용기를 장착한 방독마스크가 필요하다. 누출을 확인하기 위한 암모니아수는 28 % 이상 함유하는 농후한 것이라야 좋고 암모니아가스는 염소에 접촉하면 염화암모니움이 되어 백색연기를 발생하므로 미량의 염소누출이라도 검출할 수 있다.

5.11.8 제해설비

염소가스의 제해설비는 다음 각항을 고려하여 설치한다.

1. 저장량 1,000 kg 미만의 시설에서는 염소가스누출에 대비하여 중화 및 흡수용 재해제를 상비하고 가스누출검지경보설비를 설치하는 것이 바람직하다.
2. 저장량 1,000 kg 이상의 시설에서는 염소가스누출에 대비하여 가스누출검지경보설비, 중화반응탑, 중화제 저장조, 배풍기 등을 갖춘 중화장치를 설치한다.
3. 중화장치능력은 누출된 염소가스를 충분히 중화하여 무해하게 할 수 있어야 한다.

【해설】

염소가스의 제해설비는 법령으로 규제되고 있으나 염소가 누출될 경우 효과적으로 중화처리하고 2차 재해를 방지하며 염소주입이 중단되는 것을 방지할 수 있도록 설비능력은 기준보다 여유를 갖는 것이 바람직하다.

염소가스가 누출되었을 때의 제해설비로는 확산방지설비, 가스누출검지경보설비(이하 검지경보설비라 한다), 제해장치, 흡수제 및 보안용구 등이다.

1.에 대하여 ; 저장량 1,000 kg 미만의 소규모 시설에서도 염소가스는 극히 독성이 강하기 때문에 누출에 대비하여 방독이나 제해 조치를 강구해야 한다. 따라서 소규모 시설에서도 검지경보설비와 소형 제해장치를 갖추는 것이 바람직하다.

이 경우에 누출방지대책의 일례로서 저장실 또는 주입기실 근처의 편리한 장소에 소석회를 비치해야 하며 용기가 쉽게 들어갈 수 있을 정도의 깊이 약 1 m의 구덩이를 파고 또 복토할 수 있는 토사와 삽 등을 준비해 두며, 만약 용기로부터 염소가 누출될 경우에는 용기를 이 구덩이에 밀어 넣은 다음 위로부터 소석회를 충분히 살포하고 토사로 덮어 염소가 다른 곳으로 유출되지 않도록 해야 한다. 또 100 kg 용기를 그대로 넣을 수 있는 바퀴가 붙은 기구를 비치하고 이것으로 사고용기를 안전하게 처리해야 한다.

누출염소에 대한 흡수제인 소석회의 보유량은 기준 등에서 정해진 양 이상으로 하고 실제 제해조작에서는 될수록 단시간에 소정량을 균일하게 살포할 수 있는 수동식, 가압식 또는 동력식 살포기 등을 사용해야 한다. 또 소석회를 포대에 든 상태대로 보존할 경우에는 습기로 인하여 탄산가스를 흡수함으

로 인한 유효성분의 저하, 분말의 고결 등이 예상되므로 가능한 한 건조한 장소에 보존해야 한다.

2.에 대하여 ; 액화염소를 1,000 kg 이상 저장하고 소비하는 시설에서는 다음과 같은 제해조치를 강구해야 한다.

1) 가스누출 검지 경보설비

누출된 염소가스를 연속적으로 검지하여 누출가스가 설정된 농도에 달하였을 때, 경보가 발령되고 모든 제해장치가 작동되어야 한다.

2) 중화설비

중화설비는 염소가스를 알칼리제에 접촉 반응시켜 중화시키는 시설로서 여러 중화제 중에서 일반적으로 수산화나트륨용액이 사용된다.

반응식은 다음과 같다.

여기서

x : 중화에 필요한 수산화나트륨의 양(kg)
a : 누출염소가스의 양(kg)
η : 반응률(약 0.6~0.8)
C : 수산화나트륨용액의 농도(%)

(1) 수산화나트륨용액의 저장량

저장량은 기준 등에서 정한 양 이상으로 하고 중화처리되는 염소의 양으로 정한다. 농도는 10~20 %의 범위로 한다.

$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O \quad \cdots\cdots (5.11.3)$$

$$x = a \times \frac{2(\text{NaOH의분자량})}{Cl_2\text{의분자량}} \times \frac{1}{\eta} \times \frac{100}{C} = \frac{1.12a}{\eta} \times \frac{100}{C} \quad \cdots\cdots (5.11.4)$$

(2) 처리능력

중화설비의 처리능력은 1시간에 염소가스를 무해가스로 처리할 수 있는 양(kg/h)으로 표시한다. 용기에 저장하는 경우의 처리능력은 500 kg/h 또는 1,000 kg/h, 저장조에 저장하는 경우는 1,000 kg/h 이상이 일반적이다.

(3) 배풍기

누출된 염소가스를 중화반응탑에 송풍할 목적으로 설치되며 염소누출속도(kg/min), 실내유효용적 등을 고려하여 용량을 결정한다.

(4) 송액펌프

중화반응탑에 수산화나트륨용액을 이송하는 펌프이며, 용량은 상정(想定)된 염소가스누출속도(kg/min)에 대하여 수산화나트륨이 100 % 반응하였을 때의 이론치의 4배 이상으로 한다.

(5)중화반응탑

수산화나트륨용액과 염소가스를 기액반응으로 중화시키는 장치로 다음과 같은 것이 있다.

가) 충전탑식

중화반응탑의 하부로부터 염소가스를 불어넣고 탑의 상부로부터는 반응액을 흘려보내서 탑 내의 충전재 속을 통과하면서 접촉반응하여 중화된다. 중화탑의 내부에서는 반응열에 의하여 온도가 높아지기 때문에 이를 고려하여 구조와 재질 등을 선정한다. 또 탑은 내부의 청소가 용이한 구조로 하고 사용한 다음에는 물로 세척할 수 있는 배관시설을 한다.

나) 회전흡수방식

중화탑 입구에서 염소가스를 흡인하고 중화탑의 주축(主軸)이 회전하면서 회전날개에 발생하는 수산화나트륨용액의 피막과 회전날개의 말단에 생기는 용액방울이 염소가스와 접촉하여 중화된다.

다) 경사판방식

중화탑의 하부에서 염소가스를, 또 탑의 상부에서 반응액을 흘려보내서 탑의 내부에 있는 경사판의 면에 생기는 수산화나트륨용액의 피막과 경사판에 만들어진 소공(小孔)에서 나오는 수산화나트륨용액의 방울이 염소가스와 접촉하여 중화된다.

3.에 대하여 ; 제해처리한 다음의 방출염소가스 농도는 조례나 기준 등으로 최고농도가 정해져 있는 경우가 있으므로 이에 적합해야 하며, 외국의 경우 중화반응탑의 방출구에서 10 mg/L 이하, 정수장 등의 경계선에서 0.1 mg/L 이하로 하는 예가 있다.

5.11.9 배관 기타

1. 염소(액화염소, 염소수)용 배관과 차아염소산나트륨용 배관은 내압력, 내약품성 재료를 사용하고 점검이 용이하도록 배관한다.
2. 저장실과 주입기실내에 설치하는 전기기구 등 금속류는 내식처리한 것이라야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 염소는 습기가 있을 경우에는 대부분의 금속을 부식시키지만, 완전히 건조된 염소는 상온에서 강(鋼)이나 동(銅) 등의 금속과 반응하지 않는다.

1) 액화염소용으로 사용되는 재료는 특히 압력과 부식을 고려한 두께로 하고 주요 밸브류는 단강제, 주배관은 압력배관용 탄소강관, 용기로부터 인출배관은 동관을 사용한다. 또 저장조에는 저온압력용기용 탄소강강판, 수입(受入)배관에는 저온배관용 탄소강강관을 사용하는 것이 바람직하다. 또 티타늄은 습기를 포함하지 않은 염소와 반응하므로 사용할 수 없다.

용기에는 보조밸브, 배관의 시작부분에는 긴급차단밸브, 저장조에는 주밸브와 긴급차단밸브를 설치한다. 또 용기 내 압력과 배관로의 필요한 부분에는 압력을 감시할 수 있도록 압력계 등을 설치하고, 긴급차단밸브를 설치하는 것이 바람직하다.

2) 염소수에 사용하는 재료는 경질염화비닐, 경질고무, 테프론(teflon) 등의 내식성재료를 사용하고 배관은 경질염화비닐관, 경질염화비닐라이닝강관, 경질고무라이닝관 등을 사용한다.
주입기실에서 주입점까지의 관부설은 개방가능한 독립된 배관용 덕트 또는 공동구 내의 배관으로 하고 필요한 곳에는 플랜지커플링이나 신축이음관으로 하여 점검과 보수를 용이하게 하는 것이 바람직하다. 주입기가 고장일 때에도 역류하지 않도록 하기 위하여 주입점보다 주입기의 위치를 높게 하고 배관은 공기고임이 일어나지 않도록 하기 위하여 배관의 기복은 가능한 피한다.

3) 차아염소산나트륨용액용의 배관은 경질염화비닐관, 경질염화비닐라이닝강관, 연질염화비닐관, 폴리에틸렌관, 연질염화비닐(섬유보강)호스 등을 사용하고, 저장조로부터 주입기까지 배관은 굴곡부를 적게 하고 기복을 없게 하며 기포제거관이나 장치를 설치한다.
주입배관도 가능한 한 기포가 고이지 않게 배관하며, 부득이 기복이 있는 배관일 경우에는 기포제거 밸브를 설치한다. 또 인젝터방식에서는 스케일이 부착될 경우에 세척을 용이하게 할 수 있도록 예비관을 설치하여 주입관을 변경할 수 있도록 한다.
각종 배관은 유체별로 색깔을 구분하고 흐르는 방향을 나타내는 화살표와 유체명을 요소에 표시하여 보수관리가 용이하도록 한다.

2.에 대하여 ; 염소가스는 습기가 있으면 부식성을 나타내므로 용기의 설치와 교환 등에 충분히 주의하고 내산처리를 한 전기기구를 사용하며 전기배선 등은 가능한 한 높은 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

5.11.10 이산화염소 주입

이산화염소처리와 관련된 시설은 원수수질과 처리목적에 따라 문헌이나 실험결과 등을 기초로 하여 결정해야 하며 유해부산물의 생성에 유의해야 한다.

【해설】

이산화염소는 1811년 험프리 데이비(Humprey Davy)가 발견하였으며 $NaClO_2$(sodium chlorate)에 염산을 반응시켜 발생한 황록색 가스를 이우클로린(euchlorine)이라 하였다. 그 후에 계속 발전하여 현재는 진공상태에서 $NaClO_2$용액에 염소가스를 주입하여 발생시키는 방식이 일반적이다. 이산화염소는 고농도의 가스상태에서 불안정하고 압축시킬 수 없으며 온도나 압력 또는 빛에 대하여 불안정한 물질로서 대기 중에 4 % 이상 존재하면 폭발하기 때문에 저장과 수송에 위험이 따르므로 현장에서 발생시켜 사용해야 한다.

또 이산화염소는 독특한 냄새를 갖는 연황색의 액체로 어는점이 -15 ℃, 끓는점이 105 ℃이며 비중은 1.05~1.15(20 ℃)이다. 이산화염소에 의한 소독은 최근 상수원의 수질이 악화됨에 따라 유리염소에

의한 THM생성을 피하기 위한 대체소독제라 할 수 있으며, 유럽과 미국 등의 여러 나라에서 산화제 또는 소독제로서 정수처리에 사용하고 있고, 특히 맛과 냄새를 제어하고 철분과 망간을 산화하며 트리할로메탄과 HAAs를 제어하기 위한 수도용 소독제로서 사용되고 있다.

1. 이산화염소의 효과

가. 소독력으로는 오존과 이산화염소가 양호하지만, 오존은 잔류성이 없어서 배수계통에서 미생물이 재활성화하는 경우가 있는데 비하여 이산화염소는 잔류효과도 양호하다.

나. 이산화염소는 페놀화합물을 분해하며 정수의 맛·냄새와 색도제거에도 효과적이고 클로로페놀까지도 어느 정도 제거할 수 있다.

또 이산화염소는 맹독성 시안(CN)화합물을 산화시켜 무해한 시안산염(CNO^-)을 거쳐 탄산가스와 질소로 분해하며 아질산염을 질산염으로 산화시키고 아황산염을 황산염으로 산화시킨다.

다. 이산화염소가 존재하면 염소로부터 생성된 황화수소(H_2S)나 R-SH 등 황화합물로 인한 냄새제거가 가능하다.

라. 이산화염소는 THM의 생성반응을 일으키지 않으나 아염소산이온(chlorite : ClO_2^-)이나 염소산이온(chlorate : ClO_3^-) 등의 무기음이온이 생성되며 이들 부산물은 유해한 것으로 밝혀 져 있으므로 주입량이나 부산물발생량 등에 주의해야 하며, 필요량보다 초과하여 주입하지 않도록 해야 한다.

마. 수중의 암모니아와는 반응하지 않는다.

2. 이산화염소의 주입량

염소와 같은 소독효과를 얻기 위한 이산화염소 주입량은 염소주입량의 절반 정도로 보고 있다. 즉 1 mg/L의 이산화염소는 2 mg/L의 염소와 같은 소독효과가 있다는 것이다.

환경부에서 정한 「수처리제의 기준과 규격 및 표시기준」(2008.5)에서는 "이산화염소와 그 부산물의 총량이 1.0 mg/L을 넘지 않도록 사용하여야 한다"고 표시되어 있다. 이들의 지침치를 초과하는 경우에는 이산화염소의 사용중지 등 즉각적인 대책을 강구해야 한다.

일본에서는 이산화염소는 2.0 mg/L 이하, 아염소산이온은 0.2 mg/L 이하로 규제하고 있으므로 이산화염소 주입률은 최대로 2.0 mg/L까지이고 또한 생성이산화염소에 연유되는 아염소산이온은 0.2 g/L 이하가 되도록 제조공정의 품질관리와 함께 이산화염소 주입률을 관리해야만 한다.

미국에서는 이산화염소의 잔류량이 0.8 mg/L 이하여야 하고 아염소산이온의 MCL은 1.0 mg/L로 하도록 권고하면서부터 이산화염소를 소독제나 맛과 냄새의 제어용으로 사용할 때에는 언제나 이산화염소의 주입량과 발생기의 성능을 최적의 상태로 운용하는 것이 매우 중요하다.

또한 이산화염소를 사용할 때에는 다음 사항에 유의해야 한다.

가. 이산화염소에는 소독효과는 있더라도 이산화염소만의 소독으로는 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에 규정된 잔류염소의 요건을 만족할 수 없기 때문에 최종적으로 소독용 염소를

주입해야 한다.

나. 아염소산이온의 농도가 정해진 값보다 높게 되지 않도록 이산화염소의 주입량을 제어하거나 또는 생성된 아염소산이온을 제어해야 한다.

이산화염소를 정수처리에 사용하는 경우의 주입률은 통상 1~2 mg/L으로 하고 있고, 이 때 분해생성물과 불순물로 포함되는 아염소산이온에 대한 처리수 중에서의 농도는 첨가되는 이산화염소의 농도나 미반응 비율에 의하지만, 최대로 0.5~0.9 mg/L 정도라는 보고가 있다. 아염소산이온은 오존에 의하여 염소산이온으로 산화되지만, 유리염소로서는 산화되기 어렵다.

다. 이산화염소는 악취를 가지고 있으므로 이산화염소 주입량을 제어해야 한다(WHO에서 권장하는 냄새의 한계치는 0.4 mg/L이다).

라. 이산화염소는 공기와의 접촉반응으로 폭발성을 갖는 기체이고 운반에는 위험이 따르므로 정수장 내에서 제조하여 사용하는 방법이 일반적이다.

마. 이산화염소 제조에 사용되는 약품(아염소산나트륨, 염산, 차아염소산나트륨의 세 가지 액체, 또는 염산, 아염소산나트륨의 두 가지 액체)은 만일 누설된 경우라도 혼합되지 않도록 각각의 방에 저장하고, 저장조 주변에 방액제를 설치하는 등의 배려를 하며 누설감시장치와 경보장치를 설치한다. 또한 제조된 이산화염소 수용액의 저류조는 밀폐구조로 하고 휘산되는 이산화염소에 대한 배기장치 및 필요에 따라 배기제해장치를 설치해야 하며, 수용액이 누설된 경우에 중화시킬 수 있도록 배려한다.

바. 작업장에는 환기장치와 경보장치를 설치하고 약품저장실과 입구 외측에 방독마스크와 안전기구를 비치한다.

사. 발생설비와 주입설비의 재질은 이산화염소에 대한 내식성을 갖는 것으로 한다.

또한 이산화염소는 대기 중에서 약간의 변화로 폭발하는 특성을 가지고 있으므로 압력용기에 저장하여서는 안 되며 반드시 현지에서 제조해야 한다.

5.12 전염소·중간염소처리

5.12.1 총칙

염소는 통상 소독목적으로 여과 후에 주입하지만, 소독이나 살조(殺藻)작용과 함께 강력한 산화력을 가지고 있기 때문에 오염된 원수에 대한 정수처리대책의 일환으로 응집·침전 이전의 처리과정에서 주입하는 경우와, 침전지와 여과지의 사이에서 주입하는 경우가 있다. 전자를 전염소처리, 후자를 중간염소처리라고 하며 목적은 다음과 같다.

1. 세균제거

원수 중의 일반세균이 1 mL 중 5,000 CFU 이상 혹은 대장균군(MPN)이 100 mL 중 2,500 이상 존재하는 경우에 여과 전에 세균을 감소시켜 안전성을 높여야 하고 또 침전지나 여과지의 내부를 위생적으로 유지해야 한다.

2. 생물처리

조류, 소형동물, 철박테리아 등이 다수 생식하고 있는 경우에는 이들을 사멸시키고 또한 정수시설 내에서 번식하는 것을 방지한다. 특히 응집하기 어려운 규조류인 멜로시라(Melosira)나 시네드라(Synedra) 등에 대해서는 전염소를 강화하여 충분한 살조처리한 다음에 응집침전처리하는 것이 바람직하다. 마이크로시스티스(Microcystis)에는 염소처리로 군체가 깨져 세포가 분산되기 때문에 전염소처리를 하고 있는 경우에는 중간염소처리로 바꾸는 편이 좋다.

3. 철과 망간의 제거

원수 중에 철과 망간이 용존하여 후염소처리시 탁도나 색도를 증가시키는 경우에는 미리 전염소 또는 중간염소처리하여 불용해성 산화물로 존재 형태를 바꾸어 후속공정에서 제거한다.

4. 암모니아성질소와 유기물 등의 처리

암모니아성질소, 아질산성질소, 황화수소, 페놀류, 기타 유기물 등을 산화한다.

5. 맛과 냄새의 제거

황화수소의 냄새, 하수의 냄새, 조류 등의 냄새 등을 제거하는데 효과가 있지만, 종류에 따라서는 염소에 의하여 맛과 냄새를 더 강하게 하거나 새로운 냄새를 유발시키는 경우가 있다.

전염소와 중간염소처리는 위와 같은 목적으로 채택될 수 있으나 원수수질에 따라 충분한 효과를 얻지 못하는 경우도 있으므로 결정하기 전에 효과를 확인해야 한다.

또 원수 중에 부식질(humic substance) 등의 유기물이 존재하면 유리잔류염소와 반응하여 트리할로메탄이 생성되기 때문에 이러한 우려가 높은 경우에는 응집과 침전으로 부식질을 어느 정도 제거한 다음 중간염소처리를 하는 것이 바람직하다.

또 완속여과방식에서는 염소가 여과막생물에 나쁜 영향을 미치기 때문에 원칙적으로 전염소·중간염소처리는 하지 않는다. 또 전염소처리와 중간염소처리의 계측제어설비에는 8.11 계측제어용 기기, 8.13.10 전·중간염소처리 설비를 참조한다.

5.12.2 전염소처리

전염소처리는 다음 각 항을 따른다.

1. 염소제 주입점은 취수시설, 도수관로, 착수정, 혼화지, 염소혼화지 등으로 교반이 잘 일어나는 지점으로 한다.
2. 염소제 주입률은 처리목적에 따라 필요로 하는 염소량 및 원수의 염소요구량 등을 고려하여 산정한다.
3. 염소제의 종류, 주입량, 저장·주입·제해설비 등에 관해서는 **5.11 소독설비**에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 전염소처리는 염소제를 침전지 이전에 주입하는 방법이므로 처리목적에 따라 적절한 장소에 주입한다. 특히 암모니아성질소를 파괴하기 위하여 전염소처리를 할 경우에는 반응시간을 충분히 확보하기 위하여 염소혼화지를 별도로 설치하거나 착수정 이전에서 주입하는 방식을 고려할 수 있다. 이 경우 파괴점 이후에 잔류가능한 유리잔류염소에 의한 트리할로메탄의 생성에 유의하며 필요에 따라 탈염소공정(분말활성탄 등)의 추가를 고려한다.

2.에 대하여 ; 전염소주입률은 원수수질과 처리목적에 따라 다르므로 다음 사항을 참고로 하여 결정한다.

가. 처리목적에 따라 필요로 하는 염소량

이론상 철이온 1 mg/L를 산화시키기 위해서는 0.63 mg/L의 염소가 필요하며, 망간이온에 대해서는 1.29 mg/L, 암모니아성질소에 대해서는 7.6 mg/L의 염소가 필요하다.

나. 일정한 장소에서 유지해야 할 잔류염소농도

여과수에서 유지해야 할 잔류염소농도는 소독을 목적으로 할 경우는 0.1~0.2 mg/L 정도, 망간처리를 목적으로 할 경우에는 0.5 mg/L 정도이다.

다. 침전지 등의 시설에서 소비되는 염소량

수중의 염소는 직사일광을 받으면 분해되기 때문에 계절, 날씨, 주야, 고속침강장치의 유무, 침전지의 형식 등에 따라 소비되는 양이 다르다. 또 염소와 분말활성탄을 동시에 주입하면 활성탄에 의하여 염소가 감소된다. 따라서 이러한 사항 등을 고려하여 플록형성지와 침전지 등의 시설에서 소비되는 염소량을 추정한다.

라. 원수의 염소요구량

전염소처리는 통상 암모니아성질소를 제거할 목적으로 처리하는 경우가 많으며, 이 경우 파괴점 염소처리가 일반적이다. 따라서 원수의 수질변동기를 포함하여 염소요구량을 측정한다(5.11 소독설비)의 〔5.11.2 참고 1〕~〔5.11.2 참고 7〕 을 참조).

일반적으로 염소주입률은 원수 중의 암모니아성질소 농도의 약 10배 내외가 되며 여과수에서의 유리잔류염소 0.5 mg/L 정도의 유지가 대체적인 목표이다. 그러나 원수수질과 처리목적, 후속 입상활성탄흡착공정의 유무 등에 따라 다르므로 위의 가~라를 참고로 하여 주입률의 범위(최고, 최저, 평균)를 결정하고 과도한 주입이 되지 않도록 배려해야 한다.

5.12.3 중간염소처리

중간염소처리는 다음 각 항에 따른다.

1. 염소제 주입지점은 침전지와 여과지 사이에서 잘 혼화되는 장소로 한다.
2. 염소제 주입률은 **5.12.2 전염소처리의 2항**에 준한다.
3. 염소제의 종류, 주입량, 저장·주입·제해 설비 등에 관해서는 **5.11 소독설비**에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 중간염소처리는 침전지와 여과지 사이에서 염소제를 주입하는 방식이다. 이 방식은 주로 트리할로메탄의 전구물질(부식질 등), 곰팡이냄새의 원인물질을 수중에 방출하는 남조류인 아나베나(*Anabaena*)나 포르미디움(*Phormidium*) 등, 전염소처리를 하면 군체가 깨져서 세포가 분산되어 여과수에 누출될 우려가 있는 남조류인 마이크로시스티스(*Microcystis*) 등을 응집·침전으로 어느 정도 제거한 다음에 염소처리를 함으로써 트리할로메탄과 곰팡이냄새의 생성을 최소화하기 위하여 채택한다.

주입지점에 염소혼화지를 설치하는 방식이 바람직하지만, 새로이 염소혼화지를 설치하는 것이 불가능한 경우에는 주입한 염소제가 잘 혼화되는 장소를 선정해야 한다.

침전지의 경사판이나 집수장치 등의 부속설비에서 조류 등의 번식으로 인한 장애가 우려되는 경우나, 번식된 조류가 떨어져 나옴으로써 여과장애의 우려가 있는 경우에는 간헐적인 전염소처리를 할 수 있는 설비가 바람직하다. 또한 물로 세척할 수 있는 세척장치를 설치하는 것이 바람직하다.

중간염소처리를 기본으로 할 경우에는 원수에 용해성망간이 일정한 농도 이상 존재할 때 망간모래에 의한 접촉산화만으로는 제거하기 곤란하고 장애가 발생할 우려가 있다. 이러한 경우에는 전염소처리로 바꾸거나 이산화염소나 오존 등의 산화제를 주입할 필요가 있다.

5.13 폭기설비

5.13.1 총칙

폭기(aeration)는 물과 공기를 충분히 접촉시켜서 수중에 있는 가스상태의 물질을 휘발시키거나 공기 중의 산소를 도입하여 수중의 특정물질을 산화시키기 위하여 실시한다. 폭기처리의 효과는 다음과 같다.

1) pH가 낮은 물에 대하여 수중의 유리탄산을 제거하여 pH를 상승시킨다.
2) 휘발성유기염소화합물(트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등)을 제거한다.
3) 공기 중의 산소를 물에 공급하여 용해성철이온(Fe^{2+})의 산화를 촉진한다. 수중에 용존된 탄산수소제일철은 폭기로 다음과 같이 탄산제일철이 생성된다.

$$Fe(HCO_3)_2 \rightarrow FeCO_3 + CO_2 + H_2O$$

탄산제일철은 가수분해하여 수산화제일철이 생성된다.

$$FeCO_3 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + CO_2$$

이 수산화제일철이 다시 산화되면 난용성의 수산화제이철이 생성된다.

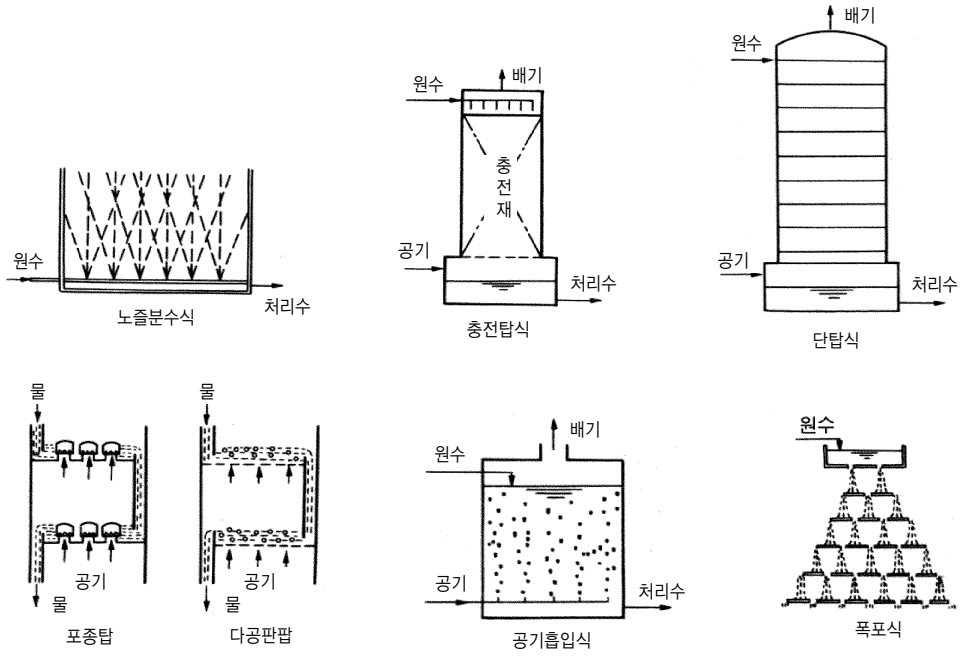
$$2Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$$

그러나 철의 형태에 따라서는 폭기만으로는 완전히 산화되지 않는 경우가 있다(5.20 철·망간제거설비 참조).

4) 황화수소 등의 불쾌한 냄새물질을 제거한다.

폭기방식에는 분수식과 충전탑식 등이 있다(〔그림 5.13.1〕 참조). 분수식에는 고정식 또는 회전식의 노즐로 분무상태로 분사시키는 방식이 있으며, 그 구조는 단순하나 물을 분무하기 위한 동력이 필요하고 물이 공기와 함께 비산되는 단점이 있다. 충전탑식은 수직원통형탑 내에 충전재를 채워 넣은 방식으로 충전재로는 여러 형상과 재질의 것이 있으며 기액접촉의 효율도 뛰어나다.

그 외의 방식으로 탑 내에 다공판 등의 선반을 몇 단 정도 설비한 단탑식(段塔式), 수중에 공기를 불어넣는 방식, 물을 5~10m의 높이에서 낙하시키는 폭포식 등이 있다. 트리클로로에틸렌 등을 제거대상으로 할 경우에는 필요에 따라 배출가스를 처리하기 위하여 활성탄흡착설비를 설치한다.



[그림 5.13.1] 폭기설비의 예

5.13.2 폭기방식

1. 분수식 폭기장치는 다음 각 항에 따른다.
   1) 노즐은 분무된 물과 공기가 잘 접촉되게 설치한다.
   2) 노즐은 처리하고자 하는 물을 균등하게 분출되도록 배치한다.
   3) 폭기실은 물방울의 비산을 방지하는 구조로 하고 2실 이상 설치한다.
2. 충전탑식 폭기장치는 다음 각 항에 부합되도록 한다.
   1) 충전탑의 구조는 수직원통형으로 하고 내식성 자재를 사용한다.
   2) 충전재는 공극률이 크고 공기저항이 적으며 내식성으로 기계적 강도가 높아야 한다.

3) 충전탑의 직경은 공기의 유속을 감안하고 충전층의 높이는 용량계수 등을 고려하여 결정한다.
4) 기액비(기체와 액체의 비)는 원칙적으로 실험에 의하여 결정한다.
5) 송풍기는 충전탑의 공기유입부 쪽에 설치하고 소요동력은 풍량과 충전재 등에 의한 압력 손실을 고려하여 결정한다.

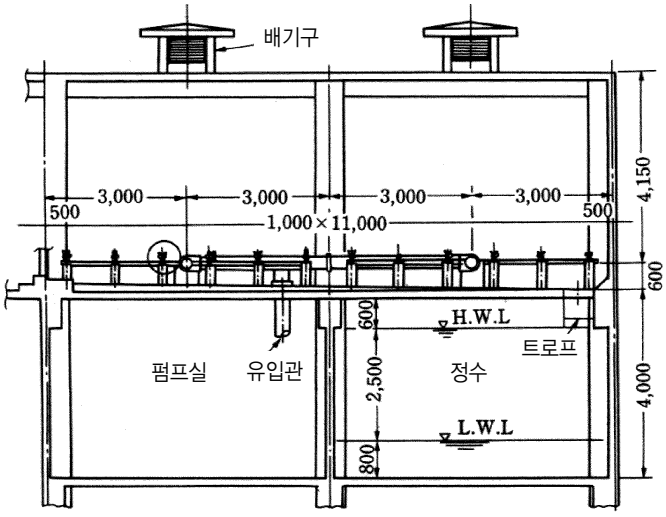
【해설】

1. 1)에 대하여 ; 노즐의 공경(출구)은 작을수록 효과적이지만, 노즐이 막히기 쉬우므로 5~10 mm 정도가 바람직하다. 또 노즐은 상향으로 설치하여 분무된 물이 실의 바닥에 낙하하는 동안 공기와 접촉되도록 한다.

1. 2)에 대하여 ; 처리할 물을 균등하게 분출시키기 위하여 노즐의 간격을 균등하게 하고 관의 말단을 서로 연결하여 출구에서 동수두(動水頭)를 균일하게 한다. 노즐의 출구에서 동수두는 3~10m 정도가 필요하다.

1. 3)에 대하여 ; 폭기실에는 측벽을 설치하여 물방울의 비산을 방지하고 방수구조로 하며 청소나 고장에 대비하여 2실 이상으로 한다.

지하수를 원수로 사용하면서 여과지를 설치하지 아니하는 경우에는 외부로부터 먼지 등의 침입을 방지하기 위하여 뚜껑을 설치하고 바닥 면적의 5% 이상의 면적을 갖는 통기구를 폭기실의 상하에 만들고 간격 1 mm 이하의 망을 설치하여 외부로부터 협잡물의 유입을 방지한다. 또 조류가 번식하는 것을 방지하기 위하여 햇빛을 차단하는 것이 바람직하다. 폭기실의 바닥은 1/50~1/100의 경사를 두어 집수나 청소를 편리하게 하고 원수에 모래가 혼입되는 경우에는 바닥에 모래피트를 만들어서 제거하는 것이 바람직하다(〔그림 5.13.2〕 참조).

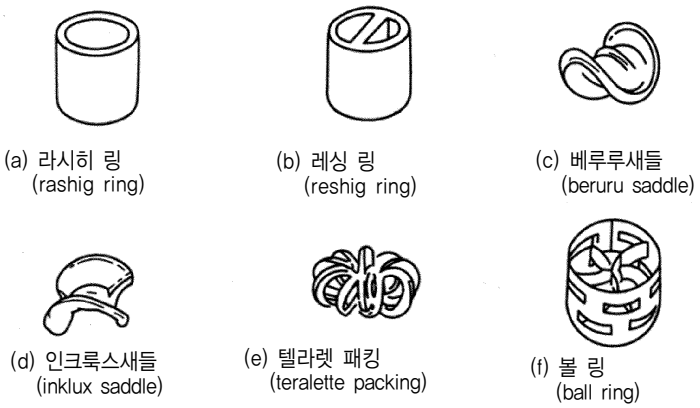


[그림 5.13.2] 폭기장치도(노즐식)(단위 : mm)

2. 1)에 대하여 ; 충전탑은 원통형 탑의 내부에 충전재를 채운 것으로 탑의 꼭대기에 설치된 물 분산장치를 통하여 공급된 물이 충전재의 표면을 박막모양으로 유하하여 충전재의 간극을 흐르는 동안 탑의 하부로부터 공급된 공기와 대향류로 접촉한다.

물의 분산장치는 다공판, 스프레이노즐, 위어, 월류관식 등의 각종 형식이 있다. 충전재의 지지판은 충분한 기계적 강도와 함께 충분한 개구비(開口比)를 갖도록 한다. 개구비가 너무 작으면 지지판이 있는 곳에 공기가 모여(loading상태) 공기의 압력손실이 커진다. 지지판의 개구비는 50% 이상으로 충전탑의 공극률보다 크게 하는 것이 바람직하다.

2. 2)에 대하여 ; 크기가 작은 충전재는 공기저항을 증가시키고 물의 유하를 방해하며 탑 꼭대기에서 물이 넘칠(flooding) 우려가 있으며 반대로 큰 충전재는 편류를 일으킬 수 있다. 충전재는 도자기(磁製), 폴리프로필렌제, 염화비닐제 등으로 유해물질이 용출되지 않는 것을 선정해야 한다. 충전재는 통상 직경이 20~50mm 정도이다(〔그림 5.13.3〕 참조).



[그림 5.13.3] 각종 충전재

2. 3)에 대하여 ; 목표제거율을 달성하기 위하여 필요한 충전탑의 직경과 충전층의 높이를 결정해야 한다.

충전탑의 직경은 물의 "넘침" 현상을 일으키지 않아야 하며 물의 균일한 분포 등의 조건을 충족해야 한다. 물의 부하량은 $5\,m^3/m^2/h$ 이상이 적절하다고 한다. 충전탑은 송풍공기의 유속을 공기부하(loading)점 부근, 또는 넘침(flooding) 속도의 50~75% 정도로서 충전탑의 소요탑 직경을 결정한다.

충전층 높이는 총괄물질이동계수, 액상속도, 기액비, 제거대상물질의 농도, 제거율 및 헨리상수 등을 고려하여 결정한다. 충전탑의 높이는 충전층의 높이에 탑상부의 물 분산장치와 물방울 비산방지장치 및 하부의 공기공급관 설치높이를 더하여 결정한다.

2. 4)에 대하여 ; 이상적인 충전탑에는 처리에 필요한 기액비의 최소치는 헨리상수의 역수이나, 실제 장치에서 사용하는 기액비는 최소기액비의 수배가 되며 실험으로 결정한다.

2. 5)에 대하여 ; 송풍방식에는 탑 내를 정압(正壓)으로 하는 방법과 부압(負壓)으로 하는 방법이 있

으나 부압에 의한 방법은 물방울을 빨아드릴 우려가 있으므로 이를 피하기 위하여 송풍기를 충전탑 하부의 공기유입부 쪽에 설치하여 탑 내를 정압으로 유지하는 방식이 바람직하다.
소요동력은 기액비로 정해지는 송풍량과 충전층에서의 압력손실 등 탑 전체의 압력손실에 덕트의 손실을 더하고 여유값을 고려하여 결정한다. 송풍기는 회전속도나 유속이 큰 경우에는 소음도 크므로 소음박스를 사용하는 등 운전소음의 저감대책을 강구할 필요가 있다.

[5.13.2 참고 1] 헨리상수(Henry's coefficient)

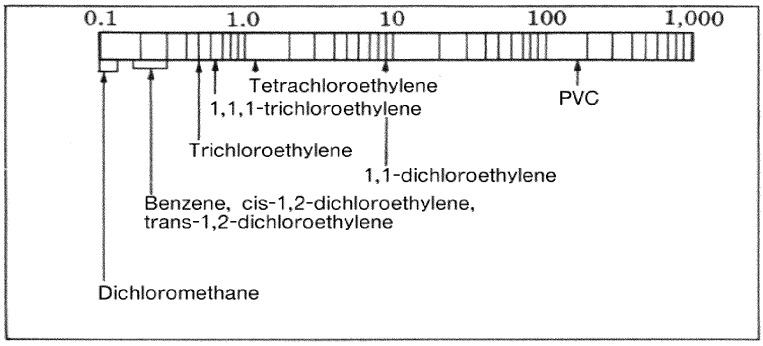
휘발성용질을 포함한 용액이 공기와 일정한 온도에서 평형상태로 있을 때에 공기 중의 그 용질농도는 용액 중의 용질농도에 비례한다. 이러한 현상을 "헨리의 법칙"이라고 하며 다음 식으로 나타낸다.

$C = H \cdot P_{가스}$

C : 용액 중의 휘발성용질농도

$P_{가스}$: 공기 중의 휘발성용질(가스)분압(기압)

H : 헨리상수로 물질에 따라 결정되는 평형상수(mg/L-기압)



〈5.13.2 참고도-1〉 휘발성유기화합물질의 헨리상수 비교

헨리상수는 공존하는 전해질농도의 영향을 받으나, 일반 수돗물의 전해질농도 범위에서는 그 영향을 무시할 수 있다. 헨리상수에 미치는 온도의 영향은 반트호프(Van't Hoff)의 법칙에서 다음 식으로 표시된다.

$H_T = \exp(A - B/T)$

여기서

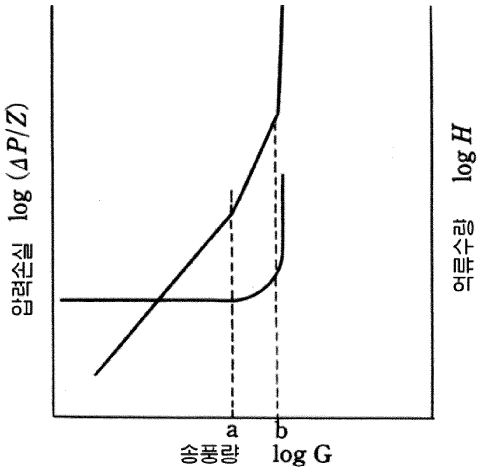
T : 절대온도(°K)

H_T : 절대온도에서 헨리상수이며, 상수 A와 상수 B는 실측으로 정해진다.

일반적으로 헨리상수가 큰 물질일수록 폭기로 제거하기 쉬우며 〈5.13.2 참고도-1〉에 휘발성 유기화합물질의 헨리상수를 표시하였다.

[5.13.2 참고 2] 공기부하(loading)와 넘침(flooding)

충전탑에서의 송풍량을 크게 하면, 충전층 내에서 물의 체류경향이 강해져서 공기의 압력손실이 증가한다. 〈5.13.2 참고도-2〉에서 억류되는 충전층의 단위체적당 수량은 처음에는 일정하지만, 송풍량이 어느 점에 도달하면 증가하기 시작하여(a점) 마침내 탑 꼭대기에서 물이 넘치게 된다(b점). 이 증가하기 시작하는 점을 공기부하(loading)점, 넘쳐나는 점을 넘침(flooding)점이라 한다. 공기의 압력손실도 공기부하점에서 급격히 증가하며 "넘침"점에서 최대로 되어 충전탑의 운전이 불가능하게 된다.



〈5.13.2 참고도-2〉 충전탑의 압력손실과 억류수량

[5.13.2 참고 3] 물질이동속도와 물질이동계수

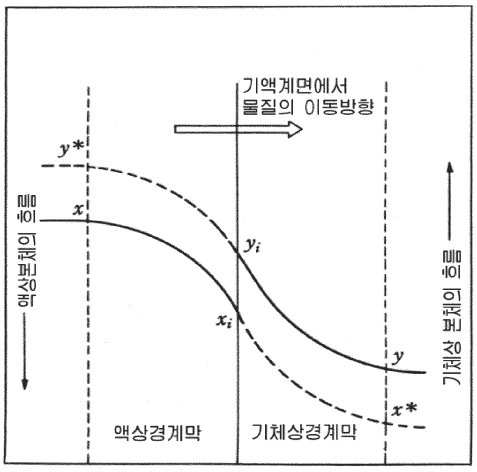
기액간(氣液間)의 물질이동속도 N_A는 물질이동계수 k와 경계면의 면적 A, 물질이동을 유발하는 추진력으로서 물질농도의 차 $\triangle C$의 곱으로 나타낸다.

$N_A = k \cdot A \cdot \triangle C$

〈5.13.2 참고도-3〉은 물질농도 χ_i(g/m^3)를 갖는 액체가 물질농도 y_i(g/m^3)를 갖는 기체와 접촉하여 정상상태로 되었을 때에 경계면 부근의 물질농도분포를 표시한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 경계면에서의 농도 χ_i와 y_i는 동일하지 않으며 이들 값을 실측하는 것은 어렵다. 양자간의 관계는 정확히 규명되어 있지는 않으나, 일반적으로 χ_i와 y_i는 평형을 이루는 것으로 알려져 있다. 기액의 경계막에서 추진력(농도차)은

기체측 : $\triangle y = y_i - y$

액체측 : $\triangle \chi = \chi - \chi_i$ 이다.



〈5.13.3 참고도-3〉 기체와 액체간의 물질농도분포

〈5.13.2 참고도-3〉와 같이 액체농도 χ와 평형상태인 가상적인 기체농도를 y^*라고 하고 기체농도 y와 평형상태인 가상적인 액체농도를 χ^*라고 할 때 기액의 양 경계막을 통한 총괄추진력은

총괄기체기준 : $(\triangle y)G = y^* - y$

총괄액체기준 : $(\triangle \chi)L = \chi - \chi^*$이다.

경계면의 면적 A를 통한 물질이동속도 N_A(g/h)에 대하여 추진력을 고려해야 하기 때문에 각각 해당되는 물질이동계수를 정의할 수 있다.

$N_A = K_U A(y^* - y) = K_X(\chi - \chi^*)$

$= k_U A(y_i - y) = k_\chi(\chi - \chi_i)$

K_U : 기체농도기준의 총괄물질이동계수

K_X : 액체농도기준의 총괄물질이동계수

k_U : 기체측 물질이동계수

k_X : 액체측 물질이동계수

여기서 면적 A의 단위가 m^2일 때 물질이동계수의 단위는(m/h)이다.

5.14 오존처리설비

5.14.1 총칙

오존처리는 THMs와 HAAs의 전구물질을 저감시키는 전처리산화제로는 물론이고 염소보다 훨씬 강한 오존의 산화력을 이용한 대체소독제로서 소독과 함께 맛·냄새물질 및 색도의 제거, 소독부산물의 저감 등을 목적으로 한다.

오존은 유기물과 반응하여 부산물을 생성하므로 일반적으로 오존처리와 활성탄처리는 병행해야 된다. 오존처리공정의 설계와 운전요소로서 처리목적에 따라 주입점, 주입률 등을 고려하고 파일럿플랜트 등 실험결과에 근거하여 결정하는 것이 바람직하다.

오존은 강한 산화력을 가진 불소와 OH라디칼 다음으로 높은 전위차(2.07 V(volt))를 가지고 있다. 이론적으로 오존은 모든 유기물을 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)로 완전분해시켜야 하지만, 실제 대다수의 유기물질(맛·냄새 유발물질인 지오스민(geosmin), MIB와 THM과 같은 포화 탄화수소 등)과 반응이 느리거나 또는 전혀 반응하지 않는 것이 일반적이다. 이와 같이 오존의 단점을 보완하기 위하여 오존과 산화제 등을 동시에 반응시켜 OH라디칼의 생성을 가속화하여 유기물질들을 처리하는 방법을 고도산화법(advanced oxidation process; AOP)이라 하며, 정수처리에 응용될 수 있는 AOP는 ozone/high pH, O_3/H_2O_2(PEROXONE), O_3/UV, O_3/TiO_2, O_3/electron beam, O_3/metallic oxides 등의 방법들이 있다.

오존처리에 수반되는 문제점으로 중요한 것은 용존잔류오존과 배오존의 처리가 있다. 처리공정 내에서 과도한 용존잔류오존은 강력한 산화력으로 후단의 활성탄흡착능에 대한 소모를 촉진한다. 배오존이 대기 중에 방출되는 경우에는 노동안전위생 또는 환경상의 문제를 일으킬 우려가 있으므로 충분히 저농도가 되도록 처리해야 한다. 정수처리의 단위공정으로 오존처리법이 다른 처리법에 비하여 우수한 점은 다음과 같다.

1. 오존은 자체의 높은 산화력으로 염소에 비하여 높은 살균력을 가지고 있다.
   크립토스포리디움과 지아디아를 포함한 모든 병원성 미생물에 대한 소독시간을 단축할 수 있다.
2. 맛·냄새물질과 색도제거의 효과가 우수하다.
   조류 및 조류와 관련된 맛·냄새 유발물질을 억제하며, 지오스민(geosmin)이나 2-메틸이소보니올(2-MIB) 등에 의한 냄새나 부식질 등에 의한 색도, 그리고 염소와의 반응으로 냄새를 유발하는 페놀류 등을 제거하는데 효과적이다.
3. 유기물질의 생분해성을 증가시킨다.
   미생물에 의하여 제거되도록 유기물을 부분적으로 산화시키며 난분해성 유기물질의 생분해성을 증대시켜 후속공정인 입상활성탄처리(생물활성탄으로 운전시)의 처리성을 향상시킨다.
4. 염소요구량을 감소시킨다.
   염소주입에 앞서 오존을 주입하면 염소의 소비량을 감소시킨다.
5. 철·망간의 산화능력이 크다.
6. 소독부산물의 생성을 유발하는 각종 전구물질에 대한 처리효율이 높다.

한편, 오존처리에서 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

가. 충분한 산화반응을 진행시킬 접촉지가 필요하다.

나. 배오존처리설비가 필요하다.

다. 전염소처리를 할 경우에도 염소와 반응하여 잔류염소가 감소된다.

라. 수온이 높아지면 용해도가 감소하고 분해가 빨라진다.

마. 설비의 사용재료는 충분한 내식성이 요구된다.

바. 소독부산물의 생성을 유발하는 저감물질에 대한 처리효율이 높다.

〈5.14.1 참고 1〉 오존/high pH AOP

오존이 수산화기에 의해 분해되어 OH 라디칼의 중간 생성물을 생성하는데, 이 공정에서 pH를 증가시킬수록 오존분해가 가속화 되는 원리를 이용한 방법으로, pH를 높이는 것은 자연수의 수질조건에 따라 OH라디칼의 생성과 소모의 최적조건에 맞는 pH에 따라 적용하여야 한다.

〈5.14.1 참고 2〉 오존/과산화수소(O_3/H_2O_2)(PEROXONE) AOP

오존에 과산화수소를 인위적으로 첨가하여 오존을 빠른 속도로 분해시켜 OH라디칼을 생성시켜 오염물질을 분해시키는 방법을 오존/과산화수소 AOP라 한다. 오존과 과산화수소는 서로 반응이 매우 느리지만 HO_2^-이 발생하면 오존분해가 활발히 일어난다.

과산화수소는 아래 식1과 같이 해리되어 HO_2^-을 생성하고 오존과 (참고 5.14.2)와 같이 반응한다. 이중 O_3^-·아래 식 3, 4의 반응을 거쳐 OH라디칼을 생성하게 된다. HO_2·는 O_3^-·과는 달리 O_2^-·생성(식 5), 다시 O_2^-·가 O_3^-·생성(참고 5.14.6) 후 (참고 5.14.3, 4)의 반응으로 OH라디칼을 생성한다. 이 과정을 종합한 최종반응식은 (참고 5.14.7)와 같다.

$H_2O_2 \rightarrow H^+ + HO_2^-$ ····· (참고 5.14.1)

$O_3 + HO_2^- \rightarrow HO_2\cdot + O_3^-\cdot$ ····· (참고 5.14.2)

$O_3^-\cdot + H^+ \rightarrow HO_3\cdot$ ····· (참고 5.14.3)

$HO_3\cdot \rightarrow OH\cdot + O_2$ ····· (참고 5.14.4)

$HO_2^- \rightarrow H^+ + O_2^-\cdot$ ····· (참고 5.14.5)

$O_2^-\cdot + O_3 \rightarrow O_3^-\cdot + O_2$ ····· (참고 5.14.6)

$2O_3 + H_2O_2 \rightarrow 2OH\cdot + 3O_2$ ····· (참고 5.14.7)

오존과 과산화수소 투입비에 따리 공정 효율이 달라지며, 과산화수소 농도가 낮으면 오존분해가 원활하지 않아 OH 라디칼 생성이 저해되고, 농도가 높으면 과산화수소가 오히려 소모제로 작용해 역효과를 일으킨다.

〈5.14.1 참고 3〉 오존/자외선(UV 광분해법)

이 방법은 산화제에 자외선을 조사하여 OH 라디칼을 생성시키는 방법으로 자외선 에너지에 의해 중간생성물인 과산화수소가 생성되고 이후 OH라디칼 생성은 오존/과산화수소 공정과 동일하다. 또한 이

공정은 자외선에 의해서도 유기물이 제거될 수 있다.

$O_3 + H_2O + hv \rightarrow O_2 + H_2O_2$ ····· (참고 5.14.8)

$H_2O_2 + hv \rightarrow 2OH\cdot$ ····· (참고 5.14.9)

이 공정은 오존 대신에 과산화수소를 적용할 수도 있으며, 이 경우에는 과산화수소가 바로 자외선을 흡수하는 위 식2의 공정으로 OH라디칼을 생성한다.

오존/자외선과 오존/과산화수소를 비교하면 오존의 자외선 몰흡광계수가 3,300 $M^{-1}cm^{-1}$로 과산화수소는 19.6 $M^{-1}cm^{-1}$에 불과해 오존을 사용하는 것이 효율이 우수한 것으로 나타났다. 또한 자외선을 이용한 AOP는 원수 탁도와 색도에 따라 처리효율의 변동이 있을 수 있는 점을 고려하여야 한다.

5.14.2 오존처리공정의 배열과 주입률

오존처리는 처리목적에 따라 적절한 처리공정을 선정한다.
1. 오존주입지점은 처리대상물질과 처리목적 등에 따라 선정한다.
   1) 냄새와 색도제거를 목적으로 하는 경우
   2) 응집효과의 개선을 목적으로 하는 경우
   3) 유기염소화합물의 생성저감을 목적으로 하는 경우
2. 오존주입률은 원수수질의 현황과 장래의 수질예측, 다른 수도시설에서의 실시 예, 문헌, 실험결과 등을 근거로 하여 결정한다.
3. 오존주입량은 처리수량에 주입률을 곱하여 산정한다.
4. 오존주입률 결정은 실시간 수질을 반영하여 주입할 수 있는 방법을 선정한다.
   1) C·T 일정제어방식
   2) 총유기탄소 대비 오존주입률결정방식
   3) 오존소비특성을 이용한 오존요구량의 일정제어방식

【해설】

오존은 원수(전오존), 침전수(중오존), 여과수(후오존)에 주입할 수 있으며 원수에 주입하는 전오존처리는 색도성분이 많은 경우에 적합하나, 현탁물질에 의한 오존소비량이 많아진다. 따라서 일반적으로는 침전수 또는 여과수에 오존을 주입하는 예가 많다.

주입점이 어디가 되더라도 필요한 혼화와 충분한 접촉시간을 확보해야 하며 또 배오존이 대기 중으로 확산되지 않도록 밀폐식 접촉지를 설치해야 한다.

1.에 대하여 ; 오존처리를 위한 공정배열의 몇 가지 예는 다음과 같다.

1. 1)에 대하여 ; 냄새와 색도를 제거할 목적으로 하는 경우에는 일반적인 정수처리공정의 배열에 오존공정과 활성탄흡착공정을 추가한다.

1. 2)에 대하여 ; 응집효과를 증대시킬 목적으로 저탁도의 원수를 처리하기에 앞서 전오존처리를 하는 예가 있다. 전오존처리를 실시하면 응집특성이 개선되어 응집제의 주입량이 감소하고, 플록의 크기와 강도가 개선되는 효과가 있다. 이러한 목적인 경우에는 특히 유입수질에 따라 적절한 오존주입률로 주

입하는 것이 중요하다.

1. 3)에 대하여 ; 유기염소화합물의 생성을 저감할 목적으로 공정을 채택할 경우에는 전염소 대신 오존처리와 활성탄흡착처리를 추가하여 정수처리공정 내에서의 유기물과 무기물의 산화는 오존으로 처리하고 최종소독은 염소제로 처리한다.

이상의 처리공정 배열에 대해서는 5.17 입상활성탄 흡착설비를 참조한다.

2.에 대하여 ; 주입률은 처리하고자 하는 물의 수질 및 제거대상물질의 종류와 농도 등에 따라 다르며 처리효과에도 큰 영향을 미친다. 따라서 문헌을 참고로 하고 필요한 경우 예상되는 제거대상물질의 농도범위에 대한 실험을 실시하여 여러 조건변화에 대한 적정주입률을 결정한다.

1) 맛·냄새물질 제거

일반적으로 많은 정수장에서 0.5~2 mg/L의 주입률로 오존접촉시간은 10~20분 내외로 운전하고 있다. 실증플랜트에서 운전한 결과로부터 오존주입률이 1.0 m/L일 때 2-MIB와 geosmin 처리효율이 높은 것으로 나타난 바 있으며, 특히 오존에 대한 geosmin 처리효율이 더 높은 것으로 보고된 바 있다. 또한 후속공정에 입상활성탄공정을 조합하여 운전할 경우 대부분의 맛·냄새유발물질이 제거되는 것으로 보고되고 있다. 오존처리와 활성탄흡착처리는 실제 정수장의 운전결과로부터 오존주입률이 0.5~3.0 mg/L(평균 1.1 mg/L)일 경우에 2-MIB가 거의 100 % 제거되었다.

2) 트리할로메탄의 전구물질 및 트리할로메탄 저감

오존처리로 이미 생성된 트리할로메탄의 저감효과는 거의 없다. 또 오존으로 트리할로메탄의 전구물질(부식질 등)이 증가하는 경우도 있지만, 생물활성탄으로 유기물을 분해한 다음 염소소독을 실시하면 트리할로메탄 생성량은 적어진다.

3) 망간 제거

원수 중에 용존되어 있는 Mn^{2+}이 산화되면 $Mn^{4+}(MnO_2)$ 또는 $Mn^{7+}(MnO_4^-)$가 되어 흑갈색 및 분홍색을 나타낸다.

급속모래여과지로 망간을 제거하는 경우에는 염소에 의한 산화로서는 Mn^{7+}이 생기는 경우가 없지만, 오존은 산화력이 강하기 때문에 오존주입률이 너무 높은 경우 Mn^{7+}이 생성되며 Mn^{7+}이 공존 유기물을 산화하면 Mn^{7+}는 이산화망간으로 환원되어 수돗물 착색의 원인으로 된다. 망간을 효과적으로 제거하기 위해서는 침전수에 오존을 주입(여과공정의 앞)하고 급속모래여과지의 유입수에 오존이 잔류하지 않을 정도로 주입률(0.5~1.0 mg/L)을 설정한다.

4) 1-4 다이옥산 등 제거

국내 낙동강 수계 원수에 대한 1,4-다이옥산 처리효율에 관한 연구결과 1.9~6.0 mg/L 농도로 오존 주입시 1,4-다이옥산 38~62.7 % 제거되는 것으로 조사되었다. 1.4-다이옥산 처리를 위해 오존처리를 적용할 경우에는 배오존 처리시설의 효율을 고려하여 Pilot Plant실험 등을 실시하여 주입률, 접촉시간 등을 결정하고, 오존 단독적용 외에 과산화수소(H_2O_2), UV등을 복합적용하는 고도산화법

(AOP)을 검토할 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 주입된 오존은 일부가 용존되지 못하고 가스상태로 배출되므로 밀폐된 연속식 실험장치를 이용하여 처리대상물질에 대하여 실험하고 주입점의 수와 주입위치 등을 정한다. 오존의 유효주입률은 직접 측정하기 어려우므로 주입오존농도와 배오존농도를 측정하여 수중에서 이용된 양을 산출한다.

$$\text{이용률(또는흡수율)}(\%) = \frac{(\text{주입오존량}) - (\text{잔류오존량}) - (\text{배출오존량})}{(\text{주입오존량})} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.14.1)$$

$$\text{전달효율}(\%) = \frac{(\text{주입오존량}) - (\text{배출오존량})}{(\text{주입오존량})} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.14.2)$$

5.14.3 오존발생장치와 주입설비

1. 주입설비는 다음 각 호에 따른다.
   1) 설비용량은 처리수량과 주입률로 산출된 주입량을 기본으로 하여 결정한다.
   2) 설비는 원료가스공급장치, 오존발생기, 접촉지, 배오존처리설비, 오존재이용설비 등으로 구성되며, 주요기기류는 2계통 이상으로 분할하고, 예비계통을 설치하며 유지관리가 용이하도록 한다.
   3) 오존처리를 효율적으로 실시하고 또 비상시에도 필요한 조치가 용이하게 이루어질 수 있도록 적절한 제어방식을 선정한다.
   4) 오존과 접촉하거나 또는 접촉가능성이 있는 부분의 재질은 오존에 대하여 충분한 내식성과 강도가 있고 또 위생상 안전한 것으로 한다.
2. 원료가스공급장치는 필요한 원료가스를 제조하고 공급하기에 충분한 용량을 가지며, 높은 효율로 운전할 수 있고 충분한 안전성을 가진 것으로 한다.
3. 오존발생기는 다음 각 호에 적합하도록 한다.
   1) 발생효율이 높고 내구성과 안전성이 충분해야 한다.
   2) 용량, 대수, 주입계통의 구성은 최소주입량에서 최대주입량에 이르기까지 연속적으로 적절하게 주입할 수 있는 것으로 한다.
4. 오존발생기에서 주입장소에 이르는 배관은 적절한 내경과 재질을 가지며 유량계와 압력 등을 구비하고 배관의 유지관리를 용이하게 하기 위하여 지중부분은 콘크리트덕트 내에 설치하는 것으로 한다.
5. 접촉지는 다음 각 호에 적합하도록 한다.
   1) 구조는 밀폐식으로 오존과 물의 혼화와 접촉이 효과적으로 이루어져서 흡수율이 높도록 한다.
   2) 용량은 오존처리에 필요한 접촉시간과 반응시간이 충분하도록 한다.
   3) 오존주입 풍량, 재이용 풍량, 배오존 풍량 등은 풍량의 수지에 균형이 맞도록 설계한다.
   4) 접촉지에는 우회관을 설치한다.
   5) 오존재이용설비는 오존의 유효이용과 배오존처리설비의 부하경감을 고려하여 설치여부를 결정한다.
6. 오존발생에 필요한 전력설비는 충분한 용량과 기능을 갖추어야 한다.
7. 오존발생기실 등은 다음 각 호에 적합하도록 한다.
   1) 발생설비는 가능한 한 주입지점에 가깝게 설치한다.
   2) 건물은 내화 및 내식을 고려하여 채광, 방음, 환기, 배수 등이 양호해야 한다.
   3) 바닥면적은 발생기 등의 유지관리에 충분한 넓이로 한다.

【해설】

1. 1)에 대하여 ; 설비용량은 시간최대주입량에 여유분을 고려하여 결정한다.

1. 2)에 대하여 ; 장치는 원칙적으로 2계통 이상으로 분할·설치하여 고장시에 보수가 용이하도록 한다. 오존처리시설의 예를 〔그림 5.14.1〕에 제시하였다.

1. 3)에 대하여 ; 오존주입량을 제어하기 위하여 필요한 계측항목은 처리수량, 오존주입량(오존화공기의 풍량과 오존농도), 잔류오존농도, 배오존농도, 오존소비특성 등이며 제어방식은 다음과 같다.

가. 주입률을 설정하고 처리수량에 비례하여 주입하는 방식

나. 처리수의 잔류오존농도를 설정하고 설정된 농도를 유지하는 방식

다. 접촉지의 배오존농도를 설정하고 설정된 농도를 유지하는 방식

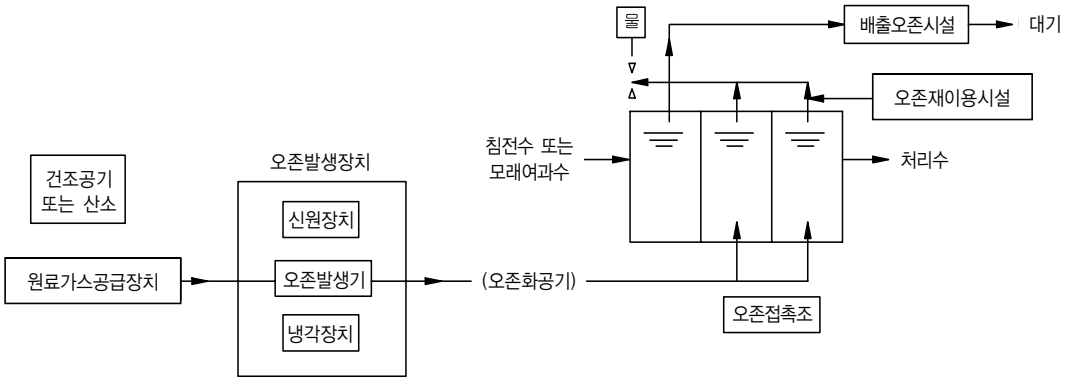
라. 오존접촉지의 $C \cdot T$값을 설정하고 설정된 $C \cdot T$값을 유지하는 방식

마. 유입수와 처리수의 수질(TOC, DOC, UV 흡수물질 또는 오존소비특성인자 등)을 반영하여 오존주입량을 제어하는 방식

바. 오존소비특성을 이용한 오존요구량(kinetic $C \cdot T$)을 설정하고 설정된 값을 일정하게 유지하는 방식

실제 유입수질과 처리수량의 변화가 크지 않은 경우에는 가.의 제어방식으로 대처할 수 있다. 나.의 잔류오존농도를 일정하게 설정하여 유지하는 방식이 일반적으로 적용되고 있으나 처리수량 변화가 클 경우에는 접촉지 내의 체류시간이 변동하므로 산화효율에도 영향을 미친다. 유입수질과 처리수량의 변화에 대처하여 보다 양호하고 안정적인 처리수질을 확보하기 위해서는 라, 마. 또는 바.의 제어방식이 바람직하다.

오존농도의 측정기로는 자외선흡수법이나 격막전극법 등을 원리로 하는 것이 실용화되어 있다. 오존화공기, 잔류오존, 배오존 등 측정대상에 따라 적절한 측정범위와 정도(精度)를 가진 것을 선정한다. 또 유입수 정지시 잔류오존이나 배오존의 농도가 비정상적으로 증가할 경우에 오존발생기의 작동정지 등의 조치가 신속히 이루어지도록 계측제어설비에 반영한다.



주) 1. 오존재이용시설은 이용효율을 높이기 위한 것으로서 필수는 아님

주) 2. 2단 주입일 경우의 각 조별 오존주입비율을 1 : 1 정도로 하는 것이 일반적이다. 조별 주입비율은 조별 용존오존농도와 $C \cdot T$값 및 처리수의 용존오존농도 등을 고려하여 실험을 통하여 결정하는 것이 바람직하다.

주) 3. 오존접촉지의 단수를 1단 증가시킬 때 흡수효율의 상승효과는 1% 정도에 불과하므로 필요 이상으로 과다하게 증가시킬 필요는 없다.

[그림 5.14.1] 오존처리시스템의 예

〈5.14.3 참고 1〉 오존농도의 측정방식

오존농도의 측정방식은 FIA(flow injection analysis)를 이용하여 연속으로 측정가능한 iodometric방식, 분광광도계를 이용하여 인디고시약으로 600 nm에서의 발색정도를 측정하는 방식(Indigo Colorimetric Method)과 가스상 오존의 경우 오존이 자외선 영역 중 254 nm 부근에서 최대흡수대가 있는 것을 이용하여 오존농도를 측정하는 방식 등이 있다. 기체상태의 오존과 액체상태의 오존을 측정할 경우 다음과 같이 분류한다.

① 발생오존과 배오존을 측정할 경우에는 오존화공기를 자외선 영역 254nm에서 직접 측정한다.

② 잔류오존 측정에는 액체상태의 시료를 직접 측정하거나, 기액분리를 통하여 기체상태로 바꾼 다음 측정하는 방식을 사용한다.

1. 4)에 대하여 ; 오존은 산화력이 강하기 때문에 오존에 접촉하는 부분과 접촉할 가능성이 있는 부분의 재질은 충분한 내식성과 강도가 있어야 한다. 이러한 재질을 구체적으로 예시하면 다음과 같다.

가. 오존접촉지 ; 스테인리스강(STS304), FRP, 압축콘크리트

나. 오존화공기 및 오존재이용 배관 ; 스테인리스강(STS304, 316), 테프론튜브

다. 재이용용 송풍기 ; 스테인리스강주강품(鋼鑄鋼品 SCS)

라. 배오존흡인덕트 : 경질염화비닐, 스테인리스강

마. 조인트와 패킹고무 ; 에틸렌-프로필렌고무(EPM, EPDM), 클로로술폰화포리에틸렌(CSM), 불소고무(FPM), 이소부틸렌고무(ILR), 클로로피렌고무(CR)

바. 창틀 등 ; 알루마이트 처리된 알루미늄

2.에 대하여 ; 오존발생용 원료가스공급장치는 공기법, 액체순산소법, 발생순산소법 및 고농도산소공기법

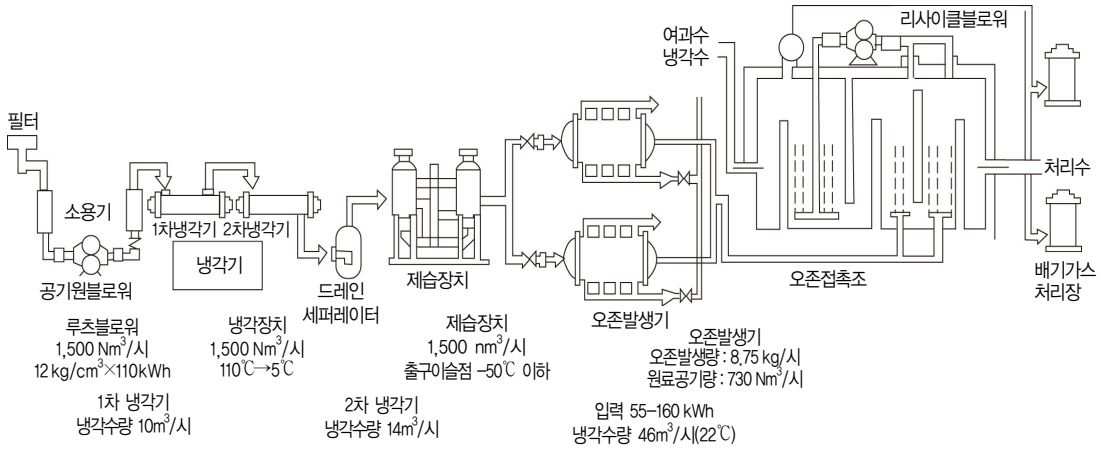
가. 공기법은 대기를 공기압축기(송풍기 포함)로 가압·건조하여 오존발생기에 건조공기를 공급하는 방식이다. 이 방식의 원료가스공급장치는 단순하나 오존발생장치가 크게 된다.

나. 액체산소법은 구입한 액체산소의 저장탱크와 기화장치로 구성되며 오존발생기에 산소를 공급하는 방식이다. 이 방식은 액체산소공급체제와 소비량 등에 부합되는 액체산소저장탱크가 필요하며 또 고압가스로서의 취급 등에 문제가 있다.

다. 발생순산소법은 심냉분리법(深冷分離法)에 의한 제습건조·정제된 원료공기를 단열팽창으로 액화하고 질소와 산소의 비점차(질소-195.82 ℃ 산소-182.97 ℃)를 이용하여 산소와 질소를 분리시키는 장치와 액체산소저류조 및 기화기로 구성되며 오존발생기에 산소를 공급하는 방식이다. 이 방식은 산소발생기가 필요하며 설비구성이 다소 복잡하지만, 대용량의 액체산소 저류조는 불필요하다.

라. 산소부화공기법(酸素富化空氣法)은 흡착제에 대한 질소와 산소의 흡착선택성에 의하여 산소를 분리하며 산소함유율을 95 % 정도로 하여 오존발생기로 공급하는 방식이다.
원료가스에 따라 동일한 오존발생기에서 발생량이 다르고, 가. 공기법을 100 %로 하면 나와 다는 220 %라는 150 % 정도가 된다(발생오존농도는 가에서는 20 g/Nm^3, 나~다에서는 50~100 g/Nm^3이다.).

오존발생기(공기법)의 공정배열을 〔그림 5.14.2〕에 예시하였다. 원료공기는 그림의 왼쪽 공기송풍기(컴프레서의 경우도 있음)로 공기를 압축하고 공기냉각기(1차, 2차)로 온도를 낮추어 제습장치에서 노점 -50 ℃ 이하로 건조된 공기를 오존발생기에 공급하여 전원장치로부터 공급되는 고압방전으로 오존이 발생되어 오존접촉지에 공급된다. 이 중 원료가스공급장치는 입구 필터→공기송풍기(blower)→공기냉각기→제습장치까지이다.



[그림 5.14.2] 오존처리공정흐름도의 예

3.에 대하여 ; 오존을 발생시키는 방법에는 광학법과 전해법 등이 있으며 공업적으로 오존을 발생시키는데 최적인 방법은 무성방전법이다.

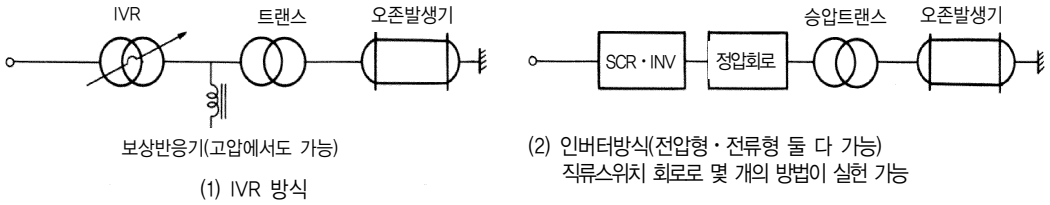
오존의 생성반응은 $3O_2 \rightarrow 2O_3 - 68$ kcal로 이론적 오존생성량은 1.2 kg/kWh이다. 그러나 무성방전에 의한 오존생성효율은 공기원료인 경우는 이론값의 7 % 정도, 산소원료인 경우는 10~15 % 정도로 나머지 대부분은 열로 변한다. 오존생성에 영향을 미치는 요소로는 방전공극의 길이, 방전공간의 압력, 산소농도, 원료가스 중의 수분량(노점온도), 방전전력 등이며 또 분해요인으로는 방전부의 온도와 오존농도가 있다. 방전부의 온도에 영향을 미치는 요소는 전극구조, 냉각수온, 방전공극의 길이, 단위방전면적당 방전력밀도(W/cm^2) 등이다. 오존수율(단위전력당 오존발생량)은 방전부의 온도가 낮을수록 분해반응이 억제되어 높아진다.

일반적으로 최고오존농도는 공기원료로는 3~4 wt%, 산소원료로는 6~8 wt%인데, 발생오존농도의 상승과 함께 오존발생에 필요한 소비전력도 상승하므로 경제적인 오존농도는 공기원료는 1.5 wt%, 산소원료로는 4~8 wt% 정도이다. 소비전력은 공기원료에서 13~14 kWh/kgO_3, 산소원료에서 7~9 kWh/kgO_3이다. 위의 소비전력에는 원료가스공급장치 등의 소비전력은 포함되지 않았으므로 전원설비는 50~90 % 정도 크게 해야 한다.

3. 1)에 대하여 ; 오존발생기는 전원장치, 냉각장치 및 오존발생기본체로 구성되며 대략 발생량이 1 kg/h 미만인 소형기는 한 패키지로 제작되고, 그 이상의 기종이면 각 장치가 독립되어 있다.

가. 전원장치

오존발생기에서는 전극간에 수 kV에서 수십 kV의 전압을 가한다. 이 때문에 소형기에서는 200~400 V, 50~60 Hz의 전원전압을 유도전압조정기(IVR)와 변압기로 승압조정하고 대형기(10 kg/h 정도)에서는 200~400 V 또는 3,000~6,000 V, 50~60Hz의 전원을 사용하여 인버터와 변압기로 전류와 주파수(600~1,000 Hz) 및 전압을 변화시켜서 오존발생량을 조정하는 방식이 일반적이다 ([그림 5.14.3] 참조).



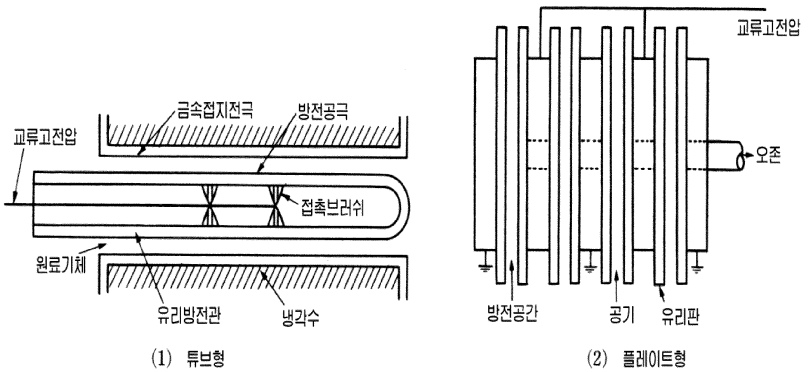
[그림 5.14.3] 전원전압의 조정방식

나. 오존발생기용 냉각장치

오존발생관의 직접냉각수는 순수(純水) 또는 무염소인 정수를 사용한다. 냉각용수는 사용수량이 3~5 $m^3/(h \cdot kgO_3)$ 정도로 많기 때문에 대형기에서 직접냉각수는 폐순환방식으로 되어 있어서, 이 물이 열교환기에 의하여 간접냉각수로 냉각되며 간접냉각수는 쿨링타워와 칠링유닛(chilling unit)으로 냉각된다. 소형일 경우에는 공냉식도 사용된다.

다. 오존발생기

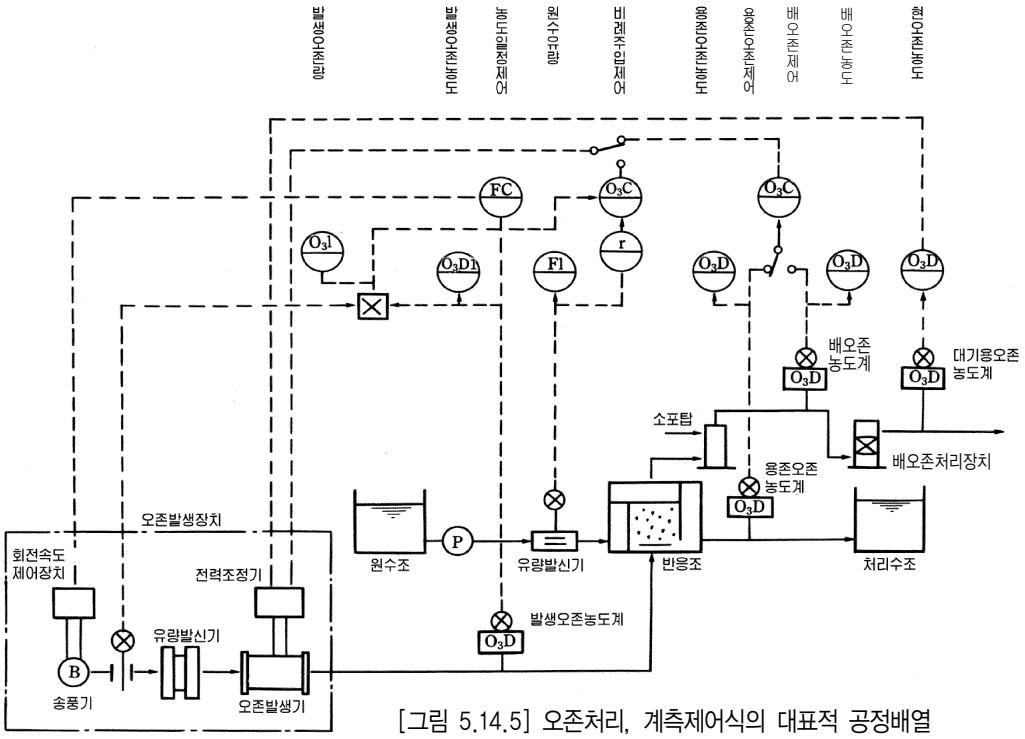
오존발생기는 일반적으로 튜브형 또는 플레이트형(plate)이 사용된다([그림 5.14.4] 참조).
튜브형 방전관은 동심이중원통구조로 외관은 스테인리스 등의 금속제, 내관은 유리제(내면에 전극을 부착)로서 유전체로 되어 있는 것과 내관을 스테인리스로 하고 설치측 외관의 내면에 유전체를 라이닝하여 발생효율을 향상시킨 것이 있는데, 어느 것이나 내관과 외관의 간극에 원료가스가 통과하고 양관 사이에 교류전압을 가하여 방전(무성방전)시킴으로써 오존을 발생시킨다.



[그림 5.14.4] 오존발생기의 형상

3. 2)에 대하여 ; 오존발생량의 제어는 전원장치에서의 제어와 원료가스공급장치로부터의 풍량에 의한 제어가 있다.

전원장치에 따라 제어폭이 다르고, 입력전압조정형에서는 20~100 %, 주파수조정형에서는 5~100 %가 일반적이다. 오존처리설비의 표준적인 설비구성을 〔그림 5.14.5〕에 나타내었다.

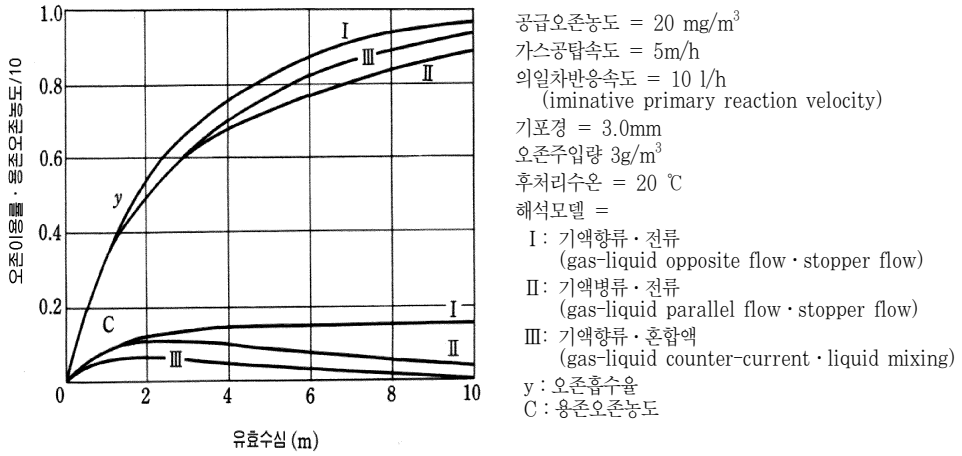


[그림 5.14.5] 오존처리, 계측제어식의 대표적 공정배열

4.에 대하여 ; 오존발생기에서 주입점까지의 배관구경은 관내유속을 10 m/s 정도로 하여 산출한다. 송출 측에는 유량계와 압력계를 설치하고 지중배관은 피트(pit)에 수납하며, 대기 중의 미량오존농도를 측정할 수 있는 환경오존농도계로 오존누출을 검지한다. 누출시에는 오존발생을 정지하고 주입배관을 차단하는 등의 조치를 취한다.

5. 1)에 대하여 ; 오존접촉지에서 오존이용률에 영향을 미치는 요소로서 기액의 접촉방향, 가스농도, 가스공탑유속, 오존가스의 기포크기, 접촉수심, 기액비〔$G/L(Nm^3/m^3)$〕, 가스의 균등접촉 등이 있다. 오존접촉지에서의 오존가스 주입방식으로는 디퓨저식(diffuser), 인젝터(injector)식, 오존가압기식, 기계교반식이 있다. 오존화공기 주입은 이용률과 유지관리의 용이성과 경제성 측면에서 디퓨저식이 많이 사용되며 접촉지 바닥에 세라믹재질의 개구비 35 % 정도이고 기공직경 60 μm 정도의 산기관이나 산기판을 설치하며 오존가스가 균등하게 산기되도록 헤드와 산기관 등을 적절하게 배치한다. 또 접촉지 바닥에는 배수(排水)와 슬러지배출을 위하여 배수관을 설치한다.

물에서의 오존흡수효율을 높이기 위하여 디퓨저식인 경우, 주입점에서 기액향류로 하고 수심은 가능한 한 크게 한다(〔그림 5.14.6〕 참조). 그러나 접촉수심이 증가함에 따라 원료가스공급장치의 동력비가 증가하며 압력이 지나치게 높게 되면 방전상태가 변화하여 오존발생효율이 떨어진다. 이와 같은 이유에서 접촉수심은 발생효율과 흡수효율을 고려하여 4~6 m가 적절하다.

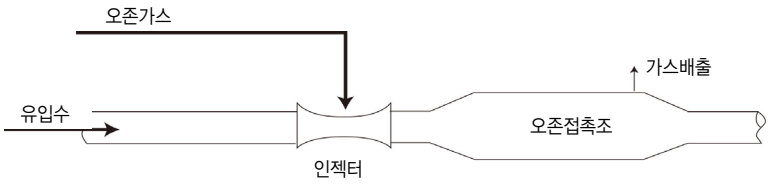


[그림 5.14.6] 기액의 유동상태와 오존이용(흡수)률의 관계

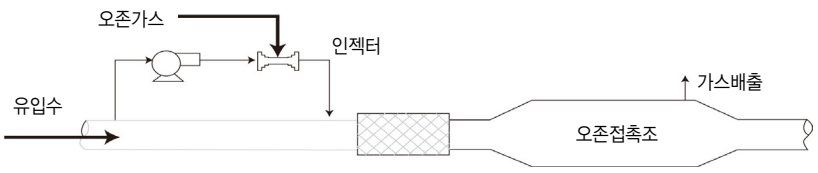
디퓨저식의 경우 산기관이 접촉조내 설치되어 오존에 의한 산기관의 산화 및 폐쇄등으로 단락류 발생시 오존전달효율 저하 가능성을 고려하여 적정 유지관리 방안을 고려하여야 한다.

인젝터 방식의 경우에는 직접(In-Line)주입방식과 간접주입(Sidestream)이 있으며, 간접주입방식의 경우 관로에서 일정량을 분기하여 펌프로 가압하여 인젝터로 공급하여, 고농도의 오존수를 만들어 나머지 물과 혼합시키므로 오존전달효율이 우수하다.(〔그림 5.14.7〕 참조)

가. 직접(In-Line)주입방식



나. 간접(Sidestream)주입방식



[그림 5.14.7] 인젝터식 오존주입장치

오존가압기식은 관로에서 일정량을 분기하여 펌프로 오존용해탱크 상부로 주입하고, 오존가압기에 의해 오존가스를 오존용해탱크 하부로 주입하여 고압(39.2~68.6 MPa)조건에서 오존수를 만들어 나머지 물과 혼합시켜, 오존전달효율을 높이는 방식이다.

공탑가스속도(단위시간당 공기량/접촉지의 면적)는 5 m/h 정도, 기액비는 0.1~0.2로 하는 예가 많다. 오존의 용해도는 압력이 상승함에 따라 또 온도가 저하됨에 따라 증가하며 산소에 비하여 7~8배 크고 헨리의 법칙을 따른다. 수온 t ℃에서 Y mg/L의 가스 중 오존농도와 평형상태의 수중 용존오존농도(C mg/L)는 다음 실험식으로 계산할 수 있다.

$$C = \frac{0.604(1 + t/273)}{1 + 0.063t} \times Y \quad (\mathrm{mg/L}) \cdots\cdots (5.14.3)$$

5. 2)에 대하여 ; 오존처리에 필요한 접촉시간은 제거대상물질에 따라 다르다. 망간제거를 목적으로 할 경우에는 단시간 접촉(1~3분)으로 산화효과가 있지만, 유기물 등을 분해하기 위해서는 10~20분 정도의 접촉시간이 필요하며, 이 경우 70~90 % 정도의 흡수효율을 달성할 수 있다.

5. 3)에 대하여 ; 접촉지는 배오존이 대기 중에 확산되는 것을 방지하기 위하여 밀폐실로 하기 때문에 오존주입량을 풍량으로 제어할 경우에는 원료가스의 풍량, 재이용 풍량, 배오존의 풍량 등에 대하여 접촉지 내부가 약간 부압상태를 유지하도록 설계한다.

5. 4)에 대하여 ; 보수, 점검, 수리 등을 위하여 접촉지에 통수를 정지시키는 경우를 대비하여 우회관을 설치한다.

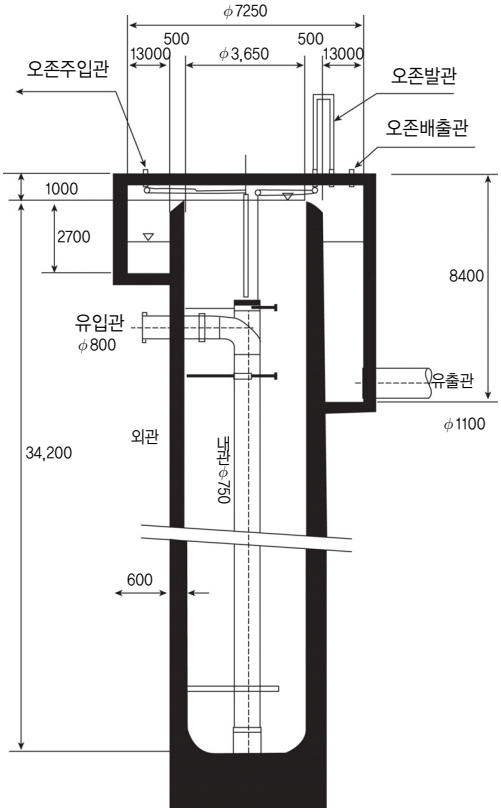
5. 5)에 대하여 ; 오존재이용설비는 발생오존의 유효이용과 소비전력을 절약하며 배오존처리설비의 부하경감 등을 위하여 설치할 수 있다. 오존재이용설비는 흡수효율을 높이기 때문에 고농도의 오존을 주입하는 경우에 유효하다. 이 경우에 오존재이용 송풍기의 재질은 내식성의 것으로 설계해야 한다.

〈5.14.3 참고 2〉 하부주입식 오존접촉장치

접촉조는 사각형구조가 주류이지만, 〈5.14.3 참고도-1〉과 같이 긴 원통형 구조를 갖는 접촉장치도 있다.

이 장치의 특징은 주입된 오존화공기가 원통관의 바닥으로 내려갈수록 높은 수압을 받는 바닥부분에서 물과 접촉하기 때문에 오존이용률이 높아지고 접촉시간이 단축될 수 있다. 따라서 장치의 용적이 작아도 되고 특히 부지면적이 작아지며 산기관이 필요하지 않으므로 유지관리 부담이 작다는 점 등을 들 수 있다.

그러나 긴 원통관을 땅속에 설치하는 경우에는 대규모의 굴착공사가 필요하고 또 원통관 내의 접촉특성을 유지하기 위한 최소처리수량에도 한계가 있기 때문에 채택할 때에는 이러한 점들을 포함하여 종합적인 검토가 필요하다.



〈5.14.3 참고도-1〉 하부주입식 오존접촉장치

〈5.14.3 참고 3〉 오존접촉지의 설계 예

오존이용률의 목표를 80 % 이상으로 하고 접촉수심을 6.0 m, 가스공탑속도를 5.0 m/h로 한다. 지의 구성은 공급가스 1단접촉, 재이용가스 1단접촉, 반응지 1단으로 하여 상하우류대향류식으로 한다. 접촉조는 상시 3열, 예비 1열의 4열로 한다. 계획정수량은 100,000 m^3/d, 세척수량비는 5 %, 오존주입률은 2.0 mg/L, 발생오존농도를 20 g/Nm^3로 한다.

⑴ 필요오존량

2×100,000×1.05/24/1,000=8.75 kg/h

⑵ 오존화공기량

8.75×1,000/20=437.5 Nm^3/h

⑶ 공급가스접촉부〔2단째〕

1열당 공기량 : 437.5/3=145.83(Nm^3/h)

공급가스접촉부 면적 : 145.83/5≒29.17(m^2)

유효폭 5.85m, 길이 5 m→29.25 m^2로 한다.

접촉시간 : 29.25×6/(105,000/1,440/3)=7.22(min)

디퓨저의 수 : 145,830/60/100=24.305→24개로 함

⑷ 재이용가스의 접촉부(1단째)

(3)과 같다.

⑸ 반응지(3단째)

반응시간을 5분으로 하면,

105,000/1440/3×5/6≒20.255(m^2)

유효폭 5.85 m, 길이 3.46 m로 함.

⑹ 산기관과 산기판(diffusing pipe and plate)설치에서 유의할 사항

산기관이나 산기판은 오존화공기가 균등하게 분배되고 물에 편류가 생기지 않도록 바닥에서 30 cm 정도의 높이에 충분한 용량의 헤드를 설치한다. 이 산기관이나 산기판에 폭기(aeration)관 등을 균등하게 접속한다.

6.에 대하여 ; 오존처리설비에서의 소요전력량은 원료가스공급장치, 오존발생기, 기타 부속설비를 포함하여 1 kg당 20~30 kWh가 필요하므로 충분한 용량으로 해야 한다. 또 전력설비의 역률을 개선할 필요가 있을 경우에는 역률개선 설비를 설치한다(8.7.8 역률개선 설비 참조)

7. 1)에 대하여 ; 오존발생기실과 주입점의 거리가 멀면 설치된 오존화공기배관의 파손이나 누출가능성이 증가하며 또 송기용 전력비도 높아지므로 가능한 한 주입점에 가까운 것이 바람직하다.

7. 2)에 대하여 ; 오존은 산화성과 폭발성이 있는 가스이므로 건물은 내화·방폭 구조로 한다. 또 용이하게 점검하거나 정비할 수 있도록 하고 채광과 환기 및 배수를 좋게 하며 공기압축기 등에 대해서는 소음대책을 세운다.

7. 3)에 대하여 ; 오존발생기를 조작하거나 점검 및 정비하기 편리하도록 설비를 배치할 수 있는 넓이의 바닥면적이 필요하다. 특히 튜브형에서는 오존발생기의 글라스튜브를 꺼내기 위한 공간이 필요하다.

5.14.4 배오존설비

배오존설비는 배오존의 농도, 풍량, 운전조건 등에 따라 활성탄흡착분해법, 가열분해법, 촉매분해법 중에서 선정한다.

【해설】

오존은 광화학옥시던트의 주성분으로 알려져 있으며 점막을 매우 강하게 자극하는 작용을 하는 물질이다. 오존은 물에서의 용해속도가 비교적 느리기 때문에 기도의 심부에 도달하여 세기관지나 폐포 등에 나쁜 영향을 미쳐서 폐기종을 일으킨다. 오존의 독성은 공존오염물질의 영향을 크게 받는다. 독성한계농도는 〈표 5.14.1〉에 나타내었다.

배오존은 오존접촉지, 모래여과지, 활성탄흡착지에서 발생한다. 모래여과지나 활성탄흡착지에서의 농

도는 낮지만 오존접촉지에서는 일시적으로 상당히 높은 농도의 오존이 배출되는 경우가 있다〔가장 높은 경우는 0.1 wt%(공기 중 오존농도로 환산하면 약 660 mg/L)가 될 때도 있다〕.

「대기환경기준」에서의 오존(O_3)농도는 8시간 평균치가 0.06 mg/L 이하이고 1시간 평균치는 0.1 mg/L 이하이다. 배오존 처리방법으로는 다음에 열거한 바와 같은 여러 가지 방법이 있으나, 처리효과, 유지관리, 경제성, 안전성을 고려하여 결정한다.

〈표 5.14.1〉 오존농도와 생체에의 영향

오존농도(mg/L)	생 체 에 의 영 향
0.01~0.02	냄새를 감지할 수 있다.
0.1	강한 냄새이며 코와 후두에 자극을 준다.
0.2~0.5	3~6시간 폭로(曝露)로 시각이 저하된다.
0.5	명확하게 상부기도에 자극을 느끼게 된다.
1~2	2시간 폭로로 두통, 흉부통, 상부기도에 갈증과 기침을 일으키며 폭로를 반복하면 만성중독으로 된다.
5~10	맥박이 증가하며 폐기종을 유발한다.
15~20	작은 동물은 2시간 이내에 사망한다.
50	사람도 1시간 이내에서 위험한 상태로 된다.

1. 활성탄흡착분해법

활성탄을 사용하여 분해하는 방법이다. 이 방법은 오존을 매우 효과적으로 파괴할 수 있으며 유지관리는 활성탄을 교체하거나 보충만 하면 되고 가열할 필요도 없으며 간헐운전에 적합하다. 이 방법은 배오존농도가 낮을 경우에 잘 이용되지만, 오존접촉지 배출 오존의 경우 고농도의 배오존이 유입되면 활성탄이 발화할 가능성이 있기 때문에 고농도의 배오존은 유입되지 않도록 하는 제어방법이 필요하다. 또 배오존분해탑에서 가스공탑속도를 크게 설계하면 활성탄이 국부적으로 연소되어 재가 됨으로써 부분적인 폐색의 원인으로 된다. 따라서 배오존분해탑에는 온도계를 설치하고 경보기와도 연결되도록 설계한다.

〈5.14.4 참고 1〉 활성탄흡착분해법에 의한 배오존분해탑의 설계

계획정수량은 100,000 m^3/d 중 오존주입률 1.0 mg/L, 흡수효율 70 %, 배오존율 30 %, 발생오존농도 20 g/Nm^3, 세척수량의 비는 5 %로 한다.

1) 필요오존량

100,000×1.05/24/1,000=4.375(kg/h)

2) 오존화공기량

4,375×1000/20=218.75(Nm^3/h)

$$G = \frac{\text{교체간격} \times O_a \times 24}{\text{오존분해능력}} \times \text{배출오존율}$$

$V=(G/\rho)\times 10^{-3}$

G : 충전량(kg)

O_a : 오존주입량(kg/h)

V : 활성탄용량(m^3)

ρ : 활성탄밀도(kg/L)=0.45 kg/L

3) 활성탄필요량

활성탄의 분해능력을 2 gO_3/g활성탄으로 하여 120일에 교체하는 것으로 한다.

$$G = \frac{120\text{일} \times 4.375 \times 24}{2} \times 0.3 = 1{,}890(\text{kg})\text{을 3개의 탑에 분할}$$

$V=(1{,}890/3/0.45)\times 10^{-3}=1.4(m^3)$

4) 필요단면적, 필요직경, 필요활성탄층 높이(〈5.14.4 참고도-2〉, 〈5.14.4 참고도-3〉)

$S_C = Q_G/V/60$

S_C : 필요단면적(m^3)

Q_G : 처리필요풍량(m^3/min)

Q_G : 매분당 오존화공기량×1.1

V : 가스공탑속도(m/s)

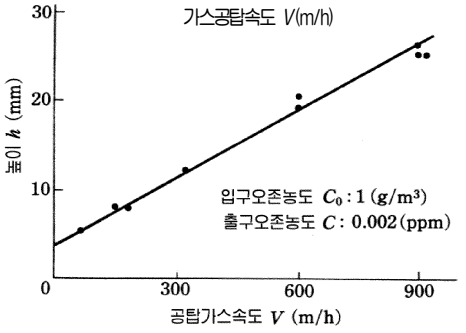
가스공탑속도를 120 m/h→0.033m/s로 한다.

$S_C = 1.22\times 1.1/0.033/60=0.68(m^2)$

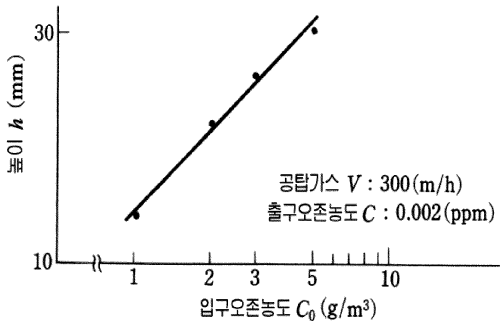
$D=(4\times 0.68/\pi)^{1/2}=0.93(m)$

$H=V\times 4/\pi D^2=1.4\times 4/\pi/0.93^2\fallingdotseq 2.06(m)$

이상의 계산결과에서 내경 0.93 m, 활성탄층높이 2.1 m, STS 304제의 배오존탑은 3탑+예비1탑으로 한다.



〈5.14.4 참고도-2〉 가스공탑속도와 필요활성탄층 높이



〈5.14.4 참고도-3〉 입구오존농도와 필요활성탄층 높이

2. 가열분해법

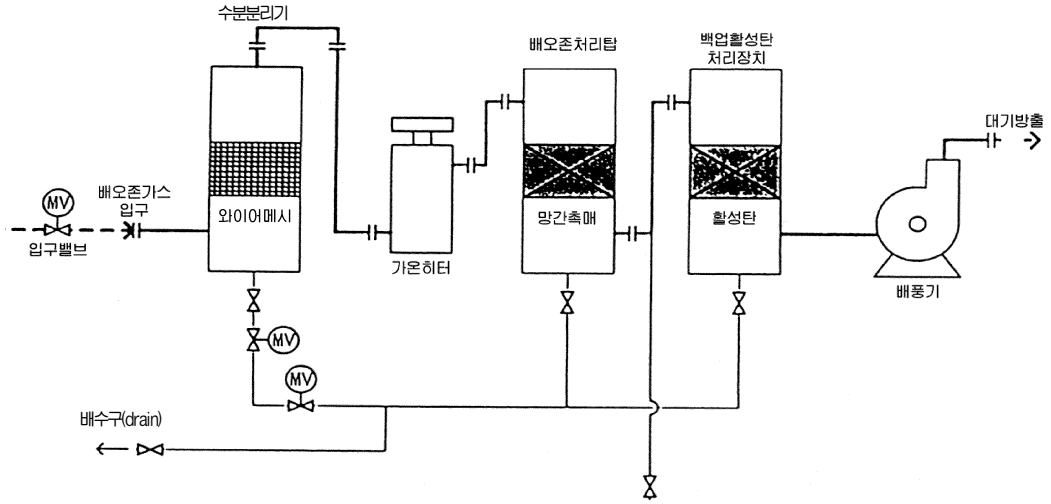
수천ppm의 농도에서 오존의 반감기는 상온에서는 수십시간 이상이나 200 ℃에서는 수초 이내이다. 실용적으로는 350 ℃에서 1초 정도 체류시킴으로써 배오존을 충분히 파괴시킬 수 있다. 상용자가발전설비에서 가스터빈의 배출열을 이용하여 배오존을 분해하고 있는 사례도 있고 에너지도 절약되었다.

3. 촉매분해법

이 방법은 금속표면에서 오존이 촉매·분해되는 것을 이용한 것으로, 이 반응은 오존의 열분해보다 저온에서 일어나므로 비용면에서 유리하며 널리 이용되고 있다. 촉매로는 MnO_2, Fe_2O_3, NiO가 이용되며 50 ℃ 정도로 접촉시간 0.5~5초 정도에서 반응이 이루어진다.

〈5.14.4 참고 2〉 촉매분해법에 의한 배오존의 파괴(1)

〈5.14.4 참고도-4〉에 보인 설비에서는 처음에 오존접촉지의 수중을 통과한 배오존가스는 수분이 과포화상태이기 때문에 수분분리기로 수분을 제거한 다음에 가온히터로 50 ℃로 가열하고, 망간촉매가 충전된 처리탑에서 배오존가스를 분해·처리한다. 또한 백업(back-up)용으로 활성탄처리장치를 설치하고 있다.



〈5.14.4 참고도-4〉 접촉분해법에 의한 배오존분해의 실시

배오존처리설비의 수단은 다음과 같다.

1) 배오존 처리탑

- 입구의 배오존농도 : 최대 4 g/Nm^3
- 출구의 배오존농도 : 0.1 ppm 이하
- 처리 풍량 : 560 Nm^3/h
- GHSV : 5000/h

- LV : 0.7 m/s
- 압력 : -350 mmAq
- 온도 : 50 ℃
- 처리탑 내경 : 650 mm
- 촉매충전량 : 150 kg(정격의 30 % 증가)
- 표준수명 : 2~3년

2) 백업 활성탄처리장치

- 입구배오존농도 : 0.1 ppm 이하
- 오존분해효율 : 99 % 정도
- 처리 풍량 : 560 Nm^3/h
- LV : 0.6 m/s
- 압력 : -350 mmAq
- 온도 : 50 ℃
- 처리탑 내경 : 650 mm
- 활성탄적층 두께 : 300 mm 이상
- 활성탄량 : 60 kg(실층 두께 350 mm)
- 활성탄소비량 : 약 2.6 kg(2년간)

3) 가온 히터 : 18 kW

4) 배풍기 : 3.7 kW

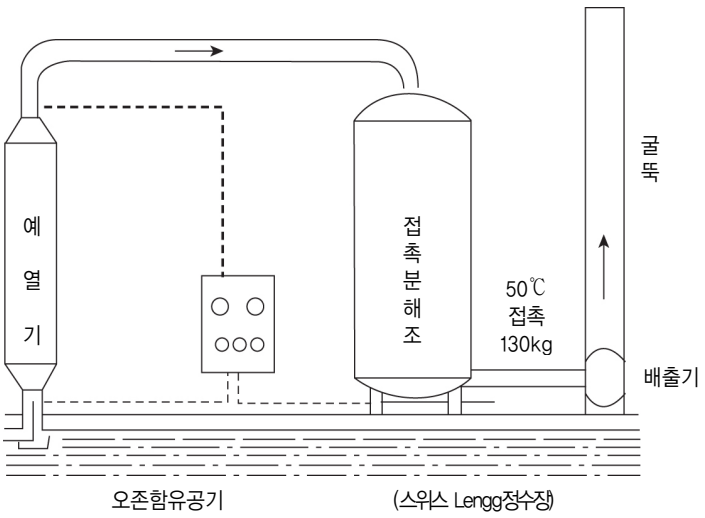
〈5.14.4 참고 3〉 촉매분해법에 의한 배오존파괴(2)

〈5.14.4 참고도 5〉은 스위스 렝(Lengg)정수장에서의 배오존파괴설비이다. 이 설비에서는 배오존가스를 예열기에서 50 ℃로 가열한 다음 금속산화촉매를 충전한 분해조에 흡인하여 오존을 분해시킨다. 시방은 다음과 같다.

- 배오존가스량 : 1,300 m^3/h
- 배오존가스농도 : 1870 ppm
- 배오존가스온도(20 ℃에서 질량환산계수) : 500(0 ℃, 1기압일 때 1 g/m^3=467 ppm)
- 반응온도 : 50 ℃
- 가열에너지 : 15 Wh/m^3 · air
- 촉매량 : 130 kg
- 촉매내용년수 : 5년

위의 시방으로 금속산화촉매에 의한 오존분해능력은

$$\frac{1,870/500 \times 1,300 \times 24 \times 365 \times 5}{130,000} = 1,638\,gO_3/g$$ 이 된다.



〈5.14.4 참고도-5〉 촉매분해법에 의한 배오존처리 공정도의 예

5.14.5 안전설비 등

안전설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 오존처리설비와 제어방법 등은 누출에 대하여 충분히 안전해야 한다.
2. 오존처리설비의 설치장소와 그 주변은 내화성으로 설계하고 안전 및 위생상 필요한 설비와 용구 등을 비치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 오존접촉지나 활성탄흡착지 등은 운전 중에는 출입하지 못하도록 조치를 강구해야 하고, 보수하거나 점검할 때에는 충분히 환기할 수 있도록 배풍설비를 갖춘다. 오존처리설비를 안전하게 운전하기 위하여 자동화된 오존농도계(발생오존, 배오존, 대기환경오존)로 적절하게 제어하고 긴급하게 정지시킬 수 있도록 설계해야 한다. 「산업안전보건법」에 1일작업시간(8시간) 동안에 오존의 시간가중평균농도(time weighted average; TWA)는 0.1 mg/L, 단시간노출허용농도(short term exposure limit; STEL)는 0.3 mg/L로 규제되어 있다.

2.에 대하여 ; 오존접촉지나 활성탄흡착지 등 밀폐된 장소에서는 공기 중의 오존농도저하속도가 빠르지 않으므로 점검을 위하여 공기봄베에 장착된 마스크 등의 안전용구를 적절한 장소에 비치한다.

5.15 자외선 소독설비

5.15.1 총칙

자외선(UV)의 소독작용은 주파장이 253.7 nm인 자외선이 박테리아나 바이러스의 핵산에 흡수되어 화학변화를 일으킴으로써 핵산의 회복기능이 상실되는데 기인한다고 알려져 있다.

따라서 물의 소독에는 주 파장 253.7 nm를 방사하는 자외선램프가 사용되고 있으며, 그 기본구조와 작동원리는 일반 형광램프와 거의 같고 유리관의 재료로는 자외선 투과율이 좋은 석영유리가 사용된다. 자외선 조사에 의한 물의 소독방법은 물이 흐르는 상태에서 외부로부터 자외선을 조사하는 외조식과 석영유리 램프에 의해 유수중의 내부로부터 자외선을 조사하는 내조식으로 대별되고 있으나, 단순한 장치로서 다량의 물을 처리할 수 있는 내조식이 주로 이용된다. 자외선에 의한 물의 소독은 화학물질의 첨가를 필요로 하지 않기 때문에 안전성이 높을 뿐만 아니라 경제적으로 양질의 물을 얻을 수 있는 소독방법으로, 다른 소독과 비교하여 우수한 점은 다음과 같다.

가. 관리요원의 안전　　나. 무독성

다. THM 불생성　　라. 대중의 인식이 염소에 비해 상대적으로 좋음

마. 건물의 불필요　　바. 낮은 유지관리비

자외선에 의한 소독은 소독부산물이 없고 크립토스포리디움 오시스트(*cryptosporidium* oocyst) 등 불활성화 기준 준수를 위한 소독능 값(C・T)이 염소계 소독제 및 오존처리보다 낮은 장점이 있다.
미국 EPA에서는 바이러스, 지아디아, 크립토스포리디움불활성화 정도에 대한 자외선 조사량을 다음 〈표 5.15.1〉과 같이 제시하고 있다.

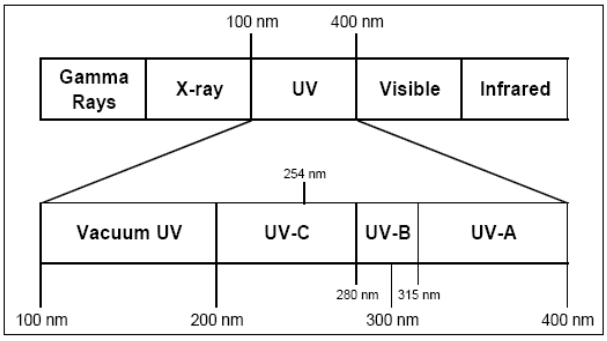
〈표 5.15.1〉 UV 조사 요구량 (mJ/㎠)

구 분	Log 불활성화							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.4	4.0
Cryptosporidium	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
Giardia	1.5	2.1	3.0	5.2	7.7	11	15	22
Virus	39	58	79	100	121	143	163	186

※ UV disinfection guidance manual(EPA, 2006.11)참조

1) 자외선 소독의 원리

자외선은 〔그림 5.15.1〕에 도시된 바와 같이 가시광선의 파장(400 nm)보다는 짧고, X-선(100 nm)보다는 긴 파장의 범위 안에 있는 파장을 가진 전자방사선을 의미하는데 그 중에 살균력을 갖는 가장 적합한 파장은 253.7 nm이며, 이 파장 범위내에서 대부분의 에너지는 대기에 흡수되어 태양광선에는 매우 적은 양이 존재하고 있다.



[그림 5.15.1] 전자파의 파장영역

현재 보유하고 있는 기술에서 에너지 주 발생원은 저압수은 아크램프로부터 나오는 것인데 이것이 널리 사용되는 이유는 아크램프에서 나오는 자외선 에너지의 85 % 정도가 253.7 nm의 파장인 것이다. 램프의 수은가스를 통해 전기아크가 발생하며 수은을 자극하여 생긴 에너지의 방출이 자외선 방사가 되는 것이다. 253.7 nm의 파장을 갖는 자외선은 박테리아나 바이러스 등이 갖고 있는 유전인자의 특성에 변형을 주어 이들이 번식하지 못하게 하며 특히 각종 세균의 세포막을 투과하여 핵산(DNA)을 손상시킴으로써 소독을 하게 된다.

살균에 필요한 자외선의 조사량은 microwatt second/cm^2로 나타내며 이는 광선의 강도에 따라 접촉시간을 곱한 것이다.

조사량 (dose) = 자외선 강도($\mu W/cm^2$) × 접촉시간(sec) ····· (5.15.1)

자외선 조사량은 자외선램프의 출력감소와 램프 슬리브의 오염정도에 따라 점차 감소한다. 그러므로 이러한 감소율을 고려한 자외선 조사량을 결정하여 목표로 하는 살균율을 확보하여야 한다.

2) 자외선 소독의 영향인자

자외선 강도와 접촉시간에 영향을 미치는 요소들은 〈표 5.15.2〉과 같으며, 이들 요소들은 자외선 소독설비의 효율에 많은 영향을 미친다.

〈표 5.15.2〉 자외선 소독에 있어서의 영향인자

자외선 강도	접촉시간
1. 수질 - 자외선 투과율 - 부유물 농도 - 용존유기물 농두 - 총경도 2. 램프의 상태 - 슬리브의 깨끗한 농도 - 사용기간, 노후상태 3. 처리 공정	1. 유량 2. 접촉조(반응조)의 설계

⑴ 자외선 투과율

자외선 투과율은 시료 1 cm를 자외선이 통과한 후에 흡수되지 않고 남은 254 nm 파장을 가진 자외선의 백분율(%)로 정의된다. 이 투과율은 수중에 용해 또는 부유상태의 물질의 농도에 따라 좌우되는데, 투과율이 낮으면 수중에서 자외선의 강도가 떨어지므로 적절한 조사량을 유지시키기 위해서는 더 오랜 시간동안 자외선을 조사시켜야 한다.

⑵ 용존 유기물의 농도

원수에 함유되어 있는 유기물은 살균효과를 갖는 파장 범위에 있는 에너지를 흡수할 수 있다.

⑶ 부유물의 농도

부유물은 입자들로 되어 있으므로 광선을 분산시키거나 흡수함으로써 자외선의 투과를 저하시키며, 또한 이들은 박테리아가 자외선에 노출되는 것을 막아서 살균효과를 감소시킨다.

⑷ 총경도

원수내에 마그네슘이나 칼슘의 화합물이 많이 존재하면 석영 슬리브에 막을 씌우는 역할을 한다.

⑸ 슬리브의 깨끗한 정도

자외선 소독시설의 효과를 최대로 하기 위해서는 석영 슬리브를 항상 청결하게 유지해야 하며 이 슬리브에 막이 생기면 물에 투과하는 자외선량이 줄어들게 되므로 세척에 주의하여야 한다. 세척주기는 기계식 자동세척의 경우 세척주기와 횟수를 현장 여건에 따라 세팅하여 세척이 이루어져야 한다.

⑹ 사용기간 및 노후상태

자외선 강도는 램프의 사용시간, 운전/중지(On/Off)횟수, 단위길이당 전력, 수온, 램프에서 발생열 등에 의해 감소되는데, 1년 이상 사용한 자외선 램프의 자외선 강도는 초기 특성의 약 80~90 % 정도로 줄어든다.

⑺ 원수 성상

원수 성상에 따라 자외선 투과상태가 달라지고 슬리브의 세척빈도가 다르므로 UV시스템의 효율이 다르게 나타나게 된다.

⑻ 유량

유량은 접촉시간을 결정하게 되며 유지시간 및 자외선의 강도에 따라 자외선 조사량이 결정된다.

⑼ 반응조의 설계

반응조내의 수리학적 특성은 소독효과에 결정적인 영향을 미치게 되는데 살균작용에 있어서 가장 적절한 수리학적 형태는 플러그흐름 형태이며 손실수두가 적어야 한다.

5.15.2 자외선 소독장비

현재 산업화되어 생산중인 자외선 반응시설은 자외선 램프, 전력안정기, 램프 슬리브, 자외선 강도 센서, 온도센서 및 자외선반응조로 구성된다.

일부 시설은 침적물로부터 램프 슬리브를 보호하기 위하여 자동 세척시설을 포함하는 경우도 있다.

5.15.3 자외선반응조

자외선 반응조는 일반적으로 밀폐형으로 설치되며, 밀폐형의 경우 물은 압력을 받게 된다.

모듈은 수개의 램프를 하나의 단위로 묶은 것이며 뱅크는 수개의 모듈이 합쳐져서 구성된다. 램프와 모듈, 뱅크의 규격은 설계시 제품의 특성을 충분히 파악하여 결정하여야 한다.

반응조는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.
1. 설계유량은 일최대급수량으로 하고 여유율을 고려한다.
2. 반응조의 치수는 설계 안전인자를 고려하여 UV 램프 모듈이 밀집하여 배치될 수 있고 적은 소요부지를 요하도록 설계한다.
3. 소독효과를 높이고 유지관리를 위해 두개 이상의 뱅크를 설치한다.
4. 반응조는 관 또는 밀폐형 구조로 하되, 유지관리를 용이하게 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 설계유량은 일최대급수량을 기준으로 하되, 자외선 램프의 효율감소 등을 고려하여 여유를 고려하여 설치한다.

2.에 대하여 ; 반응조는 요구되는 램프 수의 배치형태에 의해 규격이 결정되고 자외선이 병원성 미생물을 소독할 수 있도록 체류시간을 충분히 가져야 한다. 저압램프의 경우는 처리 대상 수질에 따라 다르지만 수초이내이고, 중압램프의 경우에는 1초 내외로 하며 소독의 안전성 확보를 위하여 가급적 접촉시간이 길수록 유리하다.

램프 배열에 의해 수로 깊이가 지나치게 깊어지지 않도록 주의해야 하고 유속이 커져서 손실 수두가 커지지 않도록 수리계산을 적절히 수행하여 플러그흐름형 흐름을 유지하며 전체 영역에 걸쳐 자외선이 방사되어 소독될 수 있도록 UV설비에 적합한 구조를 가져야 한다. 반응조의 규격은 UV설비 제작 회사에 따라 달라지므로 설계 전에 UV 제작설비업체에 문의하여 설계하여야 한다.

3.에 대하여 ; 반응조 내 뱅크를 두 개 이상 둠으로써 소독의 효과를 높이고 램프와 석영슬리브의 교체 및 청소시 또는 기타 유지보수시 전수로를 폐쇄시키지 않고서도 작업할 수 있는 환경을 제공한다.

4.에 대하여 ; 외부 오염원 유입방지를 위해 반응조는 관 또는 밀폐형 구조로 하여 외부물질이 조 내에 유입되어 소독에 영향을 미치지 않도록 한다. 이때 램프, 모듈 또는 기타 부수장비의 청소 등 유지관리를 위한 공간이나, 자동세척설비 등을 고려하여야 설치하여야 한다.

5.15.4 자외선 소독시설의 구성

자외선소독장치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.
1. 장치능력은 일최대급수량에 의하여 정하되, 여유율을 고려하도록 한다.
2. 자외선투과율은 70 % 이상을 표준으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 자외선소독장치는 대상수에 대한 자외선투과율에 의해 소독의 성능이 좌우되기 되기 때

문에 램프의 효율저하 등을 고려하여 여유를 둔다.

2.에 대하여 ; 조사된 자외선은 탁도를 갖는 유기성물질 등에 흡수되기 때문에 조사된 자외선이 모두 살균에 이용되지 않는다. 자외선의 소독효과는 여과수의 성질, 접촉시간, 온도 및 자외선조사량에 의해 영향을 받는다. 소정의 자외선소독 효과를 얻기 위해서는 자외선 투과율이 70 % 이상이 되어야 한다.

5.15.5 자외선 램프의 종류

자외선램프는 저압(고출력을 포함)과 중압의 두 가지 종류가 있다.
1. 저압(고출력을 포함) 자외선램프
2. 중압자외선 램프

【해설】

자외선 램프는 다양하나, 실제 정수처리에 적용되는 램프는 저압(low pressure) 및 저압고출력(low pressure high output), 중압(midium pressure)펌프가 주로 사용되고 있다. 램프 점등시의 수은증기압에 의해 저압자외선램프, 중압자외선램프로 구별되며, 발생하는 자외선의 파장분포, 램프의 출력, 설치방법, 전력소비량 등이 다르기 때문에 각 처리장의 상황에 맞게 선택하여야 한다. 저압램프의 수명은 8,000~12,000시간이며, 중압램프의 경우 약 4,000~8,000시간이다.

아래 〈표 5.15.3〉는 저압, 저압고출력, 중압램프의 주요 특성을 나타내고 있다.

〈표 5.15.3〉 수은 증기 램프의 특성

구 분	저 압	저압 고출력	중 압
살균력이 있는 UV 파장	254 nm에서 단일	254 nm에서 단일	200~300 nm에서 변동
수은 증기압 (Pa)	약 0.93	0.18~1.6	40,000~4,000,000
운전온도 (℃)	약 40	60~100	600~900
전력투입량 (W/cm)	0.5	1.5~10	50~250
UV 출력량 (W/cm)	0.2	0.5~3.5	5~30
전력 전환효율 (%)	35~38	30~35	10~20
아크 길이 (cm)	10~150	10~150	5~120
소요 조사량에 따른 램프 개수	많음	중간	적음
작동시간-수명 (h)	8,000~10,000	8,000~12,000	4,000~8,000

1.에 대하여 ; 살균효과가 높은 254 nm 부근의 자외선을 발생하기 때문에 에너지 효율이 높은 장점을 갖고 있다. 저압램프의 출력은 최대 100 W(고출력의 경우 1 kW) 정도이다. 저압자외선램프는 램프 표면의 온도가 낮고 석영 슬리브에 오염물질이 비교적 덜 부착되는 이점을 갖는다.

2.에 대하여 ; 중압자외선램프는 비교적 에너지 효율이 낮지만 살균력이 있는 광역의 파장에 의해 램프당 소독력이 강하다. 램프 출력 2~3 kW와 대출력의 램프가 있어서 대용량의 처리수를 대상으로

하는 경우에 유효하다. 램프 표면의 온도가 높고 석영슬리브에의 오염에 대한 세척장치가 필요하다.

5.15.6 장치의 형식

자외선소독 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 보수관리성 등을 고려하여 결정하여야 한다.
1. 설치방식은 수로방식(channel) 및 탱크(tank)방식으로 대별된다.
2. 조사방식은 접촉식(contact) 및 비접촉방식(noncontact)으로 구분된다.
3. 램프의 설치방법은 수평과 수직의 두 가지 방법이 있다.
4. 램프와 유수의 관계는 평행 또는 직각으로 구분된다.

【해설】

자외선 소독장치의 형식은 장치의 설치방법에 따라 수로방식(channel)과 탱크(tank)방식으로 크게 구분된다. 또한 조사방식에는 램프가 석영관내에 장치되어 수조에 잠기는 형식인 접촉식(contact)과 정수가 자외선을 투과하는 튜브안으로 흐르고 램프는 튜브밖에 설치함으로써 튜브안의 정수를 조사하는 방식인 비접촉식(noncontact)이 있다.

5.16 분말활성탄 흡착설비

5.16.1 총칙

활성탄은 형상에 따라 분말활성탄과 입상활성탄으로 나누어진다. 분말활성탄과 입상활성탄은 처리형태에 따라 사용하는 것이 구분되지만, 활성탄으로서 물성과 흡착기작 등은 동일하기 때문에 여기서 종합하여 기술한다.

1) 처리대상

활성탄처리는 응집, 침전, 모래여과 등 통상적인 정수처리로 제거되지 않는 맛·냄새의 원인물질(2-MIB, geosmin 등), 합성세제, 페놀류, 트리할로메탄과 그 전구물질(부식질 등), 트리클로로에틸렌 등의 휘발성유기화합물질, 농약 등의 미량유해물질, 상수원의 상류수계에서 사고 등에 의하여 일시적으로 유입되는 화학물질, 그 밖의 유기물 등을 제거하기 위하여 적용된다.

2) 특성

활성탄은 목재, 톱밥, 야자껍질, 석탄 등을 원료로 하여 탄화(carbonization)와 활성화(activation)과정을 거쳐 생산된 흑색 다공성의 탄소질 물질로서, 기체와 액체 중의 미량유기물질을 흡착하는 성질이 있다. 활성화는 원료를 900 ℃ 전후의 고온에서 수증기로 처리하는 수증기활성화법과 목질재료를 염화아연, 황산 등의 약품에 담근 후 탄화시키는 약품활성화법이 있으나, 정수처리용 활성탄은 수증기에 의한 제조법이 주류를 이루고 있다(〈표 5.16.1〉참조).

〈표 5.16.1〉 활성탄의 종류

원료	목탄 석탄 기타	야자껍질, 목재, 톱밥 등 이탄, 아탄, 갈탄, 역청탄 등 석유피치, 합성수지, 각종유기질탄화물 등
활성화방법	약품 가스 기타	염화아연, 황산염, 인산, 수산화나트륨, 에탄올 등 수증기, 이산화탄소, 공기 등 약품과 수증기의 병용
형상	분말탄 입상탄	150 μm 이하 150 μm 이상

활성탄은 다공질구조가 발달된 탄소재료로서 원료와 탄화방법 및 활성화방법에 따라 물리·화학적 특성이 다르고 흡착능력도 크게 다르다. 또 활성탄의 일반적인 성상으로 활성탄 내부는 2 nm 이하의 미세공(micropore), 2~50 nm의 중간세공(mesopore), 50 nm 이상의 대세공(macropore)들로 구성되어 있다. 이들 세공의 내부표면적은 700~1,400 m^2/g으로 매우 크며, 이것이 흡착성능이 높은 이유이다. 정수처리에서는 이 흡착력을 이용하여 앞서 열거한 물질들을 제거한다. 활성탄의 물리적 특성은 공극률, 비표면적, 세공용적, 세공크기의 분포 등으로 나타낸다.

또 활성탄은 공기 중의 산소를 서서히 흡착하기 때문에 저장조 등의 밀폐용기 내에서는 산소가 고갈될 우려가 있으므로 보수하거나 점검할 때에는 주의가 필요하다.

3) 특징

활성탄의 특징은 수중에 용해되어 있는 유기물의 제거능력이 크며 약품처리하는 경우와는 달리 처리수에 반응생성물을 남기지 않는다는 것이다. 활성탄 흡착시설을 설계할 때에는 사전에 제거대상물질의 특성, 오염실태, 처리효과 등에 대하여 실험을 포함한 충분한 조사가 필요하다.

조사는 현재의 오염실태는 물론 제거대상물질의 장래 변화추이 등도 고려하여 공정배열, 처리설비의 규모 및 방식을 결정한다.

4) 활성탄의 종류와 처리특성

분말활성탄은 지름 1~20 nm 정도의 세공이 많고 입상활성탄은 10 nm 이하의 세공이 많다. 입상활성탄 중 야자껍질을 원료로 하여 생산된 입상활성탄은 직경 3 nm 이하의 세공이 많고 30 nm 이상의 세공은 적다. 따라서 내부표면적은 크고 세공용적은 작기 때문에 저분자량의 물질이 제거되기 쉬우며 기체상의 용도로 많이 사용된다. 석탄계 활성탄은 3 nm부터 약간 큰 세공까지 폭 넓게 존재하므로 내부표면적은 다소 작지만 세공은 크기 때문에 비교적 큰 분자량의 물질이 제거되기 쉬우며 수처리용으로 많이 사용되고 있다. 입상활성탄에는 0.1~수 μm 크기의 대세공(macropore)이 존재하여 피흡착물질의 입자 내로의 확산통로가 된다.

일반적으로 소수성이 강하고 분자량이 큰 물질일수록 활성탄에 흡착되기 쉽다. 또 물에 용해되기 쉽고 분자량이 작은 물질은 활성탄에 흡착되기 어려운 경향이 있다. 물에 잘 녹지 않는 농약은 활성탄에

흡착되기 쉬우나, 부식질(humic substance)과 같이 분자량은 크지만 물에 녹기 쉬운 물질은 활성탄으로 흡착되기 어렵다. 이와 같이 유기물질의 물에 대한 용해도나 활성탄의 세공크기 분포 등이 제거효율에 영향을 미친다.

5) 활성탄처리방식

비상시 또는 단기간 사용할 경우에는 분말활성탄처리가 적합하고 연간으로 연속 또는 비교적 장기간 사용할 경우에는 입상활성탄처리가 유리하다고 알려져 있다. 또 활성탄의 흡착특성은 종류에 따라 다르기 때문에 사용목적에 적합한 품질의 제품을 선정해야 한다. 분말활성탄과 입상활성탄은 사용목적이나 처리기간에 따라 유지관리나 경제성이 다르며, 그 장단점은 〈표 5.16.2〉와 같다.

〈표 5.16.2〉 분말활성탄처리와 입상활성탄처리의 장단점

항 목	분 말 활 성 탄	입 상 활 성 탄
① 처리시설	○ 기존시설을 사용하여 처리할 수 있다.	△ 여과지를 만들 필요가 있다.
② 단기간 처리하는 경우	○ 필요량만 구입하므로 경제적이다	△ 비경제적이다.
③ 장기간 처리하는 경우	△ 경제성이 없으며, 재생되지 않는다.	○ 탄층을 두껍게 할 수 있으며 재생하여 사용할 수 있으므로 경제적이다.
④ 미생물의 번식	○ 사용하고 버리므로 번식이 없다.	△ 원생동물이 번식할 우려가 있다.
⑤ 폐기시의 애로	△ 탄분을 포함한 흑색슬러지는 공해의 원인이다.	○ 재생사용할 수 있어서 문제가 없다.
⑥ 누출에 의한 흑수현상	△ 특히 겨울철에 일어나기 쉽다	○ 거의 염려가 없다.
⑦ 처리관리의 난이	△ 주입작업을 수반한다.	○ 특별한 문제가 없다.

○ : 유리, △ : 불리

5.16.2 정수처리공정과의 조합과 품질

1. 분말활성탄처리는 응집, 침전 및 여과 등의 정수처리공정과 조합해야 하며 분말활성탄이 처리수에 누출되지 않도록 한다.
2. 분말활성탄의 품질은 처리효과가 양호하고 또 위생상 문제가 없어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 분말활성탄처리는 일반적으로 응집처리 전의 원수에 주입하여 물과 혼화접촉시킴에 따라 수중의 오염물질을 흡착제거하며 주입된 분말활성탄은 응집, 침전, 여과로 제거된다. 분말활성탄은 미세한 분말이므로 급속여과의 역세척 주기가 길어질 경우, 여과수 중에 활성탄이 누출될 수 있다. 특히 겨울철의 저수온시에는 응집효과가 떨어지므로 폴리염화알루미늄이나 응집보조제의 사용 또는 여과지 전에서의 2단응집 등으로 응집효과를 높여야 할 필요가 있다. 여과한 다음 활성탄의 누출 유무는 10배율 현미경으로 확인할 수 있으므로 수시로 점검하고 누출방지에 노력해야 한다.

전염소처리를 할 경우에는 활성탄으로 염소가 소비되므로(활성탄 1 mg은 염소 0.2~0.25 mg 정도 소비), 목표로 하는 잔류염소농도가 확보될 수 있도록 주입량을 조정해야 한다. 분말활성탄을 사용하

면 일반적으로 정수처리과정에서 발생하는 슬러지의 탈수성이 좋아지고 냄새를 방지할 수 있지만, 탈수케익이 검게 되며 케익량도 증가한다.

2.에 대하여 ; 활성탄은 종류에 따라 흡착특성이 다르므로 문헌 등을 참조하고 기본적으로 처리하고자 하는 물과 제거목표물질에 대한 실험에 근거하여 최적의 제품을 선택한다. 또 위생적 측면에서 처리된 물의 수질에 나쁜 영향을 미치는 용해성 성분을 함유하지 않아야 한다. 통상 상수도용 분말활성탄은 수증기 활성화법으로 제조되며 입도는 75 μm(200 mesh) 간격의 체로 칠 때 통과하지 않는 양이 10% 이하인 것이 좋다.

분진발생을 적게 하기 위하여 수분 50% 정도의 분말활성탄이 사용되기도 하나 수분 5~10 % 정도의 활성탄(건식탄)이라도 밀폐상태에서 사용하면 분진발생은 억제된다. 수도용분말활성탄의 시험방법은 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준 2. 활성탄에 의하며 〈표 5.16.3〉에 선정표준이 있으므로 이에 준하여 판정할 수 있다.

〈표 5.16.3〉 분말활성탄 선정표준

항 목	선 정 표 준
성 상	이 품목은 흑색의 분말이다
확인시험	확인시험법에 따라 시험할 때 적합하여야 한다.
pH	4.0 ~ 11.0
체잔류물	KS 200호체(74 μm)의 체잔류물 10 % 이하
건조감량	50 % 이하
염화물	0.5 % 이하
비소(As)	2ppm 이하
납(Pb)	10ppm 이하
카드뮴(Cd)	1ppm 이하
아연(Zn)	50ppm 이하
페놀가	25 이하
ABS가	50 이하
메틸렌부루탈색력	150ml/g 이상
요오드흡착력	950 mg/g 이상

1. 수도용 분말활성탄은 처리수에 영향을 미칠 정도의 용해성 물질을 함유하고 있어서는 안 된다. 처리수질에 특히 영향을 미치는 항목으로는 pH, 전기전도도, 염화물, 비소, 아연, 카드뮴, 납 등이 있다.
2. 수도용 분말활성탄의 흡착성능은 페놀가, ABS가, 메틸렌블루탈색력, 요오드흡착성능 등의 시험을 실시하여 판정한다.
3. 냄새유발물질을 제거하기 위하여 분말활성탄을 선정하는 경우에는 2-MIB값 또는 위의 흡착성능을 참고하여 검토하는 것이 바람직하다.

5.16.3 검수설비와 저장설비

분말활성탄의 검수설비와 저장설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.
1. 분말활성탄의 성상 및 운반방식과 수량을 고려하여 적절한 검수용 계량장치를 설치한다.
2. 반입된 분말활성탄을 저장설비에 이송하기 위한 설비를 설치한다.
3. 저장설비는 사용량과 수급관계를 고려하여 적절한 용량으로 한다.
4. 저장설비를 설치하는 건물은 내화성 구조로 하고 방진 및 방화대책을 강구한다.
5. 건조탄 저장조에는 가교(bridge) 결합을 방지하기 위한 대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 일반적으로 분말활성탄은 소포장(봉지나 포대 10~20 kg/개 정도) 또는 컨테이너백(100~500 kg/개 정도)방식으로 운반되지만, 일부 건식탄은 차량장착형 밀폐용기로 직접 운반된다. 구입한 활성탄의 양을 검수하기 위하여 습기정도(습식탄과 건식탄), 운반방식, 수량에 적합한 계량설비를 구비한다. 비교적 소량을 취급할 때에는 저울을 사용할 수 있으며, 대량인 경우 트럭스케일을 설치하는 것이 적당하다.

2.에 대하여 ; 검수가 완료된 활성탄은 포대 또는 컨테이너백 그대로 저장설비에 저장된다. 또 일부 건조(dry)탄은 차량장착형 용기로부터 직접 저장조에 충전되기 때문에 운반방식에 따라 저장설비로 이송하기 위하여 적절한 설비가 필요하다. 특히 대규모의 시설에서는 공기이송방식이 사용되는 경우도 있으나, 통상적으로 호이스트, 컨베이어, 운반차 등을 설치하면 충분하다.

3.에 대하여 ; 저장설비의 용량은 연속주입하는 경우에는 20일분 이상, 간헐주입하는 경우에는 10일분 이상을 표준으로 하여 사용량과 사용기간 및 제조회사의 공급능력 등을 고려하여 정한다. 특히 분말활성탄의 제조는 비교적 중소규모로 이루어지고 있어서 제조량에 지역성이 있는 것으로 공급능력에 관해서도 충분히 배려해야 한다. 일반적으로 컨테이너백(500 kg 정도)방식에서는 2단쌓기 정도로 건물 내에 수용하고 밀폐용기에 의한 방식에서는 2조 이상의 저장조를 설치한다.

4.에 대하여 ; 분말활성탄을 저장하는 건물과 저장조는 분말활성탄이 가연성이기 때문에 화기(火氣)나 산화제 등에서 멀리하고 특히 건식탄 저장시설은 완전밀폐구조로 한다. 또 전기설비는 분진에 의한 합선사고와 스파크에 의한 화재를 방지하도록 한다. 또 이송하거나 저장하는 등의 작업내용에 따라 집진장치, 바닥 등의 세척용 살수(撒水)장치, 방진장비, 샤워시설 등이 필요하다.

5.에 대하여 ; 가교(bridge)결합을 방지하기 위한 대책으로는 저장조의 출구크기를 크게 하고 저장조의 내면에 평평한 활성탄 부착방지용 라이닝을 부설하며, 진동장치(vibrator)나 통기장치를 측벽의 적당한 장소에 설치하면 효과가 있다.

5.16.4 주입설비

분말활성탄 주입설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 주입지점은 혼화와 접촉이 충분히 이루어지고 또 전염소처리의 효과에 영향을 주지 않도록 선정하며, 필요에 따라 접촉지를 별도로 설치한다.
2. 주입률은 원수수질 등에 따라 다른 실례 등을 참조하고 기본적으로 처리하고자 하는 원수와 제거목표물질에 대한 실험에 근거하여 정한다.
3. 슬러리농도는 2.5~5 %(건조환산한 값)를 표준으로 한다.
4. 주입량은 처리수량과 주입률로 결정한다.
5. 주입방식으로는 습식과 건식이 있으며 제어성과 작업성 등을 고려하여 선정한다.
6. 주입장치는 주입방식에 따라 적절한 설비구성으로 충분한 용량을 가져야 한다.
7. 주입장치의 총용량과 대수 및 주입계통의 구성은 최소주입량에서 최대주입량까지 적절하게 주입할 수 있도록 한다.
8. 습식주입에서 슬러리조는 충분하게 교반될 수 있는 구조로 적절한 용량이어야 한다.
9. 주입배관은 적절한 구경과 재질 등으로 시공한다.
10. 분말활성탄이 접촉하는 부분의 재질은 활성탄에 대하여 충분한 내식성과 내마모성이 있는 것으로 한다.
11. 주입설비실은 가능한 주입장소에 가까운 곳에 설치하고 설비의 유지관리가 용이한 넓이를 확보한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 분말활성탄 주입지점은 혼화, 접촉이 충분히 이루어지고 또한 전염소처리 등에 지장을 일으키지 않는 지점이 바람직하다. 분말활성탄은 응집침전을 하기 전에 주입하며 충분히 혼화·접촉시키는 것이 필요하고 접촉시간은 적어도 20분 이상으로 하며 처리효과를 충분히 얻기 위해서는 1시간 정도가 바람직하다. 필요한 접촉시간은 원수수질과 제거대상(목표)물질 등에 따라 다르기 때문에 실험으로 결정하는 것이 바람직하다. 분말활성탄 접촉지를 신설할 경우에는 철근콘크리트 또는 강제 등의 재질로 하고 원칙으로 2지 이상으로 한다. 충분하게 혼화되고 접촉되도록 수로형상과 유속 등을 정하여 수류에너지를 효과적으로 이용하고 필요에 따라 교반기 등을 설치한다. 또한 청소하거나 수리하기 위하여 세척과 배수(排水)에 필요한 설비를 설치한다.

접촉지가 없는 기존 정수시설에서 비상시 분말활성탄처리가 필요할 경우에는 착수정이나 혼화지 등 되도록 장시간 접촉할 수 있는 장소에서 주입한다. 또한 장소에 따라서는 취수 직후에 주입하여 도수시설을 통과하는 사이에 접촉시키는 방식도 좋은 방법이다. 활성탄과 염소를 동시에 주입하면 활성탄이 염소와 반응함으로써 손실량이 많아지기 때문에 염소를 주입하는 지점까지의 사이에 필요한 접촉시간을 둘 필요가 있다. 그러나 원수 중 처리대상물질의 종류에 따라서는 전염소처리를 한 후가 활성탄에 흡착되기 쉬운 경우도 있으므로 각각의 경우에 대하여 실험으로 확인하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 주입률은 처리하고자 하는 원수와 제거대상물질에 대하여 자-테스트(jar-test)를 통하여 제거효과를 조사한 다음에 결정한다. 이 경우 예상되는 제거대상물질의 농도와 장래의 동향 등을 예측하여 적절하게 설정하고 실험할 필요가 있으며 제거대상물질의 농도와 적정주입률의 관계도를 작성하여 두면 유용하다. 통상 사용되는 주입률은 수질, 제거대상물질의 종류, 농도 등에 따라 다르지만,

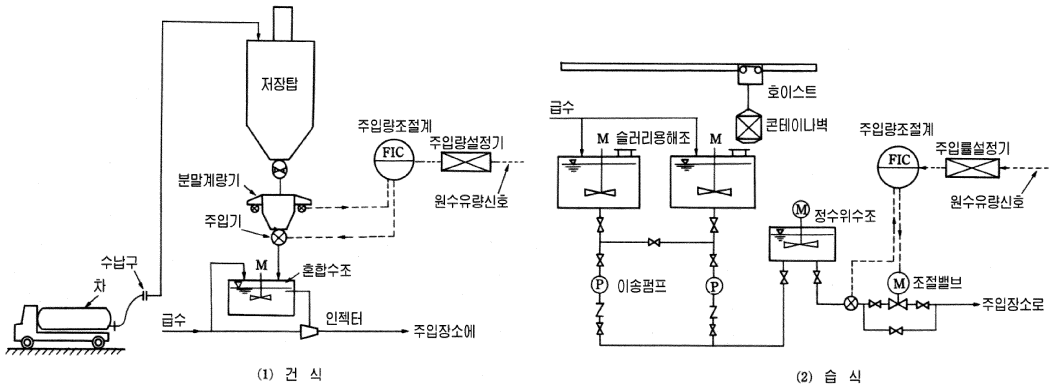
맛과 냄새물질을 제거하는 경우에는 10~30 mg/L(건조환산값), 트리할로메탄의 전구물질(부식질 등)을 제거하는 경우는 30 mg/L 이상이 필요한 것으로 보고되고 있으나, 오염농도와 처리목표수질에 따라 다르며 주입량이 과다한 경우에는 제거되지 않은 분말활성탄이 여과지유출수에 유출되므로서 흑수현상이 발생할 가능성도 있다.

3.에 대하여 ; 주입방식에는 분말 그대로 연속적으로 계량하여 주입하는 건식과 일정농도의 슬러리액을 만든 다음 주입하는 습식이 있다. 슬러리농도는 슬러리조에서 균일한 농도의 유지와 원활한 이송을 위하여 2.5~5 %(건조환산값)가 적당하다.

4.에 대하여 ; 주입량은 원수수질과 제거대상물질의 종류와 농도 등에 따른 주입률에 계획처리수량을 곱하여 산정한다.

5.에 대하여 ; 건식은 활성탄을 분말상태로 분말계량기에 의하여 연속적으로 계량하여 주입하며 혼합조에서 물과 혼합하여 슬러리액을 만들어 인젝터나 펌프 등으로 주입하는 방법이다. 습식은 물과 정량(포대, 컨테이너백 등)의 분말활성탄(습식탄)을 슬러리조에서 혼합하여 일정농도의 슬러리액을 만든 다음 계량장치를 거쳐 인젝터나 펌프 등으로 주입하는 방법이다. 주입방법을 선정할 때에는 제어성과 작업성 등을 고려하여 결정해야 하지만, 일반적으로 주입의 정밀도가 좋고 분진발생 등에 대한 작업성이 좋은 습식이 많이 사용된다.

6.에 대하여 ; 건식과 습식 주입설비 구성도의 예를 〔그림 5.16.1〕에 나타내었다.



[그림 5.16.1] 분말활성탄주입설비 구성도의 예

7.에 대하여 ; 처리수량과 주입률의 변화에 따라 주입량이 광범위하게 증감하므로 조건변화에 따라 정확하게 주입할 수 있도록 각 주입장치의 용량과 대수 및 주입계통 등을 결정한다. 특히 용량과 대수 결정에는 주입량의 제어방법을 고려하는 것이 중요하다.

8.에 대하여 ; 슬러리조는 내식성 라이닝강판제나 합성수지제 등을 사용하고 원칙적으로 2조 이상으로 분리·설치한다. 용량은 슬러리액의 농도와 주입량에 따라 적절한 값으로 해야 하지만, 자동제조방법

에 의하지 않을 경우에는 야간의 조제작업을 피하기 위하여 12시간분 이상으로 설치할 경우가 많다. 또 슬러리조에는 내식성과 내마모성이 있는 교반기와 순환펌프 등을 설치하여 슬러리의 농도를 균일하게 유지해야 한다.

9.에 대하여 ; 분말활성탄 슬러리액을 이송하는 주입배관은 관내유속이 너무 느리면 활성탄이 퇴적되고 너무 빠르면 관이 마모되기 때문에 1~2 m/s의 범위가 바람직하며 통상 경질폴리염화비닐관이 사용된다. 사용한 다음에는 배관을 세척할 수 있도록 한다.

10.에 대하여 ; 활성탄과 접촉하는 재료 특히 금속은 활성탄에 의한 마모나 전식으로 인한 부식이 일어나기 쉽다. 적절한 재료로서 건조상태의 활성탄에 대해서는(건조상태를 유지하는 것이 매우 어려우므로 주의가 필요하다.) 강철이나 주철 등이 좋으며, 또 습윤상태에서는 스테인리스강과 경질고무라이닝강철이 좋다.

11.에 대하여 ; 슬러리의 이송거리가 길거나 곡관 등이 많게 되면 막히기 쉽고 또 누설될 우려가 있으므로 주입설비는 주입장소 가까이에 설치한다. 조작과 점검 보수에 편리하게 설비가 배치되도록 바닥면적은 넓게 확보한다.

5.17 입상활성탄 흡착설비

5.17.1 총칙

입상활성탄 흡착설비는 흡착탑 또는 흡착지에 입상활성탄을 충전하고 여기에 처리할 물을 통과시켜 처리대상물질인 오염물질을 흡착하여 제거하는데 이용된다.

1) 입상활성탄 처리방법

입상활성탄 처리방법에는 흡착효과를 주체로 하는 입상활성탄방식과 생물활성탄방식이 있다. 흡착효과를 주체로 한 방식에서는 기본적으로 잘 발달된 활성탄 내부세공(pore) 표면에 오염물질이 이동하여 흡착됨으로써 액상(liquid phase)의 용존상태에서 고체상(solid phase)의 흡착상태로 상을 변환시켜 오염물질을 제거하는 공정이다. 원수 중에는 일반적으로 부식질과 같은 천연유기물질(natural organic matter, NOM)과 각종 미량유기물질이 다양하게 포함되어 있으며 수질기준과 오염물질의 종류 및 농도에 따라 처리목표가 결정된다. 제거대상물질의 분자량이나 소수성 성질과 활성탄의 세공분포에 따라 흡착능이나 수명이 달라진다.

생물활성탄방식에서는 활성탄의 흡착작용과 함께 활성탄층 내의 미생물에 의한 유기물 분해작용을 이용함으로써 활성탄의 흡착기능을 보다 오래 지속시키는 방식이다. 이 경우에 생물활동을 방해하지 않도록 전단에 염소처리를 하지 않는다.

입상활성탄처리의 전단에 염소처리를 하지 않는 경우에는 입상활성탄층 내에 미생물이 번식하여 분해성유기물의 흡착뿐만 아니라 생물화학적작용으로 이산화탄소로까지 분해되는 경우가 있다. 이 생물

화학적 작용에는 활성탄층 내에 용존산소가 충분히 존재하고 미생물 번식에 필요한 유기물의 공급이 필요하다. 또한 그 처리는 수온에 의하여 영향을 받는다.

생물활성탄처리의 전단에 오존처리를 하면 난분해성 유기물을 분해성 유기물로 전환시키며 오존처리된 처리수는 용존산소가 포화상태이므로 입상활성탄층 내에서 생물화학적작용이 촉진된다. 또한 흡착된 유기물은 생물화학적으로 분해되어 자기재생기능으로 입상활성탄의 흡착능이 장기간 유지된다.

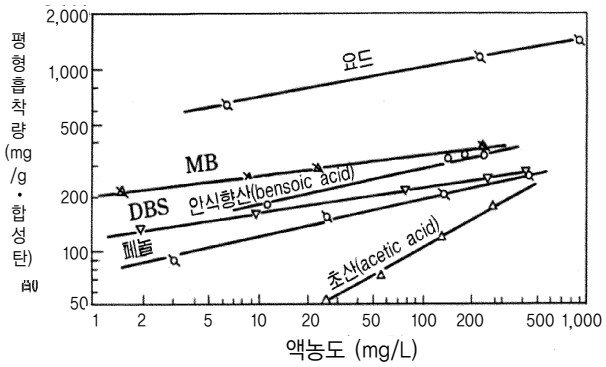
활성탄의 오염물질 제거능력은 오염물질에 따라 큰 차이가 있으며 운전시간이 지남에 따라 흡착능력은 점차 감소하여 포화상태에 도달하고 처리목표달성이 어려워지는 시점에서 재생하거나 교체한다. 오존처리를 할 경우에도 생분해성 증가와 전체적인 오염물질제거율은 제한적이므로 원수수질, 통수조건, 제거대상물질 및 농도, 처리효율, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 입상활성탄의 흡착효과를 주체로 하는 방식과 생물활성탄방식 중에 어느 방식을 선정할 것인가를 결정하여 적절한 시설을 설계해야 한다.

2) 흡착능력과 파과

일반적으로 단일성분의 흡착능력은 흡착용량(평형흡착량)과 흡착속도로 평가된다. 활성탄의 흡착능력은 활성탄의 종류와 피흡착물질, 수온, pH 및 공존물질에 따라 다르다. 일반적으로 pH가 산성이거나 온도가 낮을수록 흡착량이 커진다.

⑴ 등온흡착평형(isotherm)

일정온도에서 활성탄과 피흡착물질이 함유된 물을 접촉시켜 평형상태에 도달하였을 때와 액상농도와 그 농도에서 활성탄흡착량과의 관계를 나타낸 것을 등온흡착선이라 한다(〔그림 5.17.1〕 참조).



[그림 5.17.1] 각종 흡착물질에 대한 흡착등온선의 예(25 ℃)

등온흡착선을 수식화한 것을 등온흡착모델(isotherm model)이라 하며 Freundlich 모델, Langmuir 모델 및 B.E.T.(Brunauer, Emmet, and Teller)모델이 많이 사용된다.

① Freundlich 모델

$$q = KC^{\frac{1}{n}} \quad \cdots\cdots (5.17.1)$$

$$\log q = (1/n)\log C + \log K \quad \cdots\cdots (5.17.2)$$

q : 활성탄의 단위 무게당 피흡착물질의 흡착량(mg/g-활성탄)

C : 활성탄흡착후 피흡착물의 액상평형농도(mg/L)

K, n : 상수

식 (1)의 양변에 log를 취하면 식(2)로 되며 log-log 그래프용지에 C(x축)와 q(y축)의 관계를 그림으로 나타내면 직선을 얻게 되고 기울기로부터 $1/n$값을 C=1일 때의 절편으로부터 K값을 얻는다.

흡착등온선을 구하는 방법은 KS M 1802를 참고한다.

Freundlich 모델에서 $1/n$의 값이 0.1~0.5인 경우에는 저농도에서 많이 흡착되어 효과적이나 $1/n$〉2인 경우에는 사용활성탄량을 증가시키더라도 피흡착물질의 농도가 저하됨에 따라 흡착량이 크게 저하되기 때문에 비효율적이다.

Freundlich 모델에 기초를 둔 등온흡착선은 log-log그래프상에서 많은 경우 거의 직선을 나타내지만 부식질과 같은 다성분계인 경우에는 평형농도구간에 따라 곡선과 직선이 혼재하는 경우가 있다.

② Langmuir 모델

Langmuir는 흡착제의 표면과 흡착되는 가스분자와의 사이에 작용하는 결합력이 약한 화학흡착에 의한 것이며, 흡착의 결합력은 단분자층이 두께에 제한된다고 생각하여, 피흡착물질의 양과 가스압력 간의 관계를 이론적으로 유도하였다. 즉, 흡착에서 결합력이 작용하는 한계는 단지 단분자(mono layer) 측의 두께정도라고 보아 그 이상 떨어지게 되면 흡착은 일어나지 않는다는 모델에 이론적 근거를 두고 있어 Langmuir 흡착은 단분자층흡착이라고도 한다.

액상의 농도 C와 흡착량 q의 관계를 Langmuir 식으로 쓰면

$$q=\frac{abC}{1+bC} \quad \cdots\cdots (5.17.3)$$

C : 액상의 농도

q : 흡착량

a : 최대흡착량에 관한 상수

b : 흡착에너지에 관한 상수

식(3)을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{q}=\frac{1}{ab}\cdot\frac{1}{C}+\frac{1}{a} \quad \cdots\cdots (5.17.4)$$

이 때 Langmuir형 흡착평형이 성립할 경우 $1/q$와 $1/C$를 각각 종축과 횡축으로 하여 그려보면 직선을 얻을 수 있다.

③ B.E.T.(Brunauer, Emmett & Teller) 모델

Langmuir의 단분자 모델에 대하여 Brunauer, Emmett 및 Teller 등은 흡착제의 표면에 분자가 점점 쌓여 무한정으로 흡착할 수 있다는 다분자층흡착 모델을 세워서 다음과 같은 등온흡착식을 유도하였다.

$$q=\frac{V_m A_m C}{(C_s-C)[1+(A_m-1)(C/C_s)]} \quad \cdots\cdots (5.17.5)$$

C : 포화농도

V_m, A_m : 단분자층흡착시 최대흡착량과 흡착에너지 상수

식(5)를 변형하면

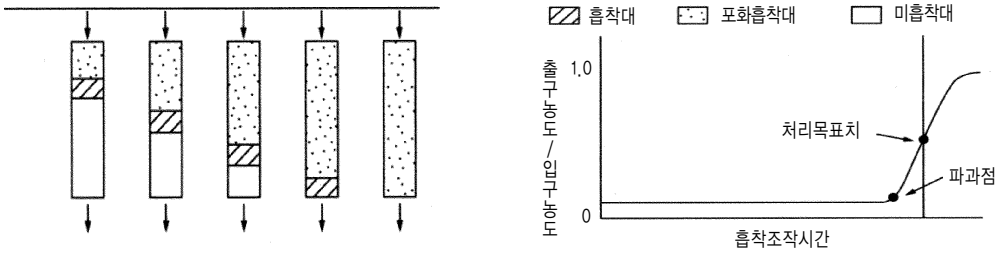
$$\frac{C}{q(C_s-C)}=\frac{1}{A_m V_m}+\left(\frac{A-1}{A_m V_m}\right)\frac{C}{C_s} \quad \cdots\cdots (5.17.6)$$

로 표현되며 종축에 $\{C/q\{Cs-C)\}$를, 횡축에 (C/Cs)를 그려보면 직선이 얻어진다.

2) 파과(breakthrough)

고정층에 피흡착물질이 포함된 물을 통수시키면 제거하고자 하는 피흡착물질은 고정층의 최초유입부에서 대부분 흡착되며, 이 부분을 흡착대(adsorption zone)라 한다. 운전이 계속되면서 고정층의 유입부측으로부터 점차로 포화가 진행되어 흡착대는 고정층의 아래쪽으로 이동한다. 흡착대의 끝이 고정층의 출구부근에 도달하면 유출수 중의 피흡착물질 농도는 급격히 증가하게 되며 궁극적으로는 유입수의 농도에 근접한다. 처리수량 또는 처리시간을 x축으로 하고 유출농도를 y축으로 한 농도변화도를 파과곡선(breakthrough curve)이라 한다(〔그림 5.17.2〕 참조).

파과곡선의 모양은 피흡착물질별 흡착능, 입자의 외부와 내부의 확산속도, 운전조건 등에 따라 다르다. 페놀과 같이 흡착속도가 빠른 물질인 경우는 전형적인 S자형 곡선이 되지만 부식질이나 계면활성제와 같이 분자량이 크고 흡착속도가 느린 물질은 전형적인 S자형 파과곡선을 나타내지 않는 경우가 많다. 일반적으로 유출농도가 처리목표농도에 도달한 시점에서 활성탄을 재생하거나 교체한다.



[그림 5.17.2] 흡착대의 이동과 파과

5.17.2 처리공정의 선정

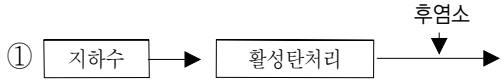
입상활성탄 처리공정은 다음 각 항에 따른다.

1. 입상활성탄처리는 다음 물질을 제거할 목적으로 처리공정을 선정한다.
   1) 맛·냄새물질
   2) 소독부산물과 소독부산물의 전구물질(부식질 등)
   3) 색도
   4) 음이온계면활성제와 페놀류 등 유기물
   5) 트리클로로에틸렌 등 휘발성유기화합물
   6) 암모니아성질소의 질산화
2. 공정의 배열은 문헌을 참고하고 실험실규모실험, 파일럿규모실험, 실증플랜트실험 등의 결과를 기초로 하여 선정하는 것이 바람직하다.

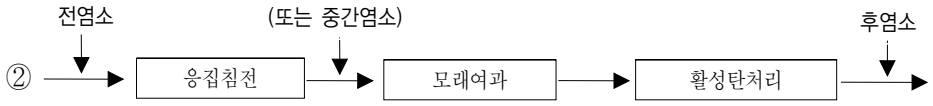
【해설】

입상활성탄 흡착설비의 처리공정 배열은 원수수질, 처리목표수질 및 농도, 경제성 등 다양한 현장조건에 따라 다를 수 있으므로 적절한 처리공정의 배열을 선정하거나 수정하여 적용할 수 있다.

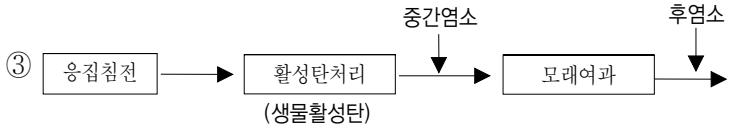
1) 처리공정



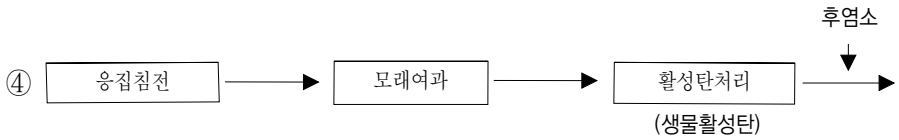
이 방식은 원수를 직접 활성탄처리하는 배열이다. 대상으로는 지하수 등 깨끗한 원수이며 미생물이 이용할 유기물이 적으므로 흡착이 주체가 된다. 주로 색도나 트리클로로에틸렌 등의 제거에 이용된다.



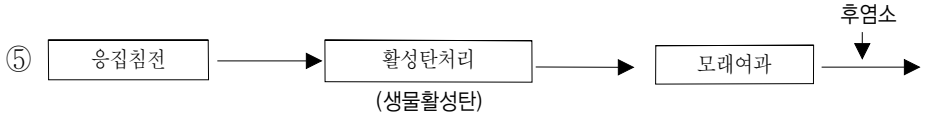
이 방식은 전염소 또는 중간염소처리를 하고 모래여과로 철·망간을 제거한 다음 활성탄처리를 하는 방식이다. 주로 맛과 냄새, 미량유기물질을 제거하는데 이용된다.



이 방식은 응집침전 후에 활성탄처리를 한 다음 중간염소처리와 모래여과로 탁도, 철, 망간을 제거하는 방식으로 철이나 망간을 많이 포함한 원수처리에 적합하다.

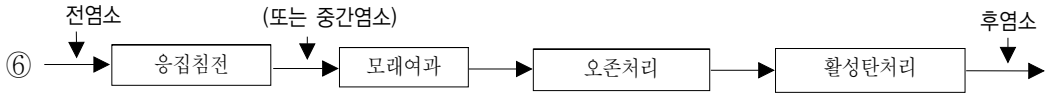


활성탄처리의 전단에서 염소처리를 하지 않으므로 생물활성탄으로서 처리효과를 기대할 수 있다. 주로 맛·냄새, 트리할로메탄전구물질 등의 제거에 이용된다.

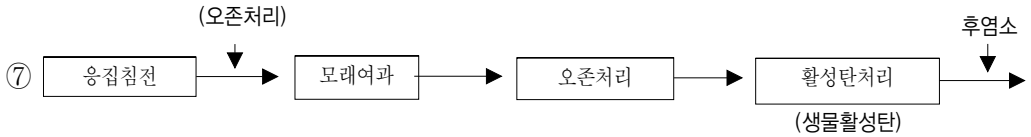


이 방식은 응집침전과 여과 후에 활성탄처리를 하는 배열로서 철과 망간 농도가 낮은 원수처리에 적합하다. 처리효과와 처리목적은 ③과 같다.

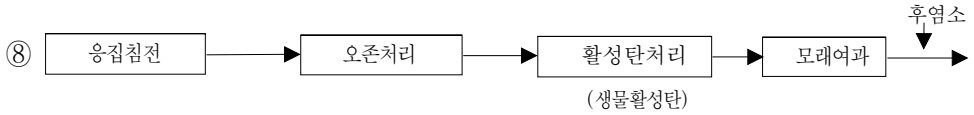
이 방식은 응집침전 다음에 활성탄처리를 하고, 그 다음 모래여과과정을 거치는 배열로 철과 망간 농도가 낮은 원수처리에 적합하다. 처리효과와 처리목적은 ③과 같다.



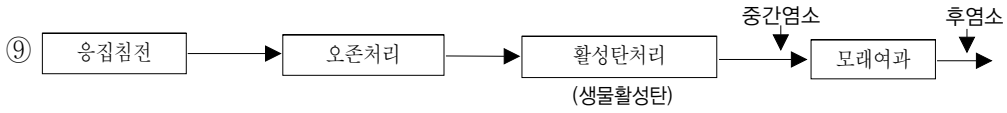
이 방식은 ②의 활성탄처리공정 앞에 오존처리공정을 추가한 배열로 ②에 비하여 농도가 높은 맛·냄새물질과 미량유기물질 등의 제거에 효과가 있다.



이 방식은 ④의 활성탄처리공정 앞에 오존처리를 추가한 배열로 오존처리효과와 아울러 생물활성탄의 처리효과를 촉진한 방식이다. ④에 비하여 더욱 농도가 높은 맛·냄새물질과 트리할로메탄전구물질 등의 제거에 효과가 있다. 또 모래여과공정의 앞에 오존처리를 하므로 철과 망간 농도가 높은 원수에도 적용될 수 있다.



이 방식은 ⑤의 활성탄처리공정 앞에 오존처리를 추가한 배열로 오존처리효과와 함께 생물활성탄처리의 효과를 촉진한 방식이다. ⑤에 비하여 더욱 농도가 높은 맛·냄새물질과 트리할로메탄의 전구물질 등의 제거에 효과가 있다.



이 방식은 ⑧의 활성탄처리 후에 중간염소처리를 하는 배열로 철과 망간 농도가 높은 원수처리에 적합하다. 처리효과와 처리목적은 ⑧과 같다.



이 방식은 처리공정 중 오존처리와 활성탄처리의 효과를 높일 목적으로 ⑧, ⑨의 처리공정의 배열에서 오존처리 앞에 모래여과를 추가한 공정이다.

2) 유의사항

⑴ ②와 ⑥의 처리공정 배열은 트리할로메탄 제거를 목적으로 하는 경우에는 활성탄의 수명은 짧아진다.

⑵ ③-⑤, ⑦-⑩(생물활성탄)의 처리공정 배열에서는 수온(10 ℃ 이하)이 낮을 때에는 생물처리효과가 떨어진다.

⑶ ③-⑤의 처리공정 배열은 유입수의 용존산소농도가 낮고 암모니아성질소 농도가 높은 경우, 활성탄층에서 혐기성으로 되어 철, 망간이 용출될 염려가 있다.

⑷ ④, ⑥, ⑦의 처리공정 배열에서는 활성탄층에서 번식하는 미생물이나 미소생물들이 누출될 가능성이 있는 경우에는, 그 대책이 필요하다(5.17.5 세척설비 참조).

⑸ 처리공정 중 특히 ③, ⑤, ⑧, ⑨에서는 여과처리의 전단에 활성탄흡착지를 두고 있기 때문에 활성탄흡착지에는 탁도가 비교적 높아서 역세척을 자주 해야 할 필요가 있다

1.에 대하여 ; 입상활성탄 흡착설비를 도입할 경우에는 제거대상물질에 따라 설비내용과 구성이 다르기 때문에 원수의 오염실태, 장래의 수질변화 및 수질기준의 강화추세, 처리목표물질의 식별 및 처리목표농도 등을 충분히 조사하여 제거대상물질을 분명하게 선정한다.

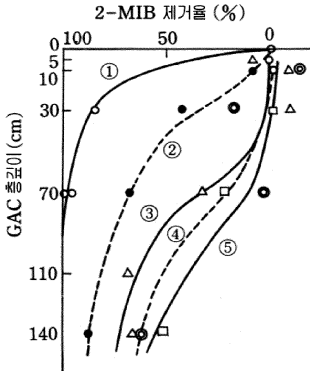
1) 맛·냄새물질

일반적인 정수방법으로서는 충분히 제거할 수 없는 냄새물질(곰팡이냄새) 등은 ②~⑩의 처리공정 배열 중에서 선정할 수 있다.

곰팡이냄새물질의 농도가 아주 높은 경우에는 입상활성탄 단독공정으로는 완전히 제거되지 않으므로 처리공정의 배열 ⑥~⑩에서 선정한다.

입상활성탄처리의 전단에서 염소처리 여부에 따라 활성탄의 사용기간이 달라진다.

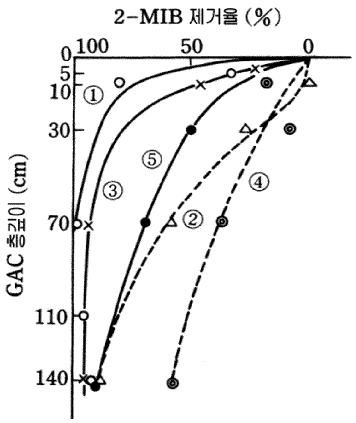
실제 흡착지에서 사용한 예에서도 입상활성탄처리 전단에 염소처리되는 경우에는 활성탄의 사용기간이 단축되어 약 1년 정도에 재생시키는 경우가 많았다. 그러나 실험의 예에서는 전단에 염소처리한 다음 입상활성탄흡착처리([그림 5.17.3])를 한 경우(공간속도 7.1), 제거율이 200일 정도까지 90 %, 그 이후 2년간까지는 60~40 %로 감소하였다.



실험번호	실험방법	유입수 2-MIB농도 (ng/L)	여과계속 일수 (day)	수온 (℃)
①	곰팡이냄새 발생시	14	27	21.5
②	첨가 실험	98	233	6.0
③	첨가 실험	88	352	20.0
④	첨가 실험	290	597	5.5
⑤	곰팡이냄새 발생시	86	728	25.0

[그림 5.17.3] 입상활성탄 흡착에 의한 곰팡이 냄새물질(2-MIB) 제거(전염소처리)

전단에서 염소를 처리하지 않는 입상활성탄흡착([그림 5.17.4])에서는 겨울철 수온이 낮을 때에는 일시적으로 제거율이 떨어지지만, 입상활성탄 사용기간이 3년이 지난 후에도 대략 90~100 %의 높은 제거율을 보인다. 이는 활성탄흡착 이외에 활성탄층 내에서 생물학적 산화작용이 일어나기 때문이다.



실험번호	실험 방법	유입수 2-MIB농도 (ng/L)	여과계속 일수 (day)	수온 (℃)
①	첨가 실험	44	9	21.5
②	첨가 실험	91	261	6.0
③	첨가 실험	140	380	20.0
④	첨가 실험	200	625	5.5
⑤	첨가 실험	215	1,244	25.0

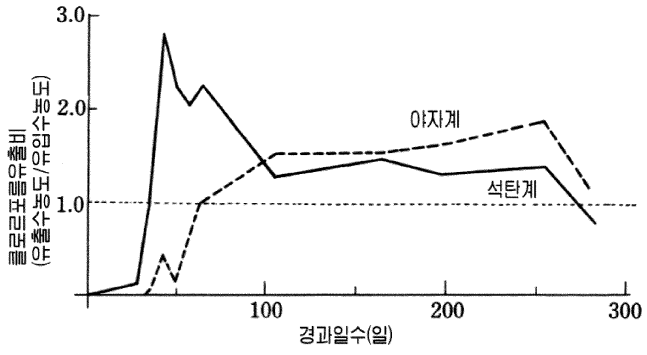
[그림 5.17.4] 입상활성탄 흡착에 의한 곰팡이 냄새물질(2-MIB) 제거(무염소처리)

2) 트리할로메탄과 트리할로메탄의 전구물질

정수에서 트리할로메탄을 저감시키기 위해서는 트리할로메탄을 직접 흡착제거하는 방법과 그 전구물질을 흡착제거하는 방법이 있다.

트리할로메탄을 제거할 때에는 처리공정 배열 ②, ⑥ 중에서 선정한다. 이 경우는 활성탄의 트리할로메탄흡착용량이 비교적 작고 활성탄에 흡착된 트리할로메탄중간체의 일부가 활성탄층 내에서 트리할로메탄으로 변화하기 때문에, 트리할로메탄의 제거효율은 그리 높지 않으며 유효흡착기간도 짧다.

클로로포름의 흡착처리실험 예(공간속도 7.1)에서는 [그림 5.17.5]에 보인 바와 같이 파과기간은 석탄계활성탄에서 1개월 정도이고, 세공이 보다 작은 야자계에서도 2개월 정도이다.



[그림 5.17.5] 입상활성탄 흡착지에서의 클로로포름 유출

트리할로메탄의 전구물질을 제거할 때에는 처리공정 배열 ①, ③~⑤, ⑦~⑩ 중에서 선정한다. 트리할로메탄의 전구물질로는 원수 중에 유기물질의 반 이상을 차지하는 부식질(humic substance)이 있으며, 부식질은 자연으로부터 유래된 것과 인위적인 오염에서 유래된 것이 있다.

부식질은 휴믹산(humic acid)과 펄빅산(fulvic acid)으로 크게 나누어진다. 부식질 중에 분자량 1,500 이상의 물질은 응집침전으로 어느 정도 제거되지만, 그 이하의 분자량인 휴믹산(humic acid)과 펄빅산(fulvic acid)은 응집침전만으로는 충분히 제거되지 않으므로 활성탄흡착처리의 대상이 된다.

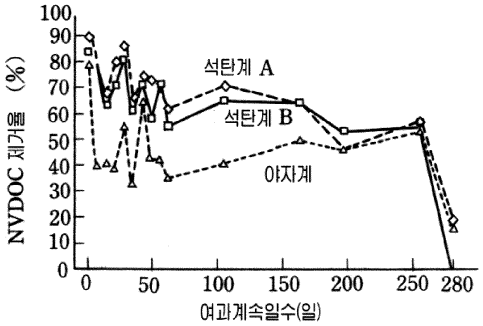
트리할로메탄의 전구물질을 제거하는 경우에는 입상활성탄 흡착처리는 염소처리의 전단에 설치되므로 활성탄층에는 자연스럽게 미생물이 번식하게 되며, 소위 생물활성탄처리의 효과가 작용한다. 이 경우 철과 망간의 제거에는 여과처리 또는 입상활성탄 흡착처리 전에 오존을 사용하거나, 입상활성탄처리 후에 염소처리와 여과처리를 함으로써 대처하는 방법이 일반적이다. 오존을 병용한 생물활성탄처리에 의한 트리할로메탄 전구물질의 제거율은 오존을 사용하지 않을 경우보다 제거율이 높다.

3) 색도

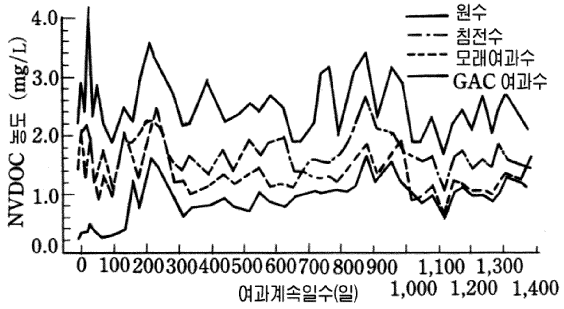
일반적인 정수처리에서 제거되지 않는 색도를 제거하기 위해서는 ①~⑩의 처리공정의 배열 중에서 선정한다. 색도는 부식질로부터 기인된 경우가 많으며 트리할로메탄의 생성능과도 관련되어 있다. 처리성을 평가하기 위해서는 비휘발성 용존유기탄소(NVDOC)를 지표로 하는 것이 좋다. NVDOC에 대한 흡착처리시험의 예(공간속도 7.1)에서 앞 단계에 염소처리한 다음 활성탄흡착(〔그림 5.17.6〕)공정을 배치시킬 경우 NVDOC는 200일 정도까지 70 %, 그 이후에는 급격히 제거율이 떨어져서 300일 전후에 제거성이 거의 없어진다. 앞 단계에서 염소처리를 하지 않은 활성탄흡착(〔그림 5.17.7〕)공정에서의 제거율은 서서히 저하되어 3년 정도까지는 제거효과가 지속된다.

4) 음이온계면활성제, 페놀류 등 유기물

음이온계면활성제나 페놀류 등의 유기물을 제거하기 위해서는 처리공정 배열 ②~⑩에서 알맞게 선정한다. 이들 유기물 농도가 높은 경우에는 ③~⑤, ⑦~⑩의 처리공정 배열 중에서 선정한다. 음이온계면활성제, 페놀류는 생분해되기 쉽고 오존을 병용한 생물활성탄처리를 이용한 실험의 예에서 음이온계면활성제는 장기간 80 % 정도 제거되었다.



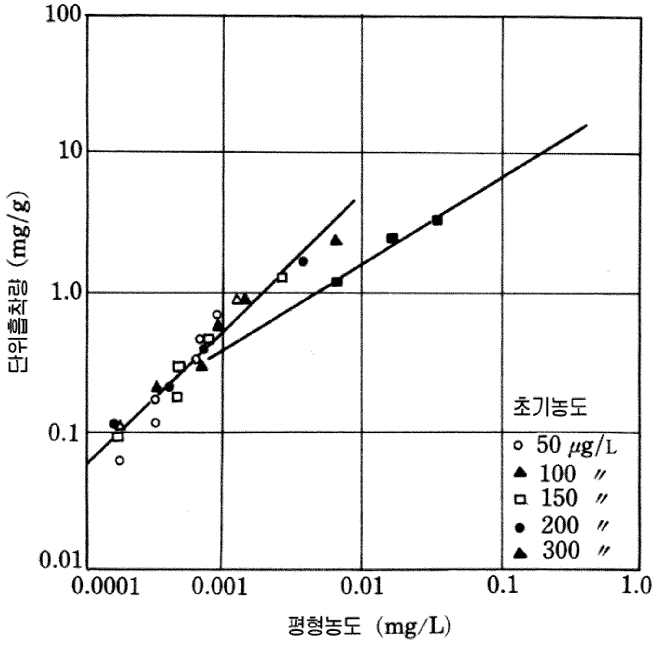
[그림 5.17.6] 입상활성탄의 종류별 흡착에 의한 NVDOC 제거율 변화(전염소처리)



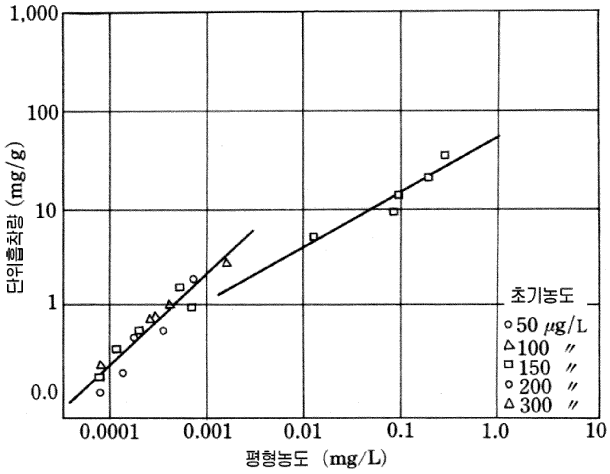
[그림 5.17.7] 입상활성탄 흡착을 포함한 각 처리과정에서의 NVDOC 제거율 변화 (무염소처리)

5) 트리클로로에틸렌 등 휘발성유기화합물질(volatile organic compounds, VOCs)

트리클로로에틸렌 등 VOC를 제거하기 위하여 폭기공정이 채택될 수 있으나 입상활성탄으로도 제거할 수 있다. 입상활성탄처리공정이 트리클로로에틸렌 등 VOCs만을 제거할 목적일 경우에는 ①의 처리공정 배열을 적용한다. 등온흡착선의 예를 〔그림 5.17.8〕, 〔그림 5.17.9〕에 나타내었다. 활성탄의 종류에 따라 흡착능력이 다르기 때문에 실험할 필요가 있으나, 예와 같은 등온흡착선을 참고하면 단위활성탄당 처리수량을 개략적으로 산정할 수 있다. 예를 들면, 테트라클로로에틸렌이 0.20 mg/L 존재하는 원수를 처리하여 0.01 mg/L까지 저감시킬 경우에 0.01 mg/L 평형농도에서 활성탄의 단위흡착량은 약 8 mg/g이다. 즉, 물질확산속도를 고려하지 않을 경우에는 활성탄 1 ton으로 대략 40,000 m^3의 물을 처리할 수 있는 것으로 계산된다.



[그림 5.17.8] 트리클로로에틸렌 흡착등온선의 예



[그림 5.17.9] 테트라클로로에틸렌 흡착등온선의 예

6) 암모니아성질소

오존을 병용한 생물활성탄처리에서는 암모니아성질소의 질산화율이 높다. 운전을 시작한 후 몇 주후에 활성탄의 BAC화가 진행되었고 암모니아성질소가 거의 100 % 질산화되었다. 하지만 암모니아성질소의 질산화는 수온이 낮으면 거의 처리가 되지 않는 것이 일반적이며, 우리나라의 경우 동절기에 암모니아성 질소는 거의 제거되지 않는다.

2.에 대하여 ; 처리공정의 배열은 1.에서 기술한 바와 같이 다양한 조합이 있다. 염소주입점, 활성탄처리의 조합 및 배치에 따라 적용할 수 있는 원수수질, 처리대상물질 및 제거효과가 다르므로 실제 원수를 시료로 사용하여 실험하고 효과를 충분히 확인한 다음에 결정하는 것이 바람직하다.

5.17.3 흡착설비의 계획

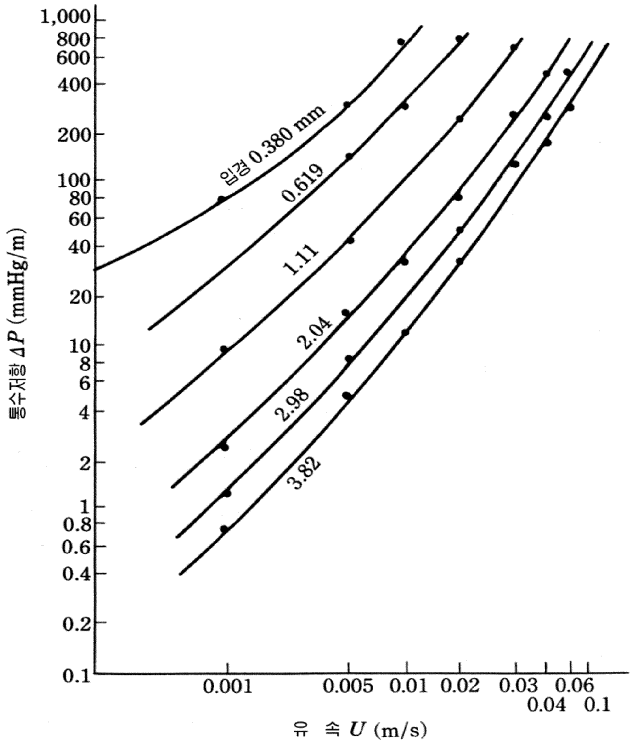
1. 입상활성탄은 **5.17.2 처리공정의 선정**에 따라 최적의 공정을 선정하며, 규격은 분말활성탄의 규격과 KS M 1421을 참고한다.
2. 흡착방식은 기본적으로 고정상(fixed bed)식과 유동상(fluidized bed)식으로 분류되며 각 방식의 특성과 처리효과, 유지관리, 경제성 등을 고려하여 결정한다.
3. 적정한 접촉시간은 입상활성탄의 성능, 제거대상물질의 종류와 농도에 따라 다르므로 공간속도(SV), 탄층의 두께, 공상접촉시간(EBCT) 등은 문헌 등을 참고하고 실험 등으로 결정한다.

【해설】

입상활성탄흡착설비는 고정상식과 유동상식이 있으며 흡착설비를 설계할 때에는 활성탄의 흡착기능을 최대한 발휘할 수 있도록 공상접촉시간(EBCT), 선속도(LV), 공간속도(SV), 활성탄층의 두께, 입경 등의 여러 요소를 결정한다. 또한 활성탄층의 역세척방법, 집수장치, 활성탄의 재생을 용이하고 원

만하게 할 수 있는 반출입장치와 이송설비 등을 고려한 구조로 한다. 처리수의 공간속도(SV), 활성탄층의 두께, 공상접촉시간(EBCT)은 활성탄의 흡착능력, 처리대상물질 및 그 농도 등에 따라 다르므로 비교실험 등에 의한 평가가 필요하다.

1.에 대하여 ; 입상활성탄은 종류와 제거목표물질에 따라 흡착능력이 다르므로 문헌 등을 참조하고 실험으로 적절한 것을 선정한다. 입도분포는 입자가 작을수록 단위용량당의 흡착효율이 커지지만 탄층에서 손실수두(통수저항)도 충분히 고려하여 결정해야 한다(〔그림 5.17.10〕 참조).



[그림 5.17.10] 입상활성탄의 통수저항

입상활성탄의 규격은 〈표 5.17.1〉의 KS 규격과 〈표 5.13.3〉의 분말활성탄 선정표준을 참조한다. 유동상을 채택하는 경우에는 입상활성탄 입도의 균일성, 밀도 등에 특히 유의한다. pH가 높은 활성탄이나 제조시에 발생하는 미분탄은 흡착조에 반입한 후에는 역세척 등으로 씻어내기 어려우므로 제조시에 적절히 처리한 다음 납품되도록 구매시방서 등에서 정해두는 것이 바람직하다.

일반적으로 야자계 활성탄은 직경 2 nm 이하의 세공이 많기 때문에 내부표면적은 크지만, 전체 세공용적이나 세공직경은 작다. 한편 석탄계 활성탄은 내부표면적은 다소 작지만 세공분포의 폭이 넓고, 전체 세공용적이나 직경 2~20 nm의 세공용적이 크다. 목재계 활성탄인 경우 직경 2 nm 이상의 세공용적이 크고 대세공(macro pore)이 발달되어 있으며, 충전밀도가 작은 특징이 있다.

〈표 5.17.1〉 입상활성탄 규격 현황과 권고치(KS M 1421)

구 분	1급	2급	3급	권고치	
경도(%)	90 이상	90 이상	90 이상	90 이상	
충전밀도(g/cc)	0.48 이하	0.52 이하	0.56 이하	0.48 이하	
건조감량(%)	5.0 이하	5.0 이하	5.0 이하	5.0 이하	
요오드흡착능(mg/g)	1,100 이상	1,000 이상	900 이상	석탄계	목탄계
				950 이상	1,100 이상

이러한 활성탄의 종류를 선정할 때에는 활성탄의 흡착능과 물리적 특성을 파악하는 등 해당 활성탄의 특성을 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 활성탄의 흡착능은 요오드 흡착능과 메틸렌블루 흡착능을 실험하여 파악할 수 있으며, 물리적 특성으로는 입경, 입도분포(유효경과 균등계수), 경도, 충전밀도 등으로 분석할 수 있다. 그 외 물리적 특성으로는 회분(Ash), pH, 염화물, 중금속류 등이 있다.

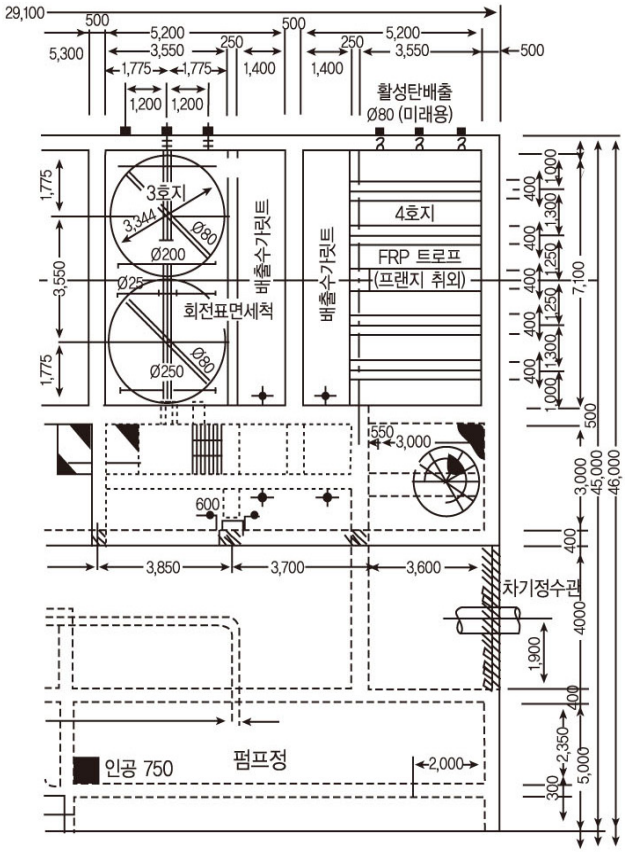
야자계 활성탄은 직경 2 nm 이하의 세공이 많기 때문에 처리대상물질이 분자량이 작은 물질이나 농약성분은 처리할 수 있으나, 부식질과 같이 분자량이 큰 물질을 대상으로 할 경우는 세공분포의 폭이 넓고, 특히 직경 2~20 nm의 세공용적이 큰 석탄계 활성탄이 유리하다.

또한 목재계 활성탄도 직경 2 nm 이상의 세공용적이 크고 대세공이 발달되어 있어서 미생물이 서식하는데는 유리하다고 판단된다.

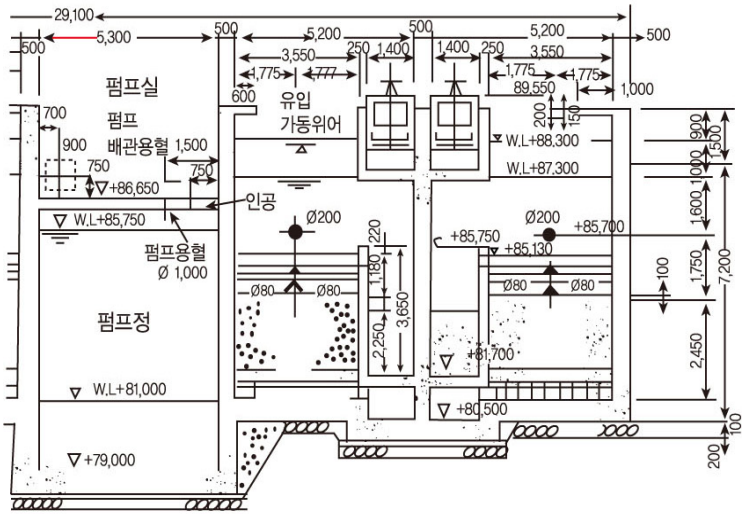
활성탄을 선정할 때에 중요한 인자로 작용하는 것이 재생에 대한 부분인데, 활성탄은 수명이 한정적이기 때문에 주기적으로 반드시 교체하거나 재생해야 한다. 여기서 교체는 비용면에서 경제적 부담이 크기 때문에 재생이 중요시되고 있는데, 활성탄의 종류에 따라 재생효율에 차이가 있다. 일반적으로 활성탄재생에는 석탄계 활성탄이 다른 종류의 활성탄에 비하여 재생효율과 성능의 안정성이 뛰어난 것으로 보고되고 있다.

2.에 대하여 ; 흡착방식은 고정상식과 유동상식이 있으며, 일반적으로 고정상식이 많이 사용된다. 고정상식 흡착방법에는 하향류로 중력식개방형(〔그림 5.17.11〕)과 가압식(〔그림 5.17.12〕)이 있다. 중력식은 대규모의 설비에 적합하고 가압식은 소규모의 설비에 적합하다. 구조는 일반적인 급속모래여과지와 유사하며, 입상활성탄은 입경 0.4~2.4 mm, 균등계수 1.3~2.1 정도의 것이 많이 사용된다. 입상활성탄의 전단에 모래여과지가 없는 경우(활성탄여과지; GAC Filter-Adsorber)에는 입경이 비교적 크고 균등계수가 작은 활성탄이 사용된다. 또한 전단에 모래여과지가 있는 경우에는 입경이 비교적 작고 균등계수가 큰 활성탄이 사용된다.

고정상식의 장점은 조작이 간단하고 입상활성탄입자의 누출이 적다는 점이다. 단점은 층의 공극 내에 부유현탁물의 퇴적으로 인한 손실수두를 낮추기 위하여 정기적으로 역세척할 필요가 있고 역세척시 입상활성탄이 유출될 가능성이 있다.

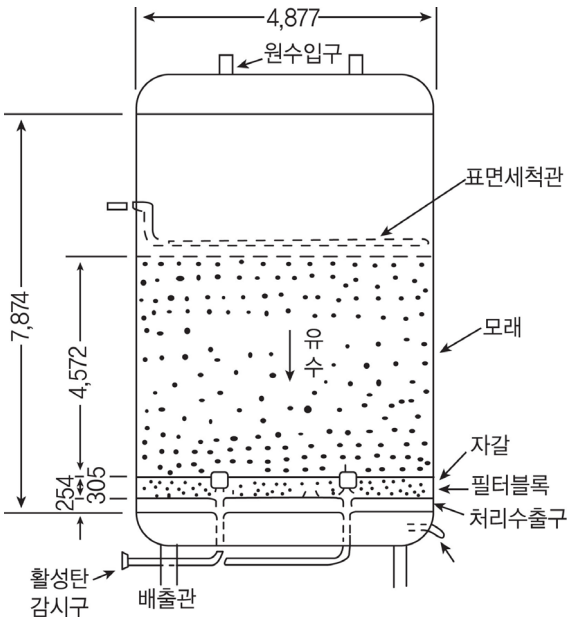


평 면 도



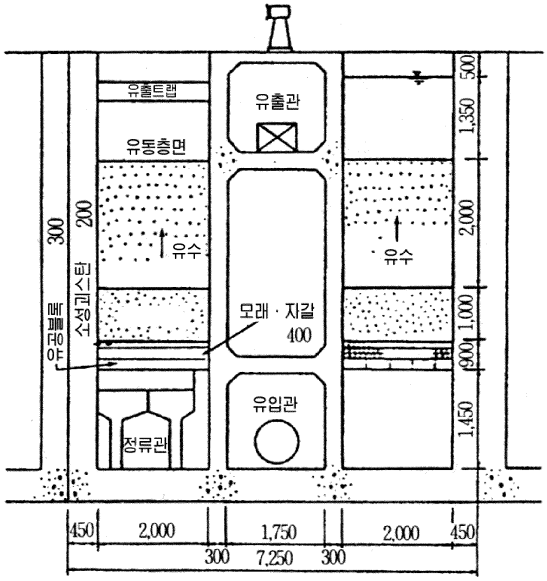
단 면 도

[그림 5.17.11] 중력식 개방형 하향류 고정상방식의 예(단위 : mm)



[그림 5.17.12] 가압식 하향류 고정상의 예(단위 : mm)

유동상식흡착방법은 상향류로서 가압식과 개방형([그림 5.17.13])이 있으며 두 가지 방식 모두 입상활성탄층이 팽창하여 입상활성탄입자가 유동화되는 유속으로 통수한다. 이 방식은 입상활성탄을 균등하게 유동시킬 필요가 있기 때문에 입상활성탄은 입경 0.3~0.9 mm, 균등계수 1.5~2.1 정도의 구형(球形)에 가깝고 가능한 한 단단한 것을 사용한다.



[그림 5.17.13] 개방형 상향류 유동상의 예(단위 : mm)

유동상식의 장점은 손실수두가 작고 빈번한 세척을 필요로 하지 않는다는 점과 고정상식에 비하여 입경이 작은 입상활성탄을 사용하기 때문에 접촉시간을 짧게 할 수 있다는 점이다. 단점은 이용가능한 유동폭이 좁다는 점과 입경의 균일성과 입도 등에 유의해야 한다는 점이다. 또 처리수 중에 입상활성탄이 유출(carry-over)되는 경우가 있으므로, 유량의 급격한 변동에 주의해야 한다. 고정상식에 의한 흡착시스템으로는 직렬, 병렬 또는 이들을 조합한 것이 있다.

1) 병렬식

1조(지)마다 단독으로 사용하는 경우인데 유지관리가 용이하기 때문에 많은 정수장에서 사용하고 있다.

2) 직렬식

2조(지) 이상의 고정층을 직렬로 배열하고 일반적으로 하향식으로 처리하는 방식이다.

3.에 대하여 ; 입상활성탄의 처리효율에 대한 설계값은 접촉시간 또는 공간속도, 선속도, 탄층 두께, 입경 등 상호관계로부터 결정되며, 공간속도를 우선 정하고 각 정수장의 조건에 적합한 탄층 두께를 결정한다.

1) 공상접촉시간(empty bed contact time, EBCT)

공상접촉시간(T)은 입상활성탄의 충전량(m^3)을 처리수량(m^3/h)으로 나눈 값이다. 또 공상접촉시간이 결정되면 탄층의 두께와 선속도의 관계가 결정되며 선속도를 크게 하려면 입상활성탄의 층고를 두껍게 해야 한다.

공상접촉시간은 고정상인 경우 10~30분, 유동상인 경우 5~10분이 일반적이다. 유럽에서는 생물화학적 분해를 효과적으로 이용하고 입상활성탄의 흡착능을 장기간 유지하고자 할 경우에는 10~25분이 필요하다는 보고도 있으며, 이러한 경우에는 탄층의 두께가 두꺼워진다. 일반적으로 공상접촉시간이 길수록 처리효과는 증가한다.

2) 공간속도(space velocity)

공간속도(SV)는 입상활성탄층을 통과하는 1시간당 처리수량을 입상활성탄의 용적으로 나눈 값으로 표시되며, 공상접촉시간의 역수이다. 즉 1시간에 통과하는 수량이 입상활성탄 용적(m^3)의 몇 배가 되느냐를 나타낸 통과수량($m^3/m^3 \cdot h$)이다. 5~10 1/h가 일반적인 표준이다.

3) 선속도(linear velocity)

선속도(LV)는 처리수량을 흡착지의 면적으로 나눈 값으로서, 여과속도에 해당된다. 중력식의 고정상인 경우에는 10~15 m/h, 가압식인 경우는 15~20 m/h가 일반적이다. 그리고 유동상인 경우는 10~15 m/h 정도이다.

4) 탄층의 두께(H)

탄층이 두꺼운 경우 탄층의 손실수두가 커지므로 운전수위가 높아지며 흡착지의 높이가 커진다. 또 탄층두께를 얇게 하고 일정한 접촉시간을 유지하려면 지의 면적이 커진다. 탄층의 두께(H)는 접촉시간(T)과 선속도(LV)로 계산한다. 즉,

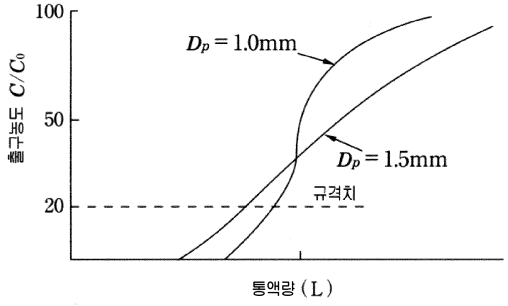
$$H = LV \times T$$

로 구할 수 있다.

고정상인 경우 일반적으로 1.5~3.0 m의 탄층두께가 많이 사용되고 있으며, 유동상인 경우에는 정지시의 두께로서 1.0~2.0 m 정도가 많이 사용되고 있다. 탄층 두께가 커질수록 오염물질의 제거율은 높아지므로 처리목표의 달성 여부와 재생주기 등을 고려하여 결정한다.

5) 입경

입상활성탄의 입경이 작을수록 단위용적당의 표면적은 커지고 따라서 물질이동대는 짧아진다. 〔그림 5.17.14〕의 입경(D_p) 크기에 따른 파과곡선의 비교사례에서 볼 수 있듯이 유출농도가 낮을 경우에는 입경이 작을수록 처리수량이 많아지나 전반적으로 볼 때 조작방식의 차이나 처리대상수의 수질에 따라 적합한 범위는 달라진다.



[그림 5.17.14] 파과곡선에 미치는 입자경의 영향

⑴ 고정상의 하향류에서는 초기 손실수두와 운전에 따른 손실수두의 증가를 고려하여 입경 0.4~2.4mm 정도의 활성탄이 많이 사용된다.

⑵ 유동상식에서는 일정한 유동상태를 얻기 위하여 입경 0.3~0.9mm 정도의 활성탄이 많이 사용된다. 〈표 5.17.2〉에는 고정상과 유동상의 예를 나타내었다.

6) 국내외의 실시 예

국내에서 실시된 예의 EBCT, 공간속도와 선속도를 〈표 5.17.3〉에 나타내었다. 외국의 예를 보면, 대부분 고정상으로 공상접촉시간(EBCT)은 고정상인 경우 6~15분, 유동상에서 8~11분, 선속도(LV)는 고정상에서 9~20 m/h, 유동상에서 11~15 m/h, 공간속도(SV)는 고정상에서 4~10 L/h, 유동상에서 5~10 L/h, 탄층의 두께(H)는 고정상에서 1.5~2.7 m, 유동상에서 1.5~2.1 m로 설계하고 있다.

〈표 5.17.2〉 고정상과 유동상의 예

항목 \ 종류	고 정 상	유 동 상
통수방식	하향류	상향류
활성탄입경	0.5~2.0 mm	0.3~0.6 mm
활성탄주입량	많다.	적다.
활성탄층두께(정지시)	2.0 m 정도	1.0 m 정도
손실수두	크다.	작다.
역세척조작	필요	빈도가 작다(상향류)
운전조작	쉽다.	어렵다.
활성탄주입과 배출	슬러리화하는데 다량의 물 필요	소량의 물로도 슬러리화가 쉽다.
통수속도	SV 5~10	SV 10~15
설비실적	많다	적다

〈표 5.17.3〉 국내 입상활성탄 흡착설비의 예

정수장	EBCT(min)	공간속도(SV, /hr)	선속도(LV, m/hr)
부산 덕산	16.89	3.85	10.66
부산 화명	8.17	7.34	17.26
울산 회야	14.0	4.1	10.3
양산 범어	10.0~15.0	3.6	9.0
대구 두류	10.0	6.0	15.0
대구 매곡	10.0	6.0	15.0
김해 삼계	15.9	3.77	34.7
마산 칠서	11.0	5.48	12.0
진해 석동	25.9	5.78	2.31
동두천 동두천	15.6	3.9	9.7
원주 원주제2	5.6	14.0	11.0
군산 군산제2	10.0	3.0	10.4
공주 옥룡	30.0	1.94	6.48
일산 고양	14.1	4.25	10.21
영남내륙 고령	22	2.74	8.23

국내의 활성탄공정은 대부분 하향류 중력식이며 활성탄흡착지의 저부에 자갈, 안트라사이트 및 모래 등을 채우고 상부에 2.2~4.1 m의 활성탄을 충전하여 운영하고 있다.

하부집수장치는 대부분의 정수장에 스트레이너형이 도입되었으며, 적절하지 못한 시공과 역세척으로 인하여 스트레이너가 파손되는 경우가 있어서 활성탄이 유실되는 경우가 있다. 최근 도입되는 활성탄 흡착지의 하부집수장치는 유공블럭형이 도입되고 있다.

또한 역세척시 활성탄의 유실을 방지하기 위하여 활성탄의 표층과 트로프(trough) 간에는 1.2~

3.65 m의 수심을 두고 있다. 흡착지당 면적은 대규모 정수장은 대략 80~100 m^2이며, 중소규모 정수장은 40~70 m^2로 설치되었다. 활성탄흡착지의 유량조절은 자연평형형, 또는 연립식 및 개별식 유출수제어방식을 도입하고 있다.

5.17.4 흡착설비

흡착설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 흡착지의 면적과 지수는 **5.6.3 여과면적과 지수 및 형상**에 준한다.
2. 흡착지의 구조는 효과적인 흡착과 역세척이 가능하고 또 활성탄교체 등이 용이하도록 한다.
3. 집수장치는 편류가 없는 균등한 수류와 균등한 역세척, 그리고 활성탄의 지지 및 활성탄의 유출방지 등의 기능을 갖추어야 한다.

【해설】

고정상 흡착지는 설비규모와 수위 등을 고려하여 중력식 또는 압력식 중에서 선택하되, 유지관리와 경제성 등도 충분히 검토하여 결정한다. 중력식은 비교적 대규모 시설에 적합하며 점검이 용이하고 철근콘크리트지인 경우에는 내구성이 있다. 압력식은 중소규모 설비에 적합하며 강판제로도 할 수 있으며, 선속도(LV)를 크게 할 수 있다는 장점이 있다.

1.에 대하여 ; 흡착지의 면적은 계획정수량을 선속도로 나누어 구한다. 흡착지 1지의 면적이 너무 크면 평면적으로 균일한 흡착과 역세척이 어렵고 역세척시설의 규모가 커지는 점 등을 고려하여 정수장 규모에 따라 적절한 크기로 결정해야 한다. 외국의 경우 1지 면적은 50~100 m^2 정도가 일반적이다(5.7.3 여과면적과 지수 및 형상에 대한 〔해설〕참조).

처리를 계속하면 입상활성탄의 흡착능력이 감소되기 때문에 파과점 또는 처리목표농도 부근에 도달하면 새로운 입상활성탄(또는 재생탄)으로 교체하게 된다. 이 때문에 흡착지는 최소한 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고 10지를 넘는 경우에는 10 % 정도의 예비지를 확보할 필요가 있다.

2.에 대하여 ; 흡착지는 일반 급속여과지와 유사한 구조를 가지며 입상활성탄의 교체가 용이하도록 해야 한다. 또 흡착지는 정수처리의 최종공정인 경우가 많으므로 외부로부터 오염을 충분히 방지할 수 있는 구조로 한다.

3.에 대하여 ; 충전, 통수, 역세척, 사용종료된 활성탄의 인출공정과 관련하여 집수장치의 역할은 중요하며 구조형식은 다음 사항에 적합하도록 한다.

① 흡착지의 탄층에서 편류가 없는 균일한 수류가 확보되도록 한다.

② 역세척용수와 공기를 균일하게 분산시키며 입상활성탄 유출을 방지할 대책을 강구한다.

③ 사용종료된 입상활성탄을 원활하게 인출하도록 한다.

1) 하부집수장치(고정상식)

하부집수장치는 급속여과지에 준한다(5.7.8 하부집수장치 참조).

역세척과 입상활성탄을 유동시키면서 인출하는 방법에서 필요한 하부집수장치의 조건은 다음과 같다.

① 역세척수의 분산이 탄층의 전면에 균일하고 입상활성탄의 유동화에 필요한 상향유속을 확보할 수 있어야 한다.

② 입상활성탄 슬러리의 이송에 장애가 되지 않아야 한다.

2) 상부집수장치와 상저부(床底部 : 활성탄층바닥)의 구조(유동상식)

유입수를 아래에서부터 상향으로 통수하여 입상활성탄을 균일하게 유동화시켜야 하므로 상의 저부에서 편류가 없이 통수할 수 있는 장치가 필요하다. 상저부의 구조는 스트레이너방식과 유공블록방식으로 분류된다.

한편, 상부집수장치는 편류가 없도록 균등하게 집수할 수 있어야 하고 유동되는 입상활성탄 입자의 유출(carry-over)을 방지할 수 있어야 한다. 상부개방형에서는 상향류 처리수를 유출관거로 보내기만 하면 되므로 트로프형을 사용하고 있다.

5.17.5 세척설비

세척설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 탄층의 세척설비는 역세척에 적당한 보조세척을 추가한 방식으로 활성탄의 유출을 방지하도록 고려해야 한다.
2. 세척수로는 활성탄처리수 또는 정수를 사용하고 필요한 수량, 수압 및 시간은 실험 등으로 결정한다.
3. 세척설비의 용량과 구조 등은 **5.7.12 세척탱크와 세척펌프** 등에 준한다.

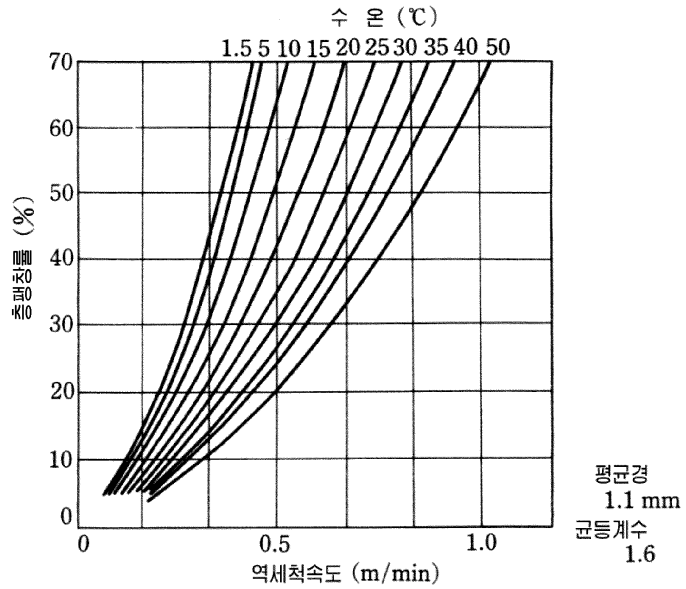
【해설】

1.에 대하여 ; 세척의 목적은 탄층에 축적된 현탁물질을 제거하여 통수능력을 회복시키는 것이다. 세척빈도는 처리수량, 처리수 중의 현탁물질의 성질과 농도, 입상활성탄 입자의 크기, 흡착방식(고정상, 유동상) 등에 따라 다르다. 흡착지는 일반적으로 물 역세척만으로는 입상활성탄 표면에 축적된 고형물의 제거효과가 작기 때문에 공기세척 또는 표면세척과의 조합이 바람직하다. 표면세척방식에는 회전식과 고정식이 있다(5.7.10 역세척방식 참조).

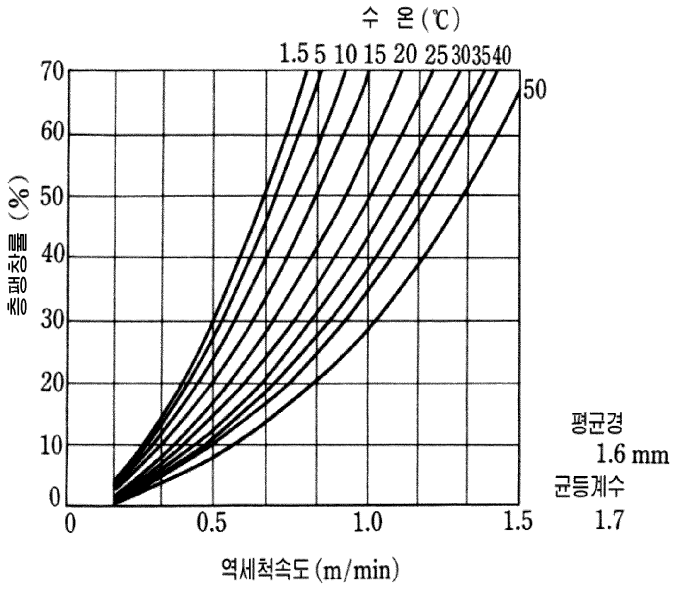
2.에 대하여 ; 고정상식에서 물 역세척속도는 사용하는 입상활성탄의 종류에 따라 다르며 탄층팽창률은 수온의 영향을 받는다. 일반적으로 탄층팽창률이 20~40 %(평균 25 %) 정도가 되도록 역세척한다. 〔그림 5.17.15〕, 〔그림 5.17.16〕에 예로 나타낸 바와 같이, 야자계 활성탄에서는 수온 20 ℃, 팽창률 40 %일 때의 역세척유속은 약 0.48 $m^3/m^2 \cdot min$로 되며, 일반적으로 입경이 동일한 경우에 모래여과지보다 느리다.

입상활성탄 흡착공정의 앞 단계에서 염소처리를 실시하지 않은 경우에는 물론, 염소처리를 실시한 경우에도 활성탄 지내에서 미생물이 번식하며 이를 먹이로 하여 미소동물이 증식하는 경우가 있다. 이러한 경우의 세척빈도는 손실수두에만 따라 세척하지 말고 미소동물의 생명주기(life cycle) 등을 모두 고려하여 정한다. 이러한 경우 정수로 세척하더라도 단기간이기 때문에 생물활성탄의 처리효과에는 거의 영향을 주지 않는다.

물에 의한 역세척을 보조하는 공기세척은 입상활성탄입자의 유실과 마모 및 잔류기포에 의한 편류와 같은 문제가 있지만, 입상활성탄입자 상호간의 전단력이 크기 때문에 물에 의한 역세척만으로는 세척이 불충분한 경우에 공기세척을 병용하는 방식이 효과적이며 세척효과도 크다. 〈표 5.17.5〉에는 세척조건을 예시하였다.



[그림 5.17.15] 역세척시의 입상활성탄 팽창률(야자계)



[그림 5.17.16] 역세척시의 입상활성탄 팽창률(석탄계)

〈표 5.17.5〉 입상활성탄의 세척조건

구 분			활성탄 입경(2.38~0.59 mm)	활성탄 입경(1.68~0.42 mm)
물 역세척과 공기세척	역세척	역세척 속도	0.67 $m^3/min \cdot m^2$	0.4 $m^3/min \cdot m^2$
		역세척 시간	8~10분간	15~20분간
	공기세척	역세척 속도	0.83 $m^3/min \cdot m^2$	좌 동
		역세척 시간	5분간 공기세척과 물 역세척을 행할 때에는 주의 필요	좌 동
물 역세척과 표면세척	역세척	역세척 속도	0.67 $m^3/min \cdot m^2$	0.4 $m^3/min \cdot m^2$
		역세척 시간	8~10분간	15~20분간
	표면세척	세척 속도	0.1 $m^3/min \cdot m^2$	좌 동
		세척 시간	5분간	좌 동

유동상식에서는 활성탄의 충전이 완료된 다음 미분탄을 씻어내기 위하여 물로 역세척을 실시한다. 또 사용종료탄을 인출한 다음 지지구조물을 세척한다. 또 흡착기간 중에 때때로 실시하는 역세척은 입상활성탄의 부착물 제거에 유효하다. 세척배출수는 배출수지에 일시 저류하여 침전시킨 다음 질적으로나 양적으로 평균화하여 착수정으로 반송시키는 것이 바람직하다.

활성탄처리공정에서 역세척 직후의 시동방수에는 미세활성탄과 탁질 등이 상당히 포함되어 있으므로 급속여과지에서와 마찬가지로 시동방수(〔5.7.10 참고 4〕 여과지의 시동방수 참조)에 대하여 고려해야 한다.

3.에 대하여 ; 세척설비의 용량과 구성 등은 위 1. 및 2.에 의한 결정사항을 기초로 5.6.12 세척탱크와 세척펌프 등에 준하여 적절히 정한다. 또 기존 급속여과지의 세척설비를 이용하는 것도 가능하다.

5.17.6 저장설비, 계량설비 및 이송설비

1. 입상활성탄은 흡착능력이 없어지면 재생하거나 교체해야 하므로 신탄 또는 재생탄을 저장하는 설비를 설치해야 한다.
2. 신탄이나 사용종료탄 또는 재생탄을 검수하거나 계량하기 위하여 운반방식과 양에 적합한 계량설비를 설치한다.
3. 이송설비는 활성탄과 이송설비 자체의 마모를 최소한으로 억제하면서 원활하고 능률적으로 이송할 수 있는 설비로 한다.
4. 흡착지는 설비규모와 재생빈도에 따라 활성탄을 적절하게 충전하고 반출할 수 있도록 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 입상활성탄 저장조의 용량은 재생빈도를 고려하여 정하되, 적어도 흡착조 1지(조)분 이상이 필요하다. 또 재생주기가 변동하는 경우가 있으므로 흡착지의 수가 많은 경우에는 충분히 대처할 수 있는 용량을 확보한다. 이송설비를 시설하지 않는 경우에는 재생하는 동안에 사용종료탄을 저장할 수 있는 장소도 확보한다.

저장조의 바닥이 평평할 경우에는 넓은 밑바닥의 모든 부분에서 균일하게 배출되기는 어렵다. 원추 또는 각추(角錐)형의 바닥을 갖는 저장조는 받침기둥과 받침대를 크고 견고하게 해야 한다. 저장조의 높이가 어느 정도 높은 편이 부지가 적게 소요되고 입상활성탄 인출이 용이하나, 기초에서의 지내력과 풍압 등을 고려하여 결정한다. 입상활성탄의 형상과 저장조의 사용조건에 따라 적절한 반출입장치를 설비하고 내압에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

가교현상(bridging)을 방지하기 위하여 호퍼(hopper)의 형상을 적절하게 하고 필요에 따라 폐색방지용 공기주입장치 등의 보조설비를 설치한다.

부속기구는 필요에 따라 저장조용 받침대, 점검구, 집진장치 등을 갖추어서 보수점검이 용이하도록 한다.

저장조의 재질은 일반적으로 고무라이닝이나 플라스틱코팅을 한 강제(鋼製) 원통용기나 스테인리스강제(STS304, STS316)원통용기를 사용한다. 강제용기는 라이닝을 하지 않으면 전식작용으로 부식된다. 부식의 진행이 빠르고 약 6 mm/년의 부식속도인 사례도 보고되어 있다.

고무라이닝을 시공한 경우에는 반드시 핀홀테스트를 해야 한다. 또 부식을 방지하기 위하여 부속기기에는 스테인리스강(STS304, STS316)을 사용하는 것이 바람직하다.

입상활성탄 관련설비의 설계에는 다음 사항에 주의한다.

① 밀폐저장조 내에서는 산소결핍현상이 발생하는 경우가 있으므로 환기를 포함하며 안전에 관한 조치를 취한다.

② 큰 저장조인 경우에는 산소(공기)호흡기를 착용하고 저장조에 들어갈 수 있도록 작업용 점검구를 크게 설치한다.

③ 입상활성탄을 취급하는 시스템에서는 고전압의 정전기가 축적되어 전기충격이나 스파크를 일으키는 경우가 있으므로 입상활성탄 설비는 모두 적절하게 접지(earth)해야 한다.

④ 입상활성탄은 분말활성탄과는 달리 분진의 비산이 비교적 적으나 분진이 발생할 경우에는 작업내용에 따라 집진, 세척, 샤워설비, 방진장구 등을 구비하고 환경보전과 공해방지와 관련된 각종 법적인 규제를 준수해야 한다.

2.에 대하여 ; 컨테이너백(500 kg/개 정도)은 트럭스케일로, 소포장(10~20 kg/개 정도)은 저울 등으로 계량한다. 계량설비가 없는 곳에서는 계량증명사업자가 발행한 중량증명서로 확인한다.

컨테이너백은 재사용되므로 형상, 용량, 재질 등을 규격화해 두면 운반과 계량을 포함한 취급이 용이하다. 재생설비를 설치하고 정수장 내에서 사용종료탄을 재생하는 경우에는 주로 레벨계 등을 사용

한 용적법으로 계량한다. 레벨계는 일반적으로 추에 의한 방식 또는 초음파방식을 사용하며 입상활성탄의 상부를 평활하게 한 다음 계측할 수 있도록 한다. 추에 의한 방식은 구조가 단순하고 측정이 확실하게 되지만, 추나 와이어선의 절단 등의 단점이 있다. 초음파방식은 액체나 분체 등에 접촉하지 않고 측정되기 때문에 수명, 유지관리, 설치 등의 점에서 우수하지만, 발신기에 분진이 부착되면 오작동하는 단점이 있다.

3.에 대하여 ; 이송방식은 직접이송, 수력이송, 공기이송 등의 방식(분진확산방지가 필요하고 관로의 마모나 입상활성탄 자체가 파괴되기 쉬워서 많이 사용되지 않는다)이 있으며 특징은 다음과 같다.

1) 직접이송방식에는 호이스트나 컨베이어 등을 사용하여 인력으로 이송하는 방식과 흡인차로 이송하는 방식이 있다. 인력에 의한 방식은 설비구성이 단순하지만, 인력에 의존하기 때문에 소규모 시설에 적합하다. 이 방식은 이송작업시 건조된 활성탄의 분진이 비산되기 때문에 집진대책 등이 필요하다.

   흡인차에 의한 방식은 흡인송풍기(blower)와 집진장치 등이 흡인차에 장착되어 흡인송풍기에 의하여 흡인호스로 활성탄을 공기와 함께 흡인차의 탱크로 이송하는 방식이다. 이 방식은 고정설비를 필요로 하지 않고 호스로 간단히 활성탄을 전량 이송할 수 있는 특징을 가지고 있어서 중대규모의 시설에 사용할 수 있다. 흡인차가 출입할 수 있는 공간과 작업공간 및 흡착지의 상부에 호스용 뚜껑(hatch)을 확보하는 것이 필요하다.

2) 수력이송방식은 입상활성탄을 슬러리상태로 이송하는 방식이다. 오염이 적고 조작이 간단하며 단기간에 이송이 이루어진다. 이송량은 입상활성탄의 물성에 따라 다르며 슬러리농도와 슬러리유속 및 이송관경의 영향을 받는다. 외부에서 재생하는 경우에는 반출하기 전에 물기를 제거해야 하며, 정수장내에서 자가재생할 경우에는 재생하기 전에 탈수해야 하고 최종적으로는 50 % 정도의 함수율로 하는 것이 바람직하다.

   각 방식의 특징은 다음과 같다.

   ⑴ 자연유하방식은 설비가 간단하지만, 설치조건이 제한된다.

   ⑵ 인젝터압송방식은 가동부분이 적고 교체가 용이하며 초기투자가 적은 반면, 부식과 마모가 일어나기 쉽고 슬러리농도가 낮아서 물 사용량이 많아지며 능률이 저하되고 이물질로 막히기 쉽다는 점 등의 단점이 있다. 또 물의 압력은 토출측 소요압력에 따라 다르며, 일반적으로 0.5~0.8 MPa(5.1~8.2 kgf/cm^2)를 필요로 한다. 토출압의 한계는 3 MPa(30.6 kgf/cm^2) 정도이며, 그 이상이 되면 효율이 급격히 떨어진다.

   ⑶ 펌프압송방식은 일반 펌프와 같은 압입식을 사용하는 것이 좋다. 이송되는 입상활성탄 슬러리의 농도가 높고 인젝터에 비교하여 이송능력이 크지만, 펌프에 들어가는 희석수량을 적당히 제어해야 하며 임펠러와 케이싱이 부식되고 마모되기 쉬우며 입상활성탄의 마모도가 크다.

   ⑷ 압력조 압송방식은 입상활성탄과 물을 압력조보다 높은 위치에 설치한 공급조에서 슬러리상태로 만들고 이 슬러리를 압력조 내로 유입시킨 다음, 밸브를 닫고 수압으로 방출관을 통하여 슬러리를 송출하는 방식이다.

부식을 방지하기 위하여 적당하게 라이닝한 강재 또는 스테인리스강을 사용하는 것이 보통이며 물의 소요압력은 개략 고저차에 의한 압력에 0.1 MPa(1.02 kgf/cm^2)를 더한 압력으로 할 수 있으며 가동부분이 없어서 보수점검이 용이하다. 또 이송고저차에 좌우되지 않으며 물 사용량이 가장 적고 부식과 마모의 위험도 낮다. 최적슬러리농도는 이송방법에 따라 다르기 때문에 표준적인 예를 〈표 5.17.6〉에 나타내었다.

〈표 5.17.6〉 수력이송방식의 예

이 송 방 식	슬러리농도(kg활성탄/m^3물)
자연유하방식	360~480
인젝터압송방식	80~120
슬러리펌프압송방식	120~240
압력조압송방식	360~480

입상활성탄 슬러리의 이송배관은 다음의 조건으로 설계한다.

① 배관은 가능한 한 스테인리스강을 사용한다.
② 저유속(1~2 m/s)을 표준으로 한다.
③ 슬러리의 농도는 200 kg/m^3를 표준으로 한다.
④ 체류부가 없도록 한다.
⑤ 용이하게 세척할 수 있도록 한다.
⑥ 배관은 폐색시의 청소와 마모시의 교체를 고려하여 주요 부분의 분해와 교체를 쉽도록 한다.
⑦ 슬러리 이송용 배관은 "완전열림" 상태 또는 "완전닫힘" 상태로 사용하기 때문에 유량은 펌프 회석수나 인젝터 압력수의 유량을 조절함으로써 조절되도록 한다.

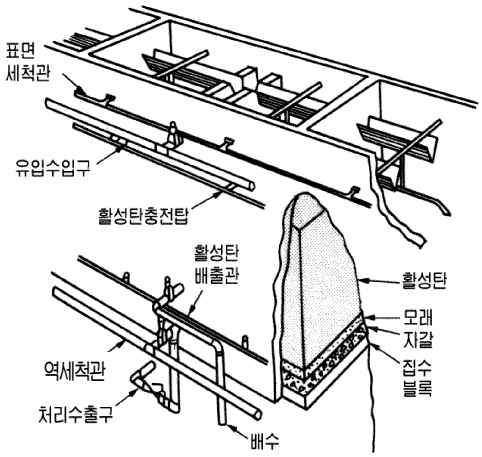
4.에 대하여 ; 재생빈도가 적은 경우나 소규모의 정수시설에서는 급속모래여과지에서의 여과모래 교체와 마찬가지로 인력으로 입상활성탄을 충전하고 인출할 수 있다. 또 인출은 진공차량에 의한 방법도 사용되고 있다. 그러나 재생빈도가 높거나 대규모 정수시설에서는 입상활성탄 이송설비를 설치하는 것이 바람직하다. 〔그림 5.17.17〕에는 이송설비에 의한 충전방법과 인출방법을 비교하였다.

입상활성탄을 이송설비에 의하여 슬러리상태로 충전하면 유동성이 좋기 때문에 특별히 충전관을 이동할 필요없이 거의 균일하게 충전할 수 있고 물로 역세척하면 균일하게 충전된다. 다만, 입상활성탄은 외관밀도가 변동되기 때문에 입상활성탄층의 두께를 설정할 때에는 팽창률을 고려해야 한다. 〔그림 5.17.18〕, 〔그림 5.17.19〕에 충전장치의 예를 제시하였다.

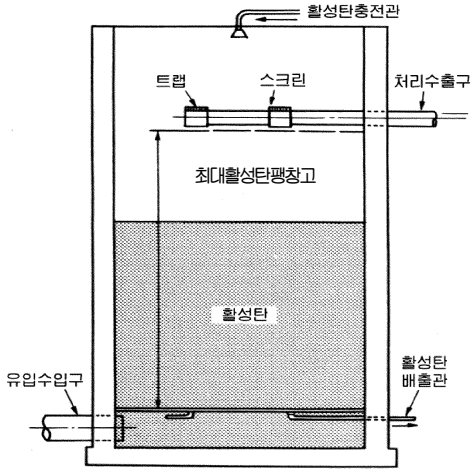
방 식	직접이송		수력이송	
			자연유하	
	충 전	배 출	충 전	배 출
개략흐름	호이스트 크레인 / 컨테이너 / 흡착설비	차 등	활성탄 → 보급수 → 공급조 → 흡착설비	흡착설비 → 역세척수 → 반출조
특징 설비	호이스트크레인을 설치하는 것만으로 다른 설비는 불필요		간단	
특징 자동화			용이	
특징 이송효율			양호	
특징 슬러지농도			10~30 %	
특징 배관구경			80mm 이상	
특징 유지관리			용이	
특징 설비비			적다	
특징 운전비용			적다	
기 타	인력에 의한 작업이므로 충전, 배출에 시간이 걸림		자연유하로 이송하기 때문에 설치조건이 제한된다.	

방 식	수력이송					
	인젝터압송		펌프압송		압력조압송	
	충 전	배 출	충 전	배 출	충 전	배 출
개략흐름	활성탄 → 공급조 → Injector → 흡착설비 / 압력수	흡착설비 → 역세척수 / 중간조 → Injector / 반출조 / 압력수	활성탄 → 보급수 → 공급조 → 펌프 → 흡착설비	흡착설비 → 보급수 / 중간조 → 펌프 → 반출조	활성탄 → 보급수 → 공급조 → 압력조 → 반출조 / 압력수	흡착설비 → 역세척수 / 펌프 → 압력수 / 압력조 → 반출조
특징 설비	펌프압송방법에 비해 간단		비교적 간단		완전자동화하면 비교적 복잡해짐	
특징 자동화	무리		곤란		용이	
특징 이송효율	비교적양호		인젝터방식에 비해 2배 정도 좋음		양호	
특징 슬러지농도	약 10%		10~20%		30~40%	
특징 배관구경	25mm 이상		50mm		25mm 이상	
특징 유지관리	비교적용이		펌프 등의 유지가 필요		비교적용이	
특징 설비비	중간		인젝터방식에 비해 높음		중간	
특징 운전비용	펌프압송방법에 비해 높음		중간		적다	
기 타	• 인젝터가 막힐우려가 있음 • 사용빈도가 극히 높은 경우 인젝터가 마모됨 • 고압(5~8 kgf/cm²)의 압력수가 필요		• 비교적 대용량의 활성탄이송에 적합 • 사용빈도가 극히 높은 경우 펌프의 날개 부분이 마모됨		• 각 기기 및 활성탄의 마모가 적으므로 사용빈도가 많은 경우 적합 • 운전조작은 비교적 복잡	

[그림 5.17.17] 이송방식에서 충전방법과 인출방법의 비교



[그림 5.17.18] 중력식개방형하향류 고정상의 예



[그림 5.17.19] 개방형 상향류 유동상의 예

5.17.7 재생설비

1. 재생설비의 설치여부는 재생빈도와 재생활성탄량 및 경제성을 고려하여 결정한다.
2. 자가재생설비를 설치할 경우에는 다음 각 호에 적합하도록 한다.
   1) 재생설비로는 재생로 본체, 저장설비, 계량설비, 제해설비, 연료공급설비 등으로 구성된다. 이들 설비를 계획할 때에는 설비규모, 운전방법, 입지조건 등을 충분히 고려하고 재생빈도에 대하여 여유가 있는 규모로 한다.
   2) 재생로는 연간재생량과 운전조건을 고려하여 용량과 방식을 결정한다.
   3) 재생로에 부대하여 사용종료탄과 재생탄의 계량설비, 사용종료탄의 세척, 탈수설비, 배기가스 및 배출수처리설비, 연료 및 용수공급설비 등을 필요에 따라 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 사용종료탄의 재생방법으로서는 수도사업자가 설비를 설치하여 실시하는 자가재생방법과 전문업자에게 의뢰하는 위탁재생방법이 있으며 재생방법의 선택은 재생탄의 품질과 경제성에 대하여 비교검토한 다음 선택한다.

재생설비는 정수설비에 비하여 규모의 대소에 관계없이 유지관리에 시간과 노력을 필요로 한다. 규모가 작은 정수장에서는 전체 업무량에서 차지하는 비중이 커진다.

위탁재생에 의한 경우에는 ① 반입과 반출을 위한 작업공간 확보, ② 반입과 반출을 위한 저장조 확보, ③ 계량장치의 설치 등이 수반되며, 5.17.6 저장설비, 계량설비 및 이송설비를 참고로 한다.

재생량과 반출입의 방법 및 재생 주기를 고려하여 사용종료탄과 재생탄의 일시저장 장소를 확보한다.

2. 1)에 대하여 ; 재생설비는 소음과 배기가스 등의 발생원으로 될 가능성이 있다. 따라서 재생설비는 흡착지에 가깝고 상시의 풍향을 충분히 고려하여 주거지역으로부터 가능한 먼 위치에 설치하는 것이 바람직하다. 재생설비의 소요면적은 재생능력뿐만 아니라 활성탄저장조의 유무, 배기가스, 배출수처리설비의 내용에 따라 달라진다.

2. 2)에 대하여 ; 재생로는 재생량, 재생 조건, 운전방식 등에 따라 형식이 다르나, 다음에 제시하는 방식을 참고로 연속운전의 적합성 등을 고려하여 적절한 설비방식을 결정한다. 재생로에 의한 재생시의 활성화(activation)방식에는 건식재생방식과 습식재생방식이 있다. 재생로는 주로 〔그림 5.17.20〕에 제시한 다단로, 유동층로, 이층로, 로터리킬른로 등의 형식이 사용되고 있다.

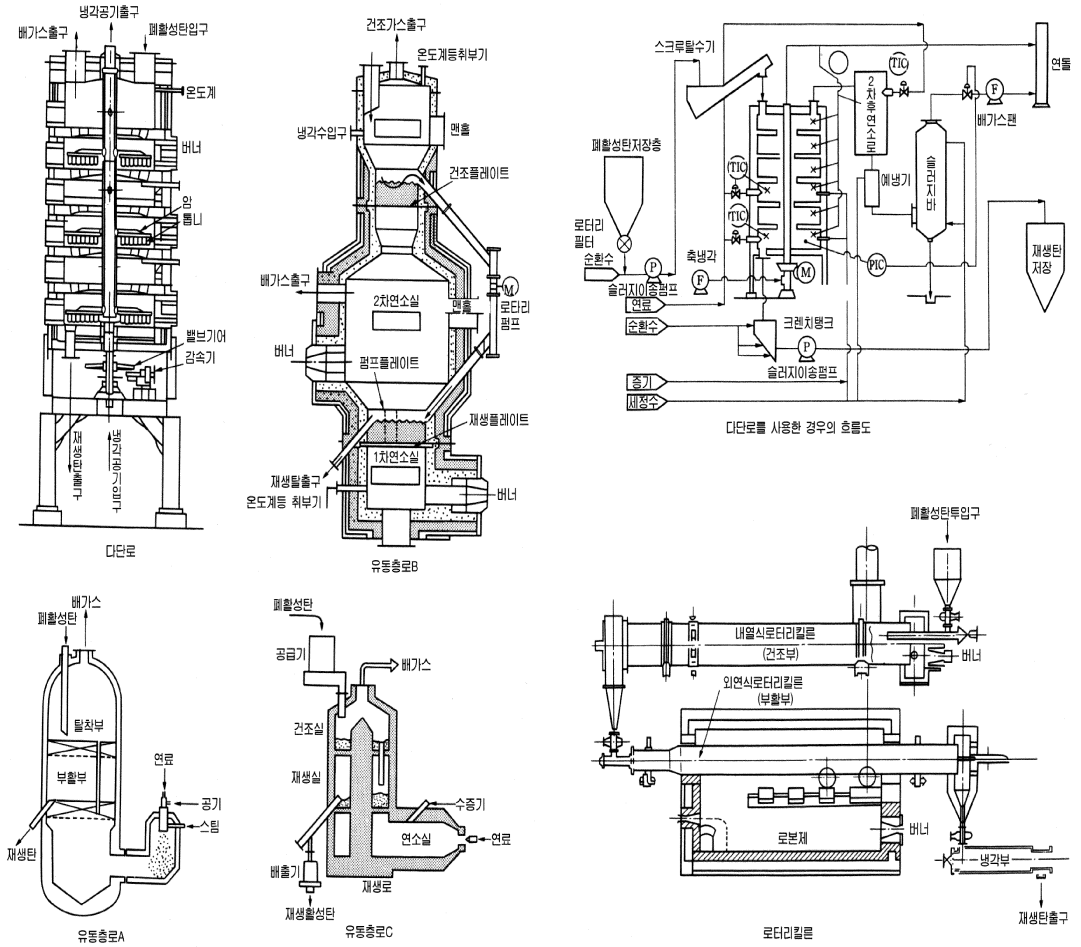
정수용 활성탄을 재생할 때에는 잔류가능성 문제로 약품을 사용하지 않는 것이 일반적이나 유해성이 없고 경제성이 높을 경우에는 적용될 수 있다.

2. 3)에 대하여 ; 재생로에 의한 재생시 필요한 부대설비로는 다음과 같다.

1) 계량설비 : 5.17.6 저장설비, 계량설비 및 이송설비의 2.를 참조

2) 세척설비

활성탄은 흡착지에서 정기적으로 세척되지만 활성탄 표면에는 현탁물질이 부착되어 있는 경우가 많다. 이러한 현탁물질이 재생로내로 그대로 투입되어 소각되면 노체에 나쁜 영향을 미치기 때문에 다시 세척하고 탈수한 다음 재생로에 투입해야 한다. 세척은 수조에서 흐르는 물로 교반하면서 현탁질을 제거하는 방식이 일반적이다.



[그림 5.17.20] 활성탄재생로의 예

3) 탈수설비

재생로의 열효율을 높이기 위하여서는 세척한 활성탄의 함수율을 가능한 낮게 해야 한다. 세척된 활성탄은 방치상태에서 물을 충분히 제거할 수 있으나, 대량으로 재생할 경우에는 원심분리기나 스크류 탈수기 등의 탈수설비가 사용된다.

4) 분리조설비와 급냉조설비

재생로의 형식에 따라 재생한 다음 활성탄에 포함된 미분탄을 제거하기 위한 분리조설비, 활성탄을 냉각시키기 위한 급냉조설비 등이 필요하다.

5) 배기가스처리설비

재생로에서 배출된 가스 중에는 활성탄에 흡착되어 있던 유기물, 재생과정에서 생긴 매연분진, 연소로 생성된 NOx나 SOx 등이 함유되는 경우가 있다. 이러한 물질들이 방출되면 주변의 대기를 오염시키기 때문에 필요에 따라 집진, 2차연소, 스크러버(scrubber) 등의 설비를 설치한다.

6) 배출수처리설비

재생설비에는 활성탄의 세척, 이송, 제진(除塵)이나 입도조정을 위하여 물을 사용하므로 배출수가 발생한다. 이중 스크러버배출수는 배기가스로부터 분리된 유기물질을 함유할 가능성이 높기 때문에 다른 배출수와 분리하여 처리하는 것이 바람직하다. 기타 배출수는 정수장 내의 배출수처리설비 등에서 처리한다.

7) 연료공급설비

재생에 필요한 에너지원으로서는 중유, 경유, 도시가스, LPG 또는 전기가 사용된다. 에너지원의 종류에 따라 배기가스 중에 NOx와 SOx 등의 농도가 달라지므로 선정시 재생로 본체에서의 경제성과 취급의 용이성 외에 제해설비와 저장설비에 관하여 충분히 검토한다. 재생에 필요한 에너지량은 재생로의 형식, 용량, 2차연소장치의 유무 등으로 다르나 대략 활성탄 1 kg당 3,000~7,000 kcal (12,000~30,000 kJ)이다.

[5.17.7 참고 1] 가열재생방법

가열재생방법은 활성탄이 건조·탄화(carbonization)·활성화(activation)의 공정으로 재생된다.

1) 건조

활성탄재생로에 수분을 함유한 사용종료탄을 투입하고 100 ℃ 정도에서 건조되면서 일부 유기물이 탈락된다.

2) 탄화(carbonization)

사용종료탄은 세공 중에 많은 유기물질을 흡착하고 있다. 이 탄을 700 ℃ 정도까지 가열하여 저비등점 유기물질을 탈락시킨다. 고비등점 유기물질은 열분해로 일부가 저분자화되어 탈락되고 나머지는 세공 중에서 탄화된다.

3) 활성화(activation)

사용종료탄을 800~000 ℃ 정도로 가열하여 탄화하고, 세공 중에 남은 유기물질을 수증기, 이산화탄소, 산소 등의 산화성가스로 가스화하여 탈락한다. 활성화가스로는 통상 수증기를 사용한다. 일반적으로 온도가 높을수록 세공용적은 증가하고 활성화도도 높아지나 활성탄의 기질이 손상되어서 강도가 떨어질 우려가 있다.

[5.17.7 참고 2] 이화학적 재생방법

활성탄은 코코넛 껍질이나 석탄, 나무 등을 고온으로 탄화시켜 만든 활성탄 내부의 무수한 세공들을 이용하여 흡착가능한 물질들을 흡착·제거할 수 있는 것으로서, 인간생활과 밀접한 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 이러한 활성탄이용기술의 최대장점은 흡착가능한 물질을 쉽게 흡착한다는 점과 재생하여 다시 사용할 수 있다는 점이다. 이러한 특성은 활성탄의 이용범위를 확대시킬 수 있는 촉진제가 되었고, 결국 여러 분야에서 핵심요소기술로 사용되고 있다. 활성탄의 장점을 크게 부각시킬 수 있는 재

생기술로는 여러 가지가 있으나 열재생(thermal regeneration)이 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 최근에는 열재생에 따른 대기오염 문제와 재생수율의 하락, 운전비용의 증대 등으로 이화학적 재생기술을 이용하는 사례가 증가하고 있다.

이화학적 재생기술의 이론적 배경은 활성탄의 흡착원리를 역이용한 탈착원리를 활용한 것이다. 활성탄의 흡착능에 영향을 미치는 인자로는 피흡착물질과 활성탄의 종류이며, 활성탄의 물리화학적 성질(표면적, 입자 내부구조, 세공내 표면의 화학적 특성 등) 외에도 피흡착물질의 용해도, 극성, 수소이온농도, 이온화율, 피흡착물질의 수, 분자의 크기, 농도, 분자의 구조와 표면장력, 온도 및 공존물질의 농도 등이 흡착능에 크게 영향을 미친다. 여기서 이화학적 재생기술은 흡착과 탈착에 결정적인 역할을 하는 pH, 유기용제, 온도 등을 조합하여 재생효율을 극대화한 방법이다.

이러한 새로운 재생공정의 운전은 재생반응과 탈착, 세척, 회수의 공정으로 이루어진다. 이 방법의 재생효과는 신탄에 비하여 83~97 %의 흡착능회복률을 나타내며 재생방법이 간단하고 운전이 용이하며 재생탄의 손실이 적고 기존의 흡착시설에 추가하기 쉬울 뿐 아니라 경제성에서도 신탄가격의 10 %, 열재생방식의 15~20 % 정도의 비용이 소요되는 등 여러 가지 장점을 가지고 있다.

5.18. 막여과시설

5.18.1 총칙

막여과(membrane filtration)란 막(membrane)을 여재로 사용하여 물을 통과시켜서 원수 중의 불순물질을 분리제거하고 깨끗한 여과수를 얻는 정수방법을 말한다. 담수처리에 주로 사용되고 있는 막여과는 정밀여과와 한외여과가 있으며, 제거대상물질은 현탁물질을 주로 하는 불용해성물질이다. 또 나노여과 및 역삼투법은 용해성물질을 제거대상물질로 하며 단독 또는 고도정수처리와의 조합 등이 검토되고 있다.

1) 정밀여과법(micro filtration : MF)

정밀여과막모듈을 이용하여 부유물질이나 원충, 세균, 바이러스 등을 체거름원리에 따라 입자의 크기로 분리하는 여과법을 말한다. 입경 0.01 μm 이상의 영역을 분리대상으로 하며 분리성능은 공칭공경으로 나타낸다.

2) 한외여과법(ultra filtration : UF)

한외여과막모듈을 이용하여 부유물질이나 원충, 세균, 바이러스, 고분자량물질 등을 체거름원리에 따라 분자의 크기로 분리하는 여과법을 말한다. 분리성능은 분획분자량으로 나타낸다. 수처리에서는 초순수의 제조, 폐액·폐수처리, 배출수의 재이용 등에 사용하고 있다.

3) 나노여과법(nano filtration : NF)

한외여과법과 역삼투법의 중간에 위치하는 나노여과막모듈을 이용하여 이온이나 저분자량 물질 등을 제거하는 여과법을 말한다.

4) 역삼투법(Reverse Osmosis : RO)

물은 통과하지만 이온은 통과하지 않는 역삼투막모듈을 이용하여 이온물질을 제거하는 여과법을 말한다. 해수 중의 염분을 제거하는 해수담수화 역삼투법은 5.22을 참조하기 바란다.

이들 막을 사용한 분리법 및 성능기준은 막여과 정수시설의 설치기준에 대한 고시에 따라 〈표 5.18.1〉과 〈표 5.18.2〉와 같다.

〈표 5.18.1〉 수도용 막의 종류 및 특징 등

사용막	여과법	분리경	제거가능 물질
정밀여과막 (MF)	정밀여과법	공칭공경 0.01 μm이상	부유물질, 콜로이드, 세균, 조류, 바이러스, 크립토스포리디움 난포낭, 지아디아 난포낭 등
한외여과막 (UF)	한외여과법	분획 분자량 100,000 Dalton이하	부유물질, 콜로이드, 세균, 조류, 바이러스, 크립토스포리디움 난포낭, 지아디아 난포낭, 부식산, 등
나노여과막 (NF)	나노여과법	염화나트륨 제거율 5~93 %미만	유기물, 농약, 맛·냄새물질, 합성세제, 칼슘이온, 마그네슘이온, 황산이온, 질산성질소 등
역삼투막 (RO)	역삼투법	염화나트륨 제거율 93 % 이상	금속이온, 염소이온 등
해수담수화 역삼투막 (해수담수화RO)	역삼투법	염화나트륨 제거율 99 % 이상	해수중의 염분

〈표 5.18.2〉 수도용 막모듈의 성능 기준

항 목	정밀여과막모듈	한외여과막모듈	나노여과막모듈	역삼투막모듈	해수담수화 역삼투막모듈
여과성능	0.5 m^3/m^2·일 이상	0.5 m^3/m^2·일 이상	0.05 m^3/m^2·일 이상	0.05 m^3/m^2·일 이상	0.01 m^3/m^2·일 이상
탁도 제거성능	0.05 NTU 이하	0.05 NTU 이하	-	-	-
염화나트륨 제거성능	-	-	5 ~ 93 %미만	93 % 이상	99 % 이상
내압성	누수, 파손 및 기타 외형에 이상이 없을 것				
미생물 제거성능	시료수에 대해서 형성된 집락수가 시료수 1mL 당 10개 이하 일것				
용출성	▪ 시료수의 분석치와 대조수의 분석치의 차가 "막모듈 용출액 분석기준에 적합할 것"				

비고 : 1. 정밀여과막모듈 및 한외여과막모듈의 여과성능은 25 ℃, 막차압 100 kPa의 조건에서 보정한 값으로 한다.
2. 나노여과막모듈, 역삼투막모듈 및 해수담수화역삼투막모듈의 여과성능은 25 ℃, 유효압력(有效壓力) 1 MPa의 조건에서 보정한 값으로 한다.
3. 막모듈 성능기준인 탁도 제거성능은 정밀여과막모듈 및 한외여과막모듈에만 적용한다.
4. 막모듈 성능기준인 염화나트륨 제거성능은 나노여과막모듈, 역삼투막모듈, 해수담수화 역삼투막모듈에만 적용한다.

5.18 막여과시설에서는 다음의 정밀여과와 한외여과에 관하여 기술한다.

막여과법을 정수처리에 적용하는 주된 선정 이유는 아래와 같다.

⑴ 막의 특성에 따라 원수 중의 현탁물질, 콜로이드, 세균류, 크립토스포리디움 등 일정한 크기 이상의 불순물을 제거할 수 있다.

⑵ 정기점검이나 막의 약품세척, 막의 교환 등이 필요하지만, 자동운전이 용이하고 다른 처리법에 비하여 일상적인 운전과 유지관리에서 에너지를 절약할 수 있다.

⑶ 응집제를 사용하지 않거나 또는 적게 사용한다.

⑷ 부지면적이 종래보다 적을 뿐 아니라 시설의 건설공사기간도 짧다.

막여과는 특히 어느 크기 이상의 물질을 제거하는 경우에는 안정성이 높은 제거율을 보이고 있으므로, 현탁물질 이외의 용해성 물질이 거의 포함되지 않은 원수에 적합하나 분말활성탄 또는 응집제를 사용한 조합공정을 통해 용해성물질을 제거할 수 있다.

5.18 에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “막모듈”이란 일정 개수의 막을 일정형태의 용기 안에 설치하여 일체화 또는 용기 안에 설치를 하지 않고 일정 개수의 막을 묶음형태로 일체화하여 여과 기능을 할 수 있도록 만든 것을 말한다.
2. ”수도용 막모듈“이란 수도용 막으로서 제1호와 같이 제작한 정밀여과막모듈, 한외여과막모듈, 나노여과막모듈, 역삼투막모듈, 해수담수화 역삼투막모듈을 말한다.
3. “계열”이란 제2호의 수도용 막모듈과 여과수를 생산하는 펌프로 이루어져 독립된 여과기능을 나타내는 것을 말한다.
4. “수도용 막여과공정”이란 원수공급, 펌프, 막모듈, 세척, 배관 및 제어 설비 등으로 구성된 일련의 정수처리 과정으로, 수도에 사용되는 정밀여과공정, 한외여과공정, 나노여과공정, 역삼투공정 및 해수담수화 역삼투공정을 말한다.
5. “막여과 회수율”이란 막여과공정의 막공급 원수량에 대하여 여과수량 중에서 막모듈의 세척에 사용되는 여과수량을 제외하여 백분율(%)로 나타낸 값을 말한다.
6. “공칭공경(公稱孔經, Nominal pore size)”이란 정밀여과막의 공경을 직접 측정하는 것이 곤란하여 버블포인트법, 수은압입법, 지표균 등을 이용한 간접법으로 분리성능을 마이크로미터(㎛) 단위로 나타낸 것을 말한다.
7. “분획분자량(分劃分子量, Molecular weight cutoff)”이란 한외여과막의 공경을 직접 측정하는 것이 곤란하여 간접적으로 측정하고 분리성능을 분자량의 단위인 달톤(Dalton)으로 나타내는 지표로서 분자량을 알고 있는 물질의 배제율(排除率)이 90퍼센트(%)가 되는 분자량을 말한다.
8. “배출수”란 물, 공기, 약품 등을 이용하여 막의 표면에 부착된 오염물질을 제거할 때 발생되는 세척수 혹은 세척수가 포함된 농축수가 막모듈 밖으로 배출된 것을 말한다.
9. “농축수”란 막공급 원수가 막을 투과하지 않고 농축된 것을 말한다.
10. “공정수”란 정수시설을 구성하는 공정에서 소독공정을 제외한 각 단위공정의 처리수를 말한다.

5.18.2 막여과 정수시설

1. 막여과정수시설의 설치시 검토사항
   1) 막여과 정수시설은 환경부에서 고시한 막여과 정수시설의 설치기준에 따라 설치한다.
   2) 「상수원관리규칙」 제25조 제1항 "원수의 수질검사기준"에 따라 실시한 과거 3년간의 원수수질검사 결과를 검토하여야 한다.
   3) 장래 원수 수질변화가 예측되는 경우는 그 대응 방안을 마련하여야 한다.
   4) 신설하는 막여과 정수시설 및 기존 정수시설을 개량하여 막여과 정수시설을 설치하고자 할 경우에는 막여과 정수시설의 안정성을 검토하여야 한다.
   5) 제1호부터 제2호까지 검토 결과, 막여과공정 단독으로 정수를 생산하여 먹는 물 수질기준의 초과가 예상되는 경우에는 다른 정수공정과의 조합을 고려해야 한다.
   6) 건설비, 유지관리비등을 포함한 경제성을 고려해야 한다.
2. 시설능력
   1) 계획 정수량은 계획 1일 최대급수량을 기준으로 하고, 그 외 작업용수와 기타용수 등을 고려하여 결정한다.
   2) 막여과 정수시설은 개량, 보수 및 사고에 의해 일부 기능이 정지한 경우에도 통상의 급수에 영향을 주지 않도록 시설을 구성하여야 한다.
3. 계열구성
   1) 막여과 정수시설의 계열 수는 2계열 이상으로 구성하는 것을 원칙으로 하며, 각 계열 및 시설의 여과수에는 연속측정식 탁도계 등을 설치하여야 한다.
   2) 막여과 정수시설의 계열 수를 2계열 이상으로 구성하기가 곤란한 경우에는 기기 고장이나 사고로 급수에 지장이 생기지 않도록 상시 예비기기나 예비모듈을 확보하여야 한다.
   3) 계열의 구성에는 막의 손상을 검지하기 위하여 막모듈의 압력유지시험(Pressure Decay Test)등 직접완결성 시험 감시설비를 설치하여야 한다.
4. 공정구성
   1) 막여과 정수시설은 막모듈을 이용하여 여과하는 공정과 소독제를 이용하여 소독하는 공정을 기본공정으로 구성한다.
   2) 막여과공정은 원수공급, 펌프, 막모듈, 세척, 배관 및 제어설비 등으로 구성되며, 막의 종류, 막여과 면적, 막여과 유속, 막여과 회수율 등은 원수수질 및 여과수의 수질기준과 시설의 규모 등을 고려하여 결정하여야 한다.
   3) 막여과 정수시설은 필요에 따라 배출수처리설비를 설치하여야 하며, 막모듈의 보호 및 여과수의 수질 향상을 위해 별도의 전·후처리 설비를 설치할 수 있다.
5. 충분한 안전과 환경대책수립

【해설】

1. 에 대하여 ; 막여과 정수시설 설치시 시설용량이 5,000 m^3/일이상인 막여과 정수시설은 환경부 수도법에 따른 막여과 정수시설의 설치기준을 준수하여야 한다. 시설용량이 5,000 m^3/일 미만 규모의 막여과 정수시설은 막여과 정수시설의 설치기준을 준용할 수 있다.

2.에 대하여 ; 막여과 정수시설의 시설능력은 계획정수량을 안정되게 처리할 수 있는 것으로 하지만 (5.1.3 계획정수량과 시설능력 참조), 추후 수정시설전체로서 손실되는 작업용수량은 막여과설비에서 회수율 등을 감안하여 계획1일최대급수량의 5~10 % 정도로 본다.

막여과 정수시설에서 손실수량은 막모듈 등의 세척에 사용하는 물이 가장 많으며, 그 외에 각 설비의 청소용수, 기기냉각수, 장내급수 등이 있다. 세척수량은 세척빈도에 크게 영향을 받으며 빈도는 원수수질 외에 막여과유속(flux)에도 영향을 받는다. 세척빈도가 많아지면 회수율은 떨어진다. 또한 세척배출수를 원수에 반송하면 회수율은 높아지지만, 반송하기 위한 설비를 필요로 하며 운전조작도 복잡해진다.

또 시설규모, 계열수, 막차압의 허용범위, 배수지의 용량 등과도 관련되지만, 설비의 개량 또는 사고시 등에 대비하여 예비능력의 확보면에서 막여과설비의 1계열이 정지된 경우라도 여과막의 유속조정으로 나머지 계열로 대처하는 것을 포함하여 충분한 예비생산능력을 보유할 수 있어야 한다.

3.에 대하여 ; 막의 약품세척, 막모듈의 교환, 펌프·공기압축기 및 자동밸브 등 부속기기의 보수나 사고 등으로 인한 설비의 정지를 대비하여 막여과장치의 유니트는 적어도 2계열 이상을 설치한다. 2계열 이상을 설치하기가 곤란한 경우에도 기기 고장이나 사고로 급수에 지장이 생기지 않도록 미리 펌프류 등의 예비기기나 예비모듈을 확보하는 등의 조치를 강구해야 한다. 막여과 정수시설의 배치에 대해서는 5.1.6 정수시설의 배치계획에 의하는 외에 다음 사항에 관해서도 배려해야 한다.

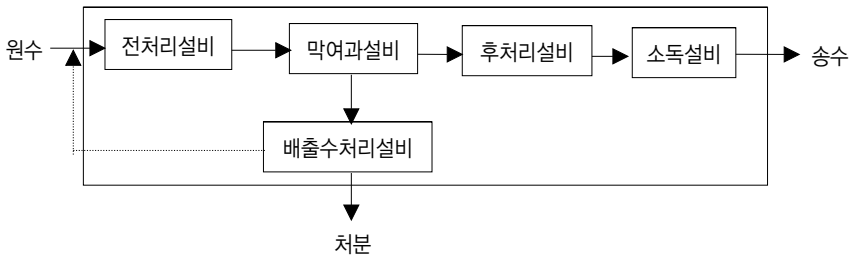
막여과방식의 정수장 평면과 수위의 고저도에 대한 사례는 5.1.6 정수시설의 배치계획을 참조한다.

수위차를 이용하여 막여과하는 경우에는 원수조로부터 막여과설비 또는 막여과설비로부터 처리수조(정수지)까지 수위차가 막여과에 필요한 막차압을 얻을 수 있도록 설비를 배치해야 한다.

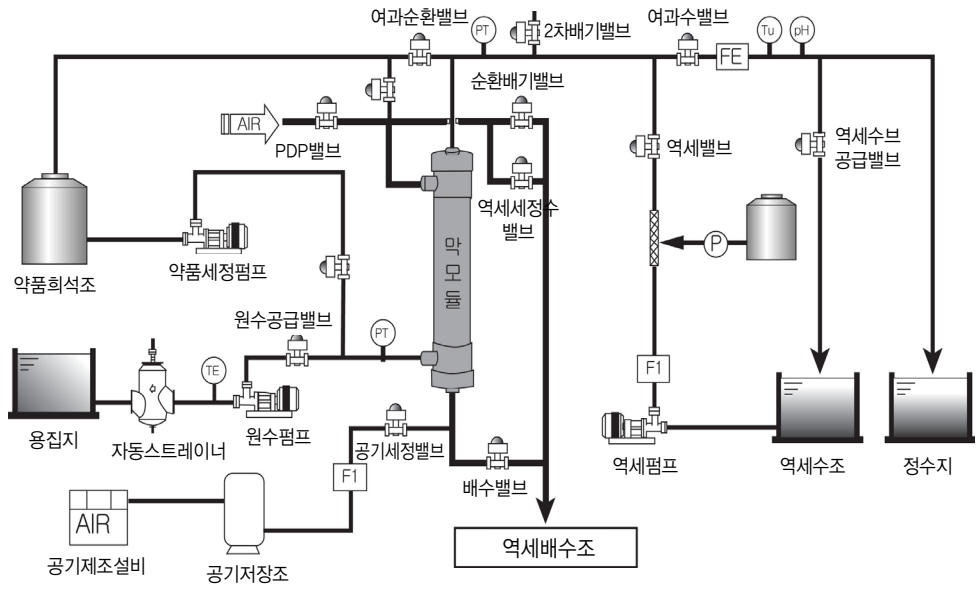
막여과설비의 설치장소는 옥외에도 가능하지만, 옥외에 설치하는 경우에는 폴리염화비닐 등 수지부분의 내기후성이나 강도를 충분히 배려해야 한다.

막모듈 등은 입체적인 구성으로 되는 것이 많으므로 유지관리에 지장이 없도록 배치한다.

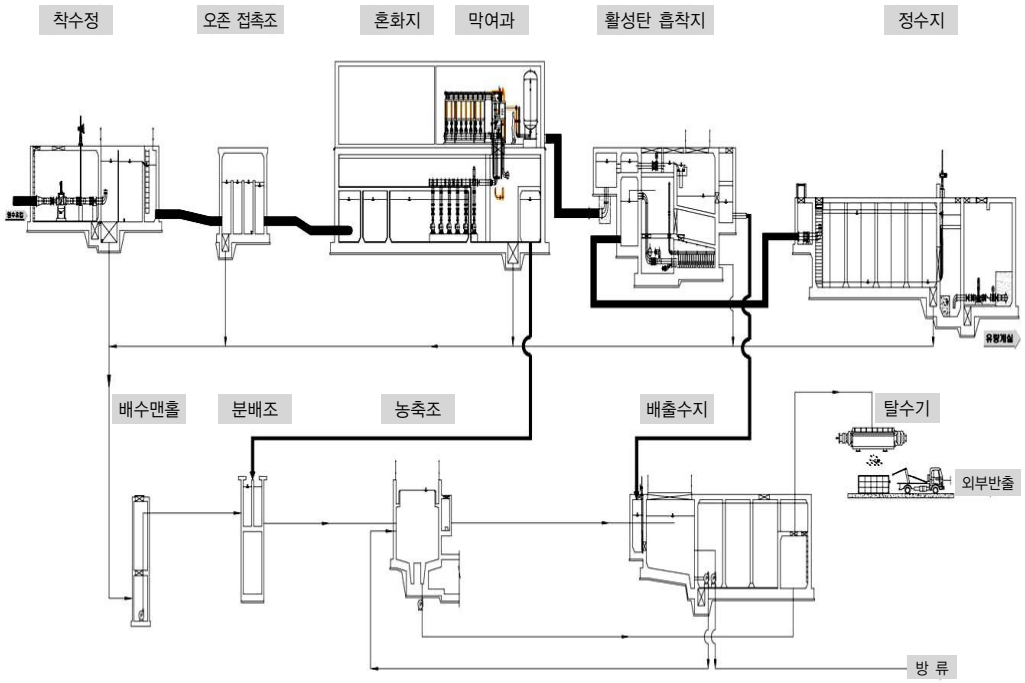
4.에 대하여 ; 막여과시설은 막여과설비와 소독기능을 갖는 설비를 기본으로 하고(〔그림 5.18.1〕 참조) 필요에 따라 전처리, 후처리 및 배출수처리를 위한 설비를 부가한다. 실제 설비에 대한 처리공정도의 예를 〔그림 5.18.2〕, 〔그림 5.18.3〕 및 〔그림 5.18.4〕에 나타내었다.



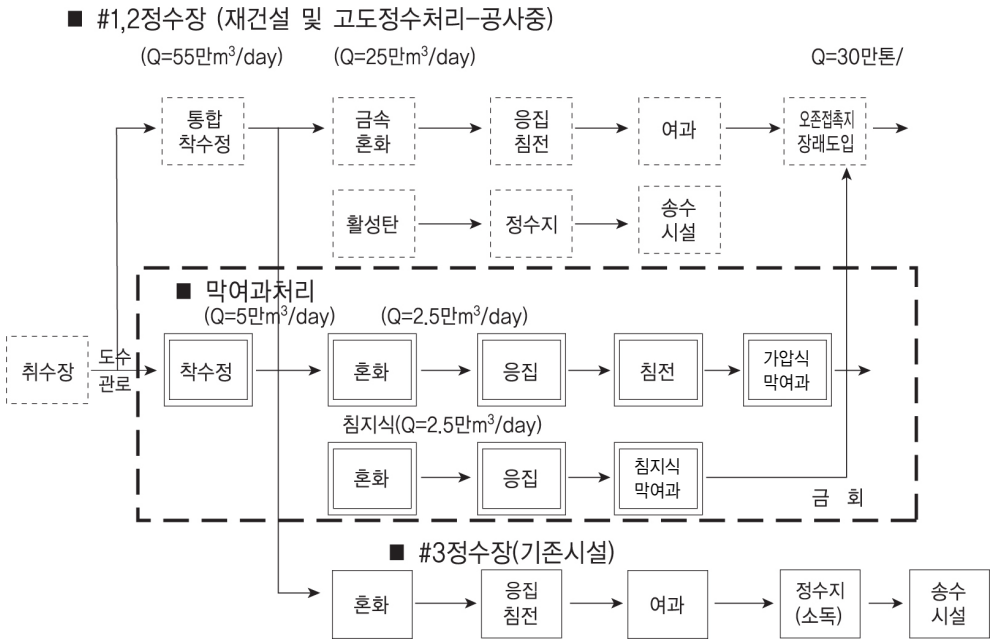
[그림 5.18.1] 막여과방식의 흐름도



[그림 5.18.2] 막여과설비 정수처리흐름도의 예(공주 정수장 30,000 m^3/day)



[그림 5.18.3] 막여과설비 정수처리흐름도의 예(연초 정수장 16,000 m^3/day)



[그림 5.18.4] 정수처리계통도의 예(영등포 정수장 50,000 m^3/day)

정밀여과막과 한외여과막으로 제거할 수 있는 것은 주로 점토입자나 식물성 플랑크톤 등의 현탁물질, 콜로이드, 세균류, 크립토스포리디움 등으로, 이들의 크기가 막의 공칭분획경보다 큰 경우에는 거의 100 % 제거할 수 있다. 다만, 공기 등으로부터의 오염으로 인하여 여과수 중에 일반세균이 검출되는 경우가 있으므로 소독은 반드시 필요하다. 또 막의 공경보다 작은 용해성물질은 일반적인 막여과에서는 제거할 수 없으므로, 적절한 전처리 또는 후처리와 조합시키는 방법으로 제거한다.

1) 전처리설비

협잡물을 제거하기 위한 스크린이나 스트레이너 등의 설비, 여과성능을 향상시키기 위한 응집제주입설비, 또는 살조, 막에 유기물 부착방지, 철·망간 등의 산화(불용화시켜 막여과로 제거)를 위한 염소제나 오존주입설비 등이 있다.

2) 막여과설비

일반적으로 원수조, 펌프, 막모듈, 세척설비 등으로 구성된다. 원수수질에 따라 적절한 막의 종류, 막면적, 투과유속(flux) 등을 선정한다.

3) 후처리설비

용존유기물, 곰팡이냄새, 망간제거 등의 목적으로 막여과수를 다시 한번 처리해야 하는 경우에는 후처리설비를 설치한다.

4) 소독설비

5.11 소독설비에 준한다.

5) 배출수 처리설비

처리대상인 배출수는 주로 물리적 세척에 의한 세척배출수이다. 세척배출수는 법령 등에 의한 규정이 없는 등 지장이 없는 경우에는 그대로 방류할 수 있다. 또 회수율을 향상시키기 위하여 세척배출수에 대하여 다시 막여과를 하거나 또는 농축조를 설치하여 중력침강하고 상징수를 원수에 반송할 수도 있다. 정수장 내에서 약품세척하는 경우에는 그 폐액처리설비를 설치한다.

5.에 대하여 ; 막여과 정수시설은 주로 기계계와 전기계의 부품으로 구성되며 종래의 시설에 비하여 폴리염화비닐 등 많은 수지제품이나 세라믹을 사용하기 때문에 5.1.9 안전대책을 참조하여 충분한 안전과 자연재해의 대책을 강구한다. 특히 막과 밀봉(seal)부 등의 파손은 정수수질에 영향을 미치기 때문에 필요에 따라 파손방지대책을 강구한다. 공기가 막을 통과하는데 필요한 압력을 측정하거나 일정 크기의 입자를 넣어 검출하는 등의 방법으로 막의 파손 정도를 정량화 할 수 있는 막 완결성 시험을 파손방지대책의 한 예로 들 수 있다. 또한 개개 부품의 신뢰성뿐만 아니라 시스템으로서 높은 신뢰성을 확보하도록 고려한다.

환경대책으로서는 막여과시설이 원인으로 되는 소음, 진동, 배출수 등이 주변 환경에 나쁜 영향을 미치지 않도록 배려해야 한다. 특히 펌프 등으로부터 발생하는 소음과 진동으로 부근 주민들로부터 원성이 발생하지 않도록 방음과 방진대책을 강구한다.

5.18.3 전처리설비

막여과 정수시설의 전처리는 원수수질과 처리목표수질 등을 감안하여 필요에 따라 적절한 방법을 선정한다.

1. 원수내 협잡물 제거를 위한 스크린이나 스트레이너설비
2. 원수내 탁질 및 유기물 제거를 위한 응집, 침전, 여과설비
3. 원수내 철, 망간 등의 산화를 위한 전염소 또는 전오존 주입설비
4. 원수내 맛·냄새물질 등 미량유기물 등을 제거를 위한 분말활성탄 주입설비
5. 수소이온농도(pH) 및 응집효율 제어를 위한 약품 주입설비
6. 기타 막모듈 보호 및 여과수질 향상을 위한 전처리설비

【해설】

원수 중의 협잡물이나 이물질로 인한 막면의 손상이나 막모듈 입구의 폐색, 내압식 중공사인 경우에 중공사 내의 유로폐색 등의 사고를 방지해야 하며 처리 수량과 수질의 양면에서 막의 성능을 가장 효율적으로 발휘하기 위하여 필요에 따라 최적의 설비를 선정한다.

1.에 대하여 ; 협잡물 제거설비

원수 중에 협잡물(조류, 쓰레기, 토사)의 혼입이 예상되는 경우에는 막의 손상이나 막모듈 입구 등의 폐색을 방지하는 설비로 스크린, 필터, 스트레이너 등이 있다. 스크린 등의 크기는 200 μm 이하가

일반적이지만, 너무 작으면 막히기 쉽다. 특히 지하수에 철분을 다량으로 함유한 원수인 경우에는 공기와 접촉하여 산화·석출되어 필터 등이 급속히 막히는 경우가 있으므로 필터를 설치하지 않는 편이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 응집제 주입설비

응집제(황산알루미늄 또는 폴리염화알루미늄 등)의 주입은 막여과유속이나 막차압의 개선 및 처리수질 향상으로 처리능력과 안정성을 향상시키고자 하지만, 한편으로는 자동화가 용이하다는 막의 이점이 훼손되기도 한다.

응집제를 첨가함으로써 색도나 과망간산칼륨소비량 등의 제거율을 높일 수 있다. 저분자색도나 콜로이드 등은 일반적인 응집으로는 효과적이지 않으므로 활성탄설비를 처리공정에 조합한 경우도 있다.
응집제 주입률은 마이크로플록을 형성할 정도의 소량으로 충분하지만, 원수수질에 따라 최적주입률의 범위가 다르기 때문에 주입량 제어 등에 대해서는 충분히 검토할 필요가 있다.

또 응집제 주입설비를 갖고 있는 경우라도 고탁도시에는 막여과시설에의 과대한 탁질부하를 피하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 차아염소산나트륨 주입설비 등

원수수질에 따라서는 철·망간의 산화, 조류 등의 발생억제, 막의 파울링(fouling)방지 등을 위하여 차아염소산나트륨 등의 산화제 주입이 필요한 경우가 있지만, 막재질로서는 산화제에 내성이 있는 것을 사용해야 한다. 막에 부착된 철과 망간산화물이 막차압에 영향을 미치므로 막의 종류, 운전방식, 응집제의 병용 등도 아울러 검토한다. 차아염소산나트륨인 경우의 주입량은 막여과수에 잔류염소가 약간 검출되는 정도로 충분하다.

상기의 제거성이나 투과유속은 원수수질 등의 영향을 받기 때문에 수질이 가장 악화되는 시기나 저수온기를 포함한 6개월 이상의 실증실험 또는 다른 공인연구기관의 자료를 참고로 한다.

