

농업생산기반정비사업계획설계기준

관수로편

농림수산식품부

제정의 동기 및 주안점

1. 제정의 동기

우리나라의 농업은 농어민의 고령화, 농어촌의 과소화로 인한 농촌일손 부족 등 농업 여건은 물론이고 경제, 과학기술의 획기적 발전, 개방화에 따른 농업의 패러다임 변화 등 농업의 주변 환경이 급변하고 있다. 이와 같은 농업을 둘러싼 사회, 경제, 과학기술 등 주변여건에 부응하여 국민의 먹거리를 생산하는 기간 시설인 농업용수의 공급 및 관리시스템의 현대화가 절실한 시점이다.

농업용 관수로는 수압에 의하여 송수하므로 지형의 제약을 받지 않고 용수 공급이 가능하고, 수로 중간의 오염수 유입을 차단하므로 산간지의 청정수를 원거리에 원수의 수질을 유지하면 공급할 수 있고, 농도(農道)를 활용하여 지하로 매설하면 용수로 설치부지의 매입비용의 절감과 개수로를 지하화하면 상부의 수로부지를 지역민을 위한 친수공간 등으로 활용할 수 있는 등 다양한 장점을 가지고 있다.

이와 같은 관수로의 장점으로 인하여 농업지대에 10,000ha이상의 대규모 관개 지구에 3000mm 대구경 관수로를 사용 등 관개지구의 광역화와 농업용 관수로의 대형화가 진행되고 있다. 또한, 농업용 관수로에 물관리 자동화 시설을 설치하면 원격으로 물관리가 가능하게 되어 물관리 인력 및 노력을 획기적으로 절감할 수 있다.

농업용 관수로는 '80년대에 경지정리, 농촌용수, 대단위간척사업을 통하여 논관개 용수로로 도입되어 '90년대에는 밭기반 정비사업을 통하여 노지채소, 특작단지 등 밭관개 용수로로 활용 범위가 확대되고 있는 선진형 용수로이다.

농업용수로의 관수로화에 필요한 기술적 근거를 제공하기 위하여 '88년에 「농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편」에 농업용 관수로의 설계 기술기준을 제시하였으나, 세부 설계기술 기준의 미흡으로 인하여 농업용 관수로 지구의 설계·시공·유지관리 상의 현장애로가 빈번히 발생하였다.

이러한 농업용 관수로 현장의 설계·시공·유지관리상의 어려움을 해소하기 위하여 그간의 농업용 관수로의 설계 및 시공 등의 신기술 및 기술발전 내용을 토대로 「농업생산기반정비사업계획설계기준 관수로편」을 제정하게 되었다.

농업생산기반정비사업계획설계기준 관수로편」은 「농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편('04)」을 근간으로 한국농어촌공사에서 활용하고 있는 「농업용 관수로 계획설계지침('89)」, 「농업용관수로 설계·시공·유지관리지침('01)」 등 기술자료와 「환경부 제정 상수도 시설기준('04)」, 「상수도공사 표준시방서('07)」, 일본의

「토지개량사업 계획설계기준 파이프라인('04)」 등 농업용 관수로와 관련된 설계 및 시공 기술기준을 참고하여 작성하였다.

「농업생산기반정비사업계획설계기준 관수로편」은 농어촌정비법에 의하여 농어촌정비사업을 시행하는 한국농어촌공사, 지자체, 민간 및 설계·시공 사업 관련자에게 유익한 자료가 될 것이다.

2. 제정의 주안점

2.1 편제

- 1) 전체적인 편제는 기존의 「농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침(2001)」을 기준으로 작성하였다.
- 2) 설계기준을 위한 중요사항은 주요 항목별로 박스(Box)안에 표기하였으며, 이는 모든 설계에서 지켜야 할 기본적인 사항을 규정하는 기준을 수록하였다.
- 3) 또한, Box 아래에는 박스안의 기준에서 규정하지 않은 사항, 선택적으로 적용할 사항, 일반적인 기술해설, 표준적인 설계사례, 기타 참고가 되는 국내·외 설계자료 및 설계 실무요령 등을 설명하여 지침, 사례, 적용 등의 내용을 기술함으로서 설계기준을 체계화 하도록 하였다.

2.2 제정 내용

2.2.1 일반사항

- 1) 모든 용어 및 내용 등은 한글 사용을 원칙으로 하고 가능한 한 쉽게 표현하도록 하였으며, 부득이 한 경우 필요에 따라 영문과 한자를 괄호 안에 표기하도록 하였다.
- 2) 현장 실무경험을 가진 전문가의 의견을 충분히 검토하고 이를 반영하여 우리나라 실정에 맞고 실무에 활용할 수 있도록 하였다.
- 3) 기술용어 등은 관련분야의 「농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침」 및 「농공용어사전」, 「상수도공사 표준시방서」 등을 참고로 하였으며, 외래어는 외래어 표기법을 준용하였다.
- 4) 관련 법규 및 법령 등은 가장 최근에 개정된 것을 이용하였다.
- 5) 관수로 시공분야에 문화재, 환경친화적 시공계획 등 관련사항을 추가하여 반영하였다.
- 6) 강관공사와 관련된 내용은 최신 자료와 항목을 추가 보완하였으며, 수질보전과 생태계 보전 등도 환경정책기본법 및 수질 및 수생태계 보전에 관한 법 등 최근 개정 내용을 반영하였다.

- 7) 농업용관수로와 관련된 부대시설에 대해 환경친화적으로 계획할 수 있도록 기준을 정립하였다.
- 8) 밸브 설계부분은 밸브설계 및 분수시설로 구분하여 설계기준을 정립하였다.
- 9) 최근 우리나라 주변에서 지진 발생이 빈번해지면서 이를 고려하여 중요한 관수로에 대해 내진설계를 고려하도록 내진설계 부분을 반영하였다.

2.2.2 설계기준 기본골격

기준은 「제1장 일반사항」, 「제2장 조사」, 「제3장 농업용 관수로의 설계」, 「제4장 관수로 수리설계」, 「제5장 관체의 구조설계」, 「제6장 부대시설 설계」, 「제7장 밸브설계」, 「제8장 물관리 자동화시설(TM/TC) 설계」, 「제9장 시공」, 「제10장 유지관리」로 구성되어 있으며 각 장의 기본골격은 다음과 같다.

제 1 장 일반사항

- 1.1 취지 1.2 적용범위 1.3 농업용 관수로의 정의 1.4 농업용 관수로의 분류
- 1.5 농업용 관수로의 기본특성 1.6 관련법령 1.7 용어정의

제 2 장 조사

- 2.1 조사의 기본 2.2 자료조사

제 3 장 농업용 관수로의 설계

- 3.1 설계 기본사항 3.2 기본설계 3.3 세부설계 3.4 노선선정 3.5 관수로 조직 및 선정 3.6 수리설계 3.7 관경설계 3.8 관중선정 3.9 관수로 기능 검토 3.10 제어·관리시스템 설계

제 4 장 관수로 수리설계

- 4.1 일반사항 4.2 관수로 설계유속 4.3 관수로 손실수두 4.4 정상류(定常流) 해석 4.5 비정상류(非定常流) 해석 4.6 수격압 해석

제 5 장 관체의 구조설계

- 5.1 일반사항 5.2 하중 5.3 관체의 횡단방향 설계 5.4 관체의 종단방향 설계 5.5 경사관로의 설계 5.6 배관설계 5.7 내진설계 5.8 부식 및 전식방지

제 6 장 부대시설 설계

- 6.1 부대시설의 정의 6.2 분수공 6.3 급수전 6.4 조절시설 6.5 조압시설

6.6 통기시설 6.7 안전시설 6.8 관리시설 6.9 수관교 6.10 제진시설 6.11 보호공
6.12 신축이음

제 7 장 밸브설계

7.1 밸브설계의 개념 7.2. 밸브의 분류 7.3 밸브 선정요령 7.4 밸브실 방수공법

제 8 장 물관리 자동화시설(TM/TC) 설계

8.1 일반사항 8.2 TM/TC 조사 8.3 TM/TC 기초단계 설계 8.4 TM/TC 시설
계획 8.5 자동화시스템 설계 8.6 물관리 지원프로그램(S/W) 8.7 시스템의
보완 8.8 태그생성규칙

제 9 장 시공

9.1 일반사항 9.2 시공계획 9.3 흙공사 9.4 관종별 공사 9.5 친환경 시공
9.6 지진대책 시공 9.7 통수시험 9.8 작업 점검

제 10 장 유지관리

10.1 일반사항 10.2 용수관리 10.3 관수로 시설관리 10.4 수질관리

차 례

제1장 일반사항	1
1.1 취지	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 송·배수계 관수로	1
1.2.2 관종 및 관경	2
1.2.3 수압	2
1.2.4 대상유체	2
1.2.5 부대시설	2
1.3 농업용 관수로의 정의	3
1.4 농업용 관수로의 분류	4
1.4.1 기구에 따른 분류	4
1.4.2 수압에 의한 분류	6
1.4.3 배관방식에 의한 분류	7
1.4.4 송·배수방식에 따른 분류	8
1.5 농업용 관수로의 기본특성	9
1.5.1 구조적 특성	9
1.5.2 용수이용 측면의 특성	10
1.5.3 유량 및 운용관리 측면의 특성	12
1.6 관련법령	12
1.7 용어정의	13
제2장 조사	19
2.1 조사의 기본	19
2.1.1 조사계획	19
2.1.2 조사의 단계	19
2.1.3 조사항목	21
2.2 자료조사	23
2.2.1 지형조사 및 측량	24
2.2.2 기타	26

제3장 농업용 관수로의 설계	27
3.1 설계 기본사항	27
3.2 기본설계	27
3.2.1 설계목적	28
3.2.2 설계항목	28
3.2.3 관수로의 설계순서	36
3.3 세부설계	39
3.4 노선선정	39
3.4.1 노선선정 절차 사례	39
3.4.2 노선선정 방법	40
3.4.3 물 관리 측면의 노선선정	41
3.4.4 유지관리 측면의 노선선정	43
3.5 관수로 조직 및 선정	44
3.5.1 관수로 조직	44
3.5.2 관수로 시스템의 구성요소	44
3.5.3 물관리 형식	47
3.5.4 관수로 조직 선정방법	47
3.6 수리설계	52
3.6.1 수리단위(水理單位) 설정	52
3.6.2 수두배분 및 설계수위	55
3.6.3 설계유량	62
3.7 환경설계	66
3.7.1 관수로 시스템의 시설용량	66
3.7.2 환경(管徑)설계	69
3.8 관중선정	84
3.8.1 일반사항	84
3.8.2 관중선정시 고려사항	85
3.8.3 관중선정순서	88
3.8.4 관중 선정방법	89

3.9 관수로 기능 검토	91
3.9.1 수리단위 결합의 검토	92
3.9.2 통수기능의 검토	92
3.9.3 운용 관리시설의 검토	92
3.10 제어·관리시스템 설계	93
3.10.1 관리시스템의 설치 목적	93
3.10.2 제어·관리수준의 결정	94
3.10.3 제어·관리시스템 설계	95
3.10.4 제어·관리시스템 설계시 유의사항	95
제4장 관수로 수리설계	97
4.1 일반사항	97
4.1.1 관수로 수리설계 목적	97
4.1.2 관수로 수리설계 순서	97
4.1.3 관수로 수리설계시 필요 자료	97
4.2 관수로 설계유속	99
4.2.1 설계평균유속	99
4.2.2 허용최대평균유속	100
4.2.3 허용최소평균유속	101
4.2.4 동 수 압	101
4.3 관수로 손실수두	102
4.3.1 마찰 손실수두	102
4.3.2 마찰이외의 손실수두	104
4.4 정상류(定常流) 해석	114
4.4.1 일반사항	114
4.4.2 검토목적	114
4.4.3 검토대상	115
4.4.4 관망해석방법	116
4.4.5 다점주입(多点注入) 관수로	131

4.5 비정상류(非定常流) 해석	134
4.5.1 일반사항	134
4.5.2 검토목적	134
4.5.3 검토대상	134
4.5.4 해석방법	135
4.5.5 결과의 평가 및 설계이용	149
4.6 수격압 해석	149
4.6.1 일반사항	150
4.6.2 이론해석	154
4.6.3 수치해법	160
4.6.4 경험법	162
4.6.5 수격압 대책	165
제5장 관체의 구조설계	169
5.1 일반사항	169
5.1.1 개요	169
5.1.2 매설깊이	169
5.1.3 관체 기초	171
5.2 하중	175
5.2.1 하중의 종류와 조합	175
5.2.2 토 압	176
5.2.3 노면하중	178
5.2.4 기타 상재하중	179
5.2.5 관체 자중	179
5.2.6 관내 물중량	180
5.2.7 궤도하중	180
5.2.8 기초반력	180
5.2.9 내수압	181
5.2.10 관체에 작용하는 하중	181

5.3 관체의 횡단방향 설계	181
5.3.1 기초의 지지각	181
5.3.2 강성관 설계	182
5.3.3 연성관 설계	187
5.4 관체의 종단방향 설계	202
5.4.1 종단방향의 고려 하중	202
5.4.2 종단방향에 작용하는 휨모멘트	202
5.5 경사관로의 설계	209
5.5.1 경사관로의 정의	209
5.5.2 검토 사항	209
5.5.3 원지반경사의 안정	210
5.5.4 관체의 안정	210
5.5.5 되메움 흙의 안정	221
5.5.6 지수벽의 설치와 용출수대책	221
5.5.7 단락부(段落部)에 있어서의 포설기울기	222
5.6 배관설계	223
5.6.1 배관설계의 개념	223
5.6.2 이음간격	223
5.6.3 곡관 및 이형관	223
5.6.4 조정관(調整管)	224
5.6.5 곡선포설	224
5.6.6 이 음	224
5.6.7 구조물과 관의 접속	226
5.7 내진설계	227
5.7.1 내진설계의 개념	227
5.7.2 지진 피해의 원인	227
5.7.3 내진설계 방법	228
5.7.4 내진설계 절차	228
5.7.5 내진설계의 유의점	229
5.7.6 적용범위	229

5.7.7 등급별 내진설계목표	229
5.7.8 지반의 분류	230
5.7.9 설계지반운동의 특성 표현	232
5.7.10 적용방법	234
5.7.11 지진의 영향	235
5.7.12 내진설계를 위한 상세 계산	235
5.8 부식 및 전식방지	236
5.8.1 기본사항	236
5.8.2 관 부식의 종류 및 형태	236
5.8.3 매설관의 방식방법 선정	239
5.8.4 매설관의 방식방법	242
5.8.5 매설관의 방식대책	250
제6장 부대시설 설계	253
6.1 부대시설의 정의	253
6.2 분수공	253
6.2.1 분수공의 기능	253
6.2.2 수조형 분수공	254
6.2.3 폐쇄형 분수공	256
6.3 급수전	259
6.3.1 급수전의 기능	259
6.3.2 급수전의 종류와 구조	259
6.3.3 급수전(급수장치)의 선정	261
6.4 조절시설	261
6.4.1 조절시설의 기능	261
6.4.2 조절시설의 종류	262
6.4.3 조절지	262
6.4.4 팜폰드(Farm Pond)	263
6.4.5 배수조(配水槽)	266
6.5 조압시설	266
6.5.1 조압시설의 기능	267

6.5.2	조압시설의 종류	267
6.5.3	수위조절형 조압시설	267
6.5.4	감압시설	268
6.6	통기시설	272
6.6.1	통기시설의 기능	272
6.6.2	통기시설의 종류	272
6.6.3	통기공	273
6.6.4	통기스탠드	274
6.6.5	공기밸브	275
6.6.6	유말시설 및 급수전의 이용	279
6.7	안전시설	279
6.7.1	안전시설의 기능	279
6.7.2	역류방지 밸브	279
6.7.3	안전밸브	280
6.7.4	수격압 완충장치	280
6.8	관리시설	283
6.8.1	관리시설의 기능	283
6.8.2	제수밸브	284
6.8.3	배니시설 및 유말시설	286
6.8.4	계량시설(計量施設)	288
6.8.5	방류구	296
6.8.6	맨홀 및 점검구	297
6.9	수관교	298
6.10	제진시설(除塵施設)	299
6.11	보호공	302
6.11.1	보호공의 크기	302
6.11.2	보호공의 치수 결정	302
6.11.3	보호공의 설계방법	304
6.11.4	관보호블록	306
6.11.5	조립식 방수밀폐형 밸브 보호공	308

6.12 신축이음	308
6.12.1 일반사항	308
6.12.2 신축이음시 주의사항	309
6.12.3 신축이음의 접합	309
6.12.4 신축이음의 종류	310
6.12.5 도복장 강관	311
6.12.6 덕타일주철관	313
제7장 밸브설계	314
7.1 밸브설계의 개념	314
7.2. 밸브의 분류	314
7.2.1 방류용 밸브	314
7.2.2 제어용 밸브	315
7.2.3 차단용 밸브	317
7.2.4 감압용 밸브	318
7.2.5 안전을 위한 밸브	319
7.3 밸브 선정요령	324
7.3.1 기본사항	324
7.3.2 밸브 선정시 검토 항목	324
7.3.3 선정 방법 및 순서	326
7.3.4 제어용밸브 선정사례	329
7.4 밸브실 방수공법	334
7.4.1 설계기준	334
7.4.2 방수공사 시행 표준단면도	334
7.4.3 방수공사 시행시기	335
7.4.4 방수공사 시공	335
제8장 물관리 자동화시설(TM/TC) 설계	337
8.1 일반사항	337
8.1.1 물관리 자동화시설의 기본원리	338
8.1.2 물관리 자동화시스템 계획시 고려사항	338