5.18.4 막과 막모듈

막과 막모듈은 다음 각 항에 따른다.
1. 막과 막모듈은 수도용 막모듈 성능인증을 받은 막모듈 중 처리성능, 내구성, 내약품성 및 위생성 등을 고려하여 선정한다.
2. 통수방식은 처리대상 원수의 성상이나 세척방식, 막의 특성을 고려하여 선정한다.
3. 막모듈은 점검과 교환이 용이한 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 환경부 고시 막여과 정수시설의 설치기준에 따라 〈표 5.18.2〉에 제시된 수도용 막모듈의 성능기준을 만족하고 인증(한국상하수도협회 단체표준인증제품)을 받은 막모듈을 사용하여야 한다.

1) 처리성능

정밀여과막 또는 한외여과막의 처리성능은 막의 종류나 세공의 분포 또한 원수에 포함된 현탁물질의

성상 등에 따라 다르다. 정밀여과막의 세공으로 작은 것은 0.025 μm이며, 일반적으로 잘 사용되는 것은 0.1~3 μm 정도로 분리대상물질은 형체를 갖는 입자 또는 미생물이다. 이에 비하여 한외여과막의 공경은 수 nm~수십 nm이고 고분자량의 물질(분자량 1000~30만 정도), 콜로이드, 단백질 등의 분자도 분리할 수 있다. 따라서 실시 예나 기존의 실험데이터 등을 참고하여 종합적인 관점에서 적용할 기종 등을 선정한다. 그러나 그렇게 판단되지 않는 경우에는 실제로 실험을 하여 선정할 필요가 있다.

2) 내구성, 내약품성 및 위생성 등

막과 막모듈의 선정에는 물리적 내구성, 내약품성 및 위생성 등에 있어서 다음 사항에 유의해야 한다.

⑴ 막과 막모듈의 강도는 여과압력, 부압, 폭기에 의한 세척시의 반복응력 등의 기계적 변화 및 장기사용으로 열변형이나 약품세척에 의한 화학적 변화에 대해서도 충분히 대처할 수 있어야 한다. 또 막과 막모듈은 수격(water hammer)으로 인한 충격을 절대로 받지 않도록 배려한다.

⑵ 막과 막모듈은 동결되면 사용할 수 없게 될 우려가 있으므로 내한성을 충분히 조사하여 선정한다. 보존과 보관이나 설치에도 동결되지 않도록 만전의 예방조치를 강구해야 한다.

⑶ 막의 약품세척에는 알칼리 또는 산, 산화제, 유기산, 세제 등의 여러 가지 약품이 사용되기 때문에 막의 내약품성에 대하여 충분히 조사해 놓는다.

또한 막재질을 선정할 때에는 다음과 같은 막의 특성에 충분히 주의하여 처리대상수의 성상이나 세척방식에 알맞은 막을 선정한다.

⑴ 유기막은 그 소재에 따라 친수성과 소수성으로 구별되며 내열성이나 내약품성도 다르다.

⑵ 무기막은 유기막에 비하여 내열성이나 내약품성이 좋고 물리적 강도도 있지만 충격에 약하다.

⑶ 막재질이 셀루로오스계인 것은 미생물 침식으로 열화될 우려가 있으므로 염소를 주입하여 미생물을 억제하는 것이 필요하다.

또 막은 재질에 따라 수명이나 가격에 큰 차이가 있으므로 경제성을 포함하여 종합적으로 검토해야 한다.

3) 막의 열화와 파울링(fouling)

운전시간이 경과함에 따라 막의 열화와 파울링이 발생한다.

⑴ 막의 열화

압력에 의한 크립(creep)변형이나 손상 등 물리적 열화, 가수분해나 산화 등 화학적 열화, 미생물로 자화(資化)되는 생물열화(bio-fouling) 등 막자체의 비가역적인 변질로 생기는 성능변화로 성능이 회복되지 않는다.

⑵ 막의 파울링

막 자체의 변화가 아니라 외적 요인으로 막의 성능이 변화되는 것으로, 그 원인에 따라서는 세척함으로써 성능이 회복될 수 있다. 세척에 대해서는 5.18.7 막세척과 배출수처리를 참조하기 바란다.
막모듈의 열화와 파울링의 분류, 정의 및 내용에 대해서는 〈표 5.18.3〉과 같다.

4) 막의 보관

사용하지 않은 유기막모듈 또는 엘리멘트(element)를 보관하는 경우에는 미생물의 번식을 방지하는

등의 목적을 위하여 지정된 보존액을 봉입(또는 보존액에 침수)한다. 또한 유기막모듈을 막여과 설비에 장착한 채로 장기간 운전을 중지하는 경우에는 미생물의 번식 등에 의한 막의 오염을 방지하기 위하여 특별한 지장이 없는 한 차아염소산나트륨 용액을 봉입하여 보관한다.

사용하지 않은 무기막 엘리멘트를 보관하는 경우에는 동결이나 건조 및 장기보관에 의한 화학적·생물학적 열화는 크게 문제되지 않으나, 낙하 등의 기계적인 충격을 받지 않도록 주의해야 한다. 또한 무기막모듈을 막여과설비에 장착한 채로 장기간 운전을 중지하는 경우에는 미생물의 번식 등으로 인한 막의 오염을 방지하기 위하여 건조상태로 하거나 산 또는 알칼리용액 등을 봉입한다.

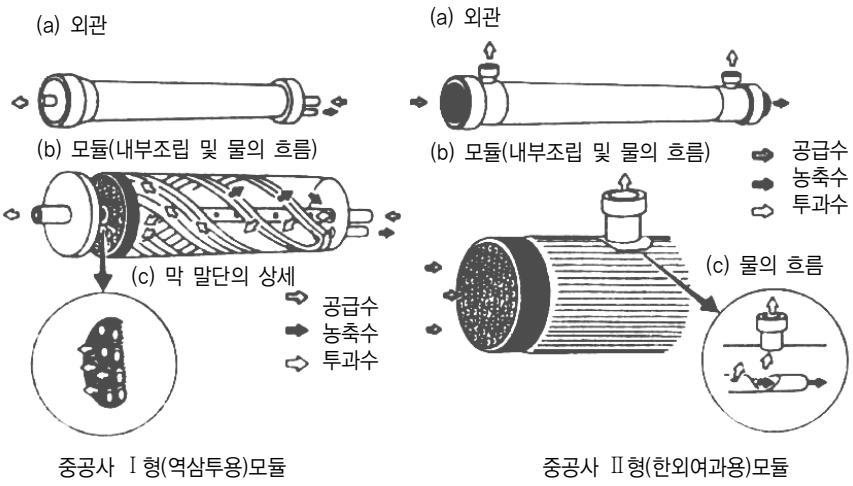
2.에 대하여 ; 막모듈의 통수방식에는 처리대상수를 막의 외측에서 공급하는 외압식과, 막의 내측에서 공급하는 내압식이 있다. 선정할 때에는 처리대상수의 성상이나 세척방식 및 막의 특성 등을 고려하여 막과 막모듈의 구조에 적합한 것으로 한다. 막모듈의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 중공사형 모듈(hollow fiber(type) membrane module)

외경 수 mm 정도(order)의 중공사막을 사용하는 모듈로 중공사형 모듈이라고도 한다. 한외여과막 모듈에서는 어느 방향으로도 침투가 가능하다. 중공사막의 양단을 모듈 내에서 고정시킨 것과 일단을 고정시키고 반대편 단은 밀봉(seal)하여 모듈 내에 충전한 것이 있다(〔그림 5.18.5〕). 일반적으로 중공사형은 단위막면적당 여과수량은 작더라도 막충전밀도를 크게 할 수 있으므로 다른 모듈과 비교하여 침투액량에 대한 모듈점유용적이 조밀하게 된다.

〈표 5.18.3〉 막모듈의 열화와 파울링

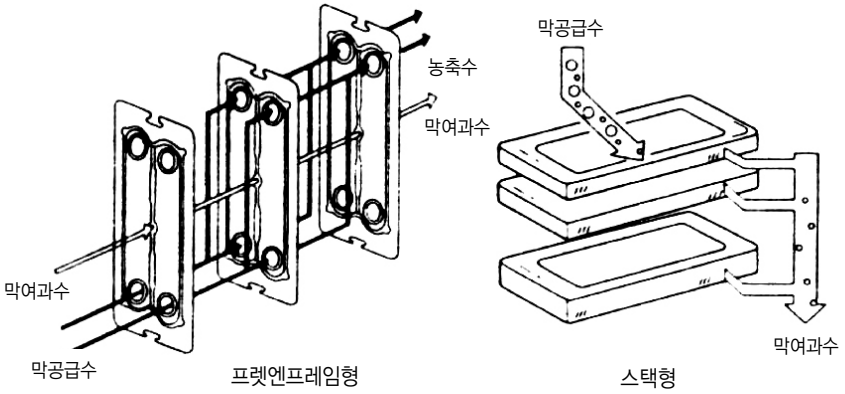
분 류	정 의	내 용		
열화	막 자체의 변질로 생긴 비가역적인 막 성능의 저하	물리적 열화 압밀화 손상 건조		장기적인 압력부하에 의한 막 구조의 압밀화(creep변형) 원수 중의 고형물이나 진동에 의한 막 면의 상처나 마모, 파단 건조되거나 수축으로 인한 막 구조의 비가역적인 변화
		화학적 열화 가수분해 산화		막이 pH나 온도 등의 작용에 의한 분해 산화제에 의하여 막 재질의 특성변화나 분해
		생물화학적 변화		미생물과 막 재질의 자화 또는 분비물의 작용에 의한 변화
파울링	막 자체의 변질이 아닌 외적 인자로 생긴 막 성능의 저하	부착층	케익층	공급수 중의 현탁물질이 막 면상에 축적되어 형성되는 층
			겔층	농축으로 용해성 고분자 등의 막 표면 농도가 상승하여 막 면에 형성된 겔(gel)상의 비유동성층
			스케일층	농축으로 난용해성 물질이 용해도를 초과하여 막 면에 석출된 층
			흡착층	공급수 중에 함유되어 막에 대하여 흡착성이 큰 물질이 막 면상에 흡착되어 형성된 층
		막힘		고체 : 막의 다공질부의 흡착, 석출, 포착 등에 의한 폐색 액체 : 소수성 막의 다공질부가 기체로 치환(건조)
		유로폐색		막모듈의 공급유로 또는 여과수 유로가 고형물로 폐색되어 흐르지 않는 상태



[그림 5.18.5] 중공사막 모듈의 예

2) 평판형 모듈(flat sheet(type) module)

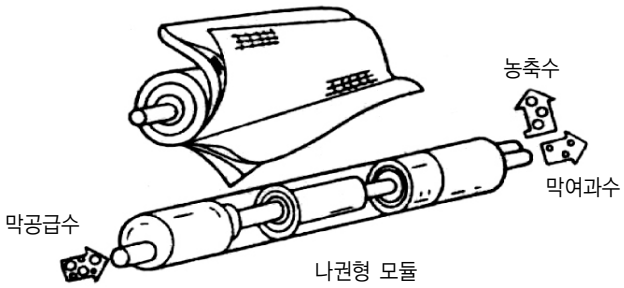
실용화되어 있는 평판형 모듈은 아래 〔그림 5.18.6〕과 같이 평판막과 막지지판으로 구성된 가압급수실과 여과실을 교대로 조합시킨 다층구조로 되어 있다. 막을 수직으로 다수 배치한 프랫엔프레임(flat and frame)형이나 막을 수평방향으로 배치한 스택(stack)형이 있다. 십자흐름(cross flow)여과방식으로 운전하는 것이 일반적이다. 또한 평판막을 원판상으로 하여 회전시키는 형식도 있다.



[그림 5.18.6] 평판형 모듈의 예

3) 나권형 모듈(spiral wound(type) module)

평판형막을 자루모양으로 형성한 것을 자루지지체와 스페이서(spacer)와 함께 김밥모양으로 말아서 성형한 막모듈에 엘리멘트(element)와 엘리멘트를 삽입한 벳셀(vessel : 내압용기)로 구성된다. 이 형식은 〔그림 5.18.7〕과 같으며 막의 충전밀도가 높고 압력손실이 작다.

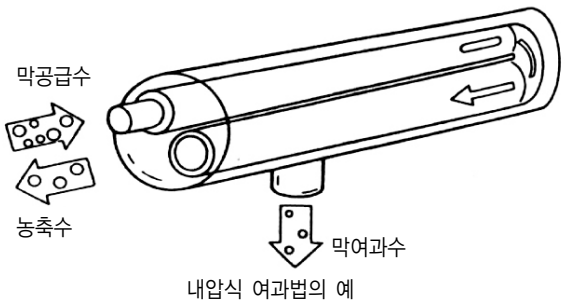


[그림 5.18.7] 나권형 모듈의 예

4) 관형 모듈(tubular(type) module)([그림 5.18.8] 참조)

다공관의 내측 또는 외측에 막을 장착한 막모듈(원형모양으로 형성된 막에서 내경이 3~5mm 이상인 것을 말한다)이고 외압식 여과법과 내압식 여과법이 있다.

내압식 모듈은 막의 충전밀도는 작지만, 스폰지폴(sponge pole) 등으로 막면세척이 가능하고 외압식 모듈도 압력손실이 작고 세척이 용이하다.



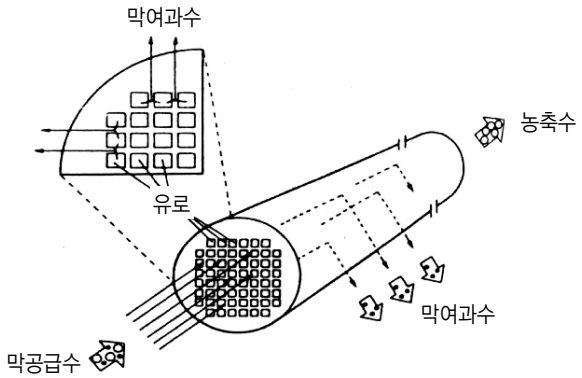
[그림 5.18.8] 관형 모듈의 예

5) 단일체형 모듈(monolith(type) module)([그림 5.18.9] 참조)

멀티루멘(multi-lumen)막 또는 멀티채널(multi-channel)막이라고도 하며 주상(柱狀)으로 성형된 지지체에 여러 개의 유로를 설치하고, 그 내벽면에 치밀층을 형성한 막으로 형상이 1개의 석주(monolith)와 닮았다고 하여 이렇게 불린다. 일반적으로 단일체 막재질은 세라믹계이다. 막의 형상에서 내압식으로 된다.

3.에 대하여 ; 막모듈은 장기간 사용으로 인한 열화 등으로 교환해야 하므로 점검과 교환이 용이한 구조로 한다. 막의 수명은 사용조건에 따라 다르지만, 유기막은 3년 이상, 세라믹막은 7년 이상을 기준으로 한다.

케이싱(casing)수납방식은 카트리지(cartridge)별로 막의 운전을 정지하고 교환할 수 있다. 조침수방식인 경우에는 다음과 같은 점을 배려한다.



[그림 5.18.9] 단일체(monolith)형 모듈의 예

⑴ 막모듈과 처리수계통의 배관과의 접합부는 유연하고 또한 내압성이 있는 소재로 하며 막모듈의 분리가 용이하도록 한다. 막모듈을 분리하는 경우에는 침수조 내에 작업원이 들어갈 수 있는 공간을 확보한다.

⑵ 조침수방식인 경우에 막모듈을 교환할 때에 막이 건조되는 것을 피할 수 없는 경우가 많으므로 친수성막 또는 친수화처리된 막을 선정하거나 막이 건조되지 않도록 조속히 교환할 수 있는 조와 모듈을 설계한다.

5.18.5 막여과설비

막여과설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 회수율은 취수조건이나 막공급수질, 역세척, 세척배출수처리 등의 여러 가지 조건을 고려하여 효율성과 경제성 등을 종합적으로 검토하여 설정한다.
2. 막여과의 유속(flux)과 막의 면적은 다음 각 항에 의한다.
   1) 막여과의 유속은 다음 조건과 경제성 및 보수성을 종합적으로 고려하여 적절한 값을 설정한다.
      ⑴ 막의 종류
      ⑵ 막공급의 수질과 최저수온
      ⑶ 전처리설비의 유무와 방법
      ⑷ 입지조건과 설치공간
   2) 막면적은 여과수량과 막여과유속으로부터 다음 식으로 산출한다.

$$\text{막면적}(\mathrm{m}^2) = \frac{\text{여과수량}(\mathrm{m}^3/\mathrm{d})}{\text{막여과유속}[\mathrm{m}^3/(\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{d})]}$$

3. 막여과방식과 운전제어는 다음 각 항에 의한다.
   1) 막여과방식은 막공급수질이나 막의 종별 등의 조건을 고려하여 최적의 방식을 선정한다.
   2) 구동압방식과 운전제어방식은 구동압이나 막의 종류, 배수(配水)조건 등을 고려하여 최적방식을 선정한다.
   3) 막여과설비의 운전은 자동운전을 원칙으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 막여과의 수량회수율은 막여과설비의 회수율과 막여과 정수시설 전체의 회수율로 크게 나눈다. 막여과설비의 회수율이란 막여과설비에의 공급수량에 대하여 막여과수 중 물리적 세척수량 등을 뺀 양의 비를 %로 나타낸 것으로, 막여과설비의 양적인 처리효율을 나타내는 지표이다. 막여과설비에서 회수율은 물리적 세척빈도에 크게 영향을 받으며 또한 그 빈도는 공급수질이나 막여과 유속(flux)의 영향을 받는다. 일반적으로 물리적 세척빈도가 높게 되면 회수율이 떨어진다. 일반적인 회수율의 목표치는 90 % 정도이다.

막여과시설 전체의 회수율을 높이기 위해서는 막의 물리적 세척배출수를 다시 막여과하거나 배출수 처리시설의 처리수를 원수에 반송하는 방법 등을 고려할 수 있다. 그러나 이를 위해서는 별도의 설비가 필요하며 운전조작도 다소 복잡해진다.

회수율을 높이는 것은 기술적으로는 여러 가지 방법으로 가능하지만, 한편으로 운전관리가 복잡하고 고비용으로 되는 요인으로 되므로 막공급수질이나 수리권 등의 취수조건과 배출수의 방류조건 등 여러 가지 조건을 고려하여 시설전체로서 효율적이고 경제적으로 되도록 회수율을 설정하는 것이 필요하다.

2. 1)에 대하여 ; 막여과 유속(flux)은 단위시간에 단위막면을 통과하는 수량으로 통상 $m^3/m^2 \cdot day$ 또는 m/h로 나타낸다. 일반적으로 펌프가압방식의 막여과 유속은 장기간 운전에 대한 평균치로서 단위막차압(100 kPa : 약 1 kgf/cm^2)당 약 0.5~1.0 $m^3/m^2 \cdot day$ 정도를 목표로 한다.

막의 종류, 재질, 공경 또는 분획분자량 등 막의 조건 외에 수온, 막공급수질, 전처리의 유무와 방법 등의 조건에 따라 동일한 막차압에서의 막여과 유속은 달라진다. 따라서 안정된 여과수량을 얻을 수 있도록 이들 조건을 충분히 검토하여 적절한 값을 설정한다. 특히 물의 점성계수에 크게 영향을 받으므로 연간수온의 경향과 막의 온도특성을 고려하여 결정한다. 일반적으로는 최저수온을 고려하여 일평균유량과 일운전시간을 결정한다. 여과방식에 따라 막여과 유속이 다르며, 십자흐름(cross flow)여과방식인 경우에는 막면의 유속을 크게 함으로써 막여과의 유속도 크게 할 수 있지만, 동력비가 증가하기 때문에 막면의 유속은 통상 수십 cm/s~1 m/s 전후의 범위로 한다. 또한 막여과 유속에는 막차압이 크게 영향을 미친다. 막차압은 펌프가압방식인 경우에는 통상의 막차압이, MF막에서는 최대 200 kPa(약 2 kgf/cm^2), UF막에서는 최대 300 kPa(약 3 kgf/cm^2)정도이고 그 이하로 운전되는 것이 일반적이다. 또한 흡인여과방식인 경우에는 흡인압의 절대치가 크면 막여과수 중의 용존가스가 기포로 되어 에어록(air lock)을 일으킬 우려가 있으므로 통상 -80 kPa(절대치로 80 kPa 이하) 이상으로 한다. 또 탁도의 모니터라인(monitor line)에는 탈포조(脫泡槽)를 설치하는 것이 바람직하다.

막여과 유속이 커질수록 막면적은 적어지며 설치공간도 작고 초기비용도 적어진다. 그러나 막차압이 높게 되고 또 막차압의 상승도 빠르게 되므로 결과적으로 약품세척빈도가 증가하여 막의 수명저하로 이어진다. 또 막여과유속이 작을수록 막면적과 함께 설치공간이 커지지만, 막차압의 상승은 느리고 약품세척빈도와 함께 운전비용도 적어지고 운전관리도 용이해진다. 이와 같이 막여과유속을 설정할 때에

는 경제성과 보수성 등도 포함하여 종합적인 검토가 필요하다.

또 막여과유속은 기술개발에 따라 변할 것으로 예상되므로 그 동향에 주의해야 한다.

2. 2)에 대하여 ; 막면적은 여과수량을 막여과유속으로 나눠 구한다.

또 막모듈의 설치공간을 검토할 때에는 막모듈의 단위당 막의 수용량(收容量)이나 크기가 각종 모듈마다 다르므로 막모듈의 형식을 충분히 고려한다.

3. 1)에 대하여 ; 막여과방식은 케이싱(casing)수납방식과 조침수방식이 있으며, 각각에 대하여 전량여과방식과 십자흐름여과방식의 두 가지가 있다. 각각의 주된 개요는 다음과 같으며 선정할 때에는 양 방식의 특징을 충분히 고려하고 막공급수질이나 막의 종별 및 구동압의 확보조건을 기본으로 경제성이나 유지관리 등을 종합적으로 감안하여 선정한다.

⑴ 케이싱수납방식

막엘리멘트를 케이싱에 수납한 막모듈에서 여과하는 방식이고 내압식과 외압식이 있다.

① 전량여과방식

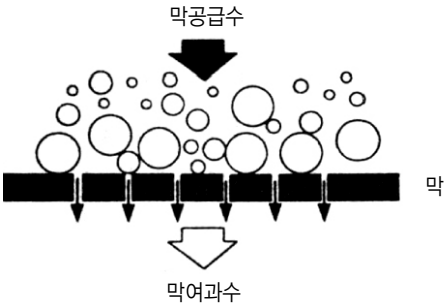
막공급수를 전량여과하는 방식이다. 십자흐름(cross flow)방식과 같은 평행류를 필요로 하지 않기 때문에 에너지효율이 좋은 반면, 막공급수질에 따라 막의 막힘이 빠르며 또한 일반 세척으로는 회복되지 않는 막힘이 발생하기 쉬운 면이 있다.

전량여과방식의 개요를 아래 〔그림 5.18.10〕에 나타내었다.

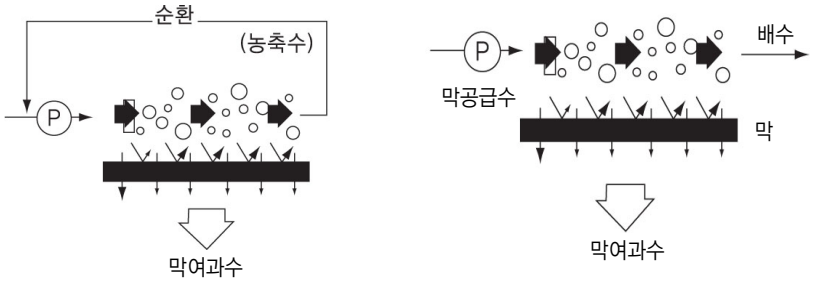
② 십자흐름(cross flow)여과방식

막공급수를 막면에 따라 수평방향으로 흘리는 여과방식이다. 막공급수의 통과방향에 대하여 여과수가 직각 방향으로 흐르는 것에서 '십자흐름(cross flow)방식'이라고 한다. 십자흐름방식에는 공급수보다 현탁질 농도가 높게 된 농축수를 순환시키는 '순환식'과 계외로 내보내는 '일과식(batch type)'이 있지만, 회수율이 높은 순환식이 일반적이며 그 개요는 〔그림 5.18.11〕와 같다.

십자흐름방식은 막공급수를 막면과 평행하게 흘림으로써 현탁물질이나 콜로이드가 막면에 퇴적되는 것을 억제하고 막표면에 생기는 케익의 저항을 줄일 수 있다. 또한 막의 비가역적 막힘이 발생되기 어렵다는 것 등의 특징을 갖고 있지만, 반면 순환에너지가 필요하므로 에너지효율이 낮고 순환펌프 등의 유지관리가 필요하다.



[그림 5.18.10] 전량여과방식의 개요



⑴ 순환식 십자흐름방식　　⑵ 일과식 십자흐름방식

[그림 5.18.11] 십자흐름방식의 개요

⑵ 조침수방식

조침수방식이란 막모듈을 그대로 조에 침수하는 방식으로 기본적으로는 외압식이지만, 내압식으로 하는 방식도 가능하다.

장치가 간단하고 막모듈의 교환도 용이하다는 이점이 있다. 반면 고압조건 하에서 운전할 수 없으므로 고유속(high flux)의 운전에는 한계가 있다. 케이싱(casing)수납방식과 마찬가지로 전량여과와 십자흐름여과의 두 가지 방식이 있다.

3. 2)에 대하여 ;

1) 구동압방식에 대하여 ; 막여과를 하기 위해서는 막의 1차측과 2차측의 압력차(막차압)가 필요하고 이 압력차를 주는 방법의 종류가 구동압방식이다. 구동압방식은 펌프가압방식, 수위차방식, 흡인방식으로 크게 나눌 수 있다. 또한 각 방식을 조합하여 이용하는 경우도 있다. 각 방식의 개요는 다음과 같으며 선정할 때에는 구동압의 확보조건과 막의 종별 등을 기본으로 경제성이나 유지관리 등을 종합적으로 감안하여 적절한 방식을 선정한다.

① 펌프가압방식

원수펌프와 순환펌프를 사용하여 막의 1차측에 압력을 가하는 방식으로 비교적 제약 없이 도입할 수 있다.

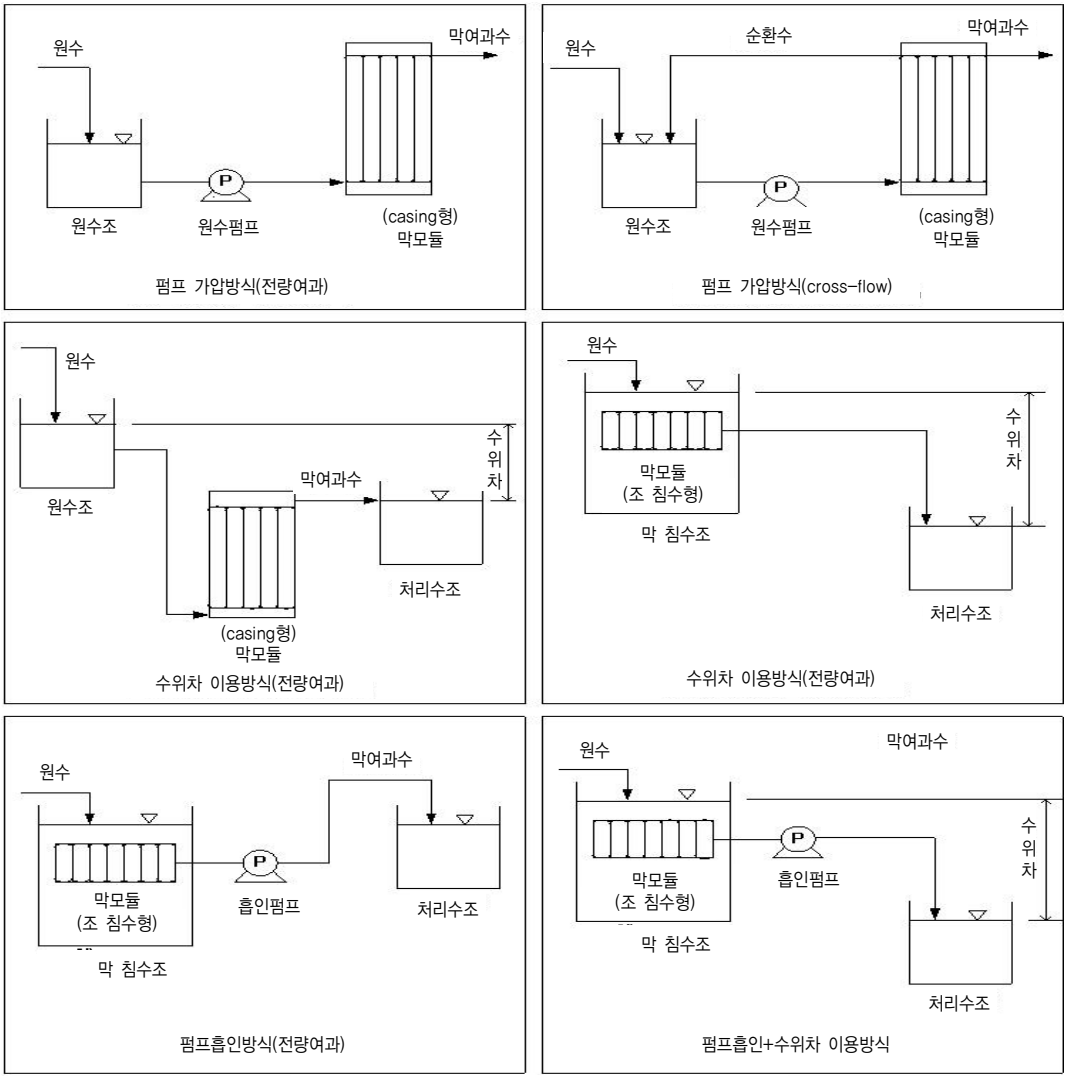
② 수위차방식

원수조로부터 막여과장치 또는 막여과장치로부터 처리수조(정수지)까지의 수위차를 막차압으로 이용하는 방식으로, 전자는 가압방식, 후자는 흡인방식으로 된다. 수위차방식은 자연에너지를 유효하게 이용할 수 있는 방식으로 펌프가압 또는 흡인방식에 비하여 에너지절약이나 운전비용 면에서 유리하다.

③ 펌프흡인방식

흡인펌프를 이용하여 막의 2차측에서 흡인하는 방식으로 조침수방식인 경우에 사용되는 것이 일반적이다. 흡인식이기 때문에 막에 가해지는 압력이 과대해지는 경우는 없지만, 최대막차압이 낮아지기 때문에 펌프가압식에 비하여 필요로 하는 막여과 면적이 일반적으로 커진다.

각 구동압방식의 개요를 〔그림 5.18.12〕에 나타내었다.



[그림 5.18.12] 구동압방식의 개요

2) 운전제어방식에 대하여 ; 운전제어(여과제어)에는 정유량제어와 정압제어의 두 가지가 있다. 각각의 개요는 다음과 같으며 선정할 때에는 구동압방식 및 배수지의 용량과 수요변동을 기본으로 경제성이나 유지관리 등을 종합적으로 감안하여 최적의 방식으로 한다.

① 정유량제어

막여과수량을 항상 일정하게 유지하도록 막차압(막의 1차측 또는 2차측 압력)을 자동제어하는 방식이다. 정유량제어는 원수의 수온이나 막의 여과저항에 좌우되지 않고 여과유량을 소정의 양으로 제어할 수 있다. 제어방법으로는 정유량밸브나 유량계측과 유량조절밸브의 조합에 의한 밸브방식과, 용적펌프나 유량계측과 펌프회전속도제어의 조합 등 펌프방식이 있다. 밸브방식은 일반적으로 시스템이 간소하지만, 밸브에 의한 에너지손실이 생기기 때문에 에너지절약 면에서는 수위차방식에 적용하는 것이 유리하다. 펌

프방식은 시스템이 약간 복잡한 반면 에너지손실이 적고 정밀도가 높으며 유량제어가 가능하다.

② 정압제어

막차압을 일정하게 유지하도록 하는 방법으로 시간이 경과함에 따라 유량이 감소한다. 정압제어는 원수수온이나 막공급 수질에 따라 여과수량이 변동하기 때문에 원수수질이 항상 안정된 시설을 제외하고는 취수나 배수지 운용 등을 포함하여 검토해야 한다.

3. 3)에 대하여 ; 막여과 정수처리는 기본적으로는 막여과 조작만의 설비로 자동화가 용이하다. 막여과 설비의 운전관리에는 유량, 수위, 압력 등을 상시 감시하고 특히 무인시설의 경우에는 원격계측(telemeter) 등을 이용하여 원격감시할 수 있도록 한다. 또한 이상시를 대비하여 경보시스템 등을 설치하고 막파단(膜破斷)이나 여과수탁도의 이상 등 중요한 고장인 경우에는 해당 계통을 자동적으로 긴급 정지시키는 등의 기능을 마련하여 신속하게 대처할 수 있도록 한다. 막여과설비 뿐만 아니라 전처리설비나 약품주입설비 등도 포함하여 자동화하는 것이 바람직하다.

5.18.6 후처리설비

막여과 정수시설의 후처리는 처리목표수질에 따라 다음과 같은 적절한 방법을 선정한다.
1. 맛·냄새물질 및 미량오염물질 제거를 위한 오존, 활성탄 설비
2. 기타 여과수질 향상을 위한 설비

1. 1.에 대하여: 맛 냄새물질 및 미량오염물질 등 용존성 물질을 제거를 위해 5.14 오존처리 설비, 5.16 분말 활성탄 흡착 설비 및 5.17 입상 활성탄 흡착 설비를 참조하여 분말 또는 입상활성탄처리, 오존처리 및 오존·입상활성탄 설비를 설치한다. 특히 맛·냄새의 종류에 따른 자세한 처리 방법 및 시설 설치는 5.19 맛 냄새 제거를 참조한다.

5.18.7 막세척과 배출수처리

막세척과 배출수처리는 다음 각 항에 따른다.
1. 막의 성능회복을 위한 물리적 세척과 약품세척은 다음 각 호에 따른다.
   1) 물리적 세척은 막재질이나 구조, 막모듈, 여과방식, 운전제어방식 등 각각의 방식에 알맞은 세척방법을 선정한다.
   2) 약품세척은 파울링물질의 종류와 낀 정도를 파악하여 유효한 세척방법을 선택한다.
   3) 약품세척에 사용하는 약품은 위생적으로 지장이 없는 것을 사용한다.
2. 막여과 정수시설에서는 물리적 세척배출수와 약품세척폐액(약품세척을 정수장 내에서 하는 경우) 등을 적절하게 처리하기 위하여 필요한 처리설비를 설치한다.
   1) 물리세척 및 약품세척 배출수와 농축수는「수질 및 수생태계보전에 관한 법률」제32조 및「폐기물관리법」제18조에 적합하게 처리하여야 한다.
   2) 막모듈의 오염을 세척할 목적으로 약품세척을 실시하여 발생된 약품세척 배출수는 회수하여 막여과 정수시설의 원수로 사용할 수 없다.
   3) 제2호의 배출수 외에 발생되는 배출수는 전처리로 응집·침전설비 등 응집을 부가한 탁질제거설비를 설치한 막여과 정수시설의 경우에는, 회수하여 원수로 사용하거나 막여과공정으로 처리하여 통수시킬 수 있다.
   4) 제3호의 막여과정수시설 외의 시설에서 발생되는 배출수는 수질을 원수보다 양호하게 한 경우에는, 회수하여 원수로 사용하거나 막여과공정으로 처리하여 통수시킬 수 있다.

【해설】

1.에 대하여 ; 막의 성능회복을 위한 물리적 세척과 약품세척은 적절한 빈도로 하며 막의 여과성능을 항상 확보하면서 동시에 쓸데없이 세척빈도를 높이고 회수율을 떨어뜨리거나 또는 약품세척배출수의 처리빈도를 증가시키지 않도록 유의한다.

1. 1)에 대하여 ; 물리적 세척에는 다음과 같은 방식이 있다.

⑴ 막여과수를 세척펌프 또는 공기압축기(compressor)에 의한 공기압으로 역세척시키는 역압수세척방식

⑵ 막모듈의 하부로부터 블로어나 공기압축기를 사용하여 공기를 불어넣고 막의 1차측에서 기액혼합류로 세척하는 에어스크러빙방식

⑶ 막의 2차측에서 가압공기를 통과시키는 역압공기세척방식

⑷ 원수로 막의 1차측을 플러싱하는 원수세척방식

⑸ 침수조 내에서 막을 기계적으로 진동시키는 기계진동방식

⑹ 상기 방식들을 병용하는 병용세척방식

물리적 세척방법을 채택할 때에는 막이나 막모듈의 종류, 여과방식, 운전제어방식 등 각각 알맞은 세척방법으로 하고 소비동력과 물의 손실이 적고 효과적이며 유지관리가 용이한 방법이 바람직하다.

물리적 세척빈도는 막공급수나 막모듈의 형상 등에 따라 다르며 일반적으로 10~120분에 1회 정도를 목표로 하지만, 막여과 유속을 작게 하는 경우에는 세척간격을 길게 할 수 있다. 세척 시기(timing)로는 막차압의 상승을 검지하는 방법도 있지만, 정기적으로 자동세척하는 것이 일반적이다.

케이싱수납방식에는 일반적으로 막모듈 내의 유로가 좁기 때문에 탁질이 축적되지 않은 동안에 세척해야 한다.

세척시간은 통상 역압수 세척은 1분이내, 에어스크러빙은 수분이내, 역압공기 세척은 수초로부터 수십초를 기준으로 한다. 또 세척용 물 또는 공기의 유량·압력 등은 막의 종류, 막모듈의 형식, 설치방법, 막의 강도 등에 따라 다르기 때문에 그 특성을 고려한 다음 설정한다.

역압공기세척이나 역압수세척 등 막의 2차측에서 세척하는 경우에는 세균오염을 방지하기 위하여 다음과 같은 조치를 강구해야 한다.

⑴ 역압공기세척인 경우에는 공기공급원설비에 균제거필터를 설치한다.

⑵ 역압수세척인 경우에는 세척수에 염소를 주입하거나 세척수조에 UV램프(lamp)를 설치한다. 다만, 막의 소재에 따라서는 염소내성이 없는 것이 있으므로 주의해야 한다.

1. 2)에 대하여 ; 약품세척은 파울링물질의 종류와 그 정도, 막모듈의 형태 및 막모듈을 구성하는 막이나 기타 부재의 내성을 고려하여 유효한 세척방법을 선택한다. 특히 파울링물질을 확인하는 것이 중요하고 오염물질을 확인하지 않고 부적절한 세척제로 세척하면, 막성능이 저하되거나 파울링물질과 세척제 간의 화학반응으로 막을 열화시키는 경우가 있다.

일반적으로는 칼슘스케일에 대해서는 산이, 철과 망간의 산화물에 대해서는 옥살산이나 구연산 등의 산이, 실리카스케일이나 휴민질에 대해서는 알칼리가 사용된다. 미생물에는 차아염소산나트륨 등의 산

화제, 지방이나 광유 등에는 계면활성제가 사용된다.

세척에 사용되는 약품과 제거가능한 물질의 대략적인 관계는 〈표 5.18.4〉와 같다.

약품세척은 정유량운전제어인 경우에는 막차압이, 정압력운전제어인 경우에는 막여과유속이, 각각 소정의 값에 도달한 시점을 기준으로 하여 실시한다. 약품세척빈도는 통상은 1~수개월 이상에 1회 정도라고 예상되지만, 막공급수질과 막여과유속 등의 운전조건에 따라 다르기 때문에 시설마다 개별로 예측해야 한다.

〈표 5.18.4〉 약품세척에 사용되는 주된 약품과 제거가능 물질

약품		제거가능한 물질	
		유 기 물	무 기 물
수산화나트륨		○	
무기산	염산		○
	황산		○
산화제	차아염소산나트륨	○	
유기산	구연산		○
	옥살산		○
세제	알칼리 세제	○	
	산 세제		○

약품세척방식에는 막모듈을 떼어내지 않고 밸브를 절체함으로써 막모듈 내에 약품용액을 순환시키거나 약품용액에 침수시키는 온라인(on-line)방식과, 막모듈을 떼어내어 세척하는 오프라인(off-line)방식이 있다. 오프라인방식에는 정수장 내에 세척장치를 설치하고 세척하는 방법과 정수장 밖에서 세척하는 방법이 있다. 약품세척은 배출수처리 등에 따르는 문제점을 피하기 위하여 가능한 한 전문업자에 위탁하여 정수장 밖에서 세척하는 것이 바람직하다. 온라인방식은 정수에의 약품혼입을 확실히 방지하기 위한 조치를 취하고 있는 경우에만 사용하며 세척을 위한 약품도 위생적으로 지장이 없는 것으로 한다.

1. 3)에 대하여 ; 약품세척에 사용하는 약품 중 수산화나트륨, 황산, 차아염소산나트륨은 환경부에서 정수약품으로 고시된 규격의 제품을 사용해야 하며, 그 외에 염산, 옥살산, 구연산 등은 식품첨가물 규격으로 공인된 것을 사용하여 온라인으로 세척한다. 이들 이외의 세척제를 사용해야 하는 경우에는 오프라인방식으로 세척하고 특히 세척제의 성분이 완전히 제거된 것을 확인하는데 충분히 주의해야 한다. 또 사용하는 약품에는 독극물에 해당되는 것도 있으므로 그 취급에는 충분히 주의한다.

2.에 대하여 ; 막여과 정수시설에서 배출되는 배출수에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 막모듈의 물리적 세척배출수

(2) 막여과설비로부터 미처리로 배출되는 농축수(공정수)

(3) 전처리설비부터의 배출수

⑷ 막모듈의 약품세척폐액(약품세척 후의 헹구기물을 포함)

막여과 정수시설의 배출수처리에는 약품세척폐액과 이외의 물리적 세척배출수 등은 명확히 구별하여 각각 적절하게 처리해야 한다.

약품세척폐액에는 유해물질 등이 포함되는 경우가 있으므로 폐액의 성상 등에 관하여 충분히 고려하고 처리방법을 선정한다.

약품세척폐액의 처리방법에는 다음 방법이 고려된다.

⑴ 산과 알칼리폐액 및 차아염소산나트륨폐액에 대해서는 중화처리설비를 설치하여 배출수기준에 적합하도록 처리한 다음 방류한다.

⑵ 그 밖의 약품에 의한 폐액에 대해서는 전용의 처리설비를 설치하고 배출수기준에 적합하도록 처리한 다음 방류하거나 또는 산업폐기물로서 전문업자에게 처리·처분을 위탁한다.

물리적 세척배출수 등에 대한 배출수처리는 5.23 배출수 및 슬러지처리시설에 의한다.

5.18.8 기계·전기설비

막여과시설의 기계 및 전기설비에 대해서는 **8.기계 및 전기·계측제어설비**에 따르며, 그 외의 다른 것은 다음 각 항에 따른다. 또 계측제어설비는 **8.11 계측제어용 기기** 및 **8.13.14 막여과설비**에 따른다.

1. 펌프류는 다음 각 호에 따른다.
   1) 펌프류는 여과방식과 구동압을 고려하여 적절한 기종, 용량 및 대수를 선정한다.
   2) 펌프류는 원칙적으로 예비기를 둔다. 다만, 계통마다 예비기를 설치하는 것은 각 계통의 처리능력 등을 고려하여 필요성을 검토한다.
   3) 막여과수 공급펌프(원수 또는 순환펌프)의 양정은 막과 막모듈의 내압을 충분히 고려하여 선정한다.
   4) 고압펌프의 가동에 의해 발생되는 진동의 방지방법에 대해 고려한다.
2. 공기공급설비(조작·세척용)는 다음 각 호에 의한다.
   1) 공기압축기(compressor, 블로어 포함)류는 조작방식과 세척방식 등을 고려하여 적절한 기종, 용량 및 대수를 선정한다.
   2) 공기압축기는 원칙적으로 예비기를 둔다.
   3) 공기공급탱크의 용량은 긴급할 때의 조작 등을 고려하여 결정한다.
3. 전기설비는 다음 각 호에 의한다.
   1) 제어장치나 원격제어장치 등 무정전화가 필요한 기기를 설치하는 경우에는 무정전전원장치(직류전원 또는 UPS)를 설치한다.
   2) 주전원이나 제어전원 등은 계열마다 상용과 예비로 분할한다.
   3) 정전 등에 의한 막여과설비의 운전정지시의 대책을 기재한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 막여과설비에 사용되는 펌프설비는 여과방식 등에 따라 설치하는 종류나 수단 등이 다르기 때문에 여과방식, 구동압 및 제어방법 등의 조건을 고려하여 선정한다. 펌프류는 고장시의 조치나 비용면 등을 고려하여 범용제품 중에서 적합한 것을 선정한다.

예비기에 대해서는 설치하는 것이 바람직하지만, 막여과장치 등 처리계통이 복수로 분할되고 고장난 계통 이외에서 능력을 확보할 수 있는 경우에는 예비기를 설치할 필요성은 적다.

펌프가압방식에 사용하는 원수펌프 또는 순환펌프의 양정은 막과 막모듈에 과대한 압력이 가해지지 않도록 내압 등을 충분히 고려하여 결정해야 한다.

그 밖의 사항에 대해서는 8.2 펌프설비의 항에 의한다.

2.에 대하여 ; 막여과설비에서 공기공급설비는 물리적 세척이나 자동밸브의 구동, 조작반 내의 에어퍼지(air purge) 등에 사용하지만, 세척방식이나 밸브류의 종류에 따라 사용량이나 압력이 크게 다르다. 방식에 따라서는 설치할 필요가 없는 경우도 있다.

공기공급설비의 종류는 사용량과 압력을 감안하여 공기압축기 또는 블로어 중에서 적절한 것을 선정한다. 공기압축기 또는 블로어의 고장이나 유지관리대책용으로 예비기를 설치하는 것이 바람직하다.

공기공급용 탱크의 용량은 사용량의 변동을 평준화할 수 있으며 정전시 등의 긴급시에도 여과정지 등의 긴급조작을 할 수 있는 용량을 부가한다.

그 밖의 사항은 8.6.3 공기공급원 장치의 항에 의한다.

3. 1)에 대하여 ; 무정전전원장치에는 직류전원과 UPS의 두 가지가 있지만, 무정전화하는 부하설비의 전원수단을 통일하여 설치대수를 줄이는 것이 유지관리나 비용 면에서 유리하다.

3. 2)에 대하여 ; 주전원이나 제어전원의 계통화와 분할은 전원의 신뢰성을 확보하는데에 있어서 대단히 중요하다. 특히 제어전원에 대해서는 공통화하면 고장에 따라 설비전체가 정지될 우려가 있으므로 시스템구성을 충분히 고려하여 계통화하고 분할화할 필요가 있다.

5.18.9 부속설비

원수조나 세척수조 등의 부속설비에는 다음 각 항에 따른다.

1. 원수조는 다음 각 호에 의한다.
   1) 막여과시설에는 원칙으로 원수조를 설치한다.
   2) 원수조는 유지관리를 고려하여 2조 이상으로 분할하는 것이 바람직하다.
   3) 원수조에 약품을 주입하는 경우에는 약품을 충분히 혼화시킬 수 있는 구조 또는 교반장치를 설치한다.
2. 세척용수와 장내용수 등에 사용하는 세척수조는 다음 각 호에 의한다.
   1) 세척수조는 막재질이나 세척방식 등을 고려하여 설치하는 것을 검토한다.
   2) 세척수조는 위생적이고 필요한 용량을 가진 것으로 한다.
3. 약품조는 다음 각 호에 의한다.
   1) 약품조는 저장하는 약품에 내구성이 있는 재질을 사용하고 내진성도 고려한다.
   2) 정수처리에 사용하는 약품조는 기본적으로 2조 이상으로 설치한다.
4. 배관이나 밸브류는 다음 각 호에 의한다.
   1) 배관류는 조작압력이나 설치환경 등을 고려하여 장시간 사용에 견디는 재질구조의 배관을 선정한다.
   2) 절체 등 자동제어에 사용하는 밸브류는 신뢰성과 보수성 등을 고려하여 적절한 기종과 구동방식의 밸브를 선정한다.
   3) 밸브류의 설치장소는 유지관리를 충분히 고려하여 적절한 장소에 설치한다.
   4) 한랭지에서는 필요한 부분에 동결방지 조치를 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 원수조는 막여과설비가 안정적으로 운전되게 하기 위하여 설치한다. 조의 용량은 취수펌프나 원수펌프 등의 제어특성이나 약품혼화처리 등을 고려하여 결정한다(일반적으로는 계획정수량의 10분간 용량 정도). 또한 슬러지배출처리 등 보수할 때라도 안정적으로 운전할 수 있도록 2조 이상으로 분할하는 것이 바람직하다.

약품교반은 기본적으로 배관라인에서 교반하는 것이 바람직하지만, 원수조에서 교반하는 경우에는 저류벽 등에 의한 자연교반방식이 유지관리 면에서 유리하다.

구조는 RC구조나 강판 또는 수지제의 탱크 등이 있지만, 계획처리수량이나 건설공간 또는 유지관리를 고려하여 최적의 구조를 선정한다.

2.에 대하여 ; 세척수조는 주로 막의 역세척용으로 설치하며 막의 재질이나 세척방식에 따라서는 정수지를 사용할 수 있는 경우도 있지만, 사용할 필요성이 없는 경우도 있다.
막의 재질에 따라서는 비교적 높은 잔류염소농도의 세척수를 사용하는 경우가 있으며 염소제를 주입관리하는 면에서 세척수조를 설치하는 것이 바람직하다.

용량은 세척수량이나 정수장 구내 용수의 사용량 등을 고려하여 결정하지만, 세척수량의 수배 정도의 탱크가 일반적이다.

구조는 RC구조나 동판 또는 수지제의 탱크 등이 있지만, 세척수량, 설치공간 및 위생면 등을 고려하여 최적의 구조를 선정한다.

또한 구성은 유지관리 면을 고려하여 2조 이상으로 하거나 정수지에서 우회관(bypass line) 등을 설치한다.

3.에 대하여 ; 약품조는 유지관리나 약품반입 등을 고려하여 2조 이상으로 하고 무인시설에서는 조의 절체를 자동화하는 것이 바람직하다. 막모듈의 약품세척용 저장조는 사용하는 약품에 적합한 구조와 재질을 선정한다.

그 외의 것에 대해서는 5.3 응집용 약품주입설비 및 5.11.3 저장설비의 항에 의한다.

4.에 대하여 ; 배관류에 대해서는 용도, 설치환경, 관내압력, 내진성 등을 고려하여 강관, 스테인리스강관, 라이닝강관, 경질염화비닐관, 덕타일주철관 등 중에서 최적의 관을 선정한다. 특히 약품주입배관에는 내약품성이 있는 것을 선정한다.

밸브류 중 막여과장치의 절체밸브는 물리적 세척에 따라 사용빈도가 높으므로 내구성이 있는 밸브를 선정한다.

밸브류의 설치개소는 유지관리를 고려하여 계통마다 설비를 정지시킬 수 있도록 막여과설비의 구성을 감안하여 설치개소를 결정한다. 또한 막모듈에 관해서도 모듈단위로 교환할 수 있도록 수동밸브 등을 설치한다. 한랭지에서는 운전중지 중인 시설은 물론이고 운전 중에 있더라도 동결대책이 필요하다. 특히 체류부분이나 유속이 낮은 배관부분에는 보온과 가온설비를 설치하는 것이 필요하며 체류부분이 적도록 배관한다.

5.18.10 유지관리

막여과 시설의 유지관리는 다음 각 항에 따른다.
1. 시설의 안전관리에 관한 사항
2. 막의 종류, 사용조건, 취급방법 등 막모듈에 관한 사항
3. 운전방법, 약품세척, 배출수처리, 완결성 시험 등 운전에 관한 사항
4. 시설의 감시, 비상 시 대책, 예비품의 보관 등 유지관리에 관한 사항
5. 기타 시설의 유지관리에 필요한 사항
   1) 막여과 정수시설은 적정한 유지관리를 통하여 설치 초기의 성능 및 수질기준 등이 설계 목표연도까지 항상 유지되도록 조치하여야 한다.
   2) 사용하지 않은 막모듈을 보관하거나 막여과 설비에 장착한 채 장기간 운전을 중지할 경우에는 미생물이 번식되지 않도록 보관하여야 한다.
   3) 막모듈은 동결이나 기계적인 충격에 의해 파손되지 않도록 예방조치를 강구하여야 한다
   4) 일반수도사업자 또는 발주자는 막여과 기능을 상실한 폐막모듈의 적정처리 및 재활용 등에 대해 고려하여야 한다.

5.19 맛·냄새 제거

5.19.1 총칙

물에 맛·냄새가 있을 경우에는 이를 제거하기 위하여 맛·냄새의 종류에 따라 폭기, 염소처리, 분말 또는 입상활성탄처리, 오존처리 및 오존·입상활성탄 처리를 한다.

자연적인 원인으로 물에 맛·냄새가 있을 경우에는 완속여과법으로 제거할 수 있지만, 급속여과법으로 제거하기 어려우므로 적절한 대책을 강구하여야 한다.

맛·냄새의 원인으로는 조류(규조류, 녹조류, 황조류, 남조류 등), 방선균, 저수지에서 수온성층으로 인한 저층수의 환원, 유기용제, 페놀류, 아민류 등이 있다.

맛·냄새의 제거 방법은 폭기, 염소처리, 분말 또는 입상활성탄 처리, 오존처리, 오존·입상활성탄 처리가 있다. 폭기방법은 황화수소 냄새의 탈취에 효과가 있고, 철에 기인한 냄새 제거가 가능하나 다른 냄새 제거는 곤란하다.

염소처리법은 방향(芳香)냄새, 풀냄새, 비린내, 황화수소냄새, 부패한 냄새의 제거에 효과가 있지만, 곰팡이냄새 제거에는 효과가 없다. 그리고 페놀류는 염소로 분해할 수 있지만, 2-클로로페놀 등 페놀화합물을 생성하여 냄새를 강하게 발생시키므로 주의가 필요하다.

염소처리는 결합염소의 산화력이 약하기 때문에 보통은 유리염소로 처리해야 한다. 따라서 염소를 사용한 맛·냄새 제거방법은 불연속점 염소처리(파괴점 염소처리)를 전제로 한다.

분말활성탄을 사용하는 방법은 많은 종류의 냄새에 대하여 효과가 있다. 분말활성탄은 방향(芳香)냄새,

풀냄새, 비린내, 곰팡이냄새, 흙냄새, 약품냄새(페놀류, 아민류)등을 제거할 수 있으며, 원수에 직접 주입하고 20~60분간 정도 접촉한 다음 응집침전과 급속여과를 한다.

냄새를 제거하기 위한 활성탄 주입률은 일반적으로 10~30 mg/L(건조환산) 정도가 필요하지만, 실제로는 맛·냄새의 원인물질 이외의 것도 흡착되므로 자-테스트를 통하여 결정한다. 또 염소는 활성탄의 흡착능력을 저해하므로 분말활성탄과 동시에 주입하는 것은 피하도록 한다. 곰팡이냄새 물질은 물에 녹아 있는 경우와 조류 체내에 들어 있는 경우가 있다. 보통 곰팡이냄새가 심할 경우에는 물 속에 녹아 있는 경우가 많다. 조류의 체내에 포함되어 있는 냄새물질은 응집침전으로 제거할 수 있다.

그러나 냄새물질이 조류의 체내에 있을 경우에 전염소처리를 하면 역으로 냄새물질이 물속으로 용출되어 나올 수 있다. 이러한 경우에는 용해성 냄새물질은 분말활성탄으로 제거하고 조류 체내에 있는 냄새물질은 염소처리에 앞서 미리 응집침전으로 제거한 다음 염소처리한다.

입상활성탄 흡착법은 분말활성탄과 같이 맛·냄새의 제거에 대하여 적용범위가 넓은 방법이다. 활성탄의 두께는 일반적으로는 고정층에서 1.5~3.0 m, 유동층에서 1.0~2.0 m 정도이지만, 경제성을 고려하여 두께를 결정할 필요가 있다.

여과속도(선속도)는 활성탄의 흡착능력, 활성탄층 두께, 냄새물질의 종류와 농도에 따라 다르기 때문에 실험을 통하여 결정할 필요가 있지만, 일반적으로 냄새제거를 목적으로 할 경우에는 고정상에서 SV 10~15 m/hr, 유동상에서 SV 15~20 m/hr에서 사용하는 경우가 많다.

오존처리법은 풀냄새, 비린내, 곰팡이냄새, 흙냄새, 페놀류 등의 냄새에 효과가 있다. 한편 오존은 과일냄새와 같은 냄새물질을 생성할 수도 있다.

오존 주입률은 처리 대상수의 수질, 맛·냄새 물질의 종류와 농도에 따라 다르기 때문에 실험을 통하여 최적주입률을 결정한다. 통상의 경우 주입률은 0.5~2.0 mg/L, 접촉시간은 10~15분 정도, 접촉조의 수심은 4 m 이상으로 하는 것이 바람직하다.

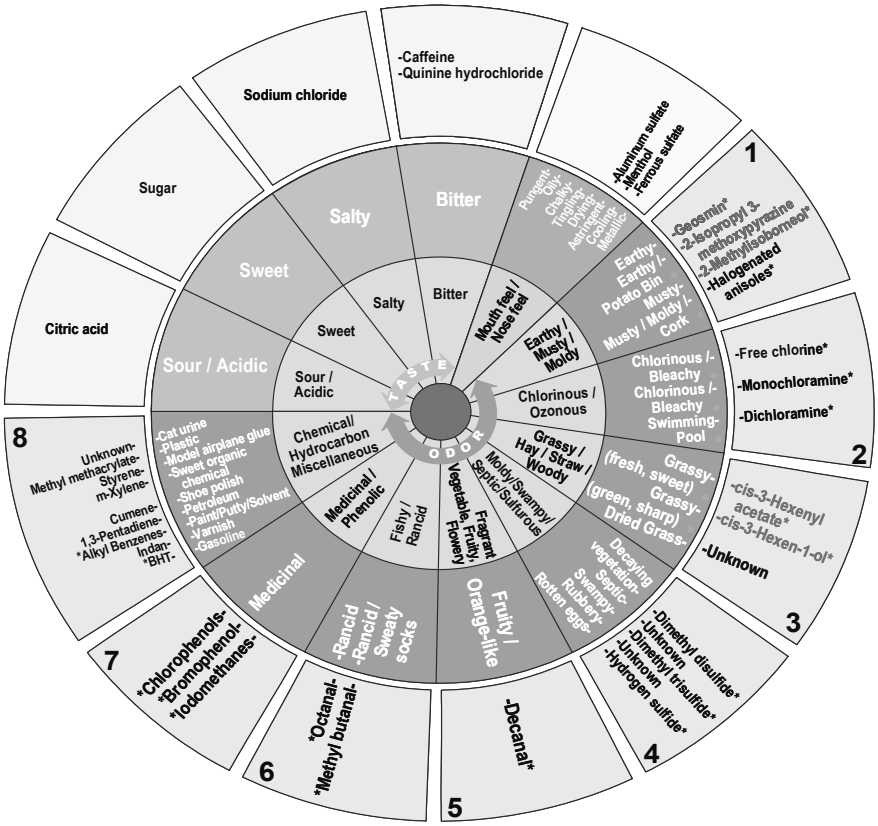
오존을 병용한 입상활성탄처리는 곰팡이냄새가 심하게 장기간 발생할 때 좋은 처리효과를 나타내며 그 밖에 다양한 맛과 냄새의 제거에도 효과가 있다. 오존처리로 생성된 과일냄새의 맛과 냄새 물질도 제거할 수 있다. 비교적 높은 농도의 곰팡이냄새 물질을 5년 이상 제거하였다는 보고도 있다.
입상활성탄은 흡착기능외에 미생물의 생물학적인 분해작용을 이용할 경우흙냄새, 곰팡이냄새 제거에 효과가 있다.

어느 방법을 채택하더라도 실험을 통하여 적절한 처리조건을 확인하는 것이 필요하다(5.12 전염소·중간염소처리, 5.13 폭기설비, 5.14 오존처리설비, 5.15 자외선 소독설비, 5.16 분말활성탄 흡착설비, 5.17 입상활성탄 흡착설비 참조)

5.19.2 맛·냄새 원인물질

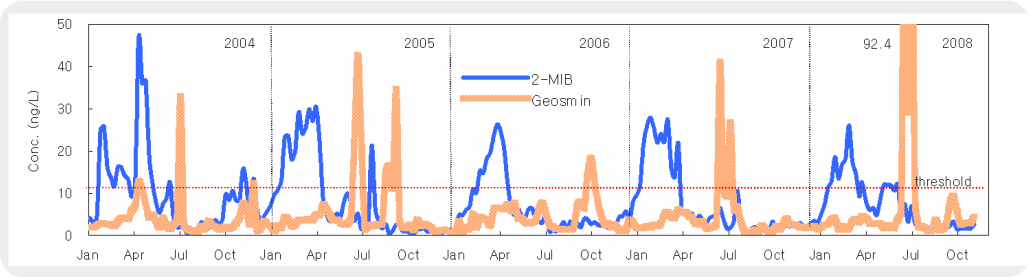
상수도에서 맛·냄새 문제는 자연 발생적인 것과 인위적인 것으로 구분된다. 맛·냄새 문제는 원인물질이 다양하고, 이들의 생성경로가 복잡하며, 정성적인 분석이 용이하지 않다는 특징을 지니고 있다. 특히, 지표수는 조류와 방선균에 기인한 맛·냄새와 수질사고에 의한 맛·냄새에 노출되어 있으며, 계

절에 따른 맛·냄새 변동 폭이 크다. 또한, 맛·냄새 원인물질은 원수뿐만 아니라, 정수와 급배수 등 모든 단계에서 발생될 수 있다. 지하수의 경우에도 철과 망간, 그리고 황화수소에 의한 맛·냄새 문제가 야기되기도 한다. 〔그림 5.19.1〕은 상수도 전반에서 문제가 될 수 있는 맛·냄새 종류와 원인물질을 나타낸다.



[그림 5.19.1] 상수도의 맛·냄새 종류 및 원인물질(출처 : IAWPRC)

국내는 호소수의 부영양화에 의한 조류 개체수 증가로 맛·냄새가 발생하는 사례가 급증하고 있다. 수도권 최대 상수원인 팔당호의 경우 겨울과 봄에는 규조류, 초여름부터 가을까지 남조류, 그리고 봄철에 녹조류 및 편모조류가 일시 우점하는 현상을 보이고 있다. 특히 장마 이후 수체가 안정화되면 녹조류 및 편모조류에서 남조류로 우점조류의 천이가 일어나 가을까지 출현하며 여름철 강우 패턴에 따라 매년 남조류의 발생량은 다르게 나타난다. 맛·냄새 유발 조류의 점유율은 전체 조류의 3/4 정도를 차지하며 여름철 강우기간을 제외하고는 맛·냄새 문제가 연중 지속되는 것으로 보고되었다. 〔그림 5.19.2〕는 2004년부터 2008년까지 팔당호의 geosmin, 2-MIB 발생현황이다.



[그림 5.19.2] '04~'08년 팔당호 geosmin, 2-MIB 발생현황(출처 : 서울시 상수도연구원)

1. 생물학적인 발생원

1) 방선균(actinomycetes)

방선균은 섬유상 세균으로 토양에 널리 분포하며, 빗물에 의해 상수원에 유입된다. 방선균 중 일부는 항생제 제조에 이용되며, 자연 상태에서 섬유질을 분해하는 중요한 역할을 수행한다. 일반적으로 호소 내 퇴적물과 수초에서 분포하며, 살아있는 식물세포의 표면이나 내부에서도 성장할 수 있다. 또한, 혐기성 및 호기성으로 구분된 생태주기를 갖는데, 호기성일 때 맛·냄새 물질을 발산하는 것으로 알려져 있다.

방선균이 흙냄새의 원인이라는 것은 Geber(1829)가 방선균에서 geosmin을 분리함으로서 확인 되었으며, 이후 2-isopropyl-3-methoxy pyrazine(IPMP)와 같은 맛·냄새 물질이 방선균에서 추가 분리되었다. 일반적으로 방선균은 포자상태로 존재할 때는 냄새를 내지 않는 것으로 알려져 있다.



[그림 5.19.3] 방선균(actinomycetes)

2) 조류(algae)

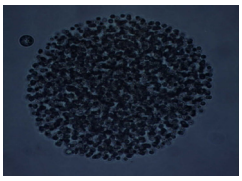
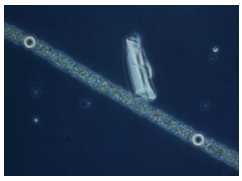
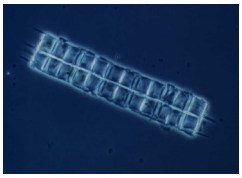
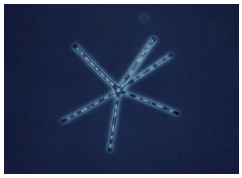
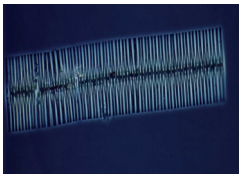
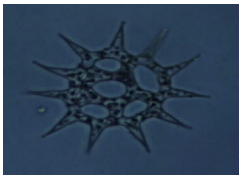
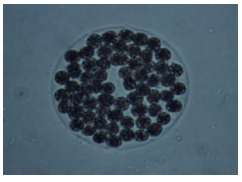
맛·냄새와 관련된 조류는 원핵세포인 남조류(Cyanophyceae), 진핵세포인 편모조류, 규조류(Bacillariophyceae)이다. 남조류 중에서 *Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria,* 그리고 *Phormidium*에 속하는 종들이 가장 심하게 냄새를 유발한다. 이들 남조류에 의해 생성되는 냄새는 종과 밀도, 생존여부에 따라 차이는 있지만, 주로 흙/곰팡이냄새, 풀냄새 혹은 부패냄새이다. 편모조류 가운데 냄새와 관련되어 가장 잘 알려진 속은 *Dinobryon, Synura, Uroglena,* 그리

고 *Uroglenopsis*이며, 수화(bloom)가 발생하면 주로 물고기 비린내가 난다. *Asterionella, Cyclotella,* 그리고 *Tabellaria*가 냄새와 관련된 대표적인 규조류이며, 편모조류와 함께 대부분 비린내를 유발한다. 냄새와 관련된 편모조류는 *Ceratium*과 *Peridinium*이며, 이들은 비린내와 함께 가끔은 부패냄새를 유발한다. 한편, 몇몇 녹조류도 비린내를 유발하는 것으로 보고되고 있다. 〈표 5.19.1〉 〈표 5.19.2〉 및 〈표 5.19.3〉에 대표적인 조류 종과 조류와 관련된 주요 맛·냄새 물질의 특성을 나타내었다.

3) 황산염 환원균(sulfate reducing bacteria)

황산염 환원균은 그램 음성의 혐기성 세균으로 육수와 해수, 유기물이 풍부한 토양, 지하수와 기름 및 천연가스 유정, 그리고 하수 등에 널리 분포한다. 대표적인 속은 *Desulfovibrio*와 *Desulfotomaculum*이며, 이들은 황산염을 황화수소(H_2S)로 환원시키면서 에너지를 얻는다. 계란 썩는 냄새로 묘사되는 황화수소는 종종 지하수에서 문제가 되기도 하고, 성층화된 호수의 무산소층에서 검출되기도 한다.

〈표 5.19.1〉 대표적인 상수원 조류종

남조강			
	Microcystis sp.	*Anabaena sp.*	*Oscillatoria sp.*
규조강			
	Aulacoseira sp.	*Asterionella sp.*	*Fragilaria sp.*
녹조강			
	Pediastrum sp.	*Scenedesmus sp.*	*Eudorina sp.*

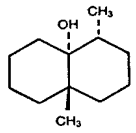
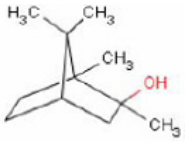
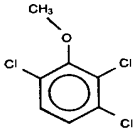
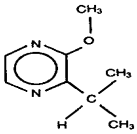
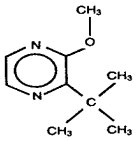
(출처 : 한강 물환경연구소)

〈표 5.19.2〉 조류종에 따른 냄새 종류 및 발취농도

구분	조 류 종		냄새발생 조류수/mL		맛냄새
			세포수	균체수	
방향취	규조강	*Asterionella*	3,000		방향취→약미취→비린내
		Cyclotella	2,200		방향취→비린내
		Diatoma			방향취
		Fragilaria		100~300	방향취→곰팡내
		Melosira		3,000	방향취→곰팡내
풀냄새	남조강	*Anabaena*	5,300	200	풀냄새→곰팡내→돼지우리냄새
		Aphanizomenon	6,600	200	풀냄새→곰팡내→부패냄새
		Nostoc			풀냄새→곰팡내→부패냄새
		Oscillatoria	53,000	3,000	풀냄새→곰팡내→약미취
		Microcystis	35,000		풀냄새→곰팡내
	규조강	*Synedra*	3,000		풀냄새→곰팡내
	녹조강	*Actinastrum*			풀냄새→곰팡내
		Closterium	200	80	풀냄새
		Cosmarium			풀냄새
		Pediastrum			풀냄새→오이냄새→비린내
		Scenedesmus			풀냄새→곰팡내
		Spirogyra			풀냄새
		Ulothrix			풀냄새
비린내	규조강	*Tabellaria*	750		비린내
	녹조강	*Chlamydomonas*	3,600		곰팡내→비린내,부패냄새
		Dictyosphaerium			풀냄새→비린내
		Eudorina	200		비린내
		Pandorina			비린내
		Volvox			비린내
	황색편모조강	*Dinobryon*	3,400		제비꽃냄새→비린내
		Mallomonas	450		방향취→제비꽃냄새→비린내
		Synura		1	약미취,오이냄새→페론향→비린내
		Uroglena			간유취→오이냄새→비린내
	와편모조강	*Ceratium*	200		비린내→부패냄새
		Glenodinium			비린내
		Peridinium			오이냄새→비린내
	갈색편모조강	*Cryptomonas*	1,200		비린내

(출처 : 국립환경연구원)

〈표 5.19.3〉 조류와 관련된 주요 맛냄새 물질의 특성

분자구조	일반명	화학명	분자량	화학식	발생냄새
	Geosmin	trans-1,10-dimethyl trans-9-decalol	182	$C_{12}H_{22}O$	흙냄새 곰팡이냄새
	2-MIB	2-methyl isoborneol	168	$C_{11}H_{20}O$	흙냄새 곰팡이냄새
	TCA	2,3,6-trichloro anisole	212	$C_7H_5OCl_3$	곰팡이냄새
	IPMP	2-isopropyl 3-methoxy pyrazine	152	$C_8H_{12}ON_2$	흙냄새 곰팡이냄새
	IBMP	2-isobutyl 3-methoxy pyrazine	166	$C_9H_{14}ON_2$	흙냄새 곰팡이냄새 풀냄새

2. 산업활동 및 강우유출과 관련된 발생원

산업체에서 원료로 사용되거나 생산되는 화학물질은 종종 지하수를 통하여 하천으로 유입되며, 가끔은 사고에 의해 유출되기도 한다. 강우에 의해 수계로 유입되는 영양물질과 각종 오염물질도 직·간접적으로 맛·냄새에 영향을 미친다. 강우에 의해 유입된 휴믹물질(humic material)은 정수과정에서 이산화염소나 결합염소와 반응하면 냄새가 심한 알데히드(aldehyde)로 변한다는 보고도 있다. 강우에 의해 유입되는 영양물질은 조류 개체수 증가를 초래하며, 이로 인해 맛·냄새 문제가 발생한다. 한편, 수계로 방류되는 도시하수에 존재하는 각종 화합물도 맛·냄새에 영향을 미친다.

3. 정수공정과 관련된 발생원

정수공정에서도 냄새유발 물질이 형성될 수 있는데, 대표적인 공정이 염소소독과 오존산화공정이다. 〈표 5.19.4〉는 염소소독 과정에서 생성되는 각종 염소화합물의 맛·냄새 임계치이다. 또한, 염소소독

과정에서는 알데히드, 페놀과 2-클로로페놀, 그리고 THM(trihalomethane)과 같은 화합물이 생성되는데, 이들도 맛·냄새를 유발한다. 오존은 원수에 존재하는 맛·냄새를 제거하는데 탁월한 능력이 있지만, 오존 산화반응 동안에 생성되는 각종 부산물인 지방족 및 방향족 알데히드는 주로 과일과 오렌지 향기를 낸다. 오존반응에서 생성되는 냄새는 활성탄 흡착공정에 의해 쉽게 제거된다.

〈표 5.19.4〉 염소산화에서 생성되는 염소화합물의 맛냄새 임계농도

염소화합물	냄새 임계농도	맛 임계농도
HOCl	0.28 mg/L	0.24 mg/L
OCl^-	0.36 mg/L	0.30 mg/L
NH_2Cl	0.65 mg/L as Cl_2	0.48 mg/L as Cl_2
$NHCl_2$	0.15 mg/L as Cl_2	0.13 mg/L as Cl_2
NCl_3	0.02 mg/L as Cl_2	-

출처 : Suffet 등

4. 급수관망과 관련된 발생원

소비자들의 심미적인 기호를 만족시키기 위해서는 급수관망에서 발생하는 맛·냄새의 발생을 최소화하는 것이 중요하지만, 관망에서의 맛·냄새는 주로 일시적으로 발생하기 때문에 맛·냄새발생 기작을 정확히 이해하기 어렵다. 일반적으로 관망에서 발생하는 맛·냄새는 미생물의 재성장(biofilm), 관망에 잔류하는 소독제와 그 부산물, 관 내부 코팅제에서 발생하는 유기물, 그리고 합성수지 파이프에 의한 것 등으로 분류된다.

5.19.3 맛·냄새 물질의 제거

1. 폭기

폭기(Aeration)는 황화수소와 같은 휘발성 유기화합물(VOCs) 제거에 주로 활용된다. 제거원리는 액체에 작은 공기방울을 넣어 물속의 휘발성 물질을 공기방울로 이동시킨 다음 대기중으로 방출시키는 것이다. 휘발성 유기화합물은 고유의 헨리상수를 갖고 있어 액체 표면으로부터 휘발되는 정도가 서로 다르다. 맛·냄새 물질인 geosmin과 2-MIB의 헨리상수는 25 ℃에서 각각 8.9×10^{-6}, 1.18×10^{-5} $m^3\cdot atm/mol$으로 벤젠 5.28×10^{-3} $m^3\cdot atm/mol$, TCE 1.71×10^{-2} $m^3\cdot atm/mol$ 등에 비하면 작은 값이나 휘발성을 갖고 있기 때문에 탈기에 의한 제거가 가능하다. 상수원에서 흙냄새와 곰팡이 냄새 유발물질인 geosmin, 2-MIB의 탈기에 의한 제거효율은 클로로포름의 약 1/50 정도라는 보고도 있다. 또한, 분말활성탄 주입과 30분 이상의 폭기를 병행할 경우 냄새 유발물질의 제거효율을 향상시킬 수 있는 것으로 보고된다.

2. 염소처리법

염소처리는 다양한 냄새의 제거와 마스킹(masking)에 효과가 있지만, 곰팡이 냄새의 제거에는 효과

가 없는 것으로 알려져 있다. 페놀류는 염소로 분해할 수 있지만, 염소와 반응하여 2-클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀 등이 생성되며, 생성된 페놀 화합물의 냄새는 페놀보다 최대 10,000배, 맛은 최대 1,000배 강한 것으로 보고되고 있어 주의가 필요하다. 〈표 5.19.5〉에 페놀화합물의 맛·냄새와 맛의 임계농도를 나타내었다.

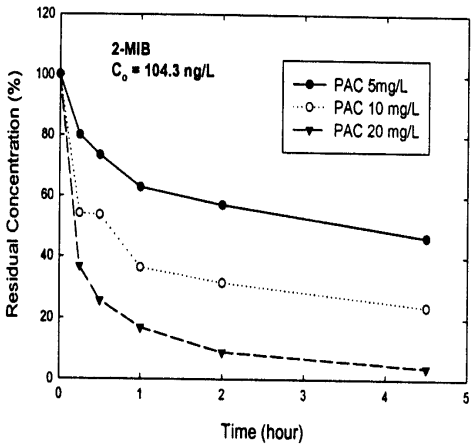
〈표 5.19.5〉 페놀화합물의 맛냄새 임계농도 (단위 : mg/L)

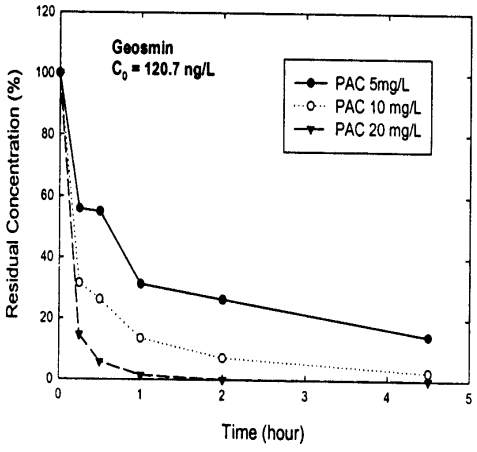
종 류	냄 새	맛
페 놀	1	0.1
2-클로로페놀	0.0001~0.001	0.001
2,4,6-트리클로로페놀	0.1	0.001

3. 분말활성탄 처리법

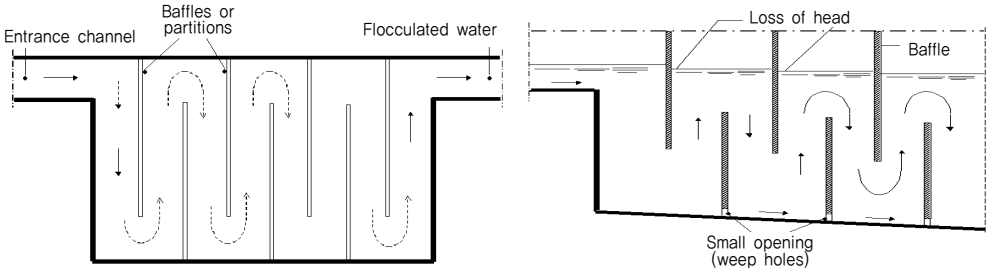
분말활성탄 처리는 각종 맛·냄새 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 방법으로 많은 정수장에서 오랫동안 활용되고 있다. 통상 분말활성탄 주입율 10 mg/L, 접촉시간 1시간에서 2-MIB, geosmin의 제거율은 각각 60 %, 85 % 정도다. 또한, 분말활성탄 투입일수가 연간 3개월을 초과하는 경우에는 입상활성탄 공정으로의 전환을 고려하여야 한다. 〔그림 5.19.4〕에 분말활성탄에 의한 2-MIB, geosmin 제거효율을 나타내었다.

분말활성탄처리에서 교반강도(혼합정도)와 접촉시간은 맛·냄새 물질의 흡착능에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 충분한 교반강도를 유지하기 위하여 기계 교반장치를 사용하나, 수리학적 에너지를 이용할 수 있다. 기계교반은 유량, 수온 그리고 원수의 수질에 따라 교반강도를 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있다. 수리학적 에너지를 이용한 교반은 교반강도가 유량의 함수이기 때문에 임의로 조절하기가 어렵고, 수두손실이 생기며, 청소가 쉽지 않은 단점이 있다. 〔그림 5.19.5〕은 수리학적 에너지를 이용한 교반조의 구조를 나타낸다.





[그림 5.19.4] 분말활성탄(역청탄)에 의한 2-MIB, geosmin 제거효율(출처 : 홍성호 등)



[그림-5.19.5] 수리학적 에너지를 이용한 교반시설 구조

4. 입상활성탄 처리법

입상활성탄 흡착은 제거하고자 하는 대상물질에 따라 활성탄 흡착지에서의 파과특성이 다르게 나타나기 때문에 입상활성탄 도입목적을 달성하기 위하여 최적의 운전방법을 도출하여야 한다.

혼화·응집 공정에서 자연유기물질(NOM) 제거율을 높일 경우 입상활성탄 흡착성능 향상과 사용기간을 연장시킬 수 있는 것으로 보고된다.

활성탄 재질별 geosmin과 2-MIB의 최대 흡착량은 석탄계 재질의 활성탄이 가장 우수한 것으로 보고된다. 또한, 입상활성탄 공정은 물리적 흡착 기능 외에 미생물의 활성화를 통해 생물학적으로 맛·냄새 물질을 제거할 수 있다. 수온이 상승하면 geosmin과 2-MIB의 제거율이 증가하며, 5℃ 이하의 낮은 온도에서는 생물학적인 처리효율이 저하된다. 통상 입상활성탄 흡착지에서의 미생물 활성화 기간은 조건에 따라 다르지만 4~8주 정도로 보고된다.

5. 오존처리

오존은 강력한 산화제로서 다양한 맛·냄새 물질의 제거에 효과적이다. 오존에 의한 맛·냄새 물질 제거는 주입 오존 농도와 자연유기물(NOM), 알칼리도 및 수온 등 원수 특성에 의하여 영향을 받는다. 대표적 맛·냄새 물질인 geosmin, 2-MIB의 제거시 오존 주입량에 따라 geosmin 제거율은 1 mg/L에서 32~45 %, 2 mg/L에서 49~60 %, 2-MIB는 1 mg/L에서 31~39 %, 2 mg/L에서 42~50 %의 제거율을 나타내며 동일한 오존 주입율에서 geosmin의 제거율이 2-MIB에 비하여 더 높은 것으로 보고된다. 〈표 5.19.6〉에 오존에 의한 2-MIB와 geosmin 처리효율을 나타내었다.

원수의 자연유기물(NOM) 농도는 오존 분해속도에 영향을 미친다. 2-MIB와 geosmin의 제거는 주로 OH 라디칼을 통해서 이루어지며, OH 라디칼의 형성은 자연유기물(NOM)과 오존의 반응하에서 촉진된다. 따라서, 높은 오존 요구량을 가지는 원수는 높은 농도의 OH 라디칼을 형성시켜 제거율을 증가시킨다. 알칼리도 물질인 탄산염(CO_3^{2-}), 중탄산염(HCO_3^-)은 오존과 직접적인 반응을 하지 않으나, OH 라디칼의 소모제(scavenger)로 작용하여 오존의 분해를 안정화시켜 2-MIB와 geosmin의 제거효율을 감소시킨다.

최근에는 오존과 과산화수소(H_2O_2)를 동시에 주입하여 산화력을 크게 향상시킨 고도산화(AOP, advanced oxidation process) 공정이 오존 단독처리보다 geosmin, 2-MIB 제거효율이 높은 것으로 보고된다.

〈표 5.19.6〉 오존에 의한 2-MIB와 geosmin 처리효율

구 분	오존주입농도(mg/L)	접촉시간 5분	접촉시간 10분	접촉시간 15분
Geosmin	1	32.4 %	39.8 %	45.3 %
	2	48.6 %	54.0 %	60.3 %
2-MIB	1	31.3 %	34.3 %	39.2 %
	2	41.7 %	46.5 %	50.0 %

출처 : 한국수자원공사

6. 오존·입상활성탄 처리

오존·입상활성탄 처리는 오존공정에 입상활성탄 흡착공정을 조합한 것으로 오존의 산화력뿐만 아니라 활성탄의 흡착능력을 이용할 수 있는 장점이 있다. 또한 오존에 의해 활성탄 표면에 작용기가 발달하게 되어 유기물 제거율 증가를 기대할 수 있으며, 유기물의 흡착에 의해 포화된 활성탄을 오존에 의해 재활성화 하여 활성탄의 교체시기를 연장시킬 수 있다. 맛·냄새 물질인 geosmin과 2-MIB 처리효율은 수온 25 ℃에서 오존 입상활성탄 공정에서 100 % 제거되는 것으로 보고되었으며, 수온이 5 ℃ 이하로 낮을 경우에는 미생물의 활성도 저하로 2-MIB의 제거효율이 저하되는 것으로 보고되었다. 그러나, 오존·입상활성탄 처리는 오존처리 또는 입상활성탄 단독처리보다 맛·냄새물질의 제거효율이 안정적이고 우수한 것으로 평가된다. 〈표 5.19.7〉에 오존입상활성탄처리시 geosmin, 2-MIB 제거효율을 나타내었다.

〈표 5.19.7〉 오존입상활성탄처리시 geosmin, 2-MIB 제거효율

구분	입상활상탄	오존	오존·입상활성탄
Geosmin	91~93 %	99~100 %	100 %
2-MIB	96~97 %	83~88 %	100 %

출처 : 서울시 상수도연구원, geosmin 유입농도 71.5~126.1 ng/L, 2-MIB 유입농도 108.7~176.6 ng/L, 오존 주입율 1 mg/L 및 접촉시간 30분, 입상활성탄 EBCT 15분 및 Bed Volume 67,000, 수온 25 ℃, 팔당호.

5.20 철·망간 제거설비

5.20.1 총칙

수돗물에 철이 다량으로 포함되면 물에 쇠맛뿐 아니라 세탁이나 세척시 의류나 기구 등이 적갈색을 띠게 되고 또 공업용수로도 부적당하다.

「먹는물 수질기준」에서는 철은 0.3 mg/L이하로 정해져 있으므로 수돗물에는 그 이상 포함될 가능성이 있을 경우에는 제거해야 한다. 그러나 원수 중에 포함된 철은 대개의 경우 침전과 여과과정에서 어느 정도 제거되므로 철을 제거하는 설비를 설치할 필요성 여부는 포함된 철의 양과 성질 및 그 수도

설비 등을 구체적으로 고려한 다음에 결정해야 한다.

망간은 지하수, 특히 화강암지대, 분지, 가스함유지대 등의 지하수에 대부분 포함되는 경우가 있고, 하천수 중에는 통상 망간이 포함되는 경우가 적지만 광산폐수, 공장폐수, 하수 등의 영향으로 포함되는 경우가 있다.

호소나 저수지에서는 여름철에 물이 정체되어 수온성층을 형성하면 저층수가 무산소상태로 되어 바닥의 슬러지로부터 철과 망간이 용출되는 경우가 있다.

수돗물에 망간이 포함되면 수질기준(2011년부터 0.05 mg/L이하 입법예고, 현재는 0.3 mg/L이하)에 적합할 정도의 양이라도 유리잔류염소로 인하여 망간의 양에 대하여 300~400배의 색도가 생기거나, 관의 내면에 흑색 부착물이 생기는 등 흑수(黑水)의 원인이 될 뿐더러 기물이나 세탁물에 흑색의 반점을 띠게 되는 경우가 있다. 또 망간과 철이 혼재될 경우에는 철이 녹은 색이 혼합되므로 흑갈색을 띠게 된다. 원수 중에는 망간이 포함되면 보통 정수처리에서는 거의 제거되지 않으므로 망간에 의한 장애가 발생할 우려가 있을 경우나 「먹는물수질기준」이상인 경우에는 처리효과가 확실한 방식으로 망간을 제거하기 위한 처리를 할 필요가 있다.

철과 망간의 제거방법에는 물리·화학적 처리와 생물학적처리로 구분할 수 있다.

1) 물리·화학적 제거

공기폭기로 철이 산화되어 γ-FeOOH(lepidocrocite)가 생성되고, γ-FeOOH는 급속모래 여과지에서 모래에 퇴적되거나 수중에 존재하는 γ-FeOOH에 우선 Mn(Ⅱ)가 빠르게 흡착된다. 흡착된 Mn(Ⅱ)은 산소가 충분하고 pH가 7이상의 조건에서 수중에서 산화되는 것보다 훨씬 빠른 속도로 γ-FeOOH의 표면에서 산화되어 망간산화물(MnO_2 or MnOOH)을 형성한다.

위의 자촉매 반응이 계속 진행되면서 모래에 퇴적된 망간산화물과 철산화물이 숙성되어 모래를 코팅, 층이 형성되면 수중의 Mn(Ⅱ)의 흡착과 산화반응이 촉매화되어 더욱 효과적으로 Mn(Ⅱ)을 제거하게 된다.

2) 생물학적 제거

철과 망간을 산화하는 세균에는 철을 에너지원으로 사용하고 이산화탄소를 탄소원으로 사용하는 독립영양세균(chemolithotrophic autotroph)과 유기물을 에너지원과 탄소원으로 사용하는 종속영양세균(chemoorganotrophic hetrotroph)이 있다.

이들 미생물들은 토양 내 잘 서식하는 미생물로서 철과 망간은 효소작용에 의해 세포 내에서 산화가 이루어지거나, 철과 망간 산화세균의 대사과정 중에 배출된 폴리머의 촉매작용에 의한 세포 외 산화작용에 의해 제거된다.

철 산화세균의 대사산물로 γ-FeOOH와 α-FeOOH 등의 철 산화물과 망간의 대사과정을 통해 MnO_2와 MnOOH 등의 망간산화 대사산물이 생성되어 세포를 코팅하며, 이들 대사산물에 Mn(Ⅱ)이 물리·화학적인 기작에 의해서 추가적으로 제거된다. 철 산화세균은 모래에 부착하여 생물막 층을 형성하며 성장한다.

철 산화세균과 마찬가지로 망간의 대사과정을 통해 MnO_2와 MnOOH 등의 망간산화 대사산물이 생성되어 세포를 코팅하며, 이들 대사산물에 Mn(Ⅱ)이 물리·화학적인 기작에 의해서 추가적으로 제거된다.

또 철이 많이 포함된 물에는 망간이 공존하는 경우가 많으므로 철의 제거방법을 검토할 때에는 망간 제거의 필요성 유무에 대해서도 함께 검토해야 하며, 철과 망간의 처리공정으로는 공기폭기+급속모래여과, 산화제(염소, 오존, $KMnO_4$ 등), 산화 코팅 또는 촉매 여재를 이용한 여과, 폭기+생물여과(완속여과) 등이 있다.

5.20.2 철 제거설비

철 제거에는 폭기, 전염소처리 및 pH값 조정 등의 방법을 단독 또는 적당히 조합한 전처리설비와 여과지를 설치한다.

【해설】

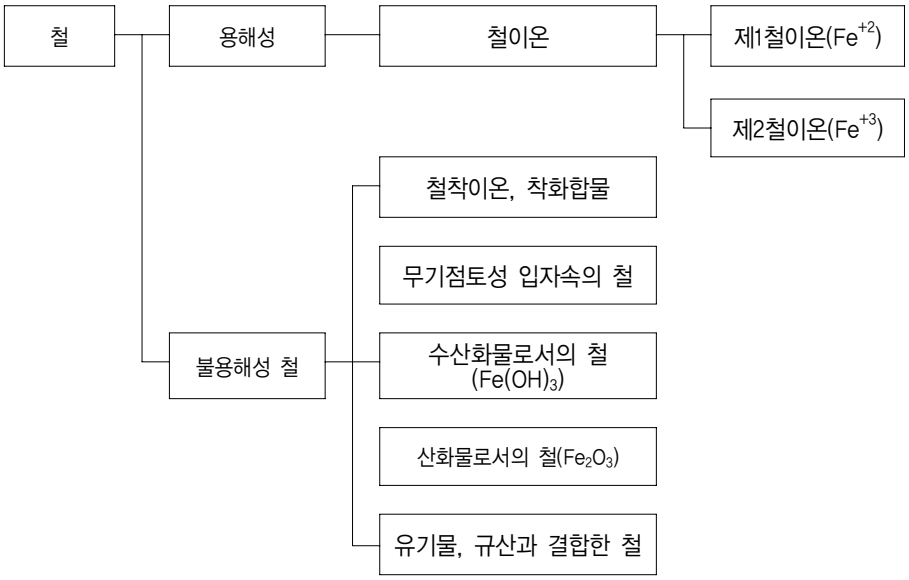
정수처리에 의한 철 제거법으로는 산화법과 접촉법으로 나누어진다. 산화법에 의한 철의 제거는 Fe^{2+}를 산화제〔염소, 이산화염소(ClO_2), 과망간산칼륨($KMnO_4$)〕로 산화석출시켜 응집에 의해 석출입자를 플록화해서 응집침전이나 모래여과에 의해 분리하는 방법이다. 접촉법은 Fe^{2+}를 이온상태로 그대로 접촉제에 흡착시켜 흡착된 철이 산화제에 의해 산화하고 자기촉매적으로 흡착제가 되는 방법이다. 이 밖에 조류나 철세균 등의 생물에 의해 제거하는 방법 등도 있으나 적용사례가 많지 않다.

Fe^{2+}는 용존산소(DO)에 의해 가수분해 되어 수산화제2철($Fe(OH)_3$)이 되는데, DO만으로는 산화속도가 느리기 때문에 산화를 촉진하기 위해서는 폭기하지 않으면 안 된다. 특히 염소산화시 고농도의 철을 함유하는 경우에는 철 플록이 대량 발생하기 때문에 급속모래여과만으로는 손실수두가 떨어지기 쉽고 응집침전도 필요하게 된다.

접촉법에 따른 철제거는 DO와 접촉촉매인 옥시수산화철(FeOOH)에 의해 Fe^{2+}를 산화 제거하는 방법이고 처리비용도 저렴하고 용해성 규산의 방해를 전혀 받지 않는다는 장점이 있지만, 접촉촉매의 유지관리가 어렵고 또 촉매에 접촉하기 전에 Fe^{2+}가 산화되고 있는 경우 접촉 제거할 수 없다는 단점도 있다.

산화법, 접촉법에 이외에 생물학적인 철의 제거법은 유럽의 많은 정수장에서 도입되어 성공적으로 운영되고 있으나, 생물학적 처리는 모든 물에 적용될 수 없고 특정한 원수수질에서만 경제적으로 적용될 수 있으며, 물리·화학적인 방법보다는 상대적으로 초기투자비와 운영 및 유지관리 비용이 저렴하다는 장점이 있다.

철은 지하수에서 중탄산제일철〔$Fe(HCO_3)_2$〕의 형태로 존재하는 경우가 많고, 토탄지대 등에서 휴믹산 등과 결합하여 콜로이드성 철로서 존재한다. 하천수에서는 대개의 경우 산화되어 제이철염으로 되어 있으며 제일철이온의 존재는 비교적 적다. 그러나 온천이나 광산폐수 또는 공장폐수 등의 혼입으로 황산제일철이 존재할 경우도 있다.



철 제거방법은 일반적으로 원수 중에 용해되어 있는 제일철이온이나 콜로이드상의 유기철화합물을 폭기 또는 전염소처리로 산화하고 제이철염으로 석출한 다음 응집침전 또는 여과하면서 제거한다. 또 pH의 조정은 상기 방법과 조합하거나 상기의 여과를 접촉여과법으로 하는 외에 단독으로 철박테리아 이용법으로 하기도 한다.

중탄산제일철은 폭기에 의하여 불용성의 수산화제이철로 되어 침전된다. 이 제거방법은 중탄산제일철로서 존재하는 철의 제거에 유효하고 동시에 유리탄산이나 황화수소도 제거할 수 있다.

수중에 30 mg/L이상의 용해성규산이 철과 공존할 경우에 폭기하면 철과 규산이 결합되어 콜로이드상의 세립분자로 되며 응집침전과 여과를 하더라도 충분히 제거되지 않는다. 이와 같은 물에는 염소에 의한 산화가 유효하다. 또 휴믹산과 결합된 콜로이드상의 철도 폭기로는 산화시킬 수 없으나 염소로 산화된다.

산화법의 하나로서 산화제로 염소를 사용하고, 제일철이온을 산화하여 제이철로 침전시킨 후 여과하면, pH가 낮을 경우에도 쉽게 철을 산화할 수 있으며, 콜로이드상의 철을 제거하는 데도 효과가 있다. 철 1 mg에 대하여 염소 0.64 mg이 필요로 하지만 수중의 유기물이나 다른 환원물질에 의해서도 염소가 소비되므로 유리잔류염소가 침전수에서 소량 검출될 정도로 염소를 주입해야 한다. 잔류염소는 정수의 잔류염소 목표치와 동등하거나 그 이하로 하는 것이 좋다.

중탄산염 이외의 철은 pH를 9이상으로 높이면 수중의 산소로 산화되어 수산화제이철이 석출된다. 폭기에 의하여 산화할 경우에는 즉시 산화가 이루어지는 것이 아니므로 접촉산화 여재로 여과하거나 또는 pH를 8.5이상으로 조절한 다음 폭기한다.(5.3 응집용 약품주입설비, 5.7 급속여과지, 5.12 전염소·중간염소처리, 5.13 폭기설비를 참조).

5.20.3 망간 제거설비

1. 망간 제거에는 pH조정, 약품산화 및 약품침전처리 등을 단독 또는 적당히 조합한 전처리설비와 여과지를 설치해야 한다.
2. 약품산화처리는 전·중간염소처리, 오존처리 또는 과망간산칼륨처리에 의한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 망간은 수중에서 이온이나 콜로이드로 존재하고 현탁 미립자에 흡착되어 있는데, 화합물에 따라서 +1~+7가를 나타내지만 +2, +4, +7가 가 쉽게 만들어 지고, 또한 망간(Mn)은 습지에서 수중의 휴민산 등 유기물에 결합된 상태로 존재가 알려지고 있다. 망간제거방법에는 염소, 오존 또는 과망간산칼륨에 의한 약품산화처리 후에 응집침전·여과하는 방법, 망간모래를 여재로 하는 접촉여과법, 철박테리아이용법 등이 있다.

산화제로서 염소를 사용할 경우 이론적으로는 pH 9이하에서는 망간은 거의 산화되지 않는다. 그러나 수중에 망간모래와 같은 망간산화물이 존재하면 이것이 촉매로 되어 pH가 7 부근에서도 산화가 촉진된다. 산화제를 이용해서 용존 Mn을 산화석출시켜 생성된 수화이산화망간($MnO_2 \cdot nH_2O$)의 콜로이드를 응집, 침전, 급속사여과 등으로 고액분리해서 제거한다.

또한 망간은 철보다 산화되기 어려운 금속이어서 중성 pH 조건에서 공기에 의한 산화속도가 매우 느리고 염소산화에도 촉매물질이 없는 한 산화속도가 매우 느리다. 망간은 pH가 높아지면(pH 9이상) 산화되기 쉬우므로 소석회를 주입하여 pH를 10.5로 유지하여 칼슘을 제거하는 경수연화법에서는 철과망간을 동시에 제거할 수 있다.

지하수와 같이 탁질이 없으면서 망간을 포함한 경우에는 응집·침전을 필요로 하지 않으므로 망간모래에 의한 접촉여과법을 채택하는 것이 좋다. 이러한 경우에는 전염소처리 직후에 망간모래로 여과하는 방식이 일반적인데, 망간모래층의 두께는 600~2,000 mm, 여과속도를 120~600 m/d 정도로 실시한 예가 있다.

2.에 대하여 ; 염소로 망간을 산화하는 경우 염소처리한 다음 응집·침전과 여과를 한다. 이러한 경우에 pH가 높을수록 망간이 잘 제거되는 것이 인정되고 있다. 또 염소주입률은 응집침전과 여과후의 여과수에 0.5 mg/L 정도 잔류하도록 한다. 망간 1 mg에 대하여 염소 1.29 mg이 대응되지만 염소는 수중유기물이나 다른 환원물질에 의해서도 소비되는 것을 고려해야 한다.

염소를 산화제로 사용하는 망간제거처리를 계속하면 여과모래가 점차 망간산화물로 피복되어 흑색으로 되고 망간모래와 같은 작용을 나타내게 된다. 이렇게 되면 pH를 조정하지 않더라도 망간을 제거할 수 있다. 또 pH를 조정하지 않고 전염소처리한 다음에 응집·침전과 여과를 하는 정수장에서 여과모래가 수개월 이내에 망간모래로 되어 확실히 망간제거처리가 되는 예도 있다.

오존(O_3)처리는 운전관리가 어렵고 장치비용이 높아 후단에 활성탄여과를 병용하는 경우 이외에는 거의 이용하지 않는데. 오존에 의해 과산화 될 경우 분홍색을 유발하는 7가 망간이 될 가능성이 있어

이 경우 활성탄처리에 의해 4가로 환원하여 제거하지 않으면 완전한 제거를 하기 어렵다.

과망간산칼륨을 산화제로 사용하는 경우에는 산화력이 강하므로 중성에서도 단시간에 확실히 산화시킬 수 있으며 안정성이나 경제성, 취급용이성 등에서 유리하고. 이론상은 망간 1 mg에 과망간산칼륨 1.92 mg이 대응되지만 수중에는 철이나 유기물 등도 산화되기 때문에 이들을 고려하여 주입률을 결정해야 한다. 또 과잉주입하면 처리수 중에 과망간산이온으로 잔류하기 때문에 항상 적정주입률을 정확하게 설정해야 한다.

또한 pH가 높아질수록 적은 $KMnO_4$으로 Mn^{2+}을 산화할 수 있다. 그러나 원수 속에 피산화물이 있을 경우 $KMnO_4$는 산화에 의해 이차적으로 Mn^{2+}를 생성, 그 망간산화를 위해 다시 $KMnO_4$가 필요하게 된다. 망간과 철이 공존하는 원수를 $KMnO_4$으로 산화하면 우선 Fe^{2+}가 모두 산화할 때까지 Mn^{2+}는 전혀 산화하지 않고 Fe^{2+}이 모두 산화 한 후에 Mn^{2+}이 산화하기 시작한다.

과망간산칼륨은 「소방기본법」상의 위험물에 해당되며 산화력이 강한 물질이므로 주입설비는 내약품성의 재료를 사용하도록 유의해야 한다. 또 과망간산칼륨을 가연성물질과 혼합하는 것은 가열, 충격 등으로 폭발하기 쉬우므로 취급에 주의를 요한다.

과망간산칼륨은 일반적으로 용해조에서 용해하여 자연유하식 또는 펌프가압식으로 유량계와 조합하여 주입한다. 용해조에는 교반기를 설치하여 교대로 용해하고 주입할 수 있도록 2조를 설치한다. 과망간산칼륨은 산화력이 강한 물질이므로 주입하는데 사용하는 용해조와 배관 등의 설비는 내약품성의 재료를 사용한다.

과망간산칼륨은 위험물안전관리법 제1류 산화성고체에 위험물 및 지정수량이 정해져 있으며 "산화성고체"라 함은 고체 〔액체(1기압 및 20 ℃에서 액상인 것 또는 20 ℃초과 40 ℃이하에서 액상인 것을 말한다. 이하 같다) 또는 기체(1기압 및 20 ℃에서 기상인 것을 말한다)외의 것을 말한다. 이하 같다〕 로서 산화력의 잠재적인 위험성 또는 충격에 대한 민감성을 판단하기 위하여 소방방재청장이 고시로 정하는 성질과 상태를 나타내는 것으로 관계되는 설비는 내약품성의 재료를 사용하여야 한다. 또 과망간산칼륨은 산화력에 따라 가연물과 혼합하면 발화 등을 일으키므로 그 취급에 조심한다.

과망간산칼륨을 저장할 때에는 밀폐용기에 넣어 저온으로 건조한 내화성 건물 내에 유기물, 활성탄, 제일철염, 그 외에 산화되기 쉬운 물질과의 접촉을 피하여 보관한다.

[5.20.3 참고 1] 국내외 강변여과 중 망간제거 사례

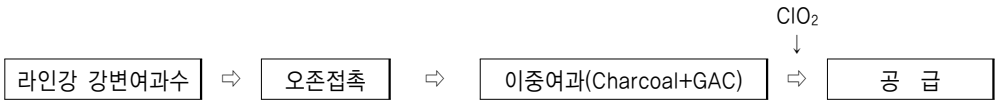
1) 일반적으로 강변여과수 수질은 대수층의 토양이나 지질과 밀접한 관계가 있어 토양종류에 따라 각종 광물질이 소량 함유되어 있으며, 토양 내 유기물의 분해로 발생하는 CO_2가 높고, 실리카 성분이 하천수에 비해 높은 편이다. 환원상태의 철, 망간 등 2가 금속과 황화물(sulfide)이 증가되고 오염된 지역의 경우 질산성질소의 농도가 높은 경우가 있다. 국내의 먹는물 수질기준에서는 망간을 0.3 ㎎/L로 규제하고 있으나 2011년 0.05 ㎎/L이하로 강화될 예정이고, 철은 0.3 ㎎/L이하로 기준을 정하고 있기 때문에 강변여과수에 대한 적절한 수처리가 필요하다.

강변여과수를 취수하면 강물이 대수층을 통과하는 동안 물리적·화학적 및 생물학적으로 자연정화

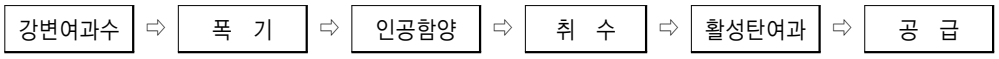
되어 탁도가 거의 없고 유기물질의 농도가 낮은 양질의 물을 얻을 수 있게 된다. 그러나 지하 대수층에 존재하는 고농도의 철(Fe), 망간(Mn)은 수처리에 어려움을 주게 되며, 표류수에 비해 경도가 2~3배 높은 특성을 가지고 있다. 따라서 강변여과수의 정수처리공정에서 주요 제거대상물질은 수중에 용존된 철과 망간이며, 이의 적절한 제거방법으로 산화제를 이용한 산화공정 후 여과에 의한 제거, 접촉산화법, 생물처리법 등이 있다. 이 외에 강변여과 주변에 존재하는 오염물질이 자연 지하수를 통하여 강변여과수에 혼입되어 수질오염을 일으킬 수 있어 활성탄 흡착공정을 도입하기도 한다.

2) 국외의 강변여과시설은 1810년 영국 글래스고(Glasgow) 수도국에서 도입한 것으로 클라이드 강변에 유공관을 매설하여 여과수를 취수했던 방식으로, 서유럽 최초의 간접취수시설은 독일 뒤셀도르프에서 도입된 라인강 양안에 설치된 강변여과시설(river bank filtration)로 1870년 취수를 개시한 이래 현재까지 중단없이 운영되고 있으며, 유럽의 강변여과방식은 아래와 같다.

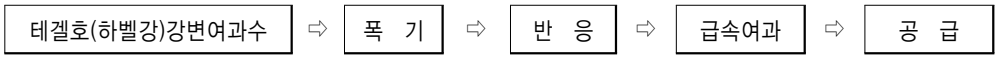
① 독일 뒤셀도르프(Düsseldorf)시 정수장(강변여과 70 %+지하수 30 %, 오염심화로 오존+활성탄 추가)



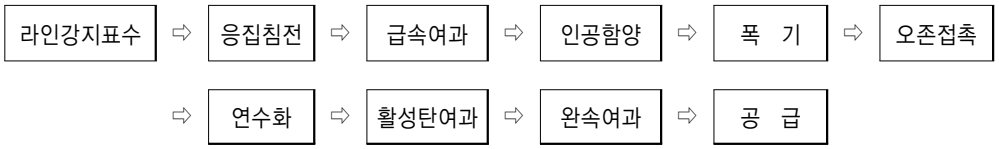
② 독일 쾰른(Köln)정수장



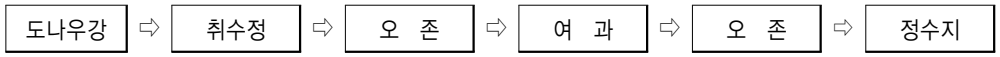
③ 독일 베를린(Berlin)시 정수장(강변여과, 창원시 대산정수장과 동일)



④ 네델란드 암스테르담(Amsterdam) 정수장(인공함양)



⑤ 오스트리아 비엔나시 강변여과수(대체 취수원)



3) 강변여과방식은 비교적 장기간 대수층에 체류한 물을 취수하는 방법으로 강변여과수의 원천은 크게 두가지로 하나는 강변 퇴적층을 통한 원수 유입이고 나머지 하나는 지하수 유입천에 흘러드는 배후지로부터의 지하수 유입이다. 또 강변취수가 불가능한 지역은 지표수를 낮은 단계에서 인공적으로 조성한 완속여과지나 자연대수층에 침투시켜 인공함양한 지하수를 다시 취수하는 방법을 사용하고 있다. 강변여과나 완속모래여과에 의한 인공함양방법은 하천수의 이용과정에서 에너지와 화학약품을 사용하

지 않고 장해물질과 독성물질을 제거할 수 있는 환경친화적인 방법이다.

4) 강변여과에 의한 오염물 제거방법에는 여러가지가 있으나 그 중 중요한 것은 물리적인 여과와 화학적인 흡착 그리고 생물학적인 분해라고 볼 수 있다. 이들 작용에 의한 오염물 제거효율은 오염물의 농도 및 종류 토양의 물리·화학적인 특성, 양수율, 양수정의 위치 등 여러 가지 요인에 따라 결정된다.

5) 강변여과 취수방식은 수직형, 방사형 및 경사형으로 구분되나, 수직형은 시공이 간편하고 공사비와 유지관리 측면에서 소규모 단위에 적합하며, 방사형은 시공과 공기가 비교적 많이 소요되는 반면 취수량 측면에서 대용량 취수에 적합하다.

〈5.20.3 참고표-1〉 취수방식별 비교현황

구 분	수직 정호	방사성 집수정	집수 암거
대수층 심도	깊은 경우	중간 경우	얕은 경우
대수층 수직변화	단일층, 복합층	단일층, 복합층	단일층
수위 강하량	포화대 두께의 약 65 % 이내	포화대 두께의 약 25 % 이내	정수두하 약 10 m 이내
설치 심도	제한 없음	10~20 m	정수두하 약 10 m이내
설치 방식	1열~2열	단 열	단 열
취수 용량	소~중 공당 3,000 m^3/일 이내	중~대 공당 3,000 m^3/일 이상	중~대 100m당 3,000 m^3/일 이상

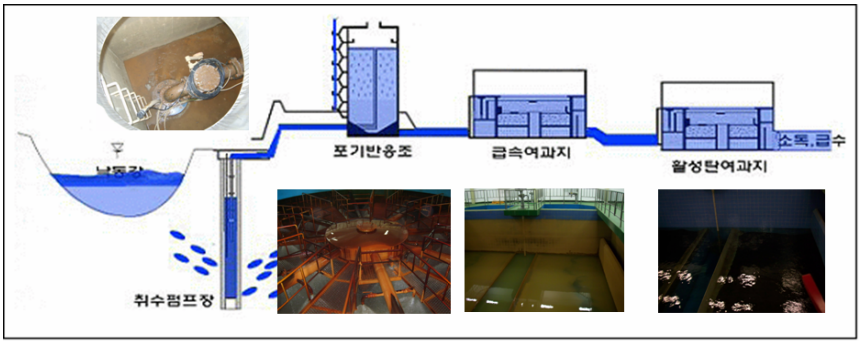
주 : Groundwater & Wells. 1986. F.G.. Driscoll

6) 강변여과의 장단점은 다음표와 같다.

〈5.20.3 참고표-2〉 강변여과의 장단점

장 점	단 점
• 홍수, 가뭄시에 수량과 수질의 안정적 확보 가능 • 연중 일정한 수온 유지 • 정수처리시 적은 약품사용과 단순한 정수공정으로 정수비용 절감 및 소독부산물 최소화 • 갑작스런 수질오염 사고시 안정적인 상수원 확보 가능 • 대한 불신감 최소화	• 취수정 주변 경작에 따른 비료와 농약 사용시 수질오염의 위험성 • 정호 장기유지관리와 기술 필요 • NO_3-N, 철, 망간의 농도가 높으면 정수처리 곤란 • 지속적인 취수로 인한 배후지역의 지하수위 저하 및 경작제한 등 민원발생 소지

7) 국내의 강변여과시설은 창원시 대산정수장과 함안군 칠서정수장 등이 있으며, 대산정수장은 간접취수 후 폭기 반응조를 거친 후 급속여과 및 활성탄 여과를 한 다음 소독하여 급수하고 있다. 그 처리공정도는 〈5.20.3 참고도-1〉와 같다.



〈5.20.3 참고도-1〉 창원시 대산정수장 강변여과수 취수 및 정수처리 공정

함안군 칠서면 이룡지구에 건설된 강변여과 취수시설(27,500 ㎥/일) 및 칠서정수장(25,000 ㎥/일)은 가야읍과 대산면 등 일원에 강변여과수를 공급하고 있으며, 칠서정수장의 정수처리 공정은 계단식 폭기시설의 착수정, 오존접촉조, 활성탄여과지, 정수지, 배출수지 등으로 구성되어 있다.

낙동강 ⇨ 취수정 ⇨ 오 존 ⇨ 활성탄 ⇨ 정수지

8) 결론적으로, 강변여과방식은 취수정의 토양특성, 양수율, 주위환경 등을 종합적으로 검토하여 처리공정을 획일적으로 도입하기 보다는 원수수질에 따라 최적 처리공정 또는 처리조건이 선정되어야 한다.

5.20.4 망간모래의 접촉산화작용

잔류염소 존재 하에서 망간이온의 망간모래로 접촉산화작용을 이용해서 망간을 제거하는 망간접촉여과방식을 주로 사용한다.

【해설】

망간은 철과 함께 무색의 이온상태로 수중에 용해되어 있고, 그 용해도는 일반적으로 철의 약 1/10이며, 중성부근의 수중에서 망간의 형태는 다음 표와 같다. 〈표 5.20.1〉에서 $KMnO_4$은 원자값이 +7로 높은 산화상태에 있고 천연수중에는 존재하지 않는다. 제거대상이 되는 것은 Mn^{2+}이온으로서 $Mn(HCO_3)_2$,이다. Mn^{4+}이온의 망간에는 이산화망간(MnO_2), 수화이산화망간($MnO_2 \cdot nH_2O$)이 존재한다.

〈표 5.20.1〉 중성부근 수중에서의 망간형태

구 분	(1) 산화 ↔ 환원 (2) 산화 ↔ 환원(3)		
원자값	+2	+4	+7
대표적인 존재형태	$Mn(HCO_3)_2$, $MnSO_4$	$MnO_2 \cdot nH_2O$	$KMnO_4$

이산화망간은 이온상태가 아닌 고체상태로 수중에 존재하기 때문에 분리방법으로는 현탁물질로 취급하는 것이 가장 적절하며, 용존산소만으로 Mn^{2+}를 산화시키는 것은 사실상 불가능하다.

망간모래 접촉산화법은 철의 경우와 같은 이론으로 촉매로서는 수화이산화망간, 산화제로서는 염소를 이용한다. Mn^{2+}를 포함한 pH 중성 원수에 염소를 필요량 첨가시켜 망간촉매인 수화이산화망간을 코팅시킨 여과사(망간모래)의 충전층에 통과시키면 Mn^{2+}은 $MnO_2 \cdot nH_2O$의 표면에 신속하게 흡착제거 된다. 흡착된 Mn^{2+}은 수중의 염소에 의한 흡착 시보다 천천히 산화되어 $MnO_2 \cdot nH_2O$가 된다. 이렇게 생성된 $MnO_2 \cdot nH_2O$ 역시 촉매능력을 갖고 다음 Mn^{2+}의 염소산화에 촉매역할을 반복하여망간 흡착반응과 여재재생반응의 상호 연속반응으로 이루어진다. 염소의 화학양론상의 산화제량은 Mn^{2+}의 1.29배이며 철이나 암모니아성질소가 공존하는 경우 철함유량의 0.63배, 암모니아성질소 함유량의 약 10배를 가산할 필요가 있다. 암모니아성질소가 많은 경우에는 염소 대신에 과망간산칼륨(오존)에 의해 산화시키는 것이 좋다. 한편 흡착속도는 이산화망간의 표면적에 비례한다.

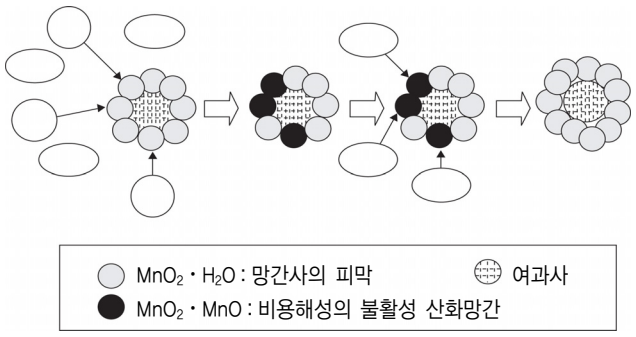
일반 망간을 함유하는 원수에서는 그 10배 정도의 철도 공존하고 있는 것이 많지만 이 철은 망간모래의 표면을 덮어 망간제거기능을 저하시킨다. 철이나 망간 이외의 탁질을 포함하는 경우 전단계에서 응집·침전지를 설계해야 하지만 Mn^{2+}의 경우 느리긴 해도 용존산소나 자외선에 의해 산화된다. 산화된 망간은 촉매인 $MnO_2 \cdot nH_2O$에 흡착하지 않기 때문에 접촉법으로는 제거할 수 없다. 더구나 촉매인 $MnO_2 \cdot nH_2O$는 항상 Mn^{2+}를 흡착해서 염소로 산화되지 않으면 그 흡착능력이 저하하기 때문에 접촉법에 의한 망간제거는 장기간 휴지를 하면 재 가동시에 제거기능이 저하한다는 문제가 있다. 또 산화제망간법과 동일하게 원수 속의 망간이 유기착체상태인 경우, 망간모래에 의한 접촉제거능력이 저하되었을 때의 대책으로서는 pH를 높이면 효과가 올라가지만 경제적이지 않다.

망간제거반응 : $Mn(HCO_3)_2 + MnO_2 \cdot H_2O \rightarrow MnO_2 \cdot MnO + 2H_2O + 2CO_2$ ····· (5.20.1)

재생반응 : $MnO_2 \cdot MnO + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2MnO_2 + 2HCl$ ····· (5.20.2)

(5.20.1)과 (5.20.2)를 더하면

$Mn(HCO_3)_2 + MnO_2 \cdot H_2O + Cl_2 \rightarrow 2MnO_2 + H_2O + 2HCl + 2CO_2$ ····· (5.20.3)



[그림 5.20.1] 망간접촉여과의 망간제거 기작

〈표 5.20.2〉 철·망간처리기술 비교(망간접촉여과, 생물처리)

구 분	망간접촉여과			생물처리		
규 모	대	중	소	대	중	소
철	· 처리효과가 제한적임			· 처리효과가 제한적임		
망 간	· 처리효과가 높음			· 처리효과가 제한적임		
설치면적	· 작다			· 크다		
유지관리	· 특별한 정수처리의 지식이 필요없이 운전 매뉴얼의 이해만으로 운전 가능			· 특별한 정수처리의 지식이 필요없이 운전 매뉴얼의 이해만으로 운전 가능		
	· 암모니아성질소가 있는 경우 염소가 소비됨			· 철박테리아의 존재가 필요		
선정기준	· 공존하는 철의 농도, 원수탁도가 높은 경우는 전처리를 하거나 철과 망간을 구분하여 처리 · 여과수에 유리잔류염소가 0.5~1.0 mg/L정도 잔류하도록 운전하는 것이 중요			· 수온저하시 처리효율이 떨어지기 때문에 원수의 수온 5 ℃이상이 바람직 · 수온 외에 pH, DO, 알칼리도, 영양염류 등 처리효과에 영향을 미치는 요인이 많으므로 운전에 세심한 주의가 필요		

〈표 5.20.3〉 망간접촉여과의 설계 사례(일본)

구 분	내 용
대표적인 설계사양	· 여과 속도 : 120~600 m/일 정도
	· 여재 종류 : 망간모래
	· 여재 유효경 : 0.45~0.7 mm
	· 여재 균등계수 : 1.7이하
	· 여재층 두께 : 600~2000 mm
	· 역세척 방식 : 표면세척 + 역세척방식
	· 역세척 속도 : 역세척 속도 0.6~0.9 $m^3/min.m^2$, 공기역세척속도 0.3~1.0 $m^3/min.m^2$
설계 유의사항	· 여과속도, 여재크기, 여과층 두께의 결정 · 각지로 균등 분배 · 세척수량의 조정 · 균일한 세척이 가능한 하부집수장치 · 수질에 따라서 응집제를 사용하는 경우가 있음 · 지하수에서 탁도제거가 필요없는 등 원수수질, 목표 · 처리수질에 따라서 고속의 여과가 가능한 경우가 있음
운전 관리	· 잔류염소의 확보 · 망간모래의 관리
시스템의 예	전처리 (응집제) ↓ ——————→ (망간접촉여과)——→
설비 구조	· 중력식 여과 : 급속여과처럼 모래대신 망간모래를 충전함 · 압력식 여과 : 급속여과처럼 모래대신 망간모래를 충전함

[5.20.4 참고 1] 망간모래에 의한 제거법

급속여과용 모래 1㎥에 대해 3 %의 염화망간($MnCl_2 \cdot 4H_2O$)수용액 150L를 넣어 잘 혼합한 후 3 % 과망간산칼륨($KMnO_4$) 수용액 75L를 넣어 잘 혼합하면 다음과 같은 반응이 일어나고 모래 표면에 $MnO_2 \cdot nH_2O$가 부착된다.

$3Mn^{2+} + 2KMnO_4 + 7H_2O \rightarrow 5MnO_2 \cdot H_2O + 4H^+ + 2K^+$

반응 후 잔류액을 버리고 같은 처리를 다시 2회 반복하여 마지막으로 세척한다. 약품처리를 1회 종료할 때마다 약간 마를 정도로 바람으로 건조한다. 이 단계에서 외관색은 갈색(흑갈색)이지만 실제로 사용을 계속하면 점차 검정색으로 변한다.

[5.20.4 참고 2] 2단 여과에 의한 망간제거법

이 방법은 다량의 철이 망간과 공존하고 있는 경우에 적합하고 원수에 염소를 주입한 후 1차 여과지에서 모래층으로 제거한 다음, 수산화철의 촉매작용에 의해 대부분의 철을 제거한다. 다음으로 2차여과지(망간모래)에서 망간과 남아있는 철을 산화시켜 망간모래층에서 제거하는 2단여과방식이다. 1차 여과지의 여재로서 가는 모래 또는 굵은 모래를 이용하여 2차 여과지에는 망간모래를 사용하는 급속여과지를 이용하여 1차여과지의 전 여과층에서 수산화철의 침전물이 검출되고 산화처리가 효율적으로 이루어진다. 산화제로서 과망간산칼륨 또는 염소와 과망간산칼륨을 병용해도 무방하다.

5.21 기타 오염물질 처리

5.21.1 총칙

일반적인 정수처리를 하더라도 수질관리목표에 적합한 처리수가 얻어질 수 없을 경우에는 통상의 처리에 고도정수시설 등 별도의 시설을 조합시켜서 정수처리하는 것이 필요하다.

그 대상으로 되는 주된 수질항목은 pH, 침식성유리탄산, 불소, 색도, 트리할로메탄(THM) 등 소독부산물, 트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등 휘발성유기화합물(VOCs), 음이온계면활성제, 질산성질소, 경도, 조류 등이 있다.

처리방식을 선택하고 설계할 때에는 기존시설의 운전실적과 원수수질의 변화를 고려하여 충분히 검토한다.

5.21.2 pH 조정

pH 높거나 낮을 경우에는 산제(이산화탄소, 황산) 또는 알칼리제(소석회, 수산화나트륨 등)를 주입하여 처리수의 pH를 적정하게 조정한다.

【해설】

정수처리공정에서는 응집제나 액화염소 사용으로 인해 정수의 pH가 낮아지고 부식성이 강해진다. 상수원에서는 조류발생, 오염물질 유입으로 pH가 8 이상으로 높아질 경우 정수처리 효율을 저하시킬 수 있다.

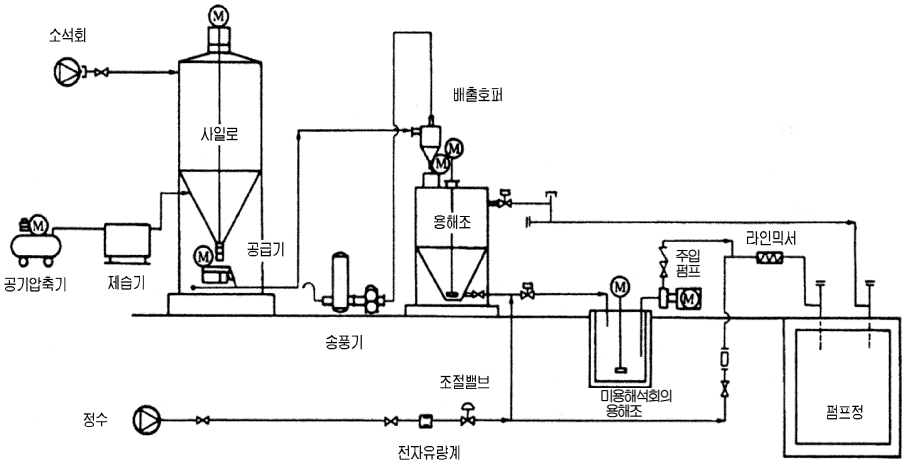
일반적으로 pH가 낮은 경우 물의 부식성이 강해져 콘크리트 구조물이나 모르타르 라이닝관을 열화시키며 아연도금강관, 동관, 납관에서는 아연, 동, 납을 용출시키고 철관에서는 철을 용출시켜 녹물의 원인이 되는 등 수도시설에서 여러 장애를 일으킨다. 또한 pH가 높은 경우 탁도 제거효율 저하, 송배수 과정에서 소독부산물 증가 및 용존성 알루미늄의 재응집으로 인해 탁도가 상승할 수 있다.

따라서, 원수 수질특성에 따라 pH 조정이 필요하다.

pH조정에는 산·알칼리제를 이용하며, pH를 올리기 위해서는 소석회, 수산화나트륨 등을 주입하고, pH를 낮추기 위해서는 이산화탄소, 황산 을 주입한다.

소석회는 칼슘경도를 증가시키고 주입량을 증가시키면 금속표면에 탄산칼슘이 침착하여 보호피막을 형성한다. 그러나 소다회나 수산화나트륨에서는 이와 같은 작용은 없다.

분말 소석회는 취급과 정량주입이 어렵고 이송배관 막힘이 자주 발생할 수 있어 상시 관리를 필요로 한다. 소석회를 주입할 경우 응집제 주입전 또는 주입후 교반이 양호한 적정 지점을 선정하여 슬러리 형태로 주입한다. 작업성을 개선한 소석회 자동용해주입설비의 실시 예를 〔그림 5.21.1〕에 나타내었다. 최근에는 취급과 사용이 편리하고 정량 주입성이 우수한 액상소석회의 사용이 증가하고 있다.



[그림 5.21.1] 소석회 자동용해주입설비 흐름도의 예

수산화나트륨(NaOH)은 용해도와 반응성이 크고 슬러지 발생량도 소석회보다 적어 pH를 상승시킬 목적으로 사용된다. 그러나 가격이 비싸고 수중에 알칼리도와 같은 완충 성분이 적을 경우에는 수산화나트륨 주입에 따라 pH 변화가 매우 크기 때문에 사용에 주의를 기울여야 한다.

함량 45 % 이상의 수산화나트륨은 수온 저하시 석출 문제가 있으므로 석출을 예방하기 위하여 정수장에서는 20~25 %로 희석하여 사용할 것을 권장한다. 또한 부대설비로 약품탱크에 열선 및 보일러 시설을 설치해 석출 방지에 노력해야 한다.

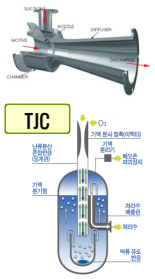
이산화탄소(CO_2)를 이용한 pH 조정설비 구성시에는 이산화탄소 용해율이 최소 80 % 이상이 될 수 있도록 설비를 구성하며, 조정후 목표 pH를 7.5 내외로 설정하여 운영토록 한다. 특히, 이산화탄소는 〈표 5.21.1〉처럼 용해도가 액화염소에 비해 크게 낮으므로 적절한 주입방식을 선정하여 용해율

을 높이도록 한다. 〈표 5.21.2〉은 이산화탄소 주입방식별 주요특징 및 장단점을 나타낸다. 설비 설치 지점은 통상 원수가 도착되는 착수정 부근에 설치를 하며 이산화탄소의 반입이 용이토록 여유부지를 확보하여야 한다. 부대설비로는 이산화탄소 용해수 공급펌프, pH 자동측정기 등이 필요하다.

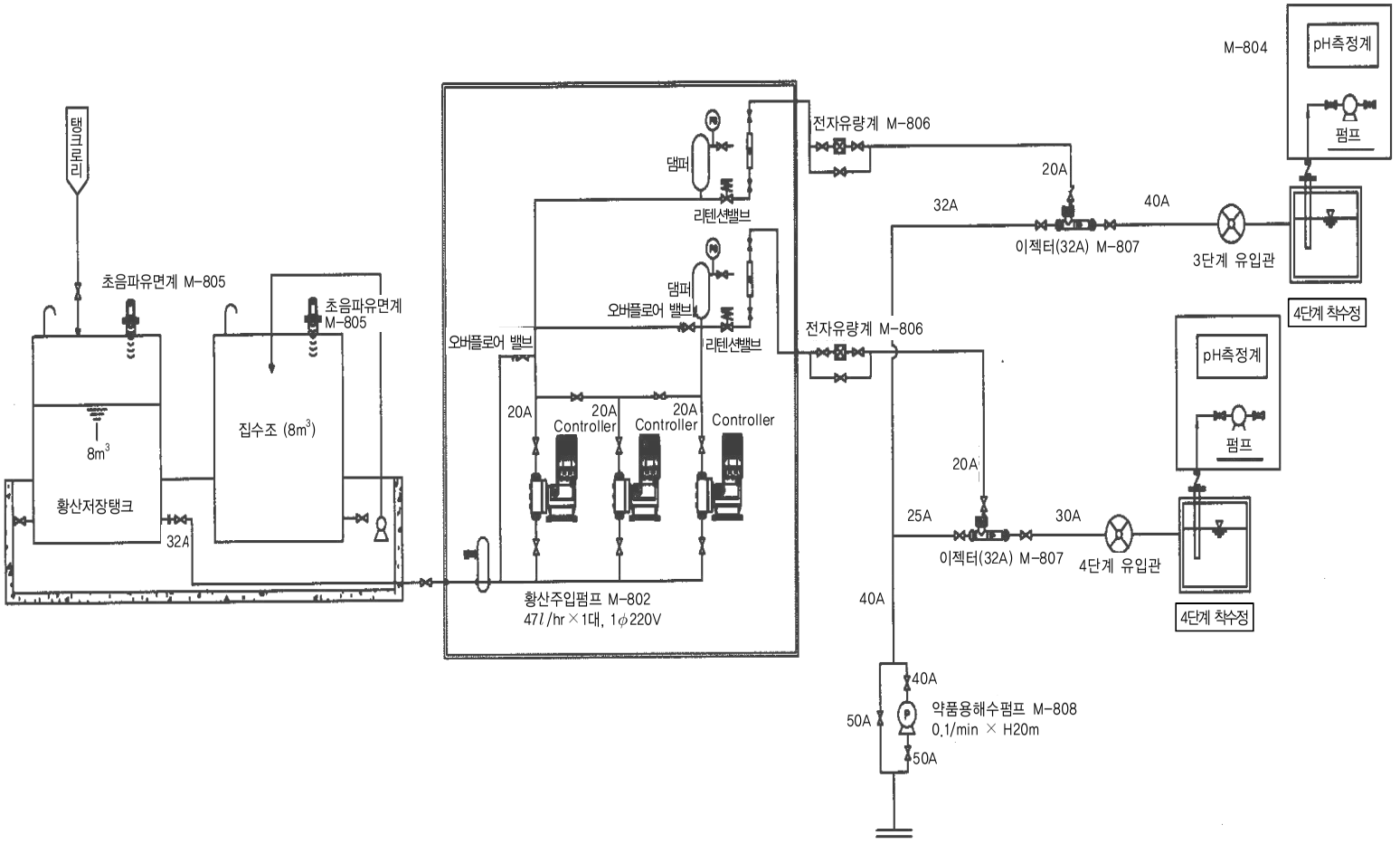
〈표 5.21.1〉 헨리상수에 따른 기체 용해도

기체 종류	헨리상수 (mol/L·atm @25 ℃)	분자량 (MW)	용해도 (g/L·atm @25 ℃)	상대적인 용해도 비교
오존(O_3)	$10^{-2.05}$	48 g/mol	0.43	1
이산화탄소(CO_2)	$10^{-1.49}$	44 g/mol	1.42	3.3
염소(Cl_2)	$10^{-1.07}$	71 g/mol	6.04	14.1

〈표 5.21.2〉 이산화탄소 주입 방식별 주요특징 및 장단점

구 분	가스 주입방식		탄산 용해수 주입식	
	가스 직접주입식	급속분사교반장치 (Water champ)	고정식혼화형식 (Static Mixer)	이젝터 형식 (Ejector)
개 요				
내 용	CO_2가스를 이젝터, 산기판, Jet 노즐 등을 사용하여 직접 원수내 주입	급속분사교반기를 사용하여 원수내 CO_2 가스를 고속분사	고정식 혼화장치를 통해 CO_2용해수로 변환 후 최종 디퓨저로 주입	이젝터를 이용하여 CO_2 용해수로 만든 후 디퓨저로 주입
장·단점	- 설치가 간단하며 유지관리 용이 - 고장이 작다 - 공사비 저렴 - 에너지 소비 적음 - 용해효율 낮음 (35~45 % 추정)	- 설비구성이 간단하여 유지관리 용이 - 용해수 설비 불필요 - 용해효율 비교적 높음 (90 % 이상) - 고장시 대처 곤란 - 특정 외산장비에 의존	- 용해 효율 비교적 높음 (90 % 이상) - 미국 적용실적 많음 - 설치 및 유지관리비 높음 - 고압의 용해수 필요 - 손실수두가 크다	- 설비가 단순하며 유사 설비 경험 많음 - 가격이 비교적 저렴 - 유사 설비에 대한 국내 기술력 보유 - 용해율 보통 (80 % 이상)
가격	낮음	높음	높음	중간

황산(H_2SO_4)은 1종 93 % 이상, 2종 75 % 이상으로 구분되어 있다. 함량 10 % 이상의 황산은 유해화학물질관리법에 의해 유독물로 분류되어 정수장에서 황산 사용시 유해화학물질관리법 적용을 받으며, 1종 황산(93 %이상)은 소방기본법에 제6류 위험물로 지정되어 있어 정수장에서 황산을 사용시 소방기본법의 적용을 받는다. 사용설비 구성시 관계법령에 따른 인허가를 충분히 고려하여야 한다. 또한, 황산은 농도별 결빙점이 다르므로 사용하고자 하는 농도에 따라 가온시설 등을 고려하여야 한다. 〈표 5.21.3〉에 황산의 농도별 결빙온도를 나타내었다. 개략적인 황산투입설비 공정 구성도는 〔그림 5.21.2〕에 나타내었다.



4단계약품투입등 공동구매 급수배관에 연결

[그림 5.21.2] 황산투입설비 공정구성도

황산 사용시에는 주입량을 적절히 하여 급격한 pH 저하에 유의하여야 한다. 특히, 2종 황산의 부식성은 1종에 비해 높으므로 취급에 주의하여야 하며 내산성 피복과 장갑 등 적절한 안전장구를 구비하여 근무자의 안전에 노력하여야 한다.

〈표 5.21.3〉 황산의 농도별 결빙온도

농도(%)	93.2	91.8	90.6	85.6	81.3	77.6	75.9
결빙온도(℃)	-29.4	-16.4	-9.4	7.1	4.2	-11.4	-22.8

5.21.3 침식성유리탄산 제거

침식성유리탄산을 많이 포함한 경우에는 침식성유리탄산을 제거하기 위하여 폭기처리나 알칼리처리를 한다.

【해설】

침식성유리탄산을 많이 포함한 물은 수도시설에 대하여 pH가 낮은 경우와 마찬가지로 장애를 미친다.

원수에서는 지하수와 호소의 정체기의 저층수에, 정수에서는 전염소와 응집제를 다량으로 사용한 경우에 침식성유리탄산이 많은 것으로 알려져 있다. 유리탄산이 약 20 mg/L를 초과하는 경우에는 침식성유리탄산도 많을 가능성이 있으므로, 수질장애 정도를 감안하여 폭기나 알칼리제를 처리하여 제거하고 중화시켜야 한다. 그러나 침식성유리탄산을 완전하게 제거하지 않더라도 효과를 기대할 수 있는 경우도 있으므로 수질 등을 충분히 조사하여 제거목표치를 정한다.

폭기처리에 의할 경우에는 기액비가 약 20배 정도가 좋다는 보고가 있으나, 반드시 원수수질과 목표제거율을 감안하고 실험을 통하여 설계제원을 정하는 것이 바람직하다. 알칼리처리에 의할 경우의 알칼리제 주입률은 사용하는 알칼리제의 종류에 따라 다르므로 〈표 5.21.4〉로 산출하여 결정한다(5.3 응집용 약품주입설비, 5.13 폭기설비 참조).

〈표 5.21.4〉 유리탄산 1 mg/L을 제거하는데 필요한 알칼리제(mg/L)

소석회(CaO 72%)	소다회(Na_2O_3 99%)	수산화나트륨	
		45%	20%
0.88	2.43	2.02	4.55

[참고-5.21.1] 유리탄산

유리탄산이란 물에 용존되어 있는 이산화탄소(CO_2)로서, 종속성유리탄산과 침식성유리탄산이 있다. 유리탄산은 수중의 탄산수소염(알칼리도의 주체를 이루는 것)을 석출시키지 않도록 하는 역할과 목적을 가지며, 그것에 필요한 양의 유리탄산을 종속성유리탄산이라 하고, 이 양 이상으로 존재하는 유리탄산은 부식작용을 가지므로 그것을 침식성유리탄산이라 한다. 유리탄산은 물의 총산도에 따르며 또 침식성유리탄산은 총산도와 총알칼리도에서 구할 수 있다(공정시험법 참조).

5.21.4 불소주입 및 제거

불소는 충치를 예방할 목적으로 주입시설을 설치할 수 있으며, 원수 중에 과량으로 존재하면 반상치(반점치) 등을 일으키므로 제거해야 한다.

1. 불소주입
   치아우식증 예방을 위하여 정수처리 과정에 불소를 주입할 경우 불소주입기 등 관련시설을 설치하고 불소화합물을 주입한다.
2. 불소제거
   원수 중에 불소가 과량으로 포함된 경우에는 불소를 감소시키기 위하여 응집침전, 활성알루미나, 골탄, 전해 등의 처리를 한다.

【해설】

1. 불소주입

불소주입기는 크게 분말주입법과 용액주입법으로 나눌 수 있다. 분말주입법에 사용되는 주입방식에는 용적주입기와 중량주입기가 있으나 정확한 양의 불소를 주입하기 위해서는 중량주입기를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 지리적으로나 경제적인 여건 및 불소화합물 공급의 용이성을 고려하여 결정한다.

주입하는 불소화합물로는 지금까지 불화나트륨(NaF)이 사용되었으나, 불화규소산(H_2SiF_6), 불화규소나트륨(Na_2SiF_6)을 사용할 수 있다. 현재 생산되고 있는 불화나트륨과 불화규소나트륨은 분말형 또는 크리스탈형이며 불화규소산은 액체형의 약품으로, 불소화합물의 종류와 주입 시스템의 특성은 〈표 5.21.5〉와 같다.

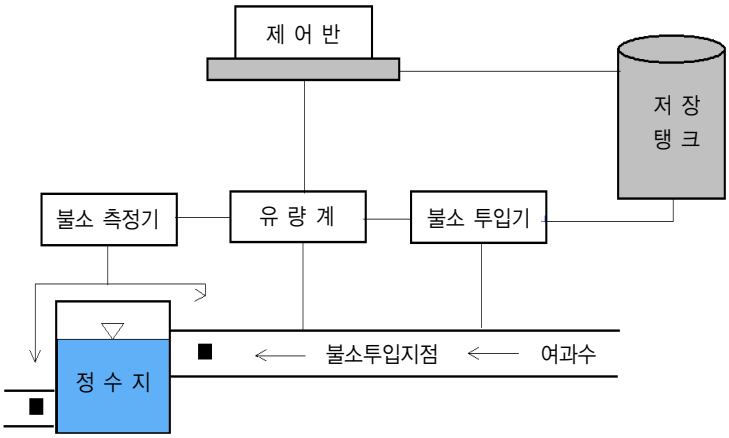
불화규소산(액체형) 주입설비는 〔그림 5.21.3〕과 같이 저장탱크, 불소투입기, 불소농도 자동측정기 및 제어반으로 이루어지며, 투입은 유량 및 농도 복합제어로 운영하도록 한다.

또한 불소주입시에는 온도 등을 고려하고 정해진 불소농도를 크게 초과하거나 불소주입기 고장 등이 의심스러운 경우 불소주입을 중지해야 한다.

〈표 5.21.5〉 불소화합물의 종류와 주입 시스템

구 분	불화규소나트륨	불화나트륨	불화규산
분자식	Na_2SiF_6	NaF	H_2SiF_6
형태	백색분말 또는 매우 세립한 결정	백색분말 또는 결정체	무색투명 액체
시판품의 순도(%)	98~99	90~98	23~24
분자량(MW)	188.05	42.0	144.08
pH	3.5	7.4	1.2(1 % 용액)
비중	2.68	-	1.220(17.5 ℃) (10.17 lb/gal)

구 분	불화규소나트륨	불화나트륨	불화규산
불화물의 비율(%)	60.7	45.25	79.2
용해도(g/100mL at 25 ℃)	0.762	4.05	무한
용액의 응고점	0 ℃	0 ℃	-22 ℃
운송방식	봉지에 넣거나 드럼 또는 용기에 넣음		드럼 또는 용기에 넣음
정수장 규모	중·대규모	소규모	중·대규모
주입 시스템의 구성	• 고형약품 • 경도가 수돗물에서 75 ㎎/L($CaCO_3$ 환산)을 초과하는 경우에는, 연수처리가 필요 • 2대의 batch 시스템용 용해조 • 집진장치를 고형제 주입기 또는 약품용해 준비실에 설치		• Neoprene Lining을 한 강제탱크 등의 액체 저장조 • 소비량을 읽을 수 있는 저울을 붙인 저장탱크 • 신뢰성이 높은 계량 펌프



[그림 5.21.3] 불화규소산(액체형) 공정구성도

2. 불소제거

불소는 음용수 중에 적정량 존재하면 충치를 예방하지만 다량으로 존재하면 해가 되며 「먹는물수질기준」에서 불소는 1.5 mg/L 이하(참고로 일본의 수질기준은 0.8 mg/L 이하)로 정하고 있다. 수중의 불소는 주로 지질에 기인하며 화강암지대의 지하수와 용천수 중에 많이 존재하고 온천, 광산폐수, 공장폐수 등으로부터 혼입되는 경우도 있다.

불소제거처리는 응집침전법, 활성알루미나법, 골탄법, 전해법 등이 있지만, 처리효율이 낮기 때문에 가능한 한 수질이 좋은 다른 수원의 물을 혼합하여 희석하거나 수원을 전환하는 것이 바람직하다.

응집침전법으로 불소를 제거하는 경우는 통상의 응집침전에서의 주입률보다 다량의 황산알루미늄을 주입해야 한다. 불소 2.5 mg/L에 대하여 황산알루미늄 300 mg/L을 주입하여 처리하면 처리수의 불소농도는 0.5 mg/L인 예가 있다. 응집침전으로 불소를 제거하는 방식은 pH의 영향을 받으며,

pH 6.3~6.7이 최적의 범위라고 되어 있다. 이 방법은 황산알루미늄 주입률이 높기 때문에 침전시간을 충분히 확보하는 것이 필요하다. 또 최적 pH를 유지하기 위하여 다량의 알칼리제가 필요하다. 다량의 황산알루미늄을 가하므로 침전시간이 충분해야 하며 슬러지의 탈수성이 나빠지므로 주의를 요한다.

활성알루미나법은 저부에 집수장치를 설치한 조에 여재로서 활성알루미나를 넣고 이것에 여과수 또는 탁질을 함유하지 않은 원수를 통과시켜 불소를 제거하는 처리법이다. 활성알루미나는 활성알루미나겔($Al_2O_3 \cdot nH_2O$)을 황산 또는 황산알루미늄 용액에 집어넣어 얻은 $Al_2O_3H_2SO_4 \cdot nH_2O$ 또는 $Al_2O_3Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$와 같은 것이고, 불소를 함유한 물을 통과시키면 불소이온이 황산이온과 치환하여 활성알루미나에 흡착된다. 이 처리방법은 활성알루미나의 이온교환작용을 이용한 방법으로 불소이온이 설정농도 이상으로 누출되면 약품을 사용하여 활성아루미나의 불소제거능력을 재생하는 조작이 필요하며, 그 조작은 활성알루미나에 대하여 5~10배 용량의 1 % 황산알루미늄 용액을 통과시켜 재생한다.

골탄법은 골탄을 여재로서 여과층에 여과수 또는 탁질을 함유하지 않은 원수를 통과시켜 불소를 제거하는 처리법으로, 골탄 중의 인회석이 불소이온에 대하여 친화력을 가지며 활성탄과 같이 큰 표면적을 가지므로 이온교환이나 흡착으로 불소를 제거하는 효과가 있다. 골탄의 주성분은 인산삼칼슘($Ca_3(PO_4)_2$)이고 불소이온이 불소인회석($Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$)으로 제거된다. 골탄은 5~10배 용량의 수산화나트륨용액을 통과시켜 재생한다.

전해법은 원수에 탄산칼슘을 첨가·전해하여 불화칼슘 콜로이드를 생성시키고, 이것을 규조토의 플록에 흡착시켜 제거하는 방법으로 전해처리 후에 여과한다. 또 전해처리할 때에는 염화마그네슘이나 염화나트륨도 첨가되기 때문에 처리수의 경도와 염류를 증가시킨다.

어느 처리방법을 채택하더라도 실험을 통하여 처리조건, 시설 용량, 구조 등을 정할 필요가 있다(5.3 응집용 약품주입설비 참조).

5.21.5 비소 제거

비소가 다량 포함되어 있는 원수에서 비소를 제거하기 위하여 응집처리 또는 활성알루미나, 수산화세륨, 이산화망간 중 하나를 사용하여 흡착처리를 한다.

【해설】

수중의 비소는 주로 지질에 기인하며 지하수나 용천수 중에 많이 존재하는 경우가 있다. 또한 온천이나 광산폐수 등으로부터 표류수에 혼입되는 경우도 있다. 비소는 환원상태에 있는 지하수 중에는 3가의 아비산 형태로, 호기상태의 표류수 중에는 5가의 비산 형태로 존재하는 경우가 많다. 비소는 미량이라도 장기간 섭취하면 피부의 각화증(角化症), 흑피증(黑皮症), 말초신경계의 만성중독 등을 야기한다. 「먹는물수질기준」에는 비소가 0.05 mg/L 이하로 정해져 있다.(11.1.1부터 0.01 mg/L 이하로 강화됨)

원수 중에 비소의 농도가 높은 경우에는 우선 다른 수원으로의 전환을 검토한다. 그러나 적당한 수원이 없으면, 비소를 제거할 필요가 있다. 비소를 제거하기 위하여는 응집처리 또는 활성알루미나, 수산화세륨, 이산화망간 중 적당한 것을 선택하여 흡착처리를 하면 되지만, 각 처리법에서 제거할 수 있는 비소의 형태는 다르다.

응집처리에는 응집침전에 의한 제거방법과 응집여과에 의한 제거방법이 있고, 어느 것이나 5가비소를 효과적으로 제거할 수 있다. 원수에 3가비소가 포함된 경우에는 전염소처리에 의하여 3가비소를 5가로 산화시킨다. 응집여과에서는 응집제를 첨가한 다음 즉시 상향류연속이동상여과지에 처리수를 도입하여 직접여과와 같은 원리로 비소를 제거하며 그 후 급속모래여과를 한다. 처리공정의 일례를 〔그림 5.21.4〕에 나타내었다. 이 방법에서는 비소를 0.02~0.03 mg/L의 농도로 포함한 원수에 응집제를 20 mg/L 주입하여 수질기준 이하로 비소를 제거한 예가 있다. 상향류연속이동상여과지나 급속모래여과지의 세척배출수 중에는 비소가 포함되어 있으므로 세척배출수 처리에 대하여 미리 검토해야 한다.

응집침전에 의한 방법은 5.4 응집지, 5.5 침전지, 5.7 급속여과지에 준한다. 응집침전법으로 비소를 제거하는 경우에는 발생되는 슬러지 중에 비소가 포함되기 때문에 슬러지의 유효이용 또는 처분에 관하여 미리 검토해야 한다.

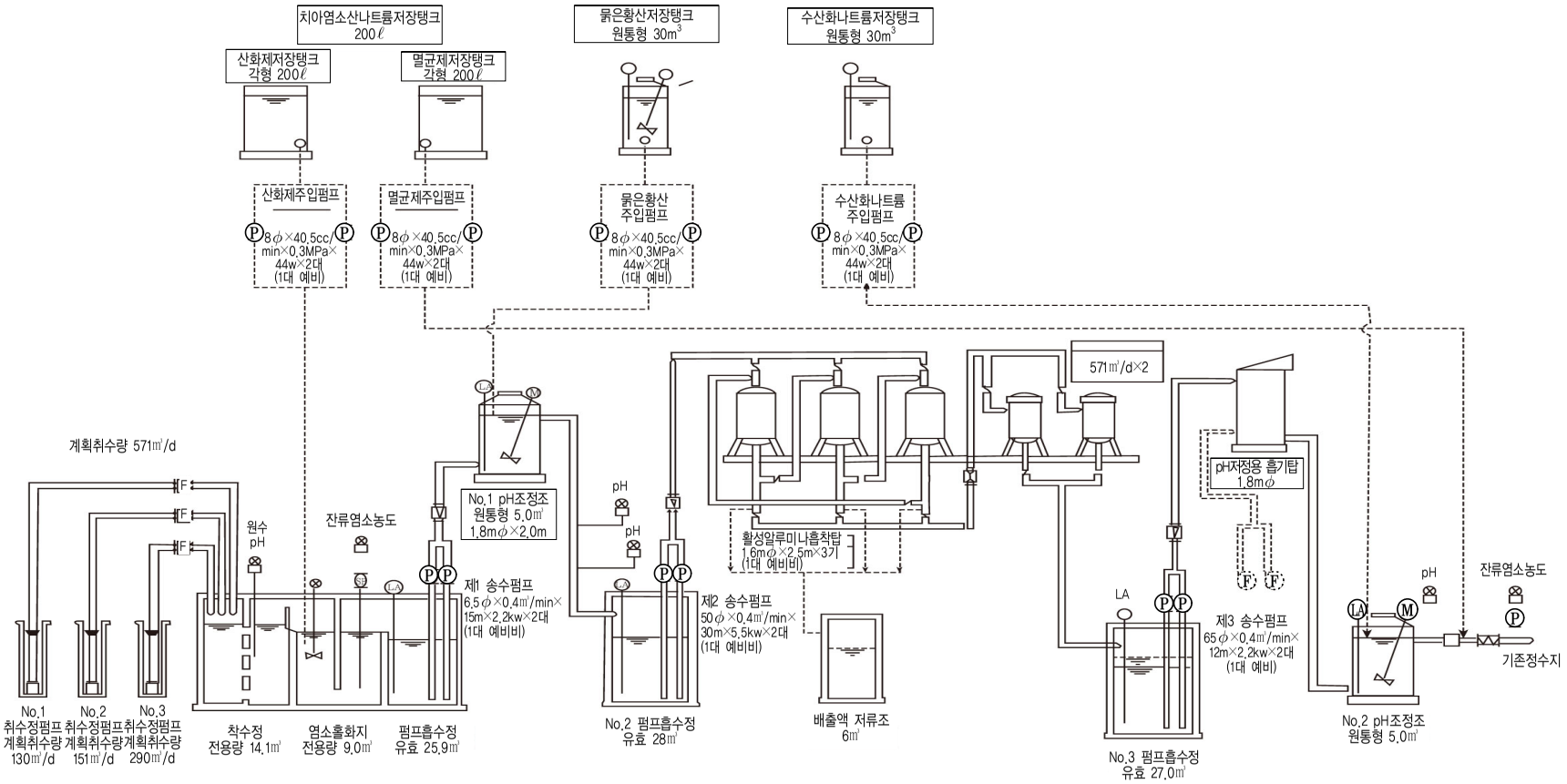
활성알루미나 또는 이산화망간을 사용하는 흡착처리에서는 5가비소를 제거할 수 있으므로, 처리수에 3가비소가 포함된 경우에는 응집처리와 마찬가지로 미리 염소에 의하여 3가비소를 5가비소로 산화시킨다. 흡착시의 pH는 활성알루미나에서는 4~6, 이산화망간에서는 5~7이 효과적인 범위이므로 처리수의 pH가 이 범위를 벗어난 경우에는 pH조정이 필요하다. 0.03~0.05 mg/L의 비소를 포함한 지하수를 활성알루미나를 이용하여 처리할 경우 활성알루미나 부피의 4만배 이상의 원수까지 처리한 예도 있다. 또한 이산화망간을 사용하여 상기와 같은 정도의 비소를 포함한 유입수를 예도 있다. 활성알루미나를 사용한 비소흡착처리공정의 배치를 〔그림 5.21.5〕에 나타내었다. 수산화세륨을 흡착제로 사용하는 경우에는 3가 및 5가비소를 흡착할 수 있다.

흡착범위는 pH 5~8이므로 pH조정 및 전염소처리가 거의 필요없다.

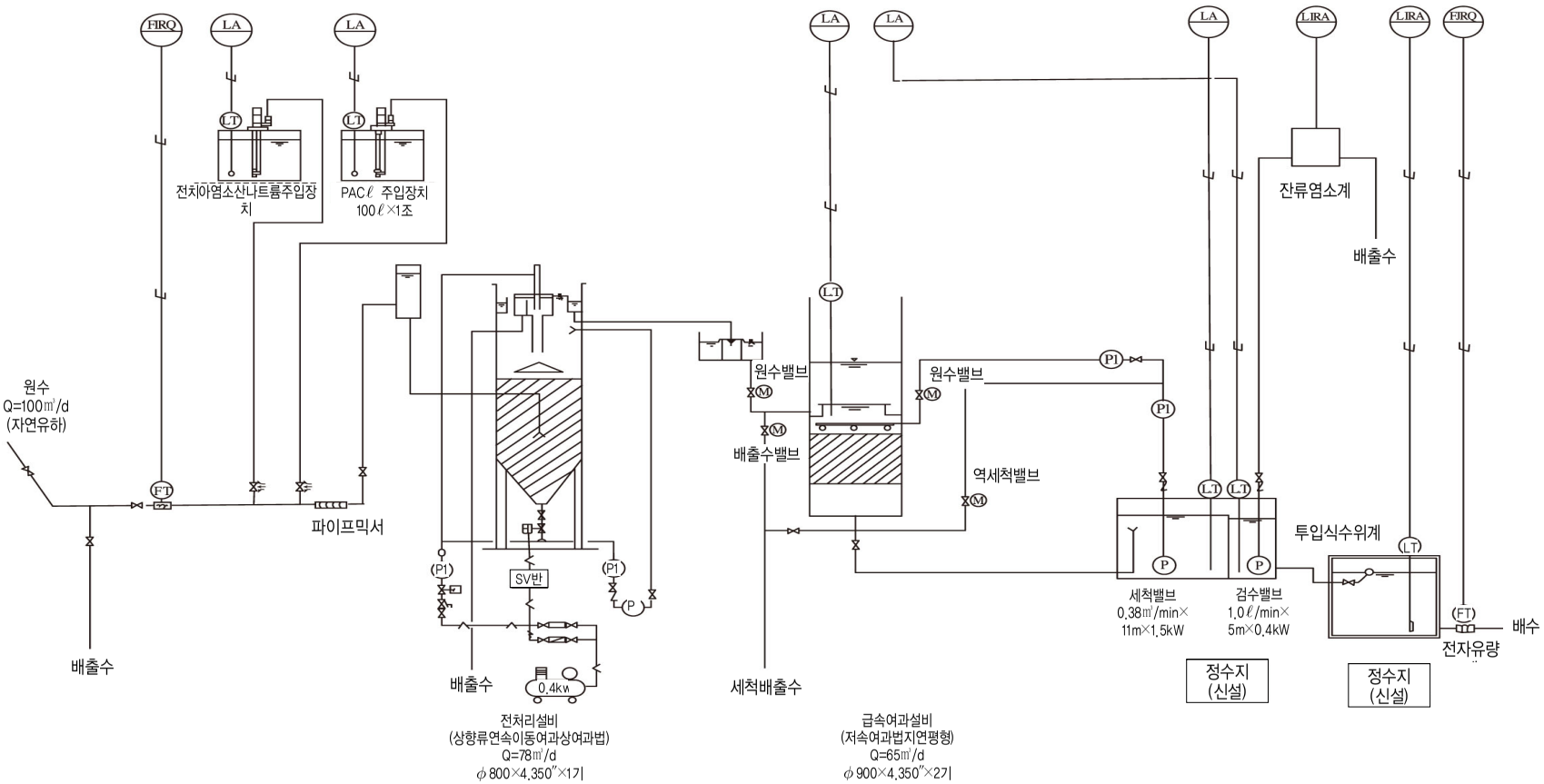
0.02~0.03 mg/L 정도의 비소를 포함한 지하수를 수산화세륨을 사용하여 흡착처리할 경우 흡착제 부피의 4만배 이상의 지하수까지 처리한 예가 있다.

어떤 흡착처리에서도 흡착탑에서의 공간속도(SV)는 5~10/h 정도이고 원수 중에 탁질성분이 포함된 경우에는 흡착처리 전에 탁질성분을 제거할 필요가 있다.

활성알루미나, 이산화망간, 수산화세륨 등의 비소제거능력이 저하되었을 경우에는 흡착제를 교환해야 한다. 사용한 흡착제는 「폐기물관리법」에 근거하여 적절하게 처분한다.(5.3 응집용 약품주입설비, 5.7 급속여과지, 5.12 전염소·중간염소처리 참조).



[그림 5.21.4] 상향류연속이동상응집여과법에 의한 비소제거공정의 예



[그림 5.21.5] 활성알루미나를 이용한 비소흡착처리공정의 예

5.21.6 색도 제거

색도가 높을 경우에는 색도를 제거하기 위하여 응집침전처리, 활성탄처리 또는 오존처리를 한다.

【해설】

여기서 말하는 색도란 주로 자연적 원인으로 인하여 발색되는 색도로 이탄지(泥炭地)를 흐르는 표류수와 유기물이 많은 토양지역의 지하수 중에서 볼 수 있는 부식질로 인한 유황색이나 황갈색의 착색이다. 부식질의 주된 성분은 분자량이 비교적 큰 휴믹산(humic acid)과 분자량이 휴믹산보다 작은 펄빅산(fulvic acid)이다. 색도물질을 제거하는 데는 응집침전처리, 활성탄처리 또는 오존처리가 유효하다.

응집침전처리에는 응집제 주입량을 증가시키면서 응집처리되는 동안에 처리수의 pH를 6 전후로 조정함으로써 휴믹산을 제거할 수 있다.

활성탄처리에는 휴믹산이나 펄빅산의 양쪽을 모두 제거할 수 있지만, 휴믹산에 대한 제거능은 펄빅산에 대한 제거능보다는 작으며 또한 펄빅산의 흡착능도 감소된다. 낮은 pH 조건에서 응집침전처리와 활성탄처리를 조합시키는 방법이 적절하다. 원수가 철, 망간으로 착색된 경우에는 산화·응집침전으로 제거할 수 있다(5.20 철·망간 제거설비 참조).

오존처리는 휴믹산과 펄빅산으로 인한 색도제거에 유효하다. 원수를 오존처리하는 경우는 망간이나 철로 인한 착색이 문제가 되고, 트리할로메탄의 생성능이 증가하는 경우가 있으므로 주의가 필요하다(5.4 응집지, 5.5 침전지, 5.16 분말활성탄 흡착설비, 5.17 입상활성탄 흡착설비, 5.14 오존처리설비 참조).

5.21.7 소독부산물 대책

소독부산물 전구물질을 다량으로 함유한 경우에는 그 저감을 위하여 활성탄처리 또는 전염소처리를 대신하여 중간염소처리 등을 한다.

【해설】

트리할로메탄(THM), 할로초산(HAAs) 등의 소독부산물은 정수처리공정에서 주입되는 염소와 원수 중에 존재하는 브롬, 유기물 등의 전구물질과 반응하여 생성되는 것이다.

소독부산물의 전구물질을 제거하는 방법은 전구물질이 현탁성인지 용해성인지에 따라 적절한 방법을 선정한다. 현탁성 전구물질 제거는 응집침전에 의하고, 용해성 전구물질 제거는 분말활성탄처리나 입상활성탄처리 등으로 한다. 이들 소독부산물 전구물질의 제거방법을 채택할 경우, 전염소에 대신할 산화제를 필요로 할 수도 있으므로 실험으로 확인해 두는 것이 필요하다. 응집침전설비와 중간염소처리를 조합시키는데에는 비교적 분자량이 큰 전구물질을 제거할 수 있고 트리할로메탄의 생성량을 20~40 % 정도 감소시킬 수 있다. 이 경우 응집제 주입률은 자-테스트를 통하여 결정하지만, 탁질을 제거하는 것만을 목적으로 하는 적정주입률과는 다르므로 별도의 실험으로 주입량을 설정할 필요가 있다. 또 중간염소처리를 하고자 할 때 원수 중에 용해성 망간과 암모니아성질소가 공존하는 경우에는 망간의 색콜로이드에 의한 색도장애를 일으킬 우려가 있으므로 5.12.3 중간염소처리를 참조한다.

분말활성탄을 전구물질 제거에 사용할 경우에는 전구물질이 최대 200 μg/L 일 때 분말활성탄을 50 mg/L 주입하여 40~60 %, 분말활성탄 100 mg/L을 주입하여 50~80 %까지 제거한 예도 있다. 일반적으로는 분말활성탄 1 mg/L당 0.5~3 μg/L의 트리할로메탄 전구물질의 제거효과가 있다고 한다. 입상활성탄처리를 트리할로메탄 또는 그 전구물질 제거에 사용할 경우에는 전염소처리 또는 중간염소처리를 할 경우와 하지 않을 경우, 오존처리를 병용하는 경우와 구별될 수 있다(5.17.2 처리공정의 선정 참조).

전염소처리에 의해 생성된 트리할로메탄을 입상활성탄으로 제거할 경우에는 유입 농도와 활성탄의 종류에 따라서 차이는 있지만 활성탄의 유효흡착기간이 대략 3~6개월 정도이다.

중간염소처리를 하고 트리할로메탄 생성량이 증가하지 않는 단계에서 트리할로메탄과 그 전구물질을 입상활성탄으로 제거하는 경우에는 트리할로메탄 생성능의 제거율은 100일 이상에 걸쳐 50 % 이상을 유지한 예도 있다. 전염소처리나 중간염소처리를 하지 않고 이른바 생물활성탄처리로 트리할로메탄 전구물질을 제거하는 경우에는 SV 5~6 정도에서 100~160일간 50~70 % 이상의 제거율을 갖고 그 후에도 저수온시를 제외하면 30 % 정도의 제거율이 장기간 가능한 예가 있다. 이 경우 오존처리를 병용하면 용해성의 트리할로메탄 전구물질 농도가 비교적 높은 경우에도 장기간 좋은 제거효과를 나타낸다. 다만 오존주입률이 낮으면 트리할로메탄 전구물질이 증가하므로 용존유기탄소(DOC) 1 mg/L당 오존주입률은 1 mg/L 정도가 필요하다. 트리할로메탄 대책으로서 트리할로메탄 전구물질의 제거와는 별도로 결합염소처리가 있다. 지하수 등을 원수로 세균이 적고 암모니아성질소를 포함한 경우에는 결합염소소독을 할 수 있다. 또 트리할로메탄 전구물질을 다량 포함하고 있으며 입상활성탄 처리를 하더라도 트리할로메탄의 생성능이 높은 경우에는 결합염소로 소독하여 트리할로메탄의 생성을 억제할 수 있다. 이 경우 암모니아성질소가 잔존하는 경우에는 그 양 1에 대하여 염소 5 이하의 비율로 주입하여 결합염소를 생성시키는 방법과, 일단 유리염소로 소독한 다음 암모니아를 주입하여 결합염소를 생성시키는 방법이 있다. 어느 처리방법을 채택하더라도 실험을 통하여 적절한 처리조건을 확인하는 것이 필요하다(5.3 응집용약품주입 설비, 5.11 소독설비, 5.12 전염소·중간염소 처리, 5.14 오존처리설비, 5.16 분말활성탄 흡착설비, 5.17 입상활성탄 흡착설비 참조).

5.21.8 휘발성유기화합물 대책

휘발성유기화합물(트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등)을 함유한 경우에는 이를 저감시키기 위하여 폭기처리나 입상활성탄처리를 한다.

【해설】

트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등(이하 휘발성유기화합물(VOCs)이라 한다)에는 사람의 건강에 대한 만성독성이 우려되는 물질도 있다. 종래 청정하고 안전한 상수원이라고 생각되었던 지하수 중에서 검출된 사례가 보고되고 있다. 모두 휘발성이 높기 때문에 표류수 중에는 존재하더라도 극히 미량으로 존재한다. 휘발성유기화합물로 오염된 지하수를 수원하는 하는 곳에서는 오염의 영향을 받지 않는 표류수나 오염의 영향이 없는 대수층에서 취수하는 등 수원을 변경하는 것이 바람직하다.

〈표 5.21.6〉 폭기에 필요한 기액비

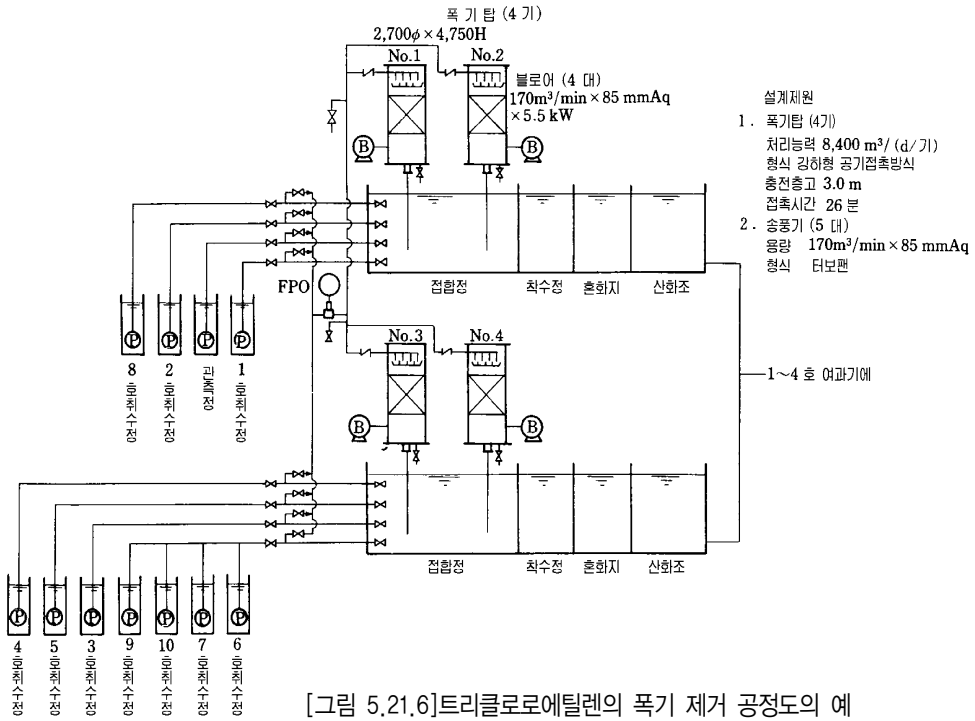
화합물	유입농도(μg/L)	유출농도(μg/L)														
		0.1			1			10			50			100		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
트리클로로에틸렌	1,000	2:1	40-136:1	76:1	2:1	25-100:1	54:1	2:1	10-66:1	32:1	2:1	4-44:1	17:1	2:1	3-34:1	11:1
	100	2:1	25-100:1	54:1	2:1	10-66:1	32:1	2:1	3-34:1	11:1	〈1:1	1-10:1	1:1	〈1:1		
	10	2:1	10-66:1	32:1	2:1	3-34:1	11:1									
	1	2:1	3-34:1	11:1												
테트라클로로에틸렌	1,000	1:1	25-320:1	96:1	1:1	17-150:1	72:1	〈1:1	11-65:1	45:1	〈1:1	8-36:1	26:1	〈1:1	6-30:1	18:1
	100	1:1	17-150:1	72:1	1:1	11-65:1	45:1	〈1:1	6-30:1	18:1	〈1:1	2-7:1	1:1			
	10	1:1	11-65:1	45:1	1:1	6-30:1	18:1									
	1	1:1	6-30:1	18:1												
1,1,1-트리클로로에탄	1,000	6:1	60-600:1	198:1	6:1	21-260:1	90:1	6:1	10-120:1	35:1	6:1	5-65:1	14:1	6:1	4-52:1	8:1
	100	6:1	21-260:1	90:1	6:1	10-120:1	35:1	6:1	4-52:1	8:1	4:1	1-15:1	1:1			
	10	6:1	10-120:1	35:1	6:1	4-52:1	8:1									
	1	6:1	4-52:1	8:1												

a : 헨리상수의 역수로부터 구한 공기와 물의 이론상 최적비
b : 실험결과로부터 외삽법으로 구한 범위
c : b로부터 산출한 평균치

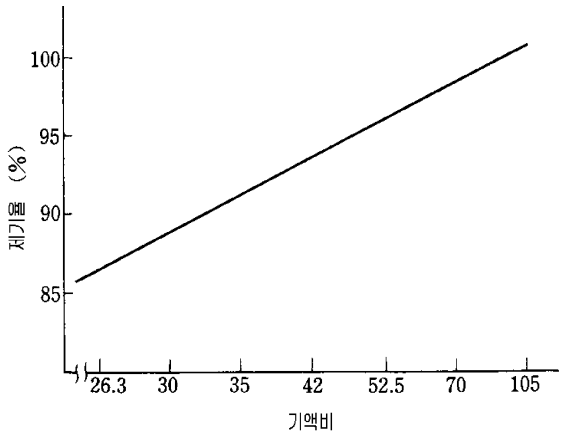
그러나 수원을 변경하는 것이 곤란한 경우에는 이들 물질을 제거하기 위하여 폭기(또는 탈기처리)설비 또는 입상활성탄 흡착설비를 설치하는 것이 필요하다. 폭기에 의한 방법은 휘발성유기화합물이 물에 대하여 용해도가 낮고 휘발성이 강하다는 성질을 이용하여 수중(액상)에서 대기(기상)로 휘산시키는 것이다. 폭기에는 여러 가지 방식을 들 수 있지만 효율과 경제성을 고려하면 공기주입방식과 충전탑방식이 우수하다. 공기주입방식은 수조 바닥에 설치된 산기판과 산기관에서 공기를 불어넣는 방식을 표준으로 하며, 설치장소는 수질관리면과 장치의 부식방지 면에서 염소주입점 이전으로 하는 것이 바람직하다. 송기량은 원칙적으로 실험으로 정한다. 통상 기액비를 4~10배 정도로 하는 경우가 많다.

충전탑방식인 경우에는 충전탑으로의 물부하량이 $4\,m^3/m^2 \cdot h$ 이상 필요하고, 실시 예로서는 $50\sim60m^3/m^2 \cdot h$가 사용되고 있다. 충전탑층의 높이는 용량계수 등에 따라 정하지만 실험에서 처리대상물질의 최적기액비를 구한 조건에서 접촉폭기시간을 최저 2분 이상, 통상은 3~10분을 확보할 수 있도록 결정한다. 충전탑의 기액비는 실험으로 정하는 것을 원칙으로 한다. 이론상 최적비와 폭기실험에서 얻어진 기액비의 예를〈표 5.21.6〉에 나타내었다. 또한 실시 예로서 트리클로로에틸렌의 폭기설비공정도의 〔그림 5.21.6〕에, 기액비와 트리클로로에틸렌 제거율의 관계를 〔그림 5.21.7〕에 나타내었다.

입상활성탄에 의한 경우 접촉시간은 대략 15분 정도를 목표로 하여 탄층두께와 여과속도를 정하면 된다. 그러나 활성탄 흡착능은 공존하는 유기물과 그 양에 따라 변화하므로 반드시 처리대상 원수에 대하여 실험을 하고 각종 설계제원을 결정할 필요가 있다(5.13 폭기설비, 5.17 입상활성탄 흡착설비 참조).



[그림 5.21.6]트리클로로에틸렌의 폭기 제거 공정도의 예



[그림 5.21.7] 기액비와 트리클로로에틸렌 제거율의 관계

5.21.9 음이온계면활성제의 제거

음이온계면활성제를 다량으로 함유한 경우에는 음이온계면활성제를 제거하기 위하여 활성탄처리나 생물처리를 한다.

【해설】

음이온계면활성제가 수중에 유입되면 거품이 생기며, 주로 공장폐수나 가정하수 등의 혼입이 원인이 된다. 수질기준에서는 0.5 mg/L 이하로 정하고 있다. 음이온계면활성제를 제거하는 방법으로서는 분말활성탄처리, 입상활성탄처리, 생물처리 등이 있다.

분말활성탄은 입상활성탄에 비하여 단위질량당 표면적이 크고 음이온계면활성제의 흡착량도 많다. 접촉시간은 제거실험 결과 적어도 30분 이상이 필요한 것으로 보고되고 있다. 제거효과를 높이기 위해서는 분말활성탄 접촉시간을 늘려 흡착능을 충분히 이용하도록 한다.

음이온계면활성제를 0.5 mg/L 이하로 제거하는 데에 필요한 주입률은 원수 농도에 따라 다르며, 지금까지의 보고에 의하면 음이온계면활성제 농도의 약 20배의 주입률이 필요하다고 한다. 입상활성탄처리는 사용하는 활성탄에 따라 유효흡착기간이 다르지만, 여층체적의 20,000에서 30,000배의 물을 처리할 수 있다는 보고가 있다.

생물활성탄처리는 저농도(0.5 mg/L 이하) 음이온계면활성제가 유입될 경우, 3년 이상 장기간 안정적으로 0.01 mg/L 농도까지 제거할 수 있다는 사례도 있다.

생물처리에서는 음이온계면활성제가 0.4~0.5 mg/L인 원수를 체류시간 약 1시간의 회전원판방식으로 처리할 경우 약 50 %를 제거한 사례가 있다.

일반적으로 음이온계면활성제를 1년에 수개월 이상 제거해야 하는 경우에는 입상활성탄처리, 생물활성탄처리 및 생물처리가, 단기간인 경우에는 분말활성탄처리가 사용된다(5.16 분말활성탄 흡착설비, 5.17 입상활성탄 흡착설비, 5.21.13 생물학적처리 참조).

5.21.10 질산성질소 제거

질산성질소를 다량으로 함유한 경우에는 질산성질소를 제거하기 위하여 이온교환처리, 생물처리, 막처리 등을 한다.

【해설】

질산성질소는 비료의 살포, 분뇨, 축산폐수 등의 혼입에 따른 인위적인 오염에 기인하여 증가하며 음용수 중에 다량 존재하게 되면 메타헤모글로빈 혈증(血症)을 일으킨다. 수질기준에는 질산성질소의 농도가 10 mg/L 이하로 정해져 있다.

원수 중의 질산성질소 농도가 높은 경우에는 다른 수원으로의 전환을 검토해야만 한다. 그러나 적당한 수원이 없는 경우에는 질산성질소 제거설비를 설치해야 한다. 질산성질소를 제거하는 방법에는 이온교환법, 생물처리법, 역삼투막법, 전기투석법 등이 있다.

이온교환법은 이온교환체의 이온과 수중의 이온을 교환하는 것을 목적으로 하여 이온을 제거하는 방법이다. 이온교환에 사용되는 합성이온교환수지는 유지하는 관능기에 따라 양이온교환수지와 음이온교환수지로 크게 나눈다. 질산성질소 제거에 사용되는 것은 R-Cl형의 강염기성 음이온교환수지이며 다음에 보듯이 염소이온과 질산이온이 이온교환된다.

$$R-Cl + NO_3^- \rightarrow R-NO_3 + Cl^-$$

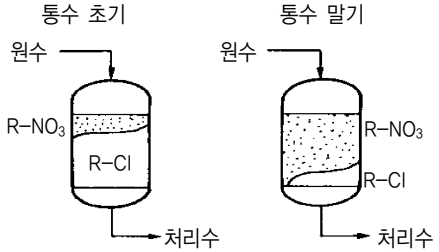
음이온에 대한 이온교환수지의 선택성은 이온가의 수가 높은 이온일수록 선택성이 증가하며 동일한 이온가의 수를 갖는 이온은 원자번호가 클수록 또한 수화반경이 작을수록 선택성이 증대된다. 음이온의 선택성은 다음과 같다.

$$PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > I^- > NO_3^- > Br^- > CN^- > NO_2^- > Cl^- > HCO_3^- > OH^- > F^-$$

그러나 질산성질소보다 선택성이 높은 황산이온 등은 이온교환수지에 교환 흡착되기 때문에 질산성질소의 제거능을 저하시키는 것으로 된다. R-Cl형의 이온교환수지는 그 종류에 따라 염소이온과 탄산수소이온에 대하여 각각 거의 동일한 선택성을 보이고 있다. 그러므로 통수를 개시할 때에 탄산수소이온을 교환 흡착하고 교환반응이 진행됨에 따라 흡착된 탄산수소이온과 수중의 질산성질소를 교환하게 된다.

탄산수소이온이 교환 흡착되는 경우에는 처리수의 pH는 떨어지게 되며 처리를 계속하여 교환 흡착하여 탄산수소이온이 제거되면 처리수의 pH는 높아지기 때문에 pH조정에 주의가 필요하다.
칼럼 내에서의 이온교환반응은 [그림 5.21.8]에 나타낸 바와 같다.

이온교환수지는 유입 측으로부터 차례로 질산성질소 이온을 교환하며 그 교환능을 점차 잃어버리게 된다. 가장 활발하게 이온교환을 하는 부분이 이온교환대이며, 이 이온교환대가 저층부에 도달하게 되면 그 시점까지 제거되던 질산이온이 유출되기 시작한다. 이온교환대가 저층부에 도달하면 안정적으로 제거되지 않기 때문에 재생하여 이온교환능을 회복시켜야만 한다. 한편 이 재생배출수의 처리에 대하여 고려할 필요가 있다.



[그림 5.21.8] 이온교환반응 모식도

생물처리는 탈질균의 활동을 이용하여 질산성질소를 질소가스로 환원하는 방법이며 보통은 탈질균의 유기탄소원으로 알콜류를 첨가한다. 처리장치로서는 하향류의 고정상식, 상향류의 고정상식 또는 유동상식이 있다. 생물처리의 효율은 수온에 따라 영향을 받기 때문에 가장 효율이 떨어지는 저수온기에 목적으로 하는 양의 질산성질소를 제거할 수 있도록 접촉시간을 고려해야만 한다. 유기탄소의 첨가량은 처리하고자 하는 물의 용존산소농도와 목적으로 하는 질산성질소의 제거량에 따라 결정한다.

역삼투막법은 반투막의 한쪽 측면에서 흐르는 처리대상수에 기계적 압력을 가함으로써 불순물을

포함하지 않은 물이 반투막의 반대쪽에서 얻어지도록 하는 방법이다. 역삼투막법은 질산성질소뿐만 아니라 다른 무기이온이나 유기물도 제거할 수 있다. 그러나 다른 방법에 비하여 비용이 고가이다. 그렇기 때문에 질산성질소만을 제거할 목적으로 사용하는 방법으로는 적절하지 않다(5.22 해수담수화시설 참조).

전기투석법은 음이온선택투과막과 양이온선택투과막을 조합시켜 전기적 에너지로 무기이온을 제거하는 방법이다. 지금까지 짠물과 해수의 탈염방법으로 사용된 예가 있다. 이것은 주로 염소이온을 제거하는 것을 목적으로 사용되고 있으며, 질산성질소도 제거할 수 있다. 그러나 질산성질소만의 제거를 목적으로 사용된 예는 거의 없다.

[5.21.10 참고 1] 이온교환처리설비(〈5.21.10 참고도-1〉 참조)

이온교환처리는 물에 현탁물질이 포함된 경우에 현탁물질로 이온교환수지가 오염되어서 처리수의 수질이 떨어진다. 또한 이온교환수지는 유효경이 0.5 mm 전후인 것으로 현탁물질이 수지층에 흡착되고 그 때문에 손실수두가 증가하면서 처리수량이 감소한다. 따라서 미리 현탁물질을 제거한 다음 이온교환처리를 한다.

염소는 이온교환수지에 나쁜 영향을 미치기 때문에 이온교환처리하는 물은 염소를 포함하지 않은 것이 바람직하다.

이온교환수지의 재생에는 1~2시간을 요하기 때문에 빈번하게 재생하는 것은 적당하지 않다. 한편 이온교환수지는 고가이므로 다량의 수지를 사용하여 재생간격을 길게 하는 것도 경제적이지 않다. 따라서 1일1회로 하는 경우가 많다. 수지교환용량은 수지에 포함되는 이온기의 수에 따라 결정된다. 그러나 실제로는 교환용량을 100 % 사용하는 것이 아니고 그보다도 적은 범위로 설계하고 운전되고 있다. 이것은 재생에 따라 수지의 교환능을 100 % 회복시키는 것은 경제적으로 불리하기 때문이다. 그리고 질산성질소 교환능은 피처리수 중에 포함된 황산이온, 철분, 규산, 유기물 등에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 이온교환수지의 필요량을 결정하기 위해서는 미리 처리실험과 재생실험을 하여 경제적으로 유리한 조건을 구하는 것이 바람직하다.

이온교환탑은 2개 이상 설치하거나 또는 재생시간에 상당하는 용량분 이상의 정수지 용량을 설치하여 재생시에도 급수에 지장이 없도록 한다.

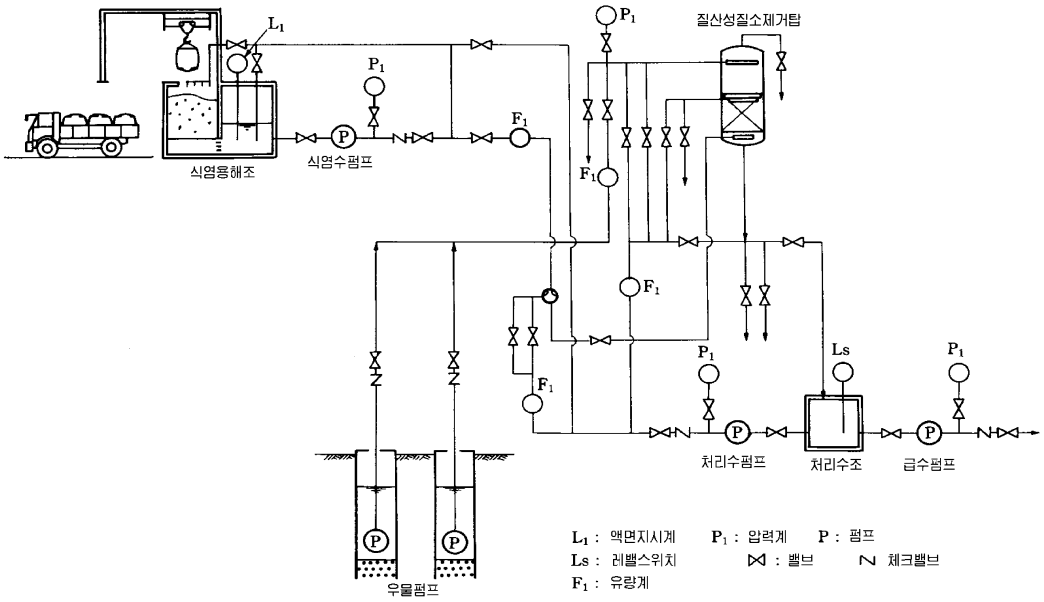
R-C1형의 이온교환수지 재생에는 식염을 사용한다. 재생설비로서는 식염저장고, 식염용해조, 식염수저류조, 식염수 송액펌프, 재생배출액조 등이 필요하다. 재생초기에는 고농도(20 %~포화)의 식염수를 사용하며, 재생 후반에는 저농도의 식염수를 사용한다. 따라서 식염수를 희석시키기 위한 설비와, 재생한 다음에 이온교환수지를 세척하는 설비가 필요하다.

이온교환수지의 운전비용은 대체재생용의 식염비용이다. 한편 수지재생효율과 식염사용량은 비례하지 않으며, 높은 재생효율을 얻기 위해서는 보다 많은 식염이 필요하다. 따라서 미리 실험에 의하여 경제적으로 유리한 재생조건을 구하는 것이 중요하다.

재생으로 생긴 재생배출액에는 이온교환수지에 교환 흡착된 질산성질소나 황산이온 등이 고농도

로 포함되어 있다. 그리고 재생배출액 중의 식염농도도 높으므로 재생배출액의 처리에는 주의를 요한다.

이온교환처리설비의 통수방식으로서는 통수와 재생을 역방향으로 하는 향류식(向流式 : counter-current flow method)과 통수와 재생을 동일한 방향으로 하는 병류식(竝流式 : parallel flow process)이 있다. 일반적으로 통수방식은 향류식이 사용된다. 향류식은 장치와 보수가 병류식에 비하여 복잡하지만 처리수의 수질이 좋고 재생제 사용량도 적다. 향류식에서는 ① 통수를 하향류로 하고, 재생을 상향류로 하는 방법, ② 통수를 상향류로 하고, 재생을 하향류로 하는 방법이 있지만 어느 것이나 상향류시에는 수지를 유동화시키지 않도록 해야 한다.



〈5.21.10 참고도-1〉 이온교환수지설비에 의한 질산성질소의 제거공정도 예

이온교환설비의 실시 예를 다음에 나타낸다.

① 설비 규모 : 1,500 m^3/d

② 수원의 종류 : 지하수

③ 원수 중의 질산성질소농도 : 10 mg/L

④ 처리수 중의 질산성질소농도 : 0.4 mg/L

⑤ 이온교환수지탑

- 수지량 : 2,830 L
- 하향류고정상식
- 공간속도(SV) : 22

- 선속도(LV) :65 m/h
- 재생에 필요한 식염량 :660 kg/회

5.21.11 경수연화(경도 저감)

경도가 높은 경우에는 경도를 감소시키기 위하여 정석(晶析)연화법, 응석침전법, 이온교환법, 제오라이트법 등의 처리를 한다.

【해설】

수중의 경도를 구성하는 성분은 여러 가지 다가금속이온이지만 일반적으로는 칼슘이온과 마그네슘이온의 합계량을 해당되는 탄산칼슘으로 환산하여 나타낸다. 경도는 지질에 연유되며 석회암지대의 지하수나 용천수에 높은 경도가 나타나고 있다. 경도가 높으면 설사의 원인으로 되거나 비누의 세척효과가 떨어진다. 수질기준으로서는 경도가 300 mg/L 이하로 정해지고 있다.

경도성분을 제거하는 처리방법에는 정석(晶析)연화법, 응석침전법, 이온교환법, 제오라이트법 등이 있지만, 처리방법의 선정에는 원수수질과 처리수의 목표수질 등을 고려하여 결정한다.

정석연화법의 처리공정도 예를 〔그림 5.21.9〕에 나타낸 것으로, 수산화나트륨을 주입하여 pH 10 정도로 조절한 원수를 반응조에서 탄산칼슘으로 피복한 유동매체와 접촉시켜 수중의 칼슘을 탄산칼슘으로 유동매체상에 정석시키는 방법으로 그 반응식은 다음과 같다.

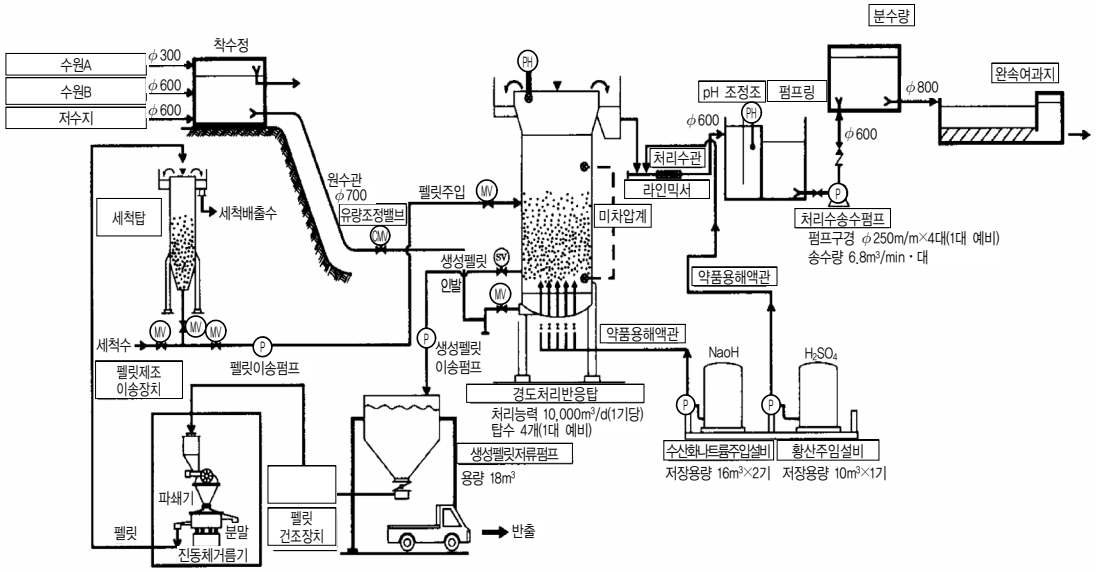
$$Ca(HCO_3)_2 + NaOH \rightarrow CaCO_3 + Na^+ + HCO_3^- + H_2O$$

정석연화법은 시설이 비교적 조밀하고 슬러지처리를 필요로 하지 않는 이점이 있지만, 제거할 수 있는 경도성분은 칼슘이온만이고 마그네슘이온은 제거할 수 없다. 또한 제거되는 칼슘이온과 당량의 알칼리도(중탄산이온)가 소비된다. 유동매체상에서 탄산칼슘의 정석은 pH, 칼슘이온농도, 탄산이온농도, 반응조의 체류시간, 통수속도 등의 영향을 받으므로 설계할 때에는 실험 등을 하여 결정하는 것이 바람직하다.

정석연화법에서는 반응조 유출수의 pH가 높게 되므로 pH조정을 위한 설비가 필요하다. 또한 반응조 중의 유동매체는 탄산칼슘의 정석으로 크기가 변화하며, 제거효율이 떨어지기 때문에 유동매체를 정기적으로 배출하고 보충하는 것이 필요하다.

응석침전법은 원수에 소석회, 소다회, 수산화나트륨 등을 가하여 칼슘이온과 마그네슘이온을 탄산칼슘과 수산화마그네슘으로 침전제거하는 방법이다. 기술적으로는 응집침전법과 같고 경도성분 이외의 탁질이나 중금속이온 등을 동시에 제거할 수 있지만, 마그네슘이온을 제거하기 위해서는 pH를 11 정도로까지 증가시킬 필요가 있다. 또한 슬러지의 처리도 필요하다.

이온교환법은 보통 이온화할 수 있는 무기 또는 유기의 고분자를 중심으로 이온이 교환하는 현상을 이용한 것으로, 이온교환에는 양이온교환과 음이온교환이 있으며 양이온교환 반응을 물처리에 적용하는 원리는 불용성의 고분자 이온교환체의 입자 충진층에 원수를 통과시킴으로서 경도성분 이온을 이온교환체 중의 나트륨(Na^+) 이온과 교환하여 제거하는 것이다. 이온교환막법은 이온교환수지를 박막상으로 늘린 것이며, 중요한 성질은 이온을 선택적으로 투과하는 작용을 갖는 것이다.



[그림 5.21.9] 정석연화법의 처리공정도의 예(단위 : mm)

교환막에는 양이온을 선택투과시키는 양이온 교환막, 음이온을 선택투과시키는 음이온교환막 및 어느 pH 에서나 통과 이온이 변하는 양성교환막 등이 있다. 재생의 필요가 없고 교환능력이 크고 물 처리외 모든 공업분야에도 널리 쓰이고 있다.

제오라이트법은 무기질의 규산염 교환체에 의해 경도를 제거하는 방법으로 이온교환수지 등의 출현 전부터 그린샌드(Green Sand : 천연산 제오라이트)와 합성제오라이트가 사용되어 왔다.

이온교환체는 원수에 나트륨(Na^+)이 많은 경우, 예를 들면 해수가 혼입한 원수 등에서는 연화가 곤란하여 실용성이 부족하고 또 원수중에 철분이 많다든가 착색물질이나 탁질이 포함되어 있으면 그것들이 교환체의 표면을 보호하여 이온교환이나 재생의 기능을 방해하므로 이러한 원수는 예비처리를 하여 청정하게 해두지 않으면 안된다. 이것은 이온교환수지에 대하여도 같다.

5.21.12 조류제거 대책

정수시설 내에서 조류를 제거하는 방법으로는 약품처리 후 침전처리 등으로 제거하는 방법과 여과로 제거하는 방법이 있다.

【해설】

정수시설 내에서 조류를 제거하는 방법으로는 ①약품으로 조류를 산화시켜 침전처리 등으로 제거하는 방법과 ②여과로 제거하는 방법이 있다.

①은 염소제나 황산구리 등의 살조제로 처리하는 방법이고, ②에는 그물눈이 작은 그물망을 친 마이크로스트레이너로 조류를 기계적으로 여과하여 제거하는 방법, 침전처리수에 응집제를 주입하여 여과

층에서 제거하는 방법, 모래여과층의 상부에 안트라사이트를 포설한 다층여과지로 조류를 제거하는 방법 등이 있다.

조류의 종류, 번식시기, 번식규모 외에 정수처리방식이나 정수시설의 종류에 따라 조류제거 효과가 다르기 때문에 과거의 사례를 조사하여 처리방법을 선택해야 한다. 특히 조류에 의한 장애가 심한 경우에는 상기 처리방법들을 조합할 필요가 있다.

조류제거에 사용하는 약품은 위생상 문제가 없고 또 가격이 비교적 저렴하며 소량을 사용하더라도 효과가 높은 것이라야 좋다.

현재 일반적으로 사용되는 약품은 염소제(액화염소, 차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘)와 황산구리이다.

〈표 5.21.7〉에 염소와 황산구리의 조류종류별 표준주입률을 표시하였으며 약품의 처리효과는 수질이나 물리적 환경에 의하여 영향을 받는다.

염소는 물의 염소요구량을 미리 측정하여 조류제거에 필요한 잔류염소를 유지한다.

황산구리는 경도, 알칼리도, 유기물 등에 따라 효과가 저하되며 햇빛이나 수온이 높을수록 효과가 좋아진다. 주입률은 생태계의 안정성과 정수처리후 먹는물 수질기준 준수여부를 고려하여 조절한다.

착수정 또는 취수구, 도수관로 등에서 주입하는 약품은 염소제가 일반적이지만, 일시적으로 주입하는 경우에는 황산구리를 사용할 경우도 있다.

어느 장소에서 주입하더라도 약품과 원수가 충분히 혼합되는 구조로 한다.

또 완속여과방식인 경우에는 사용약품이 여과막을 형성하는 생물들에게 나쁜 영향을 미치지 않는 주입지점과 주입량으로 한다.

약품주입방법은 염소제를 사용하는 경우에는 5.12 전염소, 중간염소처리에 준하고, 황산구리를 사용하는 경우에는 분말형태의 황산구리를 미리 일정량만큼 대형수조 등의 용기에 용해하고 그 용액을 연속적으로 주입하면 좋으나 황산구리를 용해시키는데 어느 정도의 인력이 소요된다.

마이크로스트레이너는 체거름작용으로 조류를 유효하게 분리할 수 있는 설비여야 하며, 금속제 또는 합성섬유제의 미세망을 사용하여 수중의 비교적 대형의 조류나 부유물질 등을 기계적으로 연속하여 제거하기에 충분한 그물눈이라야 한다.

마이크로스트레이너는 응집침전지나 보통침전지의 전단계로서 전염소주입지점보다 상류측에 설치해야 하며, 세척용수는 스트레이너의 여과수 또는 정수를 사용하고 그물눈에 억류된 조류가 연속적으로 배제되는데 필요한 수량과 압력을 가져야 한다. 부대설비로서 우회(bypass) 유로와 세척장치 등을 설치한다.

마이크로스트레이너는 옥외 또는 옥내에 설치하지만 어느 쪽의 경우도 유지관리상 크레인 등을 구비해 두는 것이 바람직하다.

운전을 정지한 경우에는 여과장치의 내외부를 잘 세척하고 슬러지 등의 퇴적물을 제거할 수 있는 구조로 한다.

운전정지기간 중에는 여과망 등에 녹이 생길 우려가 있기 때문에 마이크로스트레이너를 실내에 설치하는 경우에는 환기하여 건조시킬 수 있는 구조로 한다.

〈표 5.21.7〉 살균제와 살조제의 표준주입량

생물			황산구리 ($CuSO_4 5H_2O$) (mg/L)	염소(Cl_2) (mg/L)
남조 류	아나베나	*(Anabaena)*	0.12 ~ 0.48	0.50 ~ 1.00
	마이크로시스티스	*(Microcystis)*	0.12 ~ 1.00	1.00
	아파니조메논	*(Aphanizomenon)*	0.12 ~ 0.50	0.50 ~ 1.00
	오시라토리아	*(Oscillatoria)*	0.20 ~ 0.50	1.10
	폴미디움	*(Phormidium)*	0.3 ~ 1.0	3.00
규조 류	아크난테스	*(Achnanthes)*	0.50	2.00 ~ 3.00
	아스테리오네라	*(Asterionella)*	0.12 ~ 0.20	0.50
규조 류	아티야	*(Attheya)*	0.20	-
	사이클로텔라	*(Cyclotella)*	0.50	1.00
	후라기라리아	*(Fragilaria)*	0.25	2.00
	메로시라	*(Melosira)*	0.33	0.50 ~ 2.00
	노비큐라	*(Navicula)*	0.07	-
	닛치야	*(Nitzschia)*	0.50	-
	리죠소레니아	*(Rhizosolenia)*	0.20 ~ 0.70	-
	스테파노디스커스	*(Stephanodiscus)*	0.25	-
	시네드라	*(Synedra)*	0.50 ~ 1.00	1.00
	타벨라리아	*(Tabellaria)*	0.12 ~ 0.50	0.30 ~ 1.00
녹조 류	안기스트로데스머스	*(Ankistrodesmus)*	1.00	-
	크라미도모나스	*(Chlamydomonas)*	0.50	-
	클로스트리움	*(Closterium)*	0.17	-
	코코미사	*(Coccomyxa)*	2.50 ~ 3.00	-
	코스마리움	*(Cosmarium)*	1.50 ~ 2.00	-
	유도리나	*(Eudorina)*	10.00	-
	팔멜라	*(Palmella)*	0.50 ~ 1.00	2.50~3.00
	세네데스머스	*(Scenedesmus)*	1.00	-
	스페로시스티스	*(Sphaerocystis)*	0.25	-
	스피로기라	*(Spirogyra)*	0.12 ~ 0.20	0.70~1.50
	스타우라스트럼	*(Staurastrum)*	1.50	-
	테트라스포라	*(Tetraspora)*	0.30	1.00~1.50
	율로스릭스	*(Ulothrix)*	0.20	-
	볼박스	*(Volvox)*	0.25	0.30~1.00
	지그네마	*(Zygnema)*	0.50	-
황색편모조류	디노브리욘	*(Dinobryon)*	2.50	0.30~1.00
	말로모나스	*(Mallomonas)*	0.50	-
	시누라	*(Synura)*	0.12 ~ 0.25	0.30~1.00
	우로그레노프시스	*(Uroglenopsis)*	0.05 ~ 0.20	0.30~1.00
와편모 조류	세레티움	*(Ceratium)*	0.33	0.30 ~ 1.00
	페리디니움	*(Peridinium)*	0.50 ~ 2.00	-

2단 응집이란 일반적인 응집·침전처리한 침전처리수에 다시 응집제를 주입하는 처리법으로, 침전처리수에 응집제를 주입한 다음, 곧바로 균일하게 혼화시킬 필요가 있다. 혼화장치는 침전지와 여과지 사이에 혼화지를 설치하거나 관거에 저류판을 설치하며, 응집제와 주입설비는 5.3 응집용 약품주입설비에 준한다.

2단 응집의 응집제주입률은 처리대상 조류의 종류와 처리수질에 따라 다르지만 폴리염화알루미늄을 5~10 mg/L의 범위에서 주입하는 예가 많다.

대부분의 조류는 응집침전으로 80~90 %는 제거되므로 보통은 여과처리에 큰 장애를 주는 것은 아니다.

그러나 응집침전으로 제거하기 어려운 종류, 예를 들면, *Synedra, Melosira, Microcystis*가 발생한다든지 조류의 증식량이 많아서 80~90 %가 제거되더라도 처리수 중에 많은 수의 조류가 남아 있어서 응집침전이 불충분하면 여과지폐색과 여과수에 조류유출 등 장애를 일으킨다.

이와 같은 장애에 대해서는 모래여과층의 상부에 안트라사이트를 15~25 cm 두께로 깔아서 장애를 경감시킬 수 있다.

이처럼 다층여과는 입경과 밀도가 다른 복수의 여재를 사용하여 조류를 제거하는 방식으로 그 설비는 5.7.16 다층여과지에 준한다.

5.21.13 생물학적 처리

생물학적 처리방법으로는 수중에 고정된 플라스틱 소통의 집합체인 하니콤(honeycomb)방식, 회전하는 원판에 의한 회전원판방식(rotating biocontactor, RBC), 입상여재에 의한 생물접촉여과방식 등이 있다.

【해설】

생물학적처리는 수중의 유기물, 질소, 인 등이 생물막에 존재하는 미생물에 의해 분해 또는 섭취됨으로써 수질정화가 이루어지나, 미생물의 생물화학적 반응은 제어하기 어렵고 처리대상물질을 완전히 제거하기 어렵다는 점과 수온의 영향을 받는다는 점 등의 특성이 있다. 따라서 처리대상물질이 처리설비에 유입되는 부하는 동일하더라도 처리효과는 계절이나 원수수질에 따라 크게 달라진다.

생물학적처리 공정을 선정할 경우에는, 제거대상 물질과 목표수질을 명확하게 하고, 필요로 하는 설비용량을 산정한 다음 경제성이나 기존 정수시설에의 적합성 등을 고려하여 가장 바람직한 처리방법을 결정한다.

생물처리가 다른 처리방법보다 효과적인 제거대상물질로는 암모니아성질소, 곰팡이냄새, 조류 등이 있다.

방식을 선정할 때에는 소요면적, 설비의 크기, 설비에서의 손실수두, 유지관리의 난이도, 세척방법 및 슬러지처리의 필요성, 설비의 내구성, 주변환경에의 영향, 건설비, 유지관리비 등을 고려해야 한다.

현재까지 보고된 자료를 근거로 순환류식 하니콤방식과 회전원판방식의 특징을 〈표 5.21.8〉에 나타내었다.

〈표 5.21.8〉 하니콤방식과 회전원판방식의 비교

	하 니 콤 방 식	회 전 원 판 방 식
처리방식	반응조에 벌집모양의 집합체(하니콤)를 두고 그 안에 부착된 생물막과 접촉하도록 물을 순환시켜 처리한다. 순환동력은 공기취입으로 이루어진다.	반응조 내에 약 40 %가 수몰되도록 설치한 원형판의 열(列)을 서서히 느리게 회전시켜서 부착된 생물막과 접촉시켜서 처리한다.
설비의 구성	반응조, 하니콤, 순환용 공기취입장치, 세척용 공기장치	반응조, 회전원판, 구동장치 지붕
체류시간	2시간 정도	2시간 정도
소요면적	0.015~0.020 $m^2/(m^3 \cdot d)$	0.020~0.030 $m^2/(m^3 \cdot d)$
처리수조의 깊이	5~7 m	3~4 m
손실수두	거의 없음	거의 없음
폭기설비	물을 순환시키기 위하여 필요	필요 없음
세척설비	막힐 우려가 있는 경우에는 필요	필요 없음
슬러지 배출설비	필요하게 되는 경우가 많음	필요하게 되는 경우가 많음
유지관리의 용이함	용이	가장 용이
환경에의 영향	음이온계면 활성제가 많은 경우에는 거품이 발생될 우려가 있다.	지붕이 없는 경우 냄새가 누설되기 쉽다.

침수형여과상장치(하니콤방식, honeycomb)는 반응조에 합성수지제 등 생물이 부착되기 쉬운 충전재를 수중에 침수하고 충전재의 표면에 생물막을 형성하면서 원수를 접촉시켜서 오염물질을 제거하는 설비로, 접촉지, 순환장치, 하니콤튜브, 세척장치로 구성되며, 적절하게 유지관리 될 수 있도록 한다.

침수형여과장치는 2계열 이상으로 하고, 각 계열은 2개 이상의 접촉지를 직렬로 배치하며, 각 계열에 균등하게 유입되도록 수리적으로 고려한다.

접촉지 용량과 접촉시간은 처리효율과 처리목표수질에 따라 결정하며, 처리효과를 올리기 위하여 가능한 한 접촉시간을 길게 하는 것이 바람직하지만 실시 예에서는 1~3시간 정도가 대부분이다.

안정된 처리효과를 얻기 위해서는 가능한 한 물을 균일하게 생물막에 접촉시키는 것이 이상적이다. 접촉지의 형상과 크기는 접촉시간과 순환방식 등에 따라 결정되나, 부지면적, 건설비, 유지관리비 등도 고려한다. 다른 조건이 동일할 경우에 처리효과는 하니콤을 통과하는 평균유속에 따라 달라지며, 접촉지 내의 평균유속은 1~3 m/min 정도로 한다.

하니콤튜브가 폐색되면 물의 순환이 매우 나쁘게 되고 생물막의 접촉효율이 떨어진다. 또 물의 순환이 나쁜 부분에는 산소공급이 적고 생물막이 혐기성상태로 되어 처리효과도 떨어진다. 이와 같은 사태를 방지하기 위하여 세척장치를 설치한다.

하니콤튜브는 처리대상수질의 제거효과가 떨어지지 않는 한 다단으로 두껍게 충전할 수 있지만 관리측면도 고려해야 한다. 실시한 예에서는 충전층의 깊이가 2~6m 범위이다. 따라서 이 범위에 대한 접촉지의 건설비, 펌프양정, 설치면적 등을 검토하여 최적인 충전깊이를 결정해야 한다.

하니콤튜브의 충전율이라 함은 접촉지 총 용적에서 하니콤블록이 점유하는 용적의 비율을 말하며, 충전율이 높으면 접촉지의 총 용적이 작아져서 경제적이다. 그러나 하니콤 내에서의 균일한 수량확보 등 유입조건과 유출조건을 양호하게 고루 갖추기 위하여 하니콤블록의 상단까지 수심은 0.5m 정도가 필요하다. 또 접촉지 바닥은 순환수 양수장치, 세척장치, 호퍼의 유무, 청소작업 등을 고려하여 1m 이상의 공간을 필요로 한다. 이러한 사항을 감안하더라도 충전율은 50 % 이상으로 하는 것이 경제적이다.

일반적으로 비표면적이 큰 하니콤튜브를 사용할 경우에는 처리효과가 높지만, 막힘현상 등 유지관리상의 문제가 발생할 가능성이 높다.

따라서 대상으로 하는 원수로 수질실험을 실시하여 세척조건과 함께 적절한 셀의 크기를 설정하는 것이 바람직하다. 상수도에서는 10~20 mm 크기의 셀이 많이 사용된다.

생물접촉지 내에서 물을 순환시키는 목적은 하니콤튜브 내에 일정한 유속이상의 유속을 유지함으로써 생물막과 물의 접촉효율을 높히고, 또한 필요이상으로 생물막이 두꺼워지는 것을 방지하기 위함이다.

순환장치의 종류에는 송풍기(blower), 펌프, 폭기기(aerator) 등이 있으며, 물의 순환방식과 산소공급방법은 처리시설의 규모에 적합하도록 선정한다.

과대하게 두껍게 형성된 생물막의 탈리와 원수 중에서 부유물질의 침전 등으로 접촉지 내에서 슬러지가 발생하므로, 원수 수질과 발생슬러지의 성상을 고려하여 슬러지배출이 가능한 구조로 한다.

원수수질에 따라서는 하니콤튜브의 상부에 부착조류가 심하게 증식되어 물의 흐름을 방해할 가능성이 있으므로 햇빛을 차단하는 것이 바람직하다.

음이온계면활성제의 농도가 높은 원수에서는 접촉지에서 거품이 발생하므로 접촉지 밖으로 배출시키거나 살수(散水)하여 거품을 제거할 수 있는 시설을 설치한다.

원수수질의 급변에 대처하기 위하여 우회관(bypass)을 설치해 두고 원수를 직접 후속되는 정수처리공정으로 우회시킬 수 있는 구조로 설계하는 것이 바람직하다.

원수수질의 변동을 감시하기 위하여 계측제어 및 부속설비는 적절하고 확실하게 제어할 수 있도록 한다.

회전원판장치는 많은 수의 합성수지제 원판을 회전축에 대하여 직각으로 고정시킨 회전체의 일부가 물에 잠긴 상태에서 기계적 또는 공기부력으로 일정한 속도로 회전하여 원판표면에 부착된 생물막에 물을 접촉시킴으로써 수중의 생물처리가능물질을 제거하는 방법이다.

회전원판장치는 미생물 부착매체인 회전원판, 이들을 회전시키는 구동장치, 처리하는 물과 회전원판이 위치하는 접촉지로 구성된다.

접촉지는 정기점검이나 청소 등으로 정지되는 경우가 있으므로 처리계열은 2계열 이상으로 하며, 각 계열은 2개 이상의 접촉지를 직렬로 배치하며 유입수가 모든 계열에 균등하게 유입되도록 수리적으로 고려한다.

회전원판의 필요면적은 원수의 수질조건, 처리목표수질 및 실험결과 등을 참고로 하되 대표적으로는 수량부하와 면적부하를 산출하여 결정한다.

수량부하〔$m^3/(m^2 \cdot d)$〕는 원판단위면적당 1일 처리수량이고 면적부하〔$g/(m^2 \cdot d)$〕는 원판단위면적당 1일에 부하되는 제거대상물질량이다.

시설의 설계지표로서 농도변화에 대한 고려는 할 수 없으나 산정이 단순하고 일정하게 할 수 있는 수량부하가 사용된다.

수량부하는 처리대상수를 사용한 실험으로 결정하는 것을 원칙으로 하고 실험조건으로서 경제성을 고려한다면 0.1~0.4 $m^3/(m^2 \cdot d)$의 범위에 대하여 검토하면 좋다.

1기(基) 회전원판의 수는 원판의 직경과 접촉지의 수에 따라 다르지만, 보통 50~150개 정도이다. 원판의 형상은 원형 또는 원형에 가까운 다각형으로, 그 표면의 형상은 표면적이 커지도록 파형(波形) 등 요철이 있는 것이 사용되고 있다. 각 원판의 간격은 공기, 물의 유통, 생물막에 의한 폐색 등을 고려하여 15 mm 이상으로 한 예가 많다.

원판의 재질은 고밀도포리에틸렌 등의 가볍고 내식성을 가진 것으로 유해물질이 유출되지 않아야 한다.

접촉지의 실용량은 물에 잠기는 회전원판의 부피를 고려하여 체류시간 및 물의 교반과 혼합이 적절하게 이루어질 수 있도록 결정한다.

접촉지의 용량이 회전원판 면적에 비하여 너무 작으면, 체류시간이 짧아지기 때문에 처리효과가 떨어지며 또 역으로 너무 커도 교반효과가 줄어들고 바닥에 슬러지 등이 퇴적되기 때문에 바람직하지 않다.

종래부터 최적접촉조의 실용량결정법으로 액량면적비가 사용되고 있다. 액량면적비 Gr은 다음과 같이 정의된다.

$$G_r = \frac{V}{A} \ (m^3/m^2 \cdot h) \quad \cdots\cdots (5.21.1)$$

여기서, V : 접촉지의 실용량(m^3)

(접촉지용적 1원판이 물에 잠긴 부피)

A : 회전원판의 면적(m^2)

액량면적비(G_r)와 수량부하($H.L.$) 및 체류시간(T) 간에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$H.L = \frac{Q}{A} \ (m^3/m^2 \cdot h) \quad \cdots\cdots (5.21.2)$$

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{G_r}{H.L.} \ (h) \quad \cdots\cdots (5.21.3)$$

다만, Q : 처리수량(m^3/h),

암모니아성질소를 제거하는 경우에 Gr값은 3.5~5 L/m^3로 하는 예가 많다.

접촉지의 형상과 크기는 균등한 지내유속을 유지할 수 있도록 하며, 원판과 접촉지 벽과의 간격은 교반효과 측면에서 경험적으로 원판직경의 10~12 %로 하고 있다.

접촉지의 한쪽에 배수구를 만들며 밑바닥은 배수구를 향하여 1/200~1/300 정도의 경사를 두는 것이 바람직하다.

축은 축본체, 회전원판, 지지체, 생물막 등의 총중량에 대하여 구부러짐, 비틀림, 피로 등이 없도록 충분한 강도를 갖는 것으로 한다.

기계구동장치는 전동기, 감속기, 스프라켓, 롤러체인으로 구성되며, 부식에 견딜 수 있는 내식성 재질을 사용하거나 도장을 한다.

회전원판의 구동은 기계구동 또는 공기구동에 의하며, 회전원판의 회전속도는 부유물질의 퇴적을 고려하여 15~20 m/min로 하는 것이 바람직하다.

접촉지의 바닥으로부터 공기를 불어넣는 공기구동법을 사용하면 14 m/min 정도의 주변속도도 가능하다.

회전원판장치는 지붕(복개)을 설치하여 원판면과 지내의 조류 발생방지, 비산오물에 의한 원판의 파손방지, 기온저하에 의한 처리능력의 저하를 방지한다.

원수 수질의 급격한 변동에 대처하기 위하여 우회관(bypass)을 설치하고, 계측제어설비와 부속설비는 적절하고 확실하게 제어할 수 있도록 한다.

생물접촉여과장치는 접촉지 내에 입상여재를 충전하여 하향류 또는 상향류로 원수를 통과시킴으로써 여재표면에 부착된 생물막과 원수를 접촉시켜서 물을 정화하는 방식이다.

생물접촉여과장치는 생물막여재, 하부집수장치, 역세척장치로 구성되며 유지관리를 적절하게 할 수 있도록 한다.

처리계열은 2계열 이상으로 하고, 각 계열은 2개 이상의 접촉지를 직렬로 배치하며 유입수가 모든 계역에 균등하게 유입되도록 수리적으로 고려한다.

생물접촉여과지의 용량은 원수의 수질조건, 처리목표수질 및 실험결과 등을 참고로 수량부하를 산출하여 결정한다.

생물접촉여과지의 여재 충전깊이는 1.5~2.5 m로 하며, 미생물이 부착되기 쉬운 잔자갈, 안트라사이트, 세라믹, 활성탄, 합성수지 등으로 입경은 4~6 mm 정도이다.

구조는 급속여과지와 거의 동일하며 물을 계속 통과시키면 생물막이 두꺼워지며 여재 간극에 부유물이 부착 또는 퇴적되어 손실수두가 커지기 때문에 정기적인 역세척을 필요로 한다. 여과층 내에 공기를 항상 불어넣는 형식도 있다.

생물접촉여과지는 지붕을 설치하여 운영하도록 하며, 원수수질의 급격한 변동에 대처하기 위하여 우회관(bypass)을 설치하고 계측제어설비와 부속설비는 적절하고 확실하게 제어할 수 있도록 한다.

이 장치는 하니콤방식과 비교하여 소요면적을 작게 할 수 있다. 이 방식은 대상 원수에 대하여 충분히 실증실험을 실시하여 필요한 제원을 결정하는 것이 바람직하며 전염소처리는 피해야 한다.

5.22 해수담수화시설

5.22.1 총칙

1. 해수담수화의 특징과 유의할 사항

지표수만으로 충분한 상수원 개발이 곤란한 일부 해안지역과 도서지역에서 계절에 관계없는 안정된 수자원으로 해수를 이용하는 해수담수화시설을 도입함으로써 갈수기에 대비하고 장래 상수의 안정공급에 이바지할 수 있다.

세계적으로 해수담수화시설이 다수 도입되고 있으며, 에너지 회수장치의 비약적인 발전으로 시설 규모에 따른 차이는 있으나, 저렴한 가격으로 청정한 담수를 생산하여 상수도사업에 활용하고 있다.

해수담수화시설의 특징과 유의할 사항으로서는 다음과 같다.

특징

① 계절에 영향을 받지 않고, 안정된 수량을 확보할 수 있다.

② 건설에 장기간이 소요되는 댐의 개발에 비하여 상대적으로 단기간에 건설할 수 있다.

③ 지표수의 취수에 따른 관련 기관과의 복잡한 문제발생이 적고, 수도사업자가 독자적으로 도입할 수 있다.

유의할 사항

① 하천수를 이용하여 상수를 생산하는 방법에 비하여, 전기요금, 막 교체비 등의 운영비가 상대적으로 많이 소요된다.

② 에너지의 절약대책이나 농축해수의 방류로 인한 생태계에의 영향에 관한 대책 등 환경적 측면에서의 문제점을 고려해야 한다.

2. 해수담수화시설의 도입계획

해수담수화시설의 도입계획은 해당 수도사업이 관할하는 지역의 물 수급계획을 합리적이고 경제적으로 만족시키는 수도사업계획의 범주 안에서 수립되어야 한다. 또한 장래의 수요예측에 대하여 확실한 수원확보대책으로 지표수원과 해수담수화 양쪽을 어떠한 방법으로 개발할 것인가를 선택하는 것이 문제이다.

해수담수화시설 도입과 시설규모 결정에는,

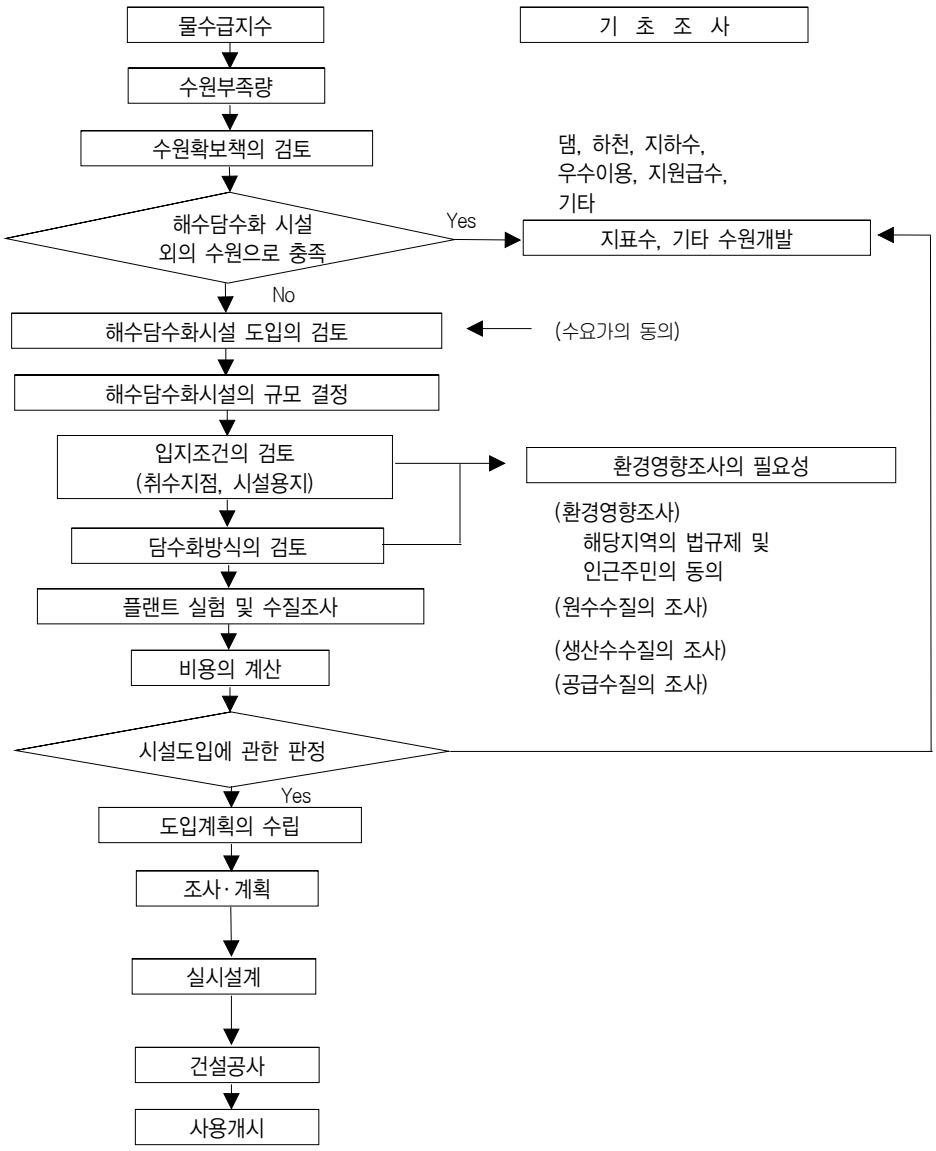
① 지표수계 수원개발의 가능성 및 안정성과 그 전망(갈수에의 대처도 고려)

② 지표수계 수원개발과 해수담수화로 생산된 물의 가격 비교 및 입지조건

③ 지표수계 수원과 해수담수화시설의 종합적 운용방법 등에 관하여 포괄적으로 검토한다.

일반적인 도입과정의 흐름을 〔그림 5.22.1〕에 나타내었다.

물 수요예측을 포함한 기초조사 등 기본항목 검토방법에는 1.2 기본계획을 참조한다.



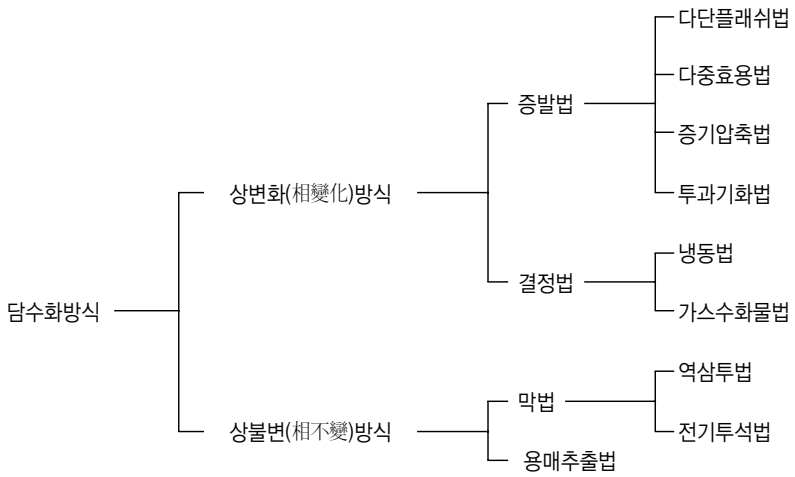
[그림 5.22.1] 해수담수화시설 도입과정의 흐름도

5.22.2 해수담수화방식의 선정

해수담수화방식은 해수원수의 수질, 정수수질의 관리목표치, 시설의 운전제어나 유지관리 등을 고려하여 적절한 방식을 선정한다.

【해설】

해수담수방식을 분류하면 다음과 같다.



해수담수화를 위해 일반적으로 증발법, 전기투석법, 역삼투법의 3가지 방식을 이용한다. 기술적으로는 증발법이 가장 빨리 상용화되었고 다음으로 전기투석법이 개발되었다. 최근에는 에너지소비량이 적고 운전 및 유지관리가 용이한 역삼투법의 비중이 점차 커지고 있다.

1) 증발법

증발법은 해수를 가열하여 증기를 발생시켜서 그 증기를 응축하여 담수를 얻는 방법이다. 현재 실용화되어 있는 증발법은 다단플래쉬법, 다중효용법, 증기압축법의 3가지 방식이 있다.

2) 전기투석법

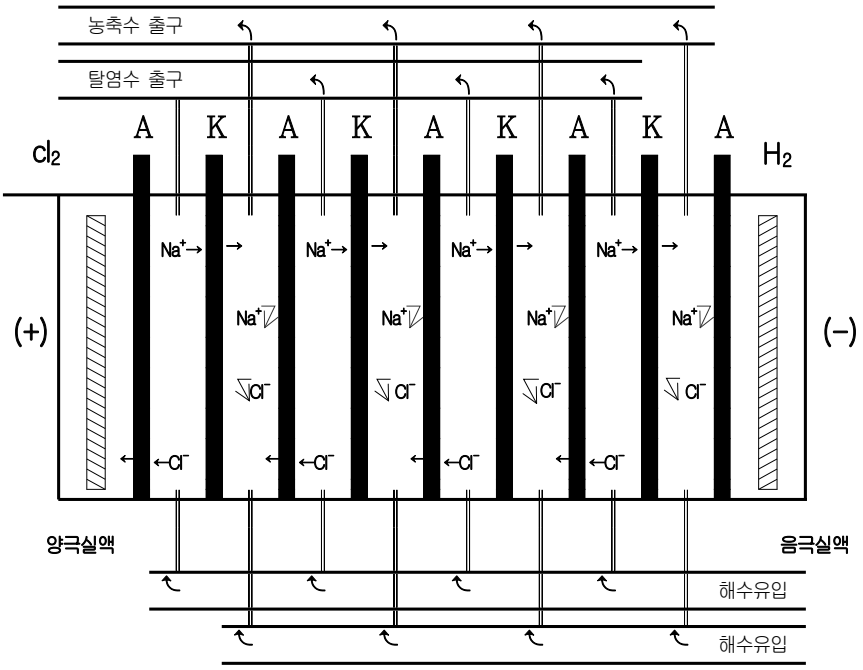
전기투석법은 이온에 대하여 선택투과성을 갖는 양이온교환막과 음이온교환막을 교대로 다수 배열하고 전류를 통과시킴으로써 농축수와 희석수를 교대로 분리시키는 방법이다. 전기투석법의 원리를 〔그림 5.22.2〕에 나타내었다.

3) 역삼투법

역삼투법은 물은 통과시키지만 염분은 통과시키기 어려운 성질을 갖는 반투막을 사용하여 담수를 얻는 방법이다. 해수의 삼투압은 일반 해수에서는 약 2.4 MPa(약 24.5 kgf/㎠)이다.
이 삼투압 이상의 압력을 해수에 가하면, 해수 중의 물이 반투막을 통하여 삼투압과 반대로 순수 쪽으로 밀려나오는 원리를 이용하여 해수로부터 담수를 얻는다.

이 「시설기준」에서는 기술개발의 동향과 국내외의 도입실적을 고려하고, 경제적인 면에서 가장 유리한 해수담수화방식이라고 보는 역삼투막법에 관하여 이하에 기술한다.

다만, 원수가 해수인 경우에는 전기투석법을 사용하는 경우가 어느 정도 있으므로, 지역의 상황에 맞추어 방식을 선정해야 한다.



A : 음이온교환막, K : 양이온교환막

[그림 5.22.2] 전기투석법의 원리도

5.22.3 해수담수화시설

해수담수화시설에는 다음 각 항목에 대하여 고려한다.

1. 역삼투막 모듈에 대하여 막 모듈 공급업체에서 요구하는 수준의 SDI 및 허용탁도 이하의 해수를 공급하기 위한 전처리설비 및 막투과수의 pH조절이나 필요에 따라 경도를 조절하기 위한 후처리설비 또는 담수를 혼합하는 설비를 설치하는 등의 설비구성을 고려한다.
2. 생산된 물의 수질에 대해서는 보론과 트리할로메탄이 「먹는물수질기준」에 적합하도록 유의한다.
3. 역삼투설비의 계열 수는 유지관리나 사고 등으로 인한 운전정지를 고려하여 2계열이상으로 한다.
4. 해수담수화시설을 설치하는 장소에 대해서는 가능한 한 청정한 해수원수를 취수할 수 있고, 농축해수를 방류하는데 따른 환경영향을 고려하여 선정한다.
5. 운영비용을 저감시키기 위하여 에너지절약대책을 강구하고 회수율을 높이는 등 에너지 효율을 높이는 방안을 고려한다.
6. 시설이나 배관의 부식방지대책을 마련한다.
7. 자연재해, 기기의 사고, 수질사고 등에 대한 안전대책을 강구하고 시설에 기인되는 소음 등 환경에 나쁜 영향을 미치지 않도록 유의한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 역삼투법에 의한 해수담수화시설은 원수설비, 전처리설비, 역삼투설비, 후처리설비, 방류설비로 구성된다. 이들 처리공정을 제대로 가동시키기 위한 약품주입설비, 기계·전기설비, 계측제어설비가 있다.

역삼투막법에 의한 해수담수화시설 구성도의 예를 〔그림 5.22.3〕에 나타내었으며, 해수담수화시설의 일반적인 플랜트 구성도의 예를 〔그림 5.22.4〕에 나타내었다.

원수설비는 해수를 취수구나 해안우물, 삼투취수인 경우에는 집수시설 등으로 취수관을 통하여 침사지까지 취수하고, 또한 취수펌프와 도수관 등으로 전처리설비까지 도수하는 시설이다.

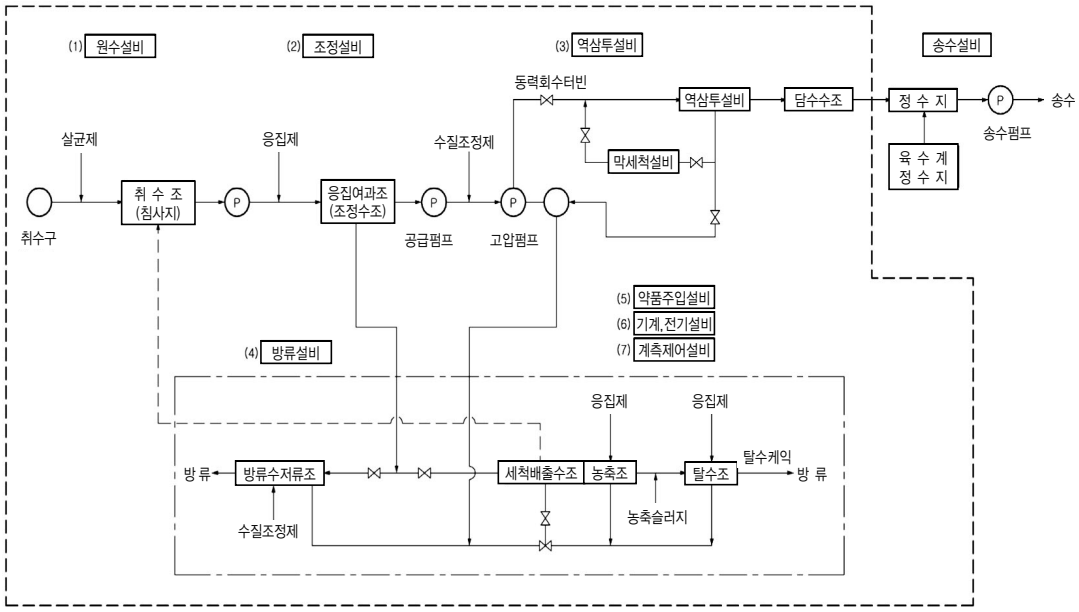
전처리설비는 역삼투막의 막힘과 열화를 방지하기 위하여 응집·침전·여과 등으로 해수원수 중에 포함된 탁질을 제거하고 역삼투막으로 공급하기에 알맞은 수질로 전처리하는 설비이다. 역삼투법인 경우에는 안정적인 운전을 하기위한 적절한 전처리설비를 설치해야 한다. 전처리 된 해수는 전처리수조(응집여과 해수조)에 저류되며, 막공급수와 필요한 역세척수량을 확보한다.

역삼투설비는 고압펌프, 역삼투막설비, 역삼투막세척설비, 담수수조, 에너지회수 장치 등으로 이루어진다.

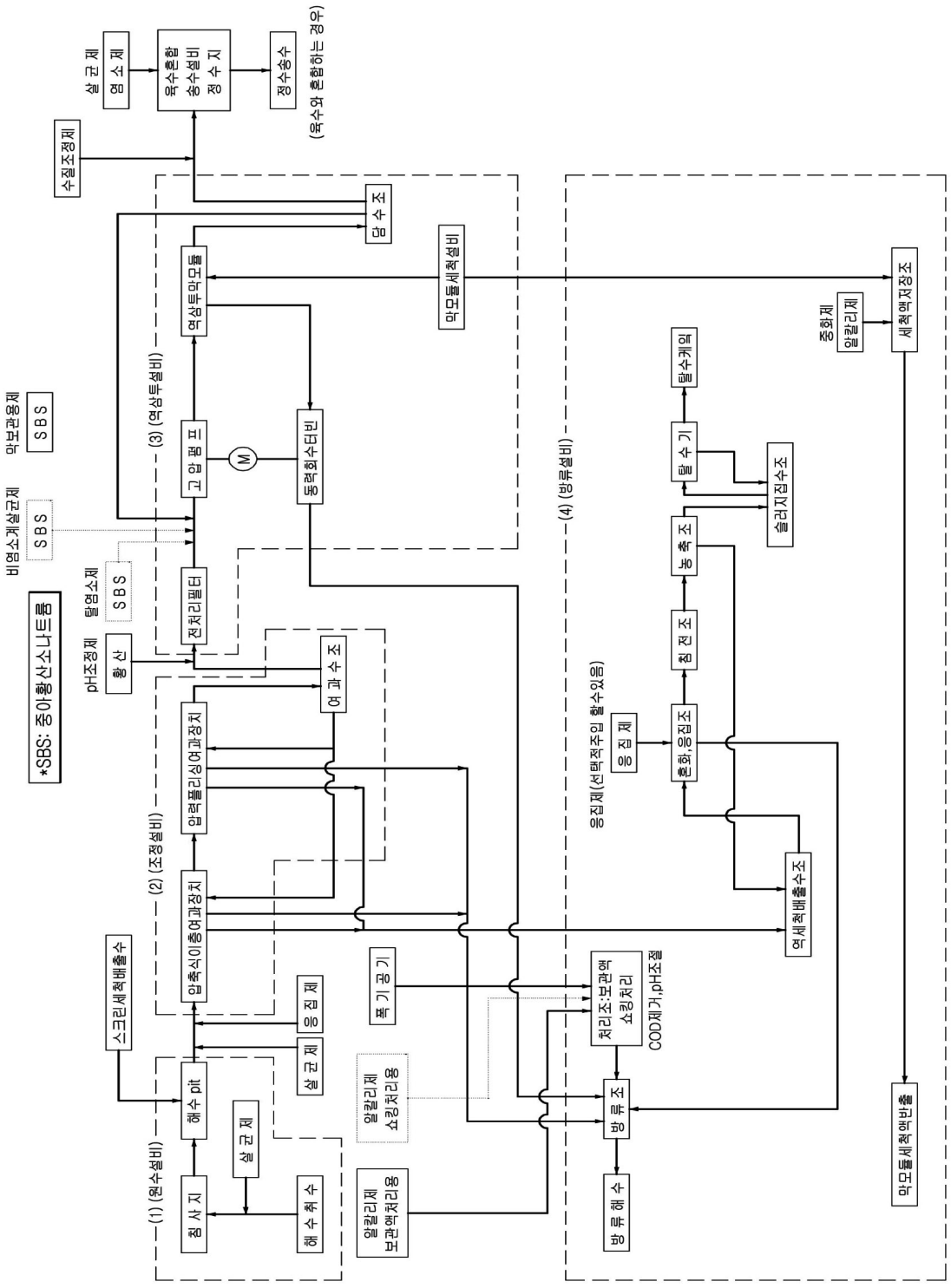
막모듈에 의해 막투과수(담수)와 방류해수(농축해수)로 분리된다. 막투과수는 pH와 경도성분이 낮기 때문에 관재료의 부식 및 용출을 유발시키므로, 이를 방지하기 위하여 칼슘(Ca^{2+})을 추가하고 CO_2를 퍼징하여 알칼리도를 조정한 후, 수돗물로서 급수해야 한다.

방류설비는 전처리설비에서의 세척배출수, 역삼투설비에서의 방류해수, 막세척 및 보관액 배출수 등을 모두 받아 들여서 필요한 처리를 한 다음 해역으로 방류하는 설비이다.

이들 설비와 더불어 응집제, 살균제, 스케일 방지제, 수질조정제, 세척제 등을 각 처리설비에 주입하는 약품주입설비, 전력설비, 펌프설비, 각종 기계설비 등으로 구성되는 기계·전기설비, 해수담수화시설 전체를 감시하고 운전제어하기 위한 계측제어설비가 있다.



[그림 5.22.3] 해수담수화시설 구성도



[그림 5.22.4] 해수담수화시설 플랜트의 구성도

2.에 대하여 ; 생산된 물의 수질 중 보론과 트리할로메탄에 관하여 다음 사항에 대하여 유의한다.

1) 보론(B)

해수에는 보론이 3~5 mg/L 정도가 함유되어 있는데, 역삼투막에 의하여 약 70~80 %가 제거되므로 현재 수질기준인 1 mg/L 이하로 생산하기가 쉽지 않다.

또한 막이 열화되면 생산수 중에서 보론의 농도가 상승할 것으로 예측되므로 수질목표를 지키기가 어렵다. 해수담수화에 의한 생산수 중의 보론 농도를 저감시키는 방법으로는 수지흡착처리 또는 2단탈염법 등이 있다. 다만, 해수담수화시설에 의한 처리수에서 상기 기준을 만족하지 못하는 경우라도 다른 시설에 의한 처리수와 혼합시킴으로써 상기 목표를 충족한다면 가능하므로, 배수지 등에서 지표수계 담수와의 혼합비율 등을 고려하여 급수 중의 보론 농도를 목표치 이하로 낮출 수 있다. 지표수와 혼합할 수 없는 경우에는 다시 한번 역삼투막으로 처리(2단탈염방식)하여 보론 농도를 목표치 이하로 낮추도록 한다. 그러나 2단탈염법(2단역삼투막법)은 비용이 많이 소요되므로, 일부를 2단탈염 후 1단탈염한 담수를 혼합하여 보론 농도가 1 mg/L 이하가 되도록 하기도 한다.

2) 트리할로메탄

해수 중의 브롬(Br)이온(60~70 mg/L)의 일부(0.4~0.5 mg/L)가 막을 투과하며 생산수를 염소처리함으로써 브롬이온이 산화되어 브롬산이온으로 되며, 트리할로메탄의 전구물질인 천연유기물질과 반응하여 브롬계의 트리할로메탄이 증가하기 때문에 총트리할로메탄 생성량이 증가한다. 그 때문에 해수에 혼합된 지표수의 영향으로 트리할로메탄 생성능이 높은 경우에는 전처리를 통한 해수의 수질향상 등의 대책을 강구해야 한다.

3.에 대하여 ; 역삼투설비는 막의 교환이나 펌프 등의 시설보수 또는 점검정비 및 사고 등으로 인한 전면적인 운전중단을 방지하기 위하여 2계열 이상으로 한다. 또한 1계열이 정지된 경우라도 정지기간 중의 대처를 고려하여 필요에 따라 일정한 예비력을 확보해 놓는 것이 바람직하며, 다른 정수계통으로부터의 지원과 배수지 용량에 의한 대처 등도 포함하여 필요한 처리수량이 확보되도록 한다.

4.에 대하여 ; 해수담수화시설의 설치지점은 가능한 한 지하해수(지하관정수)나 청정한 해수원수를 연속적으로 취수할 수 있고, 취수시설과 전처리 및 막의 성능 등을 고려하여 목표로 하는 수질까지 처리하는데 적합한지를 검토하고 또한 막의 구성을 장기간동안 안정적으로 유지할 수 있는가를 판단한 다음 적정한 지점을 선정한다. 또 농축해수를 방류할 예정인 해역의 생태계를 조사하여 서식생물들에 미치는 영향을 최소한으로 되도록 방류설비를 설치할 장소 및 방식을 선정하는 것도 중요하다.

5.에 대하여 ; 해수담수화에 의한 생산수는 지표수계 수원에 의한 생산수에 비하여 일반적으로 가격이 비싸다. 역삼투막에 높은 압력을 가하기 위하여 다량의 전력을 소비하기 때문에 생산수의 가격을 저감시키기 위해서는 가능한 한 에너지 절약대책(에너지회수장치 등)을 강구하여 전력소비량을 저감시키도록 노력한다.

또 회수율을 향상시키거나 보론제거율을 높이기 위하여 막여과를 2단으로 하는 방법이나 생산량의 변동에 대처하며 에너지 효율을 높이기 위해 인버터(inverter)를 채택하여 회전속도를 제어하는 등의 방법에 관해서도 검토한다.

6.에 대하여 ; 해수나 생산수는 부식성이 높기 때문에 생산수의 pH나 경도를 조절하는 설비를 설치하며(5.22.7 역삼투설비 참조), 아울러 저압부에는 FRP관이나 PVC관 또는 폴리에틸렌라이링관, 고압부에는 해수 또는 농축해수의 염분농도에 대처할 수 있는 내식성 관종(SUS 316L, Duraplex 등)을 사용한다.

7.에 대하여 ; 일반적인 안전대책에 대해서는 5.1.9 안전대책을 참조한다. 해수담수화시설은 막여과 시설과 마찬가지로 주로 기계계와 전기계의 부품으로 구성되어 있으므로 각각의 부품에 대한 신뢰성뿐만 아니라 시스템으로서 높은 신뢰성을 확보하도록 고려해야 한다. 운전압력이나 막모듈의 차압, 막공급수의 수량, 수질(수온, TDS 등) 등을 감시해야 하며 이상 시에는 경보표시와 함께 자동으로 정지될 수 있도록 해야 한다. 또 시설의 블록화로 고장 난 부분을 교환하기 쉽도록 배려해야 한다.

5.22.4 원수설비

1. 계획취수량은 필요한 생산수량에 역삼투설비의 회수율을 고려하고, 작업용수량과 그 외의 손실수량을 감안하여 결정한다.
2. 취수설비의 방식과 위치는 충분한 수량을 안정적으로 취수할 수 있고, 가능한 한 청정하고 안정된 수질을 얻을 수 있는 지점을 선정한다.
3. 취수설비에는 해서생물의 부착, 모래나 슬러지의 부유 및 침강에 따른 장애나 파랑 등의 영향을 고려하여 대책을 강구한다.
4. 도수시설은 **4. 도수시설**에 준한다.

【해설】

원수설비는 취수설비와 도수설비로 구성된다. 해수의 취수설비는 후속 플랜트 전체의 기능에 크게 영향을 미치기 때문에 취수방식과 위치선정이 중요하다.

1.에 대하여 ; 계획취수량은 필요한 생산수량에 회수율을 고려하고, 시설 내의 작업용수량과 그 외의 손실수량을 더하여 다음 식으로 결정한다.

계획취수량 = (필요생산수량 ÷ 회수율) + (작업용수량) + (그 외의 수량)

① 회수율은 일반적인 해수에 대해서는 30~50 % 정도로 하나, 막오염 가능성이 적은 원수일 경우에는 60 % 이상의 회수율을 얻을 수도 있다.

② 작업용수량은 조정설비에서의 세척수량, 시료수, 약품처리에 필요한 수량 등이다. 막중심 전처리의 경우 MF/UF 막의 회수율이 있으므로(95 % 정도) 역세척수 등에 대한 고려도 필요하다.

③ 그 외의 수량은 주로 방류 등의 손실수량이다.

2.에 대하여 ;

1) 취수방식

전처리설비의 부하를 적게 하기 위해서는 깨끗한 원수를 안정적으로 취수할 필요가 있으며 취수지점과 취수방식의 선정이 대단히 중요하다. 취수방식은 입지조건과 플랜트의 규모를 고려하여 결정하지만 일반적으로 깨끗한 해수를 취수할 수 있는 심층취수방식이 대규모 플랜트에서 가능하고, 중소규모 플랜트에서는 해안구조물이나 해안에 지하관정을 개발하여 취수하고 있다. 특히 중소규모 시설에서 지하관정을 개발할 경우에 해수보다 부유물질의 농도가 낮은 원수를 취수할 수 있으므로 전처리시설의 부하를 줄일 수 있고 염분농도도 일부 저감되므로 고압펌프의 동력비를 줄일 수 있는 등의 이점이 있다. 해수를 직접 취수하는 대규모 플랜트에서는 부유물 및 부착물들의 유입을 방지하기 위하여 염소를 주입하기도 한다. 그러나 염소주입으로 취수배관에 생물부착을 방지하는 방식은 염소주입관의 부식이나 파손으로 인한 염소누출로 인한 해양생물에 나쁜 영향을 미칠 우려가 있으므로 이에 대한 철저한 대비가 필요하다. 일반적으로 깨끗한 해수를 취수할 경우에는 관내에 생물부착의 영향을 고려하여 관경이 큰 취수배관을 사용하고 있다.

취수방법의 예는 〔그림 5.22.5〕와 같다.

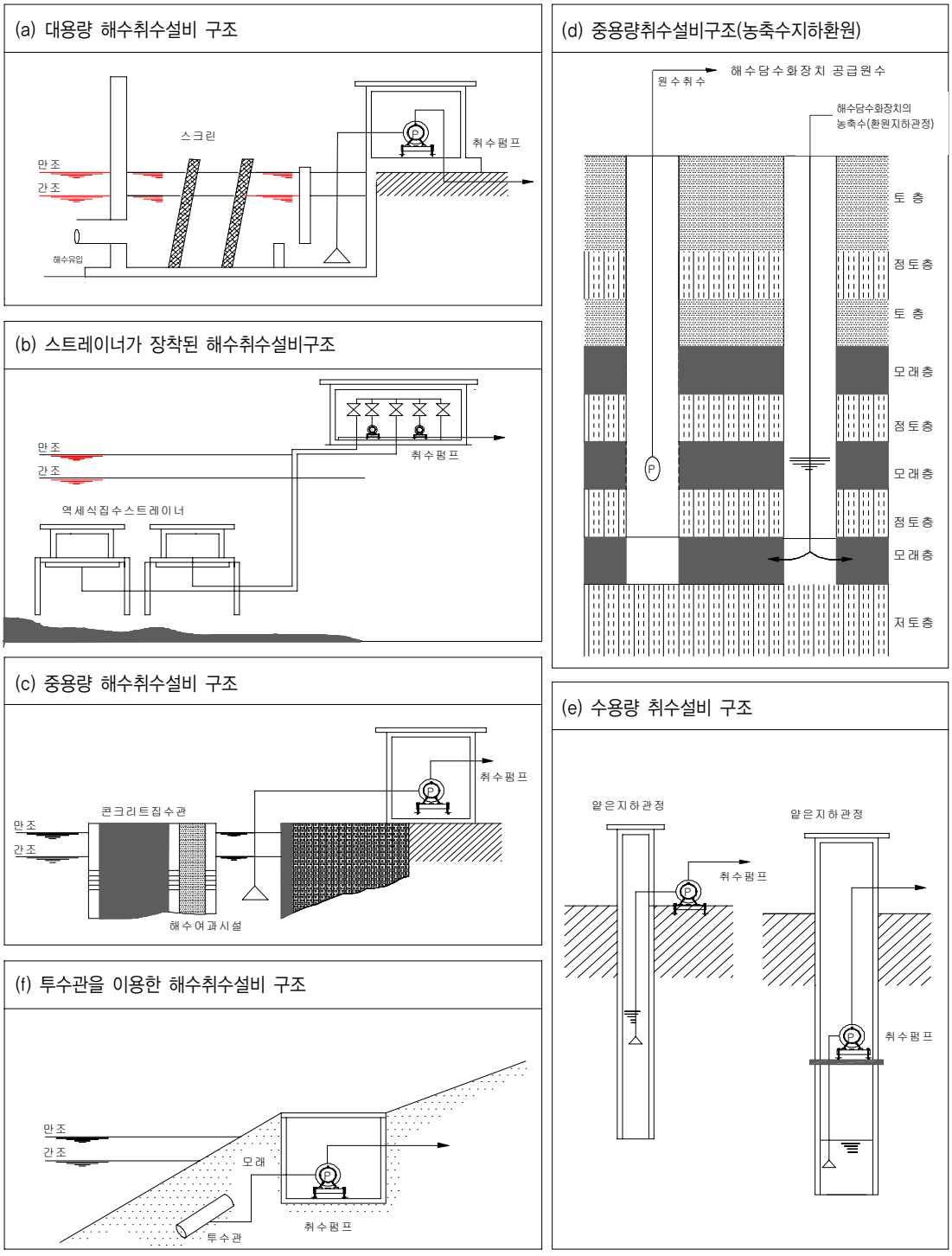
① 대용량 취수방식

〔그림 5.22.5a〕는 대용량 플랜트에 사용되는 취수방식의 예를 나타내었다. 이러한 방법은 조수간만의 차가 크지 않은 곳에서 사용하는 방법으로 바다에 수중구조물을 설치하여 해수를 시설(구조물)내로 유입시킨 다음 스크린으로 부유물질의 일부를 제거하여 취수한다. 취수관의 말단에 염소(3 mg/L)를 2주에 1회 24시간씩 주입하여 부착생물을 제거하기도 한다. 〔그림 5.22.5b〕는 해저취수탑에 스트레이너를 장착한 장치로서 2대의 집수스트레이너와 2대의 취수펌프로 구성되어 있다. 스트레이너에서 취수저항이 커지게 되면 1대는 역세척을 하여 저항을 줄이고 다른 1대로 취수하는 시설이다. 이러한 시설에서도 취수배관에 생물부착을 방지하기 위하여 앞에서 설명한 바와 같은 방법으로 염소를 주입한다.

② 중규모 취수방식

〔그림 5.22.5c〕에 나타낸 바와 같이 해안주변이 바위로 되어 있는 곳에 유효한 방법으로서 구조물의 제작작업을 바다에서 하지 않고 육지에서 제작하여 현장에 설치한 후 여과모래를 채워 여과된 해수를 취수한다.

〔그림 5.22.5d〕는 해안주변에 2곳의 지하관정을 굴착하여 지하 해수를 취수하는 방법으로 수온 및 수질이 안정적인 원수 취수가 가능하며 태풍 등의 기후변화에 무관하게 운영할 수 있다. 한쪽 관정은 취수용으로 사용하고 다른 한쪽은 농축수를 지하로 환원하기 위하여 사용한다. 얕은 지하관정의 경우 취수방법이 간단하며 깊은 지하관정으로 취수시에는 염분농도가 낮은 염지하수 취수로 운영 압력을 낮게 할 수 있다. 농축수는 취수관정의 모래층과 같은 층으로 환원시키지 않고 점토층으로 격리된 층으로 환원한다. 특히 농축수는 모래여과와 전처리 필터로 여과되었기 때문에 막힘현상이 없이 양호하게 확산된다. 이러한 방법은 농축수를 방류하므로 주변해역에 영향을 미칠 수 있는 곳에 유효하나 관정굴착비용이 필요하다.



[그림 5.22.5] 해수담수화시설에서 원수 취수방법의 예

③ 소규모 취수방식

〔그림 5.22.5e〕에 나타낸 바와 같이 지하수를 개발하여 취수하는 방법으로서 취수펌프는 지하관정의 외부나 지하관정의 중간부분 및 수중에 설치한다.

특히 수중펌프는 스테인리스재질을 사용하나 수명은 대체로 짧으며 대략 1~2년 정도 사용할 수 있다. 그러나 이러한 방법은 산호로 된 섬에는 적용하기가 어렵다.

④ 기타

〔그림 5.22.5f〕는 해안의 모래밭에서 취수하는 방법의 한 예로서 조가 간단하여 시설기간을 짧게 할 수 있다. 집수부에 투수관을 설치하여 사용하는 방법으로 모래에서 1차 여과된 양질의 해수를 펌프로 흡입하여 취수한다. 투수관에 모래 등이 걸리기 쉬움으로 주기적인 역세공정이 필요하다.

2) 취수위치

〈표 5.22.1〉 취수위치에 따른 장단점

구 분	장 점	단 점
해안취수(10 m이내)	- 양적으로 가장 경제적이다. - 비교적 시공이 단순하다.	- 기상변화, 해조류 등에 영향 크다 - 계절별 수질, 수온 변화 심하다
해중취수(10 m이상)	- 기상변화, 해조류 영향 적다. - 수질, 수온 비교적 안정적이다	- 건설비용이 많이 소요된다. - 시공이 어렵다
염지하수 취수	- 수질,수온 매우 안정적이다 - 전처리 비용 절감할 수 있다	- 지역적인 영향 받는다 - 양적인 제한 받는다

취수구는 연간을 통하여 청정한 해수를 상시 취수할 수 있는 지점을 선정한다. 해수담수화에 알맞은 취수지점을 선정하기 위해서는 해저부의 지형・저질, 기상・해상(海象), 수질・해서(海棲)생물, 사회환경 등을 조사한다.

해역에서 직접 취수하는 경우에는, 해역의 표층에는 생물활동이 활발하고 플랑크톤이나 해파리 등이 많이 생식하고 있으며, 반대로 저질의 영향을 받기 쉬운 저층의 해저부근에서는 수온과 수질이 안정된 중층에서 취수하는 것이 바람직하다. 단, 모래면 저층으로 이루어진 경우, 저층에서 취수하는 것도 고려한다.

복류수취수나 지하관정취수인 경우에는 토양 중에서 자연여과작용으로 현탁물질이나 콜로이드성 물질이 제거되어 청정하다. 그러나 토양 중에 포함된 성분이 수중에 용출되거나 지하수나 오염폐수가 침입할 가능성이 있으므로 수질에는 주의를 요한다. 더욱이 수량저하나 수질변화가 우려되는 경우에는 취수가능한 수량과 수질을 사전에 충분히 조사하여 안정되게 취수할 수 있는 지를 확인한다.

해수원수의 수질조사나 복류수를 취수하는 경우에는 해수 중의 토질시험 등으로 해저지반의 지하에서 금속류의 용출도 검토하여, 양호한 해수수질을 얻기 위한 최적의 지점을 선정한다.

3.에 대하여 ; 해수와 직접 접촉하는 취수구, 취수로, 취수조, 취수펌프 등은 해서생물의 부착, 모래나

슬러지의 부유 및 침강에 따른 장애, 파랑에 의한 설비손상 등을 받는 경우가 많으므로 구조물 설계에는 충분히 유의한다.

부착생물의 대책으로서는 살균제를 주입하는 방법과 부착될 것을 당초부터 예상하고 살균제를 사용하지 않는 방법이 있다.

취수구에는 부유물과 협잡물 등이 유입되지 않도록 방호울타리나 유입방지스크린을 설치하며 취수조에 유입된 협잡물을 제거할 수 있도록 협잡물제거기를 설치하거나 취수구로부터 모래 유입이나 저질부상에 의한 유입이 예상되는 경우에는 침사지를 설치하는 등의 대책을 강구한다.

취수펌프의 대수는 계획취수량을 기준으로 정하고 예비기를 설치한다.

4.에 대하여 ; 도수설비는 침사지와 조정설비와의 사이에 도수하는 설비이고 플랜트의 설치위치에 따라서는 생략하는 경우도 있다. 도수설비의 상세한 것은 일반 수도시설의 도수관로와 동일하고 4. 도수시설에 준하지만 원수가 해수이기 때문에 내식성 재료를 선택하고 부착생물이나 퇴적된 모래가 용이하게 제거되도록 해야 한다.

5.22.5 조정설비

전처리설비의 설치는 다음 각 항에 의한다.

1. 전처리설비는 막에 요구되는 공급수의 청정도를 나타내는 SDI가 4.0 이하가 되도록 안정적으로 처리할 수 있는 설비로 한다.
2. 처리방식은 해수원수 중의 탁도 또는 현탁물질의 다소에 따라 적절한 방법을 선정한다.
3. 응집제를 사용하는 경우에는 염화제2철을 사용한다.
4. 여과수조(전처리수조)는 여과장치가 세척 중에도 막모듈에 안정적으로 해수를 공급할 수 있도록 충분한 용량을 가져야 하며 외부로부터 오염되지 않는 구조이어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 용질인 염분은 역삼투막 표면의 0.01 μm 두께의 치밀한 층에서 제거된다. 막에 탁질이나 스케일성분이 많은 해수원수를 공급하면 막오염이 심화되는 등 막엘리먼트의 수명과 성능에 큰 영향을 미친다. 따라서 해수담수화시설을 설계할 때에는 탁질 등 불순물을 제거시킨 해수를 막에 공급할 수 있도록 전처리설비를 설치한다.

막에 요구되는 공급수의 막오염 영향 정도를 나타내는 지표인 SDI(silt density index)가 막의 종류에 관계없이 4.0 이하가 되도록 한다. 최근에는 케이크 여과 이론에 바탕을 둔 MFI(modified fouling index)의 사용이 증가하고 있다.

SDI 또는 MFI는 막오염지수라고 하며 공경 0.45 μm의 멤브레인필터를 사용하여 일정한 압력으로 일정량의 시험수를 여과할 때의 소요시간으로 계산되는 지표이다. SDI 또는 MFI를 구하는 자세한 방법은 다음(5.22.5 참고 1)과 같다.

[5.22.5 참고 1] 오염지수(MFI : modified fouling index, SDI : silt density index)

1. 용어의 의미

역삼투법에서 막모듈에 공급되는 공급수 중에 미량의 부유물질을 정량화한 지표이다. (예 : 중공사형 막모듈(hollow-fiber type) SDI 3~4 이하, 나권형막모듈(spiral wound type) SDI 4~5 이하) 오염지수의 공정별 적정 범위는 다음과 같이 권고한다.

2. 측정방법

- SDI(Silt Density Index)

측정장치는 아래 〈5.21.5 참고도-1〉과 같다. 압력탱크에 적당량의 시료를 넣고 206 kPa(30 psi)의 압력을 가하여 정밀여과 한다.

$$SDI = \frac{100[1-(t_i/t_f)]}{T}$$

여기서 ti = 0.45 μm의 정밀여과를 사용하여 시료수를 206 kPa(30 psi)로 가압하여 여과하였을 때에 처음의 500 mL를 여과하는데 소요되는 시간, $t_{15} = t_i$와 같은 상태에서 일정시간(일반적으로 15분) 계속하여 여과한 다음에 다시 500 mL를 여과하는데 소요되는 시간이다.

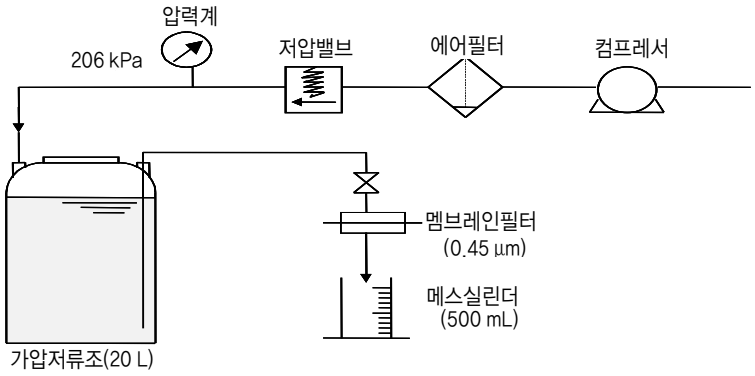
측정시료 중에 부유물질이 많으면 T_{15}의 측정이 불가능($T_{15} \rightarrow \infty$)하기 때문에 SDI의 최대값은 6.67이다. 따라서 측정시간을 5분이나 10분 등으로 변화시켜 측정하기도 한다.

- MFI(Modified Fouling Index)

측정장치는 SDI 측정장치와 같다. 압력탱크에 적당량의 시료를 넣고 206 kPa(30 psi)의 압력을 가하여 정밀여과 한다.

$$\frac{1}{Q} = a + MFI \times V$$

0.45 μm의 정밀여과를 사용하여 시료수를 206 kPa(30 psi)로 가압하여 여과하였을 때에 나오는 유량을 15분간 30초 간격으로 기록하며 X축을 유량의 역수, Y축을 누적부피를 가지는 그래프를 그려 기울기의 값을 MFI로 사용한다.



〈5.22.5 참고도-1〉 SDI, MFI 측정장치 모식도의 예

2.에 대하여 ; 조정설비의 처리방식은 취수지점에서 수질의 계절적인 변화(가능한 한 일변화까지)를 조사한 결과로부터, 해수원수 중의 탁도 또는 현탁물질의 다소에 따라 〈표 5.22.2〉에 나타낸 4가지 방식이 검토되는 경우가 많지만, 처리수 수질의 안정성과 유지관리의 용이성 등으로부터 1차여과(초벌여과)와 2차여과(마무리여과)의 2단여과가 많이 사용되고 있다. 어느 경우라도 예상되는 해수원수의 최고탁도일 때에 처리할 수 있도록 계획한다.

〈표 5.22.2〉 전처리방식의 일반적인 비교의 예

방식 / 항목	응집침전여과방식	직접응집여과방식	무약주여과방식	해안우물방식
개요	탁도가 10~20 NTU 이상	탁도가 1~10 NTU 이상	탁도가 1 NTU 이상	RO에 직접공급 가능
공정배열	염소 → 응집제 → 원수 → 응집 → 침전 → 여과 → RO	염소 → 응집제 → 원수 → 응집·여과 → 여과 → RO	염소 → 원수 → 여과 → RO	염소 → 우물 → RO
특징	안정된 수질을 얻을 수 있다. 설비면적이 크다.	유지관리가 용이하다. 설비면적이 작다.	유지관리가 용이하다. 일반적으로는 RO공급수로서는 불충분한 수질로 된다.	스케일성분을 포함하는 경우가 많다(수질조사가 필요).
비고	짠물을 원수로 하는 경우	청정해수를 원수로 하는 경우	간이장치용	채택하는 예는 극히 한정된다.

1) 1차여과(초벌여과)

여과방식 등은 5.7 급속여과지에 준하지만, 해수담수화시설에서 여과층 구성은 상층에 안트라사이트, 하층에 모래를 넣는 2층여과가 많이 사용되고 있으며, 3층여과방식을 채택하는 예는 거의 없다.

여과속도는 중력식에서 120~240 m/d, 압력식으로서는 240~480 m/d로 하는 방식이 일반적이다. 중력식인 경우에는 여과속도가 작기 때문에 설치면적이 커지지만 유지관리가 용이하고 여과펌프의 동력이 적으며 처리수의 수질이 압력식에 비하여 약간 양질인 것이 특징이다. 압력식 여과기와 중력식 여과기의 특징을 〈표 5.22.3〉에 비교하였다.

또 압력식여과기에는 수직형과 수평형이 있지만 대규모 여과기를 다수 설치해야 하는 경우에는 수평형이 설치면적이 작게 소요된다. 제작에 대해서는 구조상으로 직경의 제한이 있고 수송에 대해서는 길이와 높이의 제한이 있으므로 일반적으로 대규모 시설에서는 수평형이 적합하다.

1차여과인 경우 세척방법은 공기세척과 물세척을 조합하고 세척 직후에는 여과수 탁도가 높기 때문에 응집제를 주입하여 여과를 계속하면서 탁도가 낮아질 때까지 여과수를 배출시키면서 통수세척하는 방식이 일반적이다. 따라서 세척 직후의 탁도를 제거하기 위하여 2차여과기와 조합한다.

〈표 5.22.3〉 압력식여과기와 중력식여과기의 비교

항 목	압 력 식 여 과 기	중 력 식 여 과 기
구 조	수평형, 원판식	수평형, 반지하식
재 질	강판제, 고무라이닝	콘크리트제
여 재	모래 + 안트라사이트	모래 + 안트라사이트
여과속도	240~480 m/d	120~240 m/d
압력손실	8~10 m	2~3 m
여과면적	작다	크다
여과성능	약간 양호함	양호함
역세회수	1회/일	1회/일
역세방식	공기+물역세+통수세척(방수)	공기+물역세+통수세척(방수)
역세속도	30~36 m/h	30~36 m/h
역세용수	여과수	여과수
보 수 성	약간 복잡	간단
특 징	1. 여과속도가 크고 설치면적이 작다. 2. 역세용 소요공기량과 여과수량이 작다. 3. 대용량 플랜트에는 여과기의 제작크기가 제한되므로 기수(基數)가 많아진다. 4. 건설기간에 따라 분할납품이 가능하다.	1. 여과속도가 작고 설치면적이 크다. 2. 역세용 소요공기량과 여과수량이 많다. 3. 소비동력이 작다. 4. 여과수의 수질이 좋다. 5. 일체구조이므로 건설기간의 분할이 불가능하다.

2) 2차여과(마무리여과)

2차여과기의 역할은 1차여과기의 세척 직후에 일시적인 탁도상승의 억제, 응집제 과잉주입에 의한 탁도 상승의 억제 및 1차여과기에서 누출되는 응집제나 탁질의 포착이다. 2차여과기는 1차여과기보다 입경이 작은 여재를 사용한다.

여과속도는 중력식으로 180~300 m/d, 압력식으로는 360~600 m/d로 한다. 또한 세척은 물세척만으로 한다. 일반적인 1차여과와 2차여과의 여과층 구성을 〈표 5.22.4〉에 나타내었다.

3.에 대하여 ; 해수의 pH는 7.7~8.2로 높고 탁도가 낮아서 쉽게 응집되지 않으므로 넓은 응집역을 가지며 단단하고 침강성이 좋은 플록을 생성하는 염화제2철을 표준으로 한다. 염화제2철은 슬러지의 탈수성이 좋으며 한번 침전된 침전수가 다시 용해(溶解)되는 경우도 적으므로 막면에 부착될 우려도 적다. 그러나 산성이 강하고 부식성도 높기 때문에 FRP제 또는 PVC관 등 내식성이 있는 재료를 사용한다. 주입률에 대해서는 자-테스트 등을 하여 충분히 검토한 다음 결정해야 하며, 일반적인 해수의 탁도에서는 염화제2철 2~3 mg/L 정도로 직접여과하는 경우가 많다.

PACl나 황산알루미늄과 같은 알루미늄계 응집제로는 충분한 응집효과를 얻을 수 없고 미응집 알루미늄이 막면에 부착되어 막을 오염시킬 가능성이 있다. 고분자응집제도 막에 부착되면 제거하기 곤란

하므로 사용하지 않는다.

〈표 5.22.4〉 일반적인 여과층구성

(1) 1차여과기(단층여과)

구분	입경	균등계수	층고
모래층	0.45~0.65 mm	1.4~1.7	60~75 cm

(2) 1차여과기(2층여과)

구분	입경	균등계수	층고
안트라사이트층	0.6~1.2 mm	1.4 정도	20~60 cm
모래층	0.4~0.55 mm	1.4 정도	20~60 cm

(3) 2차여과기(단층여과)

구분	입경	균등계수	층고
모래층	0.3~0.45 mm	1.4 정도	40~80 cm

4.에 대하여 ; 여과수조는 후단의 역삼투설비 공급수 펌프정 외에 막모듈의 플러싱(flushing)용수 및 1차여과기와 2차여과기의 세척용수 공급조로서 역활을 한다. 여과수조는 여과기를 세척하는 중에도 막모듈에 안정적으로 해수원수를 공급할 수 있는 충분한 용량을 갖게 하며, 생물오염(bio-fouling)을 방지하기 위하여 밀폐구조로 하고 환기구 등은 외부로부터 오염을 방지할 수 있는 구조로 한다.

5.22.6 역삼투막 및 막모듈

역삼투막 및 막모듈의 종류는 처리성, 내구성, 내화학성 등을 고려하여 선정하며 막의 종류에 따라 미생물의 영향이나 스케일생성을 방지하기 위한 적절한 대책을 강구한다.

【해설】

1. 해수담수화용 역삼투막

해수담수화용 역삼투막의 재질은 천연펄프를 원료로 한 셀루로오스아세테이트계(이하 「CA계」라고 한다)와 석유를 원료로 하여 2종 이상의 재료를 합성가공한 폴리아미드계(이하 「PA계」라고 한다)의 두 종류이며, 물은 통과하지만 이온은 통과시키기 어려운 원리로 해수 중의 염분을 제거한다. 두 종류의 막에 대하여 염분제거율을 비롯한 각종 성능은 대체로 다음과 같다.

1) 염분제거율

PA계막은 CA계막에 비해 대체적으로 좀더 나은 탈염성능을 보인다. 제조사의 자료에 의하면 염분제거율 값은 뒤에 말하는 막엘리먼트나 막모듈의 차이나 시험조건의 차이에 따라 달라지므로 일률적으로 비교하기는 어려우나, 전용해성분(TDS) 32,000~35,000 mg/L, 막공급수 압력 5.4~5.5 MPa

(55~56 kgf/cm^2), 수온 25 ℃일 때의 염분제거율은 약 99.4~99.8 %의 범위이며 1단탈염으로 「먹는물수질기준(보론 제외)」 이내의 막투과수를 얻을 수 있다.

2) 온도의존성

온도가 높을수록 물의 투과율과 염분투과율 모두 커지는 경향이 있다. 따라서 막공급수의 수온이 높게 되면 투과수량 증가와 동시에 투과수의 염분도 많아진다. 일반적으로 이러한 경향은 PA계막이 CA계막에 비하여 크다.

3) 내염소성

PA계막은 염소 등의 산화제에 대한 내성이 거의 없으므로 막공급수의 잔류염소가 존재하면 막이 산화·열화되기 때문에 환원제를 주입하여 잔류염소를 제거해야 한다. 환원제로는 중아황산나트륨(SBS로 3~10 mg/L)이 필요하며, 탈염소처리를 확실하게 하기 위하여 이중의 주입설비를 설치하는 것이 바람직하다. CA계막에서도 염소농도가 높으면 막의 산화로 인하여 열화되기 때문에 잔류염소는 가능한 한 낮을수록 좋으며 잔류염소를 감시할 필요가 있다.

4) 막의 오염 대책

막의 오염에는 슬라임(유기물 오염) 부착에 의한 것과 칼슘, 마그네슘, 철분, 망간, 규산(silica) 등이 막모듈 내에 농축됨에 따른 스케일부착(염류 석출)이 있다.

⑴ 생물오염방지

CA계막에서는 세균 등의 미생물로 침식되기 쉬운 경우도 있으므로 염소계살균제로 생물오염을 방지한다. 일반적으로 CA계막의 공급수는 잔류염소를 0.1~0.4 mg/L로 유지함으로써 미생물 번식을 방지할 수 있다.

PA계막에서는 침식되는 일은 없지만 막면상에 슬라임(유기물 오염)이 부착되거나 조류가 유입되어 막면을 덮으면 투과수량이 줄어든다. PA계막에서는 염소계살균제(산화제)를 사용할 수 없으므로 살균 후 염소를 중아황상나트륨(SBS) 등을 이용하여 환원 제거한다. 또 황산구리에 의한 살균은 동이온의 영향으로 산화제가 활성화되거나 환원제가 능력이 저하되어서 막에 중대한 영향을 미치므로 사용하지 않는다.

⑵ 스케일부착(염류석출) 방지

해수에서 스케일성분 중 문제가 되는 물질은 농축과 pH의 변화로 막면에 석출되어 막기능을 손상시키는 물질이다. 일반적인 성분은 탄산칼슘과 황산칼슘 등이며, 미량이라도 막에 축적되어 나쁜 영향을 미치는 것은 철과 망간이다. 스트론튬, 바륨, 실리카도 스케일성분으로 될 수 있지만 일반적인 해수에서는 이들 농도는 낮아서 스케일발생의 우려는 적다.

막기능을 정상으로 유지하고 가동시키기 위해서는 원수의 스케일석출 조건을 정확히 파악하고, 또한 그에 따른 운전방법을 취한다.

일반적인 성분에 대한 대책은 다음 방법을 표준으로 한다.

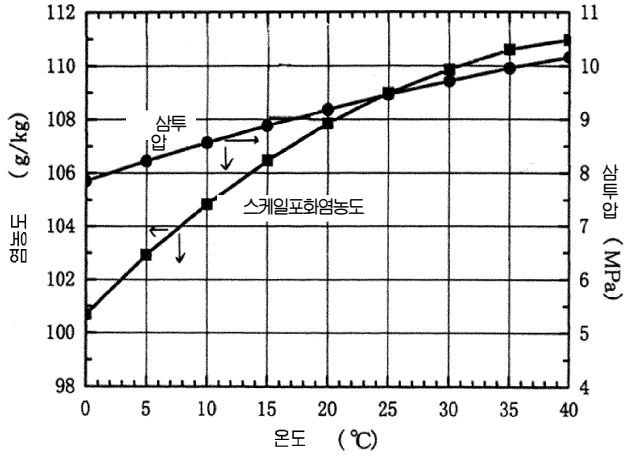
① 탄산칼슘($CaCO_3$)

농축 측에서 스케일 석출을 방지하기 위해서는 황산 등에 의한 pH조정과 회수율을 적절하게 설정하고 운전하는 것이다. PA계막에 대해서는 pH 7.0 이하로 제어함으로써 스케일부착을 방지할 수 있다. CA계막에 대해서는 스케일석출을 방지하고 재질의 특징인 가수분해에 의한 열화를 방지하기 위하여 pH 6.5 이하로 조정할 필요가 있다. 막의 허용 pH는 PA계막에서 2~10 정도이고 CA계막에서 3~8 정도이지만 pH를 지나치게 내리면 장치가 부식되기 쉽다.

$CaCO_3$ · 스케일이 발생하였는지의 판정은 농축수 측의 랑게리아지수(LSI)를 계산하고, LSI가 마이너스(-)로 되도록 조정한다(5.10 부식성 개선 참조). 통상 운전시의 pH는 PA계막에서 6.0~7.0 정도, CA계막으로서는 5.5~6.5 정도로 조정하는 것이 일반적이다.

② 황산칼슘($CaSO_4$)

회수율을 적절히 유지하고 스케일이 생기지 않는 농축범위로 운전하는 것이 일반적이다. 수온과 수압 및 염분농도에 의한 스케일의 석출한계에 대한 이론치의 예를 〔그림 5.22.6〕에 나타내었다.



[그림 5.22.6] 스케일포화염농도와 해당 삼투압의 온도에 대한 변화

③ 철, 망간

농도가 높은 경우에는 염소 등으로 산화시킨 다음 침전과 여과로 제거한다(5.20 철 · 망간제거설비 참조).

수산화철은 막공급수 중에 0.1 mg/L 이상 포함되면 영향을 미치므로 모래여과 이후의 공정장치에 대한 방식대책에도 유의해야 한다(5.22.10 기계 · 전기 · 계측제어설비 참조).

또 이들 오염을 제거하기 위한 약품세척에 대해서는 5.22.7 역삼투설비를 참조한다.

5) 트리할로메탄 제거능력

막공급해수에 포함된 트리할로메탄은 막엘리먼트의 종류에 따라 그 제거율이 크게 다르다. 트리할로메탄제거는 PA계막이 90 % 이상인데 반하여 CA계막에서는 상대적으로 제거율이 낮은 편이다. 따라서 CA계막으로서는 생물오염을 방지하기 위하여 염소계살균제를 사용하지만 간헐주입 등으로 원수 측

에 트리할로메탄을 발생시키지 않도록 한다.

6) 유기물 제거성

CA계막은 유기물 제거성이 낮고 PA계막은 유기물 제거성이 높다.

7) 압밀화

막이 공급수의 압력으로 압축(압밀화)되는 것은 막면에 오염물질이 부착되면서 투과수량이 감소되는 요인으로 된다.

PA계막은 비교적 단단한 지지층을 가져서 압밀화되기 어렵다. CA계막은 PA계막에 비하여 압밀화가 약간 크다. 특히 운전초기 수백시간 이내에 압밀화될 수 있으며 그 후 약간씩 압밀화가 진행된다.

2. 막모듈

역삼투막과 그 지지체 및 생산수나 농축해수를 통과시키는 유로재를 일체화하여 압력용기(벳셀)에 장착되도록 성형가공한 것을 막엘리먼트라고 하며, 압력용기와 접속부품을 포함한 전체를 역삼투막모듈이라고 한다. 막모듈에는 막엘리먼트의 구조에 따라 중공사형과 나권형의 두 가지가 있으나 현재는 크기가 표준화된 나권형 모듈이 주로 사용되고 있다.

각각의 막모듈 구조에 대해서는 5.18.4 막과 막모듈을 참조한다.

막모듈의 통수방식은 역삼투막인 경우는 외압식으로 되어 있다.

막투과 수량과 수질은 수온, 운전압력, 회수율, 공급해수의 염분농도에 따라 다르다. 이 투과수의 변동은 막모듈의 경년열화나 외부원인에 의해서도 영향을 받는다. 막투과수질에 관한 막모듈의 성능은 염분배제율(R) 또는 염분투과율(1-R)로 나타낸다. 이들 여러 가지 조건에 의한 영향과 막모듈의 투과수량 및 염분투과율 또는 염분배제율의 특성은 다음과 같다.

1) 해수온도

온도변동이 수질에 미치는 영향은 염분투과율이 물투과율보다 큰 경향이 있으며 해수온도가 높게 되면 염분투과율이 증가하여 투과수의 염분농도가 상승한다. 온도변동 1℃에 대하여 2.5~3.0% 정도의 막투과수량 증감이 있다.

2) 운전압력

막공급수의 수온, 수질 및 회수율을 일정하게 하여 역삼투설비를 운전하면 막투과수량은 운전압력에 거의 비례하여 증감한다. 한편 운전압력을 높게 하면 막투과수량 증가에 비하여 염분투과량의 증가율이 작기 때문에 막투과수의 염분농도는 감소하는 경향으로 된다.

3) 막여과유속

여과수량(m^3)/막여과면적(m^2)·일이며 운전중의 여과유속을 나타낸다. 해수담수화 처리 시 막오염이 일어날 경우 막여과 유속은 감소하게 된다.

4) 회수율

회수율은 막공급수량(QF)에 대한 막투과수량(QP)의 비율(QP/QF)로 나타낸다.

회수율을 높게 하는 것은 일정량의 막투과수량에 대한 막공급수량의 감소로 이어진다. 동력비가 경감되는 것을 비롯하여 조정설비나 고압펌프의 용량이 작아질 수 있으므로 경제적이다. 동력비가 고가인 나라에서는 회수율을 높게 설정하는 방식이 일반적이다.

회수율의 상한은 농축으로 막면에 스케일생성과 막엘리먼트의 종류에 따라 운전압력 및 막면유속, 막투과수의 수질목표치 등의 제한조건으로 결정된다. 회수율이 높게 되면 농축해수의 농도가 높게 되어 막면에서 막공급수측과 막투과수측의 농도차가 커지기 때문에 막투과수의 염분농도가 높게 되는 경향이다.

5) 염분농도

운전압력과 회수율 및 수온 등의 운전조건을 일정하게 하는 경우에 막투과수량과 수질은 막공급수의 염분농도에 따라 변한다. 막공급수의 염분농도가 높게 되면 회수율을 높게 하는 경우와 같은 이유로 막투과수의 염분농도가 높게 된다.

막을 투과하는 단위시간당 염분량 Qs는 다음 식으로 표시된다(B값은 동일한 운전조건이라도 해수온도가 높게 되면 커지고 수질이 약간 나쁘게 되는 경향을 보인다).

$Qs = B(Cf-Cp) \cdot F$

B : 막의 염분투과계수(m/sec)

Cf : 막공급수의 염분농도(kg/m^3)

Cp : 막투과수의 염분농도(kg/m^3)

F : 막면적(m^2)

6) 경년열화

막모듈의 성능저하는 일반적으로 막투과수량의 감소와 염분제거율의 저하로 나타나며, 그 내용은

⑴ 막의 압밀화 등에 의한 열화

⑵ 화학물질에 의한 열화

⑶ 미생물 번식 등에 의한 열화

⑷ 온도나 압력 등에 의한 변형이나 폐색과 같은 기계적·물리적인 외부요인에 의한 열화가 있다.

또한 막의 열화는 취수수질, 전처리공정, 약품주입 및 운전방법 등에 따라 다르다. 특히 일시적인 운전정지상태 등으로 인한 수질악화에 충분히 대처할 수 있도록 시설 내의 체류수 교환도 검토해 둔다. 막의 열화에 의한 투과수량의 감소와 염분배제율의 저하를 예측하여 막의 적절한 교환율을 설정해 놓는다.

막에 대해서는 기술이 진보됨에 따라 성능도 변하므로 실험 등을 통하여 최적의 시스템을 선정할 필요가 있다.

5.22.7 역삼투설비

역삼투설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 공급수 중의 이물질로 고압펌프와 막모듈이 손상되지 않도록 하기 위하여 고압펌프의 흡입측 공급수 배관계통에 스트레이너(보호 필터, 카트리지 필터)를 설치한다.
2. 고압펌프의 운전압력은 막모듈의 허용압력, 수온 및 회수율 등을 고려하여 동력비가 가장 경제적으로 되도록 설정한다.
3. 고압펌프는 효율과 내식성이 좋은 기종으로 하며 그 형식은 시설규모 등에 따라 선정한다.
4. 동력회수장치는 에너지 효율성 증대를 위해 설치를 장려하고, 그 형식은 효율, 운전조작성 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 선정한다.
5. 고압펌프가 정지할 때에 발생하는 드로백(draw-back 또는 suck-back)에 대처하기 위하여 필요에 따라 드로백 수조(담수수조겸용의 경우도 있다)를 설치한다.
6. 막모듈은 플러싱과 약품세척 등을 조합하여 세척하며, 장기간 운전중지하는 경우에 막보존액으로는 중아황산나트륨 등을 사용한다.
7. 해수담수화시설에서 생산된 물은 pH나 경도가 낮기 때문에 필요에 따라 적절한 약품을 주입하거나 다른 육지의 물과 혼합하여 수질을 조정한다.
8. 막의 손상과 같은 고장을 곧바로 용이하게 발견할 수 있어야 하고 고장난 모듈을 쉽게 교환할 수 있도록 한다.

【해설】

역삼투설비는 보호필터 고압펌프, 동력회수터빈, 역삼투막설비, 담수수조 등으로 구성된다. 이들을 계획하거나 설계할 때에는 막모듈의 성능과 특징을 잘 이해해야 하고, 그 성능이 충분히 발휘되도록 배려한다.

1.에 대하여 ; 보호필터는 고압펌프와 역삼투막모듈에 이물질이 침입하지 않도록 조정하는 설비로서 전처리한 청정한 해수에 혼입된 미세한 이물질을 저지하는 장치이다.

보호필터의 형식에는 재생할 수 없는 카트리지(cartridge)형과 재생할 수 있는 디스크엘리먼트(disk element)형이 있으며, 경제성과 안전성을 고려하여 선정한다. 지금까지 실적으로는 카트리지형의 실시 예가 많지만, 대형 플랜트에는 디스크엘리먼트형이 사용되는 예가 있다.

1) 재질

필터에 사용되는 엘리먼트의 재질로는 폴리에틸렌이나 나이론 등의 합성수지가 많이 사용되고, 스테인리스강의 와이어나 소결금속은 철의 용출이나 부식의 우려가 있어서 사용되는 경우가 적다. 용기에는 강판제(STS, 고무라이닝 등)가 사용되는 예가 많다.

2) 필터의 눈크기

필터의 눈크기는 10~20 μm 이하가 일반적이다.

3) 여과저항

여과저항은 가능한 한 적도록 계획한다. 보통은 초기차압 15~30 kPa(0.15~0.3 kgf/cm^2), 운전

한 다음 최대차압은 100 kPa(1 kgf/cm^2) 정도이다. 최대차압을 초과하였을 때에는 필터를 교환하거나 재생한다.

카트리지인 경우에는 1~3개월 정도에 엘리먼트를 교환할 필요가 있다. 디스크엘리먼트형은 공기세척과 물세척으로 폐색물질을 제거함으로써 재생된다.

2.에 대하여 ; 막모듈의 공급수 측에 고압펌프로 삼투압 이상의 운전압력을 가함으로써 해수로부터 염분을 제거한다.

운전압력은 막모듈의 허용압력 범위로 수온과 회수율 등을 고려하여 동력비가 경제적으로 되는 운전점을 설정하지만, 회수율 30~40 %, 수온 30 ℃ 이하에서는 5~6.5 MPa(50.3~65.4 kgf/cm^2)가 일반적이다. 수온이 낮은 경우에는 막의 압밀화가 일어나기 어려우므로 운전압력을 높게 하여 투과수량의 감소에 대처하며, 20 ℃ 이하의 수온에서는 6~7 MPa(60.4~70.4 kgf/cm^2)의 운전압력이 적용되는 경우가 있다.

또한 고압내용막(高壓耐用膜)을 사용하여 운전압력 8~9 MPa(80.5~90.5 kgf/cm^2) 정도, 회수율 50~60 % 정도로 운전하는 방식도 개발되어 있다. 펌프의 소요동력 계산은 8.2.5 펌프의 제원을 참조하기 바란다.

[5.22.7 참고 1] 생산수량의 조정

막투과수량과 수질은 역삼투설비의 운전압력, 공급수량 및 회수율을 변경함으로써 한정된 범위에서는 어느 정도 변경시킬 수가 있다. 이 밖에 막모듈 자체가 해수온도와 염분농도의 영향을 받아 막투과수량과 수질이 변하기도 한다.

그러나 운전압력과 회수율을 변경시킴으로써 생산수량을 조정하는 것은 고압펌프의 효율을 저하시키기 때문에 대폭적인 변경은 전체적으로 보아 효율적인 방법이 아니다.

일반적으로 계획생산수량의 수 %~10 % 정도의 증감에 대해서는 운전압력 조정으로 대처하며 그 이상인 경우에는 막모듈의 수를 조정하여 생산수량을 조정한다. 그리고 급격한 수요량 변동에 따른 생산수량의 증감에 대해서는 시설운전 유니트의 수를 조정하여 대처한다.

따라서 계획할 때에 수온변화와 수요량의 변동 등을 파악하여 두고, 시설이 효율적으로 가동되도록 운전방법을 검토해 두는 것이 중요하다.

3.에 대하여 ; 담수화에 필요한 에너지의 대부분(65~85 %)은 펌프구동에 소요되기 때문에 고효율의 경제적인 펌프를 선정한다. 또한 장기간 일정한 부하로 연속운전되는 경우가 많으므로 높은 신뢰성과 내구성이 요구되며, 비교적 낮은 pH로 조정된 부식성 해수를 취급하기 때문에 내식성이 뛰어난 재료로 제조된 제품이 바람직하다.

1) 고압펌프의 형식

고압펌프의 형식은 처리수량에 따라 다르다. 소형인 경우에는 왕복펌프(피스톤펌프)나 회전펌프(로터리-펌프) 등의 정량펌프와 고속원심펌프가 사용된다. 대형인 경우에는 왕복펌프의 제작이 곤란하므

로 벌류트펌프가 사용된다.

왕복펌프의 효율은 75~85 %(종합효율)로 높은 압력조정도 용이하다. 소형의 고속원심펌프는 20~50 %로 효율은 낮지만 토출압력의 맥동이 적다. 벌류트펌프는 다단벌류트펌프나 다단디퓨저형벌류트펌프 등이 사용된다. 이들은 용량이 커짐에 따라 효율도 좋으며 중용량 이상에는 60~85 %의 효율을 얻을 수 있다. 고압펌프의 형식선정에는 〈표 5.22.5〉를 목표로 한다.

4.에 대하여 ; 막모듈에 공급되는 수량의 30~40 %가 담수화되고 나머지 60~70 %가 농축해수로 배출된다. 이러한 때에 급수측의 압력은 통상 5.5~6.5 MPa(약 55.3~65.4 kgf/cm^2)이고, 농축해수의 출구에서도 아직 5~6 MPa(약 50.3~60.3 kgf/cm^2) 이상의 압력이다.

〈표 5.22.5〉 고압펌프의 용량과 형식

	시설 용량	고압펌프의 용량	고압펌프의 형식
짠물(brackish water)의 담수화	3~50 m^3/d	0.2~4 m^3/h × 3.9 MPa	왕복펌프 회전펌프
	30~200 m^3/d	2~15 m^3/h × 3.9 MPa	고속원심펌프
	200~300 m^3/d	15~150 m^3/h × 3.9 MPa	다단벌류트펌프 양흡입벌류트펌프
	3000 m^3/d 이상	150 m^3/h × 3.9 MPa	다단벌류트펌프 양흡입벌류트펌프
해수의 담수화	1~10 m^3/d	0.2~2 m^3/h × 5.9~6.9 MPa	왕복펌프 회전펌프
	10~200 m^3/d	2~30 m^3/h × 5.9~6.9 MPa	왕복펌프 고속원심펌프
	200~5,000 m^3/d	30~80 m^3/h × 5.9~6.9 MPa	다단벌류트펌프
	5,000 m^3/d 이상	700 m^3/h × 5.9~6.9 MPa	고속원심펌프 다단벌류트펌프 양흡입고속단단벌류트펌프

동력회수터빈은 농축수의 압력에너지를 수차에 의하여 회전력형의 기계에너지로 변환하여 회수하는 장치이다. 회수된 에너지는 고압펌프를 구동하는 전동기 보조동력으로 이용된다.

일반적으로 소형장치에서는 경제성이 낮기 때문에 에너지를 회수하는 예가 적으며, 이러한 경우에는 밸브와 감압오리피스 등으로 감압하는 방식이 일반적이다.

1) 동력회수

에너지회수로 얻어지는 동력 Pr는 다음 식으로 표시된다.

$Pr = 0.163 \cdot \rho b(Hb - Ho)Qp(1/Y-1) \cdot \eta t(kW)$

여기서

Hb : 농축수 압력(동력회수 터빈 입구압력)(m)
Ho : 동력회수터빈 출구압력(mAq)
ρb : 농축수 단위당 체적질량(해수담수화에서는 1.04 ~ 1.05 kg/L)
ηt : 에너지회수장치의 효율
Qp : 투과수량(m^3/min)
Y : 회수율
일반적으로 Hb와 (Hb -Ho)는 다음 값으로 된다.
Hb = Hf - (15~50)
Hb - Ho = Hb - (15~50)
(다만, 펠톤형 동력회수터빈을 사용하는 경우에는 Ho = 0 mAq로 된다)

동력회수터빈은 일반적으로 용량이 커질수록 효율이 높다. 에너지 회수량은 터빈의 효율, 막모듈에서의 회수율, 운전압력 등으로 변하지만, 일반적으로 고압펌프에서 필요한 전력소비량의 20~30 %가 회수된다.

2) 동력회수터빈의 형식

동력회수터빈에는 펠톤형, 역전펌프형(프란시스형), 터보차저(turbo charger), 등압형(isobaric type) 등이 사용된다.

형식선정에는 효율(특성), 운전조작성, 유지관리의 용이성, 경제성 등을 고려해야 하지만 고압펌프와 같이 높은 신뢰성과 내구성도 배려해야 한다.

⑴ 펠톤(pelton)형

펠톤형은 고압, 소용량, 저유량인 경우라도 효율이 높아서 터빈의 효율이 80 % 이상이고 브레이크 작용이 없기 때문에 고압펌프와 처음부터 직결된 채로 기동할 수 있으므로 운전조작이 간단하다. 그러나 버켓트의 마모가 심하고 정기적인 부품교환과 보수가 필요하다. 그 밖에 운전 중에 런너(runner)가 배수(排水)를 교반시키지 않도록 배수면의 수위를 충분히 고려하여 설치해야 하는 등 설치장소에 제약이 있다.

⑵ 역전펌프형

역전펌프형은 소용량에서는 펠톤형에 비하여 효율이 약간 낮지만 용량이 커짐에 따라 효율이 좋아진다. 터빈효율은 75~80 %이다.

유량이 적을 때에는 브레이크작용이 있기 때문에 고압펌프를 기동할 때에는 터빈을 전동기 또는 고압펌프와 떼어 둔다. 터빈이 일정한 회전속도에 도달하면 크럿치를 통하여 연결하기 때문에 약간 운전조작이 복잡하다. 배출수는 터빈의 토출압력을 유지하고 있으므로 그대로 방류수조에 압송할 수 있다.

⑶ 터보차아져형

새로운 에너지회수방식으로 효율이 좋다고 알려져 있으나 대형의 실적은 아직 적다. 이 방식에서는 농축해수의 압력에너지를 펌프(turbo charger)에 의하여 압력으로 변환하기 때문에 고압펌프의 토출압을 상승시키기 위하여 사용되고 있다. 따라서 고압펌프와 터빈의 회전속도가 일치할 필요가 없고 브

레이크작용이 생기는 경우도 적다.

⑷ 등압형(Isobaric type)

최근 에너지회수장치로서 많이 쓰이는 프레셔익스체인지(PX)는 두 개의 평행한 원통형의 통으로 구성되며 내부에 피스톤이 설치되어있다. PX는 실린더 모양의 회전자(Rotor)가 압력 용기내에서 회전하면서 고압의 농축수와 저압의 유입해수와의 직접적인 접촉으로 압력이 전달하는 형태로 수력학적 에너지를 기계적인 에너지로 전환하는 단계는 없다.

상기 프레셔익스체인지(PX)는 미국의 ERI사에서 공급하는 반면 스위스의 Calder 사에서는 또다른 형태의 등압형 에너지 회수 장치를 공급하고 있다. 본 설비는 원통형의 긴 실린더 내부에 칸막이를 갖추고 있고, 실린더 한 측면에는 밸브(LinX Valve)를 구비하여 서서히 고압의 고염수와 저압의 해수사의의 유체 압력 에너지를 교환하여 일정부분의 해수를 가압한다. 본 등압형의 특징은 고압 펌프의 용량을 줄일 수 있는 장점이 있어 대용량 시스템을 구축하는데 유리하다. 또한 본 에너지 회수장치에서 배출되는 고압의 해수를 막 모듈에 공급하기 전에 별도의 펌프가 필요하다.

5.에 대하여 ; 고압펌프가 정지하면 역삼투막의 내부에서는 정삼투의 상태로 되며 투과수가 역류하는 현상이 발생한다. 이것을 드로백(draw-back 또는 suck-back)현상이라고 한다. 드로백할 때에 투과수량이 부족하면 막내부에 공기가 혼입되며, 다음에 운전을 재개하였을 때에 그 공기배제가 충분하지 않으면 막에 나쁜 영향을 미친다. 특히 모듈 내의 엘리멘트(element) 개수가 많을수록 공기배제는 어렵다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 필요에 따라 드로백수조(담수수조겸용의 경우도 있다)를 설치한다. 그 용량은 드로백량과 운전정지하였을 때의 막모듈 내의 치환수량을 공급할 수 있는 양 정도로 한다.

6.에 대하여 ; 막모듈은 운전시간이 경과함에 따라 오염되며 생산수량의 감소(막에서 물 투과량의 감소) 또는 운전압력의 상승(막차압의 상승)을 초래하기 때문에, 오염의 정도와 오염의 상황에 따라 고속류의 저압플러싱(flushing), 산 또는 알칼리제를 사용하는 약품세척 등을 조합하는 방식이 일반적이다.

1) 플러싱(flushing)

운전 중의 세척 또는 장치정지시의 세척은 투과수 또는 조정설비에 의한 처리수를 0.2~2 MPa(약 2.02~20.2 kgf/cm^2)의 비교적 저압력으로 공급하고 막모듈 내의 오염물질을 흘러가게 한다. 막오염이 적고 모듈성능에 큰 변화가 없는 경우에는 보통 5~10분간의 플러싱을 정기적으로 한다. 일주일 정도의 단기간동안 운전을 정지하는 경우에는 정지 전에 저압플러싱을 하고, 그 다음 막투과수로 막모듈과 배관 내를 치환할 수 있도록 해둔다.

2) 약품세척

막면에 스케일이 부착되고 철분이 침착되는 등으로 급격하게 막의 투과수량이나 수질이 저하되고, 막모듈의 압력손실이 증가하는 경우에는 산으로 세척한다. 세척액은 일반적으로 1~2 % 정도의 구연산이 사용되며, 암모니아수로 pH 2~4 정도로 조정한다. 유기물로 오염된 경우에는 수산화나트륨 등의 알칼리제를 사용한다.

약품세척 전후에는 반드시 플러싱을 해야 하며, 특히 세척 후에는 세척액을 계의 밖으로 배출시킨다. 막세척 시기에 대해서는 막차압이 200 kPa(약 2 kgf/cm^2) 정도 이상 또는 초기(세척시) 차압의 1.5배 정도 이상으로 되었을 때를 기준으로 한다.

오염원인물질과 막세척약품의 종류에 대해서는 〈표 5.22.6〉과 같다. 또 PA계막의 생물오염을 방지하기 위한 쇼크트리트먼트에 대해서는 5.22.6 역삼투막 및 막모듈을 참조한다.

〈표 5.22.6〉 오염 원인물질과 막세척액의 종류

오 염 원 인 물 질		막 세 척 액 의 종 류	세 척 방 법
무기물	무기염류	• 구연산 1~2 %	온라인
	금속류	• 황산 pH 2~3	온라인
		• 염산 pH 2~3	온라인
		• 옥살산 0.1~0.2 %	오프라인
유기물	슬라임	• 수산화나트륨 pH 10~11	온라인
	미생물	• 계면활성제	온라인

옥살산은 음용수에 혼입되었을 때의 안전성이 확인되어 있지 않으므로 세척은 오프라인(off-line)으로 하고, 세척한 다음에는 충분한 플러싱(flushing)을 하는 것으로 한다. 그 이외에도 음용수에 혼입되었을 때의 안전성이 확인되어 있지 않은 세척액을 사용하는 경우에는 반드시 오프라인으로 세척한다.

3) 장기간 운전을 정지하는 경우의 조치

장기간 운전을 정지하는 경우에는 고압펌프를 포함하여 역삼투설비의 내부를 막투과수 등으로 씻어 흘려보내고 중아황산나트륨용액 등의 보존액을 막모듈에 봉입하여 보관한다. 결국은 막을 습윤상태로 두고 박테리아나 미생물이 번식하지 않는 상태로 보관한다.

7.에 대하여 ;

1) 막투과수의 수질에는 다음과 같은 특징이 있다.

⑴ pH가 낮다.

막면에 스케일생성을 방지하기 위하여 막공급수에 산이 주입되므로 pH가 낮게 된다. 이 때문에 해수 중의 탄산성분으로부터 이산화탄소가 발생하며 과포화상태로 용해된다. 이산화탄소는 용이하게 막을 투과하므로 생산수 중에 이산화탄소가 많이 용해되어 있어서 pH가 낮게(5.0~7.0) 되고 「먹는물 수질기준」을 벗어나는 경우도 있으며 부식성이 높으므로 pH의 조정이 필요하다.

⑵ 경도가 낮다.

해수 중의 성분조성과 역삼투막에 의한 염배제율이 1가이온과 2가이온에서는 다르다. 이 때문에 막투과수의 칼슘이온(Ca^{2+})과 마그네슘이온(mg^{2+})의 경도성분이 적고, 대부분의 염은 나트륨이온(Na^{+})과 염소이온(Cl^{-})이다. 관재에서의 용출을 방지하기 위하여 경도를 조정하는 조치가 바람직하다.

⑶ 브롬(Br)이온이 많다.

일반 수돗물에 비하여 브롬이온(Br^{-})이 많으며, 소독용 염소를 첨가하는 경우에 브롬계 트리할로메탄이 생길 우려가 있으므로, 트리할로메탄 생성능이 높은 지표수와 혼합하는 경우에는 혼합한 후의 트리할로메탄 생성량에 주의해야 한다(5.22.3 해수담수화시설 참조).

⑷ 기타

역삼투막에서는 냄새를 제거하기 어려우므로 해수 중에 황화수소 등의 냄새성분이 포함된 경우에는 생산수 중에 맛과 냄새가 생길 경우가 있다. 이러한 경우에는 냄새제거가 필요하지만, 실시한 예는 적다.

2) pH조정과 경도조정

pH조정에는 다음과 같은 방법이 있다.

후처리공정에서 단지 pH를 조정하는 것만으로는 막투과수의 경도가 낮고 부식성이 높다. 랑게리아지수(5.10 부식성 개선 참조) 등을 고려하여 배관 등을 보호하기 위하여 경도성분을 첨가하고 pH를 조정할 필요가 있다. 역삼투설비에서는 다음에 나타낸 (1)과 (2) 또는 (1)과 (3)의 조합을 채택하는 예가 많다.

⑴ 폭기에 의하여 유리탄산을 제거하는 방법

첨가물을 전혀 사용하지 않으므로 TDS를 증가시키지 않고서 pH를 조정할 수 있다.

⑵ 석회 등의 칼슘이나 수산화나트륨의 첨가와 석회석 접촉 등의 방법

생산수에 소석회의 슬러리용액을 혼합하는 방법, 수산화나트륨 등의 알칼리제를 주입하는 방법 또는 석회석입자를 충전한 층내를 관류(처리수 중에 이산화탄소가 용해되어 있으면 석회석의 용해성이 높으므로 역삼투법에서는 좋다)시키는 방법이다. 석회석은 소석회와 비교하여 알칼리도가 낮으므로 접촉시간이 길더라도 pH가 기준치를 초과하는 경우가 없고 적응하기 쉬운 방법이다. 석회석으로는 일반적으로 시판되는 한수석(寒水石)을 사용한다.

일반적으로 막투과수는 Ca와 Mg 등의 경도성분이 아주 적으므로 물의 맛을 좋게 하기 위해서도 칼슘을 첨가한다.

⑶ 다른 지표수와 혼합시키는 방법

적당한 혼합수를 얻을 수 있는 경우에 가장 간단한 방법이다.

8.에 대하여 ; 막모듈의 고장을 발견하기 쉽도록 전기전도도계 등으로 막투과수를 상시 감시하며 막모듈의 생산수 측에 시료수를 채수할 수 있는 탭을 설치하고, 어떤 모듈에 고장이 생겼는지를 판단하기 쉽도록 한다. 막모듈을 블록화하는 등 교환하기 쉽도록 배려한다.

5.22.8 방류설비

방류설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 배출수처리는 배출수기준 이하가 되도록 pH조정, 폭기처리, 중화 등의 처리를 하여 농축해수와 혼합하여 방류하는 것이 바람직하다. 다만, 막모듈의 세척폐액은 세척액의 종류에 따라 오염도가 높은 경우에는 하수도에 방류할 수 있다.
2. 방류방식이나 방류위치는 방류량이나 해역의 상황 등을 고려하고 방류해수가 방류해역의 생태계에 미치는 영향이 최소가 되도록 하여 방류방식과 위치를 선정한다.

【해설】

방류설비는 배출수처리설비와 농축해수 등의 방류설비로 구성된다. 해수담수화시설에서의 배출수는 역삼투설비로부터 운전 중에 배출되는 농축해수가 대략 90 %를 차지한다. 그 밖에 전처리 설비의 여과기 세척배출수, 역삼투설비를 초기 가동할 때에 배출되는 막보관액, 막모듈세척액의 배출수, 기타 설비에서의 배출수 등이 있다. 또한 해수담수화시설에서 배출수는 방류해역의 해수에 비하여 염분농도가

높으므로 방류해수의 방류지점과 방류방식은 해서생물에 영향을 작게 미치는 방법으로 배출하는 것이 중요하다. 이 때문에 환경영향조사나 배출수확산을 예측하여 안전성을 검증해야 한다. 또 배출수는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 및 「폐기물관리법」 등에 따라 적정하게 처리해야 한다.

1.에 대하여 ;

1) 배출수의 종류와 성상

⑴ 농축해수

방류되는 농축해수의 성상은 해수원수의 염분농도와 수온 및 역삼투설비의 회수율에 따라 달라진다. 회수율은 지금까지 실적으로부터 일반적인 해수에서는 30~40 %이고, 취수된 해수원수가 약 1.7배 정도(회수율 40 %인 경우)로 농축되어 해역에 방류된다.

또 어떤 역삼투막이라도 pH가 6.5~7.0 정도로 내려가며 온도도 약 1 ℃정도 상승한다.

⑵ 쇼크트리트먼트(shock treatment)할 때의 배출수

PA계 막모듈에서 쇼크트리트먼트(5.22.6 역삼투막 및 막모듈 참조)할 때의 배출수는 중아황산나트륨인 경우에는 pH가 4.5~5.0로 COD가 높다. 황산인 경우에는 pH가 2.5~3.0인 예가 있다.

⑶ 여과기의 역세척배출수

해수원수와 같은 정도의 pH로 응집제첨가에 의한 용해성 철분함유량과 색도 및 탁도가 높다.

⑷ 막보관폐액의 배출수

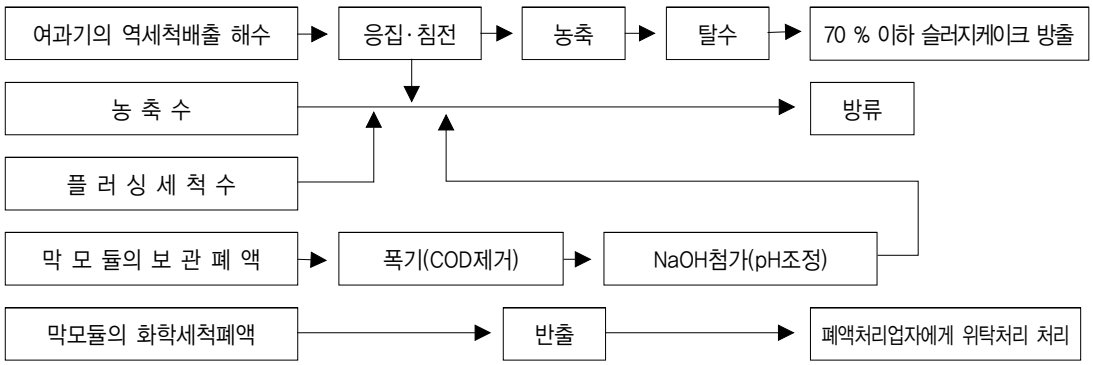
막모듈을 기동할 때에 배출되는 보관폐액은 막보관용 약품(중아황산나트륨 등) 500~1,000 mg/L을 포함하고 약간 pH가 낮으며 COD가 높은 배출수이다.

⑸ 막모듈의 세척배출수

세척배출수는 산세척(구연산 1~2 % 용액)인 경우 COD가 약 5,200 mg/L, pH 4 정도로 유기물이 많다. 알칼리세척(수산화나트륨 등)인 경우에는 일반적으로 COD가 낮으므로 pH의 조정만으로 배출할 수 있다. 막세척의 횟수는 역삼투설비를 연속으로 완전 가동하는 경우에는 일반적으로 일년에 1~2회 정도로 적지만, 생산수량의 변동이 있는 경우에는 정지횟수에 따라 증가한다.

2) 배출수처리에 대하여

배출수처리의 대상으로 되는 것은 여과기의 역세척배출수와 역삼투설비로부터 배출되는 막보관폐액의 배출수, 쇼크트리트먼트할 때에 농축해수의 배출수와 막모듈의 세척배출수이다. 이들 배출수처리공정의 예를 〔그림 5.22.7〕에 나타내었다.



[그림 5.22.7] 해수담수화시설(역삼투법)의 배출수처리공정의 예

⑴ 여과기의 역세척배출수처리

여과기의 역세척에 의한 배출수는 응집, 침전, 농축, 탈수의 공정을 거쳐서 처리한다. 상징수는 농축해수 등의 배출수와 함께 방류한다. 농축슬러지는 탈수처리하여 처분하지만, 처분장에 대해서는 슬러지에 염분이 포함되어 있으므로 농지 가까이에 처분하는 것은 피해야 한다.

이 처리시스템은 지표수계와 동일하므로 5.23 배출수 및 슬러지처리시설을 참조한다.

⑵ 역삼투설비에서의 배출수처리

역삼투설비에서의 배출수는 pH, COD, SS 등이 방류기준을 상회하는 유기물이 많은 배출수이므로 방류기준이하가 되도록 적절하게 처리한다. 처리방법은 세척폐액의 저류조와 처리조에서 pH조정, 폭기처리, 중화제 등으로 처리하고 농축해수와 혼합하여 방류하는 것이 바람직하다.

⑶ 농축해수

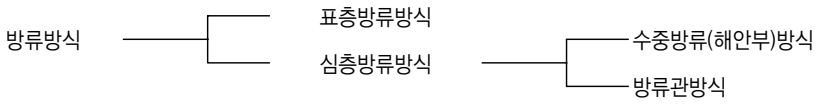
농축해수에 대해서도 잔류염소, COD, pH 등 필요에 따라 수질을 조정한다.

2.에 대하여 ; 방류설비는 그 대세를 이루는 것이 농축해수이며, 각종 배출수를 처리한 다음의 처리수(排水)를 농축해수와 합류시켜서 해역에 방류하기 위한 설비이다.

방류해수는 자연해수에 비하여 고농도로 농축되어 있으므로 생태계에 미치는 영향에 관하여 환경을 조사하고 예측할 필요가 있으며, 필요에 따라 사전과 사후의 일정한 기간동안 조사를 계속해야 한다. 생물실험 등의 자료에 의하면, 해서(海棲)생물에 영향이 있는 염분농도는 약 4.0 %(일반해수에서는 3.2~3.5 %)로 보고 있다. 이 때문에 환경조사 등의 결과를 근거로 하여, 해서생물 등에 가능한 한 영향이 적도록 하는 방류방식이나 방류위치를 선정한다.

해역에 방류되는 배출수는 주위의 해수보다 밀도가 크기 때문에 방류 후에 침강하여 저층에 퍼지는 거동을 보인다. 배출수가 해저부에 고밀도의 상태로 체류하는 경향이 있는 내해나 어업에 영향을 미치는 지점에는 방류 직후에 조속히 주변 해수와 혼합·희석하여 염분농도의 차이가 작도록 할 필요가 있다. 따라서 수리모형실험 등으로 방류해수의 확산을 예측하고 방류속도와 방류각도 등에 대하여 실증하여 방류설비를 설계하는 것이 바람직하다.

1) 방류방식은 다음과 같이 분류된다.



⑴ 표층방류방식

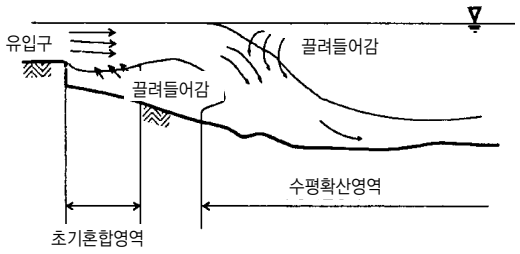
해안에 방류구를 설치하고 해역의 표층에 방류하는 방식이다.

〔그림 5.22.8〕은 농축해수를 표층방류하는 경우의 모식도이다. 방류구 근방의 초기혼합영역에서는 방류구보다 하층주위의 해수가 혼입되어 희석된다. 그 다음 바다 표면부근으로 수평확산되지만 서서히 침강하여 해저에 도달한다. 그 사이 약간 주위의 해수혼입으로 혼합되지만, 그다지 큰 희석효과는 얻지 못한다. 해저에 도달된 배출수는 안정된 밀도류가 되어 해저를 수평방향으로 확산되는 동안에 와동확산(渦動擴散 : 소용돌이)이나 조석혼합(潮汐混合)에 의하여 확산·희석되어 간다.

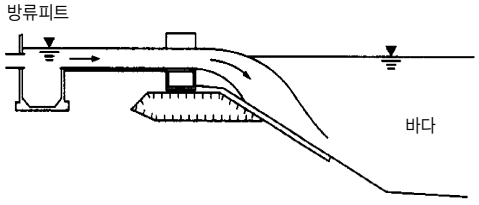
파랑의 영향이 비교적 적고 수심이 충분히 깊은 경우의 표층방류방식의 개요도를 〔그림 5.22.9〕에 나타내었다.

⑵ 심층방류방식

해저 가까이에 방류관을 설치하고 상향류로 방류하거나 또는 호안의 하층에서 수중에 방류하는 방식이다. 배출수가 밀도차에 의한 부(-)의 부력으로 저층까지 도달하는 사이에 주위해수가 혼입되어 희석된다.



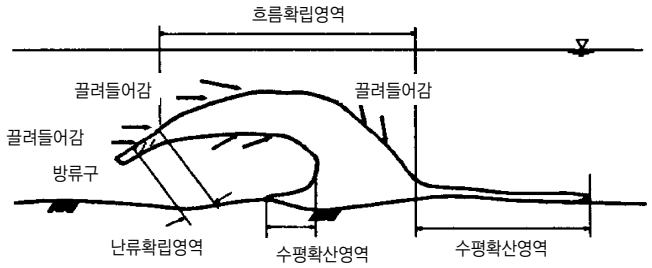
[그림 5.22.8] 고밀도 배출수의 표층방류 모식도



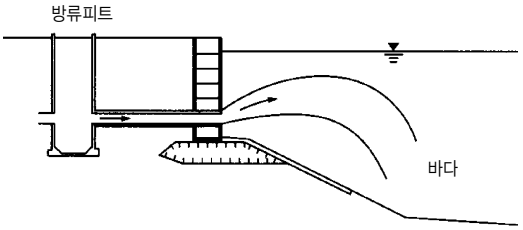
[그림 5.22.9] 표층방류 모식도

〔그림 5.22.10〕는 고밀도의 농축해수를 방류관으로 수중의 심층에 방류하는 경우의 모식도이다. 방류구 부근에서 배출수의 분사류(jet류)는 중심에 원추형의 핵을 가지며 주위의 혼합영역에서는 해수가 혼입된다. 배출수의 분사류는 밀도차에 의하여 아래쪽으로 서서히 각도를 바꿔 간다. 그 사이에 주위해수가 혼입(주 : "끌려들어감"이라고 표시하였음)됨으로써 효과적으로 혼합·희석된다. 이 혼합·희석에 유효한 영역을 넓히기 위해서는 수심이 충분히 깊은 경우에는 중층에서부터 수평으로 방류할 수 있지만, 수심에 한도가 있는 경우에는 비스듬한 상향으로 방류하는 등의 연구가 이루어지고 있다. 해저에 도달된 배출수는 밀도차가 약간 있지만, 표층방류인 경우와 같이 밀도류로 되어 저층으로 확산되어 간다.

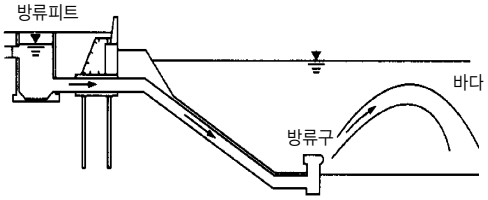
전면수심이 충분히 깊은 경우의 수중방류(호안부)방식의 개요도를 〔그림 5.22.11〕에 나타내었다. 또한 파랑의 영향이 비교적 크고 해저지형이 먼 곳까지 얕은 경우에 방류관방식의 개요도를 〔그림 5.22.12〕에 나타내었다.



[그림 5.22.10] 고밀도 배출수의 심층방류모식도



[그림 5.22.11] 수중방류(호안부)방식



[그림 5.22.12] 방류관방식

5.22.9 약품주입설비

약품주입설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 사용하는 약품류는 처리목적, 처리대상인 물의 수질, 역삼투막에 미치는 영향 등을 고려하여 적절한 약품을 선정한다.
2. 주입방식은 약품의 종류와 성상에 따라 적절한 방식을 선정한다.
3. 저장설비는 구조상 안전하고 약품 종류와 성상에 따라 적절한 재질의 설비로 한다.
4. 저장설비의 용량은 시설의 설치장소에 따라 여유 있는 용량으로 한다.

【해설】

2.와 3.에 대하여 ; 해수담수화시설 특유의 염화제2철과 중아황산나트륨에 관하여 설명하는 것으로 하고, 차아염소산나트륨과 수산화나트륨 등에 대해서는 5.3 응집용 약품주입설비에 준한다.

1.에 대하여 ; 사용되는 약품류로는 살균제, 스케일 방지제, 응집제, 탈염소제, pH조정제, 배출수처리용 약품, 막세척제, 막보관용 약품 등이 있다. 각 약품의 종류를 선정에 대해서는 이 장의 해당 항목을 참조하고, 각 약품의 일반적인 선정에 관하여 정리하면 〈표 5.22.7〉과 같다.

2.에 대하여 ; 주입지점은 개방된 수조만이 아니고 압력배관으로 되는 경우가 많으므로 다음 사항에 유의해야 한다.

〈표 5.22.7〉 각종 약품의 표준적인 종류

약 품 종 류	비 고	표 준 적 인 선 택
살균제	염소계(CA계막), 중아황산나트륨(PA계막)	5.22.6 역삼투막과 막모듈 참조
응집제	염화제2철	5.22.5 조정설비 참조
탈염소제	중아황산나트륨	5.22.6 역삼투막과 막모듈 참조
pH조정제	황산, 염산, 수산화나트륨, 소석회 등	5.22.6 역삼투막과 막모듈 참조 5.22.7 역삼투설비 참조
막세척제	구연산, 황산, 염산, 옥살산(무기염액, 금속류의 오염), 수산화나트륨, 계면활성제(슬라임, 유기물의 오염)	5.22.7 역삼투설비 참조
막보존용약품	중아황산나트륨	5.22.6 역삼투막과 막모듈 참조 5.22.7 역삼투설비 참조
배출수처리용약품	응집제, pH조정제	5.22.8 방류설비 참조

1) 원수관 내의 압력은 보통 운전할 때 이외에 기동할 때 또 추가 기동할 때 등 압력변화를 고려해야 하며 주입장치는 원수관 내의 압력 이상의 능력을 갖는 재질을 선정한다.

2) 주입된 약품은 배관 내에서 충분히 교반될 수 있는 구조로 하며, 라인믹서(line mixer) 등을 설치하는 것이 바람직하다. 또한 주입지점에는 주입노즐을 설치하여 충분히 확산될 수 있도록 한다.

3.에 대하여 ;

1) 염화제2철 및 중아황산나트륨 저장조의 재질에 대해서는 FRP 또는 염화비닐을 표준으로 하며 중아황산나트륨은 외기와 접촉하면 유효농도가 저하되기 때문에 충분히 밀폐한다.

2) 농황산(공업용 98 %) 저장조의 재질은 강제를 표준으로 하며 내면은 테프론(teflon) 등으로 라이닝(lining)한다. 농황산은 외기와 접촉하면 습기를 흡수하여 일부 묽은황산으로 되어서 부식성이 커지기 때문에, 외기와의 접촉을 피하며 공기관에는 제습장치를 설치한다. 공업용 황산은 불순물을 포함하며 펌프가 막히는 원인이 되므로 불순물이 분리될 수 있는 구조로 하고 청소가 용이한 구조로 한다.

4.에 대하여 ; 저장조는 방액제 내에 설치해야 하며 그 용량은 저장조의 전용량 이상으로 한다. 해수담수화시설은 낙도 등에 건설되는 경우가 많고 약품부족은 해수담수화시설의 운전정지로 이어질 위험성도 있으므로 저장시설의 용량은 약품이 공급되어지는 상황과 여유를 고려한 용량으로 한다.

5.22.10 기계·전기·계측제어설비

기계·전기·계측제어설비는 **8. 기계 및 전기·계측제어설비**에 준하는 것 외에, 다음 각 항에 의한다. 또한 계측제어설비는 **8.11 계측제어용기기 및 8.13.16 해수의 담수화설비**(역삼투설비)를 참조하는 것으로 한다.

1. 주요기기와 배관 등은 해수에 의한 부식대책과 염해방지대책에 대하여 고려한다.
2. 고압펌프와 제어밸브 등에서 발생하는 진동은 역삼투막에 영향을 미치는 경우가 있으므로 진동을 억제하기 위하여 필요한 조치를 강구하고, 정전 등의 사고대책에 대비해야 한다.
3. 생산량 변동으로 인하여 가동률이 저하되거나 점검보수 등으로 장기간 정지함으로 인하여 체류되거나 수질악화가 예상되는 경우에는 물을 뽑아내거나 방류관으로 배수(排水)하는 등 필요조치를 강구할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

역삼투설비에 사용되는 기계설비로는 주로 펌프류(동력회수장치를 포함)와 배관류 및 부속설비가 있다. 이들 설비에 사용되는 재료를 선정하는 것은 중요한 문제이지만 내식성을 중시하여 너무 고급의 재료를 사용하면 가격이 비싸게 된다. 각 공정마다 그 사용환경을 검토하고 적절한 재료 또는 라이닝(lining)법을 선택한다.

1.에 대하여 ;

1) 펌프류

펌프는 해수취수펌프, 막모듈에의 공급수를 보내는 고압펌프, 각 공정 간을 잇는 펌프 등 각종 펌프가 사용된다.

이들 펌프는 내식성이 있는 스테인리스주강(SSC14), 스테인리스강(STS316, 316L)이나 2상(二相)스테인리스강 등으로 제작되는 경우가 많다. 약품주입 펌프는 정량식 펌프인 다이어프램 펌프가 많이 사용된다. 이 경우 다이어프램의 재료를 적절하게 선정하면 내식성에는 문제가 없다.

펌프설비의 고장은 시설 전체의 운전에 영향을 미치므로 안정적으로 운전할 수 있도록 재료선정에서부터 각 설비의 운전과 점검방법에 이르기까지 면밀한 검토가 필요하다. 특히 고압펌프의 가동·정지 시에 발생하는 수격현상은 막에 나쁜 영향을 미치므로 수격현상의 발생방지책을 강구해야 한다. 이 밖에 정지해수는 스테인리스강에 대한 부식성이 강하기 때문에 펌프를 장기간 정지시키는 경우에는 유의해야 한다.

2) 배관과 밸브류

저압관로에는 내식성이 뛰어나고 염가인 고분자재료나 탄소강관(SGP)에 고무 또는 염화비닐 등의 라이닝을 입힌 것이 대부분 사용된다. 고압관로에는 스테인리스강(STS316계)이 사용된다. 라이닝된 것을 사용하는 경우에는 핀홀(pinhole) 등의 결함이 있으면 내식성이 현저히 저하된다.

동계(銅系)의 재료는 수중에 용출된 동이온이 막을 열화시키는 원인으로 되기 때문에 취수구로부터 막모듈까지의 모든 설비에 동을 사용하는 것은 바람직하지 않다.

철계(鐵系)의 재료는 막이 수산화철에 의한 오염에 약하기 때문에 그 방식대책을 충분히 해야만 한다. 스테인리스강(STS316계)은 내식성이 높아서 잘 사용된다. 그러나 해수원수의 염분농도와 산화성 물질의 농도 및 온도가 높은 곳이나 저유량부분에서는 국부부식(격간부식, 공식(孔蝕), 응력부식)이 발생하기 쉽다. 플렌지 접합부 등에 사용하는 가스킷류는 고무계 재질이나 불화에틸렌계 재질을 사용한다.

밸브류(특히 고압관로)는 라이닝하기 어려우므로 내식성이 있는 재료로 제작된 제품을 사용하며, 사용상태(온도, 유량, 압력, 사용목적, 부식환경, 유체의 종류)를 조사하여 적절한 것을 선정한다.

2.에 대하여 ; 정전 등의 사고대책 및 고압펌프와 제어밸브 등으로부터 발생하는 진동을 억제하기 위하여 다음 사항에 유의한다.

1) 정전 등에 의한 막여과 설비의 운전 정시시의 대책을 기재한다.
2) 제어밸브의 형식은 밸브 본체의 진동이 극히 작고 마모의 우려가 없는 제품을 선정한다.
3) 제어밸브의 개방도가 작은 곳에서 상시 운전하는 경우가 없도록 막의 특성(온도조건 등)을 충분히 고려한 고압펌프를 선정하여 배관을 계획한다.
4) 고압펌프와 역삼투장치의 운전대수는 항상 1대 1로 하는 것이 바람직하다. 밸브를 조여서 유량제어하는 것은 최소한으로 억제한다.
5) 배관지지구는 충분하게 강도가 있고 진동을 흡수할 수 있어야 한다. 부착위치는 배관굴곡(bend)부나 밸브주변 등 진동이 발생하기 쉬운 지점 가까이가 바람직하다. 고압가변성 조인트 등에 의한 진동의 흡수도 유효하다.

3.에 대하여 ;

1) 대규모시설에서 저가동률로 운전하는 경우의 대책.
⑴ 헤더(header)배관 등은 체류시간이 길어지게 되며, 특히 단말부에서의 수질악화가 우려되는 경우에는 물빼기 또는 순환배관을 설치하는 것이 바람직하다.
⑵ 여과기는 일부를 완전히 중지하는 여과기로 하지 말고 전부를 통수하도록 한다. 펌프류는 중지기간을 고려하여 주기(cycle)적으로 교대로 운전한다.
2) 장기간 운전을 정지하는 경우의 대책.
⑴ 수질이 악화된 체류수 등을 배관이나 기기류로 부터 계외(系外)로 배출시키기 위하여 배수(drain)관 등을 설치하며 특히 물빼기가 어려운 취수관, 침사지, 조정수조 등의 체류수는 직접 방류할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

5.23 배출수 및 슬러지처리 시설

5.23.1 총칙

1. 설치목적과 처리시설의 선정

수도시설은 「수질 및 수생태계 보전에 관한법률」에 의거한 폐수배출시설에 해당되므로 적정한 오염방지시설(배출수처리시설 등)을 설치하여 배출허용기준 및 폐수종말처리시설 방류수수질기준 이하로 오염도를 저감하여 공공수역에 방류하거나 재활용하여야 한다. 정수시설에서 발생되는 폐수의 종류는 역세척 과정에서 발생하는 역세척배출수와 침전지에서 배출되는 침전슬러지가 대부분이며, 기타 정수공정에서 배출수처리시설로 유입되는 월류수 및 배수도 포함된다. 또한 슬러지처리를 통하여 발생되는 케익은 사업장 폐기물이며 「폐기물관리법」에 따라 적정하게 수집, 운반 및 처분되어야 한다. 이러한 처리시설은 정수처리와 관련되므로 정수시설의 계획단계에서 하나의 시스템으로 통합하여 계획해야 한다.

이들 처리방식은 정수처리공정, 원수수질, 배출수의 양과 질, 슬러지의 성상, 발생케익의 처분방법,

유지관리의 편의성, 소요부지면적, 건설비 및 지역의 환경여건을 고려해야 하며 기본적인 처리방법은 다음과 같다.

① 자연건조(천일건조상, 라군)
② 기계탈수
③ 탈수·열건조
④ 위탁 또는 하수처리장 이송처리

배출수처리시설을 계획하고 설계할 때는 다음 사항을 고려해야 한다.

① 발생된 케익은 처분 또는 재활용이 가능하도록 한다.
② 원수의 탁도 변화가 큰 시설에서는 고탁도시에 발생된 고형물을 일시 저류시켜 평상시에 처리할 수 있도록 고려해야 한다.
③ 처리시설과 처분시설의 입지는 지역의 자연환경과 사회환경 등을 고려하고 장기적인 관점에서 유리한 지역을 선정한다.

2. 원수수질과 슬러지량의 파악

표류수를 취수하는 정수장의 슬러지는 강우특성과 계절에 따른 원수수질의 변화 또는 상수원의 오염정도에 따라 성상과 발생량이 달라진다. 따라서 슬러지 발생량 예측과 성상 파악을 위해서는 원수 수질자료의 사전 조사가 중요하다. 또한 사용된 약품의 종류 및 주입율, 정수처리 공정구성, 침전지 및 여과지의 형식 등 정수시설의 특성과 운전방식에 따라서도 영향을 받게 된다.

슬러지의 고형물 농도, 밀도, 농축특성 및 탈수성은 원수 특성에 크게 영향을 받고 계절에 따라서도 변한다. 고탁도일 때에 발생하는 슬러지는 농축성과 탈수성이 좋은 반면에 저탁도 또는 조류가 번성할 때 발생하는 슬러지는 침강·농축성 및 탈수성이 나쁘다.

정수장의 슬러지 성분은 대부분 무기질로 구성되어 있으나, 오염된 하천수나 부영양화된 호소수는 유기물질이 많이 포함되어 있다(〈표 5.23.1〉 참조). 장래 수질변화로 유기물질이 증가되는 경우에는 탈수기 운영에 영향을 미치므로 장래의 수질을 예측해야 한다.

〈표 5.23.1〉 알럼(alum)슬러지의 화학적 조성

성 분	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	Al_2O_3(%)	SiO_2(%)	유기물(%)
함 량	30~300	30~5000	15~40	35~70	15~25

출처 : Kawamura, 정수시설의 종합설계와 유지관리, 2001

슬러지 발생량은 원수수질 특성과 함께 다음과 같은 시설의 특성을 고려하여 예측한다.

1) 정수장 기본계획과 시설현황

계획정수량 : 정수장 운영현황, 평균 정수생산량
침 전 지 : 약품침전지, 고속응집침전지, 경사판침전지 등

여 과 지 : 급속여과지, 철·망간을 제거하기 위한 여과지, 활성탄접촉조, 막여과설비
기 타 : 세사기, 마이크로스트레이너 등

2) 약품의 종류와 주입상황

응 집 제 : 황산알루미늄, PACl, PAHCS, PASS, PSO-M, PACS 등
응집보조제 : 알긴산나트륨, 폴리머
알 칼 리 제 : 소석회, 수산화나트륨
기 타 : 분말활성탄

정수시설의 특성과 운전방식 등에 따라 배출수의 양과 성상에 차이가 있으므로 슬러지 처리설비를 계획할 때에는 운영 중인 시설로부터 배출된 역세척배출수와 침전슬러지의 특성을 파악하는 것이 필요하다. 알럼(alum)슬러지는 압축성이 나쁘기 때문에 0.1~1 % 정도의 고형물 농도를 나타내며, 1개월 이상 침전지에 축적되면 4~6 %로 농축되기도 한다.

역세척 과정에서 발생하는 역세척배출수의 발생량은 정수생산량의 1~5 %(평균 2 %) 정도이며, 고형물량으로는 정수공정에서 제거되는 전체 고형물의 1.0~1.5 %를 차지한다. 역세척배출수의 슬러지 물성은 〈표 5.23.2〉와 같다.

〈표 5.23.2〉 역세척 배출수의 슬러지 물성

성 분	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	Al_2O_3(%)	SiO_2(%)	유기물(%)
함 량	2~10	28~160	25~50	24~35	15~22

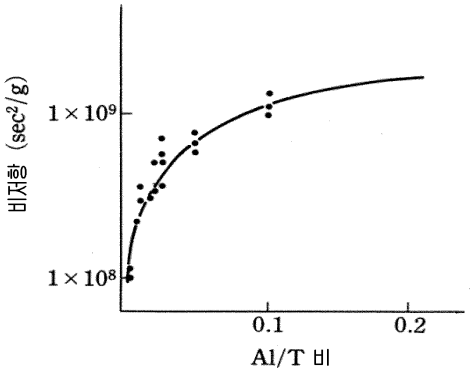
출처 : 배출수처리시설 최적설계 연구 (한국수자원공사, 2002.10)

3. 침강·농축·탈수성의 조사

정수장으로부터 배출된 슬러지의 성상은 슬러지 처리설비를 설계할 때 가장 중요하므로 실험을 통하여 슬러지의 침강·농축특성과 슬러지의 탈수성 등을 조사해야 한다. 슬러지의 침강·농축특성을 조사하기 위해서는 통상 실린더-테스트를 실시하는데, 10 cm(D)×100 cm(H) 원통에 슬러지를 넣고 침강계면을 외부에서 관찰하는 방법이다.

슬러지의 탈수성 조사는 실제 탈수기를 사용하는 방법이 가장 좋으나, 리프테스트(leaf test)를 실시하여 슬러지의 여과성을 나타내는 비저항치를 구하는 방법도 유효한 방법이다. 비저항치가 크면 수분이 슬러지를 통과하기 어려워 탈수성이 나쁘다는 의미이다. 비저항치 실험결과를 활용하여 탈수기의 기종을 어느 정도 추정할 수가 있다.

슬러지의 탈수성에 크게 영향을 미치는 인자로서는 응집제주입량과 탁도의 비를 나타내는 Al/T비이다. Al/T비가 낮을수록 비저항 값이 적어서 탈수성이 양호하다는 의미이다. 탈수성은 겨울철에 저하되는 등 계절별로 다르므로 4계절에 걸쳐 조사하는 것이 바람직하며 고탁도시와 평상시에 대해서도 반복실험하는 것이 좋다. 상수원의 부영양화로 유기물이 증가하면 비저항치가 커져서 탈수성이 나빠진다. 〔그림 5.23.1〕은 Al/T비와 비저항과의 관계를 나타내었다.



[그림 5.23.1] Al/T비와 비저항과의 관계

4. 배출수처리시설의 구성과 기능

배출수처리시설에는 정수처리공정으로부터 역세척배출수와 침전슬러지가 유입되어 처리수의 하천방류, 원수로서의 회수, 발생케익의 매립, 또는 재활용 등의 처분으로 종료된다.

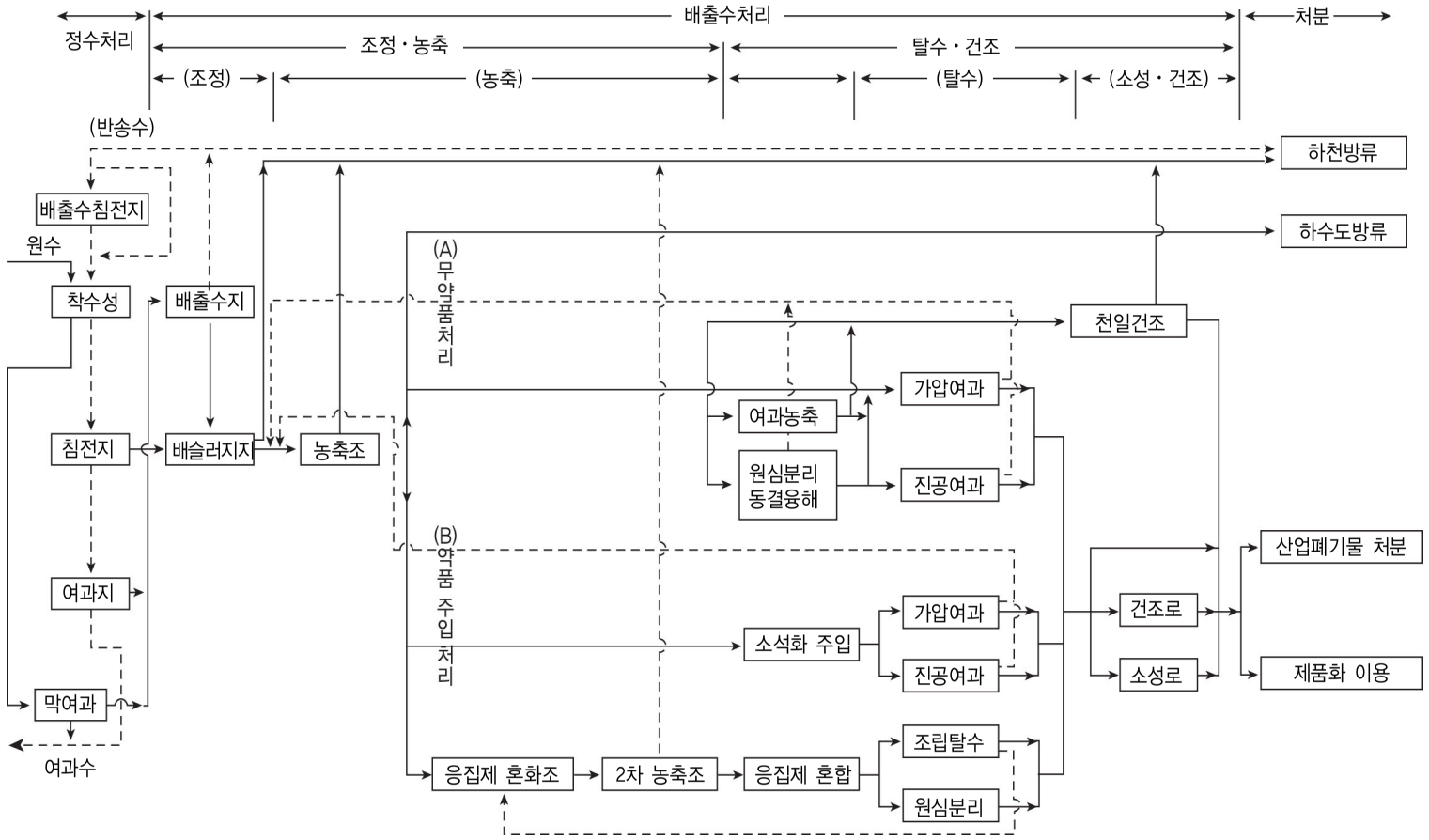
지금까지는 세척배출수를 침전지로부터 배출되는 침전슬러지와 함께 혼합하여 처리하는 방법을 채택하여 왔다. 그러나 이러한 방법은 이미 농축된 슬러지를 세척배출수 중에 희석시키기 때문에 바람직하지 않다. 침전슬러지의 고형물 농도는 0.5~1.5 %로서 원수로부터 추출되어 침전된 미생물, 유기화합물, 중금속들이다. 이에 비하여 세척배출수의 고형물 농도는 0.01~0.04 %이다. 만약 이 두 가지를 혼합하면 배출수의 탁도는 증가하고 침전슬러지와 세척배출수를 혼합시켜 처리하는데 더 많은 처리약품이 필요하게 된다. 또한 이렇게 처리한 상징수를 재이용하는 경우에는 바람직하지 않은 화학물질이 순환·축적되고 침전슬러지의 불쾌한 맛·냄새가 정수에 남을 가능성이 있다. 그러므로 침전지로부터 배출되는 슬러지는 순환되는 세척배출수와 섞어서는 안 되며 슬러지처리시설로 배출시켜야 한다.

배출수처리시설에서 여과지 역세척배출수는 배출수지를 통하여 회수하고 슬러지처리공정에는 조정, 농축, 탈수 및 처분공정의 전부 또는 일부로 구성되며, 이들 처리공정의 개념도를 〔그림 5.23.2〕에 나타내었다. 처리설비의 계측제어설비는 8.11 계측제어용 기기 및 8.13.17 배출수처리 설비를 참조한다.

1) 여과지 역세척배출수의 처리

미국의 「지표수처리규칙」에서는 여과지 역세척배출수를 반송시키기 전에 플록형성과 침전 및 소독처리 등의 고도처리를 하도록 규정하는 등 정수처리를 더욱 엄격하게 규제하는 추세이다. 회수지점도 여과지 유입지점이 아니라 착수정으로 반송하도록 규정하고 있다.

세척배출수 처리시설을 설계할 때에는 반송수의 수질문제로 정수처리에 장애를 초래하지 않도록 고려해야 한다. 특히 여과지 폐색을 일으키는 규조류 발생시에는 반송으로 인한 조류의 농축현상으로 문제가 악화될 수 있으므로 배슬러지지 또는 농축조로 배출할 수 있도록 고려하여 해야 한다.



[그림 5.23.2] 배출수 처리방식의 개념도

2) 정수장에서 발생되는 슬러지의 처리와 처분

정수장에서 발생되는 슬러지는 원수 중의 탁질과 응집약품에 의한 약품슬러지로 분류되며 주로 불활성물질로 구성되어 있다. 대부분의 정수장은 알루미늄 계통의 응집제를 사용하고 있으며 이를 알럼(alum)슬러지라고 한다. 알럼슬러지는 탈수가 어렵고 건조된 슬러지는 요변성(搖變性)이 있어서 물과 함께 흔들리면 현탁액으로 되돌아갈 수 있다. 설계자는 비용 대 효과가 최적이며 실행가능한 슬러지처리(조정, 농축, 탈수)와 처분방법을 채택해야 하고, 정수장에 인접하여 하수처리시설이 있는 경우에는 관련부서와 협의하여 하수처리시설로 이송하여 처리할 수도 있다.

3) 조정시설

조정시설은 배출량을 조정하는 과정이며 배출수지와 배슬러지지로 구성된다. 통상 급속여과지로부터 역세척배출수를 받아들이는 시설을 배출수지, 약품침전지나 고속응집침전지 또는 배출수지로부터 슬러지를 받아들이는 시설을 배슬러지지라고 한다(지금까지는 이를 구별하지 않았으며 양자로부터 배출수와 슬러지를 함께 받아들이는 경우는 배슬러지지라고 하였다). 배출수지와 배슬러지지는 배출량의 시간적 변화를 조정하고 이후의 공정에서 일정한 처리로 이어지도록 조정하는 시설이다.

침전슬러지가 단시간에 유입되는 배슬러지지에서는 고액분리가 어려울 뿐 아니라 슬러지의 부패로 인한 맛·냄새문제의 발생, 크립토스포리디움 등 원생동물의 오염이 우려되므로 배슬러지지의 상징수를 정수공정으로는 절대로 반송하지 않는다.

4) 농축시설

⑴ 여과지 역세척배출수

역세척배출수 처리공정의 형식은 기본적으로 통상의 응집·침전공정과 소독공정으로 구성된다. 내부순환류를 갖는 고속응집침전지는 공정효율이 좋고 충격부하에도 내성이 있다. 또한 슬러지의 농축성이 높고 슬러지 제거가 쉬우며 필요로 하는 부지면적이 작다.

일반 횡류식장방형 침전지가 배출수를 취급하기는 쉽지만, 수리적 허용부하량이 낮아서 고속응집침전지보다 큰 부지면적이 필요하다. 미세모래고속침강공정(high-speed microsand settling process-ACTIFLO)도 고려해 볼만하다. 이 침전시설에서 발생된 슬러지는 배슬러지지 또는 슬러지 농축시설로 보낸다.

⑵ 슬러지농축시설

슬러지 농축시설에서는 슬러지 농축과 안정적인 상징수 수질 확보를 목적으로 하고, 농축처리와 재응집처리가 이루어지는 시설이 농축조(thickener)이다. 일반적으로 배슬러지지로부터 슬러지는 농축조의 중앙에 위치한 유입부로 이송되고 농축된 슬러지는 중앙 저부로부터 배출되며 상징수는 농축조의 상부로부터 유출된다.

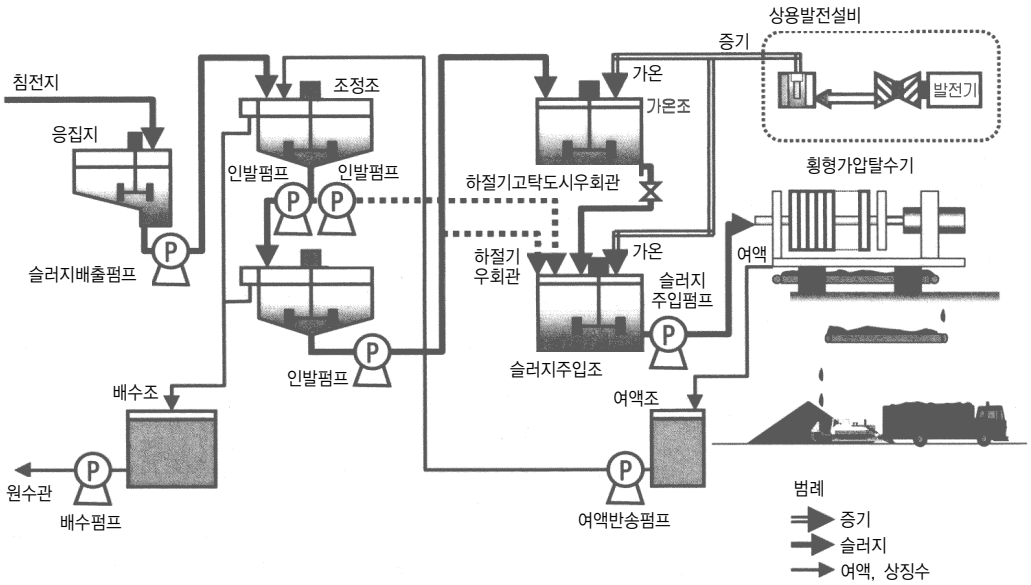
농축슬러지의 농도가 높으면 탈수효율이 향상되어 케익의 함수율을 저감시킬 수 있다. 자연건조인 경우에는 건조상 면적이 적어지고 기계탈수에서는 탈수기의 여과포 면적을 줄일 수 있다. 농축조를 설계할 때 인발되는 슬러지의 농도와 농축성을 가장 우선적으로 고려해야 한다. 농축조는 탈수기가 간헐적으로 운전되는 경우에는 슬러지의 저류기능도 겸한다.

농축성이 특히 나쁜 경우에는 응집처리로 농축전처리하거나 고형물 부하를 줄여 운전하는 방법도 있다. 응집처리는 고분자응집제를 사용하여 슬러지의 농축성을 높이는 과정이며 탈수기의 탈리여액을 농축조의 유입부로 반송하여 탈리액 중의 잔류응집제를 재이용할 수 있다.

탈수효율을 높이기 위하여 〔그림 5.23.3〕와 같이 슬러지를 가온하는 방법도 있다. 농축조는 일반적으로 침강농축방식이며, 슬러지의 자연농축특성을 평가하여 용량을 결정한다. 또한 원심분리기의 원리를 이용하여 기계적으로 농축하는 방식도 있다.

5) 농축슬러지 저류조

저류조는 슬러지의 농도를 균등하게 유지시켜 후속 공정인 탈수시설과 건조시설의 처리효율을 향상시키고 운영의 편의성을 도모하기 위한 목적이다. 저류조는 슬러지가 균일하게 혼합될 수 있도록 공기 또는 기계식 교반기를 설치해야 한다.



[그림 5.23.3] 가온공정을 도입한 배출수 처리시설의 예(일본 도쿄도 東村山정수장)

6) 탈수시설

탈수시설은 농축슬러지로부터 다시 수분을 감소시켜 케익으로서 최종 처분방법에 적합한 성상이 되도록 하거나, 용적과 수분을 감소시켜 운반 등 취급이 편리하도록 하는 것을 목적으로 운영된다. 탈수시설의 범위는 탈수처리뿐만 아니라 건조처리과정과 탈수에 필요한 전처리과정까지 포함된다. 탈수시설에는 자연건조, 기계탈수 및 열처리 등의 각종 방법이 있으나, 정수장의 규모, 슬러지 성상, 처분 조건 등을 우선 고려하고 수반되는 전처리 방법을 고려하여 최적의 탈수방법을 선택해야 한다.

기계식 탈수방법에는 가압여과(벨트프레스, 필터프레스), 진공여과, 원심분리, 조립탈수 등이 있다. 탈수효율은 슬러지의 탈수성으로 좌우되기 때문에 탈수성 실험결과를 토대로 결정한다. 특히 슬러지는 계절별로 성상이 다르기 때문에 1년에 걸쳐 계절별로 탈수성 실험을 실시하는 것이 바람직하다.

건조공정에는 자연건조방식과 열건조방식이 있다. 전자는 슬러지의 탈수공정을 생략하고 건조상에 의하여 탈수·건조시키는 방식으로 소요부지면적이 크고 기상조건에 영향을 많이 받는다. 후자는 탈수공정에서 충분하게 탈수할 수 없는 경우나 재활용을 위하여 함수율을 낮추어야 할 필요가 있는 경우에 적용되는 방식으로 기계설비가 많고 복잡하며 에너지소비가 크다. 그러나 정수장 내의 열병합발전시스템에 의한 폐열을 이용한 건조방식을 채택하는 사례도 있다.

7) 처분시설

처분시설은 발생한 케익 등을 적절히 수집·운반하여 최종처분하거나 유효하게 재활용하는 것을 목적으로 한다. 배출수처리의 계획단계에서 어떠한 처분방법을 취하는가를 충분히 검토한다. 케익의 처분방법에 따라 배출수처리 방법, 케익의 함수율, 처분계획 등이 결정되기 때문이다.

최종처분방법으로 과거에 주로 의존하였던 매립은 수분 85 % 이하인 경우 관리형 매립시설에 매립할 수 있으나 매립지 확보가 곤란하며, 해양배출은 관련규정(해양오염방지법) 개정으로 불가해짐에 따라 슬러지의 재활용 방안을 적극 강구할 필요가 있다. 재활용방안으로는 시멘트의 원료, 재생벽돌, 녹생토, 원예토, 상토재, 성토재 및 매립제 등으로 이용이 가능하다.

처분시설은 수도사업체의 규모, 배출수처리시설의 유지관리능력, 정수장 입지조건, 정수처리량과 슬러지의 성상 등을 고려하여 결정한다. 중소규모 정수장은 농축공정까지만 처리하고 이후 공정은 다른 시설에 위탁하는 방안도 검토할 수 있다. 또한 인근에 하수처리장이 위치하거나 하수처리구역 내에서는 하수도관리청과 협의하여 하수처리장으로 이송하여 처리할 수도 있다.

5. 관련 법령의 준수

1) 배출수처리시설의 설치

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 제6조 (별표 4)에 따라 1,000 m^3/d 이상의 수도사업시설(역세는 하지 않고 물리적으로만 처리하는 시설은 제외)은 폐수배출시설로 분류되며, 이들 시설에서 발생되는 폐수는 「동법시행규칙」제34조(배출허용기준)에 의한(별표 13)의 배출허용기준을 적용받게 된다. 배출허용기준은 〈표 5.23.3〉과 같으나, 통상의 경우 정수장 배출수는 부유물질 기준치에 적합하도록 처리시설을 설치하는 것이 필요하다. 그러나 조류의 과다발생 또는 침전지 청소시는 일시적으로 유기물질(BOD, COD)의 농도가 높아지므로 유의해야 한다. 또 유기고분자응집제를 사용하는 경우에는 배출수 중에 포함된 아크릴아마이드모노머 농도에 관해서도 고려해야 한다.

2) 배출수처리시설의 운영

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제15조 (배출시설 및 방지시설의 운영)에 의한 금지행위를 준수해야 한다.

① 배출시설에서 배출되는 수질오염물질을 방지시설에 유입하지 아니하고 배출하거나 방지시설에 유입하지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위

② 방지시설에 유입되는 수질오염물질을 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출하거나, 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위

〈표 5.23.3〉「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」상의 오염물질 배출 허용기준(단위 : mg/L)

항목 \ 지역		청정지역	가지역	나지역	특례지역
BOD	2000 m^3/d 이상	30 이하	60 이하	80 이하	30 이하
	2000 m^3/d 미만	40 이하	80 이하	120 이하	30 이하
COD	2000 m^3/d 이상	40 이하	70 이하	90 이하	40 이하
	2000 m^3/d 미만	50 이하	90 이하	130 이하	40 이하
부유물질	2000 m^3/d 이상	30 이하	60 이하	80 이하	30 이하
	2000 m^3/d 미만	40 이하	80 이하	120 이하	30 이하
pH		5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
노말핵산추출물질함유량(광유류)		1 이하	5 이하	5 이하	5 이하
노말핵산추출물질함유량(동식물)		5 이하	30 이하	30 이하	30 이하
페놀류함유량(㎎/L)		1 이하	3 이하	3 이하	5 이하
시안함유량(㎎/L)		0.2 이하	1 이하	1 이하	1 이하
크롬함유량(㎎/L)		0.5 이하	2 이하	2 이하	2 이하
용해성철함유량(㎎/L)		2 이하	10 이하	10 이하	10 이하
아연함유량(㎎/L)		1 이하	5 이하	5 이하	5 이하
구리함유량(㎎/L)		1 이하	3 이하	3 이하	3 이하
카드뮴함유량(㎎/L)		0.02 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
수은함유량(㎎/L)		0.001 이하	0.005 이하	0.005 이하	0.005 이하
유기인함유량(㎎/L)		0.2 이하	1 이하	1 이하	1 이하
비소함유량(㎎/L)		0.05 이하	0.25 이하	0.25 이하	0.25 이하
납함유량(㎎/L)		0.1 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
6가크롬함유량(㎎/L)		0.1 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
용해성망간함유량(㎎/L)		2 이하	10 이하	10 이하	10 이하
플로오르(불소)함유량(㎎/L)		3 이하	15 이하	15 이하	15 이하
PCB함유량(㎎/L)		불검출	0.003 이하	0.003 이하	0.003 이하
총대장균군(群)(총대장균군수)(㎖)		100 이하	3,000 이하	3,000 이하	3,000 이하
색도(도)		200 이하	300 이하	400 이하	400 이하
온도(℃)		40 이하	40 이하	40 이하	40 이하
총질소(㎎/L)		30 이하	60 이하	60 이하	60 이하
총인(㎎/L)		4 이하	8 이하	8 이하	8 이하
트리클로로에틸렌(㎎/L)		0.06 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.3 이하
테트라클로로에틸렌(㎎/L)		0.02 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
음이온계면활성제(㎎/L)		3 이하	5 이하	5 이하	5 이하
벤젠(㎎/L)		0.01 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
디클로로메탄(㎎/L)		0.02 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.2 이하
생태독성(TU)		1 이하	2 이하	2 이하	2 이하

③ 배출시설에서 배출되는 수질오염물질에 공정 중에서 배출되지 아니하는 물 또는 공정 중에서 배출되는 오염되지 아니한 물을 섞어 처리하거나, 배출허용기준이 초과되는 수질오염물질이 방지시설의 최종 방류구를 통과하기 전에 오염도를 낮추기 위하여 물을 섞어 배출하는 행위. 다만, 환경부장관이 환경부령이 정하는 바에 따라 희석하여야만 수질오염물질의 처리가 가능하다고 인정하는 경우 그 밖에 환경부령이 정하는 경우를 제외한다.

④ 그 밖에 배출시설 및 방지시설을 정당한 사유 없이 정상적으로 가동하지 아니하여 배출허용기준을 초과한 수질오염물질을 배출하는 행위

3) 탈수케익의 처분

배출수처리시설은 사업장 폐기물의 배출대상으로 「폐기물관리법」 제18조에 의거 발생하는 폐기물을 스스로 처리하거나 위탁하여 처리해야 한다. 「폐기물관리법」에 의한 최종처분 방법은 소각, 매립, 재활용 등이 있다.

정수장 슬러지는 유기물 함량이 40 % 이하인 경우 무기성 오니에 해당되고, 유기물 함량이 40 %를 초과한 경우에는 유기성 오니에 해당되어 수분함량 85 % 이하로 탈수한 다음 관리형 매립시설에 매립할 수 있으며, 해양배출은 런던협약 96의정서 발효 및 「해양오염방지법」개정에 따라 불가능하다. 재활용은 「폐기물관리법」제46조에 의하여 폐기물재활용신고 등의 절차가 필요하며 처분방법별 관련법령은 〈표 5.23.4〉와 같다.

〈표 5.23.4〉 최종처분방법별 관련법규

항 목	관 련 법 규	비 고
성토재, 매립시설 복토재	폐기물관리법시행규칙66조 별표16의2	• 함수율 70 % 이하
녹생토	폐기물관리법 44조의2 1항 4호 (자원의절약과재활용촉진에관한법률 제2조 6호)	
시멘트 원료, 재생벽돌	폐기물관리법 44조의2 1항 1호 (산업표준화법 제 15조)	
매립	폐기물관리법시행규칙 14조 별표5	• 함수율 85 % 이하

5.23.2 계획배출수 처리량

1. 계획처리고형물량은 계획정수량, 계획원수탁도 및 응집제 주입률 등을 기초로 하여 선정한다.
2. 계획원수탁도를 결정할 때에는 원수탁도의 분포현황 및 정수처리시설과 배출수처리시설에서의 저류능력 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배출수처리시설은 계획처리고형물량을 기초로 하여 설계하며 그 양은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$S = Q(T \cdot E_1 + C \cdot E_2) \times 10^{-6} \quad \cdots\cdots (5.23.1)$$

여기서,

S : 계획처리고형물량(t/d의 건조중량)

Q : 계획정수량(m^3/d)

T : 계획원수탁도(NTU)

E_1 : 탁도와 부유물질(SS)의 환산율

C : 응집제주입률(산화알루미늄으로서의 주입률)(mg/L)

E_2 : 수산화알루미늄과 산화알루미늄의 비 1.53

2.에 대하여 ; 발생한 배출수는 전량 처리하는 것이 원칙이다. 그러나 원수의 최고 SS와 그 변동폭이 큰 정수장에서는 전량 즉시 처리하는 것은 평상시의 시설가동률로부터 보더라도 비경제적이다.

그래서 계획탁도는 연간탁도분포의 상황에서 연간탁도와 고탁도의 발생빈도를 조사하고, 다음 사항도 고려하여 결정한다.

⑴ 원수조정지에 의한 고탁도시의 취수 회피나 탁도의 저감화 가능성

⑵ 정수시설의 여유, 침전지에 의한 슬러지의 저류가능량

⑶ 2개 이상의 수원이나 정수장이 있는 경우, 도·송·배수시설의 상호연결관에 의한 상호융통의 가능성

⑷ 배출수처리시설에서 슬러지의 저류가능량

경험적으로는 연간평균치의 4배 탁도를 계획탁도라고 하면 연간일수의 95 % 이상을 감당할 수 있는 경우가 많다.

5.23.3 배출수지

배출수지에는 다음 각 항에 따른다.
1. 1지의 용량은 1회의 여과지 세척배출수량 이상으로 한다.
2. 지수는 2지 이상으로 하는 것이 바람직하다.
3. 유효수심 2~4 m, 고수위에서 주벽 상단까지 여유고는 60 cm 이상으로 한다.
4. 배출수지에는 회수수관, 회수펌프, 슬러지배출관, 슬러지배출펌프를 설치해야 한다.
5. 그 외의 설비로서 필요에 따라 교반장치, 상징수 집수장치 또는 월류거, 슬러지수집장치 등을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배출수지에서 받아들이는 배출수는 여과지의 세척배출수가 대부분이다. 여과지의 세척은 통상 1지마다 교대하여 세척하게 되므로 배출수지는 적어도 여과지 1지 1회분의 세척배출수를 받아들일 수 있는 용량이어야 한다.

여과지세척에 따르는 1지당의 세척배출수량은 다음 식으로 산출할 수 있다.

$$Q_f = A(v_1 T_1 + v_2 T_2) + a \quad \cdots\cdots (5.23.2)$$

여기서

Q_f : 배출수량(m^3/회・지)

A : 여과표면적(m^2/지)

v_1 : 표면세척속도(m/min)(단위시간, 단위면적당 표면세척수량, m^3/m^2/min)

v_2 : 역세척속도(m/min)

T_1 : 표면세척시간(min/회)

T_2 : 역세척시간(min/회)

a : 여과지 역세척 전후의 잔류수량의 차(세척배출수거의 수량)

배출수지의 용량은 조정(regulator)기능을 갖기 위해서는 크게 하는 쪽이 좋지만 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 침강분리하지 않는 경우 : 1회 세척배출수량 분은 반드시 확보하며 여과지 수가 많은 경우에는 2지 이상 동시세척이나 연속세척을 고려하여 정한다. 이러한 경우에 회수펌프 등에 의한 용량을 감안하여 감소시키더라도 가능하다.
2) 침강분리하는 경우로서 연속식인 경우 : 1)의 용량과 침강에 요하는 시간 내에 세척배출되는 수량을 더한 것으로 한다.
3) 침강분리하는 경우로서 회분식인 경우 : 유입, 정치, 상징수 집수, 배슬러지의 1사이클(cycle)에 요하는 시간을 고려하여 항상 1지가 세척배출수를 받아들일 수 있도록 1지당 용량과 지의 수를 정한다. 통상 1지당 용량은 1회 세척으로 배출되는 양을 받아들일 수 있는 용량으로 한다.
또 배출수지로부터 배출수침전지(또는 착수정)로 반송하는 경우, 원수에의 부하를 되도록이면 균일하게 하기 위하여 회수수량이나 배출수지의 용량을 검토한다.

2.에 대하여 ; 배출수지를 청소하거나 보수하기 위하여 배출수지를 2지 이상으로 하는 것이 바람직하나 소규모 정수장에서는 1지 2구획 또는 1지로 할 수도 있다.

3.에 대하여 ; 배출수지의 유효수심은 유입되는 세척배출수를 균질하게 하기 위한 교반 또는 침강분리된 상징수를 집수하기 위한 침강분리역으로서의 수심이 필요하며, 지금까지 경험으로 2~4 m으로 한다. 또한 여유고는 단시간에 대량의 세척배출수가 유입됨으로써 급격히 수위가 상승하기 때문에 안전을 고려하여 60 cm 이상으로 한다.

4.에 대하여 ; 배출수지에는 배출수침전지(또는 착수정)로 반송하거나 하천방류 등을 위한 회수수관과 회수펌프를 설치한다. 배출수지의 상징수를 회수하여 사용하는 경우(이하 "회수수"라 함)에는 회수수의 수질이 정수처리공정에 장애를 초래하지 않아야 한다. 특히, 규조류 발생에 따른 여과지속시간 감소 문제 발생시, 회수수 중 망간 농도 상승 우려시, 원생동물 개체수 증가시 등에는 회수수 사용의 중단이 필요하다. 또한 슬러지배출 및 청소 등 유지관리작업을 위한 슬러지배출관과 슬러지배출펌프를 설치할 필요가 있다. 펌프 설치시에는 고장이나 보수를 감안하여 예비기를 설치한다. 여기서 배출수 펌프의 용량은 원칙적으로 1회에 발생하는 세척배출수를 다음 여과지를 세척할 때까지의 시간간격 이내에 배출을 끝낼 수 있는 것이라야 한다. 그러나 여과지를 연속적으로 세척할 경우에는 세척배출수의

유입수량에 알맞은 펌프용량으로 한다. 또 세척배출수를 배출수침전지(또는 착수정)에 회수하는 경우에는 원수에 부하가 과대하지 않도록 펌프용량을 정하는 데, 회수수수량이 원수유입량의 10 % 이내가 되도록 하고, 여과지 세척수량과 배출수지의 용량을 검토하여 과부족이 없는 용량으로 한다.

5.에 대하여 ; 교반장치는 배출수지에서 침강분리하지 않는 경우에 슬러지의 침강이 생기지 않게 하기 위하여 설치하는 장치이다. 또한 세척배출수를 배출수지의 고수위보다도 높은 위치로부터 유입시키면서 유입수류를 이용하여 슬러지의 침전을 방지하는 방법도 있다. 즉 배출수지를 사각형이나 원형으로 하고 유입수가 지내에서 와류를 일으키는 접선류 방향으로 흐름이 만들어지도록 유입관을 설치하여 플록의 침강을 방지하는 구조이다.

가변집수장치나 고정월류위어는 배출수지에서 침강분리되는 경우에 상징수를 집수하기 위하여 설치하는 시설이다. 그 단위시간당 집수량은 정치시간이나 유입량을 고려하여 결정한다.

이 밖에 침강슬러지를 배출하기 위하여 그 형식에 따라 바닥경사를 두거나 슬러지 수집기를 설치한다.

5.23.4 역세척배출수 침전시설

여과지 역세척배출수를 침전처리하는 경우에는 플록형성과 침전시설 및 소독시설을 구비하는 것이 바람직하고 그 상징수는 재이용하거나 하천에 방류한다.

【해설】

플록형성·침전공정의 설계기준은 5.4.3 플록형성지와 5.5 침전지를 참고하며, 소독설비를 갖춘 플록형성·침전시설은 플록형성·침전처리를 하지 않으면 배출수를 정화시킬 능력이 부족할 때 필요하다. 상향류식 응집침전지나 횡류식 플록형성·침전지가 사용된다. 일반적으로 응집제와 양이온폴리머를 수질에 따라 적절히 주입한다. 사용되는 단위공정에 따라 다르지만, 처리공정은 플록형성 20분, 표면부하율 2~6 m/h의 침전지에서 0.5~2시간으로 된다. 또한 소독설비도 설계에 포함되는 것이 바람직하다.

일반적인 전처리공정으로는 세척배출수 저류조를 설치해야 한다. 이 저류조는 배출수지를 겸할 수 있으며, 여과지세척의 예상빈도를 감안하여 2~3회분의 세척배출수를 충분히 감당할 수 있는 정도의 크기로 한다.

이상적으로는 세척배출수 침전시설을 정수장보다 높은 위치에 설치하여 처리된 세척배출수가 자연유하로 정수장의 착수정에 반송되어 유입되도록 한다. 만약 이러한 구조를 채택하지 못할 경우에는 반송펌프를 설치해야 한다. 그러나 반송펌프는 단지 최후의 수단으로만 고려되어야 한다. 왜냐하면, 이러한 2중 펌프계획은 이송펌프와 반송펌프가 잦은 기동과 정지의 반복을 되풀이하기 때문이다.

DAF를 채택하고 있는 정수시설에서는 DAF예비침전지를 배출수침전지로 활용할 수 있다(5.6.4 예비침전지의 【해설】 1 참조).

5.23.5 배슬러지지

배슬러지지는 다음 각 항에 따른다.
1. 용량은 24시간 평균배슬러지량과 1회 배슬러지량 중에서 큰 것으로 한다.
2. 지수는 2지 이상으로 하는 것이 바람직하다.
3. 유효수심과 여유고는 **5.23.3 배출수지**의 (3)에 준한다.
4. 배슬러지지에는 슬러지배출관을 설치하며, 관경은 150 mm 이상으로 해야 한다.
5. 그 외의 설비는 **5.23.3 배출수지**의 (5)에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배슬러지지의 기능은 간헐적으로 배출되는 침전지의 침전슬러지와 배출수침전지 및 배출수지의 침강슬러지를 받아들이고 후속시설에 대한 유량과 부하량을 조정하는 시설이다. 그러므로 배슬러지지의 용량은 슬러지의 배출빈도가 1일1회 이상인 경우에는 24시간 평균 슬러지배출량 이상으로 하고 또 슬러지의 배출빈도가 1일1회 미만인 경우에는 1회 슬러지배출량 이상으로 한다.

배슬러지지가 고탁도시의 대책으로서 슬러지저류조의 기능까지 갖게 하고자 할 경우에는 횡류식침전지인 경우에는 한번의 고탁도시에 발생한 슬러지량을 1~2주간에 걸쳐서 배출하는 것으로 산정하여 용량을 결정하는 것이 바람직하다. 침전지를 비우고 인력으로 슬러지를 배출할 경우에는 1일 작업으로 배출되는 슬러지량을 기본으로 한다. 또 고속응집침전지인 경우에는 1일 발생슬러지량 모두를 배슬러지지와 농축조에 일단 저류하는 것으로 가정하여 각각의 용량을 정한다.

2.에 대하여 ; 배슬러지지를 청소하거나 보수하기 위하여 2지 이상으로 하는 것이 바람직하지만, 침전지에 충분한 슬러지체류능력이 있는 경우에는 1지로도 가능하다.

4.에 대하여 ; 배슬러지지에는 슬러지의 배출작업과 청소작업 등 유지관리작업을 위하여 농축조에 슬러지를 보내는 슬러지배출관(구경은 150 mm 이상이 바람직하다)이 필요하다.

5.23.6 농축조

농축조는 다음 각 항에 따른다.
1. 농축조의 용량은 계획슬러지량의 24~48시간분, 고형물부하는 10~20 kg/(m^2 · d)을 표준으로 하되, 원수의 종류에 따라 슬러지의 농축특성에 큰 차이가 발생할 수 있으므로 처리대상 슬러지의 농축특성을 조사하여 결정한다.
2. 농축조는 2조 이상으로 하는 것이 바람직하다.
3. 농축조의 구조와 형상은 슬러지의 농축과 배출을 효과적으로 할 수 있어야 하며, 또 고수위로부터 주벽 상단까지의 여유고는 30 cm 이상으로 하고 바닥면의 경사는 1/10 이상으로 한다.
4. 농축조에는 슬러지수집기와 슬러지배출관, 상징수배출장치 등을 설치해야 한다. 또 필요에 따라 상징수회수펌프와 슬러지배출펌프를 설치한다.
5. 농축조의 용량이 적은 경우나 농축성이 나쁜 슬러지가 유입될 경우에도 신속히 농축시키기 위하여 고분자응집보조제를 주입할 수 있는 시설을 설치한다.
6. 농축된 슬러지를 탈수시설로 이송하기 전까지 저장할 수 있는 저류조를 설치한다.
7. 필요에 따라 농축조 상징수의 수질을 개선하기 위한 방류수처리시설을 설치할 수 있다.

【해설】

1.에 대하여 ; 농축조의 체류시간을 48시간 이상으로 하더라도 경험적으로 농축효과가 오르지 않는다. 한편 고형물 부하가 20 kg/(m^2 · d) 이상에서는 농축분리가 잘 이루어지지 않는다. 농축조의 소요면적은 청징조건을 만족하는 면적과 농축조건을 만족하는 면적을 처리대상 슬러지에 대하여 침강농축시험을 하여 구하고, 이들 중 큰 쪽의 값을 채택한다. 청징조건을 만족하는 면적은 농축조 내의 슬러지가 침강되는데 필요한 수평단면적을 말한다. 또 농축조건을 만족하는 면적은 농축슬러지의 침강속도가 느린 슬러지를 바닥에 빨리 침강시키기 위하여 필요한 수평단면적을 말한다.

시험 결과로부터 농축조의 면적을 계산하는 방법도 이상(理想)상태에서 개략치를 주는 것으로 실제 시설에서 최적치를 얻은 것이 아니다. 따라서 원수의 종류에 따라 발생되는 슬러지의 농축특성에 큰 차이가 있으므로 되도록이면 실제 시설에 가까운 실험으로 고형물부하값을 구하여 필요면적을 구하는 등으로 처리대상 슬러지의 농축특성으로 결정한다.

또 고탁도시 대책으로서 농축슬러지를 일시 저류하는 것을 겸하는 경우에는 그 용량을 고려하여 농축조의 크기를 결정한다.

농축조에서 처리되는 슬러지의 양은 통상의 세척배출수나 침전슬러지 외에 침전지나 배출수지, 배출수침전지, 배슬러지지의 청소작업시 배출수도 포함시켜야 하므로 농축조의 수를 2조 이상으로 하는 것이 바람직하다.

농축조에서 청징조건을 만족하는 면적은 (5.23.1)식으로부터 구한다.

$$A_1 = \frac{Q}{v_1} = \frac{(Q_f - Q_u)}{v_1} \fallingdotseq \frac{Q_f}{v_1} \quad \cdots\cdots (5.23.3)$$

$Q_f \gg Q_u$

여기서, A_1 : 청징조건을 만족하는 면적(m^2)

Q_f : 유입슬러지량(m^3/d)

Q_u : 농축슬러지량(m^3/d)

v_1 : 침강농축시험에서 구한 등속침강구간에서의 계면침강속도(m/d)

또한 농축조건을 만족하는 면적은 (5.2)식으로부터 구한다.

$$A_i = \frac{Q_f C_f}{v_i}\left(\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_u}\right) \quad \cdots\cdots (5.23.4)$$

여기서,

A_i : 농도 C_i의 슬러지에 관해 농축조건을 만족하는 면적(m^3)

C_f : 유입슬러지농도(kg/m^3)

v_i : 농도 C_i 슬러지의 침강속도(m/d)

C_u : 배슬러지농도(kg/m^3)

농축조의 면적은 (5.23.1)식의 A_i와 (5.23.2)식의 농도 C_i를 변화시켜 얻어지는 A_i 중에서 최대의 A값을 채택한다. 안전율로서 1.2~1.5를 본다.

2.에 대하여 ; 농축조를 청소하거나 보수하기 위하여 2조 이상으로 하는 것이 바람직하지만, 배슬러지지가 어느 정도 침강분리기능을 하면서 저류용량이 있는 경우에는 1조로도 가능하다.

3.에 대하여 ; 농축조의 형상은 고농도의 슬러지를 농축하고 배출하며 슬러지수집기의 조작성을 좋게 하기 위하여 원형구조로 하며 슬러지를 중앙에서 유입시키는 방사류식이 바람직하다. 또한 유효수심은 청징역과 침강농축역의 수심을 고려하여 3.5~4 m로 한다.

여유고는 유입슬러지의 양에 급격한 변동이 없고 급격하게 수위가 상승하는 것은 없지만 풍파 등을 고려하여 30 cm 이상으로 한다.

바닥경사는 슬러지수집기에 걸리는 부하가 너무 크지 않고 농축슬러지가 원활하게 배슬러지피트 내로 유입되도록 1/10 이상으로 한다. 또한 배슬러지피트는 인발관이나 슬러지수집방법 등을 고려하여 슬러지를 원활하게 인발할 수 있는 구조로 한다.

농축방식에는 회분식(batch)과 연속식의 두 가지가 있고, 농축조의 개념도를 〔그림 5.22.4〕에 연속식 농축조의 구조 예를 〔그림 5.23.5〕에 나타내었다.

1) 회분식 농축조([그림 5.23.4]의 1 참조)

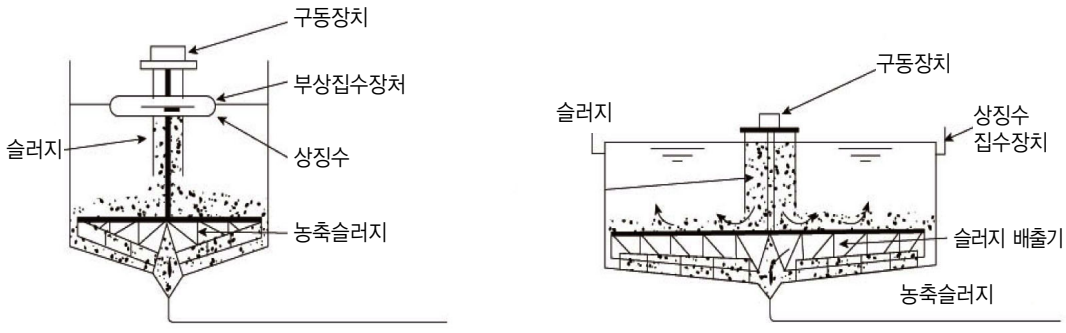
배슬러지지 등으로부터 슬러지가 간헐적으로 배출되는 경우나 처리해야 할 슬러지가 소량인 경우에 채택하는 방식이다.

회분식 농축조는 중앙 또는 한편에서 슬러지를 조의 내부에 채운 다음 일정한 시간동안 정치하여 고액분리하여 상징수를 인발하기 때문에, 수위변동이 크고 가동식의 상징수인발장치가 필요하지만 일반적으로 운전관리가 간단하고 용이하다.

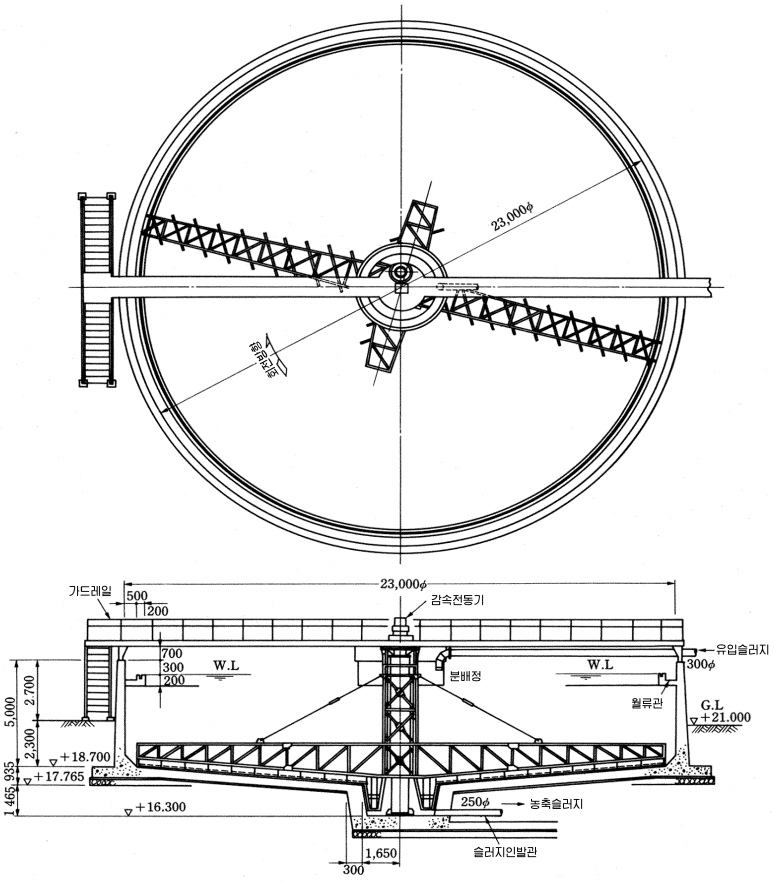
일반 침전지에서 슬러지배출이 1일 내지 수일에 1회의 비율로 이루어지는 경우에는 침강분리 기능을 가진 배슬러지지를 설치하고 농축조를 연속식으로 하는 경우가 많다. 이 경우에는 배슬러지지를 회분식 농축조의 기능을 갖게 하는 것으로 된다.

2) 연속식 농축조([그림 5.23.4]의 2 참조)

배슬러지지 등으로부터 슬러지가 연속적으로 배출되는 경우나 처리해야 할 슬러지가 다량인 경우에 채택하는 방식이다.



[그림 5.23.4] 농축조의 개념도



[그림 5.23.5] 농축조(연속식) 구조의 일례

연속식 농축조는 조의 중앙으로 연속적으로 슬러지를 공급하고 하부바닥으로부터 간헐적으로 농축된 슬러지를 인출한다. 상징수의 인출은 회분식과 다르게 수위가 거의 일정하므로 월류위어 등의 고정식 상징수 인출장치를 채택한다.

4.에 대하여 ; 슬러지 인출관은 탈수시설에 슬러지를 이송하는데 사용되므로 청소작업이 용이한 구경(200 mm 이상이 바람직하다)과 경사를 갖는 배관으로 설계해야 한다. 또 상징수량과 인출슬러지량은 유입슬러지의 양 및 농도와 인출슬러지의 농도로 구한다.

슬러지유입부의 구조는 유입시에 와류와 편류에 의하여 슬러지의 계면이나 농축부를 교란시키지 않도록 유입에너지를 조속히 감쇠시켜 조내에 유입되도록 슬러지유입부의 위치와 각도 등을 고려해야 한다.

상징수 인출장치에는 연속식인 경우에는 고정식 월류위어, 회분식인 경우에는 부자(float)식 가동집수장치(위어, 트로프 또는 수문) 등이 채택된다. 이것에 상징수관을 접속시킨다.

농축조에는 월류면과 슬러지계면의 거리가 짧기 때문에 월류할 때의 유속에 의하여 침강슬러지를 빨아올리지 않도록 특히 위어부하를 작게 설계해야 한다. 고정위어인 경우에는 위어부하율은 150 m^3/

m·d 이하로 한다.

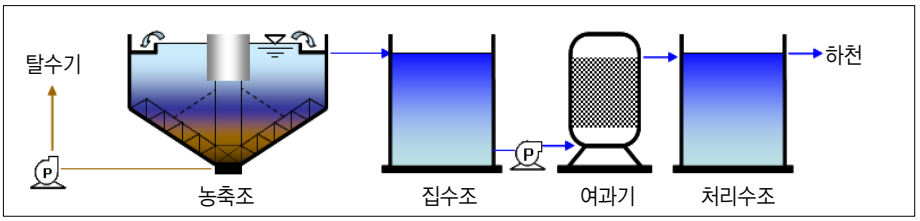
슬러지수집기는 침강분리된 슬러지의 농도와 점성 등을 고려하여 원활한 슬러지배출기능을 갖는 것으로 한다. 슬러지의 재부상을 피하기 위하여 일반적으로 슬러지수집기의 주변속도는 0.6 m/min 이하로 하는 것이 바람직하다. 또 농후한 슬러지가 침적된 경우나 정전된 다음의 재기동시 등에는 과대하게 부하가 걸려서 슬러지수집기가 파손되는 경우도 있으므로 안전장치로서는 과부하경보장치, 정지장치, 갈퀴(rake)인상장치 등을 설치하는 것이 바람직하다.

반송수펌프와 슬러지인발펌프에 대해서는 5.23.3 배출수지의 3.을 참조한다.

5.에 대하여 ; 농축조가 충분히 크지 않은 경우나 농축특성이 좋지 않은 슬러지가 유입될 경우에도 안정적으로 농축능력을 발휘할 수 있게 하기 위하여 고분자응집보조제를 주입할 수 있다. 따라서 농축조에 고분자응집보조제를 주입할 수 있는 시설이 설치되어야 한다.

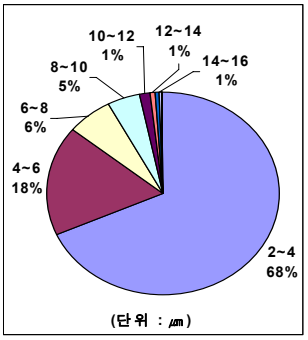
6.에 대하여 ; 농축된 슬러지를 탈수시설로 이송시키기 전에 저류조에서 일정한 시간 저류하게 되면 균일한 농도로 만들어져서 탈수기의 운영이 쉽고 탈수효율을 증대시킬 수 있다. 농축슬러지의 저류조 크기는 너무 긴 체류시간으로 인하여 슬러지의 부패현상이 없어야 하고 교반장치가 과대하지 않아야 하며 유지보수하기 위하여 2지 이상으로 한다. 저류조 내에서 슬러지가 균일하게 혼합되고 슬러지의 침강에 의하여 굳어지지 않도록 교반장치를 설치한다.

7.에 대하여 ; 폐수처리시설 기본부과금 산정시 수질기준으로 적용되는 폐수종말처리시설 방류수 수질기준이 2013년 이후부터 강화(BOD, SS 10 mg/L 이하)됨에 따라 농축조 상징수(이하 "방류수"라 함.) 수질이 수질기준을 만족하지 못할 경우에는 방류수 처리시설의 설치를 고려할 수 있다. 방류수 처리시설로서는 응집·침전지, 여과장치(사여과, 섬유상여과, 막여과 등) 등을 수질조건 및 부지면적 등을 고려하여 결정한다.

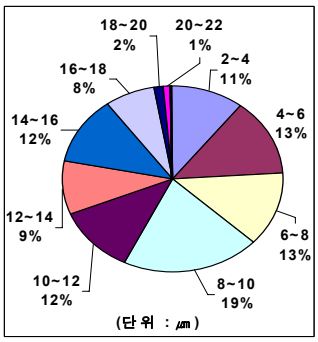


[그림 5.23.6] 방류수 여과장치 설치(예)

방류수는 그 특성상 수질기준 항목 중 부유물질(SS)을 초과할 우려가 가장 높기 때문에 처리시설 선정시에는 SS 처리효율을 우선적으로 고려해야 한다. 특히, 방류수 중 입자는 20 ㎛ 이하의 미세한 크기가 대부분이므로 여과장치 선정시에는 방류수의 입도분포를 조사하여 여과재의 입도 또는 공경크기를 결정해야 한다. 또한, 필요시 여과장치 이전에 응집제 주입 및 혼화설비를 추가하여 처리효율을 향상시킨다.



입자크기별 구성 비율



입자크기별 무게 환산 비율
(가정:비중-1,구형입자)

[그림 5.23.7] 방류수 중 입자크기별 구성 및 무게 환산비율

5.23.7 방류수 TMS(Tele-Monitoring System) 구축

방류수 TMS 구축은 다음 각 항에 따른다.
1. 폐수(방류수) 배출신고량이 1~3종에 해당하는 경우에는 방류수 TMS를 구축해야 한다.
2. TMS 구축시에는 수질자동측정기기 및 부대설비와 적산전력계, 적산유량계 등을 설치한다.
3. 기타 측정기기 부착 및 신고 등의 업무처리절차는 관련기준을 준수한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배출신고량이 700 ㎥/일 이상인 1~2종 사업장은 '09년 9월 30일까지 TMS 구축을 완료해야 하고, 배출신고량이 200 ㎥/일 이상인 3종 사업장은 배출허용기준 초과를 통고 받은 9개월 이내 TMS 구축을 완료해야 한다.

2.에 대하여 ; TMS 구축을 위한 측정기기의 종류 및 부착대상은 다음과 같다.

〈표 5.23.5〉 TMS 측정기기 종류 및 부착대상

측정기기의 종류		부착 대상
1. 수질자동측정기기	수소이온농도(pH)	1~3종 사업장
	생물화학적 산소요구량(BOD) 또는 화학적 산소요구량(COD)	
	부유물질량(SS)	
	총 질소(T-N)	
	총 인(T-P)	
2. 부대 시설	자동시료채취기	
	자료수집기(Data Logger)	
3. 적산전력계		1~5종 사업장
4. 적산유량계	용수적산유량계	
	적산유량계	1~4종 사업장

단, 방류수 전량을 폐수종말처리시설 또는 공공하수처리시설에 유입시키는 경우에는 TMS 구축을 면제할 수 있다. 또한 원폐수의 농도가 항상 배출허용기준 이하인 경우에도 수질자동측정기기를 부착하지 아니할 수 있다. BOD와 COD 중 배출허용기준 또는 방류수수질기준에 대한 배출농도의 비율이 낮은 측정기기는 부착을 생략할 수 있다.

3.에 대하여 ; TMS 구축을 완료한 때에는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 제25조 및 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조에 의한 운영·관리기준을 준수해야 한다.

5.23.8 천일건조상

천일건조상은 다음 각 항에 따른다.
1. 조정농축시설에서 배출된 슬러지를 효율적으로 잘 건조시킬 수 있어야 한다.
2. 면적은 강수, 습도, 기온 등의 기상조건과 슬러지의 부하방식에 따라 적절해야 한다.
3. 지수는 2지 이상이 바람직하다.
4. 형상은 작업성을 고려해야 하며 유효수심은 1 m 이하, 여유고는 50 cm를 표준으로 한다.
5. 측면과 바닥면은 불투수성으로 한다.
6. 부대설비로서 슬러지의 건조를 촉진하기 위한 장치, 배출수설비, 작업용 출입문(gate) 등을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 천일건조상은 상징수를 배제하고 여과하여 함수율을 낮춘 다음 증발로 건조되게 하는 시설로, 통상은 배슬러지지 또는 농축조에 의하여 슬러지를 농축시킨 다음 천일건조상에 슬러지를 투입하는 처리방식이다. 처분하는 케익의 운반과 처분지의 매립작업을 위하여 케익의 함수율은 85 % 이하로 탈수하는 것이 필요하다.

천일건조상에 대해서는 1일처리능력이 100 m^3를 초과하는 것은 산업폐기물처리시설로서 기술상의 기준이 적용된다. 이 처분방식은 중·소규모의 정수장에서 슬러지의 배출빈도가 적고 입지와 기상조건도 좋으며, 용지확보가 용이한 경우에는 유지관리면과 경제적인 면에서 대단히 유리한 방식이다. 또 대규모 정수장에서도 용지확보가 가능한 경우에는 다른 탈수방법에 비하여 유리한 점이 많으므로, 고탁도시의 저류 겸 건조시설로서 이용할 수 있다.

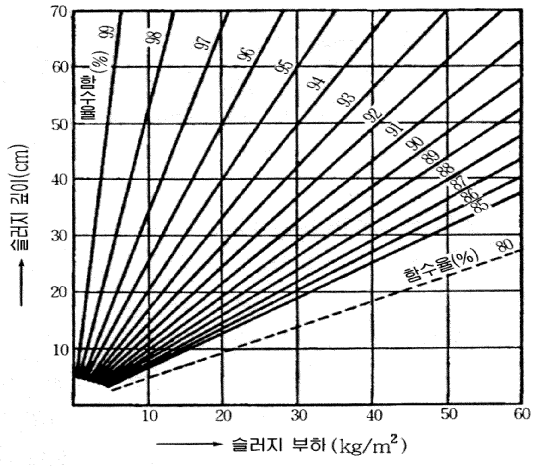
또 천일건조상과 같은 것으로 라군(lagoon)이라고 하는 것도 있다. 라군의 경우 정수시설에서 배출되는 침전슬러지 등을 직접 받아들이는 시설로 조정·농축기능을 합쳐서 가지고 있다.

2.에 대하여 ; 천일건조상의 면적은 슬러지부하량, 목표로 하는 함수율, 슬러지의 성상, 날씨, 기온 등의 기상조건, 입지조건, 건조상의 구조 등에 차이가 있으므로 실험이나 다른 도시에서의 실적 등을 충분히 조사하여 결정한다. 일반적으로 1지당 100~1,000 m^2 정도의 실시 예가 있다.

건조상에 대해서는 자연탈수효율은 유입되는 슬러지의 깊이와 슬러지의 농도에 좌우된다. 일반적으로는 슬러지 부하가 동일하더라도 주입할 때에 슬러지 농도를 높게 하고 슬러지 깊이를 얕게 하는 편이 탈수효율이 좋다.

$$\text{슬러지 부하}(kg/m^2) = \text{주입 깊이}(m) \times \text{슬러지 농도}(kg/m^3) \quad \cdots\cdots (5.23.5)$$

슬러지의 농도는 주입슬러지 중의 고형분 중량으로 표시하며 슬러지의 함수율로부터 구할 때에는 비중을 고려해야 한다. 슬러지의 함수율과 주입깊이 그리고 슬러지 부하의 관계는 〔그림 5.23.8〕와 같다.



[그림 5.23.8] 함수율, 주입깊이와 슬러지부하의 관계

또 건조상의 면적은 다음 식으로 구한다.

$$A = \frac{D_s \times T}{S} \quad \cdots\cdots (5.23.6)$$

여기서,

A : 건조상 면적(m^2)

D_s : 1일발생 고형물량(kg/d)

T : 건조일수(d)

S : 슬러지 부하(kg/m^2)

위의 식에서 T에 대해서는 지역성과 구조 등에 따라 다르기 때문에 실험으로 구한다.

3.에 대하여 ; 케익을 반출하거나 또는 보수하기 위하여 2지 이상이 바람직하다. 지수 결정에 대해서는 슬러지의 배출빈도, 소요일수 및 유입슬러지량의 변동 등을 고려하여 여유가 있는 지수로 한다.

4.에 대하여 ; 건조상의 형상은 주입슬러지의 균등한 분포, 상징수의 확실한 배제, 케익반출의 작업성 등을 고려하여 직사각형이 바람직하다. 유효수심은 1 m 이상으로 하면 효율이 떨어지기 때문에 1 m 이하로 한다. 또한 여유고는 작업성을 감안하여 50 cm를 표준으로 한다.

5.에 대하여 ; 천일건조상에 대해서는 침투수가 지하수를 오염시키지 않도록 한다.

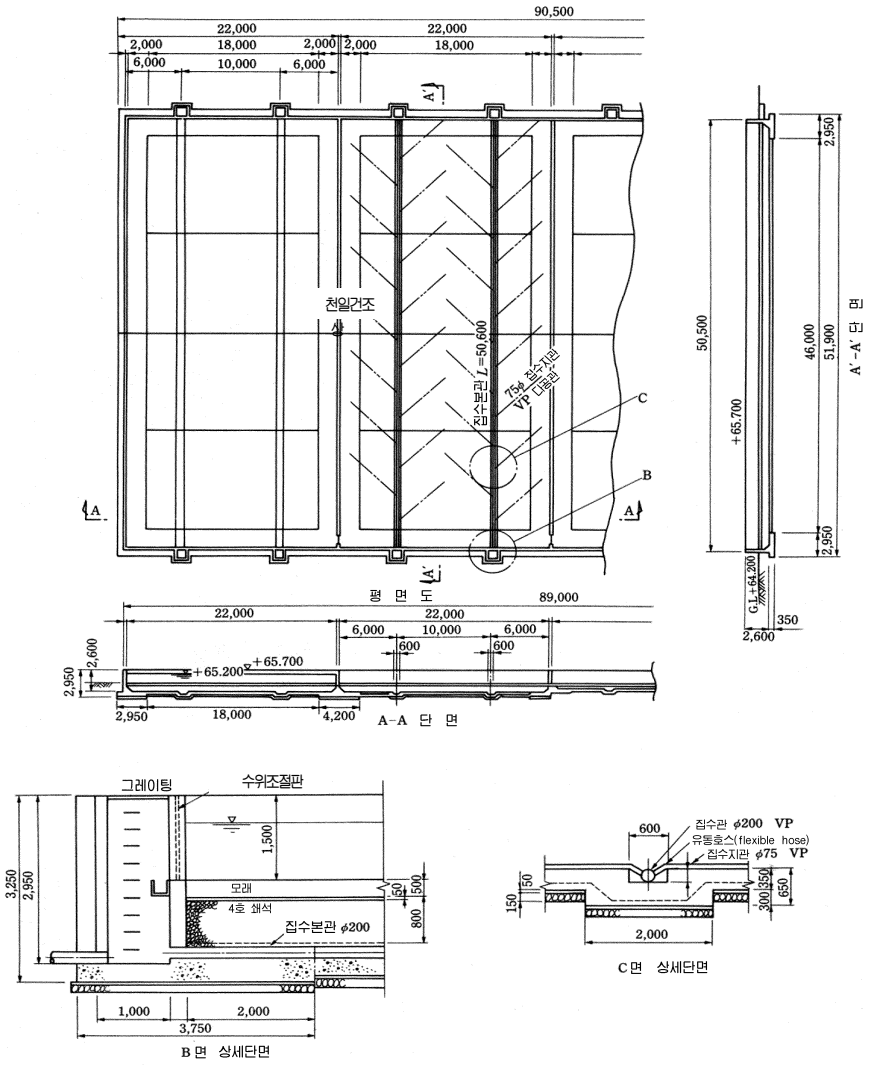
1) 천일건조상의 측면과 바닥면은 불투수성의 재료를 사용해야 한다.
2) 천일건조상의 주위에는 지표수가 천일건조상으로 유입되는 것을 방지하기 위하여 필요한 개거나 그 밖의 설비를 설치해야 한다.

이와 같이 구조에서는 불투수성으로 하지 않으면 안 되기 때문에 바닥도 콘크리트바닥이 일반적이다.

6.에 대하여 ; 슬러지의 건조를 촉진하기 위한 장치로는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 상징수 인출장치 : 침강분리된 상징수나 빗물을 조속히 배제시키는 장치이며 일반적으로는 위어의 높이를 순차적으로 낮추면서 배수(排水)할 수 있는 수위조절판(stop log) 방식이 채택되고 있다 (〔그림 5.23.10〕 참조).

2) 하부집수장치 : 모래여과의 원리를 응용하여 여과층과 집수관을 조합하여 슬러지를 여과하는 장치이다. 모래층의 두께는 처리수의 수질이 배출기준을 만족할 수 있게 25~30cm 정도로 한다. 자갈층의 두께는 케익을 반출할 때의 중기와 트럭의 중량으로 집수장치가 파손되지 않도록 고려하여 정한다(〔그림 5.23.9〕 참조). 하부집수장치를 설치하지 않는 경우라도 케익을 반출할 때의 작업성을 고려하여 두께 10 cm 이상의 모래를 깐다.

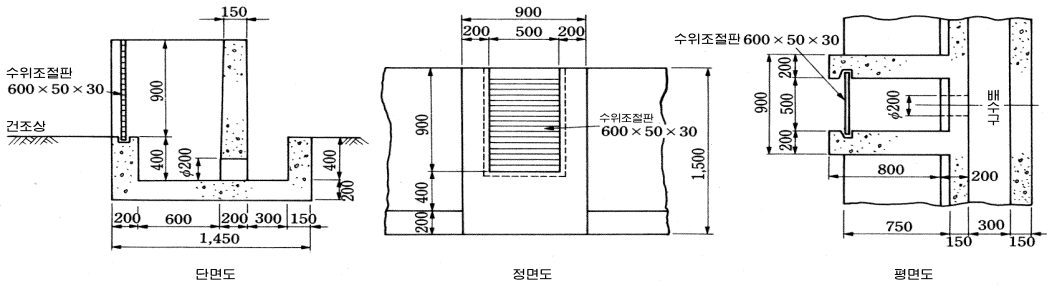


[그림 5.23.9] 천일건조상의 일례

3) 탈수촉진장치 : 여과탈수효과를 촉진시키기 위하여 감압탈수방식, 폭기교반방식 등 여러 가지 천일건조상의 사례가 있다.

천일건조상의 배수설비는 상징수 인출장치나 하부집수장치에 의하여 모아진 처리수를 계외로 방류하기 위한 것으로 피트와 관거로 구성된다. 각각의 형상과 크기는 처리수량으로 산출한다.

작업용 출입문은 케익을 반출할 때, 중기와 트럭의 출입구로 사용하며 슬러지가 유입되고 있는 동안에는 측벽과 동등한 역할을 해야 하므로 수압으로 전도되거나 파손되지 않도록 한다.



[그림 5.23.10] 상징수 유출장치의 일례

5.23.9 탈수기

탈수기는 다음 각항에 따른다.

1. 탈수기는 2대 이상 설치한다.
2. 가압탈수기는 다음 각 호에 의한다.
   1) 여과면적은 슬러지량, 여과속도 및 실제 가동시간으로 산출한다.
   2) 여과포는 폐색이 잘 되지 않고 내구성이 있는 것으로 한다.
   3) 가압·압축기의 다이어프램은 내구성이 있는 것으로 한다.
   4) 필요에 따라 여과포의 세척장치를 설치해야 한다.
3. 진공탈수기는 다음 각 호에 의한다.
   1) 여과탈수기는 2.1)항에 준한다.
   2) 여과포는 2.2)항에 준한다.
   3) 여과포의 세척장치, 교반장치 등의 부대설비, 진공펌프 등의 기계설비, 진공측정계 등의 측정기기를 설치한다.
4. 원심탈수기와 조립탈수기에는 고분자응집보조제의 주입장치를 설치한다.
5. 탈수기의 부속기기와 그 밖의 설비는 예비기를 설치하며, 확실히 가동되도록 하고 그 외 부대설비는 다음 각 항에 의한다.
   1) 관 등은 슬러지나 협잡물로 폐색되지 않도록 한다.
   2) 케익 반출설비를 설치한다.
   3) 점검, 정비, 수리용으로 크레인, 호이스트를 설치한다.
   4) 여액의 처리설비 또는 반송설비를 설치한다.
6. 필요에 따라 케익을 유용하게 이용하기 위한 설비를 설치한다.

【해설】

정수장에서 발생되는 슬러지를 처리하는 탈수기의 종류로는 그 기구 또는 원리상으로 가압형 탈수

기, 진공탈수기, 원심분리기 및 조립(造粒)탈수기 등으로 분류할 수 있다. 탈수기의 종류별 주요 특성은 〈표 5.23.6〉에 정리하였다.

〈표 5.23.6〉 탈수기의 종류

기종 / 항목	진공탈수기	가압형 탈수기			원심분리기	조립탈수기
		필터프레스	벨트프레스	스크루프레스		
형식	벨트형이 주로 사용	횡형, 종형	–	–	데칸타형이 일반적임	드럼형
탈수기구	감압여과	슬러지공급 압력	여과포의 압착력과 전단력	스크루압착	원심분리에 의한 고액분리	슬러지응집과 중력이용
슬러지 공급방법	연속	간헐	연속	연속	연속	연속
전처리	석회 산처리후석회 동결융해	석회 산처리후석회 (고분자응집제)	석회 산처리 후 석회 (고분자응집제)	석회 산처리 후 석회 (고분자응집제)	고분자응집제동결융해	고분자응집제 (또는 물글라스 첨가)
기타	슬러지성상에 따른 영향이 크다	슬러지성상에 따라 전처리를 하지 않아도 된다.	전처리는 필수적이다.	–	건조와 소성공정이 필요한 경우가 있다.	슬러지 농도가 낮아도 사용된다.

탈수기를 선정할 때에는 탈수 성능뿐만 아니라 유지관리의 난이도, 비용, 케익의 재활용, 매립지 등을 고려하여 결정한다.

가압탈수기는 그 원리에 따라 다음과 같이 분류된다.

가압탈수기 — 필터프레스식-(가압, 가압+압착)
가압탈수기 — 벨트프레스식
가압탈수기 — 스크루프레스식

1) 가압탈수기

가압탈수기는 슬러지에 기계적 압력을 가하여 압착함으로써 탈수하는 장치이다. 그 처리방법은 다음과 같이 구분된다. 가압탈수의 전처리로 소석회를 주입하는 방법과 주입하지 않는 방법이 있다. 전자는 탈수효율이 좋지만 발생케익의 pH가 높고 매립처분하는 경우에는 환경상의 문제가 없도록 관리형 매립지에 최종처분해야 한다. 정수처리에 사용되는 가압탈수기는 필터프레스식이 많다. 기본 구성으로는 가압탈수기와 다음과 같은 보조기기의 조합으로 이루어진다.

① 압입펌프
② 압입탱크
③ 유압펌프 유니트
④ 공기압축기
⑤ 여과포세척장치

가압형 필터프레스의 운전방식은 탈수기의 여실 내에 슬러지 원액을 케익두께(20~30 mm) 정도가 되도록 주입하여 여과포에 의한 고액분리, 슬러지층의 필터작용으로 탈수한다. 최종 가압은 1.0~

2.0MPa(10~20 kgf/cm^2) 정도로 가압한다.

가압압착형 필터프레스에는 종형과 횡형이 있으며 가압형 필터프레스에 비하여 다이어프램과 압력수 펌프가 부가되기 때문에 구조가 복잡하다. 가압압착형 필터프레스의 운전방법은 여실 내에 슬러지를 3~10분간, 케익의 두께를 3~5 mm 정도가 되도록 주입하고, 그 다음 가압수를 다이어프램에 공급하여 여실 내의 슬러지를 압착한다. 슬러지의 압입압력은 최초 0.3~0.5MPa(약 3~5 kgf/cm^2), 다이어프램에 의한 압착압력은 1.2~1.5MPa(약 12~15 kgf/cm^2)이다. 탈수공정은 여과, 압착, 배출이 1사이클이며 탈수소요시간은 약품처리가 없는 경우에는 단시간형으로 약 1시간, 장시간형인 경우에는 수십시간이 소요되고 소석회 등을 사용하는 경우에는 20~30분간이 일반적이다. 일반적으로 케익의 함수율은 55~65 %이며 압착기구가 있는 것은 여기서 5~10 % 정도를 추가로 제거할 수 있다. 가압탈수기에서는 여과포 부근의 슬러지는 빨리 탈수되지만, 입자사이에서는 압밀이 생겨 탈수가 어렵게 된다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 전기침투현상을 이용하여 기존의 기계적 압착압력보다 적은 압착압력(약 0.1~0.4MPa)으로 탈수가 가능한 가압여과기도 있다.

그 외에 가압탈수기로는 다수의 롤러 사이에 두장의 여과포를 삽입한 벨트프레스식, 주입된 슬러지를 스크루에 의하여 연속적으로 탈수하는 스크루프레스식이 있다.

벨트프레스식에서 벨트의 속도가 빨라지면 탈수시간이 짧아져서 수분이 많은 케익이 생성되며 벨트의 인장력이 증가되면 더욱 건조된 케익이 생성되나 벨트의 마모가 심해진다. 또한 폴리머의 사용량을 증대시키면 더욱 건조된 케익이 생산된다. 슬러지의 주입량을 증대시키기 위해서는 벨트의 속도를 증대시켜야 한다. 또한 성글은 여과막을 사용하면 보다 건조된 케익을 얻을 수 있으나 SS회수율은 낮아진다(〔그림 5.23.11〕 참조).

벨트프레스식 탈수기의 용량은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$B = 1{,}000\ (1 - \frac{W}{100}) \cdot \frac{Q}{V} \quad \cdots\cdots (5.23.7)$$

여기서, B : 유효여과포폭(m)

W : 슬러지함수율(%)

Q : 유입슬러지량(m^3/h)

V : 탈수속도(kg/m^2 · h)

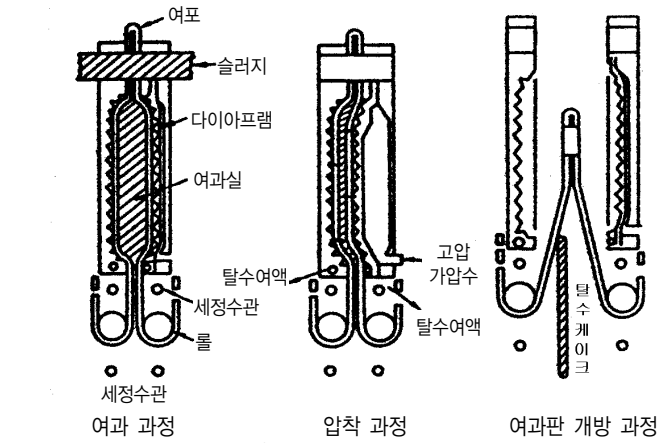
2) 그 외에 탈수기

⑴ 진공탈수기

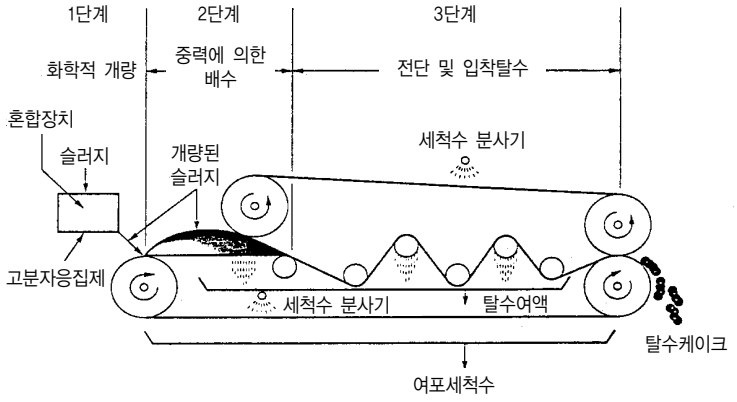
진공탈수기는 드럼과 진공장치 및 여과포로 구성되며, 드럼의 표면에 있는 슬러지를 여과포를 통하여 진공력을 주어 탈수하는 방식이다. 진공탈수기는 소석회 등의 약품을 사용하든지 동결융해법 등의 탈수전처리가 필요하다. 또 케익의 함수율은 슬러지의 성상과 탈수전처리에 의한 영향이 크며 60~80 % 정도이다.

⑵ 원심탈수기

원심탈수기는 회전드럼 내에 고분자응집제 등으로 전처리한 슬러지를 공급하고 원심력으로 고액분리하는 방식이다. 이 방식은 건조·소성의 공정을 조합하면 처분에 유리한 탈수방법이다. 보통 원심탈수기에서 배출되는 케익의 함수율은 60~80 %이다.



a) 필터프레스식의 단면도



b) 벨트프레스식의 예

[그림 5.23.11] 가압탈수기의 구조

(3) 조립탈수기

조립탈수기는 슬러지에 고분자응집보조제(폴리아민계) 등을 첨가하여 회전드럼 내에서 천천히 회전시키며 슬러지 중의 입자를 응집하여 크게 하고 입자간의 수분을 중력으로 드럼의 외부로 배출시키는 방법이다. 케익의 함수율이 80 % 정도로 높아 건조공정과의 조합이 필요하다. 탈수기의 성능을 정확히 파악하기 위하여 여름철 고탁도시와 겨울철 저탁도시에 현장에서 실험할 필요가 있다.

통상 용량결정은 고탁도시를 대상으로 하는 경우가 많으나 일반적으로 겨울철 슬러지는 탈수성이 나쁘기 때문에 저탁도시에서의 검토도 필요하다. 탈수기에 공급되는 슬러지의 농도는 탈수기에 따라 정확한 범위가 있고 그 범위 외에는 처리가 불가능한 경우도 있다. 탈수기의 운전시간은 관리체제를 고려하여 설정한다. 장기적인 관점에서는 연간 슬러지 발생량과 연간 운전가능 일수와의 관계를 충분히 파악하여 계획처리량에 맞는 탈수기를 설치한다. 운전시간 설정에 대해서는 기계의 가동시간에 시작준비작업시간과 종료청소작업시간으로 각각 30~60분을 더한다.

1.에 대하여 ; 탈수기를 수리할 때 배출처리에 지장을 주지 않도록 2대 이상의 탈수기를 설치한다. 기계탈수와 천일건조상을 병행하고 있어서 천일건조상에 충분한 용량이 있는 경우에는 예비기를 설치하지 않아도 된다.

2. 1)에 대하여 ; 여과(탈수)주기(cycle time)는 ① 슬러지의 압입, ② 압착(압착기구를 부착한 경우), ③ 공기주입(건조), ④ 여과판 열림, ⑤ 배출 및 여과판 닫힘의 각 공정으로 한 사이클이 되기 때문에, 이 모든 공정들을 종합한 시간으로 산출된다.

가압탈수기의 용량(여과면적)은 다음 식으로 구한다.

$$A = \frac{S}{V \cdot t} \quad \cdots\cdots (5.23.8)$$

여기서

A : 여과면적(m^2)

S : 슬러지량(kg-D.S./d)

V : 여과농도(kg-D.S./m^2/h)

t : 실가동 시간(h/d)

$$N = \frac{A}{a} \quad \cdots\cdots (5.23.9)$$

여기서

N : 소요대수(대)

a : 탈수기의 여과면적(m^2/대)

2. 2)에 대하여 ; 가압탈수기에 사용되는 여과포에는 통상 폴리프로필렌, 나일론, 테프론 등의 합성섬유가 많고 섬유의 크기, 직조방법, 여과포의 구멍 크기 등이 다르기 때문에 실험으로 최적의 여과포를 선정한다. 안정되게 탈수를 하기 위해서는 여과포가 폐색되지 않는 것이 좋으나 여과포의 구멍 크기가 크게 되면 여액이 탁해지고 처리효과가 감소되기 때문에 주의해야 한다. 여과포에는 상당한 장력이 걸리기 때문에 충분히 견딜 수 있는 강도로 한다. 가압탈수기의 여과포는 다음의 선정 조건을 기초로 결정한다.

① 내산성, 내알칼리성일 것

② 강도, 내구성이 클 것

③ 안정된 여과속도가 가능할 것

④ 사용 중에 팽창과 수축이 적을 것

⑤ 여과포의 폐색이 적고 케익의 탈착이 좋을 것.

⑥ 탈수여액에 청징도가 높을 것

⑦ 재생이 가능할 것

2. 3)에 대하여 ; 가압탈수기의 다이어프램은 재질검토와 함께 파손시 교환이 용이한 것으로 한다.

2. 4)에 대하여 ; 여과포의 세척장치는 필요에 따라 설치한다. 이때 여과포의 세척장치 용량은 여과포 내에 묻어있는 탁질들이 탈착될 수 있는 충분한 수압과 수량이 확보되어야 한다. 산 세척장치를 사용하는 경우에는 여과포의 내구성과 탈수기 각 부분의 내산성에 대하여 검토한다.

3. 3)에 대하여 ; 여과포의 세척장치는 2.4)에 준한다.

교반장치는 조 내에 슬러지가 침전되지 않을 정도로 천천히 교반되도록 한다. 응집된 슬러지 플록이 너무 작게 되도록 강하게 교반하는 것은 좋지 않다.

진공펌프는 여과기의 운전에 필요한 용량으로 한다.

부속기구로는 액위계, 진공계 등의 계기를 설치하고 운전이 원활하게 이뤄지도록 한다. 진공펌프는 소음과 진동이 발생한다. 소음이 옥외로 새어나가지 않도록 건물 내를 방음구조로 하고 기초는 진동을 흡수하는 구조로 한다.

4.에 대하여 ; 원심분리기와 조립탈수기는 고분자응집보조제를 사용하기 때문에 용해장치와 주입장치를 설치한다.

5.에 대하여 ; 탈수기 보조기(펌프 외)의 대수와 용량에 대해서는 대수가 많은 경우에는 반드시 탈수기별로 예비기를 설치할 필요는 없고 탈수기의 대수를 몇 개의 그룹으로 구분하여 그것에 상응하는 보조기 대수를 정하고 각 그룹 공통의 예비기를 최저 한 대씩 설치하도록 하는 것이 바람직하다.

5. 1)에 대하여 ; 관류는 보수, 점검, 수리가 용이하도록 가능한 한 2계열로 하며 배관거리가 짧도록 기기를 배치한다.

배관의 곡관부 등은 간단히 분리할 수 있고 수리가 용이한 구조로 한다. 배관에는 관내를 세척할 수 있는 주입구와 배수구를 적당하게 설치해 두는 것이 편리하다.

5. 2)에 대하여 ; 케익의 배출방법에는

① 케익을 컨베이어벨트로 직접 트럭 등에 적재하도록 배출하는 방법

② 호퍼에 일단 저류한 다음 배출하는 방법

③ 케익 저장소(평지)에 일단 저류한 다음 배출하는 방법

등이 있다. 컨베이어벨트에서 직접 배출하는 방법은 케익의 발생량이 적은 소규모 정수장에 적합한 방법이나 발생량과 트럭 용량과의 관계를 고려해야 한다.

호퍼를 사용하는 경우에는 케익의 성상(함수율, 크기 등)을 충분히 고려하여 조임부(게이트)에 케익이 막히지 않는 구조로 한다. 또한 필요에 따라 진동장치 등을 설치한다.

케익 저장소에는 지붕을 설치하고 빗물의 배수가 좋게 하며 저장용량은 처분방법과 유효이용방법 등에 따라 결정한다.

5. 3)에 대하여 ; 탈수기 등의 기기류는 다른 정수시설과는 달리 슬러지를 처리하기 때문에 마모 등이 심하므로 점검, 정비, 수리 등이 잦다. 따라서 기기의 분해나 반출입을 위하여 건물 내에는 천정크레인이나 호이스트를 설치한다. 또한 크레인이 끌어올릴 수 있는 무게는 기기를 분해하거나 반출입할 때의

최대하중으로 결정한다.

5. 4)에 대하여 ; 탈수여액 등은 농축조의 유입부로 반송해야 한다. 반송할 때에는 여액, 분리액, 그 외에 배수(예를 들어 여과포의 세척수, 컴프레서 냉각수, 펌프의 축봉수 등)를 함께 집수하여 반송한다. 저류조에는 반송펌프와 교반장치 등을 설치하는 것이 바람직하다. 또 탈수여액 등을 외부 하천에 방류하는 경우에는 배출기준에 적합하도록 중화설비 등을 거쳐서 배출한다. 중화시설로는 중화조, 중화액저류조, 수질측정기(pH계 등) 등이 필요하다.

6.에 대하여 ; 케익의 유효이용을 위해서는 필요에 따라 다음과 같은 설비를 설치한다.

1) 파쇄설비와 조립(造粒)설비

슬러지를 유효하게 이용할 경우에 입자의 형상이나 크기뿐만 아니라 입자의 표면, 내부의 구조, 성분, 배출량, 강도 등도 문제가 된다. 입경 또는 입도분포를 제어하기 위하여 파쇄설비와 조립설비를 설치하며, 여기에는 전동(轉動), 진동(振動), 교반, 파쇄 등의 방법이 있다.

2) 건조설비

건조의 주된 목적으로는 점토와 실트입자 등의 응집, 살균, 잡초의 발아 억제 등에 있다. 건조방식으로는 크게 나누어 직접가열방식(열풍 건조)과 간접가열방식(수증기 건조)이 있다.
건조설비로는 건조과정에서 발생되는 배기가스 중의 미립자를 분리포집하기 위한 집진장치와 대기보전과 냄새를 방지하기 위한 탈취장치를 설치한다.

3) 소성(燒成)설비

소성은 슬러지에 고열을 가하여 슬러지 중에 있는 유해성분을 무해화하기 위함이 목적이다. 소성한 다음의 생성물은 모래 또는 자갈모양으로 콘크리트인공골재, 되메움용 모래, 노반재, 초지나 농지용의 자재 등으로 유효하게 이용할 수 있다.

5.23.10 탈수슬러지의 처분

1. 탈수슬러지의 처분방법 선정시에는 처분의 안정성, 경제성을 고려하고, 가급적 재활용하여 자원화 할 수 있는 방법을 우선적으로 선택해야 한다.
2. 매립처분지를 선정할 때에는 다음 각 호에 의한다.
   1) 위치와 부지면적은 발생케익의 양, 주변의 환경, 운전효율 등을 고려하여 결정한다.
   2) 장래 매립지 이용의 목적에 적합하도록 매립방법에 대하여 검토한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 탈수슬러지의 처분이 불가한 경우에는 침전슬러지를 적기에 배출할 수 없는 문제가 발생하는 등 정수처리공정 운영상 장애의 원인이 되므로 처분방법 선정 및 위탁처리 계약업체 선정시 계획 발생량을 안정적으로 처분할 수 있는지 여부를 반드시 고려해야 한다. 또한 매립방법은 부지 확보

가 어렵고 관련규제가 점차 엄격해지고 있으므로 탈수슬러지 처분방법으로는 가급적 재활용을 고려하는 것이 바람직하다.

재활용 방법은 주로 다음 것들이 있다.

⑴ 농업 이용

재자원화라는 관점에서는 가장 가능성이 높은 분야이고, 객토재, 토양개량재, 야채류의 육묘토양, 화분이나 또는 과일재배용 토양 등으로 이용한다.

⑵ 토지조성자재 이용

탈수케익의 형상과 함수율 등을 고려한 다음에 분쇄된 상태 또는 다른 흙이나 안정제와 혼합함으로써 그라운드(ground)조성이나 매립, 성・복토재로 이용한다.

⑶ 시멘트원료 이용

시멘트제조에서 원료의 하나인 천연점토의 원료로 슬러지를 이용한다. 슬러지는 원료점토의 화학성분에 가까운 것이 바람직하지만, 어느 정도 조성범위에서 빠지더라도 다른 원료와 조합하여 사용할 수 있다.

⑷ 되메움재로 이용

슬러지에 석회나 시멘트를 혼합하여 적당한 입경으로 조립하여 재생사(再生砂)를 제조하고 수도관을 매설할 때의 되메움재로 이용한다.

슬러지 유효이용을 계획하는 경우에는 슬러지의 양과 질, 유효이용의 용도, 수요하는 곳과 양, 제조방법, 유통방법, 경제성이 문제가 되며 사전에 충분히 검토할 필요가 있다.

이하에 검토 항목의 개요를 설명한다.

① 배출수처리의 실태파악

장래 슬러지발생량을 예측하고 배출수처리에 대한 과제, 현상의 처분방법으로 필요한 대책, 문제점을 밝힘과 동시에 배출수처리비용과 슬러지처분비용을 추계한다.

② 슬러지 성상조사

슬러지 시료를 채취하여 조성성분에 관한 함유시험, 금속 등을 포함하는 산업폐기물에 관한 판정기준으로 용출시험, 또한 필요에 따라 토질공학적 시험, 농작물 생육에 관한 시험 등을 한다. 이 시험은 슬러지에 대하여 기왕의 시험결과나 원수수질의 조건, 정수와 배출수처리의 관리작업 상황을 고려하고 슬러지의 성상변동을 파악할 수 있도록 1년에 3회 이상 실시하는 것이 바람직하다.

③ 시장조사

문헌자료 등으로 선진도시에서 슬러지의 유효이용 사례를 조사하여 참고로 한다. 자원화의 가능성이 있는 업종을 선정하고 정수장에서 비교적 근교에 위치한 농업협동조합 등의 관련기관이나 업자를 대상으로 한 앙케이트나 공청회 등으로 유효이용의 조건과 적응성 등을 검토하며 동등한 일반 시장상품의 동향을 조사하고 자원화의 가능성을 개략 검토한다.

④ 유효이용의 용도선정

슬러지의 성상조사와 시장조사의 결과에 따라 품질의 적성, 수요의 확실성, 업자와의 거래조건, 제품제

공인 경우에는 자원화의 운전관리성과 경제성 등을 검토하여 확실성이 높은 유효이용의 용도를 선정한다.

⑤ 품질의 실증실험

슬러지를 제품으로 제조하기 위한 원재료로서 그대로 업자 등에 제공하는 경우, 일반적으로 유통되는 원재료의 농·공학적 성상과의 유사성 또는 품질기준과의 적합성이 문제로 된다. 예컨대, 농업이용에는 식해(植害)시험이나 토양개선율시험, 비료효과시험 등에 따라 품질의 적합성을 판정한다. 또한 건설자재로 이용하기 위해서는 용도에 따라서 각종 표준시방서나 KS규격, 협회규격 등에 표시되는 성상을 시험하고 적합성을 대조한다. 노반재료 등의 유효이용에 따라서는 사용허가를 얻기 위하여 현장에서 경년적인 시험을 한다.

⑥ 제품화시험

수도사업자가 스스로 제품화 또는 거래처가 요구하는 품질까지 일정한 가공을 하는 경우에는 제품화를 위한 플랜트에서 실제로 제품을 만들어서 제조방법, 품질평가, 생산성 등을 확인한다.

⑦ 실장치화의 검토

제품화의 실험성과를 이용하여 효율적으로 운전관리할 수 있는 제품제조공장을 건축과 기계 및 전기설비의 설치에 대한 기본계획을 입안한다. 또한 제조에 필요한 초기비용과 운전자금을 적산한다.

⑧ 유통방법의 검토

시장조사를 할 때에 선정하였던 용도의 제품을 취급하는 관련기관이나 업자와 협의하여 슬러지제품의 판매를 계획하고 거래조건과 유통방법을 교섭한다. 제품을 자가소비하는 경우라도 연간의 수급계획과 수송방법 등을 검토한다.

⑨ 경제성 검토

제조비용과 유통비용을 검토하여 제품가격을 산정하고 동등한 일반 시장제품과 비교하며, 현상태에서 처분방법으로 장래경비를 산출하여 유효이용의 유익성을 검토한다.

⑩ 자원화의 적합성 평가

관련기관이나 업자 등의 거래처 및 수요확보의 확실성, 거래가격의 타당성, 유지관리방법, 현상태에서 처분방법으로 문제점, 자원화의 계속성, 경합되는 사업자의 상황 등을 종합적으로 감안하여 선정된 용도에서 유효이용의 가능성을 판단한다.

⑪ 관련 행정기관, 거래처와의 조정 등 유효이용의 실현성이 있으면 유효이용을 계획하는 것에 대하여 자치단체의 환경부서와 협의하며 거래처와의 거래조건을 교섭하여 계약·협정을 체결하도록 준비한다. 또한 유효이용의 용도나 사용목적, 장소에 따라 예컨대, 도로관리자의 허가를 받거나 일반 시장제품과 동등하다는 인증을 취득하는 등의 행위가 필요하다.

2.에 대하여 ; 정수장에서 발생되는 케익을 매립처분하는 경우 최종처분장의 종류는 관리형이어야 한다. 따라서 반입도로, 옹벽, 차수공, 집수관과 배수관, 침출수처리설비 및 주변의 지하수 수질을 검사하기 위한 관측정 등의 공사가 필요하기 때문에 기초 데이터로서 지층의 구조, 지내력 및 지반의 침투성 유무 등에 대하여 검토하는 것이 필요하다.

2. 1)에 대하여 ; 처분지를 선정할 때에는 매립용량이 크고 계속적으로 매립이 가능한 것이 바람직하지만, 발생케익의 양, 배출수처리시설에서의 거리 등에 의한 운반효율, 주변의 조건, 재해에 대한 안전성, 매립방법 및 처분장의 정비방법을 검토한다.

또 처분부지를 임차하는 경우에는 임차기간이나 보상 등에서 문제점이 생기지 않도록 사전에 협정을 맺을 필요가 있다.

2. 2)에 대하여 ; 발생케익의 처분지에 대하여 장래 이용할 계획이 있는 경우에는 그 목적에 적합하게 처리하고 처분한다.

구조물을 건설할 계획이 있는 경우에는 케익의 성상을 검토한 다음 이용목적을 고려하여 필요에 따라 케익처분지의 지내력을 높이기 위하여 배수(drain) 등의 지반개량공법을 처분 전에 시공해 두는 것이 바람직하다.

구조물을 만들지 않고 공원이나 녹지 등으로 이용을 고려하는 경우에는 지내력은 그렇게 중요하지 않지만, 식물의 성장을 저해하는 성상의 케익을 메울 때에는 복토를 두껍게 하는 등의 조치를 강구한다. 공원이나 녹지 등으로 이용을 계획하는 경우에는 무약주에 의한 슬러지의 탈수처리가 바람직하고, 동결융해나 건조·소성으로 슬러지의 성상을 바꾸는 처리방법도 유리하다.

5.24 구내배관과 수로

5.24.1 총칙

정수장의 구내배관과 수로는 정수공정 시설을 연결하는 관로와 수로이며, 다음 용도로 크게 나눌 수 있다.

1) 원수를 착수정에 도수한 다음 플록형성지, 침전지, 여과지, 정수지 및 배수지로 정수공정에 따라 순차적으로 연결하는 관로와 수로,
2) 정수공정에서 배출된 침전지 배슬러지와 여과지 세척배출수를 배출수처리시설에 유도하는 관로,
3) 배출수처리시설에서 역세척배출수지 또는 착수정으로 반송하는 관로로 구별할 수 있다.

정수장 내 연결관로와 연결수로를 설치하는 경우에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 외부로부터의 오염방지나 우회(by-pass)관의 체류수대책 등 수질관리 측면의 고려
⑵ 긴급시에 대처하기 위한 복수화나 블록화 및 긴급차단밸브의 설치
⑶ 침전지 및 여과지 유입량에 대한 계열별 균등화
⑷ 적정한 유속 설정
⑸ 장래 개량 또는 갱신에 대한 고려
⑹ 부등침하 등의 변위를 일으킬 가능성이 있는 장소에서의 보호대책

5.24.2 연결관과 연결수로

연결관과 연결수로는 다음 각 항에 따른다.
1. 연결관과 연결수로는 가능한 한 짧게, 그리고 일부분의 사고로 인하여 장시간에 걸쳐 전체 기능이 정지되지 않도록 복수의 연결관이나 우회관 설치를 고려한다.
2. 미여과수는 여과수 또는 정수와의 연결을 피해야 한다.
3. 개수로는 필요에 따라 복개하고 우회관에는 원칙적으로 배수관(drain pipe)을 설치해야 한다.
4. 예측 불가능한 사고에 대비하여 필요한 곳에는 긴급차단밸브(수문)를 설치하고, 관로 또는 수로를 보호하기 위해 필요한 조치를 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 침전지, 여과지, 정수지 등의 주요시설은 일반적으로 2지 이상으로 하여야 하나, 이들 연결관과 연결수로가 하나일 경우에는 사고시에 전체 기능이 일시적으로 정지될 우려가 있다. 장시간에 걸쳐서 정지되지 않도록 하기 위하여 주요시설 간에는 가능한 복수로 연결하고 긴급시에는 계통이나 블록 간을 절체할 수 있도록 하는 등의 대책으로 위험을 분산시키는 것이 바람직하다. 이들 연결관과 연결수로는 손실수두를 작게 하고 각 주요시설 간의 수위차를 작게 하며, 가능한 한 손실수두를 균등하게 하여 각 지별로 물이 균등하게 들어가도록 고려한다. 또 사고 등을 최소한도로 줄이기 위하여 가능한 한 단구간으로 해야 한다.

2.에 대하여 ; 미여과수와 여과수 또는 정수와 연결되는 경우 제수밸브의 조작착오나 제수밸브의 누수 등으로 인하여 위생상 문제가 있는 물을 급수할 우려가 있으므로 미여과수는 여과수 또는 정수와의 연결을 피해야 한다.

3.에 대하여 ; 개수로는 외부로부터 오염될 우려가 있으므로 필요한 개소에는 복개를 하는 등 밀폐구조로 한다. 특히 여과지가 최종 처리공정인 경우에는 여과지 이후의 관로나 수로는 외부로부터 오염을 받지 않는 구조로 한다. 또 각 시설의 우회관은 장시간 사용하지 않는 일이 많으므로 그대로 통수하는 것은 바람직하지 않다. 이 때문에 필요한 개소에는 정체수를 배제하는 배수관(drain pipe)을 설치한다.

4.에 대하여 ; 지진시에는 관로나 수로가 큰 피해를 받는 경우가 많다. 정수의 유출, 오수의 역류를 방지할 목적으로 필요한 곳에는 긴급차단밸브(수문)를 설치한다(8.5.5 밸브의 구동장치 참조).
긴급차단밸브(수문)는 오동작이 일어나지 않고 신뢰성이 있는 것으로 필요한 때에 확실하게 작동하는 것이 중요하다. 따라서 밸브(수문)실은 항상 점검할 수 있는 구조로 한다.

관로나 수로 등에서 긴급차단밸브(수문)가 필요한 곳으로는 자연유하로 유출되는 정수지 또는 배수지의 유출측이지만, 자연유하로 유입되는 정수지나 배수지의 유입측에 대해서도 고려해야 한다. 긴급차단밸브(수문)의 설치 예와 긴급차단밸브의 구성 예를 〔그림 5.24.1〕~〔그림 5.24.5〕에 나타내었다. 긴급차단밸브(수문)를 설치하였을 때, 그 닫힘으로 인하여 자연유하로 유출되는 정수지나 배수지의 차단밸브 하류(유출)측 관로에서 부압이 발생할 수 있으므로 흡기관과 공기밸브를 설치한다.

관로나 수로는 지진시에 부등침하가 일어나지 않도록 필요한 대책을 세우는 것이 중요하다.

그 대책으로는 다음과 같은 것이 있다.

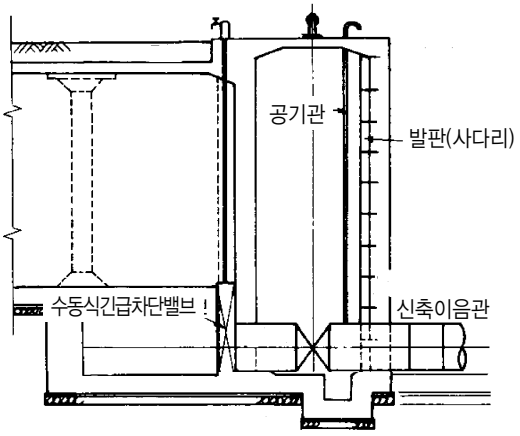
⑴ 액상화되기 쉬운 지질상황에 있는 장소는 지반을 개량한다.

⑵ 조인트(joint)로 변위를 흡수한다.

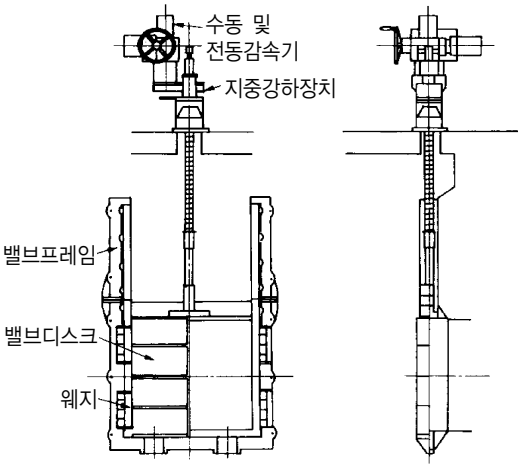
⑶ 관로 또는 수로의 밑에 포(布)기초를 시공하여 부등침하를 방지한다.

착수정과 침전지로의 연결수로와 정수거 등에서 콘크리트 구조의 수로에는 특히 이음부의 변위를 흡수하도록 한다.

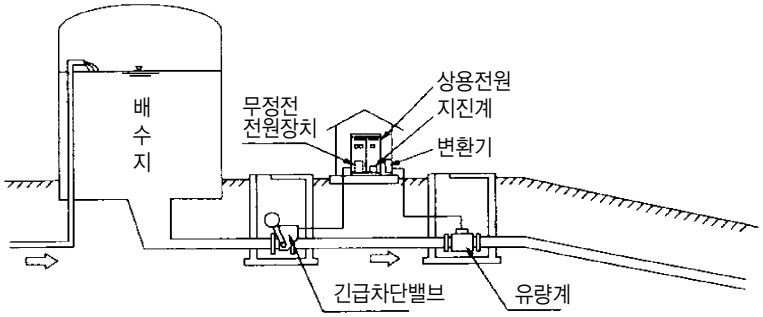
관로의 내진방법으로는 관로변형의 대부분을 조인트가 감당할 수 있는 방법과 변형의 대부분을 관체가 감당할 수 있는 방법이 있다.



[그림 5.24.1] 수동식긴급차단밸브의 예



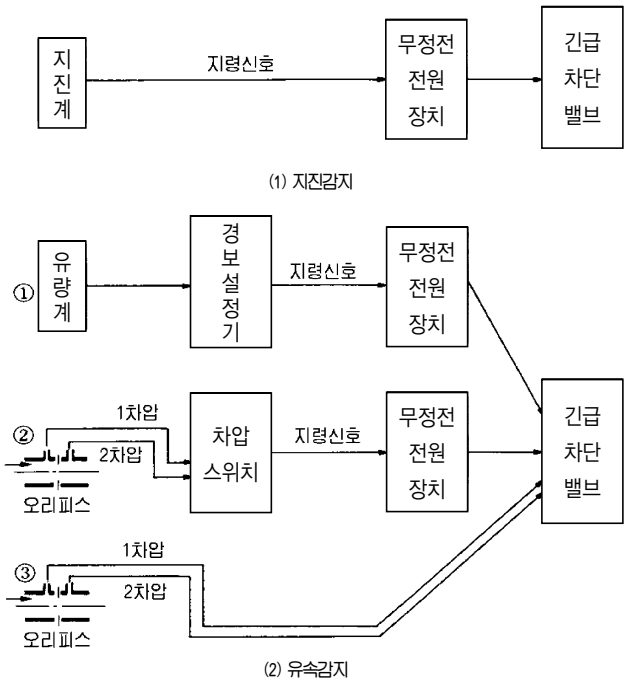
[그림 5.24.2] 지중강하식 긴급차단 제수밸브



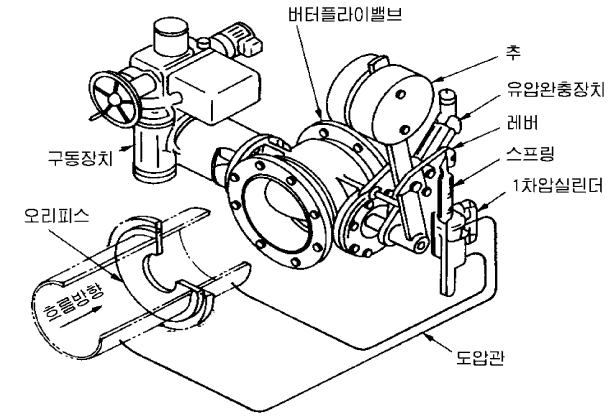
[그림 5.24.3] 긴급차단밸브 사용 예

구조물을 관통하는 부분의 배관은 구조물과의 접속부분에 대하여 부등침하나 지진시의 상대변위를 흡수시키기 위하여 가능한 한 구조물에 근접하여 필요한 성능을 갖는 스토퍼(stopper)가 부착된 가변

성의 관 또는 이탈방지압륜을 설치하는 것을 원칙으로 한다.



[그림 5.24.4] 긴급차단밸브 구성의 예



[그림 5.24.5] 긴급차단용 버터플라이밸브의 예

5.24.3 평균유속

플록형성지, 약품침전지, 급속여과지의 연결관로내의 평균 유속은 15~80 cm/s를 표준으로 하고, 그 외의 연결관과 연결수로의 평균유속은 50~150 cm/s를 표준으로 한다.

【해설】

정수장 내의 연결관로와 연결수로 내의 평균유속은 플록형성지, 약품침전지, 급속여과지를 연결하는 것으로 플록큐레이터의 주변속도와 같은 15~80 cm/s로 하고, 그 외에는 장 내의 각 시설간의 수위관계를 고려하여 경험상 50~150 cm/s로 한다. 관 내의 유속을 크게 하면 수위차가 커지고 평탄지에서는 수위차가 부족한 경우가 많다. 또 유속이 지나치게 빨라서 마모되거나 너무 늦어서 슬러지 등이 정체될 우려가 없도록 한다.

또 정수장의 주요시설 간의 연결관에서 손실수두 계산에 관해서는 마찰손실수두 이외의 유입, 단면변화, 곡선각도, 굴절, 분류, 밸브류 및 유출 등 모든 손실수두를 고려해야 한다. 개수로에 대해서는 4. 도수시설을 참조한다.

[5.24.3 참고 1] 연결관의 손실수두계산 공식

연결관의 손실수두계산공식을 수리공식집에서 열거하면 다음 식과 같다.

$$H = h_a + h_e + \Sigma h_c + \Sigma h_b + \Sigma h_d + \Sigma hv + h_o \cdots\cdots \text{(참고 5.24.1)}$$

여기서

H : 전손실수두

h_a : 마찰에 의한 손실수두

h_e : 유입에 의한 손실수두

h_c : 단면변화에 한 손실수두

h_b : 곡선각도, 굴곡에 의한 손실수두

h_d : 분류와 합류에 의한 손실수두

h_v : 밸브에 의한 손실수두

h_o : 유출에 의한 손실수두

1. 마찰에 의한 손실수두(ha)

1) Darcy-Weisbach의 식

원형단면인 경우

$$h_a = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \cdots\cdots \text{(참고 5.24.2)}$$

일반 단면형 관로 및 개수로인 경우

$$h_a = f\frac{L}{R}\frac{V^2}{2g} \cdots\cdots \text{(참고 5.24.3)}$$

여기서,

h : 마찰손실수두

f : 원형단면관로류의 마찰손실계수

f' : 일반 단면형 관로에서 관의 경심을 사용하는 경우의 마찰손실계수(원관인 경우 $f' = f/4$), 또

한 개수로에도 준용된다.

L : 수로의 길이

D : 원관의 지름

R : 수로의 경심

V : 평균유속

g : 중력가속도

2) 마찰손실계수 f'는 Manning의 식(m · sec 단위)에 의한 표현

$$f = \frac{2gn^2}{R^{1/3}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.4)}$$

여기서,

n : Kutter의 조도계수(Manning의 조도계수라고도 한다)

〈5.24.3 참고표-1〉 Kutter의 조도계수

재료	n의 범위
강제형틀을 사용하여 시공된 양호한 콘크리트 수로	0.01~0.014
보통 콘크리트 수로	0.012~0.016
압판만의 콘크리트를 타설한 터널	0.020~0.030
전단면 터널	0.030~0.040
용접강관	0.010~0.014
리벳트접합강관	0.013~0.017

2. 마찰 이외의 손실계수

1) 개설

$$h_i = f_i \frac{V^2}{2g} = f_i \frac{8}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^4} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.5)}$$

여기서

h_i : 마찰 이외의 손실수두(m)

f_i : 손실계수

V : 기준유속(m/s)

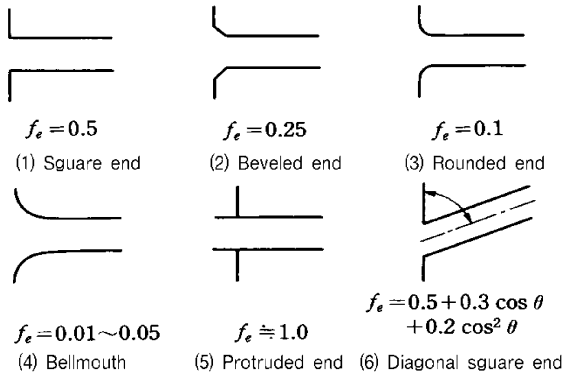
Q : 유량(m^3/s)

D : 관경(m)

g : 중력가속도(m/s^2)

2) 유입에 의한 손실수두(h_e)(〈5.24.3 참고도-1〉)

$$h_e = f_e \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.6)}$$



〈5.24.3 참고도-1〉

여기서

h_e : 유입에 의한 손실수두(m)

f_e : 유입손실계수

V : 관내유속(m/s)

3) 단면변화에 의한 손실수두(h_c)

(1) 급격한 단면확대관의 손실수두(〈5.24.3 참고도-2〉)

$$h_{se} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = (1 - \frac{A_1}{A_2})^2 \frac{V_1^2}{2g} = \left\{1 - (\frac{D_1}{D_2})^2\right\}^2 \frac{V_1^2}{2g} = f_{se}\frac{V_1^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.7)}$$

여기서

h_{se} : 급격한 단면확대에 의한 손실수두(m)

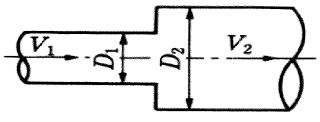
$f_{se} = \{1 - (A_1/A_2)^2\}$: 급격한 단면확대 손실계수

V_1과 V_2 : 급격한 단면확대 전과 후의 관내유속(m/s)

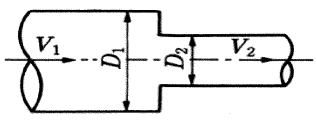
A_1과 A_2 : 급격한 단면확대 전과 후의 관단면적(m^2)

D_1과 D_2 : 급격한 단면확대 전과 후의 관경(m)

(2) 급격한 단면축소관의 손실수두(〈5.24.3 참고도-3〉)



〈5.24.3 참고도-2〉



〈5.24.3 참고도-3〉

$$h_{sc} = (\frac{1}{C_c} - 1)^2 \frac{V_2^2}{2g} = f_{se}\frac{V_2^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.8)}$$

여기서

h_{se} : 급격한 단면축소에 의한 손실수두(m)

C_e : 축류계수

$f_{se}=\{(1/C_c)-1\}^2$: 급격한 단면축소 손실계수

V_2 : 급격한 단면축소 후의 관내유속(m/s)

〈5.24.3 참고표-2〉 축류계수와 급격한 단면축소관의 손실계수

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_e	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.70	0.73	0.77	0.84	1.00
f_{se}	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.18	0.14	0.09	0.04	0

(3) 완만한 단면축소관의 손실수두(〈5.24.3 참고도-4〉)

$$h_{gc}= f_{gc}\frac{V_2^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.9)}$$

여기서

h_{gc} : 완만한 단면축소에 의한 손실수두(m)

f_{gc} : 완만한 단면축소 손실계수

V_2 : 완만한 단면축소 후의 평균유속

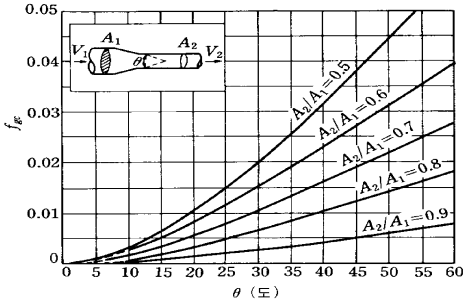
(4) 완만한 단면확대관의 손실수두(〈5.24.3 참고도-5〉)

$$h_{gc}= f_{gc}\frac{(V_1-V_2)^2}{2g}= f_{gc}(1-\frac{A_1}{A_2})^2\frac{V_1^2}{2g}= f_{gc}\left\{1-(\frac{D_1}{D_2})^2\right\}^2\frac{V_1^2}{2g}= f_{se}\frac{V_1^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.10)}$$

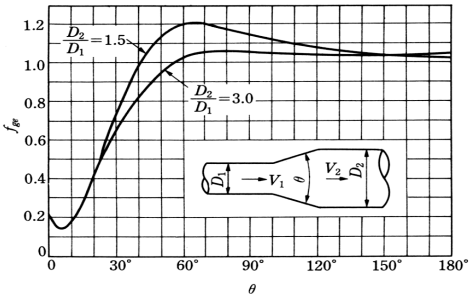
여기서

h_{gc} : 완만한 단면확대에 의한 손실수두(m)

f_{gc} : 완만한 단면확대의 손실계수



〈5.24.3 참고도-4〉



〈5.24.3 참고도-5〉

V_1과 V_2 : 완만한 단면확대 전과 후의 관내유속(m/s)

A_1과 A_2 : 완만한 단면확대 전과 후의 관단면적(m^2)

D_1과 D_2 : 완만한 단면확대 전과 후의 관경(m)

4) 곡선 및 굴곡에 의한 손실수두

(1) 곡선에 의한 손실수두(〈5.24.3 참고도-6〉)

$$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V_2^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.11)}$$

여기서

h_b : 곡선에 의한 손실수두(m)

f_{b1}과 f_{b2} : 곡선 손실계수

V : 관내유속(m/s)

(2) 굴곡에 의한 손실수두(〈5.24.3 참고도-7〉, 〈5.24.3 참고도-8〉)

$$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.12)}$$

$$f_{be} = 0.946 \sin e^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.13)}$$

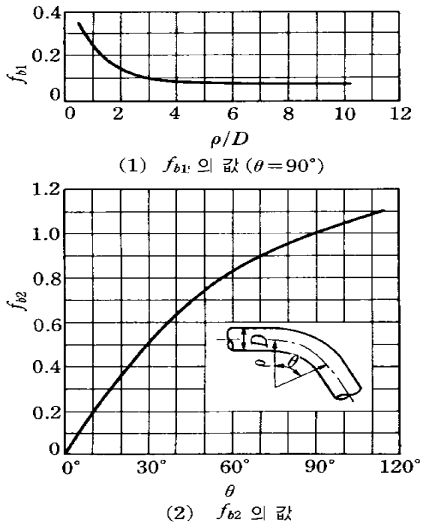
여기서

h_{be} : 굴곡에 의한 손실수두(m)

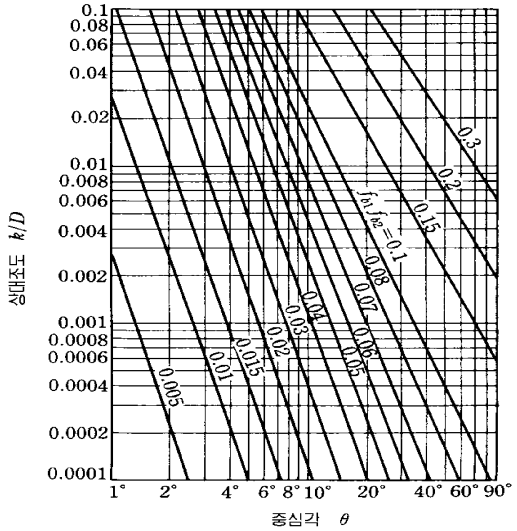
f_{be} : 굴곡손실계수

V : 관내유속(m/s)

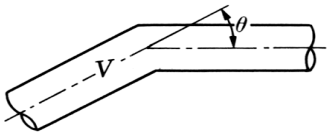
θ : 굴곡각(〈5.24.3 참고도-6〉, 〈5.24.3 참고도-7〉 참조).



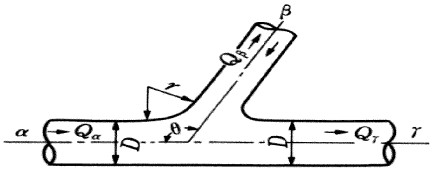
〈5.24.3 참고도-6〉



〈5.24.3 참고도-7〉



〈5.24.3 참고도-8〉



〈5.24.3 참고도-9〉

5) 분류 및 합류에 의한 손실수두(h_d)

(1) 분류에 의한 손실수두(〈5.24.3 참고도-9〉)

$$H_a - H_\beta = f_{d\cdot\beta}\frac{V_a^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.14)}$$

$$H_a - H_\gamma = f_{d\cdot\gamma}\frac{V_a^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.15)}$$

$$f_{d\cdot\beta} = 0.95(1-q_\beta)^2 + q_\beta^2\left(1.3\cot\frac{\theta}{2} - 0.3 + \frac{0.4-0.1\phi}{\phi^2}\right)\cdot\left(1-0.9\sqrt{\frac{\rho}{\phi}}\right)$$
$$+0.4q_\beta(1-q_\beta)\left(1+\frac{1}{\phi}\right)\cot\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.16)}$$

$$f_{d\cdot\gamma} = 0.58q_\beta^2 - 0.26q_\beta + 0.03 \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.17)}$$

여기서

H_a와 H_γ : 분류 전과 후의 본관 동수두(위치수두와 압력수두의 합)(m)

H_β : 지관 동수두(m)

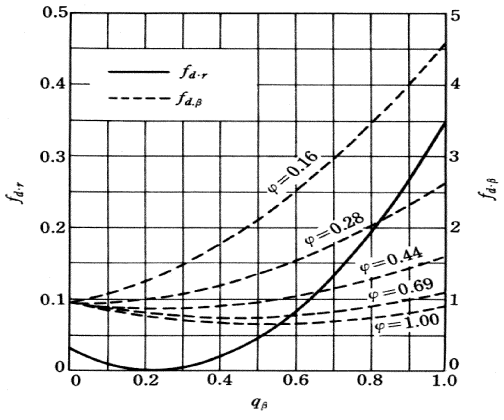
$f_{d\cdot\beta}$와 $f_{d\cdot\gamma}$: 분류손실계수

θ : 본관과 지관의 교각

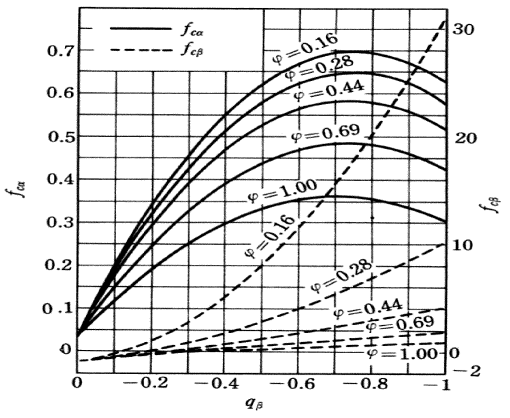
ϕ : 본관 단면적에 대한 지관 단면적의 비

$\rho = r/D$: 지관과 본관의 접속부면의 반경 r(〈5.24.3 참고도-9〉, 〈5.24.3 참고도-10〉 참조)의 본관 지름 D에 대한 비

$q_\beta = Q_\beta/Q_a$: 분류 전의 본관유량 Q_a에 대한 지관유량 Q_β의 비



〈5.24.3 참고도-10〉



〈5.24.3 참고도-11〉

(2) 합류에 의한 손실수두(〈5.24.3 참고도-11〉 참조)

$$H_a - H_y = f_{c\cdot a}\frac{V_y^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.18)}$$

$$H_\beta - H_y = f_{c\cdot \beta}\frac{V_y^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.19)}$$

$$f_{ca} = -q_\beta^2\left\{2.59 + (1.62 - \sqrt{\rho})\left(\frac{\cos\theta}{\phi} - 1\right) - 0.62\phi\right\} - q_\beta(19.4 - \phi) + 0.03 \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.20)}$$

$$f_{c\beta} = -q_\beta^2\left\{(1.2 - \sqrt{\rho})\left(\frac{\cos\theta}{\phi} - 1\right) + 0.8\left(1 - \frac{1}{\phi^2}\right) - (1-\phi)\frac{\cos\theta}{\phi}\right\}$$
$$-(1+q_\beta)|0.92 + q_\beta(2.92 - \phi)| \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.21)}$$

여기서

H_a와 H_y : 합류 전과 후의 본관 동수두(m)

H_β : 지관 동수두(m)

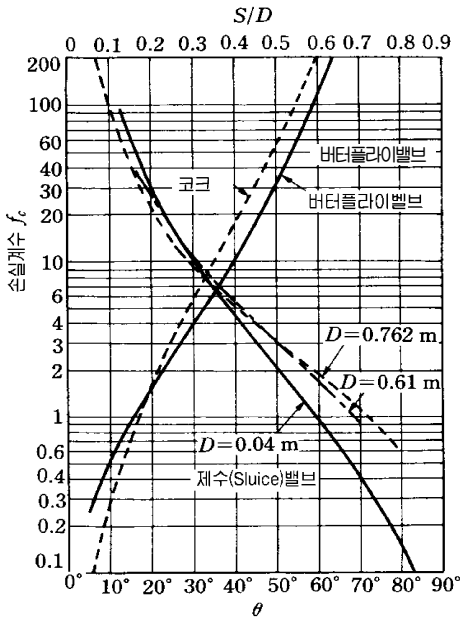
V_y : 합류 후의 본관 내 유속(m/s)

$f_{c\cdot a}$와 $f_{c\cdot \beta}$: 합류손실계수

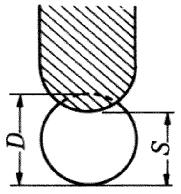
$q_\beta = -Q_\beta/Q_y$: 합류 후의 본관유량 Q_y에 대한 지관유량 Q_β의 비이고, 부의 값으로 주어진다. 그 밖의 기호는 (1)과 동일하다.

6) 밸브에 의한 손실수두(h_v)(〈5.24.3 참고도-12〉~〈5.24.3 참고도-15〉 참조)

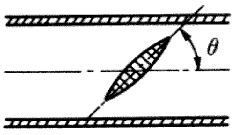
$$h_v = f_v\left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.22)}$$



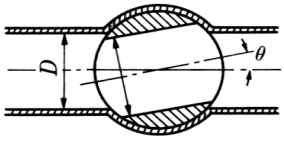
〈5.24.3 참고도-12〉



〈5.24.3 참고도-13〉



〈5.24.3 참고도-14〉



〈5.24.3 참고도-15〉

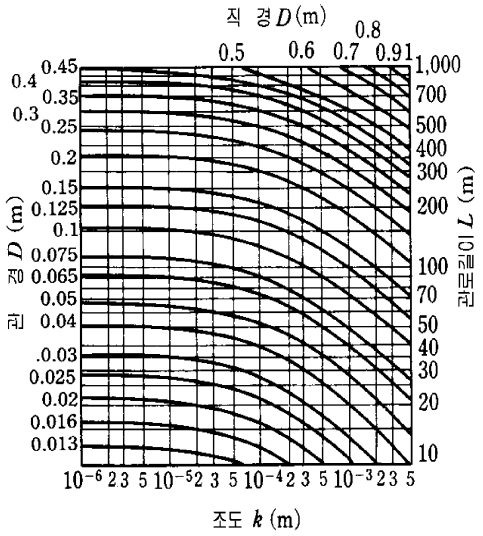
여기서

h_v : 밸브에 의한 손실수두(m)

f_v : 밸브손실계수

V : 관내유속(m/s)

7) 유출에 의한 손실수두(h_o.)(〈5.24.3 참고도-16〉 참조)



〈5.24.3 참고도-16〉

$$h_o = f_o \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.24.23)}$$

여기서

h_o : 유출에 의한 손실수두(m)

f_o : 유출계수(f_o = 1.0으로 한다)

5.25 관리용 건물

5.25.1 총칙

정수장 관리용 건물계획은 정수장 규모, 기기류의 수용대수, 특징, 유지관리방식, 종사자의 수, 위탁업무의 유무 등을 고려하여 결정한다. 여기에는 장래의 증설 및 개량, 계측제어기기의 발달로 인한 관리체제의 자동화에 대처하는 것도 함께 고려하여야 한다.

관리건물을 계획할 때에는 다음과 같은 점에 대하여 고려한다.

1. 유지관리기능의 확보

항상 정수장 유지관리가 능률적이어야 함은 물론이고 사고시에도 대처할 수 있으며, 방문자나 유지관리공사 등도 많으므로 이에 대처할 수 있도록 고려한다.

2. 법규 준수

건축물은 「건축법」, 「소방기본법」, 「소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률」 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 등 많은 관련법령의 규제를 받게 되며 특히 액화염소 주입기가 설치되어 있는 건물은 법적으로 엄격한 제약을 받는다.

3. 방재 대책

지진, 강풍, 호우, 적설, 침수, 화재 등의 재해대책은 법규의 준수뿐만 아니라 정수기능이 충분히 확보되고 사고가 없도록 하는 것이 중요하며, 또한 점검시나 운전시에 안전사고를 방지하고, 견학자의 사고를 방지하기 위하여 안전한 시설로 한다.

4. 주위환경과의 조화

정수장은 주위환경과 조화되고 청결한 인상을 줄 수 있도록 하고 건물은 외부로부터의 경관을 고려하고 조경과 녹화에도 노력해야 한다.

5.25.2 배치와 구성

관리용 건물은 정수시설의 유지관리 및 기능에 적합하게 배치하여 구성한다.

【해설】

관리용 건물의 배치와 구성은 다음 사항을 고려하여 계획한다.

1. 정수시설의 유지관리가 편리해야 한다.

정수장에는 운전관리와 사무에 필요한 건물과 전기·기계설비 및 약품주입설비 등의 기기를 수용하는 건물이 있다. 운전관리와 사무에 필요한 건물은 정수장의 각종 기기 조작·감시 및 관리에 필요한 사무를 수행하는 건물로서 관리본관이 이에 해당한다. 기기를 수용하는 건물은 바람, 햇볕, 비, 먼지 등으로부터 기기를 보호하고 외부로부터의 영향을 차단하여 정상적인 운영이 되게 하거나, 소음 등의 외부확산을 방지하고 기기의 성능을 보전하는 역할을 하는 것으로 펌프장과 약품주입동 등이 있으며, 경우에 따라서는 모든 시설을 합하여 하나의 건물로 할 경우도 있다.

이러한 건물 배치는 정수처리공정을 방해하지 않도록 합리적으로 배치하며, 케이블, 공동구, 관로 등이 우회하거나 교차하는 것은 가능한 한 최소화되도록 한다.

유지관리상 전기설비, 기계설비, 약품주입설비 등은 각각 기능별로 건물에 수용하는 것이 편리하며 또한 설비를 점검하고 보수하거나 교체하기 위하여 충분한 도로를 확보해야 한다.

- 관리본관은 정수장 전체를 볼 수 있도록 부지 중앙 부근에 배치하는 경우가 많으나, 발달된 원격

조작을 활용하거나 CCTV에 의한 감시 등을 이용하면 반드시 중앙부가 아니어도 된다. 또한 채광 및 근무환경 등을 고려하여 계획한다.

- 펌프장은 정수지와 가깝고 송수가 편리한 장소가 바람직하며 진동과 소음에 대해서도 고려한다.
- 약품동은 주입장소에 가깝고 약품반입이 편리한 장소로 선정한다.
- 수·변전시설은 반드시 옥내에 설치하지 않아도 되지만 수·배전선로의 구성이 용이하고 부하의 중심지에 배치하는 것이 바람직하다.
- 배출수처리시설은 정수공정과는 별도로 배치하되, 가능한 한 유지관리가 용이하고 슬러지 케익의 반출이 용이하도록 배치한다.

2. 동선이 교차하지 않을 것

전체 건물 배치에는 다음 노선에 대하여 검토한다.

1) 운전, 점검, 시료수를 채취하기 위한 동선
2) 외래 방문자, 견학자의 동선(bus 등)
3) 기계나 약품 등의 반입·반출 동선
4) 위탁 부분의 동선

이와 같은 동선은 분리되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 〔그림 5.25.1〕에서 (a)은 양자 노선이 분리되어 있어서 상호간섭이 없으나 (b)에서는 교차되어 작업에 지장이 있을 수 있기 때문이다.

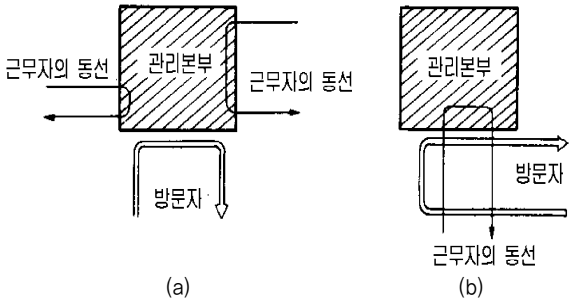
3. 기능구역이 분리되어야 한다.

정수장에는 건물에 수용하는 기기로는 관리대상에 따라 기능별로 배치하는 경우와 관리본관에 기능을 집중시켜 배치하는 경우가 있다(〈표 5.25.1〉 참조). 후자의 경우에는 기능분리가 필요하며, 예를 들면, 펌프실과 수질시험실을 접근시켜 배치하면 진동전달로 수질시험에 지장을 초래하는 경우가 있다.

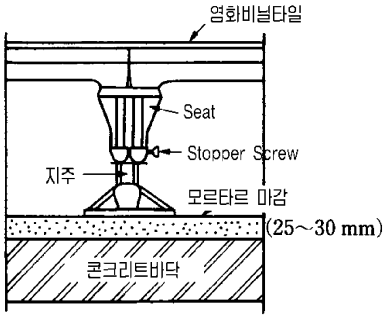
〈표 5.25.1〉 관리본관의 기능구역 분류표

기능구역의 명칭	실 명
조작관리 구역	중앙관리실, 전자계산기실
수질관리 구역	수질시험실
사무관리 구역	사무실, 소장실, 회의실, 서고 등
전기·기계관리 구역	전기실, 기계실, 발전기실, 공조실, 보일러실, (펌프실),(배출수처리실)
약품주입관리 구역	주입실, 저장실, 차고 등
보전관리 구역	공작실, 창고, 차고 등
복지 구역	휴게실, 탈의실, 세면장, 화장실 (목욕실, 세탁장)

주) 정수장의 규모, 배치계획, 유지관리 계획 등에 따라 상이하며 참고사항임.



[그림 5.25.1] 방문자와 근무자의 동선



[그림 5.25.2] 프리액세스바닥 단면도

1) 조작관리구역

조작관리구역에서 고려해야 하는 것은 계측제어기기를 수용할 충분한 공간 및 기기 반입·반출구, 케이블이 집중되므로 배선대책(access floor, 〔그림 5.25.2〕 참조), 기기의 발열대책 등이며, 또한 조명, 사무공간, 공조, 방음 등도 고려해야 하며, 〈표 5.25.2〉은 전기설비 기기 반입구의 크기이며 〈표 5.25.3〉은 각 시설의 표준조도이다.

〈표 5.25.2〉 전기설비 기기 반입구의 크기

장 소	반입구 크기(m)	비 고
감 시 실	2.2 m(W)×2.5 m(H) 이상	
전 기 실	• 2면 분할의 경우(고압 배전반) 2.4m(W)×2.5 m(H) 이상 • 1면 분할의 경우(고압 배전반) 1.0m(W)×2.5 m(H) 이상	특고 20 kV큐비클용 반입구는 별도임
발전기실	3.0 m(W)×3.0 m(H) 이상	용량에 따라 좌우된다

2) 수질관리구역 : 5.27 수질시험설비 참조

〈표 5.25.3〉 각 시설의 조도기준(평균조도 적용)

구분	시 설 장 소	조 도 범 위(lux) (최소-평균-최대)
옥내 시설	실험실	300 - 400 - 600
	약품주입실, 여과지, 제어실, 전기실, 축전지실, 사무실	150 - 200 - 300
	펌프실, 비상발전기실, 화장실, 휴게실	60 - 100 - 150
	복도, 계단,	30 - 40 - 60
옥외 시설	침전지내 투사	300 - 400 - 600
	옥외설비	60 - 100 - 150
	옥외변전소, 수문, 응집·침전지 주위	30 - 40 - 60
	진입로, 울타리, 도로, 구내통로, 공원, 정원	15 - 20 - 30

3) 사무관리구역

사무관리구역은 각 사무실과 사람들의 이동이 많으므로 계단, 엘리베이터, 현관에서 가까운 장소가 좋다. 사무실의 넓이는 인원수에 따라 다르나 일반적으로 1인당 5~8 m^2 정도를 목표로 하고 OA기기 설치장소를 확보하며 천정 높이는 2.7~3.0 m 정도로 한다. 또한 채광, 조명, 공조 등을 충분히 고려하여 탈의실, 화장실, 자료실, 목욕실 등도 배치한다.

회의실은 자체회의는 물론 견학자 용으로도 사용하게 되므로 수용인원수의 계획에 따라 규모를 결정하며 칸막이로 구획되도록 하는 것이 편리하다. 그리고 견학자를 위하여 시설의 모형 등을 전시할 수 있는 공간을 확보하며 화장실을 가까운 곳에 배치하는 것도 중요하다.

4) 전기·기계관리구역

이 구역에는 펌프실, 전기실, 기계실, 자가발전기실, 배출수처리실 등이 있으며, 이러한 각 실은 기계 크기와 보조 기계류가 점유하는 공간, 반입·반출, 검사·보수관리에 필요한 공간도 고려하여 결정한다. 또한 기기 옆에서 업무를 수행하는 책상, 서류함 등의 공간이 있으면 더욱 바람직하며, 무거운 기기류는 건물과는 별도로 기초를 만들고 진동이 전파되기 어렵게 하는 것도 고려해야 한다.

펌프장은 진동과 소음이 있고 냉각수, 크레인 등을 설치하므로 독립하여 시설하는 것이 많으며 공조기실 역시 소음과 진동에 유의해야 한다.

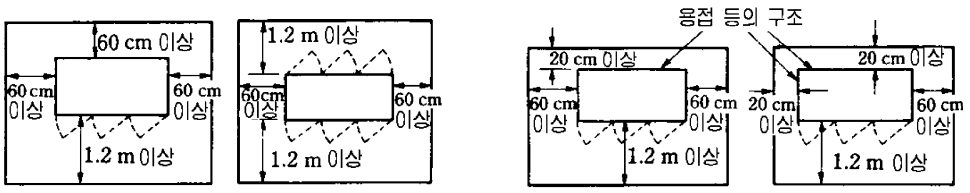
전기실은 펌프장과 기계실에 인접하여 설치하며 진동과 소음은 적어야 하며, 전기기기는 습기에 취약하므로 환기에 유의해야 한다. 그리고 전기실은 물로 소화하는 것이 불가능하므로 소방법에 의한 소화시설(halogen gas 등)을 구비해야 한다.

자가발전기실은 진동 및 소음대책은 물론이고 연료의 방화대책과 배기가스대책도 필요하다. 자가발전기 운전은 일시적이기는 하나 소음과 진동 문제에 유의해야 한다. 〈표 5.25.4〉는 수전설비에 사용하는 배전반 등의 최소이격거리이고 〈표 5.25.5〉는 발전기실 소요면적의 예이며 〔그림 5.25.3〕은 큐비클(cubicle)의 이격거리를 표시하였다.

배출수처리실은 악취, 먼지, 소음, 진동 등이 발생하기 때문에 별동으로 하는 것이 좋다.

〈표 5.25.4〉 수전설비를 사용하는 배전반류 최소보유거리(단위 : m)

부위별 / 기기별	전면 또는 조작면	배면 또는 점검면	열 상호간(점검을 하는 면)	기타의 면
고압배전반	1.0	0.6	1.2	-
저압배전반	1.0	0.6	1.2	-
변압기 등	0.6	0.6	1.0	0.1



[그림 5.25.3] 큐비클의 보유거리

〈표 5.25.5〉 발전기실의 크기 예

발전기출력(kVA)	크기(길이×폭×높이)	발전기출력(kVA)	크기(길이×폭×높이)
20	4 × 3 × 3	1,250	10 × 7 × 5
40	4.5 × 3.5 × 3	1,500	10 × 7 × 5
100	5.5 × 3.5 × 3.5	1,750	10 × 7 × 5
200	6.5 × 5 × 4	2,000	13 × 8.5 × 7
300	7.5 × 5 × 4	2,500	13 × 8.5 × 7
500	9 × 6 × 4.5	3,000	15 × 10 × 7
1,000	10 × 7 × 4.5		

5) 약품주입관리구역

이 구역에는 주입실, 저장실, 계량실 등이 있으며 이러한 장소는 가능한 한 약품 주입지점에서 가까운 장소에 설치한다. 특히 배관 공간을 충분히 확보하고 유지관리를 용이하게 하며 누출에 대비하여 방액제(防液堤)를 설치하거나 약품이 저류될 수 있는 넓이를 확보한다.

또한 더러워지기 쉬우므로 필요한 곳에는 청소용 수도전 시설과 배수(排水)시설을 갖춘다. 그리고 액화염소 주입시설은 건물구조와 관련 설비를 「고압가스안전관리법」등 관련 규정에 따라 설치해야 한다.

6) 보전관리구역

이 구역에는 공작실(또는 수리실), 기자재 창고, 차고 등이 있으며 유지관리작업을 하기 위하여 필요하다. 그 규모는 정수장에 따라 다르지만, 정수장에서 전혀 보수하지 않을 수 없으므로 최소한 공작실(또는 수리실)과 기자재 창고를 겸하여 1개 실은 확보한다.

7) 복지구역

휴게실, 탈의실, 세면실, 화장실, 샤워장 등을 필요한 곳에 배치하여 산업안전위생의 면에서의 향상을 도모하는 것이 필요하다.

4. 주위 환경보전에 노력한다.

소음, 진동, 냄새 이외에도 주변지역에 일조권 문제와 전파장애 문제를 야기하는 경우도 있으므로 부지경계에 가까운 곳의 건물과 시설은 사전에 조사하여 계획한다.

정수장은 음용수를 생산하는 곳으로서 청결한 인상을 갖도록 하기 위하여 조경과 건물의 디자인 등을 검토하여 주위와의 조화를 이루도록 해야 한다.

5.25.3 면적

관리용 건물은 그 기능을 충분히 발휘할 수 있는 넓이로 한다.

【해설】

정수장에서 관리용 건물의 규모는 정수장 능력, 정수방법, 유지관리방식, 시설 배치, 제어방식 등에 따라 다르게 되므로 일률적으로 결정할 수는 없고, 관리동의 실면적 조사의 예를 〈표 5.25.6〉에 나타

내었다. 그리고 장래의 확장과 시설개량 등을 고려하여 여유가 있도록 계획하는 것이 바람직하다.

〈표 5.25.6〉 관리동 면적(단위 : m^2)

No.	구분	세분	정수장 명(용량 : 만m^3/d)				비고
			강북정수장 (200)	수산정수장 (61.5)	복정정수장 (28.8)	웅상정수장 (5.5)	
1	조작관리구역	중앙관리실 전자계산실	364 (포함)	286 (포함)	321.3 (포함)	137.5 (포함)	관리본관
2	수질관리구역	수질실험실 수질계측기실	392 168	214.5 71.5	264.6 91.35	110 55	관리본관
3	사무관리구역	사무실 소장실 회의실 대회의실 숙직실과 경비실 자료실과 기타	420 32.0 32 180 32.0 144.8	178.2 35.75 52.3 214.5 16.5 34.6	226.8 37.8 37.8 75.6 16.2 56.7	110 27.5 - 55 16.5 27.5	관리본관
4	전기·기계 관리구역	보일러실 공조실 설비관리실 자가발전기실 펌프실 전기실 하론가스실 배출수처리실 기타(여과지 등)	336 - 112 56 1,911 1,293.6 26.6 3,234 30,909.6	165 - - 35 643.8 553.3 20 2,211 8,987.9	179.6 - 39.6 198 588.3 356.4 12.6 826.2 4,185.72	110 60.5 12.0 16.5 225.0 272.0 - 312.4 1,128.5	관리본관 송수펌프실 탈수기실 여과지옥상
5.	약품관리구역	고체약품저장실 고체약품주입실 기타약품저장실 액체약품저장실 액체약품주입실 기타약품주입실 (약품)전기조정실 염소봄베이저장실 염소중화조실 기화기실 (염소)전기조정실	168(비상용) - - 탱크 1,344 - 336 498 134 167.5 100.5	- - - 탱크 313.4 - 194.2 332.5 65.0 78.0 52.0	252(비상용) - - 탱크 210 - 42 218.4 50.4 50.4 42	165(비상용) - - 탱크 198 - 33 160 48 36 36	약품주입실 염소주입실
6	보전관리구역	창고 수리반 실 기름저장고 가스저장고	112 - 22.4 14.0	35.8 14.4 16.2 -	77.7 - - 16.8(정압실)	8 - - -	관리본관
7	복지구역	휴게실 욕실 화장실 갱의실 기타(식당)	112 12 63 12 280	25.9 24.8 71.5 18.2 214.5(식당)	- 8.4 45.6 33.3 150.4	- 3.8 47.4 3.8 55	관리본관
8	기타	현관홀 복도 계단 기타	168 84 168 91	161.7 74.3 143 96.3	151.2 77.4 149.4 39.0	34.4 55 66 27.5	관리본관

5.25.4 구조

관리용 건물은 내진·내화 및 방음성이 좋은 구조로 한다.

【해설】

구조상 유의사항은 다음과 같다.

1) 관리용 건물은 내진·내화구조로 하되 일반적으로 철근콘크리트조 또는 철골·철근콘크리트조 중에서 적절한 것을 선정한다.
2) 기능적으로는 큰 스팬 또는 높은 천정을 필요로 하는 펌프장 등의 구조물은 내진설계 계산 및 실제 사례 등을 조사하고 안전성을 확보할 수 있도록 한다.
3) 토목구조물을 하부구조로 하고 상부에 건축물을 계획하는 경우에는 구조적으로 무리가 없도록 하고 토목부분과 건축부분을 일체로 하여 구조해석을 하는 것이 바람직하다.
4) 건축기초의 기본적인 조건은 다음과 같이 한다.
   ⑴ 상부구조의 구조·강성 등과도 일체로 하고 부등침하나 지지력 부족이 없도록 한다.
   ⑵ 양질의 지반에 지지하도록 하는 것을 원칙으로 하되 그렇지 못할 경우에는 지반개량, 파일기초 또는 플로팅(floating)기초 등에 의한다.
   ⑶ 동일 구조물의 기초에는 이종기초의 병용을 피한다. 서로 다른 종류의 기초에는 각각 정적으로나 동적으로도 고유의 특성이 있으므로 여기에 건축물을 시설하면 수평력에 대한 강성(剛性)이 틀리므로 장애를 일으키기 쉽다.
5) 정수장 본관 등 건축물의 내진대책은 「건축법」 또는 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」에 준한다.
6) 건축물에 유·출입 배관은 가변성 관이나 자유도가 높은 접합으로 부등침하를 흡수하도록 한다.
7) 전기, 전화, 가스, 급·배수 등의 케이블이나 관류는 유지관리를 위하여 전용 덕트 또는 2중슬래브(double slab) 등을 설치하는 것이 바람직하다.

5.25.5 건축설비와 기타

건축설비는 건축물의 사용목적에 따라 최적인 설비를 설치한다.

【해설】

건축설비는 다음 사항에 유의하여 계획한다.

1. 급·배수 위생설비

이 설비에는 급수, 급탕, 화장실 등이 있으며 각 층마다 한 개소에 집중하여 배치하는 것이 바람직하다. 또한 물을 사용하여 청소하는 장소이므로 방수시공에 유의해야 한다. 그리고 이곳의 폐수는 공공하수도에 배출하며 공공하수도가 정비되지 않은 지역에서는 오염의 우려가 없는 장소에 정화조를 배치하고 그 배수(排水)는 장외로 배출한다.

2. 공조·환기설비

이 설비는 팬(fan), 덕트(duct), 열교환기 등으로 구획을 정하여 상시 사용하는 것과 일시 사용하는 것, 공기량, 열량별로 계획하는 것이 중요하며, 특히 기기의 발열량, 먼지제거의 필요성 유무, 계산기실의 온도, 습도 등에 유의해야 한다.

3. 조명·방송설비

조명은 각 실의 목적에 따라 밝기를 결정하고(〈표 5.25.3〉 참조) KS규격에 준하여 비상등은 비상로를 따라 배치한다.

방송설비는 필요에 따라 각실 또는 정수장 전체로 절체할 수 있도록 하고 가능하면 작업자에게 연락될 수 있도록 한다.

4. 엘리베이터

정수장에서 사용하는 엘리베이터는 사람이 이용하는 것과 화물용의 2가지가 있으나 일반적으로 겸용으로 하며, 특히 기기의 반출입, 약품의 반입 등 필요한 곳에는 엘리베이터를 설치한다.

일반적으로 견학자가 이용하는 장소 이외에는 5~6인용을 설치하며 화물용은 이용계획에 따라 용량을 결정한다.

5. 소방설비

소방설비에는 화재감지기, 소화기, 스프링클러, 옥내의 소화전 등이 있으며 「소방기본법」에 따라 설치한다. 감지기나 소화기는 용도에 따라 사용하지 못하는 장소가 있다. 예를 들면, 연기감지기는 용접을 하는 공작실이나 습기가 많은 장소에서는 오동작이 많으므로 사용하지 아니한다.

소화전 등은 설치장소가 상세히 규정되어 있으므로 규정에 준하며 소화설비는 아니지만 방화문과 방화구획 등의 건축계획도 포함하여 소방계획으로 수립하는 것이 바람직하다.

5.26 유량측정설비

5.26.1 총칙

정수시설을 적절하게 운영관리하기 위해서는 원수량, 여과유량, 송·배수량 등을 정확하게 측정하고 파악하는 것이 중요하다. 이와 같은 유량의 측정위치는 원수량(취수량)은 착수정 전후, 침전지 유입량은 플록형성지의 상류측, 여과유량은 여과지의 유출측, 송수량은 자연유하인 경우에는 정수지 유출측, 송수펌프에 의한 경우에는 펌프토출측 관로에 설치한다.

5.26.2 측정방식

유량측정방식은 측정장소, 측정범위, 필요로 하는 정도(精度) 등에 따라 적절한 것으로 한다.

【해설】

유량측정방식에는 ① 벤투리관(venturi tube), 오리피스(orifice) 등의 축관(縮管)에 의한 차압식(差壓式) ② 전자식, ③ 초음파식, ④ 삼각위어, 사각위어, 전폭위어 등에 의한 위어방식이 있다.

이러한 방식에는 각각의 장·단점과 특성이 있으며 수로인 경우에는 위어방식이 사용되고 관로인 경우에는 차압식, 전자식, 초음파식을 사용하는 등 사용장소에 따라 선정한다.

따라서 유량계는 다음 조건을 고려하여 선정한다.

① 사용목적 : 제어용(정수장 유입측과 유출측), 감시용(1지마다 여과 유량 등)

② 측정의 정도(精度)

③ 유량측정 장소의 형태(수로, 관로)

④ 유량의 측정 형태(순간량, 적산량)

⑤ 유량의 측정 범위

⑥ 수리적 상황(손실수두)

⑦ 감시방법(현장감시, 원거리감시)

⑧ 유량측정의 대상수질(원수, 정수, 슬러지 등)

⑨ 보수점검의 난이성

또한 유량계를 설치할 때에는 오차를 최소화하기 위하여 유량계의 설치위치, 설치조건, 설치방법 등을 고려해야 한다.

정수장 내에서 유량계 설치개소와 선정방법은 다음과 같다.

1. 착수량(취수량)

일반적으로 착수량은 관로를 이용하고, 착수정 앞 또는 뒤에 유량계실을 설치하며 유량계는 벤투리관, 전자유량계 또는 초음파유량계를 사용한다.

2. 침전지 유입량

침전지 유입량은 총량에서 착수량과 같으므로 설치하지 않으나 침전지 개별로 유입량을 측정하고자 할 경우에는 관로를 이용하여 침전지 상류 측에 설치하며 플록형성지가 있을 경우에는 플록형성지 상류 측에 설치한다.

일반적으로 유량계는 전자유량계 또는 초음파유량계를 사용하며, 차압식과 위어식은 손실수두가 큰 것이 단점이다.

3. 여과유량

여과유량은 측정목적에 따라 유량계의 설치위치가 다르다. 여과지에서는 여과유량조절방식에 따라 지별로 여과유량을 조절하기 위하여 유량계를 설치할 경우에는 지별 유량을 합산하며 자연평형형 여과지와 같이 지별 유량계가 없을 경우에는 여과지 유출측 또는 정수지 유입측에 유량계를 설치한다.

일반적으로 유량계는 설치목적, 위치조건, 경제성 등에 따라 다양한 방식이 사용되고 있다.

4. 송수량

정수지(배수지)에서 송수량 측정은 자연유하인 경우에는 정수지 유출측에 설치하며, 송수펌프에 의할 경우에는 송수펌프의 토출측 관로에 설치한다. 유량계는 벤투리관, 전자유량계, 초음파유량계 등을 설치한다.

5. 슬러지량 등

배출수처리시설에서 유량을 측정할 필요가 있는 장소는 배슬러지지, 슬러지이송관, 방류관, 회수수관 등에서 각각 배출슬러지, 슬러지 이송량, 방류량, 반송수량을 관리하기 위함이다.

"배출수량"은 배출수지에 여과지 역세척 배출수량으로 여과지 세척수량과 배출수지의 용량 등으로 유량이 관리되므로 유량계를 설치할 필요가 없다. 그러나 배출수처리용 침전지로 반송하는 회수량은 착수정에 반송하는 수량으로 취수량에 추가되는 수량(취수량 + 회수수량 = 원수량)이므로 배출수지 또는 회수조의 유출측 관로에 유량계를 설치한다.

"슬러지배출량"은 배슬러지지의 유입측 관로에 유량계를 설치하여 슬러지배출량을 파악한다. 배슬러지지는 배출되는 슬러지를 간헐적으로 받아 저류하는 저류지이므로 슬러지배출량을 상시 관리할 필요가 있다. 그러나 실제로는 침전지로부터 슬러지수집기의 연동 타이머(timer)에 의하여 배출되는 등 배출슬러지양을 개략적으로 관리되는 경우가 대부분이다.

슬러지 이송량은 배슬러지지로부터 농축조로, 농축조로부터 슬러지 저류조로 슬러지를 이송하는 양으로 각각 슬러지 이송관에 유량계를 설치한다.

방류량은 배출수지의 상징수, 농축조의 상징수, 분리액 등 하천에 방류하는 유량으로 그 양을 파악하기 위하여 「수질 및 수생태계보전에 관한 법률」에 따라 유량계를 설치한다.

6. 약품주입량

5.3 응집용 약품주입설비, 5.11 소독설비를 참조할 것.

이상의 유량계 중 위어식을 제외한 유량계의 구조 등 상세한 것은 8.11.2 유량계측을 참조하며 위어식에 대해서만 설명하면 다음과 같다.

위어식(堰式)은 수로의 도중 또는 끝을 위어판으로 막고 월류시켜 유량을 측정하는 방식으로 위어를 월류하는 수심이 유량과 대응하므로 월류수심을 측정하고 계산식으로 유량을 구하는 방식이다.

위어의 종류에는 물이 수로 전체로부터 월류하는 전폭위어, 사각형의 절단부로부터 유하하는 사각위어, 절단부의 형상이 삼각형으로 되어 있는 삼각위어 등이 있다.

정도(精度)는 약간 낮으나 구조가 간단하여 수로용으로 널리 사용되고 있다.

유량공식은 다음과 같다.

1) 전폭위어(〔그림 5.26.1〕 및 〈표 5.26.1〉 참조)

〈표 5.26.1〉 전폭위어의 참고 치수

전폭 B(m)	수두범위 h(m)	유량범위 Q(L/s)	L1(m)	L2(m)	L3(m)	L(m)	L(m)	W(m)	P1(m)	P2(m)
0.6	0.030~0.150	6~ 67	≥ 1.35	0.30	≥ 1.05	0.15	≥ 2.70	0.30	0.50	0.60
0.9	0.030~0.225	9~ 190	≥ 2.05	0.45	≥ 1.60	0.23	≥ 4.10	0.30	0.60	0.75
1.2	0.030~0.300	12~ 400	≥ 2.70	0.60	≥ 2.10	0.30	≥ 5.40	0.30	0.70	0.90
1.5	0.030~0.375	15~ 695	≥ 3.40	0.75	≥ 2.65	0.38	≥ 6.80	0.40	0.90	1.05
2.0	0.030~0.500	20~1,430	≥ 4.50	1.00	≥ 3.50	0.50	≥ 9.00	0.50	1.20	1.50
3.0	0.030~0.750	30~3,950	≥ 6.75	4.50	≥ 5.26	0.75	≥13.50	0.75	1.70	2.00
5.0	0.030~0.800	50~7,080	≥ 9.00	1.60	≥ 7.40	0.80	≥18.00	1.00	2.00	2.50
8.0	0.030~0.800	80~11,600	≥12.00	1.60	≥10.40	0.80	≥24.00	1.50	2.50	3.00

이시하라・이다(石原・井田)의 식

$$Q = CBh^{3/2} \quad \text{(참고 5.16.1)}$$

$$C = 1.785 + \left(\frac{0.00295}{h}\right) + 0.237\frac{h}{W}(1+\varepsilon) \quad \text{(참고 5.16.2)}$$

여기서

Q : 월류량(m^3/s)

B : 위어의 폭 (m)

h : 월류수심(m)

C : 유량계수($m^{1/2}/s$)

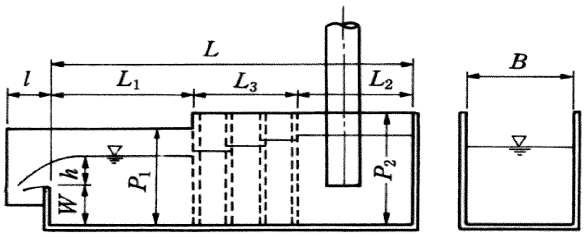
W : 수로바닥으로부터 위어상단까지의 높이(m)

ε : 보정치로서 $W \leq 1m$일 때 $\varepsilon = 0$

$W > 1m$일 때 $\varepsilon = 0.55(w-1)$

적용범위는 $B \geq 0.5m$,, $0.3m \leq W \leq 2.5m$,, $0.03m \leq h \leq 0.8m$

(단 $h \leq W$, $h \leq B/4$)



[그림 5.26.1] 전폭위어의 기호

2) 사각위어(〔그림 5.26.2〕 및 〈표 5.26.2〉)

이타야・데지마(板谷・ 手島)의 식

$$Q = Cbh^{3/2} \quad \text{(참고 5.16.3)}$$

$$C = 1.785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237\frac{h}{W} - 0.428\sqrt{\frac{(B-b)h}{BW}} + 0.034\sqrt{\frac{B}{W}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.16.4)}$$

여기서

Q : 월류량(m^3/s)

b : 사각위어 폭(m)

h : 월류수심(m)

C : 유량계수($m^{1/2}/s$)

W : 수로의 바닥으로부터 위어상단까지 높이(m)

B : 수로의 폭

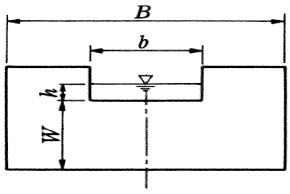
적용범위는 $0.5m \leq B \leq 6.3m$, $0.15m \leq b \leq 5m$

$0.15m \leq W \leq 3.5m$, $bW/B^2 \geq 0.06$,

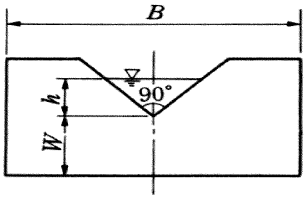
$0.03m \leq h \leq 0.45\sqrt{b^m}$

〈표 5.26.2〉 사각위어의 참고 치수

b(m)	B(m)	h(m)	Q(L/s)	L1(m)	L2(m)	L3(m)	L(m)	W(m)	P1(m)	P2(m)
0.36	0.90	0.030~0.227	4~70	≥ 1.71	0.54	≥ 1.44	≥ 3.69	0.20	0.50	0.60
0.48	1.20	0.030~0.312	5~150	≥ 2.41	0.63	≥ 1.83	≥ 4.60	0.25	0.60	0.75



[그림 5.26.2] 사각위어



[그림 5.26.3] 직삼각위어

3) 직삼각 위어([그림 5.26.3] 및 〈표 5.26.3〉)

누마치・구로가와・후지사와(沼知・黒川・淵澤)의 식

$$Q = Ch^{5/2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.16.5)}$$

$$C = 1.354 + \frac{0.004}{h} + \left(0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{W}}\right) \times \left(\frac{h}{B} - 0.09\right)^2 \quad \cdots\cdots \text{(참고 5.16.6)}$$

여기서

Q : 월류량(m^3/s)

h : 월류수심(m)

C : 유량계수($m^{1/2}/s$)

W: 수로의 바닥으로부터 삼각형의 끝단까지 높이(m)

적용범위는 0.5m≤B≤1.2m, 0.1m≤W≤0.75m,

0.07m≤h≤0.26m (단, h≤B/3)

유량 측정시의 주의사항은 KS(펌프토출량 측정 방법)를 참조

〈표 5.26.3〉 삼각위어의 참고 치수

B(m)	h(m)	Q(L/s)	L1(m)	L2(m)	L3(m)	L(m)	W(m)	P1(m)	P2(m)
0.60	0.070~0.200	2~25	≥ 1.00	0.40	≥0.80	≥ 2.20	0.12	0.35	0.50
0.80	0.070~0.260	2~48	≥ 1.32	0.52	≥ 1.06	≥ 2.90	0.30	0.60	0.75

5.27 수질시험설비

5.27.1 총칙

수도사업자는 원칙적으로 수질시험설비를 스스로 갖추어야 한다. 수질시험을 하는 목적은 원수수질의 파악, 정수처리의 적정한 운영과 감시, 배·급수계통의 안전성 확인 및 수질사고의 처리 등으로 크게 나눈다.

원수의 수질변동은 정수처리에 직접 영향을 미치므로 수원의 수질이변을 초기에 파악하고 처리체제를 정비하여 정수처리에 만전을 기할 필요가 있다. 따라서 수질변동의 폭이 큰 수원을 가진 정수장에서는 수원에 수질시험실 또는 수질모니터링 설비를 설치하는 것이 필요한 경우가 있다.

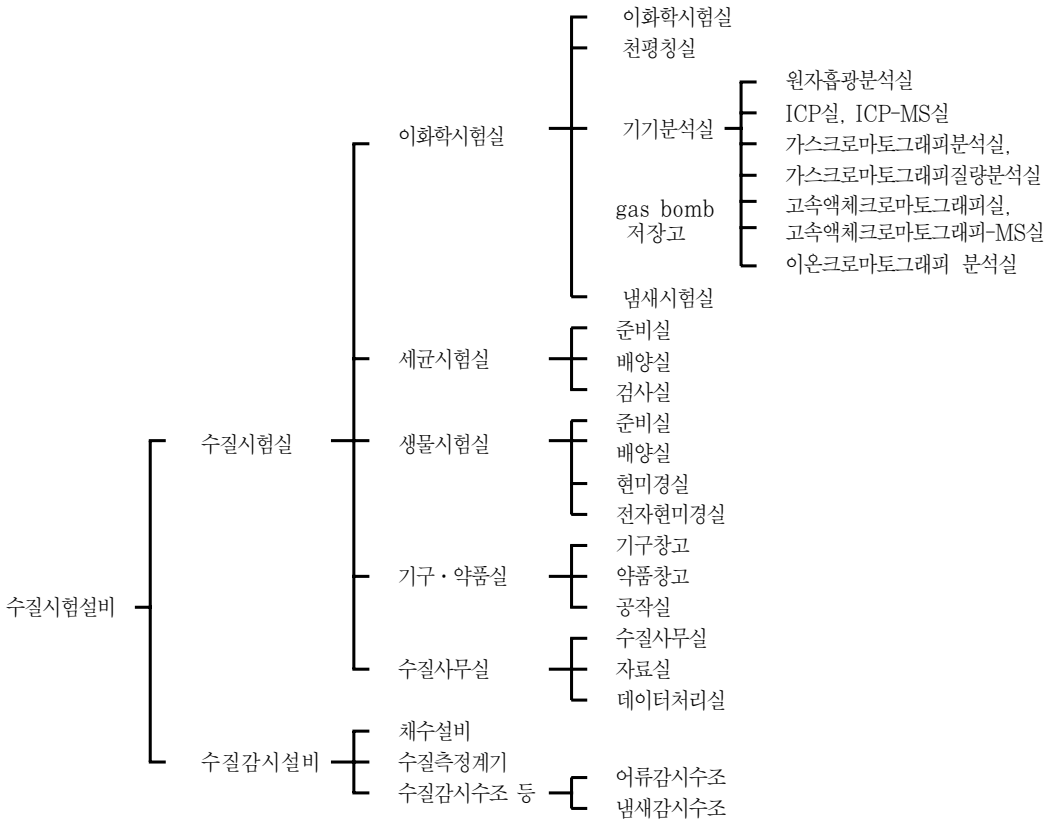
정수처리과정에서의 수질시험은 정수장의 유지관리와 운영에 없어서는 안되는 중요한 업무로 특히, 급속여과방식이나 기타 처리를 포함한 방식에서는 수질시험 결과에 따라 처리공정의 점검 및 감시가 수행되어져야 한다. 또한 정수처리의 성패는 수돗물의 수질에 의하여 판명되므로 정수장에는 정수시설의 규모나 처리방식에 필요한 수질모니터링 설비를 설치하는 것이 요망된다.

2개 이상의 정수장을 가지고 있는 수도사업자는 1개소에 수준이 높은 중앙수질시험실을 설치하는 것이 바람직하다.

법령에 의한 수질검사, 배·급수계통에서 수돗물의 안전성 확인, 수질사고의 해결 등은 수도에 대한 이용자의 신뢰성을 높이기 위해서도 필요하다. 따라서 수질시험실 규모는 이와 같은 점을 고려하여 계획해야 한다.

수도사업자가 단독으로 수질시험실을 설치하기 곤란할 경우에는 2개 이상의 수도사업자가 공동으로 수질검사센타를 설치하는 방법도 바람직하다. 수원이나 수도시설에서 수질문제는 복잡하고 다양화되는 경향이 있으며 한편으로는 더 안전하고 양질의 수돗물을 공급하여 줄 것을 요망하고 있다. 이와 같은 추세를 고려할 때 수돗물의 안전과 수질향상을 도모하기 위하여 수도사업자는 수질시험설비의 정비에 만전을 기해야 한다.

수질시험설비의 구성은 다음과 같다.



5.27.2 수질시험실 규모

수질시험실의 규모는 원수의 수질특성, 정수처리방식의 종류, 시설규모 등에 따라 수질관리에 필요한 수질검사 및 시험을 실시할 수 있도록 한다.

【해설】

시험실 규모는 원수수질, 정수처리방식 또는 시험항목, 수질시험용 기기, 유지관리 체제 등으로 결정한다.

정수처리방식에 따라 수도사업자가 스스로 수질시험을 실시할 경우에 갖추어야 할 수질시험용 기기에 대한 예는 〈표 5.26.1〉과 같으며 수질시험실의 규모에 대하여 기술하면 다음과 같다.

1. 염소 소독만인 방식

수질이 양호한 지하수 등으로 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 오염될 우려가 없는 물을 원

수로 하여 염소소독만으로 급수하는 상수도에서는 정수처리를 위한 수질시험설비의 필요성은 적으나 장비와 시험시설은 「수도법」 제29조(수질검사와 수량분석) 및 「동법시행령」 제49조(수질검사시설의 설치) 및 수도법시행규칙 제19조에 의하며, 수질검사는 「먹는물수질기준및검사등에관한규칙」에 준한다.

반면 원수수질은 pH, 냄새, 맛, 암모니아성질소 등을 검사하도록 하며, 얕은 우물의 지하수에서는 유리탄산 등을 필요에 따라 시험을 하는 것이 바람직하며, 이 경우에 시험실의 면적은 20~25 m^2 정도의 이화학시험실 면적이 필요하다.

2. 완속여과방식

일반적으로 완속여과방식인 경우에는 원수수질은 양호하고 여과수의 수질도 안정되어 있다. 따라서 수도사업자가 수질시험항목을 어떠한 범위까지 시행하는가에 따라 갖추어야 할 시험용 기기와 시험실 규모를 결정하게 되며, 이 판단기준은 수원의 종류와 원수수질에 따라 다르다.

일반적으로 매일검사항목인 탁도, 색도 이외에 pH, 냄새, 맛, 암모니아성질소, 용존산소, 과망간산칼륨소비량, 생물화학적산소요구량(BOD) 등을 시험할 경우에 시험실 면적은 30~40 m^2 정도의 이화학시험실이 필요하다. 세균시험을 할 경우에는 적어도 시험실 면적 20~30 m^2 정도의 세균시험실이 필요하다.

생물시험을 할 경우에는 적어도 시험실 면적 20~40 m^2 정도의 생물시험실이 필요하다. 휘발성유기화합물, 소독부산물 및 농약 등 미량유기화합물의 검사와 시험을 시행할 경우에는 바닥면적 20~30 m^2 정도의 가스크로마토그래피(gaschromatograph) 분석실(GC분석실) 또는 가스크로마토그래피질량분석실(GC-MS 분석실)이 필요하다.

수질기준의 전 항목을 검사하는 경우에는 표준이화학시험실, 기기분석실 및 세균시험실 등으로 구분된 350~600 m^2 정도의 수질시험실이 필요하다.

3. 급속여과방식

급속여과방식인 경우에는 정수처리공정을 관리하기 위하여 수질시험이 필요하다.

자-테스트(jar-test)에 의한 응집제주입률의 결정, 주입량의 감시, 처리효과의 판정 등을 위하여 원수, 침전처리수, 정수의 탁도, 알칼리도, pH 등의 측정은 매일 시행할 필요가 있다. 이러한 경우에는 30~40 m^2 정도의 이화학실험실이 필요하다.

원수수질에서 암모니아성질소, 염소요구량, 철분, 과망간산칼륨소비량, 음이온계면활성제, 염소이온 등의 시험이 필요한 경우에는 100~200 m^2 정도의 이화학시험실을 설치하며, 중금속 등의 검사와 시험을 할 경우에는 20 m^2 정도의 원자흡광분석실(AAS분석실) 또는 유도결합프라스마발광분광분석실(ICP 분석실), 유도결합프라스마-질량분석실(ICP・MS 분석실)을 설치한다.

세균시험과 생물시험을 할 경우에는 적어도 전항의 완속여과방식과 마찬가지 시험실이 필요하다.

〈표 5.27.1〉 정수처리방식에 따른 수질시험용 기기의 예

수질시험용기기명	용도	부속설비				정수처리방식				검사센터
		전기	특수가스	급수 배(排)수	환기	소독만	완속여과	급속여과	고도처리	
채수기구	공 통					A	A	A	A	A
온도계	공 통					A	A	A	A	A
탁도계	탁 도					A	A	A	A	A
잔류염소 측정기	잔유염소					A	A	A	A	A
수소이온농도(pH) 측정기	pH					A	A	A	A	A
증류수 제조장치	공 통	○		○		A	A	A	A	A
가열기	공 통	○				A	A	A	A	A
전기전도도 측정기	전기전도도	○				B	A	A	A	A
수소이온농도(pH) 측정기	pH	○				B	B	A	A	A
분광광도계 또는 광전분광광도계	공 통	○			○	B	A	A	A	A
전자저울	공 통	○				B	A	A	A	A
진탕기(振盪機)	MBAS 및 중금속						A	A	A	A
항온건조기	공 통	○			○		A	A	A	A
탁도계	탁 도	○			△	B	A	A	A	A
입자계수기(Particle counter)	탁도 생물	○				B	B	B	B	B
증류장치	시안, 페놀, 불소	○		○			B	A	A	A
비중 측정기	공 통						B	A	A	A
DO 측정기	DO	○					B	A	A	A
진공펌프	공 통	○					B	A	A	A
전기로	강열멸량, 공통	○					B	A	A	A
BOD 인큐베이터(incubator)	B O D	○					B	A	A	A
냉동냉장고	공 통	○				B	B	A	A	A
원자흡광광도계	중 금 속	○	○	○	○		B	A	A	A
수은분석장치	수 은	○					B	A	A	A
초순수제조장치	공 통	○		○			B	A	A	A
인큐베이터(孵卵機-incubator)	세 균	○				B	B	A	A	A
고압증기멸균기	세균, 생물, 총인, 총질소	◎			○	B	B	A	A	A
건열멸균기		◎				B	B	A	A	A
채수기 및 여과장치세트	세균, 생물					B	B	A	A	A
집락(colony) 계수기	세균, 생물	○				B	B	A	A	A
현미경	세 균	○				B	B	A	A	A
실체 현미경	세균, 생물	○				B	B	A	A	A
DIC현미경(미분간섭장치부)	세균, 생물	○					B	A	A	A
현미경사진촬영장치	세균, 생물	○					B	A	A	A
원심분리기	세균, 생물	○					B	A	A	A
조류배양장치	공 통	○					B	B	B	B

수질시험용기기명	용도	부속설비				정수처리방식				검사센터
		전기	특수가스	급수 배(排)수	환기	소독만	완속여과	급속여과	고도처리	
항온수조	유기화합물, 공통	○					A	A	A	A
자-테스터(jar tester)	약품주입률	○						A	A	A
온도계	수 온							A	A	A
채수기	공 통						B	B	A	B
슬러지채취기(sludge sampler)	공 통							B	B	B
적외선분광광도계	유기화합물	○						B	B	B
저온회화장치	금속, 공통	○	○					B	B	B
HPLC(고속액체크로마토그래피)	유기화합물	○	△				A	A	A	A
HPLC-MS	유기화합물	◎	○					A	A	A
Fraction Collector	공 통	○						B	B	B
Ion 측정기	시안, 암모니아성질소	○						B	B	B
구데마다니쉬(Kudema-danish)농축기	유기화합물	○		○				B	B	B
고상(固相)추출장치	유기화합물	○		○				A	A	A
ICP(유도결합플라스마발광광도계)	금속, 원소	◎	○	○	○			A	A	A
ICP-MS	금속, 원소	◎	△	○	○			A	A	A
Ion Chromatography	음이온, 양이온	○	△	△				A	A	A
총유기탄소 측정기	T O C	○	△					B	B	B
총유기할로겐 측정기	T O X	○	○					B	B	B
GC(gas chromatography)	유기화합물	○	○		△		B	B	B	B
GC-MS	유기화합물	◎		△	△			A	A	A
주사전자현미경(SEM)	세균, 생물, 공통	◎						B	B	B
투과전자현미경(TEM)	세균, 생물, 공통	◎	△					B	B	B
방사능 측정장치	방 사 능	○	△					B	B	B

주) ◎ : 특수전원을 필요로 하는 것 A : 갖출 필요가 있는 기기
△ : 기종에 따라 필요로 하는 것 B : 필요에 따라 요망되는 기기

또한 휘발성유기화합물, 소독부산물 및 농약 등의 미량유기화합물의 검사·시험을 하는 경우에는 전 항의 완속여과방식과 마찬가지의 시험실을 설치한다.

급속여과방식에서는 각종 정수용 약품을 사용하기 때문에 이들 약품들의 품질검사(이화학시험항목)를 할 수 있는 공간을 고려한다. 또한 정수처리의 배출수나 정수장에서 공공용수역 등으로의 배수(排水)에 대한 수질검사를 실시하는 경우에는 그를 위한 공간도 고려한다.

급수인구가 많고 정수시설의 규모가 크고 배·급수계통에 수질의 안전성 확인과 수질검사 청구건수가 많을 경우에는 이와 같은 시험을 위한 시험실 면적을 넓게 계획해야 한다.

따라서 급속여과방식인 경우에는 수원의 종류, 원수수질, 시설규모 등에 따라 전 항목을 시험할 수 있는 표준적 규모는 350~600 m^2 정도이며, 여기에 추가할 시험항목, 시험건수의 빈도 등에 따라 갖추어야 할 시험용 기기와 시험실 넓이를 고려해야 한다.

그리고 수질문제가 점점 다양화되고 복잡화되는 경향을 감안할 때 기준항목, 감시항목, 골프장 사용

농약 등의 검사·시험 및 미규제물질, 그 밖의 시험도 할 수 있도록 고려하여 수질시험설비를 갖추는 것이 바람직하다.

4. 막여과방식

원수수질이 일반적으로 양호한 경우에 적용되기 때문에 수질시험실의 바닥면적을 넓게 잡을 필요는 없지만, 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물에 의한 오염 우려가 있는 경우 등으로 응집제 사용도 고려할 때에는 완속여과방식 정도의 규모를 목표로 할 수 있다.

5. 고도정수시설을 추가하는 방식

고도정수시설을 추가하는 정수방식에서는 제거대상이 되는 물질과 정수시설의 운전관리에 관한 수질항목을 시험할 필요가 있다.

활성탄처리방식, 오존처리방식, 생물처리방식 등 각각의 원수와 처리수(또는 유입수와 유출수)에 대하여 시험을 하는 수질항목의 예는 〈표 5.27.2〉와 같다.

〈표 5.27.2〉 고도정수시설의 공정에서 수질시험항목의 예

수 질 항 목	생물처리	활성탄처리	오존처리	수 질 항 목	생물처리	활성탄처리	오존처리
수온	◎	◎	◎	TOX 생성능		◎	◎
탁도	◎	◎	◎	DOC		◎	◎
색도	◎	◎	◎	자외선흡광도(E260)	◎	◎	◎
pH	◎	◎	◎	염소요구량	◎		
총알칼리도	◎	◎	◎	일반세균	◎	◎	◎
과망간산칼륨 소비량	◎	◎	◎	대장균	◎	◎	◎
용존산소	◎	◎	◎	질산화세균		◇	
암모니아성질소	◎	◎	◎	트리할로메탄	◎	●	●
아질산성질소	◎	◎		트리할로메탄생성능		◎	◎
질산성질소	◎	◎		트리클로로에틸렌 등		□	◎
총질소	◎			농약		△	△
철	◎	◎	◎	냄새	○	○	○
망간	◎	◎	◎	냄새강도	○	○	○
음이온계면활성제	◎	◎		2-MIB	○	○	○
부유물질	◎			지오스민	○	○	○
BOD	◎			생물	◎	◇	
COD	◎			발생오존농도			◎
TOC	◎	◎	◎	용존오존농도			◎
TOX		●	●	배오존농도			◎

◎ 필요한 항목
□ 트리클로르에칠렌 등을 제거대상으로 할 때에 필요한 항목
△ 농약을 제거대상으로 할 때에 필요한 항목
○ 냄새를 제거대상으로 할 때에 필요한 항목
● 고도정수처리공정 전에 염소처리를 하는 경우에 필요한 항목
◇ 미생물에 의한 처리효과를 가한 경우에 필요한 항목

따라서 처리목적에 따라 제거대상물질 및 관련수질항목, 고도정수시설을 포함한 정수시설의 운전관리에 필요한 각종 시험을 하기 위한 시험실 면적으로 이화학시험실, 세균시험실, 생물시험실을 추가할 수 있도록 해야 한다.

6. 기타 처리를 추가한 방식

기타 처리를 추가한 방식에서는 제거대상물질 및 관련수질항목 또는 정수시설의 운전관리에 필요한 수질항목의 시험이 필요하다.

따라서 이러한 시험을 하기 위하여 필요한 시험실 면적으로 이화학시험실, 세균시험실, 생물시험실에 추가하여 확보할 수 있도록 하여야 한다.

5.27.3 수질모니터링 설비

정수시설에는 수질을 관리하기 위한 채수설비와 수질측정계기 또는 수질감시수조 등 모니터링설비를 설치한다.

【해설】

정수장에서는 착수정, 약품혼화지, 침전지(침전지 유출거), 여과지의 유출관, 여과수 집수정, 정수지 등에 채수설비를 설치하고 시료를 수질시험실의 1개소에 집합시킨 집합채수전을 설치하여 수시로 채수 및 수질시험이 가능하도록 하여, 일상적인 수질검사를 위한 필요인력절감 및 수질 급변시에 즉각적인 대응이 가능하도록 한다.

이러한 채수전은 시료수가 항상 흐르게 하고 배수관의 구경을 크게 하도록 하며, 시료수가 정수인 경우에는 염소가 휘발하므로 효과적인 배기장치가 필요하다. 그리고 물이 흐르는 소리에 의한 소음대책을 강구할 필요가 있다.

이외에도 각 여과지나 배출수처리시설의 배출수로 등에는 현지에서 용이하게 채수할 수 있도록 장치할 필요가 있다.

취수시설이 정수장으로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 원수수질 변동폭, 경시변화(經時變化)가 큰 경우나 오염빈도가 높은 경우에는 취수시설 내에 수질모니터링설비를 설치하는 것이 바람직하다. 또한 이들 정보를 상시 정수장에서 파악하는 수단을 강구해 두어야 한다.

1. 채수설비

채수설비는 관로의 도중에서 탁질이 침전되거나 관벽에 부착된 생물로 암모니아성질소가 감소되며, 철관을 사용할 경우에 잔류염소가 감소되는 등 수질변화가 발생할 수 있으므로 충분한 관내의 유속을 확보하고 재질에도 유의해야 한다.

채수용 펌프는 소형 수중펌프가 적절하지만 펌프 흡입측이 정압인 경우에는 벌류트펌프도 가능하다. 그리고 채수목적에 충분한 양수량과 양정을 갖추어야 하며 착수정과 침전지 유출거 등에는 부유물질로 인하여 스트레이너가 막히는 경우가 있으므로 그 대책을 강구할 필요가 있다.

2. 수질측정계기

수질측정계기의 종류와 측정대상인 시료수의 선정은 원수수질 및 그 변동상황, 정수처리방식, 처리공정의 감시수준 등에 의한다.

수질을 자동연속측정하는 수온계, 탁도계, pH계, 전기전도도계, 알칼리도계, 잔류염소계, 암모니아성질소계 등이 실용화되고 있으며, 그 외의 계기에 대해서는 개발이 진행되고 있다. 각 수질측정기기의 구조, 원리, 특징이나 기종을 선정할 때에 고려해야 할 사항에 대해서는 8.11.5 수질계측을 참조한다.

정수처리 또는 수질관리상 대단히 중요한 항목, 예를 들면, 정수의 염소소독은 잔류염소계로 자동제어할 경우에는 동일한 잔류염소계를 2대 설치하는 것이 요망된다.

수질측정계기의 기종선정에 대해서는 계측기의 정확도는 물론이지만 유지관리가 용이한 것으로 선정하는 것이 바람직하다. 또한 채수설비에 의한 시료수는 탈기조(脫氣槽)를 통하여 수질측정계기에 유도할 필요가 있다.

채수설비에 따른 수질측정계기의 설치개소에 대한 예를 들면 〈표 5.27.3〉과 같다.

〈표 5.27.3〉 수질측정계기의 설치장소 예

수질측정계기 / 설치장소	수온계	탁도계	pH계	전기전도도계	알칼리도계	잔류염소계	불소계	암모니아성질소계	UV계 또는 COD계	SS계	유류, VOCs, 페놀계	TOC	망간	조류	입자계수	총질소	총인
취수장	○	○	○	○	○			○			○	○	○	○			
착수정	○	○	○	○	○	○		○				○	○				
침전지		○	○		○	○											
여과지		○	○		○	○						○	○		○		
정수지 또는 배수지	○	○	○		○	○											
배출수처리시설의 배출구			○						○	○						○	○

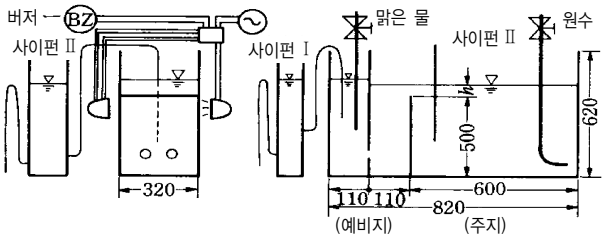
3. 수질감시수조(대형어항) 등

수질감시수조 등에는 어류에 의한 수질감시수조나 냄새감시 장치가 있다.

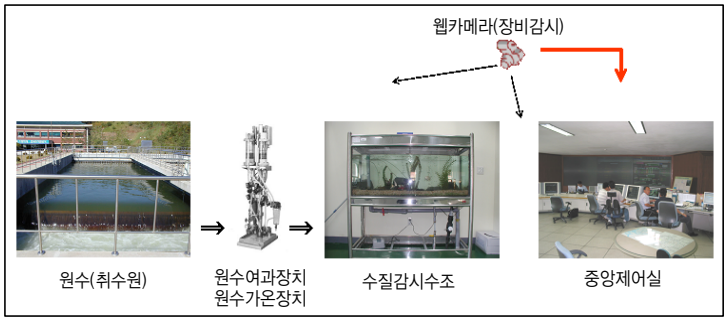
어류에 의한 수질감시수조는 정기적인 수질검사나 수질측정계기로 검지되지 않는 수질이변을 초기에 발견하기 위한 설비이다. 돌발적인 수질사고 등으로 인한 유해물질로 오염될 우려가 있는 수원인 경우에는, 원수를 도수하여 수조에 물고기를 사육하면서 감시하고 물고기의 이상한 행동으로부터 수질이상 유무를 관찰하는 방법이다. 또한 정수처리공정에서 오염될 우려가 있는 경우에는 잔류염소를 중화시킨 정수를 도수한 수조에 물고기를 사육하면서 감시하는 방법이 바람직하다.

수질감시수조는 운영근무자가 항상 감시할 수 있는 위치에 설치해야 하며 야간에도 감시가 가능해야 한다. 무인으로 관리되는 취수장 등에 설치하는 경우에는 운영근무자가 있는 곳의 컴퓨터로 화상전송이 가능한 웹 카메라 방식 또는 〔그림 5.27.1〕에서와 같이 물고기의 이상행동을 광센서로 감시하는 장치도 사용되고 있다.

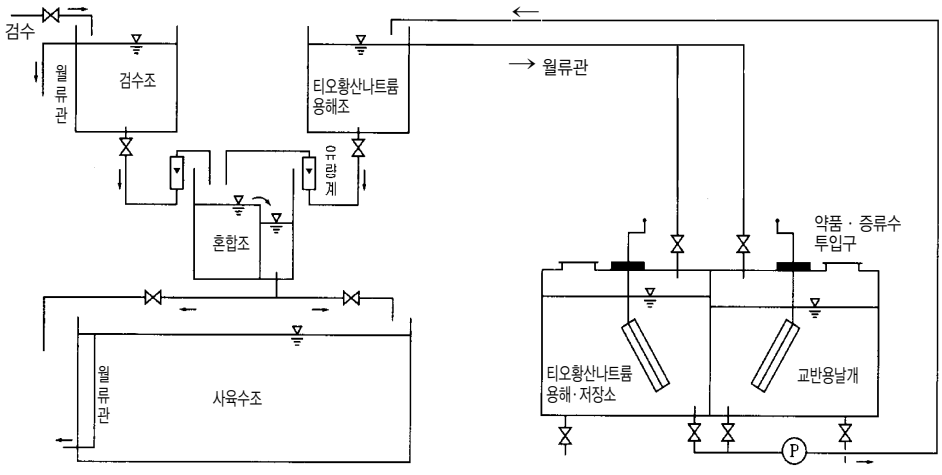
수조의 용량은 130~200L가 적당하며 스테인리스제 틀에 유리수조 또는 투명 플라스틱제의 수조를 적당한 높이의 수조대에 설치하며 폭기장치를 부착한다. 원수는 채수설비로부터 분기하여 4~7 L/min 정도를 유입시키며 〔그림 5.27.2〕와 같이 원수가 탁할 경우에는 여과장치를 설치하는 것이 바람직하며 동절기 수온이 낮을 경우를 대비하여 일정 온도를 유지할 수 있는 가온장치 등도 추가할 수 있다. 잔류염소가 포함된 물인 경우에는 티오황산나트륨(sodium thiosulfate)을 사용하여 잔류염소를 중화시킬 필요가 있으며 중화장치는 〔그림 5.27.3〕와 같은 구조가 사용된다.



[그림 5.27.1] 광센서가 부착된 수질감시수조(어항)(단위 : mm)



[그림 5.27.2] 수질감시수조 개략도



[그림 5.27.3] 잔류염소중화장치와 수질감시수조

티오황산나트륨(1 %, W/V) 용액은 잔류염소 1 mg/L, 유수량 1 L/min에 대하여 0.7 mL/min의 비율로 주입한다.

어종은 각 취수원의 수질등급에 따라 1,2급수 또는 2,3급수 서식어류를 혼합하여 수질변화에 민감한 어종으로 선정하여야 하며, 물 10 L당 1마리 정도가 적당하다.

수질감시수조(〈표 5.27.4〉참조)의 물고기는 7일 주기로 교체하며, 최대운영기간이 10일을 넘지 않도록 유의한다.

〈표 5.27.4〉 수질감시수조 규격 및 운영기준

구 분	기 준	주요내용
• 시스템구성	원수⇒여과장치⇒가온장치 ⇒수 조⇒웹카메라⇒조정실	
• 표준용량	130 L	- 최대용량 200L 이하
• 표준규격	W 0.32m × L 0.82m × H 0.62 m	
• 수조 유입유량	4~7 L/min	- 30분에 1회 순환기준
• 적정체류시간	30분정도	
• 부대설비		
- 원수여과장치	입자 100㎛ 이상 제거	- 고탁도시 물고기 폐사방지 - 단, 탁도가 낮은 호소수(연최대 10 NTU 이하)에는 생략할 수 있음
- 원수가온장치	10 ℃ 이상	- 동절기 물고기 폐사방지
- 산소공급장치	용존산소 5 mg/L 이상	
- 기타	바닥모래,인공수초 등	
• 감시방법	웹(Web) 카메라 이용	- 중앙조정실 컴퓨터로 화상전송
• 설치장소	실험실, 약품실 등	- 유지관리가 용이한 곳
• 물고기 종류		
- 1급수	참마자, 참종개	기타 : 은어, 열목어 등
- 2급수	납자루, 갈겨니	기타 : 빙어,쏘가리,모래무지,버들치,참붕어 등
- 3급수	피라미, 붕 어	기타 : 잉어, 미꾸라지, 메기, 가물치 등
• 물고기 운영기준	7일 운영	- 최대운영기간이 10일을 넘어서는 안됨
• 어류관찰수조 운영일지	매일작성	- 어류이상행동 관찰

냄새감시장치는 정기적인 수질검사 또는 수질측정계기로 검지가 되지 않는 이상한 냄새를 초기에 발견하기 위한 장치이다.

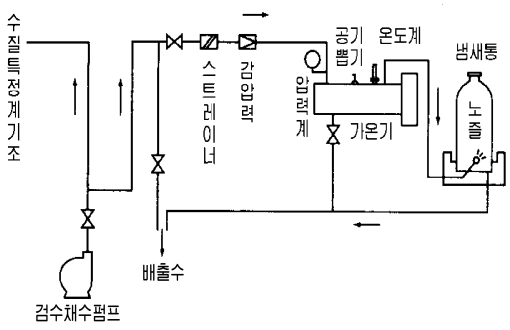
공장폐수 등으로 돌발적으로 원수 중에서 냄새가 발생할 우려가 있는 수원에는 1~몇 시간 간격으로

원수의 냄새를 시험할 필요가 있으며, 오염물질에 따라서는 정수처리에 의하여 냄새의 종류 및 강도가 변할 경우도 있으므로 정수에 대해서도 동일한 시험을 시행하는 것이 요망된다.

물의 냄새를 조사하기 위해서는 사람의 후각으로 판정하는 방법 이외에 유효한 방법은 없고, 상수도 시험방법에 의한 냄새시험의 조작은 빈번한 냄새검사에는 적합하지 않으므로 더 간편하게 검사하는 장치가 요망된다. 일반적으로 사용되는 방법으로서는 채수설비로 채수된 물을 일정한 온도로 가온하여 온수노즐로부터 유리병 내에 분무시켜 병의 상부로부터 냄새를 시험하는 장치로 그 예는 〔그림 5.27.4〕와 같다. 그리고 정수에 대하여 반드시 잔류염소를 중화할 필요는 없다.

표류수에서 많이 발생하는 기름오염수질사고에 대비하여 여러 가지 유류감시장치 등이 개발·설치되고 있으며, 그 종류로는 비접촉식 UV평광법, 형광법, 접촉식 형광법 등이 있다.

표류수에서 많이 발생하는 기름오염수질사고에 대비하여 유막감시장치 등도 개발되어 사용되고 있다.



구성부품	시 방	용 도
가온기	본 체 : ψ89 cm × L390 cm 상용압력 : 0.50 MPa(5.10 kgf/cm^2) 전 원 : 220V 3P 2.2 kW	검수가온 (檢水加溫)
냄새통	본 체 : ψ20 cm × L 25 cm 냄새통설치대 : 스테인리스 제 재 질 : 유 리	–
노 즐	형 상 : 노즐경 0.8 mm × 7 mm 사용압력 : 1.5~2.0 MPa(15.3~20.4 kgf/cm^2) 최대토출량: 3.1ℓ/min〔2.0 MPa(20.4 kgf/cm^2)〕	검수 분무
감압밸브	형 식 : 자유식 직동형 구 경 : 25 mm 주요부 : 스테인리스 저압측조정압력 : 0.02~0.5 MPa (0.02~0.5 kgf/cm^2)	압력 조절
스트레이너	본 체 : 주 철 강 : 20메쉬 스테인리스 사용	탁질 제거
니들밸브	본 체 : 주 철	유량 조절

[그림 5.27.4] 냄새감시장치의 예

5.27.4 수질시험실의 설치장소 및 구조와 구성

1. 수질시험실은 중앙조정실 등의 주요 정수시설에 근접한 장소에 설치한다.
2. 수질시험실은 내진·내화구조로 하고 규모와 용도에 따라 적절하게 구성한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수질시험실은 중앙조정실 또는 정수처리 현장과 항상 긴밀한 연락과 접촉을 유지해야 하므로 정수시설에 가능한 한 가까운 장소에 설치한다.

취수시설이 정수장으로부터 멀리 떨어져 있는 경우 또는 원수의 수질변동폭이나 원수도달시간의 변

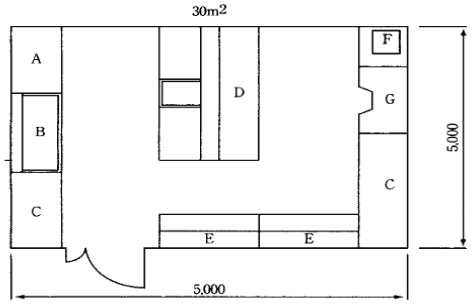
화가 크고 오염빈도가 많을 경우에는 취수시설에 수질시험실 분실을 설치하면 수원의 수질관리, 수질사고의 조기발견, 정수처리에서 준비체제를 갖출 수 있는 시간적 여유를 가질 수 있는 등의 효과가 있다.

수질시험실은 수질시험용 기기의 성능유지와 시험작업의 성격으로부터 소음, 진동, 분진 등이 없는 환경이 좋은 장소에 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 수질시험실에는 정밀한 기기가 설치되어 있고 또한 인화성이 높은 약품도 있으므로 내진·내화구조로 한다.

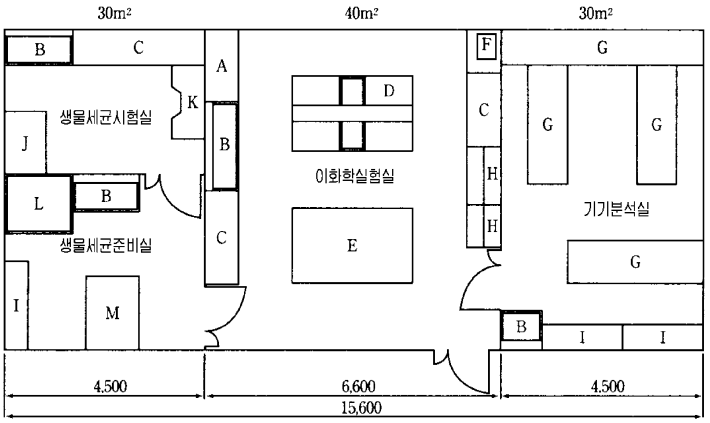
수질시험실은 이화학시험실, 세균시험실, 생물시험실, 기기·약품관리실 및 수질사무관리실 등으로 구분한다. 이화학시험실에는 이화학시험실, 천평칭실 등을 설치하고, 기기분석을 하는 경우에는 별도로 기기분석실을 설치할 필요가 있으며, 또한 냄새시험실 설치도 바람직하다.

세균시험실에는 세균준비실, 세균배양실 등을 갖추며, 생물시험실에는 생물준비실, 생물배양실, 현미경실 등을 설치한다. 시험실을 몇 개로 나눌 경우에는 업무량, 설치기기, 업무의 관련성 등에 따라 가장 효과적이고 능률적인 분석이 될 수 있도록 시험실을 배치하는 동시에 칸막이와 창의 위치 및 크기 등을 고려해야 하며 대형분석기기의 반입경로에 유의하여 출입구의 크기와 통로폭을 확보한다(〔그림 5.27.5〕~〔그림 5.27.7〕 참조).



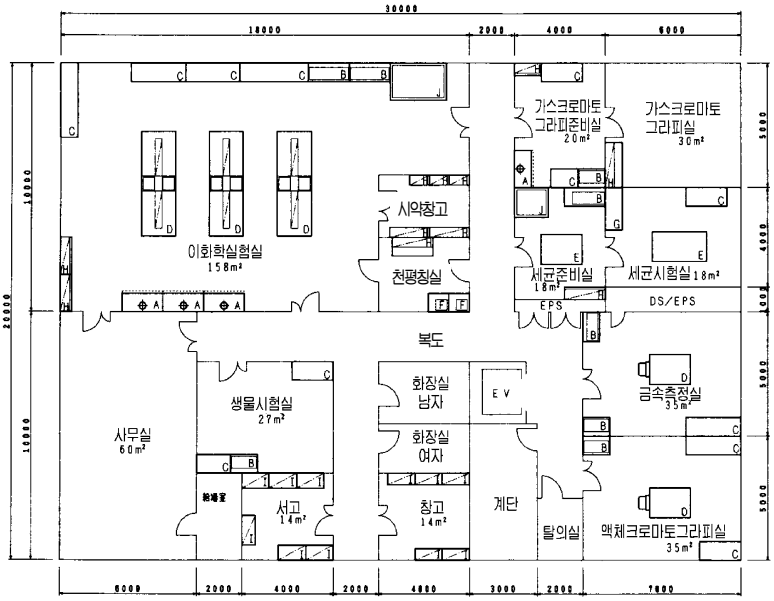
	품 명
A	흄후드(Hume hood)
B	세척대
C	벽면 실험대
D	세척대부착 중앙실험대
E	약품 기구 보관장
F	천평대
G	현미경 실험대

[그림 5.27.5] 수질시험실 설치의 예(바닥면적 30m^2)



	품 명
A	흄후드(Hume hood)
B	세척대
C	코너 실험대
D	세척대부착 중앙실험대
E	중앙실험대
F	천평대
G	측정기용 실험대
H	기구 보관장
I	약품 보관장
J	무균작업대
K	현미경 실험대
L	응급샤워 및 세척시설
M	보조 실험대

[그림 5.27.6] 수질시험실 설치의 예(바닥면적 100m^2)(단위 : mm)



	품 명
A	흄후드(Hume hood)
B	세척대
C	코너 실험대
D	세척대부착 중앙실험대
E	중앙실험대
F	천평대
G	무균작업대
H	약품 보관장
I	기구 보관장
J	응급샤워 및 세척시설

[그림 5.27.7] 수질시험실 설치의 예(총바닥면적 593m^2)(단위 : mm)

1) 이화학시험실

⑴ 이화학시험실 : 시험·검사시에 증기나 가스가 발산하는 경우가 있으므로 이화학시험실은 다른 시험실과 구분하고 시험기기의 성질상 넓은 면적을 필요로 한다. 시험실 규모는 시험·검사항목과 시험빈도에 따라 다르지만, 최소한 30 m^2 정도이고 일반적으로는 100~200 m^2 정도로 하는 예가 많다. 특히 큰 경우에는 시험 내용을 고려하여 2개로 분할하는 것이 바람직하다.

약품이 가스 또는 증기를 발생하는 시험을 할 경우에는 흄후드(Hume hood)를 설치해야 하며 산업안전위생상 규제되는 유기용재 및 특정 화학물질을 취급할 경우에는 법령에 따라 구조와 성능을 갖춘 국소배기장치를 설치해야 한다.

유기용재의 사용량과 사용빈도가 많은 장소에는 전용 배기설비를 갖춘 30~40 m^2 정도의 별도 독실을 설치한다.

⑵ 천평칭실(天平秤室) : 바람이나 먼지, 가스, 진동, 직사광선 등을 피한 10 m^2 정도의 독실로 하고 천평칭대는 방진구조로 한다. 그리고 약품창고가 떨어져 있을 경우에는 시약장을 설치한다.

⑶ 기기분석실 : 원자흡광광도계, 가스크로마토그래피, 가스크로마토그래피질량분석계 등의 기기를 사용하는 경우에는 기기분석실을 설치하며, 이들 기기는 특수가스를 사용하므로 별도의 가스용기 창고가 필요하다.

① 원자흡광분석실(AAS분석실) : 이 시험실에는 시험에 사용하는 특수가스배관과 시험조작에서 발생하는 가스를 배제하기 위한 배기설비, 기기 특성에 맞는 전원 등을 감안하여 구분된 20~40 m^2 정도의 1실로 하는 예가 많다. 배기설비는 스테인리스스틸제로 10~20 m^3/min 정도 용량

의 것이 바람직하다.

이화학시험실 또는 시료조제실과 떨어져 있을 경우에는 시료조제를 위한 흄후드(Hume hood) 등을 설치한다. 또 냉각용 수전을 준비한다.

② 유도결합프라스마발광분광분석실(ICP 분석실) : 이 시험실은 AAS분석실과 마찬가지로 특수가스의 배관, 배기설비, 전원, 흄후드(Hume hood) 등을 배치하며, 구분된 20~40 m^2 정도의 독실로 하는 예가 많다. 배기설비는 AAS분석실과 같은 정도의 설비를 설치한다.

전원은 100V 또는 200V로 한다.

공조설비는 실온 25 ℃ 이하이고 변동폭 2.5 ℃/h 이내로 계속될 수 있도록 하며 습도는 60 % 이하로 유지하는 것이 바람직하다. 또 냉각용 수전을 준비한다.

③ 유도결합프라스마-질량분석실(ICP-MS 분석실) : 이 시험실은 ICP분석실과 동일한 설비와 규모가 필요하다.

④ 가스크로마토그래피분석실(GC분석실) : 이 시험실에는 AAS분석실과 마찬가지로 특수가스 배관, 배기설비, 전원, 흄후드(Hume hood), 또는 공조설비 등을 배치하며 구분된 20~40 m^2 정도의 독실로 하는 예가 많다.

전자포획검출기(ECD)가 부착된 가스크로마토그래피를 설치하는 경우에는 과학기술부 고시 「원자력법」 제65조(방사성동위원소·방사선발생장치 사용 등의 허가 등)에 의하여 교육과학기술부 장관에게 신고해야 한다. 전원은 100V 또는 200V로 한다.

공조설비는 신선한 공기를 받아들이고 휘발성유기화합물 등에 의한 오염이 없도록 고려한다. 또한 실온 5~40 ℃로 유지될 수 있는 용량의 것으로 하며 습도는 80 % 이하로 유지한다.

⑤ 가스크로마토그래피질량분석실(GC-MS 분석실) : 이 시험실은 GC분석실과 마찬가지 설비이지만, GC-MS는 여러 대가 필요한 것을 고려하여 구분된 30~60 m^2 정도의 독실로 하는 예가 많다.

⑥ 이온크로마토그래피분석실(IC분석실) : 이 시험실은 기기특성에 맞는 전원, 공조설비 등을 고려하여 구분된 20~40m^2 정도의 1실로 하는 예가 많다(HPLC분석실과 동실에 설치할 수도 있다). 또 바람이나 먼지, 진동, 직사일광, 부식성의 분위기, 고주파를 발생하는 장치 및 노이스(noise)를 발생하는 장치의 주변을 피한다.