8.2 TM/TC 조사	339
8.2.1 조사 흐름도	339
8.2.2 도상계획	339
8.2.3 답사	339
8.2.4 도상계획 수정	340
8.2.5 조사계획 수립	340
8.2.6 현장조사	340
8.3 TM/TC 기초단계 설계	341
8.3.1 설계 흐름도	341
8.3.2 시설계획 확인	341
8.3.3 이수·치수계획	342
8.3.4 물관리 운영계획 수립	342
8.4 TM/TC 시설계획	342
8.4.1 대상시설 선정	342
8.4.2 관리항목 결정	343
8.5 자동화시스템 설계	343
8.6 물관리 지원프로그램(S/W)	346
8.6.1 물관리 지원프로그램 필요성	346
8.6.2 물관리 지원프로그램 구성도	346
8.6.3 물관리 지원프로그램 개발 사업내용	347
8.7 시스템의 보안	349
8.7.1 VPN(Virtual Private Network) 기능	349
8.8 태그생성규칙	349
제9장 시공	350
9.1 일반사항	350
9.1.1 적용범위	350
9.1.2 참조규격	350
9.1.3 참조시방서 및 지침	351
9.1.4 품질보증	351
9.1.5 기자재	352

9.2 시공계획	352
9.2.1 일반사항	352
9.2.2 공정계획	352
9.3 흙공사	354
9.3.1 시공측량	354
9.3.2 기준틀 및 표시판 설치	354
9.3.3 터파기	355
9.3.4 기초시공	366
9.3.5 관부상 방지공	370
9.3.6 되메우기공	371
9.3.7 관 표시공	373
9.4 관종별 공사	375
9.4.1 강관공사	375
9.4.2 폴리에틸렌관(PE관) 공사	418
9.4.3 덕타일 주철관	424
9.4.4 경질염화 비닐관 공사	434
9.4.5 강화플라스틱 복합관(FRPM관) 공사	437
9.4.6 (희생양극식) 폴리에틸렌 피복강관(K-SMART관) 공사	439
9.5 친환경 시공	439
9.5.1 시공시의 환경적으로 고려할 사항	440
9.5.2 환경배려대책	440
9.6 지진대책 시공	441
9.6.1 지질 및 지형의 급변 지점	441
9.6.2 액상화를 일으키는 모래지반 등	441
9.6.3 유의점 및 대책공법	441
9.7 통수시험	442
9.7.1 일반사항	442
9.7.2 누수시험	442
9.7.3 수압시험	444
9.7.4 시험 후 조치사항	445

9.8	작업 점검	445
9.8.1	목적	445
9.8.2	점검 내용	445
제10장	유지관리	452
10.1	일반사항	452
10.1.1	적용범위	452
10.1.2	관련법령	452
10.1.3	유지관리계획 수립	456
10.2	용수관리	456
10.2.1	기본방향	456
10.2.2	용수관리 계획의 수립	456
10.2.3	관리조직	459
10.2.4	물관리 제어시설(TM/TC)에 의한 용수관리	461
10.2.5	스프링클러(Sprinkler)에 의한 용수관리	473
10.2.6	자료 및 조작기록 보존	475
10.3	관수로 시설관리	475
10.3.1	관 로	475
10.3.2	부대시설	479
10.3.3	물관리 제어시스템	486
10.3.4	급수밸브	487
10.3.5	재해 대책	488
10.3.6	배수계획	488
10.4	수질관리	488
10.4.1	환경정책기본법에 의한 수질기준	488
10.4.2	농업용수 수질기준	492
10.4.3	농업용수의 오염	492
10.4.4	수질조사	494
10.4.5	수질오염 대책	494
부 록		501

표 차 례

<표 1-1> 관수로 형식별 특징	5
<표 2-1> 단계별 측량내용과 정밀도	23
<표 2-2> 측량도의 작성표준	25
<표 3-1> 물관리방식과 관수로형식과의 관계	47
<표 3-2> 수리단위의 경계조건	52
<표 3-3> 댐 저수위의 결정	57
<표 3-4> 설계에 사용하는 유량	63
<표 3-5> 생육기별 최대용수량 산정식	64
<표 3-6> 관수로 시스템의 시설용량	67
<표 3-7> 수리단위 설정방법	70
<표 3-8> 포텐셜코스트의 초기치	76
<표 3-9> 코스트포텐셜법의 계산결과	76
<표 3-10> 관경의 선정	78
<표 3-11> 규격관의 조합	79
<표 3-12> 심플렉스의 계산예	80
<표 3-13> 관의 종류와 특성	86
<표 3-14> 관의 종류와 특성강관 및 덕타일주철관의 일반적인 특성	87
<표 3-15> 이음의 수밀성 또는 내수압강도에 의한 사용관종의 개략결정표준 ..	90
<표 3-16> 관체의 내수압강도에 의한 사용관종의 개략결정표준	91
<표 3-17> 제어·관리시설 수준 결정	94
<표 4-1> 관수로 수리해석에 필요한 자료	98
<표 4-2> 펌프압송식 및 자연압력식의 평균유속 범위	100
<표 4-3> 허용 최대평균유속	101
<표 4-4> 유속계수 C의 값	103
<표 4-5> 급확대 손실계수	105
<표 4-6> 단면 급축소에 의한 손실계수(f_c)의 실험치	106
<표 4-7> 굴절손실계수	109

<표 4-8> f_b 의 값	110
<표 4-9> f_c 의 값	110
<표 4-10> 체크밸브 및 플랩밸브의 손실계수	113
<표 4-11> 관재료의 탄성계수(E)	155
<표 4-12> 조도계수(n)	156
<표 4-13> 펌프압력식 관수로의 부압 방지대책	167
<표 4-14> 펌프압력식 관수로의 상승압의 방지대책	168
<표 5-1> 구조계산을 위한 하중의 조합	175
<표 5-2> 관체의 비중	179
<표 5-3> 다짐한 흙기초의 설계지지각	182
<표 5-4> 강성관 횡단면에 생기는 최대 휨모멘트(관저부)	184
<표 5-5> 설계변형률의 표준	187
<표 5-6> 연성관 횡단면에 생기는 최대휨모멘트(관저부)	188
<표 5-7> 덕타일주철관의 허용인장응력	190
<표 5-8> 충격계수	193
<표 5-9> K_b , K_x 계수표	193
<표 5-10> 흙의 반력계수표	194
<표 5-11> 강관의 표준두께	196
<표 5-12> 토피별 토압과 운압(25톤 트럭)의 계산치(경질염화비닐관)	197
<표 5-13> 휨모멘트계수	197
<표 5-14> 수평방향 변형계수	198
<표 5-15> 경질염화비닐관의 설계에 사용하는 여러 수치	198
<표 5-16> K의 표준치	199
<표 5-17> 관재의 탄성계수	200
<표 5-18> 강화플라스틱복합관 EI 값	201
<표 5-19> 지반(反力)계수	204
<표 5-20> 관재료의 휨강도 σ_b	206
<표 5-21> 강화플라스틱복합관(I 류) 휨강도 σ_b	207
<표 5-22> 강화플라스틱복합관(II 류) 휨강도 σ_b	207

<표 5-23> 흙과 관의 마찰계수와 관로기울기(상한)의 관계	211
<표 5-24> 경사관로에 있어서의 기초공	212
<표 5-25> 형상계수	220
<표 5-26> PC관, RC관의 이음간격	223
<표 5-27> 내진성능목표에 따른 설계지진	230
<표 5-28> 내진등급별 시설분류	230
<표 5-29> 지진 구역 구분	231
<표 5-30> 구역계수(평균재현주기 500년 해당)	231
<표 5-31> 위험도 계수	231
<표 5-32> 지반의 분류	232
<표 5-33> 감쇠보정계수	233
<표 5-34> 지진계수 C_a	233
<표 5-35> 지진계수 C_v	233
<표 5-36> 강관 부식의 형태	239
<표 5-37> 매설관의 방식방법 선정	240
<표 5-38> 토양의 부식성 평가	241
<표 5-39> 각종방식방법과 적용성	242
<표 5-40> 수도용 강관의 도복장 종류	243
<표 5-41> 외면 도복장의 성능 비교	245
<표 5-42> 농업용 관수로 방식사례	249
<표 5-43> 전기방식 방법별 비교·검토	250
<표 6-1> 관수로용 급수장치	260
<표 6-2> 관수로용 자동급수장치의 작동원리	261
<표 6-3> 관수로용 자동급수장치 설치효과 시험사례	261
<표 6-4> 조압시설의 형식	268
<표 6-5> 공기밸브의 종류	275
<표 6-6> 제수밸브의 종류와 특성	285
<표 6-7> 제수밸브실 내부규격 결정을 위한 최소 확보 공간	286
<표 6-8> 유량계의 종류와 특성	290

<표 6-9> 전자식, 초음파식, 익차식 유량계 직관거리	291
<표 6-10> 원추형 벤츄리관의 상하류쪽 직관거리	291
<표 6-11> 원추형 벤츄리관의 상하류쪽 직관거리	292
<표 6-12> 제진 그물눈의 표준 크기	299
<표 6-13> 스크린의 유효 눈금폭	300
<표 6-14> 제진기의 종류와 특징	301
<표 6-15> 보호공의 여유폭	302
<표 6-16> 제수변 보호공 치수 단면 일람표	303
<표 6-17> 재료의 단위체적중량	305
<표 6-18> 관경과 관두께	307
<표 7-1> 밸브의 형식과 한계유속 및 한계최대개도	329
<표 7-2> 밸브구경에 따른 유속	329
<표 7-3> 밸브검토결과	333
<표 8-1> 관리항목	343
<표 9-1> 참조규격	350
<표 9-2> 굴착방법에 의한 최소 굴착 저폭	356
<표 9-3> 보통굴착에서 염화비닐관의 B 값(흙 기초)	357
<표 9-4> 보통굴착에서 강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱복합관의 B 값(흙 기초)	357
<표 9-5> 보통굴착에서 콘크리트 관 B 값(흙 기초)	358
<표 9-6> 널말뚝 굴착에서 염화비닐관의 B 값(흙 기초)	360
<표 9-7> 널말뚝 굴착에서 콘크리트관의 B 값(흙 기초)	360
<표 9-8> 널말뚝 굴착에서 강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱복합관의 B 값(흙 기초)	361
<표 9-9> 터파기 방법에 의한 비탈면 기울기	362
<표 9-10> 굴착비탈면 기울기의 표준범위(인력)	363
<표 9-11> 추가굴착 깊이	368
<표 9-12> 양질토사의 입도분포	368
<표 9-13> 덕타일주철관 조인트부의 굴곡허용 각도	370