공조설비는 실온 10~40 ℃로 유지될 수 있는 용량의 것으로 하고 측정 중에는 변화가 적은 것이 바람직하다.

또한 특수가스를 사용하는 기종이 있으면 가스배관이 필요하다. 이화학시험실 또는 시료조제실과 떨어져 있는 경우에는 시료조제를 위하여 통풍실 등을 설치한다.

⑦ 고속액체크로마토그래피분석실(HPLC 분석실) : 이 시험실은 IC분석실과 같은 정도의 설비와 구분된 30~40m^2 정도의 1실로 하는 예가 많다. 또한 바람이나 먼지, 진동, 직사일광, 부식성의 분위기를 피한다.

공조설비는 실온 10~30 ℃에 계속될 수 있는 용량의 것으로 하며 습도는 20~80 %로 유지한다. 또 특수가스를 사용하는 기기가 있으면 가스배관이 필요하다.

⑧ 고속액체크로마토그래피질량분석실(HPLC・MS 분석실) : 이 시험실은 IC분석실과 같은 정도의 설비와 구분된 30~40m^{2}의 1실로 하는 예가 많다. 전원은 100V 또는 200V로 한다. 또 질소 발생장치를 사용하는 경우에는 충분한 공간 및 전원의 종류와 충분한 용량이 필요하다.

⑷ 가스용기 저장고(가스봄베실) : 원자흡광광도계, 가스크로마토그래피 등의 특수가스(아세틸렌, 수소, 아르곤, 질소, 헬륨 등)용의 가스용기는 누설을 고려하여 옥외에 일괄로 저장한다.

가스용기 저장고는 기기분석실로부터 가까운 장소에 직사일광을 피하여 통풍이 좋고 용기의 입출입이 용이한 장소에 설치한다.

가스용기 저장고로부터 기기분석실까지 배관재질은 가스의 종류에 따라 적절한 것을 사용한다. 일반적으로 스테인리스강제가 잘 이용되며 배관의 일상점검을 위하여 노출배관으로 한다.

⑸ 냄새시험실 : 물에 대한 냄새의 종류와 그 강도의 시험・검사는 사람의 후각으로 시행되기 때문에 약품이나 기구 등으로부터 발생하는 냄새의 영향을 받지 않는 것이 필요하다. 이 때문에 다른 시험실과 구분된 독실로 한다.

2) 세균시험 관리구역

⑴ 세균시험 준비실 : 이 준비실은 20~40 m^2 정도의 별실로 하는 예가 많다. 방에는 다른 것으로부터 세균오염을 방지하기 위하여 살균등을 설치한다. 멸균기로부터 발생되는 증기와 배지를 제작할 때에 발생하는 냄새 대책을 위하여 환풍기를 설치한다.

공조설비는 독립된 먼지제거용의 제진여과장치가 장착된 것을 설치하는 것이 바람직하다. 고압증기멸균기, 건열멸균기와 건조기를 설치하는 장소에는 세척대와 상부에 후드(hood)가 부착된 배기장치를 설치하며, 건열멸균기와 건조기가 설치되는 장소에도 배기장치를 설치할 필요가 있다.

⑵ 세균배양실 : 배양실 넓이는 20~40 m^2 정도의 별실로 하는 예가 많다. 방에는 살균등을 설치한다.

공조설비는 독립된 먼지제거용의 제진여과장치가 부착된 것을 설치하는 것이 바람직하다. 그리고 특수한 미생물을 배양하는 경우에는 필요에 따라 무균작업대(clean bench)를 설치하는 것이 필요하다.

⑶ 검사실 : 이 시험실은 배양조작 후에 집락(colony)계수 또는 현미경에 의한 관찰 등을 하는 방이므로 세균배양실과 겸할 수 있다.

증기, 먼지 등이 없는 장소로 세균시험준비실과 세균배양실에 인접하여 별실로 설치하는 것이 바람직하다.

3) 생물시험 관리구역

⑴ 생물준비실 : 이 방의 넓이는 현미경실을 포함하여 적어도 20~40 m^2 정도로 하는 예가 많다. 생물시료 제작에는 산 등의 약품을 사용하여 처리하기 때문에 흄후드(Hume hood)가설치된 별실로 하는 것이 필요하다.

⑵ 현미경검사실 : 약품냄새, 증기, 먼지 등이 없는 장소에 별실로 만들 필요가 있다. 현미경검사대는 다른 시설로부터의 진동이 전파되지 못하게 한다.

⑶ 생물배양실 : 이 실은 생물사육배양조 등의 설치 및 설비를 갖추기 위한 적당한 높이의 설치대를 배치하며 별실로 하는 것이 요망된다. 그러나 조류 등의 무균배양은 세균시험과 공통으로 작업하게 되므로 세균시험준비실 및 세균배양실과 겸용으로 할 수 있다.

⑷ 암실 : 생물시험에서는 현미경으로 사진촬영, 사진에 의한 관측 또는 기록을 하는 경우가 많으므로 암실을 만드는 것이 필요하다.

⑸ 전자현미경실 : 자장이나 진동이 없는 장소에 구분된 20~30 m^2 정도의 독실로 하는 예가 많다. 공조설비는 실온 20±5 ℃, 습도 60 % 이하로 유지될 수 있는 것이 바람직하다. 전원은 기기특성에 맞는 것을 마련한다.

4) 기구·약품 관리구역

각 시험관리구역 공통의 기구창고와 약품창고를 설치하며 필요에 따라서는 공작실, 샤워실, 탈의실 등을 설치하는 것이 필요하다.

⑴ 기구창고 : 기기, 재료, 예비기구 등을 보관하는 장소이므로 기자재의 정리와 반·출입 등이 용이하도록 충분한 공간을 확보하며 선반 등을 정비한다.

⑵ 약품창고 : 수질시험에서는 분석용 시약 등 여러 종류의 약품을 다량 사용하기 때문에 관리상 약품창고가 필요하다. 약품창고 내의 선반을 약품종류별로 정리하기 용이한 구조로 하고 지진 등으로 약품병이 넘어지거나 떨어져서 파손되어 2차재해가 발생되지 않도록 한다. 그리고 약품으로부터 냄새가 발생하므로 환기장치를 설치한다. 또한 에테르 등의 가연성 용재 등 「소방법」에 규제되는 위험물은 법령에 의한 위험물저장 창고에 보관한다.

「유해화학물질관리법」에서 지정된 특정독극물 등의 보관을 위하여 약품창고 내에 금속으로 된 상자에 자물쇠 등을 갖춘다.

⑶ 공작실 : 간단한 장치를 제작하거나 수리하기 위한 공작대와 공작기구 등을 갖춘 구분된 방으로 먼지 등이 시험실에 들어가지 못하도록 배풍기를 설치한다.

5) 수질사무 관리구역

⑴ 사무실 : 수질시험 결과의 정리, 보고서 작성 등의 수질시험에 관련된 업무 이외에 업무협의 등도 가능하도록 고려하는 것이 바람직하다.

⑵ 자료실(도서실) : 수질과 관계가 있는 자료 및 문헌, 서적류, 정보량 등을 정리·보관 할 필요가 있으며 장래를 고려하여 충분한 공간을 확보하고 선반 등을 설치하며 열람 장소의 조명도 고려한다. 가동식 보관선반이 편리하며 가동식으로 설치하는 경우에는 선반과 서적류의 중량을 고려하여 배치한다.

⑶ 자료처리실 : 여러 종류와 여러 양식의 항목이 매일 측정되므로 자료량도 많아지며 통계처리, 자료처리의 해석에 컴퓨터 등의 OA기기가 사용된다. 그러므로 이러한 OA기기 설치장소, 부속품 등 보관장소와 작업공간을 고려하여 충분한 공간이 필요하다. 또한 쾌적한 작업환경을 위한 조명·채광 등도 고려한다.

5.27.5 수질시험실의 건축설비

건축설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 통풍, 채광, 조명 등이 충분해야 한다.
2. 전원과 가스 등은 충분한 용량을 확보하고 합리적으로 배치한다.
3. 급수설비 등은 충분한 수량과 수압을 유지하고 합리적으로 배치한다.
4. 난방설비와 냉방설비는 분진 발생, 실내공기 오염, 과도한 건조 및 습기 등이 없어야 한다.
5. 싱크대와 배수관은 내산성 및 내알칼리성으로 하고 합리적으로 배치한다.
6. 바닥은 내산성 및 내알칼리성으로 하고 견고하고 미끄러지지 않도록 한다.
7. 천정의 높이는 3.0 m 이상으로 하고 실내 바닥은 필요에 따라 2중슬래브로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 이화학시험에는 약품의 가스나 증기가 발생하며 세균시험실은 고온다습하기가 쉽다. 따라서 시험담당자의 건강관리와 기기의 보전 측면에서도 시험실은 통풍과 환기를 고려해야 한다. 가스나 증기가 발생하는 시험실에서는 흄후드(Hume hood)를 설치한다.

「산업안전보건법」에서 규정하는 특정화학물질 및 유기용재를 사용하는 시험실에서는 법령에 따라 국소배기장치를 설치한다. 이외에 증기발생원의 상부에는 강제배풍기를 설치하는 등 시험실 전체를 강제적으로 환기하는 구조로 하는 것이 필요하다.

이화학시험실에서는 육안으로 비색정량법으로 조작하는 경우도 있으므로 채광을 충분히 고려하고 차양시설은 백색 또는 회색을 사용하며 조명은 주광색형광등을 사용한다. 그리고 세균시험실과 생물시험실의 현미경검사대는 직사광선을 피하여 설치한다.

2.에 대하여 ; 시험실 열원으로서는 전기와 가스 양쪽을 설치한다.

가스전은 시험대, 통풍실, 벽 등의 필요한 위치에 필요한 만큼 설치하며, 약품에 의한 부식 등을 고려한다. 전원은 사용기기에 따라서 110 V용과 200 V용이 있으므로 유의해야 한다. 전기배선은 수질시험용 기기증설 등을 고려하여 배선용량, 콘센트용량 및 수량 등은 충분한 여유를 두고 계획한다.

콘센트는 사용기기, 시험작업에 의한 위치 및 높이를 고려하고 벽, 기둥, 시험대, 통풍실 등에 설치하며, 물을 사용할 기회가 많으므로 사용기기의 콘센트는 접지공사에 유의하고 시험대 위에 있는 콘센트는 내약품성 방수형으로 하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 급수설비는 기기류 세척 이외에 시험용 기기에 따라서는 사용할 때에 흐르는 물이 필요한 것도 있으므로 충분한 여유를 두고 설치하며, 수도꼭지도 사용목적에 따라 구경과 형식 등은 싱크대(또는 물받이)의 적절한 위치에 설치한다.

기구류의 세척에는 온수를 많이 사용하므로 온수설비는 충분한 여유가 있도록 설치하며, 온수설비를 시험실 이외의 건축설비와 공용으로 사용하는 경우에는 온수량이 부족할 경우가 있으므로 시험실 전용의 온수설비를 설치하는 것이 바람직하다.

또한 수질시험 및 기구세척용 정제수를 급수하는 경우에는 필요한 수압과 정제수제조장치의 설치장소와 배관계통을 고려한다.

4.에 대하여 ; 분석기기를 설치하는 시험실은 각 기기가 적정한 작동환경을 유지하기 위하여 페케지유니트방식 등의 냉난방설비를 설치하고, 실온관리 및 유기용매를 사용하는 실 등에서의 공기오염방지에 대하여 고려한다.

5.에 대하여 ; 시험실에서는 여러 가지 약품을 사용하는 관계로 싱크대와 배수관이 빨리 부식되는 경우가 있으므로 싱크대와 배수관 등은 내산성 및 내알칼리성의 재료를 사용한다. 급·배수설비는 일의 흐름에 따라 합리적으로 배치한다.

6.에 대하여 ; 시험실은 작업상 물이나 약품을 사용하므로 내산성 및 내알칼리성의 재질로 시험실 바닥을 마감처리하여 잘 미끄러지지 않도록 하고 또한 수밀구조로 한다.
또한 많은 물이 시험대 또는 바닥에 엎질러지는 것에 대비하여 시험대 또는 바닥을 배수(排水)할 수 있도록 고려한다.

7.에 대하여 ; 수질시험실에는 급·배수관, 가스관, 전기배선 등 많은 배관과 배선을 부설하게 되므로 천정 높이는 여유가 있도록 하고 바닥 구조는 필요에 따라 2중슬래브로 한다.

5.27.6 수질시험실의 시험설비

시험설비는 다음 각 항에 적합한 것으로 한다.
1. 시험대, 싱크대, 기구대, 기구용 선반, 약품용 선반 등은 사용목적에 따라 적정한 것을 선택하고 시험이 능률적으로 될 수 있도록 배치한다.
2. 수질관리를 위한 시험에는 각종 수질검사와 시험 및 규모에 따라 필요한 시험용기기 및 기구를 갖춘다.
3. 채수설비는 적절한 수량, 구조, 재질 등을 고려하고 정수처리에서 각 공정의 적절한 위치에 설치하여 언제나 채수할 수 있도록 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 시험대는 1.2~1.5 m×1.8~2.5 m 정도가 바람직하며, 서랍장, 시약장, 전원콘센트, 형광등, 가스전, 싱크대 등의 부속설비로 구성된다. 시험대의 상판은 내약품성이고 내열성의 재질이어야 하며 시험대의 상판(작업면)높이는 서서하는 작업과 의자에 앉아서 하는 작업 등 작업조건에 따라야 하며 동일한 시험실 내에 있는 시험대는 높이를 통일시키는 것이 바람직하다. 시험대는 시험실 면적 20 m^2당 1대가 적당하다. 또 창이 있을 경우에는 폭이 0.6~0.75 m 정도의 측면시험대를 배치하면 편리하다.

기구대와 싱크대는 적절한 크기와 대수로 하고, 기구용 및 약품보관용의 시약장은 필요한 양을 충분히 보관할 수 있도록 하며 배치는 일의 흐름에 따라 순차적이며 합리적으로 한다. 통로부분은 시료나 기구류를 실은 시험실용 손수레가 왕래할 수 있도록 1.0 m 이상의 폭으로 하는 것이 좋다.
세균시험실과 같이 배지조제, 기구멸균, 배양조작, 시·종료 등 작업의 사이클이 고정되어 있는 경우에는 일의 흐름에 맞게 시험설비를 배치하도록 고려한다.

2.에 대하여 ; 수질시험기기에 대해서는 〈표 5.27.1〉을 참고로 하여 정수처리방식에 따라 정비한다.

3.에 대하여 ; 채수설비에 대해서는 5.27.3 수질모니터링 설비를 참조한다.

5.27.7 시험실 폐액 및 배기 처리

시험실에서 발생하는 시험폐액, 폐수, 배기는 배출되는 장소의 환경이 악화되지 않도록 필요에 따라 처리한다.

【해설】

수질시험실의 폐액은 절대로 정수장의 착수정 등 수도계통으로 반송하여서는 아니 된다. 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」의 폐수배출시설에 해당하는 정수장 수질시험실 등으로부터의 배수(排水)를 공공수역에 배출하는 경우에는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」의 배출기준이 적용되므로 필요에 따라 처리해야 한다.

시험용 폐액은 산, 알칼리, 중금속, 유기용제 등의 종류마다 폴리에틸렌탱크 등에 구분하여 저장하며, 시험용 폐액으로 소용없게 된 산(pH 2 이하), 소용없게 된 알칼리(pH 12.5 이상) 등은 '지정폐기물'이기 때문에 「폐기물관리법」을 준수하여, 환경부장관의 허가를 받은 폐기물처리업자에 위탁하거나 자가처리해야 한다.

시험실의 통풍실 등으로부터 배출되는 배기가스에 산, 알칼리, 중금속, 유기용제 등이 포함될 경우에는 배출되는 지역의 환경에 영향이 없도록 필요에 따라 배기처리장치를 설치한다.

5.28 보안설비, 동결방지 대책

5.28.1 총칙

정수장은 음용수를 생산하는 곳이므로 위생상 항상 안전성이 확보되어야 할 뿐 아니라 정수처리기능을 완전한 상태로 유지하고, 유지관리하기 위한 작업 면에서도 안전성을 확보하기 위하여 보안설비를 설치해야 한다.

이러한 설비는 정수장의 위치와 규모에 따라 관계법령으로 규정되어 있는 경우도 있으므로 충분히 검토하여 계획한다. 또한 한랭지나 동절기에 시설이나 설비에 대하여 필요한 동결방지대책을 강구해야 한다.

5.28.2 보안설비

정수장에서는 건축물, 전기, 기계설비 등 보안상 당연히 필요한 설비 이외에 다음과 같은 보안설비를 갖춘다. 1. 외부로부터의 오염을 예방하기 위한 침입방지용 외곽울타리 등의 설비 2. 보안점검용 통로에는 원칙적으로 위험방지용 손잡이 또는 난간을 설치 3. 구내도로나 정기적으로 점검하는 장소에는 필요한 조명 설비 4. 밀폐된 장소에서 정기적으로 점검을 하는 장소에는 필요한 환기설비 5. 공동구(管廊)와 밸브실 등에는 필요한 배수설비 6. 그 외에 필요한 보안설비 등

【해설】

1.에 대하여 ; 정수장에 외부로부터 용이하게 출입을 하게 되면 오염방지와 위생상의 안전을 유지하는데 바람직하지 못하므로 외부울타리 등의 설비는 이를 방지하기 위하여 정수장 부지 경계에 따라 설치하며, 그 구조는 정수장 구내가 외부로부터 명확하게 분리되고 자유로운 출입이 불가능하도록 한다.
또한 수위실 등에는 경비원을 배치하고 정수장 등의 출입자를 확인하고 정기적인 순찰을 할 필요가 있으며, 필요에 따라서는 감시용 CCTV 또는 침입경보장치 등을 설치하는 것도 검토할 필요가 있다.

2.에 대하여 ; 보안점검작업은 세심한 주의가 필요하며 안전에 확실성을 갖게 하기 위하여 설비면에서도 적절한 고려가 필요하다. 추락을 방지하기 위한 난간설치, 개구부 등에는 보호망설치, 위험한 장소 등에는 출입금지조치, 배관 등의 장애요인 유무, 계단의 급경사 정도 및 폭의 치수, 천정높이 등에 대해서도 충분히 검토한다. 또한 정수장 견학자에 대한 견학로를 설정하고 초등학생을 대상으로 하는 안전시설 등을 고려하여 안전성 확보에 유의한다.

3.에 대하여 ; 정수장 내의 통로나 정기적인 감시지점이나 점검대상시설 등에는 유지관리작업에 지장이 없는 작업공간을 확보하고 필요한 조명설비를 설치한다. 그리고 국소조명을 위하여 콘센트설비도 필요에 따라 설치한다.

4.에 대하여 ; 밀폐된 장소에서도 시설과 설비의 유지관리작업을 할 수 있도록 작업환경을 정비해야 하며, 특히 밸브실, 맨홀 등을 순회점검할 경우에는 유해가스(이산화탄소, 메탄가스, 유화수소, 일산화탄소 등)의 발생이나 산소결핍공기(공기 중의 산소농도 18 % 미만인 상태)의 위험이 있으므로 환기가 필요하다. 작업을 하기 위해서는 산소농도측정기, 환기용 송풍기, 구명망, 안전대, 호흡용 보호구 등의 기구가 필요하며 이를 보관할 방과 선반을 갖춘다.

5.에 대하여 ; 공동구 등의 침수는 외부로부터의 침수와 내부로부터의 누수 등이 있으며, 이를 집수하여 외부로 배출하는 설비를 설치해야 한다. 집수부는 위치적으로 깊은 장소이므로 필요에 따라 배수(排水)펌프를 설치하고 수위에 따라 자동으로 운전・관리해야 한다.

6.에 대하여 ; 그 외에 필요한 보안시설은 관계 규정에 준하며 특히 울타리 높이, 초소, 망루 등은 발주처의 규정에 따라 시설한다.

5.28.3 동결방지 대책

정수장에는 필요에 따라 다음과 같은 동결방지대책을 강구한다.
1. 저온으로 각종 지의 수면이 결빙되거나 강설로 수중에 설빙 등이 예상되는 곳에서는 이러한 장애를 방지하기 위하여 지붕 등을 설치한다.
2. 정수장의 각 기능을 유지하기 위하여 공동구(管廊 포함), 기계실, 약품저장실 등은 보온설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 적설・한랭지에 있는 정수장에서는 일반적으로 지붕을 설치하거나 2중벽으로 하는 등 적설과 동결의 영향을 방지하고 있다. 따라서 시설배치나 구조 등에 대해서는 수리적으로나 경제적으로 충분히 검토하여 결정한다.

2.에 대하여 ; 지붕 설치만으로 동결방지대책에 만전을 기하지 못한다. 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄(PAC*l*), 수산화나트륨 등의 약품은 저장 중에 액온의 저하로 결정이 석출되고 품질이 열화되며 송액관이 폐색되는 경우가 있다. 약품농도에는 항상 주의해야 하며 액온이 결정석출 온도로 되지 않도록 약품저장실은 난방 등의 조치를 강구해야 한다.

약품배관은 필요에 따라 발포스티로폼(styrofoam) 등으로 관외면을 피복하며, 약품이 체류될 것으로 우려되는 구간에는 열선테이프 등으로 보온해야 한다. 공동구 등에 설치되는 검수펌프나 계기류의 발신기 등은 설치장소의 보온에 유의해야 한다.

펌프설비나 자가발전설비에 대해서는 급수계통의 동결에 유의하고 필요에 따라 실내는 단열구조로 하고 보온설비를 설치하며 -5 ℃ 이하로 내려가지 않도록 한다.

제 6 장

송 수 시 설

제6장 송 수 시 설

6.1 총설

6.1.1 기본사항

송수시설은 정수장에서 배수지까지 송수하는 시설로서 송수관, 송수펌프, 조정지 및 밸브 등의 부속설비로 구성된다. 송수시설에는 정수의 안전성을 확보하기 위하여 관수로에 의한 것을 원칙으로 한다. 송수방식에는 정수시설·배수시설과의 수위관계, 정수장과 배수지 사이의 지형과 지세에 따라 자연유하식, 펌프가압식 및 병용식이 있다.

송수시설은 평상시의 안정적인 급수는 물론, 사고시나 갈수 등의 비상시에도 수요자의 생활에 현저한 지장을 미치지 않을 정도의 안정성을 갖는 것이 바람직하다. 송수시설은 지형이나 지질을 면밀히 조사하여 지진이나 풍수해 등에 대하여 안정성이 높은 위치를 선정해야 하며 비상시에도 시설물의 구조에 영향이 최소화되도록 안전한 구조로 한다.

단독 정수장에서 단독 배수지로 송수하는 경우에는 장래의 유지관리도 고려하여 송수관로의 복선화를 포함한 송수시설의 안정성을 향상시키도록 해야 한다. 배수지가 여러 개인 경우에는 배수지간에 정수를 융통할 수 있도록 연결관을 설치하고 송수관의 사고 등을 고려하여 각 송수관의 송수량과 관경, 연결관의 보급수량과 관경 등을 적절히 결정한다. 또 사고시나 재해시 등에 지원급수할 수 있도록 인접된 수도사업자간에 연결관을 설치하는 것이 바람직하다.

송수시설의 내진대책에 대해서는 필요한 내진설계를 하여 구조상의 안전을 도모한다. 구릉의 법면, 연약지반이나 액상화 및 지반침하의 우려가 있는 장소에 관로를 부설하는 경우에는 4.2.5 불안정한 지반에서의 관 매설에 준하여 관종이나 조인트구조를 선정하고 지반을 개량하는 등의 조치를 한다.
자연유하식인 경우에는 자연재해 등 상수도관의 파손사고에 대비하여 정수지의 출구에 긴급차단밸브를 설치하거나, 밸브류를 원격조작할 수 있도록 하는 것도 필요하다.

시설의 감시·제어와 상호연락을 위한 여러 설비 등은 시설규모, 중요도 및 기술수준에 적합한 것이어야 하며, 유선 또는 무선에 의한 시설 운영 및 유지관리시스템 구축 등의 대책을 강구한다.

6.1.2 계획송수량

1. 송수시설의 계획송수량은 원칙적으로 계획1일최대급수량을 기준으로 한다
2. 송수시설은 노후관 개량, 누수사고, 청소 등에도 중단없이 계획 송수량을 안정적으로 공급할 수 있도록 복선화 또는 네트워크화를 구축한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 계획송수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하나 만일 정수장에서 배수지까지 송수관로로 운반되는 과정에서 누수 등의 손실량이 있을 때에는 이 손실량을 계획1일최대급수량에 가산해야 한다. 그러나 송수시설의 유지관리가 적절하면 송수량에 영향을 줄 정도의 누수가 있을 수 없으므로 특별한 경우를 제외하고는 계획송수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 한다.

계획송수량의 결정은 다음 사항을 고려해야 한다.

⑴ 기본계획을 할 경우에 계획송수량은 계획년도의 계획1일최대급수량으로 한다.

⑵ 정수장 및 배수지가 여러 개인 경우에는 급수구역 전체를 합리적으로 수운용할 수 있도록 각 송수관의 계획송수량을 결정한다.

⑶ 정수장 및 배수지가 여러 개인 경우에 계획송수량은 각 계통의 송수관이 담당하는 계획송수량에 대응할 수 있어야 하고 비상시에 다른 계통으로 보급수량에도 대응할 수 있도록 한다.

연결관의 보급수량과 관경은 배수지 용량의 수요변동, 비상시의 송·배수계통에 미치는 영향의 정도, 갈수, 관로사고, 보수 및 청소시에도 평균 급수량 이상의 수량공급과 적정수압의 확보가 가능하도록 경제적인 유속과 손실수두 등을 비교 검토하여 결정한다.

2.에 대하여 ; 송수시설은 계획송수량을 안정적으로 공급할 수 있도록 송수관로를 복선화 또는 네트워크화하여, 송수관로의 점검 및 개량과 누수사고 등 재해발생 시에도 송수를 중단하는 사례가 없도록 하여야 한다. 송수시설 규모는 복수관로 중 1열 사고 시에도 배수지 체류시간 및 복수관로 상호 연결 등을 감안하여, 1일 평균급수량 수준의 비상공급이 가능하도록 계획하여 용수공급에 안정성을 확보하여야 한다.

6.1.3 송수방식

1. 송수방식은 정수장과 배수지와의 표고차, 계획송수량의 다소 및 노선의 입지조건을 비교 검토하여 가장 바람직한 방식을 결정한다.
2. 송수는 관수로로 하는 것을 원칙으로 하되 개수로로 할 경우에는 터널 또는 수밀성의 암거로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 송수방식은 정수장과 배수지간에 수위의 고저관계에 따라 자연유하식과 펌프가압식 및 병용식이 있다.

정수장과 배수지 간에 필요한 수량을 송수하기 위하여 충분한 수위차를 확보할 수 있는 경우에는 안정성이 높고 운전관리가 용이하며 동력비가 불필요한 자연유하식이 일반적이다. 그러나 정수장이 배수지의 위치보다 낮은 경우나 필요한 수량의 송수에 충분한 수위차가 확보될 수 없는 경우에는 펌프가압식으로 하는 것이 바람직하다.

또 송수관의 도중으로부터 배수관을 직접 분기하여 배수구역내에 급수하는 것은 바람직하지 않으므

로 피해야 한다. 부득이 분기하는 경우에는 송수량의 유지관리측면, 동력비 등에 미치는 영향, 또 분기한 구역의 최소동수압을 확보할 수 있는가에 대하여 충분히 검토하여 결정해야 한다.

이러한 경우에 정수장의 송수관압을 올리면 담당하는 배수구역에서 필요동수압을 얻을 수 있을 경우에는 좋지만, 대폭적으로 송수관압을 올려야 하는 경우에는 송수관의 적당한 위치에 중간 가압펌프설비를 설치한다. 에너지 절약의 관점에서 야간에 수요량이 적은 시간대에는 배수지에 있는 가압펌프를 정지하고 배수지를 경유하지 않고 송수관으로부터 직접 배수구역으로 급수하는 방법도 있다.

자연유하식인 경우에는 지진재해 등의 비상시를 대비하여 정수지나 배수지의 유출부에 긴급차단밸브를 설치하거나 밸브류를 원격조작할 수 있도록 한다.

2.에 대하여 ; 외부로부터 오염을 방지하기 위하여 송수하는 것은 관수로에 의함을 원칙으로 하지만, 수량이 많고 터널시공이 적합한 경우에는 관로에 비하여 연장이 줄어들므로 터널에 의하여 송수하는 것이 유리할 경우도 있다. 또 이러한 경우에는 터널 단면을 크게 하여 배수지를 겸하여 사용할 수 있다.

6.1.4 송수노선

송수관의 노선은 **4.1.4 도수노선**에 준한다.

6.2 송수관

6.2.1 총칙

송수관은 통상 정수장에서 배수지까지의 단일관로로 설치된다. 송수관의 부설계획에는 수압, 토압, 외력 및 온도하중 등에 대하여 안전하고 매설환경에 적합한 관종을 선정하며 태풍이나 지진, 홍수 등 비상시에도 관로의 구조에 영향이 최소화될 수 있도록 양질인 지반의 위치를 선정한다.

기존 송수관에 대하여 유지관리의 실적, 그 밖의 정보에 따라 자연재해 등에 대해서의 안전성이 낮다고 평가되는 경우에는 보강하거나 복수계통화하는 등으로 계획한다. 계획년도 이전에 송수량이 적을 경우에는 안정되게 송수할 수 있도록 유량계와 압력조정설비를 적절히 설치한다. 기타 관로 및 부속설비의 상세한 것에 대해서는 4.2 도수관. 7.5 부속설비를 참조한다.

6.2.2 관종

송수관의 관종은 **4.2.2 관종**에 준한다.

6.2.3 관경

송수관의 관경은 **4.2.3 관경**에 준한다.

6.2.4 유속

송수관의 유속은 **4.2.4 유속**에 준한다.

6.2.5 불안정한 지반에서의 관 부설

불안정한 지반에 송수관을 부설하는 것은 **4.2.5 불안정한 지반에서의 관 매설**에 준한다.

6.2.6 매설위치 및 깊이

송수관의 매설위치 및 깊이는 **4.2.6 매설위치 및 깊이**에 준한다.

6.2.7 부속설비

송수관의 부속설비는 **7.5 부속설비**에 준한다.

6.2.8 관로보호설비

송수관로의 보호설비는 **4.2.12 관로보호설비(수격방지설비)**에 준한다.

6.2.9 신축조인트

송수관의 신축조인트는 **4.2.13 신축이음관**에 준한다.

6.2.10 관의 기초

송수관의 기초는 **4.2.14 관의 기초**에 준한다.

6.2.11 이형관 보호

송수관의 이형관 보호는 4.2.15 이형관 보호에 준한다.

6.2.12 관로의 표식

관로의 표지는 **4.2.16 관로의 표식**에 준한다.

6.2.13 전식 및 부식 방지

송수관의 전식 및 그 밖의 부식방지는 **4.2.17 전식 및 부식 방지**에 준한다.

6.2.14 수압시험

송수관의 수압시험은 **4.2.18 수압시험**에 준한다.

6.2.15 수관교와 교량첨가관

송수관의 수관교 및 교량첨가관은 **4.2.19 수관교와 교량첨가관**에 준한다.

6.2.16 하저횡단(역사이펀관)

송수관의 하저횡단은 **4.2.20 하저횡단(역사이펀관)**에 준한다.

6.2.17 해저송수관

해저송수관은 다음 각 항에 적합한 것으로 한다.
1. 관로의 선정은 부설해역 전반의 사전조사에 근거하여 결정한다.
2. 관은 부설할 때와 부설한 후의 여러 가지 하중, 양압력 및 부력 등 예상되는 하중에 대하여 안전한 구조이어야 하고 충분한 강도와 내식성 및 내마모성을 가져야 한다.
3. 원칙적으로 해저에 매설하는 것으로 하며, 필요에 따라 콘크리트블록 등을 씌워 장해로부터 보호한다.

【해설】

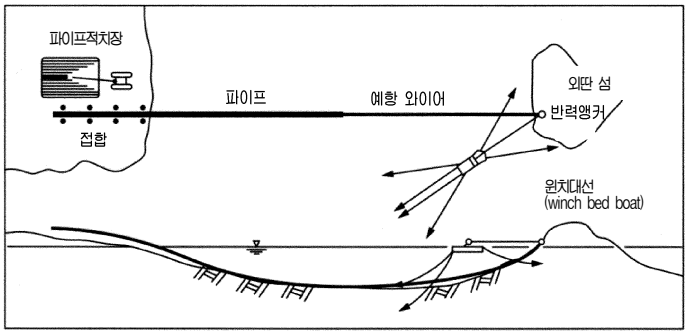
1.에 대하여 ; 해저송수관의 부설결정은 관의 강도, 부설공법, 부설시기 등에 대한 계획과 함께 사전조사 및 관계기관과의 사전협의가 공사 그 자체의 성패를 좌우하는 것으로 중요하다. 또 부설해역 전반에 걸쳐 ① 해면, ② 기상, ③ 해저의 지형, ④ 어업관계, ⑤ 양안의 상황, ⑥ 해상교통, ⑦ 해저의 매설물과 장애물 등과 같은 사항에 관하여 조사한다. 관의 매설공법으로서는 해저예항법(submarine towing method, 〔그림 6.2.1〕) 부유예항법(float towing method, 〔그림 6.2.2〕), 부설선법(laying barge method 〔그림 6.2.3〕) 등이 있다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 사용하고 있는 관종으로서 도복장강관과 덕타일주철관 및 폴리에틸렌관 등이 있다. 설계상 고려하는 하중 및 외력으로서는 다음과 같은 것이 있다.

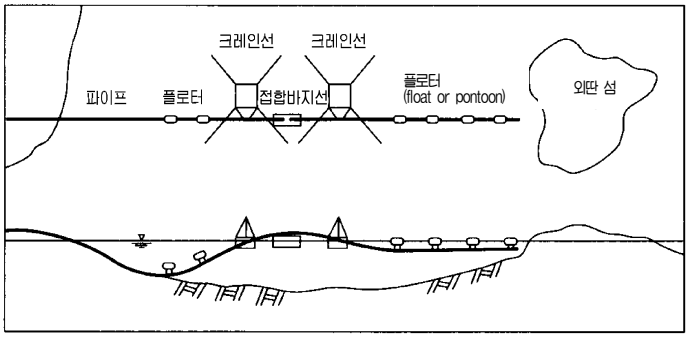
① 풍압력 ② 파력(wave force) ③ 흐름의 힘(flow force) ④ 지진력 ⑤ 토압 ⑥ 내·외압력 ⑦ 자중 및 재하중 ⑧ 부력 ⑨ 양압력 ⑩ 닻내림에 의한 충격하중 ⑪ 온도변화의 영향 ⑫ 부설시의 하중 ⑬

다른 공사에 의한 영향 ⑭ 진동의 영향.

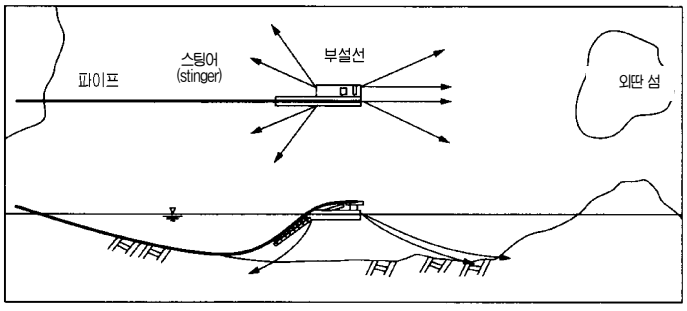
이들의 하중 및 외력은 부설 후 뿐만이 아니라 부설할 때에 발생하는 것도 있으므로 부설방법을 검토한 다음 관의 응력을 계산한다. 금속관을 사용하는 경우에는 바닷물의 강한 부식력에 견딜 수 있는 관종으로 하거나 또는 내식성과 내마모성 재료로 피복해야 하며, 전위차전지에 의한 부식을 방지하기 위하여 전기방식장치를 설치한다.



[그림 6.2.1] 해저예항법



[그림 6.2.2] 부유예항법



[그림 6.2.3] 부설선법

3.에 대하여 ; 파랑의 영향을 받는 해변, 닻내림, 닻올림의 가능성이 있는 해상교통로 및 어업해역에서는 필요한 깊이에 관을 매설해야 하며, 콘크리트블록 등을 피하여 충분히 보호해야 한다.
관을 보호하기 위하여 해저의 보호구역 지정, 보호구역의 표식 설치 및 보호표식의 공시 등에 관하여 관계기관과 협의한 다음 필요한 조치를 강구한다.

불의의 사태로 관로가 파손된 경우에는 조속히 양쪽 해안에 있는 차단밸브를 닫고서 파손상황을 확인하여 적절한 조치를 취한다. 관로를 보수하는 방법으로서는 파손정도에 따르지만 다음과 같은 방법이 있다.

⑴ 파손장소를 절단철거하고 새로운 관을 설치하여 메카니컬조인트나 용접 등에 의하여 수중 접속한다.

⑵ 파손장소를 해저에서 인양하여 작업선 등의 위에서 보수한다.

6.2.18 추진공법

송수관의 추진공법은 **4.2.22 추진공법**에 준한다.

6.2.19 쉬일드공법

송수관의 쉬일드공법은 **4.2.23 쉬일드(shield)공법**에 준한다.

6.2.20 펌프설비

송수관의 펌프설비는 **8.2 펌프설비**에 준한다.

6.3 조정지

광역상수도와 같이 여러 수도사업자에게 정수를 공급하는 광역상수도사업자는 물을 받는 수도사업자측의 배수지 등 시설상황 및 장래 계획들을 고려하여 적절한 용량의 조정지를 설치할 수 있다.

【해설】

조정지란 수도사업자가 정수를 저장하고 송수를 조정하기 위하여 또는 비상시를 대비하여 송수시설의 도중 또는 말단에 설치하는 일종의 배수지를 말한다.

평상시에 안정되게 송수하기 위해서는 물을 받는 쪽의 수량변동에 안정적으로 대처할 수 있는 용량이 필요하며 갈수·원수수질사고·정전사고·기타의 비상시에도 수요 송수량을 조정할 수 있는 용량으로 한다.

조정지의 유효용량은 실적으로서는 계획수량의 1~10시간분 정도이지만, 송수량의 시간변동이나 비

상시의 수운용방법 등과 물을 받는 쪽의 배수지 용량 및 앞으로의 정비계획을 고려하여 여유수량을 갖도록 결정한다.

정수공급사업자는 물을 받는 지점의 분포상황, 배수지의 위치, 용량, 지형, 지세, 건설비, 유지관리의 용이성 등에 관하여 검토한 후, 조정지의 용량을 증대하여 물을 받는 쪽의 배수지 용량에 대한 증대분을 흡수하거나, 또는 물을 받는 쪽에서 독자적으로 배수지를 증대시킬 것인가를 잘 협의해야 한다.

또 구조 및 비상시 대비용량에 대해서는 5.9.2 구조와 수위 및 7.2.3 용량을 참조한다.

용수공급업무의 원활화와 적정화를 기하기 위하여 정수공급사업자와 물을 받는 수도사업자 간의 협약서 등에 의하여 다음과 같은 항목을 명시한 계약을 체결해 두는 것이 필요하다.

① 급수지점
② 급수량 및 그 계산방법, 인정기준
③ 급수량 조정의 일시, 방법, 연간 및 월간 수수량의 신청방법
④ 공급하는 수돗물의 수질(pH, 잔류염소 등)
⑤ 수질을 감시하기 위한 검사항목 및 빈도
⑥ 평상시 및 비상시의 상호연락처
⑦ 배관·계측제어설비 등의 관리 경계점(도면을 첨부)
⑧ 수질관리 경계점
⑨ 수량의 계측에 사용하는 유량계의 종류
⑩ 기타 필요한 사항

제 7 장

배 수 시 설

제7장 배 수 시 설

7.1 총설

7.1.1 기본사항

배수시설은 정수를 저류, 수송, 분배, 공급하는 기능을 가지며 배수지, 배수탑, 고가탱크(이하 「배수지 등」이라 한다), 배수관, 펌프 및 밸브와 기타 부속설비로 구성된다. 배수시설은 합리적인 계획으로 배치하여 시간적으로 변동하는 수요량에 대하여 적정한 압력으로 연속적이면서 안정적으로 공급하는 것은 물론, 유지관리가 효율적이고 용이한 것이어야 한다. 또한 배수과정에서 정수가 오염되거나 변질되지 않도록 수질을 적절하게 유지하고 관리해야 한다. 더욱이 소방용수를 고려하여 시설을 설계하고 배치하는 것도 중요하므로 함께 배려해야 한다.

배수시설을 계획할 때에는 배수시설의 신설 및 개량시를 불문하고 사전조사와 검토를 충분히 한 다음 정비계획을 세워야 하고, 평상시의 안정급수 확보는 물론 수량공급체제를 정비하여 지진, 갈수 등의 재해 및 정전, 관로파손 등 사고시에도 수요자에 대한 급수공급에 지장을 최소화하여 필요한 물을 공급할 수 있는 안정성 높은 시설 구축을 목표로 해야 한다.

특히 배수시설은 광범위하게 설치되며 복잡하고 다양한 자연환경에서 설치되므로 기능이나 능력의 경년열화에 따른 고장이나 사고의 발생빈도가 높기 때문에 계획적으로 개량하여 급수의 안정성을 높일 필요가 있다.

이러한 관점에서 배수시설을 계획하고 정비할 때에 설계상의 기본적인 사항을 기술하면 대략 다음과 같다.

1. 배수지 등의 적정배치와 용량의 적정화

배수지 등은 배수량의 시간변동을 조절하는 기능을 가짐과 동시에 단수 등의 비상시에는 그 저류량을 이용하여 수요자에 대한 단수의 영향을 없애거나 또는 경감하는 큰 역할을 지니고 있다. 따라서 배수지 등은 평상시의 안정급수와 비상시의 비상용수공급 양면에서 그 배치와 용량 및 구조 등에 대하여 충분히 검토한 다음 적절하게 계획한다.

1) 배치에 관해서는 가급적 급수구역의 근방이나 중앙에 가깝고 배수상 유리한 높은 장소가 있으면 그러한 장소를 선정하여 배치하는 것이 기본이다. 그러나 한개 배수지만으로는 지형이나 지세조건에서 배수관압의 균형을 유지할 수 없는 경우가 많고 또한 이상시의 대응이 불충분한 경우도 많다. 이와 같은 경우에는 지역의 특성과 배수관망의 구성 등을 충분히 고려한 다음 여러 개의 배수지를 분산 배치할 필요도 있다.

2) 용량에 대해서는 시간변동조정용량, 비상시대처용량, 소화용수량 등을 고려하여 계획1일최대급수량의 12 시간분 이상을 표준으로 하여야 하며 배수구역의 물 사용형태, 지역의 특성, 시설의 규모, 상수도시설의 전반적 배치상황 등을 종합적으로 검토하여 가능한 한 정수장의 운전중지나 송수관의 단수 또는 원수의 수질사고 등과 같은 비상시에도 수요자에게 복구시간에도 단수없이 급수할 수 있도록 각 수도사업자의 실정에 따라 배수지 용량을 설정한다.

3) 구조에 대해서는 내구성, 내진성, 수밀성 등을 확보할 수 있도록 충분히 검토해야 한다. 또한 시설물의 배치에는 가능한 한 안정되고 견고한 지반의 장소를 선정한다.

2. 배수관의 정비

배수관은 정수를 수송, 분배, 공급하는 기능을 가지며 평상시에는 적정한 수압으로 안정적으로 공급하고 비상시에도 물을 가급적 안정적으로 공급할 수 있도록 정비하는 것이 필요하다. 급수구역은 구역내의 물수요 실태나 지형, 지세에 따라 단일 또는 복수의 배수계통으로 구성되는데, 평상시 안정급수 확보 및 비상시의 응급급수대책을 위해서는 급수구역이 자연적으로나 사회적 조건에 맞도록 적절한 배수계통으로 구성된 관망을 형성하고 있어야 하며, 유지관리가 용이하고 또한 관내의 수질을 충분히 유지할 수 있도록 블록시스템(block system)으로 정비하여 구축하는 것이 좋다.

한편, 배수관은 배수본관과 배수지관으로 분류된다. 배수본관은 정수를 배수지관에 수송하고 분배하는 역할을 하며 원칙적으로 급수관 분기는 하지 않는다. 배수지관은 배수본관에서 분기되며 수요자에게 직접 공급기능을 담당하는 급수관을 분기한다. 이와 같은 관점에서 배수관을 계획할 때에 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 일반사항

⑴ 관내에서 부압이 생기지 않도록 필요한 조치를 강구한다.

⑵ 매설환경에 따라 적절한 관종 및 연결방식을 선택해야 하며 필요에 따라서 부식을 방지하기 위한 조치를 강구한다. 또한 내진성을 강화한다.

⑶ 비상시에도 단수 등 급수에 대한 영향을 가능한 한 최소화할 수 있도록 제수밸브 및 비상시 연결관로를 설치하는 등 필요한 조치를 강구한다.

⑷ 지역의 특성과 상황에 따라 직결급수의 범위를 확대하는 것 등을 고려하여 최소동수압을 결정한다. 또한 수압의 기준점은 지표면상으로 한다.

⑸ 매설심도에 대해서는 동결심도, 차량하중, 유지관리의 용이성, 공사비용의 절감 및 환경문제 등을 고려하여 설정한다.

2) 배수본관

⑴ 배수본관은 단순한 수지상(樹枝狀) 배관으로 하지 말고 가능한 한 상호 연결된 관망형태로 구성하지만, 상호연결이 불가능할 경우에는 복선화도 고려하여 비상시 대응능력을 확보한다.

⑵ 배수본관의 통수능력은 분담하는 배수구역내의 물 수요에 대응할 수 있을 뿐만이 아니라 비상시 등을 예측한 시뮬레이션(simulation)에 의하여 인접배수구역에 보급할 수 있도록 여유를 갖는

것이 바람직하다. 인접배수구역에 대한 비상시의 공급수량은 시설능력과 배수구역의 특성 등 구체적 사항을 검토하여 결정한다.

⑶ 배수지가 서로 다른 배수계통의 배수본관과 상호 연결하여 평상시나 비상시에 계통 상호간에 수량을 소통할 수 있도록 한다. 또한 인접된 배수블록을 연결하여 상호 융통할 수 있도록 한다.

⑷ 중요한 배수본관은 배수시설의 신뢰성을 높이기 위하여 2계열 이상으로 하는 등의 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

⑸ 인접된 수도사업자의 배수본관이나 송수관과 상호 연결하여 비상시에 상호 융통할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

3) 배수지관

⑴ 배수지관은 지형과 지세에 적합하고 적당한 넓이를 지닌 배수블록을 형성하도록 한다. 또 관말 등에 물이 정체될 우려가 있는 관망배치는 되도록 피한다.

⑵ 인접된 배수블록간을 연결하는 배수지관에는 밸브를 설치하여 물의 흐름을 차단함과 동시에 상호 융통할 수 있도록 한다.

⑶ 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 150 kPa(약 1.53 kgf/cm^2) 이상의 적정한 수압을 확보한다. 다만, 지형조건에 따라 국소적으로 이 값을 밑도는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치되는 경우에는 문제가 없다. 소화전을 방수(放水)하여 사용할 경우에도 배수관내에서 적정수압이 확보되어야 한다. 더욱이 직결급수의 범위확대나 역류방지를 고려하여 화재시에도 100 kPa(약 1 kgf/cm^2) 정도의 동수압을 확보할 수 있으면 이상적이다.

⑷ 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최대정수압은 700 kPa(약 7.1 kgf/cm^2)를 넘지 않도록 한다. 다만, 지형조건으로부터 국소적으로 이 값을 넘는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 감압밸브를 설치하는 등의 조치가 되어 있는 경우에는 문제가 없다.

3. 부속설비의 정비

배수관은 그 부속설비(차단용 밸브, 제어용 밸브, 공기밸브, 감압밸브, 배수(排水)설비, 소화전, 유량계, 압력계 등)의 적절한 작동으로 배수관의 기능을 유효하게 발휘할 수 있다. 따라서 부속설비는 목적에 적합한 것을 선정하고 이러한 설비들은 최적 위치에 설치하며 또한 효율적이고 용이하게 유지관리할 수 있도록 정비한다.

따라서 목적에 적합한 것을 선정하고 이를 배수관의 적절한 장소에 설치해야 하며 설치된 설비로부터 수집된 수량과 수압, 수질 등의 정보에 대해서는 이것을 적절히 관리하는 시스템을 구축하는 것이 필요하다.

4. 펌프설비의 정비

펌프설비는 배수지에서 펌프가압식으로 배수하는 경우, 또는 배수지, 배수탑, 고가탱크 등에 양수하는 경우, 또는 배수구역의 일부를 가압하는 경우 등에 사용된다. 펌프의 형식과 제어방법에는 여러 가지가 있지만, 펌프설비의 정비에 대하여 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 펌프의 용량, 대수 및 형식은 수요량의 시간적 변동 및 사용조건에 따라 안정되게 배수할 수 있

는 것으로 한다.

2) 펌프에는 예비기를 반드시 설치해야 한다. 다만, 펌프가 정지되었을 때에도 급수에 지장이 없는 경우에는 그러하지 않는다.

3) 펌프의 급정지에 의하여 수격작용이 발생할 우려가 있을 경우에는 수격을 경감하기 위하여 필요한 조치를 강구한다.

5. 수질의 유지

정수시설에서 생산된 정수는 배수시설을 경유하여 수요자의 수도꼭지에 이른다. 이 때문에 배수시설이 외부로부터 오염되는 것을 방지하는 것은 당연하지만, 배수시설 그 자체에서도 수질이 나빠지지 않도록 충분히 대책이 강구되어야 한다.

정수가 수질기준에 적합하며 또한 잔류염소가 목표치(수질기준치)에 있는가를 감시할 수 있도록 배수시설의 주요지점에는 채수설비를 설치해야 하며 필요에 따라 자동수질계측기 등을 설치한다. 수돗물이 배수되는 도중에 잔류염소가 감소될 것으로 예측되는 경우에는 배수지 또는 배수관 등의 배수도중에 추가소독설비를 설치하여야 한다.

배수시설을 계획할 때에 수질유지를 위하여 기본적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 배수지 등

⑴ 배수지를 정비하고 배수구역을 조정하고 사용용량을 적정화하여 과대한 체류시간이 되지 않도록 한다. 또한 배수지에서 장기간 체류함으로써 수질이 나빠지거나 트리할로메탄 등의 소독부산물이 증가하는 경우가 있으므로 배수구역의 규모나 관망의 상황에 따라 배수지의 사용용량을 조정하여 수질이 나빠지는 것을 방지하여야 한다.

⑵ 체류수나 단락류가 발생하지 않도록 유입부와 유출부의 위치를 적절하게 정해야 하며 필요에 따라 격벽이나 도류벽 등을 설치한다.

⑶ 정수에 접하는 관로 및 철물 등 부속설비는 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 재질과 도장재를 사용한다.

⑷ 배수지의 내면에 대한 방수 및 방식도장으로서는 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 재질을 사용한다.

2) 배수관

⑴ 관경을 적정하게 하여 과대한 체류시간이 발생하지 않도록 한다.

⑵ 어쩔 수 없이 관망을 구성하지 못하고 있는 배수지관의 관말은 물의 정체에 의한 수질악화를 초래할 우려가 있으므로 방류설비를 설치한다.

⑶ 배수관의 내면이 라이닝되지 않은 것은 물론, 시간이 경과함에 따라 도장이나 라이닝이 노후화된 관로는 녹 등에 의한 적수발생의 가능성이 높기 때문에 교체부설 등을 검토하여 계획적으로 개량하고 갱신한다.

⑷ 공사나 그 밖의 요인으로 인하여 배수지관내에 토사 등 협잡물이 혼입되지 않도록 수질유지에 만전을 기해야 한다. 하천 부근의 적당한 장소를 선정하여 계획적으로 배수(排水)설비를 설치하는

것이 바람직하다.

6. 관로의 정보관리

정보관리는 정확하고 신속하게 처리할 수 있어야 하고 추가나 보정이 용이하며 장기적으로 안정되게 보관할 수 있는 것이 좋다. 또한 취급이 용이하고 체계적으로 정비되어 있는 것도 중요하다.

따라서 정보의 관리방법을 결정하는 경우에는 각 수도사업자의 시설규모, 정보의 수집정도, 사용목적에 맞추어서 가장 이용하기 쉬운 방법을 선택하여 정비해 두는 것이 바람직하다.

일반적으로 이루어지고 있는 관망도의 관리방법으로서는 관리도면, 대장, 마이크로필름, 도면전산화시스템(computer mapping system) 등이 있으며, 관망 내에서의 수량, 수질, 수압 및 부속설비 등에 대한 측정 및 속성정보에 대한 관리와 최적운영을 위하여 관망정보관리시스템의 구축 등이 필요하다.

7.1.2 배수구역의 설정

> 배수구역은 지형과 지세 등의 자연적 조건 및 사회적 조건을 고려하여 합리적이고 경제적인 시설운용 및 시설관리가 가능하도록 설정한다.

【해설】

배수구역은 배수지 및 관망 등을 중심으로 하여 형성되는 것이 일반적이다. 배수구역을 설정할 때의 기본은 평상시의 수요량 변동에 따라 적정한 수압으로 연속적이며 안정적으로 급수할 수 있어야 하며, 또한 비상시에도 급수에 대한 영향을 최소한으로 한정할 수 있도록 설정되어야 한다. 이러한 이유로 배수구역은 전체 급수구역을 알맞게 분할하여 적당한 넓이를 가지도록 하는 것이 필요하다. 더욱이 단독 배수구역은 물론 배수구역 상호간에도 합리적이고 경제적인 수운용 및 시설관리를 할 수 있도록 설정한다. 배수구역을 설정할 때에는 물수요의 실태 등 사회적 조건, 지세 등의 자연조건 및 수원이나 정수장의 위치 등을 배려하여 배수구역 상호간에 합리적이고 경제적으로 수운용 및 시설관리를 할 수 있도록 한다. 지형적으로 기복이 심한 경우에는 표고에 따라 고구, 중구, 저구 등의 구역을 설정한다.

여러 가지 조건을 고려하여 설정하더라도 상당히 넓은 구역을 갖는 경우가 많으며 지형의 고저가 어느 정도 혼재되는 것은 피할 수 없다. 이러한 이유로 관로의 유지관리가 복잡해지거나 또는 비상시에 충분하게 대응할 수 없는 등 시설계획을 입안할 때에 현황과 정확하게 맞출 수 없는 문제가 발생하기 쉽다.

이러한 것들을 해결하는 방안으로서 배수구역을 더욱 작게 분할하여 관리하는 블록화가 유효하다. 일반적으로 블록이라고 하는 것에는 배수구역을 평면 및 표고에 따라 분할한 배수본관으로 구성되는 배수블록과, 이것을 더욱 세분한 배수지관으로 구성되는 배수지관망 블록이 있다(〔그림 7.1.1〕 블록화 개념도 참조).특히 급수체계조정 등과 같이 광역적인 블록화(또는 블록시스템 구축사업)시에는 블록화

를 하는 기본방향과 기본목적 등이 지역적인 상황에 따라 상블록이므로 이에 대한 충분한 조사와 관망 기술진단 등과 같은 평가 등에 의해 구체적인 계획을 통해 블록화 사업의 목표달성을 위해 노력해야 한다. 또한 블록규모 및 주입점의 개소수 등의 자세한 내용은 환경부의 "관망진단 매뉴얼" 및 "유수율 제고사업 추진 매뉴얼"을 참조한다.

블록화의 구체적인 이점은 다음과 같다.

1. 현황파악의 용이성

1) 감시기기를 적절하게 설치할 수 있으므로 수운용정보(유량, 수압, 유향, 수질 등)를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 정보수집과 관리 및 분석 등이 용이하다.
2) 물의 수요변동을 지역별로 파악할 수 있으므로 수요예측이 용이하다.
3) 신설, 개량, 교체 등의 배수관정비를 계획적이고 합리적으로 할 수 있다.

2. 평상시의 배수관리와 유지관리의 수준향상

1) 수압관리, 수량관리, 수질관리가 용이하다.
2) 감압구역이나 가압구역을 합리적으로 설정할 수 있고, 감압이나 가압에 필요하여 설치된 설비들을 효율적으로 운용하며 에너지를 절약할 수 있다.
3) 누수지점과 누수량 파악이 용이하며, 효율적으로 누수를 조사할 수 있다. 특히 누수수리에 따른 단수구역을 최소화할 수가 있다.

3. 비상시의 대응능력 향상

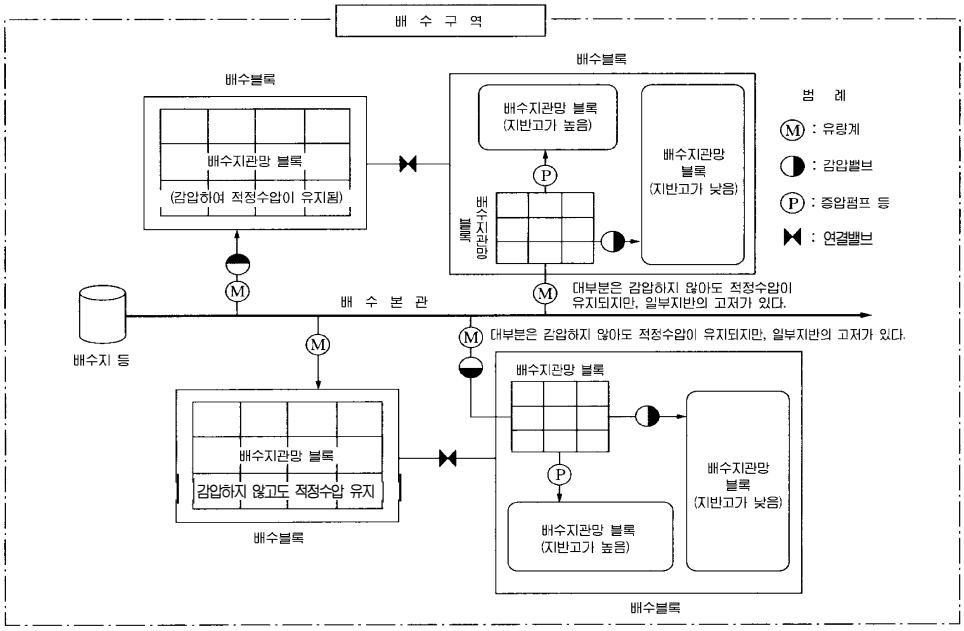
1) 블록간에 상호 융통할 수 있으므로 재해나 사고 등에 대처하기 쉽다.
2) 재해나 사고 등의 영향범위를 극소화할 수 있으며 그 영향범위도 쉽게 파악할 수 있다. 또한 미리 재해나 사고시의 영향을 예측할 수 있다.
3) 재해나 사고 등을 조기에 복구할 수 있다.

4. 기타

1) 수압과 수량을 충분히 관리할 수 있기 때문에 직결급수제도를 도입하고 확대하기가 용이하다.
2) 블록별 사용수량을 파악함으로써 배수량 분석 등에 효과를 발휘한다.

블록화의 계획이나 실시를 위해서는 블록의 경계에서 체류수 및 잔류염소저감, 블록설정시의 적수 발생, 관망정비나 감시기기의 설치에 관한 비용 등 검토해야 할 과제나 문제점이 있다는 것에 유의한다.

소규모 수도나 배수관망이 복잡하지 않은 지역인 경우에는 배수지관망을 블록으로 세분화하는 것보다 표고에 따른 구역설정이나 급수구역 내에 부분적으로 가압구역 또는 감압구역을 설정하는 쪽이 합리적인 경우가 많다.



[그림 7.1.1] 블록화의 개념도

7.1.3 계획배수량

계획배수량은 원칙적으로 해당 배수구역의 계획시간최대배수량으로 한다.

【해설】

계획배수량은 1 시간당 수량으로 나타내며 각각의 배수관이 담당하는 계획배수구역의 계획1일최대급수시에 시간최대배수량이다. 계획시간최대배수량은 그 배수구역내의 계획급수인구가 그 시간대에 최대량의 물을 사용한다고 가정하여 계획1일최대급수량일 때의 시간평균배수량에 시간계수를 곱하여 결정한다.

계획시간최대배수량의 식은 다음과 같다.

$$q = K \times \frac{Q}{24} \quad \cdots\cdots (7.1.1)$$

여기서,

q : 계획시간최대배수량(m^3/h)

Q : 계획1일최대급수량(m^3/d)

$\frac{Q}{24}$: 시간평균배수량(m^3/h)

K : 시간계수(계획시간최대배수량의 시간평균배수량에 대한 비율)

계획시간최대배수량은 배수관의 관경결정에 기초가 되는 수량이고, 위의 식에 따라 수리계산하여 적정한 관내 동수압이 확보되도록 하며, 수압분포를 가능한 한 균등하게 유지할 수 있도록 하고 적정한

관내유속도 확보할 수 있도록 유의하여 배수관의 관경을 설정해야 한다.

급수관을 분기하는 배수지관에 대해서는 원칙적으로 분기개소의 관내동수압을 150 kPa(약 1.53 kgf/cm^2) 이상으로 유지하는 것이 필요하며 3층 이상에 직결급수를 하는 경우에는 보다 높은 관내동수압을 필요로 한다.

소규모의 수도 및 배수량이 적은 지역에서는 소화용수량의 영향이 크기 때문에 화재시의 배수량으로 배수관경이 결정되는 경우도 있다. 소화용수량을 고려한 배수관의 설계에 대해서는 7.1.5 소화용수량을 참조한다.

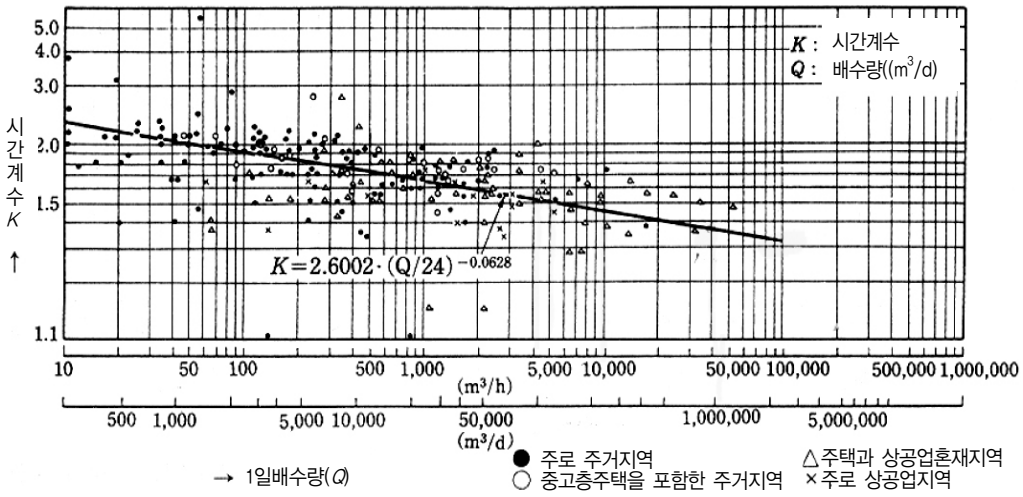
7.1.4 시간계수

계획시간최대배수량을 산정할 때의 시간계수는 현재까지의 실적 또는 유사지역의 실적을 조사하여 결정한다.

【해설】

시간계수는 급수구역 내에 주야간의 인구변동, 공장, 사업소 등에 의한 사용형태, 또한 관광지 등의 계절적 인구이동에 의하여 변화하며 1일최대급수량이 클수록 시간계수는 작아지는 경향이 있다.
따라서 각 도시나 배수블록의 물 사용실태를 조사한 실적이나 유사한 도시의 실적을 근거로 하여 시간계수를 적용하는 것이 바람직하다.

참고로 현재 국내자료의 확보가 어려운 이유로 일본의 1일 배수량과 시간계수와의 관계 그래프를 〔그림 7.1.2〕에 나타내었다. 그러나 이와 같은 시간계수와 배수량과의 관계는 해당지역 또는 유사지역에서의 실측조사에 의한 결과를 반드시 비교, 검토하여 결정해야 한다.



[그림 7.1.2] 1일배수량과 시간계수의 관계 예

7.1.5 소화용수량

소화용수량은 다음 각 항을 기준으로 한다.

1. 도시의 성격, 소방시설, 인구밀도, 내화성 건축물의 비율, 기상조건 등을 고려한다.
2. 배수지가 담당할 계획급수구역내의 계획급수인구가 5만 명 이하일 때에는 원칙적으로 배수지 용량 설계시에 소화용수량을 <표 7.1.1>에 표시한 수량 이상으로 가산한다. 다만, 상수도 이외에서 소화용수 공급이 가능한 경우는 예외로 한다.
3. 배수관이 담당할 계획급수구역내의 계획급수인구가 10만 명 이하일 때에는 원칙적으로 배수관의 관경설계시 소화용수량을 <표 7.1.2>에 표시한 수량 이상을 가산하여 검토한다. 다만, 상수도 이외에서 소화용수공급이 가능한 경우에는 예외로 한다.
4. 소화전 한 개의 방수량은 1 m^3/min 이상을 기준으로 하고 동시에 개방하는 소화전의 수는 <표 7.1.2>를 기준으로 정한다.

【해설】

「소방기본법 시행규칙」 제6조(소방용수시설의 설치기준)에 의하면 소화전을 설치하는 배수관의 관경 및 설치간격이 정해져 있는데, 이 기준에 맞추어 시설을 설치하면 소규모 상수도나 소량을 배수하고 있는 지역에서는 배수관 용량이 과대해져서 비경제적이며 또한 관내 유속이 현저히 작아지며 수질이 악화될 우려가 있다. 한편, 화재시에 소방용수는 소화전 이외에 방화수조 및 하천이나 호소 등의 자연수를 이용할 수도 있으므로 이를 고려하면서 소화전을 배치한다.

더욱이 150 mm 이상의 배수관에 장치하는 것은 배수관의 동일계통에 설치되어 있는 소화전 중 몇 개의 소화전을 동시에 개전한 경우에도 그 각각이 소정의 급수능력을 발휘할 수 있도록 정한 것이다.

소화용수량은 인구, 기상조건, 건폐율, 건축물의 구조 등에 의하여 변하기 때문에 시가지(건축물이 밀집된 지역 중 평균건폐율이 10 % 이상인 곳이 연속된 구역에서 그 구역내의 인구가 10,000명 이상인 곳), 밀집지(건축물이 밀집된 지역 중 평균건폐율이 대략 10 % 이상인 곳이 연속된 구역에서 그 구역내의 인구가 100명 이상 10,000명 미만인 곳), 이들에 해당되지 않는 지역(평균건폐율 10 % 미만인 산재된 주거지역, 인구 100명 미만인 소규모 집락 등)별로 고려하고, 호텔이나 여관 등이 많은 도시에서는 특별히 이러한 사항을 감안하여 정한다.

1.에 대하여 ; 도시의 성격은 여러 가지 경우를 상정할 수 있으며 상수도 이외에서 소방용수 이용가능량, 도로정비의 양부, 가연성 건축물의 비율, 화재가 발생하기 쉬운 시설의 유무 등을 기준으로 하여 소화용수량을 배려한다.

또 소방시설에 상응하여 소화전의 상태에 따라 소화용수량을 정한다. 인구밀도가 큰 곳이나 내화성 건축물의 비율이 낮은 곳 또는 기상조건이 나쁜 곳은 자연히 소화용수가 많이 필요하다.

2.에 대하여 ; 소규모 상수도에서는 소화용수량의 일반배수량에 대한 비율이 크고 화재시에 소화용수를 사용한 경우에 일반급수에 지장을 주지 않아야 하므로 계획급수인구가 50,000 명 이하의 소도시에서는 소화용수량을 가산해야 한다.

〈표 7.1.1〉 배수지 용량에 가산할 인구별 소화용수량

인구(만명)	소화용수량(m^3)	인구(만명)	소화용수량(m^3)
0.5 이하	50	3 이하	300
1 〃	100	4 〃	350
2 〃	200	5 〃	400

비고 : 인구 만명 이하는 반올림한 수임.

〈표 7.1.2〉 계획1일최대급수량에 가산할 인구별 소화용수량

인구(만명)	소화용수량(m^3/min)	인구(만명)	소화용수량(m^3/min)
0.5 미만	1 이상	6 미만	8 이상
1 〃	2 이상	7 〃	8 이상
2 〃	4 이상	8 〃	9 이상
3 〃	5 이상	9 〃	9 이상
4 〃	6 이상	10 〃	10 이상
5 〃	7 이상		

비고 : 인구 만명 이상은 반올림한 수임.

3.에 대하여 ; 화재시의 배수량은 계획1일최대급수시의 시간평균배수량에 소화용수량을 가산한 수량으로 한다. 일반적으로 담당급수인구가 100,000명 이상인 배수관에서는 1일최대급수량의 1시간당 수량에 소화용수량을 가산한 수량보다도 시간최대배수량이 많은 것이 통례인데, 담당급수인구가 100,000명 이하인 배수관에서는 〈표 7.1.2〉의 소화용수량을 가산하여 관경을 설계한다. 〈표 7.1.2〉는 시가지의 소화전이 동시 개전하는 수와 인구와의 관계이므로 타당하다고 생각되는 소화용수량의 표준을 정한 것이다.

한편, 건축물이 화재시에 다량의 방수를 요하는 경우나 건축물의 평균규모가 큰 지역에서는 특별히 비율증가를 고려한다.

화재시 확보해야 할 소화용수량의 예를 제시하면 다음과 같다.

계획년도의 급수인구 : 15,000명

계획1인1일 최대급수량 : 500 L/d

가산할 소화용수량 : 4 m^3/min (〈표 7.1.2〉에서)

이 때의 계획배수량을 계산해 보면 다음과 같다.

계획1일 최대급수량= 500 L/명 × 15,000명

= 7,500 m^3/d

시간평균배수량 = 7,500 m^3/d÷ 24h

= 312.5 m^3/h

≒ 312 m^3/h

화재시 계획배수량=312 m^3/h+(4 m^3/min×60)

= 552 m^3/h

비교를 위하여 시간계수를 1.5로 가정한 경우에 계획시간최대배수량을 계산하면 다음과 같다.

시간최대배수량 = 312 m^3/h × 1.5

= 468 m^3/h

상기의 계산 예에 의하면, 배수관의 관경을 설계할 때에 화재시의 배수량을 사용하고 가장 배수량이 많은 하절기의 시간최대배수시에 화재가 발생하였을 경우에 급수에 약간의 영향이 있지만, 충분히 소화목적을 이루는 것으로 생각된다.

4.에 대하여 ; 시가지에서 동시 개전하는 소화전의 수는 1 전당 방수량을 1 m^3/min으로 〈표 7.1.2〉에서 구한다. 또한 1화점에 동시 개전수는 적어도 5 전이 집중 방수하도록 하고 구역 내 급수인구 40,000 명 이상인 경우에는 화점을 분할하여 생각한다.

방수가능량이 2 m^3/min 이상인 경우에는 동시 개방소화전의 수를 3개수전 정도로 하면 좋다. 방수가능량 1 m^3/min급의 소화전을 2기 확보하는 것보다도 1기로 2배의 방수량을 확보하는 쪽이 유리한 경우도 있다.

소규모 수도 등에서는 소화전 1 전의 방수량을 1 m^3/min, 동시 개방하는 소화전 1 전을 표준으로 한다. 다만, 가옥의 밀집도, 기상조건, 수도이외의 소방수리 및 소방펌프능력을 고려하여 전기 표준에 의할 필요가 없는 구역에서는 〈표 7.1.3〉에 의할 수 있다.

화재시의 동수압은 동력소방펌프를 사용하는 경우에도 화점(원칙으로서 최말단소화전의 위치)에서 정압인 동시에 배수관내에 항상 정압을 유지해야 한다.

〈표 7.1.3〉 소규모수도에서 사용하는 소화전 및 사용수량

사용하는 소화전(mm)	사용수량(m^3/min)
단구소화전 65	0.50
소형소화전 50	0.26
소형소화전 40	0.12

7.1.6 배수시설의 배치

배수시설의 배치는 다음 각 항에 따른다.

1. 배수구역내의 지형과 지세에 적합하게 한다.
2. 관망을 정비하기 위하여 배수관 및 부속설비를 적정하게 배치한다.
3. 합리적이고 경제적으로 시설을 운용할 수 있도록 한다.
4. 유지관리가 용이하고 관리비가 경제적이어야 한다.
5. 인접하는 다른 수도사업자 등의 배수본관이나 송수관과 비상연결관을 연결하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수시설은 물이 갖는 위치에너지(potential energy)를 최대한으로 활용하고 전력비 등을 절감하여 에너지를 절약할 수 있도록 배치하는 것이 가장 이상적이다. 또한 일정한 배수량에 대하여 배수하는 거리를 짧게 할수록 배수관의 관경을 작게 할 수 있다.

따라서 배수구역의 근방 또는 중앙부 및 중앙부에 가까운 적당한 높은 장소가 있으면, 거기에 배수지 등을 설치하여 자연유하식으로 배수하는 것이 합리적이다. 배수시설의 배치계획에서는 각 사업자의 장기계획 등을 고려하고 배수시설의 장래를 전망한 다음에 지형과 지세에 적합한 것으로 한다.

2.에 대하여 ; 배수본관은 각 배수구역에 필요한 수량을 적정한 수압으로 보내며 또한 배수지관망에 합리적으로 접속할 수 있도록 배치한다.

이러한 이유로 배수본관은 배수구역의 중앙부 부근을 종단 또는 횡단하는 도로에 따라 배수량의 수송과 분배에 유리한 간선으로 배치하며, 이 간선으로 되는 배수본관으로부터 개개 배수블록을 분담하는 배수본관을 배치하여 본 관망을 구성하는 것이 기본으로 된다.

이와 같이 배수본관은 배수상의 기본간선으로 되는 것이므로 신뢰성을 높이기 위하여 루프(loop)화하고 내구성이 뛰어난 관종 및 연결방식을 선정하여 내진성을 강화하고 연약지반이나 불안정 지반에는 가능한 한 부설을 피하는 것이 바람직하다.

기능면에서는 평상시나 비상시에 인접배수구역과의 상호융통이나 수압조정이 가능하게 해야 하며 인접배수블록 간을 연결한 배수본관에는 연결밸브를 설치하여 비상시에 수량과 수압을 조정할 수 있도록 한다. 동시에 합리적으로 배수할 수 있도록 적당한 지점에 밸브, 감압밸브, 유량계 등의 부속설비를 배치한다.

배수지관망은 배수본관으로부터 분기된 관이 네트워크상으로 구성되며 또 급수장치를 통하여 배수지관망블록 중의 수요자에게 직접 급수하는 것이다. 따라서 수요량에 알맞은 적절한 수량과 수압확보 및 수질관리를 가능하게 하도록 관망을 형성하기 위하여 각 관로의 관경·관종을 합리적으로 결정하고, 밸브, 소화전, 배수(排水)설비, 유량계 등 부속설비를 적당한 장소에 배치한다. 배수지관망의 골격을 구성하는 관로의 내구성과 내진성 등에 대한 고려 사항은 배수본관에서의 경우와 같다.

부속설비에 대해서는 배수본관망, 지관망의 수리조건 및 지형과 지세 등에 따라 7.5 부속 설비에 준하여 최적의 기능을 갖는 것을 적당한 장소에 배치한다.

3.에 대하여 ; 배수시설은 평상시에 각 배수구역내에서 물수요의 상황에 따라 각 배수구역 상호간에 수운용이 합리적이고 경제적으로 실현될 수 있도록 배치한다. 한편 관 파손 등의 비상시에는 가능한 한 조기에 복구하여 급수할 수 있는 것도 중요한 요건이다. 이러한 이유로 관로의 수량과 수압정보를 상시 파악하여 수운용에 적절히 반영할 수 있도록 유량계, 압력계, 밸브 등을 적절히 설치한다.

수운용에서는 정보를 1개소에 수집하여 관리하는 정보관리설비, 밸브의 원격제어장치, 정보수집을 위한 텔레미터 등의 정비가 필요하지만, 이들 설비를 정비하는 범위는 수도시설의 규모 등을 배려하여 검토한다.

4.에 대하여 ; 배수시설은 정수장과 송수시설과의 상대적 위치관계에 관해서도 고려하여, 수량과 수압 등을 쉽게 조정할 수 있도록 위치를 선정하는 것은 당연하지만, 배수지, 배수탑, 고가탱크, 배수펌프 및 배관의 보수와 함께 관리하는 조직, 인원, 기술수준 및 노동조건 등에 관해서도 검토하여 안전하고 원, 원활하게 배수할 수 있도록 배치한다.

또 가능한 한 지세와 지형을 이용하고 위치에너지를 활용하여 전력비를 절감하고 직결급수의 범위 확대에 관해서도 고려하여 배치한다.

5.에 대하여 ; 인접한 다른 수도사업자와 비상시에 정수의 상호융통에 관하여 충분히 협의하여 비상연결관을 설치해 놓는 것이 바람직하다. 비상연결관의 설치에 대해서는 각각 송수관과 배수관의 배치와 지세 등에 관하여 충분히 검토하여 정수를 효과적으로 융통할 수 있도록 배려한다.

7.1.7 배수방식의 선정

배수방식은 해당 시설의 상류에 있는 수도시설과 배수구역의 표고, 배수량, 배수구역의 특성 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

배수방식은 배수지 등과 배수구역의 표고에 따라 자연유하식과 펌프가압식 및 병용식으로 나누어진다.

배수구역내에 또는 그 근방에 적당한 높은 장소가 있는 경우에는 배수지 등을 설치하여 자연유하식으로 하며 적당한 높은 장소가 없는 경우에는 펌프가압식으로 한다.

자연유하식은 펌프가압식에 비하여 정전에 의한 영향이 거의 없고 급수의 안정성 면에서 우수하다. 따라서 배수구역내에 또는 그 가까이 적당한 높은 장소를 얻을 수 있을 때에는 건설비와 유지관리비 등의 경제성을 고려하여 자연유하식으로 하는 것이 원칙이다.

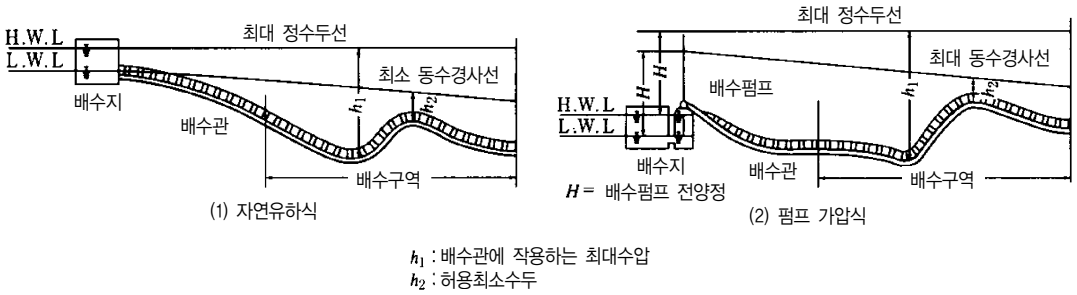
그러나 자연유하식에서는 배수본관의 파손 등의 경우에 단수조치를 지체하게 되면, 배수지 등에서는 지내의 물이 유출되어 필요저수량이 없어지는 경우가 있거나, 배수본관에 접해 있는 가옥에 2차 재해를 발생시킬 우려도 있으므로 긴급차단밸브를 설치하는 등 적절한 대책을 강구한다.

펌프가압식은 배수구역내의 수요량 변동에 따른 수량과 수압의 조정이 가능하지만, 정전시의 대책으로서 자가발전설비를 설치하는 것이 필요한 경우도 있다.

자연유하식이나 펌프가압식의 어느 경우라도 배수구역내의 한정된 높은 곳에 대해서는 별도 가압펌프를 설치하여 배수하는 방법이 유효하다.

한편, 낮은 곳에 대해서는 수압이 과대해지는 경우도 있어서 급·배수관의 파손이나 누수가 많아지는 경향이 있기 때문에 감압밸브 등을 설치하여 수압을 조정하는 방식이 효과적이다.

병용식은 배수구역에 대하여 지세를 이용할 수 있는 지역에 대해서는 자연유하식으로 공급하고 수압이 부족한 지역에 대해서는 배수지 등에 펌프설비를 설치하여 펌프가압식으로 공급하는 방식이다. 또한 펌프가압식이라도 야간 등 사용량이 적은 시간대에는 자연유하식으로 공급할 수 있는 경우도 있다 ([그림 7.1.3] 참조)



[그림 7.1.3] 배수방식

7.1.8 배수시설의 개량과 갱신

배수시설의 개량과 갱신은 현재 상태의 시설기능과 능력을 평가하고 진단해야 하며 기술과 재정을 고려하여 체계적으로 계획한다.

【해설】

배수시설의 기능과 능력을 일상적인 보수점검 및 유지관리만으로 정상으로 유지할 수 없는 경우에는 시설을 개량하거나 갱신해야 한다.

예시하면, 다음과 같다.

(1) 시설의 경년화 등에 따라 기능이 현저하게 열화된 경우

(2) 수요증가에 따라 시설능력을 증강해야 할 경우

(3) 내진진단 등에 의하여 내진성능상의 문제가 생긴 경우

(4) 계측제어설비에 새로운 기술을 필요로 하는 경우

(5) 보수점검 및 유지관리의 효율성이나 용이성이 현저히 저하된 경우

(6) 기타, 각 수도사업자의 실정에 의한 것

배수지 등은 필요한 강도, 내구성, 내마모성 및 수밀성, 내진성, 위생성 등이 부속설비를 포함한 시스템으로서 잘 성립되었는지를 평가하고 진단하여 개량하고 갱신할 목표를 정하고 계획적으로 한다.

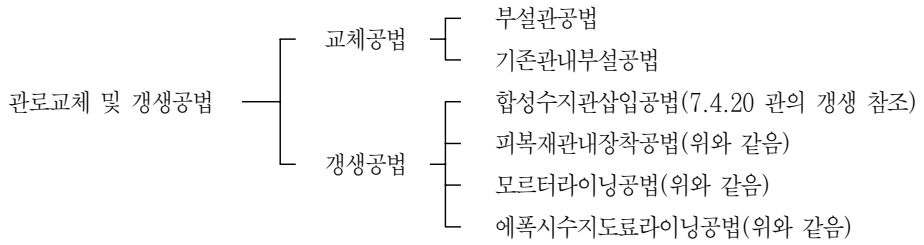
배수관은 주로 누수, 파손사고, 적수·탁수, 통수능력, 내진성 등을 평가하고 진단하며 유효율 등의 목표를 정하고 계획적으로 개량하고 교체할 필요가 있다.

배수시설은 배수지와 배수관뿐만 아니라 밸브를 비롯한 부속설비, 펌프설비 등의 종합체이므로 배수시설을 구성하는 개체에만 착안하지 말고 전체 시스템으로서의 기능과 능력에 착안하여 평가하고 진단하는 것도 중요하다.

시설을 개량하거나 교체할 때에는 많은 비용을 요하기 때문에 단기간에 집중하는 것은 곤란한 경우가 많다. 따라서 시설정보를 집약하여 평가하고 진단하는 기초조사를 먼저 한 다음 우선순위를 결정하는 기본계획 및 공법 등을 결정하는 실시계획을 거치며, 그 위에 재정상황 및 예산제도 등을 고려하여 계획적으로 사업을 추진하는 것이 필요하다. 특히 관망진단을 적용함에 있어서는 다양한 기술과 적용

수준이 있으므로 환경부의 "관망진단기술 매뉴얼"을 참조하여 배수시설의 개량 및 갱신시 적용기술의 효율성을 높일 수 있도록 한다.

관로교체 및 갱생공법의 대표적인 종류는 다음과 같다.



7.1.9 직결급수

직결급수는 급수구역내에서 중층건축물의 분포상황 및 지역의 특성과 함께 배수시설의 배치, 능력, 배수방식 등을 고려하여 실시하는 것이 바람직하다.

【해설】

직결급수는 급수시의 위생 및 유지관리 등의 여러 측면에서 급수서비스를 향상시키는 방안의 일환으로 저수조 급수방식을 직결급수방식으로 전환하고 있다. 직결급수에는 배수관으로부터 직접급수하는 직결직압식과 가압급수설비에 의하여 가압하여 급수하는 직결가압식(9.1.2 급수방식 참조)이 있다.
직결직압식 급수에 의하여 중층건물에 급수하기 위해서는 7.4.3 수압의 항에서 설명하는 배수관으로부터 급수관으로 분기하는 지점에서 최소동수압을 확보해야 한다.

이 최소동수압의 문제로 인하여 직결급수를 무조건 급수구역전역에 적용시키기 곤란한 경우에는 부분적으로 또는 단계적으로 실시할 필요가 있다. 따라서 수도사업자는 급수서비스의 공평성을 배려하여 배수관망 정비 등에 노력하는 것이 중요하다.

직결직압식에 의한 직결급수의 범위확대에는 배수시설이나 배수방식에도 큰 영향을 미치기 때문에 다음과 같은 사항에 주의한다.

1. 배수압력의 증가

직결급수를 채택할 경우에 현행의 배수압이 부족한 경우에는 부족수압을 보강해야 한다. 증압 방법으로서는 다음과 같은 방법들이 있으며 배수방식과 대상 층수 등의 조건을 감안하고 조합하는 방법도 고려하여 판단한다.

1) 배수지에서 펌프 가압하는 경우 ; 이 방식은 배수펌프 양정을 상승시키는 방식이다. 시점의 수압 증가는 용이하지만, 배수구역 전체의 배수압이 상승되기 때문에 배수관의 파손이나 누수량이 증가되는 경우가 있다.
2) 배수지에서 자연유하식인 경우 또는 배수펌프의 양정을 변경할 수 없는 경우 ; 이 방식은 시점의

압력을 증가시킬 수 없는 경우로서 배수관을 개량하거나 교체함으로써 손실수두를 줄여서 동수압을 확보하는 방법이다. 배수압이 부족한 지역을 대상으로 가압할 수 있는 이점이 있지만, 상당량의 관로를 신설하거나 교체 부설해야 하는 경우도 예상되므로 공사기간이나 재정상의 문제가 생긴다.

3) 배수관로의 도중에 가압설비를 설치하여 특정지역을 가압하는 경우 ; 블록별로 직결직압식으로 급수하는데 유효한 방법이지만, 1)과 같이 기존관로의 배수압력 대책이 필요하다.

2. 노후관의 개량과 교체

노후관에 대해서는 부식으로 생성된 관석(녹혹 : tubercle) 등으로 인하여 통수단면이 축소되었기 때문에 최소동수압이 확보되지 않는 경우가 있다. 또한 수압변화로 인하여 탁질수가 발생하는 경우도 있다. 더욱이 배수압력의 증가로 누수량이 증가할 가능성이 크기 때문에 계획적으로 관로를 개량하거나 교체해야 할 필요가 있다.

3. 배수블록의 적정화

배수구역을 구성하는 블록이 과대하거나 지형의 표고차가 크면 수압과 수량 등의 관리가 곤란하다. 이 때문에 평면적으로 또한 지형적으로도 적정한 규모의 배수블록을 설정하여 수압이나 수량의 변동범위가 작도록 배수를 제어한다. 특히 부분적이나 단계적으로 직결직압식의 급수를 도입하는 경우에 유효한 방법이다.

4. 소구경배수지관의 개량이나 교체

소구경 배수지관(일반적으로 50mm 이하의 것)에서는 급수관의 분기가 늘어나면 손실수두도 증가하고 동수압이 부족한 경우도 있다. 또한 급수관 구경이 제약되는 경우가 있으므로 필요에 따라 관경을 증대시켜야 한다.

5. 안정급수의 확보

직결급수에서는 단수나 급수제한시에는 수요자에게 미치는 영향이 크다. 이러한 사태를 방지하는 방책으로서 수원의 안정화와 시설의 예비력확보 외에 배수관의 복수화, 관망의 정비 및 인접한 수도사업자와의 상호융통 등에 의한 안정급수대책이 중요하다.

7.2 배수지

7.2.1 총칙

배수지는 정수장에서 송수를 받아 해당 배수구역의 수요량에 따라 배수하기 위한 저류지로서 배수량의 시간변동을 조절하는 기능과 함께 배수지로부터 상류측의 사고발생시 등 비상시에도 일정한 수량과 수압을 유지할 수 있는 기능을 갖는다.

배수지 등은 배수구역의 중앙부 또는 그곳에 되도록 가까운 곳에 또 지형과 지질에 따라 안전하게 배려된 위치에 설치하며 적당한 표고차가 있으면 자연유하식의 배수가 가능하고 표고차가 없으면 펌프

가압식으로 배수한다.

배수지 1 개소에만 의존하는 배수구역은 지형과 지세조건에 따라서는 적정한 배수압력의 확보가 어려운 경우가 많으며 비상시에 대응하기 어려운 경우도 있다. 지역의 특성, 배수관망의 구성 등을 고려하여 복수의 배수지를 분산 배치하거나 배수지간의 상호융통이 가능하도록 할 필요가 있다.

배수지의 설치형식에는 일반적으로 지상식, 지하식 및 반지하식이 있으나 지상부에서의 시공이나 용지취득이 곤란한 경우 또는 환경보호를 고려해야 하는 경우에는 터널식이 이용되고 있는 경우도 있다 ([그림 7.2.1] 터널식 배수지의 예 참조).



[그림 7.2.1] 터널식 배수지의 예(북악터널배수지)

구조는 철근콘크리트, 프리스트레스트콘크리트 또는 강판제로 하며 형상은 역학적 특성, 용량, 경제성, 시공성 등을 고려하여 장방형, 원통형 등이 일반적이다. 한편, 배수지의 설계 및 시공은 위생적으로 안전하며 수밀성이 확보되고 구조적으로 충분한 내구성 및 내진성이 확보되어야 한다. 또한 필요하다면 지하수에 의한 부상에 대비한 조치를 강구한다.

배수지의 유효용량은 송수량에 대한 수요량의 시간에 따른 변동량 즉 배수량의 시간변동을 조절하기 위한 용량과 함께 재해나 그 외의 비상시에도 안정되게 급수할 수 있도록 결정한다. 이를 위하여 급수구역의 계획1일최대급수량을 기본으로 하고 이에 수원의 종류별, 급수구역의 특성, 상수도시설의 안정성 등의 제반조건을 고려한 비상시 대처용량을 정한다.

배수지의 용량에 여유를 갖게 하는 것은 예측하기 어려운 사고 등의 발생에 대비하여 급수의 안정성을 높이게 되므로 계획적으로 용량증가에 주의를 기울여야 한다. 단독으로 대규모 용량의 배수지를 설치하는 것보다도 배수지를 분산시키는 편이 안정급수의 확보관점에서 효과적이고 또한 배수지는 수요자에게 가까운 장소에 정수를 저류하고 있으므로 지진 등의 자연재해시에는 비상급수의 공급기지로 이용될 수 있는 것을 감안하여 비상용 급수설비를 설치하는 것이 바람직하다.

배수지를 설치할 때에는 지반이 양호한 장소를 선정하는 것이 기본이다. 그러나 부득이하게 연약지

반 등에 설치할 때에는 적절한 대책을 강구한다. 또한 배수지는 점검, 청소, 보수 등 유지관리측면에서 2 지 이상으로 구분해야 하며 유출관의 파손으로 배수지에서 정수가 유출하는 것을 방지하기 위하여 긴급차단장치를 설치하는 것이 바람직하다.

배수지가 민가에 인접해 있는 경우에는 유입량 조절에 의한 소음대책을 고려해야 하며, 소독제 추가 주입이 필요한 경우에는 보안관리 등에도 충분히 배려해야 한다. 또한 배수지의 상부를 지역주민이나 공공시설의 열린 공간으로 개방하는 경우에는 상재(上載)하중, 보안체제, 관리운영방법, 위생상의 규제 등에 대하여 충분히 고려해야 한다.

7.2.2 구조 및 형상

배수지의 구조 및 형상은 **5.9.2 구조와 수위**에 준한다.

7.2.3 용량

배수지의 용량은 다음 각 항에 따른다.

1. 유효용량은 "시간변동조정용량"과 "비상대처용량"을 합하여 급수구역의 계획1일최대급수량의 12시간분 이상을 표준으로 하여야 하며 지역특성과 상수도시설의 안정성 등을 고려하여 결정한다.
2. 소화용수로서 가산할 수량은 **7.1.5 소화용수량의 (1)에** 따른다.

【해설】

「주택건설기준등에관한규정」의 제35조에 규정하고 있는 비상급수를 원용한다.

배수지는 송수되는 양에 대한 수요수량의 시간변동을 조정할 수 있으며 비상시에도 일정한 시간동안 급수할 수 있는 기능을 가져야 한다.

따라서 배수지의 유효용량은 "시간변동조정용량"으로 6~12시간분과 외에 비상시의 대처용량으로서 배수지보다 상류 측의 비상대응수량(갈수, 수질사고, 시설사고 등) 및 배수지보다 하류측의 비상대응수량(재해시 응급급수, 시설사고 등)과 소화용수량을 감안하여 계획1일최대급수량의 6~24시간분 정도 대비하는 것이 바람직하다. 한편 취수에서부터 정수장과 배수지 및 관로 등에 예비시설이 구비되어 있어서 정수장이나 송수관로 등의 사고시에도 수요가에게 단수되지 않고 급수할 수 있는 경우에는 예비시설들을 종합적으로 고려하여 비상대처용량을 6시간분 이상으로 하여 해당 수도사업자가 적절하게 조정하여 결정한다.

또한 다른 배수지로 연계하여 운영되는 1차 배수지의 경우에는 연계하여 운영되는 2차 배수지의 용량을 제외하여 배수지의 유효용량을 계산한다. 따라서 시간변동용량과 상류측의 비상시에 비상대처용량을 종합하여 계획1일최대급수량의 12시간분 이상을 기본용량으로 하되 각 수도사업자는 배수구역의 물 사용형태, 지역의 특성, 시설의 규모, 수도시설의 전반적인 배치상황 등을 종합적으로 검토하여 각 수도사업자의 실정에 알맞은 배수지 목표용량을 설정해야 한다.

다만, 소화용수량에 대해서는 일반적으로 12 시간분 이상 용량에 포함되고 있지만, 소규모수도에서

는 소화용수량의 일반배수량에 대한 비율도 크므로, 7.1.5 소화용수량에서 설명한 바와 같이 배수지가 담당하는 계획급수인구가 50,000 명 이하인 수도사업자는 원칙으로 소화용수량을 별도 가산하여 배수지의 용량을 결정한다.

또한 표준용량으로 고려하는 시간변동조정용량과 비상시의 대처용량은 각 수도사업자의 실정에 맞도록 선정해야 한다. 특히 비상시의 대처용량은 어디까지나 단시간의 것이며 일률적으로 비상시를 규정할 수 없고 또한 각 수도사업자의 상수도시설 환경이 다르기 때문에 동일하게 적용할 수 없으므로 각 수도사업에서 비상사태의 발생빈도와 규모에 따라 결정한다.

따라서 급수의 안정성을 확보하기 위해서는 배수지 용량뿐만 아니라 수도시설의 전체에 대한 저류기능을 높이는 것이 바람직 하다. 이와 같은 관점에서 배수지의 유효용량은 배수구역의 물사용 형태, 지역의 특성, 시설의 규모 및 기타 다양한 제반조건 등을 종합적으로 검토하여 각 수도사업체의 실정에 맞는 상수도 서비스수준을 목표로 설정하여 배수지 용량을 증량하는 것이 바람직하다.

1) 시간변동조정용량

배수지의 기본적인 기능은 정수량 또는 송수량과 배수량과의 조절이다.

정수시설은 계획1일최대급수량을 기준으로 하고 있기 때문에 매시 일정량의 정수가 배수지로 보내진다. 한편 배수량에는 시간적 변화가 있기 때문에 사용량이 감소하는 야간에는 시간당 배수량을 상회하는 송수량을 배수지에 저류하였다가 사용량이 증가하는 주간에 송수량을 상회하는 배수량을 배수지에서 유출시켜 수급의 균형을 유지하는 것이다.

따라서 배수지의 유효용량으로서 확보하는 시간변동조정용량은 계획1일최대급수량일 때의 시간평균배수량을 초과하는 시간배수량을 시간마다 누계하여 구한다.

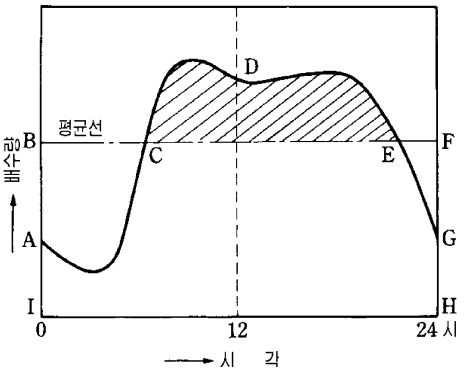
배수지의 시간변동에 해당하는 용량을 결정하는 방법으로는 면적법, 누가곡선법 등이 사용되고 있지만, 신설하는 경우의 용량결정에는 지금까지의 실적 또는 시설이 유사한 다른 수도사업자의 실적을 참고하여 정한다.

[7.2.3 참고 1] 배수지 용량결정 방법

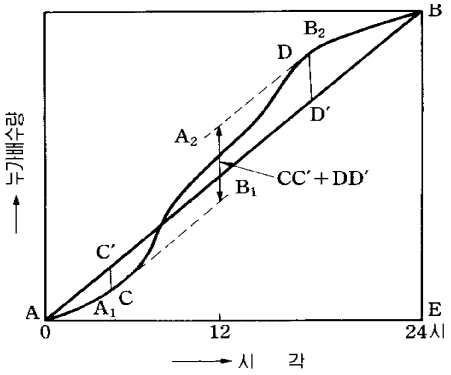
1. 면적법

〈7.2.3 참고도-1〉에 나타낸 바와 같이 종축에 계획1일최대급수량일 때에 시간배수량을 취하고 횡축에 시간을 취하면, 시간배수량의 변화곡선은 ACDEG로 된다. 면적 ACDEGHIA는 1일최대급수량이고, 종축 IB는 송수량에 해당하는 시간평균배수량이다.

따라서 면적 ACDEGHIA = 면적 BFHIB로 되며 시간변동조정용량은 평균선을 넘은 면적(사선부분) CDEC로 된다. 즉 정수가 평균적으로 생산되어 배수지에 송수되는 것으로 하면, 평균선보다 위의 사선부분(CDEC)은 배수지의 수량감소를 보이며 평균선보다 아래의 부분(BCAB+EFGE)은 저류(증가)되는 것으로 된다.



〈7.2.3 참고도-1〉 면적법



〈7.2.3 참고도-2〉 누가곡선법

2. 누가곡선법

〈7.2.3 참고도-2〉에 나타낸 바와 같이 종축에 누가배수량을, 횡축에 시간을 취하면, 배수량의 누가곡선 ACDB를 얻는다. 여기서 BE는 계획1일최대급수량을 AB는 배수지로 송수한 송수량을 가리키며 송수량이 매시 일정하다고 하면 AB는 직선으로 된다. 또한 C점은 배수지수량이 증가한 점을, D점은 배수지수량이 감소한 점을 보이고 있다. 따라서 CC′+ DD′가 시간변동조정용량으로 된다.

[7.2.3 참고 2] 시간변동조정용량의 계산 예

1. 개요

어느 도시에서 배수지를 신설하는 것으로 가정하고,

계획급수인구 15,000명

계획1인1일최대급수량 0.5 m^3/d

로 하면,

계획1일최대급수량= 0.5 m^3/d ×15,000 명=7,500 m^3

시간평균배수량= 7,500 m^3÷ 24 = 312.5 m^3= 312 m^3

가 된다.

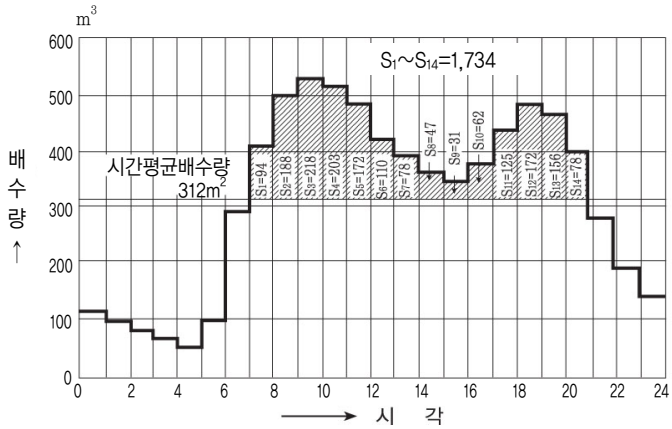
2. 시간변동조정용량

용량을 결정할 때에는

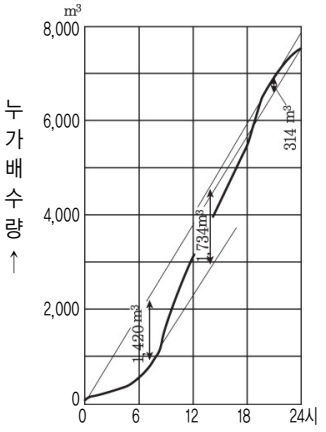
배수량의 시간변화율 = $\frac{\text{각시간의 배수량}}{\text{시간평균배수량}}$ 을 알아야 할 필요가 있으며 시설이 유사한 다른 수도사업자의 실적을 참고하여 〈7.2.3 참고표-1〉과 같이 추정하고, 이로부터 각 시간의 배수량 및 누가배수량을 구한다.

〈7.2.3 참고표-1〉 배수량의 시간변화율

시 간	시간변화율	배수량(m^3)	누가배수량(m^3)	시 간	시간변화율	배수량(m^3)	누가배수량(m^3)
0~1	0.35	110	110	12~13	1.35	422	3,642
1~2	0.30	94	204	13~14	1.25	390	4,033
2~3	0.25	79	283	14~15	1.15	359	4,392
3~4	0.20	63	346	15~16	1.10	344	4,736
4~5	0.15	48	394	16~17	1.20	374	5,110
5~6	0.30	95	489	17~18	1.40	437	5,597
6~7	0.95	297	786	18~19	1.55	484	6,031
7~8	1.30	406	1,147	19~20	1.50	468	6,499
8~9	1.60	500	1,692	20~21	1.25	390	6,889
9~10	1.70	530	2,222	21~22	0.90	282	7,171
10~11	1.65	515	2,732	22~23	0.60	188	7,359
11~12	1.55	484	3,221	23~24	0.45	141	7,500



〈7.2.3 참고도-3〉 면적법에 의한 시간변동조정용량



〈7.2.3 참고도-4〉 누가곡선법에 의한 시간변동조정용량

면적법에 의하여 용량을 계산하는 경우에 시간-배수량의 그래프는 〈7.2.3 참고도-4〉에 나타낸 바와 같고 시간평균배수량은 312 m^3이므로 이보다도 많은 배수량, 즉 S1로부터 S14까지의 배수량의 합계 1,734 m^3이 필요용량으로 된다.

누가곡선법에 의하면, 시간-누가배수량은 〈7.2.3 참고도-3〉에 나타낸 바와 같고, 배수지 유입량누가곡선과 배수지 유출량누가곡선의 접선과의 종단거리는 유입량누가곡선의 아래쪽에서 1,420 m^3, 위쪽에서 314 m^3, 합계 1,734 m^3으로 된다.

2) 비상시의 대처용량

비상시의 대처용량은 갈수, 수질사고, 시설사고, 지진 등 재해시의 비상급수에 일정한 시간동안 대처하는 수량이다. 그러나 이들의 발생 빈도, 규모에 따라서는 대처하기 어려운 경우도 있으므로 필요에 따라 원수조정지와 배수지를 비롯한 수도시설 전체의 저류기능과 백업기능 등의 조정기능을 높여야 한다.

⑴ 갈수

갈수의 규모가 작은 경우에는 원수조정지, 배수지 등의 저류시설을 증강하여 부족수량을 보충함으로써 급수의 안정성을 어느 정도 확보할 수 있다. 그러나 갈수의 규모를 크게 상정하면, 규모도 커지기 때문에 경제성 검토가 필요하다.

사례에서 급수제한이 따르는 갈수에서는 급수를 개시하고서 1~2시간은 단위시간당의 배수량이 급격히 증가하기 때문에, 배수지 용량에 여유가 있으면 수운용상 효과적이다. 따라서 갈수의 발생빈도와 갈수의 규모를 감안하여 수도시설 전체로서 저류기능을 높이는 것이 바람직하다.

⑵ 수질사고 등

기름류, 페놀류나 독극물의 혼입 등에 의한 원수의 수질사고에 의하여 취수가 정지된 일본에서의 실적을 보면, 그 발생빈도는 75％ 이상은 10시간 이내, 90％ 이상은 16시간 이내이지만, 40시간을 넘는 사례도 2~3건을 볼 수 있었다.

집중호우시에는 이상고탁도로 되는 경우가 있다. 이러한 경우에 원수조정지나 배수지의 용량이 충분하다면, 정수처리의 안정화와 배출수처리시설에의 영향을 완화하기 위하여 원수탁도가 저하될 때까지 원수 취수량을 제한하거나 일시적으로 취수를 정지할 수가 있다. 이와 같이 하천표류수에 대해서는 수량과 수질의 양면에서 급수에 미치는 영향을 완화하기 위하여 수원이 위치한 상황을 고려하여 수도시설전체로서 저류기능을 높이는 것이 바람직하다.

⑶ 시설사고

취수시설, 정수장, 배수지 등이 단일 수도시설에서는 취수시설, 정수장, 송·배수계통 중 어디에서 사고가 발생한 경우에도 각각 직접적으로 배수량이 감소되거나 단수로 이어질 가능성이 높다. 기계·전기설비의 사고나 관로의 파손사고에 대한 복구시간은 사고발생의 장소, 사고의 내용, 기자재의 재고유무 등에 따라 다르기 때문에 백업체제의 미정비로 시설의 안정성이 낮은 곳에서는 수도시설 전체로서 저류기능을 높이는 것이 바람직하다.

⑷ 재해시 등 응급급수

지진 등 재해시에 있어서 배수지는 비상급수의 기지로서 이용할 수 있으므로 재해의 규모, 거점으로서의 중요도, 대상인구, 일수 등을 종합적으로 검토하여 필요에 따라 유효용량에 반영시킨다.

3) 그 외에 증량을 고려해야 할 사항

배수지의 유효용량은 시간변동조정용량, 비상시 대처용량, 소화용수량 등이 기본이지만, 배수구역에서의 물사용형태, 시설의 규모 및 시설을 개량하거나 갱신할 때의 용량확보, 유지관리에 따른 작업수량, 야간무인화 등 장래의 노동조건 변화에 따른 여러 가지 제약 등에 관해서도 검토하여 필요에 따라 배수지 용량에 반영시킨다.

⑴ 배수구역의 물사용형태

배수량은 배수구역내의 물 사용형태에 따라 시간변동을 비롯하여 주간, 월간, 계절별 등에 따라 변동한다. 이 중 시간변동에 대해서는 배수지에 의하여 조절하고 있지만, 다른 변동에 대해서는 일반적으로 정수처리량의 조정으로 대처하고 있다.

그러나 관광지나 피서지와 같이 레크리에이션인구의 동향에 따라 토요일, 일요일 등 특정요일의 배수량이 증가하는 수도사업자는 물수요의 증가에 따라 시설을 증강시켜야 하는 경우, 정수시설을 증강하는 쪽이 유리한가, 또는 배수지를 증량하는 쪽이 유리한가를 비교·검토하는 것이 필요하다. 그 결과에서 주간의 수량조정을 배수지에서 조정하는 쪽이 유리한 경우에는 배수지의 유효용량을 증가시킨다.

⑵ 지역의 특성

물수요량에 비하여 상수원의 사정이 절박한 지역에서는 평상시에도 절수대책을 추진하거나 물사용을 합리화하도록 시도하고 있으므로 단수나 감량급수가 시민생활, 도시활동, 생산활동에 미치는 영향은 보통의 경우보다 한층 크다. 따라서 이러한 지역에서는 비상시에도 일정한 수량을 안정되게 급수할 수 있도록 배수지 유효용량을 증가시키는 것이 바람직하다.

⑶ 시설의 규모

일반적으로 소규모 수도일수록 배수량의 시간적 변화가 커지는 경향이며 송수량과의 차도 커진다. 따라서 조정해야 할 비율도 소규모 수도가 될수록 커지기 때문에 배수지의 유효용량을 증가시키는 것이 바람직하다.

7.2.4 위치와 높이

1. 배수지는 가능한 한 급수지역의 중앙 가까이 설치한다.
2. 자연유하식 배수지의 표고는 최소동수압이 확보되는 높이여야 한다.
3. 급수구역내에서 지반의 고저차가 심할 경우에는 고지구, 저지구 또는 고지구, 중지구, 저지구의 2~3개 급수구역으로 분할하여 각 구역마다 배수지를 만들거나 감압밸브 또는 가압펌프를 설치한다.
4. 배수지는 붕괴의 우려가 있는 비탈의 상부나 하부 가까이는 피해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수지가 급수구역의 중앙에 있으면 관말까지의 배수관 연장이 짧아 수두손실도 적어서 관경이 작게되고 지형의 고저차가 심하지 않으면 대개 균등한 급수가 가능하므로 결국 배수관의 부설이 경제적으로 된다.

2.에 대하여 ; 배수방식은 자연유하식이 경제적이지만 배수지를 설치하는 위치의 표고는 급수지역내에 그 수도사업자가 설정한 최소동수압이 시간최대급수량시나 화재시에도 필요한 동수압 이상을 유지할 수 있도록 배수지의 저수위가 확보될 수 있는 곳이라야 하며, 또한 배수지가 고수위일 때 배수관에 걸리는 최대정수두가 관종별 규격의 최대수두를 넘지 않는 것은 물론이고 그 수도사업자가 설정한 최대정수두를 넘지 않아야 한다.

3.에 대하여 ; 급수블록 내의 압력은 동일한 것이 이상적이지만, 배수관의 경제성과 유지관리의 안정성으로 보아서 급수구역 내의 표고차가 30m 이상이고 지역이 넓을 경우에는 배수지의 급수구역을 최대표고차 25~30 m 이내를 하나의 급수구역(pressure zone)으로 되도록 구분하여 고지구, 저지구 또는 고지구, 중지구, 저지구의 2~3개의 급수지역으로 분할하는 것이 바람직하다.

고저차가 심하더라도 그 지역이 비교적 작은 범위일 경우에는 별도의 배수지를 만들지 않고 저지구에는 감압밸브를 설치하여 일정수압 이하로 압력을 낮추고, 고지구에는 가압펌프를 설치하여 일정수압 이상으로 수압을 상승시키는 편이 경제적일 수도 있다.

4.에 대하여 ; 배수지를 부득이 비탈면에 설치할 때에는 말뚝기초를 하거나 비탈면 보호를 충분히 해야 하며, 재해시에도 충분한 안전성이 확보될 수 있어야 한다.

7.2.5 유효수심과 수위

배수지의 유효수심은 3~6 m 정도를 표준으로 한다.

【해설】

배수지의 유효수심은 고수위(H.W.L)와 저수위(L.W.L)와의 수위차를 의미하며, 이것이 너무 얕으면 소요용량에 대하여 넓은 부지면적을 필요로 하고 너무 깊으면 면적은 좁아도 되지만 구조면에서나 시공면에서 내진성과 수밀성에 문제가 생긴다. 따라서 경제성도 고려하여 지금까지 경험과 실적으로부터 3~6 m 정도를 표준으로 한다. 수도사업자의 실정에 따라 용지취득의 난이도와 시공의 난이성 및 건설비 등에 관하여 비교 검토하여 가장 유리한 수심으로 한다.

자연유하식인 경우에는 배수지의 저수위는 배수구역내 배수관의 최소동수압이 계획시간최대배수량일 때에도 각 수도사업자의 설정수압을 하회하지 않도록 한다. 또한 배수지의 고수위는 배수관에 걸리는 최대정수압이 관종별로 규정된 최고사용수압을 초과하지 않도록 정한다. 배수지의 유효수심이 큰 경우에는 배수구역 내에 배수관의 동수압을 적정한 범위로 유지하기 위하여 제어용 밸브로 조정한다.

펌프가압식인 경우에는 펌프의 토출압을 조정함으로써 배수구역내의 동수압을 용이하게 설정수압으로 유지할 수 있으므로 유효수심과 소요동수압과의 사이에는 직접적인 관계가 없다. 배수펌프의 소요양정은 배수지의 저수위를 기준으로 배수관 말단의 동수압이 설정수압으로 되도록 정한다.

7.2.6 여유고와 바닥경사

배수지의 여유고와 바닥경사 등은 **5.9.2 구조와 수위**에 준한다.

7.2.7 유입관, 유출관 및 우회관

1. 유입관과 유출관의 설치는 **5.9.4 유입관, 유출관 및 우회관**에 준한다.
2. 배수지의 유입부에 월류위어를 설치하거나 낙하유입방식 또는 체크밸브를 설치한다. 유출관에는 필요에 따라 긴급차단장치를 설치한다.
3. 유입관과 유출관의 유량을 조절하는 경우에는 유량조정밸브를 설치하며 유입관의 상단부에는 공기밸브를 설치하는 것이 바람직하다.
4. 배수지가 1지인 경우에는 우회관을 반드시 설치해야 하며 우회관에는 차단용 밸브를 설치한다.

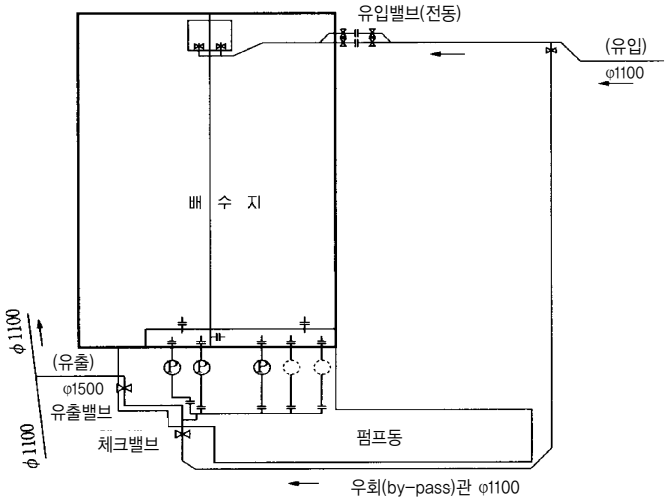
【해설】

2.에 대하여 ; 배수지의 유입측에는 유입수의 에너지를 감세시키고 지내의 저류수가 역류되는 것을 방지하기 위하여 일반적으로 월류위어를 설치한다. 월류위어를 설치하지 않은 경우에는 유입관에서 낙하유입방식으로 하거나 또는 체크밸브를 설치한다. 또한 자연유하식인 경우에는 유출측 배수관의 파손사고 등에 의하여 배수지의 정수가 유출되는 손해를 줄이기 위하여 긴급차단장치를 설치한다. 이 경우 차단방식과 작동방식에 대해서는 오동작을 방지하는 기구를 만들어 두어야 한다. 이것이 작동되었을 때에는 하류측 관로는 단수되고 소화전에 의한 소화활동이 중단되기 때문에 소방담당부서와 사전협의하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 유입관과 유출관의 관경은 계획년도의 계획1일최대급수량과 계획시간최대배수량에 기초하여 결정되므로 계획년도 이전으로 배수량이 작은 시점에서는 유입량 또는 유출량을 조절하기 위하여 유량조절용 밸브를 설치한다. 유량조절용 밸브의 선정시에는 8.5 밸브를 참조하며, 비교적 양호한 제어특성과 캐비테이션특성을 지닌 밸브(버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등)를 선정한다.

4.에 대하여 ; 배수지가 1 개지 뿐인 경우에는 보수 등으로 인하여 장시간에 걸쳐 배수지를 사용할 수 없는 동안에는 배수지를 경유하지 않고 직접 배수하는 것도 필요하다. 이렇게 1 지 뿐인 경우에는 우회관과 차단용 밸브를 반드시 설치한다.

펌프가압식으로 배수지에의 유입관압이 높고 야간과 같이 배수량이 적은 시간대에는 펌프를 정지하고 우회관을 이용하여 잔류수압에 의하여 자연유하식으로 배수하면 경제적으로 운전할 수 있는 경우도 있다. 우회관을 이용하여 직접 배수하기 위하여서는 [그림 7.2.2]과 같이 우회관에 체크밸브를 설치해야 한다. 또한 유입관과 유출관 및 우회관에 설치하는 차단용 밸브에 대해서는 능률적으로 조작하기 위하여 원격제어를 할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.



[그림 7.2.2] 유입관의 잔류수압을 이용한 배관의 예

7.2.8 월류관과 배수(排水)설비

배수지의 월류관 및 배수설비는 **5.9.5 월류관과 배수(排水)설비**에 준한다.

7.2.9 환기장치, 맨홀 및 검수구

배수지의 환기장치, 맨홀 및 검수구는 **5.9.6 환기 및 출입설비**에 준한다.

7.2.10 수위계, 채수설비 등

배수지의 수위계, 채수설비 등은 **5.9.7 수위계 등 및 8.12 감시제어설비**에 준한다.

【해설】

배수지는 체류시간이 비교적 길기 때문에 유입측과 유출측에서는 수온, pH, 잔류염소농도 등이 서로 다른 경우가 있다. 이 때문에 유입지점과 유출지점의 부근에는 채수설비를 설치하여 수질을 감시한다. 또한 수위 및 유량을 계측하기 위한 기기는 측정조건, 측정범위 정밀도 및 운영상의 편리성을 도모하기 위한 원격모니터링 등을 고려하여 선정한다.

7.2.11 추가염소소독설비

배수지 또는 배수관의 도중 등에서 추가염소소독설비는 **5.11 소독설비**에 준한다.

【해설】

배수시설에서는 배수지관망의 말단에 이르는 수요자 급수전에서 잔류염소농도를 기준대로 유지하는 것이 필요하다.

송·배수관의 연장 및 배수지의 용량과의 관계로부터 체류시간이 길고 잔류염소가 현저히 감소할 것으로 예측되는 경우에는, 배수지 또는 배수관의 도중 등에 추가염소소독설비가 필요하다. 또한 소독설비로부터 급수전까지 거리의 장단에 따라 잔류염소농도에 불균형이 생기는 경우에도 급수전에서의 잔류염소농도를 균일하게 하기 위하여 유효한 방법이다.

염소계 소독제로는 여러 가지가 있지만, 일반적으로 배수지나 배수관은 민가에 근접해 있는 것이 많기 때문에 위험방지 및 취급의 용이성으로부터 차아염소산나트륨용액을 사용하는 설비가 바람직하다.

7.2.12 배수지의 상부이용

배수지의 상부를 이용하는 경우에는 다음의 각 항에 유의한다.
1. 배수지의 구조 및 강도가 이용하는 시설(이하 시설이라 함)에 대하여 안전해야 한다.
2. 시설을 건설할 때에는 기존 구조물에 손상을 주거나 또는 정수를 오염시키지 않도록 해야 한다.
3. 시설의 이용개시에 앞서 설치주체와 관리협약을 체결하여 유지관리에 만전을 기한다.

【해설】

최근 지역주민으로부터 배수지 상부의 개방요구가 높아지고 있는데, 배수지의 상부를 이용하는 예로서는 자재적치장, 공원, 식물원, 스포츠시설 등이 있다. 이러한 시설은 기존에 설치된 배수지 상부에 건설하는 경우와 배수지 신설과 동시에 건설하는 경우가 있는데, 시설의 설치시 다음의 사항에 대하여 충분히 유의한다.

1.에 대하여 ; 배수지 상부에는 복토, 산책로, 수목, 관리동 등이 축조되는데 배수지의 구조가 이들의 하중에 대하여 충분히 안전해야 한다. 특히 기존에 설치된 배수지를 이용하는 경우에는 강도를 계산하여 안전을 확인해야 한다.

2.에 대하여 ; 시설을 시공할 때에 건설기계, 기자재, 가건물 등이 반입되어 상부를 일시적으로 점용하게 되는데 기존에 설치된 구조물을 손상하지 않도록 주의해야 하며 정수를 오염시키지 않도록 환기공의 차폐, 가배수로의 설치위치 등에 대하여 고려한다.

또한 공사구역을 한정하여 상수도시설의 운영 및 관리에 지장이 없도록 한다.

3.에 대하여 ; 시설의 이용에 관하여 수도사업자는 설치주체와 관리협정을 맺어 유지관리에 만전을 기한다. 협정사항을 예시하면 다음과 같다.

① 설치주체가 수행할 유지관리의 범위와 책무
② 시설이 상수도시설 위에 설치되어 있다는 것을 이용자에게 주지시킴
③ 수도사업자에 의한 일시적 이용제한
④ 시설의 관리에 관한 수질오염방지 조치
⑤ 시설의 유지공사에 관한 사항
⑥ 시설이용에 따른 민원처리에 관한 사항

7.3 배수탑과 고가탱크

7.3.1 총칙

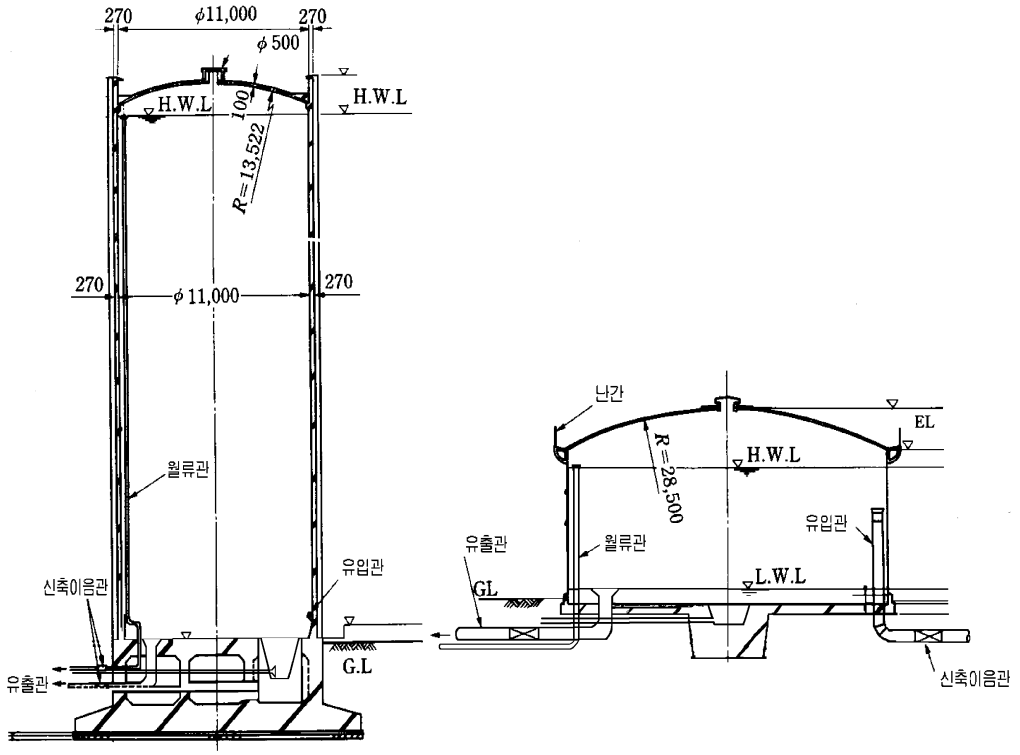
배수탑과 고가탱크는 배수구역내에 배수지를 설치할 적당한 높은 장소를 구할 수 없는 경우에 배수량의 조절이나 펌프가압구역의 수압조절 등을 목적으로 지표면 상부에 설치하는 정수저류지이다. 배수탑은 탑의 내부도 충수되지만, 고가탱크는 저수조(tank)를 고가지지물로 지지한 것이다(〔그림 7.3.1〕, 〔그림 7.3.2〕 참조).

배수탑과 고가탱크는 철근콘크리트, 프리스트레스트콘크리트, 강재, 스테인리스강 등으로 만들어지고 형상은 일반적으로 원통형이 많다. 어느 것이나 지상에 높게 설치되는 구조이므로 구조는 견고한 것임은 물론이고 특히 비었을 때의 풍압, 만수시의 지진력, 기초의 내력, 방수, 방식, 낙뢰방지, 전파장애, 미관 등에 대하여 충분히 고려해야 한다. 이 때문에 통상 배수지와 비교하는 경우 단위용적당 건설비

는 비싸게 된다. 또한 일정한 높이 이상의 고가탱크는 「건축법」이 적용되는데 배수탑에 대해서도 구조, 형상에 따라서는 마찬가지의 취급을 받는다.

일반적으로 배수량 조절용으로 설치하는 경우에는 높은 장소에 설치된 배수지와 같은 기능을 갖고 있기 때문에 유효용량은 배수지에 준한다. 펌프가압구역의 수압조절용으로 설치하는 경우는 별도로 적당한 유효용량을 지닌 배수지가 설치되므로 유효용량은 작게 할 수 있다.

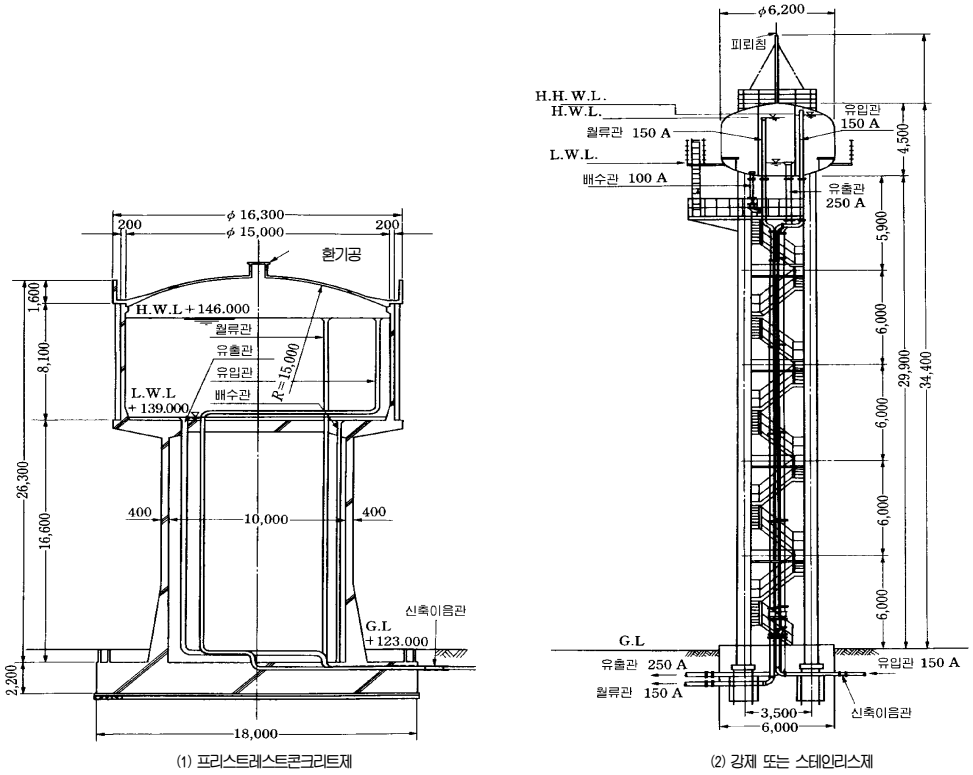
배수탑이나 고가탱크의 설치위치는 원칙적으로 배수구역의 중앙 가까이에 설치하지만, 배수구역이 광범위하고 또한 배수관의 연장이 길 경우에는 배수관의 말단부근에 설치하여 야간시간대(사용량이 적은 시간대)의 수압상승시에 만수시켰다가 주간시간대의 배수량이 증가하는 시간이나 화재시에 직접 배수되는 양에 배수탑 또는 고가탱크에서의 공급수량을 공급하여 수압을 조절하는 경우도 있다.



(1) 프리스트레스트 콘크리트제 (2) 강제 또는 스테인리스제

[그림 7.3.1] 배수탑의 예

또한 배수탑과 고가탱크는 정수를 저류하고 있으므로 수질오염사고 및 지진 등의 비상시에는 비상급수의 기지로 이용할 수 있도록 비상용 급수설비를 설치하는 것이 바람직하다. 한편 소규모 상수도에서는 배수탑이나 고가탱크 대신으로 지상에 설치된 압력탱크방식이 이용되기도 한다.



[그림 7.3.2] 고가탱크의 예(단위 : mm)

7.3.2 구조

배수탑과 고가탱크의 구조는 다음 각 항에 따른다.
1. 구조적으로나 위생적으로 안전하고 충분한 내구성과 수밀성을 가져야 한다.
2. 탱크가 비었을 때의 풍압 및 만수시의 진동이나 지진력에 대하여 안전한 구조로 한다.
3. 한랭지에서 시설을 보호할 필요가 있는 경우에는 적당한 보온단열장치를 설치한다.
4. 여유고는 수리계산에 의거하여 정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수탑과 고가탱크는 구조적으로나 위생적으로도 안전하고, 충분한 내구성, 내진성, 수밀성을 가지고 있어야 한다. 따라서 각종 외력에 대하여 내력상 안전한 구조로 하기 위하여 철근콘크리트, 프리스트레스콘크리트 또는 강판제 등으로 하는 것이 일반적이다.

2.에 대하여 ; 탱크가 비었을 때의 풍압이나 만수시의 진동이나 지진력에 대해서는 가장 위험한 상태로 되는 것을 고려하여 내력상 안전하게 설계한다. 더욱이 지진시의 수면동요에 의한 구조부재나 부속설비의 부분적 파괴나 월류 등의 영향에 관해서도 검토한다.

철근콘크리트나 프리스트레스콘크리트제인 경우에는 일반적으로 원통형이 많이 사용된다. 강제인

경우에는 원통형(cylinder) 외에 구형(sphere) 또는 회전타원체(spheroid) 등이 역학적으로 유리하다.

콘크리트제에 대해서는 내부의 방수와 염소에 의한 콘크리트의 열화를 방지하기 위하여 또 수질유지를 위하여 내면을 도장하는 경우가 있다. 강제에 대한 방식을 위하여 내외면에 걸쳐 도장하는 것이 일반적이다. 내부도장에 대해서는 위생상 무해하고 수질에 대한 안전성이 확인된 것을 사용한다.

콘크리트제 내부의 방수공에는 모르터, 수지모르터, 에폭시수지도료, FRP라이닝 등이 사용되고 있다.

지붕상부에 대해서는 복사열에 의한 온도신축을 방지하기 위하여 백색계통으로 도장하거나, 아스팔트방수, 우레탄수지방수 등을 시공하는 것이 바람직하다.

강제인 경우에는 내부는 에폭시수지도료, 외부는 에폭시수지, 우레탄수지, 불소수지, 염화고무계수지도료 등이 사용되고 있으며 외면도장이 불필요한 내후성강재가 이용되고 있는 예도 있다.

3.에 대하여 ; 한랭지에서는 콘크리트제인 것은 외기온도와 수온과의 온도차에 의하여 구조물에 영향을 미치기 때문에 발포스티로폼, 펄라이트(pearlite) 등을 이용하여 보호층을 설치하고 또한 동결방지를 위하여 유입과 유출용의 지상노출관 등에 방한설비를 설치한다.

배수탑이나 고가탱크는 급수구역 내에 지상에 높게 축조되므로 미관상이나 전파장애 등 환경에 관해서도 고려한다.

4.에 대하여 ; 배수탑이나 고가탱크의 여유고는 수리계산에 근거하여 정하되 5.9.2 구조와 수위의 3.1)의 여유고를 참조한다.

7.3.3 위치와 높이

배수탑과 고가탱크의 위치와 높이는 **7.2.4 위치와 높이**에 준한다.

【해설】

배수탑과 고가탱크는 배수구역내 또는 부근에 배수지를 설치할 적당한 장소가 없을 경우에 배수량의 조절 또는 배수펌프의 수압조절용으로 설치한다. 그 어느 것이나 높은 곳에 저수하는 구조이기 때문에 배수지에 비하여 단위용적당 건설비가 많으므로 대용량일수록 비경제적이다.

배수탑과 고가탱크의 설치 위치는 7.2.4 위치와 높이에 준한다. 따라서 원칙적으로 배수구역내의 중앙 가까이에 설치하나 배수펌프의 수압조절을 겸하는 경우에는 배수구역내의 중앙보다도 오히려 말단 부근의 적당한 높은 곳에 설치하는 편이 유리한 경우도 있다. 배수구역이 광범위하고 배수관로의 연장이 길 경우에는 사용수량의 시간적 변화 때문에 주야의 수압에 상당한 차가 생기므로 배수관의 말단 부근에 배수탑이나 고가탱크를 설치하여 야간의 수압 상승시에 만수시켜 주간의 사용량이 많은 시간과 화재시에는 수원과 배수탑 또는 고가탱크의 두 방향에서 배수하게 되면 압력의 변화가 적어서 좋다.

7.3.4 용량

배수탑과 고가탱크의 용량은 원칙적으로 **7.2.3 용량**에 준한다.

【해설】

배수지와 고가탱크의 설치목적은 (1) 배수량 조절용으로 만드는 경우와 (2) 펌프가압구역의 수압조절용으로 만드는 경우 또는 (3) 이들 겸용으로 만드는 경우 등이 있다.

(1)의 배수량 조절용으로 만드는 경우에는 높은 곳에 만들어진 배수지와 같으므로 그 유효용량은 배수지 용량의 경우에 준한다. 그러나 실제로 공사비 관계상 대용량의 것을 만드는 것은 극히 드물다.

(2)의 펌프가압구역의 수압조절용으로 만드는 경우에는 배수펌프의 수압조절이 주된 목적이고 별도로 적당한 유효용량을 가진 배수지가 만들어지고 배수탑이나 고가탱크의 수심과 연동시켜 펌프를 운전제어하거나 유입밸브를 조절함으로써 수압을 조절하고 있다. 이 때문에 배수량조정의 경우와 비교하여 배수탑이나 고가탱크의 용량은 작게 할 수 있다. 소규모의 수도에서 유효용량은 계획시간최대배수량의 30분을 표준으로 하고 있다.

압력탱크방식에 의한 경우에는 그 유효용량은 계획시간최대배수량의 10분간용량을 표준으로 하고 있다.

(3)의 배수량과 배수펌프의 수압조절을 겸할 경우에는 그 상수도의 규모, 배수지역의 상황, 배수지 설치장소의 조건, 유지관리의 난이도 및 경제적인 고려 등에 따라 그 용량을 결정한다. 배수탑과 고가탱크는 구조나 경제적으로 너무 대용량의 것을 만드는 것은 곤란하므로 보통은 계획1일최대급수량의 1~3시간분 정도의 용량으로 하고 배수량 조절을 위하여 부족한 수량은 별도로 배수펌프장 부근에 배수지를 병설하고 이곳으로부터 배수탑이나 고가탱크에 송수하여 시간변동을 조정한다.

배수탑이나 고가탱크에 송수하는 펌프의 설비용량은 (1)의 경우에는 송수펌프로서 1일최대급수량의 1시간 분에 상당하는 것으로 충분하다. (2)의 경우에는 배수펌프로서 계획시간최대배수량이나 화재시 배수량에 상당하는 것이 필요하다.

이와 같이 배수탑이나 고가탱크의 유효용량이 배수지 용량에 가까워짐에 따라 배수펌프적인 성질에서 점차로 송수펌프적인 성질로 바뀌어서 펌프용량이 작아진다. 그러나 배수탑과 고가탱크의 용량이 1시간분 정도일 경우에는 소화용수와 급수량의 안정성을 고려하여 무리하게 펌프 용량을 줄이지 않는 편이 좋다.

7.3.5 수심

배수탑과 고가탱크의 수심은 다음 각 항에 따른다.
1. 배수탑의 총 수심은 구조, 시공 및 경제성을 고려하여 정한다.
2. 유효수심은 설치장소의 조건, 배수구역의 관로상태, 소요수두 등을 고려하여 정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수탑은 탑 내의 총 수심에 걸쳐 저수되지만 배수관의 소요수두와의 관계로 인하여 하부의 1/2~1/3은 평소에는 이용하지 못하므로, 이용하지 못하는 부분이 작게 되도록 위치선정에 유의

하여 수심을 유효하게 이용하도록 궁리해야 한다. 과거의 경험으로부터 배수탑의 총수심이 20 m 정도를 한도로 하고 있다. 그 이유는 탑의 높이가 높아짐에 따라 중심이 높게 되고 역학상 불안정한 상태가 되기 때문에, 기초도 충분한 크기로 견고하게 하고 진동이나 수밀성의 확보 등 구조상으로나 시공상의 곤란을 줄이고 공사비 절약 등을 위함이다.

그러나 최근 기술 진보에 따라 수심한도가 20 m를 넘는 사례도 외국에서 많이 보고되고 있다.

2.에 대하여 ; 고가탱크의 유효수심은 지금까지 배수지의 유효수심에 준하여 종래 3~6 m 정도가 표준으로 되어 있는데 실적으로는 4~8 m 정도가 대부분이고 특히 배수탑에서는 10~15 m 정도의 사례도 많이 보고되고 있다. 따라서 유효수심에 대해서는 설치장소, 배수구역의 관로상황에서 필요한 소요수두, 다른 시설과의 표고관계, 시공 및 유지관리의 난이도, 경제적인 조건 등을 고려하여 정한다.

배수탑은 저수위 이하의 수운용상 이용할 수 없는 수심부분은 지진 등의 재해시에 비상급수용의 확보용량으로 활용하는 것이 바람직하다.

7.3.6 기초와 지주

배수탑과 고가탱크의 기초와 지주는 다음 각 항에 따른다.

1. 배수탑과 고가탱크의 기초는 소요지지력을 가진 양호한 지반상에 설치하고, 충분한 안정성을 가진 구조로 한다.
2. 고가탱크의 지주(支柱)는 강제 또는 철근콘크리트로 만들고 기초에 견고하게 고정시켜야 한다.
3. 고가탱크와 지주상의 지대(支臺)는 견고하게 연결한다.
4. 부득이 연약지반 등 좋지 않은 장소에 설치하는 경우에는 구조물의 특성 및 지반조건에 가장 적합한 기초공법 또는 지반개량 등의 적절한 조치를 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수탑과 고가탱크는 지상의 높은 곳에 설치되어 있어서 역학상 불안정한 구조물이기 때문에 상부로부터 하중을 안전하게 받을 수 있는 양호한 지반에 설치한다.

기초의 양부(良否)는 구조물의 가치를 좌우하고 기초의 불안정은 부등침하, 흔들림, 전도의 원인으로 되어 구조물을 파괴하게 된다. 이 때문에 기초지반의 조사에는 특히 주의하고 지질조사, 지반의 구성상태, 지반의 안정도, 지내력의 측정, 지하수위 등을 조사하기 위해서는 현지에서 시추조사나 말뚝박기시험 또는 현장재하시험 등을 하여 기초지반의 안전을 확인한다. 그 결과에 따라서 말뚝기초 등 충분히 안정된 구조양식을 선정한다.

비교적 지반이 좋으며 직접기초로 하는 경우라도 기초는 가능한 한 깊게 설치하는 것이 바람직하고 다주지지구조(多柱支持構造) 등으로 기둥마다 독립된 기초를 설치하는 경우라도 지중의 보에 의하여 서로 연결하여 일체구조가 되도록 한다.

2. 및 3.에 대하여 ; 지주는 상부탱크의 하중을 지지하고 기초지반에 재하중을 안전하게 전달하는 역할을 하는 중요한 것으로 지주 전체가 탱크를 포함한 일체구조로서 상호 견고하게 연결 고정되어 진동

이나 풍압에 대해서도 내력적으로 안전해야 한다.

고가탱크와 지주는 상호 강성이 다르기 때문에 충분하게 보강하고 탱크의 측판과 바닥판을 직접 지지하는 경우에는 심한 국부응력이 생기기 때문에 측판을 두껍게 하거나 또는 덧댐판 등으로 보강한다.

과거에는 형강(形鋼)을 수직재로 하여 조립하고 수평재와 경사재를 상호 연결하는 구조였으나 최근에는 강관 등을 사용하므로 외관상 보기 좋고 응력적으로나 구조상 또는 시공상으로도 강하고 간단하므로 경제적이다.

4.에 대하여 ; 구릉지의 법선(toe of slope), 지층의 변화계, 연약지반 및 매립지 등은 자연재해시에 변형이 크고 부등침하를 일으키거나 복잡한 움직임이 있어서 시설에 좋지 않은 영향을 미친다. 또 경사면에는 사면이 붕괴될 가능성이 많다. 한편, 모래질의 지반에서 지반자체가 유동화하는 경우에는 지반의 지지력은 현저히 저하한다.

따라서 지반이 불량한 장소에 설치하는 것은 피하는 것이 최선이다. 그러나 부득이 불량지반에 건설하게 되는 경우에는 지반조건에 적합한 구조형식과 기초공이 필요하다. 또한 경우에 따라서는 지반을 개량해야 한다.

7.3.7 유입관과 유출관

배수탑과 고가탱크의 유입관, 유출관 및 우회관은 **5.9.4 유입관, 유출관 및 우회관**에 준한다.

【해설】

유입관, 유출관 및 우회관에 대해서는 5.9.4 유입관, 유출관 및 우회관의 해설에 준하지만, 수압조정을 주목적으로 하는 배수탑 및 고가탱크에서는 유입관을 유출관으로 겸용시켜 1개만 설치하는 경우가 있다. 이 때에 필요에 따라 조정밸브 등을 설치하여 수위와 연동시켜 운용한다.

탱크내의 입상노출관은 지진시의 관성력 등에 의하여 파손될 우려가 많기 때문에 측벽 또는 지주에 강고하게 지지금구를 사용하여 고정시킨다. 다만, 대구경관은 측벽에 주는 영향이 크기 때문에 관성력이나 지진시 동수압을 고려하여 강고한 지주를 설치하여 지지시키는 것이 바람직하다. 매설관이 배수탑이나 고가탱크 또는 기초콘크리트부를 관통하는 경우에는 기초조건이 다름으로 인한 부등침하가 일어나기 쉬우므로 관매설부와 구조물과의 사이에 신축이음관을 설치한다. 또한 동시에 매크로셀부식이 콘크리트직근의 토양부에서 발생할 우려가 있기 때문에 적절한 방식조치를 시공한다(4.21.7 전식 및 부식 방지 참조).

7.3.8 월류설비와 배수(排水)설비

배수탑과 고가탱크의 월류설비와 배수설비는 **5.9.5 월류관과 배수(排水)설비**에 준한다.

7.3.9 환기장치, 맨홀 및 검수구

배수탑과 고가탱크의 환기조치, 맨홀 및 검수구는 **5.9.6 환기 및 출입설비**에 준한다.

7.3.10 수위계, 채수설비 등

배수탑과 고가탱크의 수위계, 채수설비 등은 **5.9.7 수위계** 등에 준한다.

【해설】

배수탑이나 고가탱크는 10분 정도의 용량의 것으로부터 몇 시간에 이르는 것까지 여러 가지의 것이 있다. 따라서 배수지의 경우와 같이 체류시간이 긴 것에 대해서는 채수설비를 설치하여 수질을 감시하는 것이 필요하다.

7.4 배수관

7.4.1 총칙

배수관에는 덕타일주철관, 도복장강관, 스테인리스강관, 경질폴리염화비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관 등을 사용하는데 이들을 선정할 때에는 수압과 외압에 대한 안전성, 환경조건, 시공조건을 고려하여 최적인 것을 선정한다.

안전성은 오로지 수압과 외압에 의하여 좌우되므로 어느 것에나 견딜 수 있는 강도를 갖는 관종과 토피(土被)로 한다. 이 경우에 수압으로서는 관로의 최대정수압과 수격압을 고려하고 외압으로서는 토압 및 노면하중, 지진력 등을 고려한다.

외력중에서 지진력에 의하여 큰 피해가 발생할 것으로 예상되는 지역에서는 진도, 관로의 구조특성, 주변의 지반특성 등을 고려한 관로의 피해를 예측하여 위험도가 크다고 평가되는 경우에는 내진성이 높은 재료의 관종 및 조인트를 선정하고 또한 이형관 등을 포함한 관로시스템 전체를 적절한 내진설계로 한다.

환경조건으로서는 매설장소의 지질상황이 중요한데, 지질상황에 따라서는 특수한 조인트나 시공방법의 검토 또는 이형관 보호공, 전식이나 기타 부식방지공에 관하여 고려한다.

시공조건으로 주변의 지하매설물 상황, 교통사정 등을 고려한다. 배수관 부설은 일반적으로 개착공법으로 시공하지만, 지하매설물의 난립 등 물리적인 제약 이외에도 교통정체의 방지, 소음·진동 등 공해를 방지하는 관점에서 추진공법이나 실드공법이 채택되기도 한다. 이들 비개착공법의 종류는 다양하므로 지반조건이나 시공조건에 따라 적절한 공법의 선택한다. 또한 도시에 따라서는 도로관리자가 건설하는 공동구내에 배관을 부설하는 사례도 있다.

부설한 다음 오랜 세월이 경과된 배수관 중에는 경년변화로 인하여 개량하거나 갱신해야 할 필요가 있다. 종래에 경년변화 등으로 사고나 장애가 발생하는 관로에 대해서는 부분적인 보수나 갱생공법으로 응급대처할 수 있었지만, 장래에는 관로의 안전성을 확보하기 위해서는 노후관을 새로운 관으로 교체하여 관로의 내진성과 함께 수질의 안전성을 향상시키는 것도 중요하다. 관로의 개량이나 교체공법으로는 여러 가지 공법이 개발되어 있는데 개량이나 교체의 목적이나 장래 계획에 대한 적합성과 함께 현장의 환경조건이나 시공조건 등에 대한 적응성에 대하여 충분히 검토하여 최적의 공법을 선택한다.

경제적 설계는 관의 재료비, 공사비 및 펌프설비비 외에 매설심도나 장래 유지관리비의 대소를 고려하여 수행한다. 다만, 배수관의 경제적인 설계는 상수도경영상 중요하지만, 이것이 강조되어 장래의 안정급수를 저해하여서는 아니 된다.

7.4.2 관종

배수관의 관종은 **4.2.2 관종**에 준한다.

7.4.3 수압

배수관의 수압은 다음 각 항에 따른다.
1. 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 150 kPa(약 1.53 kgf/cm^2) 이상을 확보한다.
2. 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최대정수압은 700 kPa(약 7.1 kgf/cm^2)를 초과하지 않아야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 2층 건물에의 직결급수를 가능하게 하기 위해서는 배수관의 최소동수압은 150~200 kPa(약 1.53~2.04 kgf/cm^2)를 표준으로 한다. 더욱이 저수조에 대한 위생상의 문제나 에너지를 유효하게 이용하기 위하여 직결급수의 범위를 확대할 경우에는 수도사업자가 스스로 급수구역 내에 건축물의 분포나 지역 특성을 고려하여, 직결급수대상의 범위와 배수관의 최소동수압을 결정해야 한다. 다시 말하면, 3층, 4층 및 5층에 대한 표준최소동수압은 각각 200~250, 250~300 및 300~350 kPa이다.

2층 건물에 직결직압식으로 급수하기 위하여 수도사업자가 현시점에서 보장할 최저서비스수준으로 급수관 분기지점에서 최소동수압을 150 kPa로 하였지만, 지형조건으로부터 국소적으로 150 kPa를 밑도는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치되어 있는 경우에는 문제가 없다. 또한 소방용수 이용에 대해서도 소화전을 사용하고 있을 경우에는 배수관내에 정압이 확보되어야 하는 것은 필요하지만, 화재시에도 100 kPa 정도의 최소동수압을 유지할 수 있다면 이상적이다.

동수압의 상향조정은 배수관망 중에 노후관이 혼재되어 있을 경우에는 누수사고가 발생하거나 누수량이 증가될 우려가 있으므로 배수관 정비를 착실히 진행시키는 것과 함께 급수관도 정비하여 관로전체를 고수압에 견딜 수 있도록 개량하거나 교체해야 한다.

2.에 대하여 ; 배수관으로 사용되는 일반적인 관종에는 덕타일주철관, 도복장강관, 스테인리스강관, 경질폴리염화비닐관 및 수도용폴리에틸렌관 등이 있다. 이들 관의 최고사용압력은 덕타일주철관 및 도복장강관, 스테인리스강관은 1.00 MPa(약 10.2 kgf/cm^2), 경질폴리염화비닐관이나 수도용폴리에틸렌관은 0.75 MPa(약 7.6 kgf/cm^2) 이상으로 되어 있다.

배수관망의 중에서는 이들 관종이 혼재되어 있으므로 최대정수압으로서는 현재 사용되고 있는 급수설비로 보호하는 관점에서 허용할 수 있는 수치로서 700 kPa(약 7.1 kgf/cm^2)를 설정하였다. 다만, 지형조건으로부터 국소적으로 이 값을 초과하는 경우가 있더라도 급수에 지장이 없도록 조치된 경우에는 가능하며, 이러한 경우에는 덕타일주철관, 강관 등을 채택하도록 검토할 필요가 있다.

직결급수범위의 확대에 따른 최소동수압의 상승을 고려하여 최대동수압은 최고를 500 kPa(약 5.10 kgf/cm^2) 정도까지로 하는 것이 바람직하다.

7.4.4 관경

배수관의 관경은 다음 각 항을 기준으로 정한다.

1. 관로의 동수압은 평상시에는 그 구역에 필요한 최소동수압 이상으로 유지되도록 하며, 또한 수압필요를 가능한 한 균등하게 되도록 결정한다.
2. 관경을 결정함에 있어 배수지, 배수탑 및 고가탱크의 수위는 항상 저수위를 기준으로 한다.
3. 단구소화전을 설치한 배수관의 최소관경은 도시 주거지역에는 150 mm 이상, 업무지구에는 200 mm 이상을 원칙으로 한다. 다만, 소화전을 설치하지 않는 경우나 산재된 주거지역에는 80 mm를 최소관경으로 할 수 있다.

【해설】

1.에 대하여 ; 평상시에 배수관의 최소동수압은 급수지역의 특성에 따라 계획하고 또한 화재시에도 모든 배수관에 정(+)압을 유지하며 전체 급수지역의 각 구역에 현저한 수압저하가 없도록 계획한다.

관경을 산정하는 방법은 우선 7.1.3 계획배수량을 참조하고, 평상시의 사용량에 대한 수리계산을 하여 최소동수압이 7.4.3 수압으로 설정된 계획최소동수압을 만족하도록 관경을 선정한다. 다음에 화재시에 대한 수리계산을 하여 화재시의 최소동수압이 정(+)압을 유지한다는 것을 확인해야 한다. 관경을 결정할 경우에는 급수구역내의 동수압 분포가 가능한 한 균등하도록 계획하는 것이 기본이지만, 지반의 고저가 심한 곳에서는 지반의 표고를 자세히 조사하여 계획최소동수압을 유지할 수 있도록 한다. 또한 관내의 수질악화 등 유지관리면에서 관내유속도 고려해야 한다.

원칙적으로 배수관은 격자망으로 상호연결하여 소위 관망을 형성하도록 계획하며 관망에서의 유량을 계산하여 각 관로의 관경을 구한다. 관경을 산정하는 동수압을 계산할 때에는 배수지, 배수탑 및 고가탱크의 수위는 어느 것이나 저수위를 기준으로 한다.

관수로의 유량공식은 하젠-윌리암스(Hazen-Williams)공식, 간기레-쿠터(Gangillet-Kutter)공식 등이 사용되고 있으며, 하젠-윌리암스공식이 일반적으로 사용되고 있다(4.2.3 관경 참조).

관망의 유량계산방법을 크게 나누면, 유량법과 수위법으로 나누어진다. 유량법은 수위균형을 잡기 위한 요소를 유량에 두고, 유량을 수정함으로써 압력의 균형을 구하는 방법으로 그 대표적인 방법이

하디・크로스(Hardy-Cross)법이다. 수위법은 절점에서의 압력을 가정하여 관로의 유량을 구하는 방법으로 절점수두법이 일반적이다.

계산방법의 개요를 보면 다음과 같다.

1) 평상시의 유량계산

⑴ 배수관망의 배치 및 관경을 가정한다.

⑵ 배수구역을 가로나 지반의 고저 또는 인구밀도의 분포상태 등에 따라 적당하게 분할하여 각 관로의 분담배수구역을 가정한다.

⑶ 각 관로가 분담해야 할 계획시간최대배수량을 정하고 그 배수량이 각 관로의 양단에서 1/2씩 집중하여 유출되는 것으로 가정하여 계산을 간소화시킨다.

⑷ 다량의 물을 사용하는 시설이 예상될 경우에는 급수량을 고려하여 별도로 유출점을 정하는 편이 합리적이다.

⑸ 관망의 유량계산에 따라 각 관로의 유량 및 손실수두를 구하며 이로부터 각 지점의 유효동수압을 산출한다.

⑹ 관망의 격자수는 적을수록 계산은 간단하다. 격자의 수가 많아질 경우에는 작은 관을 큰 관으로 합성하거나 또는 생략하여 골격으로 되는 관망에 대하여 계산하는 것이 편리하다..배수관의 손실수두 계산에는 마찰손실수두만을 고려하여 계산하더라도 무방하다.

2) 화재시의 유량계산

⑴ 계획급수인구 100,000 명을 넘는 경우에는 계획시간최대배수량에 충분히 여유가 있으므로 평상시의 경우와 같이 계산한다.

⑵ 계획급수인구 100,000 명 이하인 경우에는 각 관로가 분담하는 유량은 계획1일최대급수량과 소화용수량과의 합으로 하는 것이 바람직하다. 이 때에 소화용의 방수지점은 배수구역중 가장 조건이 나쁜 지역을 선정하며 1지구로는 불충분하다고 생각되는 경우에는 그 이외 지구에도 화재가 발생하는 것을 고려하여 수리계산을 한다. 조건이 나쁜 지구는 일반적으로 배수지 또는 배수펌프장에서 먼 곳이나 높은 지대이고 평상시의 계산에서도 수압이 낮은 시가지 또는 밀집지가 대상으로 된다. 소화용수량은 7.1.5 소화용수량의 2 및 3에 의한 계획동시개방소화전수만의 소화전으로부터 방수하는 것으로 하여 계산한다. 또 7.5.4 소화전을 참조한다.

평상시와 화재시 모두 관망을 계산할 때에 주의해야 할 것은 관망이 형성되지 않는 곳, 즉 관망에서 분기된 배수관(분기관)의 유량 및 수압을 항상 고려해야 한다.

2.에 대하여 ; 단구소화전을 설치하는 배수관의 최소관경은 도시 주거지역에는 150mm 이상을 원칙으로 한다. 더욱이 150mm 이상의 배수관에 장치하는 것은 배수관의 동일계통에 설치되어 있는 소화전 중 몇 개의 소화전을 동시에 개전한 경우에도 그 각각이 소정의 급수능력을 발휘할 수 있도록 정한 것이다.

그렇지만 소규모의 수도나 배수량이 적은 지역에서는 이 기준에 맞추어서 시설을 설치하면, 배수관

의 관경이 과대해져서 비경제적이며 또한 관내유속이 현저히 작아서 수질을 악화시킬 우려도 있다.

또한 일반적으로 가구(街區, Block)를 형성한 시가지에서는 배수관망도 가구에 따라 부설되는 것이 통례이므로, 관망으로서 방수기능이 충분한 경우와 특히 수압이 높거나 가까이에 비교적 큰 배수본관이 연결되어 있어서 소화용수공급이 유리한 장소 또는 주택이 산재된 지역에서는 관경 150mm 미만으로 설치할 수 있다.

마찬가지로 단구소화전을 설치하는 업무지구에서는 200mm 이상을 원칙으로 한다. 다만, 소화전을 설치하지 않는 경우에는 80mm를 최소관경으로 할 수 있다. 배수관의 관경은 일반 급수와 함께 소화용수의 목적도 있으므로 이 양쪽을 충족할 수 있는 관경으로 부설해야 한다(7.1.5 소화용수량 및 7.5.4 소화전 참조).

7.4.5 매설 위치와 깊이

배수관의 매설 위치와 깊이는 다음 각 항에 따른다.
1. 공공도로에 관을 부설하는 경우에는 「도로법」및 관계법령에 따라야 하며 도로관리자의 허가조건 또는 협약에 따른다. 그리고 배수본관은 도로의 중앙쪽으로 배수지관은 보도 또는 차도의 편도 측에 부설한다.
2. 배수관을 다른 지하매설물과 교차 또는 인접하여 부설할 때에는 적어도 30 ㎝ 이상의 간격을 두어야 한다.
3. 한랭지에서 관의 매설깊이는 동결심도보다도 깊게 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수관은 유지관리상 용이해야 하는 것을 고려하여 원칙으로 공공도로에 부설한다. 이 경우에는 배수본관은 도로의 중앙측에 부설하고 배수지관은 급수관의 분기여건, 누수방지, 시설개량 등을 고려하여 되도록 도로의 편도측에 부설하는 것이 좋다. 따라서 도로폭이 넓지 않을 경우에는 배수지관을 언제나 정해진 편도측에 부설하면 좋으나, 도로폭이 매우 넓을 경우에는 양측 보도나 차도의 양측에 부설하여 일반 수요자의 급수공사에 편리하도록 배려해야 하며 급수관의 누수나 급수공사로 넓은 도로를 횡단하여 굴착하는 일이 없도록 양측 보도 또는 차도의 양측에 부설한다.

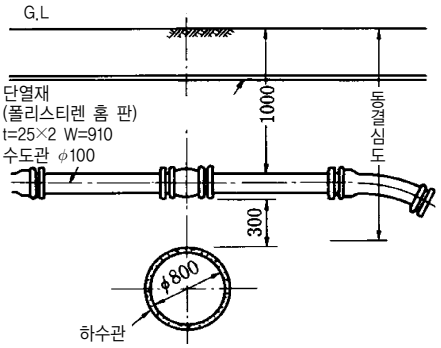
매설물의 위치와 깊이에 대해서는 도로관리자와 상수도, 공업용수도, 하수도, 가스, 전력, 전화 등 지하매설물 점용자와의 사이에서 도로종별마다 매설위치에 대하여 협정해 두는 것이 좋다. 도로점용지하매설물 배치표준의 일례를 〔그림 7.4.1〕에 보이고 있다.

하천부지, 궤도부 또는 사유지에 관을 부설하는 경우에는 해당 부지관리자 또는 토지소유자와 협의하여 사용승인을 얻어야 한다.

「도로법시행령」에서는 토피의 표준은 120 cm로 규정되어 있지만, 수관교부착부의 제방횡단개소나 다른 매설물과 교차관계 등으로 토피를 표준 또는 규정치까지 얻지 못하는 경우에는 도로관리자 또는 하천관리자와 협의한 다음에 토피를 60 cm까지 감소할 수 있다(4.2.6 매설 위치 및 깊이 참조).

2.에 대하여 ; 배수관과 다른 지하매설물과의 사이에 간격이 없으면, 유지보수가 곤란하다. 사고발생을 방지하기 위하여 부설할 때의 최소이격거리를 30 cm로 한다.

3.에 대하여 ; 한랭지에서 토지의 동결심도가 표준매설깊이 보다 깊을 때에는 동결심도 이하에 매설하지만, 어쩔 수 없이 매설심도를 확보할 수 없는 경우에는 단열매트 등 적당한 조치를 강구한다(**1.4.3 지반 및 기초**, 〔그림 7.4.2〕 참조).

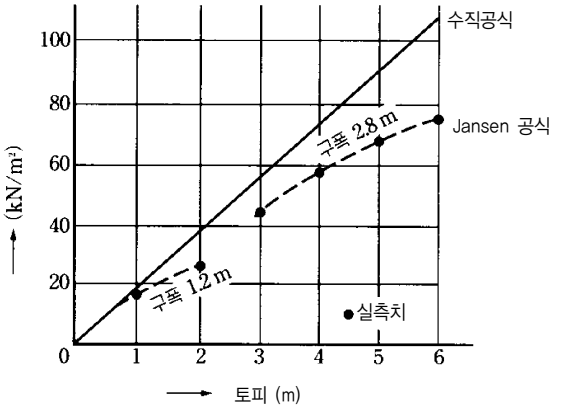


[그림 7.4.2] 단열매트를 시공한 예(단위 : mm)

〔7.4.5 참고 1〕 토압 및 트럭 등에 의한 토압

매설관에 작용하는 토압과 토피의 관계를 나타내는 대표적인 계산식과 관정부에서 토압 실측치의 일례를 〈7.4.5 참고도-1〉에 나타내었다. 토피가 2m 이하로 얕은 경우에는 수직공식으로 충분히 적용할 수 있지만, 토피가 깊게 되면 토피에 대한 토압의 증가율은 서서히 감소하기 때문에 얀센(Jansen′s) 공식과 잘 합치한다.

또한 트럭 등의 집중하중이 지하매설관에 전달되는 경우의 계산식과 실측치를 〈7.4.5 참고도-2〉에 나타내었다.

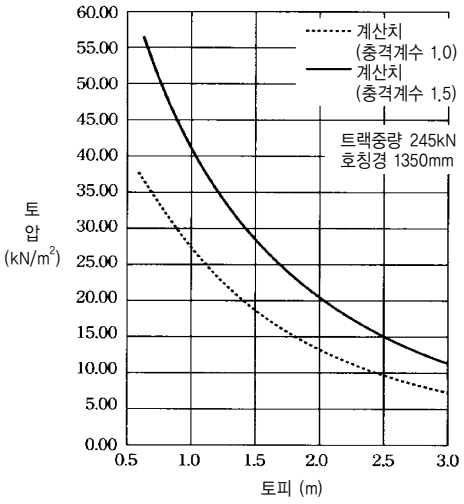


실험조건 :
φ700 덕타일주철관
매설깊이 4m, 성토두께 2m,
마사토, 다짐하지 않음

수직공식(vertical formula) :
$W_f = r \cdot H$
W_f : 수직토압(kN/m²)
r : 흙의 단위체적중량(kN/m³)
H : 토피(m)

Jansen 공식
$$W_f = \frac{r}{2K\tan\phi}(1-e^{2k\tan\phi\times\frac{H}{B}})B$$
W_f : 수직토압(kN/m²)
r : 흙의 단위체적중량(kN/m³)
K : Rankine계수 $\left\{\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right\}$
계산할 때에는 다음과 같이 가정한다.
r = 18kN/m², φ=40 ℃
φ : 흙의 마찰각
H : 토피(m)
B : 구폭(groove width : cm)
e : 자연대수의 밑

〈7.4.5 참고도-1〉 토피 6m의 실험에서 실험토압과 계산토압

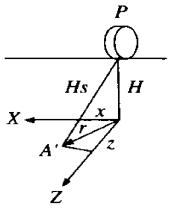


브시네스크(Boussinesq) 공식

$$p = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{H_s^5} P$$

$$= \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{(H^2 + r^2)^{5/2}}$$

$$= \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{(H^2 + x^2 + z^2)^{5/2}}$$



여기서,

P: 집중하중(kN)

p: 토지의 임의의 점 A에서의 직압력(kN/m²)

H: A'점의 표면 및 깊이(m)

H_s: P의 작용점부터 A'점까지의 경사진 거리(m)

r: H_s의 수평성분

x : r의 횡방향성분

z : r의 축방향성분

〈7.4.5 참고도-2〉 각 토피에 대한 트럭의 토압계산

[7.4.5 참고 2] 부상방지를 위한 최소토피의 예

지하수위가 높고 관이 부상할 우려가 있는 곳에는 관내가 비었을 때에 부상하지 않는 깊이로 매설한다. 부상을 방지하기 위하여 최소토피의 예를 〈7.4.5 참고표-1〉에 보이고 있다. 또한 관이 부상할 위험수위를 〈7.4.5 참고표-2〉에 보이고 있다.

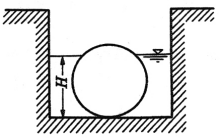
〈7.4.5 참고표-1〉 부상방지를 위한 최소토피

호칭직경 (mm)	강 관		덕타일주철관		경질폴리염화비닐관		수도용폴리에틸렌관	
	관두께 (mm)	최소토피 (m)	관두께 (mm)	최소토피 (m)	관두께 (mm)	최소토피 (m)	관두께 (mm)	최소토피 (m)
50	-	-	-	-	4.5	0.05	5.8	0.054
70	-	-	-	-	5.9	0.08	8.2	0.078
100	4.5	-	6.0	-	7.1	0.10	11.4	0.11
150	5.0	0.02	6.0	0.01	9.6	0.15	16.4	0.16
200	5.8	0.04	6.0	0.07	11.5	0.20	22.7	0.22
500	6.0	0.32	8.0	0.36	-	-	-	-
1000	9.0	0.72	13.0	0.79	-	-	-	-
1500	14.0	1.07	18.0	1.24	-	-	-	-
2000	18.0	1.45	23.5	1.66	-	-	-	-
2400	22.0	1.73	27.5	2.02	-	-	-	-
2600	24.0	1.86	29.5	2.23	-	-	-	-

주) 1.관상의 흙도 물 속에 있는 것으로 보아서 되메우기흙의 중량을 (18-10=8 kN/m³)으로 하여 산출한다.
2. 덕타일주철관에 대해서는 모르터라이닝 중량을 고려한다.

〈7.4.5 참고표-2〉 관이 부상할 위험수위

호칭직경(mm)	강관		덕타일주철관 ( ) 안은 1종관, 그외는 3종관		비 고
	관두께(mm)	수위 H(m)	관두께(mm)	수위 H(m)	
100	4.5	-	(7.5)	(-)	
			6.0	-	
150	5.0	0.14	(7.5)	(-)	
			6.0	-	
200	5.8	0.17	(7.5)	(-)	주) 덕타일주철관에 대해서는 모르터라이닝의 무게를 고려하였다.
			6.0	0.19	
500	6.0	0.20	(9.5)	(0.31)	
			8.0	0.27	
1000	9.0	0.33	(16.5)	(0.54)	
			13.0	0.47	
1500	14.0	0.50	(23.5)	(0.76)	
			18.0	0.64	
2000	18.0	0.65	(30.5)	(0.99)	
			23.5	0.84	
2400	22.0	0.79	(36.5)	(1.17)	
			27.5	0.97	
2600	24.0	0.86	(39.5)	(1.26)	
			29.5	1.04	



7.4.6 신축이음관

신축조인트는 **4.2.13 신축이음관**에 준한다.

7.4.7 관의 기초

관의 기초 등은 **4.2.14 관의 기초**에 준한다.

7.4.8 이형관 보호

이형관의 보호는 **4.2.15 이형관 보호**에 준한다.

7.4.9 관로의 표식

관로의 표식은 **4.2.16 관로의 표식**에 준한다.

7.4.10 전식 및 부식방지

관의 전식 및 부식방지는 **4.2.17 전식 및 부식방지**에 준한다.

7.4.11 수압시험

관로의 수압시험은 **4.2.18 수압시험**에 준한다.

7.4.12 위험한 접속(dangerous connection)

배수관은 수도사업자가 경영하는 상수도와 전용수도 이외의 관로 또는 시설과 직접 연결해서는 안 된다.

【해설】

수도사업자가 경영하는 상수도와 위생관리가 잘 된 전용상수도와는 상호 배수관으로 연결하여 물을 융통하거나 비상시 등에 대비하여 연결관을 배치하는 것은 지장이 없다. 그러나 공업용수도 등과 배수관을 서로 연결하는 것은 절대로 피해야 한다. 또한 오염의 원인이 되기 쉬운 우물물의 급수관 등과 연결해서도 안 된다. 이들 연결관에 제수밸브나 체크밸브 등을 설치하였더라도 밸브가 고장이 났을 경우나 제수밸브의 조작착오 등으로 오염된 물이 혼입될 위험이 있기 때문이다.

7.4.13 수관교와 교량첨가관

수관교와 교량첨가관은 **4.2.19 수관교와 교량첨가관**에 준한다.

7.4.14 하저횡단(역사이펀관)

하저횡단은 **4.2.20 하저횡단(역사이펀관)**에 준한다.

7.4.15 추진공법

추진공법은 **4.2.22 추진공법**에 준한다.

7.4.16 쉬일드(shield)공법

쉬일드공법은 **4.2.23 쉬일드(shield)공법**에 준한다.

7.4.17 공동구 내의 배관

공동구 내의 배관은 다음 각 항에 따른다.
1. 공동구 내에서 상수도관로의 점용공간은 배관공사의 시공에 편리하고 장래 유지관리측면도 고려하여 적당한 공간을 확보해 두어야 한다.
2. 관로의 부속설비로서 제수밸브, 공기밸브, 배수(排水)설비 및 소화전 등은 가능한 한 도로상에서 조작할 수 있도록 한다.
3. 이형관의 보호는 배관상태와 공동구의 구조를 고려하여 결정한다.
4. 관로의 방식대책을 적절히 한다.
5. 공동구의 벽 관통부에는 부등침하에 대비하여 적절한 대책을 강구한다.

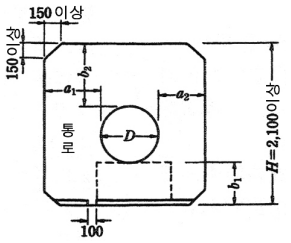
【해설】

공동구는 도로의 보전과 도로교통을 원활하게 할 목적으로 도로관리자가 각 공익사업자의 의견을 듣고서 이들의 동의에 따라 건설되는 것으로서 이들 공익사업자들은 공동구 건설후 점용허가를 받아 각기 필요한 공사를 하도록 한다. 공동구 정비계획은 장기적 전망에 따라 계획해야 하고 공동구 정비도로로 지정해야 하며, 이에 참가하는 공익사업자들의 점용물 설치계획도 장기적인 계획이 전제가 되어야 한다.

공동구는 그 용도에 따라 차도에 축조되는 간선공동구와 보도에 축조되는 공급관 공동구로 크게 나누어진다.

1.에 대하여 ; 상수도용으로 필요단면은 관로의 배관공사에서 시공성과 함께 배관한 다음의 유지관리를 감안하여 결정하되, 도로관리자와 다른 공익사업자와의 조정과 함께 경제성도 고려하여 적절한 공간을 확보해야 한다. 〔그림 7.4.3〕에 간선공동구의 표준단면의 예를 보이고 있다.

구 경(D)	주철관(볼트이음)				강관(용접이음)			
	a_1	a_2	b_1	b_2	a_1	a_2	b_1	b_2
400 미만	850	400	400	2,100-(b_1+D)	750	500	500	2,100-(b_1+D)
400~800 미만	850	500	500	2,100-(b_1+D)	750	500	500	2,100-(b_1+D)
800~1,000 미만	850	500	500	800	750	500	500	800
1,000~1,500 미만	850	600	600	800	750	600	600	800
1,500 이상	850	700	700	800	750	700	700	800



[그림 7.4.3] 공동구 내의 상수도관 표준 단면도

2.에 대하여 ; 공동구관리는 도로관리자가 하고 구내의 출입은 관리자의 허가를 받아야 하므로 관로의 부속설비를 긴급조작하고자 할 때 곤란하며 또한 구내에서는 조작공간이 협소하여 지장이 있으므로 도로상에서 조작할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

3.에 대하여 ; 이형관의 보호는 4.2.15 이형관 보호에서 언급한 바와 같으나, 이형관에 있어서는 이형관에 작용하는 불평균력이 공동구의 구조에 영향을 주게 되므로 대구경관 및 고압관인 경우에는 공동구의 설계단계에서부터 미리 대비해야 한다.

4.에 대하여 ; 관의 외면도장에 대해서는 수관교의 외면도장에 준하여 도장하고 또한 콘크리트구조물과 접촉하는 부분에 대한 방식대책은 4.2.17 전식 및 부식방지를 참조한다.

5.에 대하여 ; 공동구내에서 분기한 관로가 공동구의 벽을 관통하는 개소에는 부등침하에 의하여 파손될 우려가 있으므로 신축이음관을 설치하는 등 적절한 조치를 강구한다.

7.4.18 부단수공법

부단수공법에 의한 분기작업과 제수밸브의 설치작업은 다음 각 항에 따라야 한다.
1. 기존에 설치되어 사용 중인 관(기존관)에서 부단수공법으로 분기할 경우에는 미리 굴착하여 기존관의 관종, 외경, 진원도(眞圓度), 사용수압 등을 확인해야 한다.
2. 기존관에 T자관을 부착한 다음 소정의 수압을 시험하여 누수가 없음을 확인하고 나서 천공작업을 시작한다.
3. 연약지반에서 부단수공법을 시행할 경우에는 기초를 완전하게 하거나 지반의 부등침하에 대응할 수 있는 신축이음관을 사용해야 한다.

【해설】

부단수공법은 사용중인 기존관을 단수하지 않고 소요관경의 T자관이나 제수밸브를 연결하는 공법으로 부단수분기공법과 부단수밸브설치공법이 있다.

부단수분기공법은 기존관에 연결용 특수T자관(devided T-type pipe)을 설치하여 관을 분기하는 공법이다. T자관의 분기구는 수평으로 설치하는 것을 원칙으로 한다. 분기천공관경 200mm까지의 것은 조합된 밸브부T자관을 사용하는 것이 편리하다. 또한 T자관에는 특수전환밸브가 붙은 것도 있다.

부단수밸브설치공법은 기존관의 임의의 개소에 기존관과 동일한 구경의 제수밸브 또는 마개를 설치하는 공법이다. 특수한 T자관을 상향으로 설치하고 주관의 내경에 상당하는 깊이를 오려낸 다음, 이 부분에 끼워 넣기 위한 밸브본체와 밸브뚜껑을 설치하는 구조이다.

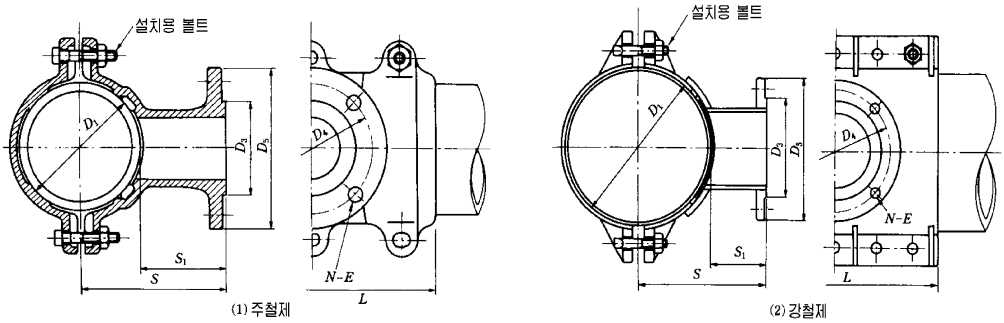
1.에 대하여 ; 부단수공법은 단수가 허락되지 않는 중요한 관로에 대하여 시행하는 방법이므로 시공의 실패는 허락되지 않는다. 따라서 사전에 기존관의 형상, 치수, 관종이나 굴착개소 주변부의 매설물상황이나 교통상황 등을 조사하여 확실하게 시공할 수 있도록 계획한다.

밸브설치에 대해서는 관경이 커지면 중량도 커지기 때문에 기자재를 매달아 옮길 중기계를 사용할 필요가 있으며 작업장이나 기자재적치장에 대해서도 검토해 두는 것이 바람직하다. 기존관이 대구경일 때에는 토압 및 노면하중 등에 의하여 변형된 경우도 있으므로 사전에 진원도(眞圓度)에 대해서도 조사해 둔다.

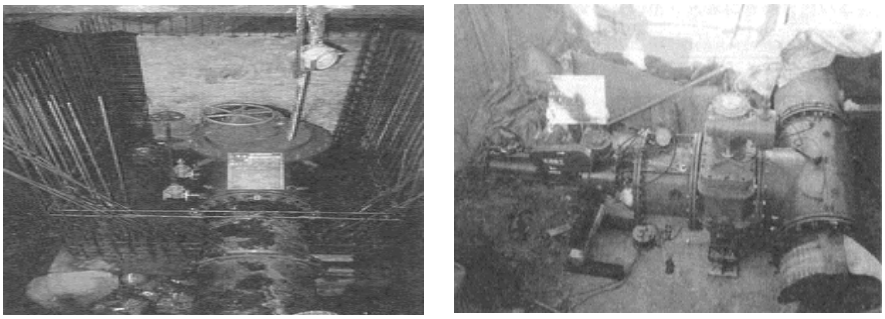
부단수공법에 사용되는 부단수분기용 T자관 및 부단수밸브는 충분한 강도, 내구성, 수밀성을 갖는 구조와 재질의 것을 선정하고 토양의 부식성에 대해서도 고려한다.

2.에 대하여 ; T자관을 설치하는 위치는 기존관의 조인트위치나 관의 강도 등을 감안하여 결정하고 위치가 결정된 다음에는 기존관의 표면을 청소하여 T자관(devided T-type pipe)을 전체 주위에 걸쳐 균등하게 조이고 고정시킨다. 고정작업이 완료되면, 분기구에 플랜지뚜껑을 설치하고 공사장소의 동수압 ±550 kPa의 수압으로 가압하여 부착부에 누수가 없는 것을 확인한 다음 천공한다.

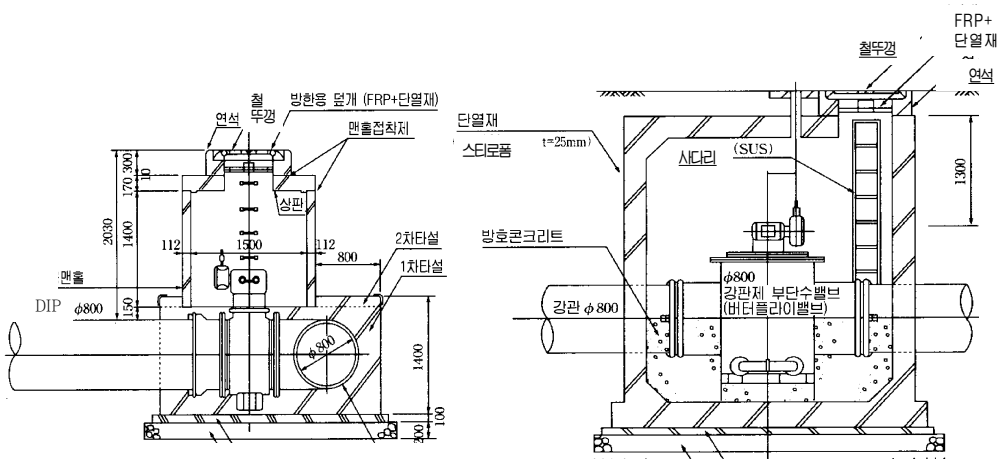
3.에 대하여 ; 기존관에 설치된 부단수분기용 T자관 및 밸브를 부착시킨 경우에는 수압에 의한 불평균력이나 하중 등이 새롭게 가해지므로 적당한 방호조치를 강구해야 한다. 연약지반에 대해서는 부등침하가 일어나지 않도록 말뚝 및 콘크리트로 기초를 하고 필요에 따라 분기관측의 적당한 개소에 신축이음관 등을 설치해야 한다(〔그림 7.4.4〕~〔그림 7.4.6〕참조).



[그림 7.4.4] 부단수분기용 T자관의 구조 예



[그림 7.4.5] 부단수분기 및 밸브설치의 예



(1) 부단수 분기의 예 (2) 부단수 밸브설치의 예

[그림 7.4.6] 부단수공법의 시공 예(단위 : mm)

7.4.19 기존관내 부설공법 및 기타 특수공법

기존관내의 부설공법 및 기타 특수공법에 의한 개량 또는 교체는 현장조건, 기존관로상황 등을 충분히 조사하고, 관망기술진단 결과를 이용하여 관종은 수밀성, 내구성 및 시공성을 가진 것으로 소요관경이 확보될 수 있는 것을 선정한다.

【해설】

배수관로는 일반적으로 공공도로에 매설되어 있으므로 그 장소에서의 토질, 관내 수압, 관내 수질 등의 조건 및 노면하중, 지진 등의 외부압력 조건 그리고 지반침하나 다른 공사의 영향을 받아 관체 또는 조인트부의 약화로 인한 파손, 누수나 관내면의 부식 등으로 인한 급수불량이나 적수발생도 있다. 이와 같이 기능이 저하된 배수관로는 안정급수, 안전한 수돗물을 공급한다는 관점에서 계획적으로 개량 또는 교체할 필요가 있다. 개량 또는 교체공법으로서는 배수관 정비계획 및 내진성 강화계획과 맞추면서 도로를 굴착하고 새로운 관으로 교체하는 교체공법이 일반적이다. 그러나 간선도로 등의 굴착규칙, 매설관이 많은 도로 등에 대한 시공상의 제약도 있으므로 노선에 따라서는 교체공법을 채택할 수 없는 경우도 있다.

이와 같은 시공조건에도 대응하여 새로운 관으로 교체하는 공법으로서 도로의 굴착을 가능한 한 적게 하고 기존관로를 이용하여 기존에 설치된 관을 개량 또는 교체하는 기존관내 삽입공법, 기존관내 라이닝공법, 기존관 파쇄추진공법 등이 개발되었다. 이들 공법에는 각각 시공상의 특징이 있으며 그 중에는 고도의 기술이 요구되는 것도 포함되어 있으므로 다음과 같은 사항에 대한 각 공법의 적응성을 충분히 조사하고 관망기술진단 결과를 검토하여 공법을 선택한다.

1) 현장조건

① 기존관 주위의 가스관 등 다른 매설물의 유무
② 교통상황
③ 매설지반 및 포장의 경과년수
④ 단수시간의 제한 또는 가설배관의 필요성

2) 기존관로 상황

① 노후화정도, 관종, 관경, 점용위치, 굴곡정도, 토피(土被)
② 이형관부 및 부속설비의 설치위치
③ 급수관의 분기위치
④ 관망상황

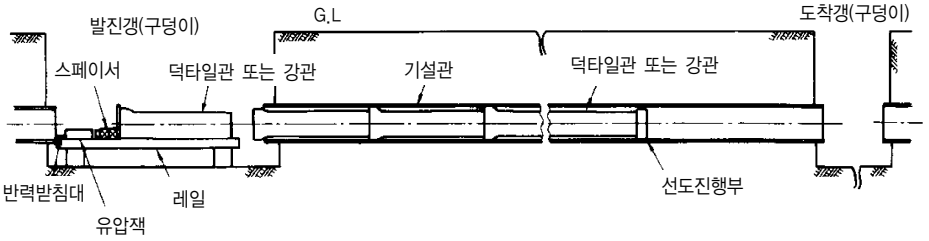
3) 배수관 정비계획과의 일치성

관로의 여러 조건을 감안한 관종, 조인트구조 등의 내진성에 관하여 고려한다.

⑴ 기존관내 삽입공법(pipe in pipe)

이 공법은 기존관내에 새로운 관을 부설하는 것으로 단순히 청소한 기존관 내에 새로운 관을 삽입하고 기존관의 내면과 새로운 관의 외면과의 간극에 모르터 등을 주입하여 중층구조로 하는 것이다. 이 공법은 입갱부, 부속설비 및 급수전을 위한 부분적인 굴착을 제외하면 지표면을 굴착하지 않고 시공할

수 있다. 삽입관으로서 덕타일주철관 및 강관이 사용되고 있지만, 기존관의 관경이나 굴곡에 따라 적용조건이 다른 경우가 있으므로 삽입관의 관종이나 구경 등의 검토가 필요하다(〔그림 7.4.7〕 참조). 적용범위는 다음과 같다.

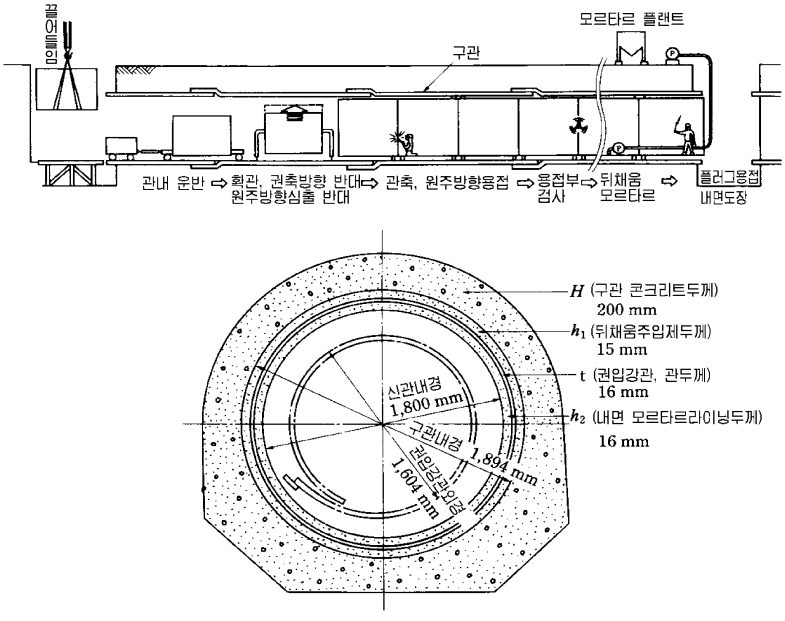


[그림 7.4.7] 기존관 내 삽입공법의 예

(가) 관종 : 모든 관종에 적용할 수 있고 기존관의 강도가 노후되었더라도 시공이 가능하다.
(나) 관경 : 기존관경이 400mm 이상이어야 한다.

⑵ 기존관내 라이닝공법

이 공법은 기존관내 삽입공법과 마찬가지로 청소(cleaning)한 관내에 관경을 축소시킨 라이닝강관을 인입하고 관내에서 확관·용접하며 기존관과 새로운 관 사이에 모르터 등을 주입하여 중층구조로 하는 방법이다. 관을 말아넣어 인입작업한 다음 확관을 하기 때문에 개량교체되는 관로는 기존에 설치된 관의 관경에 가까운 관경을 확보할 수 있으며 또한 구부러짐에 대해서도 대응하기 쉽다(〔그림 7.4.8〕 참조). 이 공법의 적용범위는 다음과 같다.



[그림 7.4.8] 기존관 내 라이닝공법의 예

(가) 관종 : 모든 관종에 적용할 수 있으며 기존관이 노후되었더라도 시공할 수 있다.

(나) 관경 : 기존관경이 800mm 이상이어야 한다.

⑶ 기존관 파쇄추진공법

이 공법은 파쇄기구를 지닌 선도관에서 기존에 설치된 관을 파쇄하면서 기존관과 동등 또는 그 이상 큰 새로운 관(덕타일주철관 또는 강관)을 추진하는 공법이다. 이 공법은 입갱부, 부속설비 또는 급수전을 위한 부분적인 개착을 제외하면 지표면을 굴착하지 않고 시공할 수 있다. 기존에 설치된 관의 파쇄기구로 다음과 같은 것이 있다.

① 쐐기모양의 파쇄날을 선도관에 장착하여 추진력에 의하여 기존관을 파쇄하는 방법

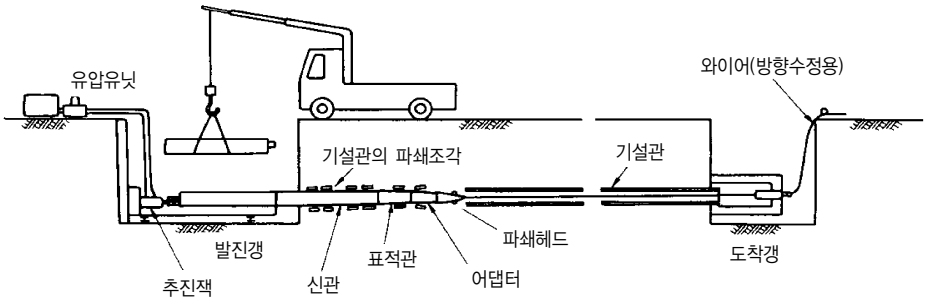
② 에어해머(air hammer)기구를 내장한 굴착기를 선도관으로 하고 에어해머의 충격으로 기존관을 파쇄하는 방법

이 공법의 작업구간은 토질이나 기존관의 재질에 좌우되는데 직선부에서 50~80 m 정도의 시공이 가능하다(〔그림 7.4.9〕 참조).

이 공법의 적용범위는 다음과 같다.

(가) 관종 : 주로 석면시멘트관 및 주철관에 적용한다.

(나) 관경 : 기존에 설치된 관경이 75~350mm



(주관 파괴 소구경추진공법용 덕타일관)

[그림 7.4.9] 기존관 파쇄추진공법의 예

7.4.20 관의 갱생

기존관의 갱생은 다음 각 항에 따라 시행한다.

1. 관의 갱생은 배수관 정비계획의 일환으로 관망기술진단의 결과를 이용하여 배수관망 전체를 계획적으로 시행한다.
2. 관내의 크리닝은 관경과 시공연장 등의 조건에 따라 적절한 방법을 채택한다.
3. 관내의 라이닝(lining)은 수질에 나쁜 영향을 주지 않고 접착성과 수밀성 및 내구성을 가진 것이라야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 기존관의 갱생공법은 관내에 침적(deposition)되거나 결절(knotting)되어 커진 관석(녹혹 : tubercle) 등을 제거하여 통수능력을 회복하고 녹물발생을 방지하고자 하는 것으로 배수관을 개량한다는 측면에서 실시하며 주철관 또는 강관 등을 대상으로 한다.

이 공법을 적용할 때에는 기존관의 관체 및 조인트부의 강도가 금후의 사용에 견딜 수 있어야 한다. 따라서 이 공법은 부설체공법 및 기존관내 부설공법 등과는 달리 전부가 새로운 기능으로 회복하는 것이 아니고 응급적이고 잠정적인 방법이다.

관의 갱생공법에는 종류가 많으며 각각 적용관경과 사용재료 등 시공상의 특징이 있다. 따라서 갱생공법을 선택할 때에는 기존관로의 상황 등에 대하여 다음과 같은 사항에 관하여 충분히 조사하고 관망기술진단 결과를 검토하여 결정한다.

⑴ 관종, 관경
⑵ 관체의 강도
⑶ 이형관부 및 부속설비의 설치위치
⑷ 급수관의 분기위치
⑸ 관망구성상황 및 관로정비계획
⑹ 설정 내용년수

2.에 대하여 ; 기존관 내의 세척(cleaning)은 채택하는 공법에 따라 녹제거의 정도가 다르므로 합성수지관삽입공법과 같이 관의 삽입에 지장이 되지 않은 정도로 세척하는 방법과, 에폭시수지도료라이닝공법과 같이 고도의 바탕조정(surface preparation)을 필요로 하는 공법이 있다.

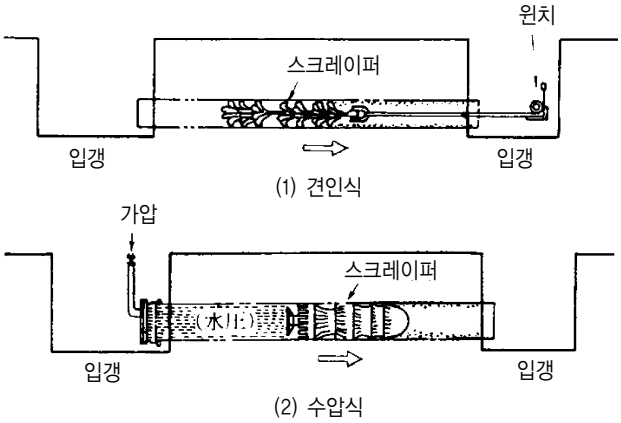
크리닝은 관내를 이동하는 기구를 사용하여 수압, 동력, 인력 등으로 시행하지만, 관경이나 연장 및 이형관과 급수관의 분기 등의 관로상태와 수용가의 사정, 시공기간의 기온, 통수재개까지의 소요시간 등을 검토하여 관로조건에 적합하고 경제적인 공법을 채택한다.

일반적으로 사용되는 공법으로서는 스크레이퍼(scraper)공법, 로터리(rotary)공법, 제트(jet)공법, 폴리픽(polly pig)공법, 에어샌드(air sand)공법 등이 있다.

스크레이퍼공법은 유연한 축의 주위에 탄력성이 큰 스크레이퍼를 방사상으로 여러 단을 설치한 구조의 기구를 사용하는 방식이고 수압을 이용하여 추진하는 수압식과 피아노선 등에 의한 견인식이 있다.

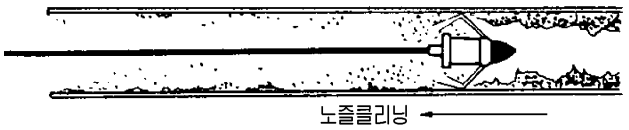
수압식은 관경 250mm 이하의 소구경관에서 수압이 200 kPa(약 2.04 kgf/cm^2) 이상 확보할 수 있을 때 유리하고 견인식은 관경 300mm 이상의 관에 적합하다(〔그림 7.4.10〕 참조). 또한 1회 시공연장은 관로 상태에 따라 차이가 있으나, 견인식은 대개 100 m 전후가 일반적이고 수압식은 그 이상의 경우라도 가능하다.

제트공법은 특수고압펌프로 물을 10~15 MPa(102~153 kgf/cm^2)로 가압하여 특수노즐(nozzle)을 통하여 관내면에서 후방의 경사방향으로 분사되는 제트류의 반동을 이용하여 전진시키면서 관석을 제거하는 공법으로 주로 관경 400mm까지의 에폭시수지도료의 라이닝공법에 사용된다(〔그림 7.4.11〕 참조).



[그림 7.4.10] 스크레이퍼공법의 예

폴리픽공법은 특수우레탄제의 포탄형 물체를 관로세척용 장치구 또는 맨홀을 통하여 관내에 장치하고 압력이 있는 압력수를 가하여 돌출부에 제트류를 일으킴으로써 관벽의 손상없이 관내에 부착된 스케일 및 이물질을 압류시키는 방법으로 기존관 및 신설관 세척에도 사용된다. 그리고 에어샌드공법은 상기 원리와 비슷하나 규사를 이용하여 관내의 스케일을 세척하는 공법이다.

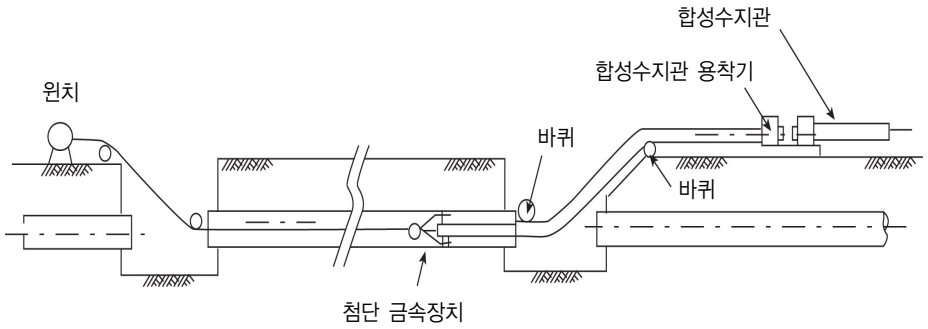


[그림 7.4.11] 제트공법의 예

3.에 대하여 ; 라이닝에는 일반적으로 관내의 스케일이나 퇴적물을 제거한 다음 와이어브러시나 고무제 스위퍼 등을 사용하여 관내를 완전하게 청소한 다음 라이닝한다. 라이닝방법으로는 시멘트모르터, 수지모르터 및 액상에폭시수지를 사용한 라이닝과 폴리에틸렌관 삽입 등이 사용된다. 밸브 등의 부속설비 및 분기부 등은 부분적으로 개착하여 작업구로 사용한다. 이들 부속설비 및 분기부는 부적당하므로 전부 교체한다.

1) 합성수지관삽입공법

신관이 삽입될 수 있는 정도로 세척된 기존관의 내부에 약간 관경이 작은 합성수지관을 삽입하여 관내면과 합성수지관외면과의 틈에 시멘트밀크 등을 압입하여 중층구조로 하는 공법으로 관로를 보강하며 또한 관내면은 평활하기 때문에 내마모성이 좋고 유속계수도 크다. 또 합성수지관을 접착작업할 때에 저온에서는 특히 조심해야 한다(〔그림 7.4.12〕참조).



[그림 7.4.12] 합성수지관 삽입공법의 예

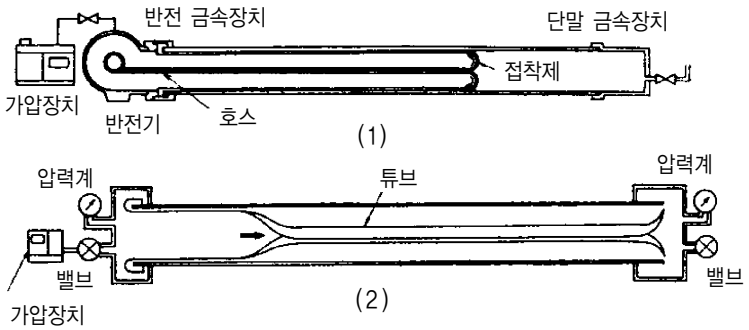
시공 공정

크리닝작업 → 합성수지관 삽입작업 → 칼라접속과 특수단관처리 → 시멘트밀크 주입작업 → 세척·소독·배수(排水) → 통수

2) 피복재관내장착공법

크리닝하여 건조시킨 관내에 접착제를 도포한 박막관을 인입하고 공기압 등으로 관내면에 압착시킨 다음 가열하여 라이닝층을 형성시키는 공법으로 관로의 움직임에 대한 추종성이 좋고 곡선부의 시공이 가능하다.

이 공법에는 피복재를 관내에서 반전삽입(reversing and inserting)하여 압착하는 방법(〔그림 7.4.13(1)〕 참조)과 관내에 인입한 다음 가압하여 팽창시키는 방법(〔그림 7.4.13(2)〕 참조)이 있으며 적용조건을 충분히 조사한 다음에 채택한다.



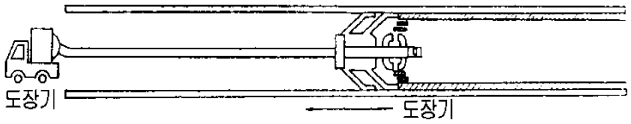
[그림 7.4.13] 피복재 관내 장착 공법의 예

시공공정

크리닝작업→관내건조작업→라이닝작업→접착제 가열경화→관단 처리작업→세척·소독·배수(排水)→통수

3) 에폭시수지도료 라이닝공법

크리닝이 끝난 관내면을 완전히 건조시킨 다음 에폭시수지도료를 고속원심으로 분사하여 도장하는 공법으로 곡선부 및 분기관의 시공에는 핀홀(pinhole), 기포(blister) 등이 없도록 균일하게 하고 도포막은 0.5 mm 이상이 되도록 한다. 에폭시수지도료는 위생적으로 무해하고 경화된 후에는 물에 용출되지 않아야 하며 또한 냄새나 맛, 색도 등 수질에 나쁜 영향을 미치지 않아야 한다. 따라서 충분히 도포막이 경화되는 시간을 잡는 것이 중요하고 더욱 그 효과를 촉진하기 위하여 온풍건조 등의 조치를 강구할 필요가 있다. 건조경화시간을 충분히 확보하기 위하여 경우에 따라서는 가배관으로 급수하는 것도 필요하다(〔그림 7.4.14〕 참조).



[그림 7.4.14] 에폭시 수지도료 라이닝 공법의 예

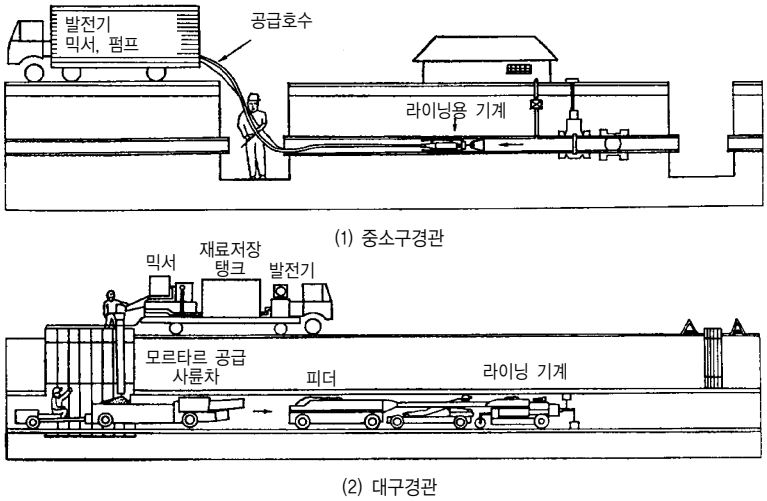
시공공정

크리닝작업→관내 열풍건조작업→라이닝작업→도막건조양생작업→세척·소독·배수(排水)→통수

4) 모르터라이닝공법

크리닝작업이 끝난 관의 내면에 모르터를 원심력으로 내뿜으면서 동시에 인두로 표면을 5~10mm 정도의 균일한 두께로 마무리하는 공법으로, 모르터가 경화되는 시간을 충분히 갖도록 하면서 습윤양생한다. 또한 모르터에 의하여 물의 pH가 상승되는 것을 억제하기 위하여 경화된 후에 침투성이 있는 실코트(seal coat)를 도포한다.

이 공법은 모르터가 경화되는데 상당한 시간을 요하기 때문에 경우에 따라서는 가배관이 필요하다(〔그림 7.4.15〕 참조).



[그림 7.4.15] 모르터 라이닝 공법의 예

시공공정

크리닝작업 → 라이닝작업 → 습윤양생 → 실(seal)코트작업 → 양생 → 세척 · 소독·배수(排水) → 통수

7.5 부속설비

7.5.1 총칙

배수관의 부속설비로는 차단용 밸브, 제어용 밸브, 공기밸브, 감압밸브, 소화전, 배수(排水)설비, 유량계, 수압계, 수질측정장치, 맨홀 등으로 분류된다. 이들 부속설비는 배수구역내의 물 수요에 따라 배수관과 일체가 되어 적정한 수량과 수압 및 수질을 확보할 수 있도록 기능을 한다. 소화전은 화재시의 소화용에 적절히 대응할 수 있어야 한다.

이들 부속설비들은 각각 재료, 제조방법, 규격치수, 강도 및 내외면의 도장을 달리하고 있으므로, 위생성도 고려하여 배수관과 같은 기준을 만족하는 것을 선정하여 사용한다.

소화전에 대해서는 물에 접하는 면적이 작으므로 이 조건이 엄격하게 적용되지는 않는다.

부속설비를 설치하는 계획에 대해서는 배수본관과 배수지관의 배치, 배수구역내의 지형, 지세, 물수요 등을 고려하여 가장 적절한 것을 적절한 장소에 배치한다.

장기간 사용된 부속설비는 습동부(褶動部, sliding portion)의 마모, 물과 접촉부 도장의 노후, 기타에 기능이 저하됨으로써 안정급수를 저해하는 요인으로 되는 경우가 있다. 이러한 부속설비는 적당한 시기에 개량하거나 교체함으로써 그 기능을 회복하거나 향상시켜야 한다.

매설심도를 얕게 할 경우에는 부속설비도 이에 맞는 규격의 것을 사용해야 한다.

밸브 등을 설치하는 방식으로서는 플랜지이음접합이 일반적이지만, 플랜지면에 홈이 없는 평패킹만을 사용하는 조인트방식과, 플랜지면에 홈이 있고 수밀성이 양호한 조인트방식이 있으며, 수밀성이 양호한 후자를 사용하는 것이 바람직하다.

7.5.2 차단용 밸브와 제어용 밸브

차단용 밸브와 제어용 밸브의 설치는 **4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브**에 의한다.

7.5.3 공기밸브

공기밸브의 설치는 **4.2.9 공기밸브**에 준한다.

7.5.4 소화전

소화전은 배수지관에 설치하며 설치할 대에는 다음 각 항에 따른다. 1. 도로의 교차점이나 분기점 부근으로 소방활동에 편리한 지점에 설치하고 도로연변의 건축물 상황 등을 고려하여 소방대상물과 소방용수시설의 수평거리를 100~140 m 간격 이하로 설치한다. 2. 원칙적으로 단구소화전은 관경 150 mm 이상의 배수관에, 쌍구소화전은 관경 300 mm 이상의 배수관에 설치한다. 3. 소화전에는 보수용 밸브를 함께 설치한다. 4. 한랭지나 적설지에서는 부동식(不凍式)의 지상식소화전을 사용하며, 지하식소화전을 사용하는 경우에는 동결방지대책을 강구한다. 5. 소화전의 토출구 구경은 원칙적으로 65mm로 하나 특수한 소방펌프를 사용할 경우에는 예외로 할 수 있다.

【해설】

소화전은 배수지관에 설치하여 화재발생시에 소방용수를 이용하는 시설로서의 기능을 다하는 것을 목적으로 하고 있다. 한편으로는 관내수를 배수(排水)할 때의 흡기와 충수할 때의 배기 및 배수관의 수질유지를 위한 배수(排水)설비로서도 이용되기 때문에, 이러한 사용목적을 고려하여 적당한 곳에 설치한다.

1.에 대하여 ;「소방기본법 시행규칙」 등에 의하면, 시가지 또는 밀집지의 방화대상물로부터 하나의 소방용수를 이용하는데 이르는 거리는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조 제1항 제1호의 규정에 의한 주거지역, 상업지역 및 공업지역에 설치하는 경우에는 소방대상물과의 수평거리를 100미터 이하가 되도록 할 것으로 규정되어 있으며 기타지역에 설치하는 경우 에는 소방대상물과의 수평거리를 140미터 이하가 되도록 할 것으로 규정하고 있다.

소화전을 설치할 때에는 호소수 등의 자연수를 이용할 수 있는 상황도 고려한다. 자연수를 이용할

수 없는 상황에서는 소화전의 설치간격은 건축물의 분포상황, 소방펌프로 사용하는 호스의 연장 한도 등을 고려하여 일반적으로 결정한다. 이 때에 배수지관망의 수리상으로 배수본관에서의 분기부 부근이나 도로교차부 부근은 소화용수를 방수하기에 유리하므로, 이러한 지점에 가까운데서 소방활동에 편리한 장소에 설치하는 것이 바람직하다.

도로폭이 넓고 배수지관을 도로의 양측에 부설하는 경우에는 소화전의 위치가 서로 대체사용이 가능하도록 설치한다. 개개의 소화전을 설치하는 위치에 대해서는 소방부서와 사전에 협의해야 한다.

소화전은 소방수리상으로 요청되는 설치장소 외에 관내수를 배수(排水)하거나 충수할 때의 흡기와 배기, 수질유지를 위하여 관로의 종단경사상에서 상향굴곡부와 하향굴곡부 등에도 적절하게 설치하는 것이 바람직하다(〈표 7.5.1〉 참조).

〈표 7.5.1〉 소화전방수량 개산표

호스의 직경 $2\frac{3}{4}=69.8mm$ 호스에서의 유속 V

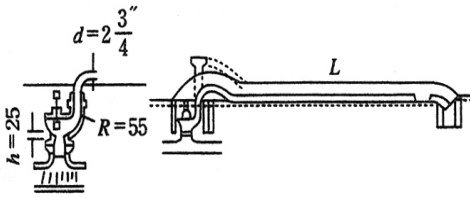
본관경 100mm 본관에서의 유속 V_0

계산의 가정, f : 호스마찰계수 0.042,

f_0 : 유입 0.5,

f_b : 곡관 0.3,

f_u : 밸브손실계수 4.5,



$$V_0 = \frac{d^2}{D^2} V = 0.49$$

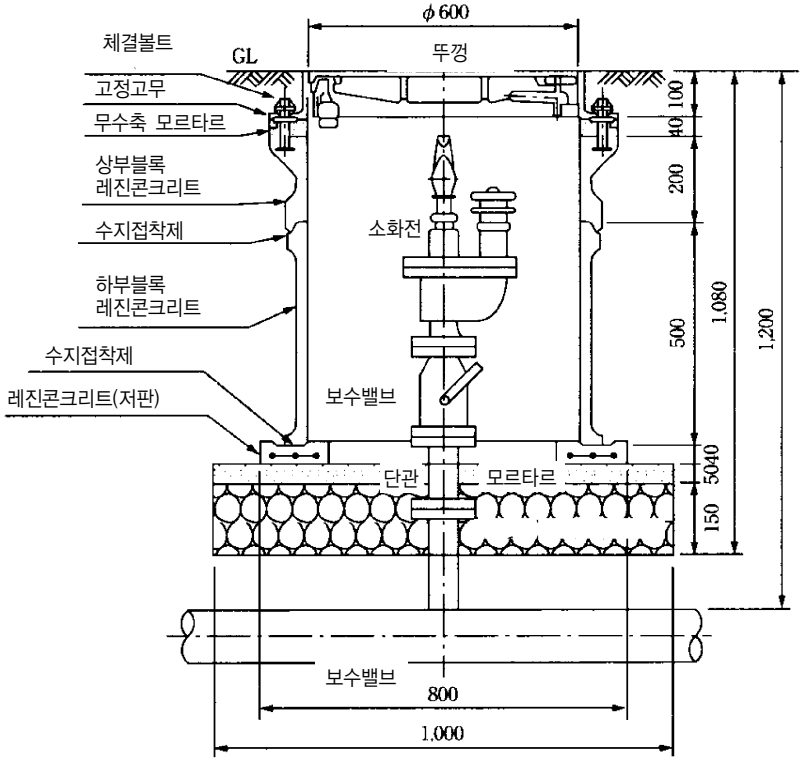
$$\text{전손실수두} H = (f_0+f_u)\frac{V_0^2}{2g}+(2f_b+\frac{fL}{d})\frac{V^2}{2g}+\frac{V^2}{19.6}$$

$$= (0.5+4.5)\frac{0.49V^2}{19.6}+(0.6+0.042\frac{L}{0.0698}+1)\frac{V^2}{19.6}$$

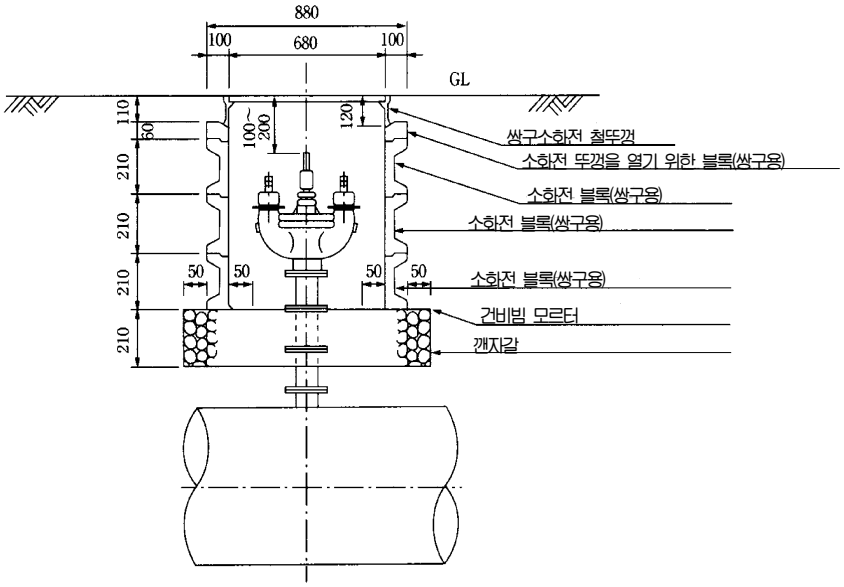
본관의 수압 (MPa)	호스의 길이 L (m)						
	6	8	10	12	14	16	20
0.05	0.90	0.82	0.76	0.72	0.67	0.64	0.59
0.07	1.06	0.97	0.90	0.85	0.80	0.76	0.70
0.10	1.26	1.16	1.03	1.01	0.95	0.90	0.83
0.12	1.39	1.27	1.19	1.11	1.05	0.99	0.91
0.15	1.55	1.42	1.32	1.24	1.17	1.11	1.02
0.175	1.68	1.53	1.43	1.35	1.26	1.20	1.10
0.20	1.79	1.64	1.52	1.43	1.35	1.25	1.17
0.25	2.00	1.83	1.70	1.60	1.51	1.43	1.31
0.30	2.20	2.00	1.87	1.75	1.65	1.56	1.44
0.40	2.78	2.55	2.38	2.22	2.08	1.97	1.82

2.에 대하여 ; 소화전은 잘 배치되어야 할 뿐 아니라 방수능력도 충분해야 한다. 소방활동을 할 때에는 대개 한 개의 소화전만을 사용하는 경우는 드물고 여러 개를 동시에 사용하는 경우가 많다. 이러한 경우에도 기준에 표시된 능력을 유지하기 위해서는 단구소화전은 배수관경 150mm 이상에 설치해야 한다. 그러나 일반적으로 가로(街路)가 형성된 시가지에서는 배수관망도 가로에 따라 부설되는 것이 통례이므로, 관망으로서의 방수기능이 충분한 경우와 특히 수압이 높거나 가까이에 비교적 큰 배수본관이 연결되어 있어서 소화용수를 공급하기에 유리한 장소에서는 관경 150 mm 미만에도 설치할 수 있다.

최근 시가지가 급속하게 발전하고 도시가 과밀화됨에 따라 소방펌프의 기능도 점점 대형화되고 펌프의 보유대수도 충분하여 수요를 충족할 수 있으나, 배수관로는 한 번 부설되면 간단하게 교체할 수 없고 또한 평상시의 급수에는 충분하더라도 소방활동으로는 부족할 경우가 많다. 따라서 이러한 경우에 대구경관이 있으면 강력한 쌍구소화전을 설치하여 소구경관의 부담을 경감시키는 동시에 소방력을 증대시키는 것이 바람직하다. 이와 같이 소방펌프가 1개소에 2대가 직결되거나 대형소방펌프 1대가 완전 활동하기 위해서는 쌍구소화전은 관의 통수능력으로 보아 관경 300mm 이상이 적당하나, 특히 동수압이 높을 경우에는 소방할 때의 수리조건을 잘 검토하여 이보다 작은 관에 설치하더라도 지장이 없다(〔그림 7.5.1〕 및 〔그림 7.5.2〕 참조).



[그림 7.5.1] 단구 소화전의 설치 예(단위 : mm)



[그림 7.5.2] 쌍구 소화전의 설치 예(단위 : mm)

3.에 대하여 ; 소화전은 보수를 위한 단수 등 유지관리 측면을 고려하여 보수용 밸브를 함께 설치한다. 그러므로 관경 300 mm 이상의 큰 관으로 급수분담구역이 넓은 관에 소화전을 설치할 경우에는 보수용 밸브를 설치하는 것이 더욱 필요하다.

4.에 대하여 ; 한랭지나 적설지에서는 교통에 지장이 있는 경우를 제외하고 지상식 소화전을 사용한다. 이러한 경우 동결을 방지하기 위하여 언제나 소화전 내의 물을 배수(排水)할 수 있는 부동식소화전을 채택해야 한다. 지하식소화전을 설치할 경우에는 그 위치를 표시하기 위하여 적당한 표시시설을 설치하며 또한 동절기에는 적설로 인하여 소화전 위치를 알 수 없는 경우가 있으므로 적당한 표시시설을 설치한다.

5.에 대하여 ; 보통 사용되는 소방펌프는 구경 65 mm 소화전에 연결되는 것으로서, 그 크기를 통일시켜 놓으면 다른 소방펌프의 지원을 받을 수 있다.

7.5.5 감압밸브와 안전밸브

감압밸브와 안전밸브는 다음 각 항에 따른다.

1. 감압밸브는 관로의 감압조건에 적합한 기능을 가져야 한다.
2. 감압밸브는 지형과 지세에 따라 그리고 평상시의 감압과 갈수시의 수압조정에 가장 적합한 장소에 설치한다.
3. 감압밸브에는 동일구경의 우회관로를 설치한다.
4. 안전밸브는 수리조건에 따라 배수펌프(또는 가압펌프)의 유입측이나 유출측 등 수격작용이 일어나기 쉬운 개소에 설치한다.
5. 밸브실은 4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브의 3에 준한다.

【해설】

배수관을 정비할 때에는 계획년도의 시간최대배수량에 대하여 배수구역내의 최소동수압을 유지할 수 있을 정도의 관경으로 결정하는 것이 기본이다. 이 때문에 배수량의 시간적 변화에 대응하여 배수관의 시점과 배수관망의 적당한 지점에 적절한 수압제어범위를 갖는 제어용 밸브로 수압을 제어해야 한다.

지형과 지세에 따라서는 계획년도에 이르는 사이나 또는 계획년도에도 일부 지역에서는 적정동수압을 초과할 것도 예상된다. 더욱이 사고시 또는 갈수시 등일 경우에 인접한 다른 배수구역이나 배수블록에도 공급해야 할 수량까지를 고려하여 배수관경을 계획하였을 경우에는 적정최대정수압(proper maximum hydrostatic pressure)을 크게 초과하는 경우도 있을 수 있다.

급수구역내의 지반에 고저차가 심한 곳으로 수압이 높은 지구에서 낮은 지구로 항상 배수하는 경우와, 높은 지구에서 낮은 지구로 필요에 따라 배수할 경우가 있으며, 이와 같은 경우 수압이 낮은 지구에는 필요이상의 수압이 작용하여 유지관리상 곤란하거나 낮은 지구의 배수관에 최대정수두 이상의 수압이 작용할 경우를 고려하여 양 지구의 경계에 감압밸브를 설치하면 안전하다.

이와 같이 수압제어용 밸브의 제어범위를 초과하는 수압을 감압하여 배수구역 내에서 적정동수압(proper hydrodynamic pressure)을 유지하는 것이 감압밸브이다.

1.에 대하여 ; 콘(cone)밸브, 니들(needle)밸브, 슬리브(sleeve)밸브 등은 수동 또는 전동으로 개도를 조정하여 감압하는 밸브이지만, 자동수압조정기구를 부가하여 2차측의 압력을 검지함으로써 압력을 줄일 수 있다.

자동밸브는 1차측과 2차측의 압력에 의하여 작동하는 자동밸브이고 각종 파이럿밸브, 전자밸브, 조임기구의 조합에 의하여,

⑴ 소량사용시 감압, 다량사용시 완전개방

⑵ 야간 감압, 주간 완전개방

⑶ 야간, 주간의 2단 감압

등으로 감압시킬 수 있으며 배수관의 감압용으로 많이 사용되고 있다.

이들 감압밸브의 특성, 감압폭, 유지관리의 용이성, 경제성 등에 대하여 검토하고 적절한 기종을 선택한다.

2.에 대하여 ; 감압밸브는 지형, 지세 및 평상시의 물수요 등을 고려하여 감압밸브를 설치하는 개소보다 하류의 구역전체가 적절한 최소동수압을 유지할 수 있는 위치를 선정하여 설치해야 한다.

지형과 지세에 따라 감압폭이 넓어서 1개 감압밸브의 감압범위를 초과하는 경우에는 복수의 감압밸브를 단계적으로 설치하여 감압시킨다. 다만, 감압밸브가 고장으로 인하여 감압구역이 비정상으로 고압으로 되지 않도록 고장대책을 강구한다.

비상시에 인접하는 다른 배수구역으로 수량을 보급하는 경우에는 지세에 따라 연결관에도 감압밸브를 설치해야 한다.

감압밸브를 설치하는 지점을 구체적으로 예시하면 다음과 같다.

1) 배수본관

⑴ 지반의 고저차가 크고 동수압이 과대해지는 배수구역의 직상류 지점

⑵ 물수요가 적은 야간 등의 시간대에 동수압이 과대하게 되는 지점

⑶ 인접한 다른 배수계통과의 연결지점

2) 배수지관

⑴ 배수본관으로부터의 분기지점

⑵ 배수블록의 입구지점

3.에 대하여 ; 감압밸브는 적절하게 보수, 점검, 수리하여 정상적인 기능을 유지하는 것이 필요하다. 따라서 단수하지 않고서 작업을 하기 위하여 동일관경 또는 한 단계 작은 직경의 우회관을 설치한다.

4.에 대하여 ; 펌프가압으로 배수할 경우에는 펌프가 급정지되거나 급기동할 경우 또는 배수관의 제수밸브를 급히 폐쇄할 경우나 그 밖의 원인으로 배수관내에 큰 수격작용이 일어날 경우에 배수관의 손상을 방지하기 위하여 설치하는 것이 안전밸브이다. 배수펌프(또는 가압펌프)의 출구는 물론이지만 상당히 긴 연장에 걸친 급경사 관로의 하단부근 등은 큰 수격작용이 일어나기 쉬운 곳이므로 이러한 지점에 안전밸브를 설치하여 첨두압력을 긴급방출함으로써 관로나 펌프를 보호한다.

7.5.6 유량계와 수압계

유량계와 수압계의 설치는 다음 각 항에 따른다.
1. 본관시점, 주요 분기지점 등에 설치한다.
2. 필요에 따라 유량·수압의 정보를 관리하는 설비를 설치한다.

【해설】

배수구역 내 물수요의 변동에 대응하고 적절한 수량과 수압을 관리하기 위하여 배수관망내의 주요지점에 유량계와 수압계를 설치하여 배수구역내의 유량과 동수압을 정확하게 파악해야 한다.

유량계로서는 전자유량계, 초음파유량계 및 벤투리유량계가 사용되고 있다. 수압계로는 정치식의 전자식 압력센서부수압계 및 부르동관(bourdon-tube)식 수압계가 있으며 배수구역내에서 소구역의 수압을 측정하는 경우에는 소화전에 설치하는 이동식 자가기록수압계(portable water level self-recorder)가 있다. 텔레미터에 의하여 측정할 필요가 있는 경우에는 정전용량식 압력계나 반도체식 압력계도 사용된다.

유량계나 수압계의 기종은 설치장소, 관리의 용이함, 유량계의 유량특성 등을 고려하여 결정한다.

1.에 대하여 ; 설치지점은 배수구역의 배수량 및 동수압의 시간적, 계절적, 경년적 변화의 상황을 정확하게 알 수 있는 지점을 선정한다.

유량계 및 수압계는 기록데이터의 수집(collection of recorded data)과 기록장치의 보수점검 등이 용이하고 도로교통에 지장이 없는 공도 등의 지상에 설치하는 것이 바람직하다.

설치지점을 예시하면 다음과 같다.

1) 유량계의 설치지점

⑴ 배수본관의 시점 및 주요한 분기지점

⑵ 배수블록의 입구지점

⑶ 인접한 다른 계통의 배수구역 및 배수블록에의 연결지점

2) 수압계의 설치지점

⑴ 유량계의 설치지점

⑵ 지세상(地勢上)으로 높은 지점과 낮은 지점

⑶ 그 밖에 수압관리상 필요한 지점

2.에 대하여 ; 유량과 수압의 정보량이 많고 또는 증가할 것으로 예상되는 경우에는 필요에 따라 정보의 텔레미터, 컴퓨터에 의한 데이터처리 등의 대책으로 정보관리설비를 검토하는 것이 바람직하다. 또한 그 설치에 관한 내용은 8.11.2 유량계측 및 8.11.4 압력계측의 내용에 준하여 설계한다.

7.5.7 배수(排水)설비

배수설비는 **4.2.10 배수설비**에 준한다.

7.5.8 맨홀과 점검구

맨홀과 점검구는 **4.2.11 맨홀과 점검구**에 준한다.

7.5.9 수질측정장치

배수시설의 수질측정장치 **8.11.5 수질계측**에 준하여 설계한다.

7.5.10 펌프설비

배수시설의 펌프설비는 **8.2 펌프설비**에 준하여 설계한다.

제 8 장

기계 및 전기·계측제어설비

제8장 기계 및 전기·계측제어설비

8.1 총설

8.1.1 기본사항

수도사업에 사용되는 기계·전기·계측제어설비는 취수로부터 배수에 이르기까지 수도시설의 대부분에 관련되기 때문에 기기와 장치는 다양하며, 이것들이 맡고 있는 역할의 중요성 때문에 이들 설비의 양부(良否)와 유기적인 결합도가 급수의 안정성과 경제성에 크게 영향을 미친다.

기계·전기·계측제어설비는 안전성과 효율성을 확보할 수 있는 것이어야 하고 신뢰성이 높고 간소한 설비의 구성을 기본으로 한다. 기기류의 선정에 있어서는 시방과 기능을 조사하고 가능한 한 실적이 있는 표준품 및 범용품을 채택하며 환경에 대한 부하가 저감되도록 대책을 강구한다. 특히, 지진 등의 재해시에 있어서도 수도시설 전체로서 필요한 최소한의 기능을 유지할 수 있는 설비로 한다.

즉, 고장이 발생하였을 경우에도 시설전체의 기능을 정지시키지 않도록 하기 위하여 기계·전기·계측제어설비로서 백업(backup)기능을 구비한다.

안전성을 높이기 위해서는 설비에 이상이 발생하였을 경우 그것을 검출하고 중고장(重故障), 경고장(輕故障) 등의 이상상태에 대한 운전관리체제 및 급수에의 영향을 고려하여 정지, 경보 또는 표시를 나타낼 수 있는 안전장치나 보호장치를 설치할 필요가 있다.

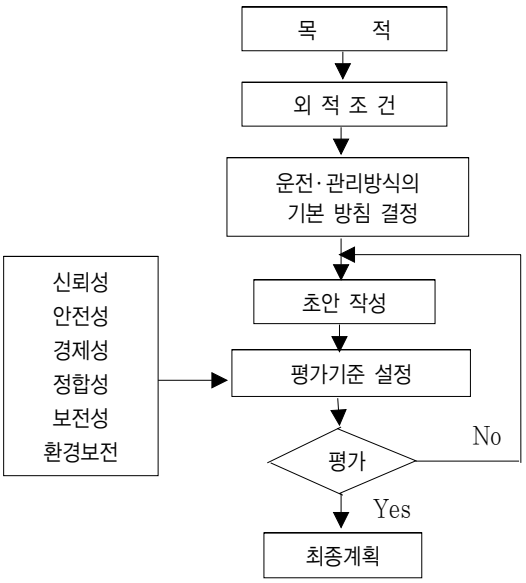
이 밖에 운전원의 오조작 방지대책도 고려해야 한다. 수도시설을 효율적으로 관리하기 위하여 기계·전기·계측제어설비의 자동화나 적응범위의 확대가 이루어지고 있지만, 운전원의 판단에 의한 조작도 대단히 중요하다. 따라서 운전원의 판단착오나 오조작에 의한 사고발생을 최대한 억제하기 위하여 간소하고 안전한 시스템이 되도록 계획해야 한다. 이를 위해서는 과도한 기능부가를 최대한 억제하고 가능한 한 조작의 용이성이나 안전성을 고려한 기기와 장치를 채택하며 운전원의 부담을 경감시키는 설비가 되도록 하는 것이 바람직하다.

기계·전기·계측제어설비는 정수처리하거나 수운용할 때에 중요한 역할을 담당하며 더구나 다른 시설과 밀접한 관계를 유지하면서 작동하고 있다. 계획·설계할 때에는 수도시설 전체의 구성을 염두에 두고 장래 도입예정인 설비나 시설이 있는 경우에는 이들과 조화를 이룰 수 있어야 하며 수도시설의 내용에 따라서는 설비를 교체하는 것을 고려하여 구성해야 한다.

기계·전기·계측제어설비의 계획순서는 〔그림 8.1.1〕에 나타낸 바와 같은 목적을 가능한 한 정량적으로 설정하여 명확히 하고, 설치환경 또는 인적조건의 제약범위 내에서 운전과 관리에 대한 기본방침을 설정하고 기본계획안을 수립한다. 기본계획은 수도시설의 전체적인 입장에서 신뢰성, 안전성, 경제성, 보전성이나 환경보전대책 등의 평가기준을 설정하고 여기에 기초를 두고 평가하여 최적계획을 결

정하는 것이 바람직하다.

기계·전기·계측제어설비를 계획할 때에는 신뢰성과 안전성을 높이기 위해서는 간소한 설비구성을 기본으로 하고, 설비의 중요도, 운용조건 등의 여러 가지 조건을 고려하여 계획을 세운다. 또한 환경보전대책이나 에너지절감·자원절약을 지향하고 생애주기비용(life cycle cost : LCC)을 감안한 경제성도 검토하여 합리적이고 효율적인 설비로 한다.



[그림 8.1.1] 계획순서

8.1.2 관계법령

기계·전기·계측제어설비의 설계는 관계법령 등으로 정해진 사항에 대해서는 이를 준수한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비를 설계할 때에는 「수도법」, 「전기사업법」, 「전기공사업법」, 「전기통신기본법」, 「정보통신공사업법」, 「건축법」, 「에너지이용합리화법」, 「산업표준화법」등에 근거하고 「전기설비에 관한기술기준」을 정한 「지식경제부령」 및 「한국산업규격(KS)」등 관련되는 법령과 기준에 따라 설계해야 한다.

또한 화재예방이나 고압가스에 의한 재해방지에는 「소방기본법」, 「위험물안전관리법」, 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한법」, 「고압가스안전관리법」, 「산업안전보건법」등에 준거하여 필요한 조치를 강구함과 동시에 주변 주민의 생활환경을 보전하기 위하여 「환경정책기본법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」, 「소음·진동규제법」, 「대기환경보전법」, 「폐기물관리법」등에 규정된 내용을 기초로 소음, 진동 및 배기가스 등의 대책을 고려하여 설계해야 한다.

이 밖에 노동재해를 방지하기 위하여 「근로기준법」, 「산업안전보건법」, 「전기사업법」 등에 근거한 안전대책을 포함해야 한다.

또 이들 관계법령은 여러 가지 정세에 의하여 개정되는 경우가 있으므로 그 동향에 대해서도 주의해야 한다.

8.1.3 설비의 개량·교체

기계·전기·계측제어설비의 개량·교체는 다음 각 항에 따른다.

1. 유지관리비의 증가나 기능저하 등을 과학적으로 평가하고 경제성을 고려하여 적절한 시기에 개량하거나 교체한다.
2. 단순히 설비를 개량·교체하는 것뿐만 아니라 관련 설비간의 조화를 고려하여 유지관리가 용이하고 경제적으로 되도록 개선한다.
3. 설비를 교체하는 기간 중에도 관련 시설을 운영하는데 지장을 주지 않도록 공사계획을 검토한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비는 오랜 기간 사용되며 설치환경에 따라 기능이 나빠지기 때문에 설비를 계획적으로 개량·교체할 필요가 있다. 또한 개량·교체할 때에는 에너지절약과 환경보전대책 등을 고려해야 하며 수도시설을 합리적으로 운영할 수 있도록 하고 과도한 설비가 되지 않도록 시설규모에 따라 적합한 설비를 채택해야 한다.

1.에 대하여 ; 기계·전기·계측제어설비의 교체시기는 노후화에 의한 보전비(운전관리비, 보전비)의 증대 또는 재료나 특성의 열화에 의한 기능저하, 또한 기술혁신 등에 의한 기존설비의 진부화(陣腐化) 등을 종합 평가하여 판단해야 한다.

이들의 판단조건은 교체실적과 법정내용년수를 감안하고 설비열화진단기술과 같은 과학적인 관리기법을 받아들여 계획적인 보전관리에 의하여 적절한 교체·개량시기를 정한다. 이러한 일상적인 유지관리작업의 노력으로 설비의 유효수명을 판단하여 교체·개량함으로써 안정급수를 확보하고 또한 수도사업에 대한 신뢰성도 얻게 된다.

2.에 대하여 ; 설비를 교체할 때에는 교체대상설비의 운전기록, 보전기록 등을 검토하여 불량한 점을 파악하고 그것들을 개선할 수 있는 설비로 한다. 또한 이것과 관련되는 설비·기기와의 조화를 감안해야 할 뿐만 아니라 신규설비에 대한 직원들의 기술수준 및 유지관리체제에 대해서도 고려해야 한다.

설비·기기에서 신기술을 채택할 때에는 신뢰성과 안전성이 높고 보수가 용이한 설비·기기를 채택해야 하며 가급적 실적이 있는 표준품이나 범용품을 채택하는 등 경제성에 대해서도 검토한다.

3.에 대하여 ; 설비를 개량·교체할 때에는 기기의 교체공사기간 중에 관련되는 시설의 기능이 저하되지 않도록 고려한다.

교체공사의 계획시에 시설의 구성상 기능을 저하시키지 않을 수 없는 경우에는 물수요가 적은 동절

기나 야간에 공사를 실시하거나 또는 다른 계통에서 급수하는 것을 검토하는 등 정수처리와 수운용에 지장이 없도록 한다.

8.1.4 지진 등의 재해대책

기계·전기·계측제어설비를 계획·설계할 때 지진 등의 재해대책은 다음 각 항을 고려하여 정한다.

1. 설비기기와 장치를 설치할 때에는 앵커볼트를 강화시키거나 전도(顚倒)를 방지하기 위한 조치 등 직접적인 대책을 고려해야 한다.
2. 재해의 영향을 최소화하기 위하여 이중화, 2계통화 등으로 위험을 분산시키고 필요에 따라 백업시스템을 감안한 설비구성으로 한다.
3. 복구하기 쉽도록 하기 위하여 설비를 가능한 범위로 간소화하고 유니트화하며, 설비의 설치공간, 케이블 및 배관의 부설노선 등은 복구작업을 고려하여 정한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비를 계획·설계할 때 지진 등(지진·홍수·낙뢰·화재·정전 등)의 재해 대책을 수도사업자의 실정에 따라 배려한다.

중요한 설비에 대해서는 지진 등의 영향을 감안하여 안전성과 신뢰성이 높은 구조·구성으로 해야 한다. 또한 지진 등에 의하여 설비가 피해를 받더라도 수도시스템 전체로서의 급수기능을 유지할 수 있도록 고려해야 한다.

강한 지진 등이 있었을 때에 설비의 일부가 손상되었을 경우에도 시스템 전체로서 가능한 한 급수기능을 유지할 수 있도록 기간시설을 분산·분할하고 예비시설, 계통간의 연결, 전원의 이중화 등의 백업을 고려해야 한다.

1.에 대하여 ; 설비기기를 설치할 때에는 건축물과 설비의 양면에서 재해에 강한 입지조건을 선정하는 것이 원칙이지만, 지진에 의하여 액상화(液狀化)될 가능성이 있는 지역에서는 미리 대책을 강구한다. 설비를 설치할 때에는 중요도에 따라 건축물의 내진성을 높이는 특별한 설계를 하지만, 기본적으로는 기초 또는 건축구조체에 견고히 고정시켜 무너짐·이동·낙하를 방지한다. 또 펌프설비와 같이 펌프기초와 일체가 아닌 부분의 배관이나 건축물의 관통부분에는 지진시의 부등침하나 부상(浮上)으로 파손될 가능성이 있으므로 신축성이 있는 조인트(flexible joint)로 접속한다.

2.에 대하여 ; 재해의 영향을 최소화시키기 위해서는 중요도가 높은 설비인 전원, 동력, 제어 및 정보통신 등의 설비는 이중화, 2계통화하고, 분할 및 분산화해야 하며 필요에 따라 백업시스템을 확립해 놓는다. 또 위험물 등에 재해를 당하였을 때 주변에 영향을 미칠 가능성이 있는 설비에 대해서는 관계법령 등에 근거하여 안전대책을 강구한다.

3.에 대하여 ; 복구를 쉽게 하기 위하여 설비는 가능한 표준화·범용화된 제품을 채택하거나 간소화하고 유니트화한다. 또 설비는 기기의 설치공간, 케이블·배관의 부설노선 등을 고려하여 배치한다. 이와 같이 하면 설비가 재해를 받더라도 신속하고 용이하게 복구할 수 있다.

설비가 특수시방으로 되어 있어서 신속하게 복구하기 곤란한 경우에는 복구용 기자재의 조달이나 공급방법을 검토한다.

상기 설비의 내진설계에 대해서는 10. 내진설계를 따르며, 언급되지 않은 사항에 대해서는 각 설비에 관련되는 각종 법령에 기초를 둔 설계기준 등으로 설계해야 하며 관련문헌 등의 지침을 참고로 한다.

8.2 펌프설비

8.2.1 총칙

펌프설비의 운전방식을 정할 때에는 에너지 절약을 염두에 두고 설비의 규모, 토출량의 변동폭 등을 고려하여 대수제어, 밸브개도제어, 각종 방식에 의한 회전속도제어나 임펠러의 교체방법(여름용, 겨울용) 등 여러 각도로 검토한다.

펌프설비의 제어방식에는 원격제어방식이나 자동제어방식이 많이 채택되고 있지만, 원격지에 설치되어 있는 펌프장은 무인화를 원칙으로 한다(8.14.2 시설의 무인화를 참조).

펌프설비는 계획수량과 수압을 만족하는 것이어야 하므로 펌프를 선택하거나 대수를 결정할 때에는 펌프자체의 성능을 먼저 숙지해야 한다. 또 캐비테이션(공동현상)이나 수격작용 등의 수리현상에 대하여 적절한 조치를 강구해야 하며 펌프흡수정, 펌프기초 등의 구축물에 대해서도 고려해야 한다.

또 정수장 내에서 사용되는 세척펌프, 약품주입펌프, 슬러지펌프 등은 5.정수시설을 참조한다.

8.2.2 펌프설비의 계획

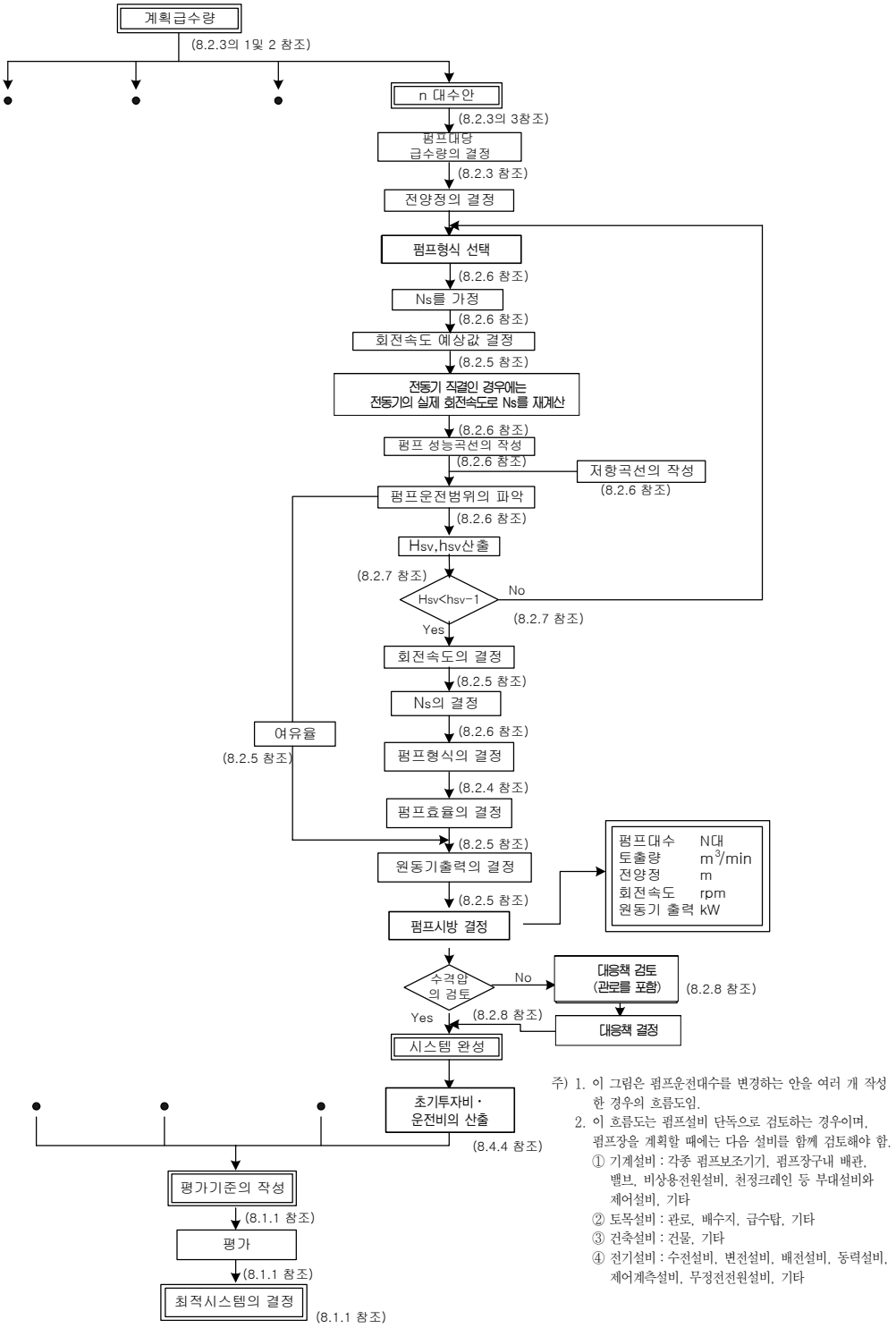
펌프설비를 계획할 때에는 안정적인 급수를 목표로 기계, 전기, 계측제어, 토목, 건축 등 각 기술분야를 포함하여 종합적으로 검토해야 한다.

【해설】

펌프설비는 신뢰성과 안전성이 높고, 계획수량과 수압을 만족해야 하며 관로를 포함한 시스템으로서 계획을 세운다.

즉, 계획수량을 충족시키는 펌프대수, 토출량, 양정, 원동기출력 및 회전속도 등의 펌프제원을 결정한다. 관로의 상황에 따라서는 수격압을 검토해야 하며, 그 대책으로서 펌프장 내 설비뿐만 아니라 조압수조 등을 관로에 설치할 필요가 있는 경우도 있으므로 관로를 포함한 시스템으로서 검토해야 한다.

펌프는 제어방식에 따라서 운전비용이 변하며 제어반 등 제어관련기기의 구성도 달라지기 때문에 생애주기비용(life cycle cost : LCC)을 감안하여 합리적이고 효율적인 펌프설비로 계획해야 한다. 이 밖에 입지조건에 따라서는 소음방지대책도 검토해야 한다. 상세한 최적의 계획(안)작성 흐름도(flow sheet)를 〔그림 8.2.1〕에 나타내었다.



주) 1. 이 그림은 펌프운전대수를 변경하는 안을 여러 개 작성한 경우의 흐름도임.
2. 이 흐름도는 펌프설비 단독으로 검토하는 경우이며, 펌프장을 계획할 때에는 다음 설비를 함께 검토해야 함.
① 기계설비 : 각종 펌프보조기기, 펌프장구내 배관, 밸브, 비상용전원설비, 천정크레인 등 부대설비와 제어설비, 기타
② 토목설비 : 관로, 배수지, 급수탑, 기타
③ 건축설비 : 건물, 기타
④ 전기설비 : 수전설비, 변전설비, 배전설비, 동력설비, 제어계측설비, 무정전전원설비, 기타

[그림 8.2.1] 최적계획(안) 작성 흐름도

8.2.3 계획수량과 대수

펌프용량과 대수의 결정은 다음 각 항에 따른다.
1. 취수펌프와 송수펌프는 펌프효율이 높은 운전점에서 정해진 일정한 수량을 양수하는 운전이 가능한 용량과 대수로 정한다.
2. 배수(配水)펌프는 수량의 시간적 변동에 적합한 용량과 대수로 한다.
3. 펌프의 대수는 계획수량(최대, 최소, 평균) 및 고장시를 고려하여 결정한다.
4. 펌프는 예비기를 설치한다. 다만, 펌프가 정지되더라도 급수에 지장이 없는 경우에는 예비기를 두지 않는다. 예비기를 필요로 하는 경우는 설비의 중요도와 운영조건을 고려하여 결정한다.

【해설】

펌프대수를 결정할 때에는 우선 계획수량이 기본으로 되지만, 수량결정은 3.1.2 계획취수량, 6.1.2 계획송수량, 7.1.3 계획배수량을 참조한다.

이 편에서 용도별 펌프의 정의는 다음과 같다.

⑴ 취수펌프 ; 하천수나 지하수를 취수하여 착수정까지 양수하는 펌프를 말한다.

⑵ 송수펌프 ; 정수지(배수지)에서 배수지로 송수하는 펌프를 말한다.

⑶ 배수펌프 ; 배수지에서 직접 배수하는 펌프를 말한다.

⑷ 가압펌프 ; 일부 배수구역의 부족압력을 보충하기 위하여 가압지역을 위한 가압장이나 배수관로에 설치하는 펌프를 말한다.

1.에 대하여 ; 취수량과 송수량은 계절변동(하절기-동절기)은 있지만, 배수량에 비하여 시간적인 변동은 적다. 따라서 취수펌프와 송수펌프의 설비용량을 결정하기 위한 시간수량은 계획1일최대 송수량의 24시간 평균수량으로 하며 가능한 한 고효율로 운전할 수 있는 용량으로 정한다.

2.에 대하여 ; 배수펌프를 계획할 때에는 장래의 물 수급계획과 맞도록 고려하고 과다한 선행투자가 되지 않도록 펌프규모를 결정한다.

배수펌프의 용량을 결정하기 위한 계획시간수량은 계획시간최대배수량으로 하지만, 야간 등의 시간최소배수량도 고려해야 한다.

배수량은 시간적으로 변동될 뿐만 아니라 계절, 요일, 날씨에 따라서도 크게 변한다. 1년 중 수량변동의 폭도 하절기의 시간최대배수량과 동절기의 시간최소배수량과의 사이에는 상당히 큰 차가 있는 경우가 많다. 따라서 배수펌프는 이들 조건에 적응하도록 결정한다.

배수펌프는 용량과 대수를 결정하는 것과 함께 배수규모와 수량변동을 고려하여 펌프의 제어방식(대수제어, 밸브제어, 회전속도제어 또는 하절기·동절기에 임펠러 교환)을 검토한다.

소규모의 수도에서는 화재시의 소화용수를 위한 소화전용펌프를 설치하거나 또는 배수펌프에 이에 상당하는 여유를 고려하지 않으면 안 되는 경우도 있다.

가압펌프에 대해서는 배수펌프에 준하지만, 펌프의 흡입 측에 극단적인 수압저하가 생기지 않도록 특히 조심해야 한다.

인라인 가압펌프(inline booster pump)를 기동할 때 펌프의 상류측 관로에 동수압이 떨어지므로 도·송수관로에 직접 펌프를 설치할 경우에는 상류측 관로에서 부압이 발생하지 않는 지점을 선정할 필요가 있다. 또 배수관로 중에 인라인형 가압펌프를 설치할 경우에는 펌프를 운전하더라도 상류측 관로에 최소압력수두가 15m(147kPa) 이상 유지될 수 있는 지점을 선정해야 한다.

3.에 대하여 ; 펌프의 설치대수는 수요수량의 특성을 고려하여 각 제어방식에 대한 대수(안)를 복수로 작성하고, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

또 펌프 1대당의 토출량은 한국산업표준의 펌프를 적용할 수 있는 범위 내에서 검토하는 것이 바람직하다. 8.2.5 펌프의 제원 〈표 8.2.1〉를 참조한다.

일반적으로 펌프토출량이 많을수록 펌프효율은 높고 운전경비를 저감할 수 있으며 또한 대수가 적어지기 때문에 전기설비나 건물 등을 포함한 초기투자는 작아지는 경향이다.

배수펌프의 설치대수는 고장 또는 점검시 급수에 미치는 영향을 적게 하고 설치공간 등을 고려해야 하므로 예비기를 포함하여 통상 3~5대로 결정하는 경우가 많다.

또 대수를 결정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

⑴ 계획최종년도에 이르는 사이의 수요수량의 동향.

⑵ 펌프는 가능한 한 동일용량으로 하여 소모품이나 예비품의 호환성을 갖는다.

⑶ 수량변화가 큰 경우, 대소 두 종류의 펌프를 설치하거나 또는 회전속도제어 등에 의하여 토출량을 제어한다(8.3.3 유량제어 참조).

⑷ 주야간, 계절별 등으로 양정변화가 클 때에는 고양정과 저양정의 두 종류의 펌프로 나누거나, 또는 임펠러를 교체하여 양정을 변화시키는 방법도 검토한다.

4.에 대하여 ; 고장이나 보수 등으로 펌프가 정지되어 급수에 지장이 되지 않도록 예비기를 설치한다. 예비기를 필요로 하는 경우의 대수는 동일 펌프를 설치하는 경우에는 동일용량 1대를, 용량이 다른 펌프를 설치하는 경우에는 가장 큰 대용량의 펌프 1대로 하는 것이 일반적이다.

또 펌프가 정지되더라도 즉시 상류측이나 다른 계통으로부터 백업할 수 있는 등 급수에 지장이 없는 경우에는 예비기를 필요로 하지 않는다.

8.2.4 펌프의 형식 선정

펌프의 형식은 다음 각 항에 따른다.
1. 계획토출량 및 전양정을 만족하고 운전범위 내에서 효율이 높아야 한다.
2. 계획흡입양정에서 캐비테이션이 발생하지 않아야 한다.
3. 각종 펌프의 형식은 운전방법, 보수 및 분해정비 등 유지관리의 장단점을 검토하여 결정한다.

【해설】

수도용으로 사용되는 펌프는 거의가 벌류트펌프이다. 중소규모의 펌프설비에서는 KS규격에 적합한 것이 많으므로 이들을 채택하는 것이 바람직하다.

펌프형식에는 동작원리에 따라 터보형, 용적형, 특수형으로 분류할 수 있으며, 터보형에는 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프가 있다. 원심펌프는 벌류트(volute)펌프(〔그림 8.2.2〕, 〔그림 8.2.3〕, 〔그림 8.2.4〕)와 디퓨저(diffuser)펌프로 분류된다. 또한 특수형식으로서 펌프와 전동기를 일체화한 수중모터펌프가 있다.

이러한 펌프의 특징은 다음과 같다.

1) 원심펌프

원심력의 작용에 의하여 임펠러 내의 물에 압력 및 속도에너지를 주고 이 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수하는 펌프이다.

벌류트케이싱 내에서 압력을 변환하는 펌프를 벌류트펌프라고 하고, 케이싱 내의 가이드베인(guide vane)에서 변환하는 펌프를 디퓨저펌프라고 한다.

2) 사류펌프([그림 8.2.5])

원심펌프와 축류펌프의 중간적인 특성을 가지며 원심력과 베인의 양력작용에 의하여 임펠러 내의 물에 압력 및 속도에너지를 주어서 벌류트케이싱 또는 디퓨저케이싱에서 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수작용을 하는 펌프이다.

3) 축류펌프

베인의 양력작용에 의하여 임펠러 내의 물에 압력 및 속도에너지를 주고 더욱이 가이드베인으로 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수작용을 하는 펌프이다.

또 펌프는 주축의 방향, 임펠러의 형상 또는 임펠러의 단수에 따라 다음과 같이 분류한다.

⑴ 주축의 방향

주축의 방향이 수평면에 대하여 평행인 횡축펌프와 수직인 입축펌프가 있다.

⑵ 임펠러의 형상

흡입구가 단일로서 한쪽에서 흡입하는 한쪽흡입형 펌프와 좌우대칭으로 흡입구가 있는 양쪽흡입형 펌프가 있다.

⑶ 임펠러의 단수

임펠러의 수가 1단으로 이루어진 단단펌프와 복수로 이루어지는 다단펌프가 있다.

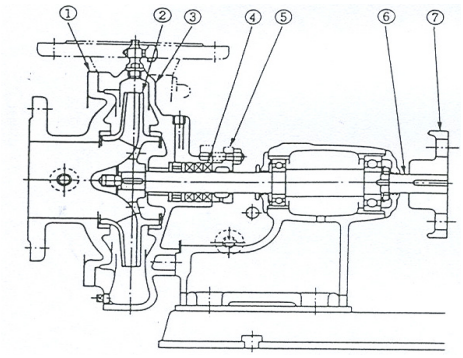
1.에 대하여 ; 펌프의 형식 선정에 대해서는 8.2.6 펌프의 형식과 운전점을 참조한다.

2.에 대하여 ; 흡입양정과 캐비테이션과의 관계에 대해서는 8.2.7 캐비테이션(공동현상)의 항을 참조한다.

3.에 대하여 ; 펌프형식의 선정에 있어서는 펌프 효율 제고를 우선하여 검토하고, 경제성 및 유지관리 편리성 등을 비교하여 선정한다. 횡축펌프는 입축펌프에 비하여 보수가 용이하고 수도용 펌프로서 많이 사용되고 있다. 입축펌프는 전동기를 펌프의 상부에 설치하는 구조로 전동기를 떼어낸 후에 펌프를 분해하기 때문에 분해정비 등은 횡축펌프에 비하여 어렵다.

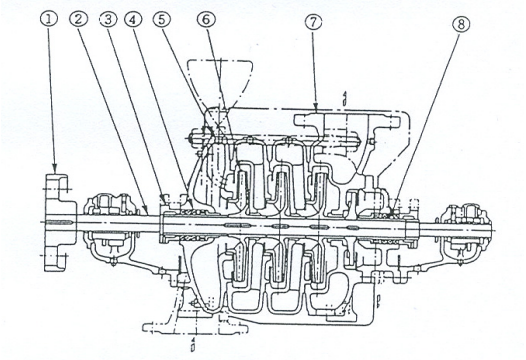
입축펌프는 횡축펌프에 비하여 설치면적이 작고 펌프부분이 수중에 있으므로 시동용의 마중물장치가 필요하지 않으며 캐비테이션특성(8.2.7 캐비테이션(공동현상) 참조)에 유리한 면이 있다.

지하수를 양수하는 경우에 그 수위가 낮을 때에는 수중모터펌프를 채택한다. 수중모터펌프는 펌프부와 모터부가 일체구조로 되어 있고 펌프와 모터를 수중에 설치하고 운전하며 비교적 소규모시설의 취·송·배수설비용으로 사용된다. 또 국지적인 가압용으로 사용되며 이 경우 구조로서는 출입구관을 구비한 외통케이스 속에 수중모터펌프를 부착시킨 인라인(in-line)형이 자주 사용된다(〔그림 8.2.8〕 참조).



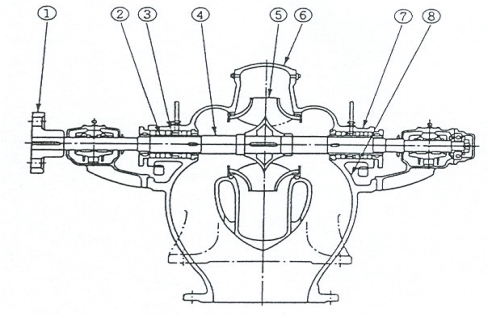
번호	부품명	번호	부품명
1	흡입커버	5	패킹누르개
2	임펠러	6	주축
3	케이싱	7	커플링
4	글랜드패킹	8	

[그림 8.2.2] 횡축한쪽흡입다단 벌류트펌프



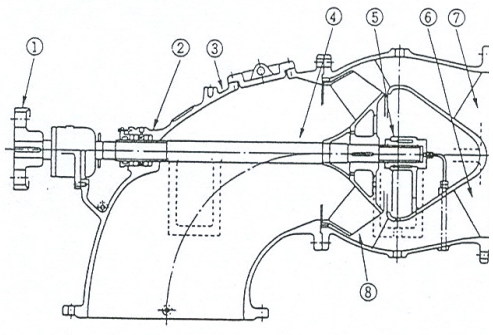
번호	부품명	번호	부품명
1	커플링	5	흡입케이싱
2	주축	6	임펠러
3	패킹누르개	7	토출케이싱
4	글랜드패킹	8	패킹부 슬리브

[그림 8.2.4] 횡축다단 벌류트펌프



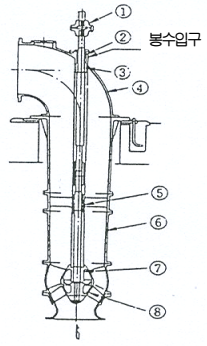
번호	부품명	번호	부품명
1	커플링	5	임펠러
2	패킹부 슬리브	6	상부 케이싱
3	랜턴링	7	글랜드패킹
4	주축	8	하부 케이싱

[그림 8.2.3] 횡축수평분할형양쪽흡입 벌류트펌프



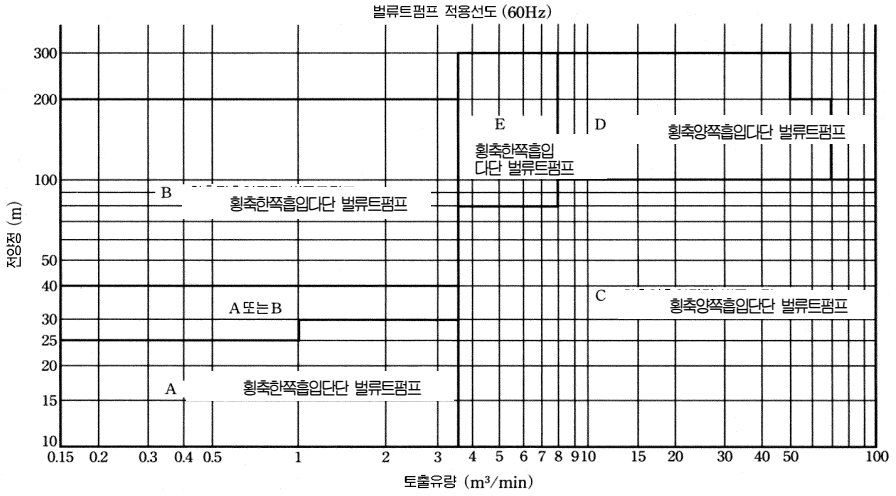
번호	부품명	번호	부품명
1	커플링	5	수중 베어링
2	글랜드패킹	6	상부 케이싱
3	흡입케이싱	7	하부 케이싱
4	주축	8	임펠러

[그림 8.2.5] 횡축 사류펌프

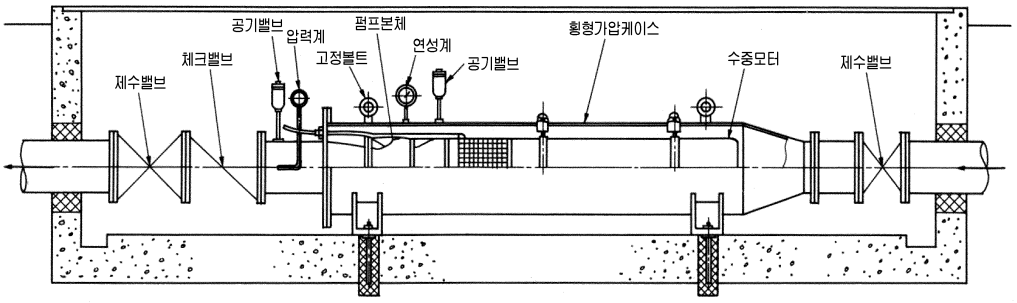


번호	부품명
1	커플링
2	글랜드패킹
3	축슬리브
4	토출곡관
5	수중 베어링
6	양수관
7	수중 베어링
8	임펠러

[그림 8.2.6] 입축 사류 펌프



[그림 8.2.7] 벌류트펌프의 적용선도 예



[그림 8.2.8] 인라인형 수중모터펌프의 예

8.2.5 펌프의 제원

펌프의 제원 결정에는 다음 각 항을 검토한다.
1. 전양정
2. 토출량
3. 구경
4. 원동기출력
5. 회전속도

【해설】

1.에 대하여 ; 펌프가 규정유량을 흡입수면에서 토출수면으로 양수하기 위해서는 그 수위차와 관이나 밸브 등의 저항의 합계보다 큰 에너지가 필요하다.

이들 수위차와 저항을 에너지로 나타낸 것을 수두라고 하며, 펌프가 발생하는 수두를 양정이라고 한다. 이들 수두에는 실양정, 속도수두, 압력수두, 관로마찰손실수두가 있으며 그들을 합한 것을 전양정이라고 한다.

1) 전양정의 산출방법은 다음과 같다(〔그림 8.2.9〕 참조).

$$H = h_a + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \quad \cdots\cdots (8.2.1)$$

여기서

H : 전양정(m)

$H = H_d + H_s$(압입하는 경우는 "-")

H_d : 토출전수두(m)

H_s : 흡입전수두(m)

h_a : 실양정(m)

$h_a = h_{ad} + h_{as}$(압입하는 경우는 "-")

h_{ad} : 토출수두(m)

h_{as} : 흡입수두(m)

h_l : 관로마찰손실수두(m)

$h_l = h_{ld} + h_{ls}$

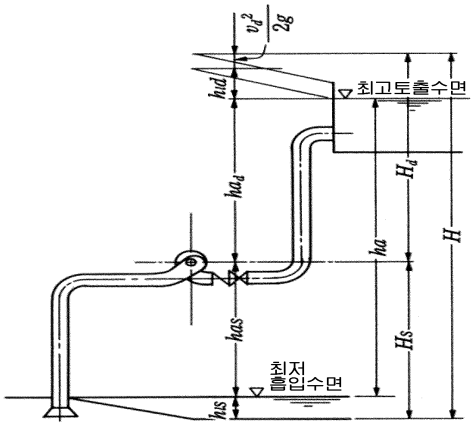
h_{ld} : 토출관로의 마찰손실수두(m)

h_{ls} : 흡입관로의 마찰손실수두(m)

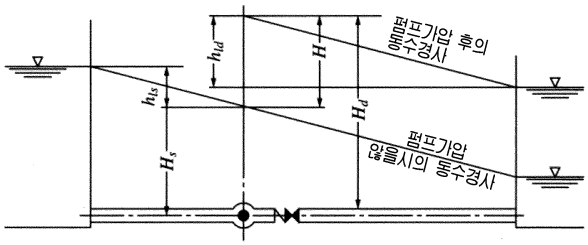
v_d : 토출관에서의 유출속도(m/s)

g : 중력가속도(9.8 m/s²)

2) 가압펌프의 전양정을 계산할 때에는 속도수두가 관로의 마찰손실수두에 비하여 지극히 작기 때문에 생략하고 〔그림 8.2.10〕과 같이 두 개의 동수경사선의 차를 펌프의 전양정(부족수두) H라고 한다.



[그림 8.2.9] 횡축펌프(흡입)의 전양정



[그림 8.2.10] 가압펌프의 전양정

3) 배수펌프인 경우에는 배수관 말단에서의 필요최소동수압에 배수펌프와 배수관 말단과의 지반고의 차와 마찰손실수두를 합한 것을 전양정으로 한다.

[8.2.5 참고 1] 관과 밸브의 손실수두

1) 직관에서의 손실수두

비교적 긴 관로에서 관경 50 mm 이하에 대해서는 9.2.3 관경, 관경 75 mm 이상에 대해서는 7.4.4 관경에 준하는 외에 펌프장 내에서와 같이 짧은 관로에 대해서는 다음 달시·와이즈바하(Darcy-Weisbach)식을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

여기서

h_f : 관손실수두(m)

λ : 손실계수

$$\lambda = 0.020 + \frac{0.0005}{D}$$ (새로운 주철관인 경우)

L : 관 길이(m)

D : 관경(m)

v : 관내 유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8m/s²)

이 λ값은 노후화됨에 따른 녹발생의 상황에 따라 1.3~1.5배의 값을 갖는다.

2) 각종 관의 손실수두

각종 관의 형상과 마찰에 의한 손실수두 h_f(m)는 통상 다음 식으로 구한다.

$$h_f = f\frac{v^2}{2g}$$

여기서

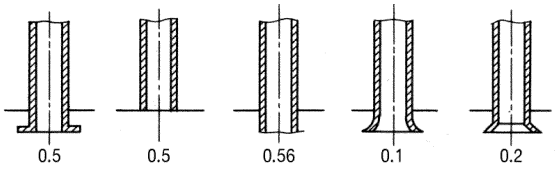
f : 손실계수

v : 관내유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8m/s²)

① 흡입구의 형상과 손실계수 f_i (〈8.2.5 참고도-1〉)

흡입구의 손실계수 f_i 는 〈8.2.5 참고도-1〉에서 나타낸 바와 같이 형상에 따라 상이하며 또한 구경이 클수록 손실계수 값은 작아진다.



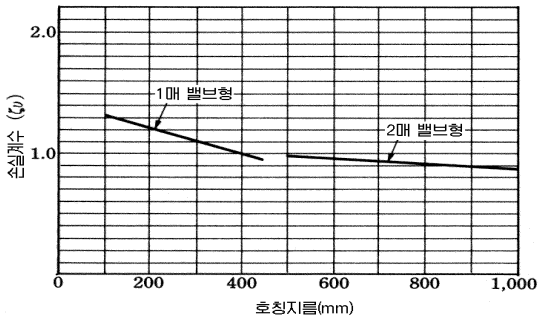
〈8.2.5 참고도-1〉 흡입구의 형상과 손실계수

② 밸브류의 손실계수 (〈8.2.5 참고도-2〉)

각종 밸브류의 손실계수(〈8.5.3 참고도-1〉를 참조한다)

풋밸브 0.8~1.2(스트레이너가 없을 때)

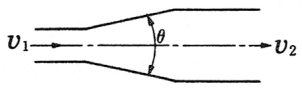
1.5~2.0(스트레이너가 있을 때)



〈8.2.5 참고도-2〉 스윙체크밸브의 전개(全開)시 손실계수

③ 곡관류의 손실계수

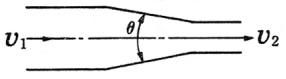
• 완만한 단면확대관



$$h_f = f\frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$f = 0.011\,\theta^{1.22}$$

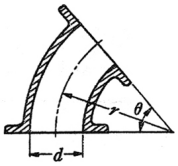
• 완만한 단면축소관



$$h_f = f\frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$f = \frac{0.025}{8\sin(\theta/2)}$$

• 곡관



$$h_f = f\frac{v^2}{2g}$$

$$f = \{0.131 + 1.847(d/2r)^{3.5}\} \times \sqrt{\theta/90}$$

f값

θ \ r/d	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0
15	0.24	0.12	0.07	0.06	0.054
22.5	0.293	0.146	0.085	0.072	0.068
45	0.41	0.208	0.12	0.104	0.095
60	0.47	0.27	0.137	0.12	0.11
90	0.586	0.29	0.17	0.145	0.134

2.에 대하여 ; 펌프의 계획토출량은 계획수량과 대수로 결정한다(8.2.3 계획수량과 대수 참조).

3.에 대하여 ; 펌프의 크기는 구경으로 나타낸다. 입축축류펌프, 입축사류펌프 및 수중모터펌프인 경우에는 토출구경, 그리고 흡입구경과 토출구경이 다른 펌프인 경우에는 흡입구경과 토출구경으로 표시하며 개략적인 구경은 다음 식으로 나타낸다.

$$D = 146\sqrt{\frac{Q}{v}} \quad \cdots\cdots (8.2.2)$$

여기서

D : 펌프의 구경(mm)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min)

v : 흡입구 또는 토출구의 유속(m/s)

펌프 흡입구의 유속은 2.0m/s를 표준으로 한다. 다만, 벌류트펌프에 대해서는 구경 500mm까지 토출량과 흡입구경과의 관계에 대하여 〈표 8.2.1〉과 같이 정하고 있다.

〈표 8.2.1〉 벌류트펌프의 토출량과 흡입구경(단위 : m^3/min)

흡입구경		40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
토출량	2극	0.20 이하	0.12 ~0.40	0.25 ~0.80	0.50 ~1.60	1.00 ~3.15	1.60 ~8.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	4극	-				0.80 ~2.50	1.00 ~4.00	2.00 ~6.30	2.5 ~8.0	5.0 ~16	7.1 ~22.4	(10~ 31.5)	14 ~45	-	-
	6극	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ~16	(7.1~ 22.4)	10~ 31.5	(14 ~45)	20~ 63
	8극	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(10~ 31.5)	14~ 45

4.에 대하여 ; 원동기의 출력은 다음 식으로 계산한다.

$$P=\frac{0.163\cdot \gamma\ Q\ H}{\eta_p}\ (1+\alpha)$$ (전동기 직결인 경우를 나타낸다.) ····· (8.2.3)

여기서

P : 원동기의 출력(kW)

γ : 액의 단위체적당 질량(kg/L)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min)

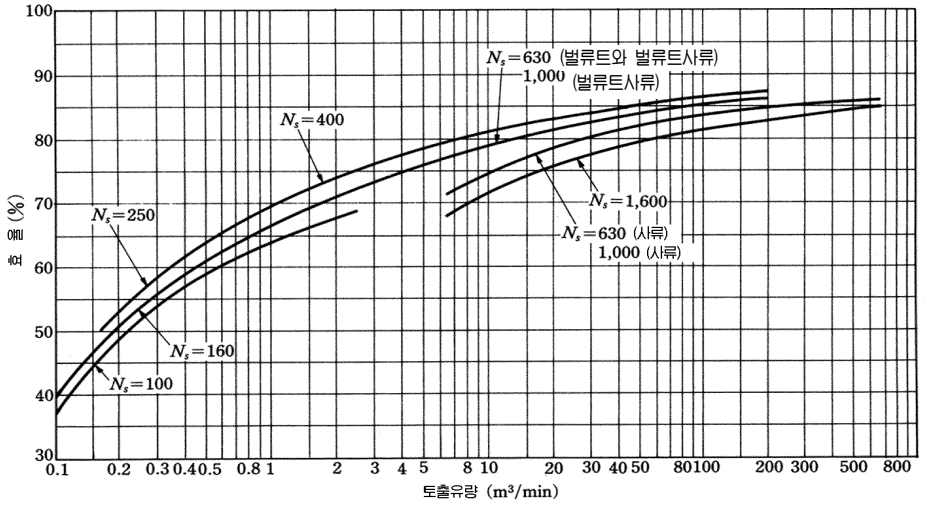
H : 펌프의 전양정(m)

η_p : 펌프의 효율(〔그림 8.2.11〕을 참조한다)

α : 여유율 0.1~0.15 (전동기의 경우)

〔그림 8.2.11〕은 최고효율치에 관한 참고값이다. 원동기의 출력은 계획상의 오차, 펌프의 운전범위 변화에 따라 축동력이 변하기 때문에 원동기에 과부하를 주지 않도록 운전범위 내의 최대축동력을 원동기출력으로 한다.

5.에 대하여 ; 펌프의 회전속도가 클수록 전동기가 소형경량으로 되어 가격이 저렴해지므로, 캐비테이션이 발생하지 않는 범위 내에서 높은 회전속도로 한다. 캐비테이션에 대해서는 8.2.7 캐비테이션(공동현상)을 참조한다.



[그림 8.2.11] 토출유량과 펌프효율

8.2.6 펌프의 형식과 운전점

펌프는 계획수량, 동수압, 관로특성 등의 계획조건에 가장 적합하며 효율적으로 운전할 수 있는 형식으로 선정한다.

1. 펌프의 형식은 사용조건에 가장 알맞은 비속도(Ns)의 펌프를 선정한다.
2. 계획급수량, 동수압 및 관로특성에 따라 펌프운전 범위를 파악하여 캐비테이션의 발생 유무를 검토한 다음 최적의 제어방식을 채택한다.

【해설】

1.에 대하여 ;

1) 펌프의 비속도 N_s

N_s란 펌프 임펠러의 형상을 나타내는 값으로 다음 식으로 표시된다.

$$N_s = N \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \cdots\cdots (8.2.4)$$

여기서

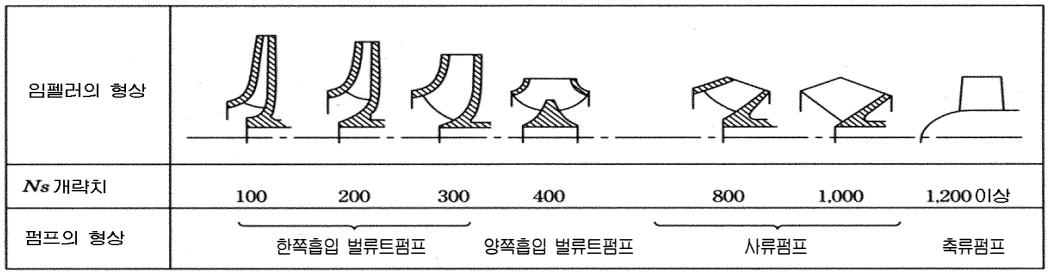
N : 회전속도(rpm)

Q : 토출량(m^3/min)(양쪽흡입인 경우에는 한쪽의 유량을 취하여 $Q/2$로 한다)

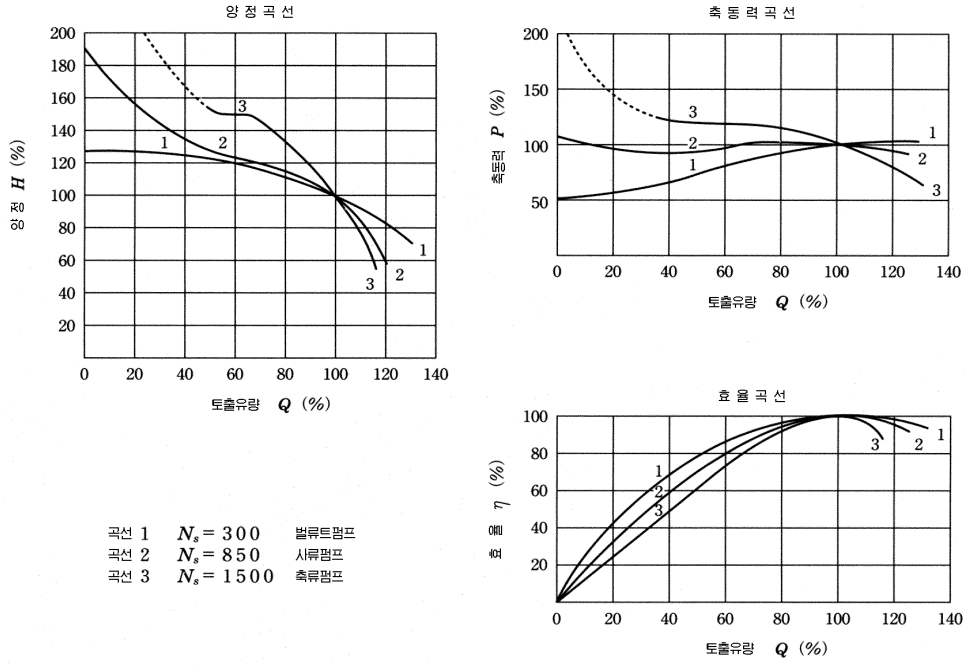
H : 전양정(m)(다단펌프인 경우는 1단당 전양정으로 한다)

N_s와 임펠러의 형상 및 펌프의 형식과의 관계는 〔그림 8.2.12〕에 나타낸 바와 같이 N_s가 작아짐에 따라 임펠러 외경에 대한 임펠러의 폭은 작아지고, 반대로 N_s가 커지게 되면 임펠러의 폭도 넓어진다. 더욱이 N_s가 크게 되면 사류형으로 되고 계속 커지면 축류형으로 된다.

N_s는 위의 식(8.1)로 표시된 바와 같이 N_s가 작으면 일반적으로 토출량이 적은 고양정의 펌프를 의미하고, 크면 토출량이 많은 저양정의 펌프로 된다. 또한 토출량과 전양정이 동일하면 회전속도가 클수록 N_s가 크고, 따라서 소형으로 되며 일반적으로 가격이 저렴하게 된다. N_s가 어떤 형식이든 임의로 취할 수 있는 경우에는 사용하는 장소의 조건에 따라 최적의 것을 선정한다. N_s가 결정되면, 〔그림 8.2.13〕을 참고로 펌프특성곡선을 작성한다.



[그림 8.2.12] 임펠러형상, Ns, 펌프형식의 관계



[그림 8.2.13] 펌프의 형식과 특성곡선

2) 펌프특성곡선의 변화

수도용 펌프인 경우에는 회전속도, 임펠러의 외경 및 임펠러의 부착각도 중 어떤 것을 바꾸는 것에 의하여 특성을 바꿀 수 있다.

⑴ 회전속도의 변경

펌프를 규정 회전속도 이외의 회전속도로 운전하는 경우에 특성은 다음과 같이 변한다.

$$Q' = Q \times \frac{N'}{N} \quad \cdots\cdots (8.2.5)$$

여기서

N : 규정 회전속도(rpm)

N' : 규정 이외의 회전속도(rpm)

Q : 규정 회전시의 토출량(m^3/min)

Q' : N′회전시의 토출량(m^3/min)

$$H' = H \times \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \quad \cdots\cdots (8.2.6)$$

여기서

H : 규정회전시의 전양정(m)

H' : N'회전시의 전양정(m)

$$P' = P \times \left(\frac{N'}{N}\right)^3 \quad \cdots\cdots (8.2.7)$$

여기서

P : 규정회전시의 축동력(kW)

P' : N'회전시의 축동력(kW)

상기의 식에서 유량은 회전수 비에 비례하고, 양정은 회전수 비의 2승, 축동력은 3승에 비례하므로 실제 적용시는 펌프의 운전 범위를 감안하여

$\frac{N'}{N} = 0.8 \sim 1.2$ 의 범위에서 적용한다. 이때, 전동기의 과부하 및 펌프의 캐비테이션등 운전 특성을 감안하되 회전수 제어를 설정해야 한다.

⑵ 임펠러 외경의 변경

벌류트펌프의 임펠러 외경을 변경하는 경우에 특성은 다음과 같이 변한다.

$$Q' = Q \times \left(\frac{D'}{D}\right)^m \quad \cdots\cdots (8.2.8)$$

$$H' = H \times \left(\frac{D'}{D}\right)^n \quad \cdots\cdots (8.2.9)$$

$$P' = P \times \left(\frac{D'}{D}\right)^{m+n} \quad \cdots\cdots (8.2.10)$$

이 지수 m, n은 펌프에 따라 다르지만, N_s가 작을 때 m=2, n=2에 가까운 값으로 되며 N_s가 커지면 m〈2, n〉2로 되는 경향이 있다.

여기서

D : 정규 임펠러의 외경

D': 변경 후 임펠러의 외경

Q, Q', H, H', P, P'는 각각 D 및 D'에 대응하는 토출량, 전양정 및 축동력이다.

즉, D와 D' 두 종류의 임펠러를 제작하면, 동일한 펌프로 대소 2종의 펌프를 겸할 수 있다.

[8.2.6 참고 1] 회전속도의 변경

〈8.2.6 참고도-3〉과 같은 양정곡선인 경우에 운전점 B의 회전속도와 축동력을 구한다.

n % 회전속도일 때의 B점은 규정회전속도일 때(100 % 회전속도일 때)에는 A점으로 되며, B점과 A점과는 원점을 지나는 2승곡선상에 있으며 그 관계식은 $H = aQ^2$으로 된다.

계수 a는 위의 식에 Q_B = 29.5 m^3/min, H_B = 42 m을 대입하면

$$a = \frac{42}{29.5^2} = 0.0483$$

으로 되며 B점과 A점을 지나는 곡선식은

$$H = 0.0483Q^2$$

으로 된다. 그리고 A점은 〈8.2.6 참고도-3〉에서

Q_A = 36m^3/min, H_A = 62.5m

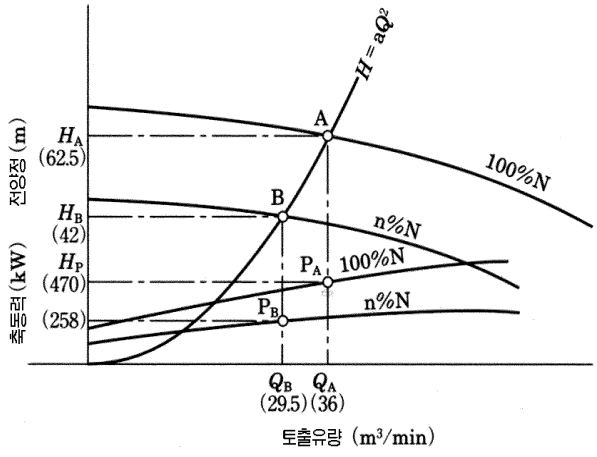
로 읽어낼 수 있다. 따라서 B점의 회전속도는 식(8.2.5)에서

$$N_B = N_A \times \left(\frac{Q_B}{Q_A}\right) = 100 \times \left(\frac{29.5}{36}\right) = 81.9(\%)$$

또한 축동력은 식(8.4)에서 구한다. P_A는 축동력곡선에서 470kW이기 때문에

$$P_B = P_A \times \left(\frac{N_B}{N_A}\right)^3 = 470 \times \left(\frac{81.9}{100}\right)^3 = 258(\text{kW})$$

로 된다.



〈8.2.6 참고도-3〉 회전속도 변경에 따른 펌프특성의 변화

[8.2.6 참고 2] 임펠러 외경의 변경

〈8.2.6 참고도-4〉와 같은 성능을 갖는 양쪽흡입형 벌류트펌프의 운전점을 B로 변경하고 싶은 경우의 임펠러의 외경절삭률은 다음과 같다. 다만, 이 펌프의 특성은 토출량과 전양정 모두 임펠러 외경비의 2승에 비례한다.

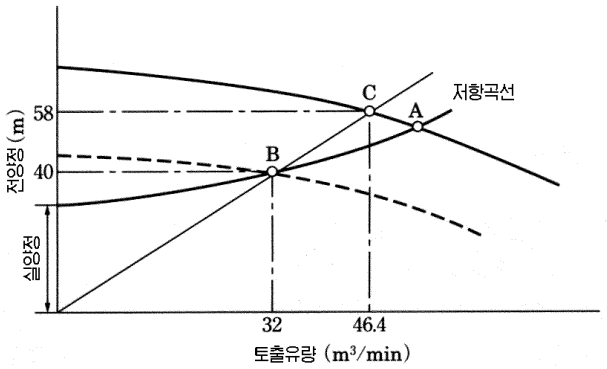
원점과 점 B를 연결하여 양정곡선과의 교점을 C라고 하고 〈8.2.6 참고도-4〉에서 C의 토출량 46.4 m^3/min, 전양정 58 m를 읽어낸다. 식(8.2.8)을 변형하면

$$\frac{D'}{D}=\left(\frac{Q'}{Q}\right)^{1/2}$$

으로 되고, 수치를 대입하면 외형비는

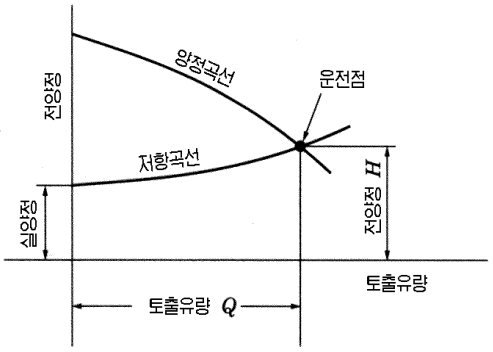
$$\frac{D'}{D}=\left(\frac{32}{46.4}\right)^{1/2}=0.83$$

으로 된다. 따라서 절삭률은 17 %로 된다.



〈8.2.6 참고도-4〉 임펠러의 외경을 변경함에 따른 양정곡선의 변화

2.에 대하여 ; 펌프의 운전점은 [그림 8.2.14]에 나타낸 바와 같이 양정곡선과 관로저항곡선과의 교점으로 구해진다.



[그림 8.2.14] 펌프의 운전점

관로저항곡선은 실양정과 토출량에 따른 관로계의 손실수두를 더한 곡선이다.

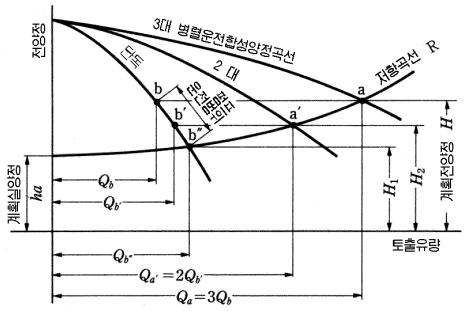
1) 주요 제어방식에서 운전점

주요 제어방식에서의 운전점에 대해서는 이 항 및 다음 항에서 설명하지만, 구체적인 제어방법과 기기에 대해서는 8.3 펌프의 제어를 참고로 한다.

(1) 대수제어

동일한 성능의 펌프 여러 대를 공통관로에서 병렬로 운전하는 경우에는 〔그림 8.2.15〕와 같이 각 펌프의 동일 전양정에 대응하는 토출량을 대수로 곱한 펌프 전대수의 합성양정곡선과 저항곡선 R과의 교점 a가 펌프 운전점으로 된다.

3대를 운전할 때에 각 펌프의 운전점은 a점과 동일한 양정비인 b점으로 된다. 또한 동일한 저항곡선으로 2대를 운전할 때에 각 펌프의 운전점은 b′점으로 되며, 1대를 운전하는 경우에는 b″점으로 된다. 그림에서 명백한 바와 같이 b점이 펌프의 시방점으로 되면, b″점은 과대유량역으로 되어 캐비테이션이 발생할 우려가 있으므로 펌프설비를 계획할 때에는 주의해야 한다. 그 밖의 각종 대수제어방식에 대해서는 〔8.2.6 참고 3〕 에서 설명한다.



[그림 8.2.15] 성능이 동일한 펌프의 병렬운전

〔8.2.6 참고 3〕 각종 대수제어방식

1. 성능이 다른 펌프의 병렬운전

이 경우의 합성양정곡선은 〈8.2.6 참고도-5〉에 나타낸 바와 같이 각 펌프에 대한 동일한 양정에서의 토출량을 더함으로써 구할 수 있다.

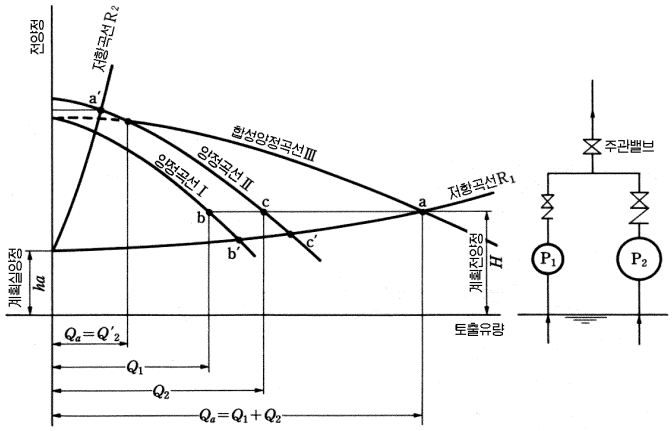
각 펌프의 운전점은 합성양정곡선 Ⅲ과 저항곡선 R_1과의 교점 a와 동일양정의 b점, c점이 된다.

이 병렬운전으로 그림에 나타난 바와 같은 본관밸브를 닫아서 저항곡선을 R_1로부터 R_2로 변경한 경우의 펌프운전점은 합성양정곡선 Ⅲ과의 교점 a로 된다. 이 점의 양정이 소용량 펌프 P_1의 차단양정보다도 높으면, 펌프 P_1은 송수하지 못하게 된다. 이와 같은 송수계통인 경우에는 1대만의 운전으로 하거나, 우회관을 설치하는 등으로 펌프의 과열을 방지하도록 조치하여 펌프를 보호해야 한다.

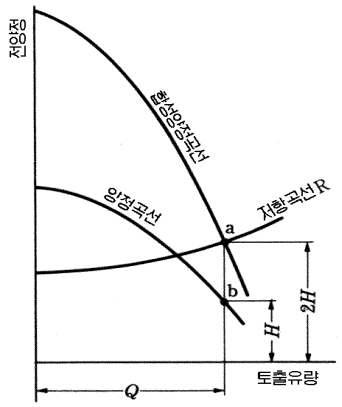
2. 성능이 동일한 펌프의 직렬운전

복수대의 펌프를 단일관로에서 직렬 운전하는 경우에는 〈8.2.6 참고도-6〉와 같이 동일한 토출량에

서 양정을 대수로 곱한 합성양정곡선과 저항곡선 R과의 교점이 펌프의 운전점으로 된다. 교점 a의 유량 Q가 토출량으로 되며 각 펌프의 운전점은 b점이 된다.



〈8.2.6 참고도-5〉 성능이 다른 펌프의 병렬운전



〈8.2.6 참고도-6〉 성능이 동일한 펌프의 직렬운전

(2) 밸브의 개도제어

〔그림 8.2.16〕에 나타낸 바와 같이 펌프가 밸브를 전개(全開)상태로 양정곡선과 저항곡선 R_1의 교점 A_1에서 운전되고 있을 때에 밸브를 닫아 조이는 경우, 저항곡선은 R_1로부터 R_2로 이동하고 운전점은 점 A_2로 된다.

A_2점의 외견상 효율은 η_2이지만, 실제로는 η_3로 된다. 왜냐하면, A_2점과 A_3점의 동력은 동일하므로

$$\eta_2 = 0.163\gamma \frac{Q_2 H_2}{P}$$

$$\eta_3 = 0.163\gamma \frac{Q_2 H_3}{P}$$

의 관계에서

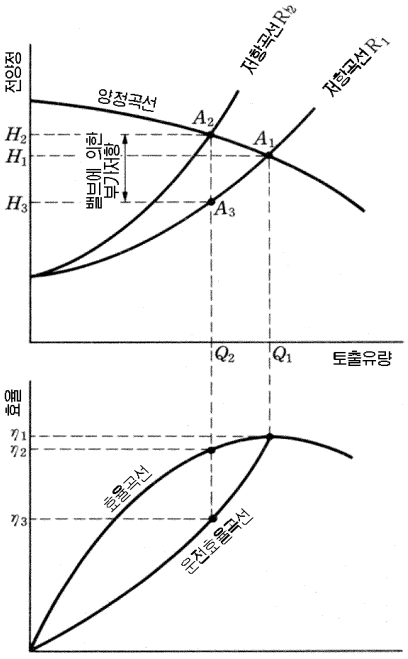
$$\frac{\eta_2}{\eta_3} = \frac{H_2}{H_3}$$

$$\eta_3 = \eta_2 \times \frac{H_3}{H_2}$$

로 되며, 그림에서 $H_3 < H_2$이므로 $\eta_3 < \eta_2$로 되므로 결국 펌프의 운전효율은 η_3로 떨어진다.

(3) 회전속도제어

운전점에 대해서는 앞에서 설명한 "1.에 대하여"에서 "(1) 회전속도의 변경"을 참조한다.



[그림 8.2.16] 밸브의 개도제어

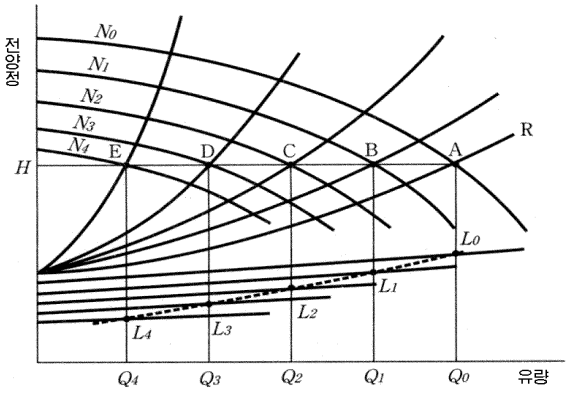
2) 자동제어방식에서의 운전점

(1) 토출압력을 일정하게 제어(회전속도제어인 경우)

〔그림 8.2.17〕에서 회전속도제어로 토출압력을 일정하게 제어하는 경우에는 수량이 Q_0, Q_1, Q_2, Q_3로 감소하면 회전속도는 N_0, N_1, N_2, N_3로 변하며 운전점도 A, B, C, D로 변하고 전양정은 H로 유지된다.

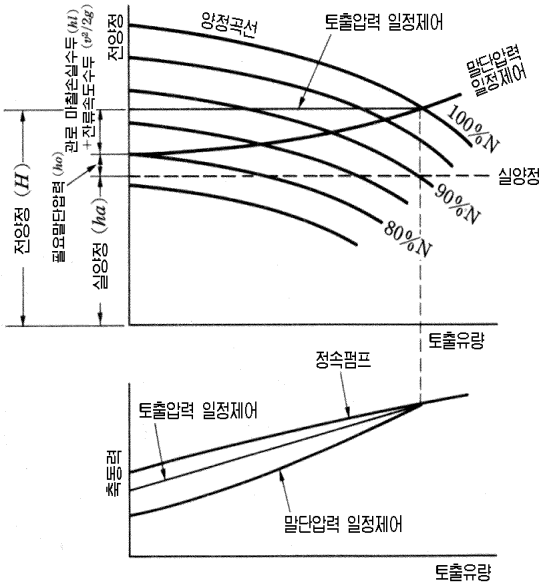
(2) 말단압력을 일정하게 제어(회전속도제어인 경우)

이 제어는 수량이 변하더라도 관로 말단에서 압력을 일정하게 유지하는 방법으로 실측방식(말단압력을 일정하게 제어)과 연산방식(추정말단압력을 일정하게 제어)이 있다(8.3.4 압력제어를 참조한다).



[그림 8.2.17] 토출압력 일정제어

〔그림 8.2.18〕에 나타낸 바와 같이 말단압력을 일정하게 제어하기 위하여 펌프 운전점은 사용수량의 변화에 따라 저항곡선 상을 이동한다. 이 때의 축동력 변화를 토출압력을 일정하게 제어하는 방식과 비교하면 에너지절약효과가 있다는 것을 알 수 있다.



[그림 8.2.18] 말단압력을 일정하게 제어

〔8.2.6 참고 4〕 관로계에서의 운전점

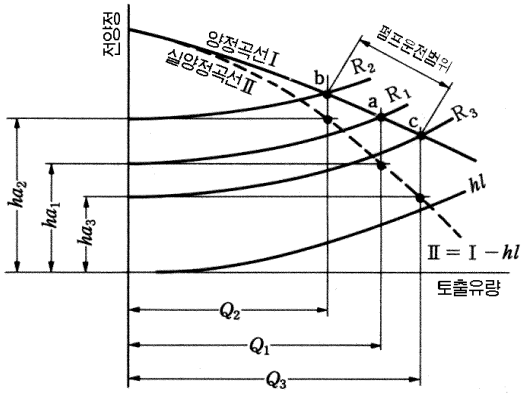
1. 실양정이 변동하는 경우

흡입수면이나 토출수면이 변동하는 경우 등은 〈8.2.6 참고도-7〉에 나타낸 바와 같이 펌프의 실양정 변동(h_{a1} → h_{a2} 또는 h_{a3})에 따라 저항곡선도 상하로 평행 이동하여 R_1, R_2, R_3로 되므로 운전점은

a에서 b 또는 c로 된다.

실양정의 변동은 배수펌프 등에서 많이 볼 수 있고 고효율의 운전을 하기 위해서는 실양정의 변동폭과 변동빈도를 고려하여 펌프의 최고효율점 위치를 계획해야 한다.

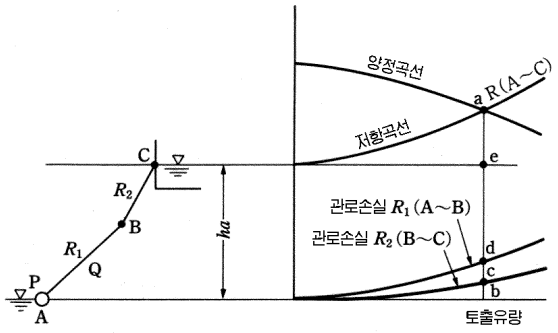
또 전양정 H로부터 관로손실 h_l을 뺀 실양정곡선 Ⅱ를 그려 놓으면, 변동하는 실양정에 대한 펌프토출량이 용이하게 구해진다.



〈8.2.6 참고도-7〉 실양정이 변동하는 경우

2. 저항이 다른 직렬관로인 경우

저항이 다른 관로가 직렬로 배치된 관로계에서 송수하는 경우, 펌프의 운전점은 〈8.2.6 참고도-8〉에 나타난 바와 같이 펌프 P에서 점 B까지의 저항곡선 R_1과 B점에서 C점까지의 저항곡선 R_2를 동일유량으로 가산한 합성저항곡선 R과 펌프의 양정곡선과의 교점 a로 된다.

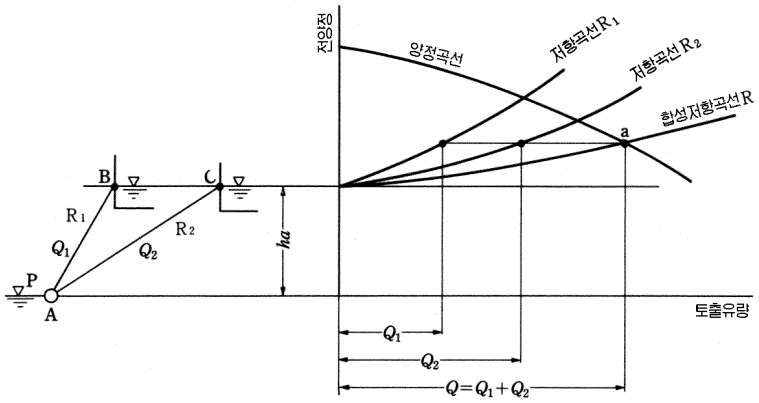


〈8.2.6 참고도-8〉 저항이 다른 직렬관로인 경우

3. 저항이 다른 분기관로인 경우

〈8.2.6 참고도-9〉에 나타낸 바와 같이 실양정 h_a는 동일하고 저항이 다른 AB, AC의 분기관로로 송수하는 경우이다.

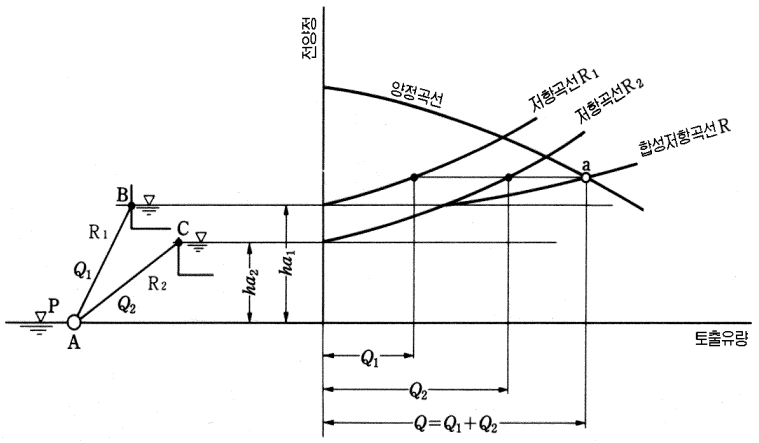
합성저항곡선 R은 AB간의 저항곡선 R_1과 AC간의 저항곡선 R_2를 동일한 양정으로 가산한 것으로 되며 펌프의 운전점은 양정곡선과 합성저항곡선과의 교점 a로 된다.



〈8.2.6 참고도-9〉 저항이 다른 분기관로인 경우

4. 저항과 실양정이 각각 다른 분기관로인 경우

〈8.2.6 참고도-10〉에 나타낸 바와 같이 실양정이 각각 h_{a1}, h_{a2}이고, 저항곡선이 AB간에 R_1, AC간에서 R_2인 경우의 합성저항곡선 R는, R_1, R_2를 동일한 양정으로 가산한 것으로 되며 펌프의 운전점은 이 합성저항곡선과 양정곡선과의 교점 a로 된다.

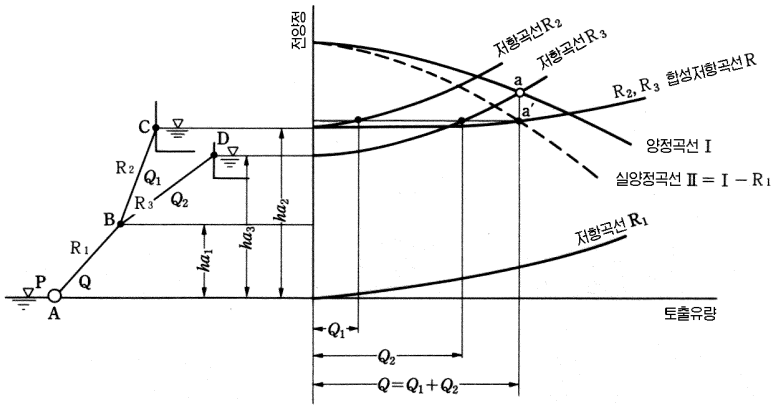


〈8.2.6 참고도-10〉 저항과 실양정이 각각 다른 분기관로인 경우

5. 관로의 도중에서 저항과 실양정이 다른 분기관로에 송수하는 경우

〈8.2.6 참고도-11〉에 나타낸 바와 같이 펌프 P에서 1개의 관로에 의하여 실양정 h_{a1}의 B점까지 송수하고 거기서 2개의 관로로 분기되며 실양정이 각각 h_{a2}, h_{a3}인 C, D의 두 지점에 송수하는 경우이다.

관로의 저항곡선을 AB간은 R_1, BC간은 R_2, BD간은 R_3라고 하고, 또한 펌프양정곡선 I에서 R_1을 뺀 실양정곡선을 Ⅱ라고 한다. B점에서 C, D점으로 분기하여 송수하는 경우의 합성저항곡선 R은 각각 저항곡선 R_2, R_3를 동일양정으로 가산한 것으로 된다. 펌프의 토출량은 이 합성저항곡선 R과 실양정곡선 Ⅱ의 교점 a′의 유량으로 되며 펌프의 운전점은 a로 된다. 또 C점과 D점에서의 토출량은 각각 a′점과 동일양정으로 저항곡선 R_2, R_3와의 교점의 유량 Q_1과 Q_2로 된다.



〈8.2.6 참고도-11〉 관로 도중에서 저항과 실양정이 다른 분기관로인

8.2.7 캐비테이션(공동현상)

캐비테이션은 펌프에 진동, 소음, 침식(erosion)을 발생시키며 또 양수불능 등 치명적인 영향을 주기 때문에 이것을 피하기 위하여 다음 각 항에 대하여 검토한다.

1. 가용유효흡입수두([그림 8.2.19])
2. 필요유효흡입수두
3. 캐비테이션대책

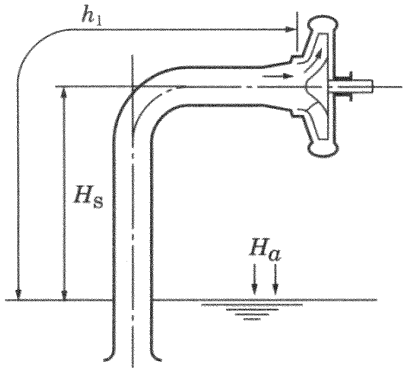
【해설】

펌프의 내부에서 유속이 급변하거나 와류 발생, 유로 장애 등에 의하여 유체의 압력이 저하되어 포화수증기압에 가까워지면, 물 속에 용존되어 있는 기체가 액체 중에서 분리되어 기포로 되며 더욱이 포화수증기압 이하로 되면 물이 기화되어 흐름 중에 공동이 생기는 현상이다.

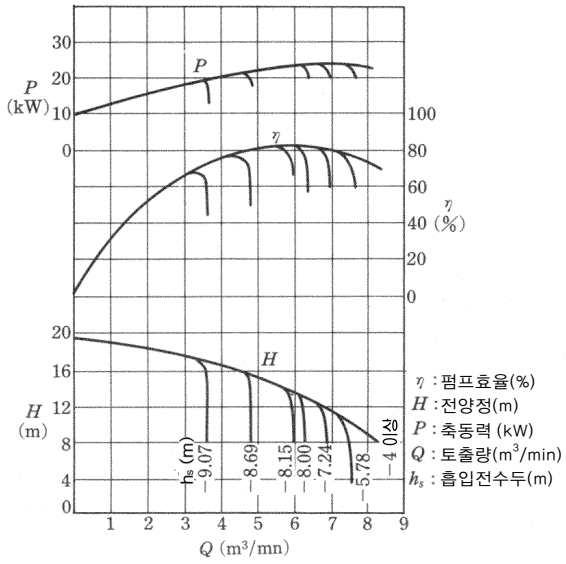
이것을 캐비테이션(cavitation)이라고 하며 펌프에서는 임펠러의 입구에서 발생하기 쉽다. 이 기포는 흐름을 타고 이동하여 고압부에 오면 거기서 붕괴되고 순간적으로 파괴된다. 이 현상이 끊임없이 계속되면, 펌프의 성능이 저하되고 진동·소음을 수반하며 양수불능으로 되는 경우가 있다. 또한 캐비테이션이 오랫동안 지속되면, 기포가 붕괴될 때 생기는 부분적인 충격압에 의하여 임펠러, 케이싱 등이 부식되며 짧은 기간에 손상될 수도 있다. 송·배수 펌프설비로서는 규정 토출량을 크게 초과하는 과대토출유량역에서 발생하는 캐비테이션이 문제로 된다. 펌프의 종류에 따라서는 과소유량역의 캐비테이션이 문제로 되는 경우도 있다.

캐비테이션이 발생한 벌류트펌프에 대한 성능곡선변화의 일례를 〔그림 8.2.20〕에 나타내었다.

흡입측 양정이 작은 경우(그림의 -4m 이상)에는 펌프가 정상적인 상태를 보이고 있지만, 흡입양정이 커지면 양정, 효율 및 축동력곡선 모두가 하강하기 시작하며 흡입양정이 클수록 작은 수량에서 성능저하를 일으킨다.



[그림 8.2.19] 이용 가능한 유효흡입수두



[그림 8.2.20] 캐비테이션에 의한 성능곡선의 변화

1.에 대하여 ; 펌프가 캐비테이션을 발생하지 않고 운전되기 위해서는 이용할 수 있는 가용유효흡입수두(available NPSH ; net positive suction head)가 어느 값 이상인 것이 필요하며 가용유효흡입수두(h_{sv})는 다음 식으로 나타낸다.

$$hsv = Ha-Hp+Hs-hl \quad \cdots\cdots (8.2.11)$$

여기서

h_{sv} : 가용유효흡입수두(m)

H_a : 대기압을 수두로 표시한 것(m)(〈표 8.2.2〉 참조)

H_p : 그 수온에서의 포화증기압을 수두로 나타낸 것(〈표 8.2.3〉 참조)

H_s : 흡입실양정(m)

흡상(sucking up)할 때 (-)부호

압입(pushing in)할 때 (+)부호

h_l : 흡입관의 손실수두(m)

〈표 8.2.2〉 해발고도와 대기압의 수두표시(m)

해발고도(m)	0	50	100	150	200	300
대 기 압(m)	10.33	10.27	10.21	10.15	10.09	9.97

〈표 8.2.3〉 수온에 상당하는 포화증기압

수 온(℃)	5	10	15	20	25	30
H_p (m)	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323	0.432

2.에 대하여 ; 펌프는 전양정, 토출량 및 회전속도가 다를 때마다 운전에 필요한 유효흡입수두의 한계가 있으며, 이것을 필요유효흡입수두(required NPSH : H_{sv})라고 한다. 이것은 펌프가 캐비테이션을 일으키지 않고 물을 임펠러에 흡입하는데 필요한 펌프의 흡입기준면에 대한 최소한도의 수두로서 펌프에 따라 고유한 값을 갖는다. 펌프의 필요유효흡입수두는 흡입성능과 흡입비속도(suction specific speed)를 사용하여 다음 식으로 구한다.

$$H_{sv} = \left(\frac{N\sqrt{Q}}{S} \right)^{4/3} \quad \cdots\cdots (8.2.12)$$

여기서

H_{sv} : 펌프의 필요유효흡입수두(m)

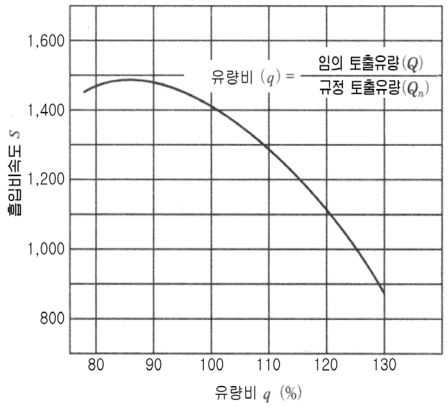
N : 펌프의 회전속도(rpm)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min, 양흡입의 경우는 유량의 1/2로 한다)

S : 흡입비속도

임펠러입구의 형상이 동일하면 임펠러의 외경을 변경시키더라도 동일한 유량점에서 캐비테이션이 발생한다는 관점에서 도입된 것으로 〔그림 8.2.21〕에 벌류트펌프의 흡입비속도의 값을 나타내었다. 이 그림의 적용범위는 비속도(Ns) = 120~650이다.

캐비테이션에 대하여 안전하기 위해서는 이용할 수 있는 유효흡입수두가 펌프에서 필요로 하는 유효흡입수두보다 커야 한다. 즉, 일반적으로 $h_{sv} - H_{sv}$〉 1m로 하는 것이 좋다.



[그림 8.2.21] 벌류트펌프의 흡입비속도

3.에 대하여 ; 캐비테이션이 발생하는 것을 방지하기 위하여서는 다음과 같은 대책을 강구할 수 있다.

(1) 펌프의 설치위치를 가능한 한 낮추어 h_{sv}를 크게 한다.

(2) 흡입관의 손실을 가능한 한 작게 하여 h_{sv}를 크게 한다.

(3) 펌프의 회전속도를 낮게 선정하여 H_{sv}를 작게 한다.

(4) 운전점이 변동하여 양정이 낮아지는 경우에는 토출량이 과다하게 되므로, 이것을 고려하여 충분한 h_{sv}를 주거나 밸브를 닫아서 과대토출량이 되지 않도록 한다. 또한 펌프계획상 전양정에 여유가 너무 많으면 실제 운전시에 과대토출량으로 운전되어서 캐비테이션이 발생할 우려가 있으므로 주의를 요한다.

(5) 동일한 토출량과 동일한 회전속도이면, 일반적으로 양쪽흡입펌프가 한쪽흡입펌프보다 캐비테이션 현상에서 유리하다.

(6) 악조건에서 운전하는 경우에 임펠러의 침식을 피하기 위하여 캐비테이션에 강한 재료를 사용한다.

(7) 흡입측 밸브를 완전히 개방하고 펌프를 운전한다.

[8.2.7 참고 1] 캐비테이션의 검토 예

1. 펌프 시방

형식	: 횡축양쪽흡입단단 벌류트펌프
구경	: 700 mm × 500 mm
규정 토출량	: 50 m^3/min
규정 전양정	: 55 m
회전속도	: 590 rpm
전동기 출력	: 620 kW

2. 펌프설치상태 : 〈8.2.7 참고도 12〉 참조

3. 펌프성능곡선 : 〈8.2.7 참고도 13〉 참조

4. 펌프장의 조건

대기압 H_a = 10.33 m(〈표 8.2.2〉에서 해발고도 0 m일 때)

포화증기압 H_p = 0.238 m(〈표 8.2.3〉에서 수온 20 ℃일 때)

흡입실양정 H_s = -5.5 m

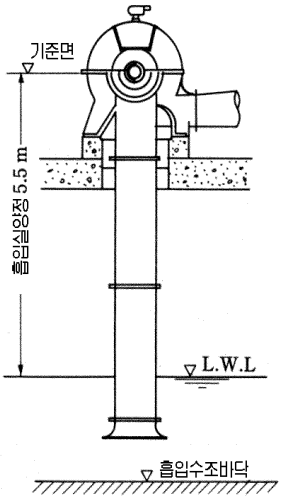
규정 토출량일 때 흡입관의 손실수두 h_{ln} = 0.1m

5. 캐비테이션 검토

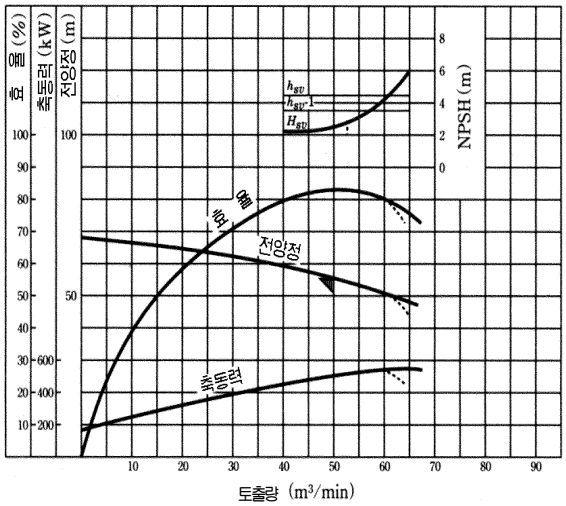
이상의 조건을 기초로 유량비 0.8~1.3의 범위에서 다음 계산을 수행한다.

Q	: 각 유량비에서의 토출량	$Q = 50\times(Q/Q_n)$
h_l	: 각 유량비에서 흡입관의 손실수두	$h_l = h_{ln}(Q/Q_n)^2$
h_{sv}	: 가용유효흡입수두	$h_{sv} = H_a - H_p + H_s - h_l$
N	: 규정회전속도	590rpm
S	: 흡입비속도	〔그림 8.2.21〕에서 산출
H_{sv}	: 필요유효흡입수두	$H_{sv} = \left(\frac{N\sqrt{Q}}{S}\right)^{4/3}$

계산결과를 정리하면 〈8.2.7 참고표-1〉과 같다. 이 표를 참조하면 Q/Q_n가 1.2와 1.3일 때 H_{sv}가 (h_{sv}-1)보다 커서 캐비테이션이 발생한다. 〈8.2.7 참고도-13〉에 나타낸 바와 같이 펌프성능곡선도 내에서 토출량 Q에 대하여 h_{sv}, H_{sv}와 (h_{sv}-1)을 그래프로 그리면, 캐비테이션이 발생하지 않기 위해서는 H_{sv}〈(h_{sv}-1)가 되어야 하므로 H_{sv}와 (h_{sv}-1)의 교점보다 적은 유량범위에서 캐비테이션이 발생하지 않는 것을 명확히 알 수 있다. 따라서 이 예에서는 토출량이 57m^3/min가 한계이다.



〈8.2.7 참고도-12〉 펌프 설치상태



〈8.2.7 참고도-13〉 펌프의 성능곡선도

〈8.2.7 참고표-1〉 계산 결과

Q/Qn	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
Q(㎥/min)	40	45	50	55	60	65
h_l(m)	0.064	0.081	0.100	0.121	0.144	0.169
h_{sv}(m)	4.528	4.511	4.492	4.471	4.448	4.423
N(rpm)	590	590	590	590	590	590
S	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870
H_{sv}(m)	2.181	2.349	2.701	3.244	4.233	6.068
h_{sv}-1(m)	3.528	3.511	3.492	3.471	3.448	3.423

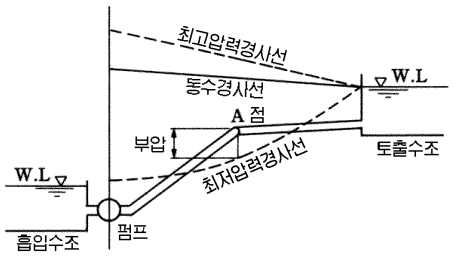
8.2.8 펌프계의 수격작용

펌프계의 수격작용에 대해서는 다음 각 항에 유의한다.
1. 펌프를 급정지할 때의 수격작용 유무를 검토한다.
2. 수격작용이 우려되는 경우에는 그 경감책을 고려한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 관내를 충만하여 흐르고 있는 물의 속도가 급격히 변하면 수압도 심한 변화를 일으킨다. 이 현상을 수격작용(water hammer)이라고 한다.

정전 등의 사고에 의하여 운전중인 펌프가 갑자기 구동력을 소실하면, 펌프의 회전속도가 저하되어 토출능력이 없어지고 송수관내의 압력이 갑자기 저하되며 〔그림 8.2.22〕와 같은 관로인 경우에는 A점 부근에 부압(negative pressure)으로 되는 지점이 생기며 이 부(-)의 압력이 약 -10m까지 떨어지면, 관내의 물에 공동부가 발생하여 수주(水柱)가 분리된다.



[그림 8.2.22] 수격현상

수주분리(column separation) 후에 어느 시간이 경과하면, 상류와 하류쪽의 물기둥이 재결합될 때에 매우 높은 충격압을 발생시킨다.

이러한 현상은 배관길이가 길수록 일어나기 쉬우며 관로의 파손사고 등을 일으킬 우려도 있으므로 사전에 그 대책을 강구하는 것이 중요하다.

[8.2.8 참고 1] 펌프계에서의 수격현상

펌프가 동력을 잃었을 때의 변화를 보면, 다음과 같다. 〈8.2.8 참고도-14〉를 참조한다.

1. 제1단계(정회전 정류 ; 펌프범위)

펌프는 갑자기 동력을 잃더라도 전동기와 펌프의 관성력에 의하여 회전한다. 이 회전속도는 급속히 저하되기 시작하며 펌프의 양정도 회전속도의 저하에 따라 감소한다.

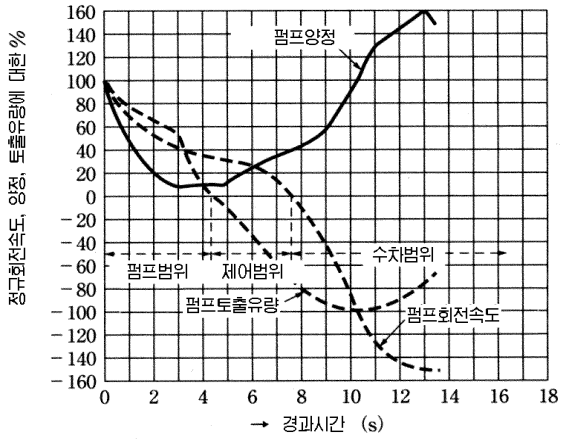
한편, 관내의 물은 지금까지의 유속과 같은 운동을 계속하고자 하기 때문에 펌프출구쪽에서 압력이 떨어진다. 이 떨어지는 정도는 배관 속에 있는 물의 관성에 의해 좌우된다. 펌프의 회전속도가 어느 정도 이하로 되면, 드디어 양수가 중단되고 흐름은 일시적으로 정지된다.

2. 제2단계(정회전 역류 ; 제동범위)

일단 정지된 물은 다음 순간부터 역류되기 시작하며 펌프의 회전속도는 점점 더 떨어지고 드디어 정지한다(보통의 펌프계에서는 이 역류가 시작될 때 체크밸브가 닫힌다).

3. 제3단계(역회전 역류 ; 수차범위)

체크밸브가 없는 경우에는 펌프가 역회전하기 시작하여 수차상태로 되고 무부하상태로 회전한다.



〈참고도-8.2.14〉 과도현상의 예

2.에 대하여 ; 수격작용을 방지하기 위한 주된 방법은 다음과 같다.

1) 부압(수주분리) 발생의 방지법

⑴ 펌프에 플라이휠(fly-wheel)을 붙인다.

펌프에 플라이휠을 붙임으로써 관성효과를 크게 하여 펌프의 토출압력이 급격하게 저하되는 것을 완화시킨다. 플라이휠을 채택할 때에는 그 중량을 고려하여 베어링과 기동방법을 검토해야 한다.

⑵ 토출측 관로에 표준형 조압수조(conventional surge tank)를 설치한다.

표준형 조압수조에 의하여 그 하류 측의 관로는 수격작용으로부터 분리하여 끊어버린다. 또 압력상승을 흡수하고 압력강하에 대해서는 물을 보급하여 부압을 방지한다.

표준형 조압수조는 가장 안전하며 또한 확실한 수격작용의 방지대책이다. 채택할 때에는 다음 조건을 검토해야 한다.

① 펌프의 양정이 큰 경우에는 높은 탑으로 된다.

② 표준형 조압수조는 펌프 가까이 설치하는 것이 보통이지만, 관로에 따라서는 최대부(-)압이 생기는 장소에 설치한다.

③ 펌프의 정상적인 기동, 정지 및 운전시의 수량변화에 대하여 조압수조 내의 수면변동을 흡수하기 위하여 충분한 수면면적을 갖도록 한다. 〔그림 8.2.23〕을 참조한다.

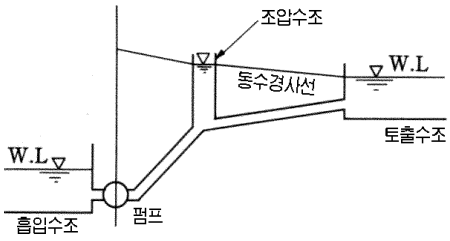
⑶ 토출측 관로에 한방향형 조압수조(one-way surge tank)를 설치한다.

한방향형 조압수조는 압력이 떨어질 때에 필요한 충분한 물을 보급하여 부압을 방지하는 것만을 목적으로 하는 것으로 체크밸브에 의하여 평상시에는 관로에서 분리된다. 표준형 조압수조(conventional surge tank)에 비하여 일반적으로 소형으로 되지만, 경우에 따라서는 여러 개가 필요하게 된다. 또한 탱크 내에 물을 보급하기 위하여 탱크 높이를 정수두(靜水頭) 이하로 해야 하고 한랭지에서는 동결을 방지할 필요가 있으며 정수(淨水)일 경우에는 수질을 유지하기 위하여 물을 교체할 수 있도록 고려해야만 하는 것 등 건설과 유지관리에 대하여 검토하여 정해야 한다. 〔그림 8.2.24〕를 참조한다.

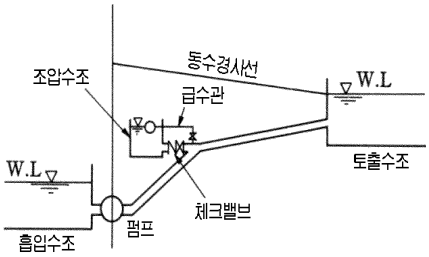
또 탱크의 수위변화를 기록하기 위한 수위기록계를 관리실 등에 설치하는 것이 바람직하다.

⑷ 압력수조(air-chamber)를 설치한다.

펌프가 급정지된 후에 발생되는 압력저하를 방지하기 위하여 압력수조 내의 물을 내부의 공기압력에 의하여 관로로 내보내고 또한 관로의 압력상승도 흡수한다.



[그림 8.2.23] 표준형 조압수조



[그림 8.2.24] 한방향형 조압수조

2) 압력상승 경감방법

역류개시 후 펌프토출 측의 체크밸브가 갑자기 닫히는 경우에는 압력이 상승된다. 이러한 상승압을 경감시키는 주된 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

⑴ 완폐식 체크밸브에 의한 방법

관내 물의 역류개시 직후의 역류에 대하여 밸브디스크가 천천히 닫히도록 하는 것으로 역류되는 물을 서서히 차단하는 방법으로 압력상승을 완화시킨다.

⑵ 급폐식 체크밸브에 의한 방법

역류가 커지고 나서 급폐(急閉)되면 높은 압력상승이 생기기 때문에 역류가 일어나기 직전인 유속이

느릴 때에 스프링 등의 힘으로 체크밸브를 급폐시키는 방법으로 역류개시가 빠른 300mm 이하의 관로에 사용된다.

(3) 콘밸브 또는 니들밸브나 볼밸브에 의한 방법

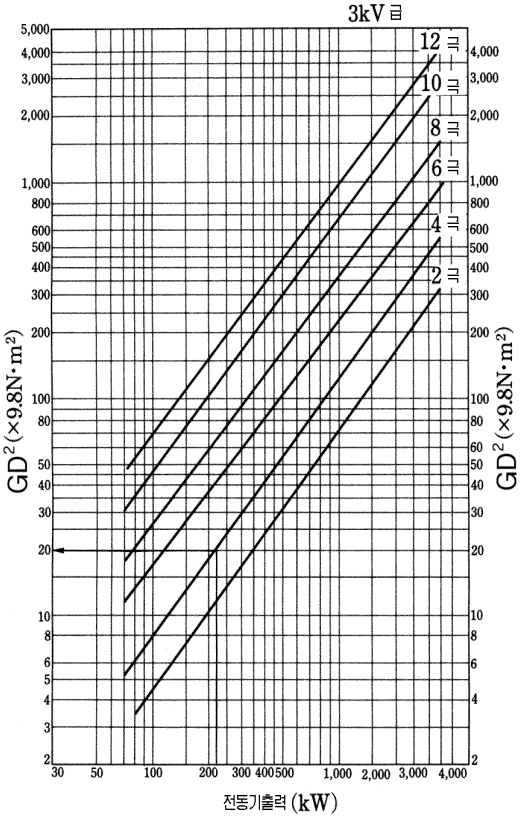
정전과 동시에 콘밸브나 니들밸브 또는 볼밸브의 유압조작기구 작동으로 밸브개도를 제어하여 자동적으로 완폐시키는 방법으로 유속변화를 작게 하여 압력상승을 억제할 수 있다.

[8.2.8 참고-2] 수격압의 검토

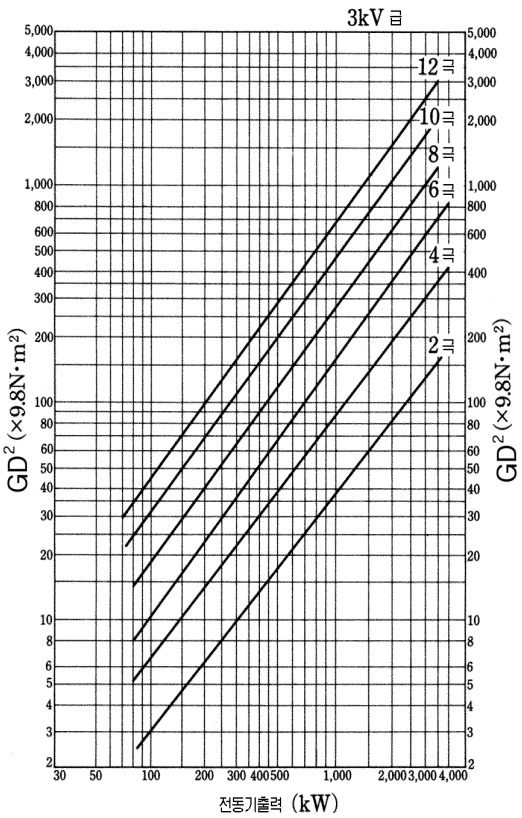
수격압을 예측하는 방법으로는 축차계산법, 도식계산법 및 특성곡선법 등이 있으며 복잡한 관로계나 밸브제어 등을 포함하는 경우에는 컴퓨터에 의한 처리가 일반적이다.

또 단순한 관로계에서는 간이계산도표(Parmakian's chart)에 의하여 예측하는 것도 가능하다. 다음에 간이계산도표를 사용한 계산순서와 계산의 예를 들었다.

〈8.2.8 참고표-2〉는 펌프와 전동기의 시방 등 주어진 조건과 그것에 근거한 계산순서와 계산사례를 정리한 것이다. 또 〈8.2.8 참고도-15〉과 〈8.2.8 참고도-16〉은 계산에 필요한 전동기의 GD^2선도이다. 이 〈8.2.8 참고표-2〉를 기초로 수격현상을 검토한다.



〈8.2.8 참고도-15〉 권선형전동기 출력-GD2선도



〈8.2.8 참고도-16〉 농형전동기 출력-GD2선도

〈8.2.8 참고표-2〉 계산순서의 예

No.	기 호	계 산 항 목	계 산 식	계 산 예	비 고
1	N	펌프 대수		1	
2	Q_n	펌프의 규정 토출량	m^3/s	0.133	
3	H_n	펌프의 규정 전양정	m	100	
4	N_n	펌프의 규정 회전속도	rpm	1760	
5	η_n	펌프의 효율		0.75	
6	γ	물의 비중		1.0	
7	P	전동기의 정격출력	kW	220(권선형)	
8	$(GD^2)_2$	전동기의 관성효과	〈참고도-8.2.16〉에서 구한다. $N \cdot m^2$	196	
9	$(GD^2)_1$	펌프의 관성효과	약$(GD^2)_2 \times 0.1$ $N \cdot m^2$	$196 \times 0.1 = 19.6$	8
10	$(GD^2)_3$	펌프의 플라이휠효과 (부속된 경우만)	$G\frac{D_f^2}{2}$ $N \cdot m^2$	490	
		G= 플라이휠의 자체중량 $= \frac{\pi}{4} D_f^2 \cdot B \cdot \gamma_f$ N D_f : 플라이휠의 외경 (m) B : 플라이휠의 폭 (m) γ_f : 비중량 = 76,440 N/m^3			
11	(GD^2)	회전부분의 전 관성효과	$(GD^2)_1 + (GD^2)_2 + (GD^2)_3$ $N \cdot m^2$	19.6+196+490=705.6	8,9,10
12	P_n	펌프의 축동력	$\frac{9.8 \cdot \gamma Q_n \cdot H_n}{\eta_n}$ kW	$\frac{9.8 \times 1.0 \times 0.133 \times 100}{0.75} = 173.8$	2, 3, 5, 6
13	M_n	펌프의 토크	$\frac{9545.2 P_n}{N_n}$ N · m	$\frac{9545.2 \times 173.8}{1760} = 942.6$	4, 12
14	K	펌프의 관성계수	$\frac{375 M_n}{(GD^2) \cdot N_n}$	$\frac{375 \times 942.6}{705.6 \times 1760} = 0.285$	4, 11, 12
15	Q	관로의 규정유량	$N \cdot Q_n$ m^3/s	$1 \times 0.133 = 0.133$	1, 2
16	D	관로의 내경	m	0.3	
17	L	관로의 길이	m	1000	
18	V_n	관로의 규정유속	$\frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$ m/s	$\frac{0.133}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.3^2} = 1.88$	15, 16
19	a	압력파전파속도	$\frac{1498}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} \cdot \frac{D}{t}}}$ m/s	1128 덕타일주철관 3종	
		k(물의 체적탄성률)=2.24×10^9 N/m^2 D (관 내경) m E(관재료의 종탄성계수) t (관 두께) m 강 관 : 2.07×10^{11} N/m^2 덕타일주철관 : 1.72×10^{11} N/m^2 주 철 관 : 1.52×10^{11} N/m^2 염화비닐관 : 3×10^9 N/m^2			
20	2ρ	관로상수	$\frac{a}{9.8} \cdot \frac{V_n}{H_n}$	$\frac{1128}{9.8} \cdot \frac{1.88}{100} = 2.16$	3, 18, 19
21	μ	압력파의 왕복시간	$\frac{2L}{a}$ s	$\frac{2 \times 1000}{1128} = 1.77$	17, 19
22	$K \cdot \mu$	Parmakian의 계수	$K \cdot \mu$	$0.285 \times 1.77 = 0.5$	14, 21
23	H_l	관로손실	별도계산 m	30	
24		관로손실과 펌프규정양정의 비율(%)	$\frac{H_l}{H_n} \times 100$ %	$\frac{30}{100} \times 100 = 30$	

1) 최저압력경사선도의 작성

〈8.2.8 참고표-2〉의 계산순서에 따라 구해진 수치로부터 최저압력경사선도를 작성한다.

⑴ 관로의 종단도를 작성한다(〈8.2.8 참고도-17〉 참조).

⑵ 관로손실과 펌프의 규정 전양정과의 비율 $\left[\left(\frac{H_i}{H_n}\right)\times 100\ \%\right]$ 에서 관로손실도 가운데 0 %, 30 %, 60 % 중 가까운 그림을 선정한다(〈8.2.8 참고도-18〉~〈8.2.8 참고도-20〉 참조).

계산의 예로는 이 값이 30(〈8.2.8 참고표-2〉 No.24 참조)이기 때문에 〈8.2.8 참고도-19〉를 사용한다.

⑶ 이 도표상에서 $K\cdot\mu$값과 관로상수(2ρ)곡선과의 교점으로부터 세로축의 H(%)를 읽어내면, 펌프 직후의 경우 25 %, $L/2$지점의 경우 41 %, $3L/4$지점의 경우 54 %의 값을 얻을 수 있다.

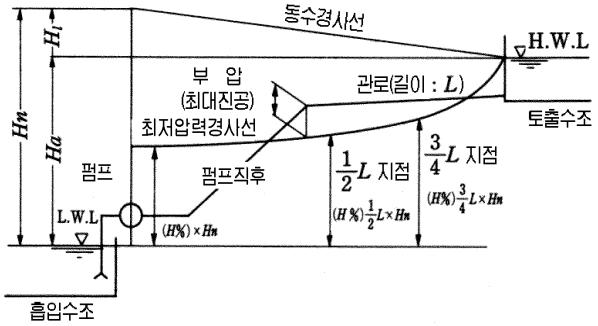
⑷ 다음 식에서 펌프직후와 $L/2$ 그리고 $3L/4$ 지점의 최저압력을 계산한다.

$$\text{최저압력} = \frac{H(\%)}{100}\times H_n\ (m)$$

이 예에서는 〈8.2.8 참고표-3〉과 같이 각각 25, 41, 54가 구해진다.

⑸ 전항에서 구한 펌프 직후와 관로 도중의 지점에서 압력저하의 값을 관로종단도에 기입한다.

⑹ 각 최저압력의 값과 최고토출수위 간을 곡선으로 맺으면, 관로의 최저압력경사선도를 작성할 수가 있다(〈8.2.8 참고도-17〉 참조).

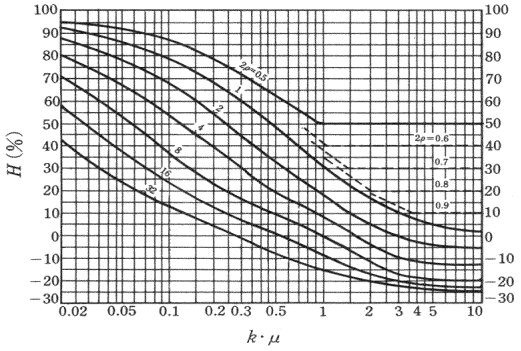


〈8.2.8 참고도-17〉 최저압력경사선도의 예

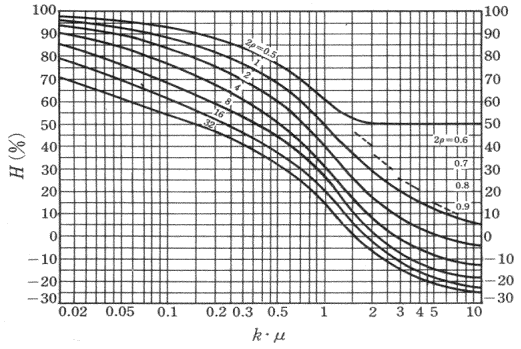
〈8.2.8 참고표-3〉 최저압력계산결과

펌프 직후의 최저압력	$\frac{25}{100}\times 100 = 25$	〈참고도-8.2.20〉 (1)
$\frac{1}{2}L$ 점의 최저압력	$\frac{41}{100}\times 100 = 41$	〈참고도-8.2.20〉 (2)
$\frac{3}{4}L$ 점의 최저압력	$\frac{54}{100}\times 100 = 54$	〈참고도-8.2.20〉 (3)

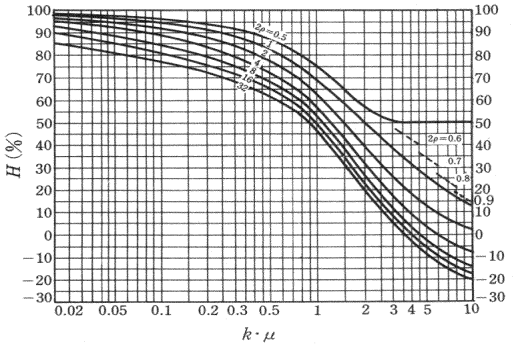
(1) 펌프 직후의 최저압력



(2) 1/2L점의 최저압력

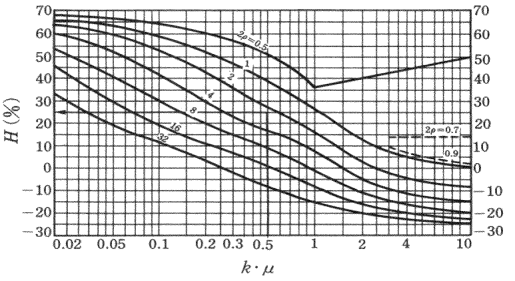


(3) 3/4L점의 최저압력

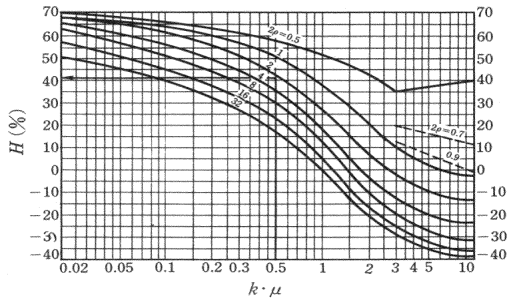


〈8.2.8 참고도-18〉 관로손실이 0%인 경우

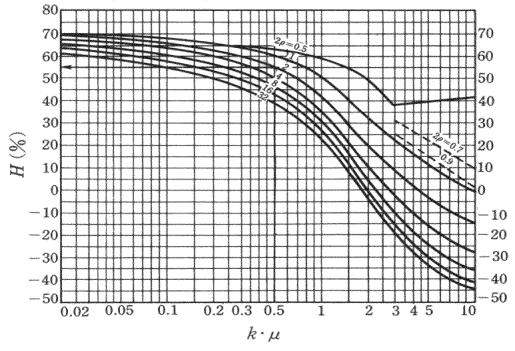
(1) 펌프 직후의 최저압력



(2) 1/2L점의 최저압력

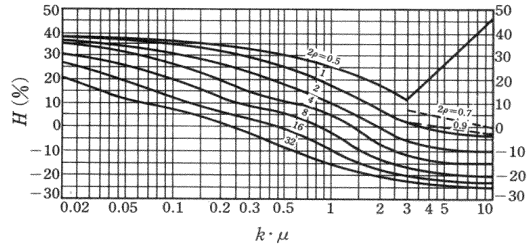


(3) 3/4L점의 최저압력

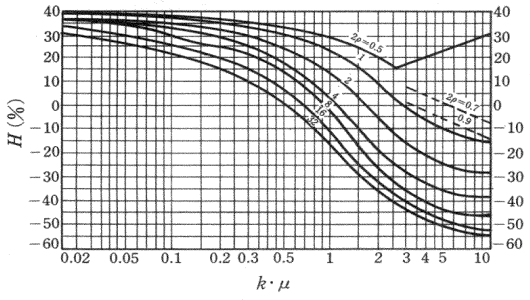


〈8.2.8 참고도-19〉 관로손실이 30%인 경우

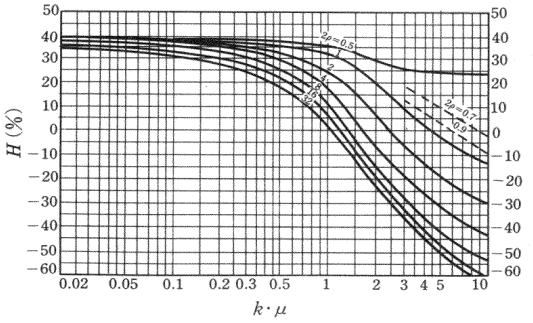
(1) 펌프 직후의 최저압력



(2) 1/2L점의 최저압력



(3) 3/4L점의 최저압력



〈8.2.8 참고도-20〉 관로손실이 60%인 경우

2) 개략 최고압력경사선도의 작성

최고압력경사선도는 최저압력경사선도를 최고토출수위를 중심으로 대칭의 위치에 그린다. 즉, 최고토출수위에서 최저압력까지 떨어진 값(예컨대, $-H_0$, $-H_{L/2}$ 및 $-H_{3L/4}$)을 대칭으로 플로팅(plotting)하여, 각 압력점을 연결하면 최고압력경사선도를 작성할 수 있다(〈8.2.8 참고도-21〉 참조).

이 때까지의 최저 및 최고압력경사선도는 관로내의 개략적인 압력을 구하는 방법을 나타낸 것으로 관로를 상세히 설계하는 경우에는 실제의 펌프특성과 밸브특성뿐만 아니라 정확한 관로조건 등을 정하고 컴퓨터를 사용하여 정확하게 압력변동을 구하는 것이 바람직하다.

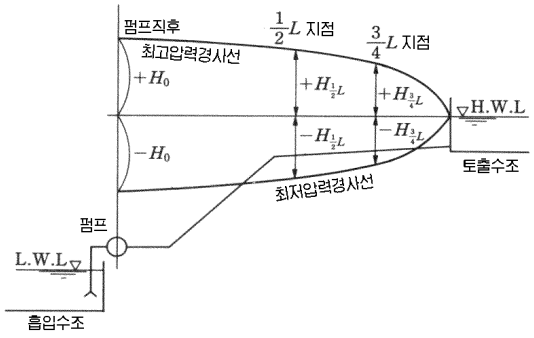
3) 판정

⑴ 이 부(-)압이 약 10m가 되면 수주분리가 일어난다.

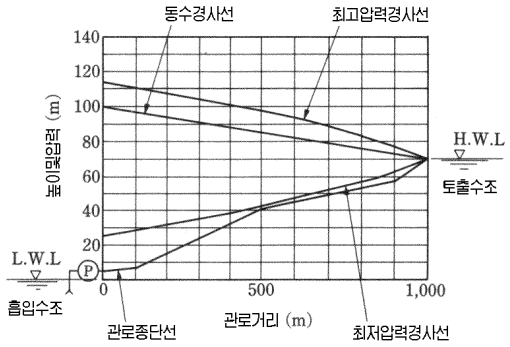
⑵ 계산상의 오차 등을 고려하여 이 부압이 5~7m 이내로 되도록 대책을 강구한다.

⑶ 계산 예의 결과

계산 예의 최저압력경사선은 〈8.2.8 참고도-22〉과 같이 관로종단선보다 아래에 있는 점이 없고 부압이 발생하지 않는 관로이므로 수주분리는 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.



〈8.2.8 참고도-21〉 최고압력경사선도



〈8.2.8 참고도-22〉 압력경사선도

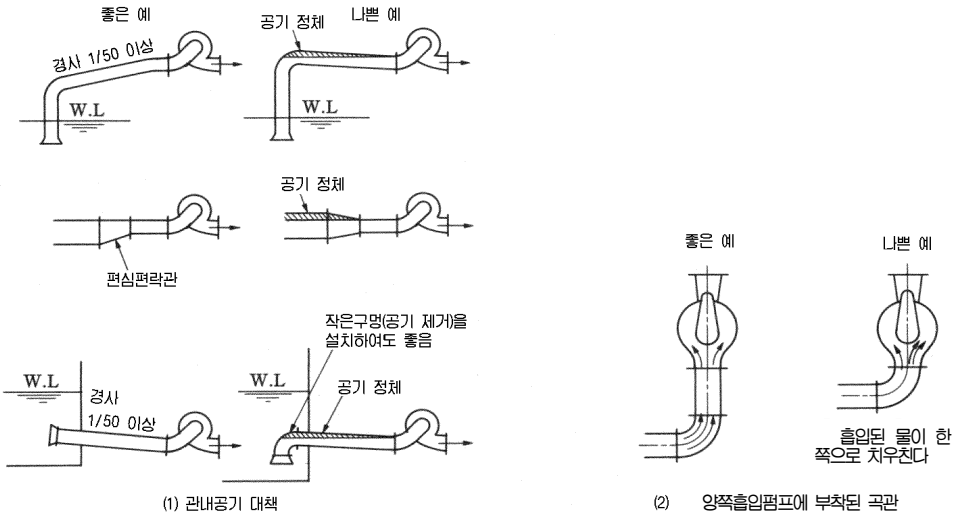
8.2.9 펌프설치와 부속설비

펌프와 부속설비의 설치는 다음 각 항에 따른다.

1. 펌프의 흡입관은 공기가 갇히지 않도록 배관한다.
2. 펌프의 토출관은 마찰손실이 작도록 고려하고 펌프의 토출관에는 체크밸브와 제어밸브를 설치한다.
3. 펌프 흡수정은 펌프의 설치위치에 가급적 가까이 만들고 난류나 와류가 일어나지 않는 형상으로 한다.
4. 펌프의 기초는 펌프의 하중과 진동에 대하여 충분한 강도를 가져야 한다.
5. 흡상식 펌프에서 풋밸브(foot valve)를 설치하지 않는 경우에는 마중물용의 진공펌프를 설치한다.
6. 펌프의 운전상태를 알기 위한 설비를 설치한다.
7. 필요에 따라 축봉용, 냉각용, 윤활용 등의 급수설비를 설치한다.

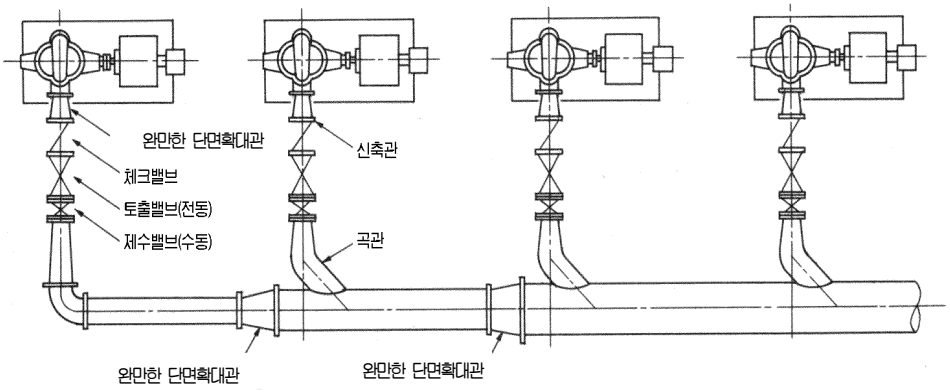
【해설】

1.에 대하여 ; 흡입관의 접합부는 플랜지이음으로 하고 접합부에서 공기가 들어가지 않도록 한다. 또 흡입관은 가능한 한 길이를 짧게 하고 경사를 두어서 공기가 괴지 않는 배관으로 한다. 또한 흡입배관 내의 유속은 1.5 m/s 이하를 표준으로 하고 펌프 흡입구가 작은 경우에는 편락관을 설치한다. 〔그림 8.2.25〕를 참조한다.



[그림 8.2.25] 펌프 흡입관 양부(良否)의 예

2.에 대하여 ; 펌프 토출구에서 유속이 큰 경우에는 완만한 단면확대관을 붙여서 관내 유속을 3m/s 이하로 한다. 체크밸브와 토출밸브는 통상 확대관의 하류 측에 부착한다. 이 때에 펌프나 밸브류의 철거 등을 고려하여 필요에 따라 펌프 주변에 신축조인트(flexible joint) 또는 신축이음관을 설치한다. 또 펌프를 여러 대 설치하는 경우에는 토출관이 모이는 부분은 관로의 마찰손실수두를 감소시키기 위하여 〔그림 8.2.26〕에 나타낸 바와 같은 배관으로 하는 것이 바람직하다.

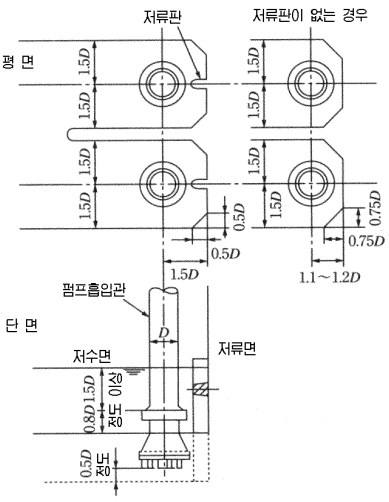


[그림 8.2.26] 펌프 토출관의 예

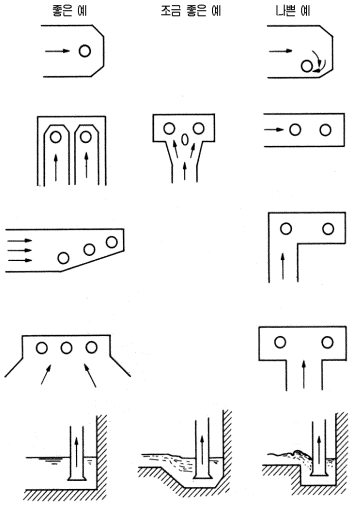
3.에 대하여 ; 펌프 흡수정은 흡입관이 짧고 흡입측 손실수두가 작아지도록 가능한 한 펌프 설치위치 가까이에 축조한다. 흡수정을 2개 이상으로 분할해 놓으면, 청소나 보수 등의 유지관리에 편리하다.

펌프 흡수정은 구조, 형상, 크기, 인입관거의 설치 등이 적당하지 않으면 흡수정 내에서 난류가 발생하며, 그에 따라 공기혼입 등으로 펌프의 운전상태가 불안정하게 되거나, 펌프가 제대로 능력을 발휘

하지 못하게 되기도 한다. 따라서 흡수정 내에서 편류가 생기지 않도록 고려하고 2대 이상의 펌프를 설치하는 경우에는 각 펌프의 흡입조건이 같게 되도록 한다. 흡수정 내의 편류를 방지하기 위해서는 흡수정 내에 정류벽, 저류판 등을 설치하면 효과가 있다. 〔그림 8.2.27〕과 〔그림 8.2.28〕을 참조한다.



[그림 8.2.27] 흡입수조의 크기와 구조



[그림 8.2.28] 흡입수조의 형상과 흡입관의 배치 예

흡입수조내의 유동의 안정성을 유지하고, 개선하기 위해서는 수리 모형 실험이나 CFD(Computational Fluid Dynamics ,전산유체역학)에 의한 시뮬레이션을 통해 검증하는 것이 좋다. 즉, 과거 실적이 없어 신규로 특이한 형상의 수조로 실험을 하는 경우와 기존 흡입수조에서 발생한 볼텍스를 억제할 수 있는 개선 대책을 찾는 데는 유용하다. 그러나 모형 실험 수조의 경우에는 제작과 실험에 따른 많은 경비와 시간을 필요로 하고, 모형 실험이 모든 조건의 현장에 일치하지 않을 수 있어 CFD에 의한 시뮬레이션으로 검토하는 것이 대체 방법이다.

1) 와류(vortex) 방지 계획

펌프 흡입 계획은 펌프 회전차로의 흡입수의 흐름이 안정되고 원활하게 함을 목적으로 한다. 이러한 요구 조건이 만족되지 않으면 펌프 유량과 효율 손실, 진동 및 캐비테이션을 유발시키게 된다. 안정된 흡입을 하기 위한 요구 조건은 다음과 같다.

⑴ 속도 분배

회전차로의 흡입수 흐름은 가능한 한 안정되고 균일한 흐름이어야 한다. 흡입수조 및 회전차로의 유입은 각각의 펌프에 균일하게 분배되어 일정 속도로 분배되어져야 한다.

⑵ 유효 흡입 수두 (NPSH)

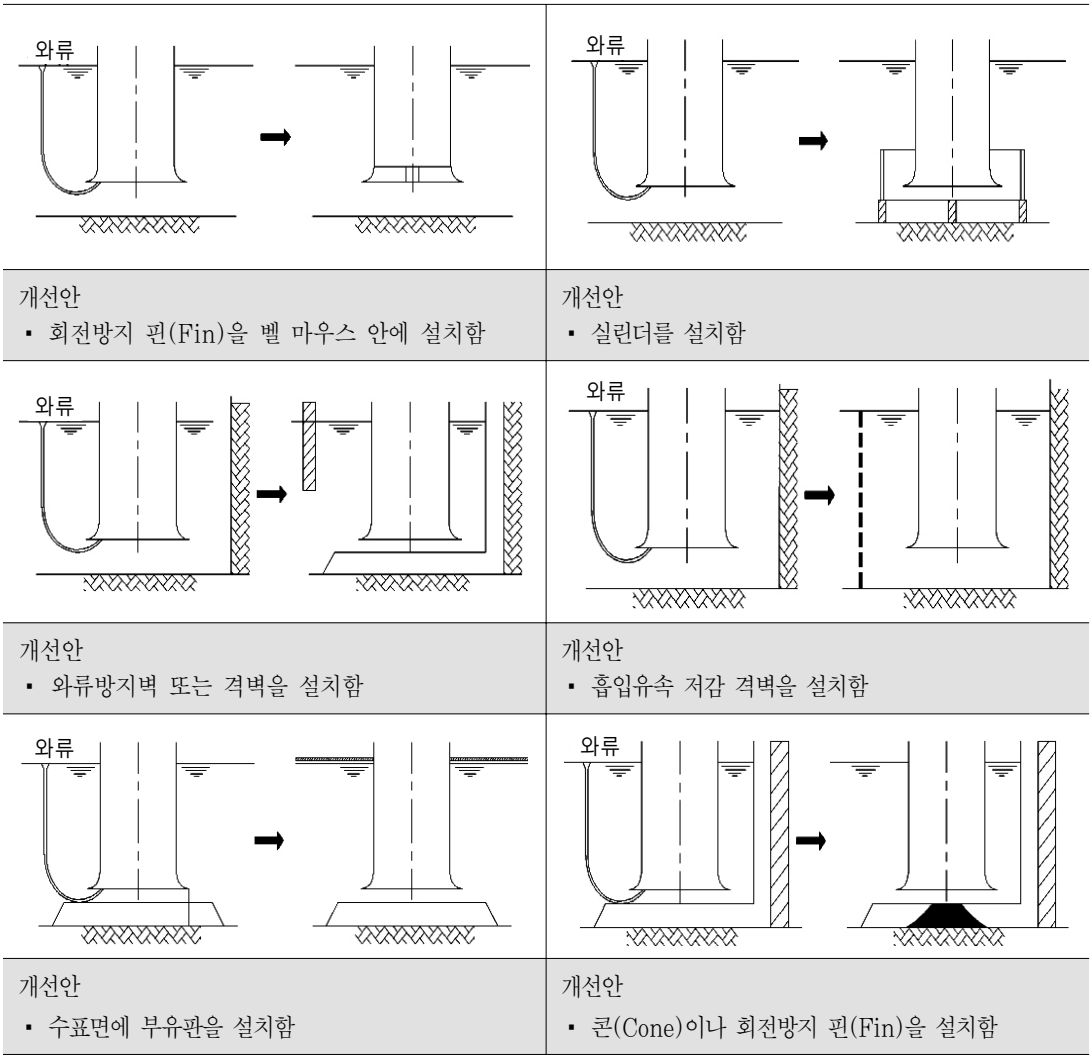
가용 유효 흡입 수두(NPSHav)가 필요 유효 흡입 수두(NPSHreq)보다 충분한 흡입수조 수위를 형성해야 한다.

⑶ 와류(vortex)방지

수표면으로 부터 공기가 펌프 흡입구로 빨려 들어가는 와류(hollow vortex), 유입수로부터 공기가 분리되어 유입되는 와류(bottom vortex)로 나누어지나, 이러한 와류는 흡입수조의 형상 및 흡입구 설치조건 및 침수 깊이 등의 계획을 적절히 세워야 한다.

2) 입축 펌프 계획

입축 펌프의 흡입부 설계는 수리적인 면과 구조적인 측면을 고려하여야 한다. 펌프 회전차로의 안정된 유체 흐름을 위해서는 흡입수조, 벨 마우스 등의 계획을 적절히 세워야 한다. 〔그림 8.2.29〕을 참조한다.

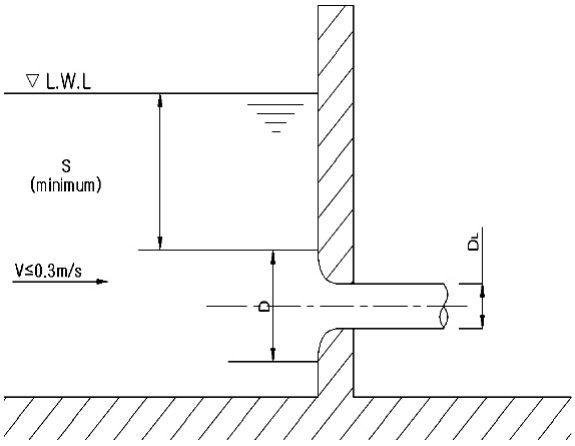


[그림 8.2.29] 와류 방지 개선 방안 (예)

3) 수평 흡입 배관

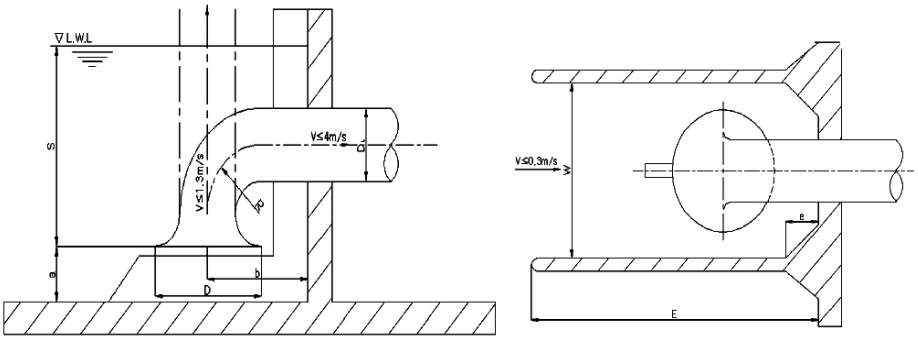
흡입수조의 흡입 배관 설계시는 흡입유량에 따라 다음과 같다

(1) $Q < 0.5 m^3/s \rightarrow D = (1.0 \sim 1.75) D_L$
$S > 1.0D > NPSH_{req}$



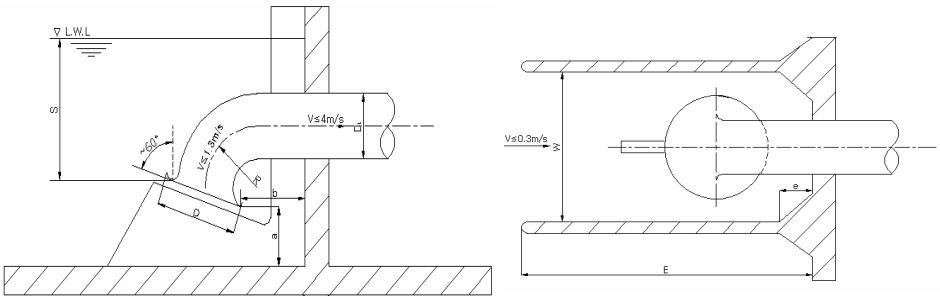
[그림 8.2.30] Q < 0.5 m^3/s 일경우

(2) $Q < 1.0 m^3/s \rightarrow D = (1.0 \sim 1.75) D_L$
$S > 1.5D > NPSH_{req}$
$a = 0.5D, b = 1.0D, e = 0.33D, E = 4.0D$



[그림 8.2.31] Q < 1.0 m^3/s 일경우

(3) $Q < 5.0 m^3/s \rightarrow D = (1.0 \sim 1.75) D_L$
$R \geq 1.5D$
$S > 1.5D > NPSH_{req}$
$a = 0.5D, b = 1.0D, e = 0.33D, E = 4.0D$



[그림 8.2.32] Q < 5.0 m^3/s 일 경우

4.에 대하여 ; 펌프의 기초는 원칙적으로 콘크리트 구조로 하며 펌프와 전동기의 기초를 일체로 한 구조로 한다.

펌프를 흡수정 위에 설치하는 경우에는 하부구조 전체에 강성을 충분히 갖게 해야 하며 펌프의 기초부분은 필요한 크기와 두께를 갖도록 해야 한다. 독립된 기초의 중량은 기계중량의 약 3배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한 부득이 플레이트 거더(plate girder) 등 콘크리트 이외의 기초를 할 경우에는 그 강도와 함께 진동을 억제하는 데 충분한 강성을 갖도록 해야 한다.

5.에 대하여 ; 흡상식 펌프를 기동할 때에는 펌프본체와 흡입관 내를 만수로 충수할 필요가 있으므로, 마중물용의 진공펌프가 필요하다.

진공펌프는 상용과 예비를 설치한다. 주펌프 1대의 마중물에 요하는 시간은 3~10분 정도인 것이 일반적이다.

6.에 대하여 ; 펌프의 운전상태를 알기 위하여 펌프의 흡입측에는 진공계 또는 연성계(compound gauge), 토출측에는 압력계를 보기 쉬운 위치에 부착해야 한다.

7.에 대하여 ; 펌프의 축봉용, 펌프와 전동기의 베어링 냉각용, 또는 수중베어링의 윤활용 등 배관의 도중에는 적당한 지점에 조인트를 설치하여 용이하게 분해·정비할 수 있도록 고려한다.
또 냉각수 등으로 수돗물을 사용하는 경우에는 역류에 의하여 수돗물이 오염되지 않도록 설계해야만 한다.

8.3 펌프의 제어

8.3.1 총칙

펌프를 제어하는 목적은 자동운전용 기기를 사용하여 안전하고 원활하게 기동하거나 정지시키고, 수요에 따라 자동적으로 펌프의 토출량과 토출압을 조절하는데 있다.

이러한 목적으로 펌프를 제어하는 지령을 운전원이 수동으로 지령하는 방식(기기측 또는 원격제어)

과, 계측기 등으로부터 신호에 의하여 자동적으로 지령이 주어지는 방식(자동제어) 등이 있다. 이들 중의 어떤 방식으로 할 것인가는 그 시설의 규모, 신뢰성, 경제성 및 운전관리방법 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

운전 중인 펌프의 토출량을 제어하기 위하여서는

① 펌프의 운전대수를 제어하는 방법

② 펌프의 회전속도를 제어하는 방법

③ 밸브의 개도를 제어하는 방법

등이 있다. 또한 ②와 ③의 방법에 의하여 펌프의 토출압력을 제어할 수 있으며 각각 설치하는 기기와 운전효율에 특징이 있으므로 제어방식은 이들 특징을 살려서 결정한다.

펌프, 원동기 및 이들의 부속설비에 발생하는 고장 또는 사고에 대처하기 위한 보호장치를 계획한다.

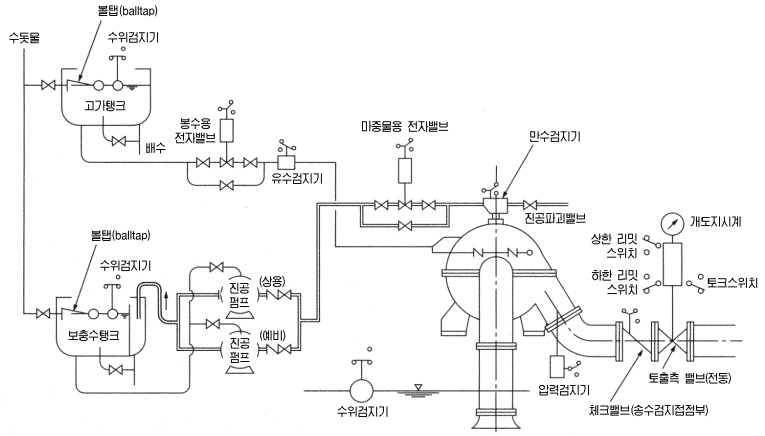
8.3.2 자동운전용기기

펌프를 자동 또는 원격제어에 의하여 운전하는 경우에는 다음 각 항의 필요한 장치를 설치한다.

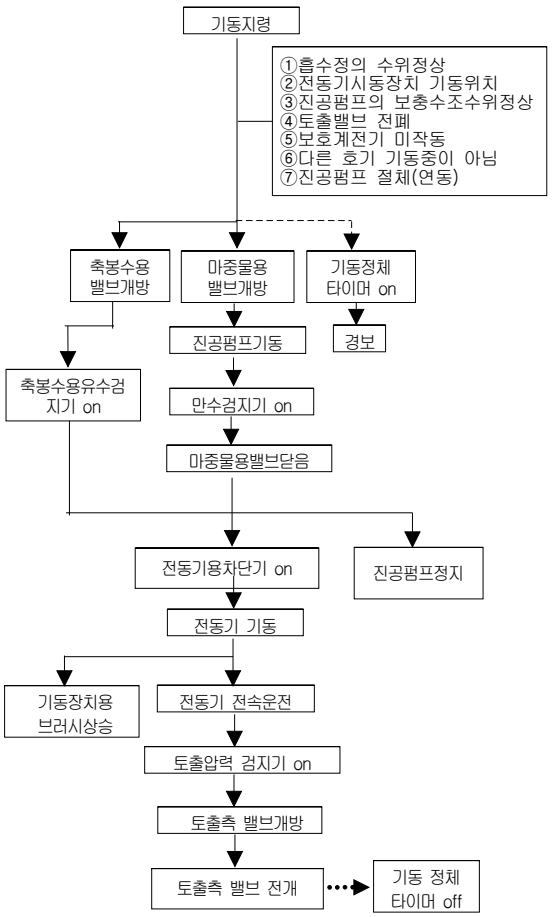
1. 펌프케이싱 내가 만수된 것을 검지하기 위한 만수검지장치
2. 펌프의 토출압력을 검지하기 위한 압력검지장치
3. 펌프축봉수, 냉각수 및 윤활수 등의 흐름을 검지하기 위한 유수검지장치
4. 마중물, 축봉수, 냉각수 및 윤활수 등의 소배관 도중의 필요한 지점에 전동밸브 또는 전자밸브 등의 유수개폐장치
5. 토출밸브의 작동 확인과 보호를 위한 리밋스위치(limit switch) 등

【해설】

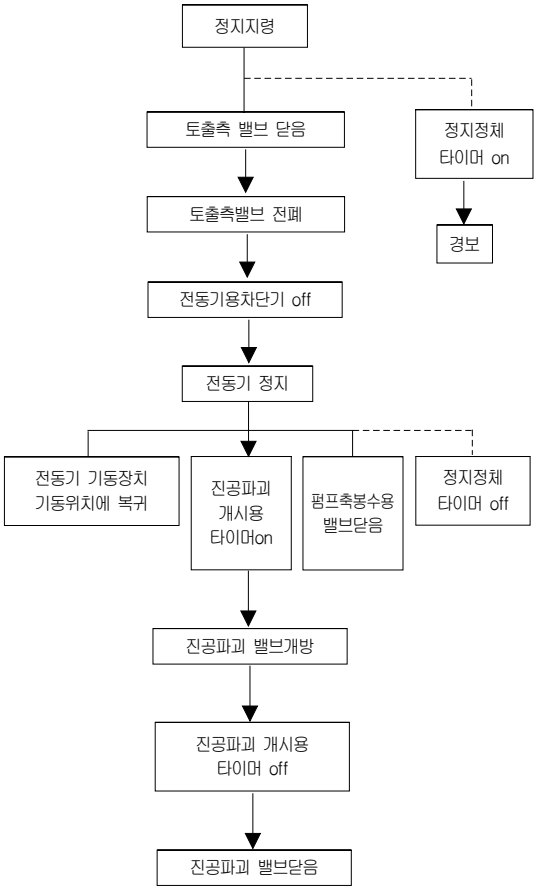
펌프를 자동 또는 원격제어에 의하여 기동하거나 정지시키는 경우에는 필요에 따라 펌프 기동시의 마중물, 원동기의 기동, 토출밸브의 열림작동 등 일련의 기동공정 또는 이들의 반대순서인 정지공정을 순차적으로 자동으로 원활하게 이루어지게 하기 위하여 필요한 장치를 설치해야 한다. 〈8.3.2 참고도-1〉~〈8.3.2 참고도-4〉를 참조한다.



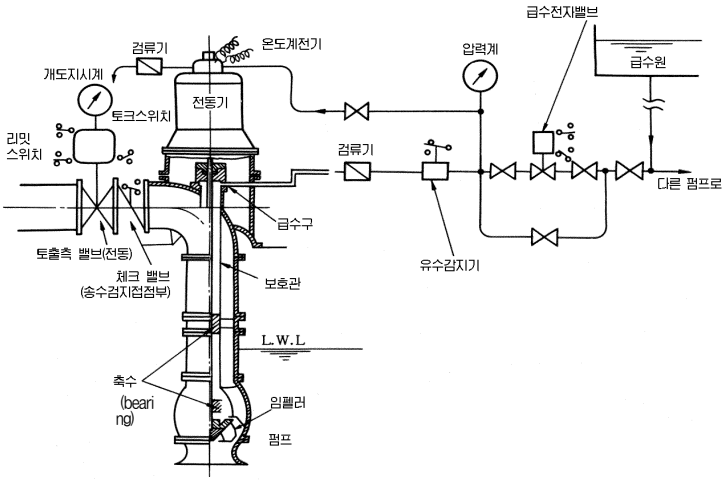
〈8.3.2 참고도-1〉 횡축펌프의 자동운전 예



〈8.3.2 참고도-2〉 기동공정의 흐름



〈8.3.2 참고도-3〉 정지공정의 흐름



〈8.3.4 참고도-4〉 입축펌프의 자동운전 예(외부급수방식인 경우)

1.에 대하여 ; 만수검지장치에는 기계식(float식)과 전기식(전극식)이 있으며 확실하게 동작하는 것을 선정해야 한다.

2.에 대하여 ; 펌프가 기동 중에 토출압력이 규정수압에 도달한 것을 검지하고 토출밸브에 열림지령을 발신하기 위하여 압력검지장치를 설치한다. 압력검지장치는 펌프운전 중의 토출압력 또는 그 밖에 베어링냉각수, 축봉수 등의 급수압력이 비정상적으로 저하하는 것을 검지하고 경보 또는 고장표시하는 보호장치로도 사용된다.

3.에 대하여 ; 펌프가 기동 중에 축봉수, 냉각수 및 수중베어링의 윤활수가 흐르고 있는 것을 검지하고 펌프의 기동공정을 진행시키기 위하여 유수검지장치를 설치해야 한다. 또한 유수검지장치는 펌프운전 중에 윤활수, 냉각수 및 축봉수 등이 단수 또는 과소 수량으로 되었을 때에 경보 또는 고장표시하는 보호장치로도 이용된다.

4.에 대하여 ; 마중물용, 축봉수용, 냉각수용 및 윤활수용 등의 소배관 도중에 있는 밸브를 전기적으로 개폐하기 위하여서는 전동밸브 또는 전자밸브(solenoid 밸브)를 사용해야 한다.

5.에 대하여 ; 토출밸브를 전폐, 전개 또는 소정의 개도에서 밸브의 작동을 멈추게 하기 위한 전동밸브로는 스트로크(stroke or position) 리밋스위치를 설치해야 한다. 또 전동밸브에 이물질이 끼었을 경우나, 밸브의 개폐시에 과대한 토크(torque)가 걸렸을 경우를 위하여 토크리밋스위치(torque limit switch)를 설치하여 밸브구동용 전동기를 보호해야 한다. 이 밖에 수동으로 개폐조작할 경우에는 전동조작으로 되지 않도록 하기 위한 인터로크(interlock)를 설치하여 운전원의 안전을 기해야 한다.

[8.3.2 참고 1] 자동기동 및 정지흐름(flow)의 한 예

권선형유도전동기를 직결한 횡축벌류트펌프에서 마중물용으로 진공펌프를 구비한 경우의 예를 보면 〈8.3.2 참고도-1〉과 같다.

기동하는 경우에 주조작스위치를 기동쪽으로 투입하거나, 또는 다른 것으로부터의 기동지령에 의하여 〈8.3.2 참고도-2〉와 같이 기동공정이 순차적으로 자동으로 진행된다. 다만, 흡입수면보다 낮은 위치에 펌프를 설치한 경우나, 입축펌프와 같이 펌프케이싱 내가 항상 만수상태인 것은 별도의 마중물을 필요하지 않는다. 풋밸브식인 경우에는 보급수 탱크로부터 급수하고 보급수 탱크의 수위에 따라 만수를 검지하는 것이 많다.

정지하는 경우에는 주조작스위치를 정지쪽으로 투입하거나, 다른 것으로부터의 정지지령에 의하여 〈8.3.2 참고도-3〉과 같이 정지공정이 순차적으로 자동으로 진행된다.

한편, 입축펌프는 마중물이 별도로 필요하지 않으며 횡축형에 비하여 기동공정이 간단하고 자동운전에 적합하다. 입축사류펌프는 물윤활에 의한 수중베어링이 사용되고 있기 때문에, 수중베어링에 확실히 급수되는 것이 기동공정의 중점으로 된다. 〈8.3.2 참고도-4〉를 참조한다. 또 경질 세라믹베어링과 텅스텐강 슬리브를 사용하는 무급수방식도 실용화되고 있다.

8.3.3 유량제어

유량제어는 펌프의 운전대수, 회전속도 또는 밸브의 개도 중 어느 하나를 적절하게 제어하거나 또는 이들의 제어를 병용하여 수행한다.

【해설】

1) 운전대수제어

운전대수제어는 〔그림 8.2.15〕에 나타낸 바와 같이 운전대수를 변경함으로써 유량을 제어한다. 제어방법이 간단하고 대수분할로 위험을 분산할 수 있지만, 제어량이 단계적으로 된다.

흡입 또는 토출수면의 수위와 연동하여 운전대수를 제어하는 자동운전인 경우에는 수위의 변동이 심하면 기동·정지가 몇 번씩 반복되는 헌팅(hunting)현상이 발생되는 경우도 있다. 이러한 경우에는 전동기가 과열되거나 밸브와 기동기의 소모가 심하고 기기의 수명을 단축시킬 우려가 있기 때문에 계획할 때에는 수면의 면적과 펌프 1대당 용량과의 비가 지나치게 작지 않도록 주의해야 한다.

운전대수의 자동제어는 각 펌프의 운전시간을 평균화하기 위하여 예비기를 포함한 계통의 모든 펌프를 대상으로 순차적으로 운전할 수 있도록 한다. 정전 후 전원이 복구되었을 때에는 1대씩 순차적으로 기동시키기 위하여 동시기동 방지회로를 설치해야 하며, 또한 운전 중인 기기의 고장으로 인하여 펌프가 정지되었을 경우에는 그 다음 순서의 펌프를 자동으로 기동시키는 회로를 설치해야 한다. 또한 운전지령계가 고장일 경우에 예비기를 포함한 모든 펌프가 운전됨으로써 계약전력을 초과하는 일이 생기지 않도록 인터로크(interlock)회로를 설치해야 한다.

2) 회전속도제어

⑴ 회전속도제어는 〔그림 8.2.17〕에 나타낸 바와 같이 회전속도의 변화에 비례하여 유량이 변하는 것을 이용한 것으로 제어성이 좋고 운전비용(동력비)도 저렴하나 밸브개도제어에 비하여 설비비가 고가이다. 이 방식은 대수제어와 병용되는 것이 일반적이다.

⑵ 회전속도제어방식에는 다음과 같이 전동기 자체의 회전속도제어방식과 동력전달장치에 의한 회전속도제어방식이 있다.

가. 전동기 자체의 회전속도제어방식

① 2차저항제어방식

② 1차주파수제어방식

③ 셀비우스제어방식

나. 동력전달장치의 회전속도제어방식

① 유체커플링방식

② 전자커플링방식

3) 밸브개도제어

⑴ 밸브에 의한 유량제어는 〔그림 8.2.16〕에 나타낸 바와 같이 밸브의 개도를 변화시켜 밸브의 손

실수두를 증감시킴으로써 유량을 제어하는 방식이다. 유량제어방식 중에서는 가장 간단한 방법이고 회전속도제어에 비하여 설비비도 저렴하지만, 운전효율이 낮고 운전비용도 높은 결점이 있다. 이 방식은 대수제어와 병용하여 사용되는 경우가 많다.

이 방식은 제어에 의한 펌프의 과부하를 초래하기 쉬우므로 비속도(N_s)가 너무 크지 않은 벌류트 펌프에 적용하는 것이 바람직하다.

⑵ 밸브는 8.5.3 밸브의 선정을 참조하여 유량제어용 밸브로부터 사용하기에 알맞은 것을 선정한다.

유량제어용 밸브로는 버터플라이밸브와 콘밸브가 적합하지만, 이들 밸브로 원활하게 제어할 수 있는 개도범위는 버터플라이밸브에서는 15~70°, 콘밸브에서는 10~80°이다.

⑶ 밸브에 의하여 유량을 제어하는 경우에 제어용 밸브를 잠금에 따라 캐비테이션을 발생시키지 않도록 유의해야 한다.

캐비테이션의 발생 유무는 밸브의 캐비테이션 계수에 의하여 판정한다. 8.5.3 밸브의 선정을 참조한다. 이상의 방법 중에서 어떤 방식을 선정할 것인가는 설비의 규모, 제어성, 보수의 용이성 등의 기술면과 생애주기비용(life cycle cost)을 검토한 다음에 결정해야 한다. 8.4.2 전동기의 선정 및 8.4.4 회전속도 제어를 참조한다.

8.3.4 압력제어

압력제어는 토출압력을 일정하게 또는 말단압력을 일정한 것을 목표로 펌프의 회전속도 또는 밸브개도를 제어한다.

【해설】

압력제어방법에는 펌프의 회전속도제어 및 밸브개도제어방식이 있지만, 대수제어와 병용하는 것이 일반적이다. 특별한 경우로서 중·소형 배수펌프를 대수제어로 운전하는 경우에, 동절기에 배수량(수요량)의 감소에 의한 압력상승대책 및 에너지 절약대책으로서 수요량이 적은 기간동안에만 저양정의 임펠러를 사용하는 방법도 있다.

1) 토출압력을 일정하게 제어

펌프의 토출압력을 일정하게 제어하는 방식은 〔그림 8.2.17〕, 〔그림 8.3.1〕과 같이 제어시스템에서 설정된 펌프의 토출목표압력과 실제 토출압력과의 편차분만큼만 펌프의 회전속도 또는 제어용 밸브의 개도를 증감시켜서 토출압력을 일정하게 한다.

2) 말단압력을 일정하게 제어

말단압력을 일정하게 제어하는 방식은 〔그림 8.2.18〕과 같이 유량이 변하더라도 관로말단에서 압력이 일정하게 되도록 펌프의 토출압력을 제어하는 방법이다. 이 방식은 관로손실이 큰 경우나 수요수량의 변동이 큰 경우에 알맞다.

이 방식에는 연산방식과 실측방식이 있다.

⑴ 연산방식(추정말단압력을 일정하게 제어)

연산방식은 〔그림 8.3.2〕에 나타낸 바와 같이 관로말단에서 동수압을 일정하게 유지하기 위하여 유량에 의한 관로손실수두를 연산하여 관로말단의 동수두에 가산한 값을 펌프의 토출압력으로 하는 제어방식으로 다음 식과 같이 된다.

$$H = H_0 + KQ^n$$

여기서,

H : 펌프의 전양정(m)

H_0 : 관로말단의 동수두(m)

K : 관로의 저항계수

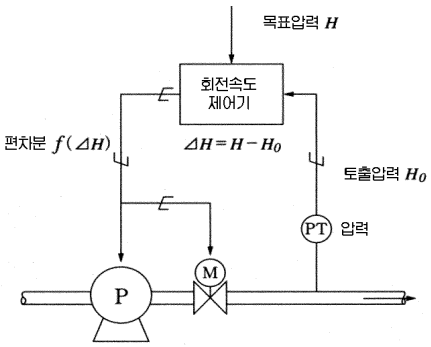
Q : 유량(m^3/s)

n : 유량 지수

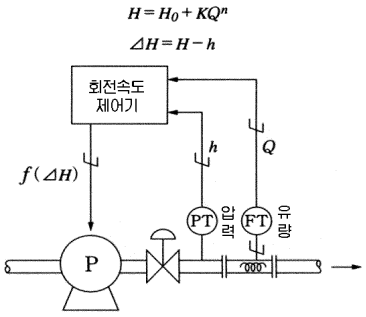
KQ^n : 관로의 마찰손실수두(m)

⑵ 실측방식(직접방식)

〔그림 8.3.1〕에서 펌프의 토출압력 대신에 관로말단의 실측압력을 직접 펌프장으로 피드백(feedback)하여 그 목표설정수압과의 편차에 의하여 펌프의 회전속도나 밸브개도를 제어하는 방식이다.



[그림 8.3.1] 토출압력 일정제어



[그림 8.3.2] 말단압력 일정제어

8.3.5 보호장치

펌프운전 중에 발생하는 이상을 검출하여 경보를 울리거나 표시하는 적절한 보호장치를 설치한다.

【해설】

펌프운전 중에 고장 등의 이상이 발생하였을 경우에는 경보에 의하여 운전원에게 이를 알리거나, 고장의 정도에 따라 펌프를 정지시켜서 펌프와 전동기를 보호해야 한다.

1) 고장의 종류

고장의 중요도에 따라 중고장(重故障)과 경고장(輕故障)으로 분류하여 고장대응을 용이하게 할 수

있도록 한다.

⑴ 중고장

기기에 이상이 발생하였을 경우에 그대로 운전을 계속하면 중대한 영향을 미칠 우려가 있으므로 자동적으로 또는 비상정지조작에 의하여 펌프를 즉시 정지시킬 필요가 있는 고장.

⑵ 경고장

펌프의 운전에 영향을 주지 않는 것과 같은 고장으로 운전원의 판단으로 적절한 조치를 취할 수 있는 고장.

중고장과 경고장의 분류는 시설의 형태나 운전관리체제 등에 따라 다르기 때문에 각각의 상황에 알맞게 분류하고 고장에 대하여 확실하게 대응할 수 있도록 구성할 필요가 있다. 중고장에 의하여 정지된 경우에 예비기가 자동으로 기동할 수 있도록 해두는 것이 바람직하다.

2) 보호항목

펌프를 안전하게 운전하기 위하여서는 관련되는 기기 등의 이상을 빠른 시기에 검출함으로써 중대한 고장으로 발전되지 않도록 보호하는 보호장치가 필요하다. 보호대상으로 되는 항목으로서 어떤 것을 선정할 것인가는 설비의 여러 가지 조건에 따라 다르다.

일반적인 보호장치의 기준을 〈표 8.3.1〉에 나타내었다.

3) 경보의 종류와 고장표시

검출장치에 의하여 검출된 이상은 중고장과 경고장의 고장분류에 따라 운전원이 상황을 판단하기 쉽도록 표시해야 한다.

〈표 8.3.1〉 보호항목

항 목	목 표 치 또는 기 준 치	비 고
과부하	정격전류에 여유를 고려한 값	한시요소를 수반한다.
과소 수량	주펌프 : 계획최소수량 이하의 값 축봉수, 냉각수, 윤활수 : 필요용수량	위와 같음
펌프토출압력의 비정상저하	계획토출량에서 토출압력 또는 그 이하의 값	위와 같음
펌프흡입수위의 비정상저하	공기흡입 개시수위 또는 캐비테이션 발생수위에 여유를 고려한 값	
베어링과열(펌프, 전동기)	일반적으로 70 ℃ 이하	
기동정체(start-up busy)	기동명령에서부터 토출측 밸브가 전개될 때까지의 소요시간에 여유를 고려한 값	
정지정체(shutdown busy)	정지명령에서부터 전동기용 차단기가 차단될 때까지의 소요시간에 여유를 고려한 값	

8.4 전동기

8.4.1 총칙

전동기는 신뢰성, 보수성, 제어성 및 운전경비 등을 고려하여 사용목적에 알맞은 것을 선정해야 한다.

전동기의 종류로는 유도전동기, 동기전동기, 직류전동기 및 교류정류자전동기로 크게 나누어진다. 그 중에서 유도전동기가 가장 많이 사용되고 있다.

전동기를 선정할 때에는 기동방식과 보호방식을 포함한 신뢰성, 내구성, 제어성, 보수성, 설비비 및 운전경비 등을 고려하고 펌프의 부하특성 및 운전방법에 알맞은 것으로 선정한다.

8.4.2 전동기의 선정

전동기를 선정할 때에는 다음 각 항에 따른다.
1. 전동기는 3상 유도전동기를 표준으로 한다.
2. 전동기의 형식에는 보호방식 및 냉각방식 등에 따라 여러 종류가 있지만, 설치환경이나 사용목적에 따라 선정한다.
3. 표준 전동기보다 손실을 감소시켜 효율이 3~4 % 이상 높은 고효율 전동기 사용을 검토하여야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 펌프용 전동기로는 여러 가지 종류가 있지만, 상수도용으로는 구조가 견고하고 가격이 저렴하며 운전과 보수가 용이하므로 가장 일반적으로 사용되는 3상유도전동기를 표준으로 한다.

3상유도전동기는 회전자의 구조에 따라 농형과 권선형으로 분류된다.

농형유도전동기는 회전자의 슬로트(slot) 중에 들어있는 막대형상의 도체를 철심의 양쪽에서 단락한 단락환으로 이루어지는 전동기이다. 구조가 간단하고 견고하며 가격이 저렴하고 보수성도 좋지만, 기동전류가 커서 소용량의 것을 제외하고는 기동전류를 저감시키기 위한 기동장치가 필요하다.

권선형 유도전동기는 회전자에 고정자와 같은 삼상권선을 가지고 있으며 슬립링(slip ring)을 통하여 2차측에 외부저항을 접속하며 이 저항을 조정하여 기동토크를 감소시키지 않고 기동전류를 저감시킬 수 있는 전동기이다. 또한 이 2차저항 또는 2차여자제어에 의하여 회전속도를 제어할 수 있다.

수중모터펌프용 전동기는 펌프의 외경, 접속배관 및 사용전압 등 여러 가지 제약을 받기 때문에 그 형상과 구조 등에 일정한 기준을 정하여 제작해야 하며 선정할 때에 신중을 기해야 한다.

2.에 대하여 ; 전동기는 정격과 특성 등 사용조건에 적합한 것을 선정해야 한다.

1) 수도에는 펌프 등 연속적으로 사용되는 전동기로서는 연속정격이 일반적으로 사용된다.
2) 보호방식은 회전기기 외함의 보호등급 분류(KS C IEC 60034-5)에서 인체 및 고형이물질에 대한 보호형식과 물의 침입에 대한 보호형식과의 조합에 의하여 분류되고 있다.
3) 냉각방식은 냉각매체의 종류에 의한 형식, 냉매의 통로 및 열방산 형식, 냉매를 보내는 쪽의 형식과의 조합에 의한 냉각방법(KS C IEC 60034-6)으로 분류되고 있다.
   ⑴ 연속정격이란 지정된 운전조건(전압, 회전속도, 주파수 등)하에서 연속적으로 사용하더라도 온도상승한도를 초과하지 않고 보증되는 사용한도.
   ⑵ 단시간정격이란 상온상태에서 지정된 조건하에서 전동기를 기동하여 단시간(원칙으로 10분간, 30분간, 60분간 또는 90분간)동안 사용하더라도 온도상승한도를 초과하지 않고 보증되는 사용한도.

4) 전동기에 사용되는 각종 절연의 종별 최고온도는 한국산업규격(KS)에 규정되어 있다.

5) 3상유도전동기는 그 특징으로 소용량기인 저압용에는 농형유도전동기를 사용한다. 고압용으로는 전원용량, 기동방식이나 제어방식으로부터 특히 권선형을 필요로 하지 않는 경우에 농형유도전동기를 사용한다. 대·중용량기에는 기동토크를 저하시키지 않고 기동전류를 정격전류의 100~125 %로 저감시킬 수 있는 권선형 유도전동기를 사용하는 것이 일반적이다. 권선형은 전원용량의 제약으로부터 기동전류를 작게 해야 하는 경우나, 기동·정지빈도가 높은 경우, 또한 회전속도제어가 필요한 경우에 사용한다.

   형식을 선정할 때에는 설치장소의 상황에 적합한 형식의 것을 선정한다. 또한 설치장소의 주위환경에 따라 소음방지대책이 필요한 경우에는 소음장치를 부착시킨 저소음설계의 전동기를 사용하거나, 펌프실에 흡음재를 사용하는 방법 등을 고려해야 한다.

6) 최근에는 효율이 높은 고효율전동기가 개발되고 있으며 장시간 운전하는 전동기는 생애주기비용(life cycle cost)을 고려하여 이러한 전동기를 채택하는 것을 검토해야 한다.

3.에 대하여 ; 효율의 극대화로 우수한 절전효과를 위해 정격효율 자체가 표준전동기에 비해 높게 설계 제작된 전동기로서, 사용빈도가 높고 연속 운전되는 펌프 등의 기기용 전동기는 생애주기비용(life cycle cost)을 고려하여 전동기를 채택하는 것을 검토해야 한다.

손실이 적은 절전형에 따라 표준 전동기보다 제품 비용은 상승되나, 운전 중 비용(cost)이 낮으므로 초기 상승비용은 회수가능하고 운전시간이 길어질 수록 경제성이 높아진다.

적용 가능한 부하는 다음과 같다.

1) 가동률이 높고 연속 운전이 되는 곳(펌프, 콤프레서)
2) 주위 환경이 가혹하거나 장시간 가동하는 곳
3) 피크(Peak)부하가 걸리는 곳
4) 정숙 운전이 필요한 곳(저진동, 저소음)

또한, 절전 효과는 $S=C\times P\times N\times(100/Eb-100/Ea)$

여기서, S = 년간 절전요금(원/년)
C = 전력요금 단가(원/kW)
P = 부하의 소요출력(kW)
N = 년간 운전시간(Hour/년)
Eb = 표준전동기 효율(%)
Ea = 고효율전동기 효율(%)

8.4.3 기동방식

3상유도전동기의 기동방식은 전원용량과 전동기의 종류 및 용도에 가장 알맞은 것을 선정한다.

【해설】

3상유도전동기의 기동방식에는 〈표 8.4.1〉과 같은 방식들이 있다.

〈표 8.4.1〉 기동방식

전 동 기 종 별	기 동 방 식
농형 유도전동기	전전압기동 스타델타기동 기동보상기기동 리액터기동 소프트스타트
권선형 유도전동기	2차저항기동

1. 농형 유도전동기의 기동

농형 유도전동기의 기동방식은 기동전류의 제한상한치와 기동토크의 필요치에 의하여 선정해야 한다. 〔그림 8.4.1〉은 각 방식의 결선도를 나타낸 것이다.

1) 전전압기동(직입기동)

고정자권선에 직접 전원전압을 가하여 기동하는 방식으로 정격출력 3.7kW 이하의 전동기나 특수농형 전동기로 11kW 미만 또는 11kW 이상의 것으로 전원전압에 심한 변동을 줄 우려가 없는 경우에 사용하며 기동전류는 전부하전류의 450~700 %가 일반적이다. 그러나 최근에는 전원용량이 큰 경우에 수백kW 정도의 고압전동기에도 적용하는 경우가 있다.

2) 스타델타(star delta : Y-△)기동

전동기의 고정자권선을 기동할 때에 스타(Y형)로 접속하여 고정자코일의 각 상에 인가되는 전압을 전원전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$로 하는 것에 의하여 기동전류를 전전압기동시의 $\frac{1}{3}$ (기동토크도 $\frac{1}{3}$로 된다)로 하는 방식으로 회전속도가 높아졌을 때에 델타(△형)로 전환하고 정격전압을 가하여 운전하는 방식이다.

3) 기동보상기 기동

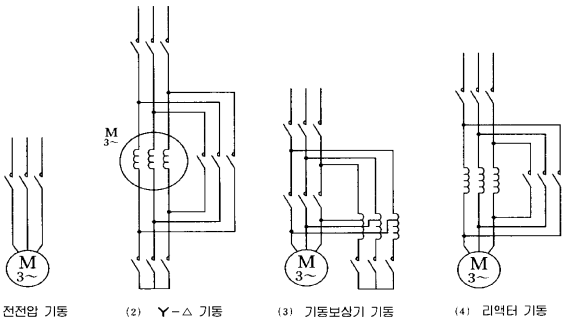
기동할 때만 3상단권변압기를 사용하여 전동기의 단자전압을 정격의 60~80 % 정도로 내려서 기동하는 방식이다. 이 방식에서는 가속 후 전전압으로 절체하였을 때, 큰 돌입전류가 생길 우려가 있으므로 〔그림 8.4.1(3)〉과 같이 가속 후 단권변압기의 중성점을 열어서 변압기코일의 일부를 리액터로 기능하여 전류를 제한하고 다음에 리액터부분을 단락하는 콘돌파(Condorfa)방식이 사용된다.

4) 리액터 기동

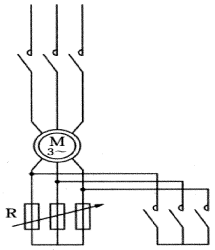
기동할 때에 고정자권선에 직렬로 리액터를 접속하여 기동전류를 제한하면서 가속한 후에 이 리액터를 단락시키는 방식으로, 앞의 각 방식에 비하여 기동전류가 큰 비율만큼 기동토크가 작아진다.

5) 소프트스타트(soft starter)

전력전자장치에 의하여 기동시 인가전압을 서서히 증가시키는 방식으로 저압전동기에 주로 사용되어 왔으며, 최근에는 고압의 대용량기에도 적용하고 있으나 시설비용이 많이 소요되고 유지보수가 어렵다.



[그림 8.4.1] 농형유도전동기의 기동방식



[그림 8.4.2] 2차저항 기동방식

2. 권선형 유도전동기의 기동

회전자권선에 슬립링(slip ring)을 통하여 저항을 접속하여 기동하며 어느 범위 내에서 기동전류를 작게 하면서 동시에 기동토크를 비교적 크게 하는 기동방식이다.

〔그림 8.4.2〕는 2차저항 기동방식의 결선도를 나타낸 것으로 회전자권선을 슬립링과 브러시(brush)를 지나 외부의 저항기와 접속되고, 이 저항치를 감소시키는 것에 의하여 기동으로부터 전속으로까지 가속할 수 있다. 또 기동 후에 장시간 연속운전하는 경우에는 슬립링을 자동적으로 단락하고 브러시를 인상하는 장치를 설치하여 브러시의 마모를 방지하도록 한다.

3. 기동방식의 비교

〈표 8.4.2〉는 각 기동방식의 기동전류와 기동토크를 비교한 것이다. 기동방식을 선정할 때에는 이들의 특성을 충분히 고려해야 한다.

〈표 8.4.2〉 기동방식·전류-토크의 비교(예)

기 동 방 식		기 동 전 압(%) (전원전압에 대한 비율)	기 동 전 류(%) (직입에 대한 비율)	기동토크(%) (직입에 대한 비율)
농형 전동기	전전압(직입) 기동	100	100	100
	스타델타	57.7	33.3	33.3
	기동보상기	50	25	25
		65	42	42
		80	64	64
	리액터	50	50	25
		65	65	42
		80	80	64
권선형전동기2차저항기동		100	전부하전류로 기동가능	100

주) 1. 전전압 기동시 기동전류는 전부하시의 450~700 %
2. 전전압 기동시 기동토크는 전부하시의 100~150 %

8.4.4 회전속도제어

전동기의 회전속도를 제어하는 경우에는 제어범위, 생애주기비용(life cycle cost), 신뢰성 및 보수성 등에 대하여 종합적으로 검토하여 펌프설비에 알맞은 방식을 채택한다.

【해설】

펌프용 전동기의 회전속도를 제어하는 방식을 선정할 때에는 우선 펌프의 운전형태와 필요한 제어범위를 검토할 필요가 있다.

1. 전동기의 회전속도 제어방식

펌프용 유도전동기의 회전속도를 제어하는 방식으로 일반적으로 사용되는 방식에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 2차저항 제어방식

권선형 유도전동기의 회전자에 슬립링을 거쳐 저항을 삽입하고, 이 저항치를 변화시킴으로써 전동기의 슬립(slip)을 변화시켜 회전속도를 제어하는 방식이다.

회전속도를 낮추면 펌프의 축동력은 회전속도의 3승에 비례하여 감소되면서 동시에 전동기의 회전자측에 2차슬립전력손실(secondary slip power loss)이 생기며 저항기에 의하여 열에너지로서 소비된다. 이 2차슬립전력손실 P_{2s}는 다음 식으로 나타낸다.

$$P_{2s} = Po \cdot S(1-S)^2 \ (\text{kW}) \quad \cdots\cdots (8.4.1)$$

여기서

P_o : 전동기출력(펌프정격시의 축동력) (kW)

$$S : \text{슬립} = \frac{N_o(\text{동기회전속도}) - N(\text{소정의 회전속도})}{N_o} \quad \cdots\cdots (8.4.2)$$

이 방식은 저속도일 때의 효율이 상당히 좋지 않지만, 장치가 간단하고 취급이 용이하며 설비비도 저렴하기 때문에 중소용량기에 사용되고 있다.

회전자에 접속되는 저항으로는 금속저항과 액체저항이 있지만, 전동기용량, 제어목적, 제어범위 및 유지관리 등을 고려하여 선정한다.

2) 전압주파수 제어방식(VVVF)

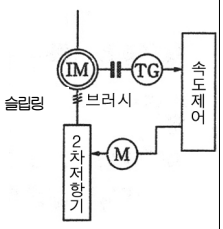
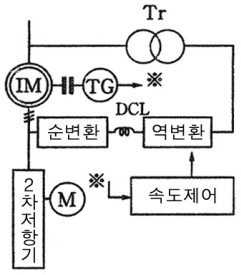
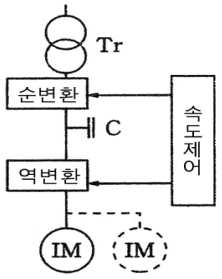
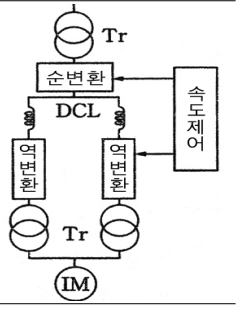
농형 유도전동기의 회전속도 제어방식의 하나로 권선형 유도전동기의 결점인 브러시의 보수를 필요로 하지 않는 방법으로, 3상교류를 직류로 변환하고 그 다음에 인버터로 전동기에 가해지는 전압과 주파수를 변화시켜 회전속도를 제어하는 방법으로, 최근에는 저압은 물론 고압의 대용량 전동기에도 사용되는 경우가 있다. 이 방식은 전동기에 브러시가 없기 때문에 전동기 보수가 용이하고 효율과 제어성이 좋은 반면, 순간정전대책이나 고조파대책이 필요하며 장치가 복잡하고 비교적 고가이다.

3) 정지셀비우스 제어방식

권선형 유도전동기를 2차저항으로 제어할 경우에 2차슬립전력을 저항기로 소비하는 것이 아니고 직류전력으로 변환하고 그 다음에 직류를 전원주파수의 교류전력으로 변환하여 전원전압과 동등하게 승

압한 다음에 전원에 반환시키는 방식이다. 이 방식은 제어성과 효율이 좋고 에너지를 절약할 수 있지만, 장치가 복잡하고 순간정전대책이 필요하며 방식도 복잡하고 고가이기 때문에 대용량기에 알맞다. 주된 제어방식을 비교하면 〈표 8.4.3〉와 같다.

〈표 8.4.3〉 펌프회전속도 제어방식의 비교

제어방식	2차저항법	2차여자제어(정지셀비우스)	1차주파수제어(전압형)	1차주파수제어(전류형)
전동기	권선형 유도전동기	권선형 유도전동기	농형 유도전동기	농형 유도전동기
원리	2차저항을 증감하여 속도를 제어한다. 회전자의 슬립전력손실은 저항에서 열로 없어진다.	2차 슬립전력을 정류기에서 직류로 정류하며, 이것을 인버터를 통하여 전원주파수의 교류로 변환한 다음 전원측에 반환된다. 사이리스터의 위상제어에 의한 속도제어.	3상교류는 실리콘정류기에서 직류전압으로 정류하고, 이것을 3상트랜지스터 인버터(PWM)에 의하여 출력전압 즉 전동기의 전압과 출력주파수의 비(V/F)를 일정하게 하여 속도를 제어한다.	
기본 블록도				
제어범위	60~100 %	60~100 %	10~100 %	10~100 %
종합효율	55~90 %	80~90 %	80~90 %	77~87 %
주 요 제 어 기기	액체저항기 또는 고체저항기+제어기(chopper)	실리콘정류기, 제어장치, 인버터, 변압기, 직류리액터, 고속차단기	실리콘정류기, 제어장치, 트랜지스터(GTO)인버터, 콘덴서	SCR정류기, 제어장치, 인버터, 변압기, SCR인버터, 직류리액터
일상보수	전동기카본브러시 액체저항기 (고체저항기 + 초퍼)	전동기의 카본브러시, 기동저항기 (고체 또는 액체)	보수를 요하지 않음	보수를 요하지 않음
제어성	액체저항기의 경우는 응답성이 좋지 않음	응답성과 속도제어성이 우수함	응답성과 속도제어성이 우수함	응답성과 속도제어성이 우수함
에너지 절약효율	좋지 않음(中)	양호함(大)	양호함(大)	양호함(大)
시설비	저렴	고가임	아주 고가임	고가임
특징	1. 제어기기가 기계적인 것으로 단순 2. 브러시와 저항기의 보수가 필요함 3. 회전자의 슬립전력손실은 저항에서 열손실로 되므로 저속시의 효율이 좋지 않음 4. 액체저항을 사용하는 경우에 제어의 적응성이 좋지 않음 5. 제어의 범위가 좁음 6. 속도변동률이 큼	1. 제어범위가 좁고 정류기와 변압기 용량이 작음 2. 2차측 전력은 전원측으로 반환하기 때문에 저속시에도 효율이 좋음 3. 대수가 많은 경우, 한조로 일괄제어할 수 있음 4. 제어장치의 고장시에는 2차 단락으로 정속운전이 가능 5. 순간정전의 대책이 필요 6. 고조파의 대책이 필요	1. 다중접속인버터에 의하여 출력전압에 포함된 저차고조파를 삭감시킬 수 있음 2. 기존의 유도전동기를 가변운전할 수 있음 3. 순간정전에 대한 보호대책이 필요하나, 비교적 용이 4. 초저속역을 제외하고는 역률이 좋음 5. 고조파의 보호책이 필요(단, 전류형보다 작음) 6. 대수가 많은 경우 한조로 일괄제어에 적합	1. 다중접속인버터에 의하여 출력전압에 포함된 저차고조파를 삭감시킬 수 있음 2. 기존의 유도전동기를 가변운전할 수 있음 3. 순간정전의 대책이 필요하지만, 비교적 용이 4. 저속역에서 역률이 좋지 않음 5. 고조파의 보호대책이 필요함 6. 회생제동을 할 수 있음
적용용량	~1,000kW	~10,000kW 정도	~250kW 정도	~5,000kW 정도

2. 동력전달장치의 회전속도제어방식

1) 유체커플링을 사용하는 방식

커플링 내의 기름에 의하여 전동기의 회전력을 부하에 전달하는 방식으로, 커플링 속의 유량(油量)을 변경시킴으로써 부하의 회전속도를 조절할 수 있다. 이 방식으로 무단변속(無斷變速)이 가능하지만 전속(全速)일 때에는 부하측에 나타나는 슬립이 크다.

2) 전자커플링을 사용하는 방식

커플링에 있는 전자력에 의하여 전동기의 회전력을 부하에 전달하는 방식으로, 커플링에서의 발생전류를 증감시킴으로써 부하의 회전속도를 제어한다. 이 방식의 특징은 유체커플링방식과 같다.

3. 제어방식의 선정

펌프의 제어방식을 선정할 때에는 설비비, 전력비, 유지관리비 등의 생애주기비용(life cycle cost)을 검토해야 함은 물론이고 설비의 신뢰성, 보수성, 관리체제 및 고장시에 직영복구의 가능성과 함께 수운용 등의 백업 및 공급계통의 안정성(계통전환, 배수지 용량 등)을 충분히 고려하여 선정한다.

1) 방식 선정

최종적으로 방식을 선정할 때에는 경제성 외에 다음 사항을 검토해야 한다.

① 제어성이 좋을 것.

② 제어효율과 에너지효율이 좋을 것.

③ 설비가 단순하고 보수관리가 용이할 것.

④ 전력회사의 순간전압강하에 의하여 펌프가 정지되지 않을 것.

⑤ 펌프운전시 전원측에 고조파장애를 미치지 않을 것.

⑥ 설비비, 전력요금, 유지관리비용 등 총비용이 가장 경제적일 것.

방식을 선정할 때에는 단지 제어방식의 우열뿐만 아니라 보수관리체제(인원, 기술수준, 야간 등 긴급시의 체제) 및 펌프정지시의 수운용(계통전환, 배수지 용량 등의 백업), 경제성 등을 비교항목으로 하고, 이들의 중요도에 따라 가중치(비율)를 주어서 종합적으로 비교한다.

2) 경비 비교

경비로서는 다음 것들이 고려된다.

⑴ 설비비 ; 펌프의 운전형태와 회전속도의 제어범위로부터 적당하다고 생각되는 여러 가지 방식에 대하여 펌프의 전원설비와 감시제어장치 등의 공통부분을 제외한 설비의 시장가격을 조사하여 그 설비비를 산출한다.

⑵ 전력요금 ; 계획1일평균급수량을 기초로 해당 펌프계의 사계절마다 1일급수량의 형태를 구하고 이들로부터 각 시간대별로 시간급수량을 구한다. 이 시간급수량과 펌프의 토출량으로부터 각 시간대별 운전대수와 1대당의 토출량을 구한다.

다음에 펌프의 특성곡선을 기초로 하여, 이 토출량과 관로손실특성과의 교점을 지나는 Q-H곡선을 구하고, 그 때의 회전속도로부터 다음 식에 의하여 사용전력량을 산출한다.

$$P_o = P\left(\frac{N'}{100}\right)^3 \times \frac{1}{\eta_p} \quad \cdots\cdots (8.4.3)$$

여기서

P_o : 전동기(출력) 1대당의 사용전력량(kW·h)

P : 펌프의 정격축동력(kW)

N' : 시간급수량에 필요한 펌프회전속도(%)

η_p : 펌프효율(소수)

P_o가 전동기 정격출력의 몇 %에 상당하는가를 계산하고, 그 때의 전동기효율(η_m)을 전동기의 효율 특성곡선으로부터 구하고 다음 식에 의하여 운전대수분의 총 사용전력량을 구한다.

$$P_i = \frac{P_o \times n}{\eta_m} \quad \cdots\cdots (8.4.4)$$

여기서

P_i : 전동기(입력)의 총 전력사용량 (kW·h)

η_m : 전동기 효율(소수)

n : 전동기 대수

이와 같이 각 시간별 총 사용전력량을 24시간 집계하고 1일사용전력량을 사계절별로 구하여 다음 식에 의하여 연간사용전력량(P_n)을 산출한다.

$$P_n = \frac{(\text{봄} + \text{여름} + \text{가을} + \text{겨울})\,\text{kW·h}}{4} \times 365 \quad \cdots\cdots (8.4.5)$$

끝으로 식(8.4.5)에서 구한 P_n에 전력단가를 곱하여 연간 전력량요금을 산출한다(각 방식마다 이 계산을 한다).

⑶ 원리금상환금액 ; 설비를 차입금으로 조달구매하고 설비의 내용연한 동안에 차입 1년 후부터 매년 일정액을 상환하는 것으로 하는 경우에 다음 식으로 매년의 원리상환금액이 구해진다.

$$M_n = \frac{A \times r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad \cdots\cdots (8.4.6)$$

여기서

M_n : n년 후에 있어서의 원리금상환금액

A : 설비비

r : 금리

n : 내용연수

⑷ 유지관리비 ; 유지관리비로서는 설비의 정기점검 위탁비 및 연간수선비(목표로서 설비비의 1~2 %)의 합계치를 산출한다.

이상으로부터 연간경비는 (2)+(3)+(4)로 하여 구해지며, 이것에 설비의 내용연수를 곱하면 감가상각기간동안의 총경비가 구해지므로 각 방식을 비교할 수 있다. 내용연수는 지방공기업법에 정해져 있지만, 실제는 일반적으로 이보다 다소 길다.

제어방식에 따라서 내용연수도 다르기 때문에 각 방식마다의 내용연수를 고려하는 것이 좋다. 특히 계측제어기기는 메이커의 부품생산중지 등으로 보수가 곤란하게 되는 경우가 있으므로 이러한 것을 감안하여 내용연수를 정한다.

8.4.5 보호장치

전동기의 보호는 다음 각 항에 따른다. 1. 단락, 지락, 과부하, 저전압, 결상 및 복전시의 사고를 방지하기 위하여 보호장치를 설치한다. 2. 전동기의 개폐기와 기동장치 및 2차단락장치와의 상호간에는 오조작을 방지하도록 인터로크장치(연동장치)를 설치한다.

【해설】

전동기의 보호장치에 대한 단선결선도의 예에 대해서는 8.7 전기설비를 참조한다.

1.에 대하여 ;

1) 저압전동기인 경우

저압전동기의 단락이나 지락보호로서 배선용 차단기(전동기용)와 지락보호계전기를 조합한 방식과 누전차단기(전동기용)를 사용하는 방식이 있다. 차단기를 설치할 경우에는 과전류트립, 부족전압트립 등 전기적 트립장치를 설치해야 한다.

과부하나 저전압, 결상 등에 의한 온도상승의 보호에는 전자접촉기 2차측에 열동형 계전기(thermal relay)를 설치하였으나, 최근에는 전자식 계전기가 주로 사용된다. 전자식은 과전류뿐만 아니라 결상 및 역상 저전압을 동시에 보호할 수 있다.

또 전원의 결상으로 인한 전동기의 소손을 방지하고자 할 경우에는 정지형계전기(2E relay)를 사용한다.

2) 고압전동기의 경우

고압전동기의 단락, 지락, 과부하, 결상보호에는 다음 2가지 방식이 있다.

⑴ 고압한류퓨즈+고압접촉기방식

이 방식에서 단락보호에 대해서는 고압한류퓨즈를 설치하여 보호하며 과부하보호에 대해서는 고압접촉기를 보호계전기와 조합하여 보호한다. 또한 지락보호에 대해서는 고압접촉기와 지락방향계전기를 조합하여 보호한다. 결상보호로서는 정지형계전기(2E 또는 3E relay)를 사용하여 결상을 검출하고 고압접촉기를 개방하거나 고압한류퓨즈를 융단시킴으로써 고압접촉기를 개방하는 스트라이크방식(striker method)을 사용한다.

⑵ 고압차단기+보호계전기방식

이 방식은 단락, 지락, 과전류를 보호계전기로 검출하고 고압차단기를 개방하여 전동기를 보호한다. 결상보호로서는 정지형계전기(2E relay)로 결상을 검출하여 고압차단기를 개방한다.

과부하·단락보호를 하는 경우에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 전동기의 허용과부하특성과 과부하보호용 계전기의 동작특성과의 협조가 될 수 있을 것.
② 전동기 기동전류에 의하여 과전류계전기 또는 한류퓨즈가 불필요하게 동작하지 않을 것.
③ 전동기보호용 계전기와 상위측 과전류계전기와의 보호협조가 될 수 있을 것.

저전압에 의한 소손보호에는 부족전압계전기에 의하여 고압접촉기 또는 고압차단기를 개방한다. 정전시에는 부족전압계전기로 고압접촉기 또는 고압차단기를 개방한다. 그러나 배수펌프를 자동으로 운전하는 경우에 정전시에 고압접촉기 또는 고압차단기가 개방되지 않는 경우가 있지만, 사고방지 대책으로는 복전시에 펌프기동장치가 기동위치로 복귀되어야 하고 펌프들이 동시기동을 방지하는 장치가 필요하다.

2.에 대하여 ; 권선형 유도전동기의 기동저항기 및 슬립링 단락장치가 기동위치에 있지 않을 때, 대전류가 흘러서 전동기를 소손시키지 않도록 인터로크장치를 설치한다. 기동장치를 구비한 농형유도전동기에서도 전동기들이 기동위치에 있지 않을 때에는 기동되지 않도록 인터로크를 걸어둔다.

8.5 밸브

8.5.1 총칙

상수도용 밸브는 물의 흐름을 차단하거나 제어하고 수압을 조정하는 등 상수도시설을 효과적이고 안전하게 운영하는 데에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있다. 상수도용 밸브에서 요구되는 주요기능은 다음과 같다.

① 유량·수압·수위의 제어
② 관로의 통수 또는 차단
③ 압력관로(pressure pipe)에서 침사지, 배수지 등으로 방류할 때에 물의 흐름을 감세(에너지 분산)시키거나 유량을 제어
④ 관로 내에서 수류의 역류방지
⑤ 배수관로 등의 감압

등이다.

밸브를 선정할 때에는 용도와 역할을 충분히 감안한 다음 수로나 관로의 수리특성에 적합한 기능을 갖는 밸브를 선정해야 한다. 또한 장기간에 걸쳐 기능을 유지하기 위하여 유지관리가 가능한 장소에 설치해야 하며 설치조건, 밸브의 구조 및 재질 등에 유의해야 한다.

또 밸브의 재질이나 도장에 대해서는 강도나 내식성 외에 수질에 영향을 주지 않는 것을 선정하는 것이 중요하다. 특히 정수처리된 다음의 정수에 접촉할 가능성이 있는 밸브 에 대해서는 수질에 적합한 것을 사용해야 한다.

그 밖의 밸브에 대해서는 표준품, 범용품의 시방을 충분히 조사하고 실적 등도 고려하여 선정한다. 일반적인 상수도용 밸브에는 KS, KWWA 등의 규격이 있다.

8.5.2 밸브의 용도와 종류

밸브는 제어용, 차단용, 방류용, 역류방지용, 감압용 등 그 용도에 따라 지수성, 조작성, 제어성, 내구성 등의 특성을 검토하여 선정한다.

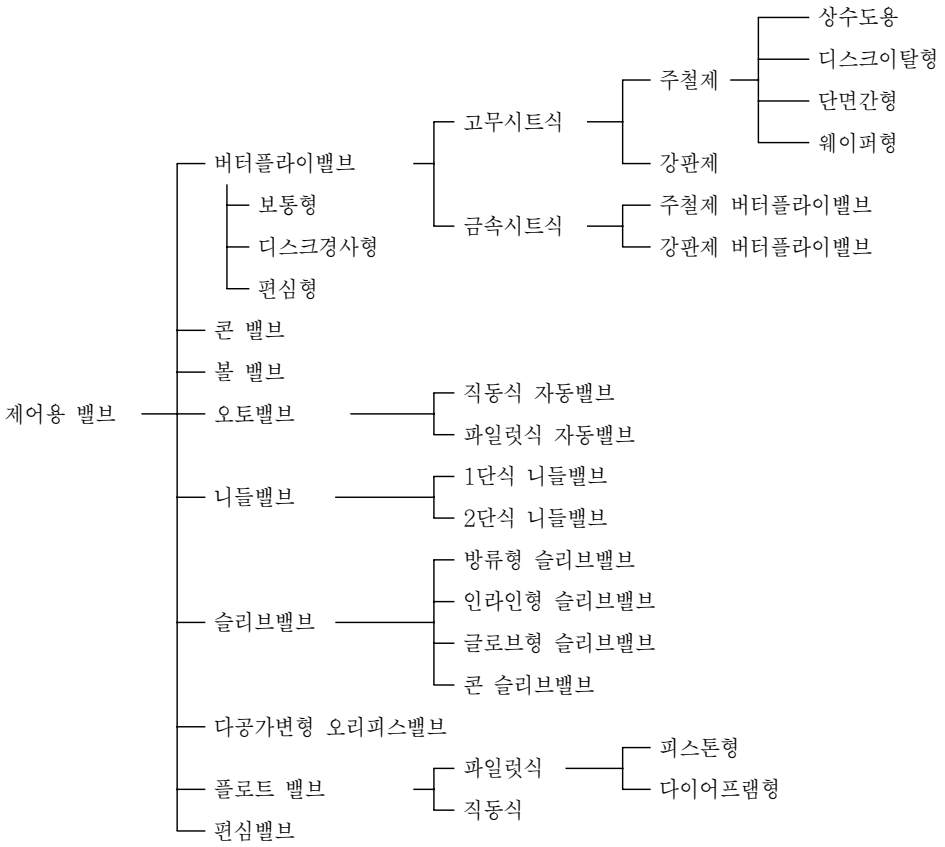
【해설】

밸브는 용도에 따라 그 종류가 다방면에 걸쳐 있다. 수도시설에서 사용하는 밸브의 특징은 다음과 같다.

1) 제어용 밸브

제어용 밸브는 그 사용목적에 따라 유량제어, 압력제어, 수위제어로 나누어지지만, 구조가 간단하고 경량이며 개폐토크가 작고 유량특성도 비교적 양호한 상수도용 버터플라이밸브가 널리 사용되고 있다. 제어용으로 사용되는 밸브는 〈표 8.5.1〉에 나타낸 바와 같다.

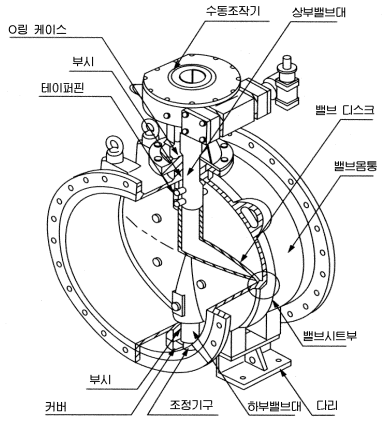
〈표 8.5.1〉 제어용 밸브의 종류



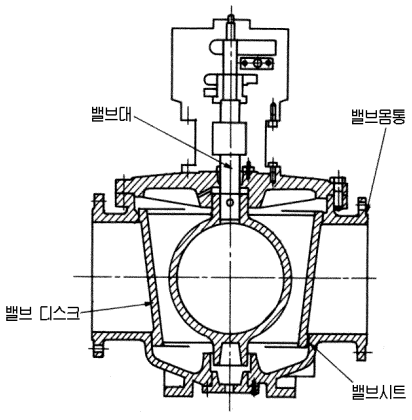
(1) 유량제어용 밸브

배수지나 조정지 등에서의 유출입량, 펌프의 토출량, 관로 중의 유량 등의 제어에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 적합하다. 또한 특히 작은 개도에서의 제어로 인하여 캐비테이션 발생이 예상되는 경우에는 슬리브밸브, 다공가변형 오리피스밸브 등 캐비테이션 특성이 뛰어난 밸브를 사용하는 것이 바람직하다.

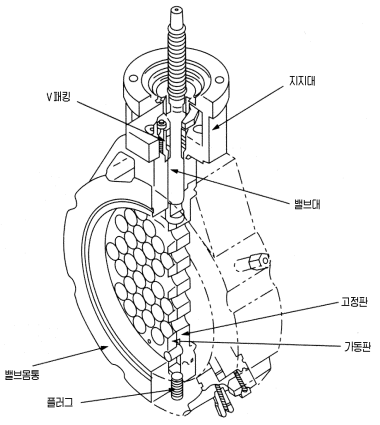
〔그림 8.5.1〕~〔그림 8.5.3〕에 유량제어용으로 자주 사용되는 수도용 버터플라이밸브, 콘밸브, 다공가변형 오리피스밸브 등의 구조를 나타내었다.



[그림 8.5.1] 수도용 버터플라이밸브(예)



[그림 8.5.2] 콘밸브(예)



[그림 8.5.3] 다공가변 오리피스 밸브(예)

(2) 압력제어용 밸브

압력제어용 밸브는 제어범위와 밸브의 형식에 따라 다음과 같이 사용하는 것이 구분된다.

관로의 압력이 저압이고 감압량이 작은 경우에는 버터플라이밸브, 오토밸브 등을 사용하고 중고압으로 감압량이 중간 정도인 경우에는 콘밸브, 볼밸브, 오토밸브가, 중고압으로 감압량이 큰 경우에는 슬

리브밸브, 니들밸브 등이 적합하다.

(3) 수위제어용 밸브

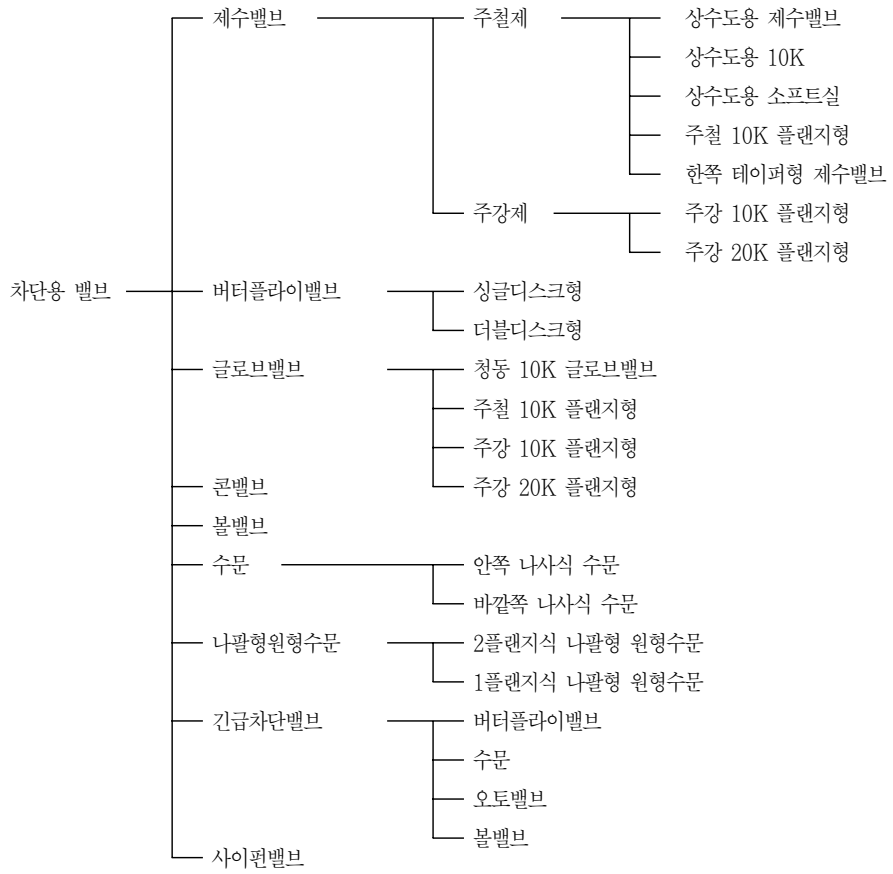
조정지, 배수지 등의 수위제어용 밸브로는 무동력식의 플로트밸브, 오토밸브가 있으며, 전동식으로는 버터플라이밸브, 콘밸브, 슬리브밸브, 니들밸브 등이 일반적으로 사용된다.

2) 차단용 밸브

차단용으로 사용되는 밸브는 〈표 8.5.2〉에 나타낸 바와 같다.

차단용으로서는 개폐빈도가 적고 지수가 장기간 유지될 필요가 있을 경우에는 제수밸브(sluice valve)를 사용하며, 사용빈도가 많고 밸브시트의 내구성이 요구되는 경우에는 금속제 밸브시트 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브가 사용된다. 또한 개수로 등에는 수문이나 나팔형 원형수문을 사용하는 것이 좋다. 고압의 물, 공기, 증기, 기름 등을 취급하는 기계설비의 차단용으로서는 글로브밸브가 사용된다. 이 밖에 지진이나 재해시 등으로 관로에 이상이 생길 우려가 있는 경우의 2차재해방지용으로 특별한 구동장치를 구비한 긴급차단밸브가 사용된다. 8.5.5 밸브의 구동장치를 참조한다.

〈표 8.5.2〉 차단용 밸브의 종류



3) 방류용 밸브

방류용 밸브는 댐에서 방류하거나 압력관로에서 침사지, 착수정 등 자유수면에 방류할 경우의 감압이나 유량제어용으로서 사용된다.

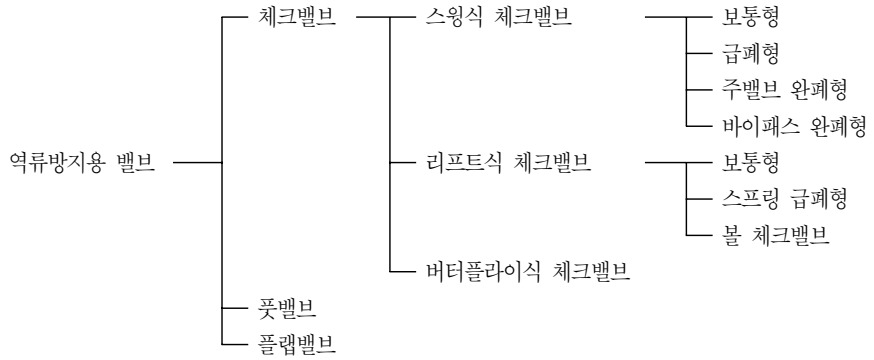
이 밸브는 높은 수두, 빠른 유속조건에서 장시간 연속적으로 방류하는 경우가 많으므로 비교적 대용량의 것이 요구된다. 또한 유량을 제어할 경우 작은 개도상태로 장시간 방류하는 경우도 많으므로, 캐비테이션 특성이 뛰어나고 소음·진동이 적은 고정형 콘밸브, 홀로제트밸브(hollow jet valve), 슬리브밸브가 사용된다.

방류용 밸브를 설치하는 방식에 따라 공중 방류, 감세조 내에 방류(수중 또는 반수중), 터널 내에 방류 등이 있으나, 방류시의 감세에너지가 크면 소음·진동이 생겨서 때로는 구조물이나 설비 등이 손상될 수도 있으므로 주의해야 한다.

4) 역류방지용 밸브

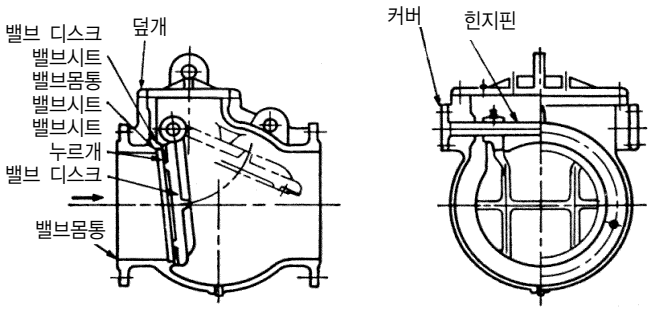
다른 밸브가 전부 전동, 공기압의 동력 또는 수동조작 등에 의하여 개폐되는 반면, 역류방지용 밸브는 정·역류의 유체력에 의하여 개폐되고 설치한 다음에 운전자가 임의로 조작하기 어려운 것이 다른 밸브와는 다른 점이다. 역류방지용 밸브의 종류는 〈표 8.5.3〉와 같다.

〈표 8.5.3〉 역류방지용 밸브의 종류



(1) 체크밸브

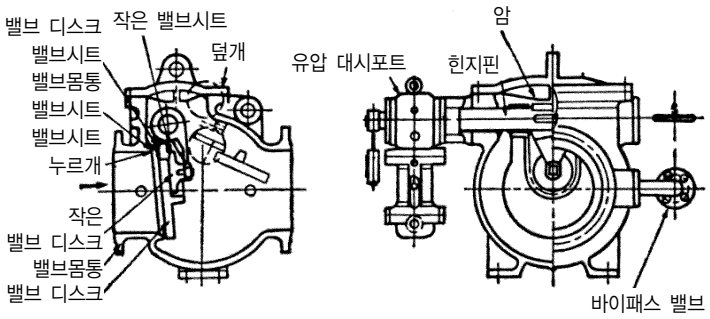
펌프나 조압수조(surge tank)의 역류방지용 밸브로는 밸브디스크가 힌지(hinge)에 부착되어 지지되고, 그 힌지의 축 주위를 자유롭게 회전하여 개폐작동하는 스윙(swing)식 체크밸브가 사용되며, 보통형, 급폐형, 완폐형이 있다. 저양정으로 역류개시시간이 늦은 펌프토출 측에는 보통형 스윙체크밸브를 설치한다. 폐쇄시간을 줄이고 더욱 완전한 수밀상태를 유지하기 위하여 외부에서 관통시킨 축의 끝단에 암(arm)과 중추(重錘, counter weight)를 부착한 것과 밸브디스크의 두께를 증가시켜 중추의 역할을 하도록 한 밸브가 있다(〔그림 8.5.4〕 참조).



[그림 8.5.4] 스윙 체크밸브(예)

펌프·모터의 관성효과가 작고 어느 정도의 실양정은 있으나 관로길이가 짧아서 펌프의 정지시점에서 역류개시까지 걸리는 시간이 대단히 짧은 경우(0.2~0.5초)에는 스프링에 의한 급폐형 스윙체크밸브를 사용한다.

완폐형 스윙체크밸브는 펌프가 정전 등의 사고로 정지되었을 때 압력상승을 완화시켜주기 위하여 전폐되는 동안의 폐쇄속도를 매우 느리게 한 것으로 주밸브완폐형과 바이패스완폐형이 있다. 실양정이 낮은 펌프토출 측에는 주밸브완폐형 체크밸브를 사용한다. 이 밸브는 〔그림 8.5.5〕에 나타낸 바와 같이 외부에서 관통시킨 디스크의 축에 암과 대시포트(dashpot)가 부착된 것이다. 이 밸브는 밸브몸체의 내부에서 돌출된 대시포트에 디스크를 완폐시키는 방식으로 역류가 충돌한 후 나머지 10 % 정도의 개도를 완폐시키는 방식과 같이 대시포트를 이용한 여러 가지 구조가 있다.

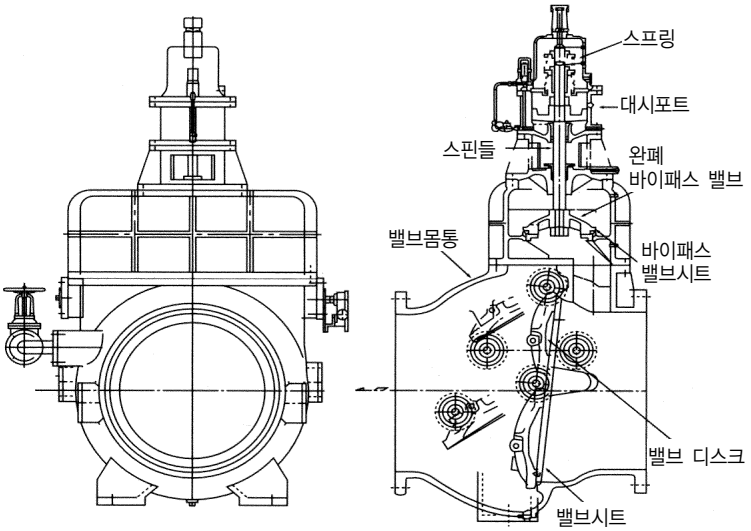


[그림 8.5.5] 완폐형 스윙체크밸브(예)

이 밖에도 디스크를 2개 이상으로 분할 설치하여 그 중 1개의 디스크는 천천히 닫히도록 한 밸브도 있다. 어떤 형식이든 대시포트의 기능을 제대로 발휘시키기 위하여서는 실양정 10 m 이상이 필요하고 또한 대구경에서 실양정은 대시포트의 능력보다 20 m 이하로 할 필요가 있다. 또한 비교적 실양정이 높을 경우에는 바이패스완폐형 스윙체크밸브가 사용된다. 단, 이 경우 실양정은 10 m 이상이 필요하다. 이 밸브는 보통형 체크밸브에 완폐밸브를 내장한 우회(by-pass)관이 부착된 것으로 구조가 복잡하다. 완폐형밸브는 〔그림 8.5.6〕과 같이 유압식 대시포트에 연결되고 항상 디스크가 열려 있도록 스

프링으로 들어올려져 있다. 일단 주유로(主流路)에서 역류가 시작되어 주밸브가 닫히면 빠져나갈 길을 상실한 압력수는 우회(by-pass)관을 세차게 빨리 통과한다. 이 흐름은 완폐형밸브에 닫히는 힘을 주게 되나 대시포트에 의하여 완만하게 폐쇄되도록 하며 급격한 압력상승과 슬래밍(slamming ; 급폐쇄에 의한 충격음)의 발생을 방지한다.

비교적 소구경의 배관에서는 디스크가 시트면에 대하여 수직으로 상하로 운동하는 리프트 체크밸브를 사용한다. 여기에는 디스크의 자중만으로 닫히는 보통형과 스프링에 의하여 자폐력(自閉力)을 증가시킨 스프링 급폐형이 있다.



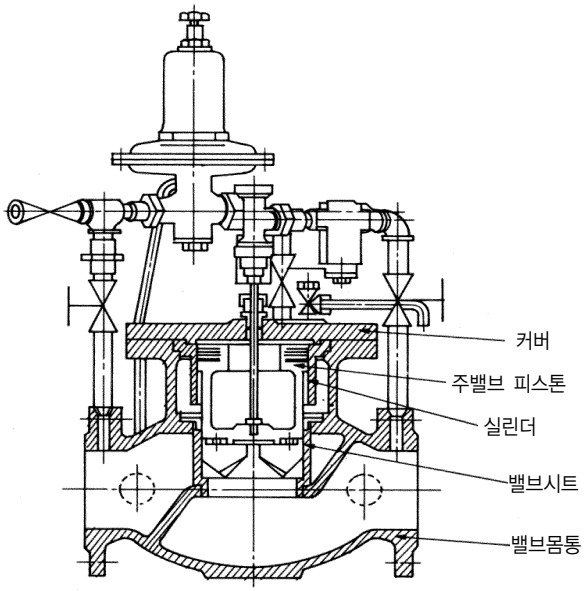
[그림 8.5.6] 우회관식 완폐형 스윙체크밸브(예)

⑵ 풋밸브(foot valve)

풋밸브는 펌프설비의 흡입측 수직배관 끝에 설치하여 펌프가 정지하였을 때에도 흡입관로의 만수상태를 유지시키기 위하여 사용된다. 다만, 토출측에도 체크밸브(완폐형은 제외)를 병용하여 설치한다.

5) 감압용 밸브

감압용 밸브로 사용되는 밸브에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 있으나 구동용 전원 또는 제어장치가 필요하기 때문에 배수관로에서는 오토밸브를 사용한다. 오토밸브는 관로 내의 압력에 의하여 자동적으로 작동되므로 전원이 없더라도 사용할 수 있는 것이 특징이다. 전원을 사용할 수 있는 곳에서는 전자밸브와 타이머를 조합하여 주야간에 2차측의 압력을 변경시키는 방법으로 감압시키는 경우도 있다. 이 밖에 다공가변(多孔可變)형 오리피스밸브를 마이크로컴퓨터에 의한 제어장치와 조합하여 감압용으로 사용하는 경우도 있다. 이 경우에는 전원이 필요하며 제어장치가 마이크로컴퓨터이기 때문에 여러 가지 제어방식을 간단하게 얻을 수 있는 특징이 있다. 〔그림 8.5.7〕은 일반적으로 사용되는 오토밸브의 구조도면이다.



[그림 8.5.7] 오토밸브의 구조(예)

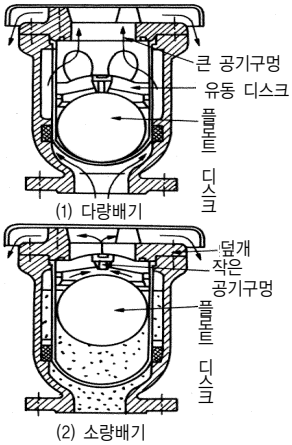
6) 관로보호용 밸브(공기 밸브)

관로 내의 배기와 흡기를 위한 상수도용 공기밸브는 다음과 같이 분류된다.

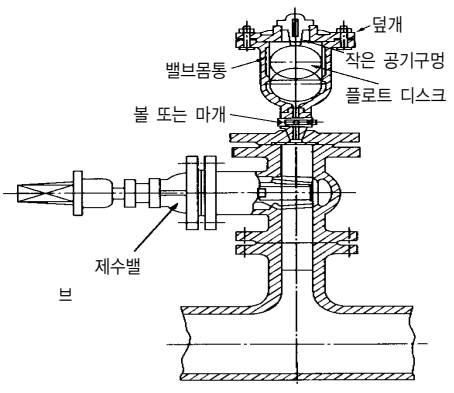
⑴ 부력에 의하여 플로트디스크가 작동하고 다량급속배기, 다량급속흡기 및 압력하에서 배기[주]를 하는 급속공기밸브

⑵ 플로트디스크에 의하여 개폐되며 배기, 흡기 및 압력하에서 배기되는 단구형 공기밸브

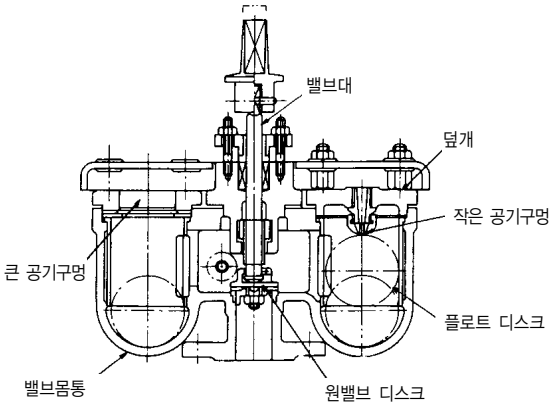
⑶ 플로트디스크에 의하여 개폐되며 다량배기, 다량흡기 및 압력하에서 배기작용을 하는 쌍구형 공기밸브 등이 있다. 상수도용 공기밸브의 구조는 〔그림 8.5.8〕~〔그림 8.5.11〕에 나타내었다.



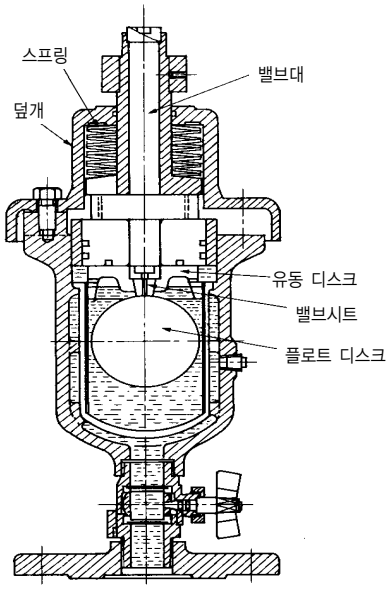
[그림 8.5.8] 수도용 급속공기밸브(예)



[그림 8.5.9] 수도용 단구공기밸브(예)



[그림 8.5.10] 수도용 쌍구공기밸브(예)



[그림 8.5.11] 동결파손방지용 급속공기밸브(예)

주) 「압력하에서 배기」는 급수 중에 관의 상부에 모여 있는 공기가 작은 공기구멍을 통하여 자동적으로 배기되는 것을 말한다. 또한 한랭지용으로 동파방지용 공기밸브가 있는데, 이 밸브는 급속공기밸브의 뚜껑 내부에 피스톤과 스프링에 의한 동파방지장치를 부가한 것이다. 동결에 의한 물의 체적증가를 흡수하고 밸브몸통 및 내부부품의 파손을 방지하는 구조이다.

7) 슬러지배출용 밸브, 약품주입용 밸브

⑴ 슬러지배출용 밸브는 약품침전지, 배출수처리설비 등에서 슬러지를 대상으로 제어 및 차단용으로 사용하기 때문에 전개시 흐름의 형상이 유체에 저항이 적은 형상의 다이어프램밸브, 편심밸브, 핀치(pinch)밸브 등이 사용된다.

⑵ 약품주입용 밸브는 취급하는 약품에 가장 알맞은 내식성 재료를 사용하여 밸브를 제작해야 한다. 차단용으로서는 다이어프램밸브, 핀치밸브, 볼밸브가, 역류방지용으로는 볼체크밸브가 있다. 유량제어 밸브로는 내식성 재료의 밸브를 사용하는 것은 물론, 용량계수, 구경, 구조 등이 적절한 것을 사용해야 한다.

차아염소산나트륨 생성설비와 주입설비에는 PVC제 볼밸브, PVC제 또는 4불화에틸렌수지계 라이닝다이어프램밸브(4불화수지계 다이어프램)가 사용된다.

차아염소산나트륨은 염소나 수산화나트륨과 마찬가지로 부식성을 가지고 있으며 배관 속에서 가스를 발생하기 때문에 접액부의 재료와 형상에 대해서는 특히 주의해야 한다.

액화염소는 「고압가스안전관리법」의 규제가 있으며 액화염소의 설비기기에 사용하는 밸브는 염소용으로 제작된 승인품을 사용해야 한다.

또 염소수 주입관에 부속되는 밸브류는 PVC제 또는 고무라이닝 다이어프램밸브를 사용하는 것이 일

반적이다.

활성탄 슬러리용의 밸브는 내부에 활성탄이 침전되기 어렵게 하고 차단성이 손상되지 않는 구조로 할 필요가 있다. 다이어프램밸브(straight type), 핀치밸브 등이 사용된다.

오존발생장치에는 스테인리스제 밸브가 사용되지만, 오존은 산화력이 강한 기체이기 때문에 특히 글랜드(gland)부의 재질과 형상 등은 잘 산화되지 않는 것으로 한다.

8.5.3 밸브의 선정

밸브를 선정할 때에는 다음 각 항에 따른다. 1. 설비목적에 적합한 것으로 수리조건과 사용조건이 만족되는 특성을 가진 것을 선정한다. 2. 제어용 밸브는 제어유량, 한계유속, 용량계수 등을 검토하여 원활하게 제어할 수 있는 것을 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 밸브는 각각 고유의 특성을 가지고 있다. 밸브 본래의 성능을 제대로 발휘시키기 위해서는 차단이나 제어 등 각각의 용도에 따라 구해진 수리조건과 사용조건을 조사한 다음 이러한 조건이 만족되는 손실계수, 용량계수, 유량특성 등 밸브의 기본특성을 구비한 것을 선정해야 한다. 즉 상수도 시설의 전체배치, 시설간의 수위관계 등을 충분히 조사하고 필요에 따라서는 현지조사를 실시하여 용도에 적합한 형식의 밸브를 적정한 위치에 설치할 수 있도록 선정해야 한다. 또 설치공사, 동력원 확보의 용이성, 유지관리의 난이도 등에 대해서도 검토해야 한다.

각 밸브에 공통된 중요한 검토사항을 열거하면 다음과 같다.

① 유량, 압력
② 관로의 수리조건에 대한 적응성
③ 설치장소 및 환경조건에 대한 적응성
④ 캐비테이션
⑤ 수격작용
⑥ 구동방식 및 구동장치
⑦ 경제성 비교

밸브를 선정할 때에는 각 용도에 따라 이와 같은 사항의 검토가 필요하다. 특히 유량조절기능이 요구되는 제어용 밸브, 방류용 밸브, 감압용 밸브에 대해서는 여러 가지 조건이 구비되어야 하므로 밸브의 기본특성을 충분히 이해한 다음 선정해야 한다.

[8.5.3 참고 1] 밸브의 기본특성

1. 밸브의 손실계수

밸브를 통과하는 물은 밸브에 의하여 저항을 받아 압력이 저하된다. 이 압력저하는 밸브의 형상과 개도 그리고 유속에 따라 변하며 다음 식으로 표시할 수 있다.

$\Delta H = H_1 - H_2$ ····· (참고 8.5.1)

여기서,

ΔH : 밸브에 의한 손실수두(m)

H_1 : 밸브입구 측의 압력수두(m)

H_2 : 밸브출구 측의 압력수두(m)

또한 밸브에 의한 손실수두 ΔH는 유속(속도수두)의 함수로서 다음 식으로 계산된다.

$$\Delta H = \zeta \frac{v^2}{2g}$$ ····· (참고 8.5.2)

여기서,

v : 관내 평균유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8 m/s^2)

로 표시할 수 있다.

ζ는 밸브의 손실계수라고 정의되며, 밸브의 형식, 구경 및 개도에 따라 변하고, 실험에 의하여 구해진다. 〈8.5.3 참고도-1〉은 실험결과의 한 예를 나타내었다.

밸브의 손실계수는 밸브의 수리특성을 나타내는 가장 기본적인 계수이며, 이를 이용하면 밸브에 의한 압력손실은 (참고 8.5.2)에 의하여 간단히 구해진다. 이 밖에 압력과 유량의 관계 및 캐비테이션의 발생 유무를 검토하는데도 이용된다.

2. 밸브의 용량계수

제어용 밸브의 구경 선정에 사용되는 계수로서 밸브의 용량계수가 있다. 〈8.5.3 참고도-2〉에 나타낸 바와 같이 관로의 단면적을 A, 관내 평균유속을 v라 하면,

$Q = A \cdot v$ ····· (참고 8.5.3)

또한 밸브의 압력손실은

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

또는

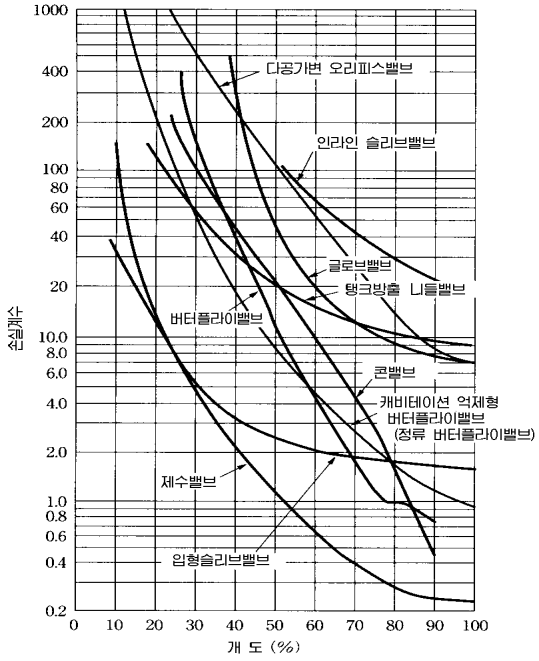
$$\Delta p = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$$ ····· (참고 8.5.4)

여기서,

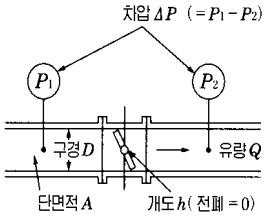
Δp : 밸브의 압력손실(Pa)

ζ : 밸브의 손실계수

ρ : 물의 밀도(kg/m^3)



〈8.5.3 참고도-1〉 각종 밸브의 손실계수



〈8.5.3 참고도-2〉 용량계수의 관련기호

(참고 8.5.3)와 (참고 8.5.4)에서

$$Q = A\sqrt{\frac{2\cdot\Delta p}{\zeta\cdot\rho}}$$

$C = A\sqrt{\frac{2}{\zeta}}$ 로 두면

$$Q = C\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

밸브의 유량과 압력손실과의 관계는

$$C = Q\sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.5)}$$

로 되며, C를 넓은 의미의 용량계수(또는 유량계수)라 할 수 있다. 식(8.5.5)에서 Q를 USgal/min, Δp를 lbf/in^{2}로 표시할 때의 C값을 C_V값으로 하며, SI단위계로 표시하면 아래의 식이 사용된다.

$$C_v = 0.365Q\sqrt{\frac{1}{\Delta p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.6)}$$

여기서,

Q : 밸브 내를 통과하는 유량(m^3/h)

Δp : 밸브 전후의 압력차(MPa)

위식에서 알 수 있는 바와 같이 용량계수 C_V값이 정해지면, 밸브 전후의 차압만으로도 밸브를 통과하는 유량을 계산할 수 있으므로 제어용 밸브의 특성을 검토하는데 편리하다.

예를 들면, 유량조절을 주목적으로 하는 밸브로서 적당한 구경과 조절범위를 정하는 경우, 최대유량과 최소유량에 대한 밸브 상·하류의 관로손실을 계산하여 Δp_{min}, Δp_{max}을 산출하고 위식에 의하여 밸브에 요구되는 C_{vmax} 및 C_{vmin}을 계산한다. 이 값으로부터 〈8.5.3 참고도-3〉에 나타낸 '밸브개도-C_v 그래프'를 이용하여 적당한 구경을 선정할 수 있다. C_v값은 본래 실측으로 구하지만 손실계수가 명확하면 계산으로도 구할 수 있다. 밸브의 용량계수 C_v와 손실계수 ζ의 관계를 〈8.5.3 참고표-1〉에 나타내었다. 용량계수에는 C_v값 외에도 A_v값, K_v값이 있는데 C_v값은 현재 국제적으로 널리 통용되고 있으며 A_v값, K_v값을 C_v값으로 환산할 수 있다.

〈8.5.3 참고표-1〉 C_v와 ζ의 관계식

관의 직경 D의 단위	C_v와 ζ의 관계식 ($C_v \longrightarrow \zeta$)	($\zeta \longrightarrow C_v$)
m	$\zeta = 2.138 \times 10^9 \frac{D^4}{C_v^2}$	$C_v = 46,240 \frac{D^2}{\sqrt{\zeta}}$
mm	$\zeta = 2.138 \times 10^{-3} \frac{D^4}{C_v^2}$	$C_v = 46,240 \times 10^{-6} \frac{D^2}{\sqrt{\zeta}}$

3. 밸브의 유량특성

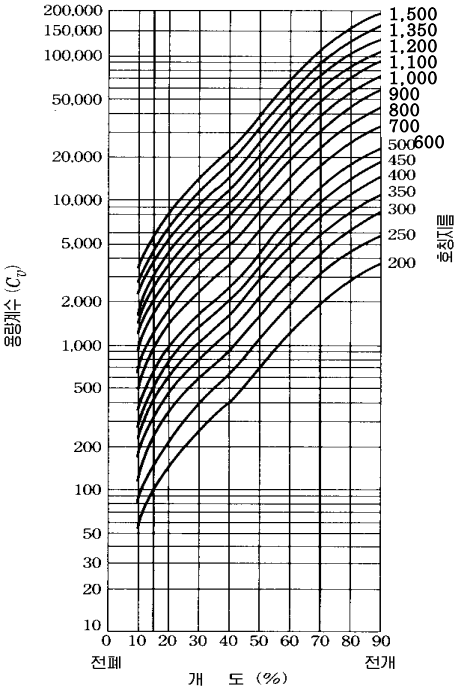
밸브의 개도와 유량과의 관계를 표시한 것을 밸브의 유량특성이라 하며 2가지 방법으로 나타낸다. 첫째는 밸브 상·하류의 압력차를 일정하게 유지한 상태로 개도와 유량과의 관계를 나타낸 고유유량특성이며, 둘째는 관로의 영향(관로손실, 유량 등)을 고려한 경우의 유효유량특성이다.

⑴ 고유유량특성

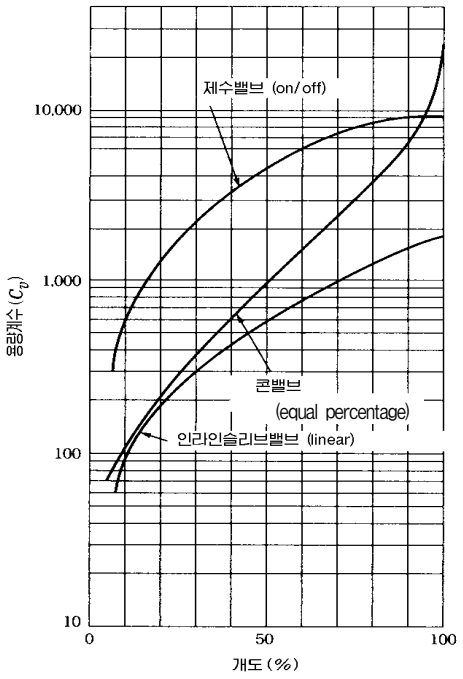
고유유량특성은 밸브의 구조에 따라 개도와 유량과의 관계가 등간격눈금의 도표상에서 직선으로 되는 리니어(linear)형과 편대수눈금의 도표상에서 직선으로 되는 이퀄퍼센테이지(equal percentage)형 그리고 리니어형으로부터 상방향곡선이 되는 기동-정지(on-off)형이 있다. 이러한 개도와 용량계수 C_v의 관계를 〈8.5.3 참고도-4〉에 나타내었다. 이 그림은 구경 300mm의 제수밸브, 인라인슬리브밸브, 콘밸브에 대한 특성도이다. 이 그림에서 종축을 유량 대신 용량계수 C_v로 한 이유는 식(8.13)으로부터 알 수 있는 바와 같이 일정한 압력차에서 Q와 C_v는 비례하고 C_v가 일반적으로 사용하기가 편리하기 때문이다.

① 리니어 특성 : 개도와 유량(또는 C_v값)이 비례하는 특성이며 밸브의 개도역이 같다고 하더라도 적은 개도구역에서는 유량변화의 비율이 크고 큰 개도구역에서는 변화의 비율이 작게 된다. 이것에 가까운 특성을 갖는 밸브로는 인라인형 슬리브밸브가 있다.

② 이퀄 퍼센테이지 특성 : 이 특성은 개도의 동일 증가분에 대하여 유량증가비율 즉 용량계수의 변화율이 같게 되며 적은 개도구역에서는 유량변화가 비교적 작고 큰 개도구역에서는 유량변화가 크다. 유량의 광범위한 제어에 적합하며 볼밸브, 콘밸브가 여기에 해당된다.



〈8.5.3 참고도-3〉 버터플라이밸브의 용량계수



〈8.5.3 참고도-4〉 개도와 용량계수 C_v의 관계

③ 온-오프 특성 : 이 특성은 전폐로부터 중간 개도부분까지는 개도의 변화량에 대하여 유량변화의 비율이 크지만, 그 이상의 개도부분에서는 유량변화비율이 작게 된다. 제수밸브와 같은 차단용 밸브가 여기에 해당된다.

⑵ 유효유량특성

고유유량특성은 밸브의 각 개도에 있어서 전후의 압력차를 일정하게 유지하면서 얻은 것이다. 그러나 실제 관로에서는 관로손실수두가 존재하기 때문에 밸브의 개도가 동일하더라도, 그 밸브의 고유유량특성과 일치하지 않으므로 동일유량으로는 되지 않는다. 유효유량특성은 이러한 관로의 영향을 고려한 밸브의 유량특성이다. 즉 관로의 손실계수가 클수록 밸브의 개폐에 의한 영향이 적어져서 유량제어가 어렵게 되고 반대로 관로손실계수가 작을수록 밸브개도의 영향이 커져서 유량을 제어하기가 용이하게 된다.

〈8.5.3 참고도-5〉와 같이 2개의 배수지 간을 밸브를 사이에 두고 구경 D의 단일관로로 연결할 때 관로 전체의 손실수두는 다음 식과 같다.

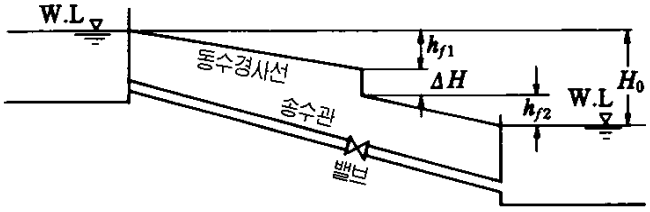
$$H_o = h_{f1} + \Delta H + h_{f2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.7)}$$

여기서,

ΔH : 밸브의 손실수두(참고 8.5.2 참조)

h_{f1} : 밸브 상류 측 관로의 손실수두로서

$$h_{f1} = C_{f1} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.8)}$$



〈8.5.3 참고도-5〉 송수관과 밸브의 관계

h_{f2} : 밸브 하류 측 관로의 손실수두로서

$$h_{f2} = C_{f2} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.9)}$$

C_{p1}, C_{p2} : 관로손실계수

〈8.5.3 참고도-5〉에서 밸브를 포함한 관로 전체의 손실수두는 수위차 H_o와 같으므로

$$H_o = (C_{f1} + \zeta + C_{f2}) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.10)}$$

가 된다. 따라서

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta + C_p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.11)}$$

(단, $C_p = C_{p1} + C_{p2}$)

이고, 이 때의 유량 Q는

$$Q = A \cdot v = A \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta + C_p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.12)}$$

가 된다. 만약 밸브가 완전 개방되었을 때의 손실계수를 ζ_{min}이라 하면, 이 때의 유량 Q_{max}은

$$Q_{\max} = A \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta_{\min} + C_p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.13)}$$

이므로,

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = A \cdot \sqrt{\frac{\zeta_{\min} + C_p}{\zeta + C_p}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.14)}$$

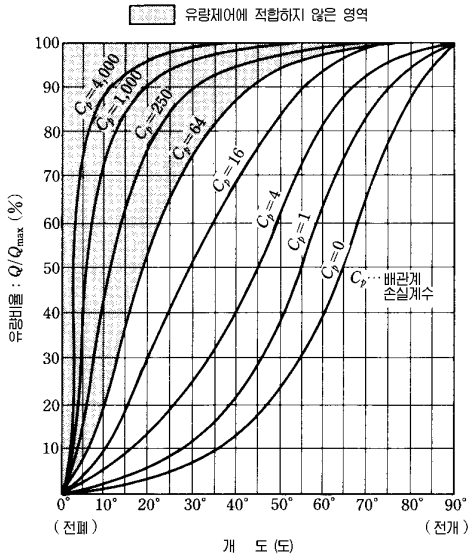
로 된다.

이 식에 의하여 관로손실계수를 감안한 밸브의 유효유량 특성도를 그릴 수 있으며, 버터플라이밸브의 예를 〈8.5.3 참고도-6〉에 나타내었다. 그림에서와 같이 C_p=0일 때의 특성은 밸브의 고유특성이 된다. 결국 관로손실계수 C_p가 작은 관로에서는 밸브의 고유특성에 가깝게 되고 밸브 자체의 특성을 유지하는 것이 가능하지만, 관로가 길고 마찰손실이 크면 유량제어특성이 나빠지므로 미리 관로의 C_p 값을 검토할 필요가 있다.

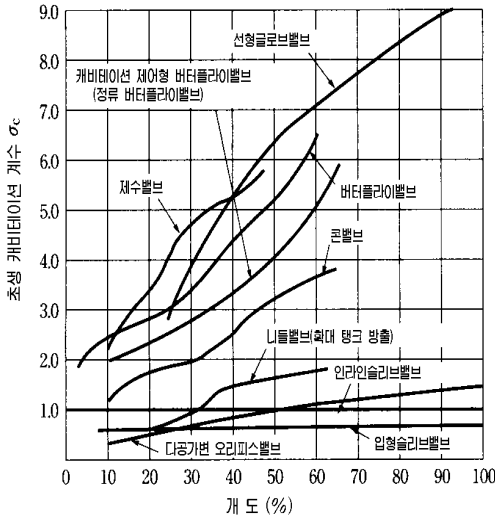
〈8.5.3 참고도-6〉에서 C_p=250일 경우 개도가 30°가 되면 전개(全開)시의 90 % 유량이 흐르게 되고, 그 이상 밸브를 열어도 유량증가는 10 %를 넘지 못하게 된다. 버터플라이밸브인 경우에는 C_p값이 64 이하의 범위에서 유량제어특성이 좋고 제어가 적합하다.

또한 이 그림의 별도 이용방법으로는 이미 설치된 밸브의 유효유량특성을 알면 유량변화가 적은 개도영역에서는 급속히 개폐조작을 하더라도 수격작용에 대한 우려가 적으므로 밸브의 긴급조작이 필요한 경우에 개폐시간을 단축할 수가 있다.

이와 같이 밸브의 수리특성은 제어용, 차단용 등 실제 밸브의 설치 또는 조작 등 실무면에서 중요한 역할을 한다.



〈8.5.3 참고도-6〉 버터플라이밸브의 유효유량특성



〈8.5.3 참고도-7〉 밸브개도 및 초생 캐비테이션 계수

4. 캐비테이션 계수

(1) 캐비테이션 계수

일반적으로 캐비테이션(cavitation) 발생의 유무를 나타내는 지표로서 캐비테이션 계수 σ가 사용된다. σ의 계산에는 실용상 다음 2가지 식이 이용된다.

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.15)}$$

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2 + \frac{v^2}{2g}} \quad \cdots\cdots \text{(참고 8.5.16)}$$

여기서,

H_1 : 밸브 상류측 압력수두(m)

H_2 : 밸브 하류측 압력수두(m)

일반적으로는 (참고 8.5.15)를 사용하지만, 평균유속이 큰 경우 또는 밸브설치장소의 표고(標高)가 높은 경우에는 $\frac{v^2}{2g}$ 값이 σ값에 큰 영향을 미치므로 (참고 8.5.16)를 사용하는 것이 보다 안전하다.

이들 식으로부터 캐비테이션 계수가 작은 경우는 밸브 전후의 압력차가 크고 하류측 압력이 작음을 알 수 있다. 따라서 이와 같은 장소, 예를 들면, 송수관로의 말단에 있는 배수지의 유입밸브로 설치할 밸브는 캐비테이션에 대한 조건이 엄격해진다. 그러므로 관로조건을 알면 계획단계에서부터 미리 캐비테이션에 대한 조건을 검토할 수 있으며 적정한 고유의 캐비테이션 계수를 갖는 밸브를 선정할 수 있다.

⑵ 고유의 캐비테이션 계수

밸브는 형식 차이에 의한 구조와 형상 등에 따라 각각 고유의 캐비테이션 현상을 나타낸다. 이 때문에 실험에 의하여 구해지는 캐비테이션 계수는 밸브 고유의 캐비테이션 계수라 하고, 일반적으로 σ_c로 표시하며 앞서 설명한 설치조건으로부터 계산으로 구한 계수 σ와는 구별하고 있다.

따라서 캐비테이션이 발생하지 않는 밸브를 선정하거나 설치하기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족시켜야 한다.

$\sigma > \sigma c$ ····· (참고 8.5.17)

예를 들면, 밸브의 형식이 콘밸브이고 개도가 20％, 밸브의 상류 측 압력수두 H_1이 20m, 밸브의 하류 측 압력수두 H_2가 10m일 때 캐비테이션 계수 σ를 구하면,

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2} = \frac{10 + 10}{20 - 10} = \frac{20}{10}$$

〈8.5.3 참고도-7〉에서 콘밸브의 개도가 20％일 때 캐비테이션 계수 σ_c는 1.8이고 위의 조건에 의한 캐비테이션 계수 σ는 2.0이다. 그러므로 $\sigma > \sigma_c$가 되어 이 조건에서는 캐비테이션이 발생하지 않는다. 이와 같이 밸브에 의한 캐비테이션 발생을 방지하기 위해서는 고유의 캐비테이션 계수 σ_c가 작은 밸브를 선정하거나 밸브의 설치위치를 변경할 수가 있다면 σ값을 크게 하기 위하여 상류측으로 설치장소를 이동시키는 방법을 취한다. 일반적으로 전자의 방법을 취하는 것이 많다.

이 σ_c값은 캐비테이션의 초기상태값을 나타내지만, 이 밖에 유해한 캐비테이션 상태를 표시하는 실용치로서 σ_1을 적용하는 경우도 있으므로 제작사의 자료에 의하여 확인해야 한다.

이 초기상태의 캐비테이션 단계에서는 큰 소음이나 진동 등이 발생하지 않으므로 괴식(壞食)에 대한 우려는 없다. 그러므로 σ_c값으로 초기상태값을 사용하여 (참고 8.5.17)이 성립하면 캐비테이션은 전혀 발생하지 않지만, 밸브조작의 과도적 단계(전폐부근)로 단시간 내에 캐비테이션 상태가 종료되는 경우 등과 같이 사용상황에 따라서는 경제적으로 불합리할 때가 있다. 이런 경우에는 (참고 8.5.17)의 σ_c 대신에 실용치 σ_1를 채택하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 제어용 밸브의 선정은 아래에 나타낸 순서에 의하지만 구체적인 순서는 〔그림 8.5.12〕에 흐름도(flow chart)로 나타내었다.

① 밸브가 제어할 최대유량과 구경을 가정하고 유속을 구한다.

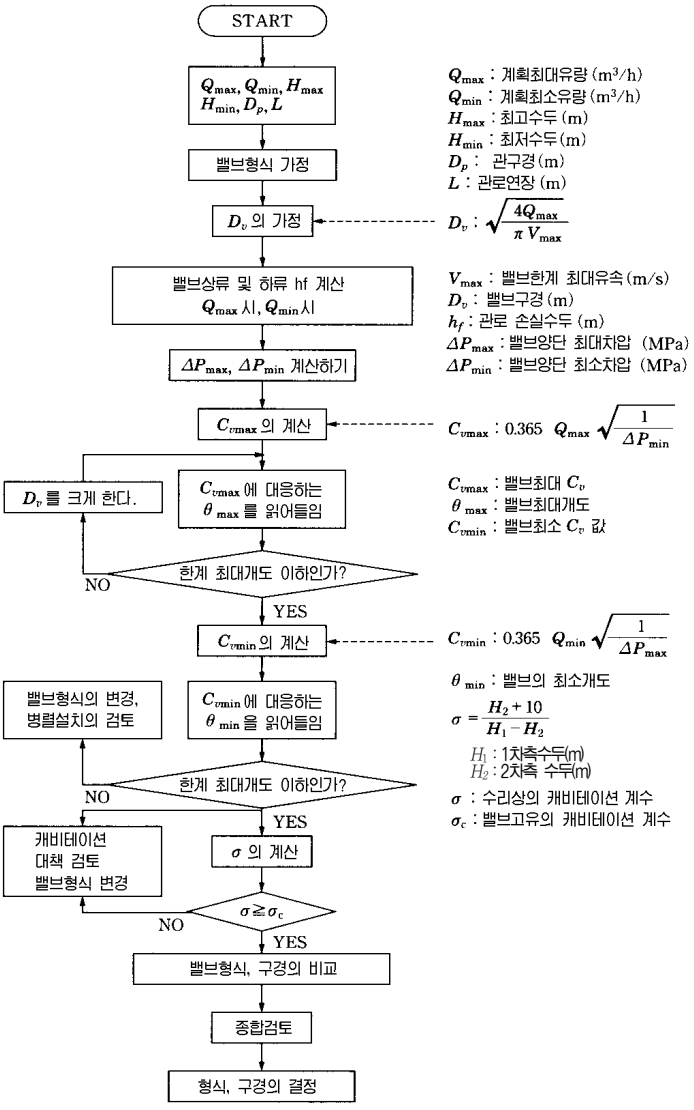
② 구해진 유속 값이 사용할 밸브의 한계최대유속(밸브에 따라 정해지는 값으로 버터플라이밸브에서는 6 m/s) 이하인지를 확인한다.

③ 최대유량 및 최소유량시 밸브 상·하류의 각종 손실수두 및 최고와 최저압력을 산출한다.

④ 밸브에 요구되는 최대 및 최소의 용량계수를 계산하고 밸브의 유량특성도로부터 최대개도와 최소개도를 읽어서, 이 개도가 제어 가능한 범위에 포함되는지를 확인한다.

⑤ 캐비테이션 발생 유무를 검토한다.

⑥ 상기 계산과정에서 ②, ④, ⑤의 조건들이 만족되지 않을 경우에는 밸브의 구경 또는 종류를 변경하고 계산을 다시 수행하여 상기 조건들이 만족되는 밸브의 종류와 구경을 선정한다.



[그림 8.5.12] 제어용 밸브의 선정 흐름도

[8.5.3 참고 2] 제어용 밸브의 선정 예(〈8.5.3 참고도 8〉)

1) 관로 조건

계획최대유량 $Q_{max}=600m^3/h(0.167m^3/s)$

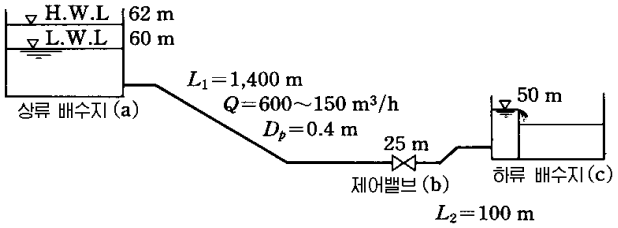
계획최소유량 $Q_{min}=150m^3/h(0.0417m^3/s)$

관로 길이 $L=1{,}500m$

관 구경 $D_p=0.4m$

2) 밸브 형식의 가정

버터플라이밸브를 사용하는 것으로 가정한다.



〈8.5.3 참고도-8〉 수위 관계도

3) 밸브 구경의 가정

$$V_{max}=\frac{Q_{max}}{\frac{\pi}{4}\cdot D_v^2}$$

$$D_v=\sqrt{\frac{4\cdot Q_{max}}{\pi\cdot V_{max}}}=\sqrt{\frac{4\times0.167}{\pi\times6}}=0.188\,m=188mm$$

여기서,

D_v : 밸브 구경(m)

V_{max} : 밸브의 한계최대유속(6m/s)

Q_{max} : 최대유량($0.167m^3/s$)

가장 가까운 상위규격의 밸브는 구경 200 mm이나 관경과의 구경차가 크므로 250 mm로 가정한다. 위의 V_{max}의 식에 의하여 구경 250 mm일 때 최대유속을 계산하여 한계최대유속 이하인 것을 확인한다. 이 경우 3.402 m/s로 되며 한계최대유속 6 m/s 이하이다.

4) 밸브의 상류 및 하류의 관로손실수두 계산(Q_{max}, Q_{min}일 때)

관로손실수두의 계산은 하젠-윌리암스(Hagen-Williams)의 공식에 의한다. 유속계수 $C=130$으로 하고 관로의 굴곡부와 유입부의 손실 등은 관로연장의 10 %로 가정한다.

(1) a~b간의 손실수두 : h_{f1}

C : 유속계수

I : 동수경사(h_f/L)

① Q_{max} = 600m^3/h(0.167m^3/s)일 때

$I = 10.666C^{-1.85} \cdot D_p^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$

$= 10.666 \times 130^{-1.85} \times 0.4^{-4.87} \times 0.167^{1.85}$

$= 0.004142(4.142‰)$

$h_{f1max} = 1{,}400 \times 1.1 \times 0.004142 = 6.379m$

② Q_{min} = 150m^3/h(0.0417m^3/s)일 때

$I = 10.666 \times 130^{-1.85} \times 0.4^{-4.87} \times 0.0417^{1.85}$

$= 0.000318(0.318‰)$

$h_{f1min} = 1{,}400 \times 1.1 \times 0.000318 = 0.490m$

⑵ b~c간의 손실수두 : h_{f2}

① Q_{max} = 600m^3/h(0.167m^3/s)일 때

$h_{f2max} = 100 \times 1.1 \times 0.004142 = 0.456m$

② Q_{min} = 150m^3/h(0.0417m^3/s)일 때

$h_{f2min} = 100 \times 1.1 \times 0.000318 = 0.035m$

5) 밸브에 작용하는 최대차압과 최소차압

⑴ 최대차압 Δh_{max}은 상류측 배수지가 고수위(HWL)이고 최소유량일 때 발생한다.

H_1 = 상류측 배수지 수위 $-h_{f1min}$ - 밸브설치표고

H_2 = 하류측 배수지 수위 $+h_{f2min}$ - 밸브설치표고

$\Delta h = H_1 - H_2$

$\Delta h_{max} = (62-0.490-25)-(50+0.035-25)$

$= 11.475m(0.1125MPa)$

⑵ 최소차압 Δh_{min}은 상류측 배수지가 저수위(LWL)이고 최대유량일 때 발생한다.

$\Delta h_{min} = (60-6.379-25)-(50+0.456-25)$

$= 3.165m(0.031MPa)$

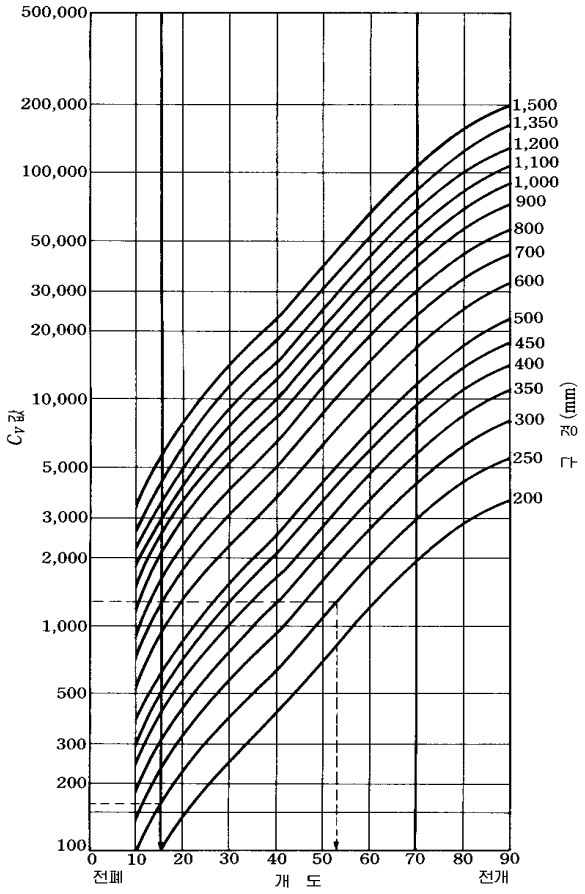
6) 최대 C_v값 및 최소 C_v값의 계산

(1) $C_{v\,max} = 0.365 Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{min}}}$

$= 0.365 \times 600 \times \sqrt{\frac{1}{0.031}} = 1{,}245$

(2) $C_{v\,min} = 0.365 Q_{min} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{max}}}$

$$= 0.365 \times 150 \times \sqrt{\frac{1}{0.1125}} = 163$$



〈8.5.3 참고도-9〉 밸브개도와 Cv값

〈8.5.3 참고도-9〉의 밸브개도와 C_v값의 관계로부터 제어범위를 구한다. 최대 및 최소 C_v값에 대응하는 개도는 15~53°이고, 이는 버터플라이밸브의 제어가능범위 15~70°를 만족한다.

7) 캐비테이션의 검토

최대차압시의 캐비테이션 계수 σ(Q_{min}일 때)

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2}$$

$H_1 = 62 - 0.490 - 25 = 36.51\text{m}$

$H_2 = 50 + 0.035 - 25 = 25.04\text{m}$

$$\sigma = \frac{25.04 + 10}{36.51 - 25.04} = 3.05$$

버터플라이밸브의 실용 캐비테이션 계수는 2.5 이상이므로 이를 만족하고 있다. 유속계수는 장기간 사용함에 따라 저하되므로 C=110에 대해서도 같은 방법으로 계산한다.

8) 판정

이상의 계산결과를 요약하면, 〈8.5.3 참고표-2〉와 같다. 표로부터 구경 250 mm의 버터플라이밸브를 채택하면, 배수관의 유속계수가 경년변화에 따라 떨어지더라도 제어범위에 있으므로 제어용 밸브로서 적당하다.

〈8.5.3 참고표-2〉 계산결과의 정리

밸브형식	구경 (mm)	최고유속 (m/s)	캐비테이션 계수 (σ 최소치)	제어범위	검 토 사 항
버터플라이밸브 (고무시트식)	250	Q_{max}에서 3.402	3.05	C =130 : Q_{max}일 때 C_{vmax}=1,245 개도 : 53° Q_{min}일 때 C_{vmin}=163 개도 : 15°	• 최고유속은 한계최대유속인 6m/s보다 작다. • 버터플라이밸브 제어범위인 15~70° 이내에 있으므로 문제가 없다 (〈참고도-8.5.10〉참조). • 실용 캐비테이션 계수 (σ_1=2.5~3.0)를 만족하고 있다.
			3.11	C=110 : Q_{max}일 때 C_{vmax}=2,592 개도 : 67° Q_{min}일 때 C_{vmin}=165 개도 : 16°	• 제어상 문제는 없다. • 캐비테이션 계수가 커서 문제는 없다.

8.5.4 밸브의 압력기준

밸브의 압력기준은 호칭압력으로 나타내며 이를 선정하기 위해서는 밸브의 사용압력(정수압), 최대허용압력 등을 고려한다.

【해설】

1. 압력기준

상수도용 밸브에 적용하는 압력기준으로는 현재 2가지 방식이 있다. 하나는 예전부터 사용해오던 상수도계 특유의 압력기준으로서 호칭압력 4.5K, 7.5K로 적용하는 것과 또 하나는 호칭압력 10K 이상에 적용하는 것으로 KS B 1501(철강제 관 플랜지의 압력단계)이 준용되고 있다.

밸브의 호칭압력(nominal pressure)은 일반적으로 사용압력(working pressure)을 나타내는 수치로서 과거에는 kgf/cm^{2}로 나타내었으나, 근래에는 국제단위(SI unit)의 도입에 따라 K를 기호로 사용하여 표시한다. 호칭압력은 관이나 밸브류를 동일한 압력으로 구분함으로써 하나의 관로에서 같은

장소에 동일한 호칭압력의 관이나 밸브류를 사용하여 내압강도를 일치시키고자 하는데 그 의미가 있다.

상수도에서는 주철관에 적용되었던 압력기준이 다른 기자재의 압력기준으로도 폭넓게 사용되어 왔으며 상수도용 밸브 역시 그 예외는 아니다. 주철관은 정수압을 기준으로 저압관에서는 0.44MPa(약 4.5 kgf/cm^2), 보통압관에서는 0.74MPa(약 7.5 kgf/cm^2)로 압력기준이 정해져서 사용되고 있다. 이 정수두는 속도수두가 0일 때의 관내 압력을 의미하는 것이므로 최대정수두, 최고사용압력 등과 용어의 형태가 뒤바뀌어져 있지만 본질적으로는 통상의 사용압력을 의미한다. 또한 주철관의 압력기준에서는 사용압력, 호칭지름(nominal size) 등에 관계없이 수격압은 0.54 MPa(5.5 kgf/cm^2)로 일정하다고 가정한 후 사용압력에 이 수격압을 더한 값을 최대허용압력(maximum permissible working pressure)으로 하여 관 두께를 계산한다.

최근에는 상수도시설이 대규모화되고 수원이 더욱 멀리 떨어지게 됨에 따라 관로의 고압화를 위하여 0.74MPa(약 7.5 kgf/cm^2)가 넘는 압력기준이 필요하게 되었으며, 이로 인하여 KS B 1501이 새로운 압력기준으로서 채택되고 있다. 상수도에서는 이 기준 중 호칭압력 10K, 16K 및 20K를 적용하고 있다. KS B 1501에서는 유체의 상태나 온도가 광범위하게 변하는 경우 각각의 조건에 대하여 재료의 허용응력을 기초로 하여 최고사용압력을 결정하므로 동일한 호칭압력에 대응하는 수치가 일정하지 않을 수 있다. 이 규격의 120℃ 이하에서 맥동이 없는 유체에 대응하는 최고사용압력을 상수도에서는 최대허용압력으로 표시하여 사용하고 있다.

이상 2가지 압력기준에 대하여 사용상 주의해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

⑴ 사용압력이 0.74MPa(약 7.5 kgf/cm^2) 이하인 경우는 상수도계의 압력기준으로 적용하며 여기서 호칭압력 4.5K와 7.5K는 최대허용압력이 각각 0.98MPa(약 10 kgf/cm^2), 1.27MPa(약 13 kgf/cm^2)임을 뜻한다.

⑵ 사용압력이 0.74MPa(약 7.5 kgf/cm^2)를 초과하는 경우는 KS 압력기준의 10K, 16K, 20K를 적용한다. 이 때의 호칭압력 10K, 16K, 20K는 최대허용압력이 각각 1.37MPa(약 14 kgf / cm^2), 2.16MPa(약 22 kgf/cm^2), 2.75MPa(약 28 kgf/cm^2)임을 의미한다.

⑶ 상수도의 기준으로는 호칭압력과 사용압력을 대응시킬 수 있으나 KS에서는 호칭압력과 최고사용압력을 구분하고 있다. 따라서 사용상 편의를 위하여 상수도용 밸브의 규격에서는 0.98 MPa(약 10 kgf/cm^2) 이상의 경우에도 호칭압력과 사용압력을 대응시키고 있다.

⑷ 상수도용 밸브의 최대허용압력은 호칭압력 4.5K와 7.5K의 경우 사용압력에 0.54MPa(약 5.5 kgf/cm^2)의 수격압을 더한 것으로 결정하였으며, 호칭압력 10K 이상인 경우는 KS B1501의 최고사용압력과 동등한 값으로 적용한다.

2. 수압시험압력

수압시험은 밸브를 검사하기 위한 중요한 사항이며 밸브의 내압성능을 확인하는 수단이다. 사용압력에 비하여 과다한 수압에 견디는 것은 밸브의 과잉품질을 초래하므로 밸브의 규격에서는 시험수압이 규격 등으로 정하여져 합리적인 품질성능을 도모하고 있다.

KS B 2304(밸브의 검사 통칙)에서는 다음의 압력검사를 규정하고 있다.

① 밸브몸통 내압검사

② 밸브시트 누설검사

〈표 8.5.4〉 상수도용 밸브의 시험압력

단위 : MPa(kgf/cm^2)

종별	호칭압력	사용압력	최대허용압력	밸브몸통 내압시험		밸브시트 누설시험
				호칭지름		
1종	4.5K	0.44(4.5) 0.45(4.6)	0.98(10)[1] 1.0 (10.2)	350 이하	1.37(14)[3] 1.4 (14.3)	0.44(4.5)[7] 0.45(4.6)
				400 이상	1.03(10.5)[3] 1.06(10.7)	
2종	7.5K	0.74(7.5) 0.75(7.6)	1.27(13)[1] 1.3 (13.3)	350 이하	1.72(17.5)[3] 1.75(17.8)	0.74(7.5)[7] 0.75(7.6)
				400 이상	1.37(14)[3] 1.4 (14.3)	
3종	10K	0.98(10) 1.0 (10.2)	1.37(14)[2] 1.4 (14.3)	350 이하	2.26(23)[4] 2.3 (23.5)	0.98(10)[8] 1.0 (10.2)
				400 이상	2.06(21)[5] 2.1 (21.4)	
4종	16K	1.57(16) 1.6 (16.3)	2.16(22)[2] 2.2 (22.4)	전 구경	2.35(24)[6] 2.4 (24.5)	1.73(17.6)[9] 1.76(17.9)
5종	20K	1.96(20) 2.0(20.4)	2.75(28)[2] 2.8 (28.6)	전 구경	2.94(30)[6] 3.0 (30.6)	2.16(22)[9] 2.2 (22.4)

주 : 1) MKS단위의 「사용압력+수격압 5.5 kgf/cm^2」을 SI단위인 MPa로 환산

2) KS B 1501(철강제 관 플랜지의 압력단계)에 준함

3) 예전부터 상수도용 밸브에 적용되고 있는 밸브몸통 내압시험압력

4) KS D 4309에서 인용

5) 최대허용압력×1.5

6) 사용압력×1.5

7) 예전부터 상수도용 밸브의 밸브시트 누설시험압력은 사용압력을 적용함

8) 사용압력×1.0

9) 사용압력×1.1

비고 : 각 압력의 상단은 MKS단위에서 환산된 값이며 하단은 상단의 수치가 얻어진 방법에 따라 SI단위로 도출된 값이다. 현재 상단에 의한 규격과 하단에 의한 규격이 혼용되고 있으나 추후에는 하단의 값으로 통일될 전망이다.

③ 역시트 누설검사

이 규격에서 시험압력은 밸브몸통 내압검사인 경우 최대허용압력의 1.5배, 밸브시트 누설검사는 최대허용압력의 1.1배로 규정하고 있다. 그러나 실제 시험압력은 각각의 밸브 규격에 따른다.

3. 규격에 정하여 있지 않은 압력

밸브몸통 내압시험압력 또는 밸브시트 누설시험압력은 ISO규격, KS플랜지 규격, 덕타일주철관 규격 및 경험으로부터 얻어진 호칭압력에 따른 〈표 8.5.4〉와 같은 일관된 방식에는 따르지 않는다.

8.5.5 밸브의 구동장치

밸브의 구동장치는 밸브의 종류, 용도, 설치환경, 제어방법 등을 고려하여 적정한 것을 선정한다.

【해설】

밸브의 구동장치로는 수동식, 전동식, 공기압식, 유압식 등이 보편적으로 사용된다.

제어용 밸브의 구동장치로서는 전동식, 공기압식이 대부분 사용되고 있지만, 제어범위, 제어정밀도 및 동작빈도 등을 고려하여 적정한 구동장치를 선정해야 한다.

1. 수동식 구동장치

소구경의 제수밸브와 버터플라이밸브처럼 조작력이 작아도 되는 경우에는 직결 핸들식이 사용된다. 또한 구경이 크거나 유체압이 높으면 개폐 토크도 커지므로 감속기를 사용한다. 일반적으로 수동조작 토크는 최대 200N・m를 기준으로 하고 감속기는 이 토크를 원활하고 효율적으로 밸브 키(key)에 전달하는 역할을 한다. 감속기는 평기어, 베벨기어 및 웜기어(worm+worm wheel) 등의 기어류로 구성된다. 평기어(spur gear)와 베벨기어(bevel gear)는 감속비가 1/1~1/6 정도의 중간급 하중용으로 사용되는데 상수도용 제수밸브인 경우 입형 600mm 이상의 밸브에는 평기어가, 횡형 400mm 이상의 밸브에는 베벨기어가 감속기로 주로 사용되고 있다. 웜기어는 감속비를 1/10~1/60로 크게 하는 것이 가능하며 큰 토크를 얻기 쉬워 중(重)하중용의 대형밸브에 많이 사용된다.

2. 전동식 구동장치

전동식은 동력원으로 상용전원을 사용할 수 있고 강력한 조작력을 간단히 얻을 수 있으며 원거리에서 조작할 수 있으므로 널리 사용되고 있다. 전동식 구동장치는 전동기와 감속기 등으로 구성되지만, 그 밖의 부속장치로서 스트로크 리밋스위치, 토크 리밋스위치, 수동용 원형핸들, 개도지시계 및 수동・전동의 전환장치가 있다.

전동조작은 밸브 부근의 현장조작반 또는 관리실에 설치되는 원격조작반 외에도 구동장치와 일체로 된 조작기구로 수행할 수 있다.

⑴ 전동기

밸브 개폐를 위한 기동시에는 큰 토크가 필요하나 운전 도중에는 그다지 큰 토크가 필요치 않다. 그러나 밸브대에 걸리는 토크에 1.5배하여 제작자의 최대토크 구동장치로 선정해야 하며 또 수문의 전동구동장치인 경우에는 수문의 자중을 고려하여 제작자의 정격토크로 선정되어야 한다. 또한 전동기는 정지시 관성에 의하여 계속 돌지 않도록 조심해야만 한다. 그러므로 전동기는 기동 토크가 크고 관성효과가 작은 특성을 갖는 것이 바람직하다.

밸브의 개폐시간은 길어도 5분 정도이므로 10분에서 30분 이내의 짧은 시간 동안만 전동기가 사용되지만, 개폐빈도에 따라 반복정격 또는 연속정격의 전동기를 사용하는 것이 바람직하다.

전동기는 교류 3상농형 유도전동기가 가장 많이 사용되고 있고 소구경 밸브로 출력이 작아도 되는 것에는 교류 단상농형 유도전동기가 사용되는 경우도 있다. 또한 직류전동기는 축전지를 전원으로 운전할 수 있으므로 정전시에도 밸브의 구동이 가능하다.

⑵ 밸브의 개폐위치를 설정하는 것으로 스트로크 리밋스위치나 밸브에 과다한 힘이 걸리는 것을 방지하기 위한 장치인 토크 리밋스위치 등이 설치되는 컨트롤 박스 내에는 이러한 전기부품류의 습기에 의한 고장을 방지하기 위하여 스페이스 히터(space heater)를 설치해야 한다.

⑶ 개도계는 출력축의 회전을 기어기구를 매개로 하여 개도로 나타내는 구조이며, 원격지사용으로 동기(synchro)식과 전위차계(potentiometer)식의 개도발신기를 연동시키는 것이 가능하다. 최근에는 원격지 사용으로 전위차계식 개도발신기가 많이 사용된다.

3. 공기압식 구동장치

공기압식 구동장치는 동력원인 공기압을 공기압축기에 의하여 간단히 발생시킬 수 있으며 구동장치는 응답성이 좋고 정전시에도 일정한 시간동안 조작이 가능하므로 약품주입용과 드레인용 밸브 그리고 정전 등 긴급시에 조작을 필요로 하는 밸브에 많이 사용된다. 공기압식 밸브조작기로는 실린더식, 다이어프램식 및 에어모터식이 있으며 각 방식의 특징 및 용도 등은 〈표 8.5.5〉에 나타내었다.

〈표 8.5.5〉 공기압식 구동장치의 비교표

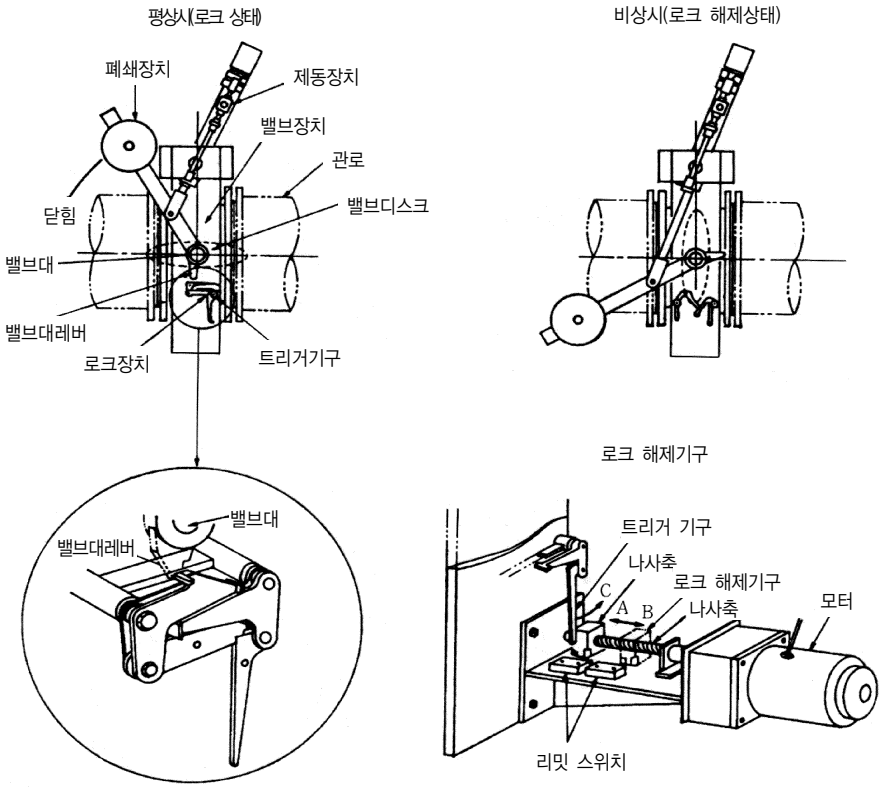
	실린더(0.4~0.7MPa)	에어모터(0.4~0.7MPa)	다이어프램(0.12~0.26MPa)
특징	• 구동장치의 조작압력은 0.4~0.7 MPa(4.1~7.1 kgf/cm^2) • 통상은 전개·전폐 조작용으로 사용되는 경우가 많으나 비례제어용으로도 사용 가능 • 큰 토크 및 조작력을 얻을 수 있다. • 견고한 구조이다. • 대구경 밸브의 조작 및 제어에도 사용 가능 (예) 1,000ø~1,350ø 버터플라이밸브	• 구동장치의 조작압력은 0.4~0.7 MPa(4.1~7.1 kgf/cm^2)이다. • 모터는 로터리 베인식이며 소형으로 고출력을 얻을 수 있다. • 전기조작과 조합시켜 각종 조작이 가능함. • 토크 스위치는 개폐 양방향 어디든 용이하고 확실한 설정이 가능함. • 공기실린더 방식과는 달리 밸브대는 나사식으로도 사용 가능함.	• 구동장치의 조작압력은 0.12 ~ 0.26MPa(1.2~2.6kgf/cm^2)이다. • 고장확률이 적고 고장부분의 발견도 용이함. • 부품의 소모도가 작고 유지관리도 용이하다. • 소형 경량으로 설치공간이 작다. • 소용량의 제어용으로 사용되는 경우가 많다. • 초기 투자비가 저렴하다.
용도	• 방폭지역 • 상용전원으로 사용하기 어려운 지역 • 습도에 의한 부식성이 있는 곳	• 방폭지역 • 전원 사용이 힘든 지역 • 긴급비상용	• 방폭지역 • 습도에 의한 부식성이 있는 장소
설치예	• 침전지 설비의 배슬러지밸브 • 유량조절밸브(여과량, 세척량)	• 긴급차단밸브 • 유량조절밸브	• 정수장의 약품주입제어밸브

4. 긴급차단밸브의 구동장치

재해대비용 긴급차단밸브로는 버터플라이밸브, 볼밸브, 오토밸브, 나팔형 원형수문 등이 사용되고 차단용 동력으로는 중추(또는 평형추 : counter weight), 디스크 자중 또는 수압을 이용한다. 중추나 디스크 자중을 이용하는 방식은 전개 상태를 유지하는 로크(lock)기구를 구비하고 있으며 이 로크기구를 해제하기 위하여 모터, 전자 솔레노이드 등을 사용하는 방식이 있다. 이 방식을 선정할 때에는 설치조건, 재해시의 대응체제 등을 충분히 고려해야 한다.

⑴ 전동기 방식

소형 전동기에 의하여 로크기구를 해제하는 것으로서 차단신호에 의하여 전원이 들어오면 전동기가 구동하고 나사축이 한 방향으로 회전하며 나사축은 화살표 B방향으로 이동하고 나사축이 트리거기구에 의하여 빠지면서 화살표 C방향으로 움직여 로크가 해제된다(〔그림 8.5.13〕 참조).



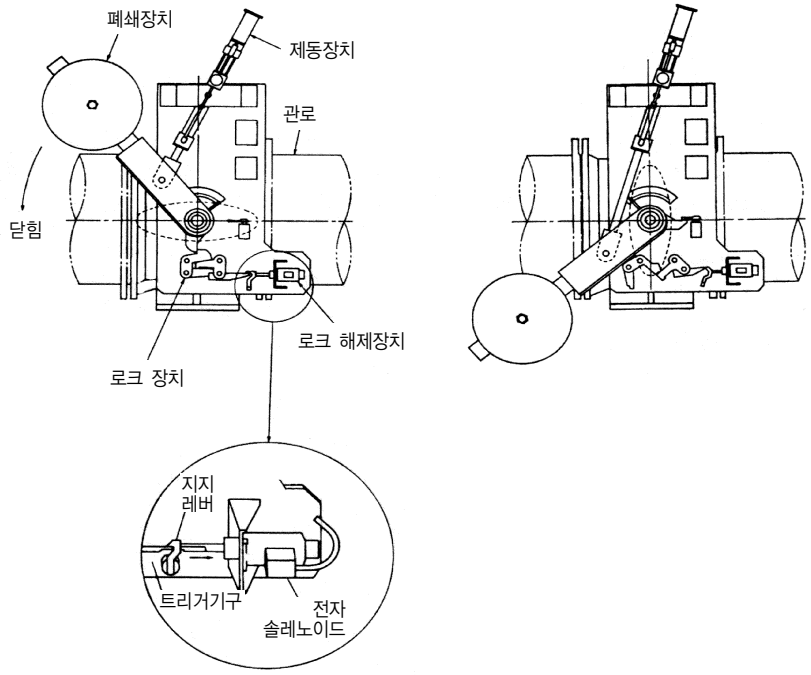
[그림 8.5.13] 전동기방식의 동작설명도

⑵ 전자 솔레노이드 방식

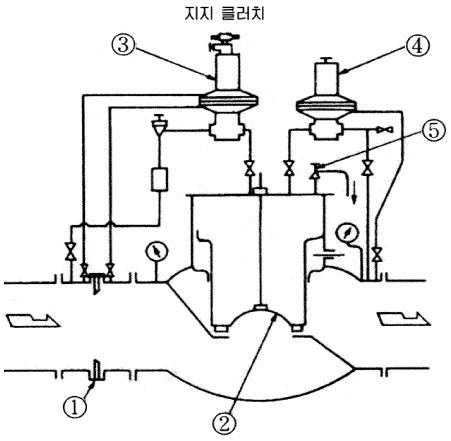
평상시에는 전자 솔레노이드의 전원이 끊어진 상태에서 지지레버가 트리거기구에 의하여 디스크를 구속한다. 감지장치로부터 밸브를 닫도록 하는 신호가 나오면 전자 솔레노이드가 여자(勵磁)되고 지지레버가 화살표 방향으로 움직여 로크를 해제한다(〔그림 8.5.14〕 참조).

⑶ 오토밸브 방식

〔그림 8.5.15〕에 나타낸 바와 같이 밸브의 상류 측에 오리피스 ①을 설치하고 긴급차단용 파일럿밸브 ③에 접속한다. 이 파일럿밸브로 임의의 유량을 설정하여 둔다. 밸브 하류 측의 관이 파열되어 관내 유량이 설정유량을 초과하면 긴급차단용 파일럿밸브 ③은 닫힌 상태에서 열리게 되며 주밸브 ②도 자동적으로 닫히고 보조 파일럿밸브 ④는 열려 있던 상태에서 닫히게 된다. 주밸브를 닫힌 상태에서 열린 상태로 복귀할 때에는 열림용 밸브 ⑤를 손으로 열고나서 긴급차단용 파이럿밸브 ③의 지지클러치를 해제하여 주밸브 ②를 완전히 개방시킨다.



[그림 8.5.14] 전자 솔레노이드밸브방식의 동작설명도



[그림 8.5.15] 파일럿밸브방식 동작설명도

8.6 각종 기계설비

8.6.1 총칙

수도시설에는 수처리 기계설비, 공기압축기, 크레인·호이스트, 환기설비 및 공조설비 등 각종 기계설비가 설치되어 있다. 이러한 각종 기계설비를 설계할 때에는 운전조건, 환경조건 등을 고려하고 연속운전에 견딜 수 있는 기기의 구조와 재료 등을 선정한다. 또한 정수처리와 배출수처리 등에 사용되는 수처리 기계설비에 대해서는 그 수질에 충분히 적합한 재질을 선정하고, 구조적으로 단순하고 용량과 기계적 강도 등에 여유를 갖는 설비로 한다.

특히 수처리 기계설비에 대해서는 정수처리상 한번에 모든 공사를 할 수 없으므로 설비를 계통이나 블록단위로 나누는 등 적절하게 설계함으로써 연도별로 정비계획을 수립하고 정수처리에 지장이 없도록 적절한 시기에 공사를 시행하는 것이 바람직하다.

8.6.2 수처리 기계설비

수처리 기계설비의 구조와 재료는 내구성과 안전성을 고려하여 선정한다. 또한 기름누설이나 봉수대책에 유의하고 에너지효율이 높고 유지관리가 용이한 설비로 한다.

【해설】

수처리 기계설비는 수질에 따라 부식이나 마모가 심하며 내용년수가 짧기 때문에 구조의 결정, 재료의 선정, 도장에 대하여 검토해야 하며 소모부품의 교환이나 기기의 점검 등 유지관리가 용이하도록 설계해야 한다. 수중에 묻히는 부분의 도장에 대해서는 수도용 에폭시 수지도료 등 정수수질에 알맞은 도료를 사용하고 정성껏 도장해야 한다. 또한 전력소비량 등 운전비용이 적고 기름이 누설되더라도 처리수중에 기름이 떨어지지 않도록 방호조치를 취해야 한다.

1. 협잡물제거기

협잡물제거기는 유입수로에 설치되며 유입원수에 포함된 부유물이나 이물질 등이 정수작업에 지장을 주지 않도록 하기 위하여 제거하는 기계로 레이크(rake)식과 이동스크린(traveling screen)식 제거기가 있다. 레이크식 협잡물제거기는 하천수의 취수구 등에 목편, 쓰레기 등 굵은 부유물질을 제거하기 위하여 설치한다. 이동스크린식 협잡물제거기는 일반적으로 스크린이나 레이크식 협잡물제거기에 포착된 다음의 조류, 나뭇잎, 목편 등의 협잡물을 망상의 스크린으로 제거하는 기계이다.

협잡물제거기를 설치할 경우에는 기기의 고장으로 인하여 물이 넘치는 것을 방지하기 위한 우회수로(by-pass channel) 등을 고려해야 한다.

부속설비로 벨트컨베이어, 유수트로프(trough), 배수구(pit), 호퍼(hopper), 급수설비 등이 있다.

⑴ 레이크식 협잡물제거기

레이크식 협잡물제거기는 갈퀴용 레이크를 스크린면에 접촉하면서 이동시켜서 스크린면에 저지된 부유물질이나 협잡물을 긁어 올려서 소정의 배출위치에서 레이크가 반전되면서 배출한다. 이에는 간헐식

과 연속식이 있다(〔그림 8.6.1(1)〕 레이크식 협잡물제거기를 참조한다).

설계할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

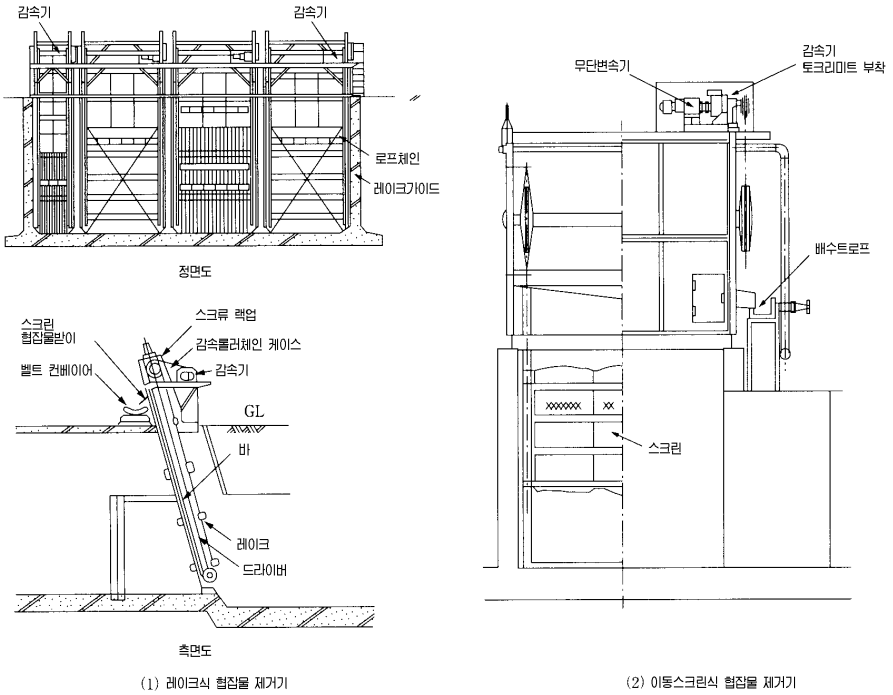
① 기계적 안전장치로서 감속기에 토크리미터 또는 감속축의 스프라켓휠(sprocket wheel)에 적정한 시어핀(shear pin)을 설치한다.

② 협잡물제거기는 정회전으로 연속 운전하는 것을 원칙으로 하지만, 점검이나 비상시에는 역회전시킬 수 있는 구조로 하며 가급적 단순한 구조로 한다.

③ 구동장치는 만일의 고수위일 때에도 운전을 속행시킬 수 있는 위치에 설치한다.

⑵ 이동스크린식 협잡물제거기

이동스크린식 협잡물제거기는 좌우 2열의 무한궤도(endless chain link)에 부착된 스테인리스강제 철망으로 원수가 통과하는 사이에 쓰레기 등의 협잡물을 제거하는 것으로, 스크린은 이동 중에 협잡물이 떨어지지 않도록 버켓(bucket)형이나 협잡물 낙하방지선반이 붙어있는 철망으로 되어 있다. 상·하류의 수위차나 타이머 등으로 운전되며 스크린에 부착된 협잡물은 상부에서 분사되는 분사수에 의하여 유출트로프에서 탈수장치를 거쳐 배출된다(〔그림 8.6.1(2)〕 이동스크린식 협잡물제거기 참조).



[그림 8.6.1] 협잡물 제거기의 예

설계할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

① 분사수의 수량·수압은 배제되기 어려운 조류 등을 대상으로 충분한 여유를 갖도록 하고 세척노즐의 분무상태와 수량 및 수압을 조절할 수 있는 구조로 한다.

② 이동스크린식 협잡물제거기는 협잡물에 의한 저항이 크므로 고장이 발생하였을 경우에는 수위차가 과대해서 심하게 장치가 파손될 수도 있으므로, 손실수두나 수위를 감시하고 고장시에는 경보를 울리면서 정지되도록 한다.

⑶ 부속설비

벨트컨베이어를 사용하는 경우, 급경사개소에는 미끄럼방지용 안전판(비늘모양) 또는 철망을 사용해야 한다. 또 급수설비가 필요한 경우에는 동절기에 동결방지대책을 강구해야 한다.

2. 혼화장치

약품혼화방법에는 5.4.2 급속혼화시설(혼화지 포함)에서 설명한 바와 같이 기계식 혼화방법과 비기계식 혼화방법이 있으며, 기계식 혼화방법을 채택하는 경우의 혼화장치(rapid mixer 또는 flash mixer)는 혼화지에 설치되며 응집제와 원수를 기계적으로 급속히 혼화시키는 것으로, 회전축에 평행으로 패들을 부착시킨 임펠러를 갖는 패들식과 평판에 수직한 교반임펠러를 붙인 날개를 갖는 터빈식 등이 있다.

기계식 혼화장치를 설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 혼화장치는 기름누설이 없는 구조로 하고 만일 기름이 누설되거나 또는 윤활유를 교환할 때에 수로에 기름이 떨어지지 않도록 방호조치를 고려한 구조로 한다.

② 혼화장치는 혼화지의 형상과 크기에 알맞은 대수와 동력으로 결정해야 한다.

③ 패들식으로 수중베어링을 채택하는 경우에는 봉수장치를 설치하여 베어링의 마모를 적도록 해야 한다. 터빈식인 경우에는 구동장치의 축베어링 구조를 연구하여 가능한 한 수중베어링이 없는 형식으로 한다.

④ 감속기로부터 발생하는 소음이 문제로 될 우려가 있을 경우에는 소음대책을 강구한다.

3. 플록큐레이터(flocculator : 응집기)

플록형성지의 교반방식에는 플록형성에 필요한 에너지로서 물 자체의 에너지를 이용하는 우류방식과 기계에너지에 의한 기계식 플록큐레이터(패들방식)가 있다(5.4.3 플록형성지를 참조).

기계식 플록큐레이터는 플록형성지에 설치되며 회전축에 평행으로 여러 개의 패들(paddle)을 부착하고 서서히 회전시켜 플록을 형성하기 위한 설비로서, 수로 중에 저류판을 설치한 우류식에 비하여 손실수두도 적고 처리수의 상황에 따라 교반강도를 조절할 수 있다는 이점이 있지만, 소모품교환 등 정기적인 정비가 필요하다.

설치방식은 횡형으로 설치하는 것이 일반적이지만, 플록형성지의 구조에 따라서는 입형플록큐레이터로 하는 경우도 있다. 횡형인 경우에 회전원주 속도는 0.15~0.8 m/s이다.

플록큐레이터를 설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 플록형성지 내의 교반은 원칙으로 플록이 크게 성장함에 따라 그 강도를 낮출 필요가 있으므로 후단으로 갈수록 교반기의 회전속도를 낮추어서 주변속도를 느리게 한다.

② 수중베어링은 두 개로 분할된 베어링케이스(split bearing case) 내에 두 개로 분할된 베어링메탈(split bearing metal)을 설치한다. 수중베어링은 외부로부터 미세한 모래 등이 쉽게 들어갈

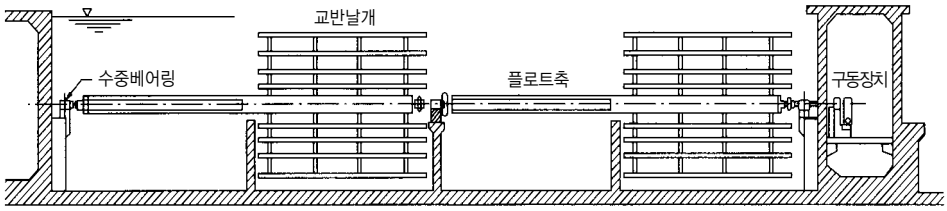
수 있을 뿐만 아니라 축의 회전속도도 느려서 윤활작용이 나쁘고 쉽게 마모되기 때문에, 강관 등의 중공축을 사용하고 축에 플로트(float)를 부착하는 등 가능한 한 베어링에 걸리는 하중을 적게 한다. 〔그림 8.6.2〕을 참조한다.

베어링에 봉수장치를 부착시켜 마모를 적게 하는 방법도 효과적이다.

③ 가변속 전동기를 사용하는 경우에는 임펠러의 관성모멘트가 크므로 기동시에 토크가 정상 운전시에 비하여 커지는 것에 유의하고, 기동시의 속도설정은 가능한 한 낮게 한다.

④ 구동실과 플록형성지와의 격벽의 축관통부에 스터핑박스(stuffing box)를 설치하고 봉수장치를 부착하며, 그 배수에 대해서도 고려해야 한다. 봉수장치에는 글랜드패킹(gland packing)식이나 실링(sealing)식 등이 있다.

⑤ 플록형성지 위에는 지(池)내의 육안점검 등에 대비하여 추락방지용 안전난간 등을 설치해야 한다.



[그림 8.6.2] 플로트를 사용한 플록큐레이터의 예

4. 슬러지 수집기

슬러지 수집기(sludge collector)는 침전지 슬러지를 제거하기 위한 설비이며 적용되는 침전지에 따라 각각 장단점이 있으므로, 침전지의 구조, 슬러지량, 지수, 침전지 용량의 여유 유무, 기계의 신뢰도, 유지관리 등을 고려하여 적절한 것을 선정한다. 슬러지 수집기는 침전지 구조에 따라 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식, 체인플라이트(chain-and-flight)식, 수중대차(underwater bogies with squeegee)식, 주행브리지(traveling bridge with scraping squeegee, or with suction header and pump)식 등이 일반적으로 사용되고 있다. 슬러지 수집기는 탁도변동에 따라 슬러지량이 변동되므로 높은 탁도에서도 대응할 수 있도록 해야 하며, 각 형식은 다음 사항을 고려하여 선정해야 한다. 슬러지 수집기는 장시간 정지 또는 슬러지가 많이 퇴적된 상태에서 운전할 때에는 과부하가 발생할 뿐만 아니라 슬러지가 부상되므로 연속운전을 원칙으로 한다.

⑴ 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식 슬러지 수집기

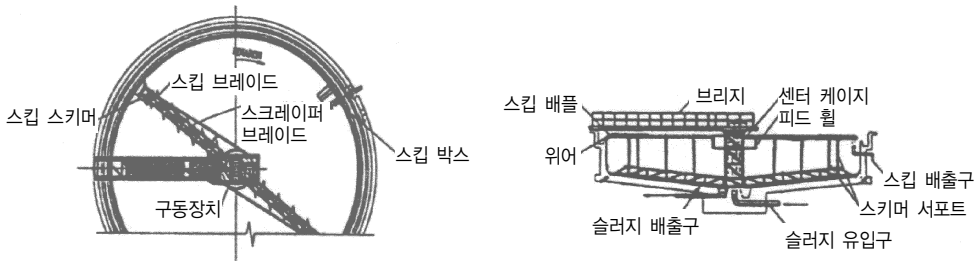
중심축회전식 슬러지 수집기는 브리지 상부에 설치된 구동장치에 의하여 원형으로 회전하면서 침전된 슬러지를 긁어모아서 최종적으로 중앙의 호퍼에 유하시키는 것이다. 수집기의 원주 속도는 0.6 m/min 이하로 한다. 〔그림 8.6.3〕를 참조한다.

① 정방형이나 원형지에 적용되지만, 갈퀴(rake)는 지내의 내접원을 벗어나는 일이 없으므로 지의 구석을 긁어내는 대책이 필요하다.

② 대형이고 구성부품이 많으며 구조가 복잡하다.

③ 강철제 브리지는 용접구조로 하고 주기둥과 보조보 등을 구비한 강고한 구조로 한다. 또한 브리지 위는 점검통로로 하여 점검이나 보수 등에 충분한 공간을 확보한다.

④ 과부하 방지용으로 감속기내장 토크리미트 등 기계적, 전기적 보호장치를 설치한다.

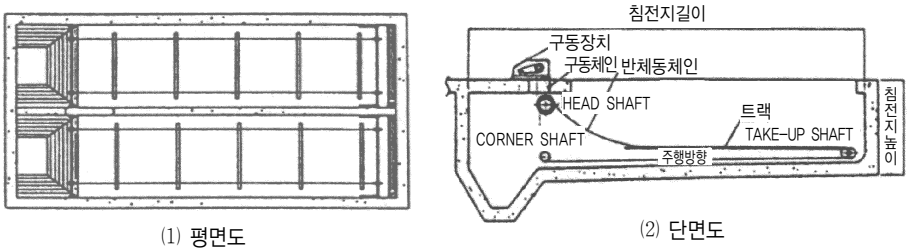


⑴ 평면도 ⑵ 단면도

[그림 8.6.3] 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식 슬러지 수집기

⑵ 체인플라이트(chain & flight)식 슬러지 수집기

체인플라이트식 슬러지 수집기는 체인에 플라이트(flight)를 고정장치로 고정시켜 침전지 바닥에 설치된 레일이나 웨어스트립 상부를 이동하면서 침전된 슬러지를 호퍼(hopper)에 끌어넣는 설비이다. 수집기의 주행기준속도는 일반적으로 0.2~0.6m/min이다. 〔그림 8.6.4〕을 참조한다.



⑴ 평면도 ⑵ 단면도

[그림 8.6.4] 체인플라이트식 슬러지수집기

설계할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

① 장방형 침전지에 적용되지만, 긴 변이 과대한 침전지에는 맞지 않을 수 있다.

② 비교적 단순하고 소형으로 컴팩트하지만, 축과 제거판 등의 부품 수가 많다.

③ 슈(shoe)는 레일 위를 접촉하면서 움직이기 때문에 마모가 빠르므로 재질에 대해서는 충분히 견딜 수 있도록 검토해야 한다.

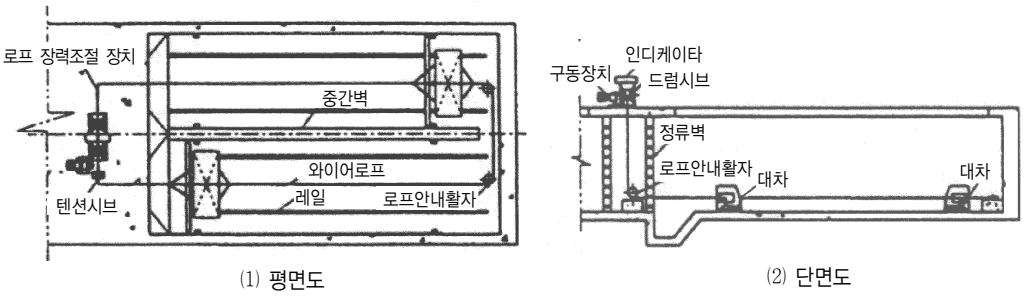
④ 체인플라이트는 장기간 정지된 경우나 슬러지가 다량으로 퇴적된 상태에서 운전을 재개할 경우에는 큰 부하가 걸리므로 연속운전을 원칙으로 한다. 다만, 슬러지의 퇴적상황과 호퍼용량을 고려하여 간헐적으로 운전하는 경우도 있다.

⑤ 장치에는 시어핀 등에 의한 과부하시의 보호장치를 설치한다. 또 과부하시에는 경보를 발령하도

록 해 둔다. 과부하로 인하여 체인이 절단될 경우에는 가동이 정지되어야 하므로 체인절단검출장치를 설치해야 한다. 근래에는 미국, 유럽, 일본, 한국 등에서 금속부품인 체인(chain), 고정장치(attachment), 슈(shoe), 스프라켓(sprocket), 슬리브베어링(sleeve bearing)과 플라이트(flight), 웨어스트립(wear strip) 등을 비금속(non-metallic)부품으로 개발하여 사용함으로써 녹 발생으로 인한 수질악화를 방지하는데 기여하고 있으나 동절기에는 충격에 약한 흠이 있다.

⑶ 수중대차(underwater bogies with squeegee)식 슬러지 수집기

침전지 바닥에 설치된 레일의 상부에 스크레퍼를 지지하는 수중대차를 설치하고 구동로프로 견인하여 침전된 슬러지를 호퍼에 끌어넣는 설비로서, 대차가 슬러지를 긁어모을 때에는 곧바로 서서 긁어모으고 또 후퇴할 때에는 수집판은 퇴적슬러지에 닿지 않도록 하는 구조로 되어 있다. 수집기의 기준주행속도는 일반적으로 0.2~0.6 m/min이다. 〔그림 8.6.5〕를 참조한다.



⑴ 평면도 ⑵ 단면도

[그림 8.6.5] 수중대차식 슬러지수집기

설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 장방형 침전지에 적용되며 직사각형의 긴 변이 길더라도 설치가 가능하다.

② 비교적 단순하고 소형으로 컴팩트하다. 수집기의 소모부품이 적으며 마찰이 적다. 또 구동력이 작고 운전비용이 적다.

③ 왕복구동방식으로 기동·정지·회송의 위치제어가 명확해야 한다. 또 주행대차가 지(池)의 측면에 부딪히거나 와이어로프의 마모 및 늘어짐 또는 절단 등의 사고를 방지하기 위하여 주행전환(전진·후퇴완료)용 리밋스위치는 비상정지용과 이중으로 설치해야 한다.

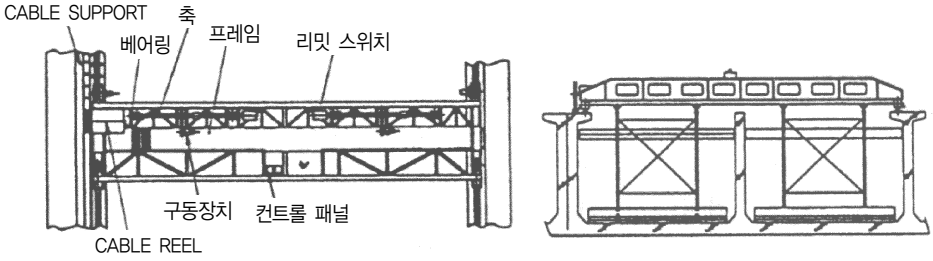
④ 동력전달매체인 와이어로프의 특성을 활용하여 구동장치를 공동구 등의 기계실에 설치할 수 있다.

⑤ 대차의 탈선을 방지하기 위해서는 레일(rail) 대신 벽체에 채널(channel)을 설치하고 대차바퀴를 채널 속에서 움직이도록 하거나, 구동부를 침전지의 상부에, 드럼(drum)을 수중에 설치하고 구동부와 드럼 사이를 축으로 연결하여 구동시킨다. 또 구동축 커플링에는 시어핀(shear pin)을 설치한다.

⑷ 주행브리지식 슬러지 수집기

주행브리지식 슬러지 수집기는 침전지 주벽의 상부에 설치된 레일 위에 슬러지수집판이 부착된 브리지를 설치하고, 구동장치로 구동휠을 구동하여 슬러지수집판으로 침전지 바닥을 미끄러지면서 슬러지를 침전지 끝의 호퍼로 긁어모으며, 되돌아갈 때에는 수면 위에 들어올려서 시작점으로 되돌아가는 방

식이다. 수집기의 기준주행속도는 일반적으로 0.2~0.6 m/min이다. 〔그림 8.6.6〕을 참조한다.



(1) 평면도 (2) 단면도

[그림 8.6.6] 주행브리지식 슬러지수집기

설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 침전지의 길이가 긴 횡류식 침전지에 적용되며 특히 여러 개의 침전지가 병렬로 배치된 경우, 거더(girder)에는 주행레일로부터 횡행레일로의 환승기구를 구비하고 1대로 전체 침전지의 슬러지를 수집할 수 있는 이점이 있다.

② 대형으로 구성부품이 많으며 구조가 복잡하다. 또한 왕복구동방식으로 기동, 정지, 회송의 위치제어가 명확해야 한다.

③ 수집판용 수중롤러(고무롤러)의 교환, 와이어로프의 교환을 침전지상에서 할 수 있도록 레이크암을 고정시킬 수 있는 훅을 설치해야 한다. 또 침전지 위에서 안전하게 교환작업을 할 수 있는 장소를 고려해야 한다.

④ 급전(給電)방식은 토크모터식인 케이블드럼방식을 사용하는 것이 일반적이고, 캡타이어케이블(cabtyre cable)을 감는 장치가 케이블을 순서대로 잘 감아서 꺼낼 수 있도록 충분히 배려해야 한다. 또 주행 중에 비상정지할 수 있는 비상정지스위치를 설치한다.

슬러지수집판 대신에 흡입관으로 슬러지를 펌프로 흡입하는 방법이나 사이펀방식을 이용하는 주행브리지형도 있다(5.5.7. 슬러지 배출설비 참조).

8.6.3 공기공급원 장치

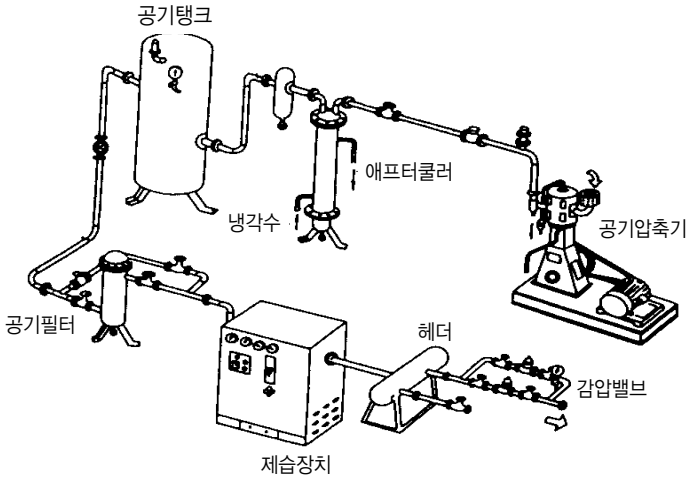
공기공급원 장치는 다음 각 항에 따른다.

1. 공기압축기는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것으로 한다.
2. 공기압축기는 이물질 혼입을 방지하기 위하여 흡입측과 토출측에 필터를 설치한다.
3. 공기압축기 소음을 저감시키기 위하여 흡입측에 소음기(silencer)를 설치한다.
4. 압축공기의 수분과 기름성분을 제거하기 위하여 애프터쿨러(after cooler)와 유수분리기를 설치한다.
5. 사용공기량의 변동에 대응하기 위하여 공기탱크를 설치한다.
6. 압축공기 중의 수분을 제거하기 위하여 제습장치를 설치한다.
7. 안전성과 신뢰성을 확보하기 위하여 각종 안전장치를 설치한다.

【해설】

공기공급원 장치는 공기압축기 이외에 제습장치 등으로 구성되며 계측제어용, 밸브류의 구동용, 엔진의 기동용 등에 사용되고 있다. 공기공급원 장치를 채택할 경우에는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것을 설치한다. 또 예비기 설치에 대해서도 검토해야 한다.

공기공급원 장치의 예를 〔그림 8.6.7〕에 나타내었다.



[그림 8.6.7] 공기공급원 장치의 예

1.에 대하여 ; 공기압축기는 회전식과 왕복동식으로 크게 구별된다.

1) 회전식 압축기로 많이 사용되는 형식으로는 스크루 압축기가 있으며, 급유식과 무급유식이 있다.

왕복동식에 비하여 일반적으로 소형, 경량, 고속이고, 구조도 간단하며 설치면적을 작게 할 수 있고 운전과 보수도 용이하다. 또 흡입·토출밸브를 필요로 하지 않으므로 토출기류에 맥동이 적다.

회전식 압축기의 토출공기제어에는 언로더(unloader)운전, 속도제어, 자동기동-정지(on-off) 방식 등이 있다.

2) 왕복동식 압축기로는 피스톤과 실린더의 사이에 윤활유를 사용하는 급유식과, 사용하지 않는 무급유식이 있다. 계측제어나 공기혼입(aeration)용으로는 무급유식 압축기가 일반적이다.

무급유식 압축기로는 라비린스(labyrinth)식, 피스톤링에 카본 또는 테프론을 사용하는 카본링식과 테프론링식 등이 사용되고 있다.

왕복동식 압축기는 효율이 좋고 높은 압력을 얻을 수 있지만, 사용공기량이 많아지면 피스톤이 커지고 관성력이 커지기 때문에 진동이 커져서 기초를 튼튼히 해야 한다.

왕복동식 압축기의 토출공기량제어는 압력조절밸브나 압력개폐기와 전자밸브와의 조합에 의하여 흡입폐쇄나 흡입밸브개방 등의 언로더운전으로 한다. 소형인 경우에는 압력개폐기에 의한 자동온오프방식이 있다.

3) 필요 공기량은 다음 각 항을 참고하여 결정한다.

⑴ 실공기소비량

실공기소비량은 개개의 기기 등의 공기소비량에 최대사용기기의 수를 곱한 양으로 한다.

⑵ 총공기소비량

총공기소비량은 배관에서의 누설, 잡일에서의 소비 및 소비설비의 증설 등을 고려하여 실공기소비량에 20 % 정도의 여유를 본다. 압축기의 총토출공기량은 총공기소비량의 1.5~2.0배로 하는 것이 일반적이다.

2.에 대하여 ; 압축기는 흡입공기에 이물질이 혼입되면 압축기의 피스톤, 실린더 및 밸브 부분에 손상을 주게 되므로 흡입측에 필터(filter)를 설치한다. 또 공기공급원 장치내에서 발생하는 이물질(카본, 제습장치의 겔 분말)을 토출시키지 않도록 하기 위하여 토출측에도 필터를 설치한다.

필터에는 건식, 습식 및 흡착식이 있지만, 일반적으로는 건식필터가 부속으로 장착되어 있다.

3.에 대하여 ; 압축기의 소음을 저감하는 소음기(silencer)는 압축기의 흡입측에 부착된다.

소음기에는 공동형, 공명형, 흡음형, 충진형 등이 있으며 이들을 여러 가지로 조합하여 사용한다. 소음기는 압축기의 토출압력, 공기량, 온도, 맥동의 크기 등에 의하여 형상과 크기가 다르다.

4.에 대하여 ; 압축공기 중에는 다량의 수증기와 기름성분이 포함되어 있고 혼입된 수증기는 토출공기 중에서 온도가 내려감에 따라 응축되어 물로 되며 말단기기나 배관 및 밸브를 조기에 부식시키고 압력손실을 증가시키는 등의 폐해가 발생한다. 이 때문에 수분과 기름성분을 제거하는 것을 목적으로 애프터쿨러(after cooler), 유수(油水)분리기 등을 설치한다.

5.에 대하여 ; 공기탱크는 공기를 저장하고 사용공기량의 변동에 대응하기 위한 목적 외에도 왕복동식 압축기와 같이 공기가 간헐적으로 토출되는 방식에서는 맥동을 완화시키기 위하여 설치된다. 공기탱크에는 배수구를 설치하여 수분을 배출할 수 있도록 한다.

공기탱크는 제2종압력용기로서 「산업안전보건법」의 보일러 및 압력용기의 안전규칙에 의하여 구조와 강도가 정해지고 있으므로, 공인기관에 의한 검정을 받은 것을 설치해야 한다.

6.에 대하여 ; 애프터쿨러로 수분을 제거시킨 공기는 그 온도의 포화수증기를 포함하고 있으므로, 수분을 더욱 완전하게 제거하기 위해서는 제습장치를 설치한다.

제습장치에는 흡착식과 냉동식 등이 있다. 〈표 8.6.1〉에 흡착식과 냉동식을 비교하였다.

7.에 대하여 ; 안전장치로는 다음과 같은 것들이 있다.

① 안전밸브 ; 압력이 비정상적으로 상승하는 것을 방지하는 것으로 토출용량은 압력용기의 구조규격에 규정되어 있는 계산식에 의하여 정해야 한다.

② 유압스위치 ; 윤활유의 압력이 비정상적으로 저하된 경우에 압축기를 정지하거나 또는 경보를 발령함으로써 기기의 비정상을 알려서 고장을 미연에 방지하는 것이다.

③ 단수릴레이 ; 냉각수량이 규정치 이하로 된 경우에 압축기를 비상정지시키는 것이다.

〈표 8.6.1〉 흡착식과 냉동식의 비교

		흡 착 식(건 조 제 식)		냉 동 식
		히터(heater)식	히터리스(heater-less)식	
용도		냉동식에 비하여 낮은 노점을 얻을 수 있다(대기압 -30~-40 ℃). 그 때문에 일반 계측제어용으로 최적이며 또한 「고압가스안전관리법」의 적용을 받는 방폭형 기종도 있다.		낮은 노점을 필요로 하지 않는 계측제어용이나 잡공기용으로 알맞다(대기압 노점 -17~-20 ℃). 또한 방폭불가
특징	장점	히터식은 제습과 재생의 절체시간도 길고(약 8시간) 버리는 재생공기도 적다.	히터와 송풍기(blower)가 필요 없으므로 장치가 컴팩트하고 유지보수가 용이하다. 또한 소비전력도 적다. 히터식에 비하여 건조제(synthetic deolite)의 용량이 적다.	브라인(brine)에 의한 간접냉각식인 경우에는 부하(처리량) 변동에 의한 노점온도의 변화가 적고 에너지 절약 효과도 높다. 패키지형이기 때문에 안전하다. 건조제를 정기적으로 교체할 필요가 없다.
	단점	건조제(활성alumina)의 용량이 히터리스형에 비하여 많고, 약 3년마다 교체해야 한다.	제습과 재생의 절체시간이 짧고 (약 5분) 연간 재생회수가 가장 많다. 다량의 재생공기를 버린다(퍼지음이 크다). 또 노점도 안정되기 어렵다.	흡착식에 비하여 낮은 노점을 얻을 수 없으므로 중요한 계측제어용에는 부적합하다. 냉매를 적당하게 보충해야 한다.
경제성		초기투자비가 높다. 히터와 송풍기 때문에 소비전력이 크다.	냉동식보다 높지만, 히터식보다는 저렴하다. 히터식보다 소비전력은 적지만, 재생퍼지(purge)유량이 많기 때문에 비경제적이다(순환식도 있다).	초기투자비가 가장 높다. 흡착식에 비하여 운전비용이 저렴하다.

8.6.4 크레인·호이스트

크레인과 호이스트는 운전의 안전성과 정확성을 중요시하는 기종으로 한다.

【해설】

크레인(crane)은 동력을 이용하여 무거운 물건을 들어올리고 또한 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계장치로서, 여기서는 이동식 크레인과 데릭(derrick)은 포함하지 않았다. 무거운 물건을 들어올리는데 동력을 이용하고 수평이동에 인력을 사용하는 것은 크레인에는 포함되지만, 무거운 물건을 들어올리는 것을 인력으로 하고 수평이동에 동력을 이용하는 것은 크레인에 포함되지 않는다.
호이스트(hoist)란 전기호이스트, 전기체인블록, 전동윈치 등의 총칭으로 전동기, 감속장치, 권상장치(와이어로프식에 있어서의 드럼, 체인식에 있어서의 도르래), 훅블록(hook block) 및 제어장치 등을 일체로 한 권상장치로서 수평이동장치를 구비한 것도 있다.

체인블록이란 로드체인(load chain)이 맞물고 있는 도르래(load sheave)를 감속기구와 제어기구를 통하여 손쇠사슬 바퀴를 조작함으로써 물건을 감아올리거나 내리는 것이다.