<표 9-14> 되메움 재료	371
<표 9-15> 관로경고용 테이프의 규격	374
<표 9-16> 관외부 도장의 관경별 외부피복두께	376
<표 9-17> 관의 허용오차	378
<표 9-18> 용접일지	389
<표 9-19> 용접봉의 건조표준	390
<표 9-20> 모재두께와 덧살의 표준높이	392
<표 9-21> 용접봉에 따른 적정전류	394
<표 9-22> 초음파 탐상시험에 대한 결함지시 길이의 구분	399
<표 9-23> 초음파 탐상시험에 대한 결함의 평가점	399
<표 9-24> 볼트조임 토크	408
<표 9-25> 플렌지(Flange)접합의 종류와 특성	409
<표 9-26> 전기방식의 비교	416
<표 9-27> 덕타일 주철관의 허용오차	424
<표 9-28> 메카니칼 접합의 볼트조임 토크	426
<표 9-29> 라이닝의 두께	430
<표 9-30> 에폭시 수지 모르터 품질시험 항목	432
<표 9-31> 시험 및 시험기준	434
<표 9-32> 이음의 종류	435
<표 9-33> 시험내역	437
<표 9-34> 시험편의 길이	437
<표 9-35> 관중에 따른 이음형식별 허용누수량	443
<표 10-1> 계측·감시제어 항목(예)	463
<표 10-2> 계측·감시제어 항목(양수장)	465
<표 10-3> 계측·감시제어 항목(반폐쇄형)	467
<표 10-4> 계측·감시제어 항목(폐쇄형)	467
<표 10-5> 소프트웨어의 종류와 기능	468
<표 10-6> 조작형태별 조작내용	471
<표 10-7> 포장내 관로 설치 방식	474

<표 10-8> 기록방식과 기록용 기기	475
<표 10-9> 체크밸브의 고장과 대책	481
<표 10-10> 버터플라이 밸브의 고장과 대책	482
<표 10-11> 공기밸브의 고장과 대책	482
<표 10-12> 체수밸브(슬루스밸브)의 고장과 대책	483
<표 10-13> 유량계의 이상 원인과 대책	484
<표 10-14> 유량계의 점검·정비요령(예)	485
<표 10-15> 보수 점검 항목(예)	487
<표 10-16> 하천수의 생활환경 기준	489
<표 10-17> 호소수의 생활환경 기준	490
<표 10-18> 지하수의 수질기준	491
<표 10-19> 농업용수 수질기준	492
<표 10-20> 수질 및 수생태계 상태별 생물학적 특성 이해표	493

그림 차례

<그림 1-1> 개방형	4
<그림 1-2> 폐쇄형	6
<그림 1-3> 반폐쇄형	6
<그림 1-4> 분기형 배관	7
<그림 1-5> 관망 배관	7
<그림 1-6> 자연압식	8
<그림 1-7> 배수조식	8
<그림 1-8> 펌프직송식	9
<그림 2-1> 조사의 순서	20
<그림 3-1> 수로의 공익적 다원적 기능의 예	35
<그림 3-2> 관수로 시스템 설계개념도	37
<그림 3-3> 관수로 시스템 설계순서	38
<그림 3-4> 관수로 형식과 최저수위 발생	41
<그림 3-5> 개수로의 배치방식	41
<그림 3-6> 관수로의 배치방식	42
<그림 3-7> 간선에의 공기 혼입방지 예	42
<그림 3-8> 수원펌프 송수계	43
<그림 3-9> 분산펌프 송수계	43
<그림 3-10> 송·배수계 관수로의 조직개념	46
<그림 3-11> 배수조식(配水槽式)	48
<그림 3-12> 압력수조식(壓力水槽式)	48
<그림 3-13> 저낙차 수로식(직송식)	49
<그림 3-14> 개방형	50
<그림 3-15> 폐쇄형	50
<그림 3-16> 반 폐쇄식	51
<그림 3-17> 다점 주입방식	51
<그림 3-18> 수리단위의 분할과 시스템 구성의 개념	53
<그림 3-19> 수리단위의 구성 예	55

<그림 3-20> 수두배분의 개념도	56
<그림 3-21> 댐 취수위	57
<그림 3-22> 보의 취수위	58
<그림 3-23> 수조 취수위	58
<그림 3-24> 수조(서어지탱크)의 수위	59
<그림 3-25> 간선 분수지점의 필요수두 개념	60
<그림 3-26> 말단 필요수두 및 관로의 동수구배를 고려해서 간선 분수공의 필요수두를 구하는 방법	60
<그림 3-27> 수두 종단도의 작성 예	61
<그림 3-28> 말단 여유수두	61
<그림 3-29> 수리설계에 이용하는 수위	62
<그림 3-30> 유속계수의 경년변화	69
<그림 3-31> 관수로 수리단위 설정예	71
<그림 3-32> 관경결정 계산 예제 제원	74
<그림 3-33> 관로공사비의 함수화	75
<그림 3-34> 코스트포텐셜법의 계산순서	77
<그림 3-35> 관경산정순서	81
<그림 3-36> 경제적 관경결정 흐름도	82
<그림 3-37> 관중 선정 순서	88
<그림 4-1> 관수로 수리설계순서	98
<그림 4-2> 동수경사선과 감압시설의 배치	101
<그림 4-3> 동수경사선과 관정과의 관계	102
<그림 4-4> 유입손실수두	104
<그림 4-5> 단면 점확대 손실계수	107
<그림 4-6> 만곡손실계수	108
<그림 4-7> 굴절손실계수	109
<그림 4-8> 직각분류의 손실계수	111
<그림 4-9> 슬루스 밸브의 손실계수	112
<그림 4-10> 접형(butterfly) 밸브 손실계수의 범위	112

<그림 4-11> 정상류의 수리검토	114
<그림 4-12> 복수의 수원을 가진 관수로 시스템	115
<그림 4-13> 관망을 형성하는 관수로 시스템	115
<그림 4-14> 지형변화가 큰 관수로 시스템	116
<그림 4-15> 정상류 수리해석 순서	117
<그림 4-16> 펌프의 H~Q 특성	117
<그림 4-17> 관망해석 순서	119
<그림 4-18> 관수로 유량	121
<그림 4-19> 관수로 시스템	123
<그림 4-20> 펌프의 H~Q 특성	126
<그림 4-21> 밸브설치 개소의 H~Q 특성	127
<그림 4-22> 관수로 시스템의 검토 예	129
<그림 4-23> 자연취수의 경우	132
<그림 4-24> 유지(溜池) 등 수원취수의 경우	132
<그림 4-25> 펌프취수의 경우	133
<그림 4-26> 관수로상의 수리상태	135
<그림 4-27> 관수로의 유량연속조건	138
<그림 4-28> 수조의 수위변화	138
<그림 4-29> 2개 수조의 관수로 시스템	139
<그림 4-30> 직접차분법(양해법)에 의한 모형	141
<그림 4-31> 특성곡선법에 의한 모형	142
<그림 4-32> 탄성변화를 무시하는 경우의 모형	143
<그림 4-33> 관수로 말단부의 구조 예	145
<그림 4-34> 자연압력식 및 펌프압력식의 관수로 시스템	147
<그림 4-35> 통상 운전시의 펌프특성	148
<그림 4-36> 분기점	148
<그림 4-37> 수격압의 계산 방법	150
<그림 4-38> 수격압 개념도	151
<그림 4-39> 자연압력식(폐쇄식, 반폐쇄식)	153
<그림 4-40> 자연압력식(개방식)	153

<그림 4-41> 직송식(제어방식)	153
<그림 4-42> 직송식(비제어방식)	154
<그림 4-43> 압력수조식	154
<그림 4-44> 배수조식(配水槽式)	154
<그림 4-45> 개도-유량곡선	157
<그림 4-46> 개도-시간곡선	157
<그림 4-47> 수격압의 개념	158
<그림 4-48> Ray S. Quick의 수격압선도	161
<그림 4-49> 개방식 관수로의 수격압	162
<그림 4-50> 폐쇄식 및 반폐쇄식 관수로의 수격압	163
<그림 4-51> 분기 및 밸브가 있는 관수로의 수격압	163
<그림 4-52> 배수조식의 수격압	164
<그림 4-53> 유량-압력을 조절하지 않은 경우의 수격압	164
<그림 4-54> 유량-압력을 조절하는 경우의 수격압	165
<그림 4-55> 압력수조식의 수격압	165
<그림 5-1> 경작지에 매설하는 경우	170
<그림 5-2> 관수로 구조설계 순서	170
<그림 5-3> 암반기초	171
<그림 5-4> 양호한 지반기초	172
<그림 5-5> 보통지반 기초	172
<그림 5-6> 연약지반 기초	172
<그림 5-7> 기초지반이 급변하는 경우의 기초	173
<그림 5-8> 부분 콘크리트 기초	173
<그림 5-9> 전체 콘크리트 기초	174
<그림 5-10> 복합배관 기초	174
<그림 5-11> 콘크리트기초	174
<그림 5-12> 관체 매설형태의 구분	176
<그림 5-13> 관체 매설상태	176
<그림 5-14> 관체에 작용하는 외압의 분포	177