1. 천정크레인

천정크레인은 펌프, 전동기 등 대형기기의 반출입과 설치, 해체 등에 사용하기 위하여 설치되는 것이다. 건물 내에 설치되는 경우에는 건물측면 상부에 주행레일을 고정시키고 그 위를 주행하는 새들(saddle)에 주행거더(traveling girder)를 설치하고 또 그 주행거더 위에 크래브(crab)를 설치한 것으로 각각 주행장치를 가지고 있으며 크래브에는 인상장치를 갖는다([그림 8.6.8] 참조).

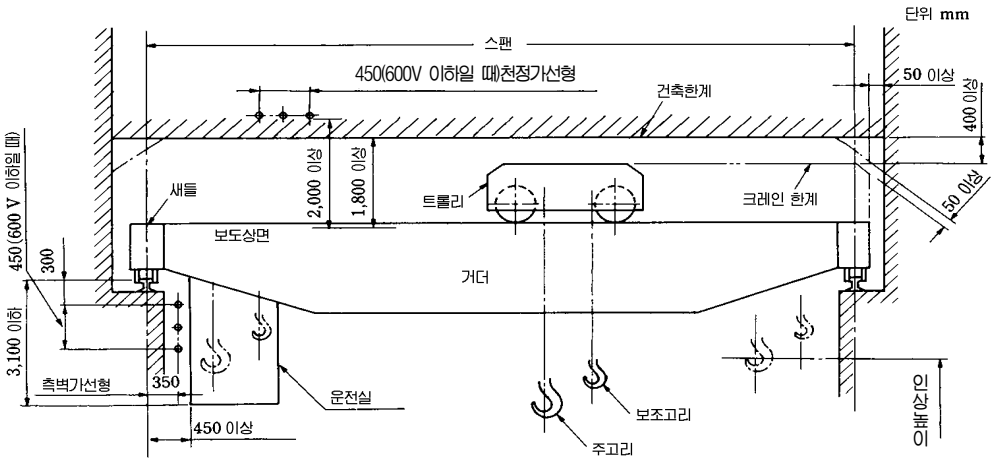
장치의 구동방식에 따라 전동천정크레인, 수동천정주행크레인 또는 호이스트형크레인 등이 있다.

전동식은 감속기와 브레이크를 구비한 전동기로 구성된다. 주행거더와 크래브에 전기를 공급하는 방식은 트롤리선에 의한 집전방식이나 캡타이어케이블에 의한 방식이 있다.

크레인에 있는 점검용 난간(handrail)과 승강사다리에는 전락방지울타리를 구비해야 하며, 전동크레인의 전원에는 개폐기를 각각 구비해야 한다.

수도시설에 설치하는 전동크레인은 인양속도 3~6 m/min, 횡행속도와 주행속도 10~20 m/min 정도인 것이 일반적이다.

천정크레인의 구조는 크레인 등의 안전규칙과 크레인구조규격에 적합해야 한다.



[그림 8.6.8] 천정주행 크레인의 예

2. 전기호이스트

전기호이스트는 무겁지 않은 펌프 등을 들어올려서 설치하는데 사용되며 종류로는 다음과 같은 것이 있다.

① 전동주행형(motor operating traveling type)

거더에 현수되거나 사이에 걸려서 주행하는 것이다.

② 체인주행형(chain operated traveling type)

거더에 현수되거나 사이에 걸려진 크래브를 아래쪽 바닥에서 체인으로 조작하거나 이송시키는 것이다.

③ 로헤드형(low head type)

건물의 천정 높이에 제한이 있는 경우에 사용되며, 와이어로프를 상한까지 감았을 때에 매달린 쇠장식과 거더 하부의 거리를 가능한 한 단축시킨 것이다.

3. 체인블록

체인블록은 표준품을 사용한다.

① 체인블록은 크레인 등 안전규칙 및 크레인구조규격에 준한다.

② 체인블록의 트롤리가 모노레일식인 것은 형강(I형 또는 H형)으로 한다.

8.6.5 환기·공조설비

환기·공조설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 발열원으로 되는 기기를 설치하는 장소와 유해가스가 발생하는 장소에는 환기설비를 설치한다.
2. 컴퓨터 시스템 등의 전자기기를 설치하는 장소에는 그 기기에 알맞은 공조설비 등을 설치한다.

【해설】

수도시설에는 기계실, 전기실 또는 약품실과 같이 발열원으로 되는 기기나 소독용 약품과 같은 유해가스가 발생될 우려가 있는 것들이 있다. 이들 설비를 설치하는 장소에는 안전확보 또는 기기의 정상적인 기능확보, 수명연장을 위하여 환기·공조설비를 설치해야 한다.

1.에 대하여 ; 환기에는 자연환기식과 기계환기식이 있다.

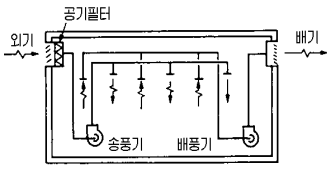
기계환기식에는 제1종으로부터 제3종까지의 3방식이 있다.

제1종 환기법은 외기를 기계적으로 급기하면서 실내의 오염공기를 기계적으로 배기시키는 방식이다.

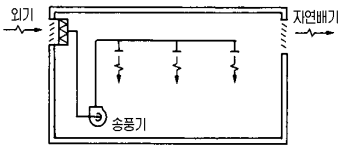
제2종 환기법은 외기를 기계적으로 급기하면서 배기는 배기구 또는 빈틈에서 자연스럽게 배출시키는 방법으로 연소공기를 필요로 하는 실 등의 환기에 적합하다.

제3종 환기법은 실내공기를 배풍기에 의하여 배기하면서 동시에 개구부에서 외기를 자연스럽게 유입시키는 방식으로 국소적으로 배기를 필요로 하는 실에 적합하다.

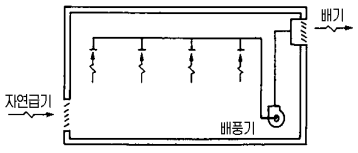
각각의 환기법을 〔그림 8.6.9〕~〔그림 8.6.11〕에 나타내었다. 환기와 관련되는 법규로는 「건축법」, 「산업안전보건법」등이 있다. 환기방식과 환기량을 〈표 8.6.2〉에, 가스터빈 발전기의 환기계통도를 〔그림 8.6.12〕에 나타내었다.



[그림 8.6.9] 제1종 환기법



[그림 8.6.10] 제2종 환기법



[그림 8.6.11] 제3종 환기법

〈표 8.6.2〉 환기방식과 환기량(예)

	환기가 필요한 요인				환 기 방 식				환 기 량
	열	연소가스와 산소공급	습 기	유독가스	자연환기	제1종환기	제2종환기	제3종환기	환기횟수(회/h)
기 계 실	○					○		△	5
고압가스봄베실				○	△	○		△	5
변 전 실	○					○		△	주) 1
분 전 반 실	○					○		△	4
자 가 발 전 실	○	○				○			주) 2
축 전 지 실				○		○		△	10~15

비고 : ○는 일반적으로 채택하는 방식, △는 채택해도 좋은 방식.
고압가스 봄베실, 분전반실 등의 필요 환기량은 위 표의 환기횟수에 실의 용적을 곱하여 산출한다.

주) 1. 변전실의 필요환기량 $Q(m^3/h)$는

$$Q=\frac{1,000H}{0.33(t_1-t_2)}\ (m^3/h)$$

여기서
H : 변압기의 발열량(다음 표 참조)
t_1 : 변전실의 허용최고온도(=40 ℃)
t_2 : 하절기의 설계외기온도(℃)

자냉식 변압기의 발열량 H (단위 : kW)

구분 \ 변압기 용량 kVA		20	30	50	75	100	150	200	300	500
유 입 변 압 기	단 상	0.49	0.67	1.01	1.53	2.03	2.74	3.44	-	-
	삼 상	0.59	0.83	1.28	1.76	2.24	3.21	4.07	5.78	8.64
몰 드 변 압 기	단 상	0.67	0.95	1.34	2.00	2.48	3.37	4.91	-	-
	삼 상	0.88	1.10	1.56	2.30	3.00	3.70	4.41	5.67	10.1

주) 2. 자가발전장치의 정지 중에 건물환기는 5회/h로 하고, 발전장치가 운전되고 있을 때의 발열과 연소에 의한 필요환기량은 다음 식으로 구한다.

1) 디젤발전장치의 발열과 연소에 필요한 환기량

① 급기량 $Q_1(m^3/h)$는

$$Q_1=\frac{1,000H_G}{0.33(t_1-t_2)}+V\ (m^3/h)$$

여기서
H_G : 자가발전장치의 발열량(다음 표 참조)(kW)
t_1 : 자가발전실의 허용최고온도(=40 ℃)
t_2 : 외기온도(일최고온도 평균치의 최고치) (℃)
V : 수냉식 자가발전기의 연소공기량(다음 표 참조)(m^3/h)

② 배기량 $Q_2(m^3/h)$는

$Q_2 = Q_1 - V$

수냉식 자가발전장치의 발열량(디젤기관)

발전기의 정격용량 kVA	37.5	50	62.5	75	100	125	150	200	250	300	375	500
발열량(H_G)(kW)	10.2	12.4	14.9	17.4	22.1	26.3	30.7	39.1	45.1	52.4	59.9	76.3

수냉식 자가발전장치의 연소공기량(디젤기관)

발전기의 정격용량 kVA	37.5	50	62.5	75	100	125	150	200	250	300	375	500
연소공기량(V)(m^3/h)	250	330	410	490	640	990	1,180	1,560	1,760	2,100	2,350	3,110

주) 125kVA 이상은 과급기관(過給機關)을 부착한 것으로 한다.

2) 가스터빈 발전장치인 경우에 필요환기량의 참고치(엔클로저의 흡기 중에서 가스터빈의 기관흡기를 발전기실에서 흡기하는 경우)([그림 8.6.12]참조).

① 급기량 Q_1(m^3/h)는

$Q_1 = 3600 \times Q_C + 0.95 \times Q_2$($m^3/h$)

② 배기량 Q_2(m^3/h)는

$Q_2 = 60 \times (Q_D + 1.05 \times Q_E + Q_G)$($m^3/h$)

여기서

Q_C : 엔클로저(enclosure)의 흡기 중에서 가스터빈의 기관흡기량(m^3/s)

Q_D : 발전설비실에서 국부(천정 바로 아래 등)의 환기로 체류발생을 방지하는데 필요한 공기량(m^3/min)

$$Q_D = 0.06 \times \frac{A_1 \times q_1 + A_2 \times q_2}{47.5 - t_x} \times 860$$

여기서

A_1 : 발전기실내에 설치된 기관배기소음기의 표면적(m^2)

A_2 : 발전기실내에 설치된 기관배기관의 표면적(m^2)

q_1 : 기관배기소음기의 표면적 $1m^2$당, 1시간당 방열량(kW/m^2)

q_2 : 기관배기관의 표면적 $1m^2$당, 1시간당 방열량(kW/m^2)

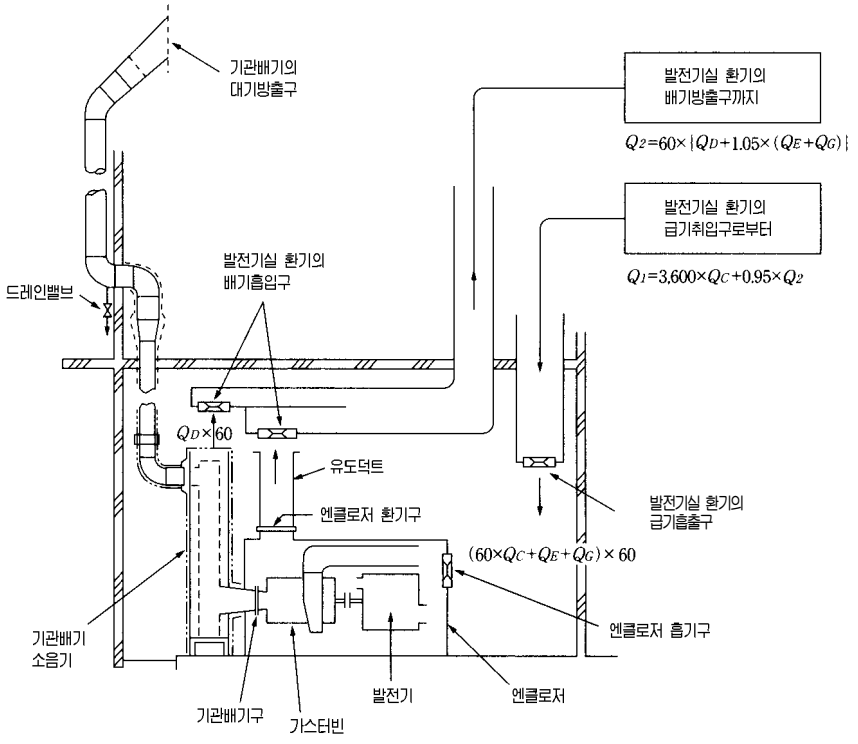
t_x : 최고외기온도$\left(= \frac{1}{2} \times (40 + t_1)\right)$(℃)

t_1 : 일최고기온의 월평균치 중 8월의 값(℃)

47.5 : 체류된 더운 공기의 온도(가정)

Q_E : 엔클로저의 흡기 중 가스터빈의 기관(윤활유)냉각용 팬 등이 흡인하는 공기량(m^3/min)

Q_G : 엔클로저의 흡기 중 발전기의 (자기)냉각용 팬 등이 흡인하는 공기량(m^3/min)
(발전기의 윤활유 냉각용 팬인 경우에는 그 공기량도 Q_G에 포함)



[그림 8.6.12] 가스터빈발전기의 환기 계통도

2.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템 등의 전자기기는 각각의 정해진 온도·습도의 범위를 넘으면, 여러 가지 장애가 발생한다. 즉, 고온 상태로서는 고장률 증대, 수명 저하, 아날로그신호의 오차증대, 오동작, 기기 과열 등의 나쁜 영향을 미칠 우려가 있다. 또 저온상태에서는 아날로그신호의 오차 증대, 오동작 등의 우려가 생긴다. 더욱이 고습도 또는 저습도의 상태에서는 절연저하, 녹이나 부식의 진행, 정전기 방전장애에 의한 기기의 오동작 및 고장 등의 나쁜 영향이 나타날 우려가 있다. 특히, 컴퓨터 시스템의 고장률은 주위온도와 습도의 영향을 받기 쉬우므로 기기의 사용조건 범위내가 되도록 고려해야 한다.

컴퓨터 시스템 등을 설치하는 장소에는 열부하조건, 공기청정도 및 운용시간이 일반사무실과 다르기 때문에 전용의 공조설비를 설치하는 것이 바람직하다. 컴퓨터 시스템 등의 환경에 대해서는 공업용 계산기 설치환경기준이 있고, 온도와 습도 등을 조사하여 결정한다.

컴퓨터 시스템 등에의 급기는 허용되는 범위로 비교적 저온의 공기를 흡입시키는 편이 좋다. 그러나 이들을 실내에서 흡입하면 실온이 재실자의 쾌감조건보다 지나치게 낮아지기 때문에 기계에 직접 또는 기계 바로 곁의 바닥에서 흡입시키는 등 재실자의 쾌감온도를 만족하도록 조치하는 것이 바람직하다. 또 프로세스 컨트롤 등으로 현장에 설치하는 전자기기에 대해서는 그들 기기의 허용온도나 습도 등을 만족하는 공조설비 등으로 하는 것이 바람직하다.

감시실 등 상시 재실자가 있는 방의 온도와 습도 조건은 「건축법시행령」을 준용하면 다음과 같다.

온도 : 17 ℃ 이상 28 ℃ 이하

습도 : 40 % 이상 70 % 이하

8.6.6 용존공기부상지(DAF)의 기계설비

용존공기부상지의 기계설비로서는 다음과 같은 것들이 있다.
1. 가압탱크(saturator, 또는 압력용기포화기)
2. 순환수 공급시설(recycling water system)
3. 순환수 분배관(recycle header) 및 미세기포 발생 노즐(nozzle)

【해설】

1.에 대하여 ; 가압탱크(포화기라고도 한다)를 이용한 공기포화시스템은 부상공정 동력비의 약 50 %를 차지하므로 적절한 포화시스템을 선정하고 설계하는 것이 운영비를 최소화하기 위하여 매우 중요하다. 각 계열별로 순환펌프(recycle pump)를 가동하고 가압탱크의 상부에서 순환수가 유입되며, 압축공기는 가압탱크의 상부 또는 중간에서 주입되는데 원활한 물 순환을 위하여 입자상의 물질이나 기름을 미리 제거해야 한다. 공기압축기는 오일을 사용하지 않는 압축방식(oil-free compressor)이 유지관리가 어렵고 신뢰성이 낮으므로, 표준형 로터리 스크루방식(rotary screw)에 오일을 제거하기 위한 필터를 사용하는 것이 유리하다.

한편, 가압탱크는 수위조절이 가능하도록 변속구동이 가능한 순환수펌프(recycle pump)에 의하여 유량을 조절할 수 있다. 가압탱크로부터 DAF로의 순환수량은 포화압력, 분사노즐의 개수 등에 따라

결정된다. 원수 유입량이 적은 경우에는 표면부하율을 낮추기보다는 유량에 따라 DAF부상지의 가동지수(池數)를 적절히 조절하여 운영하는 것이 유리하다. 이렇게 운영방안을 수립하면 공기압축기와 순환수펌프의 기동/정지 빈도를 최소화할 수 있다.

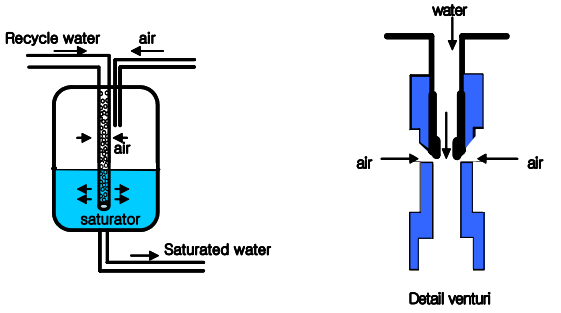
압력이 가해진 상태에서 공기로 포화된 물은 매우 부식성이 강하다. 따라서 가압탱크의 재질로 연강을 사용할 경우에는 내식성 라이닝이 필요하다. 가압탱크와 부상조 간의 연결배관은 플라스틱이나 스테인리스강의 재질을 사용해야 한다. 부상지까지의 공급배관은 수두손실에 따른 사전 공기발생을 피하기 위하여 가능한 한 짧도록 하기 위하여 가압탱크를 부상지에 근접시켜야 한다. 가압탱크에 공기를 포화시키는 방법으로는 벤투리방식(ejector + separator)과 여재충전방식(packed bed saturator)이 있다.

1) 벤투리 방식([그림 8.6.13])

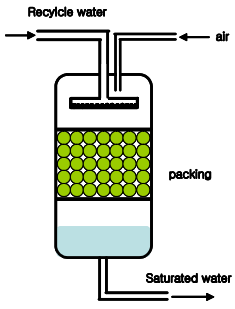
순환수는 펌프에 의하여 압력이 가해져서 벤투리(ejector)를 통과한다. 벤투리는 배관 중의 좁혀진 부분으로 수직형 가압탱크의 중심적인 위치이다. 가압탱크는 일부 물로 채워지고 공기압축기에 의하여 가압된다. 벤투리의 좁혀진 목 부분에서 진공이 형성되어 벤투리 개구부를 통하여 물에 잠겨진 배관 속으로 공기를 빨아들인다. 공기는 강력하게 물과 섞여지고 물과 기포와의 혼합물이 가압탱크 내에 저장된다.

가압수 중의 기포는 배관에서 장애를 일으키고 접촉지에서 생성된 미세기포의 구름을 흩뜨리거나 노즐에 손상을 입히므로, 기포가 수면까지 빠져나갈 수 있도록 충분한 포화수의 체류시간으로 해야 한다. 가압탱크에는 안전밸브가 장치되어 있으며 순환수 제어밸브에 연동되어 가압탱크의 수면이 일정하게 유지되고 가압탱크 압력 또한 압축기와 연동되어 일정 범위로 유지된다.

벤투리 속에서 물의 속도는 목의 직경에 따라 결정되며 이는 가압탱크의 효율과 직선적으로 비례관계를 나타낸다. 즉, 더 빠른 유속은 더 높은 효율을 얻을 수 있다. 유속 8m/s에서 공기포화효율은 공기포화압력과 직선적인 관계를 나타낸다. 효율 90~100 %를 얻기 위해서는 목에서의 유속은 최소 10~12m/s, 최소요구절대압력 700~800kPa가 필요하다.



[그림 8.6.13] 벤투리식 가압탱크(포화기)



[그림 8.6.14] 여재충전식 가압탱크

2) 여재충전방식(packed bed saturator)([그림 8.6.14] 참조)

여재충전방식인 가압탱크는 배관을 통하여 가압탱크 내부에 충전된 패킹 상부에서 순환수를 분사기로 분사시킨다. 공기도 가압탱크 상부에서 유입되고 공기와 순환수는 같은 방향의 흐름 형태를 나타낸다.

충전여재(packing material)는 여러 가지 크기(15~75mm)와 형상(hollow ring, pall ring, cyl. ring, saddle, ball), 재질(세라믹, 플라스틱, 금속)로 만들어 질 수 있다. 물 속으로의 공기이동을 촉진시키기 위하여 패킹은 큰 비표면적을 가져야 한다.

가압탱크 내의 수면은 패킹이 물 속에 잠기지 않도록 가능한 한 일정하게 유지되어야 한다. 수위감지기의 신호에 의하여 순환수 펌프의 회전속도를 제어하거나 순환수 조절밸브를 제어함으로써 가압탱크의 수면을 제어할 수 있다.

여재충전식 가압탱크는 효율저하 없이 300~2,500m^3/m^2·day 범위에서 운전될 수 있으며, 패킹 깊이 0.8m인 25mm 폴리프로필렌(pall rings)패킹은 100 % 포화효율을 발생하기에 충분하다.

여재충전방식 가압탱크의 불리한 점은 생물성장에 의하여 막힐 위험성이다. 가압탱크의 부하율(1,000~2,000m^3/m^2·day)이 일반 완속여과지의 부하율(10m^3/m^2·day)보다 훨씬 높으므로 생물성장에 의한 문제발생은 결코 바람직하지 않다. 순환수의 부유입자들은 패킹층에 장애를 일으킬 수 있고 잦은 청소를 필요로 하게 된다.

벤투리형 가압탱크가 여재충전식 가압탱크와 같은 성능을 발휘하기 위해서는 여재충전식 가압탱크의 운전압력보다 약 200kPa 정도 더 높은 운전압력이 요구된다. 물 또는 수증기와 접촉하는 모든 부품은 STS316 스테인리스강이나 그 이상의 재질로 해야 한다.

2.에 대하여 ; 순환수 공급시설에는 순환수 펌프, 공기압축기설비 및 가압탱크, 순환수 분배관(recycle header)과 순환수 주입장치로 구성된다. 순환수 공급시설에 소요되는 동력비는 전체 운전비의 약 50 %를 차지하며, 따라서 순환수 공급시설의 최적화는 운전비를 최소화하는데 있어서 매우 중요하다.

1) 순환수 펌프(recycle pump)

순환수 펌프는 가압탱크 1대에 펌프 1대를 적용하며 예비기를 1대 둔다. 순환수 펌프는 DAF유출수의 일부를 가압탱크에 공급하고 순환시켜 가압탱크에서 공기가 용존되도록 하고 가압탱크의 운전압력과 순환수량을 연계하여 자동변속으로 운전되도록 구성된다.

2) 공기압축기(compressor) 설비

공기압축기 설비는 공기저장조를 거쳐서 또는 직접 가압탱크(saturator)에 압축공기를 공급하며 항상 일정한 압력을 유지하기 위하여 직접 가압탱크에 공급하는 경우에는 가동빈도가 높다고 볼 수 있다. 따라서 공기압축기는 유지보수가 편리하고 고장이 적은 기종을 선정하는 것이 바람직하다. 예비기를 확보해야 하며 예비공기압축기는 어느 가압탱크에나 사용할 수 있도록 구성해야 한다.

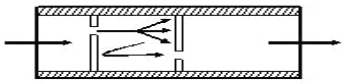
3.에 대하여 ; DAF조에는 순환수 분배관(recycle header)을 지의 폭에 걸쳐 순환수가 고르게 배분되도록 배관한다. 그 방법으로 하나의 순환수 주입장치(recycle injection header)는 순환유량에 대한 총 오리피스 면적의 2/3를 갖도록 하고, 나머지 하나는 1/3을 갖도록 하여 설계순환수 유량의 33 %, 67 % 또는 100 %를 공급할 수 있는 방법을 채택한 곳도 있다. 헤더에는 각 노즐이 일정한 간격으로 배치된다.

DAF공정에서 효과적으로 미세기포를 발생시키기 위하여 갑작스런 압력감소에 이은 다음 단계에 심한 난류흐름을 이용해야 한다. 이러한 목적으로 사용되는 노즐은 고정식(WRC 노즐, bete 노즐)과 조정식(DWL 노즐, AKA 니들밸브)의 두 가지 형태가 있다. 물과 기포가 분출구를 고속으로 통과하는 동안 상당한 부식과 침식이 발생할 수 있으므로 기구들은 대부분 스테인리스강으로 만들어진다.
현재 넓은 범위의 고정식 노즐들이 적용되고 있다. 이들은 모두 다음 4가지 특징을 가지고 있다.

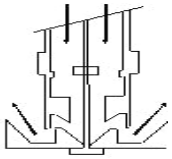
- 분출구에 최대한 근접하여 1 단계의 순간적인 압력강하
- 오리피스 입구에서 흐름 방향의 갑작스런 변환(대개 90°)
- 오리피스를 지난 후 흐름을 유도하는 적절한 각도와 형상의 와류실(shroud)
- 분출속도의 감소와 기포의 확산을 돕는 점증 형상의 분출구

고정식(WRC) 노즐의 모양은 아래 〔그림 8.6.15〕와 같다. 이 노즐은 압력을 줄이고 난류를 일으키는 2개의 오리피스로 구성되고, 이어지는 와류실은 순환수가 응집공정을 거친 물과 섞이기 전에 유속을 감소시킨다. 두 개의 오리피스 중 첫 번째 오리피스판은 부상지에 가해지는 순환수의 양을 조절한다. 두 번째 판은 공기 분출을 돕고 순환수가 와류실로 유입되기 전에 그 흐름 속도를 줄인다.

조정식(DWL) 노즐은 네덜란드의 물공급회사에서 개발되었으며 〔그림 8.6.16〕과 같다. 지그재그 모양의 개구부가 수류에 큰 저항을 주어서 본류에 적은 난류를 발생시킨다. 이 노즐은 청소를 위하여 쉽게 분해할 수 있다.



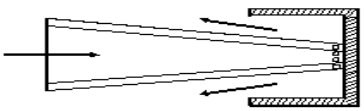
[그림 8.6.15] 고정식(WRC) 노즐



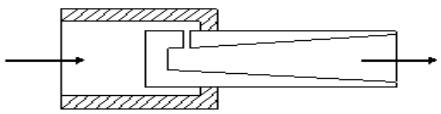
[그림 8.6.16] 조정식(DWL) 노즐

고정식 노즐은 사용하기에 아주 단순하므로 비록 장애를 일으킬 가능성은 있지만, 조정식 노즐보다 널리 사용된다. 따라서 여러 형식의 고정식 노즐들이 고안되었다. 고정식 노즐은 허용압력의 변동폭이 제한되지만 노즐을 2개 또는 3개 그룹으로 나누면 단계별로 용이하게 조정할 수 있다. 게다가 한번 가동되면 순환수량의 미세한 조정이 필요하지 않다.

조정식 노즐은 원수수질, 온도와 유량의 변화에 유연하게 적용될 수 있다. 노즐의 위치는 단지 실제적이고 경험적으로 고려될 수 있다. 적용되는 노즐의 수는 순환수 유량과 각 노즐의 용량에 따른다. 대개 m당 4~8개의 노즐이 채택되고 각각의 거리는 15~30cm 정도이다. 더 많은 수의 노즐을 사용하더라도 효율은 거의 변하지 않는다. 이 외의 NIWR노즐(〔그림 8.6.17〕 참조) 및 RICTOR노즐(〔그림 8.6.18〕 참조) 등이 사용되고 있다.



[그림 8.6.17] NIWR 노즐



[그림 8.6.18] RICTOR 노즐

8.7. 전기설비

8.7.1 총칙

전기설비는 전력회사로부터 전력을 공급받기 위한 수전설비, 부하의 전기방식 및 전압에 대응하는 변전설비, 부하에 전력을 배분하는 배전설비, 전동기구동을 위한 동력설비 및 건축전기설비 등으로 구성된다.

전기는 동력, 조명, 열, 통신, 계측제어, 그 밖의 설비에 대한 에너지원으로서 폭넓게 이용되고, 전력설비는 다른 설비와의 관계가 가장 많다. 또 전기설비의 사고는 단수나 수압저하 등의 결과를 초래하기 때문에 충분한 신뢰성을 갖는 설비로 구성하는 것이 설계할 때의 최우선 조건으로 된다.

상수도시설이 장기간 사용되는 것을 고려하면, 전력설비도 이에 대응하여 수명이 길고 안정된 설비를 채택해야 하며 장래의 교체에 대해서도 배려하는 것이 바람직하며 지진, 온도, 습도, 염해 등의 자연현상에 대해서도 충분한 내구성을 갖는 설비로 설계할 필요가 있다. 더욱이 전력비는 시설의 운전경비 중에서도 큰 비중을 차지하고 있으므로 전력을 합리적으로 사용할 수 있는 전력설비로 설계해야 한다.

최근의 전기기술은 전자기기와 전기재료의 발달에 따라 신뢰성과 안정성이 높고 우수한 보수성과 내환경성을 갖는 소형화, 경량화 및 에너지절약형의 방향으로 제품이 개발되고 있다. 이들 기술을 이용할 경우에는 앞서 설명한 점을 고려하여 각 수도시설의 목적에 적합한 전력설비를 구성해야 한다.

또한 전력설비의 설치, 유지 및 운용에 대해서는 「전기사업법」등 관계법령과 기준에 따라야 하며 특히 안전에 대하여 충분히 고려해야 한다.

8.7.2 기본설계

전력설비의 설계는 다음 각 항에 따른다.

1. 「전기사업법」, 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의판단기준」등에 적합하도록 설치한다.
2. 수도시설의 중요도에 알맞은 것으로 충분한 신뢰성을 가지고 있어야 한다.
3. 시설의 장래계획을 고려하여 증설과 교체가 쉽고 유연성이 있는 설비로 한다.
4. 운전과 유지관리가 쉽고 사고를 방지하기 위하여 안전성이 높은 것으로 한다.
5. 지진이나 그 밖의 자연재해에 대하여 충분한 강도와 안정성을 가져야 하며 복구성도 고려한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 전기설비의 설치 및 개량과 교체공사는 「전기사업법」등 관계법령과 기준에 따라야 한다.

「전기사업법」은 전기에 관한 기본법인 동시에 전기의 이용에 대하여 공공의 안전을 확보하기 위한 법이다. 전기설비의 안전관리대상은 「전기사업법」에 전기설비로 정의되었으며 전기설비는 일반용 전기설비와 전기사업용 전기설비, 자가용 전기설비로 구분되고 있다.

상수도시설에서 사용되는 전력설비는 일반용 전기설비와 자가용 전기설비에 해당되며 자가용 전기설비의 범위는 「전기사업법」에 규정되어 있다.

또한 「전기설비기술기준」은 전기설비의 설계와 시공 및 유지에 관한 최저기준이므로 수도에서의 전력설비는 그 중요성을 감안하여 필요에 따라 「전기설비기술기준」이상으로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 전력설비는 다음 사항을 고려해야 한다.

① 시설의 사용목적과 관련시설을 사전에 충분히 조사하여 전체 시스템으로서 일관성을 유지한다.

② 수전설비로부터 부하설비에 이르기까지 각 설비의 신뢰도에 우선순위를 붙여서 신뢰성과 경제성을 조화시킨다.

③ 기기는 신뢰성이 높고 수명이 긴 표준품으로 구성한다.

④ 기기, 회로, 시퀀서 등은 가능한 한 단순하고 간소하게 구성해야 하며 예비설비 등으로 이중화하고 백업시스템과 자동안전(fail-safe)시스템을 도입해야 한다.

⑤ 합리적인 배치와 함께 파급사고를 방지할 수 있어야 한다.

3.에 대하여 ; 상수도용 전기설비의 대부분은 장래 증설 가능성이 있으므로 설계할 때에는 추후에 증설하거나 교체할 때에도 지장 없이 공사할 수 있도록 다음 사항을 고려하여 설비를 구성한다.

① 기기의 배치가 합리적이어야 하며 동시에 적당한 여유 공간(space)을 갖고 있을 것.

② 전력배분이 적절해야 하고 교체하거나 증설공사 중에도 안정되게 운전할 수 있을 것.

③ 개량이나 교체공사로 인한 정전시간을 최대한 짧게 할 수 있도록 하고 또한 적절하게 정전을 구분할 수 있도록 구성할 것.

4.에 대하여 ; 전력설비의 사고는 즉시 단수 또는 수압저하를 초래하기 때문에 사고방지 대책이 필요하다. 일반적으로 사고는 우발적 사고와 인위적 사고로 나눌 수 있으며 가능한 한 신뢰성이 높은 기기를 사용하여 우발적 사고를 방지해야 하며 인위적 사고를 예방하기 위해서는 설계할 때에 다음 사항에 유의해야 한다.

① 보수점검에 필요한 충분한 작업공간을 확보하고 점검하기 쉽도록 기기를 배치하며 감전 우려가 있는 부분에는 감전방지용 보호덮개를 설치한다.

② 조작스위치, 램프 등은 오조작이나 착오의 우려가 없도록 배치해야 하며 조작회로에는 필요에 따라 인터로크 회로를 설치한다.

③ 기기의 전환조작 등은 가능한 한 자동화하고 연동화하며 오조작의 요인을 최소화해야 한다.

5.에 대하여 ; 지진시 주요구조물이 피해를 받지 않더라도 수·변전설비 등에 피해가 생기면, 수도시설의 기능이 마비된다.

전력설비는 구조물의 내진성능과 동일한 레벨을 목표로 하는 것이 바람직하다.
즉 지진이 발생된 경우에도 전력을 공급할 수 있어야 한다. 전력설비의 내진설계는 「건축법」 등에서 규정한 "내진설계기준"에 적합하도록 설치되어야 한다.

이 밖에 풍수해, 낙뢰 및 염해에 대하여 가능한 한 피해가 적도록 설치장소, 구조 및 보호설비를 고려한다.

8.7.3 수전계획

수전계획은 다음 각 항에 따른다.
1. 최대수요전력은 최종계획과 대상부하를 충분히 조사하고 운전방법 등을 고려하여 결정한다.
2. 계약전력은 전력회사의 전기공급약관에 따라 충분하게 협의하여 필요한 사항을 결정한다.
3. 수전방식은 시설의 중요도에 맞춰 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 최대수요전력은 어떤 시간대에서 부하설비가 동시에 가동하는 경우의 최대전력으로, 이것을 구하기 위해서는 기본부하를 조사해야 한다.

일반적으로 부하설비는 설비계획당초와 장래에서는 변화하는 것이 많으므로 전력설비의 설계에는 설비규모 등의 최종목표와 거기에 이르기까지의 연차계획을 파악해야 한다.

최대수요전력(수전용량)은 계획년도에 공칭능력의 도·송·배수 및 급수를 수행할 때 펌프 등의 주요설비와 부속설비의 전기적인 부하의 합계를 고려하여 정한다.

2.에 대하여 ; 「전기공급약관」은 「전기사업법」에 의해 운용방법 등이 정해지고 있다. 따라서 최대수요전력이 결정되면, 전력을 공급받고자 하는 전력회사와 수전계획에 대하여 「전기공급약관」등에 따라 상세한 협의를 해야 한다.

계약전력은 한국전력공사의 「전기공급약관」에는 사용설비 또는 변압기설비에 의할 수 있으며, 사용설비인 경우에는 개별입력을 합계한 전력에 대하여 75kW까지는 100 %를 적용하고, 그 다음부터는 75kW를 단위로 하여 85 %, 75 %, 65 %를 적용하며, 300kW 초과분은 60 %를 적용하여 합계한 것을 계약전력으로하고, 변압기설비에 의한 계약전력은 한국전력공사에서 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계(1kVA =1kW)로 하고 있다. 또한 수전전압은 계약전력별로 볼 때, 〈표 8.7.1〉와 같이 정할 수 있다.

〈표 8.7.1〉 계약전력과 수전전압(한국전력공사의 약관)

계약전력	100kW 미만	100kW초과~10,000kW	10,000kW초과~300,000kW	300,000kW 이상
수전전압	저압	고압(A)	고압(B)	고압(C)
	220V 또는 380V	3상 22,900V	3상 154,000V	3상 345,000V

그러나 이 표에 나타낸 수전전압은 전력회사의 표준이고 또한 일반적으로 수전전압이 높을수록 공급신뢰도는 높게 되지만 설비비가 비싸게 된다. 따라서 수전전압이 22.9kV 고압(A)와 154kV 고압(B)의 경계에 있을 경우에는 적당한 전압의 배전선로가 부근에 있는가의 여부와 장래의 시설확장가능성을 고려하여 충분하게 검토해야 한다.

3.에 대하여 ; 수도사업에서는 다른 수용가의 파급사고 등에 의한 정전을 피하기 위하여 전용선로에 의한 수전이 바람직하지만, 전력회사의 배전선로에 따라서는 곤란한 경우도 있다(〔그림 8.7.1〕 및 〈표 8.7.2〉 참조).

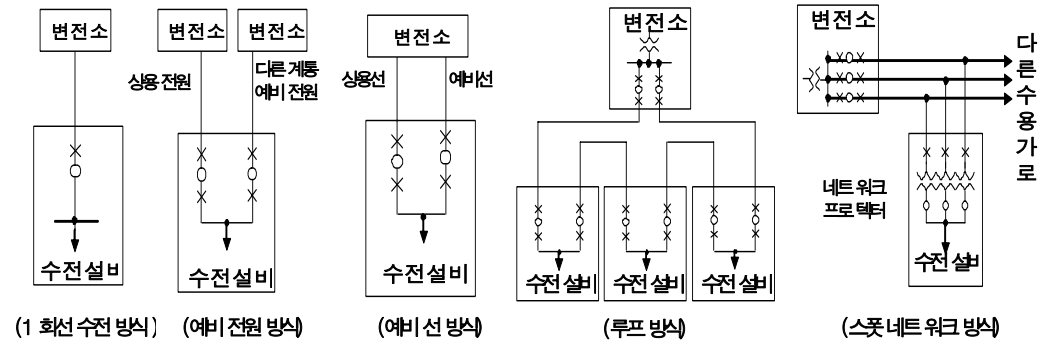
전력회사의 공사 등에 의한 계획정전이나 사고파급 등의 원인에 의한 정전을 고려하여 중요도가 높은 시설에서는 2회선수전으로 하고, 한 회선 고장시 다른 회선으로부터 수전할 수 있는 것이 바람직하다.

2회선 수전인 경우에는 상시공급변전소 이외의 변전소에서 공급을 받는 것이 바람직하나, 전력회사의 공급사정이나 공사비부담금에 의하여 실질적으로 수전이 곤란한 경우도 있으므로 전력회사와 협의하여 가능한 한 공급의 안정도가 높은 수전방식으로 한다.

인입방식에 대해서는 손상사고 등에 대한 신뢰성과 안전성 등을 고려하여 지중인입방식이 바람직하다. 또 인입관로에는 예비관로와 예비케이블을 설치해 놓으면 사고시 신속하게 대처할 수 있다.
전기설비를 설계할 때의 검토순서를 〈표 8.7.3〉에 나타내었다.

〈표 8.7.2〉 수전방식별 특성

수 전 방 식		특 성
1회선 수전		• 간단하고 경제적이나 신뢰도가 낮음
2회선 수전	서로 다른 변전소에서 각각 수전하는 방식	• 배전선 또는 공급변전소 사고시에 예비변전소로 절체함으로써 정전시간이 짧음
	동일 변전소에서 2회선으로 수전하는 방식	• 한쪽 배전선로의 사고시에 예비선으로 전기공급 가능
	루프방식	• 임의의 구간에서 사고시에도 정전이 안됨 • 전압변동률과 배전손실이 적음
스폿 네트워크 방식		• 무정전공급이 가능하고 전압변동률이 감소 • 부하증가에 대한 적응성과 설비이용률이 향상됨



[그림 8.7.1 수전방식]

〈표 8.7.3〉 전기설비설계 검토순서

항 목	내 용	검 토 사 항
1. 기본구상의 결정	• 신뢰성의 수준, 유지관리의 형태, 증설계획 등에 대하여 기본구상을 결정한다.	• 설치장소, 건물의 유무 • 다른 설비와의 조화, 설비수명(life cycle) • 유인 또는 무인관리 • 최종계획 또는 증설
2. 사전조사	• 기상, 지형, 유사시설의 예, 사고의 예, 법규 등의 사전조사를 실시	• 풍수해, 설해, 한해, 기압, 해수의 고조, 홍수, 뇌해 • 염해, 지진, 지반침하, 분진, 지하수, 전식 • 유사시설의 운용사례 • 인명, 설비, 조작, 화재 등 사고의 예 • 소음, 진동 등의 법규제
3. 부하조사 설비요령의 결정	• 부하를 조사하여 부하명세서를 작성하고 설비용량을 결정 • 부하내용을 확정할 수 없는 경우에는 전력원단위, 사례 등에 의하여 추정	• 부하의 종류, 용도, 용량, 대수 • 운전상황, 부하율, 예비기, 역률, 비상시운전 • 설치시기, 배치, 중요도
4. 수전전력의 결정 수전방식의 결정 자가발전설비와의 관계	• 설비용량으로부터 최대수요전력, 계약전력을 상정하여 전력회사와 협의 한 다음에 수전전압을 결정 • 수전전압으로부터 각종 수전방식의 장단점을 비교검토하고, 전력회사와 협 의한 다음에 수전방식을 결정 • 자가발전설비의 위치를 검토하고, 목적(비상용, 상용 peak cut)을 밝혀여 하며 상용과의 연계방식을 검토	• 최대수요전력, 계약전력, 수전전압, 계약종별, 부담금 • 전용 또는 일반회선 • 1회선수전, 2회선수전 또는 spot network 수전방식 등 • 인입방식, 책임분계점, 재산분계점, 전력안전통신 • 상용 또는 비상용, 시설운전용 또는 안전용, 상용연계의 유무, 전압, 절체방식, 부하제한, 소방용부하
5. 주회로단선결선도의 입안 • 변압기용량과 뱅크 • 모선구성 • 배전방식 • 배전전압	• 설비용량을 바탕으로 신뢰성과 경제성을 고려하여 변압기용량과 뱅크수 를 결정 • 설비규모, 설비배치, 운용방법들을 고려하여 모선을 구성하고 배전방식 을 결정 • 각 설비에서의 전기방식과 배전전압(6.6kV, 3.3kV, 380V, 220V, 110V)을 경제성과 안전성으로부터 결정	• 용도별, 여유, 역률, 기동전류, 임피던스, 최대수요전력, 부하율, 과부하 • 장래계획, 과거의 실적 • 모선형식, 배선방식, 부하군 분할, 배전구분, 불평형률 • 주기계, 보조기, 건축부대, 조명, 콘센트, 작업용전원
6. 주회로조건의 검토 • 정격전류 • 고장계산 • 역률개선	• 임피던스맵을 작성하고 각종 계산을 하며, 주요기기와 케이블의 시방을 선정 • 콘덴서의 용량과 뱅크수를 검토	• 정격전류, 임피던스, 단락전류, 지락전류, 전압변동, 허용전류, 전압 강하 • 콘덴서접속개소, 역률제어방식, 콘덴서용량, 리액터용량, 고조파대책
7. 각종용량계산	• 자가발전설비와 무정전전원설비(직류, 교류)의 용량 등을 결정	• 기종, 발전기출력, 원동기출력, 연료종별, 연료저장량, 소음, 급배기량 • 보상시간, 부하측요구조건, 병렬운전, 무순단절체(無瞬斷切替), 고조파 대책 • 축전지종별, 셀(cell)수, 충전방식

항 목	내 용	검 토 사 항
8. 계측보호방식의 검토	• 보호방식, 계측방식, 고조파대책 등의 상세한 내용을 검토한다.	• 과전류, 단락, 지락, 정전, 결상, 역상, 온도상승, 기기내부고장 • 선택차단방식, 동작협조곡선, 릴레이정정치(整定値), 절연협조 • 인터로크 • CT, ZCT, VT, ZPD, GVT • 전류, 전압, 역률, 전력, 전력량, 펄스취출
9. 법규상의 검토	• 「전기설비기술기준」등의 법규상에서 재확인 실시	• 피뢰기, 차단기, 보호계전기, 보호장치, 계측장치, 감시항목, 접지공사
10. 기기배치의 결정	• 장래계획 등을 검토한 다음 기본배치계획을 결정	• 증설대응, 교체대응, 보유거리, 점검통로, 작업공간, 반입공간, 배선로 선, 상의 하중, 천장높이 • 환기설비, 조명설비, 방화구획, 소방설비, 비상조명 • 조작성, 감시성
11. 제어방식의 검토	• 수·변전설비의 자동제어방식을 검토하고 필요한 기기를 선정	• 유인, 무인, 감시조작장소, 감시조작항목(현장, 원격), 통신회선, 자동제 어항목(수전회선절체, 부하이행, 소내 변압기절체, 역률제어), 디멘드(demand)감시 • 감시반, 모니터
12. 수·변전설비형식선정 기기 선정	• 수전설비형식 • 기기(변압기, 차단기 등)의 형식, 시방 결정 • 제어전원의 검토	• GIS, C-GIS, 차단기, 단로기, 개폐기, 접촉기, 전력 퓨즈, 피뢰기, 변압 기, 콘덴서, 리액터, 변성기, 보호계전기, 계기, 케이블 • 정격, 절연방식, 내열등급(class), 보호등급 • 옥내, 폐쇄, 다단적, 라치방식 • 제어전원(구분, 종별, 전압)
기타	• 관계기관 등과의 협의를 수시로 실시	• 산업자원부, 전력회사, 소방서, 통신공사 등

8.7.4 수변전설비

수·변전설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 수·변전설비의 주 회로구성은 점검보수시에 전체가 정전되지 않도록 구성하고 가능한 한 간소화한다.
2. 설비용량(kVA)은 최대수요전력(kW)에 충분히 대응할 수 있어야 한다.
3. 안전상의 책임한계점에는 구분개폐기로서 단로기 또는 부하개폐기(지락보호장치부)를 설치한다.
4. 책임한계점의 부하측 수전설비에는 부하전류와 고장전류를 안전하게 투입 하고 차단할 수 있는 주차단기를 설치한다.
5. 외부로부터 침입하는 이상전압(surge)에 대하여 효율적으로 보호할 수 있도록 피뢰기를 설치한다.
6. 변압기용량은 적정한 여유율을 가져야 하며 주요한 변압기는 2뱅크 이상 으로 구성하고, 고장시에는 회로에서 완전히 분리할 수 있어야 한다.
7. 특별고압용 개폐장치는 가스절연방식 또는 스위치기어방식으로 하며 고압용 개폐장치는 스위치기어방식을 표준으로 한다.
8. 기기와 재료를 선정할 때에는 사용목적과 설치장소를 고려하고 신뢰성이 높고 규격에 적합한 표준품을 선정한다.
9. 수·변전설비의 배치는 합리적이고 유지관리가 용이해야 하며 설치와 배선에는 충분한 안전성과 내진강도가 높은 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수·변전설비는 전력설비 중에서 가장 중요한 설비이므로 가능한 한 신뢰도가 높게 구성하는 것이 바람직하다.

수·변전설비의 주회로를 구성할 때에는 정기점검시에 전체적으로 정전되는 것을 피할 수 있도록 구성하고 보수를 위한 정전범위를 구분할 수 있는 것이 좋다. 또한 사고의 발생과 복구에 대비하여 가능한 한 간단한 회로로 구성하는 것도 필요하다.

2.에 대하여 ; 회로에 사용되는 각종 기기 및 케이블 등의 용량은 회로에 흐르는 상시최대 전류값(무효분을 포함)으로 결정한다. 일반적으로 설비용량은 수전전압과 동일전압으로 사용하는 변압기와 전동기 등 기기용량(kVA)의 합계로 나타낸다. 다만, 고압진상콘덴서는 포함시키지 않는다.

설비용량을 결정할 때에는 상수도시설은 가동한 다음 부하가 증가하는 것이 통례이므로 장래의 확장계획이나 처리공정의 추가도입에 대비하여 어느 정도의 여유를 고려한 용량으로 결정한다. 그러나 반드시 계획최종년도의 수요량을 대상으로 하지 않더라도 부하의 증가에 따라 증설하거나 일부 교체하도록 하는 편이 유리한 경우도 있으므로 구체적인 검토가 필요하다.

3.에 대하여 ; 전력회사와의 전력설비에 대한 안전상 구분되는 책임분계점에는 보수, 점검 등을 위하여 부하개폐기 또는 단로기를 설치해야 한다. 책임분계점이 수전인입구에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 수전인입구 가까운 장소에도 개폐기를 설치한다.

고압부하개폐기에는 수용가측에 의한 전력회사측으로의 지락사고 파급을 방지하기 위하여 지락보호장치를 설치해야 한다. 이러한 경우에는 전원측의 지락사고에 의한 불필요한 동작을 방지하기 위하여 지락방향계전기를 채택하는 것이 바람직하다. 또한 2회선수전에 대해서는 예비선측의 지락사고시에도 대응할 수 있도록 ZCT와 ELD의 채택 등 영상전압의 검출점에 대해서는 충분히 유의해야 한다.
단로기는 부하측의 충전전류에 대해서는 안전하게 개폐할 수 있어야 하며 부하전류에 대해서는 개폐되지 않도록 하는 오조작 방지를 위한 효과적인 인터로크가 필요하다.

이들 개폐기 등은 전력회사와의 수전작업을 조작할 때에 주차단기와 함께 대상으로 되는 기기이므로, 정전 등 개폐상태와 충전을 확인할 수 있어야 하며 접지를 확실하게 잡아야 한다.

4.에 대하여 ; 수용가는 책임분계점의 부하측에서 발생한 사고시의 고장전류를 완전히 차단하여 부하측 기기 및 전선로를 보호해야 하며 전원측에 영향을 미치지 않도록 차단기를 설치해야 하며, 저압은 배선용차단기 또는 기중차단기를, 고압은 지락 및 과전류에 작동하는 자동차단기를 설치한다.

사고시에 흐르는 단락 및 지락전류는 전력회사의 전원계통에 의하여 정해지므로 전력회사에 확인해야 한다. 차단기로는 여러 형식의 것이 있으며 사용하는 상황에 따라 선정한다. 일반적으로는 진공식과 가스식의 차단기를 선정한다. 〈표 8.7.4〉에 각 차단기의 특성 예를 나타내었다.

5.에 대하여 ; 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에는 피뢰기를 설치하지 않아도 좋다는 예외규정이 언급되어 있지만, 수도시설의 중요성을 고려하여 피뢰기는 가능한 한 설치한다. 또한 피뢰기의 보호효과는 보호되는 기기의 단자에 가까울수록 크므로, 가능한 한 가까운 위치에 설치한다.

〈표 8.7.4〉 차단기의 종류와 특성비교

항 목	진 공 차 단 기(VCB)	가 스 차 단 기(GCB)
소호(消弧)방식	진공중의 아크확산	SF6가스 냉각분사
차단성능	우수하다. 이상전압이 발생 하기 쉽다.	우수하고 짧은 차단시간으로 성능양호하다.
표준사용전압	3.6~84kV	24~84kV
소음	작다.	작다.
외기의 영향	받지 않는다.	받지 않는다.
보수	쉽다.	쉽다.
안전성	불연성	SF6가스는 무독 무취 불연성
접점수명	우수하다.	우수하다.

6.에 대하여 ; 변압기용량(kVA)은 동시에 걸리는 각종 부하(kW)를 합계하고 이것을 그 때의 종합역률로 나눈 피상전력(kVA)으로 환산한 것에 어느 정도의 여유를 갖도록 한다.

펌프장 등과 같이 단위부하가 큰 경우에는 기동전류에 의한 전압강하가 허용치를 초과하지 않도록 용량과 기동방식을 선정해야 한다.

주변압기는 보수 또는 고장에 대비하여 전력공급에 지장이 없도록 2뱅크 이상으로 구성하며 1뱅크 고장시에도 전체 시설을 가동할 수 있도록 변압기용량을 선정한다.

변압기에는 여러 가지의 형식이 있지만, 실내에 설치하는 경우 방재 및 유지관리 면에서 유리한 몰드식 또는 가스절연식의 3상변압기를 선정하는 것이 바람직하다. 〈표 8.7.5〉에 각 변압기의 특성을 나타내었다. 변압기 등의 주요기기를 보호하기 위하여 필요한 지점에 차단기 등을 설치해야 한다.

〈표 8.7.5〉 변압기의 종류와 특성 비교

항 목	몰 드 변 압 기	가스절연변압기	유 입 변 압 기
내열등급	B종, F종, H종	E종	A종
절연구성	에폭시수지, 공기	SF6 가스	종이, 광유
허용최고온도	130 ℃, 155 ℃, 180 ℃	120 ℃	105 ℃
표준사용전압	33kV 이하	60kV 이하	500kV 이하
단락강도	코일을 수지로 일체화하여 견고한 구조로 된 것은 충분한 강도를 갖는다.		전자기계력에 견딘다.
소음	유입변압기보다 높다.	낮다.	낮다.
흡수성	에폭시수지의 흡수율이 작으며 또 도체를 두껍게 피복하였으므로 내흡수성이 우수하다.	완전밀봉	밀봉, 질소가스봉입에 의하여 흡습을 방지한다.
안전성	난연성·비폭발성	불연성, 비폭발성, 무독	가연성
사용 장소	옥내	옥내, 옥외	옥내, 옥외

7.에 대하여 ; 주회로를 수용하는 배전반은 신뢰성과 안전성이 높고 보수하기 쉬워야 하며 조작과 감시에 필요한 모든 기기를 내부에 수납한 스위치기어형으로 한다. 또 스위치기어방식은 염해에 대해서도 유효하다. 특별고압설비로서는 가스절연방식이 전압이 높을수록 안전성과 보수성 등에 유리한 것으로 되고 있으므로 가스절연방식의 적용에 대하여 검토한다.

변압기반은 온도상승(반 내, 실 내)에 주의하고 대용량인 경우에는 변압기반에 직접 환기장치를 설치한다.

금속폐쇄형 스위치기어의 규격을 〈표 8.7.6〉에 나타내었다.

8.에 대하여 ; 전기기기의 규격은 KS 등에 의하여 상세히 정해져 있으므로 전기기기를 선정할 경우에는 보수관리면을 고려하여 계산값보다 바로 윗단계의 표준품을 선정하는 것이 바람직하다. 또한 접속되는 회로의 상황(정상시, 기동시, 고장시)을 검토하고 이것에 충분히 적합한 것이 필요하다.

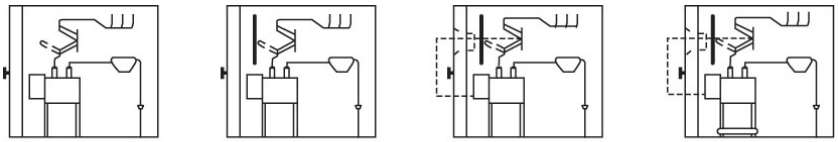
기기는 보수를 쉽게 할 수 있도록 유니트화, 플러그인(plug-in)화로 되는 것이 바람직하고 또한 옥내에 설치되는 소용량의 기기에 대해서는 화재 등을 방지하기 위하여 유입식을 피하는 오일리스(oilless)로 하는 것이 바람직하다.

9.에 대하여 ; 수·변전설비는 전력의 흐름에 따라 배치하고 운전과 보수를 할 때에 착오가 생기지 않도록 해야 하며, 케이블부설에 대해서는 배전반의 계통별로 구분한다. 특히 인입케이블에 대해서는 충분히 다른 케이블과 격리시켜서 사고시에 파급사고를 방지해야 한다.

〈표 8.7.6〉 스위치기어의 규격 및 구조

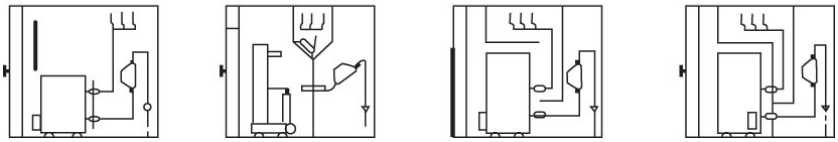
단위폐쇄배전반의 형							구비해야 할 조건	
A	B	C	D	E	F	G		
○	○	○	○	○	○	○	1	단위회로로 구분마다 장치가 일괄하여 접지금속함 내에 수납되어 있을 것
-	○	○	○	○	○	○	2	주회로와 감시제어반측과를 접지금속의 격벽에 의하여 격리할 것
-	-	○	○	○	○	○	3	차단기가 폐로된 상태 하에서는 단로기를 조작할 수 없도록 인터로크를 설치할 것
-	-	-	○	○	○	○	4	차단기는 반출할 수 있는 구조일 것
-	-	-	-	○	○	○	5	차단기는 그 주회로와 제어회로에 자동연결부가 있는 추출형일 것
-	-	-	-	-	○	○	6	주회로의 중요한 기기는 상호간에 접전금속옹벽으로부터 절연벽에 의하여 격리되어 있을 것
-	-	-	-	-	-	○	7	주회로의 도전부(모선, 접속선, 접속부 등)는 충분히 절연할 것

(a) 큐비클(A~D급)



A급 (1X)　B급 (2X)　C급 (2X)　D급 (2X)

(b) 메탈클래드(E~G급)



E급 (2Z)　F_1급 (3Y)　F_2급 (3Z)　G급 (4X)

[8.7.4 참고 1] PCB 사용기기에 대하여

1. PCB 사용 전기기기의 사용금지

PCB(폴리염화비페닐) 기름은 뛰어난 전기적 특성 등을 살려서 콘덴서, 변압기 등의 절연유로서 많이 사용되어 왔지만, 인체에 유해한 것이 판명되고서 법으로 사용이 금지되었다.

또한 「전기설비기술기준」에서도 PCB를 함유하는 절연물을 사용하는 기계기구는 전기회로에 시설하여서는 아니 되도록 규정되어 PCB사용 전기기기의 신설, 이설 및 한번 사용한 기기의 재사용이 금지되고 있다.

2. PCB 사용 전기기기의 관리

PCB를 함유한 절연유는 법에 의하여 지정폐기물로 분류되어 폐기처분시 환경부장관의 확인을 받고 폐기물인계서 및 폐기물의 발생, 처리에 대한 보고서를 제출하도록 의무화되어 있다.

8.7.5 보호 및 안전설비

전력설비의 보호 및 안전설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 회로에 발생하는 이상전류를 예상하여 파급사고를 방지하고 사고시의 정전범위를 최소화할 수 있도록 각 설비 간에는 충분한 보호조치를 한다.
2. 회로의 이상전압에 대하여 각 설비 간에는 충분한 절연협조를 한다.
3. 각 기기는 적정한 보호장치로 보호한다.
4. 접지는 인체의 감전사고방지와 전기설비나 기기를 보호하기 위하여 효율적으로 접지를 한다.
5. 각 설비는 감전사고를 방지하도록 충분한 조치를 취하고, 인터로크에 의하여 오조작을 방지할 수 있어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 회로에 발생하는 이상전류로는 과부하전류, 단락전류 및 지락전류가 있다. 이들 이상전류는 각 기기에 전기적, 기계적 및 열적인 응력을 주어 설비를 파괴하거나 소손시킨다. 따라서 이들 이상전류가 발생하였을 경우에는 전기회로가 이상전류에 견딜 수 있어야 하며 이를 즉시 제거하여 사고확대를 방지해야 한다.

이러한 이상현상을 검지하고 지령을 발령하는 것이 보호계전기이고, 이것을 제거하는 것이 차단기, 부하개폐기 또는 퓨즈 등이다.

수전점에서의 고장전류를 전력회사에 확인하여 주회로의 고장전류(단락 및 지락)를 상정하고 계산해야 한다. 이를 바탕으로 수전점 이후의 각 보호방식을 검토하고 전력회사계통으로의 사고파급를 방지하고 정전구간과 정전시간이 최소화되도록 보호협조를 취한다.

각 회로와 기기류는 이들의 보호범위로부터 벗어나는 일이 없도록 보호범위를 서로 중첩시키는 것이 필요하다.

2.에 대하여 ; 회로에 발생하는 이상전압은 외부이상전압인 뇌서지(뇌 임펄스), 내부이상전압인 개폐서지 및 지속성 이상전압으로 나누어진다.

절연협조란 전기회로의 절연강도를 설정하고 내부이상전압에 대하여 충분히 견디면서 외부이상전압에 대해서는 피뢰기 등을 설치하여 피뢰기의 보호레벨을 전기회로의 절연강도보다 낮게 유지하여 보호하는 것이다.

절연강도설정이란 절연계급을 정하는 것이며, 절연계급이란 전기기기 및 전기회로 절연물의 절연강도계급을 말하고, 통상 사용되는 회로의 공칭전압에 대하여 호수로 표현된다. 공칭전압 33 kV이하의 B라고 붙은 절연계급은 이상전압이 충분히 낮은 계급으로 억제되어 있는 경우에 적용할 수 있는 것이므로 일반적인 경우에는 A가 붙은 절연계급을 채택하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 각 기기는 사고로 인한 이상전류 또는 이상전압에 견디도록 충분한 단시간내량(耐量)과 내전압을 갖고 있어야 한다.

각 기기를 보호하기 위해서는 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에 적합해야 하며, 다음 사항을 고려해야 한다.

① 콘덴서 등의 유입식 기기는 본체사고의 영향이 크기 때문에 내부고장검출장치를 가지고 있어서 단독으로 차단보호를 할 수 있어야 한다.

② 배전선로는 사고가 발생된 회로를 선택차단 할 수 있어야 한다.

③ 변류기는 몰드형으로 하고 과전류강도 및 과전류정수(자속밀도의 포화도)가 적합해야 한다.

④ 각 기기를 접속하는 케이블 등은 단락전류에 충분히 견뎌야 하며 차단특성과 협조하고 있어야 한다.

⑤ 화재 발생시 피해를 최소화할 수 있도록 주요설비 및 무인설비인 경우 배전반마다 자동소화설비 설치를 검토하고, 공동구 등 화재에 취약한 곳에 설치된 주요배선은 난연성 케이블을 사용하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 접지의 목적은 외부로부터의 서지유입 또는 정수장 내부사고 발생시 대지전위의 상승을 제한함으로써 기기 및 인명사고를 방지하는 것에 있다.

접지는 「KSC IEC 61024, 62305」, 「전기설비기술기준의 판단기준」을 만족하여야하며, 접지형태는 독립접지, 공용접지(등전위접지) 또는 혼합형태로 구분할 수 있으며, 중앙운영실 등 전산장비가 집중설치 된 장소에 대해서는 내부외부 써지로부터 인명과 설비를 보호하기 위하여 공용접지(등전위접지)를 고려한다.

접지의 종류와 목적은 〈표 8.7.7〉과 같이 계통접지, 기기접지, 뇌접지, 정전접지, 전자접지 기타로 구분할 수 있다.

〈표 8.7.7〉 접지의 종류와 목적

종 류	목 적	비 고
계통접지	고압과 저압의 혼촉에 의해 발생하는 2차 전기회로의 재해를 방지한다.	
기기접지	기기의 절연이 악화된 경우 등에 발생하는 감전사고를 방지한다.	
뇌접지	피뢰설비(피뢰기, 피뢰침)를 접지한다.	
정전접지	정전기에 의한 재해를 방지한다.	
전자(기기)접지	외부에서 진입하는 노이즈나 서지를 방지하여, 내부의 정전기를 제거한다.	
그 밖의 접지	케이블의 반도전층 접지, 전식방지용접지 등	

5.에 대하여 ; 전력설비는 다른 설비에 비하여 위험성이 대단히 높기 때문에 충분한 안전대책을 강구해야 한다.

이 때문에 다음 사항을 고려해야 한다.

① 저압회로에서 감전의 우려가 있는 곳에는 누전차단기를 설치한다.

② 누전화재가 우려되는 회로에는 누전경보장치를 설치한다.

③ 배전반의 보수점검 등을 할 때에 감전될 우려가 있는 곳에는 보호판 등을 설치하고, 반의 내부공간을 충분히 확보한다.

④ 단로기나 개폐기 등은 오조작에 의하여 개폐되지 않도록 인터로크 장치를 설치한다.

⑤ 보수할 때에 정전구간을 확보할 수 있도록 구분개폐기를 설치하며, 또한 그 부하측에서 작업할 때의 안전을 확보하기 위하여 부하측을 접지해야 한다.

8.7.6 배전설비

배전설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 배전전압은 그 사용목적과 부하측의 특성을 충분히 고려하여 결정한다.
2. 모선방식과 배전방식은 시설의 중요도와 운용조건 등을 고려하여 결정한다.
3. 각 배전선에는 부하전류와 고장전류를 안전하게 투입하고 차단할 수 있는 차단 기 등을 설치한다.
4. 배전용 개폐장치는 스위치기어방식으로 한다.
5. 전선은 케이블을 사용하며 또한 전선로는 유지관리가 용이하고 외상에 대하여 충분한 보호조치를 강구한다.
6. 효율적인 감시를 위하여 전압계, 전류계, 전력계 및 표시등을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배전전압은 부하군의 용량, 배전선의 전압강하 등의 조건에 따라 결정된다. 그러나 배전계통 전체로 보면 전압은 종류가 적은 것이 바람직하며, 몇 개의 그룹으로 나누어져 있는 경우에는 그룹 내에서는 구성상으로 동일전압으로 한다.

2.에 대하여 ; 모선방식은 되도록이면 복잡한 것을 피하고 조작이 간단하며 또한 안전하고 경제적인 것으로 한다. 따라서 모선방식은 수전선로를 절체 할 때나 유지보수 할 때에 펌프나 주요 부하설비 전체가 정지되지 않도록 단일모선에 모선연결용 차단기 또는 모선연결단로기를 설치하는 방식이 바람직하다.

자가발전설비를 설치하여 상용전원(전력회사에서 공급되는 전원)과의 계통을 연계하지 않는 경우에는 계통별로 운전할 수 있게 하기 위하여 필요한 지점에 차단기를 설치하고 자가발전과 상용 간에 인터로크를 하고 부하의 배분을 고려하여 모선연락용 차단기를 설치한다.

배전방식은 공급의 신뢰도를 높게 하고 중요한 간선은 2계통방식 또는 루프(loop)방식 등에 의하여 사고나 보수작업시에도 정전이 최소화되도록 계통을 구성한다. 이러한 경우에 정수처리계통과 배전계통을 조화시켜 전력설비의 보수점검 등에 의한 정전으로 정수처리시설이 전면 중지되는 것을 방지해야 한다.

간선의 배전용량에 대해서는 1계통 중지시를 감안하고 케이블의 선용량에 대한 경제성도 고려하여 정해야 한다.

3.에 대하여 ; 각 배전간선의 송전단에는 부하측에서의 고장발생시 그 구간을 빠르고 확실하게 차단하여 다른 배전선에 영향을 주지 않도록 해야 한다. 이 때문에 차단기는 고속도로 선택차단하는 것이 필요하다.

또한 보수하는 경우에 정전범위를 확실하게 구분하기 위하여 송수전단(送受電端)에 개폐기를 설치해야 한다.

저압배전간선에는 배선용차단기(MCCB) 또는 저압기중차단기를 설치한다. 또한 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에 적합하도록 필요한 지점에 누전차단기를 설치한다.

4.에 대하여 ; 배전설비에 대해서는 모선에서의 배전간선은 회선수가 많기 때문에 배전반은 다단적 폐쇄형배전반(multi-stage stack type enclosed distribution pannel)을 채택하는 경우가 있다.

이러한 경우에는 고압배전반은 반내의 배선처리 및 보수점검 등을 위하여 필요한 부분을 완전히 정전시킬 수 있도록 칸막이판(partition)에 의하여 각 구획(compartment)으로 구분되어 있어야 하며 2단쌓기까지가 바람직하다. 또한 모선의 신뢰성을 높이기 위하여 반의 구조도 모선전류용량에 충분히 여유있는 것으로 하고 차폐를 위하여 구분하는 것이 바람직하다. 또 각 배전선에는 효율적인 전력관리를 위하여 정밀전력량계를 설치하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 주요설비의 배전선을 케이블로 하면 풍설에 의한 절연열화와 손상사고 등에 의하여 피

해받는 경우가 적고 또한 정리도 용이하다.

케이블을 선정할 때에는 부설조건 등을 검토해야 한다.

배전계통을 이중화하는 경우에는 전선로도 별도 루트방식을 취하는 것이 신뢰성을 확보한다.
옥외전선로는 특히 외상에 주의해야 하며 뇌해를 받지 않도록 지중방식으로 하는 것이 바람직하다. 또한 중요간선에 대해서는 예비관로를 설치하도록 검토하는 것이 바람직하다.

케이블은 장래의 개조나 증설에 따라 증가하는 경우가 많으므로 교체나 보수의 용이성 및 여러 가닥이 모아짐에 의한 온도상승을 고려하여 피트나 덕트 등의 용량을 선정해야 한다. 또한 케이블은 전압과 용도별로 격리하여 서로 영향을 주지 않도록 해야 하며 간선 등 주요한 곳에는 쉽게 불에 타지 않도록 난연조치를 하는 것이 바람직하다.

6.에 대하여 ; 수전과 부하의 상태를 감시하기 위하여 필요한 계기와 표시등을 설치하여야 하며 최근에는 원격감시가 가능한 보호계전기 일체형인 전자식 감시보호장치를 적용하는 경우가 많다.

8.7.7 동력설비

동력설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 부하군에 가까이 배치하며 폐쇄형배전반 방식으로 한다.
2. 부하회로에는 부하전류를 개폐할 수 있는 개폐기와 함께 고장전류를 안전 하게 차단할 수 있는 차단기 또는 퓨즈를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 동력설비는 가능한 한 부하에 가까이 또한 전체부하의 중심에 있는 것이 바람직하다.

부하가 집중되어 있는 펌프장 등에서는 1개소로 좋지만 정수장과 같이 부하가 대부분 분산되어 있는 경우에는 몇 그룹으로 나누어 동력설비를 설치하는 편이 바람직하다. 이러한 경우에는 정수처리의 계통을 고려하여 나누는 것이 바람직하다. 또한 대용량으로 중요한 부하가 걸려 있는 모선에서는 사고 또는 보수 등에 의한 정전을 가능한 한 적게 하기 위하여 2개 이상으로 구분하는 것이 바람직하다.

전압은 개개 부하의 용량을 고려하여 전력회사의 표준전압을 적용한다.

부하에의 배선은 케이블로 하며 전압강하, 온도상승, 단락전류를 고려한 적정한 허용전류의 것으로 한다.

고압동력설비는 고압컴비네이션스타터(combination-starter)로 하며 열반구성으로 할 경우에는 각 부하단위마다 격벽에 의한 차폐를 강구할 필요가 있다. 1단 쌓기로 하는 경우에는 각 부하단위별로 보수점검할 때에 안전성을 확보하고 사고의 파급을 방지하는 면에서도 바람직하다.

제어회로는 각 부하별로 구분하여 단순화하고 블록화함으로써 신뢰성을 높인다.

저압동력반에서는 차단기, 개폐기 및 보호장치를 유니트화한 컨트롤센터(control center)반이 보수나 점검, 그 밖의 신뢰성 면에서 바람직하지만, 저압동력 부하에는 그 고장이 즉시 정수처리에 영향을 미치는 것과, 그렇지 않은 것이 있으므로 부하의 중요성과 경제성도 고려하여 반의 형식을 선정한다.

부식성이 심한 환경에 설치되는 제어반 등에 대해서는 에어퍼지(air purge) 등에 의하여 기기의 신

뢰성을 높이는 것에 대하여 검토해야 한다.

2.에 대하여 ; 고압용 부하개폐장치로서는 차단기 외에 전력퓨즈와 고압전자개폐기를 조합한 고압컴비네이션스타터 유니트(combination starter unit)가 있으며 진공식, 기중식, 가스식으로 나누어진다. 진공식인 경우에는 개폐서지의 보호를 고려해야 한다. 또한 단락보호용 전력퓨즈는 수전측 차단기와 보호협조가 되어야 하며 또 부하의 특성에 맞는 것을 사용해야 한다.

저압용 부하개폐장치는 배선용 차단기와 전자개폐기 또는 전자접촉기 등으로 구성되며, 배선용 차단기는 충분한 단락차단용량을 갖는 것이어야 한다.

또 기기의 보호와 감전방지를 위하여 필요에 따라 지락차단장치를 설치한다

8.7.8 역률개선 설비

역률개선설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 수변전설비에서 종합역률은 90~95 % 정도 유지하는 것이 바람직하다.
2. 저압전동기 및 고압 소용량 전동기회로에는 진상콘덴서를 직접 병렬로 설 치하고 고압모선에는 종합역률조정용 고압진상콘덴서군을 설치하는 것이 바람직하다.
3. 고압콘덴서의 주회로에는 내부고장을 단독으로 보호하고 파급사고를 방지 하기 위하여 보호장치를 설치한다.
4. 진상콘덴서에는 직렬리액터장치와 방전코일 등 방전장치를 필요에 따라 설치한다.
5. 대용량의 고압콘덴서군은 2군 이상으로 분할하여 제어할 수 있도록 한다.
6. 오존발생장치의 전원회로에는 역률과 고조파(higher harmonics)장애를 개선하는 장치를 필요에 따라 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 상수도시설에서 전력부하의 대부분은 지상역률로 운용되기 때문에 무효전력이 증가한다. 일정한 유효전력을 보낼 경우에 역률이 나쁘면 그만큼 전류가 커진다. 이 전류증가에 의한 전력손실과 전압강하 등의 문제가 발생되므로 역률을 개선해야 한다.

에너지절약면에서는 역률을 개선함으로써 전류치가 감소하여 전력손실을 저감시킬 수 있다. 또 「전기공급약관」(한국전력공사)에 기본요금의 역률할인제도가 있으므로 설비비 및 운전경비절감에 대한 경제성을 검토한 다음에 역률을 조정하여 종합역률 목표를 90~95 % 정도 유지하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 콘덴서의 설치위치로는 부하단, 부하동력모선, 배전모선 등이 고려되지만, 에너지 절약, 역률제어, 기타의 면에서 부하단을 원칙으로 한다.

다만, 배수펌프 등 고장이 배수계통에 직결되는 설비에 대해서는 전동기용 직결콘덴서의 설치에 대한 보호방식도 포함하여 충분한 검토를 해야 한다.

이 경우의 콘덴서용량은 소용량 부하인 경우에는 한국전력공사 「전기공급약관」에 콘덴서설치용량의 기준이 제시되고 있으며, 저압전동기인 경우 〈표 8.7.8〉과 같다. 또한 기타 부하에 대해서는 다음 용량산출식을 적용할 수 있다.

$$Q = \frac{P}{\eta}\left\{\sqrt{\frac{1}{\cos^2\Theta_1}-1}-\sqrt{\frac{1}{\cos^2\Theta_2}-1}\right\} \quad \cdots\cdots (8.7.1)$$

Q : 콘덴서용량(kVA)

P : 전동기출력(kW)

η : 전동기효율

cosθ1 : 개선전의 역률

cosθ2 : 개선후의 역률

〈표 8.7.8〉 저압진상콘덴서 부착용량 기준(200V, 380V 삼상유도전동기)

출 력	kW	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	22	30	37
	HP	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50
설치용량 (μF)	200V	15	20	30	50	75	100	175	200	300	400	500	800	900
	380V	-	-	-	10	15	20	50	75	100	100	150	200	250

한편, 유도전동기회로의 자기여자현상(self-excitation phenomenon)에 의한 과전압을 방지하기 위하여 콘덴서용량은 유도전동기의 자기여자용량보다 작아야 한다. 일반적으로 부하단에 콘덴서를 설치하는 경우에는 연속운전되는 부하를 대상으로 하는 것이 좋다. 부하가 많고 설비비가 고가이거나 역률을 원하는 값으로 조정할 수 없는 경우에는 고압모선에서 종합역률을 조정한다.

주) 자기여자현상이란 전동기의 무부하여자용량 이상의 콘덴서를 직결한 경우에 회로개방 후에도 콘덴서의 잔류전하에 의하여 전동기의 단자전압은 영으로 되지 않고 상승하거나 또는 상당한 시간동안 감소하지 않는 경우가 있다. 이것을 유도전동기의 자기여자현상이라고 한다.

3.에 대하여 ; 콘덴서의 절연은 일반적으로 유입(油込)식이므로 콘덴서의 내부고장은 화재 등에 의하여 다른 것에 파급되는 영향이 크다. 화재가 발생하기 어려운 가스(gas)식 콘덴서도 있다.

콘덴서회로의 개로전류(current breaking)에 대해서는 재기전압(transient recovery voltage)에 의한 아크에 주의해야 하고, 또 보호용으로는 광역형 한류퓨즈 등을 사용해야 하며 개폐장치로는 진공전자접촉기와 한류퓨즈를 조합한 고압컴비네이션스타터를 채택하는 것이 바람직하다.

또 콘덴서는 사고가 파급되는 것을 방지하기 위하여 폐쇄형배전반에 수납하고 내부고장검출장치가 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다. 콘덴서와 개폐기 등을 세트로 하여 컴팩트하게 유니트화된 것도 있다. 특히 고압콘덴서의 경우 사고 확산을 방지하기 위하여 고압콘덴서반을 분리하여 설치를 하는 경우도 있다.

4.에 대하여 ; 콘덴서를 회로에서 분리시킬 경우, 잔류전하의 방전에 의한 취급자의 감전위험을 방지할 목적으로 방전코일 또는 방전저항을 설치하여야 하며, 콘덴서를 회로에서 개로 후 3분 이내에 75V

이하로 방전시키도록 하여 보수점검시 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

전동기와 병렬로 접속되는 경우에 전동기를 정지하였을 경우에도 항상 전동기의 코일과 접속상태로 있는 회로일 경우에는 방전장치를 생략할 수 있지만, 안전을 위해서는 방전코일 등을 설치하는 것이 좋다.

방전저항이 내장되어 있는 콘덴서를 사용하는 경우에는 방전시간이 길기 때문에 취급에 주의가 필요하다. 역률조정용으로 빈번한 개폐가 예상되는 경우 또는 고압 대용량의 콘덴서에는 방전시간이 짧은 방전코일을 사용하는 것이 바람직하다.

콘덴서를 개로한 다음 잔류전압이 충분히 방전되지 않은 상태로 재투입하면 높은 과도전압이 발생하기 때문에 조작상 순간에 기동-정지동작이 생기지 않도록 제어회로를 구성해야 한다.

배전선로에 인버터 등의 반도체응용장치가 접속되어 있으면 선로전압은 고조파를 포함하게 되며 이에 콘덴서를 접속하면, 점점 고조파가 확대되어 전압파형의 변형(비뚤어짐)이 커지게 된다. 또 콘덴서 회로를 개폐하면 과도전압전류가 발생하며 콘덴서에 나쁜 영향을 주기 때문에 이러한 현상을 방지하기 위하여 콘덴서용량의 약 6 %에 상당하는 직렬리액터를 설치한다.

설치지점의 제3고조파 전압왜곡이 매우 큰 경우에는 13 %의 직렬리액터를 설치한다. 다만, 콘덴서의 단자전압이 높게 되기 때문에 콘덴서에 대해서도 리액터에 적합한 시방의 것을 사용해야 한다.

5.에 대하여 ; 고압콘덴서군은 역률을 조정하기 위하여 몇 개의 군으로 분할하여 설치하는 것이 바람직하다.

역률의 조정범위가 넓은 경우 또는 조정을 빈번하게 해야 하는 경우에는 역률자동조정장치에 의하는 것이 바람직하다. 수전단에서의 요구감시(demand monitor)와 동시에 역률을 컴퓨터에 의하여 제어하는 경우도 있다.

모선에 종합역률조정용으로 대용량콘덴서를 설치하는 경우 경부하시에는 진상역률로 되어 수전단의 전압이 상승하는 등의 장애가 있으므로 그 대응도 고려해야 한다. 또 정전시에 콘덴서를 회로에서 자동적으로 분리하여 복전시의 과전압을 방지하는 것이 필요하다.

6.에 대하여 ; 오존발생기의 전원공급방식은 IVR(induction voltage regulator)방식과 인버터방식으로 크게 나눌 수 있다.

주로 소용량에 사용되는 IVR방식은 방전전류에 의하여 진상역률로 되기 때문에 리액터에 의하여 역률을 개선해야 한다. 그러나 IVR방식은 오존발생량이 소용량인 것에 한정되기 때문에 전원에의 영향이 크지 않으므로 종합적으로 검토하여 필요한 경우에는 리액터 설치를 고려하면 좋다.

인버터방식은 지상(遲相)역률로 되며 전원회로에 고조파를 발생한다. 지상역률에 대해서는 콘덴서에 의하여 역률을 개선할 필요가 있다. 고조파의 발생은 콘덴서, 발전기, 보호계전기 등에 장애를 주는 경우가 있으므로 그 영향의 정도에 따라서는 필요한 경우에는 LC필터나 액티브필터 등의 방지장치를 설치한다.

8.7.9 무정전 전원장치

무정전전원설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 설비구성은 부하의 중요성과 부합되는 신뢰성을 가져야 한다.
2. 설비용량은 부하를 충분히 조사하고 상시, 정전시 및 순시(기동시)용량을 고려하여 결정한다.
3. 설비는 폐쇄형배전반 수납형으로 하고 내진대책 및 온도관리를 한다.
4. 각 부하로의 전력공급은 계통화하고 분할화하며 사고시의 파급을 방지하기 위하여 각 회로에는 배선용 차단기를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수도시설의 운용에 대해서는 평상시는 물론 정전시 등의 비상시에도 안정된 제어와 감시를 할 수 있어야 하므로 이에 필요한 전원을 공급하는 무정전전원장치는 한층 더 높은 신뢰성을 갖추어야 한다.

한편, 부하의 운용상황에서 일단 공급을 시작하면 도중에서 중단하는 것이 허락되지 않는 경우가 많으므로 정기점검 및 증설개량으로 정전되지 않도록 고려해야 한다.

무정전전원설비는 직류전원설비와 교류무정전전원설비로 나누어지고, 직류전원설비는 정류장치와 축전지로 구성되며, 교류무정전전원설비는 정류장치, 축전지 및 인버터장치로 구성된다.
직류전원설비는 주로 제어회로나 표시등회로에 사용되고 있으며 소규모의 설비를 제외하고는 축전지를 구비하는 것으로 한다.

교류무정전전원설비는 계측제어설비전원, 컴퓨터전원 및 통신전원 등 상시 무정전으로 양질의 교류를 공급하는 것에 요구된다. 또 직류전원을 교류로 변환하여 부하에 공급해야 하지만, 축전지는 전용의 것을 설치하는 경우와 직류전원설비의 축전지와 겸용하는 경우가 있다.

시스템의 신뢰도 향상을 위하여 다음 기능을 구성하는 것이 바람직하다.

① 정류장치는 자동정전압 부동충전방식으로 하며 자동균등충전 또는 자동회복충전을 할 수 있어야 한다.

② 축전지는 유지보수가 필요없는 밀폐형 무보수(maintenance free)형으로 하며 부하특성상 고율방전용을 사용한다.

③ 인버터장치는 부하의 중요성 때문에 고장발생시에 상용전원으로 무순단절체되는 방식을 사용한다.

④ 정기점검을 위하여 우회로(by-pass)를 설치한다.
특히 신뢰도를 중시하는 경우에는 2대의 무정전전원장치를 병렬로 사용하되, 이 경우에는 개별제어방식으로 하는 것이 바람직하다. 또 용량이 큰 경우에는 2계통으로 구분한다.
또 무인시설에 설치하는 무정전전원설비는 보수성과 신뢰성을 특히 중시하여 선정한다.

2.에 대하여 ; 축전지의 용량을 결정하기 위하여서는 축전지로부터 공급되는 부하의 종류와 상황, 최대정전시간 등에 의한 방전패턴 및 축전지의 형식, 사용방법, 보수율, 노후화에 의한 용량의 감소, 사

용온도변화에 의한 용량의 변화, 허용최저전압 등을 종합적으로 검토해야 한다.

축전지의 셀(cell)수는 부하특성과 충전 등의 조건으로부터 결정한다.

정류장치의 용량은 축전지의 충전전류와 상시최대부하전류를 고려하여 결정한다.

인버터장치의 용량은 부하의 기동특성을 충분히 조사하여 돌입전류를 대비해야 하며 정류기부하에 대해서는 파형비뚤어짐에 대한 대책이 필요하다.

무정전 전원장치는 KSC IEC 규정에 제시된 기준에 적합한 설비가 선정되어야 한다.

3.에 대하여 ; 축전지설비는 「소방기본법」및 「건축법」에 적합하게 설치해야 한다. 또한 무누액 밀폐형이 아닌 대용량 축전지인 경우에는 충전시 인화성 및 폭발성 가스가 발생하므로 환기설비를 설치하고 전용불연구획에 수납해야 한다.

축전지는 주위온도에 의한 영향이 크기 때문에 반내 온도상승에 대한 대책과 함께 내진대책에 대해서도 고려해야 한다.

4.에 대하여 ; 회로의 사고나 점검시 다른 설비의 운전에 지장을 미치지 않도록 하기 위하여 무정전전원장치는 용도별, 뱅크별, 동력별로 구분하여 설치한다.

또 사고파급을 방지하기 위하여 각 회로에 배선용차단기를 설치해야 하며 고장을 발견하기 쉽도록 하기 위하여 필요한 경우 지락검출장치를 설치하는 것이 바람직하다.

8.7.10 직류전원장치

직류전원장치는 다음의 각 항에 따른다.
1. 고압 또는 특별고압 수변전설비의 제어용 전원과 비상용 조명의 전원으로 직류전원장치를 설치한다.
2. 직류전원장치의 충전장치는 부동충전방식을 사용한다.
3. 직류전원장치에는 필요에 따라 부하전압보상장치,과방전방지보호장치를 추가로설치한다.
4. 작류전원장치에는 동작 및 감시에 필요한 장치를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 차단기 등의 제어, 보호계전기·표시등 전원, 비상조명용 전원 등으로 직류전원장치를 설치한다. 저압수전이나 기타 특수한 경우에는 이를 제한적으로 설치하지 않을 수 있다.

직류전원장치에 사용되는 축전지는 그 용도에 따라 여러 가지가 있으며 설치방식으로는 거치용 축전지를 사용한다.

거치용 축전지에는 연축전지와 알칼리전지가 있다. 일반적으로 가격은 연축전지가 알칼리전지에 비해 저렴하나 수명은 알칼리전지가 연축전지보다 더 길므로 그 용도, 설치장소, 설치대수, 사용년수, 유지관리성, 경제성, 신뢰성 등을 종합적으로 검토하여 선정한다.

각 축전지 형식별로 단시간 방전특성이 우수한 기종이 있는 반면 장시간 방전특성이 우수한 기종이

있음에 따라 부하의 특성에 적합하도록 형식을 선정한다.

2.에 대하여 ; 부동충전이라 함은 축전지를 충전용 기기와 병렬로 접속하여 축전지의 자기방전을 보충하는 정도의 소전류로 충전하여 항상 충전상태를 유지하고 평상시의 작은 부하는 충전용 기기로부터 공급하고 일시적인 큰 부하는 축전지로부터 공급하는 것이다.

이 장치의 충전은 축전지 단자전압이 떨어질 때 자동으로 충전을 행한다. 부동충전 방식은 축전지, 충전기 모두 용량이 적어져서 경제적이다. 충전장치에서는 고조파를 발생하는 경우가 있으므로 적정한 고조파 방지대책을 수립하여야 한다.

3.에 대하여 ; 충전기에는 필요시 부하단자전압이 일정범위 내에 들어가도록 부하보상장치를 설치하고, 정전시 비상등이 점등되어 장시간이 경과한 경우 축전지 전압이 저하하여 그 밖의 제어대상 기기가 정상적으로 동작되지 않을 경우에 대비하여 비상등 회로에 과방전 보호장치를 설치하는 것을 고려해야 한다.

4.에 대하여 ; 직류전원장치에는 전압계, 전류계, 상태표시등, 고장표시등, 간선 및 기타 회로에 개폐용의 배선용차단기 등의 필요장치를 설치한다.

8.7.11 방재설비

상수도시설에는 화재와 뇌해 등에 의한 방재 설비는 다음항에 따른다.
⑴ 경보설비
⑵ 피난설비
⑶ 피뢰설비

【해설】

1.에 대하여 ; 「건축법」, 「소방기본법」, 「국가화재안전기준」에 의해 상수도시설내의 건축물에 설치하게 되어 있다. 이 설비는 감지→ 통보→소화의 기능으로 되어 있으며 인명과 재산을 보호하는데 그 목적이 있다.

2.에 대하여 ; 피난구 유도등과 통로 유도등 및 비상조명으로 구분되며 화재시 신속하게 대피할 수 있도록 유도하는데 그 목적이 있다. 피난설비 설치기준은 「건축법」, 「소방기본법」, 「국가화재안전기준」에 따른다.

3.에 대하여 ; 피뢰설비는 보호하고자 하는 대상물에 근접하는 뇌격을 확실하게 흡입해서 안전하게 대지로 방류함으로써 건축물과 인명을 보호하는데 있다. 피뢰설비에 대한 상세 사항은 「KSCIEC」규정에 따른다.

8.8 비상용 전원설비

8.8.1 총칙

비상용 전원설비는 정전에 따라 발생되는 제한급수나 단수 등 시설운용상의 지장을 가능한 한 저감시키기 위하여 필요한 전원을 확보하는 것을 목적으로 설치하는 설비이다.

중요한 수도시설에서는 정전의 영향을 피하기 위하여 2회선 수전방식을 채택하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 방식을 취하더라도 정전이 전혀 없도록 하는 것은 불가능하기 때문에 정전시 단시간 내에 전원을 절체할 수 있도록 비상용 자가발전설비를 필요에 따라 설치한다.

비상용 자가발전설비는 「건축법」, 「소방기본법」, 「소방시설설치유지 및 안전에관한법률」에 의한 비상전원으로 그 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 한다. 또한 불의의 사고 등에 의한 정전에 대비하기 위하여 설치하는 것이므로 전력을 안전하고 신속하게 발생할 수 있는 것으로 또 구동용 내연기관의 연료저장이나 일상의 보수가 용이한 것으로 한다.

8.8.2 기본설계

비상용 자가발전설비를 설계할 때에는 다음 각 항에 따른다.

1. 주요시설에는 비상용 자가발전설비를 필요에 따라 설치한다. 용량에 대해서는 비상시에 확보해야만 할 전력설비용량을 집계하여 결정한다.
2. 비상용 자가발전설비는 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 일반적으로 비상용 자가발전설비는 설치비가 고가임으로 상용전원의 정전시에 시설의 운용조건을 검토하여 그 필요성과 용량을 결정한다.

그 용량은 상용전원의 정전시 최소한의 정수처리기능유지, 제한급수나 단수의 상황 등을 추정하여 비상시에 반드시 가동해야 하는 전력설비용량을 집계하여 결정한다.

비상용전원의 전력은 시설안전용 전력과 시설운전용 전력으로 나누어진다.

① 시설안전용 전력

안전용 전력은 비상조명, 제어계측설비, 일부 밸브조작용, 염소가스중화설비, 통신 및 소방용 등의 전력으로 거의 전용량을 확보하는 것이 바람직하다.

② 시설운전용 전력

운전용 전력은 정수처리용 전력과 주펌프용 전력이고 정수처리용 전력은 침전지, 염소, 약품주입설비, 여과지 등의 전력이다.

정수장의 취수와 송수, 배수가 자연유하로 되는 정수장인 경우에는 안정급수를 확보하기 위하여 정상적인 시설운전이 가능한 발전설비용량을 확보하는 것이 바람직하다.

송수펌프가 있는 경우에는 수운용의 상호연결체제, 배수지 용량, 전력계통의 신뢰도, 경제성 등을 다각도로 검토하여 정전시 영향이 최소화되도록 발전설비용량을 결정한다.

배출열을 효율적으로 이용할 수 있는 시설이 있는 경우에는 열병합발전(cogeneration)시스템의 도입에 대해서도 검토해야 한다.

연료에 대해서는 비상시에는 액체연료를 사용하는 다연료(multi-fuel)방식으로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 비상용 자가발전설비는 비상시에 중요한 부하에 신속하게 전원을 공급하는 것이므로 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 설비이어야 한다. 또 취급, 운전조작, 보수가 용이해야 하며 기동은 가능한 한 자동화하는 것이 바람직하다.

또 디젤기관인 경우에는 무부하운전은 바람직하지 않으므로 시험용 부하(dummy load)의 준비 등 시운전 방법에 대해서도 고려해야 한다.

8.8.3 기종

비상용 자가발전설비를 설치하는 경우에 발전기는 동기발전기로 하고 그 여자방식은 브러시리스여자방식 또는 정지여자방식으로, 원동기는 가스터빈 또는 디젤기관을 표준으로 한다.

【해설】

1. 발전기

비상용 자가발전설비의 발전기로는 3상교류동기발전기가 주로 사용된다. 여자방식에는 브러시 등의 보수가 불필요한 브러시리스여자방식과 여자즉응특성이 좋은 정지여자방식이 있지만, 일반적으로는 소용량의 것을 제외하고는 여자장치가 작은 전자의 브러시리스여자방식이 사용되고 있다.

내열등급(class)에 대해서는 저압발전기는 E종 이상, 고압발전기는 B종 이상이 일반적으로 사용되고 있다.

2. 원동기

1) 가스터빈

가스터빈은 디젤기관에 비하면 연료소비율이 높고 흡배기설비가 대규모이고 본체의 값이 고가이다. 요컨대, 가격・연료면에서는 뒤떨어지지만, 소형경량・부대설비경량・배기가스의 청정도, 신뢰성, 안정한 운전, 일상 보수면에서는 우수하다.

가스터빈은 회전운동기관이면서 진동이 적고 설치에는 특별한 기초공사나 방진공사가 필요하지 않으며 운전소음은 고주파(higher frequency)가 주로 발생하므로 방음이 용이하다.

또 냉각방식이 자기공냉식이고 냉각수가 불필요하기 때문에 냉각수의 동결이나 단수 등의 사고 발생이 없다. 최근에는 지진재해대책으로 신뢰성이 높은 발전설비로서 가스터빈의 설치가 증가하는 추세이다.

일축식 가스터빈은 구조가 간단하고 속도의 변동이 적으며 안정된 양질의 전력을 얻을 수 있으므로 비상용으로서 적합하다.

2) 디젤기관

디젤기관은 연료소비율이 다른 내연기관에 비하여 낮고 내구성이 있다는 등의 이점이 있다. 디젤기

관의 선택에는 다음 여러 사항에 주의해야 한다.

① 디젤기관은 고속, 중속, 저속의 3종류로 나누어지고 그 구분은 명확하지 않지만 대강 500 rpm 이하를 저속, 500~1,000rpm을 중속, 1,000rpm 이상을 고속이라고 한다.

② 저속기관은 중량 및 크기가 크고 고가이며 고속 또는 중속기관은 저속기관에 비하여 기동성이 좋고 크기가 작으며 가격이 저렴하므로 비상용으로서는 고속 또는 중속기관을 사용하는 쪽이 좋다. 또 과급기장치가 부착된 디젤기관은 과급기가 없는 것에 비하여 대폭 출력을 크게 할 수 있다.

③ 공기기동방식인 경우에는 5기통 이하의 디젤엔진은 기동용 공기분배밸브가 불기동(不起動)위치를 가지고 있기 때문에 자동화에는 적당하지 않다.

④ 디젤기관에는 4사이클 기관과 2사이클 기관이 있지만, 일반적으로 4사이클 기관이 진동, 내구성, 보수성, 배기음, 연료소비율에 있어서 우수하다.
가스터빈과의 비교를 〈표 8.8.1〉에 나타내었다.

〈표 8.8.1〉 가스터빈발전설비와 디젤발전설비의 비교

항 목	가 스 터 빈 발 전 설 비	디 젤 발 전 설 비
동작 원리	열에너지를 직접 회전운동으로 변환 (회전운동기관)	열에너지를 일단 왕복운동으로 변환하고, 그것을 회전운동으로 변환(왕복운동기관)
기동 성능	정전후 정상 전압확립까지의 시간이 약간 길다 (20~40초). 한랭시에 예열(warming up)운전이 불필요	정전된 후 정상 전압확립시까지의 시간이 짧다(5~40초). 한랭시의 예열운전이 필요(저온기동이 약간 곤란)
부하 투입	전압 확립후에 즉시 전원부하의 투입이 가능(1축식인 경우)	전압확립후에 즉시 전부하투입이 불가 (과급기부는 특히 문제)
무부하 운전	무부하운전이 가능하다	불완전 연소로 카본이 부착되므로 바람직하지 못 함
연료 소비율	디젤기관에 비하여 많다. 190~500g/PS・h	150~230g/PS・h
사용 연료	등유, 경유, A중유, 천연가스 (프로판, B중유, C중유)	경유, A중유 (B중유, C중유, 등유)
냉각수	공냉식이기 때문에 냉각수는 불필요하고 단수의 영향이 없다	수랭식이기 때문에 냉각수조, 배관설비 및 동결방지책이 필요 30~40L/PS・h(방류식)
사용 공기량	연소용공기와 냉각용공기가 다량 필요하기 때문에 흡배기설비가 대규모로 된다. (디젤기관에 비하여 2.5~4배)	연소용공기와 실온냉각용공기는 소량으로 좋다
진동	진동이 작으므로 방진장치가 필요 없다	진동이 크고 방진장치가 필요하다
소음	음원이 고주파이기 때문에 소음대책이 용이	소음대책이 용이하지 않다(저주파, 대진동)
체적과 중량	소형 경량이기 때문에 설치공간이 작고, 기초공사가 간단	대형이고 무겁기 때문에 설치공간이 크고, 기초공사가 대규모로 된다.
내진성	양호(덕트 및 배관 대책이 필요)	방진장치인 스톱퍼(stopper) 등의 대책이 필요

8.8.4 출력

비상용 자가발전설비의 발전기용량과 원동기출력은 대상설비 전체를 안정적으로 가동할 수 있어야 한다.

【해설】

발전기 및 원동기의 용량은 제작자의 표준품 중에서 선정해야 한다. 그 용량을 산출할 때에는 정상적으로 필요한 부하용량, 전동기기동시의 전압강하 허용치에 의한 용량, 단시간과부하내량, 역상전류의 허용치에 의한 용량 등 중에서 가장 큰 용량의 것으로 한다.

또 발전기용량과 원동기출력은 연속정격치로 한다.

1. 발전기출력

발전기출력은 다음 식에 의하여 산출한다.

$$G = RG \cdot K \quad \cdots\cdots (8.8.1)$$

여기서

G : 발전기출력 (kVA)

RG : 발전기출력계수 (kVA/kW)

K : 부하출력합계 (kW)

발전기출력계수(RG)는 다음 4개의 계수를 각각 구하여, 그것들의 최대치로 한다.

RG1 : 정상 부하 출력계수라고 하며 발전기단에서의 정상시 부하전류에 의하여 정해지는 계수

RG2 : 허용전압강하 출력계수라고 하며 전동기 등의 기동에 의하여 생기는 발전기단 전압강하의 허용량에 의하여 정해지는 계수

RG3 : 단시간 과전류내력 출력계수라고 하며 발전기단에서의 과도시 부하전류의 최대치에 의하여 정해지는 계수

RG4 : 허용역상전류 출력계수라고 하며 부하에 발생되는 역상전류, 고주파전류분의 관계 등에 의하여 정해지는 계수

2. 원동기출력

원동기출력은 다음 식에 의하여 산출한다.

$$E = RE \cdot K \quad \cdots\cdots (8.8.2)$$

여기서

E : 원동기출력(kVA)

RE : 원동기출력계수(kVA/kW)

K : 부하출력합계(kW)

원동기출력계수(RE)는 3가지의 계수를 각각 구하고, 그것들의 최대치로 한다.

RE1 : 정상부하 출력계수라고 하며 정상시의 부하에 의하여 정해지는 계수

RE2 : 허용회전속도변동 출력계수라고 하며 과도적으로 생기는 부하급변에 대한 회전속도변동허용치에 의하여 정해지는 계수

RE3 : 허용최대 출력계수라고 하며 과도적으로 생기는 최대치에 의하여 정해지는 계수

3. 발전기출력과 원동기출력의 조합

비상용 자가발전설비로 조합된 발전기와 원동기의 출력을 다음 식에 보이는 정합률(matching rate : MR)로서 확인하여 해당 값이 1 이하로 되어야 한다. 또 적절한 조합으로는 해당 값을 0.7 이상으로 놓는 것이 바람직하다. 또 정합률이 1을 넘는 경우에는 원동기출력을 재검토하여 해당 출력의 비율을 증가시킴으로써 1 이하로 해야 한다.

$$M_R = \frac{\frac{G \times \cos\theta}{\eta_E}}{E} \quad \cdots\cdots (8.8.3)$$

여기서

MR : 정합률

G : 발전기출력(kVA)

cosΘ : 발전기의 정격역률(0.8)

ηE : 발전기효율

E : 원동기출력(kW)

또 발전기출력계수(RG) 및 원동기출력계수(RE)의 실용상 바람직한 범위는 다음과 같다.

$1.47D \leq RG \leq 2.2$

$1.30D \leq RE \leq 2.2$

다만, D는 부하의 수용률이다.

8.8.5 부대시설

비상용전원의 부대설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 자가발전설비에는 제어용배전반, 전력회사 전원과의 절체장치 및 각종 보호장치를 설치한다.
2. 원동기에는 연료탱크, 기동장치 등의 보조설비를 설치한다.
3. 자가발전설비에는 환기, 소음, 방진대책을 강구하며 디젤기관일 경우에는 냉각수설비를 설치하고 한랭시 대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ;

1) 배전반은 기기의 운전제어, 보호, 감시를 하는 것이므로, 기기의 용량, 특성, 운전조건 및 설치장소 등을 고려해야 한다.

2) 시운전 또는 상용전원으로 복전시킬 때의 자가발전전원과 상용전원을 병렬로 접속하는 경우에는 「전기공급약관」등에 규정된 보호계전기 등의 설비를 구성해야 한다.

3) 자가발전설비에는 과전류, 과전압, 과속도, 유압저하, 냉각수온도상승, 단수, 기동용 공기조압력 저하, 가스온도상승 등의 비정상에 대한 보호장치를 필요에 따라 설치한다.

4) 자가발전설비의 부하에 콘덴서가 있는 경우, 발전기가 진상(進相)으로 운전될 우려가 있을 때에는 자기여자현상을 일으키는 등의 위험성이 있으므로 발전기 운전시 자동적으로 콘덴서를 떼어버리도록 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ;

1) 연료탱크는 엔진상부보다 1~2m 높은 곳에 설치하여 중력에 의하여 연료를 기관에 보내는 것으로 하고, 그 용량은 전력회사의 사고에 대해서는 약 10시간 전부하운전할 수 있는 정도로 한다. 지진 등 재해시를 고려하는 경우에는 24시간 이상의 연료를 저장하는 것이 바람직하고, 연료의 저장에 대해서는 별도로 기관실 가까이에 충분한 용량의 저장탱크를 설치하고 연료펌프를 설치하여 연료탱크에 송유한다.

저장탱크에서 연료탱크로 송유하는 경우, 연료탱크의 월류구는 저장탱크로 되돌린다. 또 방유제(防油堤)로 확보되는 용량은 해당 탱크의 내용량 이상으로 한다.

연료탱크와 연료저장탱크의 설치위치, 구조, 취급 등에 대해서는 「소방기본법」및 관련법규를 준수해야만 한다.

2) 가스터빈과 디젤기관의 기동장치에는 전기식과 공기식이 있지만, 전기식인 경우에는 축전지와 충전기를 설치해야 한다.

공기식인 경우에는 압축공기탱크와 공기압축기를 설치해야 한다.

기동용 압축공기탱크는 상용압력 3 MPa(약 30.6 kgf/cm^2) 정도로 그 용량은 연속 3회 이상 자동기동할 수 있는 것으로 해야 하지만, 1회당의 소요공기량은 기온이나 윤활유의 종류에 의한 영향이 크기 때문에 용량을 결정할 때에는 충분한 검토가 필요하다. 또 자동기동방식인 경우에는 동일용량의 예비공기탱크를 설치할 필요가 있다.

공기탱크는 관련법규에 적합한 것이어야 한다. 또 공기탱크에는 안전밸브, 공기충전밸브, 토출밸브, 드레인밸브 및 압력계를 설치한다.

공기압축기는 토출압력 3MPa(약 30.6 kgf/cm^2) 정도, 용량은 공기탱크로의 공기충전에 요하는 시간이 30~60분간 정도의 용량으로 하는 것이 적당하다. 또 공기압축기의 자동운전용 및 공기압력저하시의 경보표시용으로 압력검출스위치를 설치한다.

3.에 대하여 ;

1) 원동기의 성능은 흡배기계통에 대한 압력손실의 영향을 받기 때문에 흡배기관이나 흡배기덕트를 계획할 때에는 압력손실이 커지지 않도록 단면적이나 연장 등을 검토해야 한다.

배기관 및 소음기의 외면은 고온으로 되기 때문에 방재 및 실온상승을 방지하는 의미에서 충분하게 단열처리한다. 또 배관의 열팽창을 감안하여 배관 도중에 신축이음관을 삽입한다.

2) 디젤기관은 소형공냉식인 것을 제외하고는 실린더, 윤활유 등의 냉각수를 필요로 하기 때문에 적

절한 냉각수원, 냉각수탱크 등의 냉각수설비를 설치해야 한다.

냉각방식으로서는 방류식, 순환방식, 라디에이터방식 등이 있으며 냉각수 보급의 난이도와 필요운전시간을 감안하여 확실한 방식을 채택한다.

냉각수량을 풍부하게 얻을 수 있는 시설에서는 냉각수탱크를 소용량의 것으로 하고 기관배수를 그대로 방류하는 방류식이 잘 사용되고 있다.

3) 디젤기관은 그 구조상 진동이 발생되기 때문에 이 진동을 흡수하여 건물과 기기에 유해한 영향을 주지 않도록 하고, 기초에 전달되는 진동이 작도록 방진장치를 채택해야 한다.

4) 자가발전설비는 시설주변의 환경보전을 위하여 법적규제를 만족하도록 필요한 소음과 배기의 대책을 강구해야 한다.

발전설비의 소음은 주로 원동기로부터 발생하는 소음이며, 그 대책으로서는 발전기설비전체를 방음외함으로 둘러싸는 방법과 건물자체에 차음(遮音)하는 방법이 있다. 후자의 경우에는 건물은 밀폐구조로 하고 벽과 천장에는 흡음재에 의하여 방음처리하며 환기구의 개구부에는 소음덕트를 설치한다.

배기음의 소음대책으로서는 공간, 경제성, 주위상황에 의하여 적절한 소음기를 선정한다.

발전기관의 배기는 고온으로 되므로 주위에 영향을 주지 않도록 배기관을 설치한다. 가스터빈과 디젤기관에 의한 상용발전설비에 대해서는 「대기환경보전법」에 의한 "매연기규제 등"으로서의 지정을 받는 것으로부터, 질소산화물(NOx)의 배출기준을 준수해야 한다.

5) 기관실의 온도는 디젤기관에서는 10 ℃ 이상, 가스터빈은 낮은 온도(+온도)로 유지하는 것이 바람직하다. 5 ℃ 이하로 내려가는 경우에는 디젤기관에서 냉각수의 동결방지나 윤활유의 점도대책이 필요하다.

한랭시의 방한대책으로서는 오일팬히터(oil fan heater : engine oil의 보온), 스페이스히터(space heater : battery의 보온), 흡기히터에 의한 흡입공기의 가열, 냉각수히터에 의한 사전예열(warming-up), 발전기실의 난방, 배풍구에 자동셔터를 설치하는 것 등이 있다.

8.9 기계실과 전기실

8.9.1 총칙

기계실과 전기실의 설계에서는 의장보다 기능을 우선하여 설치하는 설비가 충분히 그 기능을 발휘할 수 있도록 고려해야 한다.

건물은 외부로부터의 침수, 내부 급배수관에서의 누수 등이 발생하더라도 설비에 불의의 사고를 초래하지 않도록 하는 것이 필요하다. 특히 전력설비는 고도화, 전자화, 복잡화됨에 따라 과거보다 더욱 설치환경이 중요하게 되고 있으며 보수와 운전관리 면에서 안전성과 작업성의 향상이 추구되고 있다. 따라서 전기실은 이들 조건이 만족되도록 해야 한다.

기계실과 전기실은 법령에 의한 규제를 받는 경우가 많으므로 설계할 때에는 관련법규를 충분히 검토해야 한다. 또 기계실과 전기실은 사람이 상주하지 않는 경우가 많으므로 안전과 방범에도 고려해야 한다.

8.9.2 기계실

기계실은 다음 각 항에 따른다.
1. 기계실은 설비를 보수점검 하는데 필요한 면적과 여유공간을 가져야 하며 또한 기기의 반출입에 필요한 통로를 확보하고 필요한 경우 크레인 등을 설치한다.
2. 지하에 설치하는 경우에는 침수와 누수에 대비하여 충분한 배수(排水)시설 을 갖추어야 한다. 또 실내로의 출입구는 2개소 이상으로 하는 것이 바람 직하다.
3. 실내의 온도와 습도를 일정범위로 유지하기 위하여 적절한 환기장치를 설치하며 채광과 문짝은 보안을 고려한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 기계실은 일상적인 보수점검할 때에 안전을 확보하기 위하여 배관 등이 많이 부설된 곳에는 전용 점검통로를 설치해야 하며 바닥면은 미끄럽지 않도록 해야 한다.

기기를 분해정비할 때에 필요한 공간과 들어올려서 이동하는데 필요한 천장높이를 확보해야 한다. 또 증설·교체할 때의 공간을 감안하는 것도 필요하다. 또한 중량물이나 대형기기를 이동하거나 반출입하기 위하여 크레인설비, 호이스트, 거더, 훅 등을 설치한다. 펌프, 송풍기 등의 유지보수와 운영관리가 필요한 설비들은 설비간의 간격과 함께 설비와 벽간의 간격을 1~1.5m 이상 유지하도록 해야 한다.

2.에 대하여 ; 지하식인 펌프실 등은 펌프베어링의 냉각수, 펌프 패킹이나 배관조인트의 누수에 대응할 수 있는 배수(排水)설비가 필요하다. 배수설비는 배수수위와 연동되어 자동운전되어야 하고 예비기를 설치해야 한다.

지하층의 출입구는 긴급시의 피난도 감안하여 2개소를 설치한다. 또 지하식 기계실에는 환기와 채광면에서 건조한 지역(dry area)을 설치하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 기계실의 온도와 습도를 거의 일정한 범위로 유지하는 것이 설비의 신뢰성을 높이는데 필요하다. 일반적으로 실온은 40℃ 이하가 되도록 적당한 환기설비를 설치하는 것이 바람직하다. 또 실내에 자연채광 창문을 설치할 때에는 침수나 파손에 주의하고 창문과 출입문은 방범과 방화를 고려해야 한다.

8.9.3 전기실

전기실은 다음 각 항에 따른다.
1. 전기실의 위치는 가능한 한 부하의 중심적 위치가 바람직하며, 설치장소의 상황, 부하의 배치, 배선경로 등을 고려하여 선정한다.
2. 전기실의 넓이와 높이는 기기의 반출입, 보수점검, 분해정비 및 장래 설비교체에 필요한 여유를 고려해야 하며, 또 출입구는 가능한 한 2개소 이상으로 한다.
3. 전기실의 환경은 설비의 기능이 안정되게 발휘할 수 있도록 환기설비 등을 설치하고 부식성 또는 가연성 가스로부터 위치적으로나 구조적으로 충분히 차폐시킨다.
4. 전기실은 「소방기본법」과 「건축법」에 적합한 구조이어야 하며, 실내의 채광과 문짝은 안전을 고려하고 개구부는 조수나 곤충 등의 침입을 방지도록 조치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수·변전 및 배전설비 등을 설치하는 전기실의 위치는 부하의 중심이나 또는 부하의 중심에 가까이 설치하며, 전기실은 가능한 한 배선이 폭주하지 않도록 하고 또 고압전선로와 저압전선로를 분리하는 등 기기나 배선을 점검하기 쉽게 해야 한다.

2.에 대하여 ; 실내의 넓이는 원활하게 조작하고 점검보수 및 설비교체할 수 있도록 충분한 공간을 확보한다. 특히 폐쇄형 배전반의 주위는 문을 열었을 경우에도 통로를 확보할 수 있어야 한다.

보수점검 및 환기를 위해서 천장높이도 일정한 공간을 갖는 것이 필요하다. 구조물과 설비의 이격거리와 보유거리도 적합하게 유지해야 하고, 또한 설비교체를 고려한 설계가 필요하다. 예컨대, 동일 전기실내에서 설비를 교체하기 위한 면적을 고려한다.

3.에 대하여 ; 옥내에 설치되는 전기설비는 일반적으로 폐쇄형 배전반에 수납되는 형식들이 많다. 따라서 반의 배치에 따라서는 통풍이 잘 되지 않고 실내 전체의 온도분포가 균등하게 되지 않으며 반내부의 온도가 상승하는 경우도 있다. 특히 변압기 등 발열량이 큰 기기를 수납하고 있는 반에서는 개별로 강제환기를 함으로써 실내온도를 올리지 않도록 고려해야 한다.

전기실을 환경이 나쁜 곳에 설치해야 하는 경우에는 부식성 및 가연성의 가스 등이 침입할 수 없는 구조로 하고 실내 관통부의 차폐를 충분히 한다. 필요한 경우에는 관내의 공기를 정화(air purge)하는 것이 바람직하다.

또 전기설비는 수분이나 습기에 취약하므로 전기실은 비가 새거나 물이 침투하지 않도록 고려하고 상부층에 물탱크 등이 있는 장소는 피해야 한다. 이 밖에 부득이 지하에 전기실을 설치해야 하는 경우에는 침수되지 않도록 1층 출입구를 주위지반보다 충분히 높게 하고 펌프 등과 동일한 바닥높이에 전기설비를 설치하지 않는 등의 고려가 필요하다. 또 벽관통부를 충분히 방수해야 한다.

바닥면은 먼지 부착에 의하여 기기가 흡습하는 것을 방지하기 위하여 방진마감으로 한다.

4.에 대하여 ; 변전설비 또는 축전지설비를 설치하는 전기실은 「소방기본법」등 관계법령에 적합하도록 설치한다. 전기실을 이층 이상의 층에 설치하는 경우에는 전기기기 중에는 변압기와 같은 중량물이 그 중량에 충분히 견디는 구조로 해야만 한다.

창문과 출입문은 빗물이나 눈이 침입하지 않도록 하며 창문에는 격자망을 설치하고 출입문에는 자물쇠를 채워서 안전을 고려한다. 또 배전반 등에 직사일광이 비치지 않도록 하는 것도 필요하다. 개구부는 시공이 완료된 다음 충진재 등으로 채워서 조수류가 침입하지 않도록 한다.

8.9.4 조명 설비

조명설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 조명은 사용목적에 적합해야 하며 작업면에서 충분한 조도를 갖도록 하고 또 효율이 높은 광원을 사용한다.
2. 운전관리상 필요한 장소에는 비상용 조명등을 설치한다.
3. 조명기구의 배치는 용이하게 보수관리할 수 있도록 고려하고 설비는 관련 법규에 적합한 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 조명광원으로서는 백열등, 형광등, 수은등 등이 있으며, 그 특성을 살려서 고효율 등과 기구를 사용해야 한다. 기계실과 전기실의 조명은 기기의 조작, 점검, 수리 등의 보수작업에 지장이 없는 밝기와 색조로 한다.

감시실은 계기를 감시하고 조작반을 조작할 때에 조작원에게 피로를 주지 않도록 천장, 벽, 마루의 색상에 조화되는 조명방법과 기구를 선정해야 한다.

기기를 점검하거나 수리할 때에 특히 높은 조도가 필요한 경우에는 전반조명뿐만 아니라 국부조명을 병용해야 한다. 소요조도에 대해서는 한국산업표준(KS A 3011)의 조도기준에 의하여 선정하는 것이 바람직하며, 한국산업표준의 조도기준은 5.24.2 배치와 구성의 〈표 5.24.3〉와 같다. 다만 염소저장실내에서 염소용기를 교체하는 작업이 이루어지는 계량기부근은 다른 곳보다 밝아야 한다. 또 고주파점등방식인 형광램프(Hf형광등), HID 램프 등 효율이 높은 광원을 사용한 조명기구를 가능한 한 채택한다.

또한 설비감시를 위하여 상시 점등하는 것과 유지보수시에만 일시적으로 사용하는 것을 구분하여 설치하고, 지하공동구실, 공동구 등 점등상태를 외부에서 확인하기 어려운 장소에는 불필요한 점등을 방지하기 위하여 타임스위치를 설치하되 장시간 점등도 가능하도록 우회로(by-pass)스위치를 설치하는 것이 바람직하다. 점검통로 등 출입구가 2개 이상인 곳에서는 출입구마다 점멸이 가능하도록 스위치를 설치하고 점멸조작이 잦은 장소에는 점등시간이 긴 고압방전등의 사용을 피하는 것이 좋다.

2.에 대하여 ; 비상용조명은 「건축법」등에 규정되어 있지만, 감시실과 관리실에는 설비의 운전관리상 정전시에 운전감시와 응급조치에 지장이 없도록 필요점등시간을 검토하고 비상조명용 전원용량을 결정해야 한다. 지하층펌프실 등의 입구에는 회중전등 등을 상비하도록 고려한다.

3.에 대하여 ; 조명기구는 교환이 용이한 위치에 설치하고 배전반이나 배관 등으로 가려지거나 반사에 의하여 눈부심이 없도록 해야만 한다. 특히 높은 천정부분에 설치하는 경우에는 유지관리를 충분히 고려해야 한다.

반내의 조명기구는 보수할 때에 감전의 위험성이 높으므로 충전부를 차폐하는 것이 바람직하다. 또 콘센트는 다목적으로 이용되기 때문에 용량과 배치를 고려해야 하며 특히 지하실의 콘센트는 침수 등의 우려가 없는 위치에 부착하도록 한다.

8.9.5 소음방지 등

소음방지나 그 밖의 사항들에 관해서는 다음 각 항에 따른다.
1. 부지경계 밖으로 소음이나 진동 등이 파급되는 것을 방지하는 조치를 한다.
2. 거주구역과 관리실 등에 소음이나 진동이 파급되지 않도록 고려한다.
3. 비상시에 효율적으로 연락할 수 있는 설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 민가에 가까운 장소에 설치되는 펌프장 등의 수도시설은 펌프, 전동기, 내연기관, 전력

설비 등으로부터 발생되는 소음이나 진동에 의하여 부근의 주민에게 피해를 주지 않도록 방음이나 방진시설을 설치해야 한다. 또 건설할 때에 부근에 민가 등이 없는 경우라도 장래 민가 등이 들어설 것으로 예상되는 경우에는 미리 대책을 강구해 두거나 또는 장래 방음이나 방진장치를 설치할 수 있도록 대책을 마련해 놓는 것이 바람직하다

허용소음규제기준 및 허용진동규제기준에 대해서는 「소음·진동규제법」에 따라 정해지며 도시의 공해방지조례에 의하여 정해지고 있다.

구조물의 대책으로서는 다음과 같은 방법이 있다.

① 방음벽, 방음문, 소음덕트 등을 설치하여 실내의 흡음성을 늘려서 외부로의 소음전달을 적게 한다.

② 벽두께를 두껍게 하거나 2중벽 및 2중천장 구조 또는 창문을 적게 하거나 무창문 또는 지하식, 반지하식으로 한다.

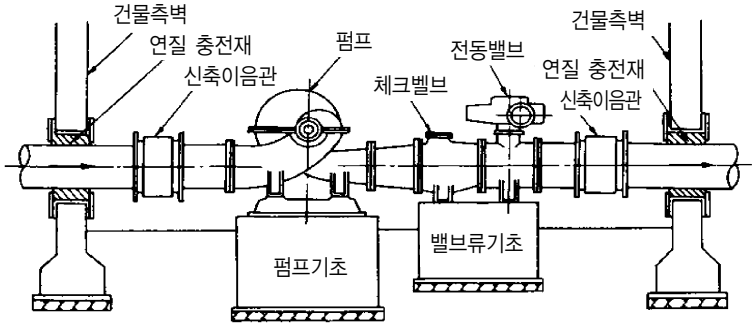
2.에 대하여 ; 펌프실 등 동일구조물에 감시실이 있는 경우에는 진동에 의한 2차음원에서의 소음이 문제가 되는 경우가 있으므로 진동의 절연과 함께 공명에 의한 진동·소음의 방지처리가 필요하다. 경우에 따라서는 이들 방을 전체구조물로부터 절연하는 방법도 있다.

이들 대책으로서는 다음과 같은 방법이 있다.

① 펌프와 전동기 등의 기계진동을 전하지 않도록 하기 위해서는 독립기초의 중량을 기계중량의 약 3배 이상으로 한다. 또한 필요에 따라 기초와 마루를 절연하면 방진효과는 커진다.

② 소형기기는 고무, 스프링 등을 사용한 방진베드(bed)에 의하여 진동을 절연한다.

③ 펌프 배관이 건물의 측벽을 관통하는 경우에는 신축이음관을 사용하거나 관통부를 방진재로 충전하여 건물과 절연한다(〔그림 8.9.1〕을 참조).



[그림 8.9.1] 신축이음관 사용의 예

④ 회전속도를 제어하는 펌프설비에서는 펌프로부터 발생하는 압력맥동의 기본주파수(임펠러깃수×회전속도)가 배관계의 고유진동수와 일치하여 공진현상을 일으켜서 배관의 진동이 커지고 건물까지 진동하는 경우가 있으므로, 배관보호베드의 보강, 펌프방진베드 및 신축이음관의 채택 등으로 대책을 강구한다.

3.에 대하여 ; 평상시에 이용하는 전화 이외에 점검정비할 때나 비상운전할 때에 서로 연락을 할 수 있는 통신설비(인터폰 등)를 설치하는 것이 필요하다.

8.10 계측제어설비

8.10.1 총칙

상수도시설에서 계측제어란 상수도시설의 감시와 제어 및 정보처리를 취급하는 기술을 말하며 그에 필요한 제 설비를 계측제어 설비라고 한다.

일반적으로 잘 알려진 공정자동화(Process Automation : PA)는 계측제어기술을 기반으로 하고 있으며 계측제어란 용어는 70년대 초기에는 계측이 주목적이었으며, 80년대부터 제어목적이 추가되면서 계측제어(Instrumentation and Control : I&C)란 용어가 사용되었다.

계측제어는 원래 화학 플랜트의 자동화와 함께 최초로 태동된 기술로 플랜트에서의 두뇌 및 신경계통을 담당하는 핵심기술이며 플랜트내의 제반시설을 유기적으로 연관시키고 전체를 시스템화하여 플랜트 전체가 안정성, 경제성을 확보하며, 합리적이고 효율적으로 운전될 수 있도록 공정을 양적, 질적으로 파악하고 생산 공정 상태를 감시·제어하여 안전하고 정확하게 운전관리하는 것을 의미한다.

계측제어설비를 종류별로 대별하면 다음과 같다.

① 전자계산기 장치(DAS, 통신네트워크장치, 기타)
② 컴퓨터 감시제어 장치(PLC, DCS, ACS, 통신네트워크장치, 기타)
③ 원격 감시제어 장치(TM/TC, SCADA, 통신네트워크장치, 기타)
④ 중앙감시반(GDP, MDP, 영상감시반/projector)
⑤ 판넬기기
지시계, 기록계, 적산계, 연산기, 설정기, 경보계, 조절계, 변환기, 기타
⑥ 현장기기
유량계, 수위계, 압력계, 온도측정계, 수질계, 분석계, 조절변(C/V), 조작기기, 기타
⑦ 감시 제어반(OPC, LCP, LIP, LOP, MOP, 기타)
⑧ 보안 감시 장치(CCTV, 침입감지설비, 기타)
⑨ 기타 기기
⑩ 전원장치(상용AC전원, DC전원, UPS전원)
⑪ 현장 설치공사 기자재

상수도시설에서 계측제어설비는 상수도시설을 원활하게 관리하기 위한 것으로 시설의 운전관리에 관계되는 여러 가지 요인들을 정보로서 신속하고 정확하게 파악하여 조작에 반영시키기 위한 설비이다.

그러므로 계측제어는 단지 시설을 조작감시하고 제어하기 위한 설비로서 기술뿐만 아니라 정보를 효율적으로 활용하기 위한 체제와 기술도 포함되는 넓은 의미로 정의된다.

계측제어는 시설을 안전하며 합리적이고 또한 경제적으로 관리하기 위하여 정보를 효과적으로 이용하는 것을 목적으로 한다.

따라서 상수도시설에서 계측제어의 목적은 취수, 도수, 정수, 송수 및 배수 등의 각 시설을 계측하고 제어하여 자동화 및 집중관리화 함으로서 시설 전체의 운전관리나 설비관리를 효율화하는 것이다.

상수도시설에서 계측제어설비를 적절하게 계획함으로써 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

① 수질, 수량 및 수압 등의 품질관리 향상

② 시설의 가동상황 파악과 합리적인 제어에 의하여 운전의 안정성 및 안전성 확보

③ 이상시 신속하고 적절한 대응

④ 노동의 경감 및 안전위생의 유지 등으로 노동조건 향상

⑤ 약품 및 동력 등을 적정하게 사용함으로써 생산성 향상

⑥ 적절한 정보관리로 수도시설전체의 운전관리나 설비관리의 기능 향상

8.10.2 안전대책

계측제어설비가 신뢰성과 안정성을 유지하기 위하여 보호장치와 백업장치를 구비하는 등 충분한 안전대책을 강구한다.

【해설】

계측제어설비에 대한 안전대책으로는 다음 사항을 고려해야 한다.

1) 평상시에 기능을 충분히 발휘할 수 있는 것은 물론, 오동작이나 기기 고장 등으로 비정상상태일 경우에도 자동안전, 백업대책 등을 강구하여 가능한 한 수도시설의 기능을 유지할 수 있도록 고려해야 한다. 계측제어기기의 고장 또는 형식변경 등에 대처하기 위하여 예비품 확보에 대하여 항상 유의한다.
2) 각종 계측기와 제어기의 설계, 제작 및 설치에는 내진성, 내약품성 등에 대하여 고려한다.
3) 뇌해대책으로서는 직격뢰의 영향을 받기 어렵도록 배치하거나 기기를 사용해야 하며 서지보호기(arrester) 등을 설치함으로써 기기의 절연파괴를 방지한다. 전송로에 대해서는 지중화하거나 광케이블을 사용하는 것이 유효하다.
4) 지진이나 화재 등의 재해에 대비하여 전도방지, 불연화 또는 필요에 따라 방폭, 사고의 파급방지 등의 대책을 강구한다.
5) 정보처리기기는 주위 환경의 영향을 받기 쉬우므로 설치환경에 충분히 유의해야 한다. 예컨대 공조설비 등을 설치하여 환경을 양호하게 유지하고 예비계통을 설치하여 불의의 사고에 대비한다.
6) 정보처리설비로 취급하게 되는 각종 데이터나 정보 등은 그 중요성에 따라 보호대책을 강구한다.
7) 시설을 운전관리하고 보수·점검할 때에 인간의 판단을 필요로 하는 사항도 있으므로 사고나 고장 등의 이상시에는 계측제어설비가 고도화될수록 혼란도 커진다. 이 때문에 관리실과 각 시설간과 같은 중요한 시설들의 요소 간에 통신연락 수단을 완비시켜 놓는 것이 바람직하다.

8.11 계측제어용 기기

8.11.1 총칙

계측제어용 기기는 상수도시설의 제어방식에 적합하고 공정을 확실하게 파악할 수 있는 운전정보 등의 정보처리가 적절하게 이루어져야 하며 또 안전하면서 신뢰성이 높은 것이 요구된다.

계측제어용 기기는 일반적으로 검출부, 표현부, 조절부, 조작부 및 전송부로 크게 나누어진다. 검출부는 상수도시설의 각 부분에서 수위, 압력, 수량 및 수질 등의 변화량을 검출하여 신호로 변환하는 장치이며, 표현부는 변환된 신호를 지시, 기록, 표시 및 경보하는 장치이다. 조절부는 수량이나 상태를 일정하게 유지하거나 일정한 기준에 따라 변화된 신호를 발신하는 장치이고, 조작부는 조절부로부터 조작신호를 받아 제어목적을 달성하기 위하여 작동하는 장치이다. 전송부는 이들 검출부, 표현부, 조절부 및 조작부의 상호간에 신호를 전달하는 부분이다.

또 시설의 감시, 제어 및 정보처리를 위하여 컴퓨터나 데이터전송기기를 사용하는 경우에는 이들 각 요소중 표현부, 조절부 및 전송부를 조합한 형식으로 된다.

일반적으로 계측제어용 기기 구성은 계측하고 제어할 항목이나 그 양, 제어의 안전성과 중요성 등에 의하여 결정된다.

상수도시설에서 계측제어용 기기를 대별하면 현장 계측기기와 판넬 계측기기로 구분된다.

현장 계측기기는 유량계측, 수위계측, 압력계측, 수질계측, 기타계측 등이 있으며 기타계측으로는 온도측정계, 분석계, 조절변(C/V), 조작기기, 습도계측, 우량계측 및 전압, 전류, 전력, 주파수, 역률 등의 전기계측 등으로 구분되고 판넬 계측기기는 지시·기록용기기(지시계, 기록계, 적산계, 설정기, 경보계, 기타), 조절기기(연산기, 조절계, 기타), 신호변환용기기, 기타 기기 등으로 구분되는데 정수장의 계측제어용 기기 적용 예를 도시하면 〔그림 8.11.1〕과 같다.

1) 계측제어용 기기의 구성 및 규모를 정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

⑴ 계측·감시의 항목과 점수는 상시감시를 필요로 하는 것과 그렇지 않은 것, 또 표현에 대해서도 지시나 표시만 하는 것과 기록, 적산 및 경보까지 하는 것 등, 그 목적과 필요성에 따라 항목마다의 중요도를 명확하게 할 필요가 있으며 가능한 한 필요한 최소한의 항목과 점수에 그치도록 간략화해야 한다.

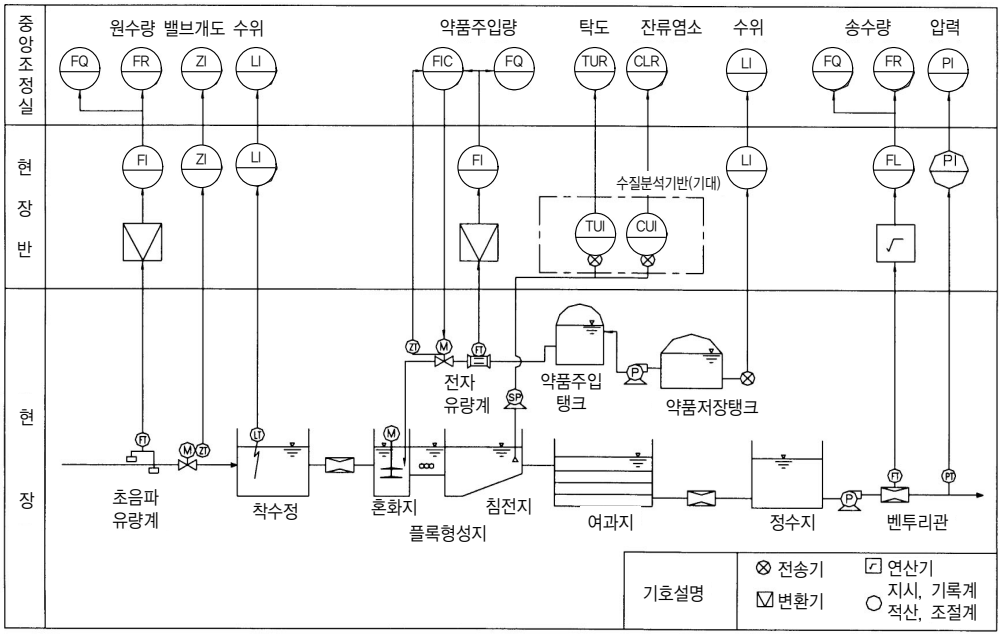
⑵ 제어에 대해서는 계측량을 기준으로 중앙운영실근무자가 수동으로 조작하는데 그치게 하거나, 변위나 변화량을 기준으로 하여 조절기기 등을 사용하여 제어루프를 구성하는 등 제어방식과 중요성에 따라 기기를 구성한다.

2) 계측제어용 기기 선정 및 설치·환경조건에 대하여 유의해야 할 점은 다음과 같다.

⑴ 기기는 동일한 사용목적에 대하여 구조, 원리, 형상 및 크기 등이 서로 다른 많은 기종들이 있으며 각각 장단점이 있다. 따라서 기기는 사용조건, 측정범위, 정밀도, 설치조건, 환경조건 등에 가장 적합하며 또한 신뢰성이 높고 생애주기비용을 고려해야 하며 교정이나 보수가 용이한 것을 선정해야 한다. 또 그 기능만이 아니라 기기의 부착조건이나 외관에 대해서도 유의하여 선정한다.

(2) 기종 및 신호는 계획의 용이성, 보수의 간이성, 기기의 호환성 및 예비품의 공통성 등으로부터 가능한 한 통일시키는 것이 바람직하다.

(3) 설치조건과 환경조건은 기기나 장치의 신뢰성, 내구성, 안정성에 큰 영향을 미치는 정밀도의 보증에도 문제가 생기기 때문에 설치조건에 알맞은 기기를 선정한다. 또 각 기기간의 신호를 전달하는 전송로에 대해서는 유도장애 및 뇌해를 받지 않도록 대책을 강구해야 한다.



[그림 8.11.1] 정수장의 계측제어용 기기 적용 예

8.11.2 유량계측

유량계측은 다음 각 항에 따른다.

1. 유량을 계측하기 위한 계기는 측정조건, 측정범위, 정밀도 등을 고려하여 선정한다. 특히 거래용이나 유수율에 관계되는 유량계는 정밀도가 높은 것을 선정한다.
2. 유량계를 설치할 때는 설치조건과 환경조건에 유의한다.

【해설】

유량계는 정수처리공정에서 양적으로 파악하거나 약품주입량을 제어하는데 사용하는 것 이외에 송수량, 저수량, 배수량 등을 계측하는데도 사용되고, 그 계측치는 유수율을 파악하거나 거래량에도 영향을 준다. 따라서 이들 유량계측용 기기는 높은 정밀도를 유지해야 한다.

유량계의 정밀도는 기종에 따라 또한 같은 기종이라도 구경이나 유속에 따라 다르고 사용되는 환경, 설치조건 및 측정범위 등에 따라서도 좌우되기 때문에 이들 조건하에서 만족할 수 있는 것을 선정해야 한다.

유량계측에 사용하는 유량계의 종류에는 관로용으로 전자유도의 법칙을 이용한 전자유량계, 초음파를 이용한 초음파유량계, 벤투리관이나 오리피스 등의 조임기구에 의하여 생긴 차압을 이용하는 차압식유량계가 있다.

수로용으로서 위어식 유량계가 있으며 소유량을 계측하거나 염소주입량을 측정하는데 사용되는 면적식 유량계 등이 있다.

1.에 대하여 ; 유량계는 측정원리나 구조에 따라 각각 다른 특징을 가지고 있으므로 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도, 신뢰성 등에 대하여 검토한 다음 가장 적절한 기종을 선정한다.
유량계를 선정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

1) 측정장소가 관수로흐름인가 개수로흐름인가의 상태에 따라 선정한다.
2) 유체의 흐름상태(관로를 충만하고 있거나, 맥동 등이 없는 상태)나 측정지점의 상류측과 하류측의 배관에 유량계가 필요로 하는 직관부가 있느냐, 또 유량계를 삽입함으로써 생기는 압력손실이 허락되는가 등을 고려하여 적절한 기종을 선정한다.
3) 종류나 구경선정은 관로구경이 커지면 유량계의 종류에 따라 상당히 비싸게 되는 것도 있으므로 경제성, 정밀도 및 측정범위 등에 대하여 검토하여 적절한 것을 선정한다.
4) 기종에는 구조가 방수형(防浸形 : water tighted), 수중형(submersible) 등이 있으므로 사용장소에 알맞은 것을 선정한다.
5) 거래용이나 유수율에 관련된 것과 같이 높은 정밀도를 필요로 하는 것이나, 제어용으로 사용하거나 단지 감시용인 것 등 각각의 용도에 따라 기종과 정밀도의 것을 선정한다.
6) 유량제어나 약품주입량제어에 사용되는 유량계는 감도와 정밀도가 높고 응답성이나 안정성이 좋은 것을 선정한다.
7) 유량의 측정범위를 명확하게 하고 또한 적합한 것을 선정한다. 예컨대 배수량과 같이 하루 중에서 최소유량과 최대유량의 차가 큰 것에는 측정비가 큰 것이나 2-레인지용의 유량계를 채택한다. 여기서 측정비란 계측할 수 있는 최대유량과 최소유량과의 비를 말한다.
8) 상용유량은 계측오차를 가능한 한 적게 하기 위하여 최대눈금의 50 % 이상인 것이 바람직하다.
9) 동일관로에 2개 이상의 유량계를 설치하는 경우에는 유량계간에 계측치의 차이가 생기기 때문에, 계측오차를 가능한 한 적게 하기 위하여 동종 및 동구경의 유량계를 선정하는 것이 바람직하다.
10) 약품주입 등에 사용하는 유량계에는 유체의 종류(기체, 액체), 유체의 조건(온도, 압력, 밀도, 점도), 유체의 성상(부식성, 유독성) 등의 조건에 알맞은 것을 선정한다.

2.에 대하여 ; 유량계는 설치조건에 따라서는 큰 오차가 생기는 경우도 있으며, 유량계실내에 빗물이나 지하수 등이 괴면 유지관리의 면에서도 문제로 되는 경우가 있다. 또 전기신호로 변환하는 전송기나 변환기에 대한 유도장애 등이 발생하지 않도록 각 기기의 설치조건 및 환경조건에 유의해야 한다. 이하 각 유량계를 설치할 때에 유의할 사항을 나타내었다.

1) 전자유량계

전자유량계는 패러데이의 전자유도의 법칙을 응용하여 유량에 비례한 출력을 얻는 유량계로 유량을 미소전기신호로 변환하는 검출기와 검출기에서의 신호를 받아 증폭하고 연산하여 소정의 신호로 변환하는 변환기로 구성된다.

전자유량계는 관벽에 작은 전극을 부착시켰을 뿐이고 압력손실이 거의 없으며 압력, 온도, 점도, 밀도 등에 거의 영향이 없다. 또한 건물내에 유량계를 설치하는 경우, 수직으로 설치함으로써 대폭적으로 설치면적을 축소시키는 경우도 있다.

전자유량계는 역류측정이나 2-레인지 전환사용 등의 기능을 부가한 것도 있다. 전자유량계를 구경 350mm 이하인 거래용으로 사용하는 경우에는 전자식 수도계량기(국가공인 검·교정 받은 제품)를 사용해야 한다.

전자유량계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 구경은 평균유속이 2~4m/s의 사이에 있도록 선정하는 것이 바람직하다. 평균유속이 1 m/s 미만이면 기전력이 작고 정밀도상의 문제가 생기기 쉽다.
또 배관경과 동일구경으로 하여 유속이 작은 경우에는 축소관(리듀서)을 사용하여 배관구경보다 작은 구경의 검출기(유량계)를 사용한다.

⑵ 배관의 곡관부나 밸브 등에 의하여 생기는 편류는 계측에 오차를 생기게 하므로 흐름을 균일하게 하기 위하여 검출기의 설치 전후에 필요한 직관부를 확보하고 유량제어밸브를 설치해야 하는 경우에는 검출기의 하류측에 설치한다.
또 필요한 직관부를 얻을 수 없는 경우에는 정류판 사용을 검토해야 하며, 전자유량계의 설치방법은 KS B 5260을 참조한다.

⑶ 검출기는 항상 유체가 관내를 충만하도록 설치한다. 관내를 충만시키는 것이 어려운 경우에는 비만수형 전자유량계를 검토한다. 또 유량계의 출력신호에서 영점을 확인하고 조정하기 위하여 배관에 밸브를 설치하여 유체가 충만되거나 정지할 수 있도록 한다.

⑷ 검출기를 수직 또는 비스듬히 설치할 경우에는 흐름은 아래쪽에서 위쪽으로 향하도록 하고 전극은 수평방향으로 되도록 설치한다.

⑸ 검출기 내부를 점검하거나 청소하기 위하여 우회관(by-pass)을 설치하는 것이 바람직하다.

⑹ 검출기는 유체의 도전율이 불균일하게 되는 곳, 예컨대 약품주입지점의 직후는 피해야 하며 상류측 또는 하류측에 설치하는 경우에는 주입점에서 충분히 떨어진 위치에 설치한다.

⑺ 약품계량용으로 사용하는 경우에는 내면을 적당하게 청소할 수 있도록 배관을 한다.

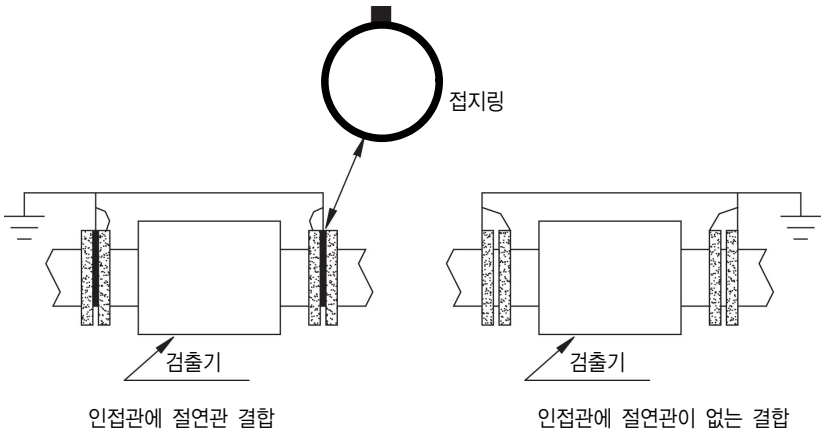
⑻ 검출기와 변환기를 설치하는 장소는 강전기기의 근방이나 부식성 가스가 발생하는 장소는 피해야 하며, 계량기실이 침수우려가 있는 경우에는 배수(排水)설비를 설치하고 배선의 접속지점은 완전하게 방수공사를 한다.

⑼ 검출기와 변환기로는 방적·방수형(dripproof and watertight type)이 있으므로 각각 설치장소에 알맞은 것을 선정하고, 변환기의 상하, 좌우에는 보수공간을 확보한다.

⑽ 신호케이블과 여자(勵磁)케이블은 소정의 전용케이블을 사용하여 독립배선으로 하며, 강전기기의 가까이에 배선하는 것이나 고압케이블과 평행으로 배선하는 것은 피한다.

⑾ 검출기와 변환기의 배선길이는 유체의 도전율에 따라 제한되므로 주의해야 한다.

⑿ 검출기와 변환기의 접지는 〔그림 8.11.2〕와 같이 제3종접지(100Ω 이하) 이상으로 하고 전력기기의 접지와 함께 하지 않는다.

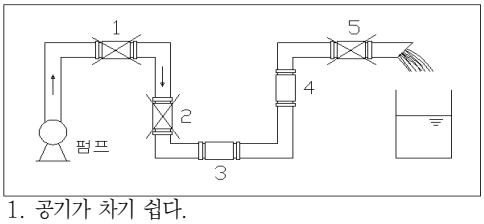


[그림 8.11.2] 전자유량계 검출기와 인접관 접지방식

⒀ 유체흐름은 유속분포가 균일한 층류흐름이 되어야 정확한 유량측정이 되며 이를 위해서는 검출기 전후 설치위치 배관에 필요직관장이 확보되어야 한다.

배관의 필요직관장은 배관내경을 D라 할 때, 검출기 설치위치를 중심으로 통상적으로 상류측은 3~5D 이상, 하류측은 2D 이상이 필요하며 「수도법 시행규칙」 별표 6 및 환경부 유량계 설치 및 유지관리에 관한 지침을 참조하여 설치한다. 한편, 필요직관장이 충분히 확보되지 않을 경우에는 상류측 직관장을 최우선적으로 확보토록 하고(전체 직관장의 80~90%), 하류측 직관장은 최소화(전체 직관장의 20~10%)한다. 필요 직관장은 제조사에 따라 다를 수 있으며 특히 상류측에 벤드(bend), 밸브, 펌프 등이 있을 때는 주의를 요하므로 제조사의 계기 취급설명서(instruction manual for instrument)를 사전입수 후, 참조하여 설치하여야 원하는 정밀도(accuracy)를 얻을 수 있다.

검출기는 수평, 수직, 그 밖의 어느 각도에서도 취부 가능하지만 액체가 항상 검출기내에 충만하여 흐르도록 배관을 해야 한다. 전극이 수직위치에 있으면 유체상부에 부유한 기포가 전극과 액체와의 접촉을 방해하거나 하측전극에 부착되어 유량측정에 악영향을 주게 되므로 그림 8.11.3의 (3)과 같이 수직배관 높이에서 2D 정도 아래 위치에 설치하는 것이 좋다. 전자유량계의 각종 설치방법을 도시하면 〔그림 8.11.3〕와 같다.



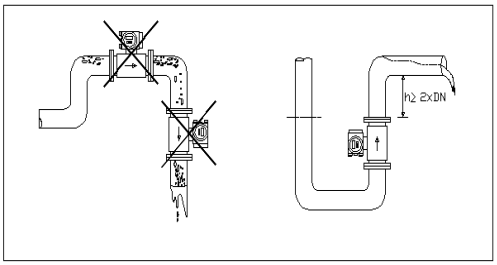
1. 공기가 차기 쉽다.
2. 유체가 충만하지 않을 우려가 있다.
3. 양호함, 4. 양호함. 5. 유체가 충만하지 않는다.

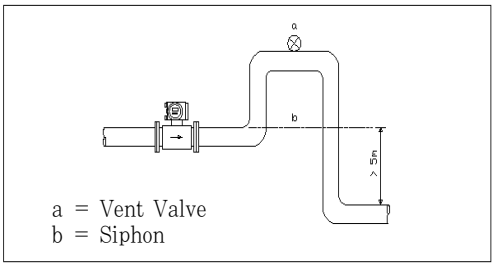
(1) 설치위치별 특징



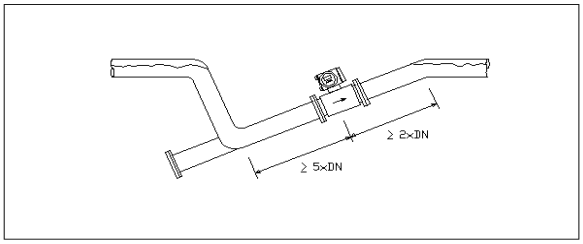
주) 펌프 흡입쪽에는 설치하지 않는다.
(유량계가 진공 상태가 되어 low pressure 및 lining 이 손상된다.)

(2) 펌프장





(3) 하향배관 또는 상향배관



주) ① 유체충만을 위하여 수평에서 위쪽으로 3%정도 slope를 갖도록 설치한다.
② 고형물이 모이는 최하단 위치에는 설치하는 것을 피한다.
③ 배수밸브(drain valve)를 설치한다.

(4) 비충만 배관

[그림 8.11.3] 전자유량계 설치방법

2) 초음파유량계

초음파유량계는 초음파가 유체 중을 전파하는 속도가 유체의 유속에 따라 변화하는 것을 이용하여 관로의 유량에 비례한 출력을 얻는 유량계로, 초음파의 발신기 및 수신하는 검출기와 검출기에서의 신호를 증폭하고 연산하여 소정의 전기신호로 변환시키는 변환기로 구성된다.

초음파유량계는 초음파가 투과할 수 있는 유체이면 도전성이나 비도전성에 관계없이 어떠한 유체에 대해서도 측정할 수 있다. 또 초음파의 발신부와 수신부가 관벽에 부착되어 있기 때문에 전자유량계와 마찬가지로 압력손실이 생기지 않는다.

다만, 초음파의 전파를 방해하는 거품이나 이물질 등이 혼입되면 측정오차가 생긴다. 일반적으로 탁

도 5,000NTU 이하, 수온 0~40 ℃가 유체조건으로 되어 있다.

초음파유량계에는 역류측정이나 2-레인지전환 등의 기능을 부가한 것도 있고, 측정방법으로는 Z-법(투과법), V-법(반사법), X-법(교차법) 및 2V-(측선)법 등이 있으며 관내에 편류가 있을 경우에는 2V-법이 정밀도를 좋게 측정할 수 있다.

초음파유량계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 측정관(기설관이라도 좋다)의 재질은 강관, 주철관, 덕타일주철관 등으로 내면에 라이닝이 있더라도 지장이 없다. 다만, 배관이나 라이닝의 두께, 종류가 정확하게 판명되어 있을 필요가 있다.

⑵ 초음파 유량계의 측정방식에는 전반속도차법과 Doppler법이 있고 검출기 취부방법에는 측정유체에 대한 비접촉형(external mount type)과 접촉형(insert mount type) 등이 있다. 배관의 필요직관장은 배관내경을 D라 할 때, 검출기 설치위치를 중심으로 통상적으로 상류측은 10D 이상, 하류측은 5D 이상이 필요하나 배관내에 검출기를 삽입하는 접촉형 중의 하나인 다회선 초음파 유량계는 상류측은 5D 이상, 하류측은 2D 이상의 직관부를 확보하여야 하며 수도법 시행규칙 별표 6 및 환경부 유량계 설치 및 유지관리에 관한 지침을 참조하여 설치한다. 한편, 필요직관장이 충분히 확보되지 않을 경우에는 상류측 직관장을 최우선으로 확보토록 하고(전체 직관장의 80 ~90%), 하류측 직관장은 최소화(최소 직관장의 20~10%)한다. 필요 직관장은 제조사에 따라 다를 수 있으며 특히 상류측에 벤드(bend), 밸브, 펌프 등이 있을 때는 주의를 요하므로 제조사의 계기 취급설명서를 사전입수 후, 참조하여 설치하여야 원하는 정밀도(accuracy)를 얻을 수 있다.

또한 보다 정밀한 측정을 위해서 배관내는 항상 유체가 충만되어야 하고 유체중에는 기포가 혼입되지 않아야 하는데 혹 기포가 혼입되는 경우라면 기체 분리기를 상류측에 설치하여 기포를 없애는 것이 좋다. 배관위치에 따른 각종 설치방법은 〔그림 8.11.3〕을 참조한다.

⑶ 검출기와 변환기는 강전기기의 근방이나 부식성 가스가 발생하는 장소에는 설치하지 않는다. 또 검출기를 계량기실내에 설치하여 침수될 우려가 있는 경우에는 배수(排水)설비를 설치하고 배선의 접속개소는 완전하게 방수조치를 한다.

⑷ 검출기와 변환기로는 방적형과 방수형 등이 있으므로 각각의 설치장소에 알맞은 것을 선정하고, 변환기의 상하, 좌우에는 보수공간을 확보한다.

⑸ 검출기와 변환기 간에는 전용의 동축케이블을 사용하고 배선은 독립된 전선관(conduit) 또는 케이블트레이에 넣어서 부설한다.

⑹ 검출기와 변환기의 설치는 제3종접지(100Ω 이하) 이상으로 한다.

3) 차압식유량계

차압식유량계는 유량의 2승에 비례하는 차압을 발생시키는 조임기구와 이 차압을 전기신호로 변환하는 차압전송기, 그리고 신호를 선형화하는 개평연산기로 구성된다.

조임기구로서는 오리피스, 홀로우 노즐 및 벤츄리관이 있다.

조임기구와 차압전송기를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 유체가 구부러진 곳이나 밸브 등을 통과하게 되면 층류흐름이 되지 않고 불규칙한 와류나 혼류가 생겨 유속분포가 변하게 되고 그로 인해 정확한 측정이 불가능하게 된다.

이것을 방지하기 위하여는 구부러진 곳이나 밸브 등으로부터 충분히 떨어지고 불규칙한 흐름이 없는 지점에 조임기구를 설치해야 한다.

⑵ 조임기구의 전후에는 흐름을 균일하게 하기 위하여 관내경(D)에 대하여 상류측 10D 이상, 하류측 5D 이상의 직관부가 필요하고, 이 직관부는 측정정밀도를 유지하기 위하여서는 반드시 확보해야 하며 「수도법 시행규칙」 별표 6 및 「환경부 유량계 설치 및 유지관리에 관한 지침」을 참조하여 설치한다. 한편, 필요직관장이 충분히 확보되지 않을 경우에는 상류측 직관장을 최우선으로 확보토록 하고(전체 직관장의 80~90%), 하류측 직관장은 최소화(최소 직관장의 20~10%)한다. 필요 직관장은 제조사에 따라 다를 수 있으며 특히 상류측에 벤드(bend), 밸브, 펌프 등이 있을 때는 주의를 요하므로 제조사의 계기 취급설명서를 사전입수 후, 참조하여 설치하여야 원하는 정밀도(accuracy)를 얻을 수 있다. 또 원추형 벤투리에서는 직관부의 길이가 이 기준 이하라도 좋은 경우가 있다. 직관부에 대해서는 KS B0898, KS A0612를 참조한다.

⑶ 조임기구는 계량기실내에 설치되는 것이 많으므로 필요에 따라 배수(排水)설비를 설치한다.

⑷ 차압전송기는 계량기실내에 설치되는 것은 피하며 부득이하게 설치하는 경우에는 배수(排水)펌프나 환기장치를 설치하는 등 환경정비가 필요하다.

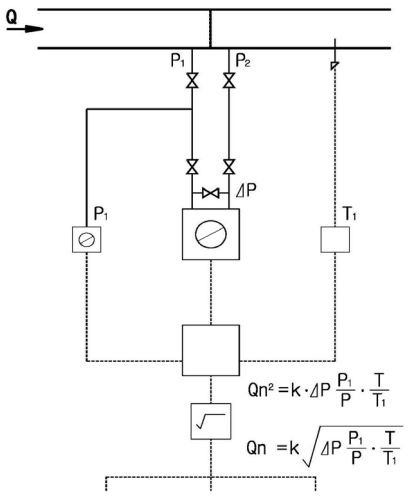
⑸ 차압전송기의 설치위치는 부압으로 되지 않도록 해야 한다.

⑹ 조임기구로부터 차압전송기까지의 도압관은 수평배관을 피하고 $\frac{1}{10}$ 이상의 경사로 설치하여 기포나 이물질이 지체되지 않도록 한다.

또 조임기구의 차압관과 도압관의 재질은 부식에 강하고 내구성이 있는 것을 사용한다.

⑺ 차압전송기와 도압관에는 동결방지대책을 강구한다.

⑻ 조임기구를 이용하기 때문에 유량측정방식중 압력손실이 가장 커서 차압이 미압인 경우에는 미압용 차압발신기를 사용해야 한다. 또한 기체유량측정의 경우에는 정밀측정을 위해 온도·압력보정을 해줘야 하며 그에 대한 구체적 내용은 〔그림 8.11.4〕와 같다.



[그림 8.11.4] 기체유량 측정방식

8.11.3 수위계측

수위계측은 다음 각 항에 따른다.
1. 수위를 계측하기 위한 계기는 측정조건, 측정범위, 정밀도 등을 고려하여 선정한다.
2. 수위계를 설치할 때에는 설치조건 및 환경조건에 유의한다.

【해설】

수위를 계측하는 것은 유량이나 압력을 측정하는 것과 함께 수도시설의 운전관리상 중요한 요건의 하나이며, 용도로는 정수처리공정의 수위 감시와 제어는 물론, 약품의 재고관리 및 펌프의 수위제어용 등에도 사용되고 있다. 수도시설의 감시·제어에 사용되는 수위계로는 투입식, 차압식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 전극식 등이 있다.

1.에 대하여 ; 수위계는 측정원리와 구조 등에 따라 각각 특징을 가지고 있으므로, 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도 등에 대하여 검토한 다음 적절한 기종을 선정해야 한다. 수위계의 측정방식별 비교는〈표 8.11.1〉과 같다.

수위계를 선정할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 감시 및 제어용으로 사용할 것인가, 제시·제출용으로 사용할 것인가, 검수용으로 사용할 것인가 등 용도에 따라 선정해야 한다.

⑵ 사용목적이 2위치(기동-정지)감시용인가, 연속측정용인가 등 측정목적을 고려하여 기종을 선정한다.

⑶ 물의 흐름이나 물결의 유무 등 측정장소의 수면 상태를 고려하여 선정한다.

⑷ 측정대상물의 물리·화학적 성질(부착성, 온도, 밀도, 탁도, 부식성, 점도, 불순물 등)에 알맞은 기종을 선정한다.

⑸ 환경조건이 나쁜 장소에 설치해야 하는 경우에는 내습성과 내부식성 등 재질을 충분히 고려하고 기기와 부속품의 교환이 용이한 구조의 기종을 선정한다.

⑹ 정밀도에 대해서는 계측오차를 가능한 한 적게 하기 위하여 상시 변화하고 있는 수위의 최대치에는 월류수위를 고려하여 다소 여유를 갖는 값을 풀스케일로 하는 것이 바람직하다.

⑺ 측정범위에 대해서는 계측필요범위를 명확하게 하고 그것에 적합한 것을 선정한다.

⑻ 수위제어나 유량제어에 사용되는 수위계는 감도와 정밀도가 높고 응답성이나 안정성이 좋은 것을 선정한다.

2.에 대하여 ; 수위계는 대부분이 현장에 설치되기 때문에 설치조건에 따라서는 오차가 생기며, 유지관리 면에서 문제가 되는 경우도 있으므로 기기의 설치조건에는 충분히 유의해야 한다. 검출기나 변환기를 설치할 때에는 낙뢰의 영향 및 유도장애가 발생하지 않도록 고려해야 한다.

수위계의 측정방식별로 설치시 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 투입식수위계

투입식수위계는 접액다이어프램을 수중에 설치하여 다이어프램에 걸리는 압력을 측정하여 통일된 신호로 변환한다. 이 방식은 각종 탱크에 특별한 공사가 필요없이 간단히 설치할 수 있으므로 많이 사용

되고 있다.

투입식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 검출기를 설치하는 위치는 부근에서 심한 흐름이 있는 경우에는 방파관이나 방류벽 등을 설치할 필요가 있으며 또 진동이 있는 곳은 피한다.

⑵ 슬러지 등이 퇴적될 우려가 있는 장소에는 사용하는 것이 바람직하지 않다.

⑶ 중공케이블(hollow cable)을 통하여 전송기에 물이 들어가면 고장의 원인으로 되기 때문에, 이것을 방지할 대책을 해야 한다.

⑷ 중계박스나 전원박스는 습기나 부식성 가스가 적은 장소에 설치한다.

2) 차압식수위계

차압식수위계는 수중 임의의 점에서의 정압력이 그 지점에서 수면까지의 거리, 밀도 및 중력가속도의 곱에 반비례하는 것을 이용하여 수면까지의 거리(수위)를 검지하는 방법으로 약품저장조의 수위측정용으로 잘 사용된다.

차압식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 차압전송기의 설치위치는 최저수위보다 낮게 설치한다.

⑵ 액의 밀도에 의한 보정이 필요하다.

⑶ 액에 맥동이 있으면 차압전송기의 출력이 불안정하게 되므로 주의해야 한다.

⑷ 도압배관은 공기고임(stagnant air)을 만들지 않게 되도록 직선배관으로 하는 것이 바람직하다. 또 조인트부는 종종 누설의 원인으로도 되므로 조인트의 재질이나 시공에 주의한다.

⑸ 동절기에 동결될 우려가 있는 경우에는 도압배관에 보온장치를 시공한다.

⑹ 차압전송기는 떼어낼 수 있도록 도압관의 출구에 원밸브를 설치한다.

3) 초음파식수위계

초음파식수위계는 측정대상물의 위쪽에 설치된 초음파센서로부터 발사된 초음파펄스가 측정대상물의 표면에서 반사되어 반사파로 되어 다시 센서로 수신되기까지의 왕복전파시간을 측정하여 수위로 환산하는 수위계이다. 이 수위계의 특징은 비접촉 측정이 가능하고 점도와 밀도에 의한 영향이 없으며 가동부분이 없다는 것 등이다.

초음파식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

⑴ 초음파수위계는 최소측정범위, 반사조건, 불감거리 등에 의하여 측정한계가 있다.

⑵ 초음파센서는 발사된 초음파펄스가 먼지, 기체, 증기 등에 의하여 측정에너지의 전파를 약하게 하는 경우가 있다.

⑶ 탱크 내에 설치된 사다리나 배관 등에 초음파가 조사되어 반사되면 반사파에 의해 노이즈가 발생되므로 수위계 설치장소는 이같은 장애물이 없는 장소를 선정해야 한다.

⑷ 센서부에 물방울·결로가 발생하면 오차가 발생하는 요인으로 되므로 초음파발신부에 고분자압전막, 고분자필름 등의 피막을 씌어서 물방울이 부착되지 않도록 고려한다.

⑸ 센서는 진동이 없고 또 기계류의 잡음이나 전자유도파 등의 영향을 받지 않는 장소를 선정하여 설치한다.

⑹ 측정대상물의 표면에 거품이나 작은 파(wave)가 있는 경우 초음파의 에코가 일어나서 오차가 생긴다.

4) 정전용량식수위계

정전용량식수위계는 액체 중에 전극을 삽입하여 전극과 수조 또는 탱크 벽과의 사이에 정전용량이 액면의 높이에 비례하는 성질을 이용한 것이다. 이 방식은 전극의 길이, 재질, 측정대상의 유전율에 의하여 측정범위가 넓게 채택되며 또 전극의 재질을 선정하는 것에 의하여 부식성액체에도 적용할 수 있다.

정전용량식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 정전용량식수위계는 전극을 선정하는 것이 중요하다. 수위를 직접 검출하는 지점인 전극은 발신기를 작동시키는데 충분한 용량변화를 필요로 한다. 또 측정대상물의 물리·화학적성질, 진동, 충격 등의 요인에 대해서도 고려해야 한다.

⑵ 전극은 사용목적이나 측정조건에 따라 여러 가지 형식의 것이 제작되고 있지만, 크게 나누면 전극전체가 절연물로 피복된 완전피복형과 전극의 끝부분 등의 금속부가 노출된 부분피복형으로 나누어진다. 그 형상으로서는 막대형상의 전극이 일반적이지만, 그 이외에도 와이어로프형상, 파이프형상 등의 것도 있으며, 피복으로 사용되는 유전체로는 4불화에틸렌, 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 세라믹 등이 있다.

이들 수많은 전극 중에서 어떤 전극을 선정할 것인가는 측정결과의 양부에 직접 결부되는 요인이기 때문에 사용목적이나 측정조건 등을 검토해야 한다.

⑶ 깊은 우물(심정호) 등 특수한 측정조건에서 수위를 측정하는 경우에는 사용할 전극이 길어지므로 기계적 강도에 주의해야 한다.

⑷ 전극과 변환기의 영점 및 스팬을 확인하기 위하여서는 실제로 측정액을 변동시켜서 확인하는 것이 가장 정확한 방법이므로, 설치 후에 그러한 조작이 가능한 지를 확인한다.

5) 플로트식수위계

플로트식수위계는 플로트를 액면에 띄우고 플로트의 변위를 와이어 또는 테이프에 의하여 계기내부의 활차(pulley)에 전하여 회전각으로 변환한다. 이 회전각을 변환부에서 균일한 신호로 변환하여 지시하고 전송한다.

이 수위계는 원리와 구조가 간단하고 취급이 용이하다. 또 계기용의 전원이 없더라도 지시할 수 있다.

플로트식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 측정대상물이 산화제나 산성약품 등 부식성이 있는 경우에는 플로트의 재질을 경질염화비닐 또는 스테인리스 등 내식성의 것을 선정해야 한다.

⑵ 옥외에 설치하여 직사일광이나 복사열 등을 받을 경우에는 단열조치를 하거나 통풍이 잘 되도록 설치하며 또 부식성이 우려되는 환경에 설치하는 경우에는 환기장치를 설치하도록 고려해야 한다.

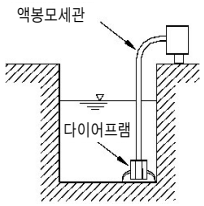
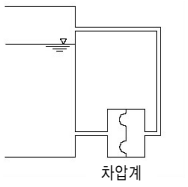
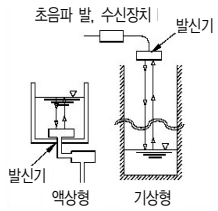
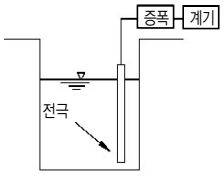
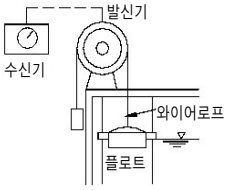
(3) 플로트를 띄우는 장소에 흐름이나 물결이 있을 경우에는 정확한 수위를 측정할 수 없으며 오차가 생기므로 플로트탱크 또는 방파관 등을 설치하여 플로트의 흔들림을 방지해야 한다.

(4) 나사식감기드럼을 사용하는 경우에는 플로트가 상하의 이동에 따라 조금씩 수평방향으로 이동하기 때문에 플로트방파관의 간격은 충분히 잡을 필요가 있다.

(5) 플로트와 평형추(counterweight)가 한 와이어로프의 양끝에 부착되고 변환부의 활차에 걸려 있는 경우에는 플로트 또는 평형추와 방파관과의 간격을 각각 20 mm 이상 잡는 것이 바람직하다.

(6) 수위변동이 심한 곳에서는 드럼에서 와이어감김(휩쓸림)이 흐트러지는 경우가 있다.

〈표 8.11.1〉 수위계의 종류

	구 조 도	원 리	장 점	단 점
투입식수위계		원리적으로는 차압식과 같다. 접액다이어프램을 액중에 설치하고, 액봉모세관(liquid seal capillary)으로 액압을 본체로 이끌고, 여기서 기상압과의 차압에 의하여 차압계로 액압을 측정한다. 정밀도 ± 0.3 % 측정범위 0~0.1mm……100m	접액부를 체인 등으로 매달아 투입할 뿐으로 아주 특별한 공사가 필요없다. 보수가 간단하고 용이하다. 부식성의 환경에 사용하기 알맞다.	심한 흐름이 있는 장소에는 주의를 요한다.
차압식수위계		액면에 의한 수주압력을 차압계를 이용하여 측정한다. 차압계로는 정전용량식 및 다이어프램식 차압계 등이 있다. 정밀도 ± 0.2 % 측정범위 0~0.1mm……70m	광범위한 액면변화를 연속적으로 측정할 수 있다. 밀폐된 압력용기내의 액면 측정도 가능	검출기의 설치장소에 제약이 있다.
초음파식수위계		음원에서 발사된 펄스음파가 액면에서 반사하여 수신기에 되돌아오기까지의 시간을 측정한다. 발신기를 액체 중에 고정시키는 액상형과 공중에서 발신하는 기상형의 2종류가 있다. 정밀도 ± 1 % 측정범위 0~0.2mm……20m	액상형은 대형탱크나 고압탱크에, 기상형은 가늘고 긴 탱크에 알맞다.	밀도나 온도의 오차를 보정할 필요가 있다. 고가이다. 장애물이 있는 경우에는 초음파에 의한 측정은 불가능
정전용량식수위계		액체 중에 전극을 삽입하고, 이전극과 탱크 벽 또는 액 간의 정전용량이 액면의 높이에 비례하는 성질을 이용한 것으로 불연속검출에도 사용할 수 있다. 정밀도 1 % 측정범위 0~1mm……150m	구조가 견고하고 가동부가 없어서 보수가 용이하다. 도전성이나 비도전성에 관계없이 액체나 분체 모두에 알맞다. 휘발성분위기에서도 사용할 수 있다.	전극에 부착물이 있으면 오차의 원인으로 된다. 유전율의 변화가 오차의 원인으로 된다.
플로트식수위계		플로트의 이동을 각기에 연결된 와이어와 풀리에 의하여 검출하여 전기적 또는 기계적으로 측정하도록 한 것이다. 정밀도 ± 1 % 측정범위 0~1mm……30m	저수지나 배수지 등의 큰 수면을 측정하는 데 사용된다. 계기전원이 없더라도 지시가능	마찰 등 때문에 정밀도가 약간 떨어진다.

8.11.4 압력계측

압력계측은 다음 각 항에 따른다.
1. 압력을 계측하기 위한 계기는 측정조건, 측정범위, 정밀도, 응답성이 적정한 것을 선정한다.
2. 압력계를 설치하는 경우에는 설치조건과 환경조건에 유의한다.

【해설】

압력계측은 배수관에 대한 압력을 균등화하고, 누수를 방지하기 위한 대책으로 압력을 조정하는 등 배수시설에서 많이 사용하고 있다.

압력계의 용도로는 기계식압력계로서는 부르동(bourdon)관식 압력계가 펌프의 압력측정에 많이 사용되고 다이어프램식압력계는 부식성약품, 슬러리 등의 압력측정에 많이 사용되고 있다. 또 벨로즈식 압력계는 공기식조절계, 압력스위치 등에 사용되고 있다.

정전용량식 및 반도체식압력계는 압력측정뿐만 아니라 탱크의 수위를 압력으로 측정하여 수위로 환산하거나 조임기구에 의한 차압을 측정하여 유량으로 환산하는 등 유량과 수위 등의 측정에도 응용되고 있다.

압력을 검출할 때의 압력을 표현하는 방법으로는 절대압력, 게이지압력 및 차압압력이 있다.

1.에 대하여 ; 압력계는 측정원리와 구조 등에 따라 각각 다른 특징을 가지고 있고 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도 등에 대하여 검토한 다음 가장 적절한 기종을 선정한다.

압력계를 선정할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 계측범위와 사용목적에 적합한 감압소자를 선정한다.

⑵ 부르동(bourdon)관 압력계의 정밀도는 등급, 눈금범위의 단계 등에 의한 허용차가 다르므로 사용목적에 적합한 기종으로 한다.

⑶ 압력계는 지시계로만 사용한 것인가 또는 전기신호로 변환하여 사용할 것인가에 따라 각각의 용도에 따른 것을 선정한다.

⑷ 액체의 종류(액체의 성상, 밀도, 부식성, 유독성)에 적합한 것을 선정한다.

⑸ 측정장소가 관로, 개방탱크 또는 압력탱크에 따라 각각의 설치조건에 적합하고 유지보수가 용이한 기종을 선정한다.

⑹ 압력제어나 유량제어에 사용할 압력계로는 특히 감도, 정밀도, 응답성 및 안정성이 좋은 것으로 선정한다.

⑺ 압력계의 발신기는 레인지변경이 용이한 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 압력계는 많은 현장에 설치되기 때문에 설치조건에 따라 오차가 생기는 경우가 있다. 압력계를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 측정유체에 따라서는 접액부에 내식성재질의 것을 사용한다.

⑵ 동결이 우려되는 경우에는 도압관을 보온재 또는 배관용 히터 등으로 보호해야 한다. 또한 액체의 압력을 측정하는 경우에는 도압관로에 공기밸브를 설치하고, 기체의 압력을 측정하는 경우에

는 도압관로에 드레인밸브를 설치한다.

⑶ 부르동관은 구조부분의 마모나 노후화 등에 따라 정밀도가 떨어지기 때문에 정기적으로 용이하게 조정하거나 교체할 수 있도록 한다.

⑷ 옥외에 설치하는 경우에는 직사일광이나 빗물 등을 피하는 뚜껑을 부착하여 장기적으로 신뢰성이 높게 측정할 수 있도록 고려한다.

⑸ 압력전송기는 도압관의 공기빼기와 조정 등으로 지시치를 확인해야 하므로 현장지시계(브로동관식 압력계 등)를 병설하는 것이 바람직하다.

⑹ 용이하게 보수점검하거나 교체할 수 있도록 압력전송기는 단독으로 떼어낼 수 있는 배관과 조인트를 설치한다.

8.11.5 수질계측

수질계측은 다음 각 항에 따른다.

1. 수질을 계측하기 위한 계기는 구조나 원리가 간단하고 응답성이 좋으며 신뢰성이 높고 교정 및 보수가 용이한 것을 선정한다. 또 내습성, 내부식성 등 주위의 환경조건에 알맞은 것을 선정한다.
2. 수질계측은 수질계기의 설치환경과 채수방식에 유의한다.
3. 상수도시설에서 수질계측기기는 원수수질 및 정수장 운전의 자동화 등 정수처리 시설의 여건에 능동적으로 대응키 위하여 필요한 계측기를 선정·설치해야 한다.

【해설】

수질계기는 취수에서부터 정수에 이르기까지의 정수처리공정이나 송·배수관망에서의 수질감시에 사용하는 것이다. 특히 응집제, 알칼리제, 소독제 등의 약품주입제어에 사용되는 수질계기는 높은 정밀도이면서 장기간에 안정된 신뢰성이 있는 것이 요구된다.

다른 공업계기와는 달리 수질계기는 측정원리나 측정조건이 서로 다르거나 계기의 종류에 따라 또한 동일기종이더라도 측정레인지가 다름에 따라 정밀도가 다른 경우가 있다. 또 계기의 표시값과 인력으로 분석한 값에 대해서도 측정원리나 측정조건에 따라 차이가 있을 수 있다.

수질계기의 정밀도를 표현하는 방법으로는 일반적으로 직선성, 재현성, 안정성 등이 사용된다.

응집제의 주입제어에는 탁도계, pH계, 알칼리계, 수온계가, 알칼리제 등 pH조정제의 주입제어에는 pH계, 알칼리도계가, 염소제의 주입제어에는 염소요구량계, 암모니아이온계, 잔류염소계 등이 사용된다. 오존의 제어에는 용존(액상)오존농도계나 배오존농도계가 사용된다.

감시용 계기로는 원수수질 조건에 따라 미량휘발성유기화합물(VOC)계, 유막검지기, 유분(油分)모니터, 고감도탁도계, 색도계, 트리할로메탄계, 전기전도도계, UV(자외선흡광도)계, ORP(산화환원전위)계, 시안이온계 등이 있다.

또 수질계기는 기종마다 다른 측정방식의 것들이 있다. 예를 들면, 탁도계는 투과광측정방식, 투과광산란광비교방식, 표면산란광측정방식 등이 있으며, 측정수질이나 사용목적에 합치되는 기종을 선정해야 한다.

수질계기의 구조, 원리 및 특징 등을 〈표 8.11.2〉에 나타내었다.

1.에 대하여 ; 수질계기를 선정할 때에 유의해야 할 사항으로서는 다음과 같은 것이 있다.

⑴ 다른 계측제어기기에 비하여 유지관리의 주기가 짧기 때문에 교정과 보수가 용이한 것이 바람직하다.

⑵ 시약을 필요로 하는 것은 되도록이면 시약소비량이 적은 것을 선정한다. 시약탱크의 용량은 유지관리의 주기, 운전시간 및 시약의 시간경과에 따른 변화 등을 고려하여 정한다.

⑶ 검출장치나 전극의 세척방식에는 초음파세척, 물분사(water jet)세척, 브러시(brush)세척, 비드(bead)세척 등이 있지만, 어떤 방식을 채택할 것인가는 측정수질이나 유지관리 등을 고려하여 정한다. 세척방법은 수동과 자동을 겸비하고 세척시간간격과 세척시간을 조정할 수 있는 것이 바람직하다. 세척할 때나 레인지전환 중에는 출력신호를 홀드하고 홀딩시간을 변경할 수 있는 것이 바람직하다.

각 계기별로 선정할 때 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 탁도계

탁도계는 측정수가 착색된 것의 영향을 받지 않는 것을 선정한다. 저탁도용의 탁도계로는 제로탁도 필터부가 바람직하다. 측정수질의 변동이 심한 경우에는 2중레인지 등의 채택을 고려한다. 레인지전환은 자동전환이 바람직하다.

크립토스포리디움 대책으로서 고감도탁도계나 입자계수기(particle counter)가 사용되는 경우도 있다.

고감도탁도계로는 투과산란광(laser)식, 투과산란광(가시광)식, 표면산란광식이 있고 감도가 높으며 저탁도까지 측정할 수 있다. 설치할 때에는 유지관리가 용이하고 신뢰성이 높은 것을 채택한다. 입자계수기는 여과지전후의 물에 포함된 탁질의 입자경과 입자수를 측정하여 여과상황을 파악하는 데 사용되고 있다.

2) 미량휘발성유기화합물(VOC)계

정수장 원수의 오염사고에 대처하기 위하여 휘발성유기화합물 23성분을 μg/L 단위까지 연속측정할 수 있는 VOC계를 원수감시에 사용하는 경우가 있다.

VOC계는 1시간마다 디클로러메탄, 톨루엔, 벤젠, 트리클로로에틸렌 등 많은 물질을 확인할 수 있고 원수수질의 돌발적인 변화나 장기변동을 파악할 수 있다.

VOC계는 측정정밀도나 신뢰성도 높고 유지관리도 비교적 용이하다.

3) 기름의 측정

원수에서 수질사고의 대부분이 등유나 경유 등의 혼입에 의한 기름사고가 차지하고 있다. 원수중의 기름을 측정하는 계기로는 기름에 의하여 형성되는 유막을 반사율 등의 차이를 이용하여 측정하는 유막검지기나 측정수 중에 포함된 기름의 휘발성분을 측정하는 기름성분 모니터가 사용된다.

4) pH계

pH계에는 유통(流通)형과 잠수(潛水)형 등이 있으며 측정 장소에 알맞은 것을 선정한다. 또 측정수의 전기전도도가 5μS/cm 이하의 pH측정에는 저전기전도도용(순수용 pH계)을 선정한다. 세척이나 교정을 시퀀서(sequencer)를 사용하여 자동적으로 하는 기종도 있다.

5) 전기전도도계

전기전도도계의 전극에는 직결형, 유통형 및 투입형이 있으며 측정 장소에 알맞은 것을 선정한다.

6) 알칼리도계

알칼리도계는 중화적정에 의하여 측정수의 알칼리도를 측정하는 것으로 측정수의 탁질이나 유기물 등에 의하여 측정오차가 생기는 경우가 있으므로 여과장치 등 전처리장치를 설치하는 것이 바람직하다.

7) 염소요구량계

염소의 자동주입제어를 하기 위하여서는 암모니아성질소계나 염소요구량계가 사용된다. 염소요구량계는 측정수에 과잉염소를 주입하여 소비되는 염소량으로부터 요구량을 산출한다.

설치할 때에는 염소는 암모니아성질소 등 수중의 피산화물과 반응하는데 반응시간을 요하기 때문에 채수점 등 수질제어계의 응답시간을 고려해야 한다.

또 상수원의 수질이 크게 변하는 경우에는 2중레인지 등을 채택하고, 자동제어중에 기기를 점검할 때에는 신호가 홀딩되도록 대책을 강구한다.

8) 잔류염소계

잔류염소계는 시약을 사용하는 시약형과 무시약형이 있다. 시약형은 유리잔류염소와 결합잔류염소를 시약을 바꿈으로써 분별하여 측정할 수 있는 계기이고 무시약형은 유리잔류염소만을 측정하는 계기이다. 무시약형은 측정수의 pH 및 전기전도도가 일정한 범위 내인 것이 필요하므로 시약형에 비하여 수질에 의한 정밀도의 제한을 받으므로 주로 여과수이후의 정수 측정에 사용하고 있다.

9) 암모니아성질소계

측정수중의 암모니아이온을 연속적으로 측정하여 염소주입제어용으로 사용된다.

10) 오존농도계

오존농도의 연속측정에는 자외선흡광도법이나 격막전극법, 폴라로그래프(polarograph)법이 사용된다.

기상(氣相)용으로는 자외선흡광도법이 잘 사용되며 유지관리도 용이하고 측정정밀도도 안정되어 있다.

누설오존농도 등 저농도의 오존을 측정하는 경우에는 공기 중의 옥시단트(oxidant)의 방해가 있다는 것을 고려해야 한다. 또 액상(液相)의 오존농도계는 시료채취 중에 오존농도가 감소되기 때문에 현장설치가 바람직하다.

11) UV(자외선흡광도)계

UV계는 유기물의 총량을 측정하기 위하여 사용된다. UV계는 유지관리가 용이하고 또한 염가로 연속하여 측정할 수 있다.

12) 색도계

색도계는 망간 등에 의한 발색을 계측하는 계기로 색도의 390 nm의 투과광을 측정하는 방식이 사용된다.

13) ORP(산화환원전위)계

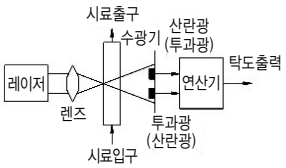
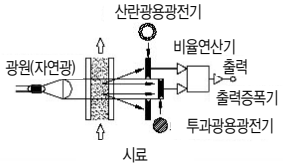
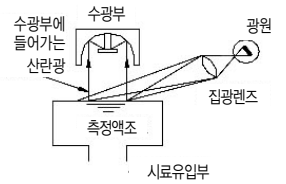
ORP계에는 pH계와 같이 침수형과 유통형이 있으며 사용목적에 따라 선정한다.

14) SDI(오염지수)계

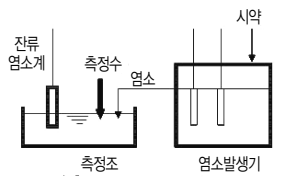
SDI계는 해수담수화장치 등에 사용된다. 원수의 오염을 측정하는 것으로 멤브레인필터에 측정수가 몇분간 흐를 수 있는 가를 측정하여 계산한다.

〈표 8.11.2〉 수질계기의 구조, 원리, 특징

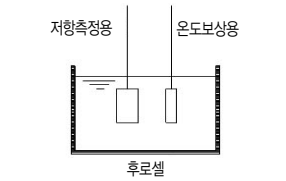
(1) 고감도탁도계

종류	구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
투레과이산저란방광식		반도체레이저를 시료액의 한 점에 집중시켜 쏘면, 액중의 탁질입자에서의 투과광이나 산란광에 의한 간섭호(縞)를 광전지 등에 의하여 입자수를 측정함으로써 탁도를 측정 재현성 : ±3 % FS 측정범위 : 0~2 mg/L	감도가 높고 저농도의 측정이 가능	측정수의 유량을 일정하게 할 필요가 있다. 광전지 창의 오염에 대한 영향이 크다.
투가과시산광란방광식		시료수에 직각으로 가시광을 쏘아서 입자에 의한 투과광과 산란광을 광전지에 의하여 검출하여 탁도를 계산. 재현성 : ±2 % FS 측정범위 : 0~0.2 mg/L	감도가 높고 저농도의 측정이 가능하다. 색도의 영향을 받지 않는다.	광전지 창의 오염에 대한 영향이 크다.
표면산란방식		광원램프로부터의 빛은 집광렌즈를 거쳐 시료수면에 입사된다. 시료수 중의 부유현탁물질량에 의하여 산란광량이 변화한다. 산란광중에 대략 위쪽에 산란된 것만이 수광부로 들어간다. 이들 산란광이 집합하여 수광자에 입사하여 전기신호로 변환된다. 재현성 : ±2 %	셀 창이 없으므로 셀의 오염에 의한 영향이 없다.	진동에 약하고 입자경에 의한 영향이 크다.

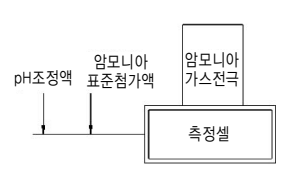
(2) 염소요구량계

	구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
		시료수에 염소발생기에서 생성한 차아염소산을 과잉으로 주입하여 유리염소를 만들고, 잔류염소계로 염소농도를 측정하여 주입염소량으로부터 잔류염소량을 뺄셈하여 염소요구량을 측정한다. 재현성 : ±3 % FS 직선성 : ±3 % FS 측정범위 : 0~5……20 mg/L	수중의 암모니아성질소와 함께 염소를 소비하는 모든 물질을 측정할 수 있다.	염소발생기의 음극부에 수산화나트륨이 석출되기 때문에 정기적인 청소가 필요

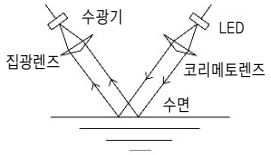
(3) 전기전도도

	구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
		시료수에 전극을 담궈서 전극봉간의 전기저항을 측정한다. 원리는 간단하고 교류전원이 사용된다. 최근에는 정밀도가 좋은 전자유도형의 전기전도도계도 있다. 재현성 : ±1 % FS 직선성 : ±2 % FS 측정범위 : 0~0.05μS/cm · 1999mS/cm	원리가 간단하고 고탁도의 시료수도 측정할 수 있으며, 유지관리도 쉽다.	측정용전극의 특성이 열화되므로 정기적인 점검이 필요

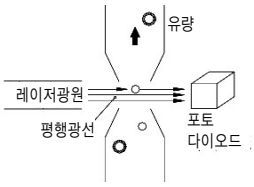
(4) 암모니아질소계

	구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
이온전극법		시료수에 pH조절용의 수산화나트륨을 가하여 pH 11 이상으로 하여, 암모니아이온을 암모니아로 바꿔서 암모니아 가스의 농도를 암모니아전극을 사용하여 측정한다. 다른 측정방법으로는 이온크로마토그래프법 등이 있다. 재현성 : ± 3 % FS 측정범위 : 0~1……100 mg/L	방해성분의 영향을 거의 받지 않고, 연속하여 원수를 측정할 수 있다.	표준 첨가액의 화암모니움이나 수산화나트륨 등의 시약이 필요. 감도와 정밀도가 약간 나쁘다.

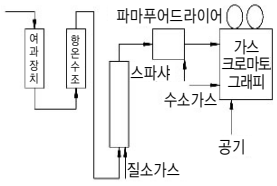
(5) 유막검지기

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	하천 등의 수면상에 설치하고 기름에 의하여 형성된 유막에 LED광을 쏜다. 기름의 반사율은 물보다 크기 때문에 반사광의 세기를 측정함으로써 유막의 유무를 판별한다. 재현성 : ± 2 % FS	장치는 간단하고 유지관리도 용이하다.	수면이 비나 강한 바람으로 맞으면, 오작동하거나 검지할 수 없다. 또 수면이 크게 변동하거나, 흐름이 빠른 수로에 적합하지 않다.

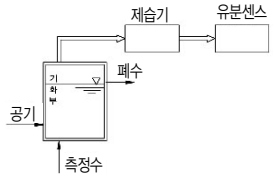
(6) 입자계수기

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수에 레이저광선을 쏘아서 입자에 의하여 차단되는 그림자를 포토다이오드로 계측하여 입자경별로 입자경을 측정한다. 출력은 입자경의 크기에 비례하므로 지정입경별 입자수를 계수한다. 재현성 : ± 5 % FS 측정범위 : 2~400 μm	입자경별로 입자수를 측정할 수 있으므로 입자의 분포상태를 파악할 수 있고, 여과지의 상황을 확인할 수 있다.	측정수의 유량을 일정하게 할 필요가 있다.

(7) VOC계

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수를 증발시켜 용해되어 있는 휘발성물질을 기화시키고, 기화된 물질을 가스크로마토그래피에 의하여 각 성분마다의 농도를 측정한다. 재현성 : ± 1μg/L(2μg/L에서) 직선성 : ± 5 % FS (100μg/L검량선에서)	VOC 23성분을 한꺼번에 고감도로 연속으로 측정할 수 있다.	유틸리티에 공기, 질소, 수소가 필요

(8) 유분(油分)모니터

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	측정수를 공기에 의하여 증발시켜 시료수 중에 용해되어 있는 휘발성물질을 기화시켜, 수정진동자의 공진주파수의 변화량에 의하여 농도를 측정한다. 재현성 : ± 5 % FS 감 도 : 등유로 10μg/L	수중에 용해되어 있는 미량기름성분을 검지할 수 있다.	시료전처리나 기화기, oil-less의 계측제어용의 공기가 필요

15) 배수(配水)모니터

고객에 대한 서비스나 배수관의 이상을 조기에 발견하는 것 등을 목적으로 배수관의 말단수질을 연속적으로 측정하는 용도로 배수모니터가 사용된다. 모니터에는 수온계, 압력계, 탁도계, 색도계, 전기전도도계, 잔류염소계 등을 조합하여 측정한다. 각 기기는 자동교정과 자기진단기능을 갖고 있으며 통신회선 등을 이용하여 원격에 있는 중앙관리실에 신호를 전송할 수 있다.

설치할 때에는 유지관리의 주기가 길고 측정변동이 적은 기종을 선정한다. 또 상시 무인이기 때문에 자물쇠를 채울 장치 등이 필요하다.

2.에 대하여 ; 수질계측은 측정수에 가까운 지점에 설치하는 현장설치방식과, 집중채수방식으로 수질시험실 등에 설치하는 중앙집중으로 설치하는 방식이 있다.

전자의 방식은 계측데이터의 시간지연이 작고 특히 약품주입제어에서는 안정적이고 또 확실하게 제어할 수 있으므로 가장 바람직한 방식이다. 그러나 각 측정점이 분산되어 있으며 또 수질계기의 검출부는 일반 공업계기에 비하여 구조도 복잡하고 유지관리의 주기도 짧으며 또 시약을 보충해야 하는 등으로부터 보수하거나 점검하는데 문제가 있다.

후자인 중앙집중설치방식은 시료채취관에 의한 시료채취방식이기 때문에 계기의 설치환경은 양호한 분위기를 유지할 수 있고 집중적으로 보수점검할 수 있다는 이점이 있지만, 시료채취관 내의 체류시간에 의한 시간지연(time lag)이 제어계의 문제로 되는 경우가 있다. 또 체류에 의한 수질변화가 측정오차의 원인으로 되는 외에 시료채취관의 파손이나 시료채취펌프의 고장 등으로 계측에 지장을 가져오는 등의 문제가 있다.

이와 같이 수질계기의 설치장소에 대해서는 각각 일장일단이 있으므로 계측데이터의 사용목적이나 유지관리 등을 검토하여 정한다. 수질계기의 설치장소에 따른 비교를 〈표 8.11.3〉에 나타내었다.

〈표 8.11.3〉 수질계기의 설치장소에 따른 손실비교

비 교 항 목	현 장 설 치	중 앙 집 중 설 치
계측데이터의 시간지연	작다. 약품주입 제어계에 유리하다.	크다. 약품주입 제어계에 불리하다.
시료채취관에 의한 수질변화의 영향	거의 영향없다.	영향이 있으며 정기적으로 관세척이 필요하다.
수질계기에의 환경조건	좋지 않다. 방우와 방한 및 환기대책 등이 필요	좋다.
수질계기의 보수관리	계기가 각처에 산재되어 있어서 유지관리가 나쁨	좋다.

3.에 대하여 ; 상수도의 취수, 정수, 송수 및 배출수처리 공정에 설치하는 수질계측기기는 수요가에게 안전하고 양질의 물을 공급하기 위하여 설치하며 공정별 계측기기의 설치항목은 〈표 8.11.4〉 공정별 수질계측기 설치항목에 나타내었다.

1) 상수원과 취수장의 수질감시기능 강화
   (수온, pH, 탁도, 전기전도도, 알칼리도, 조류, TOC, 암모니아)
2) 소독부산물 제어를 위한 감시기능 강화(TOC)
3) 정수장의 자동화대비 공정감시 및 제어기능의 강화
   ⑴ 전염소, 중간염소 및 후염소 투입량의 종속제어
   ⑵ 혼화 및 응집 공정의 감시제어(pH, SCD)
   ⑶ 관부식을 방지하기 위한 알칼리제(소석회, 수산화나트륨)의 종속제어

4) 여과지별 탁도감시기능의 강화(지별 탁도계, 공정의 입자계수기)

5) 배수지 등 공급과정의 수질감시기능 강화(수온, pH, 탁도, 잔류염소 등)

6) 설치기준 외 현장여건상 필요시 그 밖의 항목으로 설정가능

수질계기를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

1) 일반적 사항

⑴ 계기는 진동이나 충격이 적은 장소에 수평으로 설치한다. 특히 탁도계로 표면산란광식인 경우에는 진동이나 충격에 의한 물결치기가 있으면 오차의 원인으로 된다.

〈표 8.11.4〉 공정별 수질계측기 설치항목

구 분	수온	pH	탁도	전기 전도도	알칼리도	잔류 염소	불소	SCD	입자 계수	TOC	NH_3	조류 측정	COD (UV)	SS	기타
취수장(수원)	○	○	●	○	○					○	○	○			○
착수정	●	●	●	●	●	○				○					○
혼화지		○			○	○		○							
침전지		○	●			○									
여과지 또는 정수지전단		○	●		○	○	○		○	○					
정수지	●	●	●			●									
가압장						○									
배수지	○	○	○			○									
방류수		●											○	○	

※ 1. 범례 : ● 기본설치항목, ○ 추가설치항목
2. 취수장 탁도계는 착수정 도착시간이 1시간 이상인 취수장 또는 광역취수장에 설치하며 취수장과 정수장이 인접된 경우는 설치 불필요
3. 여과지 "탁도"의 경우 통합 여과수 탁도계와 여과지별 탁도계 포함
4. "기타"는 취수원의 수질특성상 온라인 감시(망간, 질산성질소 등)가 필요할 때 또는 수원의 목적상 온라인 감시가 필요할 때 다항목수질자동측정기를 설치운영

⑵ 유도장애가 있는 장소나 먼지나 부식성 가스발생이 많은 곳은 피하고 주위의 온도변화가 작고 습기가 적으며 직사광선이 없는 장소에 설치한다. 특히 시약탱크는 직사광선을 피해야 한다. 옥외에 설치하는 경우에는 방우대책과 동절기의 동결방지대책 및 하절기의 고온대책이 필요하다.

⑶ 수질계기의 배선구는 방수처리를 한다.

2) 기포대책

⑴ 측정수의 기포대책으로 탈포조를 설치한다. 탈포조의 크기나 계기간의 수위차는 탈포효과, 수질

계기의 수, 설치위치 등을 고려하여 정한다.

⑵ 탈포조와 탁도계 사이의 배관은 가능한 한 밸브를 설치하지 않도록 한다. 밸브를 설치해야 하는 경우에는 볼밸브를 사용한다.

⑶ 탈포조나 계기의 배수(排水)배관의 길이는 아주 짧게 하고 토출구는 대기개방으로 하강배관으로 한다.

3) 시료채수설비

⑴ 측정수의 채수점은 평균적인 수질을 얻을 수 있는 곳, 특히 잔류염소 등은 혼화가 충분히 이루어진 지점으로 한다.

⑵ 측정수를 탱크나 거에서 채수하는 경우에는 밑바닥으로부터의 채수는 피해야 하며 침전물의 영향을 받지 않는 지점에서 채수한다. 관에서 채수하는 경우에는 관의 중심부에서 수평으로 채수하거나 또는 상부에서 채수한다.

⑶ 채수용 펌프는 채수목적에 충분한 양수량과 양정의 펌프를 설치한다.

⑷ 시료채수관은 유량을 조정할 수 있는 배관으로 한다. 또 배관내를 청소할 수 있도록 도중에 조인트를 설치하여 떼어낼 수 있는 배관으로 하고 그 위에 관로를 세척하기 위하여 배관의 각부에 배수(排水)할 수 있도록 한다.

⑸ 시료채수관은 관내면에 녹이 발생하지 않는 재질의 관을 사용한다. 배관의 굽은 부분이나 기타 체류될 수 있는 지점을 적게 하고 밸브로는 볼밸브를 사용하는 등 배관의 막힘을 피하도록 고려해야 한다.

⑹ 시료채수관에 이물질이나 조류 등이 혼입될 경우에는 채수관 또는 흡입관에 스트레이너를 부착한다. 착수정이나 침전수거 등에는 쓰레기에 의하여 스트레이너가 막히는 경우가 있으므로 그 대책을 강구해야 한다.

⑺ 수질시험실은 수질계기, 탈포조, 채수전 등으로부터의 배수(排水)가 많으므로 습도가 높고 또 염소가스의 발생으로 인하여 계기부식 등의 문제가 발생하므로 채수전의 상부에 국소환기설비를 설치하여 환기하거나 배수구에는 가능한 한 덮개를 설치한다.

그 밖에 시험실의 수분은 마루면 가까이 체류되기 쉬우므로 마루면 상부를 환기시키는 등 환경조건을 정비한다.

⑻ 수질계기의 측정수 입구부근에서 대폭 배관경을 조이는 것은 막힘의 원인으로 되므로 피한다.

⑼ 시료채수량은 정수처리에 영향이 없는 수량으로 한다. 관내의 유속이 관로 도중에서 탁질이 침전되거나 관벽에 부착된 생물 등에 의하여 암모니아성질소나 잔류염소가 감소되는 등의 수질변화가 일어나는 경우가 있으므로, 충분히 큰 관내유속으로 하고 재질에도 고려한다.

⑽ 시료채수관의 세척방법에는 일반적으로 압력수에 의한 방법과 스폰지볼(sponge ball)에 의한 방법이 있다. 어느 방법을 채택할 것인가는 설비비나 유지관리 등을 고려하여 정한다.

8.11.6 기타계측

기상관측용기기, 염소가스누출검지기, 지진검지기 등의 기기는 각각의 용도에 알맞은 것으로 하고 설치조건과 환경조건에 적합한 기종을 선정한다.

【해설】

그 밖의 계측으로는 하천유량의 예측이나 댐의 방류량을 결정하기 위한 우량·풍향·풍속·온도·습도 등의 기상관측이나 수·변전설비 등의 전기계측, 시설의 유지관리상 필요한 소음, 진동, 지진도의 측정 또는 기기의 온도계측 등이 있다.

이들을 측정하기 위한 기기를 설치할 때에는 사용목적, 설치조건, 환경조건을 충분히 검토하고 상황에 따른 기종을 선정해야 한다. 이 중에 염소가스 누설검지기를 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 누설염소가스를 연속적으로 검지하여 경보를 발하는 검지기로 한다.

⑵ 중화설비를 연동하여 작동시키기 위한 제어설비를 설치한다.

⑶ 응답시간에 늦음이 생기지 않도록 시료채취장치를 설치한다.

⑷ 반응액의 보충이나 전극의 청소 등 보수점검작업에 충분한 공간과 조명설비를 설치한다.

⑸ 시료흡기관은 경질염화비닐 또는 동등품을 사용하고 흡입측 검지기입구에는 풍량조절용의 밸브를 설치한다.

8.11.7 지시·기록용 기기

지시·기록용 기기는 시설의 계측치 및 가동상황 파악이나 데이터관리에 적합한 것으로 선정하여 설치해야 하며 사용목적이나 설치조건에 유의한다.

【해설】

지시·기록용 기기에는 현장조작반이나 중앙관리실의 감시반 등에 배치되는 지시계 및 기록계 등이 있으며 일반적으로 기계식, 전기식 및 전자식으로 크게 나누어진다.

기계식에는 다이어프램식과 부르동관식이, 전기식으로는 가동코일형(직동식)이, 전자식으로는 자동평형형이 있다. 지시계에는 아날로그식과 디지털식이 있다. 디지털식은 정확함과 읽기 쉬운 점에서는 적합하지만, 많은 표시기가 감시반에 나란히 배치되면, 숫자의 나열로 되어 전체를 파악하는 데 곤란하기 때문에 표시하는 데이터를 최소한으로 하는 것이 필요하다. 이에 대하여 아날로그식은 직감적이고 많은 지시계가 나란히 배치되더라도 그 개략을 조속히 파악할 수가 있다.

일반적으로 다수의 측정항목을 동시에 감시할 목적으로는 아날로그식이 알맞으며 소수의 측정항목 또는 다항목이더라도 각각 절체선택표시하는 경우에는 디지털식이 적합하다.

기록계로는 아날로그기록계와 아날로그기록과 디지털지시·기록기능을 가진 것이 있다.

아날로그기록계는 유량이나 수위 등의 계측루프로 많이 사용된다. 고기능의 기록계는 데이터의 기억이 가능하고 측정눈금이나 차트스피드(chart speed)의 변경이 용이하며 입력점수도 많고(30점용도

있다) 컴퓨터다운시의 데이터 백업이나 데이터로깅용으로 사용되는 등 데이터해석이나 관리용으로 알맞은 기록계이다.

기록계를 설치할 때에 종이출력방식은 종이의 교환이나 대량의 종이보존 및 해석이 비교적 어렵다. 사용목적과 이용빈도를 검토하여 설치해야 한다.

또 지시계·기록계에는 경보기능을 갖는 것이 있다. 이들에는 지침 등의 움직임을 기계적 또는 전기적, 전자적으로 파악하는 것이나, 입력값과 경보설정치를 프로그램 등으로 비교하여 경보를 발하는 것 등이 있다.

이 밖에 모니터화면을 직접 기록하는 하드카피나 디지털데이터의 기록으로 플로피디스크, IC카드 등도 사용되고 있다. 이들을 사용하면 대량의 기기운전데이터를 현지에서 보존할 수 있고 정기적으로 교체할 수 있다.

지시·기록용기기를 선정하고 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 지시·기록용 기기는 구조나 원리가 간단하고 입력신호나 입력점수에 적합한 것으로, 정밀도가 좋고 교정보수가 용이하며 내구성이 있는 것을 선정한다.
읽기가 정확함을 목적으로 하는 것인가, 상태파악이나 경향 또는 상대관계를 이해하는 것을 목적으로 하는 것인가 등 사용목적에 적합한 것을 선정한다.

⑵ 기록방식에는 펜 쓰기식이나 타점식이 있다. 또 기록펜으로는 잉크펜식, 카트리지식 및 잉크제트식과 잉크를 사용하지 않는 감열식 등이 있으므로, 각각의 사용목적이나 유지관리 등을 고려하여 선정한다.

⑶ 지시계나 기록계의 설치장소로서는 진동이나 충격이 없고 먼지나 부식성 가스가 적으며 또 복사열이나 직사일광이 쪼이지 않고 전기적 유도장애가 적은 곳, 그 위에 용이하게 보수점검할 수 있는 공간이 충분한 곳이 바람직하다.

⑷ 지시계와 기록계의 계기용 전원은 기종이나 방식에 따라 여러 가지가 있다. 또 동일기종이라도 다른 것이 있으므로 가능한 한 전원방식을 통일해야 한다.

8.11.8 조절기기

조절기기는 다음 각 항에 따른다.
1. 조절기기는 안정되고 확실하게 동작하는 것이어야 한다.
2. 조절기기의 동작특성과 종류는 그 제어계에 적합한 것이어야 한다.

【해설】

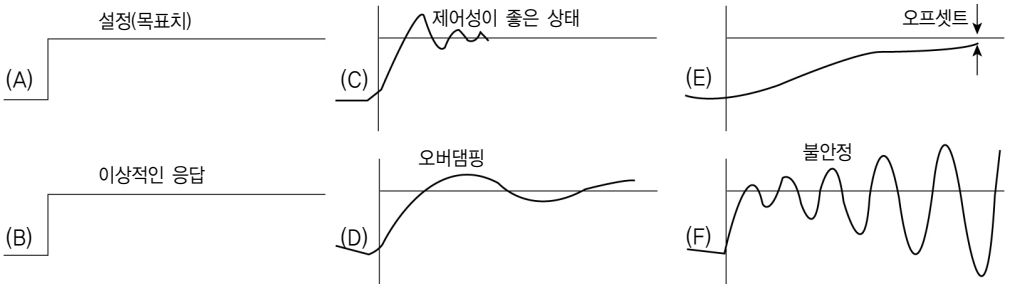
조절기기는 수량, 수위, 수질 등의 계측신호와 설정치를 연산기에 의하여 비교하고 그 편차를 검출하며 이 편차가 0으로 되도록 조작단에서 조작신호를 출력하는 것이다.

설정치를 설정하는 방법에는 정치(定値)수동설정법, 컴퓨터나 비율설정기의 출력신호에 의한 외부설정법, 미리 정해진 시간에 설정치를 변경하는 프로그램설정법 등이 있다. 계측용이란 별도로 경보용으로 경보를 설정하고 경보를 출력할 수 있는 것이 있다.

1.에 대하여 ; 조절기기가 양호한 제어성을 발휘하기 위하여서는 검출부, 조작부 등의 정적, 동적인 특성뿐만 아니라 외란에 대한 특성을 아는 것이 필요하다.

조절기기의 제어성이 양호함은 목표치가 〔그림 8.11.3〕의 (A)와 같이 급변하였을 때, 어떤 응답을

하느냐에 의하여 판단할 수 있다. 이상적으로는 항상 목표치와 제어량이 일치하는 〔그림 8.11.3〕의 (B)와 같은 자동제어계이지만, 실제는 〔그림 8.11.3〕의 (C)~(E)와 같은 응답으로 된다.
자동제어계는 편차가 작을 것, 변동이 적고 안정될 것, 응답이 빠를 것 등을 가능한 한 만족시킬 필요가 있으며, 〔그림 8.11.3〕의 (F)는 불안정한 상태를 나타낸 것이다.



[그림 8.11.5] 자동제어계의 응답

2.에 대하여 ; 조절기기에 의한 제어동작은 제어의 목적으로 알맞은 제어결과를 얻기 위한 것이므로 반드시 고도이고 복잡한 제어동작만이 알맞은 것은 아니다. 조절기기의 선정에서는 그 제어계에 알맞은 것을 선정할 필요가 있다.

제어계에 사용되는 조절기기로는 다음과 같은 형식이 있다.

1) 아날로그조절계

목표치와 연속입력신호를 비교하여 그 편차가 0이 되도록 연속적으로 조절연산부가 작동하고 조작신호를 조작부에 전하는 조절계이다.

연산회로는 저항과 콘덴서 등으로 구성되고 비례대·미분시간·적분시간은 저항과 콘덴서의 정수로 결정되며 가변저항기에 의하여 임의의 값으로 설정할 수 있다.

2) 원루프컨트롤러(one-loop controller)

마이크로프로세서를 내장한 1계열 제어량을 제어하는 기능을 갖는 디지털컨트롤러이다.

마이크로프로세서는 소프트웨어에 의하여 제어연산기능이 실현되기 위하여 기본적인 PID연산 외에 각종 연산모듈을 소프트웨어로 결합함으로써 아날로그조절계로 할 수 없었던 복잡한 제어연산을 용이하게 실현할 수 있다.

그 밖에 입력신호의 전처리나 상위 시스템과의 데이터전송, 자기진단기능 등을 장비하고 있으므로 1계열별로 분산제어하는 경우에 알맞은 조절기기이다.

3) 멀티루프컨트롤러(multi-loop controller)

마이크로프로세서를 내장한 2계열 이상의 제어량을 제어하는 디지털컨트롤러이다. 기본적인 기능은 원루프컨트롤러와 마찬가지이지만, 동일한 컨트롤러상에서 시퀀스제어와 루프결합 등을 할 수 있다.

8.11.9 신호변환용 기기

신호변환용 기기는 용도와 설치조건에 적합한 것을 선정한다.

【해설】

상수도시설의 감시·제어 및 정보처리를 하기 위하여서는 각종 기기간에 여러 가지 신호를 송수한다. 그리고 이들 신호는 사용목적에 알맞은 신호로 변환시켜야 한다.

신호변환에는 저항-전류, 전압-전류, 전류-공기변환 등이 있다. 신호변환용 기기의 종류에는 여러 가지 형식의 것이 있지만, 상수도시설에서 많이 사용되는 변환용 기기로는 프로세스신호변환기, 직선화변환기, 절연변환기(isolation converter), 디스트리뷰터, 교류전압변환기(AC voltage converter) 등이 있다.

신호변환용 기기를 선정하고 설치할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 신호변환기는 검출부와 변환부가 일체로 된 것이 있으므로 설치조건에 적합한 것을 선정해야 한다.

⑵ 설치할 때에는 직부식, 패널부착식, 폴(pole)장착식 등이 있으므로 설치장소에 알맞은 것을 선정한다.

⑶ 현장설치식 변환기는 주위온도, 환경조건, 충격, 진동 등의 영향에서도 사용에 충분히 견디는 구조의 것을 선정한다.

⑷ 외부에서 노이즈의 영향을 받지 않는 회로구성으로 한다.

⑸ 입출력간은 절연되는 것이 바람직하다.

8.11.10 기타기기

기타기기로는 다음과 같은 것이 있다. 1. 제너베리어 (zener barrier) 2. 피뢰기 (arrester)

【해설】

1.에 대하여 ; 폭발성가스가 발생하는 프로세스에서 전자식 계기를 본질안전 방폭으로 사용하기 위한 안전보호기이며 위험장소에 설치되는 현장계기와 조합하여 본질 안전 방폭기능을 갖게 한다.

2.에 대하여 ; 발신기나 수신기를 뇌에 의해 전송선로에 유기된 이상전압으로부터 보호하기 위한 유도뢰 피해 방지기기이다.

뇌에 의한 피해를 대별하면 직격뢰와 유도뢰로 구별된다. 직격뢰나 송전선등에 나타나는 1차 유도뢰로부터 직접 계기를 보호하는 것은 뢰에너지 크기차가 있어 불가능하며 이에 대한 보호는 피뢰침 설치나 지중케이블 채용 등으로 피해 확률을 낮추는 방법을 고려해야한다.

일반적으로 피뢰기는 유도뢰로부터 계기를 보호하기 위하여 사용되며 피뢰기 종류에는 전원보호용, 신호보호용, 통신보호용 등이 있다.

발신기나 수신기에 내장되도록 기기를 선정하는 것이 바람직하며 내장이 불가능 할 경우는 외부에 부착한다.

8.12 감시제어설비

8.12.1 총칙

감시제어설비는 상수도시설의 규모에 알맞은 것으로 안정적이고 합리적이며 또한 효율적으로 운용하기 위하여 높은 신뢰성과 우수한 감시제어성을 겸비할 필요가 있으며 생애주기비용(life cycle cost)을 충분히 고려하여 설계해야 한다.

설치할 때에는 사업체의 실태에 비추어 필요최소한의 설비로 하는 것이 바람직하다. 또 시스템의 규모가 커질수록 시스템다운은 곧 정수처리공정이나 물의 안정공급 등에 지장을 주게 되므로 높은 신뢰성을 갖는 기기를 사용하는 것은 물론, 시스템 전체로서 고장시 자동안전(fail safe)대책, 확장성, 위험분산 등에 대하여 고려해야 한다.

또 감시제어설비는 고도화되고 복잡화되는 시설을 종합적인 관점에서 안정적이고 효율적이며 합리적으로 운영하는 것을 목표로 하는 이외에 작업시간과 작업노력을 절약한다는 측면도 가지고 있다. 따라서 한정된 인원으로 목적에 부합되도록 관리운용하기 위해서는 인간공학적으로 고려해야 하면서 감시조작성이 우수한 시스템으로 해야 한다.

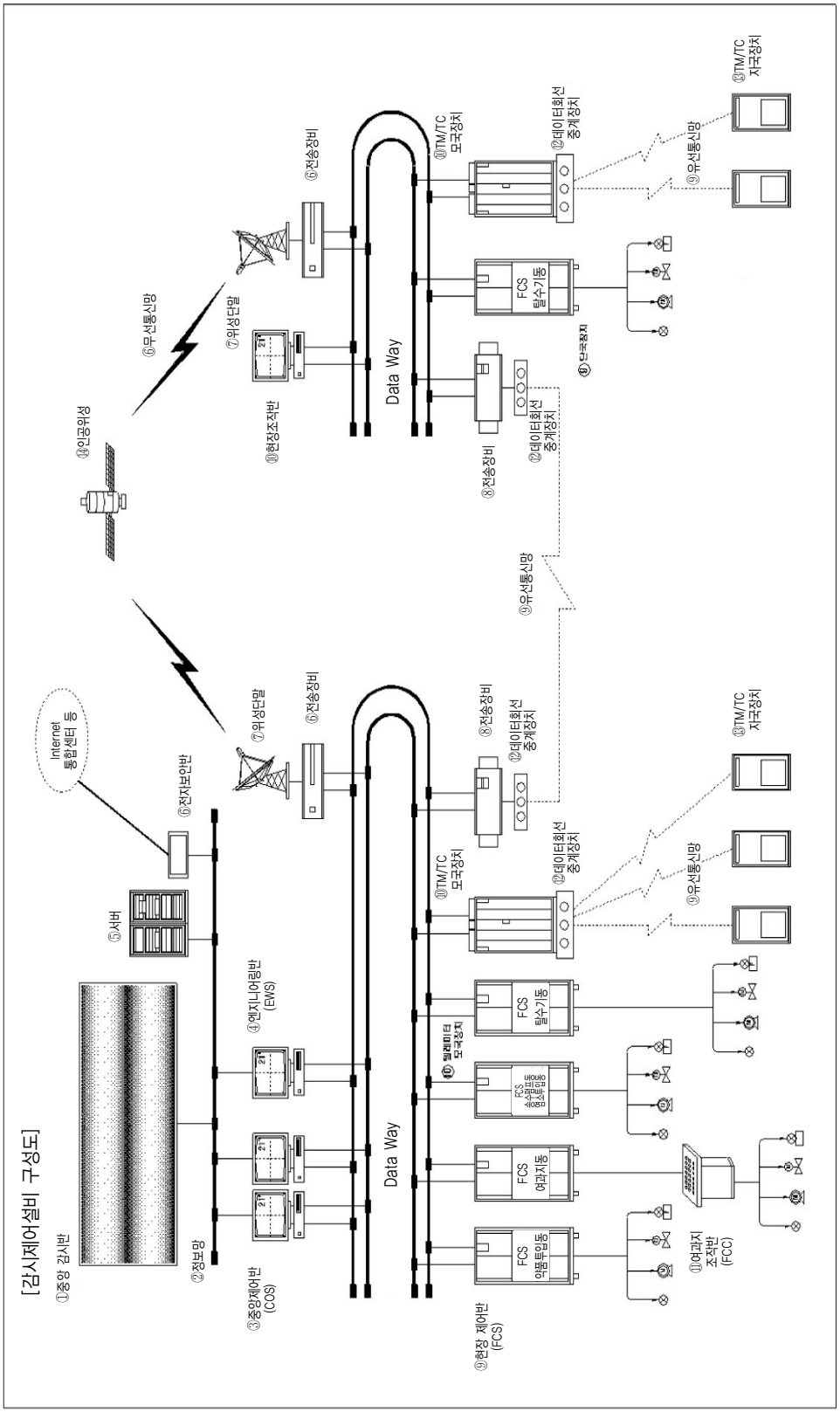
감시제어설비는 물수요의 증대나 시설의 운용형태를 변경하는 경우에 영향을 가장 받기 쉬운 설비이다. 이에 대응할 수 있는 유연하고 또한 확장성이 있는 시스템이 바람직하다. 그러나 한편으로는 기술이 매우 빠르게 진보하므로 확장시 등에서의 진부함에 대한 불안이 남는 등의 이유로 필요최소한의 시스템화가 바람직하다는 견해도 있다.

감시제어설비는 시설을 운전관리하기 위한 것이기 때문에 시설을 운용하는 조직·체제와 밀접한 관계가 있다. 시설을 효율적·안전 합리적으로 운전하기 위해서는 계측제어설비가 갖는 각종기능과 유기적으로 결합된 운전관리체제, 즉 관리방식이 중요하다.

고도의 기능을 갖는 감시제어설비이더라도 운전조작 및 유지관리요원의 기술수준에 어울리는 것이 아니면 설비의 기능을 충분히 발휘할 수 없을 뿐만 아니라 운전원의 부담을 초래하여 효율적으로 시설을 운전할 수 없게 될 우려가 있다. 따라서 감시제어설비를 포함한 계측제어설비는 시설의 규모, 중요도 및 기술수준에 적합해야 하며 관리방식도 고려한 것으로 할 필요가 있다.

이와 같이 관리방식과 밀접한 관계를 갖는 감시제어설비는 휴먼머신인터페이스(human-machine interface : HMI)로 되기 때문에 인간과 시설 및 시설상호의 관련을 충분히 이해한 다음에 명확한 도입목적과 또 그에 근거하는 명확한 설계개념에 맞도록 설계해야 한다.

일반적인 감시제어설비의 구성 예를 〔그림 8.12.1〕에 나타내었다.



[그림 8.12.1] 감시제어설비의 구성 예

8.12.2 감시조작설비

감시조작설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 감시설비는 시설의 운전을 이해하기 쉬운 것으로 한다.
2. 감시설비에 각종 정보를 전송하는 장치는 정확하고 신속하게 전달하는 기능을 가진 것으로 한다.
3. 기록방식은 기록의 목적과 내용에 적합한 것으로 한다.
4. 경보의 통지나 표시는 운전원이 이해하기 쉽고 필요한 최소한으로 한다.
5. 조작설비는 감시설비와 일체로 하고 조작성이 우수한 것이 필요하며, 운용목적과 설치위치에 따라 데이터 서버(data server), 중앙제어반(COS : central operation station), 현장제어반(FCS : field control station), 엔지니어링반(EWS : engineering work station) 등으로 구분할 수 있다.

【해설】

감시조작설비는 감시반, 조작반, 계측제어반, 대형디스플레이, CRT모니터(브라운관 표시장치), CCTV장치(ITV : 공업용TV), 프린터 등을 시설규모에 따라 조합시키는 것에 의하여 구성된다.

1.에 대하여 ; 감시설비는 설비나 기기의 운전상태나 고장상황, 정수처리공정에서의 각종 계측량 등의 정보를 목적과 용도에 따라 정리하고 통합하여 운전원에게 필요할 때 필요한 형태로 신속하고 확실하게 제공하는 것이 요구된다.

감시설비는 상수도시설을 한정된 인원으로 운전감시하기 때문에 운전원이 정확하게 운전데이터를 파악할 수 있도록 감시성이 우수한 설비가 요구된다.

감시방식은 현장감시와 중앙에서의 집중감시방식으로 구분할 수 있다. 현장감시방식은 한정된 범위의 설비나 기기를 현장감시반 등에 의하여 감시하는 것으로 계측치를 표시하는 지시계나 조절계, 설비 및 기기의 운전상태나 고장상황을 알리는 표시등 등으로 구성된다.

집중감시방식은 정수장 등에서 설비나 기기를 중앙운영실에 설치된 감시반이나 CRT모니터 등으로 종합적으로 감시하는 것으로 원격감시제어장치(TM/TC장치), 분산형제어장치(DCS장치) 및 컴퓨터 등이 사용된다.

집중감시방식은 일반적으로는 중앙운영실에 미니그래픽패널과 CRT모니터의 병용방식, 그래픽감시반만으로 감시하는 방식, 그래픽감시반과 CRT모니터의 병용방식, CRT모니터만으로 감시하는 방식 등이 있다.

이들 방식을 선정할 때에는 다음 각 항을 검토하고 결정해야 한다.

⑴ 감시대상시설의 규모, 계측량 및 감시항목의 점수

⑵ 경보출력점수, 경보의 표시 및 통지방법

⑶ 운전원의 수나 유지관리요원의 수

⑷ 감시의 난이성이나 요원과 기계간 의사소통(human-machine communication)의 양부

⑸ 증설이나 개조에 대한 적응성

⑹ 관리실의 공간

⑺ 경제성-생애주기비용(life cycle cost : LCC)

⑻ 이상적인 백업(back-up)시스템

〈표 8.12.1〉에 감시방식의 비교를 나타내었다.

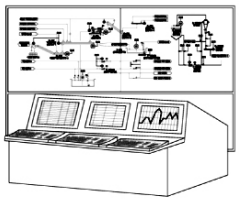
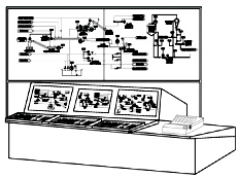
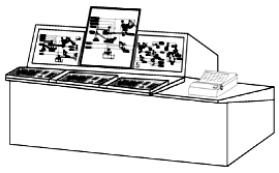
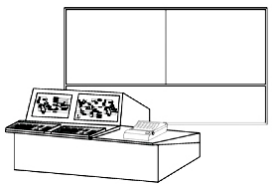
감시반, 모니터, 미니그래픽을 채택할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 감시반

중앙운영실의 중앙감시반은 넓은 지역에 광범위하게 산재해 있는 상수도시설의 Process별 중요기기를 운영자가 중앙운영실에서 일괄감시하여 Plant를 안전·안정하고 효율적으로 운전 조작하기 위한 중요설비로서 감시방식에는 Panel Board 방식과 영상 Display 방식이 있다. Panel Board 방식은 Graplic Board와 Board 방식이 있고, 영상 Display 방식에는 CRT Projector 방식, LCD Projector 방식, DLP Projector 방식등이 있다.

감시반은 표시내용이나 점수가 많으면, 대형으로 되어 상태파악이 곤란해지기 때문에 너무 커지지 않도록 하고 표시내용의 변경에 대하여 유연하게 대응할 수 있는 것이 바람직하다.

〈표 8.12.1〉 감시방식의 비교

방식	개 념 도	감시의 난이도	Man-Machine Communication	설비의확장개조에 대한 적응성	중앙조정실 공간
GP감시방식		대형감시반이 설치되기 때문에 정수장 전체의 운전상태나 수처리상태를 용이하게 파악할 수 있다. 다만, 정보량과 조작량이 많아지면 반면(盤面)이 복잡하게 되어 감시성이 떨어진다.	운전자는 전체를 파악할 수 있으므로 감시성이 우수하고 피로하지 않으며 양호하다. 상세정보는 프린터 등 다른 기기로 확인한다.	모자이크방식의 그래픽은 확장성과 개조성이 좋다.	중앙조정실은 넓은 공간이 필요하고 교체도 상당히 어렵다.
GP+CRT방식		대형감시반에 의하여 전체의 상태파악이 용이하고, 감시반에 표시할 수 없는 상세정보나 관련정보도 CRT에서 표시할 수 있다.	감시반으로 전체를 파악하고, CRT에서 상세하게 분석할 수 있으므로 우수하다.	감시반과 CRT의 변경은 용이하지만, 양 설비의 개조가 필요하다.	중앙조정실은 넓은 공간이 필요하고, 교체도 상당히 어렵다.
미니GP+CRT방식		미니그래픽에 의하여 전체의 운전상태나 정수처리를 파악한다. 대규모 정수장에서는 각 시설별로 그래픽판넬을 설치하고, 전체를 대형표시장치로 감시하는 방법도 있다.	미니그래픽은 전체상태의 감시성에 약간 뒤떨어진다. 대형표시장치를 병용하는 방식은 약간 비싸지만, 감시조작성이 대단히 우수하다.	모자이크의 변경은 용이하지만, 대규모로 확장하는 경우에는 미니그래픽반의 증설이 필요하다.	중앙조정실은 비교적 작아도 가능하며 교체도 용이하다. 대형표시장치도 컴팩트하다.
CRT방식		CRT화면의 크기가 한정되어 있으므로 전체의 상태파악이 약간 어렵다. 사고시에는 2개 이상의 CRT로 확인하면서 대처하는 것이 바람직하다.	CRT로는 장시간감시가 곤란하고, 휴먼머신커뮤니케이션이 뒤떨어진다.	시설의 확장이나 개조에 의하여 CRT의 화면변경은 용이하지만, 만들어 넣은 소프트웨어인 경우에는 메이커에 위탁해야 하며 비교적 고가이다.	중앙조정실은 비교적 작아도 가능하며 교체도 용이하다.

2) CRT모니터

CRT모니터는 운전감시에 필요한 모든 정보를 화면상에 임의로 표시할 수 있기 때문에 시설 및 설비단위의 상세감시가 가능하다.

CRT모니터의 대수는 일반적으로 시설의 규모, 운전원의 수, 감시제어방식 등으로부터 결정되지만, 감시성, 조작성, 경제성 등을 고려해야 한다. CRT모니터의 화면수는 시설의 규모가 클수록 증대되지만, 화면 수에 따라 비용도 증대되며 화면 변경에는 고액의 소프트웨어 변경비가 필요하므로 가능한 한 필요한 최소한에 그치도록 해야 한다. 더욱이 필요한 정보를 운전원이 호출하지 않으면 볼 수 없기 때문에 운전원의 요구에 민첩하게 CRT모니터가 응답할 수 있는 것이 필요하다. 따라서 화면선택에는 조작을 단순하게 할 필요가 있다.

화면선택에는 다음 각 항과 같은 조치로 운전원의 편의를 도모해야 한다.

⑴ 이용도가 높은 화면은 화면의 교체속도를 높인다.

⑵ 감시조작상 서로 관련이 있는 화면간에는 직접 절체할 수 있도록 한다.

⑶ 화면조작 중 감시대상설비에 고장이 발생한 경우에는 고장발생화면으로 원터치로 절제할 수 있도록 한다.

⑷ 사용빈도가 많은 화면이나 주된 시설 및 설비의 화면에는 원터치 키(key)를 설치한다.

다만, 화면선택의 조작성이나 편리성에 대한 요구가 커져서 소프트웨어가 복잡하게 되지 않도록 주의한다.

화면표시는 운전자에게 피로감을 주지 않도록 흐름(flow)도의 구성이나 배색에 유의해야 하며, 기기나 계측데이터의 고장이나 이상시에는 상황파악을 쉽게 하기 위하여 기기심볼의 표시색, 계측데이터의 색깔을 변화시키도록 고려해야 한다.

화면의 유지관리기능으로서는 화면의 설비흐름도나 문자명칭의 추가, 삭제 및 변경 또는 계측데이터의 표시위치 변경 등이 CRT모니터와의 대화형식으로 용이하도록 가능한 기능을 구비하는 것이 바람직하다.



[그림 8.12.2] 중앙조정실 전경(한국수자원공사 구미권 관리단)

3) 미니그래픽패널(mini graphic panel)

미니그래픽패널은 전체의 운전상태가 한눈에 직감적으로 감시할 수 있고 또 정수처리공정을 파악하기 쉽고 조작성도 우수하므로 잘 사용되고 있다. 대규모 시설에서는 2대 이상의 미니그래픽패널과 대형디스플레이를 병용하여 사용함으로써 안전성과 감시제어성이 우수한 시스템을 구축할 수 있다. 컴퓨터에 의한 감시기능이 다운될 경우의 백업조작에 유효한 것도 필요하다. 이들 기능을 만족시키기 위하여서는 다음과 같은 표시기능에 유의한다.

⑴ 대상공정의 계통표시로서는 관리대상 공정전체를 간소화한 그래픽이나 수변전설비 개략도(skeleton)를 표시한다.

⑵ 상태 및 경보표시는 주요기기의 상태, 경보표시 및 주요한 지(池)와 탱크의 경보표시에 한정하고 최저한의 전체적인 시설가동상태를 파악할 수 있어야 한다.

⑶ 데이터표시는 특히 공정의 운전상태, 처리상태를 판단하는 것에 필요한 수량, 압력, 수질 데이터를 디지털로 표시한다. 표시데이터는 컴퓨터 시스템과는 별개의 데이터를 사용한다.

4) 영상 Display 방식

종래부터 사용해온 Panel Board 방식은 감시메뉴가 고정형이기 때문에 감시메뉴가 소량이며 단순감시를 요하는 중·소규모에는 적당하나 Project 규모가 중규모 이상으로 가변적이고 다양한 감시메뉴를 요하는 데에는 편리성이 떨어진다.

이에 반하여 영상 Display 방식은 Data를 Software적으로 처리하여 Display하기 때문에 다양한 Data를 신속처리할 수 있고 가변적 감시 메뉴를 다양하게 Display할 수 있는 탁월한 장점이 있어 중규모이상의 Project에서는 대형 Graphic Board나 Mosaic Board의 대체용으로 점차 사용이 증가되고 있다.

영상 Display 방식은 운전원에게 음성과 함체 시각적으로 정수처리상황이나 송수상황 등을 그림으로 표시하기 때문에 평상시 사용은 물론, 사고나 재해발생시에도 활용되고 있다.

영상 Display 방식에는 CRT Projector방식, LCD Projector방식, DLP Projector방식 등이 있는데 제각기 독특한 특징이 있어 치밀한 검토를 거쳐 목적과 용도에 맞는 방식을 선정한다.

Panel Board(graphic board나 mosaic bard)방식 대 영상 Display방식의 비교를 〈표 8.12.2〉에 나타냈었다.

5) 보안감시 장치

⑴ 폐쇄회로 TV(CCTV)

상수도시설의 이상발생시에 신속하게 대응하고 또 운전관리를 경감시키기 위하여 취수로부터 정수까지의 각 정수처리공정, 펌프 등 설비가동상태, 구내 출입자의 감시용으로 CCTV가 사용된다.

CCTV를 설치시에는 감시성과 경제성 등을 고려하여 설치장소와 대수를 검토한다.

① Process 감시

상수도시설의 주요장소에 카메라를 설치하여 중앙운영실에서 감시할 수 있도록 시설한다.

〈표 8.12.2〉 Panel Board방식 대 영상 Display방식의 비교표

항 목	Panel Board 방식	영상 Display 방식
원리 및 구조	• Panel Board에 처리 Process를 도식화하여 Graphic 표현 • 3색 LED Lamp의 발광에 의해 R·G·Y의 운전 상태 표시 • 디지털 또는 아날로그 지시계를 부착하여 계측량 표시	• 컴퓨터 CRT상의 Graphic, Data를 Projector를 사용하여 대형화면에 영상화하여 Display • Data 감시를 위한 계기 부착이 없고 CRT 정보가 직결된다.
표시 색상	3색(R·G·Y : 적, 청, 황)	총 천연색
감시 및 운전지원 기능	• LED Lamp 및 지시계에 의한 평면적인 감시 • 감시범위가 한정되어 있고 Symbol을 증가시킬 경우 복잡화하여 감시기능을 잃어버릴 가능성이 존재 • CCTV 등의 실시간 영상정보수용이 불가능하므로 운전지원 기능이 미약	• 컴퓨터 CRT, CCTV 정보 등의 다양한 영상정보를 수용하는 입체적 감시 • 제어 System의 CRT의 감시 메뉴에 따라 감시범위 다양함 • System 확장시에도 기설치된 Screen으로 효과적으로 대응가능 • CCTV 등의실시간 영상정보를 수용하며, 각종 시청각 교육에 활용성이 높다. • 운영자의 운전지원기능을 충실히 할 수 있다.
정보제공량	• Panel Board 상에 표시된 정보량에 한정	• 제어설비의 모든 정보량 및 CCTV 영상 정보 등 다량의 정보표현 가능
확 장 성	• Hard ware적으로 확장성이 없음 • 시설의 변경이나 증설시 모자이크 수정과 Driver의 추가 설치가 필요하다. • 별도의 시설공간이 필요하며 일부 또는 전면 개조가 필요하다.	• Software적이므로 확장성이 좋음. • Software의 UP-Grade에 의해 간단한 확장이 가능하다.
유 지 보 수	LED, 지시계의 유지보수가 필요	Projector Lamp에 대한 유지보수 필요
Interface	Hard wiring 또는 PLC 통신이 가능	범용 LAN Interface 및 VGA Interface
적 용 사 례	대부분의 중앙감시반에 작용사례가 많으나 한정된 감시 메뉴의 유한성 때문에 퇴조 추세에 있음.	• 다양한 감시메뉴 제공 및 역동적 영상정보를 제공할 수 있어 최근 적용사례가 증가 추세에 있음 • 설치운용예 : 수도권4단계 상수도(수자원공사 발주), 시흥정수장, 고속도로 교통관리 센타
경 제 성	• 초기 투자 비용은 저렴 • 증, 개조시 전면적인 보수 필요 • 유지보수 비용은 저렴하나 증설, 개조시 발생되는 비용으로 비경제적일 수 있고, 활용성을 고려한 운영 유지적 측면에서 경제성은 낮음	초기 비용은 다소 고가이나 적은 화면으로 대량의 정보 교환이 가능하므로 정보량으로 볼때 비교우위에 있음.
장 점	• Process별 중요점을 집중·일목요연하게 동시 관리 가능하다. • 통상적으로 사용했던 방식으로 친숙하다. • 초기 투자비가 Projector 보다 적다.	• 향후 증설 및 시설 변경시 Projector에 별도의 System 수정 및 개량이 필요 없다. • 컴퓨터로 작성된 Graphic을 활용하므로 섬세하고 필요부분을 특징적으로 조정하여 나타낼 수가 있어 새로운 표현방법이 가능하다. • 필요한 부분은 Zoom기능으로 확대하여 감시할 수 있다. • 감시제어실의 설치면적이 최소화되므로 여유공간을 효율적으로 활용할 수 있다.
단 점	• 시설의 변경이나 증설시 그래픽의 수정 및 Cable공사등 추가 경비가 발생하며, 계획시설 이상의 시설 추가시 전체 감시반의 수정 및 개량이 필요 • 감시 Data가 제한적이고 표시 방법이 변경될 수 없다. • Panel 표시면적이 제한되어 있어 세부적 표현이 어렵다. • 확장시 공사기간이 많이 소요된다.	• 초기 투자비가 Mosaic방식보다 많다. • 고장 확률이 적으나, 일부 고장이 전체로 파급될 우려가 있음. • 일정주기(2,000~6,000시간)마다의 램프교환이 필요하다.

② 보완용 감시

상수도시설은 국가보안시설로 관계자외의 외부인 침입을 방지하기 위하여 중요건물의 옥외 또는 감시 초소에 카메라를 설치하여 수위실 및 중앙운영실에서 감시할 수 있도록 시설한다.

⑵ 침입 감지설비

상수도시설은 국가보안시설로 관계자외의 외부인 침입을 방지하기 위하여 외곽 Fence에 Sensor 케이블같은 침입 감지 설비를 설치하여 수위실 및 중앙운영실에서 감시할 수 있도록 시설한다.

침입감시용으로는 음성통지장치나 적외선센서, 침입자에 의하여 선(線)의 이상을 검지하는 케이블센서(tension sensor)등과 대개 병용하여 시설한다.

2.에 대하여 ; 계측·감시·제어점수가 많은 정수장 등에서 설비의 상태나 계측량 등의 정보파악과 이에 근거하여 정확하고 신속하게 종합적으로 판단하고 제어하기 위하여 전송장치가 필요하다.
전송장치의 구성과 유의사항 등에 대해서는 8.12.4 전송설비를 참조한다.

3.에 대하여 ; 정수장 등의 설비나 기기를 운전관리 또는 보수관리하기 위하여서는 운전데이터나 계측데이터의 기록이 필수적이다. 이들 데이터는 단지 기록뿐만이 아니고 운전조작이나 보수작업에 반영하고 최적약품주입의 제어에 이용 등 운전관리에 효율적으로 활용될 필요가 있다. 운전 및 계측데이터는 일반적으로는 일보, 월보, 연보 등의 형태로 기록·보존되며 이들 데이터는 운전비(약품비, 동력비 등)의 절감에 활용하는 등 경영관리정보로서도 활용된다. 이를 위하여 정보계의 LAN 등에 의하여 유지관리부문에서도 공유할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

설비와 기기의 고장데이터는 보수주기나 설비의 교체시기를 결정하거나 사고를 분석하는 등에 활용된다.

데이터의 기록은 설비와 기기의 운전상태나 조작내용, 그 밖에 정수처리상황 등을 보존하기 위해서는 상세한 편이 바람직하지만, 방대한 수의 데이터를 전부 기록하는 것은 낭비일 뿐만 아니라 불가능하기도 하며 기록된 데이터는 운전상태나 정수처리상황을 후에 파악하는 데 필요한 최소한으로 하는 등의 정리선별이 중요하다.

기록방식은 기록계에 의한 상시기록을 주체로 하고 운전원에 의한 정기적인 기록을 병용하는 방식과 컴퓨터를 주체로 하는 자동기록방식이 있다.

전자의 방식은 데이터의 보존이 일보용지와 기록용지이기 때문에 통계처리나 각종 분석을 하는 경우에 데이터가공이 어렵다.

후자의 방식은 데이터의 수집과 보존을 자기디스크 등의 전자매체로 하므로 데이터의 가공이 자유롭고 통계처리나 각종 해석을 하는 데 적합하다. 이 방식에서의 고장이나 기기동작의 기록은 발생시점에서 발생시간과 항목명칭 등을 기록할 수가 있다.

이 밖에 CRT모니터화면상의 그래프표시화면이나 경향(추세)표시화면을 직접 출력하여 기록하는 하드카피(hard copy)도 있으며 유지관리업무와 보고업무에 활용된다.

일보 및 월보용지는 미리 인쇄된 용지로서는 설비나 기기의 증설 등에 대한 융통성이 없고 재인쇄가

필요하게 되면 비경제적이다. 범용의 기록용지를 사용하고 설비나 기기의 증설시에는 기록프로그램의 변경에 의하여 간단히 대응할 수 있는 시스템으로 하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 경보발생을 통지하거나 표시하는 내용은 운전원이 알기 쉽도록 해야 한다. 경보를 통지하거나 표시하는 것은 고장기기나 고장정도에 따라 음성, 음량, 음색, 심볼색상, 표시등색을 바꿔서 알리는 등의 고려가 필요하다.

고장정도로는 전기사고와 같이 단수로 이어지는 기기나 항목은 중고장으로, 계측데이터의 이상과 같은 것은 경고장으로 순위를 붙인다.

경보점수는 시설규모나 감시제어방식에 따라 결정되지만, 가능한 한 적게 되도록 시스템을 설계한다.

5.에 대하여 ; 조작설비는 운전원이 감시하고 조작하는 데 필요한 정보가 정확하게 제공되고 또 운전조작하기 쉬우며 오조작이 없도록 조작스위치나 조절계 등의 조작기기를 배치한다. 특히 현장에 설치되는 조작기기는 조작에 의한 작동을 확인할 수 있는 장소에 배치한다.

또 단순한 조작대상인 기기에 대해서는 한번 움직임으로 조작하고 중요한 조작대상인 기기에 대해서는 확인사항 등을 포함하여 두 번 이상의 움직임으로 조작한다.

감시조작설비는 운용목적과 설치위치에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

⑴ 데이터 서버(data sever) : 공정감시 및 계측제어 시스템에서 보유한 각 사업장의 운전현황을 종합적으로 감시하고 분석하기 위한 역할을 담당하며, 또한 정보관리와 의사결정을 지원하는 상위레벨의 시스템으로서 데이터의 분석과 응용도 일부 담당하는 중간계층의 시스템으로 정의된다.

⑵ 중앙제어반, COS(central operation station) : 운전조작 기능과 데이터베이스 기능을 수행하며 하드웨어 본체, 모니터 화면과 키보드(전용키보드 포함), 마우스 등으로 구성되는 설비이다. 감시제어 소프트웨어로 GUI(graphic user interface)의 MMI(man machine interface), HIS(human interface station) 등으로 표기한다.

⑶ 현장 조작반, FCS(field control station) : 현장의 단위공정제어에 운전조작 기능과 데이터베이스 기능을 수행하며 모니터 화면과 키보드, 마우스 등으로 구성된 감시제어설비로서, 정수장 내의 탈수기동, 취수장, 가압장 등에 주로 설치한다.

⑷ 엔지니어링반, EWS(Engineering Work Station) : 전체 시스템의 운영에 필요한 엔지니어링 데이터를 생성, 변경, 저장하는 스테이션으로 운전에 필요한 화면, 데이터베이스, 제어프로그램 작성을 지원토록 설치된다.

단, 소규모 시설인 경우에는 COS(Central Operation Station)설비가 EWS기능을 겸용으로 운용할 수 있다.

8.12.3 제어설비

제어설비는 다음 각 항에 따른다.
1. 시설에 적합한 제어기능을 가지고 있어야 하며 신뢰성, 확장성 및 보수성 등이 우수한 것으로 한다.
2. 필요한 최소한의 백업설비를 구비하는 것으로 한다.

【해설】

제어설비는 시설을 안전하고 확실하며 효율적으로 운전하는 것으로 안전성과 신뢰성이 특히 요구되며 운전관리방식을 결정하는데도 크게 영향을 미친다.

따라서 제어설비를 검토할 때에는 시설의 규모, 제어내용, 제어루프의 수, 정보의 양, 장래의 확장성, 설비비, 유지관리 등을 고려해야 하며, 제어설비가 고장으로 인한 영향을 최소한으로 한정하기 위하여 백업기능, 위험분산 및 기능분산과 함께 여유용량에 대해서도 유의해야 한다.

1.에 대하여 ; 제어설비는 제어성, 신뢰성, 안전성, 보수성, 확장성, 경제성 등이 우수하고 시설의 규모나 운전관리방식에 적합하며 취수, 약품주입, 여과 등의 제어방식에 알맞은 것이어야 한다.

제어방식은 컴퓨터를 사용하는 제어방식과 사용하지 않는 제어방식으로 크게 나눌 수 있다. 컴퓨터를 사용하는 제어방식은 집중제어방식과 분산제어방식으로 크게 나누어진다.

집중제어방식은 제어기능을 1대의 컴퓨터에 집약하여 제어하는 형태로 동일한 컴퓨터로 제어기능과 감시기능을 수행하는 방식이다.

분산제어방식은 제어기능을 정수처리공정 또는 설비구분마다 전용으로 설치한 복수의 제어장치(마이크로컴퓨터내장)로 분산하여 이루어지는 제어형태이다. 정수장과 같이 취수, 침전, 여과, 오존, 활성탄, 송수 등 복수처리기능을 갖는 경우에는 분산제어방식이 바람직하다.

컴퓨터를 사용하지 않는 제어방식은 중앙감시반이나 현장제어반에 설치 또는 조합된 제어장치(조절계)나 릴레이회로에 의하여 직접 기기를 제어하는 방식으로 컴퓨터의 이상으로 정수장내의 시스템이 다운으로 이어질 수 있는 중요한 수배전설비 등의 제어에 사용된다.

제어방식을 채택할 때에는 다음 사항에 유의하여 결정한다.

1) 컴퓨터를 사용하는 제어방식

⑴ 집중제어방식

① 제어기기가 컴퓨터이고 시퀀스제어나 피드백제어는 물론이고 복합제어나 고도의 연산을 필요로 하는 제어도 가능하다.

② 시퀀스제어 등은 소프트웨어로 대처할 수 있기 때문에 비교적 유연성이 있으며 릴레이회로 등 반내를 개조하는 것에 비하면 변경이 용이하다. 그러나 컴퓨터의 소프트웨어 변경에도 상당한 비용이 따른다.

③ 컴퓨터 1대로 전루프를 제어하기 때문에 컴퓨터의 고장은 시스템전체를 정지시키는 것으로 되기 때문에 백업대책이 필요하다.

④ 제어기능이 전부 컴퓨터에 집중되어 있기 때문에 보수점검이 용이하지 않다.

⑵ 분산제어방식

① 제어는 현장 전기실 등에 분산·설치된 제어장치(마이크로컴퓨터 내장)로 제어하는 것으로 집중제어방식과 마찬가지로 제어할 수 있고 중앙감시조작설비와 현장 제어장치 및 각 현장 제어장치 간에는 제어용 LAN 등을 통하여 결합되는 구성으로 하면 배선이 대폭 삭감된다.

② 시퀀스 제어는 마이크로컴퓨터의 소프트웨어로 할 수 있기 때문에 복잡한 시퀀스도 비교적 용이하다. 제어장치를 증설하거나 또는 소프트웨어를 변경함으로써 설비를 증설하거나 제어내용을 변경할 수 있으므로 확장성이 좋다.

③ 설비단위로 제어장치가 배치되어 있기 때문에 시스템전체를 정지하지 않고 보수 점검할 수 있다. 더욱이 고장범위도 한정되는 등 위험이 분산되고 신뢰성도 우수하다.

④ 현장에 설치되는 제어장치는 피제어설비의 규모에 따른 것을 선택할 수 있다. 다만, 1대만의 제어장치인 경우에는 고장이 2개 이상의 루프에 영향을 미치기 때문에 백업시스템에 대하여 고려해야 한다.

2) 컴퓨터를 사용하지 않는 제어방식

⑴ 제어단위에 독립적인 단일루프(one-loop)를 구성하는 것으로 제어반과 기기간은 전부 케이블배선으로 된다. 소규모 시설에서는 설비가 단순하고 최저한의 백업으로 끝나기 때문에 높은 경제성을 발휘할 수 있다.

⑵ 제어단위가 단일루프이기 때문에 고장이 발생하더라도 전체 설비에 영향을 미치지 않으므로 특히 중요한 루프를 제외하고는 백업이 필요로 하지 않다.

⑶ 피드백제어와 시퀀스제어가 주체로 고도의 연산처리를 필요로 하는 제어나 시퀀스제어와 피드백제어를 조합한 복합제어에는 적당하지 않다.

⑷ 시퀀스제어는 릴레이회로로 구성하기 때문에 회로가 비교적 간단하고 보수가 용이하다. 제어내용을 변경하는 것은 기구나 배선을 철거하거나 추가해야 하므로 융통성이 약간 나빠지는 면이 있다.

⑸ 복잡한 제어나 규모가 큰 시설에서는 정보량이 증가하여 케이블배선이 증가하기 때문에 경제성이나 유지관리 면에서 불리한 경우가 있다. 설비를 증설할 때에도 새로운 케이블을 부설해야 하는 등 확장성이 뒤떨어지는 경우가 있다.

2.에 대하여 ; 제어설비의 백업은 시스템의 점검시 또는 고장·이상시의 영향이나 손해를 극소화하여 필요한 최소한의 운전감시나 정수처리를 계속하기 위한 설비이다.

백업방식을 결정할 때에는 설비 및 장치의 중요도나 신뢰성, 또 고장·이상시의 조작성, 설비비와 유지관리비의 경제성 등의 조건들을 종합적으로 판단하여 결정해야 한다.

제어설비의 백업 대상으로는 중앙컴퓨터, 현장제어장치 및 전송로가 있다.

백업을 검토할 때에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 컴퓨터의 백업

컴퓨터의 백업방식에는 아날로그조절계 등에 의하여 백업하는 방식과 컴퓨터를 이중화하는 방식이 있다.

전자는 컴퓨터가 고장일 경우에도 동일한 기능을 유지시키고자 하면 시스템이 복잡하게 되기 때문에 최소한으로 백업하는 것이 보통이다. 이 방식은 고장시에 기능은 저하되지만 시스템이 단순하다.

후자는 컴퓨터가 고장인 경우에 대하여 완전히 기능을 유지하는 백업방식이고 보수점검도 용이하지만, 이중화하더라도 입출력부 등의 공통부가 남기 때문에 동시에 다운될 가능성이 있으며 시스템전체가 신뢰성을 갖도록 설계하는 것이 필요하다.

이중화구성에는 듀얼(dual)구성, 듀플렉스(duplex)구성 등이 있으며 채택할 때에는 제어에 대하여서뿐 아니라 감시시스템의 내용에 대해서도 고려하여 결정해야 한다.

2) 현장 제어장치의 백업

현장제어장치의 백업에는 수동방식, 현장제어장치의 주요공통부(CPU)를 이중화하는 방식 및 조절계에 의한 방식이 있다.

수동방식은 현장조작반으로 수동조작에 의하여 운전을 유지하는 단순한 방식이다. 이 방식은 어떠한 시스템에서도 최저의 필요한 백업방식이다.

주요공통부를 이중화하는 방식은 제어장치의 종류에 따라 가능한 것과 불가능한 것이 있으며 이중화함으로써 필요이상으로 비싸지는 것도 있으므로 설비의 중요도나 경제성 등으로부터 판단하여 선정한다.

조절계에 의한 방식은 제어장치의 조절기능 등을 아날로그조절계 등으로 백업하는 방식으로 연속조절이 요구되는 약품주입제어나 여과유량제어로 채택되는 것이 많다.

3) 전송로의 백업

전송로의 백업방식은 일반적으로 동축케이블이나 광케이블 등 전송로를 이중화하는 방식이 채택된다. 그 밖의 방식으로서 수·변전설비나 송수펌프설비 등과 같은 특히 중요한 설비에 대하여 채택되는 방식으로 직송회선을 부설하거나 별도의 신호전송장치를 설치하는 방식이 있다.

8.12.4 전송설비

전송설비는 다음 각 항에 따른다. 1. 시설의 규모나 운전관리에 적합하고 신뢰도가 높은 것으로 한다. 2. 신호변환(signal exchange)체계는 장치나 기기의 종류에 관계없이 가능한 한 표준화하고 어떠한 시스템에도 유연하게 적용할 수 있도록 한다.

【해설】

상수도시설에서 전송설비는 시설 정보의 수집과 전달을 담당하며 안정적 급수나 효율적인 수도시설의 운용을 지탱하는 설비이다.

상수도시설은 비교적 소규모인 시설에서부터 대규모인 시설까지 자동화와 생력화(省力化 : 작업시간

과 노력의 절약)가 기도됨에 따라 취급하는 정보량도 증가하고 있다. 따라서 전송설비를 계획할 때에는 시설정보량을 정확하게 파악한 다음에 장래의 전망을 보아 여유를 갖는 적절한 설비로 해야 한다. 상수도시설의 전반과 관계가 깊은 전송설비나 신호변환은 다른 시스템과의 접속이나 기존 계측제어와의 조화가 가능하고 더욱이 정보량이 증대되거나 또는 설비확장이나 설비교체에 유연하게 대응할 수 있는 것이 중요하다.

계측제어설비는 감시제어라는 종래의 관점으로부터 경영과 관리도 포함되는 종합시스템으로 넓어지고 있다는 사실을 고려하여 향후 이들의 변화에도 충분히 대처할 수 있는 전송설비인 것이 바람직하다.

1.에 대하여 ; 상수도시설을 안정적이고 효율적으로 운용하기 위하여서는 항상 설비의 상태 등의 정보를 신속하고 확실하게 수집하며, 이들 정보를 종합적으로 판단하고 제어하는 것이 필요하다. 이들 필요정보를 수집 전달하는 수단으로서 전송설비는 필수적이며, 수도에서 대표적인 전송설비로서는 근거리전송을 대상으로 하는 제어계 LAN과 정보계 LAN, 원거리전송을 대상으로 하는 TM/TC와 인터넷기술을 이용한 인트라넷(intranet) 등이 있다. 최신의 기술동향을 근거로 하면서 신뢰성과 경제성 등에 유의하여 합리적으로 설계해야 한다.

상수도시설에서의 전송시스템 예를 〔그림 8.12.3〕에 나타내었다.

1) 장내전송

상수도시설에서 사용되는 장내전송의 하나로 감시제어정보에 대한 고속대량의 데이터를 전송할 수 있는 LAN이 있다. LAN은 광케이블이나 동축케이블, 또는 twisted pair 케이블을 사용하여 고속대량의 정보를 전송한다. 수도에서 LAN의 구성형태(configuration of LAN)는 버스(bus)형, 링(ring)형, 스타(star)형의 3종류로 구분된다.

• 제어계 LAN

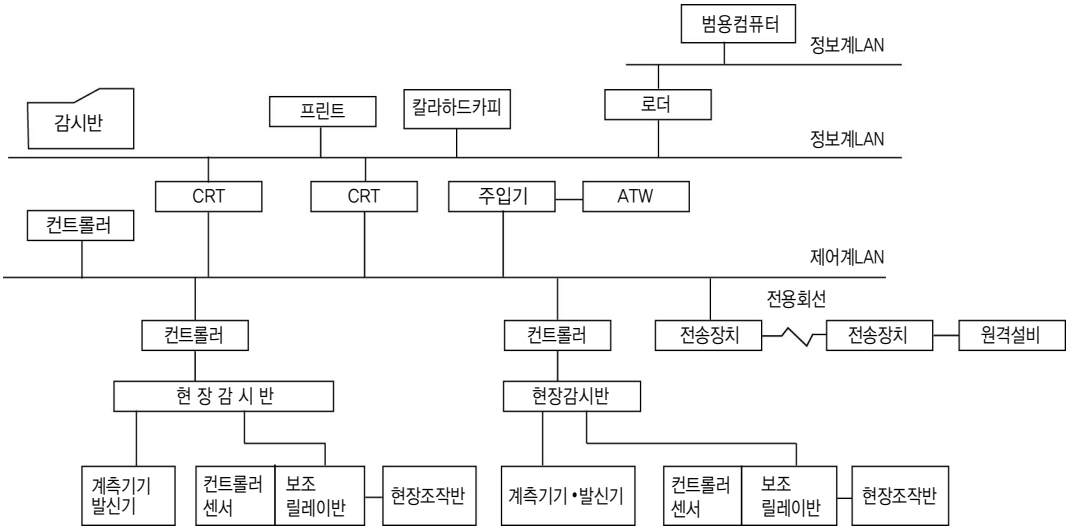
제어계 LAN에는 중앙조정실의 미니그래픽판널 등의 감시제어설비와 장내의 펌프설비나 여과지설비 등의 현장설비를 네트워크화한 것이다. LAN화함에 따라 고속화되고 대용량화할 수 있으며 전송로도 단축할 수 있다. LAN을 구축할 때에는 LAN이 비정상일 경우를 고려한 신뢰성설계가 중요하다.

• 정보계 LAN

정보계에 대해서는 설비에 대한 보전정보시스템에의 응용 등을 개방(open)하도록 요구되므로 계산기와 PC, 워크스테이션 등과 범용기술을 사용하는 LAN화가 진행되고 있다. 정보계의 LAN에 대해서는 Ethernet LAN 등의 표준화가 규정되고 있다. 그리고 염소주입량이나 기기에 대한 고장정보 등의 데이터수집과 가공에 범용소프트웨어를 사용할 수 있다. 개방할 때에는 안전(security)대책을 검토할 필요가 있다.

2) 장외전송

상수도시설에서의 장외전송은 원격지에 광범위하게 분산되어 있는 펌프설비나 급배수시설 기타 설비 등에 대한 감시·제어정보를 전송하는 것을 대상으로 하고 있으며 이를 위해 원격 감시제어장치(TM/TC장치 : Telemetering & Telecontrol Equipmeent)가 이용된다.



[그림 8.12.3] 상수도시설에서 전송시스템 예

TM(telemetering)장치 : 원격장치라고 하며 지시기록이나 제어를 행하는 장도에서 원격에 떨어져 있는 각종 process의 상태(status)나 양(quantity)을 측정후, 제어신호로 변환·저장하여 측정치를 수신하는 장치이며 최초에 전송선로로 전화회선을 사용했다 해서 Tele라는 접두어가 붙었다.

TC(telecontol)장치 : 원격감시제어장치라고하며 원격에 있는 기기의 감시 및 제어를 행하는 장치.

TM/TC장치 : Master TM/TC(모국)과 Slave TM/TC(자국)으로 구성되며 중앙운영실 쪽에 설치되는 것을 모국(Master), 현장에 설치되는 것을 자국(Slave)이라 호칭한다.

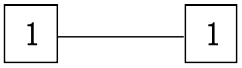
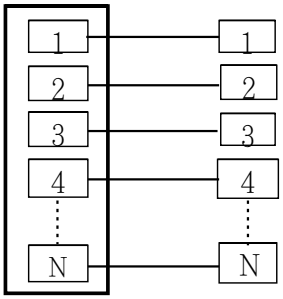
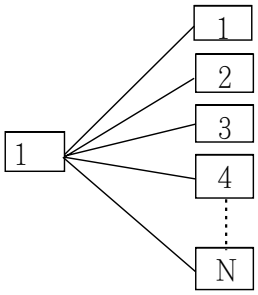
TM/TC장치은 전송로로서 유선을 이용하는 경우와 무선을 사용하는 경우가 있으며, 디지털방식이 주류로 되어 있다.

디지털방식의 특징과 설계할 때의 유의할 사항은 다음과 같다.

⑴ TM/TC장치 구성방식은 수도시설의 규모, 시설의 배치상황(layout), 정보전송시간, 제어성, 시스템의 신뢰성과 확장성 및 보수성, 그리고 컴퓨터와의 결합 등을 고려하여 선정한다. 〈표 8.12.3〉에 텔레미터·텔레컨트롤의 형태를 나타내었다.

⑵ 전송로를 선정할 때에는 신뢰성, 보수성, 취급의 용이함 및 장치의 비용 등을 고려해야 한다.
전송로에는 유선과 무선이 있으며 유선방식에는 전용케이블을 부설하는 사설선과 민간전용서비스 회선이 있다. 사설선은 자영의 전주에 첨가하는 경우나 전력회사의 전주 등에 첨가하기도 한다. 송배수관로를 매설할 때 함께 전선관을 부설해 놓으면 광전송을 비롯하여 여러 가지 전송로의 형태로 이용할 수 있다. 그러나 상수도시설은 일반적으로 전송대상지역이 넓고 경제적인 면에서 민간의 전용회선이 많이 사용된다.

〈표 8.12.3〉 TM/TC장치 구성 방식과 특징

구분	1 : 1대향	(1 : 1)N대향	1 : N대향
시스템의 형태	 기지국 원격제어장치 단말국 원격제어장치	 기지국 원격제어장치 단말국 원격제어장치	 기지국 원격제어장치 단말국 원격제어장치
	• 단말국의 규모에 관계없이 1개소 1 : 1의 관계로 기지국을 설치하여 제어하는 형태.	• N조의 기지국과 단말국이 1 : 1로 대응하며, N조의 기지국만의 설비를 1개소에 집중하는 형태.	• N개소의 단말국을 1개소로 된 기지국공통설비를 거쳐서 관리되는 형태.
특징	• 시스템의 기본형이고 기지국의 고장은 시스템의 다운으로 된다. • 확장이 용이하다. • 소규모시설에 알맞다.	• 기지국이 각 단말국별로 독립되어 있으므로, 기지국의 고장은 다른 계통에 영향은 미치지 않는다. • 확장이 용이하다. • 신호의 전송속도는 기지국과 단말국이 1 : 1로 전송하므로 빠르다. • 피제어국이 일정한 수 이하가 아니면 경제성이 없다(5~10국 이하).	• 기지국이 고장이면 단말국의 N국전체를 감시조작하는 것이 불가능하게 된다. • 확장이나 개조는 곤란하다. • 신호의 전송속도는 기지국이 N국을 담당하므로 느리다. • 단말국이 일정한 수 이상이 아니면 경제성이 없다(5~10국 이상).
비고	• TM/TC장치는 대향방식에 의한 기지국의 송신 및 선택·기억, 공통 집중제어반이나 표시반에 의하여 구성할 필요성에 따라 정보처리장치를 설치한다. • 대향방식을 선정하는 데는 적용되는 대상 및 주위조건 등의 여러 가지 조건을 비교·검토해야 한다.		

상수도시설용의 무선은 전송거리, 무선허가사항 등을 고려하여 선정해야 하며, 현재 근무환경 개선과 인건비 절감을 위하여 정수장에서 취수장이나 가압장을 무인원격으로 운전 중인 곳도 있다. 무인원격 감시제어의 여러 필수요소 중에 중단없는 통신망 확보가 중요하며, 불가피한 사고로 통신선로가 중단되었을 경우에 백업(back-up)용으로 무선통신망을 이용하여 원격감시제어용의 데이터를 전송함으로써 연속성을 확보하도록 해야 한다.

현재 무선백업망으로 많이 이용되고 있는 인공위성망과 이동통신망을 〈표 8.12.4〉에 간략하게 비교하였으며, 현장 여건에 따라 적정한 방법을 선택해야 한다.

이동통신망은 궁극적으로 혼합(유선+무선)망이므로 무인화 사업장 등 중요한 감시제어소간의 백업통신망은 초기 투자비가 다소 비싸지만 인공위성망을 고려할 필요가 있다.

전송설비가 구비해야 할 조건은 다음과 같다.

① 전송의 신뢰도가 높고 고정밀도로 전송정보의 품질을 확보할 수 있어야 한다.

〈표 8.12.4〉 인공위성망과 이동통신망의 비교

구분	위성통신망	이동통신망
설치비	• 이동통신망보다 다소 비싸다.	• 위성망보다 저렴함
운영비	• 단말국의 수와 무관(정액제 임대)	• 단말국 확장에 따라 서비스비용 증가
유지 보수 비용	• VSAT안테나에서 위성, 위성에서 수신처로 직접 통신망 구성, 유지보수비 저렴 • 자가망이므로 장애 발생시 신속한 유지보수 가능(일부 자체기술 확보)	• 이동통신사업자의 중계기를 이용하므로 유지보수비 저렴 • 자가망이 아니므로 장애 발생시 신속한 유지보수 불가 • 주기적 통신점검시 비용지출
안정도	• 1 : N 서비스 기능으로 많은 단말국과도 동시 통신가능(동보성)	• 1 : 1 서비스로 많은 단말국과 통화시에 많은 시간이 소요됨(동보성 없음) • 발신에서 접속까지 8-10초 정도 지연 발생
호환성	• 사용자의 요구에 따라 다양한 프로토콜을 선별적으로 제공 가능, 기지국에서 통일적인 망제어가 가능하여 호환성 양호	• 이동통신사업자의 시스템에 따라 지원 가능한 프로토콜이 정해지므로 호환성이 떨어짐.
확장성	• 위성(무궁화 위성)의 전파사용범위는 우리나라 전역과 중국 및 일본 일부를 커버할 수 있어, VSAT안테나만 설치하면 망을 구성할 수 있고 망의 확장이 용이	• 이동통신사업자의 중계기가 없는 산간 벽지 또는 중계기가 있더라도 전파음영지역에서의 단말국 설립이 어려우므로 확장성이 제한됨
통신 기법의 다양성	• 데이터의 전송속도가 19.2~64kbps으로 많은 데이터전송이 가능, 다양한 응용서비스 가능	• 데이터의 전송속도가 14.4kbps로 제한되어 간단한 데이터전송만 가능

② 필요한 전송속도를 얻을 수 있어야 한다.
③ 설비의 증설에 따른 확장성을 구비하고 있어야 한다.
④ 정보처리장치나 종류가 다른 통신수단과 결합할 수 있어야 한다.
⑤ 높은 경제성과 보수성 등의 조건을 구비하고 있어야 한다.
⑥ 고장이나 이상을 검출할 기능을 유지할 수 있어야 한다.
⑦ 유지관리에 필요한 전용전화기능을 구비하고 있어야 한다.

2.에 대하여 ; 수도시설에서 계측제어는 검출기의 단계에서부터 컴퓨터의 단계에까지 광범위한 계측제어기기나 고기능의 계측제어기기 등 다종다양한 기기와 장치가 종래형 기기와 혼재된 형태로 사용되는 상황이다.

필드버스라고 하는 계측기기가 감시제어장치에 접속된 시스템이 실용화되고 있다. 따라서 이들 기기와 장치간의 신호변환에도 여러 가지 방식이 혼재될 것으로 예상되므로 시스템 중에서 신호변환에 일관성이 없는 상태로 수행되게 되면 유지관리가 곤란하게 된다. 또 종류가 다른 기기와 장치간의 상호

접속과 함께 확장 등에 대한 유연성을 손상시키는 것으로도 되므로 신호변환은 일정한 규칙에 따라 이루어지는 것이 바람직하다.

그러므로 수도시설을 계측제어화할 때에는 신호변환에 대한 시방을 명확화, 통일화, 표준화 등을 해야 하는 것이 필요하다.

1) 신호형식의 명시

기기와 장치간의 신호변환에는 미리 신호형식을 명시하는 것이 필요하다.

예컨대, 유량, 수위, 압력, 수질 등의 계측신호는 주파수나 교·직류의 전압·전류 등으로 또 설비의 상태나 제어정보 등에는 펄스나 접점, 코드 등이 사용되고 있다. 이들 몇 가지 신호의 종류 중에서 어떤 신호형식을 선택하여 계측제어화할 것인가를 미리 명시해야 한다.

2) 신호시방의 명시

신호형식의 명시와 함께 그 신호가 아날로그신호인 경우에는 신호레벨이나 입력임피던스를, 또 디지털신호인 경우에는 접점용량, 변환시간, 부호형식 등의 신호시방을 명시해야 한다.

3) 신호변환의 회로조건

복잡한 시스템으로 구성됨에 따라 신호누설(signal leak)에 의한 트러블이 발생할 기회도 많고 유도뢰나 기타의 원인으로 발생하는 이상전압에 대한 보호와 함께 신호의 접속방법 등 신호변환회로의 조건을 정비해야 한다.

그 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

⑴ 신호의 절연

디지털이나 아날로그신호에 관계되지 않는 신호변환은 접지사고나 보수시의 신호회로개방, 노이즈 대책, 그리고 신호전위의 통일이라는 면에서 신호변환점에서 신호를 절연하는 것이 바람직하다.