<그림 5-15> 기초의 반력 분포	180
<그림 5-16> 외압선하중(PH)과 내압(HP)	183
<그림 5-17> 내외압의 동시작용으로 인한 균열발생시 내압과 외압의 관계	183
<그림 5-18> 원심력철근콘크리트관의 균열시 내외압 관계(n=1.5)	185
<그림 5-19> 강화플라스틱 복합관 등의 파괴시 내외압관계(n=2.0)	185
<그림 5-20> 관중선정 순서	186
<그림 5-21> 관의 일부를 콘크리트로 고정하는 경우	203
<그림 5-22> 하중의 작용형태	204
<그림 5-23> 탄성지반상의 관에 작용하는 분포하중 및 발생휨모멘트	205
<그림 5-24> 매설관에 작용하는 트럭하중분포	206
<그림 5-25> 철근콘크리트 관의 단면	208
<그림 5-26> 경사부 관로의 활동	212
<그림 5-27> 콘크리트 단절기초	213
<그림 5-28> 콘크리트 앵커기초	214
<그림 5-29> 앵커블록 하중모식도	215
<그림 5-30> 감아부침 콘크리트 단차기초	217
<그림 5-31> 기호설명도	219
<그림 5-32> R의 값을 구하는 그래프	219
<그림 5-33> 단절(段切)기초의 미끄러짐 면	220
<그림 5-34> 지수벽의 예	221
<그림 5-35> 지수벽 치수의 표	222
<그림 5-36> 단차가 있는 지형과 관로기울기	222
<그림 5-37> 배관설계순서	223
<그림 5-38> 밸브와 신축이음의 설치예	224
<그림 5-39> 균형길이	225
<그림 5-40> 구조물과 관의 접속	226
<그림 5-41> 구조물과 관의 매입	227
<그림 5-42> 표준설계응답스펙트럼(감쇠비 5%)	232
<그림 5-43> 금속관의 부식과 전식의 종류	236
<그림 5-44> 전식 위험지역	237

<그림 5-45> 산소농담(통기차) 매크로셀 부식의 예	238
<그림 5-46> 이종금속 접촉부식의 예	238
<그림 5-47> 콘크리트/토양계 매크로셀 부식의 예	238
<그림 5-48> 전식 및 간섭의 예	239
<그림 5-49> 역청질 도료의 흡수율	246
<그림 5-50> 외부 전원법 사례	247
<그림 5-51> 선택배류법 사례	247
<그림 5-52> 강제배류법 사례	248
<그림 5-53> 유전양극법 사례	248
<그림 6-1> 수문 수조형 분수공	254
<그림 6-2> 월류 수조형 분수공의 예	255
<그림 6-3> 플로트 밸브 수조형 분수공	257
<그림 6-4> 폐쇄형 분수공의 예(1)	258
<그림 6-5> 폐쇄형 분수공의 예(2)	258
<그림 6-6> 폐쇄형 분수공의 예(3)	258
<그림 6-7> 우산밸브형 급수전(하향)	259
<그림 6-8> 앵글밸브형 급수전	259
<그림 6-9> 게이트 밸브형 급수전	260
<그림 6-10> 전자밸브 급수전	260
<그림 6-11> 감압수조	269
<그림 6-12> 플로트밸브형 조압시설	269
<그림 6-13> 수위조절 밸브의 설치 예	270
<그림 6-14> 평형 볼밸브	270
<그림 6-15> 자동 감압밸브 설치 예	271
<그림 6-16> 전동밸브에 의한 수위조절시설	271
<그림 6-17> 통기공의 설치 예	273
<그림 6-18> 통기스탠드의 예	274
<그림 6-19> 압축형 통기스탠드	275
<그림 6-20> 공기밸브의 모식도	276

<그림 6-21> 공기밸브공	277
<그림 6-22> 공기밸브실(쌍구 및 급속공기 밸브)	278
<그림 6-23> 공기밸브의 기기 배치	278
<그림 6-24> 공기밸브 겸용의 급수전	279
<그림 6-25> 안전밸브	280
<그림 6-26> 부압이 생기는 관수로	281
<그림 6-27> 서어지탱크	282
<그림 6-28> 압력수조	282
<그림 6-29> 공기탱크	283
<그림 6-30> 안전밸브	283
<그림 6-31> 제수밸브실	286
<그림 6-32> 배니시설	287
<그림 6-33> 유말시설	287
<그림 6-34> 수문 수조형 방류구	297
<그림 6-35> 맨홀 및 점검구	297
<그림 6-36> 보호공의 설계순서	304
<그림 6-37> 수평 관보호블록의 계산수순	306
<그림 6-38> 관보호블록의 표준도	308
<그림 6-39> 조립식 방수밀폐형 밸브 보호공 예	308
<그림 6-40> 드레서형 신축이음	310
<그림 6-41> 텔레스코픽 신축이음	310
<그림 6-42> 빅톨릭형 신축이음	311
<그림 6-43> 벨로우즈형 신축이음	311
<그림 7-1> 제어용 밸브의 종류	316
<그림 7-2> 유량제어용 밸브(예)	316
<그림 7-3> 차단용 밸브의 종류	318
<그림 7-4> 오토밸브의 구조(예)	319
<그림 7-5> 역류방지용 밸브의 종류	319
<그림 7-6> 스윙 체크밸브(예)	320

<그림 7-7> 완폐형 스윙 체크밸브(예)	320
<그림 7-8> 우회관식 완폐형 스윙 체크밸브(예)	321
<그림 7-9> 공기밸브(예)	323
<그림 7-10> 송배수 계통도 및 밸브설치위치 예	324
<그림 7-11> 제어용 밸브 선정순서	328
<그림 7-12> 수위관계도	329
<그림 7-13> 버터플라이밸브의 C_v 치	332
<그림 8-1> TM/TC 설계 흐름도	341
<그림 8-2> 물관리자동화 시스템의 기본구성도	344
<그림 8-3> 중앙관리소 시스템 설비의 구성	345
<그림 8-4> 원격소 시스템 설비의 구성	345
<그림 9-1> 관수로공사의 시공 흐름도	353
<그림 9-2> 흙 기초의 표준 굴착 폭(보통굴착의 경우)	356
<그림 9-3> 콘크리트 기초의 굴착 여유 폭(보통굴착의 경우)	358
<그림 9-4> 흙 기초의 표준굴착 폭(널말뚝굴착의 경우)	359
<그림 9-5> 널말뚝 굴착의 B 값	359
<그림 9-6> 콘크리트 기초의 표준굴착 폭	361
<그림 9-7> 복선관로 터파기 경우	362
<그림 9-8> 연약지반 기초처리	369
<그림 9-9> 암반부의 터파기 폭(토피가 7m 이내인 경우)	369
<그림 9-10> 이형관 및 관로의 관로경고용 테이프 명시 예	374
<그림 9-11> 인식표지 예	375
<그림 9-12> 벨엔드 겹침길이	376
<그림 9-13> 자재의 적재방법(공장보관)	383
<그림 9-14> 관의 가배열	383
<그림 9-15> 관부설 방향	385
<그림 9-16> 굴곡지의 관부설	385
<그림 9-17> 평탄지의 관부설	385

<그림 9-18> 플레인엔드 접합	387
<그림 9-19> 베벨엔드 접합	387
<그림 9-20> 벨 및 스피곳 접합	387
<그림 9-21> 피복아크 용접원리	388
<그림 9-22> 아크 용접회로도	388
<그림 9-23> 용접봉 구조	390
<그림 9-24> 현장 용접 진행순서	392
<그림 9-25> 관의 용접 방법	393
<그림 9-26> 필렛 용접금속의 단면형상	394
<그림 9-27> 맞대기 용접금속의 단면형상	395
<그림 9-28> 벨엔드 접합부 표준 용접형상	395
<그림 9-29> 언더 컷트 및 오버랩 모양	396
<그림 9-30> 벨엔드 접합부의 누설시험방법	397
<그림 9-31> 방사선 투과시험도	398
<그림 9-32> 초음파 탐상시험도	398
<그림 9-33> 현장 예폭시 수지도료 도장 상세요령	402
<그림 9-34> 접합부 외면테이프 피복감기	405
<그림 9-35> 실링재의 장착	405
<그림 9-36> 플랜지 이음	408
<그림 9-37> 스티프너 설치사례	412
<그림 9-38> 벨브실 주위의 신축관	412
<그림 9-39> 관경이 크게 다른 경우의 배관 예	413
<그림 9-40> 전기방식 방법	416
<그림 9-41> 배류법의 예	416
<그림 9-42> 메카니칼 접합의 이음 구조	427
<그림 9-43> KP메카니칼 접합의 이음 구조	428
<그림 9-44> 타이튼 접합의 이음구조	429
<그림 9-45> 라이닝 시공	433
<그림 9-46> 테스트 밴드의 구조	434
<그림 9-47> 통수시험 실시순서	442

<그림 9-48> 시험수두를 취하는 방법	443
<그림 10-1> 관리조직도(예)	460
<그림 10-2> 긴급시의 연락체제(예)	461
<그림 10-3> 물 관리제어 기본적인 시스템(개요)	462
<그림 10-4> 조절지 시설 개략도	463
<그림 10-5> 댐(조절지)장치 구성도	464
<그림 10-6> 양수장 시설 개략도	464
<그림 10-7> 양수장 장치도	465
<그림 10-8> 관수로 분수공(폐쇄형)시설 개략도	466
<그림 10-9> 관수로 분수공(반폐쇄형) 시설 개략도	466
<그림 10-10> 관수로 분수공 장치 구성	467
<그림 10-11> 조작형태의 종류	470
<그림 10-12> 조작형태 개념도	471

제 1 장 일반사항

1.1 취지

이 기준은 농어촌정비법에 근거한 농어촌정비사업으로 신설 또는 개수하는 농업용 관수로의 설계, 시공, 유지관리에 있어서 준수해야 할 기본적인 사항을 규정한 것이다.

이 기준은 농어촌정비법(1994년 12월22일 법률 4823호) 동시행령 및 동 시행규칙(1995년 8월12일 농림수산부령 제1207호)에 의거 시행하는 농업생산기반정비사업에서 신설 또는 개수(여기서 개수라 함은 시설 전체에 대한 개조 또는 증설공사를 말함.)하는 농업용 관수로의 설계 및 시공에 준수해야 할 일반사항을 규정한 것이다.

설계기준 내용은 기술수준의 향상 또는 기타 필요에 따라 개정하여 시행하며, 적용이 적합하지 않은 경우에는 기술심의 및 자문 등으로 실무지침을 정하여 운용할 수 있다. 단, 농업용 관수로 계획단계에서 필요한 기본적 수치(계획용수량 등)는 별도 제정되어 있는 농업생산기반정비사업계획설계기준 「수로편」, 「관개편」, 「양배수장편」 등을 따른다.

이 기준은 농업용 관수로의 설계 및 시공에 있어 일반적인 기술기준을 정한 것이므로 사업별 관수로의 설계 및 시공에는 설치 목적·위치·규모, 관수로 구성, 사회여건, 시공조건 등을 고려하여 적절히 적용하여야 한다.

본 설계기준은 「농업생산기반정비사업계획설계기준 수로편('04)」을 중심으로 「농업용관수로 설계·시공·유지관리지침('01)」, 「상수도 시설기준('04)」, 상수도 공사 표준시방서('07, 환경부) 등 관련 기술자료를 바탕으로 작성되었다.

1.2 적용범위

이 기준은 농업용 관수로의 1) 송·배수계 관수로, 2) 관중 및 관경, 3) 수압, 4) 대상유체, 5) 부대시설을 안전하고 경제적으로 설계하는데 필요한 표준이 되는 기술기준을 정한 것으로, 농업용 관수로의 설계, 시공, 유지관리에 대하여 적용한다.

1.2.1 송·배수계 관수로

송·배수계 관수로는 직관, 이형관 및 이음 등으로 구성되며 기성관을 사용한 매설압력 관로를 표준으로 한다.

1.2.2 관종 및 관경

관종은 수리조건, 구조조건 및 시공조건 등에 적합한 기성관을 대상으로 하며 관경은 3,000mm까지 적용한다.

- ① 농업용 관수로에서는 기성관을 사용한다.
- ② 관은 강성관과 연성관으로 구분하는데 관체의 허용변형률(allowable deflection)이 3% 미만인 것을 강성관(rigid pipe), 3% 이상인 것을 연성관(flexible pipe)으로 구분한다.
- ③ 여기서 취급하는 대표적 관종은 다음과 같다.
 - 강성관 : 콘크리트관
 - 연성관 : 덕타일주철관, 강관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관, 강화플라스틱 복합관 등

1.2.3 수압

관수로설계에 있어 최대 사용 정수두는 100m 이내로 한다.

- ① 관수로시설에 사용하는 제수밸브, 공기밸브 등의 기기류는 경제성과 유지관리 등을 고려하여 KS규격 등에 적합한 제품을 사용한다.
- ② 최대 사용 정수두가 100m를 초과하는 경우에는 구조물의 중요도 등을 고려하여 관의 내압강도 및 수밀성 등에 대해서 정밀 검토해야 한다.

1.2.4 대상유체

대상유체는 관개용수로 사용하는 농촌용수를 대상으로 한다. 한편 말단포장에서는 다목적 관개에도 사용될 수 있으므로 가축분뇨, 액비 및 오물액 등의 수송을 목적으로 할 때는 마모, 부식, 침전 및 부착 등에 대해서도 검토해야 한다.

1.2.5 부대시설

부대시설은 송·배수계 관수로를 제외한 조정, 조압, 펌프, 분수, 계량, 통기, 보호, 안전, 관리시설과 기타 관련 수리시설 등을 총칭하는 것이다.

- ① 조정시설 : 용수의 원활한 배분조정과 효율적 물 이용 및 관수로의 보수·점검 등을 위하여 물을 확보하는 시설로서 조정지나 팜폰드(Farm Pond), 배수조(配水槽) 등이 있다.
- ② 조압시설 : 분수공 및 급수전에서 포장으로 급수하는데 필요한 수압이나 수량을 조절하는 수위조절형 조압시설과 잉여압력을 감압 조절하는 감압형 조압시설로 분류한다.

- ③ 펌프시설 : 수원에 설치하는 경우와 관로의 도중에 가압펌프(booster pump)를 설치하는 경우가 있다.
- ④ 분수시설 : 송수계관수로간에 또는 송수계관수로에서 배수계관수로로 조정 배분하기 위한 분수공과 말단포장으로 직접관개하기 위한 급수전으로 대별된다.
- ⑤ 계량시설 : 대상지역의 적절한 송·배수관리를 위해 설치하는 유량계와 부대시설이 있다.
- ⑥ 통기시설 : 통기시설은 송배수관내의 체류공기를 신속히 배제시키거나 송배수를 급정지시킬 때 발생하는 급격한 압력변화를 흡수하여 완화시키는 시설로서 통기공, 통기스탠드, 공기밸브 등이 있다.
- ⑦ 보호시설 : 관수로에 발생하는 이상한 압력변화 등을 경감, 배제하거나 관수로 자체를 기능적, 구조적으로 보호하기 위한 시설로 수격 완충장치, 방수로 및 배니시설 등이 있다.
- ⑧ 안전시설 : 안전시설은 수로관계자 및 일반인의 안전을 확보하기 위한 시설로 가드레일, 펜스, 난간, 구조로프, 사다리, 표식 등이 있다.
- ⑨ 관리시설 : 원활한 용수의 배분 및 제시설의 유지관리를 위한 시설로 제수 밸브, 제진시설, 맨홀, 물 관리시설 및 관리용 도로 등이 있다.
- ⑩ 기타 관련시설 : 관수로와 일체적인 기능을 하는 시설로서 댐, 두수공 등의 수원시설과, 수원으로서 하천, 호수 등의 각종 관련시설을 포함한다.

1.3 농업용 관수로의 정의

농업용관수로는 농어촌용수를 수원공시설에서 말단포장까지 필요한 수량을, 필요한 시기에, 필요한 지점까지, 필요한 압력으로 안전하고 확실하게 공급할 수 있는 압력관로의 수로조직을 말하며 관로와 부대시설로 구성된다.

관수로는 관수로의 기능, 수리특성 및 물관리 등의 측면에서 송수계(送水系) 관수로와 배수계(配水系) 관수로로 구분한다. 송수계 관수로는 수원공 시설에서 간선 또는 지선수로의 조정시설, 조압시설 또는 분수공까지를 말하여 적정한 용수를 안전하고 확실하게 송수할 수 있어야 한다. 또 배수계 관수로는 송수계 관수로의 조정시설, 조압시설, 분수공 또는 수원공 시설에서 포장내의 말단 급수전까지를 말하며 용수를 안전하고 확실하게 분배할 수 있어야 한다.

1.4 농업용 관수로의 분류

관수로는 기구형식에 따라 개방형 폐쇄형 반폐쇄형으로 분류하고, 배관방식에 따라서는 가지식(branch)과 관망식(loop)으로 분류하며, 송배수방식에 따라 자연압력식과 펌프압력식으로 구분되는데 펌프압력식은 배수조식 압력수조식 직송식으로 다시 분류되고, 관수로 내의 수압에 따라 고압식과 저압식으로 분류한다.

관수로는 다음과 같이 4종으로 분류한다.