① 아날로그신호

〔그림 8.12.4〕에 나타낸 바와 같이 절연신호변환기를 거쳐서 아날로그신호의 변환이 이루어지는 것이 바람직하다. 기기 그 자체에 신호절연기능을 구비하고 있는 것이 있으므로 필요에 따라 이러한 기기를 이용한다.

② 디지털신호

〔그림 8.12.5〕에 나타낸 바와 같이 접점신호에 의한 경우나 RS-232C, GP-IB (general purpose interface bus) 등의 장치에 의하여 디지털신호를 변환하는 방식이 있다.

펌프나 밸브 등의 운전상태 신호나 운전조작지령 신호는 일반적으로 접점신호로 변환되지만, 장치나 그 회로상황에 따라서는 릴레이접점, 무접점인 포토트랜지스터스위치(photo- coupler), 트랜지스터스위치 등에 의한 신호절연으로 변환하는 것이 바람직하다.

또 RS-232C 등은 일정한 순서를 거쳐서 변환신호를 디지털화하는 방식으로, 예를 들면, A/D, D/A변환기를 거쳐 아날로그신호를 변환할 수 있으며, 신호의 형식을 변환함으로써 절연된다.

(2) 회로의 보호

신호전송회로와 신호변환회로를 보호하는 것은 단순한 회로보호뿐만이 아니라 신호의 정밀도를 확보한다는 의미에서도 중요하다. 전송장치나 계측제어기기는 대표적인 전자기기이고, 이러한 전자기기들은 전원, 신호, 부하, 접지선 등으로부터 침입해 들어온 뇌(lightning)나 플랜트노이즈(plant noise)에 취약하다는 약점을 가지고 있다.

이러한 영향을 최소화하기 위한 보호대책으로서 뇌에 대해서는 전원과 신호 및 부하의 각각에 알맞은 서지보호기(arrester)를 설치하고, 또 일반적인 유도노이즈(induction noise)에 대한 대책으로서는 동력선과 신호선을 용도별로 이격시켜 배선하는 방법을 채택하거나 신호절연, 실드선의 채택 등의 방법이 있다. 접지는 용도별로 설치해야 하며 메시접지 등에 의하여 저항치를 낮추어 억제하는 것이 바람직하다.

(3) 신호변환을 위한 회로방식

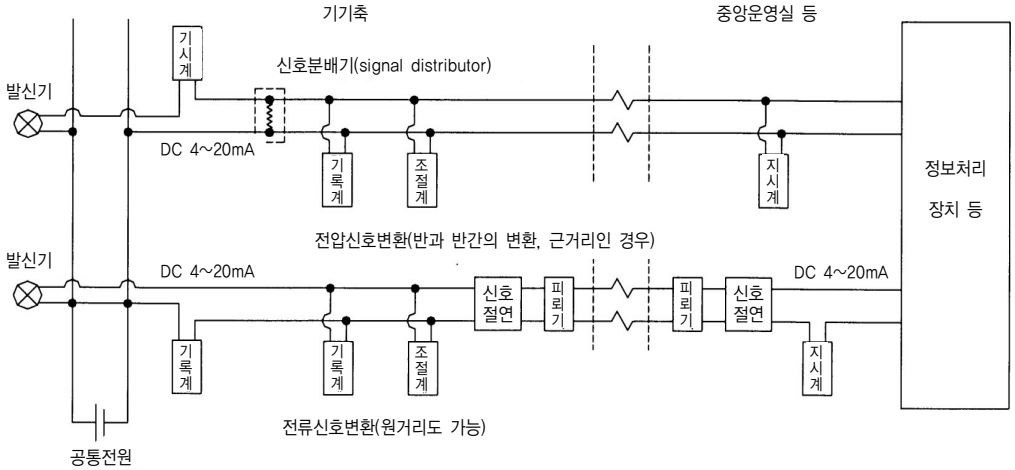
아날로그신호는 마이너스(-)선을 모선화하는 공통모선(common bus)방식이 일반적이다. 이 방식에는 신호선과 전원선을 공용한 2선식과 신호선과 전원선을 분리한 4선식이 있다.

또 하나의 전원장치로부터 복수의 센서와 기기에 대하여 전력을 공급하는 것이 보통이다.

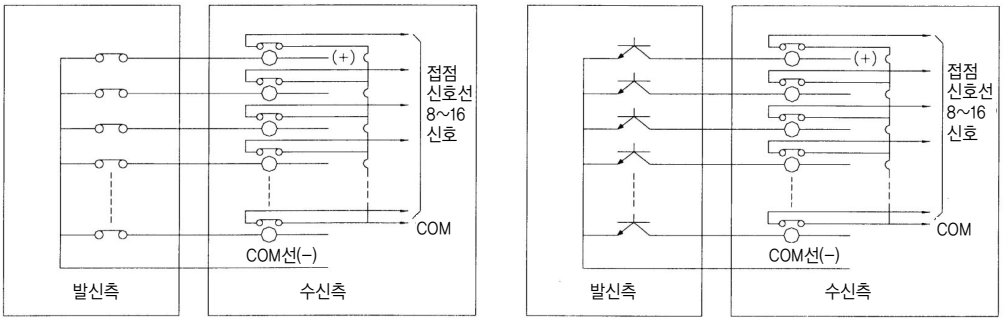
따라서 회로단락이나 서지보호기(arrester)의 누설(leak)로 인한 신호누설에 의하여 정상적인 신호변환의 교란을 피하기 위하여 절연신호변환기(isolation signal converter)를 설치하여 대응하는 것이 바람직한 경우도 있다([그림 8.12.4]를 참조한다).

디지털신호는 컴퓨터나 시퀀서(sequenser)와의 변환을 고려하여 공통모선 1개를 설치하고 신호를 8개에서 16개의 그룹단위로 주고받는 것이 일반적이다([그림 8.12.5]을 참조).

접점신호의 변환에는 기기측에서 무전압접점을 제공하거나 또는 유전압접점을 제공할 것인가를 명확하게 할 필요가 있다. 이것을 명확하게 해두지 않으면 전원혼촉으로 인하여 중대한 사고로 이어질 가능성도 있다. 일반적으로는 무전압접점으로 변환한다.



[그림 8.12.4] 아날로그신호의 변환



[그림 8.12.5] 디지털신호의 변환

⑷ 신호선의 접속

신호변환에는 전기적 시방은 물론 기계적 조건도 대단히 중요하다. 시설의 신호 수량이 증가하고 전송설비 및 시퀀서와 컴퓨터 등 신호밀도가 높은 신호집중형기기의 사용빈도가 증가함에 따라 신호변환 점에서의 설비도 복잡하게 되고 있다. 이 때문에 신호변환 전용의 중계단자반을 설치하는 것이 바람직하다. 또 신호를 접속하는 단자(terminals)나 접속기(connecters) 등은 어떠한 규격과 규정의 것을 사용할 것인가, 또 단자나 접속기에 접속되는 케이블의 종류와 그 시방, 그리고 아날로그신호와 디지털신호를 어떤 단자의 배치로 변환할 것인가 등에 대한 구체적인 검토도 필요하다.

여러 장소에 설치된 다종다양한 기기와 장치로부터 발생되는 신호와 회로 등의 조건들의 차이를 조정하여 표준화된 일정한 기준으로 신호를 변환해야 한다.

8.12.5 중앙운영실

중앙운영실은 시설관리의 중추로서 안전하게 운전관리할 수 있는 작업환경이 되도록 계획해야 한다.

【해설】

중앙운영실은 단순히 계기류를 집중하는 장소로서 뿐만이 아니라 시설관리상의 필요한 감시제어기능들이 집중되어 있으며, 당직근무자(operator)가 이 방에서 시설을 운전관리하고 사고시에 대응하며 기록을 작성하고 운전상태를 해석하는 등의 작업을 하므로, 시설관리의 중추기능으로적합한 작업환경을 확보하도록 계획해야 한다. 또 시설의 규모와 장래의 확장 및 관리체제 등에 적합하도록 계획하는 것이 바람직하다.

중앙운영실은 감시제어기기가 정확하게 동작하고 운전원이 쾌적하게 근무할 수 있는 환경이 필요하며, 다음에 교체하게 되는 것을 고려한 설계로 해야 한다. 예컨대, 동일한 중앙운영실에서 교체하는 경우에는 공사기간 중에 감시업무에 영향을 주게 됨으로 교체면적을 고려하여 설계하는 것이 필요하다. 또 무인조정실이나 제어실은 전기실과 동등하게 설계하는 것이 바람직하다. 8.9.3 전기실을 참조한다.

8.12.6 계측제어용 전원

계측제어용 전원은 다음 각 항에 따른다.
1. 계측제어용 기기에 안정적이고 확실하게 전원을 공급할 수 있는 것으로 한다.
2. 전원은 양질이어야 하고 충분한 용량을 가지고 있는 것으로 한다.

【해설】

계측제어용 전원으로는 교류·직류 어느 것이나 이용된다. 설비나 기기들은 그것들이 항상 유지해야 할 상태나 그 중요도 및 특성에 맞추어 다음중의 어느하나를 전원방식으로 선정한다.

① 상용전원
② 직류전원
③ 교류무정전 전원

1.에 대하여 ; 계측제어설비는 전원 공급이 정지됨으로써 설비가 정상으로 기능하지 않는 등 중대한 영향을 미치므로 상시 안정되게 전력을 공급할 수 있는 전원이 절대적인 조건이다. 상용전원은 순간전압강하나 정전등이 발생될 수 있으며 이로 인해 계측제어설비가 운전정지되면 중대한 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 계측제어용 전원으로서는 직류전원 또는 교류무정전 전원이 바람직하다. 따라서 계측제어설비의 종류에 따라서는 충분한 백업장치가 필요하며 안정적으로 확실하게 작동하는 교류무정전 전원장치 등으로 대응한다.

2.에 대하여 ; 계측제어기기 중에는 컴퓨터나 통신장치, 계측제어장치 등과 같이 전원전압의 변동이나 순간 정전에 민감하게 반응하며 수도시설에 크게 영향을 미치는 설비도 있다. 이러한 것을 회피하기 위해서는 무정전 전원설비에서 상시 공급하는 전원방식이 필수적으로 되고 있다.

교류무정전전원설비에서 공급되는 전원은 상용전원과는 달리 장치나 소자로 인한 제약에 따라 그것에 접속할 수 있는 부하의 종류나 부하용량에는 여러 가지 조건이 요구되므로 다음 사항에 대하여 유의해야 한다.

① 계측제어용 전원회로는 일반전등이나 전기기기 등의 회로와 분리한다.
② 상용전원으로서는 문제가 되지 않는 비선형부하, 예컨대, 스위칭레귤레이터 등의 전원회로를 사용하는 계기·기기를 접속하는 경우에는 이 비선형부하가 전압변동이나 전원의 파형변형 등의 요인으로 된다.
③ 인버터를 구성하는 스위칭 소자의 전류(轉流)능력에는 한계가 있기 때문에 그 용량결정에는 과부하로 되지 않도록 주의해야 한다. 정전에 의한 영향이 작은 기기나 장치 등을 무정전전원장치의 부하로 하면 무정전전원장치의 규모가 크게 되고 경제성도 나쁘다.

8.13 시설별 계측제어

8.13.1 총칙

상수도시설에서 계측제어의 적용범위를 크게 나누면, 취수장, 정수장 및 배수펌프장 등 개개의 시설을 대상으로 한 플랜트제어와, 수원으로부터 배수시설까지 상수도시설전체를 종합적으로 일체화하여 운전관리하는 계통운용제어가 있다.

정수장에서 계측과 제어의 일반적인 항목을 열거하면 〔그림 8.14.1〕과 같다. 이들 항목은 원수수질의 양부, 정수처리방법, 취수, 송·배수방식 등에 따라 몇 개의 항목을 생략(또는 추가)하는 경우가 있다. 시설규모에 관계없이 취수로부터 배수에 이르기까지의 공정 중에서 필요로 하는 일반적인 계측과 제어의 항목이다.

계측제어설비의 규모 및 구성을 결정할 때는 계측제어의 목적과 효과를 명확하게 하고, 계측제어기기의 신뢰성·안전성 등 기본적 사항을 포함하여 검토해야 한다.

8.13.2 저수 및 취수시설

저수 및 취수시설의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.

1. 수원의 종류와 유지관리에 적합한 수위계와 유량계를 설치하고 필요에 따라 수질계기, 수질감시수조 등을 설치하는 것이 바람직하다.
2. 저수 및 취수시설에서 계측제어기기의 각 입·출력단자부에는 서지보호기(arrester)와 같은 적절한 보호장치를 설치한다.

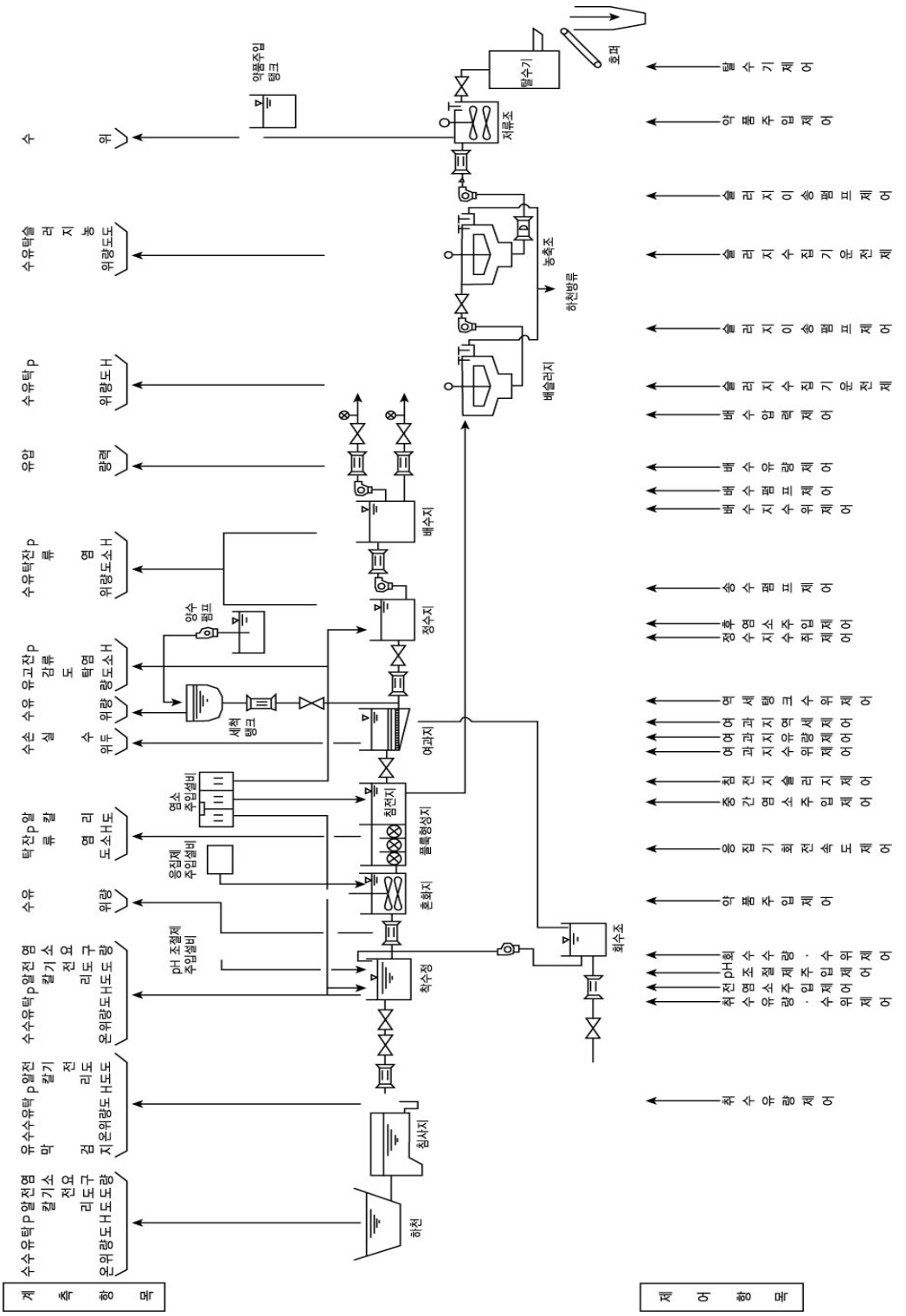
【해설】

1.에 대하여 ; 저수 및 취수시설의 계측제어는 적절한 원수운용과 기기보수 등에 적합하게 계측제어해야 하며 수량, 수위, 수질 등의 여러 데이터는 후일의 수원에 대한 검토자료로서 기록·보존하는 것이 바람직하다.

1) 수위계

댐 등의 저수지를 수원으로 하는 경우에는 특히 수위의 측정폭이 크기 때문에 측정범위와 정밀도에 주의하여 기기를 선정해야 하며, 댐의 여수로 구조가 자유월류형이 아닌 경우에는 수위계를 복수로 설치하거나 신호전송로를 2중화하는 것을 검토한다. 또 취수탑이나 댐시설에서 취수구를 수질에 따라 선정하고 해당 수문류의 개폐조작을 수위계 등과 대응시키는 경우에는 임의의 수위에서 경보출력할 수 있는 다점수위경보기 등의 설비를 설치하는 것이 바람직하다.

하천표류수나 호소수를 수원으로 하는 취수시설에서 수위의 변동폭이 그다지 크지 않은 곳에 설치할 경우에는 유지관리가 용이하고 장기간 안정적으로 사용할 수 있는 수위계를 선정해야 한다. 그러나 하천의 홍수위가 큰 경우에는 홍수시의 하천수위를 고려하여 설치해야 한다.



[그림 8.13.1] 수도시설 계측제어 시스템 예

지하수나 복류수를 수원으로 하는 취수시설에서 우물수위 또는 매거(埋渠) 부근의 하천수위 등을 지시 또는 기록할 수 있도록 하였을 경우에는 하천표류수나 호소수의 경우와 같다.

플로트식수위계나 전극식수위계가 원수중의 유목(流木)이나 유사(流砂) 등에 의하여 수검출단이 손상될 것으로 예상되는 경우에는 흡관 또는 비닐관을 사용한 방파관(防波管)이나 보호통을 미리 관계구조물에 대한 계획 및 시공단계에 포함시키는 것이 바람직하다.

특히 깊은 우물에 사용되는 수위계로서 정전용량식을 사용하는 경우에는 우물 도중에서의 용천수나 금속과 접촉에 의하여 오차가 발생하는 원인으로 되므로 비닐관 등에 의하여 보호할 필요가 있다.

2) 유량계

유량계를 선정하고 설치할 때는 8.11.2 유량계측의 항에 따른다. 다만, 배수량의 계측과는 달리 취수량의 계측은 개수로로 계측하는 경우도 많으며, 더구나 순회점검하기에 어려운 멀리 떨어진 제어지점이나 옥외에 위치된 측정지점이 많으므로, 측정조건, 주위환경, 전원조건 등에 유의하여 기기를 선정하고 설치해야 한다. 또 운전개시초기취수량과 최종계획최대취수량과의 차가 큰 경우에는 측정범위(full scale)를 연차계획에 적합하게 선정하는 것이 바람직하다.

3) 수질계기

수질계기는 수원의 종류에 따라 구별하여 사용하는 것이 바람직하다.

⑴ 저수지의 물이나 호소수를 수원으로 하는 경우에는 수온계, 탁도계, 전기전도도계 및 pH계 등을 필요에 따라 설치한다.

특히 수원에서 수직방향으로 몇 개의 지점에서 시료를 채수하는 경우에는 이들 몇 개 지점에 미리 검출단을 설치하여 두거나 또는 몇 개 지점의 수질을 차례로 교대로 측정하는 것이 바람직하다.

⑵ 하천표류수를 수원으로 하는 경우에는 일반적으로 기상조건이나 상류의 환경조건에 크게 좌우되어 수질이 크게 또한 급격하게 변화하는 경우가 많으므로, 정수처리에 필요한 수온계, 탁도계, pH계, 알칼리도계, 전기전도도계 등을 설치해 두고 항상 감시하는 것이 바람직하다.

특히 탁도 변화가 큰 경우에는 고탁도용과 저탁도용으로 2대의 탁도검출단을 설치하고, 원수탁도에 따라 고탁도와 저탁도 중의 어느 쪽으로 절체할 수 있도록 해 두는 것이 바람직하다.

⑶ 지하수와 복류수(subsoil water)를 수원으로 하는 경우에는 수질적으로는 안정되어 있으므로, 수질계기를 상설하지 않는 경우가 많다.

⑷ 원수탁질이 높은 시료채수관은 침전을 방지하기 위하여 유속을 크게 해야 한다. 또 관내벽에 미생물이나 유기질의 부착을 방지하기 위하여 채수시의 유속을 이용하여 정기적으로 관내를 청소하는 것이 바람직하다. 관내청소에 대해서는 8.11.4 압력계측을 참조한다.

2.에 대하여 ; 저수 및 취수시설이 중앙조정실로부터 상당히 떨어져 있으며 검출단이 실외에 설치되는 경우가 많으므로 뇌서지의 영향을 받기 쉬운 기기는 파손되는 예가 많다. 저수 및 취수시설의 계측제어기기에 대해서는 전원측과 신호측에 용도별로 서지보호기(arrester)를 설치하여 계측제어기기를 확실하게 보호하는 것이 중요하다.

8.13.3 도수시설

도수시설의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 도수시설에는 도수방식이나 유지관리에 적합한 유량계를 설치하는 것이 바람직하다.
2. 펌프에 의한 도수유량의 제어는 8.3.3 유량제어를 참조한다.
3. 도수시설에서 계측제어기기의 보호장치는 8.13.2 저수 및 취수시설의 2.에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수방식에는 자연유하식과 펌프가압식이 있으며 도수로는 개수로와 관수로로 구분된다. 도수로에 설치하는 유량계는 개수로에 대해서는 위어식 유량계가, 관수로에 대해서는 전자유량계와 초음파식유량계 등이 많이 사용된다.

이들 유량계를 선정할 때에는 8.13.2 저수 및 취수시설의 1.을 참조한다.

8.13.4 착수정

착수정의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 착수정에는 그 규모 및 목적에 적합한 수위계와 유량계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 착수정의 유량을 제어하는 경우에는 수위변동에 대하여 안정적이고 확실한 제어방법에 의한다.

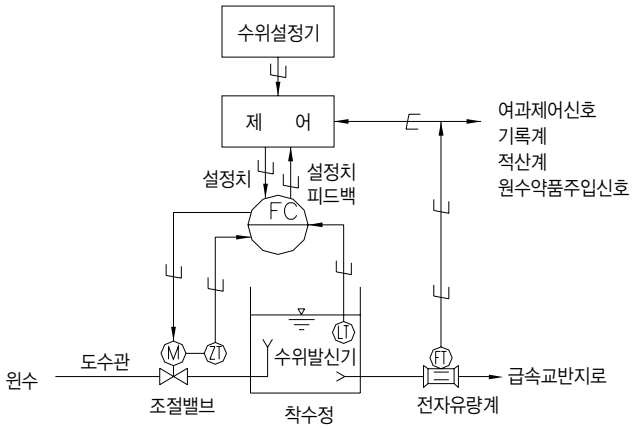
【해설】

1.에 대하여 ; 수위계는 착수정 수위를 확실히 계측할 수 있는 것으로 고수위 및 저수위의 경보를 발신할 수 있는 것이어야 한다. 검출단을 착수정내에 설치하는 경우에는 상당한 와류가 착수정내에 있다는 것을 고려하여 검출단용의 방파관(防波管)을 설치해야 한다.

정수장의 운전관리를 위하여 처리수량에 따라 착수정 수위를 조절해야 하는 경우에는 가능한 한 정밀도가 좋은 수위계를 선정해야 하며 수위조절장치와의 연동에도 적합한 것을 선정해야 한다.

원수유량계의 측정치가 정수시설의 원수이용률을 파악(물 수지)하거나 약품주입제어(소독제, pH조정제, 응집제 등)에 중요한 데이터이기 때문에 안정적으로 측정가능한 유량계를 설치해야 한다.

2.에 대하여 ; 정수시설의 착수량 제어는 원칙적으로 취수시설 또는 도수시설에서의 유량제어에 의한 것으로 한다. 다만, 이들 시설로 제어할 수 없는 경우에 정수장의 총여과량 또는 착수정수위 등을 목표치로 안정되고 또한 확실하게 제어할 수 있도록 조절밸브 등에 의하여 제어하는 것이 바람직하다. 〔그림 8.13.2〕은 그 흐름도(flow sheet)의 예이다.



[그림 8.13.2] 착수정 수위제어 시스템 예

8.13.5 응집용 약품주입설비

응집용약품주입설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 약품의 종류, 주입방식 및 유지관리에 알맞은 유량계, 수위계 및 조절밸브 등을 설치한다.
2. 약품주입설비의 계측제어는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위를 가지고 있고 또한 그러한 변화도 계측할 수 있어야 한다.
3. 계측제어기기 중 필요부분은 약품에 의한 부식에 견딜 수 있는 것으로 한다.

【해설】

약품주입제어는 종래형의 공업계기레벨에 의한 시퀀스제어로부터 원루프컨트롤러(one loop controller)와 컴퓨터 등을 연결한 계층적인 시스템까지 시설의 상황에 따라 여러 가지 방식이 있다. 제어에 대해서는 8.12.3 제어설비를 참조한다.

1.에 대하여 ; 계측제어의 대상으로 되는 약품종류는 5.3 응집용 약품주입설비를 참조한다.

약품주입방법은 약품의 성상에 따라 자연유하식, 인젝터(injector)식 및 펌프가압식 등이 있다.

자연유하식은 액상약품을 사용하는 경우에 약액주입점에서의 필요주입압력을 얻을 수 있도록 미리 약품탱크를 높은 장소에 설치하고 주입량계와 조절밸브의 조합으로 주입량을 제어하는 방식이다.

인젝터식은 소다회 등의 분말약품에 대한 약품주입제어에 필요한 주입압력을 인젝터에 의해 얻는 방식으로 주입량계와 조절밸브의 조합으로 주입량을 효과적으로 제어하는 방식이다.

펌프가압식은 액상약품주입량을 제어하는 경우에 정량펌프를 사용하여 필요주입압력을 확보하고 주입량을 제어하는 방식과, 내식성 펌프와 주입량계 및 조절밸브의 조합으로 주입량을 제어하는 방식이 있다.

유량계로서는 전자식이나 면적식이 널리 사용된다. 정량펌프를 사용하여 약품을 주입하는 경우에는 정량펌프의 맥동을 고려하여 유량계를 선정해야 한다. 수위계는 액체약품저류조, 저장조 등에 설치되며, 조의 수위나 저장량의 감시 또는 제어에 사용하는 외에 고·저수위경보에도 사용할 수 있는 것이 바람직하다. 수위계로서는 일반적으로 차압식·정전식 및 초음파식이, 또 분면계(粉面計)로서는 정전

용량식이 널리 사용된다.

2.에 대하여 ; 약품주입량의 범위는 수질변화를 고려한 주입률에 수량변화를 곱한 폭으로 하며, 일반적으로 1 : 수십에 미치도록 크게 되는 경우가 보통이다. 한편, 유량제어장치의 동작범위는 1 : 5~1 : 10정도의 것이 많으며, 이들의 조합에 유의해야 한다. 예컨대, 계측 및 제어의 범위에 알맞은 대·소 2계통의 유량계와 조절밸브 등 기기의 조합에 의한 방식, 또는 동일 레인지의 것을 다수계통으로 설치하여 제어하는 방식이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 정수장에서 사용하는 약품은 부식성의 약품이 많으므로 기기나 구조재는 내부식성을 고려한 것이어야 한다. 그리고 점검이나 청소를 쉽게 하고 또 부품교환을 용이하게 할 수 있는 구조와 구성에 대하여 고려해야 한다.

8.13.6 플록형성지와 침전지

플록형성지와 침전지의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 플록형성지와 침전지에는 필요에 따라 수질계기 등을 설치한다.
2. 계측제어기기는 주위의 환경조건에 적합한 기기를 선정한다.
3. 침전지의 배슬러지제어는 배슬러지지의 조건 등을 고려하여 안전하고 확실하게 배출할 수 있는 설비로 한다.

【해설】

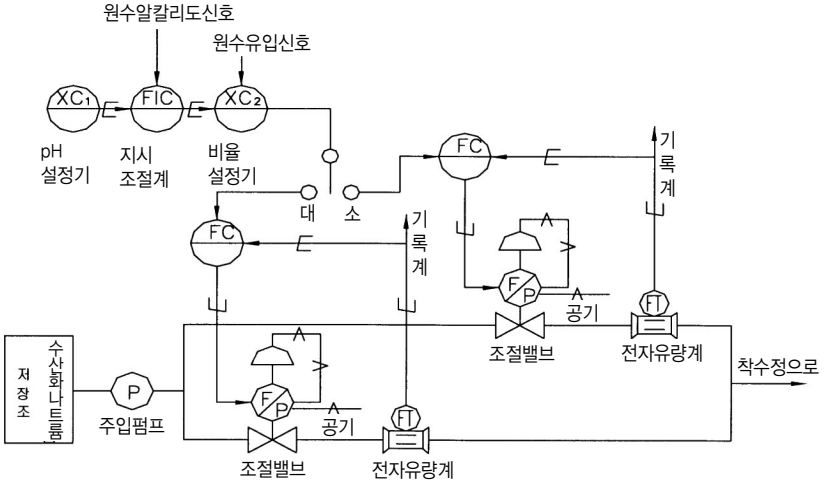
1.에 대하여 ; 플록형성지의 계측제어로서는 플록형성지 전단 부근의 pH를 계측하여 pH조정제 주입률을 보정하는 경우도 있다. 제어방식으로는 일반적으로 캐스케이드(cascade)제어가 사용된다. 약품주입량의 제어는 유량계측치로 제어되기 때문에 혼화지를 2계열 이상으로 하는 경우에는 계열마다 유량계를 설치해야 하며 알칼리제 보정주입계통도를 〔그림 8.13.3〕에 나타내었다.

침전지에 대해서는 처리수의 탁도, pH, 알칼리도 및 잔류염소 등을 감시할 목적으로 수질계기를 설치한다.

고속응집침전지인 경우에는 정수처리효과와 슬러지배출효과를 높이기 위하여 필요에 따라 슬러지농도계와 슬러지계면계를 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 플록형성지와 침전지에 설치되는 계측제어기기는 옥외 또는 지하의 습도가 높은 곳, 또는 약품이나 염소 등의 배관이 있는 부근에 설치되는 경우가 많으므로 내습성이고 내부식성의 재질 및 구조의 기기를 선정해야 한다.

3.에 대하여 ; 침전지는 원수수질상황이나 응집제주입에 따라 슬러지량이 변화하기 때문에 배슬러지를 위한 제어설비를 설치하는 것이 바람직하다. 그 배슬러지조건에는 배슬러지의 간격, 배슬러지지의 수위, 다른 침전지의 배슬러지상황 및 배출수처리시설에서 받아들일 수 있는 상황조건 등이 있으며, 이러한 조건들을 고려한 설비로 설계하는 것이 바람직하다.



[그림 8.13.3] 알칼리제 보정주입계통도

8.13.7 여과지

여과지의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 여과지에는 여과유량계와 손실수두계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 여과유량제어는 총여과수량을 임의로 제어할 수 있는 것이 바람직하다.
3. 세척조작을 시퀀스 제어방식에 의한 경우에는 각 기기는 동작이 확실하고 안전성과 신뢰성이 높은 것을 선정한다.
4. 세척탱크에는 수위계를 설치하고 양수펌프 등으로 연동될 수 있는 장치로 하고 수위경보표시를 한다.

【해설】

여과지의 계측제어는 각종 여과지의 형식에 따른 것으로 초기투자비(initial cost)와 운전비용(running cost) 외에 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

① 여과지의 운전, 정지 및 여과유량 조절은 임의로 또한 용이하게 할 수 있어야 한다.

② 여과지 세척을 임의로 조정할 수 있고 더구나 세척시간과 세척유량을 최소화하며 여층의 안전을 확보할 수 있는 것으로 한다.

1.에 대하여 ; 여과유량계에는 차압식, 전자식, 초음파식 및 위어식 등이 있다.

중력식여과지에 대한 유량계설치는 일반적으로 배관이 폭주하며 필요한 검출부의 전후 직관부를 충분히 확보되지 않는 경우가 많으므로 유량계의 구조, 원리 및 특징을 고려하여 기종을 선정한다.

또 여과손실수두를 검출하는 방법으로는 여과지의 수위와 여과지유출후의 수위와의 차를 측정하는 방법이나 여과층 전후의 압력차를 측정하는 방법, 그리고 여과지수위를 측정하는 방법이 있다. 일반적으로 차압식인 경우에는 차압발신기에 접속하기 위한 도관을 설치하는 방법이 적절하지 않으면, 기포의 혼입이나 세척의 영향을 받기 쉬우므로 주의가 필요하다. 자연평형형 여과지에서의 여과유량은 필요에 따라 총유입량 또는 총유출량 중 어느 것을 계측해도 좋다. 또 손실수두는 여과지내의 수위를 측정함으로써 검출할 수 있으며, 따라서 단순한 계측설비로 실현할 수 있다. 수질계기에 대해서는 여과지의 운전을 위하여 고감도탁도계, 잔류염소계 및 pH계 등을 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ;

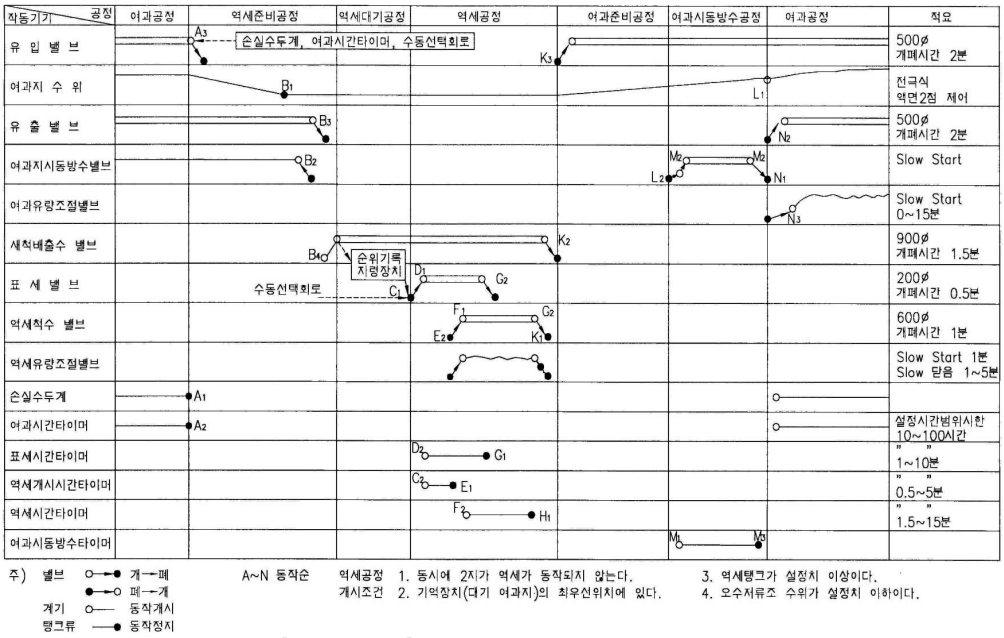
1) 중력식 여과지의 여과유량제어는 여과유량계의 신호를 기초로 하여 조절밸브를 피드백제어하는 것이 일반적이고, 조절밸브로서는 버터플라이밸브나 콘밸브 등이 사용되고 있다.
2) 자연평형형 여과지는 여과유량제어에 기기를 사용하지 않고 위어와 수두를 이용하는 것으로, 제어는 개개의 여과지의 유량을 제어하는 것이 아니고 여과지 유입량에 의하여 결정되며, 특별한 유량조절기기를 필요로 하지 않는다.

3.에 대하여 ; 급속여과지의 세척방식에는 역류세척과 표면세척을 조합한 것과 공기세척과 역류세척을 조합한 방식이 있다. 세척조작을 자동화하는 경우에는 높은 작동빈도에 견디고 안정적이며 확실한 기기 및 회로를 사용한다. 이 때문에 경우에 따라서는 배관공동구의 염소가스, 습기, 동결에 대한 대책이나 환경조건을 개선하는 것도 필요한 경우가 있다.

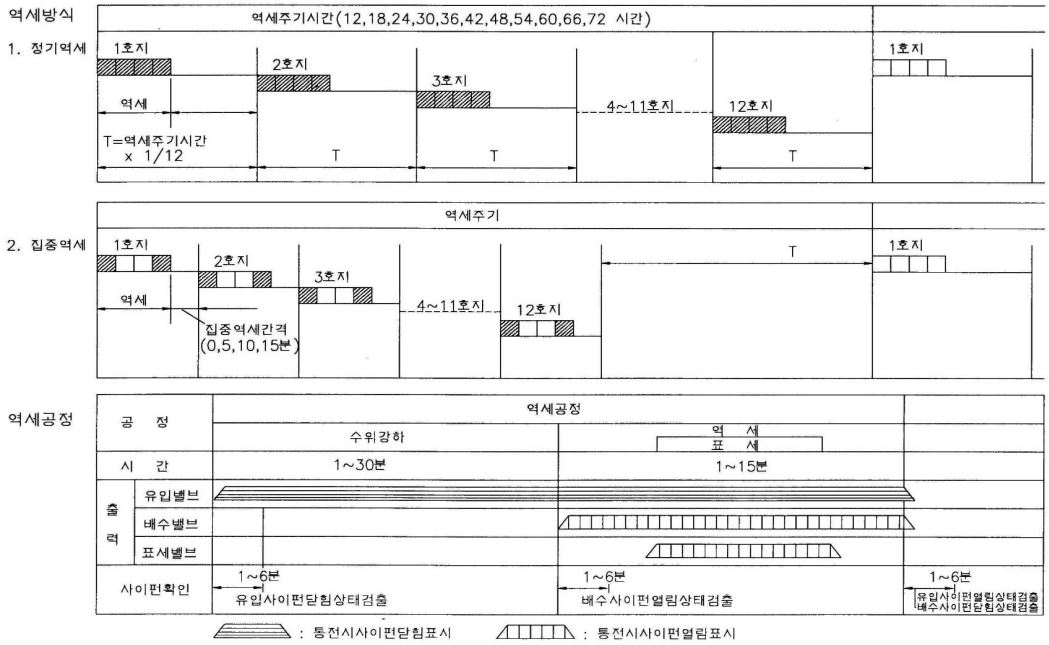
중력식 여과지는 세척조작에 필요한 표면세척펌프, 역류세척펌프, 고가탱크와 양수펌프, 세척배출수통(pit) 및 배출수펌프 등의 여러 가지 시설을 안전하고 또한 원활하게 운전하도록 연동장치(interlocking device)를 설치하여 세척 도중에 세척수가 단수되거나 세척배출수통을 월류하는 일이 없도록 한다.

자연평형형 여과지는 여과나 세척조작 등에 필요한 사이펀형성을 위한 진공펌프나 탱크 등 여과지에 관련되는 여러 가지 시설을 연계·운용할 수 있도록 고려해야 한다. 그 밖에 여과지의 형식에 관계없이 여과지별로 현장조작반을 설치하여 수동을 세척하는 경우의 현장과 중앙조정실 간의 통보연락 및 전환방식(자동세척공정 중에는 현장조작반을 회로에서 분리하는 것이 바람직하며 세척 중의 정전에 대한 대책이나 연동장치에 대해서도 유의해야 한다.

〔그림 8.13.4〕 및 〔그림 8.13.5〕에 여과지 세척조작의 공정도를 나타내었지만, 이들 세척공정을 중앙관리실에서 파악할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

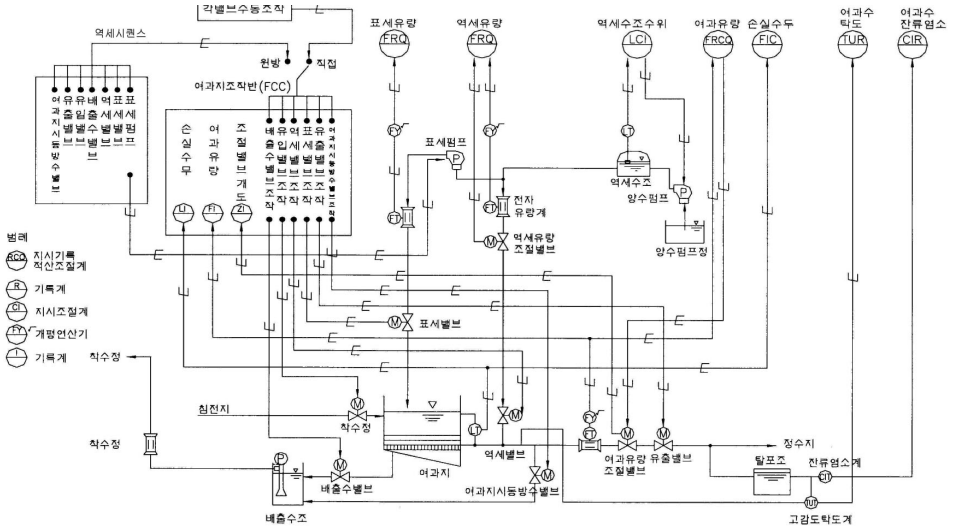


[그림 8.13.4] 중력식여과지 역세조작공정도 예

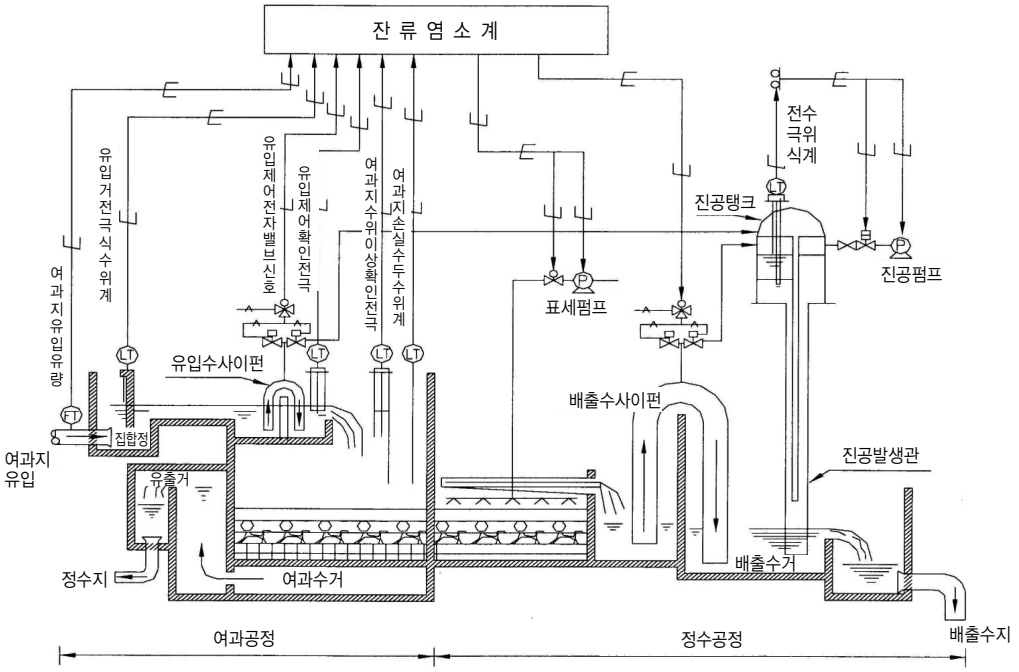


[그림 8.13.5] 자연평형여과지 역세조작공정도 예

4.에 대하여 ; 급속여과지의 세척조작에 필요한 설비는 8.13.7 여과지의 (3)에 준하지만, 특히 세척탱크에는 수위계를 설치하고 세척양수펌프의 기동·정지신호를 하는 외에 방식이 다른 기기에 의한 수위의 상·하한치를 중앙관리실 등에 지시 및 경보표시를 하고 여과지세척조작이 원활하고 또한 확실하게 이루어질 수 있도록 고려해야 한다. 〔그림 8.13.6〕, 〔그림 8.13.7〕은 여과지계측제어의 흐름도(flow chart)의 예이다.



[그림 8.13.6] 중력식여과지 제어흐름도 예



[그림 8.13.7] 자연평형형여과지 제어흐름도 예

8.13.8 정수지(배수지)

정수지의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 정수지에는 수위계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 계측제어기기는 내염소성 및 내습성 등의 환경조건을 고려한 것이어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수지의 수위는 총 여과유량과 송·배수량에 따라 변동하기 때문에 정수장내에서 효율적으로 수량을 관리하기 위하여 정수지 수위를 중앙조정실 외에 필요에 따라 송·배수펌프실 또는 여과지조작반 등에서 원격으로 지시할 수 있으면 조작상 편리하다.

수위계에는 플로트식, 전극식, 삽입식 및 초음파식 등이 있으며 일반적으로 플로트식이나 전극식 또는 삽입식의 사용 예가 많다. 수위계를 설치할 때에는 방파관(防波管)에 의하여 보호하고 필요에 따라 상·하한 경보를 설치한다. 정수지에는 수위계 이외에 pH계, 잔류염소계, 탁도계 등을 설치하고 pH조정이나 후염소주입률의 보정에 사용하는 것이 바람직하다.

또 수질계기의 설치에 대해서는 8.11.5 수질계측을 참조한다.

2.에 대하여 ; 정수지는 일반적으로 지하에 설비되는 경우가 많으므로 현지에 설치되는 계측제어기기는 높은 습도에 노출되고 또 염소가스의 발생에 의한 기기의 부식을 고려해야 한다. 따라서 정수지에 설치하는 계측제어기기는 내염소성·내습성의 재료 및 구조의 것을 사용하고 그리고 환기설비를 설치

하는 것이 바람직하다.

8.13.9 소독설비

소독설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 소독제의 주입 및 유지관리에 적합한 유량계, 압력계, 조절밸브 및 잔류염소계 등을 설치한다.
2. 계측제어기기는 환경조건에 알맞은 것이어야 하며 필요한 부분은 내식성을 갖는 것으로 한다.
3. 소독설비의 안전성을 확보하기 위하여 저장실과 주입기실 등에는 염소가스누출검지기를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 주입제어에는 수동제어, 정치제어(fixed valve type), 유량비례제어, 피드백제어, 피드포워드제어및 캐스케이드(cascade)제어 등이 있다.

1) 수동제어

수동제어는 주입량계를 보면서 인위적으로 조절밸브를 조작하는 방식으로 현장에서 직접 수동으로 제어하는 방식으로 중앙조정실 등에서 원격으로 수동조작에 의하는 경우가 있다.

2) 정치제어

정치제어는 목표치(소정의 염소주입량)를 일정하게 유지하는 제어이다. 즉 설정된 주입량과 같게 되도록 조절밸브(또는 정량 펌프)를 제어하며 유량계에서 계측된 측정치를 유량조절계에 피드백하여 설정치와의 편차에 따라 제어하는 방법이다. 이 제어방식은 처리수량과 염소요구량의 변화가 적고 거의 일정한 염소주입량으로 소정의 잔류염소를 유지할 수 있는 경우에 채택하는 방법이다.

3) 유량비례제어

유량비례제어는 미리 설정된 염소주입률로 주입량을 제어하는 방식이다. 수질 변화가 적고 염소요구량이 거의 일정하며 처리수량이 변화할 경우에 채택하는 방식이다.

4) 피드백제어

피드백제어는 처리수량이 변화하며 염소요구량도 변화하는 경우에 잔류염소를 목표치로 설정하고 제어하는 방식이다. 유량비례제어방식에 잔류염소계에서의 잔류염소신호를 피드백하여 염소주입량에 보정을 가하는 방식이다.

5) 피드포워드제어

피드포워드제어는 염소를 주입하기 전에 잔류염소계, 염소요구량계 등의 측정치로부터 주입량을 설정하고 편차가 생기기 전에 염소주입량을 조절하는 방식이다. 일반적으로 송·배수계 등에서의 추가염소주입에 많이 채택되고 있다. 유입수의 잔류염소를 미리 측정하고 배수할 곳에서 필요로 하는 잔류염소로부터 그 차에 상당하는 염소주입률과 유입수량과의 연산으로부터 염소주입량을 제어하여 주입한다.

6) 캐스케이드제어

캐스케이드제어는 잔류염소계와 조합하여 일정한 잔류염소량으로 되도록 비율설정신호로 보정하는

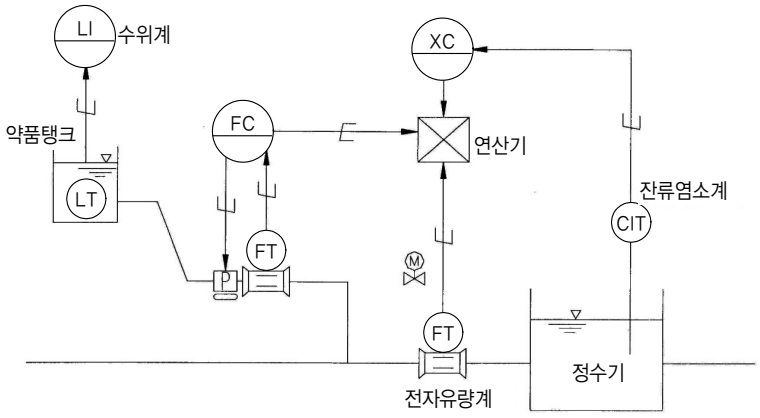
방법으로 비율제어계에 잔류염소계에 의한 보정신호를 가하는 방식이며 〔그림 8.13.8〕에 캐스케이드 제어의 예를 나타내었다.

염소주입에는 면적식유량계나 오리피스(orifice)식유량계가, 차아염소산나트륨주입에는 전자식유량계나 면적식유량계가 사용된다. 또 압력계는 격막식이 많이 사용되고 고·저의 압력경보를 발령할 수 있는 것이 바람직하다.

조절기구는 전유식(電油式 : electrohydraulic type)과 전동식이 사용된다. 잔류염소계는 폴라로그래픽법, 갈바니전극법 등이 있으며 폴라로그래픽법이 많이 사용된다.

2.에 대하여 ; 염소는 수분과 반응하여 강력한 부식성을 발휘하기 때문에 계측제어기기는 산성에 충분히 견딜 수 있는 재료 및 구조의 것을 사용해야 한다.

계측제어기기 중 염소주입에 직접관계가 없는 계측기, 감시반 및 조작반 등은 만일 염소가 누설된 경우를 고려하여 가능한 한 염소주입기실과는 별도의 건물에 설치해야 하며, 계측제어기기가 있는 건물은 신선한 공기를 도입하고 실내압을 외부 압력보다도 높게 하는 것이 바람직하다. 또 부득이 감시반이나 조작반 등을 염소주입기실 등에 설치하는 경우에는 반의 틈새를 고무 등으로 밀봉하고 반 내에 에어퍼지(air purge) 등을 시공하는 것이 바람직하다. 이 경우의 공기공급원에 관해서는 염소가스가 혼입될 우려가 없는 옥탑 등에서 도입해야 한다.



[그림 8.13.8] 소독설비 계측제어 예(비율설정제어)

차아염소산나트륨은 산과 반응하면 염소가스를 발생하기 때문에 약품을 입하할 때에는 다른 약품과 혼동하여 받아들이는 일이 없도록 연결쇠를 포함하여 전용설비로 한다.

또 차아염소산나트륨은 상온이라도 불안정한 성질이기 때문에 일광이나 자외선에 의하여 분해가 촉진되며 온도상승에 의하여 한층 더 분해의 가속도가 빠르고 유효염소농도가 떨어진다. 따라서 제어상의 관점에서도 농도계를 설치하거나 해당 약품을 저장하는 환경을 정비하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 염소설비에서의 염소저장실, 주입기실 및 기화기실 등 해당 시설에서 누설되는 가스가

체류될 우려가 있는 장소에는 「고압가스안전관리법」에 근거하여 해당 가스의 누설을 검지하고 경보하기 위한 설비를 설치해야 한다. 따라서 이들 장소에는 염소누설검지기, 경보장치 등을 설치하고 만일 염소가 누설된 경우에 중앙조정실에 경보를 표시하는 외에 염소제해설비와 연동시켜 원활하게 배기가스를 처리할 수 있도록 유의해야 하며, 염소누설검지기에 대해서는 8.11.6 기타 계측을 참조한다.

8.13.10 전·중간염소처리 설비

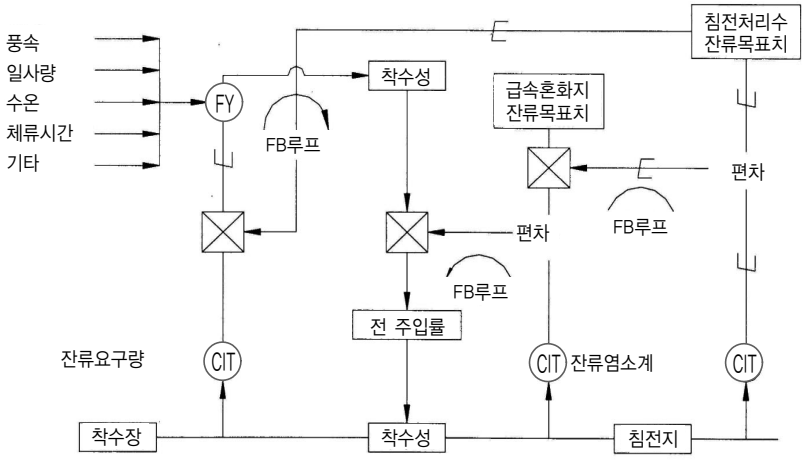
중간염소처리설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다. 1. 계측제어설비는 원수수질과 처리수량의 변화에 대응하여 계측하고 제어할 수 있는 것으로 한다. 2. 염소주입은 주입설비나 측정설비에 의한 시간차의 영향을 받으므로 충분히 검토한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 염소주입량은 원수수질 및 처리수량 등에 의하여 변화한다. 특히 수질변동(암모니아성 질소)이 심한 수계(하천 등)에 대해서는 제어범위가 넓게 된다. 그 때문에 1대의 주입기나 제어설비로는 모든 제어범위를 만족할 수 없는 경우가 있으므로 대·소 2계통, 또는 동일 레인지로 다수계통의 주입설비와 제어설비를 설치한다. 전·중간염소의 자동제어는 피드포워드제어, 피드백제어, 캐스케이드제어의 조합으로 이루어지며 중간염소주입은 원수수질에 따라 전염소와 병용하는 경우와 전염소 없이 주입하는 경우가 있다.

피드포워드제어를 하기 위하여서는 염소요구량을 기초로 수질상황(수온, 탁도), 침전지에서의 소비량에 영향을 주는 기상조건(기온, 일사량), 배출수반송조건(양, 수질), 활성탄주입률 등의 조건을 고려해야 한다.

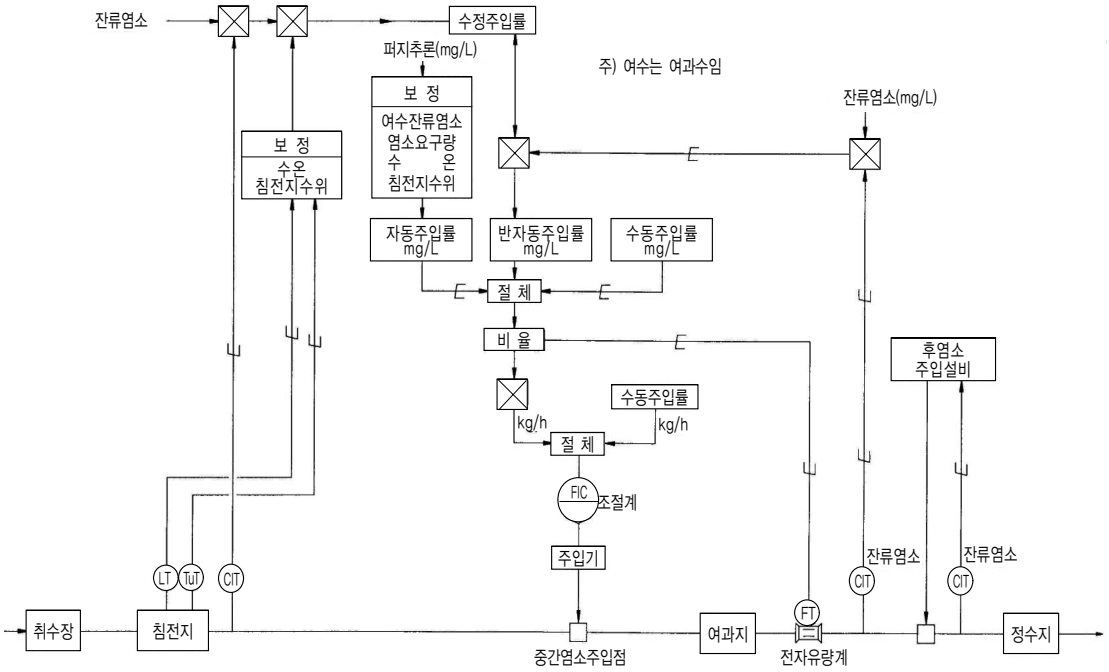
피드백제어는 목표잔류염소값에 대한 염소주입후의 잔류염소량을 기초로 염소주입량을 제어하는 방식이다. 〔그림 8.13.9〕에 피드포워드제어와 피드백제어를 조합한 예를 나타내었다.



[그림 8.13.9] 전염소주입 계측제어 흐름도 예(피드포워드제어와 피드백 제어)

캐스케이드제어는 잔류염소량과 염소주입량을 계측하여 처리수량과 연동하여 일정한 잔류염소의 농도로 되도록 주입률을 보정제어하는 방식이다. 이러한 경우의 계측제어흐름도는 소독설비의 계측제어흐름도(〔그림 8.13.8〕)에 준한다. 또 퍼지제어를 도입하는 방식도 있다. 〔그림 8.13.10〕에 중간염소주입 계측제어흐름도의 예를 나타내었다.

2.에 대하여 ; 염소를 주입할 때에는 주입관의 길이에 대한 주입시간지연이나 시료채취관의 길이에 의한 시료채취시간의 늦음에 의하여 계측데이터에 지연이 있으므로, 자동제어하는 경우에는 이 시간지연요소를 반드시 고려해야 할 필요가 있다. 또한 그 밖에도 정수처리설비의 염소혼화지나 침전지의 용량, 처리수량에 의한 시간적인 영향도 함께 검토해야 한다.



[그림 8.13.10] 중간염소주입 계측제어 흐름도의 예

8.13.11 알칼리제 · 산제 주입설비

알칼리제 · 산제 주입설비에 대한 계측제어설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 계측제어기기는 약제의 사용조건이나 주변의 환경조건에 알맞은 것이어야 하며 안전하게 취급할 수 있는 구조로 해야 한다.
2. 유량계, 압력계, 수위계 등의 계측기기는 약제의 용해나 주입에 알맞은 것을 설치해야 하며, 제어에 알맞은 조절밸브를 설치해야 한다.
3. 알칼리제주입설비의 계측제어는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위와 계측기를 구비한 것으로 한다.

【해설】

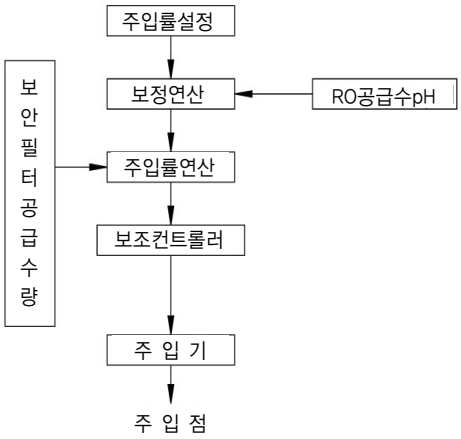
1.에 대하여 ; 취급되는 약품으로 수산화나트륨과 황산은 독극물이기 때문에 직접 약액에 접하는 수

위계, 압력계, 온도계, 유량계 등의 재질이나 구조는 그 약액에 충분히 견딜 수 있는 것이어야 한다. 또 점검이나 분해, 청소, 부품의 교환 등을 안전하고 간단히 할 수 있도록 설계한다.

2.에 대하여 ; 알칼리제의 주입제어에는 정수공정에서의 알칼리제어와 pH제어로 나누어진다. 전자는 원수유량, 후자는 여과후의 유량과 알칼리제를 비율제어하는 방식이다.

산제의 주입제어에는 응집효과의 향상을 위하여 응집약품주입에 앞서 원수의 pH를 제어하는 경우나 역삼투막에 의한 해수의 담수화공정에서 역삼투막 내의 스케일발생을 미연에 방지하기 위한 pH제어 등이 있다. 전자는 원수유량과 산제에 의한 비율제어를 하는 방식이며 후자는 보안필터의 공급수량, 역삼투막 공급수의 pH 등에 의하여 pH가 일정하도록 제어된다. 〔그림 8.13.11〕에 해수담수화인 경우에서 산제주입제어의 흐름도를 나타내었다.

3.에 대하여 ; 8.13.5 응집용 약품주입설비를 참조한다.



[그림 8.13.11] 해수담수화에서 산제주입제어의 흐름도

8.13.12 활성탄 흡착설비

활성탄 흡착설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.
1. 분말활성탄 흡착설비의 계측제어기기와 주입기기는 방진성, 방폭성, 내마모성, 내부식성 등을 고려한다.
2. 입상활성탄 흡착설비는 탄층(고정층식, 유동층식) 관리에 필요한 계측제어기기를 설치한다.

【해설】

활성탄에 대한 성상과 주입설비 등의 상세한 것은 5.16 분말활성탄 흡착설비를 참조한다.

1.에 대하여 ; 분말활성탄은 수분을 거의 포함하지 않는 탄(dry炭)이나 함수율 50 % 정도의 상태의 탄(wet炭)이 있으며, 주입할 때에는 이들 활성탄을 슬러리상(5~10 %)으로 원수에 주입하는 방법을 취하고 있다.

이들 활성탄 저장설비의 주변에 설치하는 레벨계, 슬러리농도계, 지시계, 계기반 및 전기기기는 방진성과 방폭성을 고려하여 설치해야만 한다.

또 주입설비의 유량계(전자식)와 조절밸브 등은 내마모성이 있는 것을 사용해야만 한다. 주입방식은 펌프식과 인젝터식이 있지만, 주입량을 제어하는 방식으로는 비율제어방식을 많이 채택하고 있다. 활성탄주입량에 대해서는 주입률의 범위가 크게 변화하기 때문에 주입설비를 소유량과 대유량으로 나눠 설치하고 주입량은 절체에 의하여 공통제어설비로 제어할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 입상활성탄처리설비는 탄층의 방식에 따라 고정층방식과 유동층방식이 있다. 고정층방식은 중력식여과설비의 계측제어설비에 준하며, 계측제어설비로는 유량제어설비, 손실수두계, 탄층레벨계 및 세척제어설비를 설치하는 것이 바람직하다.

또 압력식여과설비의 계측기로는 중력식여과설비의 계측제어설비에 추가하여 압력계를 장비해야 한다.

세척에서 공기세척을 병용하는 경우에는 공기량계측설비와 공기량제어설비를 설치하는 것이 바람직하다.

유동층방식은 흡착조내의 입상활성탄층을 수중에 팽창유동화시켜서 충분한 접촉시간을 갖도록 하는 방식이다. 보통 처리할 때에는 선속도 등을 관리하기 위하여 처리수의 통수속도(처리수)를 제어하는 설비를 설치하고, 입상활성탄의 팽창계면레벨을 관리하기 위하여 초음파레벨계 등을 설치하며, 이상팽창시에 대처하기 위한 경보설비를 설치할 필요가 있다. 입상탄층과 정류상부(整流床部)를 제어하기 위하여 세척할 필요가 있으므로 통상처리에 추가하여 세척에 필요한 통수속도를 확인할 수 있도록 하기 위하여 통수속도제어설비를 고려해야 한다.

또 입상활성탄을 채운 다음에 골고루 펴거나 활성탄을 인출할 때에 탄층을 슬러리화하기 위하여 유동화시킬 필요가 있으므로 통수속도제어설비는 이러한 조정의 목적으로도 사용할 수 있는 제어범위를 가져야 한다.

입상활성탄의 흡착파과점을 관리하기 위하여 누적통수시간계 및 누적통수량계를 설치해야 하며, 또 정류상부의 막힘현상을 관리하고 압력을 감시하기 위한 압력계를 설치하는 것이 바람직하다. 입상활성탄층의 팽창계면위치는 수온에 따라 크게 변화하기 때문에 감시제어용의 수온계를 설치하는 것이 바람직하다.

입상활성탄처리한 다음에 소실된 잔류염소를 보충하기 위하여 미량의 염소를 주입하는 경우에는 유출거 등의 출구에 잔류염소계를 설치하여 감시해야 한다. 잔류염소의 조정은 측정데이터에 의한 피드포워드방식으로 제어할 수 있다.

8.13.13 오존처리설비

오존처리설비의 계측제어설비는 다음 각 항에 따른다.

1. 계측기기는 오존의 성질이나 그 주변 환경에 알맞은 것이어야 하며 유지관리가 용이하고 안전하게 취급할 수 있는 구조로 한다.
2. 오존의 발생과 주입 등이 안전하고 효율적이며, 적절하게 제어할 수 있는 것으로 하며 자동안전(fail safety) 기능을 구비해야 한다.
3. 오존에 대한 계측제어설비는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위를 계측할 수 있는 설비로 한다.

【해설】

오존의 발생수단으로서는 여러 가지 방식이 있지만, 여기서는 상수도에 널리 사용되고 있는 무성방전식의 계측제어에 대하여 기술한다(계측제어를 제외한 오존처리설비는 5.14 오존처리설비를 참조).

1.에 대하여 ; 오존가스에 직접 접촉하는 농도계, 압력계, 온도계, 유량계 등의 재질과 구조는 충분한 내구성을 구비한 것이어야 한다. 제어장치나 전원설비는 염소설비와 같이 설치장소의 실내환경을 고려해야 하며 유지관리가 용이하고 안전을 목표로 하는 설계이어야 한다.

2.에 대하여 ; 오존처리설비는 (1) 오존발생 (2) 오존주입 (3) 오존의 회수·처분 (4) 배오존의 측정기능으로 이루어지며, 이 기능들의 각각이 안전하며 효율적으로 기능을 발휘해야 한다.

l) 오존발생

오존은 산소 또는 공기를 원료로 하여 발생시키는 것으로, 오존의 발생농도는 발생기(generator)의 공급전압과 전류 및 주파수와 냉각온도, 원료의 종류와 공급량 및 압력, 또한 원료의 상태 등에 따라 변화한다. 공기를 원료로 할 때에는 노점을 -50 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하고 또한 불순물을 제거해야 하여 그 온도는 30 ℃ 이하로 하는 것이 요구된다.

오존발생기를 제어하는 방법으로는 유도전압조정기와 고주파인버터 등에 의한 방법이 있다.

이들 설비에 사용되는 농도계, 노점계, 온도계, 풍량계, 압력계 등은 계측뿐만 아니라 제어나 경보 등이 가능한 기기를 설치하여 적정하게 운전 관리할 수 있도록 해야 한다. 또 오존가스의 누설에 대비하여 누설오존가스농도계를 구비하고 긴급시에는 설비를 다른 설비와 연계하여 정지할 수 있도록 해야 한다.

2) 오존주입

오존주입은 인젝터, 디퓨저, 기계교반 등에 의하지만, 채택하는 방식에 따라서는 오존의 흡수율이나 배오존의 농도에 영향을 준다.

제어에 필요한 계측항목은 처리수량, 오존주입량(오존화공기의 풍량 및 오존농도), 잔류오존농도 및 배오존농도이다. 제어방식으로서는 다음과 같은 방식이 있다.

(1) 주입률을 설정하고 처리수량에 비례하여 주입하는 방법

(2) 처리수의 잔류오존농도를 설정하고 이 잔류오존농도를 유지하도록 주입하는 방법

(3) 접촉조의 배출오존농도를 설정하고 이 배오존농도를 유지하도록 주입하는 방법

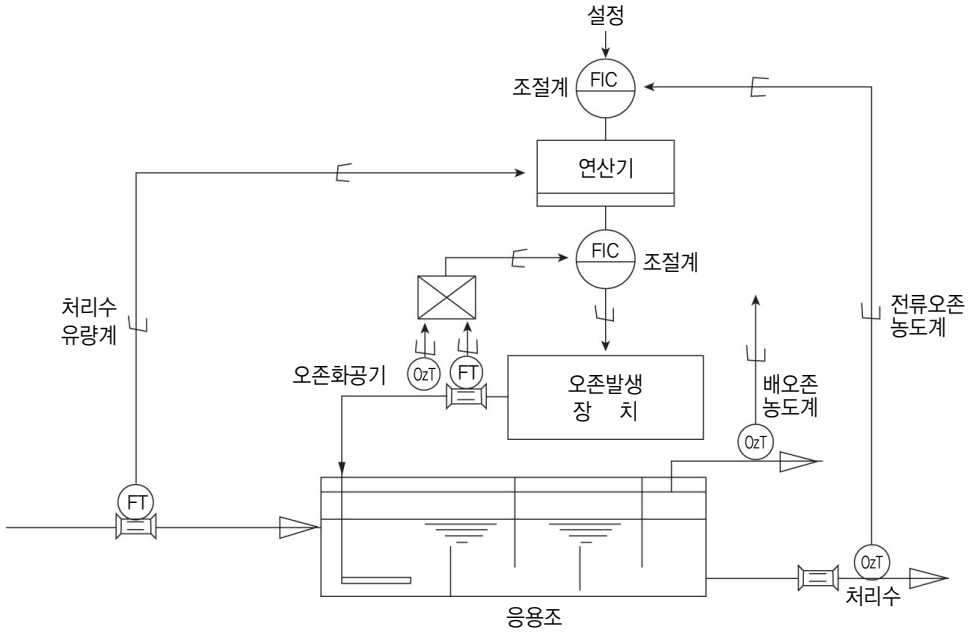
(4) 처리대상수의 수질을 지표로 하여 주입하는 방식

3) 오존의 안전대책

오존의 안전대책으로는 배관 등에서의 누설이나 처리수대상수의 돌연한 유입정지 등이 고려되어야 하고, 대량의 오존이 대기에 방출되는 일이 없도록 경보하는 것과 발생기의 운전을 조속히 정지시킬 수 있어야 하는 등의 안전대책을 강구해야 한다.

3.에 대하여 ; 오존처리설비는 부하변동에 따라 발생되는 오존주입량의 급격한 변경요구에 대하여 오존발생량의 조정이 용이하고 또한 응답성이 좋은 것으로 해야 한다.

오존주입량의 범위가 넓고 1대의 발생기로는 그 변동폭에 충분히 대응할 수 없는 경우에는 2대 이상의 발생기를 설치한다. 주입은 최소주입량으로부터 최대주입량에 이르기까지 적절하게 주입할 수 있도록 한다. 계측과 제어의 범위를 용량별로 2대 이상의 계통으로 나눠서 전체적으로 정밀도가 높고 조화된 설비로 해야 한다. 〔그림 8.13.12〕을 참조한다.



[그림 8.13.12] 오존처리설비에 대한 계측제어의 예

8.13.14 막여과설비

막여과설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 막여과의 특성이나 유지관리 등을 고려하여 자동운전이 가능하도록 한다.
2. 막여과설비에서 계측제어기기는 유량계, 압력계, 수위계, 그리고 필요에 따라 탁도계, 온도계 등의 수질계기 등을 설치한다.
3. 막의 파단이나 여과수의 탁도상승 등의 이상시에는 해당 여과설비를 조속히 자동정지하고, 이에 따른 경보 등 필요한 조치를 취하는 제어장치를 구비한 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 막여과설비는 원칙적으로 자동운전을 전제로 하기 때문에 관련되는 전처리설비, 소독설비 등도 자동운전할 수 있는 것으로 하고, 필요에 따라 원격감시장치를 설치한다.

2.에 대하여 ; 주된 감시항목은 다음과 같다.

⑴ 유량 : 막모듈의 유입수량, 막여과수량

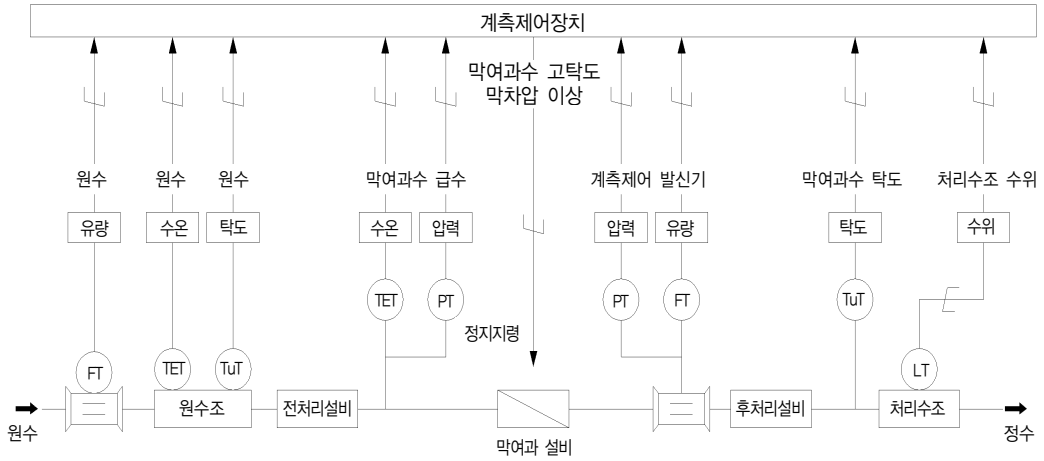
⑵ 압력 : 막여과설비의 1차측 압력, 막여과설비의 2차측 압력

⑶ 온도 : 막공급수(cross flow여과방식인 경우에는 순환수)의 온도

⑷ 탁도 : 원수 탁도, 막처리수 탁도

3.에 대하여 ; 막여과에 의한 정수방식으로 할 때에는 막의 파손에 대해서는 신속하게 대응하는 것이 필요하다. 이 때문에 여과수의 탁도나 막차압을 계측하여 이상을 감시하고 이상이 발생하였을 때에는 해당 여과설비를 조속히 정지하고 경보출력 등 필요한 조치를 취한다.

〔그림 8.13.13〕에 막여과설비에 대한 계측제어흐름도의 예를 나타내었다.



[그림 8.13.13] 막여과설비에 대한 계측제어의 흐름도 예

8.13.15 용존공기부상지(DAF) 설비

용존공기부상지(DAF) 설비의 계측제어는 다음 각 호에 의한다. 1. DAF설비의 특성이나 유지관리 등을 고려하여 자동운전을 가능하게 한다. 2. DAF설비를 운영하기 위하여서는 유량계, 압력계, 수위계와 탁도계, pH계 등의 수질계측기를 설치하여 운전하며, 설비 중에 공기저장조, 가압탱크, 순환수밸브 및 압력제어밸브 등 주요설비의 이상시에 경보발생과 함께 해당처리설비를 조속히 정지해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; DAF설비는 자동운전을 전제로 하고 있기 때문에 관련되는 가압탱크설비, 순환수공급시설, 순환수분배관 및 미세기포발생 노즐과 이에 필요한 유량계, 압력계 등의 계측기기를 현장 조건에 맞춰 설치해야 하며, 또한 패캐지화된 제품의 도입시에 상위의 시스템과 통신방법 등의 인터페이스 방법에 대하여 충분히 검토·확인해야 한다.

2.에 대하여 ; 주된 감시항목은 다음과 같다.

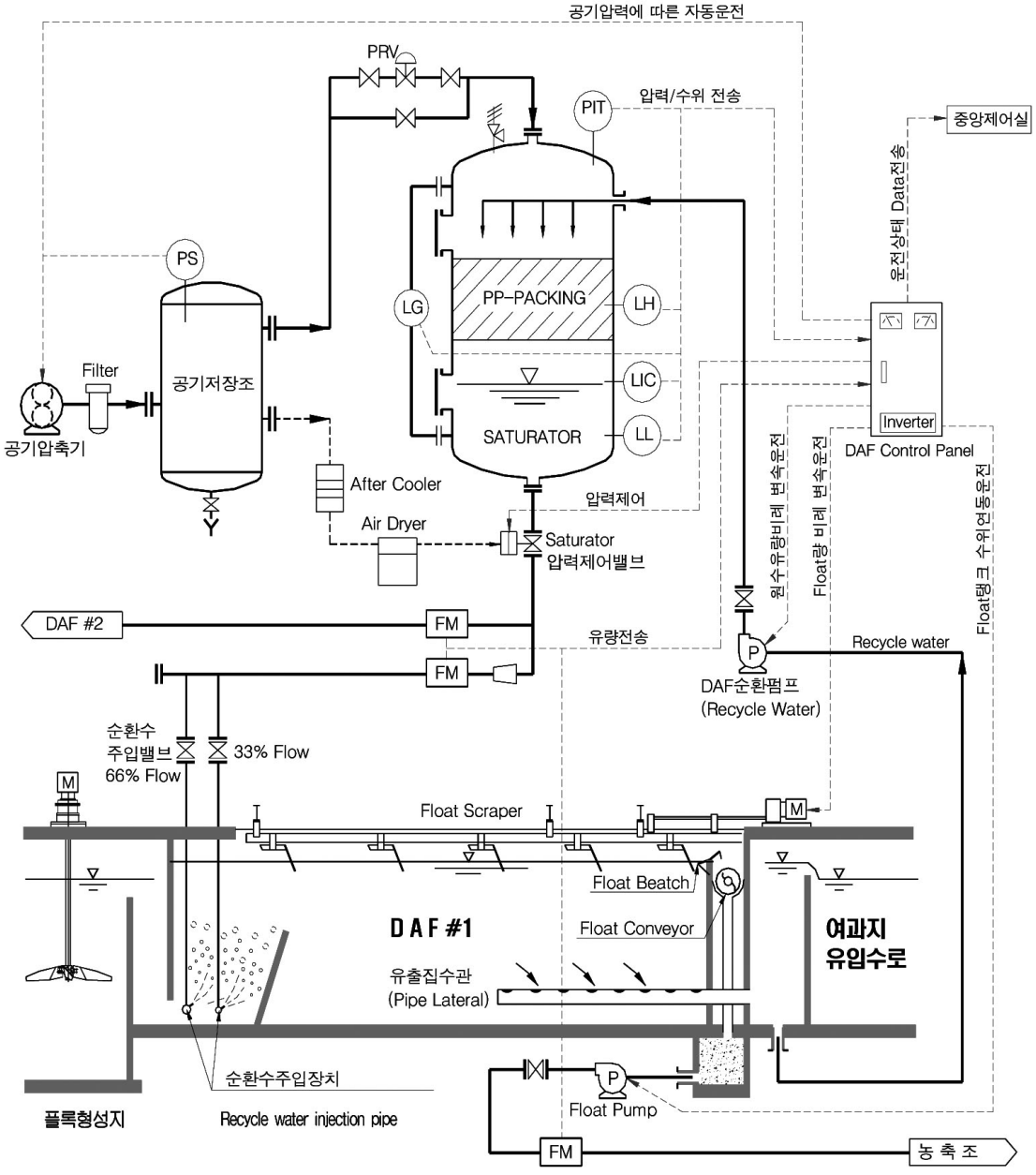
1) 유량 : 유입유량, 포화수의 유량

2) 압력 : 공기저장조, 가압탱크설비

3) 수위 : 가압탱크설비

4) 수질 : 유출수의 탁도, 유입 SCD값, 유입 및 유출 pH 등

〔그림 8.13.14〕는 용존공기부상지에 대한 계측제어 흐름도의 예를 나타내었다.



[그림 8.13.14] 용존공기부상조의 계측제어 흐름도 예

8.13.16 해수담수화설비(역삼투막설비)

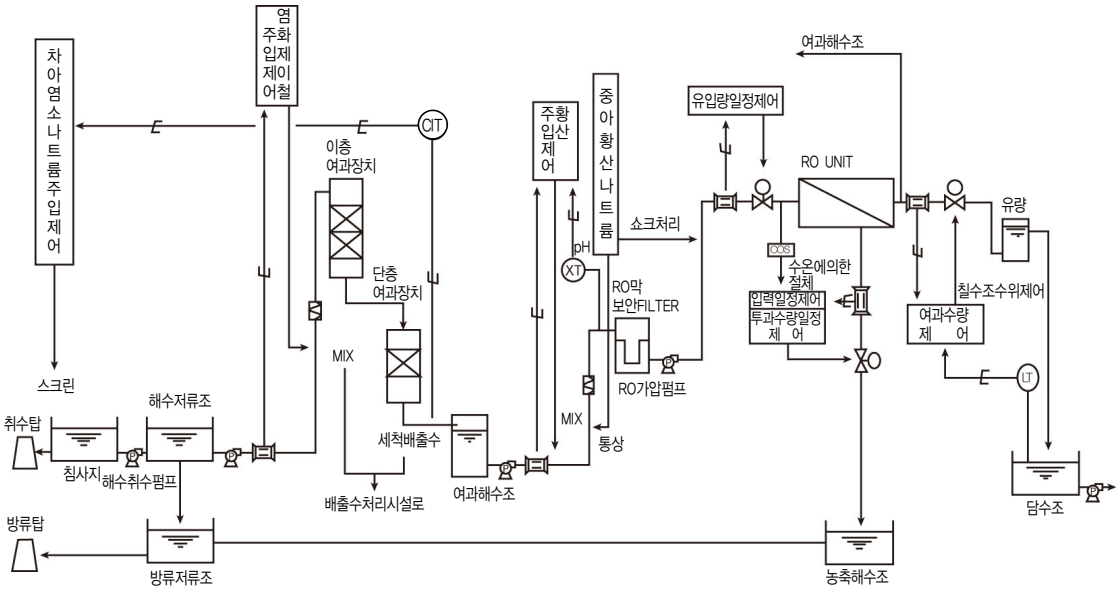
역삼투설비는 보안필터, 고압펌프, 막모듈, 드로백(색백)수조, 막세척설비 등으로 구성되며 계측제어는 막의 종류와 구성 등에 적합한 시스템으로 한다.

1. 역삼투설비의 운전제어는 자동운전을 원칙으로 하며 원수설비와 조정설비 등과 종합적으로 연동할 수 있도록 한다.
2. 역삼투설비의 계측제어기기는 수위계, 유량계, 압력계 등과 수질계기로서 pH계, 탁도계, 온도계, 잔류염소계, 산화환원전위계(ORP), 전기전도도계, 슬러지밀도지표계(SDI) 및 알칼리도계를 적절히 배치하고 주변의 환경조건에 알맞은 것으로 하며 안전하게 교체할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

해수담수화시설은 원수설비, 조정설비, 역삼투설비, 약품주입설비, 방류설비 등으로 구성되지만, 취수펌프, 조정설비, 약품주입설비, 방류설비는 취수설비와 정수설비의 운전제어에 준하므로 여기서는 역삼투설비의 운전제어와 수질계측에 대하여 설명한다.

〔그림 8.13.15〕에 해수담수화시설에 대한 계측제어흐름도의 예를 나타내었다.



[그림 8.13.15] 해수담수화시설에 대한 계측제어흐름도의 예

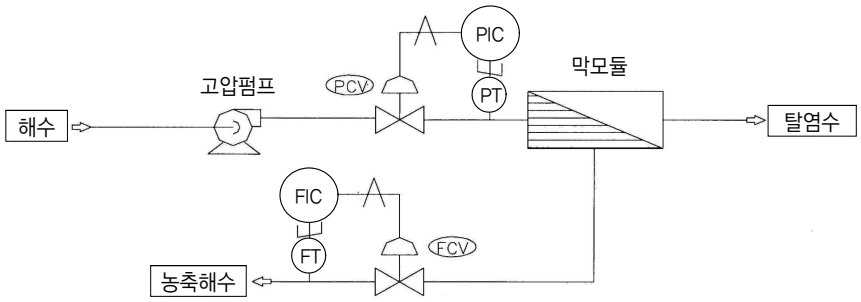
1.에 대하여 ; 역삼투설비의 운전제어는 역삼투설비(Reverse Osmosis Unit : R/O Unit)의 입구해수량을 일정량으로 하고 해수온도에 따라 회수율(투과수량) 또는 운전압력이 일정하게 되도록 제어한다.

1) 제어방식

(1) 공급수의 압력제어방식(공급수의 압력제어+농축수의 유량제어)

공급수제어밸브에 의하여 막모듈의 운전압력을 일정하게 조정제어하고 농축수제어밸브로 농축수의 유량을

일정하게 조정제어하는 방식이다. 실시의 예가 가장 많으며 그 특징은 다음과 같다(〔그림 8.13.16〕 참조).

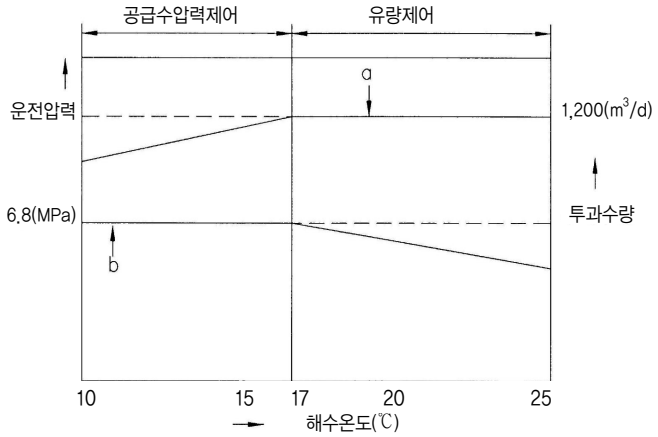


[그림 8.13.16] 공급수의 압력제어방식

① 운전압력이 항상 일정하게 유지되기 때문에 수질이 안정될 수 있다.

② 수온변동이 큰 경우에는 공급수량의 변동이 있으며 여과수량을 엄밀히 일정하게 유지하기 위해서는 제어설정점을 변경해야만 한다.

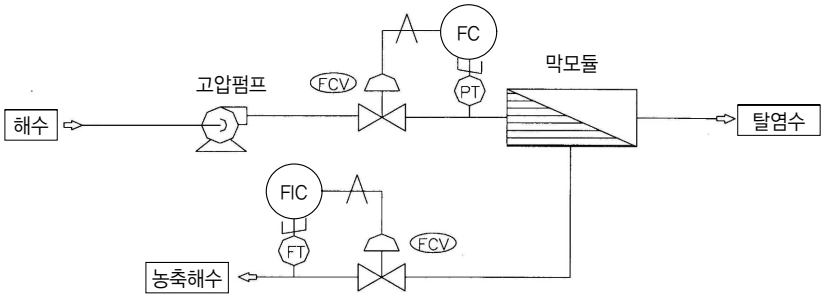
〔그림 8.13.17〕의 경우는 해수의 온도가 17 ℃ 이하인 경우에는 1,200m^3/d의 조수(造水) 능력을 유지할 수 없기 때문에 운전압력의 상한치(6.8MPa-70 kg/cm^2)인 b-line상에서 운전제어 되는 것으로 된다. 이 때에는 농축해수측의 유량제어밸브에 의하여 운전압력이 상한을 초과하는 경우가 없도록 제어되기 위하여 해수온도의 저하에 맞추어 투과수량도 감소시킨다.



[그림 8.13.17] 해수온도와 제어계통의 설명도

⑵ 유량제어방식(공급수의 유량제어+농축수의 유량제어)

공급수량과 농축수량의 양쪽 유량이 함께 일정하게 되도록 양쪽의 제어밸브를 조정제어하는 방식이다. 공급압력제어방식과 함께 실시된 예가 많으며 그 특징은 다음과 같다(〔그림 8.13.18〕 참조).



[그림 8.13.18] 유량제어방식

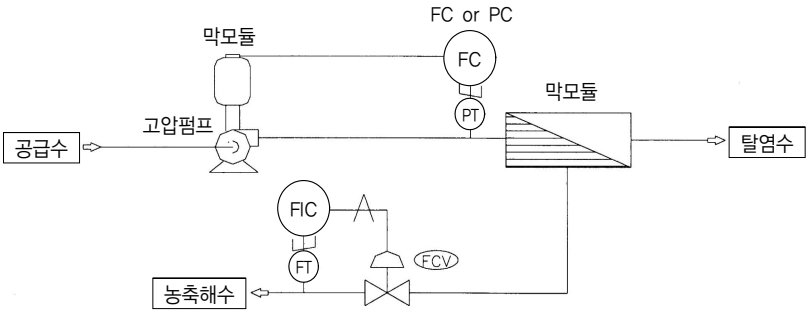
① 투과수량과 회수율이 항상 일정하게 되며 계획수량의 유지에 대해서는 설정점을 변경할 필요가 없고 가장 용이한 방식이다.

② 원해수의 수질변동에 의한 운전압력의 변동이 크기 때문에 처리수의 수질변동도 크고 수질유지가 상당히 문제로 된다.

〔그림 8.13.17〕의 경우로서는 a-line상에서 회수율이 일정하게 되도록 농축해수측의 유량제어밸브에 의하여 운전압력을 제어하면, 해수온도가 상승함에 따라 운전압력은 떨어진다.

⑶ 고압펌프회전속도제어방식

공급수제어밸브에 의하여 운전압력 또는 유량을 조정제어하는 대신에 고압펌프의 회전속도를 조정·제어한다. 그 특징은 다음과 같다(〔그림 8.13.19〕 참조).



[그림 8.13.19] 고압펌프 회전속도 제어방식

① 급수제어밸브가 필요하지 않으므로 밸브의 조임에 의한 에너지손실이 없다.

② 저속(저압운전)으로 제어할 수 있기 때문에 기동시에 막에의 충격(water hammer나 초음파장애)이 적다.

③ 역전펌프형의 동력회수터빈은 낮은 회전속도로 운전할 때에는 브레이크작용이 작동하기 때문에 고압 펌프와의 직결이 어렵다.

④ 전동기의 용량이 크기 때문에 회전속도제어시스템의 설비비용이 높다.

⑤ 막모듈과 운전조건에 적합하도록 하기 위한 펌프와 전동기를 선정하는 것이 중요하다.

2) 감시항목

해수담수화시설에서 운전성능을 파악하는데 필요한 항목에 대하여 감시한다. 압력과 유량관계에 대해서는 운전압력과 유량이 적정한 것인지와 고압펌프의 운전압력, 제어밸브개도 및 각처의 유량 등을 감시한다. 특히 공급해수의 압력과 농축해수의 압력과의 차압감시는 막소자의 오염상황과 막세척시기를 결정하는 중요한 항목이다. 더욱이 운전시간이 경과함에 따라 막소자가 열화됨으로 인하여 수질이 저하되기 때문에 막투과수의 전기전도도는 담수상황을 확인하는 수질감시의 주요 항목이고 소요 값에 이르지 않은 경우에는 자동적으로 계외로 배출 또는 조정수조로 반송시키는 등의 조치를 강구해야 한다. 〈표 8.13.1〉에 해수담수화시설의 감시항목(예)을 나타내었다.

2.에 대하여 ; 이 설비에 사용되는 수질계기는 자동세척기구가 갖춰지는 것이 바람직하고 다른 계측제어기기도 방침형(防侵形) 또는 방수형, 내산형 등의 대책을 강구한 제품을 채택하는 것이 바람직하다.

〈표 8.13.1〉 해수담수화시설의 감시항목(예)

감시 항목	감 시 지 점
압 력	막모듈의 입구측 압력, 막모듈의 차압 등
유 량	막모듈의 공급수량, 탈염수의 유량, 농축수의 유량, 각종 약품관계의 주입량 등
액 위	원수수조, 담수수조, 조정수조 등 각종 약품관계 저장조의 액위 등
수 질	해수의 전기전도도, pH, 온도, SDI, 알칼리도, R/O공급수의 pH, 온도, ORP, SDI, R/O처리수의 pH, 전기전도도, 알칼리도 및 탈염률

8.13.17 배출수처리 설비

배출수처리설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.
1. 배슬러지는 자동 배슬러지제어를 원칙으로 하며 슬러지를 균등하게 배출할 수 있도록 한다.
2. 조정·농축시설의 계측제어는 수위계, 유량계, 슬러지농도계 및 슬러지계면계 등 필요한 기기를 설치한다.
3. 탈수시설의 계측제어는 배출수 처리방법에 적합하고 가장 안전하며 확실한 계측제어기기와 제어방식으로 한다.
4. 설치환경이나 측정조건 등에 대하여 고려해야 한다.

【해설】

배출수처리설비는 정수장의 안정가동이나 경제적 운전과 밀접하게 관계되고 있다. 그러나 관리운용면에서 독립된 시설로서 취급되는 경우가 많으며, 배출수처리설비의 계측제어화에 대해서는 정수처리공정과의 관련이나 유지관리방법, 운영체제, 시설의 특성, 비용효과 등에 대하여 미리 관계되는 부서와 협의하여 조정하는 것이 중요하다.

1.에 대하여 ; 슬러지 배출방법은 배출수처리와 관련되는 시설의 규모를 결정할 때에 중요한 요소이다.

침전지의 슬러지 배출은 통상 간헐적으로 되지만, 배슬러지지에 유도하는 슬러지펌프 등 관련되는 시설들을 가능한 한 평균적으로 운전할 수 있도록 하기 위하여 슬러지 배출공정을 자동화하는 것이 바람직하다.

이러한 경우에 2개 이상의 침전지로부터 슬러지 배출공정이 중복되는 경우가 없도록 각 침전지를 순서에 따라 슬러지를 배출하여 배출수처리시설에의 부하를 가능한 한 균등화시켜야 한다. 또 원수의 고탁도시 등에 대응할 수 있도록 하기 위하여 슬러지의 배출회수나 슬러지의 배출간격을 변경할 수 있도록 해야 한다.

유지관리 면에서는 현장운전이나 수동운전을 할 수 있는 것이 바람직하고 또 슬러지 배출량이나 슬러지 배출밸브의 작동상황을 전체적으로 관리하고 파악할 수 있는 계측제어설비로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 조정공정에서 전원상실(단전) 등에 의하여 월류되는 경우가 없도록 수위계나 유량계, 정전검출기 등을 설치해야 하며, 슬러지 배출정지나 긴급비상밸브의 전폐, 슬러지 배출펌프의 운전정지 등의 조치를 취할 수 있어야 하고 또 정수장의 관련되는 시설과 연계하여 제어할 수 있는 것으로 해야 한다. 배출수지의 수위계는 이중화하는 등으로 하여 신뢰도를 향상시키는 것이 바람직하다.

농축조는 슬러지를 농축하여 슬러지량을 감량시키고 이후의 공정에 고농도의 슬러지를 공급하는 목적으로 있는 시설이다. 농축조에는 슬러지농도를 측정하는 슬러지농도계나 조내의 슬러지레벨을 측정하는 슬러지레벨계, 수위계, 그리고 조 내에서 뽑아내는 슬러지량이나 상징수량을 계량하는 유량계 등을 시설의 상황에 따라 설치해야 한다.

3.에 대하여 ; 탈수방식에는 진공탈수방식, 가압탈수(필터프레스)방식 등이 있고, 탈수기의 제어방식에는 처리방법에 따라 다르지만, 슬러지공급공정, 탈수공정 및 배출공정 등을 일련으로 하여 자동화한다.

탈수처리설비인 경우에는 기기가 부식되고 오염되기 쉬우며 또 제어방식에 따라서는 하나의 고장이 전시설의 운전정지로 이어지는 경우가 있다. 따라서 계획할 때에는 제어면과 공정관리 면에서 보아 가능한 한 간략화하고 계측제어기기의 수를 필요한 최소한으로 하며 신뢰성을 높이기 위하여 가능한 한 병렬시스템으로 하는 것이 바람직하다.

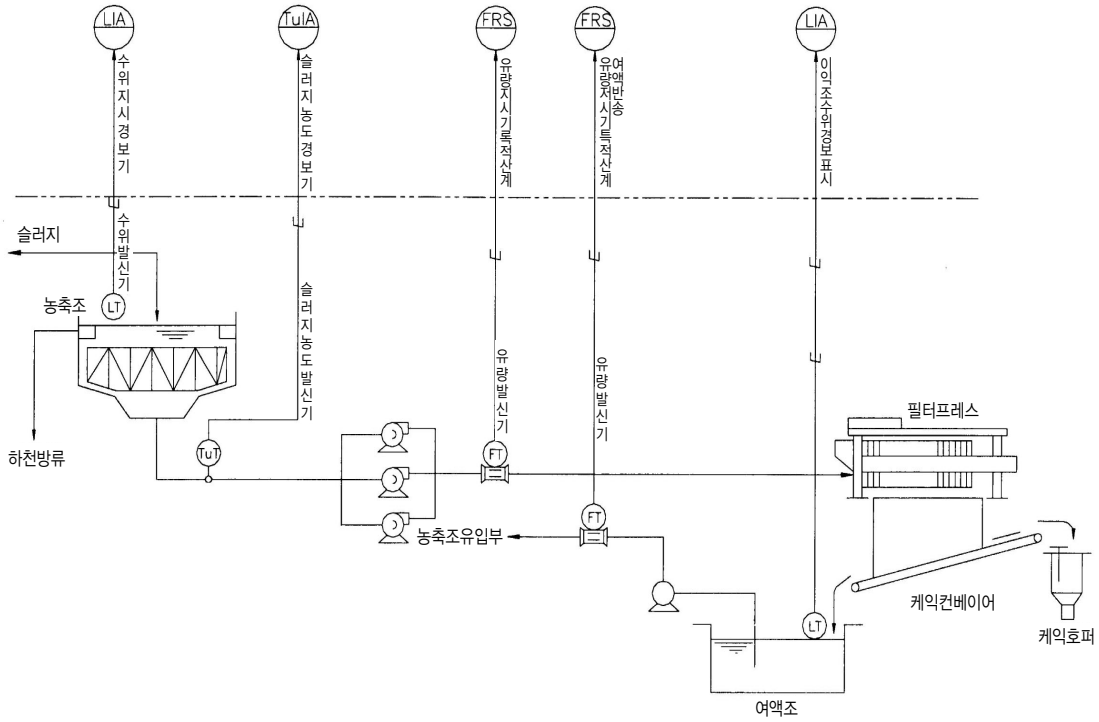
슬러지 탈수에 관련되는 설비로서는 탈수여액의 처리설비가 있으며 하수도나 하천에 배수(排水)하는 경우에는 약품주입방식에 의한 중화처리 등의 시설을 필요로 한다. 또한 정수장내에서 폐회로시스템으로 처리하는 경우에는 배슬러지지나 농축조로 보내야 하며 정수처리계통으로는 보내지 않도록 해야 한다.

발생케익의 처분에 대해서는 관리운영상 계량을 필요로 하는 경우가 있으며 탈수케익의 계량이나 약품관리를 겸하여 트럭스케일(truck scale)을 설치하는 경우도 있다. 무약주방식의 배출수처리설비에 대한 계측제어의 예를 〔그림 8.13.20〕에 나타내었다.

4.에 대하여 ; 일반적으로 배출수처리시설은 기기에 대한 환경조건이나 측정대상물의 조건이 양호하다고 보기는 어려우므로 다음 사항에 대하여 유의해야 한다.

유량계, 농도계, 수위계 등의 검출부는 측정대상물에 대한 제어를 위하여 최적의 위치를, 또한 처리시설의 운전관리상에서 유지관리가 용이한 장소를 선정하도록 주의해야 한다. 수위계, pH계, 농도계 등의 검출부는 직·간접으로 슬러지나 약물과 접촉하므로 내식성이 있는 것으로 한다.

계측제어기기도 특히 환경조건과 측정대상물에 대하여 내식성과 내마모성을 구비하고 있어야 하고, 온도, 습도 및 오염 등에도 견딜 수 있는 기기를 선정하는 것이 바람직하다. 그러나 그와 같은 기기를 선정할 수 없는 경우에는 공조설비 등을 설치하는 등의 환경대책을 강구하여 그것에 대신하는 것도 가능하다. 또한 이러한 환경대책을 강구하여 대응하는 쪽이 비용이 절감되는 경우도 있다.



[그림 8.13.20] 무약주방식 배출수처리설비에 대한 계측제어의 예

8.13.18 송수시설

송수시설의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.

1. 송수시설의 감시와 제어에 적합한 유량계를 설치하고 필요에 따라 압력계를 설치한다.
2. 송수량의 제어는 정수지 및 배수지 등의 저류량을 활용하여 송수시설을 안전하고 확실하며 경제적으로 운용할 수 있도록 해야 한다.
3. 송수시설에서 대한 계측제어기기의 보호장치는 8.13.2 저수 및 취수시설에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 송·배수시설에서 펌프가압방식인 경우에는 압력계가 필요한 것이 많으며 설치할 때에는 주위의 환경조건 및 공기혼입 등의 설치조건과 보수점검조건에 대해서도 검토해야 한다.

송수시설의 유량계에는 전자식, 초음파식 및 차압식이, 또한 압력계에는 부르동관식과 벨로즈식이 많이 사용되고 있다. 그리고 수위계에는 플로트식, 정전용량식, 전극식과 투입식이 주로 사용되고 있다.

2.에 대하여 ; 송수유량은 송수시설만으로는 효율적으로 제어할 수 없고 배수량 및 배수지의 저류용량과 관련지어 제어해야 한다.

송수유량의 시간적 변화는 별로 크지 않기 때문에 제어범위가 좁은 제어설비를 설치하는 예가 많다. 펌프를 운전할 때에는 펌프가 가능한 한 전력원단위(kWh/m^3)가 낮은 최고효율점에서 운전하고 기동·정지빈도를 적게 하는 것이 바람직하다.

배수지수위를 목표치로 하여 펌프대수제어를 하는 경우에는 검출부 및 전송로 등의 고장으로 인한 영향을 피하기 위하여 제어시스템의 신뢰성을 검토해야 한다.

또한 펌프가 긴급 정지된 경우에 관내의 부압방지대책과 수격작용방지대책을 강구해야 한다. 제어방법에 대해서는 8.3.2 자동운전용 기기 및 8.13.20 펌프설비를 참조한다.

8.13.19 배수(配水)시설

배수시설의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.

1. 배수시설에 대한 감시와 제어 및 수량관리에 적합한 유량계, 수위계 및 압력계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 배수량의 제어는 배수시설을 안전하고 효율적으로 운용하며 배수구역내에 적정한 수량과 압력을 확보할 수 있도록 해야 한다.
3. 배수시설에 대한 운전관리에 적합한 계측 및 제어신호를 정수장의 중앙조정실이나 송·배수시설의 현장조정실 등에 전송하는 것이 바람직하다.
4. 배수시설에서 계측제어설비의 보호장치는 8.13.2 저수 및 취수시설의 (2)에 준한다.

【해설】

배수시설의 계측제어는 배수량의 시간적 변화가 크고 또한 배수지, 배수탑 및 고가탱크의 설치장소가 원격지나 높은 곳에 있는 등의 특수성을 고려해야 한다.

1.에 대하여 ; 매일의 배수량 및 그 시간변화를 파악하기 위하여 배수지, 배수탑 및 고가탱크 출구의 적당한 지점에 유량계를 설치하고, 배수지 등이 이상수위로 되거나 이상유량으로 되는 경우에 경보를 표시할 수 있는 것이 바람직하다.

유량계에는 전자식, 초음파식 및 차압식이 많이 사용된다. 배수량의 계측은 유수율 등 수도사업경영에서 기본적인 데이터이고 가능한 한 높은 정밀도로 계측해야 한다. 그 때문에 유량계를 설치할 때에는 관내의 정류조건을 갖춤과 동시에 기종에 의한 설치조건 및 배수량의 주야간변동과 계절적인 변동 등에 의한 계측범위를 조사하고, 필요한 경우에는 2-레인지로 하는 등의 대책을 강구해야 한다.

그 밖에 유량계의 선정조건에 대해서는 8.11.2 유량계측을 참조한다.

배수지, 배수탑 및 고가탱크에는 펌프나 조절밸브 등을 제어하기 위하여 수위를 계측해야 하며 상·하한의 경보를 표시해야 한다. 여기서 정수지의 하한은 $C \cdot T$값을 확보할 수 있는 수위로 한다. 특히 상·하한접점에서 펌프의 기동·정지를 하는 경우에는 배수의 안전을 도모하기 위하여 계측신호와 경보신호를 분리시키는 것이 바람직하다.

일반적으로 배수지 등의 수위계에는 플로트식, 투입식 및 압력식을 사용하고, 지시와 기록을 하지 않은 경우에는 전극식이 많이 사용되고 있다.

배수구역내의 압력상황을 파악하고 압력을 균등화시키기 위하여 배수구역내의 배수관로 중에서 대표지점에 유량계와 압력계를 설치하고 각각의 계측 데이터를 텔레미터로 전송하거나 또는 자동기록 장치를 설치하여 기록해 두는 것이 바람직하다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 압력계는 부르동관식과 벨로즈식이 있다.

배수지 등에는 급수의 최종단계에서 수질을 확인하기 위하여 탁도계, 잔류염소계 및 pH계 등을 설치하는 것이 바람직하다. 수질계기의 설치 및 채수방식은 8.11.5 수질계측을 참조한다.

2.에 대하여 ; 배수유량제어의 목적은 배수구역내에 수량을 적정하게 배분하고 압력을 균등하게 하는 것으로, 특히 압력관리는 야간 등에 있어서의 필요이상 높은 압력으로 인한 배수관의 파열이나 누수를 방지하고 또한 저압력으로 인한 출수불량지역을 해소하는 것을 목적으로 한다.

한편, 수요량에 맞추어서 원활하게 배수하기 위하여 배수구역에 있어서 수요량의 시간적 변동을 정확하게 파악하고 배수지에 필요수량을 송수하는 등 송수유량제어와 관련하여 섬세하고 치밀하게 배수지를 운용할 필요가 있다.

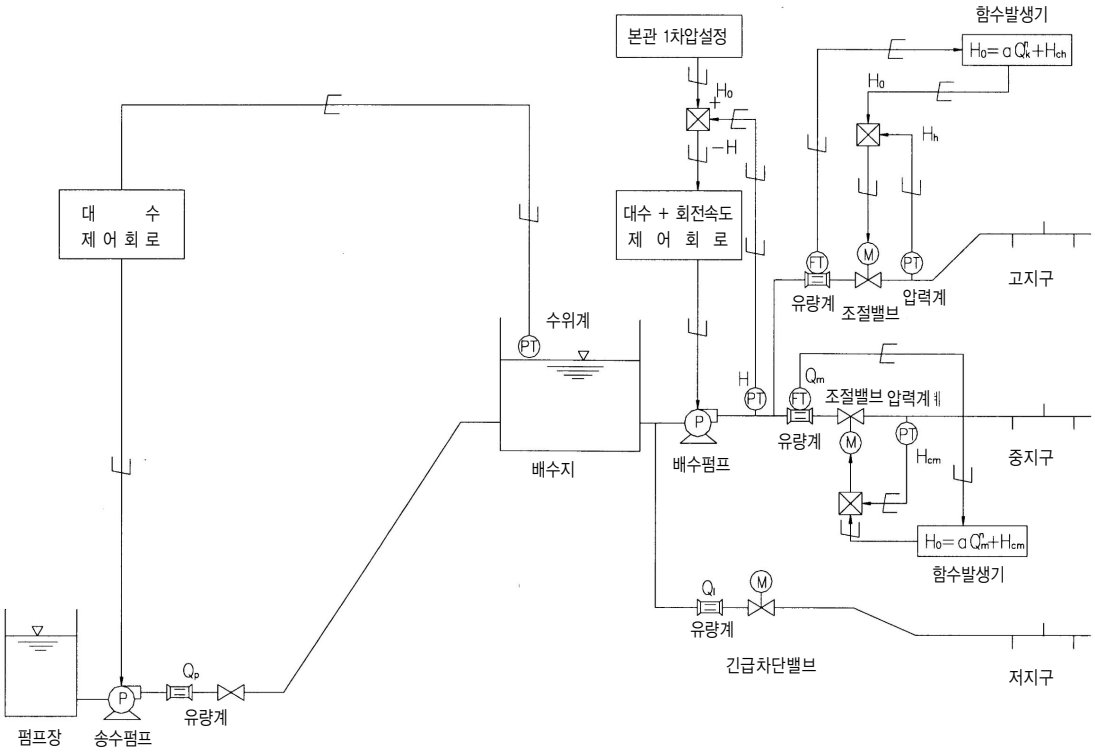
〔그림 8.13.21〕은 송·배수시설 제어의 예이다. 저지구의 배수는 자연유하식으로 특별히 제어하지 않고 배수하며 배수관의 파열 등 이상시에 사고파급을 방지하기 위하여 긴급차단밸브를 설치하고 있다.

고지구 및 중지구에의 배수는 펌프가압방식으로 동일한 계통에 대해서는 동일양정의 펌프가 사용되고 제어목표는 펌프토출압력 일정제어 또는 말단압력 일정제어가 행해지며 제어방식은 펌프대수제어 또는 회전속도제어가 일반적이다.

또 배수지의 월류를 방지하기 위한 유입밸브조작 및 관내부압대책 등의 안전대책을 계측제어기기에 의하여 제어하는 것도 고려해야 한다.

3.에 대하여 ; 배수시설은 원격지에 있는 경우가 많으며 배수지, 배수탑 및 고가탱크를 포함한 배수시설은 무인화설비로 운전되는 추세이다(8.14.2 시설의 무인화 참조). 배수지나 배수탑 등의 상호연계를 강화하고 또한 시설을 안전하게 관리하고 경제적으로 운용하기 위하여 계측신호를 정수장의 중앙조정실 또는 송·배수시설의 현장조정실 등에 전송하는 것이 바람직하다.

전송방식은 전송거리, 전송항목 및 전송설비의 설치비 등을 고려하여 결정한다. 비교적 근거리인 경우에는 직접전송방식이, 그 밖의 경우에는 통신회선 또는 무선회선을 이용하는 전송방식이 사용된다. 전송로의 설치에 대해서는 8.12.4 전송설비를 참조한다.



[그림 8.13.21] 송배수시설에 대한 계측제어의 예

8.13.20 펌프설비

펌프설비의 계측제어는 다음 각 항에 따른다.

1. 펌프설비의 운전 및 감시와 제어에 적합한 수위계, 압력계 및 유량계를 설치하고, 필요에 따라 회전속도계 및 역회전감지설비를 설치한다.
2. 펌프의 운전방식은 펌프의 용도, 설비규모 및 기동빈도 등에 의하여 결정한다.
3. 펌프의 제어방식은 펌프의 제어목적에 따라 운전의 안전성, 확실성 및 경제성에 적합한 것이라야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 펌프설비에 관계되는 계측기로는 펌프흡수정의 수위계, 펌프토출압력계, 본관압력계, 회전속도계, 역회전감지설비 및 유량계 등이 있다. 펌프흡수정에는 수위계를 설치하고 수위의 상·하한경보를 할 수 있도록 한다. 펌프의 운전상태를 감시하고 규정양정을 확인하기 위하여 흡입압력계 및 토출압력계를 설치하며 필요에 따라 중앙조정실 등에 경보를 표시한다. 특히 여러 대의 펌프설비에 의한 집합관(본관)으로 유량제어하는 경우에는 제어밸브상류의 본관 1차압력계와 제어밸브 하류의 본관 2차압력계를 설치하는 것이 바람직하다. 유량계측에 대해서는 8.11.2 유량계측을 참조한다.

2.에 대하여 ; 펌프운전방식에는 단독운전, 연동운전 및 자동운전이 있다.

1) 단독운전

펌프 및 그 보조기기의 운전을 각각 조작스위치에 의하여 단독으로 운전하고 보조기기 및 펌프의 기동과 정지, 밸브를 개폐하는 방식.

2) 연동운전

펌프의 기동·정지만을 운전자가 조작하는 방식으로 기동 또는 정지의 조작 후에는 보조기계, 펌프, 밸브 등 일련의 작동이 자동적으로 이루어지는 방식.

3) 자동운전

배수지 등의 수위, 송·배수관의 압력, 송·배수량 등 제어대상으로부터의 신호에 의하여 자동적으로 운전되는 방식으로 운전자는 개입하지 않는다. 이 경우 「원격-직접」의 절체스위치는 현장측에 설치해야 한다.

운전방식을 검토할 때에는 펌프의 용도, 기동빈도, 보수인원 및 설비비 등을 고려해야 한다. 펌프의 운전방식은 중앙조정실에서의 감시 및 제어에 의한 1인 제어가 많이 채택되고 있다. 또 운전이 용이하고 신속하며 또한 확실하고 오조작의 우려가 없으며 작업시간과 작업노력을 절약할 수 있는 것 등으로부터 1인제어에 자동제어를 가미한 방식이 널리 사용되고 있다.

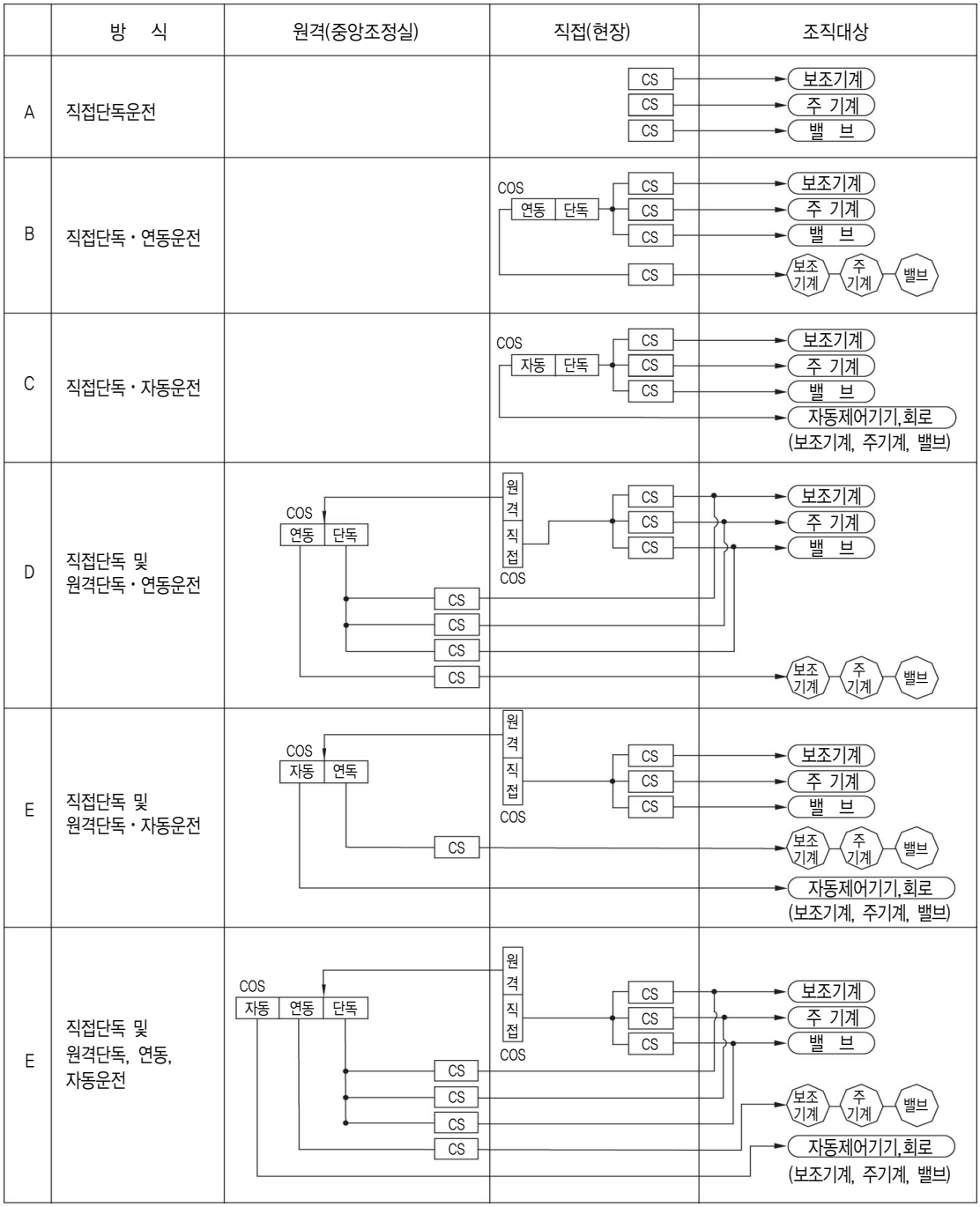
〔그림 8.13.22〕에 펌프의 운전방식을 보이지만, 양수펌프, 세척펌프 및 배수펌프 등은 이 그림의 C 방식이, 또한 대용량의 취수, 송수 및 배수펌프 등은 그림의 D, E, F 방식이 많이 사용된다.

3.에 대하여 ; 펌프제어의 목적은 수요량의 변동에 따라 필요한 압력과 수량을 확보하는 것이며 제어목표별로는 압력제어, 수위제어 및 유량제어 등이 있으나, 어느 것이나 유량을 제어하는 것으로 귀착된다.

〈표 8.13.2〉 펌프의 목표별로 분류한 제어의 일례를 나타낸 것이다.

펌프제어방식에는 대수제어, 밸브개도제어 및 회전속도제어가 있으며 이들 중에 어느 한 가지 방식을 사용하거나 또는 이들을 병용함으로써 펌프제어가 이루어진다. 제어방식을 결정할 때에는 펌프의 크기, 관로특성 및 펌프성능을 고려하고 제어의 안정성, 확실성, 운전효율이 높고 보수의 용이도 등을 충분히 고려하여 선정한다.

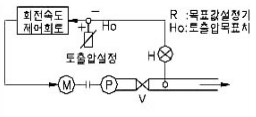
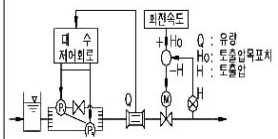
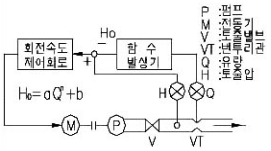
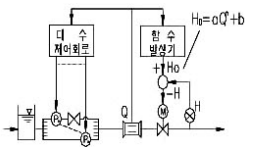
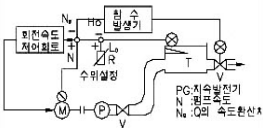
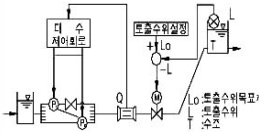
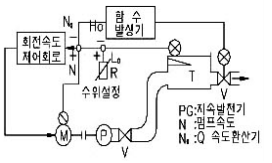
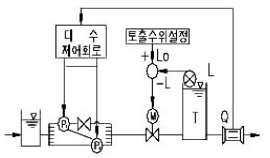
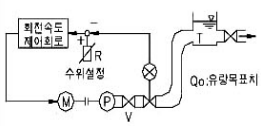
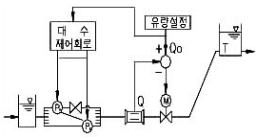
펌프제어방식에 대한 적용목표와 각각의 특징을 〈표 8.13.3〉에 나타내었지만, 배수지 등이 있는 계통에는 펌프대수제어가, 유량의 변동범위가 작은 계통에는 밸브개도제어가, 또한 유량의 변동범위가 큰 경우에는 회전속도제어가 사용되는 예가 많다.



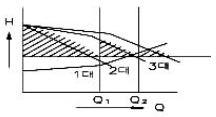
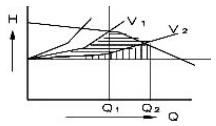
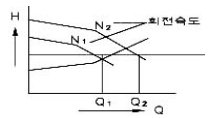
보조기계 : 진공펌프, 윤활유펌프 등, 주기계 : 전동기, CS : 조작스위치, COS : 절체스위치

[그림 8.13.22] 펌프조작방식 예

〈표 8.13.2〉 제어목표별 펌프제어방식의 예

		적 용 예	제 어 내 용	제 어 예	
				회전속도제어	대수제어+밸브개도제어
압력제어	토출압일정제어	• 저수조까지의 관로손실이 비교적 작은 경우 • 저수조에서의 압력변동이 문제로 되지 않는 경우 • 수요수량이 작고, 변동도 적은 경우	$H_0-H=0$ H_0 = 설정치 H = 측정치 H_0와 H를 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		
	말단압일정제어	• 관로손실이 큰 경우 • 수요수량의 변동이 큰 경우	$H_0 = aQ^n+b$ a = 계수 Q = 수량 b = 말단희망압 유량에 의한 관로손실을 연산하고 목표말단압과 펌프토출압으로 제어대상을 조절한다.		
수위제어	수위일정제어	• 저수량이 큰 배수지가 있는 경우	$L_0-L=0$ L_0 = 설정치 L = 측정치 L_0과 L을 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		
	토출수조수위일정+배수유량캐스케이딩제어	• 배수지 등의 용량이 크고, 수위의 변동폭을 작게 하고 싶은 경우	배수지 등의 수위와 배수량 또는 수위변동률에 의하여 제어대상을 조절한다.		
유량제어	토출유량일정제어	• 수요수량의 변동이 작은 경우 • 수요수량에 대하여 큰 용량의 배수지가 있는 경우	$Q_0-Q=0$ Q_0 = 설정치 Q = 측정치 Q_0와 Q를 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		

〈표 8.13.3〉 펌프제어방식의 비교

제어방식	그 림	설 명	적 용 계	장 점	단 점
대수제어		• 유량에 따라 대수를 제어 $Q<Q_1$ · · · · · 1대 $Q_1<Q<Q_2$ · · · 2대 $Q>Q_2$ · · · · · 3대	• 토출압력의 변동비율이 크게 허용되는 계 • 실양정에 비하여 관로손실이 적고 배수지가 있는 관로계	• 제어가 비교적 간단하다. • 대수분할에 의하여 위험을 분산할 수 있다.	• 압력의 변화폭이 크다(사선부분이 압력변동). • 단계적인 특성변경에 한정.
밸브개도제어		• 압력과 유량을 검출하여 밸브개도에 의하여 제어 • 사선부분은 밸브에서 손실을 나탄낸다.	• 실양정에 비교하여 관로손실이 적은 계 • 일반적으로 소형·중형 토출량의 펌프제어방법이다.	• 제어가 간단하다. • 설비비가 작다.	• 효율이 나쁘다. • 운전비용 고가이다. • 소음이 생긴다. • 밸브하류측의 압력이 낮은 경우에는 캐비테이션이 우려된다.
회전속도제어		• 유량이 $Q_1 \rightarrow Q_2$의 변화에 대하여 회전속도를 $N_1 \rightarrow N_2$로 하면 압력일정제어로 된다.	• 실양정에 비하여 관로손실이 큰 계에 적용한다. • 유량변동이 큰 연속운전인 경우.	• 미세제어를 용이하게 할 수 있다. • 효율이 좋고 운전비용이 저렴(다만, 반환전력이 있는 경우).	• 설비비가 비싸다. • 유지관리에 고도의 기술을 요한다.

8.14 무인운전설비

8.14.1 총칙

상수도시설은 급수구역의 확대에 따라 시설이 광역으로 분산되는 경향이며 한편으로는 수자원의 적정배분 및 안정급수와 공평급수를 위하여 계통적인 시설운용과 관리를 효율화할 필요가 있고 이를 위해 원격 감시제어장치(TM/TC 장치 : Telemetering/Telecontrol 장치) 등을 사용하여 시설을 집중관리하거나 또는 무인시설을 설치하는 경우가 증가하고 있다. 또 여기서 기술하는 무인설비란 정수장 등 운전원이 상주하는 구내 이외의 취수·도송배수시설, 펌프장, 밸브제어 등 현지 무인시설의 기계·전기설비를 말한다. 무인설비는 노동조건의 개선, 운전인력의 최소화, 동일한 작업효과로 작업시간과 작업노력의 경감 등의 효과가 있는 반면, 운전원이 직접 감시하고 운전하는 경우와는 달리, 기기 또는 시스템의 신뢰성, 각종의 안전대책, 시설의 관리체제 등을 특별하게 고려해야 한다.

무인설비로서 특별히 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 신뢰성 향상대책

무인설비에는 가능한 한 신뢰성이 높은 기기를 사용하며 최대한 고장이 일어나지 않도록 해야 하며 시스템전체로서의 신뢰성을 향상시켜야 한다.

2) 관리체제

무인설비는 원격지에 설치되는 것이 많으므로 상시 순회점검과 함께 사고시나 고장시의 긴급대응 등 관리체제를 검토해야 한다. 이 관리체제는 사업체의 규모나 설비의 규모와 특성에 적합하게 조직해야 한다.

3) 기타

무인시설의 설치에는 「전기사업법」에 의한 「전기설비에관한기술기준」, 「소방관련법」등 관련법규의 적용을 받는 사항이 있으므로 이들에 저촉되지 않도록 설계해야 한다.

8.14.2 시설의 무인화

시설을 무인화하는 경우에는 다음 각 항에 따른다.

1. 무인시설에는 그 시설을 관리하고 있는 장소에서 원격감시할 수 있도록 계측제어설비를 설치하는 것을 표준으로 한다.
2. 무인시설은 사고시에도 급배수에 주는 영향이 최소화되도록 유의한다.
3. 무인시설에는 적절한 침입방지대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 무인시설에는 대상으로 되는 시설의 운전관리에 필요한 계측기기와 경보장치를 설치하는 것을 표준으로 하며 필요에 따라 원격 감시제어장치(TM/TC장치)와 안전장치를 설치한다. 원격 감시제어장치(TM/TC장치)에 대한 상세내용은 8.12.4 전송설비를 참조한다. 무인설비의 감시제어방식

으로서는 이상시 통보방식, 원격감시방식 및 원격감시제어방식이 있다.

이상시 통보방식은 이상발생을 부저 등에 의하여 경보하는 간단한 방식이며 원격감시방식은 운전상황이나 유량, 수위, 수압 등의 계측치 및 이상상태를 감시장소에 전송하는 방식이다. 원격감시제어방식은 감시장소에서 무인시설을 감시하고 제어하는 방식이고, 통상시는 현장자동제어하고 이상발생시에 원격에서 제어할 수 있는 방식이 일반적이다.

이들 방식 중 무인시설의 중요도나 필요성에 따라 가장 적절한 것을 선택한다. 이러한 경우에 사용하는 감시장치 또는 원격감시제어장치의 규모는 감시나 제어 및 계측항목의 수에 의하여 결정된다. 따라서 이들 항목을 검토정리하고, 필요이상으로 상위규모의 장치를 채택하는 일이 없도록 해야 한다.
특히 감시항목은 밸브제어시의 캐비테이션에 의한 진동·소음에 속하는 항목은 원격에서는 감시할 수 없는 등 원격감시할 수 있는 내용에도 한계가 있다는 것에 유의해야 하며, 대상기기의 제어특성을 검토하여 운전시에 문제가 발생하지 않도록 해야 한다.

2.에 대하여 ; 무인화의 대상설비는 사고시에도 수돗물공급에 미치는 영향을 최소한으로 하기 위하여 설비자체의 신뢰도가 높은 기기를 사용하는 것은 물론, 중요한 부분의 장치 또는 기기를 이중화하여 제어시스템의 신뢰성 향상과 함께 관련시설을 포함한 전체 시스템으로 백업대책을 강구해 두는 것이 바람직하다.

즉, 펌프장 등 동력설비를 가지고 있는 곳에는 2회선 수전방식이나 비상용자가발전설비를 설치하고, 원격감시제어장치나 계측제어설비에 대해서는 무정전전원장치를 설치하는 등 정전에 대한 전원대책을 강구해야 한다. 2회선 수전방식을 채택하는 경우에는 계통이 다른 변전소에서 수전하는 것이 바람직하고 정전시에는 자동제어 또는 원격제어에 의하여 예비선으로 절체될 수 있도록 해야 한다.

펌프설비를 무인화할 경우에는 특정펌프가 고장난 경우에 예비기를 자동적으로 기동하는 제어회로, 또는 예비기를 포함한 자동순환 운전제어회로 등의 대책을 강구하는 방법도 있다.

이 밖에 시설의 규모나 중요도에 따라 제어전원 등 중요회로를 이중화하는 것도 고려한다.

펌프자동운전회로의 이상시에 원격감시제어장치에서의 수동조작이 가능하도록 하는 방법도 고장에 의한 정지시간을 단축하는데 유효하다. 이 밖에 원격감시제어장치의 고장 또는 전송회선의 이상시에 펌프의 운전상태가 현상을 유지할 수 있도록 하는 대책도 필요하다.

또한 단시간의 정전에 대한 대책으로서 배수관로에 설치된 가압펌프장에서는 가압 전인 1차측의 압력을 이용하여 체크밸브가 설치된 우회관로(by-pass)로 배수하는 방법 등 무인시설과 관련이 있는 관로 또는 배수지 등에 의하여 백업할 수 있는 여러 대책을 고려해야 한다.

3.에 대하여 ; 고압수전구역이나 펌프장에는 위험을 방지하기 위한 방호울타리나 출입금지 및 연락처를 명시한 간판 등을 설치할 필요가 있다. 또 이들 시설에는 건물 출입문의 개폐를 확인할 수 있는 표시장치를 설치하여 원격감시하거나 필요에 따라 CCTV를 설치하는 방법도 고려한다. 이 밖에 간이큐비클이나 제어반만 있는 경우라도 외부인이 쉽게 접근하지 못하도록 침입을 방지하기 위한 울타리에 감지장치를 설치하고 견고한 자물쇠를 채우는 것이 바람직하다.

8.15 컴퓨터시스템

8.15.1 총칙

컴퓨터시스템 구성에는 산업용계산기 외에 컨트롤러계, 감시제어계 및 정보처리계 등이 활용되며 상수도시설의 컴퓨터시스템에 의한 계측제어에 있어서도 이들이 목적에 따라 단독으로 또는 조합되어 사용된다. 여기서, 컨트롤러계는 소형의 시퀀스 등을 가리키며, 프로그래머블로직컨트롤러(PLC : Programmable Logic Controller)를 의미하고, 감시제어계는 제어용 네트워크 및 감시제어서버, 각종휴먼인터페이스(감시제어 EWS, CRT 모니터 등) 및 산업용계산기 등을 의미하며, 정보처리계는 감시제어계와의 구분은 곤란하지만, OA계를 주체로 하는 정보처리분야의 제품으로 범용 네트워크프로토콜(TCP/IP 등) 기타 공개된 EWS, PC 등을 말한다.

컴퓨터시스템은 컴퓨터가 가지고 있는 정보처리능력을 이용하여 프로세스의 감시제어에 대한 합리화를 도모할 수 있으며 다음과 같은 특징이 있고 이를 상수도시설에 도입하면 다음과 같은 효과가 있다.

1) 컴퓨터 시스템의 특징

(1) 고도계산능력, 확실한 논리 판단능력 및 고속 시분할 다중처리 능력과 소프트웨어(software)에 의한 융통성

(2) 대용량 기억능력

(3) 다수 데이타(data)의 고속 수수능력 및 통신능력

2) 상수도시설에 도입시의 효과

상기의 특징을 갖고 있는 컴퓨터시스템을 상수도시설에 도입하면 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

(1) 생산성의 향상 : 설비의 자동화에 의한 생력화(省力化), 생산량 증대, 생산효율 향상, 생에너지 및 운전비, 제품원가 저감

(2) 제품품질의 향상 : 제어특성의 개선, 프로세스 운전의 안정화에 의한 제품품질의 향상과 균일화 달성

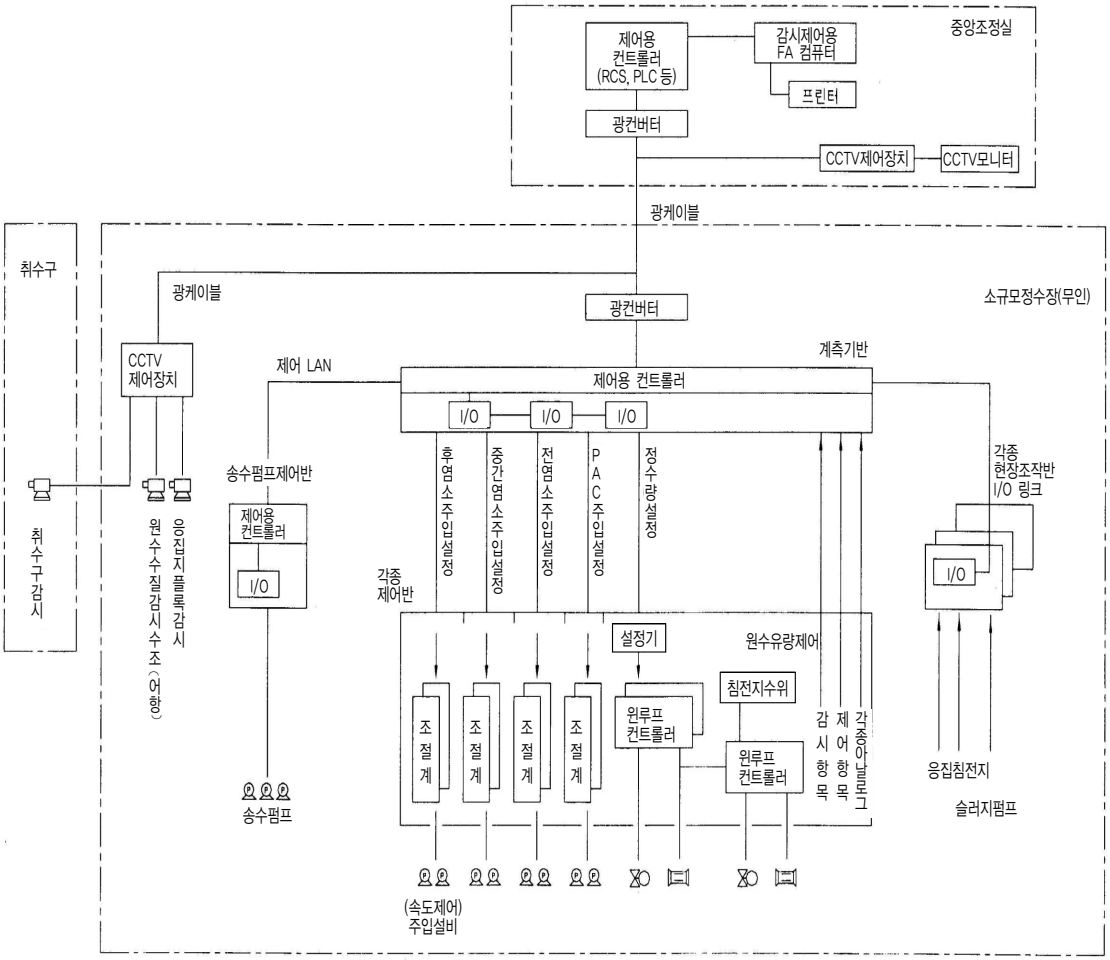
(3) 안전성의 향상 : 노동조건의 개선, 프로세스 운전감시등에 의해 조업의 안전성이 향상

(4) 관리면의 효과 : 조업일지 작성, 프로세스 해석, 데이터 수집 등에 의해 프로세스 운전 및 관리가 효과적

(5) 기타효과 : 프로세스 운전변경, 확장 및 장래에 추가될 고도제어방식 등을 간단하게 소프트웨어로 처리함으로 고융통성

〔그림 8.15.1〕은 소규모 정수장의 계측제어를 컨트롤러계의 장치로 시스템을 구성한 예이다.

또 〔그림 8.15.2〕은 중규모 정수장에서 계측제어의 예로 제어계측치와 간단한 정보 LAN을 조합한 것이다.

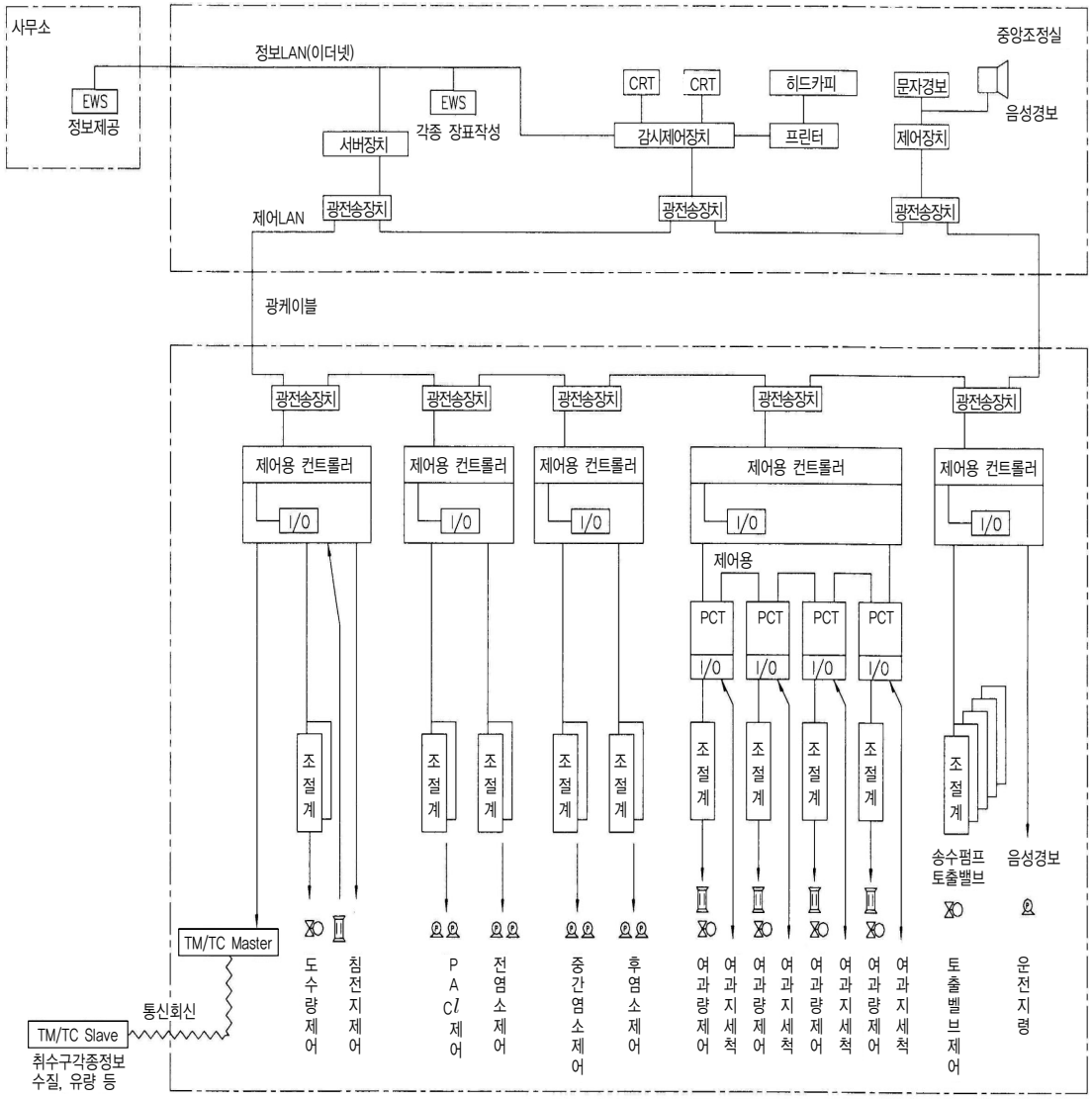


[그림 8.15.1] 소규모정수장에 대한 계측제어의 예

컴퓨터시스템은 시설을 운전관리하는 분야뿐만 아니라 보전관리하는 분야에도 이용되고 있다. 더욱이 보전관리부문을 운전관리와 통합시킨 시스템도 도입되고 있다.

컴퓨터시스템을 도입하는 경우에는 다음 사항에 대하여 유의해야 한다.

1) 컴퓨터시스템을 도입하는 경우에는 어떤 업무를 어떤 목적으로 또 어떤 효과를 기대할 것인가에 대하여 비용대효과를 포함하여 검토해야 한다. 또 실시 스케쥴 등을 명확하게 해두는 것이 중요하다.
2) 컴퓨터 시스템을 시설운전에 도입하는 경우에는 운전정보와 제어정보가 집중적으로 취급되므로 그 고장은 시설운전에 중대한 지장을 가져오기 때문에 부대설비를 포함하여 시스템의 안전대책을 검토해야 한다.
3) 컴퓨터시스템을 원활하게 교체할 수 있도록 계획단계에서 대책을 강구하는 것이 바람직하다.


사무소
EWS
정보제공
정보LAN(이더넷)
EWS
각종 장표작성
서버장치
제어LAN
광전송장치
중앙조정실
CRT
CRT
히드카피
문자경보
음성경보
감시제어장치
프린터
제어장치
광전송장치
광전송장치
광전송장치
광케이블
광전송장치
광전송장치
광전송장치
광전송장치
광전송장치
제어용 컨트롤러
제어용 컨트롤러
제어용 컨트롤러
제어용 컨트롤러
제어용 컨트롤러
I/O
I/O
I/O
I/O
I/O
제어용
PCT
PCT
PCT
PCT
I/O
I/O
I/O
I/O
조절계
조절계
조절계

통, 송배수를 대상으로 하는 경우이면 물 수송계통)로 정리하고 컴퓨터의 입출력관계를 명확히 한다. 이들의 정보 및 상정하고 있는 관리체제로부터 컴퓨터 시스템 및 부대되는 각종 설비를 계획한다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템의 안전성을 위협하는 요인으로는 자연재해 등 외부적인 요인과 시스템 구성요소의 장애 등 내부적인 요인이 있으며, 자연재해에 대해서는 내진성의 강화나 방화대책 등을 고려해야 한다. 이러한 외부적인 요인에 대한 대책과 함께 시스템자체의 내적요인에 기인하는 안전대책도 컴퓨터시스템을 기본계획하는 데에 있어서 중요하다.

시스템자체의 안전대책으로서는 컴퓨터 시스템을 계획하는 단계에서의 대책과 유지관리단계에서의 대책이 있다.

1) 컴퓨터시스템 계획단계에서의 대책

⑴ 고신뢰성의 설계

사용하는 기기의 신뢰성에 따라 전체의 신뢰성이 좌우되기 때문에 신뢰성이 높은 기기를 사용한다. 또 컴퓨터시스템이 복잡하면 할수록 시스템전체의 신뢰성이 낮아지므로 가능한 한 단순한 컴퓨터시스템으로 설계하는 것이 중요하다.

또 시스템에 대한 절체부의 신뢰성이 특히 중요하므로 신뢰성이 높게 설계해야 한다.

⑵ 보전을 고려한 설계

상수도시설계통의 구분과 컴퓨터시스템의 구분을 잘 맞추어서 수도시설의 기능을 정지시키지 않고 컴퓨터를 보전할 수 있도록 고려하여 설계한다.

⑶ 이중화방식

컴퓨터를 이중화하고 한쪽 계(system)가 고장나더라도 시스템전체에서 보면 운전에 지장을 주지 않은 방식이다. 컴퓨터 시스템의 이중화구성에는 일반적으로 듀얼(dual)방식과 듀플렉스(duplex)방식이 있다.

이중화에는 데이터의 상호확인에 대하여 유의한다.

⑷ 기능분산방식(load distribution system)

컴퓨터 한대에 처리가 집중되면 고장으로 인한 영향이 크기 때문에 기능을 분산하여 1대당의 처리범위를 작게 하여 컴퓨터의 고장으로 인한 영향범위를 작게 한정하는 방식이다. 기능분산방법에는 수평분산방식과 수직분산방식의 2가지 방법이 있다.

⑸ 자동안전(fail-safe)방식

이 방식은 만일 설비가 고장난 경우에 시스템이 안전측으로 작동하는 방식이다. 자동안전은 소프트웨어에도 하드웨어에도 적용되며 플랜트의 안전성을 확보하는 중요한 개념이다.

또 휴먼에러(human error)의 미연방지로서 fool-proof, 제어지령의 2거동화 등도 계획할 때부터 고려하는 것이 바람직하다.

2) 유지관리단계에서의 대책

유지관리에는 정기적으로 시스템을 점검하거나 부품을 교환하는 예방보전(preventive maintenance)과 장애발생시의 사후보전(corrective or post-maintenance)이 있다. 통상 컴퓨터시스템에서는 예방보

전을 중시하고 있으므로 계획단계에서의 대책이 크게 영향을 준다. 계획단계에서 보수점검이 용이하게 설계해야 한다. 또 장애부를 적절하게 분리할 수 있는 대책을 사전에 검토해야 한다.

3.에 대하여 ;

1) 증설·개량 등의 대책

상수도시설을 증설·개량하거나 관리형태, 제어내용 등을 변경함에 따라 컴퓨터 시스템의 소프트웨어·하드웨어를 변경하는 경우가 많다. 이러한 증설·개량 등을 용이하게 대처할 수 있도록 시스템구성을 계획하는 것이 필요하다.

2) 교체대책

소규모 또는 처리내용이 그리 복잡하지 않은 시스템은 기존 시스템을 가동중에 별도의 시스템을 새로이 설치하고, 이 새로운 시스템이 가동된 다음에 전부 새로운 시스템으로 이행하는 방식도 고려할 수 있다. 일반적으로 시스템 교체는 기존 시스템을 포함한 새로운 시스템을 구축하고 기존 시스템과 새로운 시스템을 병행으로 운전하도록 계획해야 한다. 이러한 장래의 교체에 따른 대책은 컴퓨터 담당 이외의 부문, 예컨대 토목·건축·전기·기계부문과 사전에 조정해야 한다.

8.15.3 컴퓨터시스템 설계

시스템설계는 다음 각 항에 따른다.
1. 시스템을 설계할 때에는 컴퓨터화하는 목적과 효과를 미리 명확하게 해야 하며 대상업무를 면밀히 분석해야 한다.
2. 체크시스템과 예외처리에 충분히 주의하여 상세설계를 해야 한다.
3. 컴퓨터 시스템을 가동하기 전에 충분한 체크와 시험·조정해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 컴퓨터시스템을 도입하는 경우, 단지 막연한 효과를 기대하였다면 충분한 성과를 올리지 못한다. 컴퓨터도입의 목적이나 효과를 가능한 한 구체화하여 두는 것이 필요하다.
또 사업체 전체에 관련되는 데이터를 집중관리하는 시스템에 대해서는 관련부문에 데이터를 제공할 수 있도록 계획하는 경우가 있다.

2.에 대하여 ; 인간이 정보를 처리하는 경우, 무의식중에 여러 가지 실수를 체크하지만, 기계화된 정보처리에서는 의식적으로 미리 처리과정에 체크시스템을 넣어두지 않으면, 오류가 발견되지 않은 채로 출력할 수 있게 될 우려가 있다. 그 때문에 가능한 한 체크시스템을 반드시 조합하여 넣도록 시스템설계를 해야 한다.

또 컴퓨터 시스템이 TM/TC장치와 접속되는 경우, TM/TC장치 또는 공업계기를 유사입력에 의하여 점검하는 경우가 있다. 이 때문에 미리 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터시스템의 소프트웨어 테스트는 프로그램단체(單體)로 하는 방법과 시스템전체(全

體)로 하는 방법이 있으며 일반적으로는 테스트데이터를 입력하여 테스트한다.

시스템전체로 테스트하는 경우의 테스트데이터는 시스템이 다수의 프로그램으로 이루어져 있기 때문에 프로그래머는 시스템전체를 파악할 수 없는 경우가 있으므로, 테스트데이터를 작성하는 과정에 시스템설계자의 관여가 필요하다.

컴퓨터시스템의 소프트웨어는 상당히 복잡하기 때문에 초기고장들이 발생할 것으로 예상된다. 따라서 새로운 시스템이 안정되기까지의 기간동안에 고장에 대비하여 체제를 강화할 필요가 있다.

8.15.4 컴퓨터시스템의 하드웨어 구축

컴퓨터 시스템의 하드웨어(H/W : hardware) 구축을 위한 하드웨어의 선정은 다음 각 항에 따른다.
1. 중앙처리장치 및 주변기기는 각 기기의 특성과 기능을 조사하여 업무처리에 알맞은 기종을 선정해야 한다.
2. 컴퓨터를 설치하는 경우에는 설치환경에 충분히 유의해야 한다.

【해설】

중앙처리장치 및 주변기기 등의 컴퓨터 사용기종을 선정할 때에는 목적으로 하는 업무를 처리할 수 있는 능력의 기종을 선정해야 한다. 또 경제성을 고려하여 오픈화에의 대응, 높은 신뢰성·보수성 및 당직근무자(operator)에 대하여 보다 좋은 휴먼·인터페이스도 고려해야 한다.

1.에 대하여 ;

1) 컴퓨터 시스템의 업무처리능력은 중앙처리속도와 메모리용량 등에 크게 관계되지만, 시스템적으로는 네트워크화, 분산화에 의한 부하분산·기능분산의 정도에도 관계된다. 이 때문에 제어용 네트워크 등을 포함하여 종합시스템으로 처리할 수 있는 능력을 고려해야 한다. 그리고 당해 컴퓨터 시스템에 이를 때까지 전처리, 예컨대, TM/TC장치가 있으면 그 단계에서의 처리에 요하는 시간도 포함하여 검토해야 하는 것도 있다.

2) 대규모인 시스템에 대해서는 계획단계에서 모든 처리에 대하여 필요한 응답(response)을 확보할 수 있는 가의 여부판단은 어렵고 또 컴퓨터처리는 당초의 계획이 궤도에 오르면, 당초에 계획하지 않고 있던 업무도 컴퓨터로 처리하는 경우가 많다. 이 때문에 당초 계획에 약간의 여유를 갖는 처리능력의 것을 선정해 놓거나 기능증강을 용이하게 할 수 있는 시스템으로 하는 것이 바람직하다.

3) 중앙처리장치를 이중화하여 신뢰성을 향상시키는 경우에는 데이터의 상호체크를 고려하는 것이 바람직하다. 적어도 각종 설정치는 자동적으로 쌍방에서 데이터를 동일화하는 것으로 한다.

4) 휴먼인터페이스(Human Interface, mmI : Man Machine Interface)에 대해서는 규모·내용에 의하지만, 기본적으로는 감시제어와 운용지원 시스템이 모두 중앙운영실근무자(operator)에게 사용하기 쉽고 작업효율의 향상과 휴먼에러의 미연방지대책 등이 이루어지는 것이 요구되고 있다. 이 때문에 소프트웨어와 동시에 응용인간공학적인 관점에서 각종 검토를 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터는 양호한 설치환경에 설치해야 하며 안전대책에도 충분히 유의해야 한다. 주된 설치상의 유의사항은 다음과 같다.

또 컨트롤러계의 컴퓨터에 대해서는 감시제어계에 비하여 어느 정도 가혹한 환경에 견디지만, 신뢰성의 관점에서 감시제어계의 제품에 준한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

1) 먼지나 부식성가스 등이 적은 장소일 것.
2) 진동, 전계(電界) 및 자계(磁界)의 영향이 적은 장소일 것.
3) 물을 사용하는 기기의 직하부를 피할 것. 또 컴퓨터실의 건축재료는 불연재료를 사용해야 하며 소화설비를 설치할 것.
4) 지진에 의하여 전도되거나 이동되지 않도록 고려하여 설치할 것. 특히 프리엑세스플로어(free access floor)인 경우에는 건물 본체에 직접 고정시킬 것.
5) 컴퓨터시스템 케이블이 다수 집중되기 때문에 케이블덕트를 분할하는 방법 등으로 케이블의 연소를 방지하는 조치를 강구해 놓을 것.
6) 컴퓨터시스템 전원은 양질의 전원을 공급하기 위해 UPS장치(UPS : Uninterruptible Power Supply System : 무정전 전원장치 = CVCF : Constant Voltage Constant Frequency)를 설치하는 것이 바람직하다.
7) 범용컴퓨터를 위한 전자계산기실은 입실관리를 엄격히 통제할 수 있는 구조가 바람직하다.
8) 컴퓨터실은 일정온도 및 습도를 유지하기 위하여 항온항습기를 설치하는 것이 바람직하다.

8.15.5 컴퓨터시스템의 소프트웨어 구축

컴퓨터시스템의 소프트웨어(S/W : software) 구축을 위한 소프트웨어의 산정은 다음 각 항에 따른다.

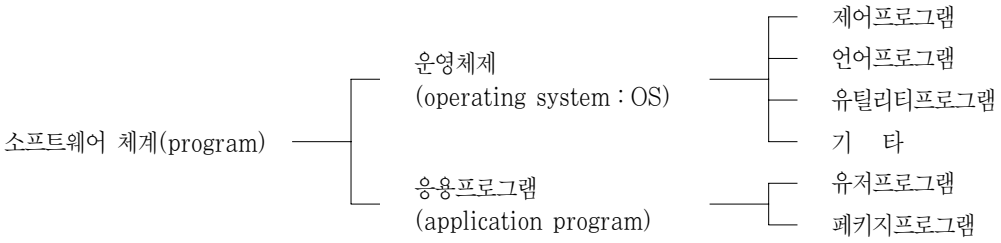
1. 운영체제(OS)는 가능한 한 개방성(library)이고 실시간성(real time)인 것이 바람직하다.
2. 소프트웨어는 알기 쉽고 간결한 것으로 하고 그 내용과 기능(content and function)을 명기한 문서를 구비해야 한다.
3. 업무처리의 변경이나 피제어계 시설의 개조에 유연하게 대처할 수 있도록 설계한다.
4. 프로세스 데이터를 축적자산으로 활용하기 위하여 정보처리영역에서도 호환하여 활용할 수 있도록 검토하는 것이 바람직하다.
5. 데이터나 프로그램의 보관은 손망실이나 도난 등에 대비하여 백업하여 보관한다.
6. 각종 소프트웨어는 저작권 침해의 시비가 없도록 적정한 권리를 확보해 둔다.

【해설】

소프트웨어는 기계 자체, 즉 하드웨어에 대응하는 용어로서 여러 가지 정의가 있지만, 넓은 정의로는 컴퓨터의 사용에 필요한 온갖 지식기술을 가리킨다. 또 좁은 정의로는 컴퓨터를 동작시키기 위하여 동작순서, 즉 프로그램을 뜻하는 경우도 있다. 일반적으로 프로그램과 시스템 기술을 총칭한 경우가 많다. 시스템 기술에 대해서는 전술하였으므로 여기서는 좁은 의미의 정의에 따라 소프트웨어는 프로그램을 가리킨다.

소프트웨어는 〈표 8.15.1〉에 표시한 것처럼 운영체제(operating system : OS)와 응용프로그램(application program)으로 구성되어 있다.

〈표 8.15.1〉 소프트웨어 체계



1) 운영체제(operating system : OS)

OS는 컴퓨터 본체와 주변기기를 유효하게 관리하고 컴퓨터를 사용하기 쉽게 하기 위한 프로그램이며, 그 기능으로는 하드웨어의 관리, 프로그래밍의 작업시간과 노력의 절감, 데이터의 안전대책 등 다방면에 걸쳐 있다.

2) 응용프로그램(application program)

응용프로그램은 이용자 자신의 문제해결을 위하여 개발된 프로그램이다. 정수장의 감시제어를 위한 프로그램과 재고관리, 급여계산 등의 프로그램이 여기에 해당된다.

1.에 대하여 ; 운영체제(OS)는 컨트롤러계에서는 특정한 하드웨어에 독자적인 것도 적지 않다. 감시제어계에서는 개방성과 실시간성이 있는 표준OS를 채택하는 것이 바람직하다. 이렇게 하면 플랜트데이터를 정보처리영역에서도 활용할 수 있으며 또 이기종(異機種)간에도 비교적 용이하게 접속할 수 있다.

2.에 대하여 ; 프로그램은 컴퓨터의 작동 순서를 좇아서 기술한 것으로 프로그래머 이외에는 이해하기가 대단히 어렵지만 가능한 한 모듈화하여 이해하기 쉽게 해야 한다. 또 프로그램의 입출력 조건과 처리내용 또는 취급방법을 문서화하여 알기 쉽게 하는 것이 필요하다. 이렇게 함으로써 용이하게 유지보수할 수 있다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템에서 대상업무를 변경하는 것은 소프트웨어를 변경함으로써 대처할 수 있다. 그러나 소프트웨어를 변경하는 것은 전문가가 아니면 변경하기 곤란한 경우가 많고 특히 대규모의 시스템으로 되면 전문가라도 용이하게 변경할 수 없는 경우도 있다.

한편, 컴퓨터 시스템에서 일상적인 업무처리를 강제로 변경시켜지는 경우가 많기 때문에 이러한 변경에 대하여 유연하게 대처할 수 있도록 작성하는 것이 중요하다. 이러한 것을 위해서는 프로그램을 모듈화하거나 단순화하는 것 이외에 입출력 데이터나 연산식으로 명칭을 붙이고 이것을 분류하고 정리하여 테이블화해 두면, 입출력 데이터나 연산식을 변경하는 것에 대하여 테이블만을 변경함으로써 대처할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

또 모니터표시화면(CRT display screen)이나 인쇄서식(printing format)은 종종 추가변경이 필요하기 때문에 이들을 변경하기 용이하도록 할 수 있는 소프트웨어(tool)도 준비해 둔다.

4.에 대하여 ; 프로세스 데이터를 감시제어부문뿐 아니라 사업체 공유의 자산으로 파악하고 정보처리 영역에서도 활용할 수 있도록 검토하는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써 범용소프트웨어에 의한 장표작성이나 데이터의 해석 등의 업무에 비교적 용이하게 대처할 수 있다.

5.에 대하여 ; 프로그램이나 중요한 데이터는 백업을 하여 별도로 보관해 놓는 것이 필요하다. 또 화재나 침수와 같은 재해나 도난 또는 데이터의 인위적인 바꿈 등에 대해서도 충분하게 대처하는 것이 바람직하다.

6.에 대하여 ; 각종 소프트웨어는 저작권침해의 시비가 없도록 권리를 확보하고 패키지로 된 소프트웨어는 정품을 구입하여 사용해야 한다.

8.15.6 컴퓨터 응용시스템

응용시스템을 개발할 때에는 대상업무에 관한 충분한 지식을 바탕으로 운용부서의 의견을 충분히 수렴하여 업무를 분석한 다음 계획해야 하며 상수도시설에서 컴퓨터응용시스템의 대표적 예는 다음과 같다.

1. 퍼지제어시스템(fuzzy control system)
2. 전문가시스템(expert system)
3. 시설보전관리시스템(施設保全 管理 system)
4. 수운영 시스템(水運營 system)
5. 상수도 종합관리시스템

【해설】

컴퓨터시스템은 정수장의 운전제어 등 이외에 고도의 정보처리기능을 살리고 수운용시스템이나 데이터베이스시스템 등 여러 가지 응용시스템으로서 이용되고 있다.

응용시스템의 개발도 8.15.3 컴퓨터시스템 설계에 나타낸 컴퓨터시스템설계 순서에 따라 계획되지만, 응용시스템의 개발은 특히 대상업무에 관한 충분한 지식이 필요하다.

1.에 대하여 ; 퍼지제어는 프로세스제어에 인간의 경험을 응용한 것으로 원래 입력량의 경계를 엄밀하게 수치로 확정시키지 않은 양, 예를 들면, 「약간 크다」라든가 「아주 작다」라고 하는 입력에 대하여 크기의 제어량을 출력하며 그것에 따라 제어하는 방식이다.

2.에 대하여 ; 전문가시스템은 AI(인공지능 : Artificial Intelligence)의 한 분야로 발전해 온 것으로 특정분야에 대한 전문가(expert)의 지식을 정리하고 체계화하여 그 지식에 기초를 둔 추론을 컴퓨터가 행하게 하는 것이다. 일반적으로 전문가의 지식을 데이터베이스화한 지식베이스와 그 지식에 기초를 두고 추론하는 추론기구로 구성된다.

상수도시설에서 전문가시스템의 응용분야로서 다음과 같은 것들을 고려할 수 있다.

1) 플랜트의 고장진단 시스템
2) 수운용시스템이나 정수장의 관리시스템과 같은 감시항목이나 제어항목이 많은 시스템의 운전관리 지원 시스템

3) 수질제어와 같이 제어에 영향을 주는 인자가 많고 더구나 인과관계가 명확하지 않은 제어

3.에 대하여 ; 시설보전 관리 시스템은 상수도시설이나 설비의 보전업무를 원활하게 하기 위한 지원시스템으로 설비대장의 관리, 예비품관리, 작업계획, 점검기록의 관리, 정비기록의 관리 등을 고려할 수 있다.

시스템을 구축할 때에는 유지관리부문과 설계부문의 양쪽에서 공통의 데이터를 취급할 수 있는 것이 중요하고 패키지화된 시스템도 있으며, 이러한 것을 기초로 개발된 시스템을 이용하는 것도 유효한 수단이다.

4.에 대하여 ; 생활수준의 향상과 생산활동의 확대에 따른 물수요의 다양화에 대응하고, 수자원개발의 지연이나 빗물의 지하침투감소, 지구 이상기상에 의한 강우량감소 등으로 취수원의 물의 양은 날로 악화되고 있다. 따라서 상수도의 안정급수를 실현하기 위해서는 상수도 관련시스템 전체를 효율적으로 운영해야 함은 물론 관망정비 등 수량관리에 대한 수요예측의 고기능화 및 고도화가 절실히 요구되고 있다. 이를 효과적으로 해결하기 위해서는 수운영시스템(水運營시스템)의 도입이 필요하다.

1) 수운영시스템의 도입효과

① 안정된 공급량 및 수압의 확보

평상시는 물론 수계 이상시에도 적정한 수질, 수압 등이 안정적으로 공급되도록 각 배수블록, 감압변, 증압펌프의 적정배치 및 최적제어 기법을 적용함

② 시설의 경제적 운용

수원(지하수, 표류수), 정수장, 배수지 등 각시설에 대한 물흐름의 합리화

③ 예측, 시뮬레이션에 의한 계획운용의 효율화

수계전역, 배수블록마다 수요량의 단기, 장기을 예측하고 1일 레밸, 수년레벨의 수운용계획을 수립하여 각시설에 대한 효율적 운용시설, 설비갱신, 증·개조 등의 적합성을 도모함

여기서 언급한 도입효과는 최대효과를 나타낸 것이며 연관된 현장설비 구축여부, 컴퓨터 시스템을 구성하는 H/W및 S/W 구축여부에 따라 일부항목 또는 항목내 일부만 해당될 수 있다.

2) 수운영시스템의 주요기능

① 수량에 대한 수요예측

② 소속된 수원 운용계획

③ 배수지 운용계획, 배수지 수위예측

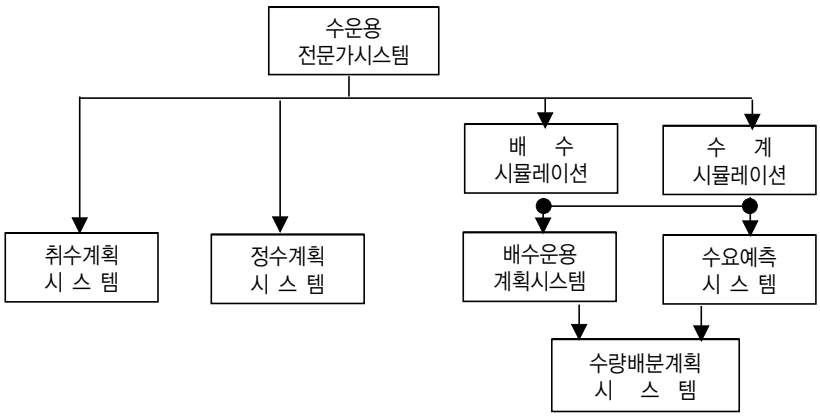
④ 예측·계획의 검정 및 온라인 수정

⑤ 최적관망 계산에 의한 제어량 산정

⑥ 관망계(管網系)의 운용시뮬레이션

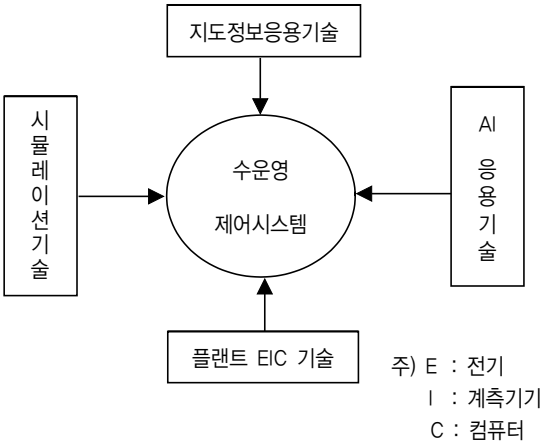
수운영시스템의 구성 및 요소기술은 〔그림 8.15.3〕, 〔그림 8.15.4〕와 같다.

여기서 언급한 주요기능은 최대기능을 나타낸 것이며 연관된 현장설비 추축여부, 컴퓨터 시스템을 구성하는 H/W 및 S/W 구축여부에 따라 일부항목 또는 항목내 일부만 해당될 수 있다.



주) 블록구성은 연관된 현장설비 구축여부, 컴퓨터 시스템을 구성하는 H/W및 S/W 구축여부에 따라 일부블록 또는 블록내 일부만 해당될 수 있다.

[그림 8.15.3] 수운영시스템 구성



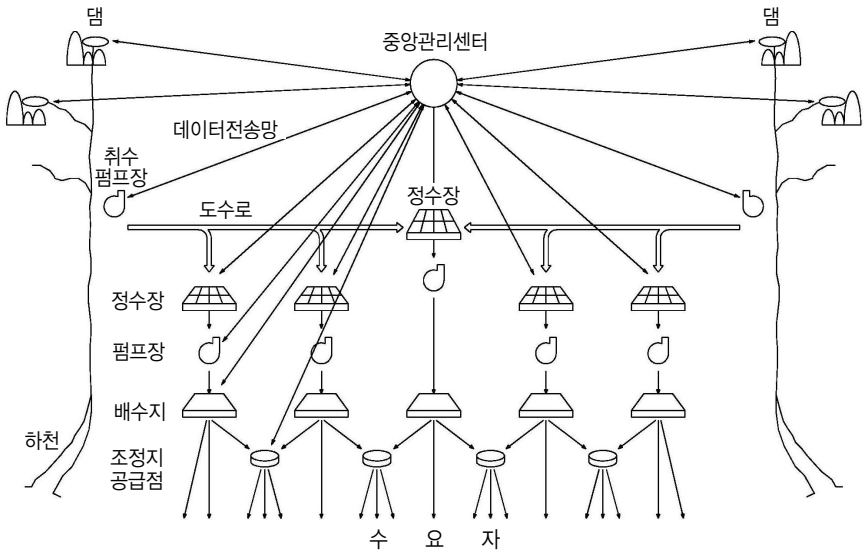
[그림 8.15.4] 수운영시스템을 구성하는 요소기술

5.에 대하여; 대도시 상수도 시설에서는 여기저기 흩어져 있는 정수장, 배관네트워크를 활용하여 평상시에는 안정급수를 유지하고, 갈수나 재해시에도 최대한 급수할 수 있도록 하며 또한 향후의 지역 수요자 필요에 대응하는 등 다양한 대응이 과제가 되고 있다.

대도시 상수도시설은 수원으로 다수의 댐, 하천, 연관도로, 관로와 수처리연관시설로 정수장군, 취·송수펌프장군, 배수지·조정지군과, 수용가에 연관된 관로망군 등으로 구성된다.

종합관리시스템은 수요예측, 취수가능량예측, 정수장·배수시설의 처리가능량 판단과 각 시설의 최적운영 수법에 의거한 취수로부터 배관말단까지의 합리적인 종합운영을 실현하기 위한 시스템이다.

대도시 상수도계의 구성 예를 들면 〔그림 8.15.4〕와 같다.



[그림 8.15.5] 대도시 상수도시설 계통도

1) 종합관리시스템 구성

중앙관리센터, 정수장 관리시스템, 정보전송 등으로 대별된다. 중앙관리센터는 시스템 중추로서 총괄 정보처리 및 제어를 수행한다. 정수장관리시스템은 관리시스템의 지령을 기본으로 정·배수를 관리하고 펌프장·공급점의 정보관리 및 정보중계를 행한다.

정보전송 : 중앙관리센터와 각 수처리연관시설간의 정보제공, 지령요구와 중앙관리센터로부터 각 시설에 제어지령, 요구에 대한 회신 등을 수행한다.

2) 중앙관리센터의 기본 구비조건

중앙관리센터는 시스템 중추로서 기본적으로 다음 사항을 구비해야하며 대형 컴퓨터시스템 및 주변기기등으로 구성된다.

① 대용량의 정보전송처리 및 데이터베이스서버(DBS)
② 온라인 리얼타임 정보처리 및 제어
③ INQ(Inquiry : 조회) 기능
④ Remote Batch 기능
⑤ 시스템 개발·해석 기능
⑥ 시스템 Level - Up 기능

수운용시스템은 원수운용과 송수운용 및 배수운용(긴급차단밸브시스템을 포함한 경우가 있다.)의 세 부분으로 이루어지며, 수운용시스템은 이들의 전부 또는 일부를 수행하는 것이다. 수운용시스템은 수원시설, 취수시설, 정수시설, 송·배수시설 등의 정보나 수요예측데이터에 따라 적절하게 수량을 배분하기 위하여 시설을 종합적으로 운용관리하는 것을 목적으로 한다.

수운용시스템은 수집된 정보를 처리하기 위한 컴퓨터시스템과 원격에 있는 시설과 정보를 주고받기

위한 데이터전송설비로 구성되어 있다.

수운용시스템의 주된 특징은 다음과 같다.

① 운전관리를 지원하기 위하여 수요예측, 배수(配水)시뮬레이션, 하천의 유출예측 등 고도의 연산처리가 요구된다.

② 광역정보를 취급하는 것으로 데이터전송설비가 보다 중요한 역할을 담당한다.

상기와 같은 특징을 갖는 수운용시스템을 계획할 때에 주된 유의사항은 다음과 같다.

⑴ 시설의 특징이나 시스템의 목적을 명확하게 하고 효과적인 시스템구축을 한다.

수운용시스템은 원수운용으로부터 배수운용에 이르기까지 광범위하게 걸쳐 있으므로, 어떤 부분의 운용을 목적으로 하는 시스템을 구축하는 것이 효과적인가를 검토해야 한다. 또 같은 부분의 운용이라도 목적에 따라 여러 가지 형태가 있다. 예컨대, 배수운용을 예로 들면, 배수관망 중의 밸브제어를 주목적으로 하는 경우도 있으며, 배수펌프의 운전제어를 주목적으로 하는 경우도 있다. 또 사업체마다 시설 구성이나 특성 또는 운용관리 형태가 다르기 때문에 시스템의 형태도 달라진다.

이와 같이 수운용시스템은 여러 가지 시스템의 형태를 갖는 것이지만, 계획단계에서 각 사업체의 시설구성이나 특성을 검토하고 가장 효과가 높고 더구나 운전관리의 방침 등에도 합치되는 시스템의 형태를 선정해야 한다.

⑵ 데이터의 연속성을 확보하기 위하여 시스템의 안전대책을 충분히 고려해야 한다. 수운용시스템은 광역으로 있는 다수의 시설들로부터 많은 데이터를 수집하기 때문에 시스템의 일부 고장 등에 의하여 데이터가 결손되기 쉽다. 그러나 데이터 결손은 통계처리나 예측작업에 지장을 가져오며 종종 시스템 자체에 대한 신뢰감을 잃는 것으로 되기 때문에 가능한 한 데이터의 결손을 방지하고 데이터의 연속성을 확보하기 위하여 시스템의 여유용량을 갖는 등 안전대책이 필요하다.

8.15.7 컴퓨터시스템의 유지관리

컴퓨터시스템의 교체는 다음 각 항에 따른다.
1. 컴퓨터시스템을 신설하는 단계에서 교체를 위한 준비를 미리 검토하는 것이 바람직하다.
2. 교체시기의 결정은 컴퓨터특유의 제약도 있으므로 모든 계약사항들을 종합하여 판단해야 한다.
3. 컴퓨터시스템의 교체계획은 시설운전에 지장을 주지 않도록 충분히 주의하여 수립한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 컴퓨터시스템의 교체는 현 시스템을 가동시키면서 새로운 시스템을 구축하기 때문에 새로운 시스템으로의 원활한 이행이 곤란하게 되는 경우가 많다. 특히 중앙조정실, 정보전송장치실 및 무정전전원실 등에 대해서는 교체를 위한 공간 확보가 중요하고 신설단계에서 장래의 시스템교체방법을 검토해 놓는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터시스템의 교체시기를 결정하는 것은 기본적으로는 다른 계측제어설비의 교체와 마찬가지다. 컴퓨터시스템은 기술혁신이 심한 분야이기 때문에 노후화에 의한 교체 외에 구식화에 따라 교체하는 경우도 많으므로, 컴퓨터시스템을 교체할 때는 특히 다음 사항을 고려해야 한다.

교체계획 및 시공에 요하는 기간은 상당히 장기간으로 되는 경우도 많으며 한편, 자금과 요원의 면에서도 특별한 준비가 필요한 경우가 많다. 이 때문에 다른 계측제어설비에 비하여 보다 신중하게 고려해야 한다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터시스템은 다른 컴퓨터나 계측제어기기와 접속되어 있다. 교체할 때에는 그들 기기와의 접속을 충분히 사전에 조사하여 기존시설의 운전에 영향을 주지 않도록 공사계획을 수립해야 한다. 또 소프트웨어도 대폭적으로 교체되는 경우가 많으며 신규로 작성한 소프트웨어나 개조를 가한 소프트웨어도 완전히 버그(bug)를 추방하는 것이 어렵고 가동을 개시하면서부터 사고가 발생하는 경우가 많다. 이 때문에 교체하는 초기에는 구 시스템과 병렬로 가동할 수 있도록 해놓는 것이 바람직하다.

8.16 정밀도 및 성능향상을 위한 고려사항

아무리 성능좋은 계측제어설비라도 그것을 실현하기 위한 최종단계인 현장 설치가 불완전하게 되어 있다면 이상적인 제 기능을 충분히 발휘할 수 없게 되며 계기오차를 증가시키고 성능을 저하시키는 직접적인 원인이 된다.

계측제어설비가 이상적인 제 기능을 충분히 발휘하기 위하여 현장 설치시에 고려해야 할 주요 사항은 다음과 같다.

1. 악 조건 환경에 대한 고려사항
2. 발신기의 설치 위치에 대한 고려사항
3. 도압배관에 대한 주요 고려사항
4. 배선에 대한 주요 고려사항

【해설】

1.에 대하여 ; 일반적으로 가스발생, 먼지가 많은 곳, 다습·다온, 한냉 및 강자계에 대해서는 계기 보호박스를 제작하여 그 속에 계기를 수납시키면 어느 정도 보호되지만 추가하여 〈표 8.16.1〉과 같은 대책을 고려할 필요가 있으며 어느 방법을 채용할 것인가는 그 환경에 대한 제 조건(경제성을 포함)을 충분히 검토한 후 선정한다.

〈표 8.16.1〉 현장계측기기의 보호대책 (예)

설 치 장 소	보 호 대 상	
가스발생, 분진장소	밀폐형 계기보호박스	계기보호박스 내부에 공기 또는 질소를 불어넣어 내압을 상승시킨다.
고 온 장 소	계기보호박스	- 냉각수에 의한 계기보호박스, 외부로부터의 살수냉각 - 계기보호박스 내부에 공기를 불어넣어 냉각
한 냉 장 소	단열재부착 계기보호박스	스팀 trace, 온수 trace 또는 전열선 feeder에 의한 보온
강 자 계 장 소	계기보호박스	계기보호박스를 반드시 접지한다.
진동이 있는 장소	내진고무, capillary tube (도압관과 계기와의 접속용 ϕ6mm tube)등에 의한 방진처리	

2.에 대하여 ; 현장에 설치되는 계기는 원칙적으로 발신기는 가능한 한 검출단 가까이에, 현장조절기는 가능한 한 조작단 가까이에, 변환기는 그 본체가 되는 계기의 가까운 곳에 설치하여야 하고 특히 발신기류는 피측정유체의 상태에 따라 그 설치위치를 달리해야 하는데 발신기 설치위치의 선정기준을 제시하면 〈표 8.16.2〉와 같다.

〈표 8.16.2〉 발신기 설치위치의 선정기준

	피 측 정 물	설 치 위 치	
		검출단 보다 하부	검출단 보다 상부
차압발신기	액체(물)	○	×
	증기	○	×
	dry gas	○	○
	wet gas	×	○
압력발신기	응축성이 없는 액체 또는 기체	○	○
	증기	○	×
	응축성이 있는 기체 및 기기상부로 취출할 경우	○	○

주 : ○ - 적당 × - 부적당

또한 운전 보수 점검 장소 및 기기 반입구 앞이나, 가스발생, 분진이 많은곳, 다습, 고온 및 강자계 장소 등은 반드시 피해야 되며 현장계기류는 가능한 한 보수점검이 용이한 장소를 선정하여 설치해야 한다.

3.에 대하여 ; 프로세스의 탱크나 배관 등에 설치된 검출단과 측정계기와의 사이를 프로세스 유체압력이 전달 될 수 있도록 하는 배관을 일반적으로 도압배관이라 말하며 이에 따른 공사를 도압배관공사라 하는데 계측제어공사를 상징하는 가장 대표적인 공사이다. 따라서 도압배관공사의 제1의 사명은 "정확한 압력전달이 가능토록 배관공사를 실시한다"는 점이다.

아무리 성능이 우수한 계기라도 이 도압배관공사가 불량하면 근본적으로 그 계기는 정확한 측정이 불가능하게 되기 때문에 계측제어공사중에서 가장 중요한 부분이다. 한편 이 도압배관공사 중에서도 가장 중요한 점은 유체성질에 알맞은 압력취출(tap) 방식을 채택하는 점인데 이에 대한 상세설명을 아래에 기술한다.

1) 액체

수평방향에서 하측으로 45°까지의 사이에서 취출구를 마련한다. 이렇게 하는것은 기포를 본관으로 회송하기 위한 것이며, 또한 45°보다 더 아래에서 압력을 취출하면 먼지(쓰레기, 티끌)나 진흙같은 물질들이 취출구에 손쉽게 흡입 될 수 있다.(그림 8.16.1의 a 참조)

2) 기체

수평방향에서 상측으로 90°까지의 사이에서 취출구를 마련한다. 이렇게 하는 것은 먼지는 물론 기체중의 수분 및 응축액을 본관에 회송시키기 위한 것이다. 상대습도가 높은 기체의 경우는 다음에 설명하

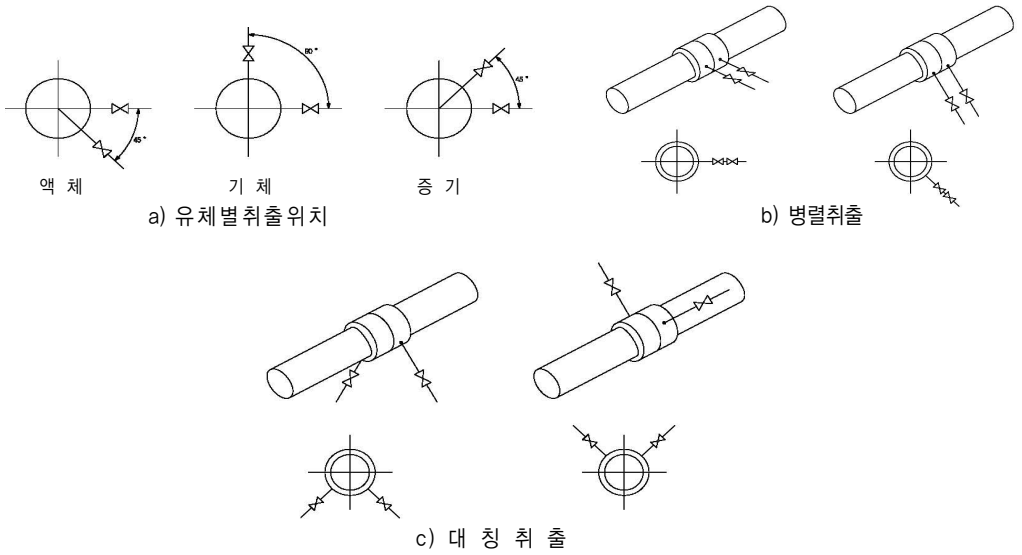
는 증기와 같이 수평방향에서 상측 45°까지의 사이에서 취출하는 것이 좋다(그림 8.16.1의 a참조).

3) 증기

수평방향에서 상측으로 45°까지의 사이에서 취출구를 마련한다. 이렇게 하는 것은 응축액이 항상 배출하기 쉽고 다량의 응축액을 본관에 회송시키기 위한 것인데 수직에서 취출하면 응축액이 도압관내에 물방울을 만들어 단속적으로 낙하하는 문제가 생긴다. (그림 8.16.1의 a참조)

4) 기타

액체, 기체, 증기의 어느 경우에 대해서도 취출구는 수평배관에서 상기의 방법으로 취출하는 것이 가장 안전하다. 한편 상류측 하류측에서의 취출은 〔그림 8.16.1〕의 b), c)와 같이 병렬 또는 대칭적으로 하는 것이 바람직하며 비대칭인 취출방법은 가능한 한 피하는 것이 좋다.



[그림 8.16.1] 수평배관에서의 TAP 취출방법

4.에 대하여 ; 계측기기에는 전자소자가 들어있기 때문에 계측기기주변의 대전류, 임피던스, 서지 등은 유도장해인 노이즈(noise)을 발생시켜 오차의 원인이 된다. 노이즈 종류에는 정전유도 노이즈, 전자유도 노이즈, 다점접지 및 임피던스결합에 의한 노이즈 등이 있으며 각각에 대한 원인과 대책을 하기에 기술하는바, 현장 제 조건을 면밀히 검토한 후 적절한 대책을 채택한다.

1) 유도장해의 종류별 발생원인

⑴ 정전유도(靜電誘導) 노이즈

이 노이즈는 신호회로 주변에 존재하는 정전용량이나 분포용량에 의해 발생하는 것으로 고압전원과 신호회로간의 정전유도에 의해서 잡음전압이 유도된다.

⑵ 전자유도(電磁誘導) 노이즈

이 노이즈는 신호회로와 그 주위의 자계와의 결합에 의해 발생하는 것으로 대전류 회로에 흐르는 전류와 신호회로간의 전자유도에 의해서 잡음전압이 유도된다.

⑶ 다점접지와 임피던스 결합 노이즈

이 노이즈는 신호선 도체 또는 접지점근방의 대지등에 흐르는 잡음전류에 의해 발생한다. 실례로 신호배선이 2개소이상 접지된 경우, 대지를 통해 폐회로가 구성되고 접지점간에 전위차가 생겨 접지전류가 흘러 잡음전압이 유도된다.

2) 유도장해 방지대책

상기에 언급한 잡음을 피하기 위해서는 우선 가능한 한 계기용 신호회로를 전원배선으로부터 멀리 떨어뜨려야하며 실험에 의한 거리를 떨어뜨린 효과는 〈표 8.16.3〉과 같다.

또 금속덕트 경우는 세퍼레이터에 의해 신호회로와 전원회로를 분리시킴으로서 유도장해를 감소시킬 수 있으며 얻어지는 차폐효과는 〈표 8.16.4〉와 같다.

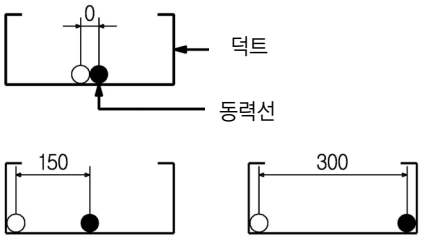
일반적으로 계기자체에서도 신호회로 입구부에 LC 필터 등을 취부하면 50~60Hz 잡음은 제거된다.

〈표 8.16.3〉 배선의 이격효과

동력선과 피배선간의 거리(mm)	0	150	300
피배선에 유기된전압(V)	1.0	0.15	0.14

주) 동력선에 100A 전류를 흘렸을 경우임

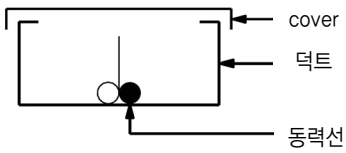
〈실험시의 상태〉



〈표 8.16.4〉 차폐 효과

동력선의 전류(A)	20	60	100
피배선에 유기된전압(V)	0.05	0.1	0.19

〈실험시의 상태〉



정전유도 잡음 ; 동대, 동편조 또는 알미늄증착 테이프로 실드(shield)한 케이블을 사용하거나 또한 케이블 또는 전선을 금속덕트나 금속전선관속에 넣어서 잡음을 감소시킨다. 실드케이블사용에 의한 잡음 감소효과는 〈표 8.16.5〉와 같다.

〈표 8.16.5〉 실드에 의한 잡음 감소 효과

실 드 (Shield)		감 소 비
동편조실드	85 % cover	103 : 1
동테이프실드	90 % cover	376 : 1
알미늄증착테프실드	100 % cover	6610 : 1
ø54mm 후강전선관		8850 : 1

주) 감소비는 비정전유도에 대한 비교임

전자유도 잡음 ; 상용 전원주파수에서는 신호선을 꼬임선으로 하면 비교적 효과가 좋다. 꼬임선의 효과는 〈표 8.16.6〉과 같으며 계측제어용으로는 2인치 피치(pitch)의 꼬임선이 주로 채용되고 있다. 또 동대·동편조 실드의 효과는 꼬임선에 비하여 적고 구부러지는 반경이 크기 때문에 불편하여 잘 사용하지 않는다.

〈표 8.16.6〉 꼬임선 대 실드선 잡음감소비

꼬임선 피치	감소비
4인치 피치	14 : 1
3인치 피치	71 : 1
2인치 피치	112 : 1
1인치 피치	141 : 1
평행선을 ø28mm 후강전선관에 넣었을 때	22 : 1

접지 잡음 ; 2점접지에 의한 경우가 대부분이며 이는 실드(shield)접지를 잘 못함으로써 생기는 것으로 특수한 경우를 제외하고 반드시 한쪽만 접지를 해야 한다. 어떤 경우든 이 접지잡음은 계기에 common mode 노이즈로 작용하여 계기지시의 흔들림이나 오차로 나타나며 이것은 반드시 제거해야 한다.

또 본질안전 방폭회로를 사용하는 경우, 이 잡음은 증가되어 그 본질안전 방폭 회로의 규정된 점화한계 범위를 초과시켜서 본질안전 방폭회로의 안전성을 현저히 저하시키므로 반드시 신중히 고려되어야 한다.

제 9 장

급 수 설 비

제9장 급 수 설 비

9.1 총 설

9.1.1 급수설비의 의의

「'급수설비'라 함은 수도사업자가 일반 수요자에게 원수나 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관(옥내급수관을 포함한다)·계량기·저수조·수도꼭지, 그 밖에 급수를 위하여 필요한 기구를 말한다.」라고 「수도법」 제3조 제24호에 정의되어 있으나, 여기서는 정수용에 한정하여 설명한다. 급수설비를 공도 내에 매설할 경우에는 도로 및 교통관계법령, 건축물에 설치할 경우에는 건축물관계법령 및 소방법령 등의 규제를 받는다.

급수설비는 수도사업자의 수도시설과는 구분되며 수도사업자가 정한 기준에 의하여 급수공사비를 수요자가 부담하고 있다. 수도에 의하여 음용을 목적으로 공급되는 물의 수질에 관해서는 「수도법」 제26조에 규정된 "수질기준"에 적합하도록 수도사업자에게 의무가 부과되어 있으며, 수도용 자재에 관해서는 「수도법시행령」 제30조에 "수도용 자재 및 제품의 기준"이 정해지고 있다.

그러나 순간온수기나 정수기 등 잔류염소의 소비나 수질변화가 예상되는 급수기구에 대해서는 수도사업자의 수질책임이 면제될 수 있다고 본다.

수요자의 생활양식이나 수돗물의 사용목적이 다양해짐에 따라 수도에 대하는 요구도 복잡하고 다양하므로, 수도사업자는 현재의 사회상황에 대하여 수요자가 필요로 하는 수량의 수돗물을 깨끗한 상태로 안정적으로 공급할 수 있어야 하며 또한 급수설비에서 역류로 인한 수질사고를 방지해야 하고 직결급수를 확대하는 등의 위생대책을 고려하여 급수설비의 설치에 관한 기술향상과 공사의 시공기술을 확보하도록 더 한층 노력해야 할 것이다.

급수설비를 계획할 때에는 설계에 앞서서 공사장소와 사용목적을 확인하고 계획사용수량을 결정하며, 분기가능한 배수관과 최소동수압을 확인하고 급수방식과 급수관의 구경을 결정하는 것 등을 판단하고 결정하는 것으로, 급수설비가 소기의 목적을 달성하고 기능을 발휘할 수 있는가를 결정하는 중요한 사항이다.

또한 수도사업자는 깨끗한 물을 안정적으로 공급하기 위하여 배수관정비, 직결급수의 확대, 역류로 인한 오염방지, 재해대책 등 급수에 관한 사업계획에 근거하여 급수설비계획에 필요한 사항을 기준으로 정하는 것이 바람직하다.

급수설비를 설계할 때에는 급수설비계획에 의한 급수관 및 급수기구의 선정, 공법의 결정 등을 하는 것으로, 급수관 및 급수기구의 선정은 「수도용 자재 및 제품의 기준」에 적합해야 하는 것이 필수조건이다. 이 밖에 압력, 토질, 기후, 직사 일광 등 설치 후의 급수설비가 놓여질 환경을 고려해야 한다. 예를 들면,

압력이 높은 배수관으로부터 분기되는 급수설비에서는 유속이 과대하여 수격(water hammer)이 발생하거나 수도미터의 고장으로 이어질 우려가 있으므로 적정수압을 확보하는 관점에서도 감압밸브 등을 설치할 필요가 있다. 또 수도미터에 대해서는 수도사업자가 사용하는 기종으로 통일되어야 한다.

9.1.2 급수방식

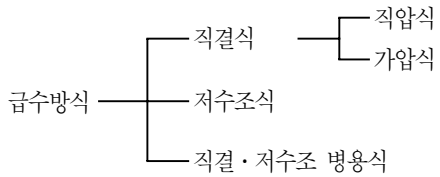
급수방식에는 직결식, 저수조식 및 직결·저수조 병용식이 있으며, 급수방식은 급수전의 높이, 수요자가 필요로 하는 수량, 수돗물의 사용용도, 수요자의 요망사항 등을 고려하여 결정한다.

1. 직결식에는 배수관의 압력으로 직접 급수하는 직결직압식과, 급수관의 도중에 직결급수용가압펌프설비(이하 「가압급수설비」라고 한다)를 설치하여 급수하는 직결가압식이 있다.
2. 저수조식은 급수관으로부터 수돗물을 일단 저수조에 받아서 급수하는 방식이다.
3. 직결식과 저수조식의 병용방식은 하나의 건물에 직결식과 저수조식의 양쪽 급수방식을 병용하는 것이다.

【해설】

급수방식에는 배수관을 분기하여 직접 급수하는 직결식과 배수관으로부터 분기하여 일단 저수조에 받아서 급수하는 저수조식 및 이들의 병용식이 있다.

우리 수도에서 배수관의 최소동수압은 150 kPa(약 1.5 kgf/cm^2)를 표준으로 해왔기 때문에 3층 이상의 건물이나 공동주택 등 다량수요자에게 급수하는 방식으로서는 저수조식을 채택해 왔었다. 그러나 소규모 저수조의 위생문제가 제기되어 왔으며, 1999년의 『건축법』개정으로 지하저수조의 설치 의무조항이 삭제된 것을 계기로 각 수도사업자는 직결직압식의 대상범위를 확대해 왔다. 이와 함께 에너지 절약의 관점에서 직결가압식의 대상범위를 4층 이상으로 고층까지 확대하는 수도사업자도 있다.

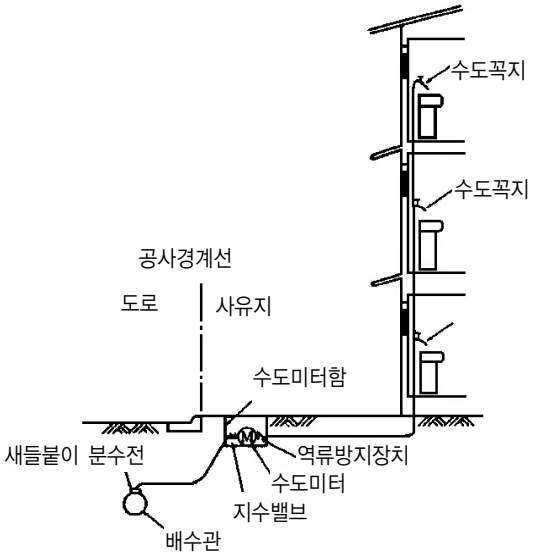


1.에 대하여(직결식)

가. 직결직압식

직결직압식은 배수관의 동수압에 의하여 직접 급수하는 방식이다. 〔그림 9.1.1〕에 3층 주택에서의 예를 제시하였다. 이 방식은 급수서비스 향상을 도모하기 위하여 각 수도사업자들이 현재 상황에서 배수관의 압력상승 등에 의하여 공급능력을 증대하고 배수관 정비계획과 함께 배수관의 최소동수압을 점차 조정하여 직결직압식의 대상범위를 확대해 가고 있으며 배수관의 최소동수압을 상향 조정함으로써 그 대상범위를 5층까지 확대하고 있는 수도사업자도 있다.

직결급수를 위해서는 배수관의 최소동수압이 3층 건물은 200kPa(약 2.0 kgf/cm^2), 4층 건물은 250 kPa(약 2.5 kgf/cm^2), 5층 건물은 300 kPa(약 3.0 kgf/cm^2) 필요하다.



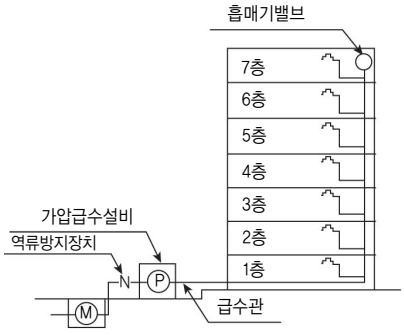
[그림 9.1.1] 직결직압식(3층 건물주택)의 예

나. 직결가압식

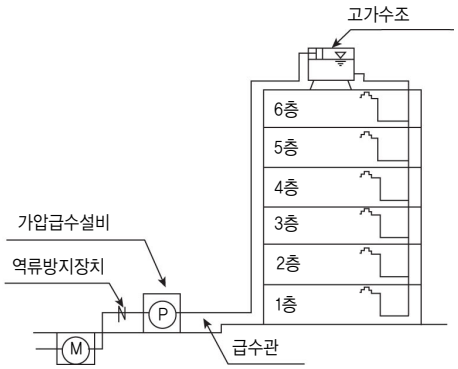
직결가압식은 급수관의 도중에 가압급수설비를 설치하여 압력을 추가하여 직결급수하는 방식이다. 이 방식은 급수관에 직접 가압급수설비를 연결하여 배수관의 압력부족분을 가압하여 높은 위치까지 직결급수하는 방식으로, 그 목적은 직결급수의 대상범위를 확대하고 또한 저수조에 대한 위생상의 문제를 해소하며 에너지를 절약할 수 있고 저수조를 설치하는 공간을 유효하게 다른 용도로 이용할 수 있는 등으로 급수서비스를 향상시킬 수 있다.

그러나 이 방식을 도입할 때는 비상재해시에 저수조가 갖는 저류기능 저하에 따른 대체방법, 가압급수설비의 유지관리방법, 동시사용 수량에 대한 산정방법 선정, 역류를 방지(anti-reverse flow)하는 방법, 수도사업자에 따라서는 검침과 조정·수납의 대책, 가압급수로 인하여 주변 배수관의 수압이 저하되지 않도록 하기 위한 배수관의 관경과 수압의 기준설정 등 검토해야 할 과제가 많다. 특히 가압급수로 인하여 주변 배수관의 수압이 저하되어 인근 주택의 출수상태가 나빠지는 것을 방지하기 위해서는 분기되는 배수관의 구경이 충분히 커야 하며, 또한 가정으로 인입되는 급수관의 구경이 너무 크면 안 된다. 그러므로 직결가압식을 도입하고자 하는 수도사업자들은 이러한 과제들을 정리해야 하고, 이미 도입하고 있는 수도사업자의 도입경위나 실태를 조사하는 것을 포함하여 여러 문제들을 충분하게 검토해야 한다.

이 방식에서 일반적으로 각 수요자의 급수방법은 급수전까지 직접 급수하는 직송식으로 하고 있다(〔그림 9.1.2〕 참조). 그러나 기존건물을 직결가압식으로 변경하는 경우에는 건물내의 급수설비에 대한 경년변화 등을 고려하여 고가수조까지는 직접급수로 하고, 고가수조에서 기존설비를 이용하여 급수전까지 자연유하로 급수하는 방식도 있다(〔그림 9.1.3〕 참조).



[그림 9.1.2] 직결가압식(직송식)의 예



[그림 9.1.3] 직결가압식(고가수조식)의 예

다. 직결급수를 확대할 때에 유의사항

1) 역류방지 대책

직결급수의 범위확대는 종래의 급수설비에 비교하여 급수전의 위치가 높은 경우에는 배수관이 단수되었을 때에 급수설비쪽으로 부터 역압이 커지거나 감압시에 역압이 걸리는 경우, 급수기구의 수가 많고 그 사용용도도 다방면에 걸친 경우 등을 고려하여 배수관의 분기점에서 건물간의 급수관에 역류방지밸브(anti-reverse flow device : check valve 포함)를 설치하는 등 보다 강화된 역류방지대책을 강구할 필요가 있다. 역류방지대책으로 역류방지밸브들 중 작동을 확인할 수 있는 제품을 설치한 경우에는 그 작동을 확인할 수 있는 공간을 확보해야 한다. 더욱이 역류방지밸브에는 기구가 작동하면 기구 안이 대기에 노출되는 기능을 갖는 것이 있다. 이러한 역류방지밸브가 수몰되어 있거나 기구의 고장 등일 경우에는 외부의 오염된 물을 흡인할 우려도 있으므로 기구의 설치 위치는 항상 수몰되지 않는 조치가 필요하다. 이러한 것들은 수질확보의 관점에서 중요한 것이고 수도사업자는 그 대책을 시행기준 등에 정해두는 것이 바람직하다.

2) 기존 건물을 직결급수로 전환하는 경우

직결급수의 범위확대에 따라 저수조식으로 급수하고 있던 건물을 직결급수로 전환하는 경우에는 해당 건물에 대하여 기존 배관설비의 관종이나 경년변화 등을 고려하고 상황에 따라 관을 교체하는 등의 대책을 추진할 필요가 있다. 수도사업자는 이러한 내용에 대한 취급방법 등을 시행기준 등에 정해두는 것이 바람직하다.

또 수도사업자는 직결급수로 전환한 다음에 적수발생 등으로 수요자로부터 이에 대한 대책을 협의해 오는 경우에 앞서 설명한 수도사업자가 정한 시행기준 등을 기본으로 하여 대응하는 것이 바람직하다. 수요자가 적수발생에 대한 대응책으로서 기존 급수관에 대한 부식억제공사 등의 시공의견과 시공방법이 구체화되어 있는 경우에는 그 시공방법을 적용할 수 있는지에 대한 기술평가 상황, 구조와 재질의 기준에 적합한지에 대한 확인, 시공후의 내용년수 등에 대하여 수요자 및 급수설비를 담당하는 기술자, 또한 필요에 따라서는 시공업자도 포함시켜 신중하게 또한 충분히 조사하고 협의해야 한다.

2.에 대하여(저수조식)

저수조식은 수돗물을 일단 저수조에 받아서 급수하는 방식으로 배수관의 압력이 변동하더라도 저수조 이후에서는 수압과 급수량을 일정하게 유지할 수 있고, 일시에 다량의 물을 사용할 수 있으며, 단수시나 재해시에도 물을 확보할 수 있다는 점 등의 장점이 있다.

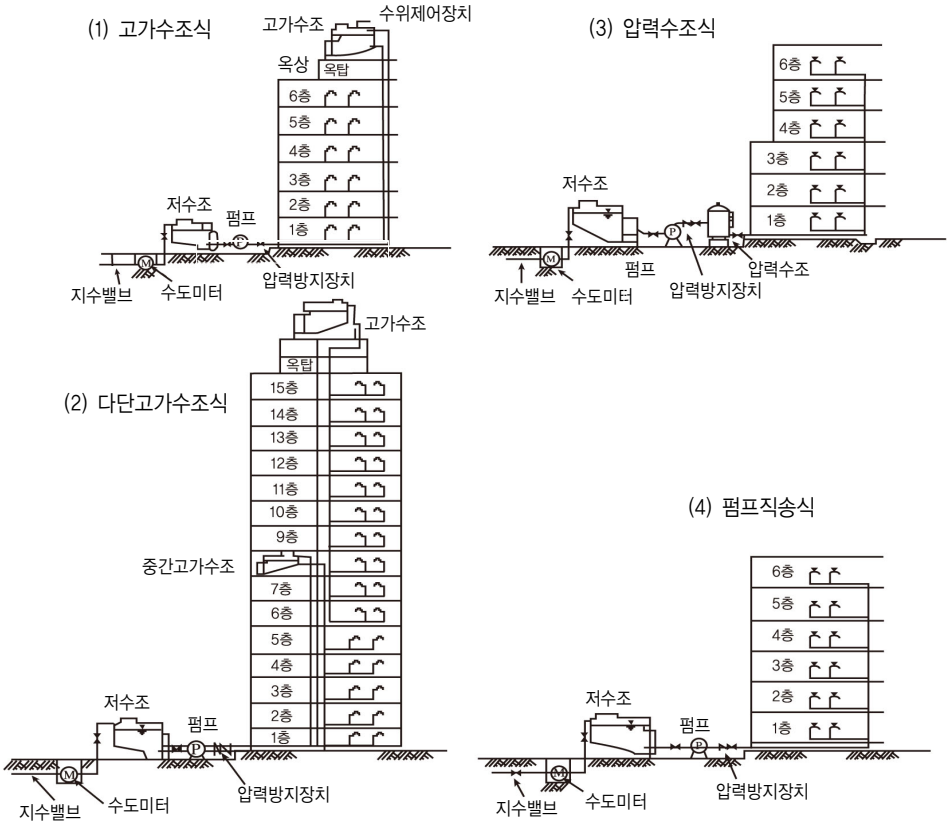
가. 저수조식의 적용이 바람직한 경우

1) 재해시나 사고 등에 의한 수도의 단수나 감수시에도 물을 반드시 확보해야 할 경우
2) 일시에 다량의 물을 사용할 경우 또는 사용수량의 변동이 클 경우 등 직결급수로 하면 배수관의 압력저하를 야기할 우려가 있는 경우
3) 배수관의 압력변동에 관계없이 상시 일정한 수량과 압력을 필요로 하는 경우
4) 약품을 사용하는 공장 등으로부터 역류에 의하여 배수관의 수질을 오염시킬 우려가 있는 경우

나. 저수조에 의한 주된 급수방식

1) 고가수조식

고가수조식은 저수조에 물을 받은 다음 펌프로 양수하여 고가수조에 저류하였다가 자연유하로 급수하는 방식이다(〔그림 9.1.4(1)〕 참조).



[그림 9.1.4] 저수조식 급수의 일반개념도

2) 다단 고가수조식

하나의 고가수조에서 사용상 적당한 압력으로 급수할 수 있는 높이의 범위로는 10층 정도이기 때문에 고층 건축물에서는 고가수조나 감압밸브를 그 높이에 따라 다단으로 설치하고 있다(〔그림 9.1.4(2)〕 참조).

3) 압력수조식

압력수조식은 저수조에 물을 받은 다음 펌프로 압력수조에 넣고, 그 내부압력에 의하여 급수하는 방식이다(〔그림 9.1.4(3)〕 참조).

4) 펌프직송식

펌프직송식은 저수조에 물을 받은 다음 사용량의 변동에 따라 펌프의 운전 대수나 회전속도를 제어하여 급수하는 방식이다(〔그림 9.1.4(4)〕 참조).

다. 저수조의 용량과 저수방식

저수조의 용량은 계획1일사용수량에 의하여 정한다. 저수조식에서 유의할 사항으로는 배수관의 능력에 비하여 단위시간당 저수량이 큰 경우 또는 아파트나 고층빌딩 등의 다량급수처가 모여 있는 블록에서 배수관의 압력이 떨어져 그 부근의 급수에 지장을 초래하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 정유량 밸브 등 물을 받는 수량을 조정하는 밸브를 설치하거나 타임스위치가 부착된 전동밸브를 설치하여 압력이 높은 야간시간대에 한하여 저수하는 방법도 있다.

3.에 대하여(직결·저수조 병용식)

이 방식은 하나의 건물로 직결식과 저수조식의 양쪽의 급수방식을 병용하는 것이다.

9.1.3 구조 및 재질

급수설비의 구조 및 재질은 「수도법시행령」제30조에 근거하는 "수도용 자재 및 제품의 기준"에 적합한 것으로 해야 한다.

【해설】

수도사업자는 상수도의 3대 요소인 수량, 수질, 수압에 대한 관리의무를 다하기 위하여 급수계통에 대한 구조와 재질은 「수도법시행령」 제30조(수도용 자재 및 제품의 기준)에 정해진 급수설비의 기준에 적합한 것으로 설계하고 시공되도록 지도해야 하며 안전한 음용수를 공급하는데 만전을 기해야 한다. 「수도법시행령」 제30조의 구조와 재질기준을 만족하는 적합한 규격품에 대해서는 구조와 재질의 성능기준에 적합한 것으로 본다.

9.1.4 급수공사

급수공사는 다음에 따른다. 1. 급수공사란 급수설비의 설치공사 또는 변경공사를 말한다. 2. 수도사업자는 배수관에서 수도미터까지 급수설비의 공법과 공사기간, 그 밖의 공사상의 조건을 정할 수 있다.

【해설】

1.에 대하여 ; 「수도법」제3조 제25항에 규정된 "급수공사" 에서 "설치공사"란 신설하는 공사를, 변경공사란 개조, 수선, 철거하는 공사를 말한다. 또한 "공사"란 시공하기 전에 시행하는 조사로부터 계획입안, 설계, 시공, 준공검사에 이르기까지의 과정을 말한다. 수도사업자는 이러한 급수공사를 위한 신청, 승인, 공사비의 부담사항 및 공사의 범위 등에 대하여 기준을 정하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 급수설비의 공법, 공사기간 그 밖의 공사상의 조건이란 배수관의 관종에 따른 분기공법의 지정, 배수관으로부터 수도미터까지 자연재해 등의 재해방지 및 누수 또는 재해 등의 긴급공사를 원활하고 효율적으로 시행하기 위한 재료 및 공법의 지정, 수도사업의 단수방지 등에 관한 공사기간의 지정, 수도사업자의 직원 입회에 관한 공사시공 등이다.

9.2 급수관

9.2.1 총칙

급수설비에서 주요 부분은 급수관이다. 급수관은 충분한 강도를 가지며 내식성이 크고 수질에 나쁜 영향을 주지 않는 재질의 것이라야 한다.

급수관과 그 조인트에는 여러 종류의 것이 있으나 원칙적으로 「수도법」 제18조 제②항 및 「수도법시행령」 제30조의 기준에 적합한 규격으로 승인된 것을 사용해야 한다. 또 관종 선정이 잘 되었더라도 관의 구경, 배관, 보호공 등이 불충분하면 급수설비의 기능을 발휘할 수 없으므로 계획사용수량을 산정하고 관경을 결정하는 설계를 할 때에는 각각의 구조 재질 기준 및 급수설비의 시스템기준에 적합한 것으로 채택해야 하며 또한 토질, 기후 및 옥내외의 배관환경이나 시공성과 유지관리도 고려해야 한다. 또 이 장에서의 급수관은 편의상 50mm 이하의 관경을 취급하며 80mm 이상의 관은 4. 도수시설과 6. 송수시설 및 7. 배수시설에서 취급한다.

9.2.2 계획사용수량

급수설비의 계획사용수량은 급수관의 관경, 저수조 용량 등 급수설비 계통의 주요 제원을 계획할 때의 기초가 되는 것으로, 건물의 용도나 면적, 물의 사용용도, 사용인원수, 급수기구의 수 등을 고려한 다음에 1인1일사용수량, 또는 각 급수기구의 용도별 사용수량과 이들의 동시사용률을 고려한 수량을 표준으로 한다. 다만, 저수조를 만들어 급수하는 경우에는 사용수량의 시간적 변화나 저수조의 용량을 감안하여 정한다.

【해설】

계획사용수량의 산출방법은 다음과 같다.

1. 직결식 급수의 계획사용수량

가. 계획사용수량

직결식으로 급수할 경우의 계획사용수량은 급수기구의 동시사용률 등을 고려하여 실태에 알맞은 수량을 설정한다.

다음은 일반적인 동시사용수량을 산정하는 방법을 설명하고 있다.

동시사용수량의 단위는 통상 L/min를 사용한다.

1) 단독주택 등인 경우

가) 동시에 사용하는 급수기구를 설정하여 산출하는 방법

동시에 사용하는 급수기구만을 〈표 9.2.1〉로부터 구하고, 임의로 동시에 사용하는 급수기구를 설정하고 설정된 급수기구의 토출량을 더하여 동시사용수량을 구하는 방법이다. 사용형태에 따라 동시사용 급수기구의 설정이 가능하지만, 사용형태는 여러 가지로 변동하기 때문에 변동에 따른 사용형태의 조합을 바꾸어서 계산할 필요가 있으므로 사용빈도가 높은 급수기구(부엌, 화장실 등)를 포함하여 설정하는 등의 검토가 필요하다.

학교나 역 및 버스터미널의 화장실과 같이 동시사용률이 높은 경우에는 세면기, 소변기, 대변기 등 그 용도마다 〈표 9.2.1〉을 적용하여 합산한다.

일반적인 급수기구의 용도별 토출량은 〈표 9.2.3〉과 같다. 또한 급수기구의 용도에 관계되지 않고 토출량을 구경에 의하여 일률적인 수량으로 취급하는 방법도 있다(〈표 9.2.4〉 참조).

나) 표준화된 동시사용수량에 의하여 구하는 방법

이 방법은 급수기구의 수와 동시사용수량과의 관계에서 표준치로부터 구하는 방법이다. 급수설비 내의 모든 급수기구 개개의 사용수량을 합한 전체 사용수량을 급수기구의 총수로 나눈 것에 동시사용 수량비(〈표 9.2.2〉)를 곱하여 구하는 방법이다.

동시사용 수량 = 급수기구의 전체 사용수량 ÷ 급수기구의 총수 × 동시사용 수량비

〈표 9.2.1〉 급수기구의 동시사용 수

총 급수기구의 수(개)	동시사용급수기구의 수(개)	총 급수기구의 수(개)	동시사용급수기구의 수(개)
1	1	11 ~ 15	4
2 ~ 4	2	16 ~ 20	5
5 ~ 10	3	21 ~ 30	6

〈표 9.2.2〉 급수기구의 수와 동시사용수량비

총사용 급수기구의 수(개)	동시사용수량의 비	총사용 급수기구의 수(개)	동시사용수량의 비
1	1	8	2.8
2	1.4	9	2.9
3	1.7	10	3.0
4	2.0	15	3.5
5	2.2	20	4.0
6	2.4	30	5.0
7	2.6		

* 급수기구의 수는 모든 급수기구와 수도꼭지의 수를 말한다.

〈표 9.2.3〉 용도별 사용수량에 따른 급수기구의 구경

용도별	사용수량(L/min)	수전구경(mm)	비 고
부엌용	12~40	13~20	
세탁용	12~40	13~20	
세면기	8~15	13	
목욕탕(재래식)	20~40	13~20	
목욕탕(양식)	30~60	20~25	
샤워	8~15	13	
소변기(세척수조)	12~20	13	
소변기(세척밸브)	15~30	13	1회(4~6초)의 토출량 2~3L
대변기(세척수조)	12~20	13	
대변기(세척밸브)	70~130	25	1회(8~12초)의 토출량 13.5~16.5L
소화전(소형)	130~260	40~50	
살수	15~40	13~20	업무용
자동차세척	35~65	20~25	

〈표 9.2.4〉 급수기구의 표준사용수량

급수전의 구경(mm)	표준사용수량(L/min)
13	17
20	40
25	65

2) 공동주택 등인 경우

가) 각 호의 사용수량과 급수호수의 동시사용률에 의하여 구하는 방법

1호의 사용수량을 〈표 9.2.1〉과 〈표 9.2.2〉에서 구하고, 전체의 동시사용호수는 급수호수와 동시사용률(〈표 9.2.5〉)에서 동시사용호수를 정하여, 동시사용수량을 구하는 방법이다.

나) 호수로부터 동시사용수량을 예측하는 산정식을 이용하는 방법

〔10호 미만〕 동시사용수량 = $42\times(\text{호수})^{0.33}$

〔10~600호 미만〕 동시사용수량 = $19\times(\text{호수})^{0.67}$

다) 거주 인원수로부터 동시사용수량을 예측하는 산정식을 이용하는 방법

〔30인 이하〕 동시사용수량 = $26\times(\text{인원수})^{0.36}$

〔31~200인 미만〕 동시사용수량 = $13\times(\text{인원수})^{0.56}$

3) 일정한 규모 이상의 급수기구를 갖는 사무용 건물, 공동주택 등의 경우

가) 급수기구의 급수부하단위에 의하여 구하는 방법

급수기구의 급수부하단위란 급수기구의 용도에 따른 사용빈도, 사용시간 및 다수의 급수기구를 동시에 사용하는 것을 고려하여 부하율을 참고하여 수량을 단위화한 것이다. 동시사용 수량은 각종 급수기구에 대한 급수부하단위(〈표 9.2.6〉)에 급수전의 수를 곱한 것을 누계하고, 동시사용 수량도(〔그림 9.2.1〕 참조)를 이용하여 구하는 방법이다.

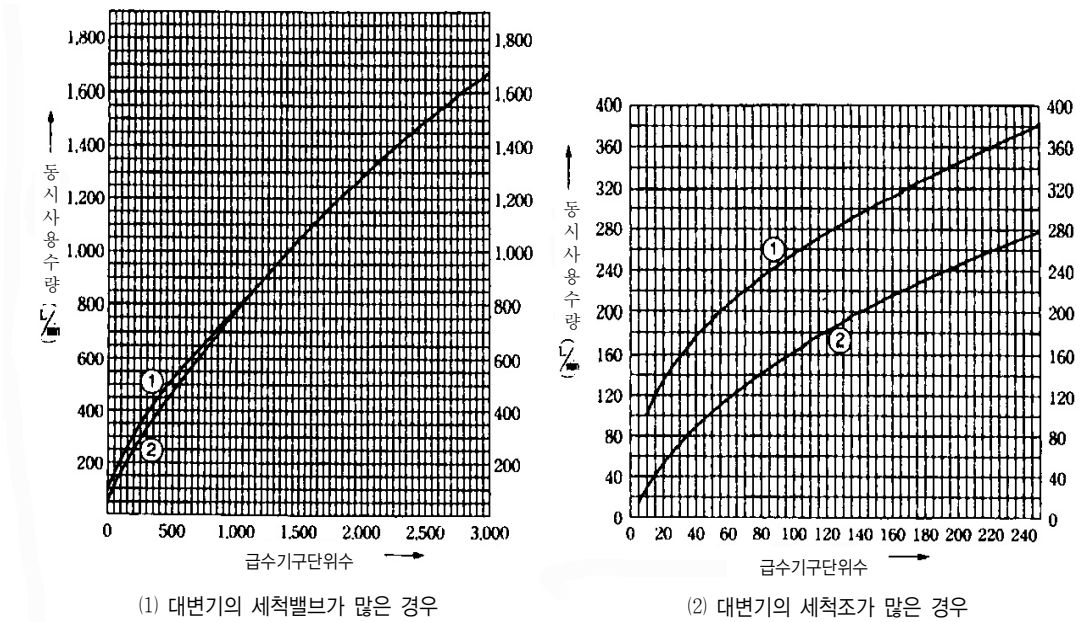
〈표 9.2.5〉 급수호수와 동시사용률

급수호수	동시사용률(%)	급수호수	동시사용률(%)
1-3	100	31-40	65
4-10	90	41-60	60
11-20	80	61-80	55
21-30	70	81-100	50

〈표 9.2.6〉 급수기구의 급수부하단위표

급 수 기 구		급수부하단위표		급 수 기 구		급수부하단위표	
		개인용	공공용 및 사업용			개인용	공공용 및 사업용
대변기	F.V	6	10	욕조	수전	2	4
대변기	F.T	3	5	샤워	혼합밸브	2	4
소변기	F.V	-	5	부엌	수전	3	-
소변기	F.T	-	3	요리장	수전	2	4
세면기	수전	1	2	식기세척	수전	-	5
세수기	수전	0.5	1	청소용	수전	3	4

* F.V=세척밸브, F.T=세척수조



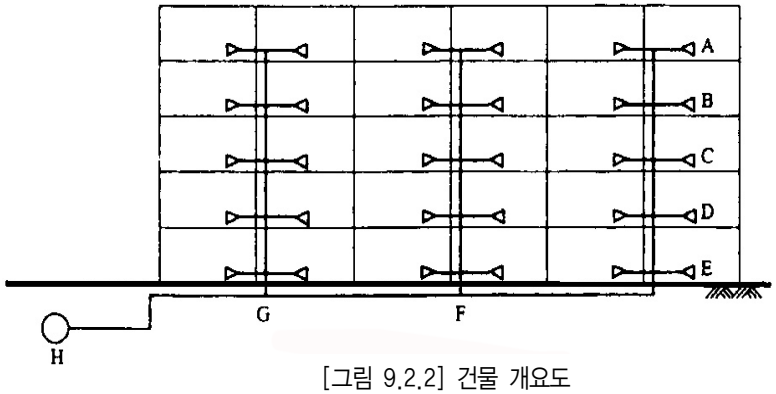
(1) 대변기의 세척밸브가 많은 경우 (2) 대변기의 세척조가 많은 경우

[그림 9.2.1] 동시사용수량도의 예

나. 동시사용수량의 계산 예

공동주택에서 동시사용 수량을 각종 산정방법에 의하여 계산한 예는 다음과 같다.

1) 건물의 조건(〔그림 9.2.2〕 참조)



[그림 9.2.2] 건물 개요도

가) 5층 건물에서 30호가 거주하는 공동주택으로 한다.

나) 각 호의 급수기구는 부엌, 세면기, 욕조, 샤워, 대변기 세척수조의 5수전으로 한다.

다) 계획인구는 1호당 4명으로 한다.

2) 계산의 예에 나타낸 산정방법 및 산출제원(〈표 9.2.7〉 참조)

3) 동시사용수량의 산출(〈표 9.2.8〉 참조)

〈표 9.2.7〉 산정방법 및 산출제원

번 호	산 정 방 법	산 출 제 원
1	각 호의 사용수량과 급수호수의 동시사용률에 의하여 구하는 방법 중에 표준화된 동시사용수량에 의하여 구하는 방법	• 부엌 : 12L/min, • 세면기 : 8L/min • 욕조 : 20L/min, • 샤워 : 8L/min • 대변기 세척수조 : 12L/min 계 : 60L/min
2	호 수로부터 동시사용수량을 예측하는 산정식을 이용하는 방법	10호 미만 : $42\times(\text{호수})^{0.33}$L/min 10호 이상 : $19\times(\text{호수})^{0.67}$L/min
3	거주인 수로부터 동시사용수량을 예측하는 산정식을 이용하는 방법	30인 이하 : $26\times(\text{인수})^{0.36}$L/min 30인 이상 : $13\times(\text{인수})^{0.56}$L/min
4	급수기구의 급수부하단위표에 의하여 구하는 방법	• 부엌 : 3 • 세면기 : 1 • 욕조 : 2 • 샤워 : 2 • 대변기 세척수조 : 3 계 : 11 단위

다. 직결가압식 급수의 계획사용수량

직결가압식으로 급수할 경우에 동시사용 수량을 적절하게 설정하는 것이 적절한 급수관 결정과 가압 급수설비의 적정용량 결정에 중요한 사항이다. 이것을 잘 못 결정하면 과대설비의 도입, 에너지 이용의 비효율화, 급수부족 등의 사태가 발생할 수 있다.

동시사용수량의 산정방법으로서는 앞서 기술한 방법 외에 〈표 9.2.9〉를 참고로 하는 방법, 물 사용시간율과 급수기구단위에 의한 방법, 기구이용으로부터 예측하는 방법이 있지만, 각종 산정방법의 특징을 숙지한 다음에 실태에 따라 적정한 방법을 선정한다.

직결가압식 급수의 도입에 대응하여 수도사업자는 동시사용수량의 산정방법을 시행기준 등에 정하는 것이 바람직하다.

〈표 9.2.8〉 동시사용수량의 산출결과

구간 \ 방법	1	2	3	4
A-B	$60\div5\times2.2\times2\times1.0$	$42\times2^{0.33}$	$26\times(4\times2)^{0.36}$	$11\times2=22$
	53	53	55	58
B-C	$60\div5\times2.2\times4\times0.9$	$42\times4^{0.33}$	$26\times(4\times4)^{0.36}$	$11\times4=44$
	95	66	71	98
C-D	$60\div5\times2.2\times6\times0.9$	$42\times6^{0.33}$	$26\times(4\times6)^{0.36}$	$11\times6=66$
	143	76	82	128
D-E	$60\div5\times2.2\times8\times0.9$	$42\times8^{0.33}$	$13\times(4\times8)^{0.56}$	$11\times8=88$
	190	83	91	154
E-F	$60\div5\times2.2\times10\times0.9$	$19\times10^{0.67}$	$13\times(4\times10)^{0.56}$	$11\times10=110$
	238	89	103	175
F-G	$60\div5\times2.2\times20\times0.8$	$19\times20^{0.67}$	$13\times(4\times20)^{0.56}$	$11\times20=220$
	422	141	151	263
G-H	$60\div5\times2.2\times30\times0.7$	$19\times30^{0.67}$	$13\times(4\times30)^{0.56}$	$11\times30=330$
	554	186	190	350

비고 : 1. 표의 상단은 계산식(4를 제외)을, 하단은 동시사용수량(L/min)
2. 1의 방법에서는 〈표 9.2.2〉와 〈표 9.2.5〉를 사용한다.
3. 4의 상단은 급수기구단위의 수로, 이 수치를 사용하여 〔그림 9.2.1〕에서 동시사용수량을 구한다.

〈표 9.2.9〉 건물의 종류별 단위급수량사용시간사용인원표

건 물 종 류	단 위 급 수 량 (1일당)	사용시간 (h/d)	특기 사항	유효면적당 인원 등	비 고
단독주택	200~400L/인	10	거주자 1인당	0.16인/m^2	
공동주택	200~350L/인	15	거주자 1인당	0.16인/m^2	
독신아파트	400~600L/인	10	거주자 1인당		
관공서 사무소	60~100L/인	9	근무자 1인당	0.2인/m^2	남자 50L/인, 여자 100L/인 사원식당, 임대인 등은 제외
공장	60~100L/인	작업시간 +1	근무자 1인당	앉은 작업 0.3인/m^2 서서 하는 작업 0.1인/m^2	남자 50L/인, 여자 100L/인 사원식당, 샤워수량 등은 별도가산
종합병원	1,500~3,500L/병상 30~60L/m^2	16	연면적 1m^2당		설비내용 등에 따라 상세하게 검토한다.
호텔 전체	500~6,000L/bed	12			설비내용 등에 따라 상세하게 검토한다.
호텔 객실	350~450L/bed	12			각 객실에만
요양소	500~800L/인	10			
다방	20~35L/손님 55~130L/점포(m^2)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	주방에서 사용되는 수량이며, 화장실 세척용수 등은 별도 가산
음식점	55~130L/손님 110~530L/점포(m^2)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	상동 정성적으로는 한식, 경양식, 일식, 양식, 중화요리의 순
사원식당	25~50L/손님 80~140L/점포(m^2)	10		점포 면적에는 주방면적 포함	상동
급식소	20~30L/식	10			상동
백화점, 슈퍼마켓	15~30L/m^2	10	연면적 1m^2당		작업원분과 공조용수를 포함
초·중·고등학교	70~100L/인	9	(학생+직원) 1인당		교사와 직원분을 포함 수영장용수는 별도가산
대학 강의동	2~4L/m^2	9	연면적 1m^2당		실험·연구용수는 별도 가산
극장·영화관	25~40L/m^2 0.2~0.3L/인	14	연면적 1m^2당 입장자 1인당		작업원분과 공조용수를 포함
터미널 역	10L/1,000인	16	승객 1,000명당		열차급수와 세차용수 별도가산 종업원분과 약간의 임차분 포함
보통 역	3L/1,000인	16	승객 1,000명당		
사원·교회	10L/인	2	참배자 1인당		상주자와 상근자 별도 가산
도서관	25L/인	6	열람자 1인당	0.4인/m^2	상근자분은 별도 가산

주 1. 단위급수량은 설계대상급수량이고 연간1일 평균급수량은 아니다.
2. 비고란에 특기하지 않은 한 공조용수, 냉동기의 냉각용수, 실험·연구용수, 공정용수, 수영장용수, 사우나용수 등은 별도가산

2. 저수조식 급수의 계획사용수량

저수조식 급수를 하는 경우에 계획사용수량은 저수조의 용량과 사용수량의 시간적 변화를 고려하여 정한다. 일반적으로 저수조를 이용한 단위시간당 급수량은 계획1일사용수량을 사용시간으로 나눈 수량으로 한다.

계획1일사용수량은 건물의 종류별로 단위급수량·사용시간·사용인원(〈표 9.2.9〉)을 참고하여 해당 시설의 규모와 내용, 급수구역 내에서 다른 사용실태 등을 충분히 고려하여 설정한다.

계획1일사용수량의 산정은 다음 방법으로 한다.

1) 1인1일사용수량 × 사용인원(또는 단위바닥면적당 인원 × 연면적)
2) 건축물의 단위바닥면적당의 사용수량 × 연면적
3) 기타 사용수량 실적에 의하여 산정하는 〈표 9.2.9〉에 명기되어 있지 않은 업태 등에 대해서는 사용실태 및 유사한 업태에서 사용수량의 실적 등을 조사하여 산출한다.

   다른 방법으로는 사용급수기구마다 사용수량을 누계하여 산출하는 방법도 있다.

   저수조 용량은 계획1일사용수량의 4/10~6/10 정도를 표준으로 하지만, 배수지용량이 충분하지 않은 수도사업자의 급수구역에서 공동주택인 경우에는 「주택건설기준등에관한규정」제35조의 비상급수시설에 정한 용량에 따른다.

9.2.3 관경

급수관의 관경은 배수관의 계획최소동수압에서도 계획사용수량을 충분히 공급할 수 있는 크기로 한다.

【해설】

1. 관경결정의 기준

급수관의 관경은 배수관의 계획최소동수압에서도 그 계획사용수량을 충분히 공급할 수 있는 크기로 하며, 또한 경제성도 고려하여 합리적인 크기로 한다. 즉 관경은 급수기구의 설치 높이에 계획사용수량에 대한 총 손실수두(설계수량에 대하여 관의 유입구에서부터 유출구까지의 손실수두, 마찰에 의한 손실수두, 수도계량기, 급수기구, 관이음부에 의한 손실수두, 기타 관의 굴곡정도, 분기, 단면변화에 따른 손실수두 등의 합계)를 합산한 것이 급수관을 연결한 지점의 배수관에서 계획최소동수압 이하가 되도록 계산하여 정한다(〔그림 9.2.3〕 참조). 다만, 손실수두에는 장래의 사용수량 증가, 배수관의 압력변동 등을 고려하여 어느 정도의 여유수두를 확보해 놓는 것이 바람직하다.

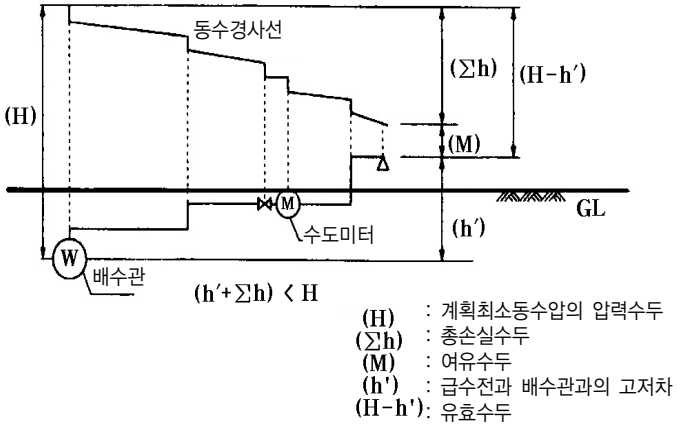
순간온수기 등과 같이 최저작동수압을 필요로 하는 급수기구가 있는 경우에는 급수기구의 부착부에서 3~5m 정도의 수두를 확보하고, 또한 순간온수기에서 온수관로가 긴 경우에는 온수수전이나 샤워 등에 대하여 소요수량을 확보할 수 있도록 설계한다. 더욱이 급수관내의 유속은 과대하지 않도록 고려하여 설계한다(건축설비 포켓북에서는 1.5m/s 이하로 하고 있다).

2. 손실수두

손실수두에는 관의 유입구와 유출구에서의 손실수두, 관의 마찰에 의한 손실수두, 수도계량기와 급수기구류 및 관이음부에 의한 손실수두, 관의 굴곡과 분기 및 단면변화에 의한 손실수두 등이 있다. 이들 손실수두 중에 주된 것은 관의 마찰손실수두, 수도계량기와 급수기구류 및 관이음부에 의한 손실수두이며 그 밖의 것들은 계산상 생략하더라도 영향은 적다.

가. 급수관의 마찰손실수두

동관, 스테인리스강관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관 등 관경 50 mm 이하인 급수관에서 마찰손실수두의 계산은 Weston 공식에 의하며, 관경 80 mm 이상의 관은 송배수관의 경우에 준한다.



[그림 9.2.3] 동수경사선도

〈Weston 공식〉

$$H_l = (0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087d}{\sqrt{V}}) \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (9.2.1)$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot V \quad \cdots\cdots (9.2.2)$$

여기서, H_l : 관의 마찰손실수두(m)

V : 관내의 평균유속(m/s)

L : 급수관의 연장(m)

g : 중력가속도(9.8m/s^2)

d : 급수관의 내경(m)

Q : 유량(m^3/s)

Weston 공식에 의한 급수관의 유량도는 〔그림 9.2.4〕와 같다.

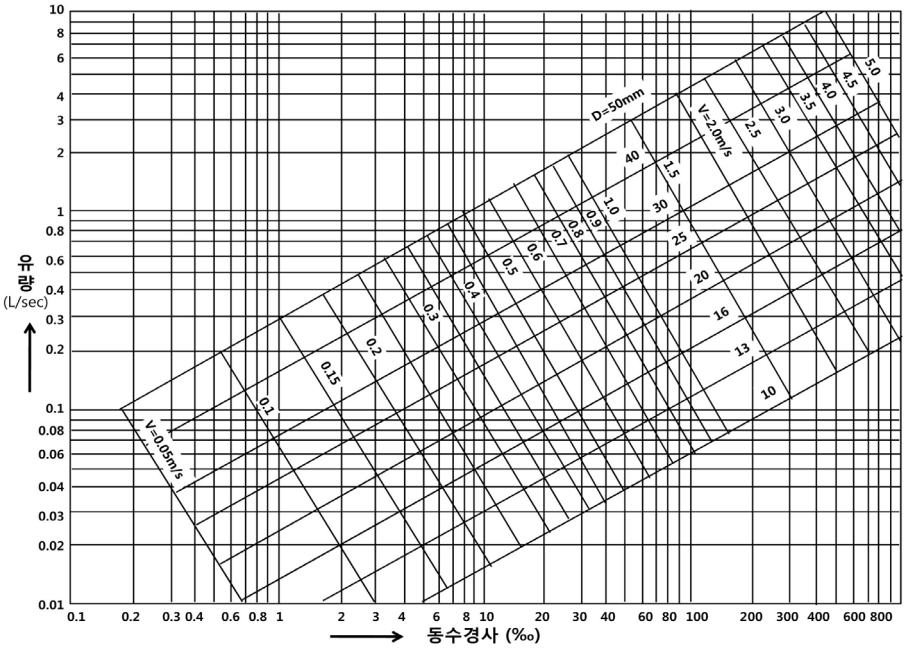
나. 각종 급수기구와 관이음부에 의한 손실수두

급수기구, 수도계량기 및 관이음부에 의한 유량과 손실수두와의 관계를 예시하면, 〔그림 9.2.5〕~〔그림 9.2.8〕과 같다.

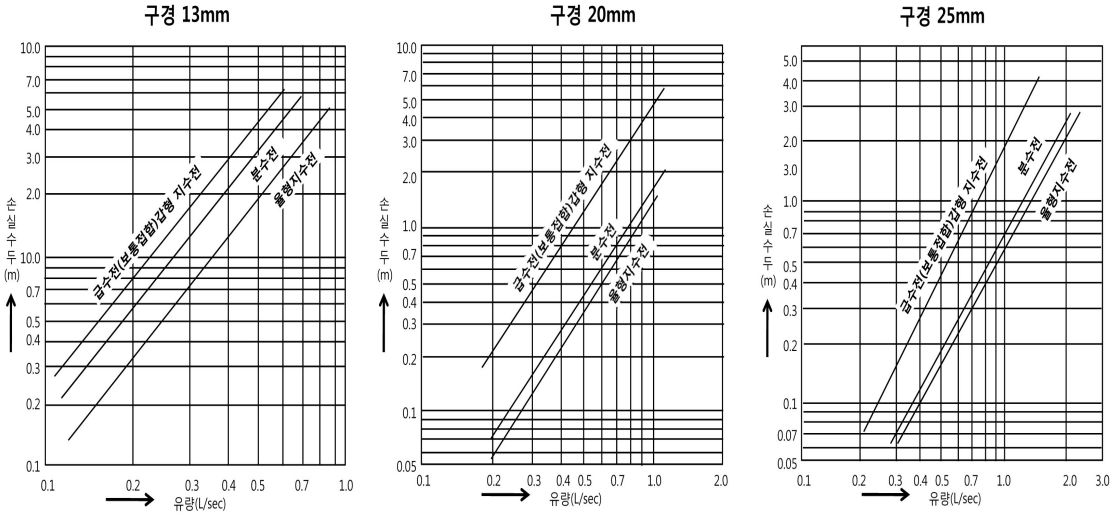
그러나 그림에서 나타내고 있지 않는 급수기구류의 손실수두는 제조자의 자료 등을 참고로 정한다.

다. 각종 급수기구와 관접합에 따른 손실수두를 직관으로 환산한 길이

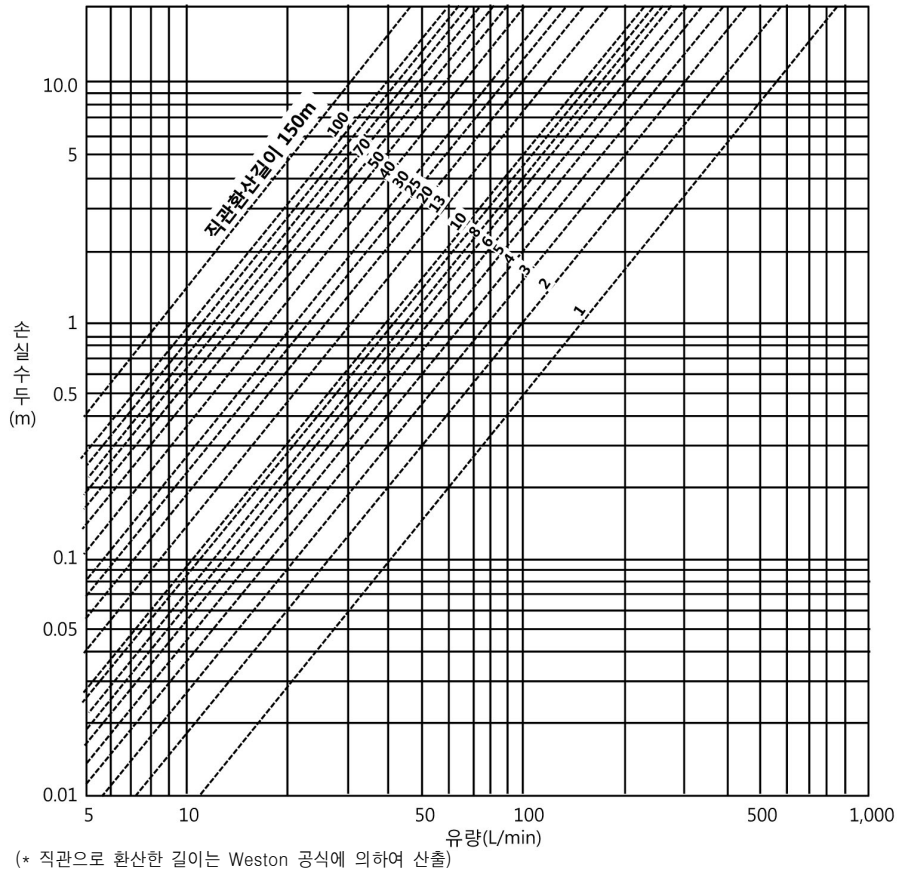
직관으로 환산한 길이(直管換算長)란 급수기구류, 수도계량기, 관이음부 등에 의한 손실수두를 동일한 구경의 직관으로 환산하여 몇 m의 손실수두에 해당하는가를 직관의 길이로 나타낸 것을 말한다. 각종 급수기구의 표준사용수량에 대응하는 직관으로 환산한 길이를 미리 계산해 놓으면, 관의 마찰손실수두를 구하는 식으로부터 이들 손실수두를 계산할 수 있다. 직관으로 환산한 길이를 구하는 방법은 다음과 같다.



[그림 9.2.4] Weston공식의 유량도

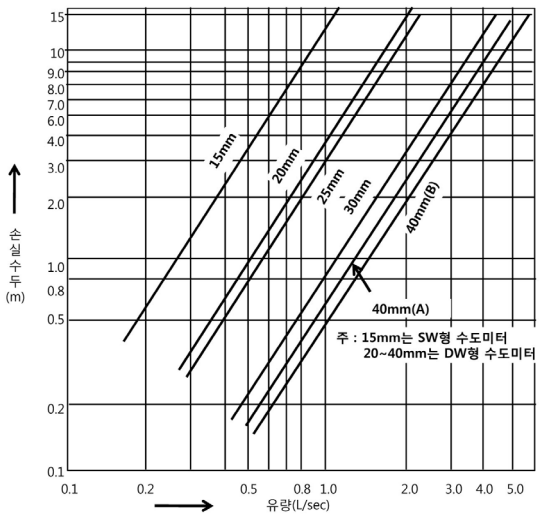


[그림 9.2.5(1)] 수전류에 대한 손실수두의 예(급수전, 지수전, 분수전)

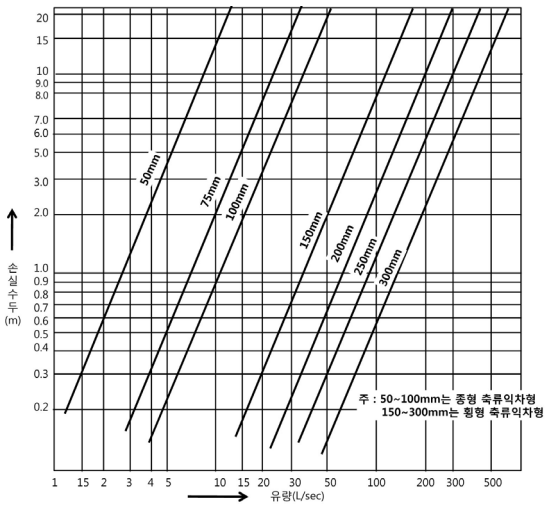


(* 직관으로 환산한 길이는 Weston 공식에 의하여 산출)

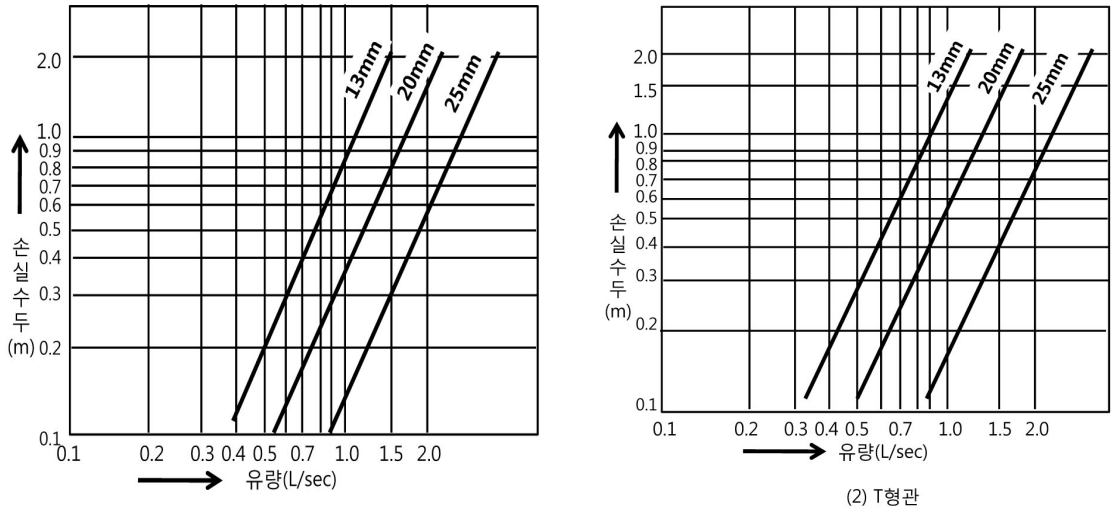
[그림 9.2.5(2)] 수전류의 유량에 따른 손실수두의 예(호칭경 25 단일식 역류방지밸브)



[그림 9.2.6] 수도미터 손실수두의 예



[그림 9.2.7] 대구경 수도미터 손실수두 예



[그림-9.2.8] 관 접합부에 대한 손실수두의 예

1) 각종 급수기구의 표준사용유량에 해당하는 손실수두(h)를 〔그림 9.2.5〕~〔그림 9.2.8〕 등으로부터 구한다.
2) 〔그림 9.2.4〕 Weston공식의 유량도로부터 표준사용유량에 해당하는 동수경사(I)를 구한다.
3) 직관으로 환산한 길이(L)는 $L=(h/I)\times1{,}000$이다.

3. 관경을 결정하는 계산방법

관로에서 계획사용수량을 흐르게 하기 위하여 필요한 관경은 유량공식으로 계산하여 구할 수 있지만, 유량도를 이용하여 구하는 방법에 관하여 계산한 예를 제시한다.

또한 실무상 개략적인 관경을 찾아내는 방법으로는 급수관에서 가장 긴 부분의 길이와 배수관의 계획최소동수압으로부터 급수기구의 설치높이를 뺀 수두(유효수두)에서 동수경사를 구하고, 이 값과 동시사용률을 고려한 계획사용수량을 이용하여 Weston공식의 유량도(〔그림 9.2.4〕)에서 구하는 방법도 있다.

〔계산의 예〕

1) 직결직압식 급수

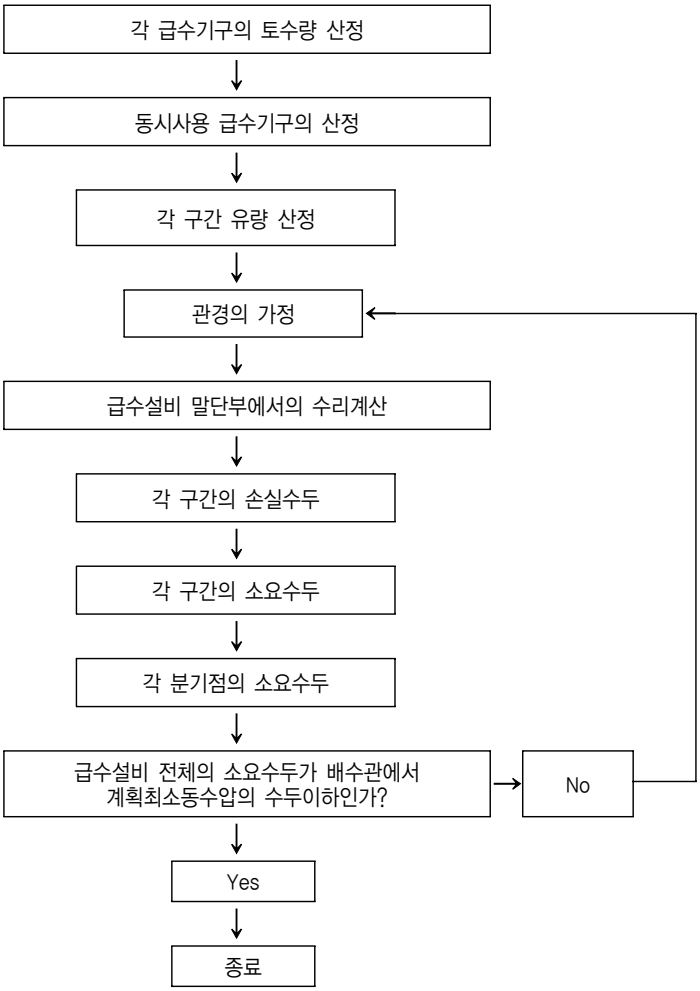
가) 조건

배수관의 압력(압력수두) 200kPa(20.41m)
총 급수기구의 수 6전
배수관에서 최고위치의 급수기구까지의 높이 7m

나) 순서

① 총 급수기구에서 동시사용률을 고려한 급수기구의 수를 설정한다(〈표 9.2.1〉).

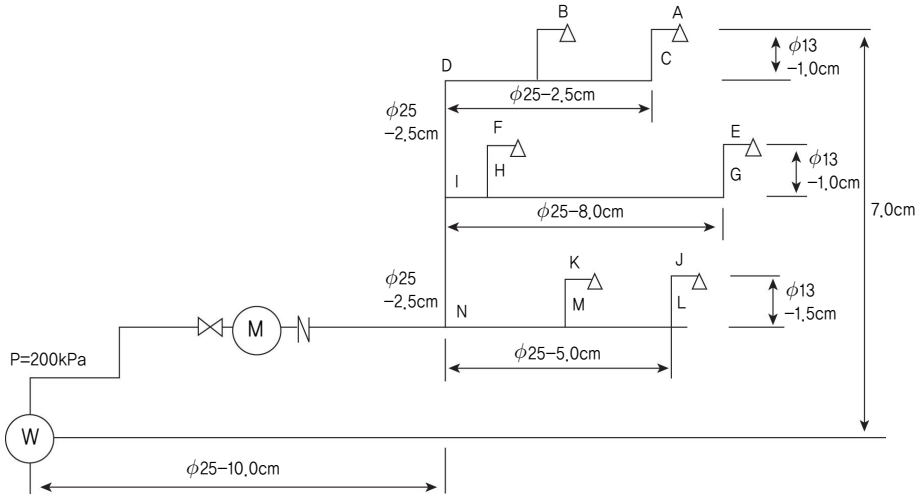
② 동시사용급수기구의 토수량을 설정한다(〈표 9.2.3〉).
③ 각 구간의 관경을 가정한다.
④ 급수설비의 말단에서 수리계산을 하고 각 분기점에서의 소요수두를 구한다(〔그림 9.2.4〕~〔그림 9.2.6〕).
⑤ 동일한 분기점에서 분기된 관로는 각 관로에서의 소요수두를 구하고 손실이 큰 관로의 수두를 그 분기점의 손실수두로 한다.
⑥ 수리계산의 결과에서 그 급수설비가 배수관의 압력수두보다 배수관으로부터 분기되는 지점에서의 소요수두가 작으면 가정한 관경으로 충분하지만, 배수관의 압력수두보다 큰 경우에는 가정한 관경을 수정하여 다시 한번 계산을 한다(〔그림 9.2.9〕 참조).



[그림 9.2.9] 관경을 결정하는 순서

다) 관경 결정

각 구간의 관계를 〔그림 9.2.10〕과 같이 가정한다.



[그림 9.2.10] 직결직압식 급수설비

설치위치	급수기구명	급수기구의 구경	동시사용급수기구	계획사용수량
A	대변기(세척수조)	13mm	사용	12L/min
B	수세기	13mm	-	-
E	부엌	13mm	사용	12L/min
F	세면기	13mm	-	-
J	욕조	13mm	사용	20L/min
K	대변기(세척수조)	13mm	-	-
			계	44L/min

계산 ①

구 분	유량 (L/min)	가정관경 (mm)	동수경사 (‰) A	연장 (m) B	손실수두(m) D=A×B/1000	설치높이 (m) E	소요수두 F=D+E	비 고
급수전 A	12	13	급수기구		0.80	-	0.8	〔그림 9.2.5(1)〕에서
급수전 A~C	12	13	230	1.0	0.23	1.0	1.23	〔그림 9.2.4〕에서
급수전 C~D	12	25	13	2.5	0.03	-	0.03	〔그림 9.2.4〕에서
급수전 D~I	12	25	13	2.5	0.03	2.5	2.53	〔그림 9.2.4〕에서
						계	4.59	

계산②

급수전 E	12	13	급수기구		0.80	-	0.8	〔그림 9.2.5(1)〕에서
급수관 E~G	12	13	230	1.0	0.23	1.0	1.23	〔그림 9.2.4〕에서
급수관 G~I	12	25	13	8.0	0.1	-	0.1	〔그림 9.2.4〕에서
						계	2.13	

계산 ① 4.59m>계산 ② 2.13m

따라서 I점에서의 소요수두는 4.59m가 된다.

계산 ① 4.59m+계산 ③ 2.62m=7.21m〉계산 ④ 4.70m

따라서 N점에서의 소요수두는 7.21 m로 된다.

다음에 N~O에 대하여 계산 ⑤를 한 결과,

A~N 7.21 m+N~O 6.10 m=13.31 m〈배수관의 압력수두 20.41 m

따라서 가정한 관경으로 적당하다.

또 배수관의 압력수두 20.41 m - A~O 소요수두 13.3 1m=7.10 m가 여유수두로 된다.

계산③

구 분	유량 (L/min)	가정관경 (mm)	동수경사 (‰) A	연장(m) B	손실수두 (m) D=A×B/1000	설치높이 (m) E	소요수두 F=D+E	비 고
급수관 I~N	24	25	48	2.5	0.12	2.5	2.62	〔그림 9.2.4〕에서

계산④

급수전 J	20	13	급수기구		2.2	-	2.2	〔그림 9.2.5(1)〕에서
급수전 J~L	20	13	550	1.5	0.83	1.5	2.33	〔그림 9.2.4〕에서
급수전 L~N	20	25	34	5.0	0.17	-	0.17	
						계	4.70	

계산⑤

N~O	N	44	25	120	10	1.2	1.0	2.2	〔그림 9.2.4〕에서
	⊣N⊢	44	25	역류방지밸브		0.8	-	0.8	〔그림 9.2.5(2)〕에서
	Ⓜ	44	25	계량기		1.8	-	1.8	〔그림 9.2.6〕에서
	⋈	44	25	지수전		0.9	-	0.9	〔그림 9.2.5(1)〕에서
	분수전	44	25	분수전		0.4	-	0.4	〔그림 9.2.5(1)〕에서
							계	6.1	

2) 직결가압식 급수

직결가압식 급수에서 관경결정은 가압급수설비나 급수관의 급수능력은 건물 내의 사용수량 변동에 직접 영향을 미치므로 관경을 결정할 때에는 건물 내의 사용실태에 따른 동시사용수량을 정확하게 파악하여 계획사용수량을 구한다. 더욱이 직결가압식 급수에서는 그 수량을 급수할 수 있는 성능을 갖는 가압급수설비를 선정하고 그 수량에 따라 급수할 수 있는 관경을 결정한다.

또한 관경을 결정할 때의 수리계산 방법으로서는 이 「시설기준」에 근거하여 주로 관경 50 mm 이하는 Weston공식, 구경 80mm 이상은 Hazen · Williams공식을 이용하는 방법과, 건축설비의 설계에서 사용되고 있는 등마찰저항법의 수리계산식으로 Hazen · Williams공식을 이용하는 방법이 있으므로, 수도사업자들은 이러한 식들을 비교 검토한 다음 사용할 계산식을 수도사업자의 시행기준 등으로 정해 두는 것이 바람직하다.

여기서 가압급수설비의 토출압은 관말최고위치에 있는 급수기구를 사용하기 위하여 필요한 압력을 확보할 수 있도록 설정한다. 가압급수설비에 대한 토출압의 설정치는

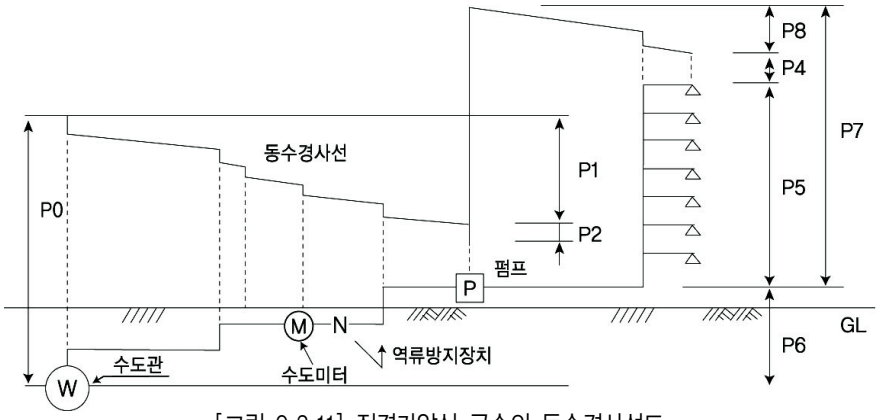
① 가압급수설비의 하류측에 있는 급수관 및 급수기구의 손실수두(P3)

② 최고위치에 있는 급수기구를 사용하는데 필요한 압력(P4)

③ 가압급수설비와 최고위치 급수기구와의 고저차(P5)

의 합계가 설정치(P7)로 된다.

직결가압식 급수의 동수경사선도는 〔그림 9.2.11〕과 같다.



[그림 9.2.11] 직결가압식 급수의 동수경사선도

9.2.4 관종

급수관은 원칙적으로 「수도법」제18조 제②항 및 「수도법시행령」제30조의 기준에 적합한 규격품을 사용하고, 관종을 선정할 때에는 수질, 부설장소의 지질, 관이 받는 내·외압, 기후, 관의 특성, 통수 후의 유지관리 등을 고려하여 가장 적절한 관종을 선정한다.

【해설】

급수관으로서는 시멘트라이닝 덕타일주철관, 경질 폴리염화비닐관, 폴리에틸렌관 등이며 이외에도 스테인리스강관과 동관 등이 있다. 급수관은 내구성과 강도가 우수하고 또한 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는 것을 사용한다. 특히 급수관의 접합부는 취약하므로 접합부는 간단하고 확실한 구조와 기능을 갖는 것이어야 한다.

각 관종의 규격과 특성에 대한 개요는 다음과 같다.

1. 덕타일주철관

덕타일주철관류는 4.2.2 관종에 준한다.

2. 강관

급수용 강관은 부식되기 쉬우므로 강관의 내외면에 여러 가지 라이닝을 시공한 복합관이 규격화되어 있다.

가. 경질염화비닐 라이닝강관

경질염화비닐 라이닝강관은 강도에 대해서는 강관이 분담하고 내식성 등에 대해서는 비닐라이닝이 분담하며 각각의 재료를 효율적으로 이용한 복합관이다. 경질염화비닐 라이닝강관에는 옥내 및 매설용도에 대응할 수 있는 외면 도장이 다른 종류가 있다.

관의 절단 및 나사작업을 할 때에는 라이닝된 비닐부분에서의 국부적인 가열을 피하고 외면에 피복되어 있는 비닐부분을 주의하여 취급하도록 고려해야 한다.

접합부의 나사나 관의 단부는 부식되기 쉬우므로 외면수지피복된 관단방식(管端防蝕)형 조인트를 사용한다. 또한 그 밖의 조인트를 사용하는 경우에는 관단방식코어 등을 사용한다. 나사부분에는 수질에 영향을 미치지 않는 방식실(seal)재를 사용하여 충분히 방호한다.

나. 폴리에틸렌분체 라이닝강관

폴리에틸렌분체 라이닝강관은 강관의 내면에 적정한 전처리를 한 다음 폴리에틸렌분체를 열융착에 의하여 라이닝한 것이다. 관 및 조인트의 종류, 접합방법 등에 관해서는 앞에서 기술한 경질염화비닐 라이닝강관에 준한다.

다. 내열성 경질염화비닐 라이닝강관

내열성 경질염화비닐 라이닝강관은 강도에 대해서는 강관이 분담하고, 내열성 및 내식성에 대해서는 비닐라이닝이 분담하는 각각의 재질을 효율적으로 이용한 복합관이다. 또한 내열성 경질염화비닐 라이닝강관은 외면이 1차방청도장한 옥내배관용이다. 관의 절단 및 나사작업을 할 때에는 라이닝된 비닐부분에서의 국부적인 가열을 피하는 것 등 배관할 때에 주의해야 한다.

라. 스테인리스강관

스테인리스강관은 스테인리스강대로 자동제관기에 의하여 제조되며, 일반적으로 사용하는 종류로는 STS304와 STS316 등이 있고 STS316은 내식성이 높다. 스테인리스강관은 다른 관종에 비하여 강도적으로 뛰어나고 경량화되어 있어서 취급이 용이하다. 관을 보관하거나 가공할 때에는 긁히거나 부딪힘으로 인한 손상을 입지 않도록 취급에 주의해야 한다.

수도용 주름마디스테인리스강관(KS B 1508)은 수도용스테인리스강관 등을 원관으로 하여 액압으로 팽출시켜서 암컷금형으로 성형된 액압발디성형방법에 의하여 제조되며 STS304의 주름관 A와 STS316의 주름관 B의 2종류가 있다. 주름마디스테인리스강관은 변위흡수성 등의 내진성이 풍부하고 또한 주름부에서 임의의 각도를 형성할 수 있으며 접합부가 적고 배관시공이 용이하다. 주름관은 옥내에 보관하며 필요에 따라 비닐시트(seat) 등으로 덮는다. 배관을 부설한 다음 되메울 때에 자갈이나 유리파편 등이 관과 접촉되거나 관의 주름부에 끼이지 않도록 한다.

조인트의 종류로는 신축가동식인 슬립인조인트 등이 있으며 각각의 조인트가 갖는 특징을 살리고 용도에 따라 구별하여 사용할 수 있다.

마. 도복장강관

도복장강관은 4.2.2 관종에 준한다.

3. 경질 폴리염화비닐관

가. 경질 폴리염화비닐관

경질 폴리염화비닐관은 인장강도가 비교적 크고 내식성과 내전식성이 크다. 그러나 직사일광에 의한 열화나 온도변화에 의한 신축성이 있다. 또한 난연성이지만 열 및 충격에 약하고 동결되었을 때에 파손되기 쉽다. 따라서 사용범위는 약 -5~60 ℃(기온)이다. 특히 관에 상처가 나면 파손되기 쉬우므로, 외상을 받지 않도록 취급해야 하며 관에는 방향족화합물 등 관의 재질에 나쁜 영향을 미치는 물질과 접촉시켜서는 아니 된다.

접합방법에는 접착제를 사용하는 TS접합과 고무륜형접합이 있다. TS접합작업으로는 접합재가 관내에 유입되어 단면을 폐색하여 통수량을 저해하는 등 급수상의 여러 가지 사고나 폐해를 발생하는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

나. 내충격성 경질 폴리염화비닐관

내충격성 경질 폴리염화비닐관은 경질 폴리염화비닐관의 충격강도를 높이도록 개량된 것이다. 경질 폴리염화비닐관과 같이 장기간 직사일광을 쪼이면 내충격강도가 노후되므로 조심해야 한다.
관의 취급에 대하여서는 상기 1)의 경질 폴리염화비닐관에 준한다.

4. 폴리에틸렌관

폴리에틸렌관은 경질 폴리염화비닐관에 비하여 유연하며 경량으로 내한성과 내충격강도가 크며 또한 긴 파이프형태로 공급되므로 접합을 적게 하고 시공할 수 있다. 그러나 다른 관종에 비하여 연하고 상처가 나기 쉬우므로 관을 보관하거나 가공할 때에는 취급에 주의해야 한다. 또한 유기용제나 휘발유 등에 접촉될 우려가 있는 장소에는 사용하지 않는 것이 좋다.

5. 동관

동관은 인장강도가 크고 알칼리에 침식되지 않으며 녹의 발생도 적다. 그러나 두께가 얇고 변형되기 쉬우므로 운반하고 취급할 때에는 주의가 필요하다. 이것들의 방지와 내식성이 필요한 곳에는 피복동관을 사용하는 것이 바람직하다. 또 원수에 유리탄산이 많은 수도에는 알맞지 않다. 관의 보관에는 건조한 장소를 선정한다.

6. 가교폴리에틸렌관

가교폴리에틸렌관은 폴리에틸렌의 분자 사이에 특정한 수단으로 3차원의 화학결합(가교)을 일으켜 분자량을 증대시킨 폴리에틸렌관이다.

가교폴리에틸렌관은 내열성과 내식성이 뛰어나고 경량이며 유연하고 관내에 녹이 부착되지 않으며 유체저항도 작다. 또한 내한성에 뛰어나서 한랭지에서 사용하는데 적합하다. 그러나 열팽창이 크기 때문에 배관할 때에는 주의해야 한다.

7. 폴리부틸렌관

폴리부틸렌관(KS M 3363, polybutylene pipes)은 내열성, 내한성이 뛰어나며, 내부식성, 내충격성이 크다. 또한 시공성이 우수하고 경량이며 취급이 쉽고 절단, 시공 등의 작업이 간단하다.

용도는 급수 및 온수배관, 난방용 배관 등으로 사용된다.

최근에는 아파트 세대내 급수배관공법으로 외부 CD관에 가교폴리에틸렌관 또는 폴리부틸렌관을 삽입한 이중배관을 바닥 슬라브 등 구조체에 매립하여 누수 등 하자발생 시에도 구조체 파손없이 배관교체가 가능하도록 한 이중배관공법 적용이 늘어나고 있는 추세이다.

9.2.5 관의 분기

수도사업자는 배수관에서 급수관을 분기하는 공법 및 시공에 관한 시행기준 등을 정하여 놓는 것이 바람직하다. 급수관의 분기는 다음과 같이 한다.

1. 배수관에서 급수관을 분기하기 위하여 천공하는 경우에는 배수관의 강도, 내면 도포막 등에 나쁜 영향을 주지 않도록 한다.
2. 배수관에서 급수관을 분기하는 경우에는 배수관의 관종과 관경에 따라 새들붙이분수전, T자형관 또는 할정자관(割丁字管) 등을 사용한다.
3. 급수관을 새들붙이분수전 등으로 분기할 경우에는 그 간격을 30cm 이상으로 한다.
4. 급수관을 T자형관 또는 할정자관으로 분기하는 경우에는 급수관의 관경은 배수관의 관경보다 작은 것으로 한다.

【해설】

배수관에서 급수관을 분기할 때에는 가스관, 공업용수도관 등 수도 이외의 관과 오접속되지 않도록 경고테이프, 소화전, 제수밸브 등의 위치나 음청 등으로 해당 배수관인 것을 충분히 확인해야 한다. 또 필요에 따라서는 점용자와 함께 도면의 확인이나 점용자를 현지에 입회하도록 의뢰한다.

1.에 대하여 ; 배수관을 천공하는 경우에는 배수관의 구경에 따라 천공간격과 구경의 크기에 주의하고 배수관의 강도가 저하되지 않도록 고려한다. 또한 배수관의 내면에 라이닝된 도포막이 박리되지 않도록 주의해야 하며 배수관의 천공단면(穿孔斷面) 등을 방식하기 위하여 적절한 천공단면에 링크립을 장착하는 등의 조치를 강구한다.

2.에 대하여 ; 배수관에서 각 수요가에 인입하는 급수관을 분기할 경우 급수관의 관경이 50mm 이하인 경우에는 천공기를 사용하여 새들붙이분수전으로 분기하고, 급수관의 관경이 80mm 이상일 경우에는 배수관을 절관하여 T자형관으로 연결하거나 또는 부단수철관천공기(不斷水鐵管穿孔機)를 사용하여 할정자관으로 분기한다. 그러나 이형관에서는 새들붙이분수전 등을 설치해서는 안 된다. 또한 접합부 부근에 분수전을 설치하는 경우에는 유지관리를 고려하여 접합부로부터 30cm 이상 이격시켜야 한다.

3.에 대하여 ; 새들붙이분수전 등으로 급수관을 분기하는 경우에는 관종에 따라 외경이 상이하므로 배수관의 관종에 따른 새들붙이분수전(주철관용 또는 강관, PE, PVC관용)을 사용하여 천공하되 새들붙이분수전 상호간에 설치 간격은 배수관의 천공에 의한 내력 감소를 방지하고 급수설비 상호간의 유량에 미치는 나쁜 영향을 방지하며 시공에 대한 작업여건을 고려하여 30cm 이상의 이격거리를 확보한다. 특히 기존 급수관의 분기위치 부근에서 분기할 때에는 주의가 필요하다.