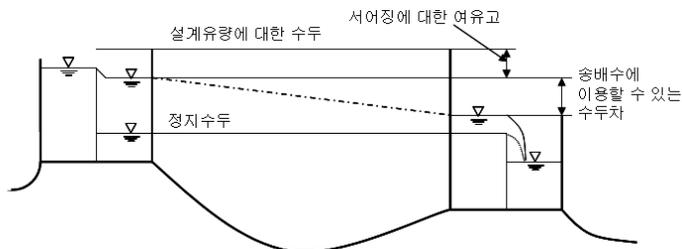
- ① 기구에 따른 분류(관수로형식) : 개방식, 폐쇄식, 반폐쇄식
- ② 수압에 따른 분류(수압구분) : 고압, 저압
- ③ 배관에 따른 분류(배관방식) : 수지식(branch), 관망(loop)
- ④ 송·배수에 따른 분류(송배수방식) : 자연압력식, 펌프압력식
(직송식, 배수조식, 압력수조식)

1.4.1 기구에 따른 분류

관수로는 기구형식에 따라 개방형(open type), 폐쇄형(closed type), 반폐쇄형(semi closed type)으로 분류할 수 있다. 관수로 형식별 특징은 <표 1-1>과 같다.

가. 개방형(Open type)

개방형은 관수로 중간에 상하류의 표고차가 그다지 크지 않은 위치에 자유수면을 가진 조압수조를 배치한 형식이다. 조압수조는 감압작용 외에 분수 및 방류기능을 겸하는 것이 일반적이다. 조압수조와 조압수조 사이는 필요에 따라서 분수공을 설치한다. 이 형식은 간선수로 및 논관개 용수로에 적용이 용이하며, 개수로에 준한 수로형식이다. 노선중의 수문 및 밸브로 수량을 조절하며 잉여수는 방류되므로 절수가 필요한 지구는 조정지 등을 설치하여 방류 방지대책을 세워야 한다.



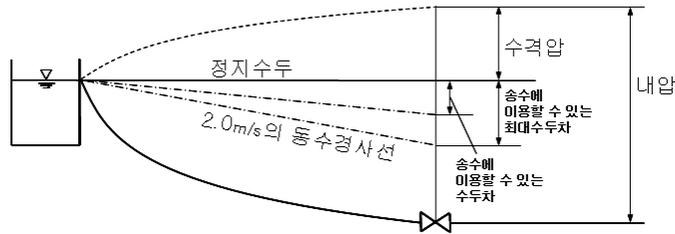
<그림 1-1> 개방형

<표 1-1> 관수로 형식별 특징

형식 조건	개방형	폐쇄형	반폐쇄형
분수조 수조	저수조가 분수기능을 겸할 수 있기 때문에 저수조를 분수량 조절이 가능한 구조로 하면 쉽게 분수가 가능하다.	동일 관수로 시스템의 일부의 급수전을 개방하면 즉시 다른 급수전의 분수량에 영향을 미치는 결점이 있다. 이와 같은 경우에도 일정량의 분수가 가능한 분수장치를 설치할 필요가 있다.	관로 중간의 저수조에 플로트 밸브와 분수시설을 병설하면 어느 정도 분수량 조절이 가능하기 때문에 폐쇄형보다 약간 유리하다.
관로	수조를 설치하여 관로의 내압을 감소시키기 때문에 저압관을 사용할 수 있으나, 수조에서 일단 감압시키기 때문에 관경이 커지는 단점이 있다.	수두를 유효하게 이용할 수 있는 반면 고압관의 사용이 필요하다. 이 방식은 표고차를 최대한 활용할 수 있기 때문에 개방형에 비하여 관경을 줄일 수 있고 급경사지는 개방형보다 관로비용을 절감할 수 있다.	일반적으로 개방형보다 고압관이 필요하다. 플로트밸브(디스크 밸브)를 적절하게 설치하면 저압관을 사용할 수 있다.
수조	경사지의 배관에서는 수조간격을 좁히지 않으면 안되기 때문에 수조의 갯수가 늘어나는 단점이 있다.	수조가 필요 없기 때문에 이에 따른 비용이 필요 없다.	내압강도의 범위 내에서 플로트 밸브를 설치하면 되기 때문에 경사지에서도 개방형보다 수조 갯수를 줄일 수 있다.
방류시설	단면변화 지점(분수지점)에는 반드시 방류시설을 설치한다.	단면변화 지점(분수지점)에 방류시설을 필요로 하지 않는다.	플로트밸브 위치에 여수토를 설치하는 것이 유리하다. 개방형보다 방류시설 비용이 적게 든다.
물관리 손실	물관리 손실은 개수로와 같이 크다.	물관리 손실이 적다.	물관리 손실이 적다.

나. 폐쇄형(Closed type)

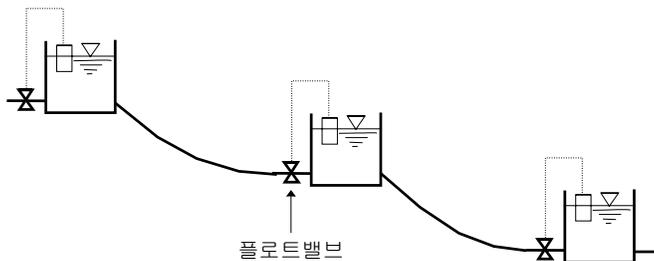
폐쇄형은 상류의 수원에서 말단의 분수공까지 폐쇄되어 있고, 말단의 급수밸브를 조작하여 소요수압, 수량을 얻을 수 있는 형식으로 급수에 압력이 필요한 경우에 적당하다.



<그림 1-2> 폐쇄형

다. 반폐쇄형(Semi-closed type)

반폐쇄형은 관로 도중에 자유수면을 가진 저수조를 설치하여 수조에 플로트 밸브를 설치하여 무효방류가 발생하지 않도록 한 구조이다. 이 형식은 하류 측의 밸브를 개방하여 물을 사용하면 수조의 수위가 저하된다. 그 후 일정수위(LWL)에 도달하면 플로트 밸브(디스크 밸브)가 작동하여 수위가 자동으로 회복된다.



<그림 1-3> 반폐쇄형

1.4.2 수압에 의한 분류

수압으로 분류를 하는 경우 송수계 관수로와 배수계 관수로에 있어 각각 다음과 같이 분류된다.

가. 고압형

송수계에서는 관수로에 작용하는 최대 사용 정수두가 100m를 넘는 것을 고압 관수로라고 부르고 배수계에서는 말단급수전으로 약 147kPa 이상의 수압을 필요로 하는 주로 발관개에 사용하는 것은 고압관수로로 한다.

송수계의 고압 관수로에서는 관체 및 이음의 내압강도나 수밀성에 대한 확인 등 상세한 검토를 함과 동시에 부대구조물 및 각 설치기기류의 안정성, 경제성, 유지

관리비에 대해서도 충분히 고려한 시설설계가 필요하다. 배수계의 고압 관수로에서는 말단부에서 소요수압을 확보하기 위하여 조압시설을 설치하는 등의 방안을 강구하는 것이 필요하다.

나. 저압형

송수계에서는 관수로에 작용하는 최대정수두가 100m 이하의 것을 저압관수로라 한다. 배수계의 저압관수로는 말단 급수전의 필요수압이 작아 대략 147kPa미만이 대부분이며 주로 논 관개에 사용하는 것이 일반적이다.

1.4.3 배관방식에 의한 분류

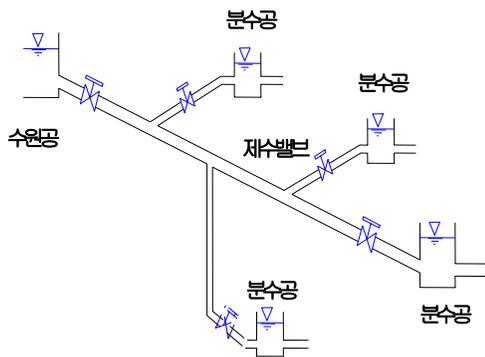
관수로의 배관방식은 가지형 배관과 관망배관이 있으며, 지구의 지형, 형상, 크기, 수원의 위치, 지배면적 등의 제반조건을 검토하여 선택한다.

가. 가지형(분기형) 배관

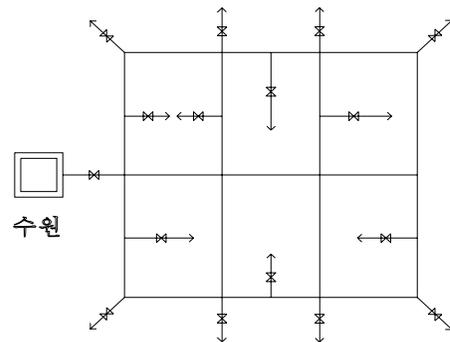
가지형 배관은 관로가 간선, 지선으로 순차적으로 분기하여 하류를 향하여 일 방향으로 물이 흐르는 배관방식이다.

나. 관망배관

관망 배관은 관수로가 거미줄 모양으로 연결되어 있어 사용 급수전의 수압 변동에 의하여 관내의 물이 정·역 방향으로 흐름을 바꾸어 흐르는 배관방식이다. 물이 여러 방향으로 흐르므로 평야부 용수로 조직에 적절하다.