4.에 대하여 ; T자형관이나 할정자관으로 분기하는 급수관은 일반적으로 그 관경이 크고 사용수량도

많다. 따라서 급수로 인한 인근 수요가에게 미치는 영향이 크므로, 이를 고려하여 배수관의 관경보다 적어도 한 단계 아래의 작은 관경으로 한다.

9.2.6 배관

1. 급수관을 공공도로에 부설할 경우에는 도로관리자가 정한 점용위치와 깊이에 따라 배관해야 하며 다른 매설물과의 간격을 30 ㎝ 이상 확보한다.
2. 급수관을 부설하고 되메우기를 할 때에는 양질토 또는 모래를 사용하여 적절하게 다짐하여 관을 보호한다.
3. 수요가의 대지 내에서 급수관의 부설위치는 지수전과 수도미터 및 역류방지밸브 등의 설치와 유지관리에 알맞은 장소를 선정하고 대지 내에서도 가능한 한 직선배관이 되도록 한다.
4. 급수관 부설은 가능한 한 배수관에서 분기하여 수도미터 보호통까지 직선으로 배관해야 하나, 하수나 오수조 등에 의하여 수돗물이 오염될 우려가 있는 장소는 가능한 한 멀리 우회한다. 또 건물이나 콘크리트의 기초 아래를 횡단하는 배관은 피해야 한다.
5. 급수관을 지하층 또는 2층 이상에 배관할 경우에는 각 층마다 지수밸브와 함께 진공파괴기 등의 역류방지밸브를 설치하고, 배관이 노출되는 부분에는 적당한 간격으로 건물에 고정시킨다.
6. 동결이나 결로의 우려가 있는 급수설비의 노출부분에 대해서는 적절한 방한조치나 결로방지조치를 강구한다.
7. 급수관이 개거를 횡단하는 경우에는 가능한 한 개거의 아래로 부설한다.
8. 중고층 건물에 직결급수하기 위한 건물 내의 배관방식 선정과 가압급수설비는 보수관리, 위생성, 배수관에서의 영향 및 안정된 급수 등을 고려해야 한다.

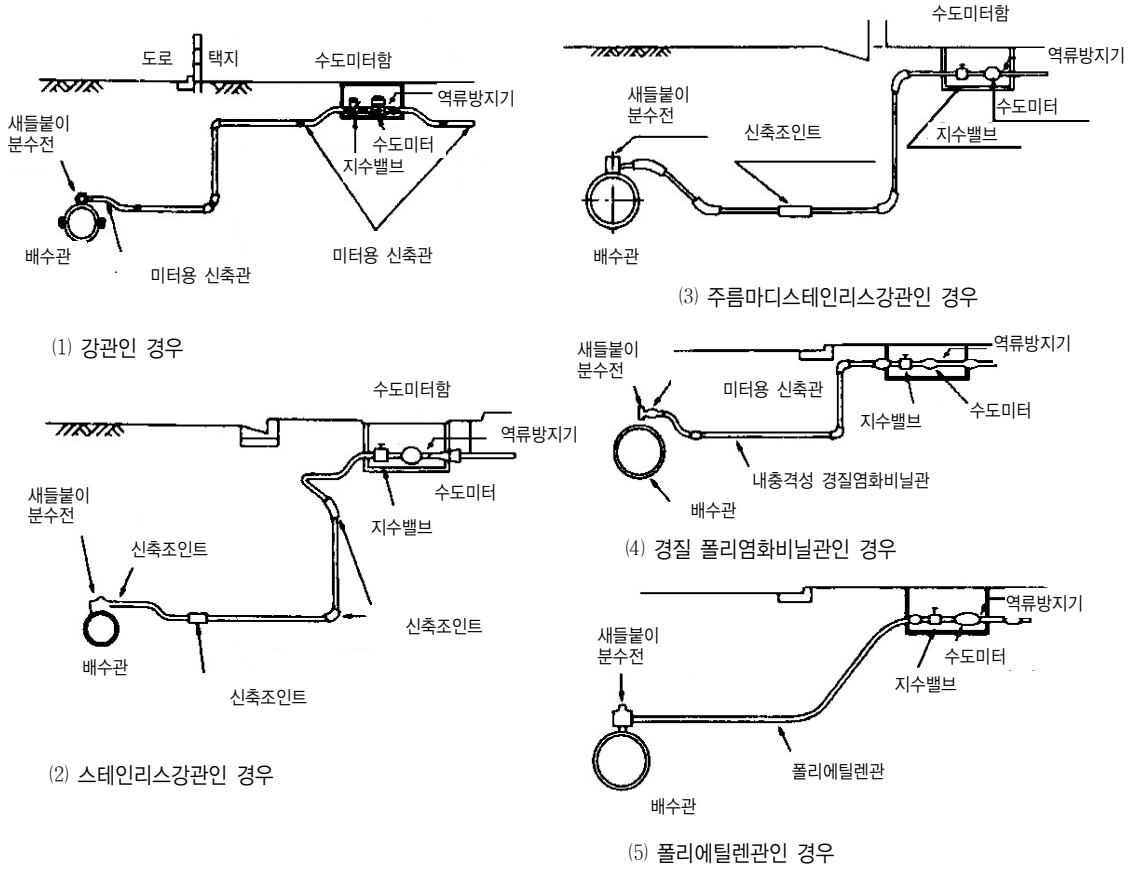
【해설】

1.에 대하여 ; 각 수요가에 급수하기 위하여 배수관에서 분기하는 급수관이 공도를 종단하여 부설하는 부분은 가스관, 전력케이블관, 통신케이블관 및 기타 매설물과의 관계가 있으므로 도로관리자가 정한 점용위치를 따라야 한다. 얕은 매설에 관해서는 7.4.5 매설위치와 깊이에 의한다. 특히 급수관을 다른 매설물에 근접하여 부설하면, 접근점 부근의 집중하중이나 급수관의 누수에 의한 샌드브라스트(sand blast)현상 등에 의하여 관에 손상을 줄 우려가 있다. 따라서 이러한 사고를 미연에 방지해야 하고 부수작업을 고려하여 급수관은 다른 매설물과 최소 30 ㎝ 이상 간격을 유지하여 매설한다.
급수관을 도로 내에서 비스듬히 배관하면 유지관리에 지장을 주므로 배수관과 거의 직각으로 배관한다. 급수관에 대한 분기배관의 예는 〔그림 9.2.12〕를 참조한다.

2.에 대하여 ; 4.2.14 관의 기초에 의한다.

3.에 대하여 ; 지수전과 수도미터 등은 장래 유지관리에 지장을 주지 않는 위치에 설치해야 하고 급수관은 가능한 한 직선으로 배관한다. 도중에 하수관 등이 있는 경우에는 관의 파손 등이 있을 경우에 수질오염의 우려가 있으므로 그 영향이 없는 곳까지 이격하여 배관한다.

지수전과 수도미터 보호통은 차량 등의 외압을 받기 쉬운 장소 또는 장애물을 두거나 매몰되기 쉬운 장소를 피하여 사유지 내에 설치하는 것이 바람직하다. 도로에 설치할 경우에는 도로공사나 차량 등 외압으로 누수가 발생되거나 수도미터 보호통의 파손, 매몰 등이 발생하는 경우도 많으며 수도미터 검침 또는 옥내 누수사고 등 긴급시에 지장을 주게 되므로 이러한 일이 일어나지 않도록 고려한다.



[그림 9.2.12] 급수관에 대한 분기배관의 예

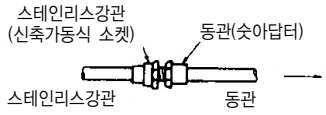
4.에 대하여 ; 급수관로는 통수상으로나 경제적으로도 가능한 한 굴곡배관을 피하여 직선배관으로 해야 하나 도중에 하수나 오수조 등의 오염원이 있어서 관의 파손시 수질오염의 불안이 있을 경우에는 그 영향이 없는 장소까지 멀리 돌아서 배관한다.

또 급수관이 건물이나 콘크리트 기초의 아래를 통과할 경우에는 장래 보수작업이 매우 곤란하므로 이러한 장소를 피하여 배관한다.

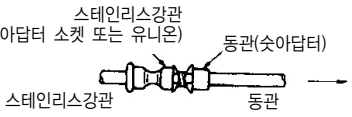
5.에 대하여 ; 고층건물의 지하층이나 2층 이상의 배관부분에는 보수나 개조공사 등에 대비하여 각 층마다 통수를 중단할 수 있도록 지수밸브를 설치한다. 또 건물의 기둥이나 벽 등을 따라 배관하는 경우에 노출배관은 외력, 자중, 압력 등에 의한 진동이나 휨으로 손상을 받기 쉽기 때문에 급수관을 크립 등의 브래킷(bracket)을 사용하여 1~2m의 간격으로 건물에 고정시킨다. 급수전을 설치하는 부분은 특히 손상되기 쉬우므로 견고하게 고정시킨다.

그리고 서로 다른 이종급수관의 접속에 대해서는 〔그림 9.2.13〕을 참조한다.

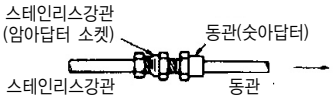
(1) 스테인리스강관과 동관



① 신축가동식 이음에 의한 접합

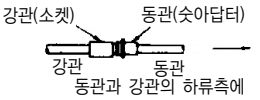


② 압착식 이음에 의한 접합

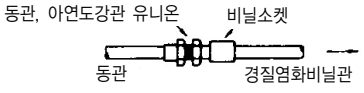


③ 압축 이음에 의한 접합

(2) 강관과 동관

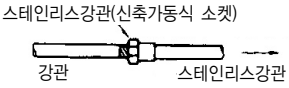


(3) 동관과 경질염화비닐관

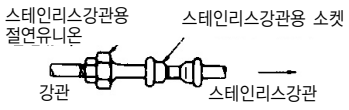


(4) 강관과 스테인리스 강관

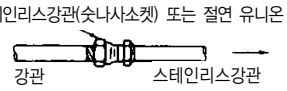
금속 전위차에 의한 부식을 방지하기 위해 필요한 다음의 조인트를 사용하여 접합한다.



① 신축가동식 이음에 의한 접합

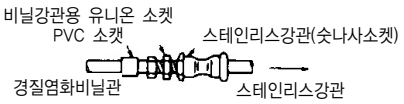


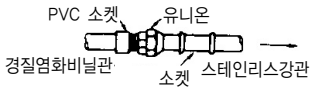
② 압착식 이음에 의한 접합



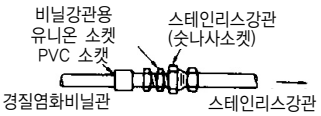
③ 압축 이음에 의한 접합

(5) 경질염화비닐관과 스테인리스강관





① 압착식 이음에 의한 접합

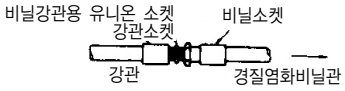


② 압착 이음에 의한 접합



③ 유니온에 의한 접합

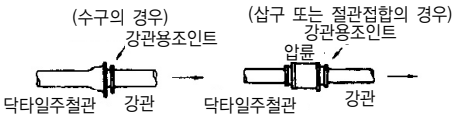
(6) 강관과 경질염화비닐관

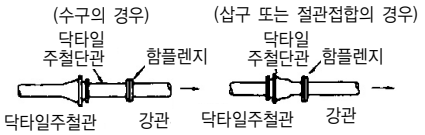


(7) 경질염화비닐관과 PE관

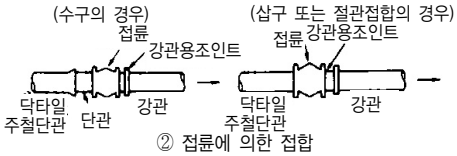


(8) 닥타일주철관과 강관





① 이음부속에 의한 접합

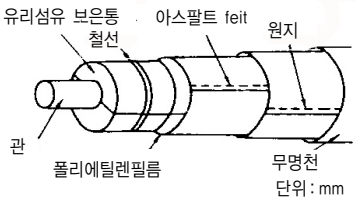
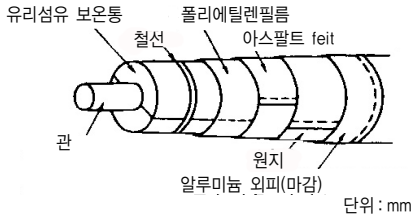


② 접륜에 의한 접합

[그림 9.2.13] 이종 급수관의 접속 예

6.에 대하여 ; 옥내배관의 노출부분 등은 관의 표면에 결로현상이 생겨서 주위의 가구나 의류 등을 손상시키는 경우가 있으므로 결로방지 조치를 한다.

또 유리솜 등 흡습성이 큰 보온재를 사용하는 경우에는 방습을 위하여 폴리에틸렌필름 등을 방습재로 집어넣고 시공하는 것이 바람직하다(〔그림 9.2.14〕 참조). 또한 방한조치에 대해서는 9.7 한랭지 대책의 9.7.3 시공을 참조한다.

시공장소	보온의 종류	시 공 예
옥내노출 (일반 및 중앙기계실)	1. 유리섬유 보온통 2. 철선 3. 폴리에틸렌 필름 4. 아스팔트 felt 5. 원지 6. 무명천	 단위 : mm 호칭경 | 15~25 | 32~200 | 250이상 보온두께 | 30 | 40 | 50
옥내노출 (각종기계실, 서고, 창고 등)	1. 유리섬유 보온통 2. 철선 3. 폴리에틸렌 필름 4. 아스팔트 felt 5. 원지 6. 알루미늄 외피(마감)	 단위 : mm 호칭경 | 15~25 | 32~200 | 250이상 보온두께 | 30 | 40 | 50

[그림 9.2.14] 방한조치의 예

7.에 대하여 ; 급수관을 도랑, 개거 등을 횡단하여 부설하는 경우에는 가능한 한 개거 등의 아래로 부설하되 관이 절손(折損)될 우려가 있으므로 강관 등의 외관 속에 넣어 2중관으로 매설한다. 이렇게 하는 것이 곤란한 경우에는 개거 등의 고수위 이상의 높이로 배관한다. 이러한 경우에도 방한과 방식에 관하여 적절한 조치를 강구한다.

8.에 대하여 ; 중고층 건물에 직결식으로 급수하는 건물 내의 배관방식 및 가압급수설비의 시방에 대해서는 보수관리, 위생성, 배수관의 영향 및 안정된 급수 등을 고려하여 그 취급이나 설비에 대한 시행기준 등을 정해 두는 것이 바람직하다.

9.2.7 위험한 접속

1. 급수관은 수도사업자가 관리하는 수도관 이외의 수도관이나 기타 오염의 원인으로 될 수 있는 관과 직접 연결해서는 안 된다.
2. 급수관을 방화수조(防火水槽), 수영장 등 오염의 원인이 될 우려가 있는 시설과 연결하는 경우에는 급수관의 토출구를 만수면보다 200 mm 이상의 높이에 설치해야 한다. 다만, 관경이 50 mm 이하인 경우에는 그 높이를 최소 50 mm로 한다.
3. 대변기용 세척밸브는 유효한 진공파괴설비를 설치한 세척밸브나 대변기를 사용하는 경우를 제외하고는 급수관에 직결해서는 안된다.
4. 저수조를 만들 경우에 급수관의 토출구는 수조의 만수면에서 급수관경 이상의 높이에 만들어야 한다. 다만, 관경이 50 mm 이하의 경우는 그 높이를 최소 50 mm로 한다.

【해설】

1. 및 2.에 대하여 ; 7.4.12 위험한 접속의【해설】을 참조한다.

3.에 대하여 ; 급수관을 변기용 세척밸브에 직결하여 사용하는 경우에는 변기가 닫히고 오수가 변기의 세척공(洗滌孔) 이상까지 채워졌을 때 가끔 시공의 잘못 등으로 급수관내에 부압이 생기면 변기내의 오물이 급수관내로 역류할 우려가 있다.

그 대책으로 진공파괴설비를 구비한 세척밸브나 변기를 사용하고 급수관내에 부압이 생겼을 때에는 세척밸브와 변기자체에 설치된 흡기공(吸氣孔)에서 바로 공기를 흡입하여 관내의 부압을 제거함으로써 변기내 오수가 역류되는 것을 방지한다. 다만, 진공파괴장치에는 여러 가지 형식이 있으므로 비교하여 유효한 것을 채택한다.

4.에 대하여 ; 저수조식 급수방식에서 저수조와 급수관의 구조는 7.4.12 위험한 접속을 참조한다. 이것은 세면기나 욕조 등에서도 같다. 또 저수조에는 월류관과 배수관(排水管)을 설치하는데, 지하저수조에서 배수관(排水管)을 오수조에 연결시킬 경우에는 특히 오수가 역류하지 않도록 주의한다.

저수조의 유입관 관경이 50 mm 이하일 경우에는 관의 토수구와 만수면과의 간격을 최소 50 mm 이상으로 한다.

9.2.8 매설심도

급수관의 매설심도는 일반적으로 60cm 이상으로 하는 것이 바람직하나 매설장소의 여건을 고려하여 그 지방의 동결심도 이하로 매설한다.

【해설】

도시의 지하매설물 규정에 매설심도가 정해져 있을 경우에는 그 규정에 따르나 정해져 있지 않을 경우에는 매설 장소의 토질, 하중, 충격 등을 충분히 고려하여 결정한다.

일반적으로 공·사도에서 급수관의 매설심도는 60 cm 이상으로 하는 것이 바람직하며, 특히 한랭지에서는 급수관을 그 지방의 동결심도보다 더 깊게 매설한다. 관경 80 mm 이상의 관에 대해서는 4.2.6 매설위치 및 깊이에 준한다.

9.2.9 보호공

급수설비의 보호공은 다음 각 항에 따른다.
1. 급수관이 개거(開渠)를 횡단하는 부분은 가능한 한 개거의 아래로 부설하고 횡가(橫架)하는 경우에는 급수관이 절손(折損)될 우려가 있으므로 강관 등의 안에 넣어 고수위 이상의 높이에 부설한다.
2. 궤도를 횡단할 경우에는 필요에 따라 콘크리트관 등에 넣어서 매설한다.
3. 전식의 우려가 있는 장소에서는 4.2.17 전식 및 부식방지에 준한다.
4. 급수관이 산이나 알칼리에 의하여 부식될 우려가 있을 경우에는 유리솜 테이프나 아스팔트 주트(jute)로 감거나 콜타르, 기타 방식도료를 발라야 한다.
5. 동결의 우려가 있는 지역에서는 급수설비의 노출부분은 방한장치를 설치한다.
6. 급수설비에는 과대한 수격작용을 주는 급수기구를 사용해서는 안 된다. 특히 이상 과수압을 일으킬 경우에는 기구에 근접하여 공기실 등을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 급수관을 구거(溝渠)나 개거 등의 수로를 횡단하여 부설하는 경우에는 수로의 유하물 등에 의한 관의 손상을 피하기 위하여 관을 가능한 한 수로의 하부에 강관 등의 안에 넣어서 매설한다.

그러나 이렇게 하는 것이 곤란할 경우에는 수로를 횡단하되 고수위 이상의 높이에 부설한다. 이때 관을 보호하기 위하여 강관 등의 안에 넣어 방한, 방식 등 적절한 조치를 취한다.

2.에 대하여 ; 급수관이 궤도를 횡단하는 장소에는 궤도관리자와 충분히 협의한 다음 차량에 의한 하중이나 충격이 직접 관에 작용하지 않도록 콘크리트관 등에 넣는 등의 방법을 강구하여 충분하게 보호한다.

3.에 대하여 ; 전식될 우려가 있는 곳에 급수관을 부설할 때에는 가능한 한 금속관을 피하여 전식을 받지 않는 비금속관을 사용해야 하지만, 관의 강도, 부설장소의 상황, 기타 사정으로 부득이 금속관을 사용할 경우에는 급수관과 전기궤도의 귀선(歸線) 불절연부분(不絶緣部分)과의 거리를 1m 이상 확보해야 한다. 또한 급수관의 전식을 방지하기 위하여서는 각종 케이블선에 접근할 경우에는 30cm 이상 떨어지게 하고 내식성 테이프나 아스팔트주트 등을 감아야 하며, 필요에 따라서는 4.2.17 전식 및 부식방지에 준하여 전식방지장치를 시공한다.

4.에 대하여 ; 산이나 알칼리 등에 대한 화학적 부식이 염려되는 지중에 급수관을 부설할 경우에는 이들에 대한 내식성이 있는 급수관의 관종을 선정하여 사용해야 하지만, 부득이 부식의 우려가 있는 관종을 사용할 경우에는 관을 유리솜테이프, 아스팔트 주트 기타 내식성 테이프로 감거나 콜타르, 기타 방식도료로 도포하는 등의 보호방법을 취한다.

5.에 대하여 ; 겨울철에 수돗물이 동결될 우려가 있는 지역에서는 급수설비를 부동식(不凍式)으로 하거나 또는 급수관의 노출부를 플라스틱제의 독립발포체(獨立發泡體)나 수모휠트(獸毛 felt) 등 방한재료를 감아 방한조치를 취한다.

다만, 옥내의 노출배관으로서 관표면에 응결수(凝結水)가 발생할 우려가 있는 경우에는 급수관을 수모휠트, 두꺼운 종이, 마포(麻布), 면포(綿布) 등을 사용하여 보호조치를 취한다.

6.에 대하여 ; 레버핸들(lever handle)식 수전, 볼탭 등 밸브의 폐쇄시간이 짧은 장치는 일반적으로 수격작용이 크고 때로는 압력이 2MPa(약 20.4 kgf/cm^2) 이상까지 이르는 경우가 있으므로 이러한 기구를 사용할 경우의 급수관은 특히 강도가 큰 것을 사용하도록 주의한다. 다만, 이러한 기구에 대해서는 수격압이 쿠션(cushion)으로 감쇠될 수 있는 공기탱크를 기구 앞에 설치한다.

볼탭은 레버가 긴 것이나 복식인 대·소 2구식이 부착된 볼탭을 붙인 것 등을 사용한다. 또 저수조에 볼탭을 사용하는 경우에는 볼탭에 의한 수격작용의 영향을 가능한 한 적게 하기 위하여 유입구로부터 멀리 떨어진 장소에 수도계량기를 설치한다.

9.3 급수기구

9.3.1 총칙

급수기구란 급수관에 직결되는 급수설비의 구성으로 급수관과 연결하여 사용되는 분수전, 지수전, 급수전, 역류방지기구, 안전기구 및 각종 물 사용 특수기구 등을 말하며 구조와 재질은 다음 각 항에 적합해야 한다.

1. 사용목적의 용도에 구조와 성능이 적합할 것
2. 위생상 무해한 재료로 구성할 것
3. 부식 및 누수가 없고 유지관리가 용이할 것
4. 한랭지용은 정체수를 용이하게 배출시킬 수 있는 구조일 것
5. 기타 급수기구별로 필요한 성능을 갖출 것

본 절에서 그림으로 나타낸 것은 일례이다. 특히 역류에 대하여 고려해야 하는 변기, 세척밸브, 식기세척기 등에 대해서는 역류방지에 관한 조치를 취해야 한다.

【해설】

5.에 대하여 ; 급수기구류는 해당 급수기구의 기능이 원활하게 수행할 수 있도록 급수기구별로 다음의 성능기준을 만족 시킬 수 있도록 한다.

1) 내압성능기준

일반적인 급수기구는 KWWA A 103(수도용기구 내압성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 "내압성능시험방법"이라 한다)에 따라 1.75MPa의 정수압을 1분간 가하였을 때, 누수, 변형, 파손, 그 외 이상이 없어야 하며, 저장 온수기 및 저장 온수기의 하류측에 설치하는 급수기구는 내압성능시험방법에 의하여 0.3MPa의 정수압을 1분간 가하였을 경우, 누수, 변형, 파손, 그 외 이상이 없어야 한다.

2) 수충격 한계 성능기준

수도꼭지 또는 수충격 작용을 발생시킬 우려가 있는 급수기구는 KWWA A 106(수도용기구 수격한

계 내압성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 “수충격 한계성능시험방법”이라 한다)에 따라 수충격 한계에 관한 시험에 의해 해당 급수기구내의 유속을 2 m/sec 또는 해당 급수기구내의 동수압을 0.15 MPa로 하는 조건에서 급수기구의 지수기구를 급하게 닫았을(닫는 동작이 자동으로 이루어지는 급수기구에는 자동닫힘) 때 그 수충격 작용에 의해 상승하는 압력이 1.5 MPa이하의 성능을 가져야 한다. 다만, 해당 급수기구의 상류측에 근접하여 에어챔버 그 외의 수충격방지 기구를 설치하는 것 등에 의해 적절한 수충격방지 조치가 되어 있는 것에 대해서는 적용하지 않아도 된다.

3) 역류방지 성능기준

물이 역류할 우려가 있는 장소에 설치되는 급수기구는 다음에서 제시하는 것 중 어느 하나에 적합하여야 한다.

⑴ 감압식 역류방지기는 KWWA A 107(수도용기구 역류방지성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 “역류방지성능 시험방법”이라 한다)에 의해, 3 kPa 및 1.5 MPa의 정수압을 1분간 가하였을 때, 누수, 변형, 파손 혹은 그 외의 이상이 없어야 하며, KWWA A 105(수도용기구 부압파괴 성능시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 “부압파괴 성능시험“이라 한다)에 의해 유입측으로부터 -54 kPa의 압력을 가하였을 때 감압식 역류방지기에 접속한 투명관내의 수위의 상승이 3 mm를 넘지 않아야 한다.

⑵ 역류방지밸브 (감압식 역류방지기를 제외한다) 및 역류방지기능을 내부에 갖춘 급수기구 (이하 “역류방지 급수기구”라 한다)는 역류방지성능시험방법에 의해 3 kPa 및 1.5 MPa의 정수압을 1분간 가하였을 때 누수, 변형, 파손 혹은 그 외의 이상이 없어야 한다.

⑶ 역류방지 급수기구 중 위의 ⑵의 규정 적용에 대해서는 다음의 각 역류방지 급수기구의 구분에 따라 다음 표와 같이 적용한다.

역류방지 급수기구의 구분	기존설정압력	실시험압력
⑴ 감압밸브	1.5 MPa	해당감압변의 설정압력
⑵ 해당 역류방지 급수기구의 유출측에 지수기구가 설치되지 않고, 대기에 유출부가 노출된 역류방지 급수기구(⑶ 및 ⑷에 규정하는 것은 제외)	3 kPa 및 1.5 MPa	3 kPa
⑶ 욕조에 직결하고, 자동급탕 하는 급탕기 및 급탕 붙이 보일러(⑷에 규정하는 것은 제외)	1.5 MPa	50 kPa
⑷ 욕조에 직결하하고, 자동 급탕하는 급탕기 및 급탕붙이 보일러 이고 역류방지장치의 유출측에 순환펌프를 가진 것	1.5 MPa	해당 순환펌프의 최대토출압력 또는 50 kPa 중 높은 압력

⑷ 베큠브레커는 부압파괴 성능시험에 의한 유입측으로부터 -54 kPa의 압력을 가하였을 경우, 베큠브레커에 접속한 투명관내의 수위 상승이 75 mm를 넘지 않을 것

⑸ 부압파괴장치를 내부에 설치한 급수기구는 부압파괴 성능시험에 의해 유입측으로부터 -54 kPa의

압력을 가하였을 때 해당 급수기구에 접속한 투명관내의 수위 상승이 부압파괴장치의 공기 흡입 시트면으로부터 물을 받는 부분의 수면까지의 수직거리의 2분의 1을 초과하지 않아야 한다.

⑹ 물을 받는 부분과 토수구가 일체 구조이고 물을 받는 부분의 월류면과 토수구의 사이가 분리되어 있는 것에 의해 물의 역류를 방지하는 구조의 급수기구는 부압파괴성능시험에 의해 유입측으로부터 -54kPa의 압력을 가하였을 경우, 토수구로부터 물을 끌어들이지 않아야 한다.

4) 내한성능기준

옥외에서 기온이 현저히 저하되기 쉬운 장소 또는 동결의 우려가 있는 장소에 설치되는 급수기구 중 감압밸브, 역지밸브, 공기밸브 및 전자밸브에 대해서는 KWWA A 102(수도용기구 내구성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 "내구성능 시험방법"이라 한다)에 의해 10만회 개폐조작을 반복하고, 또 KWWA A 104(수도용기구 내한성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법(이하 "내한성능성능 시험방법"이라 한다)에 의해 영하 20도 ±2 ℃의 온도에서 1시간 유지한 후 통수시켰을 때(그 외의 급수설비에 있어서는 내한성능시험에 의해 영하 20도 ±2 ℃의 온도에서 1시간 유지한 후 통수시켰을 때), 제1조제1항 및 제2조의 성능을 확보하여야 한다. 다만 단열제로 피복한 것 등으로 동결의 방지를 위한 적절한 조치가 되어 있는 것에 대해서는 제외한다.

5) 내구성능기준

밸브류(제4조에서 규정한 것은 제외한다)는 KWWA A 102(수도용기구 내구성능 시험방법)에서 규정하는 시험방법에 따라 10만회의 개폐조작을 반복한 후, 제1조제1항 및 제3조에서 규정하는 성능, 제3조제1항에서 규정하는 성능을 확보하여야 한다.

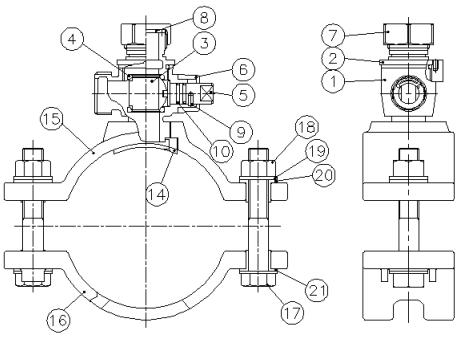
9.3.2 분수전

분수전은 배수관에서 급수관을 분기하기 위한 급수기구로 새들붙이분수전 및 분수전과 같은 기능을 갖는 할정자관(割丁字管) 등이 있다.

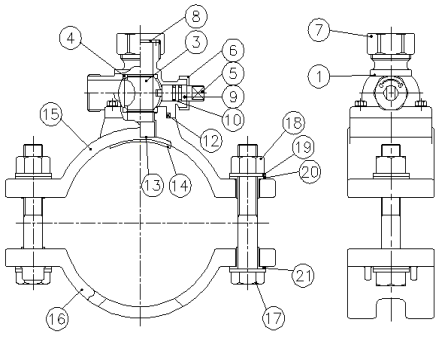
【해설】

1. 새들붙이분수전

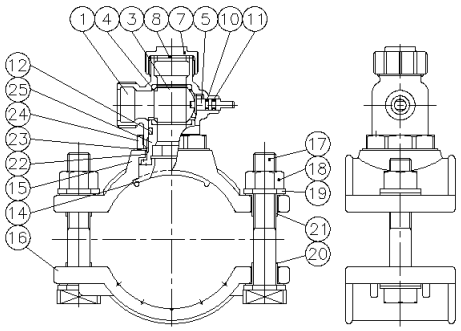
새들붙이분수전은 배수관에 설치하는 새들기구와 지수기구를 일체화한 구조로 배수관을 단수하지 않고 쉽고 안전하게 분기할 수 있으며, 지수기구가 볼(ball)식인 A형과 콕크식인 B형이 있다. 지수기구 중에 A형은 나사식과 플랜지식 및 회전식이 있고, B형은 나사식이 있다(〔그림 9.3.1 (1)~(4)〕참조). 또한 새들기구에는 동일관경이라도 관종에 따른 외경의 차이가 있으며 주철관용과 PVC관, 강관, PE관용으로 2개 종류가 있다. 관련규격은 KS B 2342 및 KWWA B 101로 제정되어 있다.



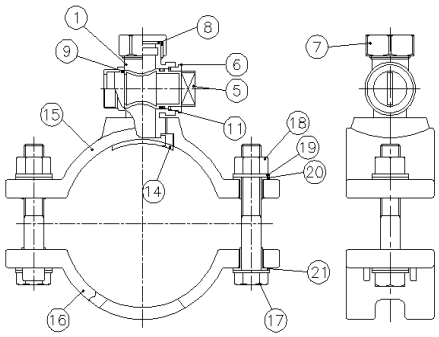
⑴ 지수기구 볼식(A형 – 나사식)



⑵ 지수기구 볼식(A형 – 플랜지식)



⑶ 지수기구 볼식 (A형 –회전식)



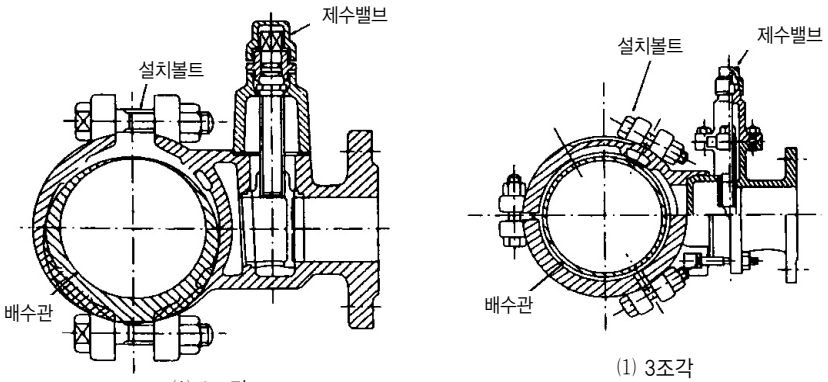
⑷ 지수기구 콕크식 (B형 – 나사식)

부품번호	부품명칭	부품번호	부품명칭	부품번호	부품명칭	부품번호	부품명칭
1	몸체	7	캡	14	누수방지패킹	21	절연체
2	볼 누르게	8	패킹	15	새들	22	절연체
3	볼	9	로크핀	16	밴드	23	절연체
4	볼 시트	10	오링	17	볼트	24	로크너트
5	분수전봉(A형) 콕크(B형), 스템	11	오링	18	너트	25	인서트
		12	오링	19	와셔		
6	보호너트(A형) 로크너트(B형)	13	부시	20	절연체		

[그림 9.3.1] 새들붙이분수전

2. 할정자관

할정자관은 주철제 T자형의 분기대에 제수밸브를 조합하여 일체로 만들어서 배수관에 볼트를 사용하여 부착하는 구조로 두 조각의 것과 세 조각의 것이 있다(〔그림 9.3.2(1)(2)〕 참조).



[그림 9.3.2] 할정자관

9.3.3 수도꼭지

수도꼭지는 급수설비에 있어서 급수관의 끝에 장치되어 물을 내보내거나 멈추게 하는 급수기구를 말한다.

【해설】

수도꼭지는 사용자에게 직접 물을 공급하기 위한 급수기구로 주로 핸들을 돌려서 밸브를 개폐하지만, 그 중에는 레버핸들을 상하로 움직여서 밸브를 개폐하는 싱글레버식 급수밸브나 자동적으로 밸브를 개폐하는 전자식 자동밸브 등도 있으며, 용도에 따라서 여러 종류의 다양한 것들이 있으므로 사용목적에 가장 알맞은 수도꼭지를 선정할 필요가 있다.

수도꼭지의 종류 및 구조는 KS B 2331를 참조한다.

9.3.4 밸브류

밸브류에는 지수밸브, 역류방지밸브, 감압밸브, 안전밸브, 세척밸브. 진공파괴밸브, 부동전, 정유량밸브, 공기밸브와 흡배기밸브 등이 있다.

【해설】

급수관의 부속설비로서 밸브류에는 지수밸브, 역류방지밸브, 감압밸브, 안전밸브, 세척밸브, 진공파괴밸브, 정유량밸브, 공기밸브와 흡배기밸브 등이 있다. 이들 밸브류는 급수관과 일체가 되어 적정한 수량과 수압 및 수질을 확보할 수 있도록 기능을 한다.

이들 밸브류들은 각각 재료, 제조방법, 규격치수, 강도 및 내외면의 도장을 달리하고 있으므로, 위생성도 고려하여 급수관과 같은 기준을 만족하는 것을 선정하여 사용한다.

장기간 사용된 밸브류는 습동부(sliding portion)의 마모, 부속품 등 기타에 기능이 저하됨으로써 안정급수에 저해하는 요인으로 되는 경우가 있다 이러한 밸브류는 적당한 시기에 개량하거나 교체함으

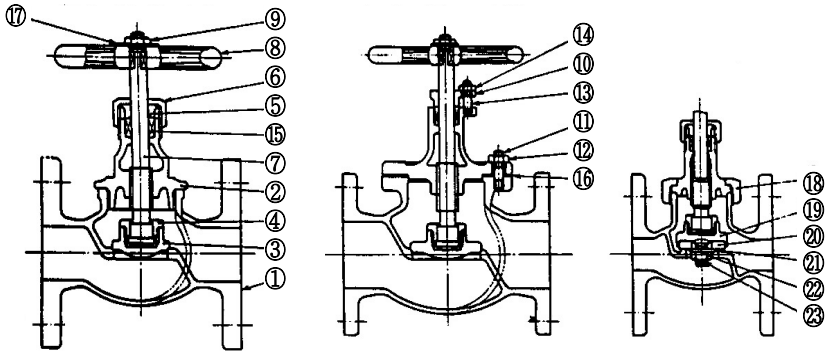
로써 그 기능을 회복하거나 향상시켜야 한다.

1. 지수밸브

지수밸브는 급수의 개시·중지, 장치의 수리 그 밖의 목적으로 급수를 제한 또는 정지시키기 위하여 사용하는 급수기구이고 글로브 밸브, 볼지수밸브, 제수밸브, 가 있다.

① 글로브형 지수밸브

글로브형지수밸브는 지수할 때 지수부가 내려가는 마개구조로 손실수두가 크다(〔그림 9.3.3(1)~(3)〕 참조).



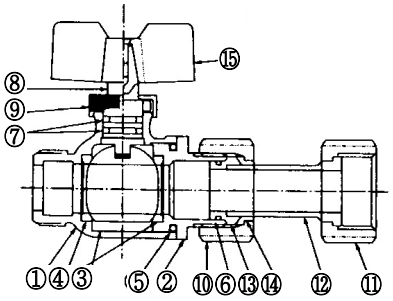
(1) 메탈시트(호칭 지름 65 이하)　(2) 메탈시트(호칭지름 80이상)　(3) 소프트 시트

부품번호	부품명	부품번호	부품명	부품번호	부품명	부품번호	부품명
1	밸브몸통	7	밸브대	13	패킹누름볼트	19	디스크홀더
2	덮개	8	핸드휠	14	6각너트	20	소프트시트
3	밸브디스크	9	6각너트	15	패킹	21	시트누르개
4	밸브누르개	10	패킹누르개	16	개스킷	22	6각너트
5	패킹누름링	11	덮개볼트	17	명판	23	분활핀
6	패킹누름너트	12	6각너트	18	유니언너트		

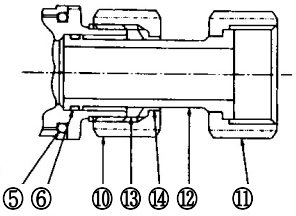
[그림 9.3.3] 글로브형 밸브

② 볼형 지수밸브

볼형 지수밸브는 밸브본체가 구(ball)상이기 때문에 90° 회전으로 전개나 전폐되는 구조로 손실수두는 매우 작다(〔그림 9.3.4(1)~(2)〕 참조).



(1) 신축소켓을 편 상태



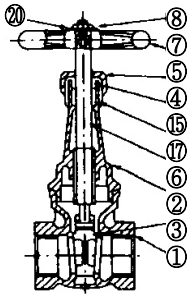
(2) 신축소켓을 줄인 상태

부품번호	부품명칭
1	밸브몸체
2	아답터
3	볼
4	볼시트
5,6,7	오링
8	분수전봉
9	캡
10, 11	대너트
12	신축소켓
13	패킹
14	패킹누르개링
15	핸들

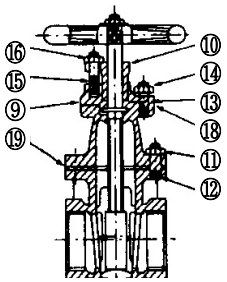
[그림 9.3.4] 볼형 지수 밸브

③ 디스크형 지수밸브

디스크형 지수밸브는 밸브본체가 수직으로 오르내리면서 전개·전폐되는 구조로 전개할 때의 손실수두는 아주 작다(〔그림 9.3.5(1)~(2)〕 참조).



(1) 호칭경 50 이하



(2) 호칭경 65 이상

부품번호	부품명칭	부품번호	부품명칭
1	밸브몸통	11	볼트
2	덮개	12	6각너트
3	밸브디스크	13	패킹누름볼트
4	패킹누름병	14	6각너트
5	패킹누름너트	15	볼트
6	밸브대	16	6각너트
7	핸들	17	패킹
8	6각너트	18	개스킷
9	패킹	19	개스킷
10	패킹누르계	20	명 판

[그림 9.3.5] 디스크형 지수밸브

2. 역류방지밸브(anti-reverse flow device : check valve 포함)

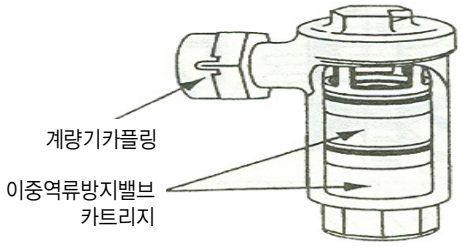
역류방지밸브는 배수관 등 1차 측에 부압이나 역압(逆壓)이 발생하였을 경우에 물이 역류되는 것을 방지하는 급수기구로 주로 역류에 의한 물의 오염을 방지할 목적으로 사용하는 것이며, 역류방지밸브는 장치자체의 기능으로 작동이 이루어진다. 즉 일반 밸브의 개폐조작이 수동, 자동, 유압, 공기압 등 외부의 기계적 힘에 의하여 개폐조작이 이루어지는데 반하여 이 역류방지밸브는 유체의 정·역류(正·逆流)의 유체력에 따라 개폐 작동되며 설치한 다음에는 외부로부터 조작이 불가능하며, 그 종류로는 스프링식, 리프트식, 스윙식, 다이어프램식, 진공파괴식 등이 주로 급수설비에 사용되고 있다.

역류방지밸브를 설치할 때에는 물의 흐름방향 표시에 주의해야 하며, 설치한 다음의 점검과 교체작업 등이 쉬운 곳에 설치한다.

① 스프링식(spring type)

스프링식 역류방지밸브는 밸브본체에 스프링을 끼우고, 이 스프링의 반발력에 의하여 역류방지 기능을 높이는 구조로 단일식과 이중식의 수평식이 있고, 이중식 역류방지밸브는 두개의 단일식을 직렬로

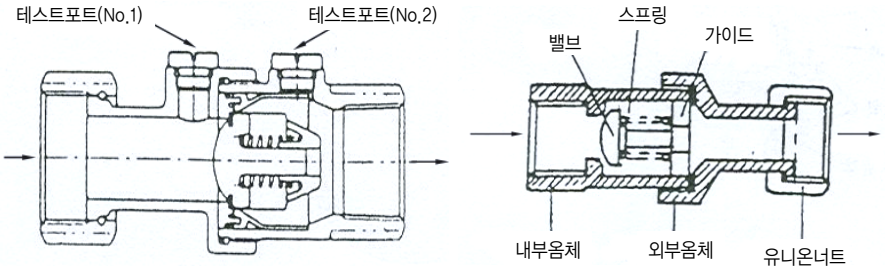
구성하여 각각의 디스크를 눌러 이중안전 구조로 역류를 강력하게 방지한다. 또한 형상에 따라 앵글식([그림 9.3.6])이 있다. 특히 오늘날 역류방지밸브의 구성 재질인 동합금, 합성수지, 합성고무, 스프링 등의 발달로 개발된 이중식 역류방지밸브는 사용압력 0.74MPa(7.5 kg/cm^2) 이하의 급수설비에서 수도미터의 2차측에 주로 설치하여 사용한다.



[그림 9.3.6] 앵글식 역류방지밸브의 예

⑴ 단일식 역류방지밸브(Single check valve)

단일식 역류방지밸브는 1개의 장치(밸브) 본체를 용수철에 의하여 밸브시트에 꽉 누르는 구조로 Ⅰ형(테스트콕크 또는 포트가 있는것)과 Ⅱ형(테스트콕크 또는 포트가 없는 것)이 있다([그림 9.3.7(1)~(2)] 참조). 급수관과의 접속부 형상은 유니온테이퍼드(union·tapered) 암나사형, 유니온평행 숫나사형, 양테이퍼드 암나사형이 있다. 단일식 역류방지밸브는 개별급수기구에 부착하여 물의 방향제어용으로 사용할 뿐이고 수돗물의 안전을 확보하기 위한 역류방지밸브로서 사용하지 않는 것이 일반적이다(Single check valve is a directional flow control valve, but not an approved backflow preventer).



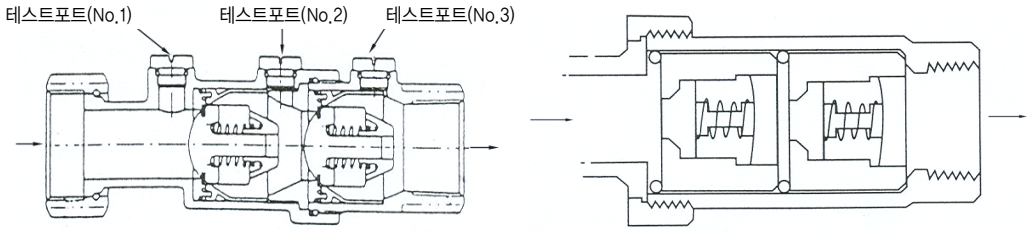
⑴ Ⅰ형 ⑵ Ⅱ형

[그림 9.3.7] 단일식 역류방지밸브의 예

⑵ 이중식 역류방지밸브(dual check)

이중식 역류방지밸브는 직렬로 배치한 2개의 장치(밸브) 본체를 각각의 스프링에 의하여 밸브시트에 꽉 누르는 구조이다. 단독주택 및 공동주택 등 낮은 위험도(low hazard)의 시설에 사용한다. Ⅰ형과 Ⅱ형이 있으나, Ⅰ형은 일본에서 규격으로 채택하고 있고 미국 등에서 Ⅱ형만을 채택하고 있다([그림

9.3.8(1)~(2)〕 참조), 미국 등에서는 Ⅰ형을 채택하지 않고 Ⅱ형만을 채택하는 이유는 9.1.2 급수방식의 **【해설】** 1.에 대하여(직결식)의 3) 직결급수확대의 유의사항을 참조한다. 급수관과의 접속부 형상은 유니온테이퍼드 암나사형, 유니온평행 숫나사형, 양테이퍼드 암나사형이 있다.

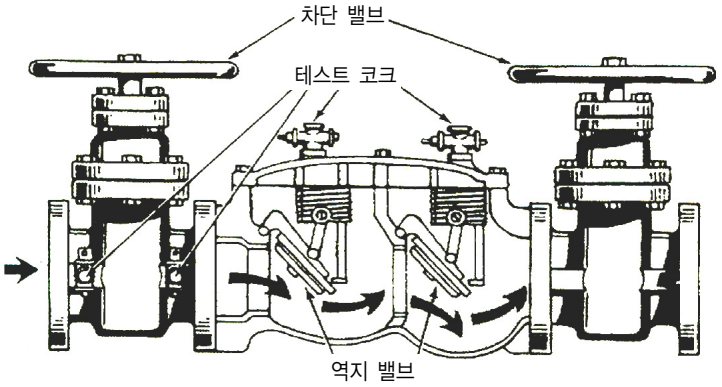


⑴ Ⅰ형 ⑵ Ⅱ형

[그림 9.3.8] 이중식 역류방지밸브의 예

⑶ 복합이중식 역류방지밸브(double check)

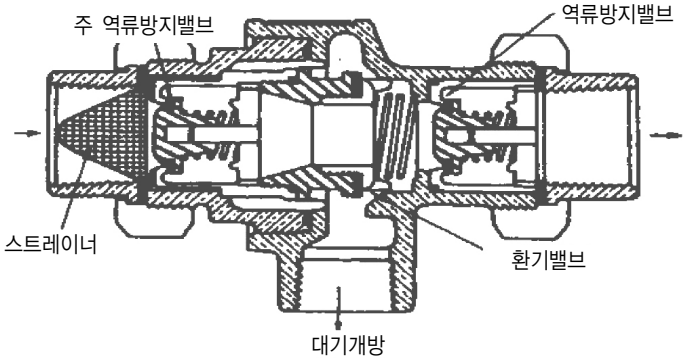
복합이중식 역류방지밸브는 각 역류방지밸브의 테스트콕크에 의하여 기능을 확인할 수 있는 것은 위의 이중식 역류방지밸브의 Ⅰ형과 같은 원리이고, 다만 양쪽 끝에 개폐밸브를 구비하고 있으므로 작동불량시에 배관을 해체하지 않고 역류방지밸브를 교환할 수 있는 구조이다.(〔그림 9.3.9〕 참조). 일반적으로 병원, 화학공장 등 대구경 수용가로서 중간위험도(medium hazard)의 시설에 사용하며 설치조건이 매우 까다로우므로 선정할 때 주의를 요한다.



[그림 9.3.9] 복합이중식 역류방지밸브의 예

⑷ 중간실 대기개방식 역류방지밸브(intermediate atmospheric vent check)

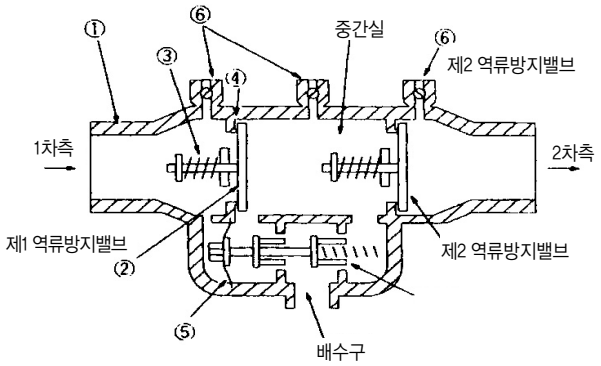
중간실 대기개방식 역류방지밸브는 독립하여 작동하는 두개의 역류방지밸브가 있고, 그 중간에는 대기에 개방되는 중간실 및 통풍밸브가 설치되는 구조이다(〔그림 9.3.10〕 참조). Ⅱ형이고 일반적으로 높은 위험도(high hazard)의 시설에 사용하나 설치상 주의가 필요하다.



[그림 9.3.10] 중간실 대기개방식 역류방지밸브 예

⑸ 감압식 역류방지밸브(reduced pressure principle check)

감압식 역류방지밸브는 2개의 역류방지밸브 사이에 토출밸브를 갖는 중간실을 조합하여 역류압력이 1차측 압력보다 높게 되거나 역류방지밸브가 고장나더라도 토출밸브가 열려서 역류를 방지할 수 있는 구조이다(〔그림 9.3.11〕 참조). Ⅰ형이고 일반적으로 높은 위험도(high hazard)의 시설에 사용하나 설치조건과 관리조건이 매우 까다롭다.

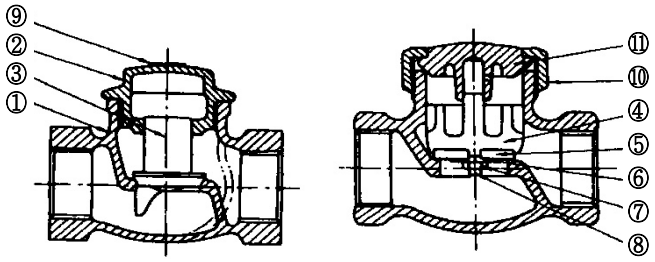


부품번호	부 품 명
1	밸브몸체
2	가이드(역류방지밸브)
3	스프링
4	밸브시트
5	다이어프램
6	매수코크

[그림 9.3.11] 감압식 역류방지밸브 예

② 리프트식 역류방지밸브(lift type check)

리프트식 역류방지밸브는 밸브본체가 밸브박스 또는 뚜껑에 설정된 가이드에 의하여 밸브시트에 대하여 상하수직으로 작동하며 밸브본체의 자중으로 닫힘의 위치로 되돌아가 역류를 방지하는 구조이다. 밸브시트의 구조는 금속재인 메탈시트(metal seat)와 합성고무재인 소프트시트(soft seat)로 구분되며 손실수두가 비교적 크고 반드시 수평으로 설치해야 되는 약점이 있지만, 고장 등이 발생하는 비율이 적기 때문에 주로 순간온수기 등의 상류측에 설치하는 역류방지밸브로서 사용한다(〔그림 9.3.12 (1)~(2)〕 참조).



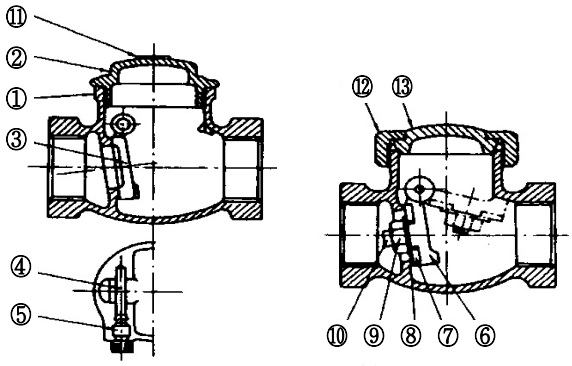
⑴ 글로브 형　　⑵ 소프트 시트 형

부품번호	부 품 명
1	밸브 몸통
2	캡
3	밸 브
4	디스크 홀더
5	소프트 시트
6	시트 누르개
7	6각 너트
8	분할 핀
9	명판
10	유니온너트
11	유니온커버

[그림 9.3.12] 리프트식 역류방지밸브

③ 스윙식 역류방지밸브(swing type check)

스윙식 역류방지밸브는 디스크가 힌지핀을 지점으로 하여 밸브본체에 자중으로 매달려 유체의 흐름 방향에 따라 좌우수평으로 흔들려서 자중으로 개폐되는 기능을 갖는 역류방지밸브로, 밸브시트의 재질에 따라 메탈시트와 소프트시트가 있으며 손실수두는 리프트식보다 적고 수평류 및 수직상향류의 배관에 설치할 수 있으므로 널리 사용되고 있다(〔그림 9.3.13(1)~(2)〕 참조).



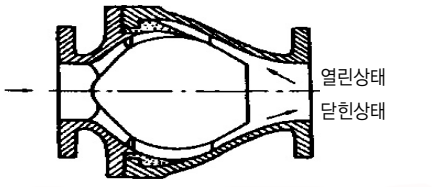
⑴ 글로브 형　　⑵ 소프트 시트 형

부품번호	부 품 명
1	밸브 몸통
2	캡
3	밸 브
4	힌지 핀
5	플러그
6	디스크 홀더
7	소프트시트
8	시트 누르개
9	6각 너트
10	분할 핀
11	명 판
12	유니온너트
13	유니온커버

[그림 9.3.13] 스윙식 역류방지밸브

④ 다이어프램식 역류방지밸브(diaphragm type check)

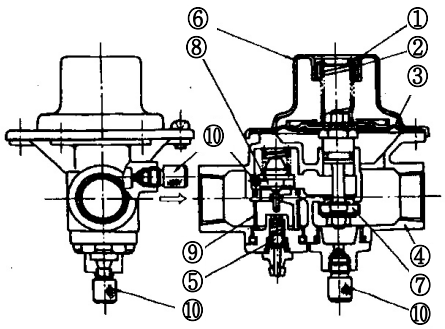
고무제의 다이어프램이 흐름의 방향에 따라 콘의 안쪽으로 수축되었을 때에 통수되고 밀착되었을 때에 닫히는 구조이다. 역류방지를 목적으로 사용되는 것 이외에 급수설비에 생기는 수격이나 급수전의 이상음 등의 완화에 유효한 급수기구로서도 사용된다(〔그림 9.3.14〕참조).



[그림 9.3.14] 다이어램프식 역류 방지밸브

3. 감압밸브(reduced pressure valve)

감압밸브는 1차측 압력보다 2차측 압력을 낮게 하는 압력조정기구로서 1차측 압력이 변하더라도 2차측 압력은 설정압력으로 항상 일정하게 유지하는 급수기구이다(〔그림 9.3.15〕 참조). 온수용 열교환기와 가정용 보일러 등 관내의 압력을 안전하게 확보하기 위하여 열기구에 설치되어 사용하는 것은 2차측 설정수압이 0.10MPa(1.02 kg/cm^2) 이하의 압력으로 사용된다.

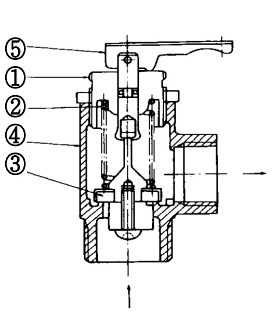


부품번호	부 품 명
1	조정 볼트
2	조정 스프링
3	다이어프램
4	밸브 몸통
5	부압작동밸브
6	캡
7	밸브
8	역지밸브
9	스트레이너
10	배수코크

[그림 9.3.15] 감압밸브

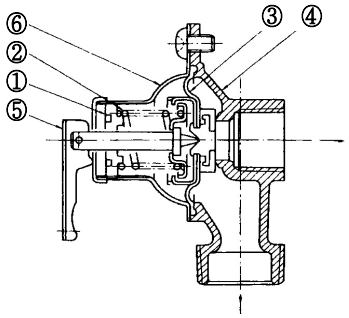
4. 안전밸브(relief valve)

안전밸브는 급수관이나 급수기구 등의 압력이 사용압력 이상으로 상승할 경우에 급수기구가 파손되어 기능을 상실하게 되는데, 이러한 경우에 안전밸브는 설정수압 이상으로 압력이 도달되면 자동적으로 작동하여 압력을 설정압력으로 낮추는 기능을 하는 급수기구이다(〔그림 9.3.16 (1)~(2)〕 참조)



부품번호	부 품 명
1	조정 볼트
2	조정 스프링
3	밸브 디스크
4	몸 체
5	수동핸들

(1) 밸브 디스크식



부품번호	부 품 명
1	조정 볼트
2	조정 스프링
3	다이어프램
4	몸 체
5	수동 핸들
5	스프링 커버

(2) 다이어프램식

[그림 9.3.16] 안전밸브 예

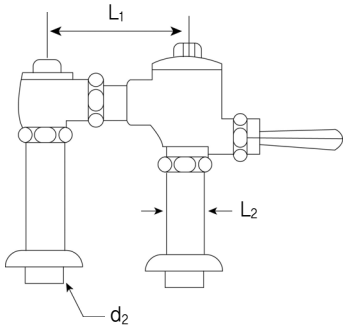
안전밸브는 주로 보일러, 온수기 및 온수용 열교환기 등 물의 팽창에 의한 압력상승으로 위험할 경우 작동하여 배관내 압력을 안전하게 유지하기 위하여 각종 압력발생용기와 급수관 등에 설치 사용한다. 안전밸브는 온수보일러 등의 급수에 사용하는 감압밸브의 설정수압보다 안전밸브의 중지압력이 낮은 경우, 일단 팽창수가 내뿜으면 멈추지 않는 문제점이 발생할 수 있으므로 온수보일러 등의 관내 압력을 안전하게 확보하기 위하여 감압밸브와 조합하여 사용한다. 또한 안전밸브를 설치하는 위치에 주의해야 하며, 설치한 다음에도 점검과 교체 등이 용이하도록 충분히 유의하여 선정한다.

5. 세척밸브

세척밸브는 물탱크가 없는 양변기에 설치하는 수세밸브를 말하며 대변기 세척밸브와 소변기 세척밸브로 구분한다.

① 대변기 세척밸브

대변기 세척밸브는 대변기의 세척에 사용되는 급수기구로 진공파괴밸브(vacuum breaker)를 함께 부착하여 역류를 방지하는 구조로 구경 25 mm 이상의 것으로 해야 한다(〔그림 9.3.17〕 참조).



단위 : mm

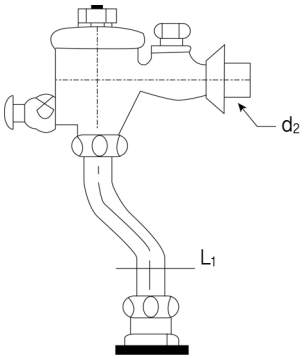
호칭 지름	L_1(참고)	L_2	d_2
25	120±1	31.75	R1

비고 d_2부 나사는 KS B 0222에서 규정하는 R1로 한다.

[그림 9.3.17] 대변기 세척밸브

② 소변기 세척밸브

소변기 세척밸브는 소변기의 세척에 사용되는 급수기구이다(〔그림 9.3.18〕 참조).



단위 : mm

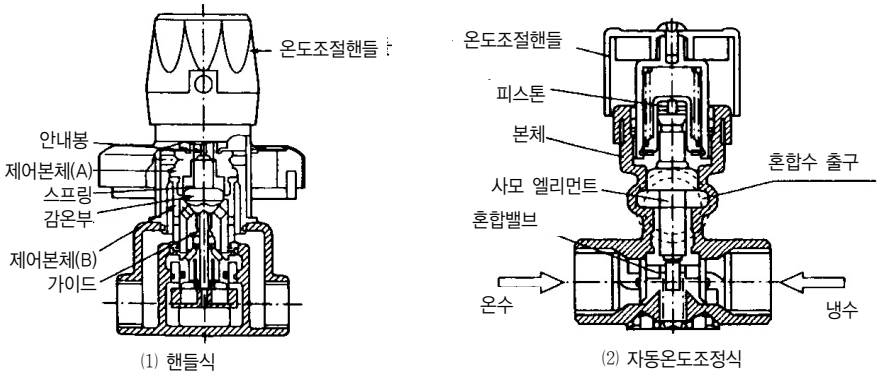
호칭 지름	L_1	d_2
15	15.88	G1/2
	16	

비고 1. d_2부 나사는 KS B 0221에서 규정하는 G1/2로 한다.
2. d_2부 나사의 치수 허용차는 KS B 0221의 부표 2 또는 KS B 2331의 부속서 2 표 1에 따른다.

[그림 9.3.18] 소변기 세척밸브

6. 냉온수 혼합밸브

냉온수 혼합밸브는 온수·냉수배관의 도중에 부착하여 온수와 냉수를 혼합하여 소요온도의 온수를 내보내는 급수기구로 핸들식과 자동온도조정(thermostat)식이 있다(〔그림 9.3.19(1)~(2)〕 참조).

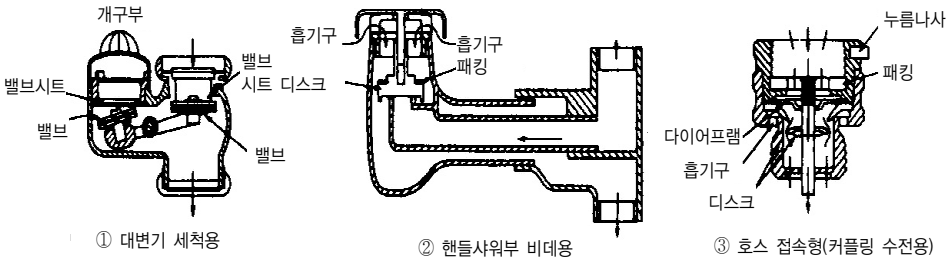


(1) 핸들식　　(2) 자동온도조정식

[그림 9.3.19] 냉온수 혼합밸브 예

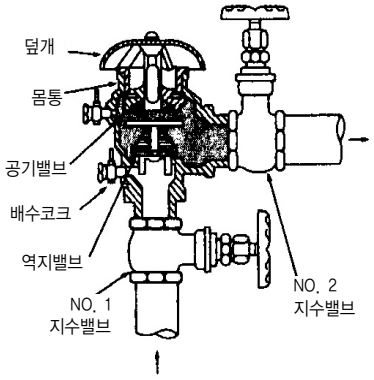
7. 진공파괴(vacuum breaker)밸브

진공파괴밸브는 급수설비 계통에 부압이나 역압이 생겼을 경우에 사이펀작용에 의하여 물의 역류를 차단하여 오염을 방지하기 위하여 부압부분에 자동적으로 공기를 빨아드리는 기능을 갖는 급수기구로 대기압식과 압력식의 2가지 형식이 있다. 대기압식은 급수기구의 최종밸브의 하류측인 상시 압력이 걸리지 않는 배관부분에 설치하며 압력식은 급수기구의 상류측에 상시 압력이 걸리는 배관부분에 설치하여 사용하는 것(〔그림 9.3.20(1)~(3)〕 참조)으로, 대변기 세척밸브, 수동샤워기구, 비대(bidet) 등에 설치하여 사용한다. 특히 중요한 것은 진공파괴밸브를 설치할 때에 진공파괴밸브 자체가 수중이나 침수 위험이 있는 장소는 피해야 한다. 이것은 공기가 흡입되지 않고 도리어 외부로부터 오수가 유입될 우려가 있기 때문에 주의해야 한다.

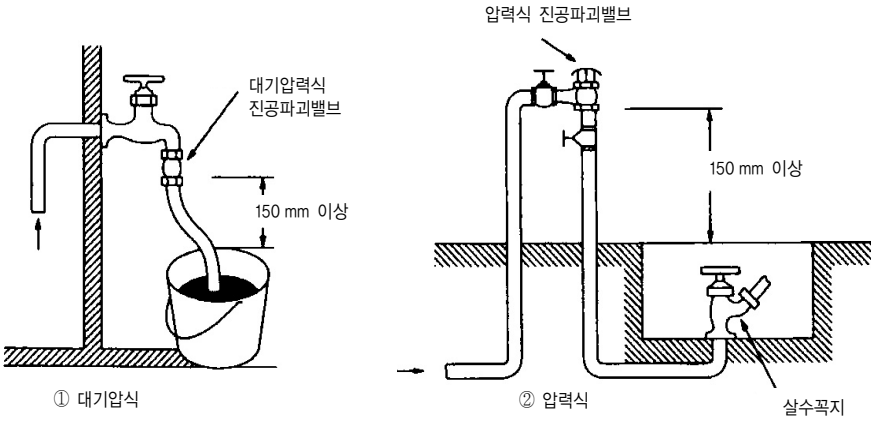


① 대변기 세척용　② 핸들샤워부 비데용　③ 호스 접속형(커플링 수전용)

(1) 대기압식의 구조 예



⑵ 압력식 구조의 예



⑶ 진공파괴밸브의 설치 예

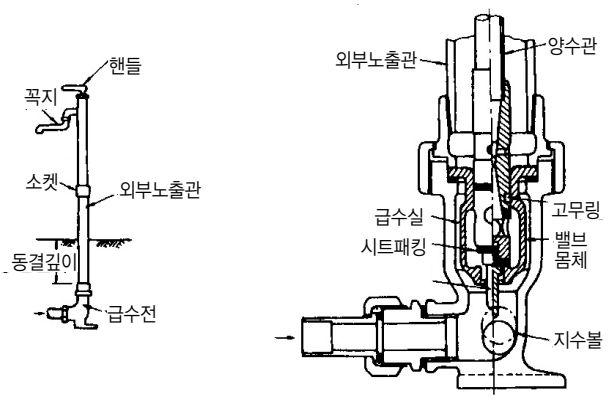
[그림 9.3.20] 진공파괴밸브 예

8. 부동전류

부동전류는 관로의 끝이나 도중에 설치하여 부동전(不凍栓) 내의 물을 동결심도 이하에 있는 저류부로 유하시키거나, 또는 입상관 및 지상배관 내의 물을 동결심도 이하의 땅속으로 배수(排水)시켜 동결을 방지하는 급수기구로 내부저류식 부동급수전, 외부배수식 부동급수전, 수발(물뽑기 : 水拔)전 등이 있다.

① 내부저류식 부동급수전

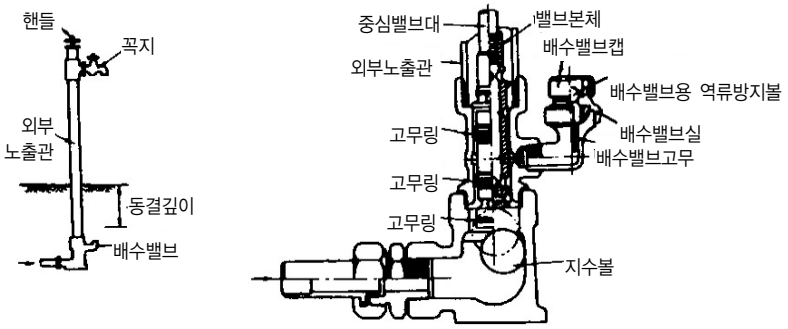
내부저류식 부동급수전은 사용하는 밸브를 닫을 때에 입상관의 물을 동결심도보다 깊은 곳에 있는 저류부로 유하시켜 동결을 방지하는 구조이다(〔그림 9.3.21〕 참조).



[그림 9.3.21] 내부저류식 부동급수전 예

② 외부배수식 부동급수전

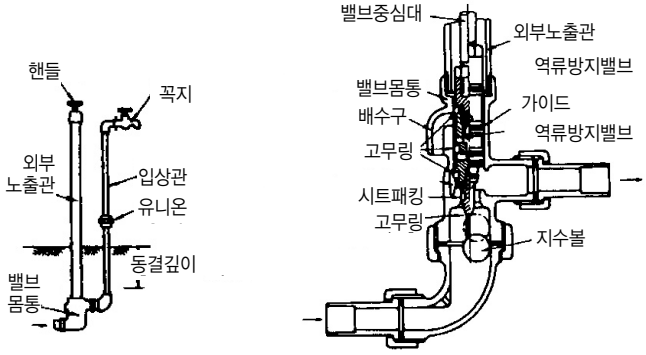
외부배수(排水)식 부동급수전은 사용하는 밸브를 닫을 때에 외부 노출관 내의 물을 배수(排水)밸브로부터 동결심도보다 깊은 땅속으로 배수시키는 구조이다(〔그림 9.3.22〕 참조).



[그림 9.3.22] 외부저류식 부동급수전 예

③ 수발(물뽑기)전

수발전은 외부 배수(排水)식 부동급수전과 같은 기능을 가지지만, 외부 노출관을 겸하지 않고 핸들의 나사부가 물에 닿지 않는 구조로 되어 있고 얼어서 무겁게 되는 일이 없다(〔그림 9.3.23〕 참조).



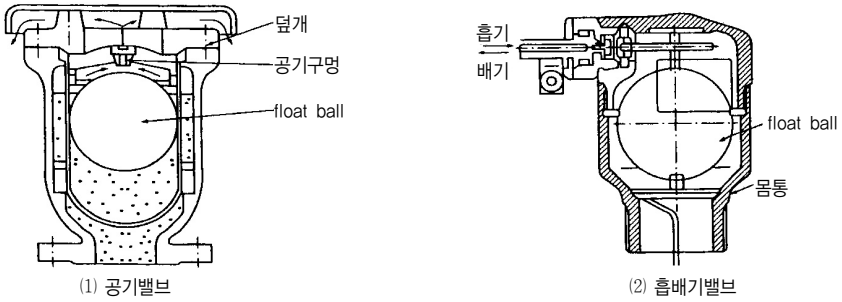
[그림 9.3.23] 수발전 예

9. 공기밸브와 흡배기밸브

일반적으로 관로에는 항상 물이 있으나 이에 반하여 물이 없으면 항상 공기가 존재한다. 이때 관로내에 물을 통수 또는 배수시키려면 물과 반대되는 공기의 배기 및 흡기의 기능을 갖는 공기밸브가 배관설비에 필요하다.

이 공기밸브는 〔그림 9.3.24〕의 (1)과 (2)와 같이 밸브몸체 내부에 부동구(float ball)를 내장하여 부동밸브체(浮動弁体)가 물의 유출입에 따라 상하로 작동하며 공기를 흡배기하는 것이 자동적으로 이루어진다.

이 공기밸브는 배관 내의 공기로 인하여 통수지연 또는 소출수 및 불출수(不出水) 현상을 방지하기 위하여 일반적으로 관로의 가장 높은 위치 또는 국부적으로 높은 위치에 설치하여 사용한다. 관련규격으로는 KS B 2340(수도용 공기밸브)과 KWWA B 100(수도용 급속공기밸브)이 있다. 흡배기밸브는 관내에 정체된 공기를 자동적으로 배출하는 기능과 관내에 부압이 생기는 경우에 공기를 흡입하는 기능을 하는 급수용밸브이다.



[그림 9.3.24] 공기밸브와 흡배기 밸브 예

9.3.5 절수형 급수기구

절수형 급수기구는 적은 수량으로 사용목적을 달성할 수 있는 구조의 급수설비로서 절수설비와 절수기기로 분류된다.

【해설】

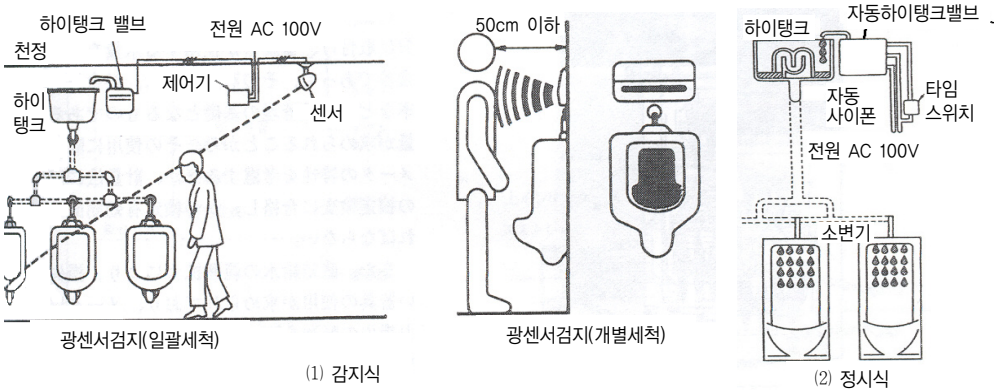
1. 절수설비

1) 절수설비란 별도의 부속이나 기기를 추가로 장착하지 아니하고도 일반제품에 비하여 물을 적게 사용하도록 생산된 수도꼭지 및 변기를 말한다.
2) 절수형 급수기구의 종류별 기준은 수도법 시행규칙 제6조의 별표 2에 따른다.
3) 일반적인 절수설비의 종류에는 다음에 예시하는 종류의 것들이 있다.

(1) 제어방식으로 절수할 수 있는 절수설비

① 소변기 세척장치

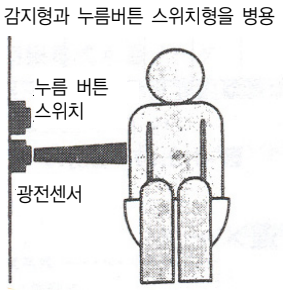
소변기 세척장치는 제어방식을 이용하여 사용실태에 맞추어서 변기를 세척하는 기구로 제어방식에는 감지(感知)식과 정시(定時)식이 있다(〔그림 9.3.25(1)~(2)〕 참조).



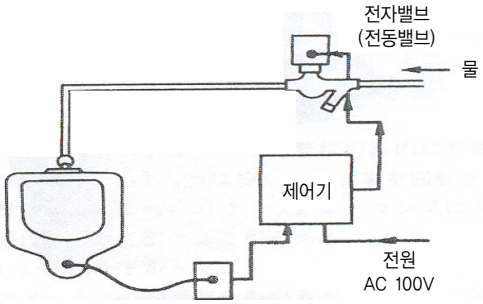
[그림 9.3.25] 소변기 세척장치

② 대변기 세척장치

대변기 세척장치는 소변기 세척장치와 동일한 제어방식으로 절수를 중시하는 화장실이나 사용할 때에 누르는 것을 잊어버리는 것을 방지하고 싶은 공공화장실 또는 위생을 중요시하는 병원 등에 알맞은 기구이다(〔그림 9.3.26〕 참조).



[그림 9.3.26] 대변기 세척장치



[그림 9.3.27] 소변기 세척용 전자밸브

③ 소변기 세척용 전자밸브

소변기 세척용 전자밸브는 전자석(電磁石)의 흡인작용이나 자동제어장치의 신호 등에 의하여 전기적으로 밸브를 개폐하며 소변기 세척장치에 사용되는 기구이다(〔그림 9.3.27〕 참조).

⑵ 자폐구조에 의하여 절수할 수 있는 절수설비

① 자폐식 위생 세척밸브(sanitary flush valve)

자폐식 위생 세척밸브는 압봉을 올려서 손을 떼면 자동적으로 지수되는 자동폐지기구를 갖고 있는 기구이다.

② 자폐식 수도꼭지(auto shutoff ball tap)

자폐식 수도꼭지는 핸들로부터 손을 떼면 물이 흐른 다음 스프링의 힘으로 자동적으로 지수되는 기구이다.

③ 전자식 수도꼭지(electronic ball tap)

전자식 수도꼭지는 급수기구에 손을 닿지 않고서 토수하고 지수할 수 있는 기구로 손이 적외선 빔(beam) 등을 차단하면 전자제어장치가 작동하여 토수하거나 지수하는 것이 자동적으로 제어된다.

④ 정량 지수형 수도꼭지(constant volume ball tap)

정량 지수형 수도꼭지는 핸들의 눈금에 필요수량을 설정하여 두면 설정된 수량을 토수한 다음 자동적으로 지수되는 기구이다.

2. 절수기기

1) 절수기기란 물 사용량을 줄이기 위해 수도꼭지 또는 변기에 추가로 장착하는 부속이나 기기, 절수형샤워헤드를 포함한다.

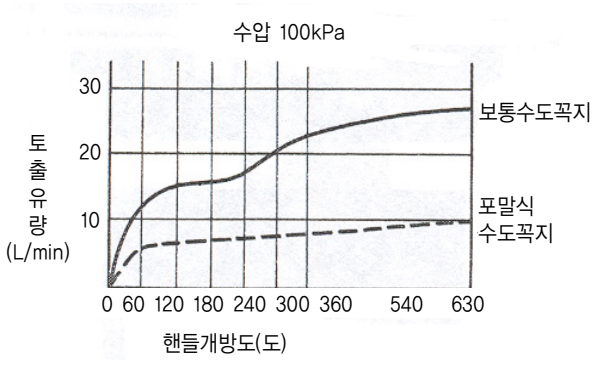
2) 일반적인 절수기기로는 다음에서 예시하는 종류의 것들이 있다

(1) 정유량밸브(constant flow valve) 부속

급수관의 압력이 상승하면 토수량도 과다하게 된다. 정유량밸브 부속은 압력변동에 관계없이 일정한 유량으로 제어하는 절수기기로 급수관 등의 도중에 설치하여 사용함으로써 과대한 토수량을 제한할 수 있다. 밸브의 유량설정은 스프링의 세기에 따라 여러 종류의 규격이 있으며 역류방지기능을 겸비한 정유량형 역류방지밸브 등이 있다.

(2) 포말식 수도꼭지(泡沫式 bubble-foam type ball tap)

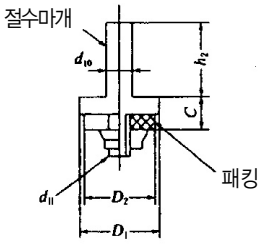
포말식 수도꼭지는 물의 튀김을 방지하기 위하여 포말꼭지를 장치하여 물이 포말식 수도꼭지 내부의 세망(細網)을 지나면서 공기와 혼합된 거품모양으로 토출시키는 급수기구로 일반 수도꼭지에 비하여 토출량을 제한할 수 있다(〔그림 9.3.28〕 참조).



[그림 9.3.28] 포말식 수도꼭지의 핸들 개방도에 따른 토출량

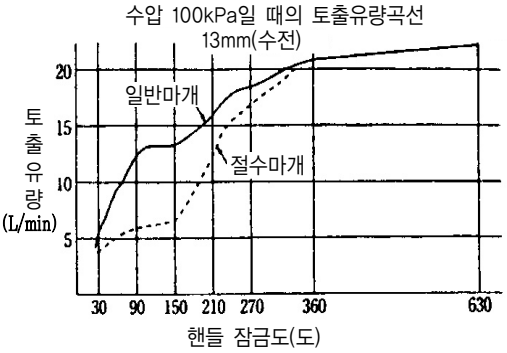
(3) 절수형 수도꼭지 스핀들(수도꼭지 부품)

절수형 수도꼭지 스핀들은 마개부분을 특별한 형상으로 만든 것으로 핸들을 조금 열더라도 너무 많은 물이 나가지 않도록 한 것이다(〔그림 9.3.29〕 참조).



단위 : mm

호칭경	D_1 (최소)	D_2	C (최소)	d_{11} (참고)	d_{10}	h_2
13	15	14	5.5	M4	5	1.5



[그림 9.3.29] 절수마개의 토출유량

9.4 수도미터

9.4.1 총칙

수도미터란 급수설비에 부착하여 수요자가 사용하는 수량을 적산 계량하는 기기를 말하며, 그 계량수량은 수도요금의 산정과 함께 유수율 등 수량관리의 기초가 되는 것으로 적정한 계량이 요청되므로, 수도미터를 사용할 때에는 각종 수도미터의 특성을 고려하고 「계량에관한법률」등이 정한 수도미터의 검정에 합격하고 검정유효기간 이내의 것을 사용하여야 한다.

그리고 직결식 급수의 범위를 확대함에 따라 손실수두가 작은 기구를 사용해야 하므로 수도미터에 관해서도 압력손실을 경감하기 위하여 사용실태에 알맞는 종류와 구경을 선정해야 한다.

또한 수도사업자는 시행기준 등으로 사용하는 수도미터의 종류를 명시해야 하며 수도미터를 설치할 장소와 설치방법 등을 정해두는 것이 바람직하다.

9.4.2 종류, 구조 및 선정

수도미터는 적정한 계량과 내구성을 확보하기 위하여 그 특성이 사용실태에 알맞은 기종을 선정해야 한다.

【해설】

1. 종류

수도미터의 종류에는 흐르는 물의 유속을 임펠러(러너)의 회전속도, 초음파, 관단면축소에 의한 속도수두차 등에 의하여 계량하는 유속식(추측식)과 됫박(box)으로 물의 부피를 측정하여 계량하는 용적

식(실측식)이 있다.

또 수도미터의 설치부는 구경 15~50 mm의 수도미터는 나사식이고 구경 65~350 mm의 수도미터는 플랜지식이 일반적이다.

1) 유속식(추측식 : 推測式) 수도미터

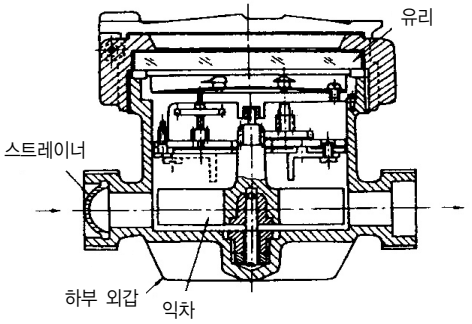
우리나라에서 사용하고 있는 수도미터는 거의가 유속식(추측식)이다. 그 중 가장 일반적으로 사용되고 있는 것이 임펠러(익차)식이다. 임펠러식은 흐르는 물의 유속에 의하여 임펠러가 회전하며 그 임펠러의 회전속도가 흐르는 물의 속도와 비례관계인 것을 이용하여 수량을 계측하는 방식이다.

이 밖에 유속식은 벤튜리분류관식, 전자식, 초음파식 등이 있다.

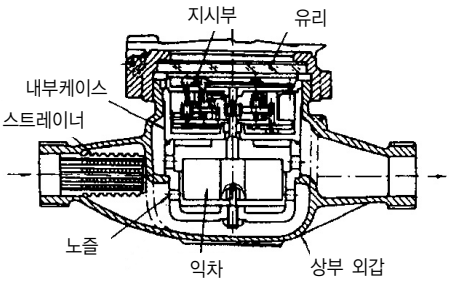
주된 종류로는 다음과 같은 것들이 있다.

⑴ 접선류(接線流) 임펠러식 수도미터

이 형식의 수도미터는 계량실내에 장치된 임펠러가 그 접선방향으로부터 물의 흐름에 의하여 회전하면서 통과수량을 적산 표시하는 구조로 이 유형에 속하는 수도미터를 크게 나누면 단갑식과 복갑식이 있으며, 지시기구부에는 건식과 습식이 있다(〔그림 9.4.1〕 및 〔그림 9.4.2〕 참조).



[그림 9.4.1] 단갑식의 예



[그림 9.4.2] 복갑식의 예

⑵ 축류(軸流) 임펠러식 수도미터

이 형식의 수도미터는 일반적으로 관상(管狀)의 기기 내에 장치되고 흐름과 평행한 축을 갖는 나선상의 임펠러를 회전시켜서 적산 계량하는 구조로 윌트만(Woltmann) 또는 터빈이라고 하며 수평형과 수직형이 있다.

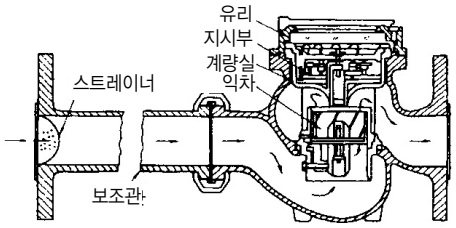
a) 수직 윌트만식

이 수도미터는 계측부의 임펠러가 수직방향으로 장착되어 있어서 「수직형」이라고 한다. 수도미터의 외갑에서 유입된 수류는 정류기를 통하여 수직으로 장치된 나선상 임펠러에 따라 아래쪽에서 위쪽으로 흘러 임펠러를 회전시키는 구조로 되어 있다(〔그림 9.4.3〕 참조).

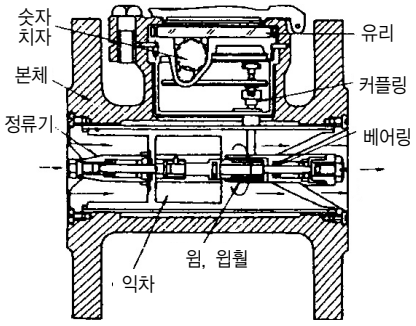
수직 윌트만식은 임펠러의 회전이 유연하기 때문에 감도가 좋고 소유량에서부터 대유량까지 광범위하게 계량할 수 있다. 그러나 압력손실이 약간 크다.

b) 수평 월트만식

이 수도미터는 임펠러가 계측관 내에 수평방향으로 장착되어 있어서 「수평형」이라고 한다. 수도미터의 외갑에 유입된 수류는 정류기를 통하여 수평으로 장치된 나선형 임펠러에 따라 흐르면서 임펠러를 회전시킨다(〔그림 9.4.4〕 참조). 수평 월트만식은 통과용량이 크기 때문에 압력손실은 작지만, 임펠러의 회전부하가 약간 크고 미소유량의 영역에서 성능이 약간 떨어진다. 저수조 등에 급수하는 급수설비와 같은 대유량의 경우에 적합하다.



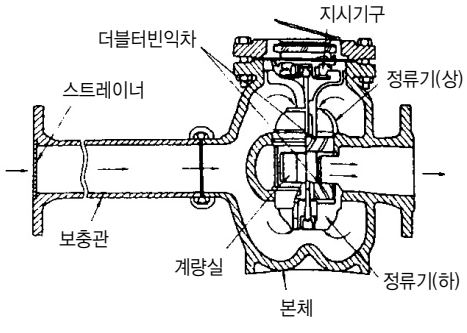
[그림 9.4.3] 수직 월트만식 예



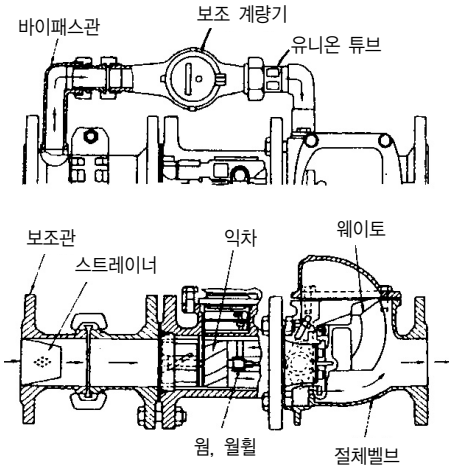
[그림 9.4.4] 수평 월트만식 예

c) 더블터빈(double turbine)

이 수도미터는 계량실내에 터빈휠(turbine wheel)이 동일한 축에 상하 2단으로 장착되어 있고, 계량원리는 수직 월트만식과 동일하다. 수류는 상하 2방향에서 유입되어 터빈휠을 회전시키면서 중심부에서 합류하여 흘러나간다. 이 때문에 터빈축의 추진력은 수중에서 평형이 얻어져서 원활하게 회전할 수 있는 구조로 되어 있고 내구력이 우수하다(〔그림 9.4.5〕 참조).



[그림 9.4.5] 더블터빈 예



[그림 9.4.6] 바이패스식 수도미터 예

⑶ 벤튜리관 분류관식

이 형식의 수도미터는 관의 입구에서 관경의 단면이 조금씩 축소되고 노즐부분을 지나면서 출구쪽으로 다시 원래의 크기로 단면이 완만하게 확대되는 구조(Venturi관)로 되어 있고, 단면적이 가장 좁아진 노즐부분의 유속이 빠르게 되며 입구측과 노즐부의 압력차가 생긴다. 이 2지점을 우회(by-pass)관으로 연결하면, 본관의 유량에 비례하는 양의 물이 흐르는 베르누이(Bernoulli)의 정리를 이용하여 우회관의 작은 수도미터로 유량을 계측하여 전체 유량을 간접적으로 계측하는 방식이다.

계량능력이 커서 비교적 대유량용으로 적합하지만, 소유량이 되었을 때에 감도가 둔하여 압력이 낮은 경우에는 사용할 수 없다. 일반적으로 공장 등의 수량관리에 사용되고 있다.

⑷ 바이패스식 수도미터

이 형식의 수도미터는 미소유량의 영역으로부터 대유량의 영역까지 넓은 계측범위를 얻기 때문에 대구경 수도미터(주수도미터)에 소구경 수도미터(보조수도미터)를 병렬로 조합한 것으로 유량이 적은 때에는 절체밸브가 닫혀서 보조 수도미터만으로 계측하고 일정한 유량 이상으로 되면 절체밸브가 작동하여 주 수도미터와 보조 수도미터의 양쪽에서 계측하는 방식의 수도미터이다(〔그림 9.4.6〕 참조).

일반적으로는 주 수도미터에 수직 윌트만식 또는 수평 윌트만식을 사용하고, 보조 수도미터로는 접선류 임펠러식 수도미터를 병렬로 조합하고 있다. 또 각각 계측범위의 선택을 절체하기 위하여 절체밸브(플래퍼식 또는 스프링식)를 구비하고 있다. 일반적으로 병원, 학교 등 밤낮의 사용수량의 변동이 심한 곳에 사용되고 있다. 이외에 주 수도미터와 보조 수도미터 모두 접선류 임펠러식을 병렬로 사용하고 절체밸브에 동력식을 사용하고 있는 방식도 있지만 현재로는 앞서 설명한 방식이 주류이다.

⑸ 복합식 수도미터

이 형식의 수도미터는 주 수도미터와 보조 수도미터를 직렬로 조합한 방식으로 주 수도미터에 더블터빈, 보조 수도미터에 원판형 수도미터를 사용하고 있으며 광범위한 수량을 계측할 수 있지만, 현재로는 바이패스식 수도미터가 주류로 되어 있다.

⑹ 전자기식 유량계

이 형식의 수도미터는 파라데이의 전자유도법칙을 측정원리로 이용한 수도미터로 동일한 직경의 직관이고 기계적 가동부가 없기 때문에 내구성이 뛰어나고 압력손실이 거의 없으며 미소유량으로부터 대유량까지 광범위한 수량의 계측에 알맞다. 또한 수평, 수직, 경사 등의 부착도 가능하며 설치장소의 선정이 자유롭다.

⑺ 초음파식 수도미터

이 형식의 수도미터는 관내를 흐르는 물에 대하여 관 벽에 설치된 1쌍 이상의 센서에서 초음파를 발사하여 관 내부를 통과한 신호의 전달시간과 반대방향으로 다시 발사하여 수신된 전달시간을 측정하면 물의 흐름에 의하여 각각의 전달시간에 차가 생기게 되는데 이 차이가 유속에 정비례한다. 결국 유속과 단면적을 이용하여 유량으로 변환하고 이를 적산하는 수도미터이다,

① 단회선 초음파식 수도미터

단회선 초음파식 수도미터는 관 외벽에 설치된 1쌍 혹은 2쌍의 센서가 관 내부의 중심선에 흐르는 평균유속을 측정하여 유량을 적산하는 수도미터로 설치가 간단하고 이동설치가 가능한 구조이며 관에 대한 정확한 치수와 설치전후의 직관부에 대한 조건을 만족시킬 수 있어야 한다.

② 다회선 초음파식 수도미터

다회선 초음파식 수도미터는 관을 3등분 이상으로 수평 분할하여 다수의 쌍으로 설치된 센서가 단면내의 다중경로의 유속을 측정하고, 이를 면적분하여 유량을 구하고 적산하는 수도미터이다.

2) 용적식(실측식) 수도미터

이 방식은 됫박으로 일정한 수량을 측정하는 방식과 같이 계량하는 수도미터로 원판식 수도미터와 로터리피스톤(rotary piston)식 수도미터가 있다. 이 형식의 수도미터는 감도와 정밀도가 뛰어나며 특히 미량을 정확하게 계측할 수 있다. 다만, 유속식과 비교하여 구조가 복잡하고 모래입자나 녹(scale) 등 이물질이 침입하는 경우에는 움직이지 않게 되는 등 고장나기 쉬우며 유지관리가 어렵다.

2. 구조

1) 계량부의 형태

⑴ 단갑식과 복갑식(single box type and double box type)

단갑식이란 수도미터의 외갑내에 유입된 수류가 임펠러에 직접 분사되는 구조인 것을 말한다. 구조가 가장 간단하고 가정용 수도미터로서 널리 사용되고 있다(〔그림 9.4.7〕 참조).

복갑식이란 수도미터의 외갑내에 별도의 계량실(inner case)을 가지고 있으며 여러 개의 노즐로부터 임펠러에 수류를 분사하는 구조인 것을 말한다. 단갑식에 비하여 노즐이 여러 개로서 부드러운 회전이 가능하다(〔그림 9.4.8〕 참조).

⑵ 정류식과 가역식

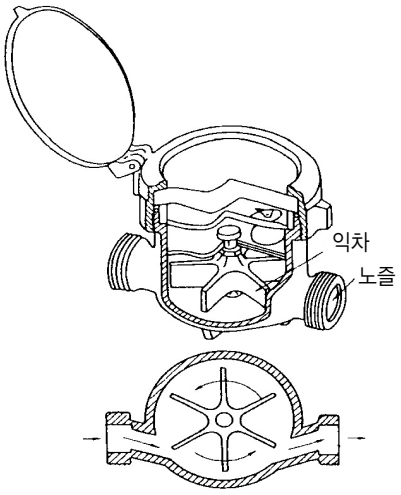
정류식이란 정방향에 한하여 계량되는 계량실을 갖는 수도미터를 말한다(〔그림 9.4.9(1)〕 참조). 가역식이란 정방향과 역방향에서의 통과수량을 모두 계량하는 계량실을 갖는 수도미터로 정방향은 가산하고 역방향은 감산한다(〔그림 9.4.9(2)〕 참조).

2) 지시부의 형태

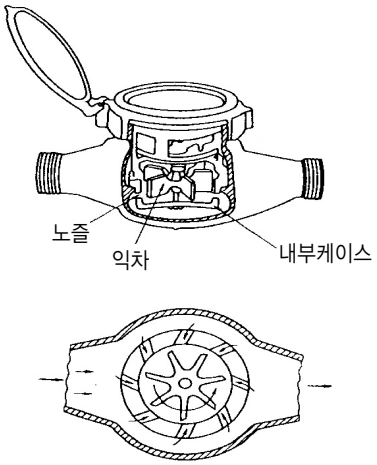
⑴ 기계식과 전자식

기계식은 임펠러의 회전을 치차에 의하여 감속하여 지시기구에 전달하므로서 통과수량을 적산·표시하는 방식이다.

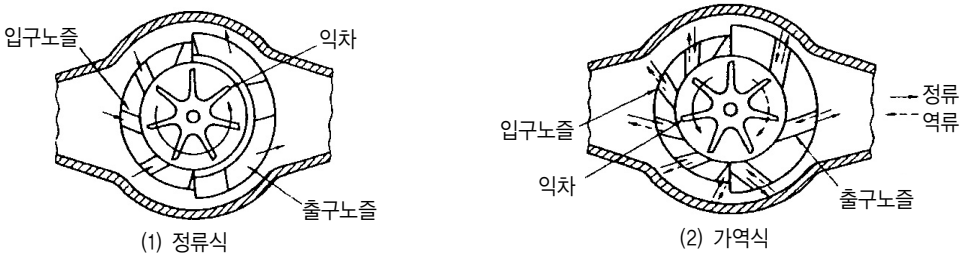
전자식은 임펠러에 영구자석을 부착하여 임펠러의 회전을 자기(magnetic)센서에 의하여 전기신호로서 검출하여 집적회로에 의하여 연산처리하여 통과수량을 액정(液晶)표시하는 방식이다.



[그림 9.4.7] 단갑식의 구조



[그림 9.4.8] 복갑식의 구조



[그림 9.4.9] 정류식과 가역식

⑵ 직독식(直讀式)과 원독식(圓讀式)

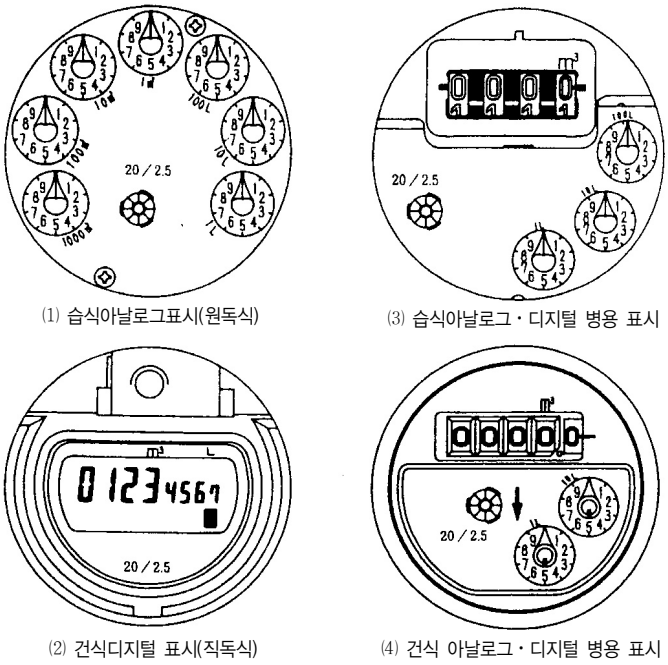
직독식은 계량치를 숫자(digital)로 적산·표시하는 방식이다. 표시부가 선명하지 않은 것을 방지하기 위하여 건식에서는 진공방식이 채택되고, 습식에서는 액봉(液封)방식이 채택되고 있다(〔그림 9.4.10〕의 ⑵~⑶ 참조). 원독식은 계량치를 회전지침(analogue)으로 문자판에서 적산·표시하는 방식이다(〔그림 9.4.10〕의 ⑴ 참조).

그 밖에 아날로그·디지털 병용표시하는 방식이 있다(〔그림 9.4.10〕의 ⑷ 참조).

⑶ 습식과 건식

습식이란 문자판 부분이 물과 격리되어 있지 않고 항상 지시기구 전체가 물에 잠겨있는 방식을 말한다(〔그림 9.4.10〕의 (1)과 ⑶ 참조).

건식이란 문자판 및 지시기구부가 수압판(水壓板)에 의하여 유수부와 완전히 격리되어 있는 방식을 말한다(〔그림 9.4.10〕의 (2)와 ⑷ 참조). 임펠러의 회전은 전자커플링에 의하여 지시기구부에 전달된다.



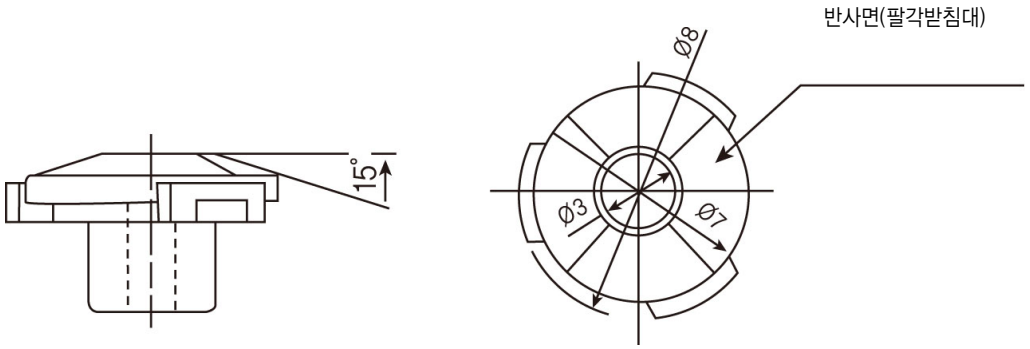
(1) 습식아날로그표시(원독식)　(3) 습식아날로그・디지털 병용 표시

(2) 건식디지털 표시(직독식)　(4) 건식 아날로그・디지털 병용 표시

[그림 9.4.10] 직독식과 원독식 예

⑷ 회전지표(回轉指標)

회전지표는 자동검정에 이용되는 것으로 수도미터의 지침이 시동하는 유량(감도)이나 누수 등의 미소 유량을 알기 위하여 사용된다. 특수한 이용법으로서 물의 사용량 실태조사(load survey)에도 사용된다(〔그림 9.4.11〕 참조).



비고 : 반사면(팔각받침대)에는 크롬도금을 입힌 평면이다.

[그림 9.4.11] 회전지표(자동검정용) 예

〈표 9.4.1〉 수도미터의 형식별 사용유량 기준(참고)

형식 및 구경 (mm)	적정사용유량의 범위 (전이유량~최대유량)(m^3/h)	과부하유량 (m^3/h)	비 고
접선류 임펠러식			습식 수도미터
15	0.101 ~ 1.6	2	
20	0.158 ~ 2.5	3.125	
25	0.252 ~ 4.0	5	
30	0.496 ~ 6.3	7.875	
40	0.788 ~ 10.0	12.5	
50	1.260 ~ 16.0	20	
월트만식			터빈식 수도미터
80	4.961 ~ 63.0	78.75	
100	7.875 ~ 100.0	125.0	
150	25.0 ~ 250.0	312.5	
200	40.0 ~ 400.0	500.0	
250	124.0 ~ 630.0	787.5	
300	160.0 ~ 1,000.0	1,250.0	

주) 1. 적정사용유량의 범위는 수도미터의 형식승인기준에 의한 형식승인 배율을 참고하여 산출
2. 과부하유량은 최대유량의 1.25배로 산출

3. 선정

수도미터는 기종에 따라 성능이 다르고 수량에 따라서는 100％ 계량할 수 없는 부분(불감유량영역)이 있다. 또 수도미터의 능력을 초과하여 사용하는 경우에는 빠르게 열화(劣化)되어 비정상으로 되기도 한다. 이 때문에 저수조의 유무, 급수전의 설치수 등을 종합적으로 검토하여 사용수량의 최소, 상용, 최대유량을 산출해야 하며 〈표 9.4.1〉의 수도미터의 형식별 사용유량기준이나 제작자의 카탈로그 등을 참고하여 선정한다. 특히 저수조가 지하층에 설치된 급수설비에서 배수관의 압력이 높은 경우에는 저수조로 단시간에 과대한 유량이 흐를 수 있다. 이러한 경우에는 정유량밸브 또는 감압밸브를 설치해야 한다.

적정한 형식 및 크기의 수도미터가 설치되었더라도 그 후의 사용상태의 변화에 따라 빨리 고장을 일으키거나 불감수량이 증대되는 경우도 있으므로 수도미터를 교체할 때에는 필요에 따라 사용실태에 적합한 수도미터의 기종으로 변경해야 한다.

9.4.3 성능

수도미터는 검정유효기간이내인 것을 사용하고 그 성능은 가능한 한 광범위로 정확하게 계량할 수 있고 또한 열화가 없으며 내구성이 있는 것이어야 한다.

【해설】

수도미터는 형식과 구경에 따라 다르지만, 가능한 한 광범위로 정확하게 계량할 수 있으며 또한 성

능열화(性能劣化)가 없고 내구성이 있는 수도미터가 필요하다.

사용 중인 수도미터나 수리하여 재사용하는 경우에는 다음 사항을 주의해야 한다.

사용 중인 수도미터는 사용공차의 범위내 이어야 한다. 사용공차의 확인은 기준 수도미터 또는 기준 탱크에 의한 비교유량시험을 하여 사용공차를 초과하는 경우에는 사용량실사(load survey) 등에 의하여 사용수량을 실태조사하여 그 원인을 규명하고 수도미터 또는 급수설비를 적정한 것으로 교체한다.

「계량에관한법률」에 350 mm 이하를 거래·증명용으로 이용하는 수도미터는 전부 특정 수도미터로 정해져 검정이 필요하다.

수도미터를 수리하여 재사용하는 경우에는 외갑의 손상, 변형, 부식 등의 이상이 없어야 한다. 수리한 수도미터를 사용하는 경우에는 소유량 영역의 성능확보 면에서 수리전과 수리후의 수도미터 성능을 조사하여 유수율 향상에 지장을 주지 않도록 한다.

1. 성능용어의 정의

수도미터의 성능용어와 각종 성능에 관한 값은 다음과 같다.

1) 수도미터의 유량

수도미터의 유량은 과부하유량(Q_4), 최대유량(Q_3), 전이유량(Q_2) 및 최소유량(Q_1)으로 구분한다.

2) 과부하유량(Q_4)

짧은 시간동안 최대허용오차를 초과하지 않고 작동될 수 있는 가장 높은 유량으로 이 후에는 정상의 상태로 작동되어야 하며, 과부하유량과 최대유량의 비(Q_4/Q_3)는 1.25로 한다($Q_4/Q_3=1.25$).

3) 최대유량(Q_3)

정격작동의 조건하에서 가장 높은 유량이다. 여기서 정격작동이란 수도미터가 최대허용오차를 초과하지 않고 안전하게 운전할 수 있는 요구조건을 의미한다. 최대유량은 〈표 9.4.2〉와 같다.

〈표 9.4.2〉 최대유량(m^3/h)

1×10^n	1.6×10^n	2.5×10^n	4×10^n	6.3×10^n

• 비고 : 표의 n은 양수, 음수 또는 영(0)이다.

4) 전이유량(Q_2)

최소유량(Q_1)과 최대유량(Q_3) 사이에 위치하는 유량으로 최대허용오차가 큰 영역과 작은 영역으로 구분되어지는 유량으로 전이유량과 최소유량의 비(Q_2/Q_1)는 1.6, 2.5, 4 또는 6.3으로 한다.

5) 최소유량(Q_1)

미터가 최대허용오차를 초과하지 않고 작동될 수 있는 가장 낮은 유량이다.

미터의 최대유량과 최소유량의 비(Q_3/Q_1)는 다음 〈표 9.4.3〉의 값들 중 하나로 제작자나 구매자가 선정한다. 예를 들면 서울시의 경우 25mm 이하는 유량비 100을 선정하고 있다(〈표 9.4.5〉 참조).

〈표 9.4.3〉 유량비의 값

10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

• 비고 : 최대 및 최소유량의 비는 표의 값보다 높게 확정할 수 있다.

6) 최대허용오차

정밀도 등급(1급 미터)은 최대유량이 100 m^3/h 이상인 미터에만 적용되며, 정밀도 2등급(2급 미터)은 최대유량이 100 m^3/h 미만의 미터에 적용하는 것이 원칙이나 최대유량이 100 m^3/h 이상의 미터에도 적용할 수 있으며, 최대허용오차는 유량영역과 온도에 따라 다음 〈표 9.4.4〉와 같다.

〈표 9.4.4〉 미터의 등급별 최대허용오차

유 량 영 역	물의 온도	최 대 허 용 오 차	
		1급 미터	2급 미터
대류영역($Q_2 \leq Q \leq Q_4$)	0.3 ~ 30 ℃	±1 %	±2 %
	30 ℃ 초과	±3 %	±3 %
소류영역($Q_1 \leq Q < Q_2$)	-	±3 %	±5 %

7) 지시오차

미터의 지시오차는 다음 식으로 산출하며, 최대허용오차의 값 이내이어야 한다.

$$\text{지시오차}(\%) = \frac{\text{지시량}(V_i) - \text{실량}(V_a)}{\text{실량}(V_a)} \times 100$$

8) 검정

검정이란 적정한 계량을 위하여 「계량에관한법률」에 정해진 제도로서 「같은법시행령」 및 「같은법시행규칙」에서 정한 바에 따라 행해지는 것이다. 검사에 합격한 수도미터에는 검정증인이 압인되며, 검정유효기간은 15~50 mm 이하는 8년, 50 mm를 초과하는 수도미터는 6년이다.

이상의 것을 정리해 보면, 수도미터의 검정유량 및 공차는 다음 〈표 9.4.5〉와 같다.

2. 성능곡선을 보는 방법

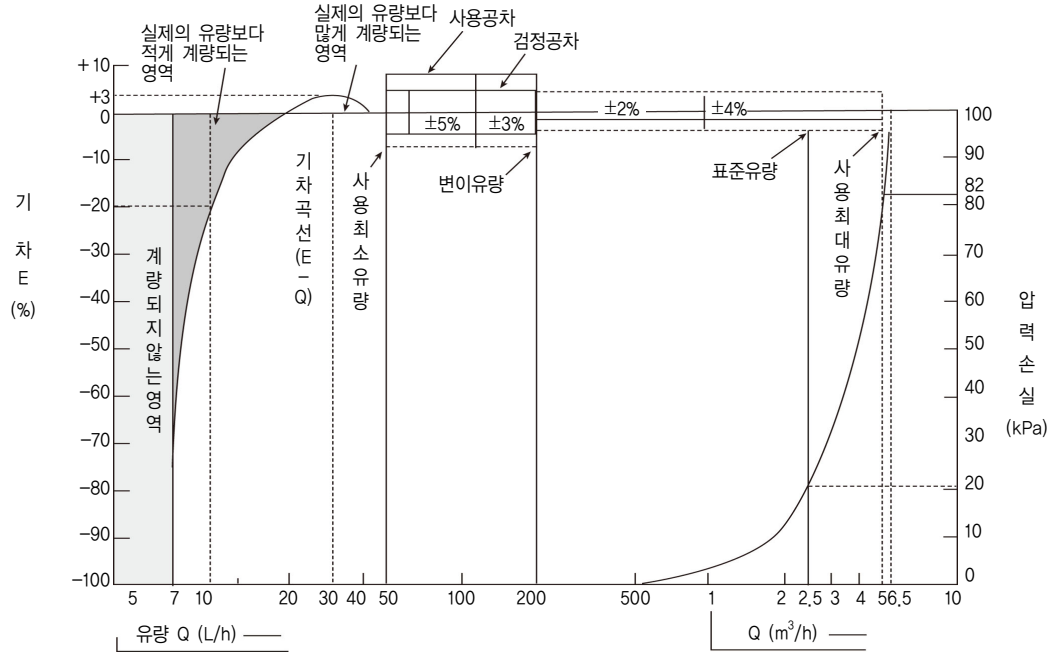
수도미터의 성능곡선을 보는 방법을 이해하는 것은 수도미터 성능을 파악하고 적정한 수도미터를 선정하는 데에 있어서 중요하다.

구경 20mm 수도미터의 성능곡선 예를 〔그림 9.4.12〕에 나타내었다.

〈표 9.4.5〉 수도미터의 검정유량 및 공차

구 분 / 오차(%) / 구경(mm)별	검정 유량(m^3/h)			최대유량/최소유량의 비(Q_3/Q_1)
	최소유량(Q_1)	전이유량	최대유량(Q_3)	
	±5	±2	±2	
15	0.016	0.100	1.6	100 배
20	0.025	0.157	2.5	100 배
25	0.040	0.252	4.0	100 배
32	0.079	0.497	6.3	80 배
40	0.125	0.788	10.0	80 배
50	0.2	1.26	16.0	80 배
80	0.788	4.95	63.0	80 배
100	1.25	7.87	100.0	80 배
150	6.25	39.37	250.0	40 배
200	10	63.0	400.0	40 배
250	25.2	158.7	630.0	25 배
300	80	504	1000.0	12.5 배

※ 형식승인 배율값 및 유량적용에 따라 최소·변이·최대의 검정유량은 달라질 수 있음.



[그림 9.4.12] 미터의 성능곡선 예(구경 20mm)

1) 미터의 기차곡선(E-Q)을 보는 방법

⑴ 〔그림 9.4.12〕의 성능곡선에서 이 수도미터가 움직이기 시작하는 유량은 약 7 L/h이다.

⑵ 유량이 10 L/h일 때 계기오차는 -20 %를 나타내고 있다. 이 경우 100 L를 통수하면, 수도미터 지시량은 80 L로 되며 실제보다 20 L 적게 계량된다.

⑶ 유량이 30 L/h가 되었을 때 계기오차는 +3 %이다. 이 경우에는 100 L를 통수하면 수도미터 지시량은 103 L로 되며 실제보다 3 L가 많이 계량된다.

⑷ 이 수도미터의 검정공차는 50 L/h(사용최소유량) 이상 200 L/h(전이유량) 미만의 소유량 영역에서 ±5 %, 200 L/h(전이유량) 이상 5 m^3/h(사용최대유량) 이하의 대유량 영역에서 ±2 %이다.
사용공차는 소유량 영역은 ±10.0 %, 대유량 영역은 ±4.0 %이다.

2) 미터의 압력손실곡선(P-Q)을 보는 방법

⑴ 통과유량이 표준유량의 2.5 m^3/h일 때 수도미터 입출구의 압력손실이 약 20 kPa(0.2 kgf/cm^2)가 되는 것을 보이고 있다.

⑵ 통과유량이 사용최대유량 5.0 m^3/h일 때 수도미터 입출구의 압력손실이 약 82 kPa(0.84 kgf/cm^2)가 되는 것을 보이고 있다.

⑶ 통과유량이 6.5 m^3/h일 때 수도미터 입출구의 압력손실이 약 100 kPa(1.02 kgf/cm^2)가 되는 것을 보이고 있다.

9.4.4 수도미터 설치와 보호통

수도미터의 설치장소 선정 및 설치방법에 대해서는 다음 각 항에 적합해야 한다.

1. 수도미터의 설치장소는 대지경계선에 가장 근접한 부지내에 수도미터를 점검하고 교체작업하기가 용이하고 동결이나 외부 충격에 의한 파손이나 지반침하의 우려가 없는 장소를 선정하여 설치한다.
2. 수도미터를 지하에 설치하는 경우에는 수도미터보호통 또는 수도미터실에 넣어서 설치한다.
3. 수도미터를 설치할 때에는 수도미터에 표시된 수류방향의 화살표를 확인하고 수평으로 설치한다. 또한 수도미터의 기종에 따라 수도미터 전후에 소정의 직관부를 확보한다.
4. 공동주택 등의 건물 내에 수도미터를 설치하는 경우에는 방한대책 및 교체작업을 위한 공간을 확보해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수도미터는 수용가의 사용수량을 적절히 검침해야 하므로 설치위치는 검침하기에 편리한 장소로서 오수나 빗물이 유입되거나 장애물이 놓이기 쉬운 장소를 피하여 선정한다.
수도미터는 땅속에 설치되는 경우가 많으므로 유지관리에 대하여 사용자의 관심이 적고 가옥의 증개축 등에 의하여 검침이나 교체에 지장을 주는 경우가 있다. 따라서 장소에 따라서는 지중에 설치하지 않고 지상에 설치하는 경우도 필요하다. 다만, 이러한 경우에는 손상되거나 동결되지 않도록 고려해야 한다.

자동문 등에 의하여 건물 내의 출입이 제한되는 공동주택 등에 수도미터를 설치하는 경우에는 수도미터의 검침과 유지관리에 지장이 없도록 조치를 강구해야 한다. 한랭지에서는 수도미터가 동결 파손

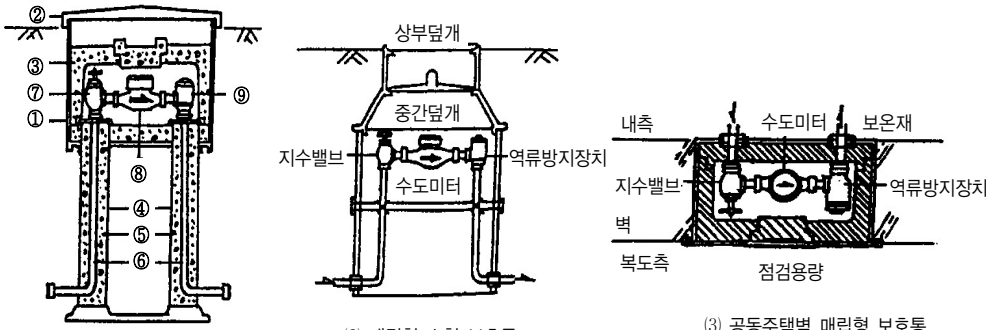
되는 경우가 있으므로 설치위치에 특별히 유의해야 한다.

2.에 대하여 ; 수도미터를 지하에 설치하는 경우에는 수도미터보호통 또는 수도미터실 속에 넣어 보호해야 하며, 특히 수도사업자는 유지관리를 위하여 수도미터의 설치위치를 분명히 해 놓아야 한다. 또 수도미터보호통(또는 수도미터실)은 수도미터를 용이하게 검침할 수 있는 구조로 하고, 지수밸브, 역류방지밸브(anti-reverse flow device) 등이 수납될 수 있으며 또한 수도미터를 용이하게 교체할 수 있는 크기로 한다.

일반적으로 구경 15~50 mm 수도미터인 경우에는 수도미터보호통([그림 9.4.13]의 (1)~(3) 참조)을 설치하고, 구경 80~350 mm 수도미터인 경우에는 콘크리트블록이나 현장타설 콘크리트 등으로 한 수도미터실의 상부에 철뚜껑을 설치하는 구조이다.

3.에 대하여 ; 수도미터는 역방향으로 설치하는 것은 절대로 피해야 한다. 또 경사지게 설치하면 감도나 내구성을 저하시키는 원인으로 되기 때문에 수평으로 설치한다. 더욱이 적정한 계량을 확보하기 위하여 수도미터의 전후에 소정의 직관부 거리[「수도미터 기술기준」(기술표준원고시 제2006-514호, 2006.10.17)에 따른 형식승인을 받을 때 또는 「KS B 50049-1 : 2006」에 따른 인증을 받을 때 적용한 직관부 거리]를 확보해야 한다. 또 계량기의 패킹(packing)은 정확하게 설치해야 한다.

4.에 대하여 ; 수도미터를 공동주택의 배관덕트(duct) 내 등 외기의 영향을 받는 장소에 설치하는 경우에는 수도미터에 발포플라스틱 등으로 뚜껑을 설치하는 방한대책이 필요하다. 특히 한랭지 배관덕트 내의 공간에 구획되지 않은 구조나 북향의 복도식 공동주택에 설치된 수도미터는 동파될 우려가 높으므로 수도미터실 내의 보온대책에 유의해야 한다. 또한 수도미터가 다른 배관설비와 인접하고 있는 경우에는 수도미터 교체작업에 필요한 공간을 확보해야 한다.



(1) 매립형 소형 보호통 (2) 매립형 소형 보호통 (3) 공동주택벽 매립형 보호통

번호	명칭	번호	명칭	번호	명칭
1	수도미터보호통	4	입상입하관보호관	7	앵글밸브
2	보호통덮개	5	입상입하관보온재	8	수도미터
3	상부보온재	6	입상입하수도관	9	역류방지밸브

[그림 9.4.13] 수도미터보호통

9.4.5 수도미터의 원격검침

수도미터의 원격검침장치를 설치하는 경우에는 정확하고 또한 효율적으로 검침할 수 있으며 유지관리가 용이한 방식으로 해야 한다.

【해설】

수도미터의 원격검침장치는 설치된 수도미터의 지시수량을 수도미터로부터 멀리 떨어진 장소에서 능률적으로 검침하기 위하여 설치하는 것이다.

이 장치를 설치함으로써 중고층의 공동주택이나 지하상가 등에 대하여 검침의 효율화와 적설에 의하여 검침하기 곤란한 경우 또는 대구경 수도미터실의 철뚜껑을 개폐하기 곤란한 경우 등에 유효하다.

또한 전기통신 수단과 다기능형의 전자식 수도미터의 개발에 따라 원격자동검침의 실용화계획과 함께 PDA(Personal Digital Assistant, 개인 정보 단말기)에 의한 검침의 실용화, 무선통신방식에 의한 원격검침, 전력선을 이용한 수도, 가스의 공동 원격검침 방식 등이 개발되고 있다.

원격검침장치는 사용수량을 전송하기 위한 것으로 정확하고 고장이 적으며 유지관리가 용이한 것이 필요하다.

1. 원격지시방식

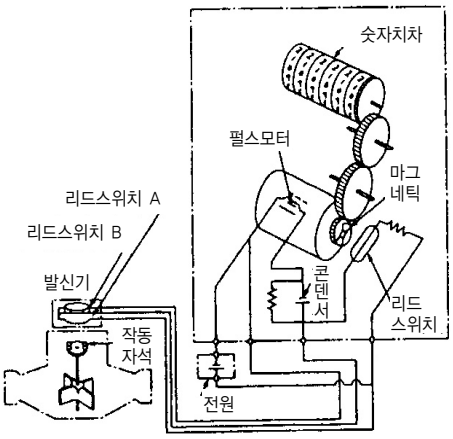
수도미터의 원격검침장치는 발신장치(또는 기억장치), 신호전송부(cable), 수신기로 구성되며 다음과 같은 방식들이 있다.

1) 펄스발신방식(Pulse transmission process)

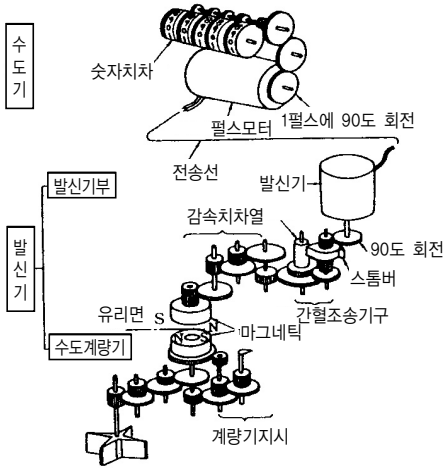
이 방식은 수도미터가 일정량을 계량하였을 때 자석의 회전에 의하여 리드스위치(reed switch) 또는 래칭릴레이(latching relay)의 절체작동으로 그 신호가 전송선을 통하여 수신기의 스텝모터(step motor) 또는 펄스모터(pulse motor)를 구동하여 숫자치차(dial wheel)를 회전시켜 사용수량을 적산 표시하는 방식이다.

전원은 집중검침할 경우에는 일반적으로 상용전원을 사용한다. 또한 개별검침할 경우에는 리튬(lithium)전지를 사용하는 방식(〔그림 9.4.14〕 참조)과 외부전원을 사용하지 않고 발전기를 내장한 방식(〔그림 9.4.15〕 참조)을 사용한다.

발전기 내장방식은 임펠러의 회전을 마그네틱커플링(magnetic coupling)을 통하여 회전운동의 그대로를 발전기부로 전해지며 일정한 회전수마다 스프링의 힘으로 발전기를 회전시키는 간헐조송기구(間歇早送機構: intermittent quick feed mechanism)에 의하여 펄스전압을 발생시킨다. 이 펄스신호에 의하여 펄스모터를 구동하여 숫자치차(dial wheel)를 회전시켜 사용수량을 적산 표시하는 방식이다.



[그림 9.4.14] 펄스발신 방식(리튬전지사용)예

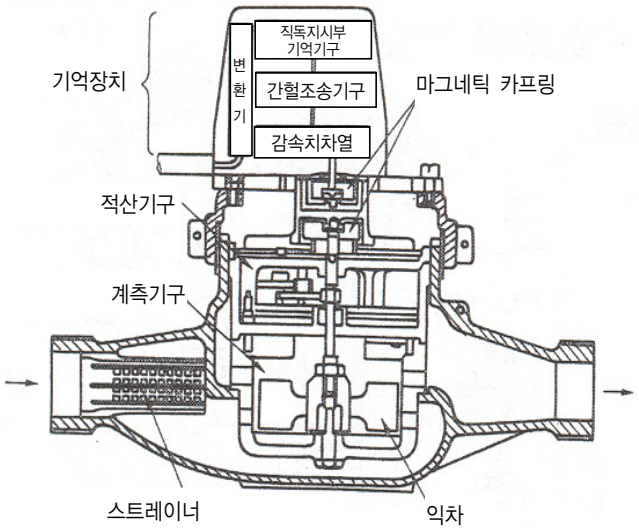


[그림 9.4.15] 펄스발신방식(발전기 내장) 예

2) 엔코더방식(Encoder process)

이 방식은 임펠러의 회전을 마그네틱커플링(magnetic coupling)을 통하여 엔코더유니트(encoder unit)로 전한다. 엔코더유니트는 단위수량마다 임펠러의 회전에 의하여 축적된 에너지를 방출하는 간헐조송기구(間歇早送機構)에 의하여 자리수별(1,000 m^3, 100 m^3, 10 m^3, 1 m^3 등)로 로터리 스위치(rotary switch)를 움직여서 계량치를 축적하여 기억된다.

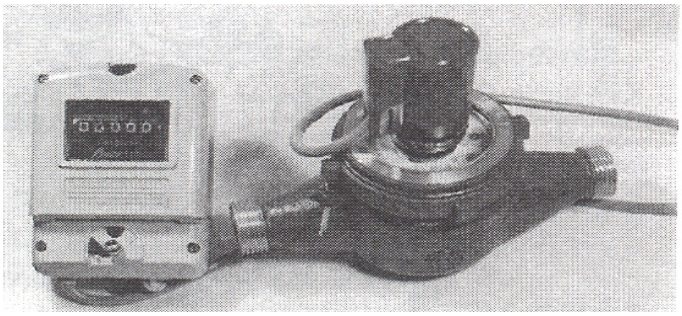
원격검침하는 경우에는 축적하고 기억된 계량치를 변환기에 의하여 전기신호로 변환하여 전송하면 집중검침반 등에 수신하고 표시한다(〔그림 9.4.16〕 참조).



[그림 9.4.16] 엔코더방식 예

3) 발전방식(Generation process)

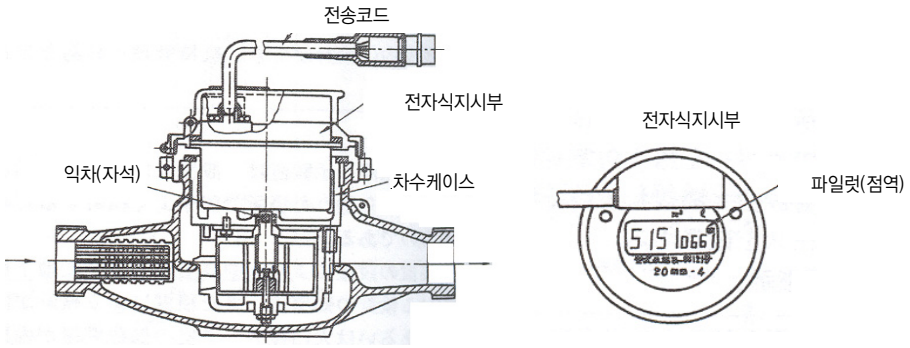
이 방식은 수도미터 지시기구의 일부에서 마그네틱커플링을 통하여 회전을 발신기내의 치차열에 전달하여 간헐조송기구의 태엽을 감는다. 일정량이 감기게 되면 자동적으로 캠(cam)이 빠져서 태엽의 반발력으로 발전기가 급속히 회전하면서 펄스전압을 발생시킨다. 한편 수신기는 그 펄스에 동조하는 펄스모터에 의하여 계수기를 동작시켜서 적산치를 표시하는 방식이다(〔그림 9.4.17〕 참조).



[그림 9.4.17] 발전방식의 예

4) 전자식지시방식(Electronic indicator process)

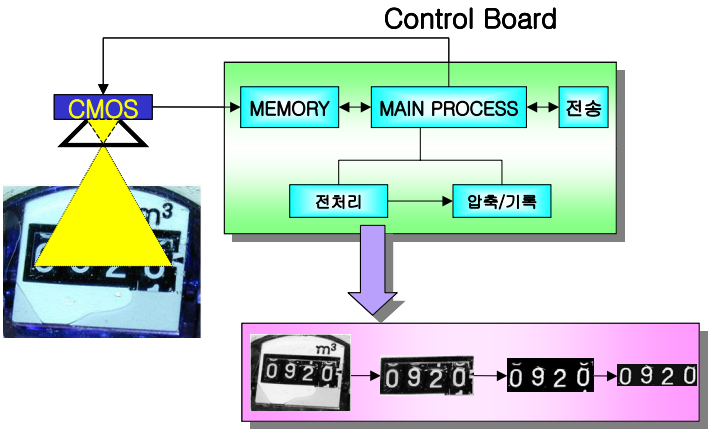
이 방식은 수도미터의 지시부를 전자화하여 계량치를 전기적으로 기억하는 방식이다. 원격검침하는 경우에는 수신기측에서의 기동에 의하여 기억하고 있는 계량치를 정해진 포멧으로 출력하며 그것을 수신 측에서 독해표시하는 방식으로 발신기측에서의 펄스출력을 수신기측에서 적산표시하는 방식이다(〔그림 9.4.18〕 참조). 또한 정해진 포멧의 출력은 자동검침(원격수도미터 검침시스템)용으로서 그대로 이용된다.



[그림 9.4.18] 전자식지시방식의 예

5) 촬상식지시방식(Camera image indicator process)

이 방식은 촬상소자를 이용하여 계량기 지시부를 촬영한 후 그 이미지를 전송하는 방식이다. 기존의 계량기를 교체하지 않고 다양한 종류의 계량기에 적용할 수 있지만, 촬영소자와 계량기 지시부 사이에 결로현상 및 침수 등이 발생하는 경우 촬영된 이미지의 판독이 불가능할 수 있다(〔그림 9.4.19〕 참조).



[그림 9.4.19] 촬상식 방식의 예

2. 원격검침방식(Remote meter reading system)

수도미터는 일반적으로 땅속에 설치되기 때문에 검침작업의 효율이 나쁘며 비용이 많이 들게 되어 있다. 이러한 작업의 효율을 향상시키기 위하여 원격검침방식이 일부 도입되고 있다. 이에는 개별검침방식, 집중검침방식, 자동검침방식이 있다.

1) 개별검침방식(Individual meter reading process)

수도미터로부터 떨어진 곳에 수신기를 설치하고 각각 검침하는 시스템이다. 한랭지에서 적설 등으로 직접검침이 곤란한 지역, 수도미터가 건물 내에 있거나 야간영업 등으로 주간에 점검하기 곤란한 곳, 철뚜껑의 개폐가 곤란한 대구경 수도미터 등의 경우에 이용한다.

2) 집중검침방식(Concentrated meter reading process)

다수의 원격검침장치 수신기를 1개소에 집합시켜 읽어내는 방식이다. 집중검침은 주로 중고층 공동주택, 지하상가 등에 있어서 점검작업의 효율화를 위하여 이용되고 있다.

3) 자동검침방식(Concentrated meter reading process)

자동검침방식에는 여러 가지의 규모인 것이 있지만, 소규모의 것으로는 집중검침시스템을 더욱 진행시켜 검침치를 자동적으로 인자기록하거나 자기테이프 등에 자동적으로 수집기록하여 컴퓨터로 처리하는 시스템이다. 또한 대규모인 것에는 대단위 공동주택 등에서 각 동의 단말기와 중앙의 컴퓨터를 전용선 또는 전화회선에 연결하고 중앙에서 검침과 요금청구서작성 등 사무의 일부 또는 전부를 자동적으로 처리하는 시스템이 있다.

원격자동검침시스템은 크게 나누어 수도미터에서의 신호발신장치, 신호전송부, 신호수신처리장치로 구성되며, 이 중 신호전송부는 전화회선, CATV, 무선, 전용선을 이용하는 방법 등이 있지만, 통신마다의 광역성, 보수성, 신뢰성의 면에서 일반적으로 전화회선을 이용하는 방법이 채택되고 있다.

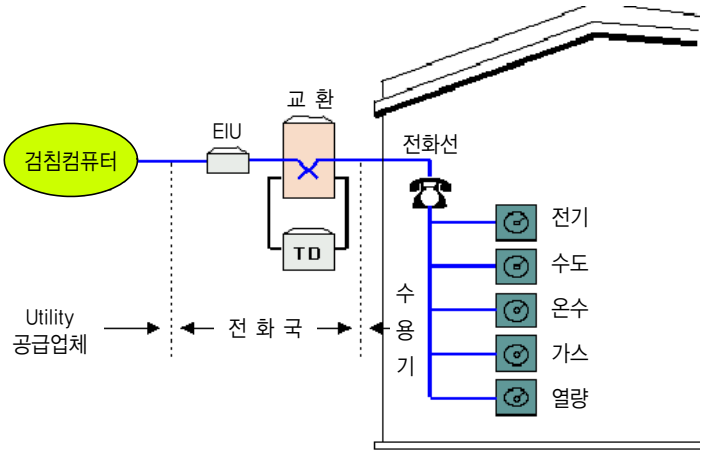
전화회선에는 일반가입전화회선과 전용선방식이 있다. 전자는 통화의 공시간(空時間)을 이용해야 하지만, 후자는 전화국의 전화교환기에 논링잉트렁크[주1](non-ringing trunk: NRT)가 부가되어 있으므로

전화가입자의 벨을 울리지 않고서 신호를 전송할 수 있다.

또 전화회선을 이용하는 경우의 원격자동검침으로서 다음과 같은 방식들이 있다.

(1) 일반전화선 방식

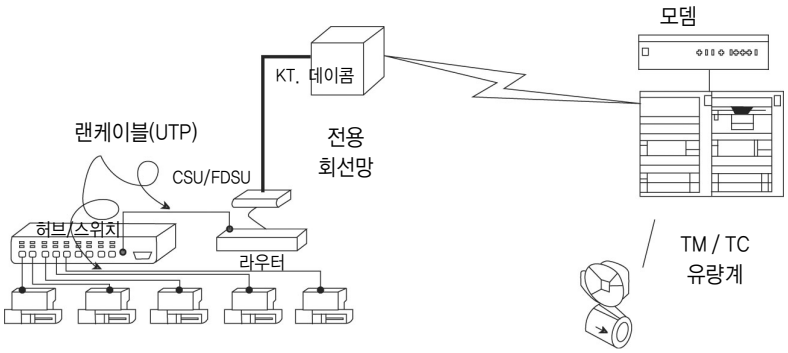
이 방식은 전화선방식은 원격지의 단말장치와 정보처리센터간에 전화선을 통해 정보가 전달되는 방식이다. 이 방식은 별도의 통신선로가 필요치 않으면서도 넓은 지역의 검침이 가능하고 검침 소요비용도 전렴한 편이고 단말 가격도 비교적 낮아 경제적인 방식이다. 단, 정보전달의 신뢰성이 높으나, 통화중에는 정보전달이 불가능한 단점이 있다. 또한 지능형 교환기와 다수의 계량 서버가 필요하며 데이터의 전송속도가 느리고, 구내 회선 공사비가 소요되고 회선 사용료가 수반된다는 문제점이 있다. 전화선방식의 원격검침용 단말기는 가입자 전자기부와 정합장치와 원격검침 센서가 부착된 계량기기부로 구성되었는데 검침도중 해당 가입자가 전화를 통화하기 위해 전화기를 들었을 때 통화에 지장이 없도록 평상상태로 복구하며 원격자동검침을 하기 위한 계량기 인식기능과 통신용 회선과의 접속을 위한 통신 정합기능을 갖추고 있다. 이 시스템은 지능센서를 넣은 전자식 미터기를 비롯하여 미터기의 눈금을 읽어 송출하는 가입자 결합장치, 전자교환기와 검침용 컴퓨터를 잇는 망 제어장치, 검침명령을 내리고 이들 정보를 받아 자기테이프에 수록하는 검침용 컴퓨터 등으로 구성된다.([그림 9.4.20] 참조)



[그림 9.4.20] 일반전화선 방식

(2) 전용선 방식

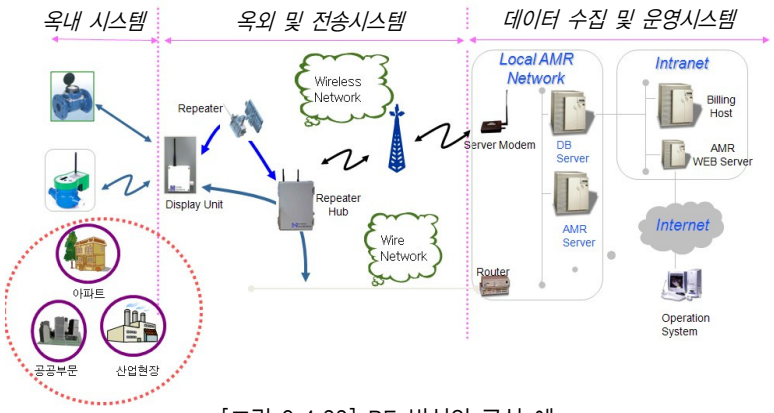
이 방식은 데이터 통신에 있어서 두 지점간의 통신을 위해서 통신선로가 설치된 것으로 원격검침에 적용된 전용선은 검침 이외에도 방법, 방재 등의 경보시스템을 위한 통신선로로 이용할 수 있어 신축되는 건물에서 많이 사용하고 있다. 통화중 등의 대기시간이 없어 처리속도가 빠르고 통신 성공률이 양호하여 정보전달의 신뢰성이 높으며 운영비용이 저렴하고 유지관리가 용이한 장점이 있으나, 전용회선을 별도로 설치하여야 하므로 설치비가 비싸고 검침구역이 한정되는 단점이 있다.([그림 9.4.21] 참조). 이 방식은 정기 및 수시로 검침할 수 있다.



[그림 9.4.21] 전용전화선 방식

(3) RF(Radio Frequency)방식

이 방식은 무선 주파수를 이용한 통신 기술로 통신 선로의 확보가 필요없이 넓은 지역에서 일시에 많은 데이터를 수집하는데 유리하며 회선절제 및 트래픽에 영향을 받지 않는 장점이 있다. 그러나, 이 방식은 주파수 자원이 한정되어 있어 별도의 주파수 확보가 어렵고 기상조건 및 잡음 등의 영향을 받기 쉬운 단점이 있다. 무선 방식의 경우 할당된 특정주파수 대역을 이용하여 통신을 하게 되는데 무선국에서 송출되는 전파에 의해 일방적인 명령을 수행하게 되며 응답 자료를 송출할 수 있는 별도의 방법이 마련되어야 한다. 미국과 같은 검침지역이 넓은 곳에는 통신상에 간섭이 적어 무선방식이 적합하고, 우리나라와 같이 검침지역이 좁고 통신의 방해요인이 많은 곳에는 유선방식이 알맞다는 것이 기존의 견해였다. 그러나 다양한 무선기술 발전에 따라 고압전기 검침 등에는 기존의 이동통신망을 이용한 원격검침이 적용되고 있는 상황이다. 또한 이동통신망 방식은 서킷, 패킷 방식을 이용하고 있으며, 단말기 가격이 고가이고 회선 사용료가 수반된다는 단점이 있다. 한편 소출력 무선방식은 송신 출력이 미약(10 mW이하)하여 통달거리가 보통 100~200 m로 짧고, 이로 인하여 중계기가 과다 소요되는 단점이 있으나, 통신비용이 없는 장점을 가지고 있어 관련 업계에서는 현행 소출력 제도의 개선을 통한 경제성 확보를 모색하고 있다.



[그림 9.4.22] RF 방식의 구성 예

4) 원격식 수도미터를 계획할 때의 주의사항

자동원격검침시스템을 계획할 때에 주된 주의사항은 다음과 같다.

⑴ 경제성이나 정보전달수단에 관하여 사전에 검토할 것.

수요자별로 장치의 설치가 필요하며 장치의 경비나 설치비가 비싸기 때문에 종합적인 경제성에 관하여 미리 충분히 검토한다.

통신설비의 규제가 완화되고 정보전달수단이 다양해짐에 따라 지금까지의 전화회선을 이용하는 것 이외의 시스템을 이용할 수 있다. 따라서 선택할 수 있는 수단을 확대하여 목적에 가장 적합한 시스템을 선정한다.

⑵ 회선의 이용승낙을 얻는다.

가입회선을 이용하는 경우에는 회선가입자로부터 사전에 이용승낙을 얻어야 하지만, 이것을 얻는데 상당한 시간과 노력을 요한다는 것을 미리 알아야 한다.

⑶ 데이터전송기의 설치위치 및 수도미터에서의 신호케이블의 노선을 사전에 조사한다.

수도미터에서 전화기의 보안기 근방에 설정된 전송기까지의 케이블 부설이 필요하며 기존의 가옥에서는 케이블 노선의 확보나 미관상의 문제가 발생하기 때문에 미리 조사가 필요하다.

⑷ 전파장애나 유도장애에 대한 대책을 세운다.

전자화된 수도미터는 약간의 유도전압이라도 오동작을 일으킨다. 또 이 수도미터에는 케이블이 접속되어 있어서 낙뢰, 전파, 전력선 등에 의한 유도장애를 받기 쉬우므로 이에 대한 대책이 필요하다.

3. 검침시스템

1) PDA(Personal Digital Assistant, 개인 정보 단말기)방식

PDA는 수도미터검침의 정확성 향상과 요금사무의 효율화를 목적으로 하는 검침시스템의 하나로 입력장치, 디스플레이장치, 통신장치로 구성된 경량이며 손으로 운반할 수 있는 방식이다.

수도미터의 지시치를 PDA에 입력함으로써 현장에서 사용수량이나 요금을 검침부에 자동적으로 기입하고 수도미터의 오검침이나 누수 등의 비정상을 검지하는 기능을 구비하고 있다. PDA에 입력된 검침치의 데이터는 전용단말기에 접속함으로써 주컴퓨터에 자동적으로 입력할 수가 있다. PDA의 도입에는 각 수도사업자의 현행 검침시스템을 충분히 비교·검토할 필요가 있다.

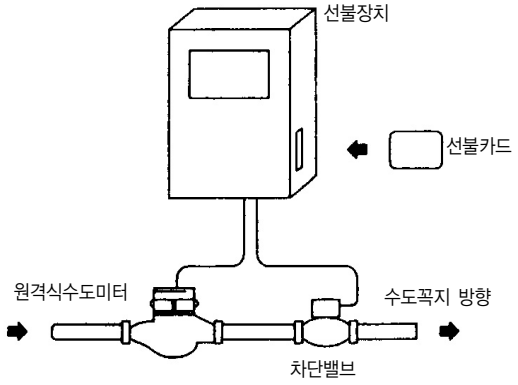
2) RF(Radio Frequency)방식

이 방식은 무선 주파수를 이용한 통신 기술로 통신 선로의 확보가 필요없이 넓은 지역에서 일시에 많은 데이터를 수집하는데 유리하며 회선절제 및 트래픽에 영향을 받지 않는 장점이 있다. 그러나, 이 방식은 주파수 자원이 한정되어 있어 별도의 주파수 확보가 어렵고 기상조건 및 잡음 등의 영향을 받기 쉬운 단점이 있다. 무선 방식의 경우 할당된 특정주파수 대역을 이용하여 통신을 하게 되는데 무선국에서 송출되는 전파에 의해 일방적인 명령을 수행하게 되며 응답 자료를 송출할 수 있는 별도의 방법이 마련되어야 한다. 미국과 같은 검침지역이 넓은 곳에는 통신상에 간섭이 적어 무선방식이 적합하고, 우리나라와 같이 검침지역이 좁고 통신의 방해요인이 많은 곳에는 유선방식이 알맞다는 것이 기존

의 견해였다. 그러나 다양한 무선기술 발전에 따라 고압전기 검침 등에는 기존의 이동통신망을 이용한 원격검침이 적용되고 있는 상황이다. 또한 이동통신망 방식은 서킷, 패킷 방식을 이용하고 있으며, 단말기 가격이 고가이고 회선 사용료가 수반된다는 단점이 있다. 한편 소출력 무선방식은 송신 출력이 미약(10 mW이하)하여 통달거리가 보통 100~200 m로 짧고, 이로 인하여 중계기가 과다 소요되는 단점이 있으나, 통신비용이 없는 장점을 가지고 있어 관련 업계에서는 현행 소출력 제도의 개선을 통한 경제성 확보를 모색하고 있다.

3) 선불카드(Prepaid card)방식

이 방식은 검침과 수금업무를 대폭적으로 간소화할 목적으로 채택하는 방식이다. 이 시스템은 원격식 수도미터, 차단밸브 및 선불(prepaid)장치로 구성되며 수요자는 마그네틱카드(magnetic card)를 구입하여 선불장치에 삽입함으로써 구입요금에 해당하는 수량만큼의 수돗물을 사용할 수 있다. 마그네틱 카드를 다 사용하면 차단밸브가 자동적으로 닫히지만 긴급 버튼을 누르는 것에 의하여 최저보증수량을 계속 사용할 수 있고 다음 마그네틱카드를 삽입하면 최저보증수량분이 사용가능량에서 공제되게 되어 있다(〔그림 9.4.23〕 참조).



[그림 9.4.23] 선불카드 방식의 구성 예

선불카드는 각 분야에 보급되고 있다. 이것을 수도미터에 활용하는 경우에는 카드판매에 의한 선납제로 되기 때문에 검침, 조정, 수납사무, 개폐전 등의 수속이 대폭 간소화되는 등의 장점이 있다. 도입할 때에는 현행의 수도요금금체계의 변경, 「수도법」에서의 상시급수의무, 「민법」상의 납입통지나 독촉조항, 선불카드에 관한 관계법령 등을 고려해야 한다.

9.5 저수조 이하의 설비

9.5.1. 총칙

저수조 이하의 설비는 배수관에서 수돗물을 일단 저수조에 받아서, 이것을 펌프로 고가수조에 양수하거나 급수펌프 등으로 압송하는 배관설비에 의하여 음용수를 공급하는 설비로 저수조는 「수도법」 제3조 제24호에 규정하는 상수도시설 중 급수설비에 해당하는 시설이다.

저수조의 설치나 구조 등에 관해서는 「주택건설 기준 등에 관한 규정」 제35조(비상급수시설) 및 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」 제3조(저수조의 설치기준) 별표 1의 설치기준에 필요한 요건이 정해져 있다. 또 「수도법」의 전용수도 또는 간이전용수도에 해당되는 경우에는 동법으로 그 관리에 관하여 필요한 사항이 정해지고 있다.

이와 같이 저수조 이하설비에 대해서는 법규에 의하여 안전한 물을 적정하게 공급하기 위한 것이지만, 저수조, 고가수조, 압력탱크 및 배관설비의 구조와 재질에 따라 수돗물이 오염될 가능성이 있으므로 설계, 시공 또는 유지관리에 대해서는 구조나 재질상의 안전을 기해야 하며 유해물질로 인하여 수돗물이 오염되지 않도록 충분히 고려해야 한다.

9.5.2 지하저수조

저수조의 구조와 재질은 다음 각 호에 적합해야 한다.
1. 보수, 점검 및 유지관리가 용이해야 한다.
2. 충분한 강도가 있고 내구성이 있어야 한다.
3. 저수조 내의 물이 오염되지 않아야 한다.

【해설】

1.에 대하여

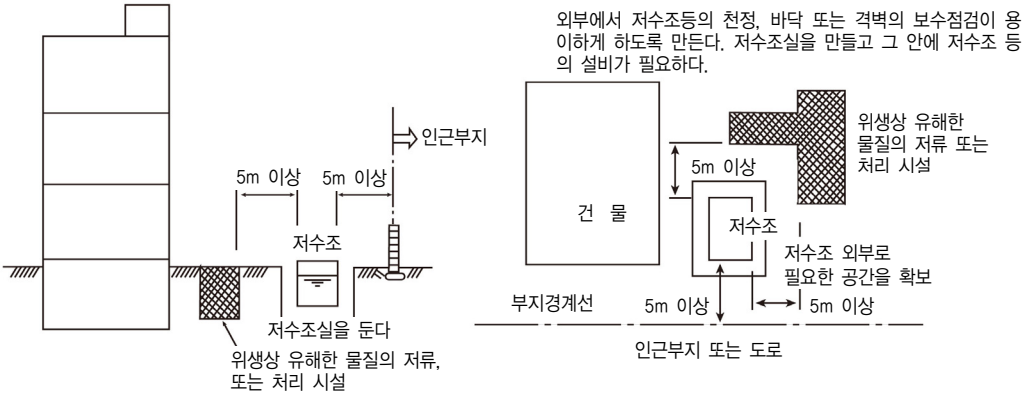
1) 저수조는 외부에서 보수와 점검을 용이하고 안전하게 할 수 있어야 하며 저수조의 형상이 육면체일 경우 저수조의 외면은 건축물과 장애물 및 기타의 부분과 이격거리를 저소조의 맨홀부분은 건축물(천정 및 보 등)으로 부터 100 cm 이상 떨어져야 하며 그 밖의 부분은 60 cm 이상의 간격을 띄워야 한다.

또 맨홀의 출입구는 보 및 기둥 등에 지장이 없는 위치이어야 한다.

2) 저수조를 지하에 설치할 경우에는 건물의 지하층에 설치하는 것이 일반적이며, 지하층이 없는 경우에는 저수조실을 별도로 만들어 그 안에 설치하고 주위의 공간을 확보하여 외부에서 보수와 점검이 용이하도록 한다.

3) 저수조는 위생상 유해한 액체나 물질을 저류하거나 처리하는 시설(분뇨정화조, 배수관, 도로측구, 연못 등)로부터 5m 이상 떨어지게 설치해야 하며, 부득이 5m 미만에 설치할 경우에는 저수조실 외에 별도의 콘크리트 중간벽 등으로 특별한 조치를 취하고 저수조 주변에 점검용 공간이 확보되도록 하여야 한다(〔그림 9.5.1〕 참조).

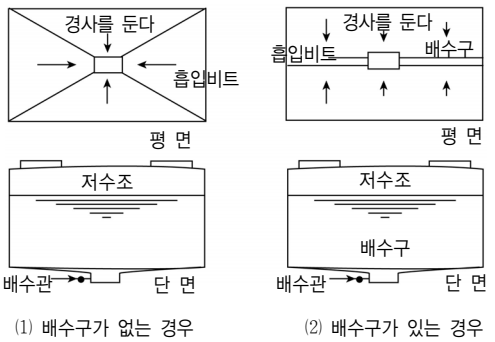
4) 저수조는 위생상 유해한 액체나 물질이 침입하지 않도록 하기 위하여 건축물의 상판이나 외벽을 겸용하지 않는 구조로 한다. 또 저수조의 상부에는 기계류를 설치하거나 주차장 등 다른 용도로 사용하는 일은 피해야 한다. 부득이 펌프, 보일러, 공기조화기 등 기계를 설치하는 경우에는 받침대(접시형)를 설치하는 등 별도의 조치가 필요하다.



[그림 9.5.1] 위생상 유해한 것을 저류 또는 처리하는 시설과 저수조의 관계

5) 저수조는 내부를 보수하고 점검하기 용이하도록 내·외부에 녹이 슬지 않는 재질의 출입용 사다리(안전발판 등)와 맨홀(원형은 직경 90 cm 이상, 사각형은 한변의 길이가 90 cm 이상)을 1개 이상 설치하며 맨홀의 형태는 청소하기 위하여 사람이나 청소용구의 반출입하기가 용이하도록 사각형이 바람직하다. 맨홀의 입구는 주위보다 10 cm 이상 높게 턱을 만들고 뚜껑은 외부에서 먼지나 그 외의 유해물질이 들어가지 않게 밀폐식이나 이중뚜껑 등으로 하며, 반드시 잠금장치를 할 수 있도록 한다. 저수조의 천정 상부는 외측으로 1/100 이상의 경사를 주어 청소세척수 등이 정체되지 않도록 한다.

6) 저수조의 내부는 사람이 들어가서 청소도구 등을 가지고 자유로이 청소작업할 수 있는 작업반경을 확보하도록 적정한 높이(최소 180 cm 이상)와 공간을 확보하는 구조로 설계한다. 저수조에는 배수관을 설치하며 저수조 내부바닥에는 배수구(홈)를 향하여 1/100 이상 경사를 두어 배수(排水)할 때에 잔류수가 남지 않도록 한다(〔그림 9.5.2〕 참조).



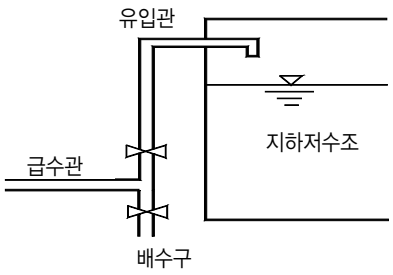
[그림 9.5.2] 배수구 설치의 예

2.에 대하여

1) 저수조는 수질에 영향을 주지 않는 내식성 재료로서 수밀성이 확보되어야 하며 충분한 강도가 있어야 한다.
2) 저수조의 재질은 조류가 증식되는 것을 방지할 수 있는 제품을 사용해야 하며 가능한 한 내부에 보강재를 설치하지 않는 것이 바람직하다.
3) 저수조에는 수위가 일정수준을 초과하거나 일정수준 이하로 줄어들 때에 울리는 경보장치를 설치하며 그 수신기는 관리실 등에 설치해야 한다.
4) 철근콘크리트 구조체인 경우에는 인체에 해가 없는 도료로 도장하거나 인체에 유해한 물질이 용출되지 않는 재질로 라이닝 한다.

3.에 대하여

1) 저수조의 천정, 바닥, 외벽 또는 배관은 외부로부터 위생상 유해한 물질이 들어가지 않도록 설치하며 건축물의 상판이나 외벽 등을 이용하여 설치하여서는 안 된다.
2) 저수조 내의 유입관은 역류를 방지하기 위하여 월류구를 유입구보다 낮게 하는 등의 토수구공간을 확보해야 한다(9.6.3 역류방지 참조).
3) 저수조에는 공기소통을 위한 환기구 또는 환기통을 설치하며 위생상 유해한 물질이 유입되지 않도록 환기구나 환기통에는 세목스크린을 설치한다.
   월류관은 유입수량을 충분히 배수(排水)할 수 있는 관경으로 하되 월류관을 통하여 벌레 등 오염물질이 유입되지 않는 구조로 한다. 특히 지하저수조의 월류관에는 역류방지밸브를 설치하거나 외부수가 역유입되지 않도록 토수구 공간의 간격을 두어 간접배수(排水)가 되도록 한다.
4) 저수조의 유입구와 유출구는 수리적으로 마주보는 위치에 설치하여 수조 내의 물이 정체되거나 체류수가 생기는 일이 없도록 하며 저수조가 큰 경우에는 도류벽을 설치하는 것이 바람직하다(5.9.3 정수지의 용량의 【해설】 2.의 도류벽 참조).
5) 저수조는 점검, 청소, 보수시에 단수가 되지 않도록 2조의 저수조를 설치하거나 1조를 2개 이상으로 구획하는 구조로 하며 각각 독립된 기능을 갖도록 한다. 이 때 1조를 2개 이상으로 구획할 경우에는 한쪽 저수조의 물을 비웠을 경우 다른 한쪽의 수압에 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
6) 상수도시설의 점검, 보수, 돌발사고 등에 대비하기 위하여 필요한 적정 용량은 1일사용량을 기준으로 하는 것이 바람직하나 천재지변, 전시 기타 특별한 지역적 여건을 고려하여 확대할 수 있다.
7) 저수조에 소화용수의 송수관을 설치할 경우에는 유출관 하단에 설치하도록 하되 소화용수를 송수할 때 저수조로의 역류를 방지하기 위하여 반드시 역류방지밸브 등을 부착한다.
8) 상수도시설의 보수 등으로 단수되었을 경우에 노후관로로 유입된 오수나 이물질이 다시 통수할 때에 저수조로 유입되는 것을 방지하기 위하여 저수조 유입관에 배수(排水)용 밸브를 별도로 설치하여 재통수할 때에 유입관 밸브를 잠그고 배수(排水)용 밸브를 열어 단수시 급수관에 유입된 적수 및 탁질수를 배출시킨 후 깨끗한 물을 저수조에 유입하도록 하여야 한다(〔그림 9.5.3)〕 참조).



[그림 9.5.3] 탁질수 배출용 배수밸브설치 예

9) 저수조 및 저수조 내부에 설치하는 배관, 철제류 및 사다리 등의 재질은 수돗물의 잔류염소 등에 의한 부식과 저수조의 수질에 영향을 미치지 않는 고급스테인리스스틸 등의 내식성 재료를 사용해야 한다.

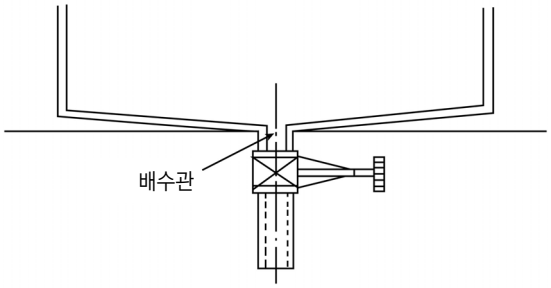
9.5.3 고가수조

고가수조의 구조와 재질은 지하저수조에 준하며 설치위치는 급수기구가 원활하게 작동할 수 있는 압력을 얻을 수 있는 높이에 설치한다.

【해설】

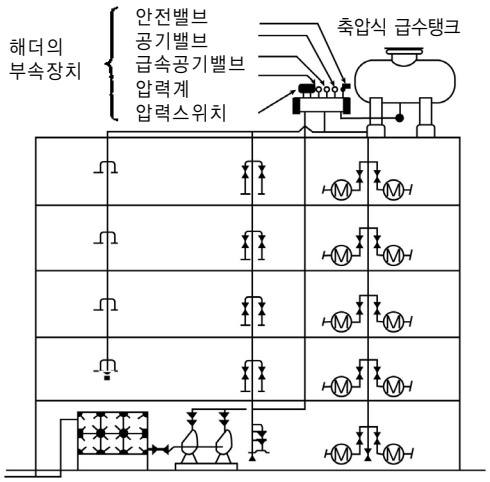
고가수조의 구조와 재질은 지하저수조에 준하되 외부 또는 내부의 보수점검이 용이하도록 한다. 그리고 충분한 강도와 내구성이 있어야 하고 저수조 내부의 물이 오염되지 않도록 하며 다음 사항에 유의한다.

1) 고가수조의 높이는 건축물의 최상부에 있는 급수전으로부터 상부 7 m 이상의 위치를 저수조의 저수위로 한다. 그러나 건축물 최상부에 수세식 화장실이 있는 경우에는 그 세척밸브에서 상부 10 m 이상의 위치를 저수조의 저수위로 한다. 다만, 가압펌프를 이용하여 송수하는 경우는 예외로 한다.
2) 고가수조에는 급수용 이외의 다른 배관설비를 직접 연결해서는 안 된다. 부득이 소화용수를 고가수조에 연결하는 경우에는 소화용수를 압송할 때에 고가수조에서 역류되는 것을 방지하기 위하여 반드시 역류방지밸브 등을 설치한다.
3) 고가수조의 유효용량은 1일 계획사용수량의 1/10 정도를 표준으로 하고 있으나 유효용량이 너무 적은 경우에는 단위시간당 양수량이 많게 되거나 저수조내의 수면변동이 심하게 생길 때 수면자동제어장치에 의하여 펌프운전에 지장을 줄 우려가 있으므로 유효용량을 적정하게 선정할 필요가 있다.
4) 고가수조의 배수관은 고가수조의 내부를 신속하고 용이하게 청소할 수 있도록 저수조의 최저부에 설치한다(〔그림 9.5.4〕 참조).



[그림 9.5.4] 고가수조의 배수관

5) 고가수조는 저수조내의 청소, 보수 또는 기타의 사정으로 단수될 경우가 있으므로 저수조를 2개 이상으로 구획(칸막이) 하든지 다른 고가수조와 배관으로 연결하여 단수가 되지 않는 구조로 해야 한다. 또 한랭지에서는 동결방지를 위하여 유입관과 유출관 등에 방한시설이 필요하다.
6) 고가수조는 햇빛에 의한 조류번식 및 동절기의 동결방지를 위하여 차광 및 차폐시설이 된 옥탑 내부에 설치하는 것이 바람직하며, 옥탑의 단열 등을 위한 암석면 시공 등은 저수조에 2차 오염의 영향을 줄 수 있으므로 피해야 한다.
7) 압력탱크는 건축물의 옥상에 설치되는 고가수조와 같은 역할을 하는 것으로 주변 여건상 높은 위치에 저수조를 설치할 수 없는 경우나 수두가 부족한 경우에 사용한다(〔그림 9.5.5〕 참조).
압력식 급수탱크는 강판제 용기를 물과 공기의 실로 분리되도록 내부에 부틸렌고무제(isobutyleneisoprene rubber)의 블래더(brooder-bag)를 구비한다. 블래더 내부는 물의 실, 용기내부와 블래더 외면사이가 공기실로 되어 있는 것으로 구성되어 있다. 압력식 급수탱크는 급수펌프를 운전함에 따라 가압된 물이 블래더 안에 수용되며, 이 때 공기실의 공기도 압축 가압되는 구조의 탱크이다.



[그림 9.5.5] 압력탱크식 급수탱크

9.5.4 가정용 소형수조

가정용 소형수조의 구조와 재질은 지하저수조 및 고가수조에 준하며 다음 각 항에 적합해야 한다.
1. 빛이 투과할 수 없어야 하며 수밀성이 보장되어야 한다.
2. 수조내에서 수온변화가 없도록 한다.
3. 수조내를 점검하고 청소하는 것이 용이해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 소형수조는 빛에 의한 조류의 증식을 방지하기 위하여 빛이 투과할 수 없는 재질이거나 빛이 투과하지 않도록 건물 내에 설치한다.

2.에 대하여 ; 외부온도의 영향을 받지 않는 재질이거나 구조이어야 한다. 다만 부득이한 경우에는 보온재를 사용하거나 건물 내에 설치하여 가능한 한 외기온도의 영향이 적도록 한다.

3.에 대하여 ; 출입구는 점검, 보수 및 청소시 출입이 용이하도록 각 변의 길이나 지름(원형)이 60 cm 이상이어야 한다.

9.5.5 펌프직송 급수방식

고층건물에서의 급수는 고가수조방식이 많이 사용되고 있지만 옥상의 설치장소, 일조(日照), 미관, 고가수조에서의 오염 등의 문제를 해소하기 위하여 고가수조를 설치하지 않고 펌프를 사용하여 직접 급수하는 펌프직송 급수방식이 있다.

【해설】

고층건물의 주된 급수방식은 다음과 같다.

1. 저수조와 압력탱크식

저수조의 물을 펌프로 압력탱크 내에 저장하여 그 내부압력으로 물을 압송하여 급수하는 방식으로 펌프의 기동과 정지는 압력탱크의 내부압력 또는 토출유량에 의하여 자동제어되는 방식이다.

2. 저수조와 가압펌프식

저수조의 물을 펌프로 직접 급수하는 방식으로 사용수량, 토출측 압력에 따라 펌프의 운전대수나 회전속도를 자동제어하는 방식이다.

9.5.6 배관설비

건축물에서의 배관설비에 관한 시설기준은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에 규정되어 있다. 배관설비의 구조 및 재질에 대해서는 다음 각 항에 적합해야 한다.
1. 보수점검을 용이하게 할 수 있어야 한다.
2. 관의 손상을 방지할 수 있는 조치가 되어 있어야 한다.
3. 관내의 물이 오염되지 않아야 한다.

【해설】

배관설비는 수리나 개조 등의 공사에 대비하여 건축물을 부수지 않도록 매립배관을 피하고 노출배관 또는 덕트 내 배관으로 한다.

1.에 대하여 ; 급수주배관으로부터 각층으로의 분기관과 주요 분기관 등에는 분기점에 근접하여 조작을 용이하게 할 수 있는 부분에 지수밸브를 설치한다.

2.에 대하여 ;

1) 건축물의 벽면 등을 관통하여 배관하는 경우에는 관통부분에 배관슬리브를 설치하는 등으로 관의 손상을 방지할 수 있는 유효한 조치를 강구한다. 또한 관을 신설하거나 기타 변형함으로써 관이 손상될 우려가 있는 경우에는 신축이음관 또는 가변성 조인트(flexible joint)를 설치하는 등 손상을 방지하기 위한 유효한 조치를 강구한다. 관을 지지하여 고정하는 경우에는 매다는 철물과 방진고무 등을 사용하여 지진이나 기타의 진동 및 충격에 대하여 유효한 완화조치를 강구한다.
2) 관의 동결, 결로, 부식 및 전식에 대한 방호조치를 강구한다(9.2.6 배관 참조).
3) 관로에 수격이 생길 우려가 있는 경우에는 에어챔버(air chamber)를 설치하는 등 유효한 수격 방지 조치를 강구한다.

3.에 대하여 ;

1) 배수설비와 그 밖의 배관설비와는 직접 연결시키지 않는다.
2) 수조나 싱크 등에 급수하는 수전의 개구부는 토수구 공간을 확보하는 등 유효한 역류방지 조치를 강구해야 한다.
3) 배관설비의 재질은 불침투질의 내수재료로서 물이 오염될 우려가 없는 것을 선정한다.

9.6 수질관리 대책

9.6.1 총칙

급수설비는 수도시설과는 다르게 수요자 개인의 재산이고 그 관리가 수요자에게 맡겨져 있는 것이지만, 배수관과 일체로 되어 급수시스템을 구성하고 있다.

따라서 급수설비에 의하여 수돗물의 수질이 변질되거나 또는 역류됨으로 인하여 배수관내의 물을 오염시키는 일이 있어서는 안 된다.

또한 급수설비로 사용하는 급수기구는 편리성과 쾌적성을 추구하는 것들이 많이 보급되고 있다. 그 결 과 수요자의 편리함을 우선하는 급수설비에 따른 위험한 접속이나 부적절한 사용으로 인한 역류의 우려가 높아지고 있다.

급수기구에 대해서는 재료의 특성과 사용조건 등을 충분히 고려하여 사용장소에 알맞은 기구를 선정해야 한다. 특히 수도사업자는 수요자에게 급수설비를 적절하게 사용하도록 널리 계도하는 것도 중요하다.

9.6.2 수질을 고려한 기자재의 선정

공급수의 수질을 확보하기 위하여 다음 사항을 고려한다.
1. 수질에 영향을 미치지 않는 관종을 선정한다.
2. 필요에 따라 배수(drain)기구를 마련한다.
3. 배관은 적절하고 정성들여 시공한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 급수설비에서의 이상수질에 대해서는 급수관의 경년열화(經年劣化)나 관종 선정이 부적절하였던 것 등에 기인하는 사례가 많으며, 이들을 정리하면 〈표 9.6.1〉과 같다.

〈표 9.6.1〉 수도꼭지에서의 수질이상 일람표(급수설비에 기인하는 것)

	상 황	원 인
1. 백수	백탁수로 방치하면 투명하게 된다.	미세공기가 수중에 혼입된 것.
2. 적수	엷은 노란색으로부터 적갈색으로 착색된 물까지 여러 가지 탁질수가 일시적으로 또는 만성적으로 나온다.	강관내의 녹이 용출되는 것.
3. 청수	용기, 옷, 타일 등이 청색으로 되거나, 목욕물 등 대량의 물이 푸르게 보인다.	동관으로부터 미량의 동이 용출된 것(유리탄산을 많이 함유한 침식성의 물인 경우).
4. 이물질	모래, 철분, 흙의 탁질 등의 이물질이 나온다.	배관공사할 때에 혼입된 것.
5. 냄새	1) 기름 냄새・그리스냄새가 난다. 2) 시너(thinner) 냄새가 난다.	1) 배관공사할 때에 혼입된 것. 2) 도료 등의 시너가 토양 중에 스며들어 염화비닐관 등을 침투하여 수돗물에 영향을 준 것.
6. 기타	1) 알루미늄제의 냄비, 주전자 등에 작은 구멍이 생긴다. 2) 보온병이나 커피포트 등의 유리기구를 사용하는 경우, 백색의 이물질, 섬유상 또는 반짝이는 바늘모양의 물질이 나온다. 3) 수도꼭지 주변에 고형물이 부착된다. 4) 색도, 거품, 냄새, 맛의 이상.	1) 수중의 염소이온이나 동관으로부터 용출된 미량의 동이온에 의해 어느 일부분이 집중적으로 부식되어 구멍이 생긴 것. 2) 유리의 규소분이 박리된 것이나 마그네슘과 유리의 규산이 반응하여 형성된 것(후렉스현상). 3) 수중의 미네랄성분(칼슘, 마그네슘 등)이 부착된 것. 4) 다른 물이용 관과의 오접속(cross connection)이나 부적절한 사용으로 인한 역류에 의한 것.

급수설비를 설치하거나 변경하는 설계를 하는 경우에는 상기 경험에 근거하여 정수수질이나 매설환경에 적합하고 내식성이 우수하며 관의 내면에 방식처리가 되어 있는 급수관을 선정하여, 장래에도 이상상태가 발생하지 않도록 적절한 조치를 강구할 필요가 있다(9.2.4 관종 참조).

관종에 따라 주로 백수, 적수, 청수, 이물질 및 냄새 등의 수질장애가 있다. 예를 들면, 강관에 의한

수질이상으로서는 적수의 발생이 있다. 종래 사용되고 있던 아연도강관은 부식되기 쉽고 녹(scale)이 발생하며 적수의 원인으로 되고 있었다. 그래서 강관의 내면에 여러 가지의 라이닝을 시공한 복합관이 규격화되어 있다.

적수는 아연도강관의 내면 도포막이 경년열화 등에 의하여 관의 본체인 쇠부분이 물과 직접 닿아 쇠녹이 생길 때에 발생한다. 또한 급수관의 내면을 라이닝한 경우라도 나사접합부나 관단부는 부식되기 쉬우므로 부식을 방지하기 위하여 관단방식접합 또는 관단방식코어에 의하여 적절한 부식억제 조치를 취할 필요가 있다. 또한 주철관 및 강관으로부터 분기 천공하는 경우에도 천공면(穿孔面)이나 내면도포막의 박리(剝離)에 의하여 적수가 발생하는 경우가 있으므로 천공에 조심하고 적절한 천공단면코어를 부착하는 등의 조치를 강구한다.

동관에 의한 수질이상으로 청수(淸水)가 있다. 동관은 유리탄산을 많이 포함하여 침식성이 있는 물인 경우에는 동이 용출되기 쉽고, 동이 미량이라도 용존하는 물은 맛이 좋지 않다.

동관을 급수관으로 사용하고 있는 경우에는 위생도기나 목욕탕의 타일 등이 오랫동안에 점차로 청록색을 띄게 되지만, 물 자체가 분명히 청색으로 보이지는 않는다.

경질 폴리염화비닐관, 폴리에틸렌관 등의 합성수지관에 의한 수질이상으로서는 기름 냄새 등이 있다. 경질 폴리염화비닐관, 폴리에틸렌관 등은 토양에 휘발유, 시너, 등유 등이 침투된 장소, 매설 후에 침투가 있는 장소에서 사용하면, 이들 용제의 침투 등에 의하여 물에 냄새가 나는 경우가 있다.

기타 합성수지관은 앞으로도 여러 가지로 다양한 것들이 개발될 것으로 예측된다.

이들 새로운 관에 대해서는 매설환경 등을 조사해야 하며 관재질의 내약품성 등을 고려하여 선정하는 것이 수질장애를 방지할 수 있다.

2.에 대하여 ; 학교, 고궁, 공원 등과 같이 수돗물 사용량이 일시적 또는 계절적으로 변화가 심한 급수설비에는 급수관내에 장기간 물이 정체되는 경우가 있다. 이러한 위생상 바람직하지 못한 정체수는 쉽게 배수(排水)할 수 있도록 배수(drain)시설 등을 적절히 설치한다.

3.에 대하여 ; 급수설비공사에서 배관을 접합작업할 때에 접착제, 절삭유, 봉합재 등은 수질에 나쁜 영향을 미치지 않은 것을 사용해야 한다.

예를 들면, 경질 폴리염화비닐관의 TS식 접합에 사용하는 접착제가 과다하거나 부적합할 경우에 관내로 밀려들어간다. 또한 경질염화비닐 라이닝강관 등의 나사골을 낼 때에 절삭유가 관 내면에 부착된 채이거나 봉합재가 필요이상으로 많으면 관내로 밀려들어간다.

이러한 접합작업을 할 때에 접착제, 절삭유, 실(seal)재 등을 부적절하게 사용하는 경우, 기름 냄새, 약품냄새 등이 발생한다. 따라서 물에 맛·냄새를 내지 않기 위하여 조인트부의 가공이나 접합을 적절하고 또한 정성들여 시공해야 한다.

그 밖에 수돗물에 모래, 철분 등이 섞여 유출되는 경우가 있다. 이들은 배관을 시공할 때에 혼입된 경우가 많기 때문에 배수(drain)작업을 하여 관내에서 제거한다.

9.6.3 역류방지(anti-reverse flow)

급수설비에서 역류에 의한 수질사고를 방지하기 위해서는 다음과 같은 적절한 조치를 강구한다. 1. 급수관에는 해당 급수설비 이외의 관, 기계, 설비 등과 직접 연결(cross-connection의 원인이 됨)하지 말아야 한다. 2. 저수조, 싱크대나 기타 물을 받는 용기에 급수하는 경우에는 토수구와 저수조 등의 월류면과의 사이에 필요한 토수구 공간을 확보해야 하며, 옥내의 급수기구에는 적절한 위치에 역류방지밸브가 설치되어 있어야 한다. 3. 배수관에서 분기되는 모든 급수설비에는 역류에 의한 2차오염을 방지하기 위하여 계량기 2차측에 역류방지밸브를 설치해야 한다.

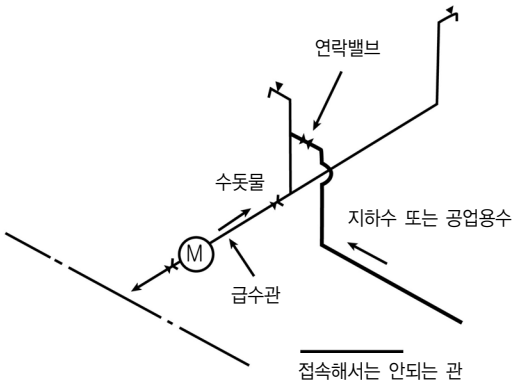
【해설】

1.에 대하여 ; 급수관에는 안전한 수질을 확보하기 위하여 오수나 약물 등이 역류할 우려가 있는 관, 기계, 설비 등과의 직접연결은 절대로 피해야 한다.

만약, 그 연결지점에 지수장치를 설치하였더라도 오조작이나 고장에 의하여 배수관으로 역류하여 위생상 많은 수요자에게 큰 위험을 미치게 할 수 있으므로 반드시 역류방지밸브를 설치해야 한다.

용도가 다른 관이 급수관과 근접 배관되어서 외견상 판별하기 어려운 경우도 있다. 따라서 오접속(cross-connection)을 방지하기 위하여 관의 외면에 그 용도를 식별할 수 있도록 표시한다.

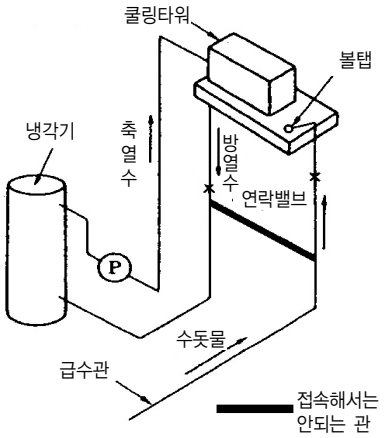
1) 급수설비와 오접속되기 쉬운 배관의 예(〔그림 9.6.1〕 참조)



[그림 9.6.1] 접속하지 않아야 하는 배관의 예

① 지하수, 공업용수, 재생이용수의 배관
② 저수조 이하의 배관
③ 수영장, 목욕탕 등의 순환용 배관
④ 수돗물 이외의 온수 배관
⑤ 수돗물 이외의 스프링클러 배관
⑥ 펌프의 유입측 배관
⑦ 우수관
⑧ 냉동기의 냉각수 배관
⑨ 기타 배수관(排水管) 등

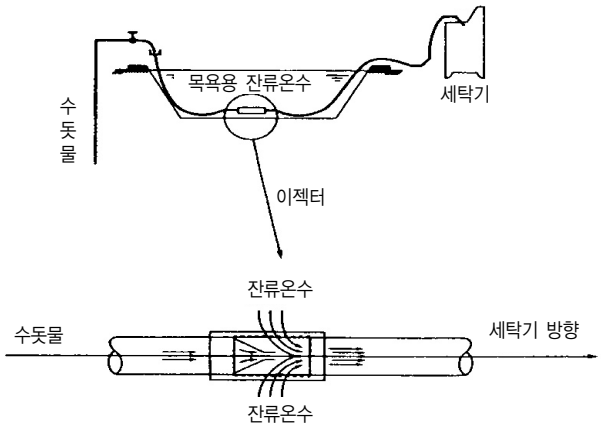
2) 급수설비와 오접속(cross-connection)되기 쉬운 기계, 설비 등의 예(〔그림 9.6.2〕 참조)



[그림 9.6.2] 오접속의 예

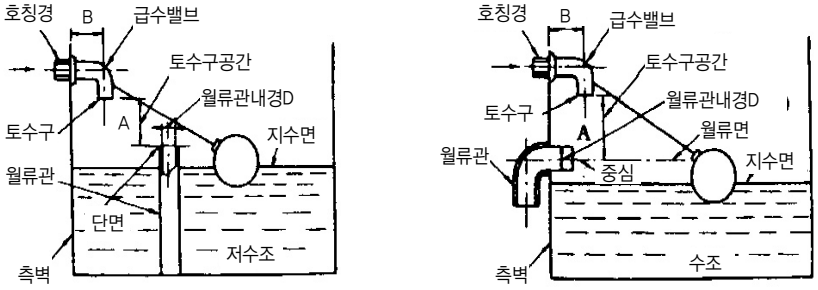
① 쌀 세척기
② 보일러관, 냉각수관(cooler)
③ 드라이클리닝기
④ 순수제조기, 연수기
⑤ 청정기, 세척기
⑥ 분사세척기
⑦ 자동매트 세척기, 세차기
⑧ 욕조청소기
⑨ 간이샤워기, 목욕탕 배수(排水)펌프
⑩ 세발기

또한 급수전에 장치하여 사용하는 욕조 청소기, 압력을 이용한 이젝터구조의 간이샤워, 목욕탕배수(排水)펌프 등 사이펀 작용에 의하여 오수 등이 흡인될 수 있는 것은 간접연결도 피해야 한다(〔그림 9.6.3〕 참조).



[그림 9.6.3] 이젝터 구조의 목욕탕 배수장치의 예

2.에 대하여 ; 저수조, 싱크대, 세면기, 욕조 등에 급수하는 경우에는 급수전의 토수구와 저수용기의 월류면(越流面)과의 사이에 필요한 토수구(吐水口) 공간을 확보해야 한다(〔그림 9.6.4〕 참조).



구경별 토수구 공간

구 경	토수구 공간
호칭경 25mm 이하	월류면에서 토수구 중심까지의 수직거리
호칭경 25mm를 초과하는 경우	월류면에서 토수구의 최하단까지의 수직거리

[그림 9.6.4] 토수구 공간(월류면 기준)

토수구 공간은 역류방지의 가장 일반적이고 확실한 수단이며, 저수조, 욕조, 수영장 등에 급수하는 경우에는 〈표 9.6.2〉 및 〈표 9.6.3〉에 나타낸 바와 같은 토수구 공간을 확보해야 한다.

〈표 9.6.2〉 호칭 지름 25mm 이하의 토수구 공간

호칭 지름 구분	근접벽에서 토수구 중심까지의 수평거리(B)	월류면에서 토수구 중심까지의 수직거리(A)
13 mm 이하	25 mm 이상	25 mm 이상
13 mm 초과 20 mm 이하	40 mm 이상	40 mm 이상
20 mm 초과 25 mm 이하	50 mm 이상	50 mm 이상

비고) 1. 욕조에 급수하는 경우 월류면에서 토수구의 중심까지의 수직거리는 50 mm 이상이어야 한다.
2. 수영장 등 수면에 특히 파랑이 일기 쉬운 수조 및 사업 활동에 따른 세제나 약품을 사용하는 수조와 용기에 급수하는 경우에는 월류면에서 토수구의 중심까지의 수직거리는 200 mm 이상이어야 한다.
3. 상기 1.과 2.는 급수기구의 내부 토수구 공간에는 적용하지 않는다.

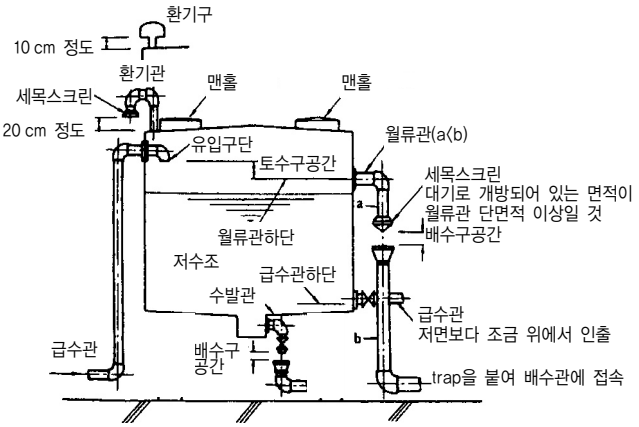
〈표 9.6.3〉 호칭 지름 25mm를 초과하는 경우의 토수구 공간

구 분		벽에서 이격거리(B)	월류면에서 토수구의 최하단까지의 수직거리(A)
근접벽의 영향이 작은 경우			1.7d′+5 mm 이상
근접벽의 영향이 있는 경우	근접벽 1면인 경우	3d 이하	3.0d′ 이상
		3d 초과 5d 이하	2.0d′+5 mm 이상
		5d 초과	1.7d′+5 mm 이상
	근접벽 2면인 경우	4d 이하	3.5d′ 이상
		4d 초과 6d 이하	3.0d′ 이상
		6d 초과 7d 이하	2.0d′+5 mm 이상
		7d 초과하는 것	1.7d′+5 mm 이상

비고) 1. d : 토수구의 내경(mm), d′ : 유효개구의 내경(mm)
2. 토수구의 단면이 장방형인 경우는 긴 변을 d로 한다.
3. 월류면보다 적더라도 높은 벽이 있는 경우에는 근접벽으로 본다.
4. 욕조에 급수하는 경우에는 월류면에서 토수구 최하단까지의 수직거리는 50mm 이상이어야 한다.
5. 수영장 등 수면이 파랑이 일기 쉬운 수조와 사업 활동에 따른 세제나 약품을 사용하는 수조와 용기에 급수하는 경우에는 월류면에서 토수구의 중심까지의 수직거리는 200mm 이상이어야 한다.
6. 상기 4.와 5.는 급수용구의 내부 토수구 공간에는 적용되지 않는다.

또한 저수조 등에는 월류관 및 배수관을 설치하고 이들을 오수구(waste water pit)나 배수(排水)관에 직접 접속하면, 그 배수(排水)계통이 막히는 등의 사태가 발생하였을 경우에 오수가 역류될 위험이 있으므로 간접배수로서 배수구(排水口) 공간을 확보해야 한다(〔그림 9.6.5〕 참조).

급수기구를 적정하게 사용하더라도 토수구 공간의 확보가 곤란한 경우 또는 급수전 등에 호스를 연결하여 사용하는 경우에는 그 사용방법 등에 따라 역류될 가능성이 있으므로 진공파괴기나 역류방지밸브(anti-reverse flow device : check valve 포함) 등 유효한 역류방지기능을 갖는 기구를 부착한다. 역류방지기능을 갖는 기구는 급수형태나 사용방법에 따라 발생할 수 있는 위험의 정도에 따라 적정한 것을 사용한다.



[그림 9.6.5] 저수조 등에 있어서 배수구 공간 등의 예

1) 세척밸브 등

급수관에 대변기용 세척밸브를 직결하여 사용하는 경우에는 변기가 막혀서 오수가 변기의 세척공 이상으로 고이고, 급수관 내에 부압이 생기면 변기내의 오수가 역류할 우려가 있다.

이러한 경우의 대책으로서 진공파괴기를 구비한 세척밸브를 사용하여 변기내의 오수가 역류되는 것을 방지해야 한다.

대변기용 세척밸브와 조합한 진공파괴기로는 여러 가지 형태의 것들이 있으며 그것들을 선정할 때에는 각각의 성능을 충분히 검토하여 유효한 것을 사용한다.

이 밖에 변기세척용으로서는 소변기용 세척밸브와 소변기세척수전이 직결되어 사용되고 있지만, 수요자에게 개폐조작을 맡기고 있는 소변기세척수전에서는 급수관내에 부압이 생겼을 경우의 사고를 대비하여 역류방지밸브 또는 진공파괴기를 부착한다.

2) 호스를 접속하여 사용하는 수전 등 기능상 또는 사용방법에 따라 역류될 우려가 있는 기구로는 비데(bidet), 핸드샤워부착수전(진공파괴기부의 것을 제외한다), 호스를 접속하여 사용하는 커플링부착수전, 살수전, 화학수전 등이 있다.

이들 기구에는 진공파괴기 또는 역류방지밸브 등의 역류방지기능을 갖는 기구를 설치하여 급수의 안전을 확보한다.

특히 급수전에 호스를 접속하여 사용하는 세차, 탱크, 수영장에서의 급수 등은 호스의 사용방법에 따라서 급수관내에 부압이 생겨서 사용한 물이나 세제 등이 역류할 우려가 있다.

이 역류방지용으로서 개발된 호스접속형 진공파괴기를 부착하도록 수요자 등에 지도하여 역류에 의한 물의 오염을 방지해야 한다.

3.에 대하여 ; 배수관에서 분기되는 모든 급수설비에는 역류에 의한 2차오염을 방지하기 위하여 계량기 2차측에 역류방지밸브를 설치한다. 이 시설은 수도사업자가 관리해야 하고 수요가는 조작하지 못하도록 조치해야 한다. 특히 직결급수로 전환하거나 또는 직결급수를 시행하는 수도사업자는 안전한 수질을 확보해야 한다는 관점에서 역류방지밸브를 설치하는 것이 중요한 사항이고 배수관에서 분기되는 각 수요가에 대한 수질오염방지대책을 각 사업자별로 시행기준 등을 정해 두는 것이 바람직하다.

위의 1.과 2.에서는 개별 수요가의 내부에 설치하여 수요가의 시설내 수질오염을 방지할 목적이고, 3.은 개별 수요가로부터 배수관으로의 역류에 의한 배수관의 2차오염을 방지할 목적이다. 따라서 수도사업자는 KS규격이나 상하수도협회의 규격에 알맞은 기기 선정, 기기 설치방법, 유지관리 방법 등에 대하여 별도로 정해야 한다. 또한 사용기기에 대해서는 9.3.4 밸브류를 참조한다.

9.7 한랭지 대책

9.7.1 총칙

급수설비내에서 물이 동결되면 원래의 기능이 방해될 뿐만 아니라 동결에 의하여 관 및 급수기구가 파괴되는 경우가 있다. 한랭지에서 급수설비를 설계·시공할 때에는 동결을 방지하기 위한 조치를 강구해야 한다.

동결사고가 발생하는 상황은 지역에 따라서 다르다. 따라서 그 대책도 각 지역의 특수성을 고려한 대응이 필요하다.

9.7.2 한랭지에서의 설계의 기본사항

한랭지에서 급수설비를 설계할 때에는 다음 각 사항에 유의한다. 1. 동결의 우려가 있는 장소에는 내한성을 갖는 급수설비를 사용하는 등 동결을 방지해야 하며 동결파손된 경우라도 용이하게 수리할 수 있는 구조로 한다. 2. 급수관의 부설은 동결심도(지표로부터 지중온도가 0℃의 위치까지의 깊이) 이하가 되도록 하며, 옹벽이나 개거의 법면 등에 병행 근접하여 부설하는 경우에는 동결될 우려가 높으므로 보온재로 피복하는 등에 유의해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 급수설비는 관내의 물이 정체되는 경우가 많다. 또한 급수관이나 급수기구가 옥내에 설치되고, 또 사용자의 관리에 맡겨지고 있는 것 등으로부터 한파가 내습하면 다른 시설과 비교하여 압도적으로 급수설비에 대한 동결사고가 많이 발생한다. 따라서 한랭지에서 급수기구는 내한성을 갖는 것을 설치하거나 단열재나 보온재로 피복하는 등의 적절한 동결방지를 위한 조치를 강구해야 한다.

동결이 우려되는 장소란 다음과 같은 곳이다.

① 매설관이 유지관리상 또는 다른 매설물의 영향으로 동결심도 이하로 매설할 수 없는 곳.

② 공도 등 동절기간에 항시 제설되므로 적설에 의한 보온을 기대할 수 없는 곳.

③ 노반개량 또는 지하매설물 공사 등에 의해 모래 또는 깬자갈 등으로 치환된 곳.

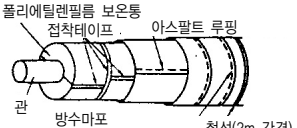
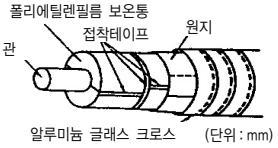
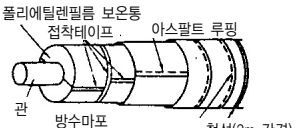
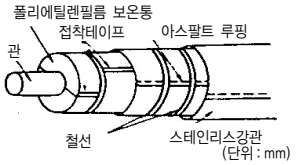
④ 기존배수관이 동결심도 내에 있는 곳에서 분기한 곳.

⑤ 매설관이 옹벽, 개거의 법면 등에 접근·병행하여 매설된 곳.

⑥ 옥내 배관으로 실내의 난방온도를 기대할 수 없으며 동결될 우려가 있는 곳.

옥내 배관의 동결방지에는 부동급수전 등을 설치하여 동절기에 필요에 따라 관내 및 용구 내의 물을 동결심도 이하의 지중 등으로 배수시켜 동결을 방지하는 방법 또는 단열재나 보온재로 피복하여 동결을 방지하는 방법(〔그림 9.7.1〕 참조), 가온식동결방지기를 사용하는 방법 등이 있다.

옥내배관을 할 때에는 동결파손된 경우라도 용이하게 수리할 수 있도록 노출배관으로 하는 것이 바람직하다.

시공장소	보온의 종류	시 공 예
옥내노출(일반 및 중앙기계실)	1. 폴리에틸렌필름 보온통 2. 접착 테이프 3. 원지 4. 면포	 호칭경 15~150 200이상 보온두께 20 30
옥내노출 (각종 기계실, 서고, 창고 등)	1. 폴리에틸렌필름 보온통 2. 접착테이프 3. 원지 4. 알루미늄 글래스 크로스	 호칭경 15~150 200이상 보온두께 20 30
슬래브 아래 및 암거래(트랜치 및 비트내를 포함)	1. 폴리에틸렌필름 보온통 2. 접착테이프 3. 아스팔트 루핑 4. 방수마포 5. 철선 6. 아스팔트 primer(2회 도포)	 호칭경 15~150 200이상 보온두께 20 30
옥외노출 (발코니, 개방복도를 포함) 욕실, 주방 등의 습기가 많은 장소(천정내를 포함)	1. 폴리에틸렌필름 보온통 2. 접착테이프 3. 아스팔트 루핑 4. 철선 5. 스테인리스강관	 호칭경 15~150 200이상 보온두께 20 30

[그림 9.7.1] 방한조치의 예

2.에 대하여 ; 동결선이란 0℃ 이하의 기온이 어느 기간 계속될 때에 흙으로부터 대량의 열량이 대기중으로 이동하여, 흙의 온도가 0℃ 이하로 되어 지표부근은 동결된다. 동결토와 동결되지 않는 흙과의 경계선을 동결선이라 한다. 동결선은 지중온도가 0℃의 근처에서 대체로 지면과 평행으로 된다. 흙의 동결심도는 급수관의 매설심도에 관계되는 중요한 요소 중의 하나이다.

또한 지하 동결과 동시에 흙의 조직·조성 및 그 밖의 물리화학적 성질에 따라 동결동상이 종종 발생하는 경우가 있으며 이러한 지반에서 관종을 선정할 때에는 강도 등에 대해서도 유의해야 한다.

옹벽·개거의 법면 등에서는 측면에서의 동결에 대해서는 적설에 의한 보온효과를 거의 기대할 수 없는 경우가 많기 때문에 통상의 동결심도 이상 깊게 매설하거나 보온재로 피복하는 등의 조치를 강구해야 한다. 일반적으로는 측면에서의 거리를 동결심도의 1.5배 이상을 확보하는 것이 바람직하고 이러한 경우에도 뒷채움 자갈의 두께는 간격산정에서 제외하는 것이 안전하다.

9.7.3 시공

한랭지에서의 시공은 다음 사항을 유의한다.

1. 급수관의 매설심도는 각 지역에서의 기온, 적설 및 토질 등의 자연환경을 고려하여 원칙적으로 동결심도 이하로 매설한다.
2. 급수관은 다른 지하매설물과의 관계, 건물과의 근접, 도로공사, 교통사정 등 시가지에서의 자연적, 사회적인 영향과 제약을 받는 것을 감안하여 적절한 조치를 강구할 필요가 있다.
3. 수도미터를 설치하는 위치는 검침이 용이하고 또한 동결이나 손상의 우려가 없도록 유의하여 결정한다.
4. 한랭지에서의 옥내배관은 동결을 방지하기 위하여 관내수가 원활하게 배출되는 구조로 하고 더욱이 동결사고일 경우에도 수리가 용이한 구조로 한다.
5. 드레인 및 부동급수전을 설치하는 경우에는 관내수를 동결심도 이하로 용이하게 배출시킬 수 있고 또한 고장수리 등 유지관리에 지장이 없도록 유의하여 시공한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 매설심도는 기온, 토질, 함수비, 하중 등의 요소에 의하여 좌우되고 또한 적설도 일종의 단열재로서 동결심도에 크게 영향을 미치므로 매설심도는 그 지역 동결심도의 실측치나 과거의 동결사고 상황을 감안하여 결정한다.

2.에 대하여 ; 급수관은 일반적으로 공도 부분 및 대지내에 부설하지만 공도부분에는 다른 지하매설물의 영향으로 동결심도 이하로 매설할 수 없는 경우이거나 대지내에서 차고, 현관앞과 같이 완전 제설되는 곳으로 동결될 우려가 있는 개소에는 동결방지용 보온재 등을 사용하여 적절한 방한조치를 강구해야 한다.

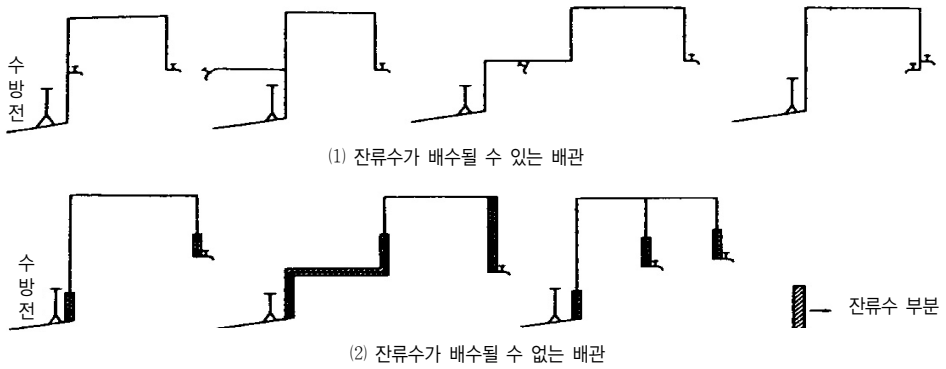
3.에 대하여 ; 수도미터는 대지내에서 검침이 용이하고 동결 등에 의한 손상의 우려가 없고 또한 장래 유지관리에 지장이 없는 위치에 설치한다.

수도미터가 차고, 현관 앞 등 동절기간에 눈이 쌓이지 않을 곳이나 공동주택의 공동구내 등 외기의 영향을 받는 장소에 설치하는 경우에는 동결될 우려가 높으므로, 수도미터에 발포플라스틱 등으로 뚜껑을 씌우는 등 적절한 방한조치를 취한다.

4.에 대하여 ; 한랭지에서의 옥내배관은 동결방지를 위하여 관내수를 용이하게 배출할 수 있는 구조로 하며, 횡으로 설치된 관에는 배수(drain)하기 쉽도록 1/100 이상의 경사를 두되 그 연장은 아주 짧게 한다. 다만, 어쩔 수 없이 횡으로 설치된 관의 연장이 길게 되는 경우에는 적절한 개소에 배수(排水)용의 기구를 설치한다. 급수관의 접합은 동결수리 등을 고려하여 일부 분리 배관이 편리하도록 적절한 개소에 유니언 또는 플랜지 등을 설치한다.

역사이펀 배관이나 U자형 배관은 배수(排水)시킬 때에 관내의 압력과 부압과의 균형으로 물이 빠지지 않는 경우도 있으므로 피한다.

어쩔 수 없이 이러한 배관을 부설해야 하는 경우에는 적정한 위치에 공기유입용 또는 배수용의 기구류를 설치하여 물이 완전히 빠질 수 있도록 조치한다. 역사이펀 배관의 예를 〔그림 9.7. 2〕에 나타내었다.



[그림 9.7.2] 역사이펀 배관의 예

5.에 대하여 ; 드레인밸브를 설치할 때에는 배수구를 동결심도 이하로 하고 배수구 부근에는 쉽게 배수(排水)시키기 위하여 지질에 상관없이 반드시 깬자갈로 치환해야 하며 되메울 때에는 배관이 이동하지 않도록 주의하고 공사종료 후에는 지지쇠 장식 등으로 고정시킨다. 또한 입상관에는 동결될 경우에 쉽게 해빙시키기 위하여 해빙용 외투관을 부착시키는 것이 바람직하다.

또 드레인밸브 등을 설치하는 경우에 급수전은 물 빼기할 때에 편리하도록 고정마개식의 것을 사용한다.

9.7.4 동결방지용 보온재

동결방지용 보온재(이하 보온재라고 한다)로 사용하는 재료는 내구성과 내알칼리성이 풍부하고 저온에서도 내노화성이며 또한 열전도율이 낮고 내열성이 우수한 것을 사용한다.

매설관에 사용하는 경우에는 작업 중에 파손되거나 매설 후에 토압에 의하여 필요한 두께를 유지할 수 없는 재질의 보온재는 적당한 방호조치를 강구한다.

보온재에는 판모양 및 통모양의 것이 있으며 토질, 사용조건 및 작업성을 고려하여 구별하여 사용한다.

【해설】

1. 보온재를 선택할 때 고려사항

1) 열전도율이 작을 것.
2) 경량으로 알맞은 강도를 가질 것.
3) 시공이 용이할 것.
4) 사용온도 범위가 넓고 사용상태로 열화되거나 변질되지 않을 것.
5) 비투수성이고 비흡수성이며 내약품성일 것.

2. 현재 주로 사용되고 있는 보온재의 종류

1) 발포성 폴리에틸렌폼

발포성 폴리에틸렌폼은 폴리에틸렌 또는 폴리에틸렌공중합체의 발포성피즈를 형내 발포성형한 것 또는 발포성형한 블록으로부터 잘라낸 판모양 또는 통모양의 보온재이다.

발포성 폴리에틸렌폼의 특징은 독립기포이기 때문에 투수성이 작고 비흡수성(非吸水性)도 뛰어나며 경량으로 작업성이 좋다.

2) 압출법 폴리에틸렌폼

압출법 폴리에틸렌폼은 폴리에틸렌 또는 폴리에틸렌공중합체에 발포제와 첨가제를 용융혼합하여 연속적으로 압출발포성형한 것 또는 압출발포성형한 블록으로부터 잘라낸 판모양 또는 통모양의 보온재이다.

압출법 폴리에틸렌폼의 특징은 발포성 폴리에틸렌폼과 마찬가지다.

3) 경질발포합성고무

경질발포합성고무는 폴리이소시아네이트, 폴리오-루 및 발포제를 주제로 발포성형한 것 또는 발포성형한 블록으로부터 잘라낸 판모양 또는 통모양의 보온재이다. 경질발포합성고무의 특징은 독립기포이기 때문에 비투수성이고 비흡수성이 뛰어나며 가공성도 좋다.

4) 폴리에틸렌폼

폴리에틸렌폼은 폴리에틸렌 또는 그 공중합체에 발포제와 첨가제를 혼합하여 통모양으로 발포성형한 것 또는 판모양이나 시트(seat)모양으로 발포시킨 다음 통모양으로 가공한 보온재이다. 폴리에틸렌폼의 특징은 독립기포이기 때문에 흡수성이 작고 내약품성에 우수하다.

9.7.5 동결사고의 처리

한파에 의한 급수설비의 파열 등의 동결사고는 동시에 다수가 발생하는 경우가 많다. 동절기에 접어들기 전에 사용자들에 대하여 동결에 대한 홍보활동을 함으로써 상당수를 방지할 수 있으므로 물을 배수(排水)시키는 방법이나 주의사항을 홍보물 등으로 주지하는 것이 바람직하다.

동결로 물이 나오지 않는 경우라도 비교적 온난한 지역에서는 기온의 상승에 따라 낮 시간대까지는 나오게 되는 경우가 있지만, 한랭지에서는 그대로 방치하면 시간이 경과됨에 따라 동결범위가 확대되어 급수설비를 파열시켜서 수리에 요하는 노동력이나 비용도 커질 우려가 있으므로 조속히 해빙하는 것이 좋다.

옥내배관을 해빙시키는 방법에는 일반적으로 다음과 같은 것들이 있다. 토치램프나 숯불 등 직접 불에 의한 해빙은 화재의 위험성이 있으므로 절대로 피해야 한다.

1. 온수를 부어서 해빙

동결된 관이나 기구의 외측을 헝겊 등으로 덮고 온수를 부어 해빙하는 방법이다. 다만, 급격하게 뜨거운 물을 부으면 기구류가 파손된다. 해빙을 쉽게 하기 위하여 미리 입상관에 해빙용 외투관이 장치된 경우에는 상단의 주입구에서 온수를 부어서 해빙한다.

2. 온수를 관내에 분사하여 해빙

온수저장탱크, 소형배터리, 전동펌프 등을 조합한 소형해빙기에 의하여 급수관내에 노즐부 내열호스로 온수를 분사하면서 보내서 해빙하는 방법이다.

3. 증기를 관내에 주입하여 해빙

토치램프 또는 전기히터를 열원으로 휴대용의 소형보일러에 물 또는 온수를 넣고 가열하여 발생한 증기를 내열호스로 동결관에 주입하는 해빙방법이다.

4. 전기에 의한 해빙

동결된 금속제 급수관에 직접 전류를 통과시켜 발생하는 열에 의하여 해빙하는 방법이다. 그러나 이종의 배관재료가 혼재되어 있는 유니트화장치, 스테인리스강관, 스테인리스제 신축조인트 등에 대해서는 국부적으로 이상 가열부가 생기는 경우도 있으며 사용방법을 잘 못하면 누전이나 화재사고를 일으킬 우려가 있기 때문에 전기에 의한 해빙은 가급적 피한다.

배관상태로부터 어쩔 수 없이 전기에 의하여 해빙해야 할 경우에는 다음 사항을 확인한다.

① 급수설비가 노출 배관이고 눈으로 볼 수 있거나 만져서 안전을 확인할 수 있어야 한다.

② 급수관 가까이에 가연성 물질이 없어야 한다.

③ 급수관이 가스관이나 기타 금속관과 접촉하고 있지 않아야 한다.

즉 전기에 의한 해빙은 관로 및 주위의 상황이 화재 등에 대하여 안전한 것을 확인한 경우에 한정적으로 사용해야 한다.

[9.7.4 참고 1] 온수설비

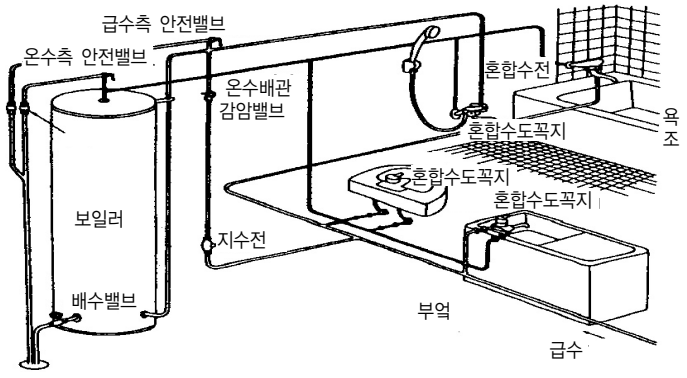
온수설비를 계획할 때에는 그 건물의 성격, 온수사용량 및 첨두시의 계속사용시간 등 온수가 사용되는 상태를 정확하게 파악하는 것과 함께 건물의 관리형태도 고려해야 한다. 온수설비는 가열장치, 저온탱크, 온수순환펌프, 온수관, 온수수도꼭지 등으로 구성된다. 또 여기서 설명하는 "온수설비"는 온수설비의 설계와 시공에 도움이 되도록 하기 위한 참고자료이다.

[9.7.4 참고 2] 온수공급방식

온수공급방식에는 개별식과 중앙식이 있다.

1. 개별식

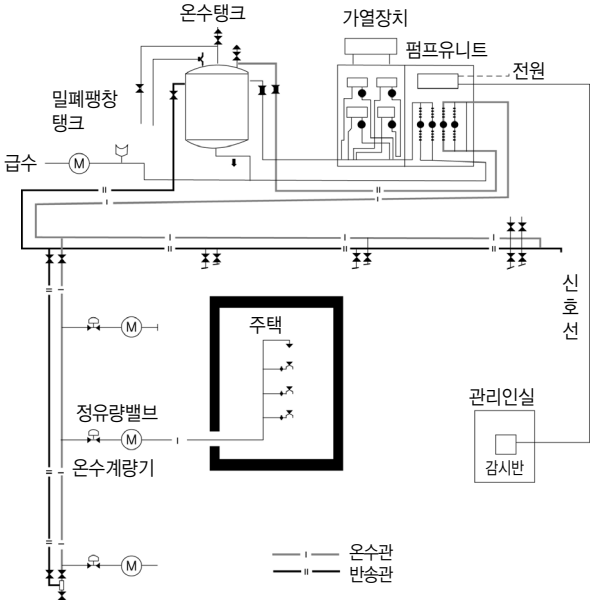
개별식은 온수를 사용하는 지점마다 가열장치를 설치하여 온수를 공급하는 방식으로, 부엌, 욕실 등에 가열기를 개별로 설치하여 온수를 공급하는 방식과, 부엌, 욕실, 세면장 등 온수가 필요한 개소에 하나의 가열기로부터 배관을 통하여 온수를 공급하는 방식(〈9.7.4 참고도-1〉 참조)이 있다. 가열기로는 순간온수기, 탱크가온식, 저장온수기, 태양열이용온수기 등이 있다.



〈9.7.4 참고도-1〉 개별 공급식의 예

2. 중앙식

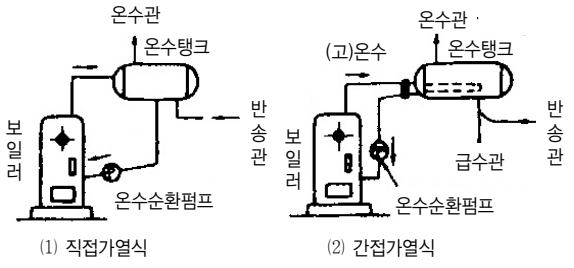
중앙식은 가열장치, 온수저장탱크, 온수순환펌프 등의 기기류를 기계실 등 특정한 장소에 집중하여 설치하고 온수를 배관으로 각 온수수도꼭지에 공급하는 방식이다(〈9.7.4 참고도-2〉 참조).



〈9.7.4 참고도-2〉 중앙 공급식의 예

이 방식은 호텔이나 병원, 공동주택, 사무용빌딩 등 대규모 건물의 온수공급에 사용한다. 그 밖에 여러 개의 주택이나 공동주택 또는 사무용빌딩에 1개소의 에너지플랜트로부터 온수를 공급하는 지역중앙식이 있다.

가열방식에는 가열장치와 온수저장탱크를 직접 연결하여 순환가열하는 직접가열방식과 온수저장탱크 내에 가열용 코일을 구비한 다음 이 코일에 보일러로부터의 고온수 또는 증기를 통하여 탱크내의 물을 가열하는 간접가열방식이 있다(〈9.7.4 참고도-3〉 참조).



〈9.7.4 참고도-3〉 가열방식의 예

[9.7.4 참고 3] 배관방식과 공급방식

온수공급배관은 배관방식과 공급방식에 따라 다음과 같이 분류된다.

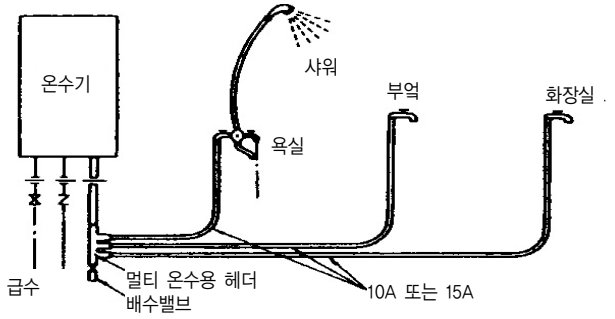


1. 배관방식

1) 단관식

단관식이란 가열장치에 온수용 주배관을 설치하고 이 주배관에 지관을 부착설치하여 온수수도꼭지에서 온수를 공급하는 방식을 말한다. 단관식은 최초에는 잠시 냉수가 나오고 나서 온수가 나온다. 배관이 길면 온수를 기다리는 시간이 길어서 물소비량이 많다. 또 동시사용시에 관경이 작으면 온수가 나오는 상태가 나쁘게 된다.

이러한 결점을 해소하는 배관방법으로는 헤더(header)식이 있다(〈9.7.4 참고도-4〉 참조).



〈9.7.4 참고도-4〉 헤드식 배관의 예

이 방식은 헤더(분기관)를 각 집에 설치한 다음 온수관을 문어발 모양으로 분기하여 각 온수기구에 단독으로 접속하는 방법을 말한다. 공법으로서는 온수관을 직접 배관하는 방법과 보호관을 먼저 설치하고 온수관을 뒤에 시공함으로써 다음에 배관의 부식 등이 생긴 경우에 배관의 부설교환이 용이한 보호관 헤더공법이 있다. 헤더식은 온수량을 적절하게 분배할 수 있으며 동시사용시의 온수량이나 온수온도의 변화를 줄일 수 있다.

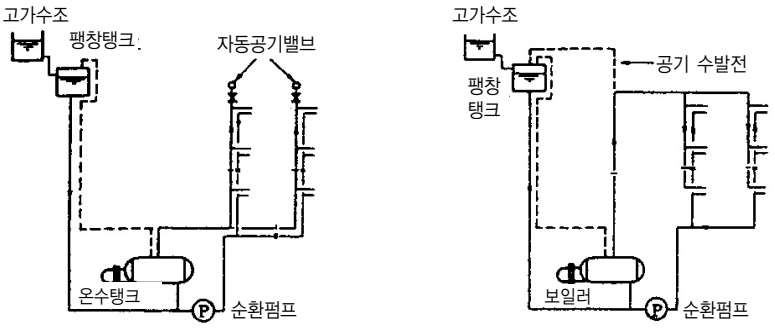
2) 복관식

온수관로로 공급온수관 및 귀로온수관을 설치하여 펌프로 가열장치 또는 온수저장탱크로부터 온수를 순환시키는 방식을 말한다.

2. 공급방식

가열장치로부터 각 온수수도꼭지에 급수하는 주배관의 유수방향이 상향인 것을 상향식 공급방식, 하향인 것을 하향식 공급방식이라고 한다.(〈9.7.4 참고도-5〉의 (1)과 (2) 참조).

이상의 어느 방식을 채택하더라도 전 계통의 온수온도를 균일하게 유지하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 공급온수관과 귀로온수관의 연장을 최소로 하고 온수의 순환이 균일하며 또한 원활하게 되도록 유의한다.



〈9.7.4 참고도-5〉 공급방식의 예

[9.7.4 참고 4] 온수공급설비 설계

사용목적에 알맞은 온수량, 온수온도가 빠르게 안정되고 또한 경제적으로 얻어지는 것이 온수공급설비의 설계에 요구되는 기본적인 조건이다.

1. 온수공급설비의 설계 순서

온수공급설비의 설계는 일반적으로 다음과 같이 진행한다.

온수공급설비의 설계순서

설계조건	→	온수량의 계산	→	시스템의 선정	→	배관노선선정 기기배치	→	관경결정 기기시방 결정

주된 검토사항

온수용도 온수이용인원 (기구수) 공급시간	최대사용량 온수온도 가열장치의 능력 저장탱크의 용량	가열방식 배관과 공급방식(단관식, 복관식, 상향식, 하향식)	필요 공간 가열장치의 배치 기타 기기배치	관경 마찰손실 열손실 가열장치의 시방 순환펌프의 시방

2. 온수온도와 사용량

온수온도는 사용용도에 따라 일정하지 않다. 일반적으로는 60 ℃ 정도의 온수를 공급하며 사용용도에 따라 수요자가 온도를 조절하여 사용한다. 온수온도가 지나치게 낮으면 온수저장탱크의 용량이 커지게 되며 또한 낭비되기 쉽다. 또한 온도가 지나치게 높으면 사용할 때에 위험하다.

건물의 온수공급량을 산출하는 방법으로는 인원수에 의한 방법과 기구의 종류 및 개수에 의한 방법

이 있다. 일반적으로는 전자에 의한 방법이 정확한 값을 얻을 수 있다. 여기서는 인원수에 의한 방법에 관하여 설명한다.

건물의 종류별로 〈9.7.4 참고표-1〉의 수치를 다음 식에 대입하여 온수량, 가열기 능력, 온수저장용량 등을 산정할 수가 있다.

$Q_d = N \cdot q_d$

$Q_h = Q_d \cdot q_h$

$V = Q_d \cdot v$

$H = Q_d \cdot r(t_h - t_c)$

여기서

Q_d : 1일 최대급탕량(L/d)

Q_h : 1시간 최대급탕량(L/h)

N : 급탕대상인원수(인)

V : 온수저장용량(L)

H : 가열기 능력(kcal/h)

q_d : 1인1일온수사용량(L/인 · d)

q_h : 1일사용량에 대한 필요한 1시간당최대치의 비율

t_h : 온수의 온도(℃)

t_c : 물의 온도(℃)

v : 1일사용량에 대한 온수저장량의 비율

r : 1일사용량에 대한 가열능력의 비율

〈9.7.4 참고표-1〉 건물의 종류별 온수사용량

건물의 종류	1인1일당 온수사용량 (L/인·d)	1일사용량에 대한 필요한 1시간당 최대치의 비율	첨두 사용량의 계속시간	1일사용량에 대한 온수저장량의 비율	1일사용량에 대한 가열능력의 비율
	q_d	q_h	h	v	r
주택, 아파트, 호텔 등	75~150	1/7	4	1/5	1/7
공동주택	40~60	1/5	3	1/5	1/5
사무실	7.5~11.5	1/5	2	1/5	1/6
공장	20	1/3	1	2/5	1/8
음식점				1/10	1/10
음식점(3식/d)		1/10	8	1/5	1/10
음식점(1식/d)		1/5	2	2/5	1/6

연간의 온수사용량을 산정하는 경우에는 연간 평균1일온수사용량을 기초로 예상하지만, 온수공급설비의 기기용량이나 배관의 관경 등을 산정할 때에는 온수사용량이 많은 동절기를 대상으로 부하를 산정해야 한다. 지금까지 실측치가 적기 때문에 데이터는 미국의 것이 중심이다. 실측치를 기초로 작성된 건물용도별 설계용 데이터를 〈9.7.4 참고표-2〉에 나타내었다.

〈9.7.4 참고표-2〉 설계용 온수사용량

건물의 종류	연간 평균1일 온수사용량	첨두 시간 온수사용량	첨두 지속시간	비 고
주택	150~250 (L/호·d)	100~200 (L/호·h)	2h	주택의 등급을 고려하여 검토할 필요가 있다.
공동주택	50~100 (L/호·d)	50~100 (L/호·h)	2h	첨두시의 온수공급량은 주택호수가 적은 경우에 상당히 많다.
사무실	7~10 (L/호·d)	1.5~2.5 (L/호·h)	2h	여성의 사용량은 남성의 사용량보다 많다.
호텔객실	150~250 (L/명·d)	20~40 (L/명·h)	2h	호텔의 성격과 사용되는 것을 고려할 필요가 있다
종합병원	2~4 (L/m^2·d)	0.4~0.8 (L/m^2·h)	1h	병원의 성격과 설비내용을 파악할 필요가 있다. 첨두는 1일 2회이며, 온수는 평균적으로 사용된다.
	100~200 (L/병상·d)	20~40 (L/병상·h)	1h	
음식점	40~80 (L/m^2·d)	10~20 (L/m^2·h)	2h	면적은 식당면적+주방면적 경양식과 다방은 작은 쪽의 값으로도 좋다.
	60~120 (L/좌석·d)	15~30 (L/좌석·h)	2h	

※ 급수온도는 5 ℃, 온수온도는 60 ℃ 기준

3. 공급온수관경(feed hot water pipe diameter)의 결정

공급온수관경은 급수관경을 구할 때와 마찬가지로 공급온수의 동시사용률을 고려하여 관내 유속과 유수에 의한 마찰손실수두로부터 구한다. 공급온수관경은 필요 이상으로 크게 하면 공사비가 많아질뿐만 아니라, 온수를 기다리는 시간이 길게 되어 비경제적이다. 또 관내유속은 1.0~1.5m/s로 제한하는 것이 바람직하다.

귀로온수관의 관경은 대략 공급온수관의 1/2로 하고 〈9.7.4 참고표-3〉을 참고한다.

〈9.7.4 참고표-3〉 귀로온수관의 관경

(단위 ; mm)

공급온수관(feed hot water pipe diameter)	20~32	40	50	65~80	100	125	150
귀로온수관(return hot water pipe diameter)	20	25	32	40	50	65	80

[9.7.4 참고 5] 온수관의 관종

온수용 배관으로는 동관, 스테인리스강관, 내열성 경질염화비닐라이닝강관 등 내열용의 것을 사용한다. 내열성 경질염화비닐관은 수도용 경질 폴리염화비닐관을 내열용으로 개량한 것이다. 최고사용압력 200 kPa(약 2 kgf/cm^2)인 경우 71~90 ℃ 이하의 온수공급에 사용할 수 있다. 내열성 경질염화비닐관은

금속관과 비교하여 신축량이 크기 때문에 사용할 때에는 내열성 경질염화비닐관이음을 사용하거나 또는 배관방법에 따라 신축을 흡수하도록 한다. 이 관은 순간온수기에는 사용할 수 없다.

수도용 내열성 경질염화비닐라이닝강관은 배관용 탄소강강관의 내면에 내열성 경질염화비닐관을 라이닝한 관이다. 기계적 강도가 뛰어나고 내식성과 내열성(85 ℃까지 사용할 수 있음)을 가지고 있다. 조인트는 수도용 경질염화비닐라이닝강관용의 관단방식 조인트를 사용한다. 다만, 이 관은 순간온수기에는 사용할 수 없다. 외관헤더공법에 대한 배관재료로는 어느 것이나 20 mm 이하의 연질동관, 가변성 폴리에틸렌관(알루미늄합금강화품도 있다), 폴리부틸렌관 등이 사용된다. 외관에는 폴리에틸렌제의 주름관이 사용된다.

[9.7.4 참고 6] 온수용 수도미터

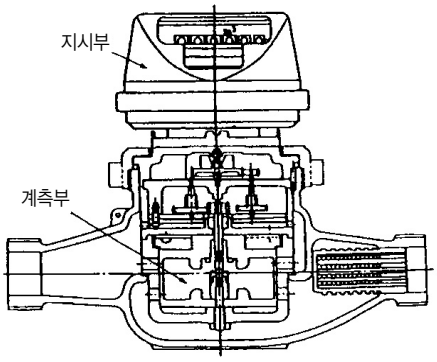
온수용 수도미터로는 온수 수도미터와 열량계(칼로리미터)의 두 종류가 있다(〈9.7.4 참고표-4〉 참조).

〈9.7.4 참고표-4〉 온수 수도미터·적산열량계의 분류

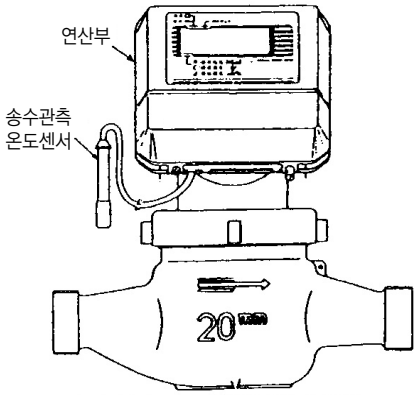
구 분	계량부의 방식		구 경(mm)
온수 수도미터	접선류익차형	단갑식	13, 20, 25
		복갑식	
	축류익차형	입형축류익차형	30~200
		터빈식	50~300
적산열량계	접선류익차형	단갑식	13
	축류익차형	입형축류익차형	20~200

1. 온수 수도미터

온수 수도미터는 공급온수관에 부착하여 온수량을 계량하는 계량기이다. 구조는 기본적으로는 수도미터와 동일하지만, 지시부는 건식이고 내부 부품으로는 내열성수지와 스테인리스강을 사용하고 있다. 또한 지시부도 현장지시식과 원격지시식이 있다(〈9.7.4-참고도 6〉 참조).



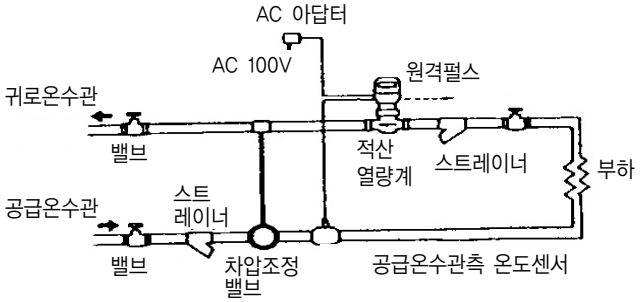
〈9.7.4 참고도-6〉 온수 수도미터의 구조 예



〈9.7.4 참고도-7〉 적산열량계의 구조 예

2. 열량계(칼로리미터)

열량계는 난방 등의 소비열량을 계량하기 위한 계량기로 온수 수도미터와 같은 구조의 유량계량부에서 유량을 측정해야 하며 공급온수관과 귀로온수관에 감온장치를 부착하여 온도차를 산출하여 소비열량을 적산하여 표시하는 계량기이다. 또한 원격지시식도 있다(〈9.7.4 참고도-7〉 및 〈9.7.4 참고도-8〉 참조).



〈9.7.4 참고도-8〉 적산열량계의 배관 예

[9.7.4 참고 7] 배관상의 유의사항

1. 배관 공간

온수관은 건물에 비하여 내용년수가 짧으므로 배관은 유지관리가 용이한 구조로 한다.

배관, 밸브류, 기기류의 보수와 교체를 용이하게 할 수 있도록 배관공동구(pipe shaft space)를 충분히 확보하는 것이 바람직하다.

2. 배기공(air bleeder)

수온이 상승하면 수중에 포함된 공기는 분리되기 쉽고 압력이 낮을수록 그 경향이 심하다. 이 때문에 온수관 내는 공기를 체류시키지 않는 구조로 한다. 배관은 유수방향과는 관계없이 공기가 빠지는 방향으로 올라가도록 경사지게 하며 300분의 1 이상의 경사를 둔다. 또 배관의 최상부에 온수용 수도꼭지가 없는 경우에는 그 위치에 배기공용 밸브를 부착한다.

3. 안전장치(safety device)

물은 가열하면 부피가 늘어나기 때문에 온수공급설비가 밀폐된 경우에는 내부압력이 상승하여 기기가 이상이거나 파열되기 쉽고 위험한 상태로 된다. 이 때문에 온수공급설비에는 압력상승을 방지하기 위한 팽창관, 팽창탱크 또는 안전밸브(relief valve) 등의 안전장치를 설치한다.

1) 팽창탱크와 팽창관

팽창탱크에는 개방형과 밀폐형이 있다.

개방형 팽창탱크는 고가수조를 이용하여 급수하는 경우에 설치한다. 이것은 가열에 의하여 팽창된 수량을 팽창관에서 개방하여 팽창탱크에 받는 것이다(〈9.7.4 참고도-9〉의 (1) 참조).

팽창관은 압력이 빠질 수 있는 안전장치로서의 기능과 수중으로부터의 분리된 공기가 빠지는 기능을

겸한다. 팽창관을 온수탱크 또는 온수보일러로부터 올려서 팽창탱크에서 개방된다. 팽창관의 높이는 온수저장탱크가 가열되고 있는 동안에 온수가 넘치지 않도록 하기 위하여 팽창탱크의 최고수위보다 다음 식의 높이 이상으로 올려서 탱크에 개방한다.

$$H \geq (\frac{\rho_c}{\rho_h} - 1) \times h$$

여기서,

H : 팽창관의 급수원수면(탱크의 최고수위면)에서의 높이(m)

h : 급탕장치 최저부에서 급수원 수면까지의 높이(m)

ρ_c : 수원의 밀도(kg/L)

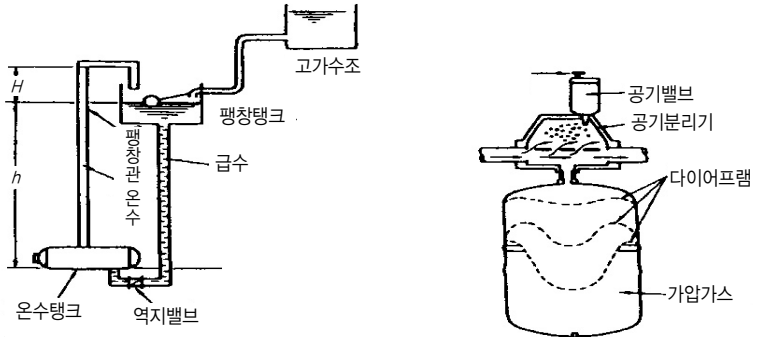
ρ_h : 온수의 밀도(kg/L)

팽창관은 그 기능을 충분히 발휘하기 위하여 다른 용도의 관과 겸용하거나 밸브를 설치해서는 아니 된다.

밀폐형 팽창탱크는 펌프 등에 의한 직송급수방식인 경우 등 팽창관을 설치하지 않는 경우에 설치한다. 이것은 팽창된 물이 탱크 내에 들어가서 다이어프램이 변형되어 팽창을 흡수하는 방식이다(〈9.7.4 참고도-9〉의 (2) 참조).

온도가 내려간 물이 수축되면 봉입된 가스체의 압력으로 원래로 되돌아간다. 이 동작을 정상적으로 하기 위해서는 처음에 가압가스체의 압력과 배관의 압력을 동일하게 해 둔다.

밀폐형인 경우에는 반드시 안전밸브를 설치한다.



(주) 최초에 팽창관내의 물이 온수탱크 내 온수의 팽창에 의해

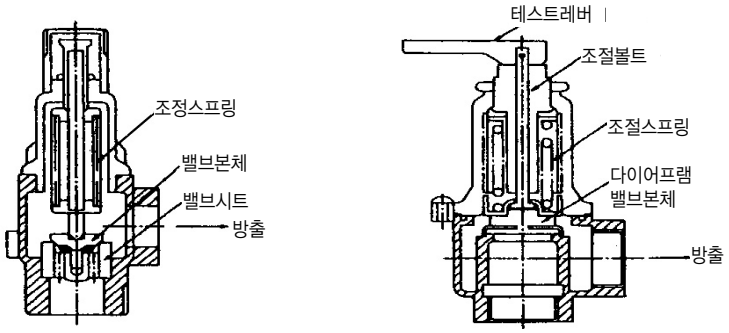
(1) 개방형 (2) 밀폐형

〈9.7.4 참고도-9〉 팽창탱크의 예

2) 안전밸브

안전밸브는 온수설비 내의 압력이 최고사용압력을 초과하였을 때 자동적으로 내부의 온수를 방출함으로써 압력을 낮추는 기구이다(〈9.7.4 참고도-10〉의 (1)과 (2) 참조). 온수저장탱크 앞의 급수관에 부착하는 방법, 온수저장탱크에 직접 부착시키는 방법 및 온수저장탱크 앞의 공급온수관에 부착하는

방법이 있다. 또한 저장탱크가열온수기는 급수배관 측에 수도용 감압밸브를 설치하여 압력을 감압한 다음에 최고사용압력 100 kPa(약 1 kgf/cm^2) 이하의 안전밸브를 설치한다.



(1) 논다이어프램형 디스크식　　(2) 다이어프램형 디스크식

〈9.7.4 참고도-10〉 안전밸브 예

4. 역류방지밸브

온수공급설비 내의 온수가 급수측으로 역류하는 것을 방지하기 위하여 가열장치의 상류측 급수관에 역류방지밸브를 설치한다. 또 온수와 냉수의 혼합수도꼭지에는 냉수측 및 온수측에도 역류방지밸브가 부착된 것을 사용해야 한다.

5. 신축이음관

신축이음관은 온수온도의 급변에 의한 관의 수축이나 팽창에 의한 파손을 방지하는 것이다. 금속관인 경우 배관연장 20~30m에 1개 정도 신축이음관을 설치한다.

6. 보온재

보온재로는 발포플라스틱 보온재가 있다. 이 종류의 보온재로는 100 ℃ 이하에 사용하는 수모휠트(獸毛 felt) 등과 같은 동식물 원료에 의한 것, 70~100 ℃ 이하에 사용하는 폴리에틸렌폼, 경질발포 합성고무 등 플라스틱계의 것 등이 있다.

보온재의 종류와 경제적인 두께에 대해서는 온수온도, 보온재의 열전도율, 현장상황, 내용년수, 가격 등을 고려하여 결정한다.

제10장

내 진 설 계

제10장 내 진 설 계

10.1 총설

10.1.1 목적

이 기준은 상수도시설의 내진성능 확보에 필요한 최소 설계요건을 규정한 것으로서, 지진 시 상수도시설의 급수기능을 최대한 확보하고, 시설의 지진피해가 중대한 2차 재해를 발생시킬 가능성을 최소화하는 것을 목적으로 한다.

10.1.2 적용범위

1. 이 기준은 상수도시설기준에 의해 상수도시설을 신설하는 경우의 내진설계에 적용된다. 상수도시설물 중 주요 구조물로서 지진에 따른 시설물 손괴 시 응급복구가 불가능하여 장기간 급수 중단을 초래할 수 있는 시설에 대해 우선 적용한다.
2. 기존시설의 정비와 내진성능 개선은 이 시설기준의 개념 및 원칙을 준수하는 범위 내에서 적절한 보완을 거쳐 별도의 시설기준을 작성하여 설계에 적용할 수 있다.
3. 이 시설기준에 규정되어 있지 않은 사항에 대해서는 환경부 및 국토해양부에서 제정한 관련 설계기준과 설계지침 등에 따른다.

【해설】

3.에 대하여 ; 기준 작성시 근거로 삼거나 이 시설기준에 규정되어 있지 않는 사항에 대해서 참고할 수 있는 관련 설계기준과 지침 예는 다음과 같다.

1) 콘크리트구조 설계기준 (한국콘크리트학회)
2) 도로교설계기준 (한국도로교통협회)
3) 수도시설내진공법 지침・해설 (일본수도협회)
4) 공동구 설계지침 (일본도로협회)
5) 댐설계기준 (한국수자원학회)
6) 터널설계기준 (한국터널공학회)
7) 구조물기초설계기준 (한국지반공학회)

10.2 내진설계 일반

10.2.1 내진설계의 기본방침

1. 본 기준의 목적은 상수도시설의 내진성능 기준의 목적을 달성하기 위한 최소 요건을 규정하는데 있으며, 본 기준을 따르지 않더라도 상수도시설의 내진성능기준을 충족시킬 수 있는 창의력이 발휘된 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.
2. 지진시 시설물이 보유해야 할 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분할 수 있으나, 이 시설기준에서는 붕괴방지 수준에 대한 설계만을 고려한다.
3. 상수도시스템을 구성하는 개개 시설의 중요도, 지진에 의한 시설의 손상으로 초래 될 수 있는 영향 범위를 고려하여 내진등급을 분류한다.
4. 시설물의 중요도와 성능목표를 고려하여 설계지진의 수준을 정하여야 하며, 설계지반운동은 지진운동의 불확실성과 부지고유특성이 잘 반영될 수 있어야 한다.
5. 지진에 의한 영향을 관련 시설기준에 근거하여 설계에 반영하여야 한다.
6. 지진시 토압은 지상구조물, 송·배수관로, 암거, 공동구 등의 횡단면 설계와 안정계산, 배수탑, 저수탑 및 옹벽 등 부속구조물의 안정계산에 적용한다.
7. 물에 접하는 구조물은 지진시 동수압과 수면동요의 영향을 필요에 따라 고려해야 한다.

【해설】

2.에 대하여 ; 건설교통부의 연구과제 「내진설계기준연구(II)」(건설교통부, 1997)에서 제시된 상위개념의 내진설계기준에는 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하고 있으며, 기능수행수준은 설계지진 작용 시 시설물의 기능을 차질 없이 수행할 수 있는 범위내로 제한하는 성능수준이고, 붕괴방지수준은 시설물이 붕괴되거나 또는 시설물의 손상으로 인하여 대규모 피해가 초래되는 것을 방지하는 성능수준을 의미한다. 이 기준에서는 붕괴방지수준만을 우선 고려하고 있다. 기능수행수준을 고려하는 설계의 경우, 현재까지 각 시설물이 기능수행수준을 만족하는지 여부를 확인하는 절차나 방법에 대한 검토가 명확히 정립되지 않은 상태이기 때문에, 기능수행수준의 설계를 요구하는 것은 설계자에게 혼란을 야기하고 일관된 설계성과를 기대하기 어렵다. 이러한 이유로, 이 기준에서는 내진설계에 있어서 붕괴방지수준만을 만족시키도록 요구하고 있다.

7.에 대하여 ; 일반적으로 상수도용 관로의 설계에 정수압 외에 수격압을 고려한다. 수격압과 동수압은 동시에 작용하는 경우가 드물기 때문에 이것을 중복시키지 않도록 하기 위해 관의 설계하중으로서 지진시 동수압을 별도로 고려하지 않아도 좋다. 단, 지반이 연약하여 주기가 길고 강진이 예상될 때는 동수압이 문제가 될 수 있다. 특히 펌프가압송수관로의 경우는 동수압 외에 지진시 정전으로 비롯된 펌프정지에 의한 수격압이 발생한다. 이때는 지진시 동수압과 수격압이 중복될 가능성이 있으므로 지진시 동수압을 설계시 고려해야 할 필요가 있다. 저수조의 내진설계에서 필요에 따라 수면동요의 영향(월류 및 지붕슬래브에 가해지는 충격량)을 고려해야 한다.

10.2.2 시설물의 분류와 내진등급

1. 상수도시설은 취수시설, 도수 및 송·배수시설, 정수 및 배출수처리 시설, 기계 및 전기설비, 기타 취수시설 내지 정수/배출수처리 시설의 기능상 필요한 부속구조물로 분류된다.
2. 상수도시설물의 내진등급은 내진 I등급과 내진 II등급으로 분류한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 취수시설이라 함은 취수댐, 취수탑, 취수문, 취수관거, 집수관거, 침사지 등을, 도수 및 송·배수시설이라 함은 관로, 가압장, 배수지, 배수탑, 조절지, 수관교, 수로터널, 수로터널 입·출구부 등을, 정수 및 배출수처리 시설이라 함은 착수정, 응집지, 침전지, 여과지, 정수지, 고도정수처리 시설(오존, 입상활성탄 여과지), 설비를 수용하고 있는 건물 등을 의미한다.

2.에 대하여 ;

1) 개개의 시설을 그 기능의 중요도와 지진에 의한 손상으로 초래될 수 있는 영향범위를 고려하여 내진 I등급과 내진 II등급으로 분류한다. 내진등급별 시설의 분류는 〈표 10.2.1〉과 같다.

〈표 10.2.1〉 내진등급별 시설분류

내진등급	상수도시설	비 고
내진Ⅰ등급	대체시설이 없는 송·배수 간선시설, 중요시설과 연결된 급수공급관로, 복구 난이도가 높은 환경에 놓이는 시설, 지진재해시 긴급대처 거점시설, 중대한 2차 재해를 유발시킬 가능성이 있는 시설 등	
내진Ⅱ등급	내진Ⅰ등급 이외의 시설	

2) 상수도시설 중 상류에 위치하는 시설, 도수관로, 송·배수 간선시설로서 대체시설이 없는 경우, 중요시설과 연결된 급수관로, 복구 난이도가 높은 환경에 놓이는 시설, 지진재해시 긴급 대책 수립 거점시설, 중대한 2차 재해를 유발시킬 가능성이 있는 시설 등의 중요도가 높은 시설은 내진 I 등급으로 분류하고, 그 외는 내진 II 등급으로 하는 것을 원칙으로 한다.

3) 세부 내진등급 분류는 「상수도시설 내진설계기준 마련을 위한 연구」(1999, 환경부)의 별첨 1을 참고로 하되, 수도사업자가 시설 및 기능의 중요도를 감안하여 조정할 수 있다.

10.2.3 설계거동한계 및 등급별 내진설계 목표

1. 설계거동한계는 설계지진시 구조부재의 과도한 소성변형, 지반의 액상화, 지반 및 기초의 파괴 등의 원인으로 부분적인 급수기능 유지가 불가능하게 되지 않아야 하고, 쉽게 조기 복구가 가능하여야 한다.
2. 상수도시설물의 내진성능 목표에 따른 설계지진강도는 붕괴방지수준에서 시설물의 내진등급이 I등급인 경우에는 재현주기 1000년, II등급인 경우에는 500년에 해당되는 지진지반운동으로 한다.

10.2.4 설계지반운동 수준 및 표현 방법

1. 설계지반운동은 지상구조물의 경우, 지표면에서의 자유장운동으로 정의되고, 지중구조물의 경우는 기반암에서의 자유장운동으로 정의된다.
2. 설계지반운동수준은 지진재해도 해석결과에 근거한 구역계수, 평균재현주기별 최대유효지반가속도비를 나타내는 위험도계수, 기초지반의 영향을 고려한 지반분류에 의한 지반계수를 산정하고, 이로부터 설계지반운동수준을 결정한다.
3. 설계지반운동의 특성은 표준설계응답스펙트럼으로 표현한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 설계지반운동의 정의위치와 고려사항은 다음과 같다.

1) 설계지반운동은 지상구조물의 경우, 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장운동으로 정의되고, 지중구조물의 경우는 기반암에서의 자유장운동으로 정의된다.
2) 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.
3) 기본적인 지진재해도는 암반지반을 기준으로 평가한다.
4) 설계지반운동은 흔들림의 세기, 주파수 성분 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성이 잘 정의되어야 한다.
5) 설계지반운동은 수평 2축 방향과 수직방향 성분으로 정의된다.
6) 설계지반운동의 수직방향 성분의 세기는 수평방향 성분의 2분의 1로 가정할 수 있고, 주파수 성분과 지속시간은 수평방향 성분과 동일하다고 가정할 수 있다.

2.에 대하여 ;

1) 설계지반운동 수준

가. 설계지반운동 수준은 다음과 같이 분류한다.

① 평균재현주기 500년 지진지반운동 (50년내 초과확률 10 %)

② 평균재현주기 1000년 지진지반운동 (100년내 초과확률 10 %)

나. 지진재해도 해석결과에 근거하여 〈표 10.2.2〉에 기술된 바와 같이 남한을 두 개의 지진구역으로 설정한다. 각 지진구역에서의 평균재현주기 500년 지진지반운동에 해당하는 구역계수는 〈표 10.2.3〉에 수록된 바와 같이 지진구역 I에서는 0.11, 지진구역 II에서는 0.07이다.

다. 평균재현주기별 최대유효지반가속도의 비를 의미하는 위험도계수(I)는 〈표 10.2.4〉와 같다.

라. 상수도시설의 각 구조물 및 관로가 위치할 부지에 대한 지표면 지진 지반운동의 가속도계수(A)는 내진등급별 설계지진의 평균재현주기에 해당되는 위험도계수를 지진구역에 따른 지진계수(C_a)에 곱하여 계산한다.

마. 기반암 위치에서 지진 지반운동의 가속도계수(A')는 평균재현주기에 해당되는 위험도계수에 지진구역 Ⅰ에서는 0.09, 지진구역 Ⅱ에서는 0.05를 곱하여 구한다.

바. 기반암의 정의는 전단파속도가 760 m/s~1500 m/s를 초과하는 지반을 말한다. 기반암의 위치

를 판단하기가 어려운 경우는 전문가의 자문을 받아 결정해야 한다.

〈표 10.2.2〉 지진구역 구분

지진구역	행 정 구 역	
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부[1], 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부[2]
Ⅱ	도	강원도 북부[3], 전라남도 남서부[4], 제주특별자치도

주 : (1) 강원도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
(2) 전라남도 북동부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시, 순천시
(3) 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시
(4) 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

〈표 10.2.3〉 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	Ⅰ	Ⅱ
구역계수	0.11	0.07

〈표 10.2.4〉 위험도 계수

재현주기(년)	500	1000
위험도계수	1.0	1.4

2) 지반의 분류

가. 국지적인 토질조건 및 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 〈표 10.2.5〉에서와 같이 S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F의 6종으로 분류한다.

나. 지반종류 S_F는 부지고유의 특성 평가가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반을 일컫는다.

① 액상화가 일어날 수 있는 흙, 퀵 클레이와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반

② 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반

③ 매우 높은 소성을 갖는 점토지반

④ 층이 매우 두꺼우며, 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토

〈표 10.2.5〉 지반의 분류

지반 분류	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균 지반 특성[1]		
		전단파 속도[2] (m/s)	표준관입시험[2] N	비배수전단강도 $\overline{S_u}$ (kPa)
S_A	경암지반	1500초과	-	-
S_B	보통암지반	760에서 1500		
S_C	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
S_D	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사지반	180미만	< 15	< 50
S_F	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

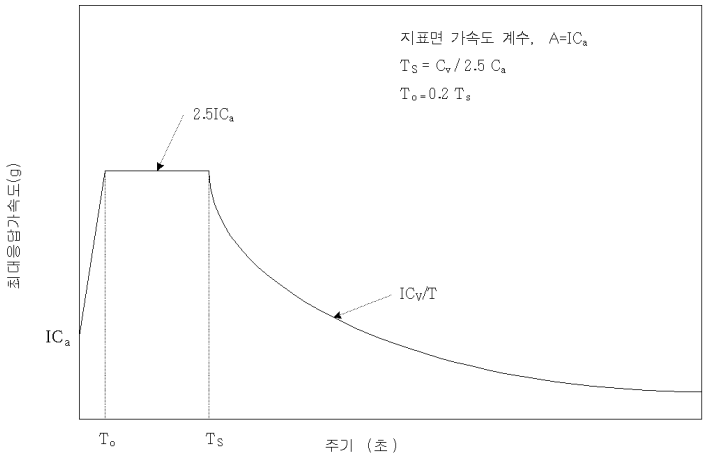
주 1) 상부 30m 이내에 기반암층이 있는 경우는 30 m이내의 기반암을 포함한 평균지반특성을 고려한다.
2) 전단파속도 또는 표준관입시험치는 현장시험 결과치를 이용하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 전단파속도와 표준관입시험치를 모두 측정한 경우는 전단파속도에 의해 분류한다.

3.에 대하여 ; 설계지반운동의 특성은 다음과 같이 표현한다.

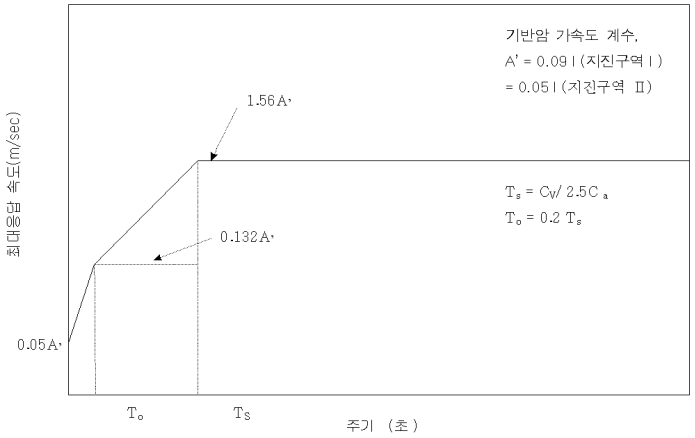
1) 설계지반운동의 특성은 〔그림 10.2.1〕과 같은 표준설계응답스펙트럼으로 표현하며, 지상구조물의 설계기준으로 가속도응답스펙트럼(〔그림 10.2.1〕의 (a))을 지중구조물은 속도응답스펙트럼(〔그림 10.2.1〕의 (b))을 적용한다.
2) 5 % 감쇠비에 대한 표준설계응답스펙트럼이 〔그림 10.2.1〕에 정의되어 있다. 5 % 이외의 감쇠비에 대해서는 〈표 10.2.6〉의 감쇠보정계수를 곱하여 사용한다.
3) 〔그림 10.2.1〕에서 표준설계응답스펙트럼의 결정을 위해 요구되는 지진계수 C_a와 C_v의 값은 지반종류의 S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F에 대하여 지진구역별로 〈표 10.2.7〉과 〈표 10.2.8〉에 각각 주어져 있다. 지반종류 S_F로 분류되는 경우에는 부지고유의 지반특성 평가가 요구되는 지반이므로 이 경우에는 지진재해도 평가 경험이 있는 지반, 지질 및 지진 전문가에 의해 C_a, C_v를 구하는 절차를 따라야 한다.
4) 지반운동의 공간적 변화 특성 고려 방법

가. 구조물의 모든 위치에서 똑같은 지반운동으로 가진되는 것이 불합리하다고 판단되는 구조물에 대해서는 지반운동의 공간적 변화를 고려할 수 있는 모델을 사용해야 한다.

나. 지반운동의 공간적 변화에 관한 구체적인 내용은 필요한 경우에는 관련기술기준에 따른다.



(a) 지표면 설계가속도응답스펙트럼



(b) 기반암 설계속도응답스펙트럼

[그림 10.2.1] 표준설계응답스펙트럼(5 % 감쇠비)

5) 가속도시간이력

가. 지반가속도의 시간이력으로 지반운동이 표현될 수 있다.

나. 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도 성분으로 구성되어야 한다.

다. 가속도 시간이력으로 후술되는 6)항에서 기술하는 인공가속도 시간이력이 사용될 수 있다.

〈표 10.2.6〉 감쇠보정계수[1),2)]

감쇠비(%)	0.5	1	2	3	5	7	10	20
감쇠보정계수	1.88	1.62	1.35	1.20	1.00	0.87	0.73	0.46

주: 1) 위에 표시되지 않은 감쇠비에 대한 감쇠보정계수는 선형 보간하여 사용한다.
2) 주기 T_0이후의 구간에 대하여 적용하고, T=0에서 T_0구간은 선형 보간한다.

〈표 10.2.7〉 지진계수 C_a

지반종류	지진구역	
	Ⅰ	Ⅱ
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.13	0.08
S_D	0.16	0.11
S_E	0.22	0.17

〈표 10.2.8〉 지진계수 C_v

지반종류	지진구역	
	Ⅰ	Ⅱ
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.18	0.11
S_D	0.23	0.16
S_E	0.37	0.23

6) 인공지진 가속도 시간이력

가. 인공가속도 시간이력은 설계응답스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다.

나. 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 발진기구 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다.

다. 인공가속도 시간이력의 지속시간은 지진의 규모와 발진기구 특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.

10.3 지진해석 및 내진설계 방법

10.3.1 입지조건

상수도시설물은 내진성을 확보한 위치에 입지하여야 한다.

【해설】

관로시설은 활성단층 지역이나 사면활동의 가능성이 있는 지역을 통과하지 않도록 하고, 취수시설이나 정수 및 배수시설을 이러한 지역에 가급적 건설하지 않아야 한다. 액상화 가능성이 있는 곳은 피하고, 부득이한 경우에는 지반을 개량하여 액상화 발생 가능성을 배제시켜야 한다.

10.3.2 지반조사

1. 상수도시설물의 내진설계를 위해서는 통상적인 지반조사뿐만 아니라 지반의 동역학적 특성 파악을 위한 지반조사가 필요하다.
2. 상수도시설 내진설계 시 지반의 액상화 검토가 필요하다.
3. 상수도시설 매설관로의 내진설계 시에는 측방유동에 의한 지반 변위 또는 지반 변형 고려가 필요하다.

【해설】

상수도시설 구조물과 관로의 지진시 안정성(지반의 액상화, 사면활동을 포함) 평가와 내진설계에 필요한 지반물성을 파악하기 위하여 지반조사를 실시하여야 한다. 지반조사는 기존 자료의 수집 및 현지답사에 의해 지반의 성질을 파악하는 기본조사와 현장 및 실내시험을 실시하여 표층지반의 층상구조, 지하수위, 각 지층의 역학적 성질 및 탄성파속도 등을 세밀히 평가하는 상세조사로 나누어진다.

1.에 대하여 ;

1) 지반조사의 기본방침

가. 외국의 지진 피해 사례로 보아 양호한 지반 위에 건설된 구조물의 피해는 비교적 경미하였다. 상수도시설의 건설시 가급적 양호한 지반을 선택하는 것이 바람직하다. 특히 취수·도수·저수시설, 정수장·배수지 및 송·배수간선 등의 기간 시설은 양호한 지반을 선택하여 건설하는 것이 중요하다.

나. 구조물에 작용하는 지진력은 동일한 지역에서도 지반의 종류 및 지형에 따라서 현저한 차이가 있으므로, 중요한 시설을 건설할 때는 지진에 대한 동특성 조사도 포함하여 건설 부지의 지반을 면밀히 조사하고 이를 토대로 시설물 본체 구조 및 기초를 설계하여야 한다.

다. 지반이 나쁠 때는 지반 개량을 병행한 기초를 설치하고, 사면에 안정처리를 하여야 한다. 지진시 지반 변위, 액상화, 침하 및 부상에 대처해야 하는 시설에는 지반 변위를 흡수할 수 있는 구조 채택, 지반 개량 실시 등 적절한 대책이 필요하다.

2) 지반조사의 기본사항

가. 지반조사란, 지형, 지질, 지반에 관련된 모든 조사를 말한다. 양호한 지반, 즉 견고하고 변형이 작은 지반에서는 일반적으로 피해가 작으므로 상수도시설은 이와 같은 지반에 건설하는 것이 좋다. 그러나 상수도시설의 기능상 상당한 시설은 연약한 지반 또는 역학적 성질이 변하는 지반에 건설해야 할 경우가 있으므로 이에 대한 지반조사 및 대책 공법이 필요하다.

나. 지반의 상태는 지형, 지층구조, 지층두께, 각 지층의 강도 및 지하수위 등의 요인에 따라 평가되므로, 시설에 적합하지 않은 지반은 다음과 같다.

① 지반 활동, 산사태, 붕괴가 발생하기 쉬운 지반
② 능선의 법면 선단, 법면 어깨 등 지형이 급격히 변화하는 장소
③ 사면
④ 역학적 성질이 다른 토층의 경계 부분
⑤ 연약지반

⑥ 매립지

⑦ 지진시 액상화 및 측방 유동 가능성이 큰 지반

다. 불량한 지반에서 건설이 불가피할 경우에는 지반 조건에 적합한 구조와 기초 형식이 필요하며, 경우에 따라서는 지반 개량이 필요하다. 따라서 적절한 지반 조사를 시행하여 지반의 상태를 정확히 파악하는 것이 필요하다. 본 기준에는 기본적인 토질 조사로부터 내진설계에 필요한 조사까지 망라하였으나, 각 시설의 내진성능을 검토하는데 이 모든 조사가 반드시 필요한 것은 아니다.

라. 지반조사의 범위는 ⅰ) 기존자료에 의한 조사, ⅱ) 일반적 조사, ⅲ) 동역학적 지반조사로 나누어 생각할 수 있다. 우선 기존 자료를 수집하여 시설 부지의 개략적인 지반 상태를 파악한다. 수집할 수 있는 기존 자료는 지형도, 지질도, 지반도, 토질주상도 등이 있다. 시설에 따라 위의 자료 조사만으로 건설이 가능한 경우도 있다. 기존 자료 조사를 예비조사로 활용하는 경우, 현지답사를 통해 조사 계획을 수립한다.

마. 통상 시행되는 일반적 지반 조사의 항목은 아래와 같다.

① 지반 분류외 지층구조

② 지층 두께

③ 지하수위

④ 표준관입시험치(N값)

⑤ 각 층의 전단 강도(점착력 c, 내부 마찰력 ϕ)

⑥ 각 층의 변형계수(탄성계수 E, 전단탄성계수 G)

⑦ 각 층의 밀도

바. 내진설계를 위해 지반의 동역학적 특성을 조사할 필요가 있으며 다음과 같은 지반정수를 얻는다.

① 탄성파속도(압축파속도 V_p, 전단파속도 V_s)

② 지반의 기본고유주기(고유진동수)

③ 동적 변형계수

④ 감쇠비

⑤ 동적 포아송비

⑥ 동적 전단강도

2.에 대하여 ;

1) 액상화 검토의 필요성

가. 액상화는 포화된 느슨한 사질토 지반이 지진의 반복응력에 의해 강도를 급격히 상실하여 마치 지반 전체가 액체와 같이 거동하는 현상을 말한다. 지반의 액상화는 지중 구조물의 부상이나 구조물의 침하 및 기울어지는 피해를 초래하므로 상수도시설의 내진설계시 검토가 필요하다.

나. 특히 매립지 등의 호안 인접 지반 및 경사 지반에서는 액상화 된 지반이 수평으로 이동하는 현상, 즉 측방유동 현상이 생기고 구조물 기초 및 매설관로에 피해를 발생시킬 가능성이 있기 때

문에 상수도시설의 내진성 검토에 있어서는 측방유동의 영향을 충분히 고려할 필요가 있다.

2) 액상화 평가기준 및 평가방법

액상화 평가기준 및 평가방법은 한국도로교통협회의 「도로교설계기준」, 한국지반공학회의 「구조물기초설계기준」, 해양수산부의 「항만 및 어항시설의 내진설계 표준서」등에 따른다.

3.에 대하여 ; 해안 인근 지반 및 경사지반에서는 액상화에 의해 지반이 수평방향으로 이동하는 측방유동이 발생할 가능성이 있다. 상수도시설의 매설 관로의 내진설계시에는 측방 유동에 의한 지반 변위 또는 지반 변형을 감안해야 한다.

10.3.3 하중

내진설계에서는 상시상태에서 고려되는 하중 외에 지진으로 인한 하중이 추가적으로 고려되어야 한다.

【해설】

상수도시설의 내진설계에서는 일반적으로 고려되는 사하중, 활하중, 토압, 수압, 양압력 등의 하중 외에 다음과 같은 지진으로 인한 영향이 고려되어야 한다.

1) 지진시의 지반 변위 또는 변형
2) 구조물의 자중과 적재하중 등으로 유발된 관성력
3) 지진시 토압
4) 지진시 동수압
5) 수면동요
6) 지진시 지반의 액상화
7) 지질이나 지형이 급변하는 지반의 지진시 이완 또는 붕괴

10.3.4 기본적인 지진해석 및 설계 방법

상수도시설물의 지진해석 및 내진설계는 다음의 각 호에 해당되는 시설 및 설비에 대해 시행하되, 시설물별로 합리적인 지진해석 및 설계방법이 적용되어야 한다.

1. 기초
2. 흙구조물 및 옹벽
3. 상수도 전용댐
4. 매설관로 및 수로터널
5. 암거, 공동구 및 수직갱
6. 상수도 관로 전용 교량
7. 대용량 저수조
8. 취수탑 및 지상수조
9. 펌프장
10. 건축물
11. 기계 및 전기설비

【해설】

1) 지진해석 및 설계방법은 기본적으로 다음에 따라야 한다.

가. 지반을 통한 파의 방사조건이 적절히 반영된 수평 2축 방향 성분과 수직방향 성분이 고려되어야 한다.

나. 지진해석에 필요한 지반정수는 동적 하중조건에 적합한 값들이 선정되어야 하며, 특히 지반의 변형계수와 감쇠비는 발생 변형율 크기에 알맞게 선택되어야 한다.

다. 유체-구조물-지반의 상호작용 해석시 구조물의 유연성과 지반의 변형성을 고려해야 한다. 단, 유체-구조물 상호작용이 경미할 경우에는 구조물을 강체로 가정하여 유도한 단순 유체모델을 사용할 수 있다.

라. 대상으로 하는 구조물 또는 배관의 구조적 특성과 지반조건에 따라 등가정적해석법, 응답변위법, 응답스펙트럼법, 동적해석법(시간영역해석, 주파수영역해석) 중 시설물별 관련기준에 적합한 방법을 사용한다.

① 매설관로와 공동구 구조물과 같이 지중구조물로 그 내공부를 포함한 단위체적중량이 주변 지반의 단위체적중량과 비교하여 가벼운 경우에는 주변 지반에 발생하는 변위, 변형 등에 구조물의 지진시 거동이 좌우되므로 응답변위법을 적용하는 것이 적절하다.

② 지상구조물, 반지중구조물 중 상부가 개방된 구조물과 지중구조물이라 할지라도 구조물의 단위체적중량이 주변지반에 비해 매우 크고 횡방향 변위가 전혀 허락되지 않는 구조물의 경우에는 등가정적해석법을 적용하는 것이 적절하다.

③ 동적해석법은 상세한 검토를 필요로 하는 경우나 구조조건, 지반조건이 복잡한 경우, 지반과 구조물의 상호작용을 고려하는 경우에 적용하는 것이 적절하다.

④ 매설관로, 수로터널, 지하공동구와 같이 종방향으로 길게 설치되는 선상구조물의 경우, 내진해석은 2차원 횡단면해석을 원칙으로 하나, 지반상태가 급격히 변화하는 구간 통과 등의 경우에는 종방향에 대한 내진해석을 추가로 수행해야 한다.

마. 붕괴방지수준을 고려하기 때문에 지진응답은 비선형거동 특성을 고려할 수 있는 해석법에 의해서 해석하는 것을 기본으로 한다. 이 경우 보수성이 입증된 단순해석법 및 설계법이 사용될 수 있다.

바. 액상화 가능성 판단은 설계지진 가속도에 의해 지반에 발생하는 반복전단 응력과 액상화에 대한 지반의 강도를 기준으로 이루어져야 한다.

2) 상수도시설물 중 국내 관련 설계기준 및 지침에 반영되어 있지 않는 시설물에 대한 해석과 설계는, 「상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구」(환경부, 1999)에 기술된 해석 및 설계방법 적용도 가능하다.

10.3.5 급수기능 확보를 위한 내진설계

상수도시설물에 대한 내진설계는 급수기능 확보를 원칙으로 한다.

【해설】

상수도시설의 중요한 구조물과 설비는 내진성이 우수한 재료를 사용하여 건설 및 설치하도록 하며, 수밀성 확보가 필요한 경우에는 신축성이 있는 자재(예, 연결부에는 내진조인트)를 사용하여 변위 흡수와 응력의 완화 효과를 높여야 한다. 중요시설의 다중화, 계통간 상호연결, 관망의 블록화, 긴급차단 밸브의 설치 등으로 지진재해시 단수시간과 범위를 최소화 할 수 있도록 해야 한다.

10.4 품질보증에 대한 기본적인 사항

10.4.1 일반사항

1. 상수도시설의 내진성 확보를 위한 품질보증은 각 시설의 내진등급에 따른 성능수준을 만족시킬 수 있는 품질보증요건이 문서화된 계획을 수립하여 설계, 시공, 완공후 사용기간의 단계별로 이루어져야 한다.
2. 품질보증활동과 관련된 수행과정과 결과는 기록으로 보존되어야 한다.

10.4.2 설계품질관리

타당성 조사, 기본설계, 실시설계의 각 단계에서 내진설계에 대한 검토가 이루어져야 한다.

10.4.3 시공품질관리

1. 공사도급자에 의해 직접 고용된 자가 아닌 제3자로 하여금 품질보증계획에 의한 검사 및 시험을 수행하도록 해야 한다.
2. 품질보증계획에는 검사 및 시험계획, 품질시험 및 검사요원의 기준, 시험실 및 시험 검사 장비에 대한 기준, 검사와 시험결과로 부적합 판정이 난 경우의 후속 조치사항 등이 포함되어야 한다.

10.4.4 유지관리

1. 상수도시설의 유지관리는 시설의 내진성능을 저하시키지 않도록 유지관리계획에 의해 이루어져야 한다.
2. 사용기간 중의 내진성능 확보를 보증할 수 있도록 구조물을 구성하는 하중전달 경로상의 부재나 충분한 연성도가 확보되어야 하는 구조요소에 대한 내진성능 평가 요건이 포함된 유지관리계획을 수립하여야 한다.

10.4.5 지진기록 계측에 관한 요구사항

1. 상수도시스템 구조물과 관로의 유지관리, 내진설계 기술 개발 및 개선을 위하여 자료수집이 필요하다고 판단되면 관할기관은 사업자로 하여금 지진응답 계측을 위한 기기를 설치하고 유지하도록 요구할 수 있다.
2. 상수도시스템 구조물과 관로의 지진응답을 계측하기 위한 계측기기의 설치위치, 종류 및 개수는 이 기준의 목적을 달성할 수 있도록 결정되어야 한다.

연구진 명단

▣ 집필위원

총괄집필위원 : **현 인 환** 단국대학교
분야책임위원 : **최 승 일** 고려대학교(총론, 수원, 취수)
이 현 동 한국건설기술연구원(도·송·배수)
김 승 현 경남대학교(정수시설)
이 상 민 (주)한국종합기술(기계 및 전기·계측제어)
이 상 홍 서울시 상수도사업본부(급수설비)

목차	집필위원	
제1장 총론	최승일 (고려대학교)	
제2장 수원과 저수시설 제3장 취수시설	조영관 (광주시 상수도사업본부)	
제4장 도수시설 제6장 송수시설 제7장 배수시설	이현동 (한국건설기술연구원) 손창섭 (서울시 상수도사업본부)	구자용 (서울시립대학교) 곽필재 (한국건설기술연구원)
제5장 정수시설	김승현 (경남대학교) 허방련 (서울시 상수도사업본부) 이송희 (한국수자원공사)	홍승관 (고려대학교) 이정민 (한국환경공단) 김진근 (한국수자원공사)
제8장 기계 및 전기·계측제어	이상민 (한국종합기술) 이춘성 (도화종합기술공사)	송윤섭 (한국환경공단)
제9장 급수설비	이상홍 (서울시 상수도사업본부)	조순열 (한국상하수도협회)
제10장 내진설계	하익수 (한국수자원공사)	

▣ 환경부

조 병 옥 수도정책과 과장
김 태 곤 수도정책과
최 문 규 수도정책과
홍 성 균 수도정책과
김 준 호 수도정책과

▣ **자문위원**

김 기 호 한국수자원공사 팀장
김 이 호 한국건설기술연구원 박사
최 철 식 대구시 상수도사업본부 부장
배 재 식 한국종합기술 부사장
오 현 제 한국건설기술연구원 실장
최 영 준 서울시 상수도연구원 부장
송 원 섭 마산시 수도사업소 과장
김 경 엽 한국산업기술대학교 교수
이 광 호 한국수자원공사 처장
고 희 정 대전광역시 상수도사업본부 부장
김 종 근 한국토지주택공사 차장

▣ **개정 업무지원**

허 태 준 한국상하수도협회 교육연구원장
심 유 섭 한국상하수도협회 연구팀장
장 동 혁 한국상하수도협회 기술인증팀장
김 승 영 한국상하수도협회 연구팀

환경부 제정

상수도시설기준

1980년 제정
1992년 개정
1998년 개정
2004년 개정
2010년 9월 개정

판 권
소 유

관리주체 : 한국상하수도협회
주소 · 서울시 마포구 아현동 711-2
전화 · (02) 3156 - 7777
팩시밀리 · (02) 3156 - 7888

출판 · 보급 : 도서출판 건설도서
주소 · 서울시 용산구 원효로 1가 46-5호
전화 · (02)711 - 9990(대)
팩시밀리 · (02)711 - 9987
http://www.gsds.co.kr
e-mail · ksdsksds@hitel.net

ⓒ 2010, 한국상하수도협회

값 65,000원
ISBN 978-89-7706-211-5 93530

불법복사는 지적재산을 훔치는 범죄행위입니다.
저작권법 제97조의 5(권리의 침해죄)에 따라 위반자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있습니다.