<그림 1-4> 분기형 배관

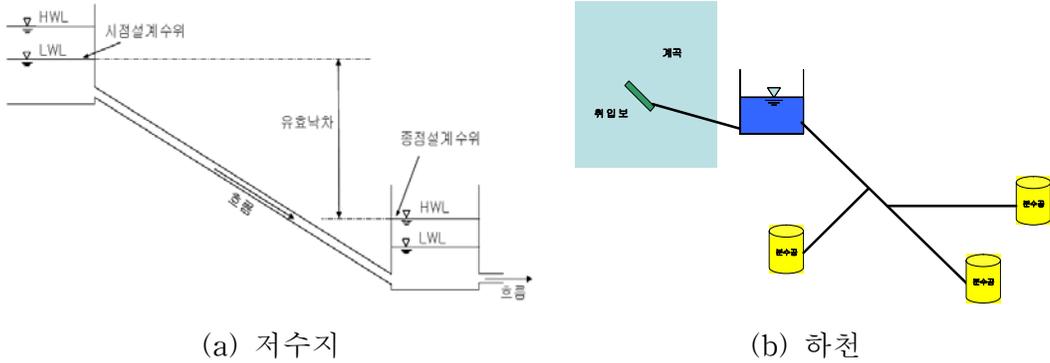


<그림 1-5> 관망배관

1.4.4 송·배수방식에 따른 분류

가. 자연압식

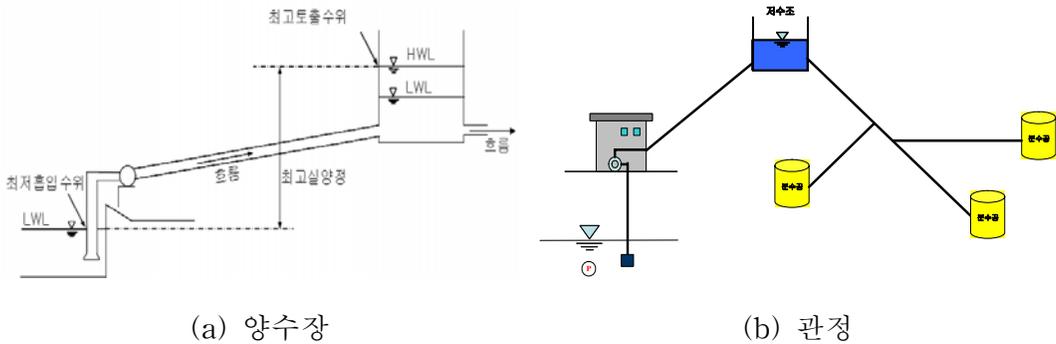
지형의 고저차에 의한 수압차를 이용하여 관개하는 방식이다.



<그림 1-6> 자연압식

나. 배수조방식

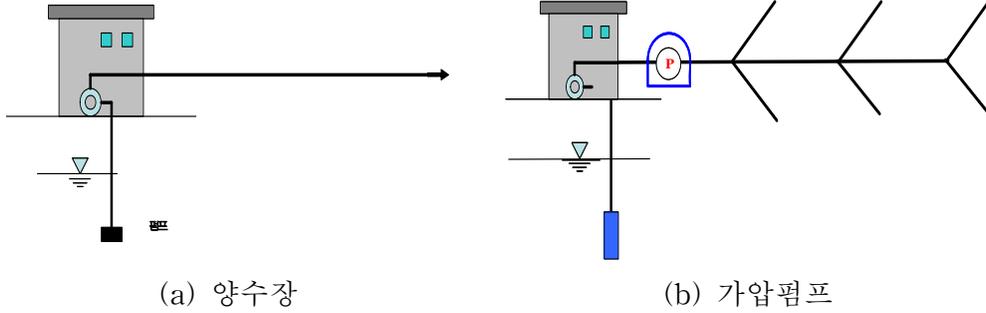
송·배수에 충분한 수두를 얻을 수 있는 위치에 배수조를 설치하여 이곳에 일단 펌프로 양수한 후에 자연압으로 송·배수하는 방식이다.



<그림 1-7> 배수조식

다. 펌프직송식

소정의 수압이 필요한 경우에 직접 펌프에 의하여 압송하는 방식이다. 특히 관개면적이 소규모인 경우에 한하여 배수조 부근에 압력수조식 가압펌프를 설치할 수 있다.



<그림 1-8> 펌프직송식

라. 압력수조식

펌프직송식일 경우에 수격압 방지나 자동운전 또는 빈번하게 운전이 중단되는 것 등을 회피할 목적으로 배수조 부근에 압력수조를 설치하는 방법이다.

1.5 농업용 관수로의 기본특성

1.5.1 구조적 특성

농업용 관수로는 아래와 같은 기술적 특징 때문에 상수도나 송유관 등과는 다르므로 관로계획이나 각종 부대시설의 계획수립시에 세심한 주의가 필요하다.

- 관수로의 형식 및 물의 사용방법에 따라서 유수의 중단과 계속 상태가 반복하여 일어날 수 있다. 이것은 관수로의 기능이나 안전성이 떨어지고 관리 측면에 주의가 필요하다.
- 농업용수의 수질은 상수도와 달라서 미세한 모래, 쓰레기, 부유물, 찌꺼기 등이 함유되어 있기 때문에 유량계 등의 계기류 선정 또는 구조, 형상 및 배제 시설의 배치를 충분히 검토하여야 한다.
- 농업용수의 사용목적, 형태, 관리체계 등은 개발지역의 상태에 따라 다르므로 해당지역에 가장 적합한 관리체계를 고려하는 것이 중요하다. 또 노선 선정에서 개수로보다 관수로가 지형여건의 제약이 적어 개수로로 송수가 어려운 지역의 송수가 가능하므로 중산간지역의 개발도 가능하다.
- 논외 관개와 스프링클러에 의한 밭 관개는 포장에서의 필요수압이 다르므로 조압시설의 배치, 규모, 구조 및 물 관리방법 등을 충분히 검토하여 소요 압력을 확보할 수 있는 시스템의 선정이 필요하다.

- 필요한 장치 등을 첨가함에 따라 시비(施肥), 약제살포 등 다목적 관수로 이용으로 농민들이 회피하는 농약살포작업이 가능하고 인건비 등 영농비를 절약할 수 있다.
- 통수능력의 여유에 한계가 있고, 매설관로와 점검이 어렵고 정밀한 제진시설이 필요한 것 등의 문제점도 있다.

1.5.2 용수이용 측면의 특성

관수로 시스템은 논 관개용, 밭 관개용 및 논밭 병용 관수로 시스템으로 분류된다. 논 관개용 관수로 시스템은 일반적으로 저압에서 사용되는 것이 많으며 밭 관개용 관수로 시스템의 경우는 고압에서 사용되는 것이 많다. 이러한 관수로 시스템의 설계에 있어서는 각각의 물 사용조건을 충분히 파악해서 수두배분 및 통수 단면을 검토해야 한다. 용수이용의 목적으로부터 본 기본특성은 다음과 같다.

가. 논 관개용 관수로의 특성

- 논에 있어서 송·배수의 양은 썩레질 용수 때의 최대치와 보통 관개기의 사용수량과의 사이에 커다란 차가 있다. 더욱이 지구내의 포장에 설치된 급수전의 가동률이 밭 관개에 비해서 높으며 장시간 계속된다. 따라서 시스템의 설계에 있어서는 관수로가 지배하는 지구의 말단부에서 썩레질을 하는 경우뿐만이 아니고 보통 관개기에도 관수로의 압력관리가 가능할 것인가를 검토할 필요가 있다.
- 급수량은 급수전 지점의 작은 압력 수두차에 의해 크게 영향을 받는다. 이 때문에 논외 배수(配水)블록의 크기는 일반적으로 유량과 압력조정의 관점에서 100ha의 경우 4~5블록으로 분할해서 송수하고 각 블록입구에 압력 또는 유량조절 밸브를 설치하는 것이 중요하다.
- 관수로의 유황은 급수전 또는 살수전의 개폐조작 상황에 따라서 대단히 짧은 시간에 변화한다. 이것에 대해서 종래의 개수로계를 중심으로 한 간선 송수계에서는 수원의 상황으로부터 판단하여 취수량을 정하고 이 수량을 하류에 송수하여 분수공에서 각 수혜지에 배분하는 조작을 해왔다. 이 조작에서는 취구수로부터 떨어진 분수공은 그 지점까지 물이 내려오는 동안 기다려야 하며 그 시간은 관수로에 비해서 대단히 길다.
- 취수량과 실사용량과의 차이는 개수로계가 도중에 설치된 여수로를 통해서 방류 조정되는 것에 비해 관수로에서는 취수구에서 취수 조정된다. 이것은

간전수로부에서도 말단 배수블록과 같이 하류의 영향을 받는 설계가 된다. 그러나 개별 급수전의 개폐에 의한 미세한 변화를 취수량에 반영시키려면 관수로 도중의 감압수조 밸브 등의 조작방법을 고려할 필요가 생기며 경우에 따라서는 피크사용량에 맞춘 취수량 확보가 요구되며, 급수전에서는 관개 불량 개소가 발생하므로 이런 경우에는 파폰드나 조정지를 설치하면 좋다. 이러한 시설의 조정기능은 수원인 하천, 댐 등의 상황에 규제 받지 않는 송배수 조작을 가능하게 한다.

나. 밭 관개용 관수로의 특성

- 밭에 있어서 송배수의 특징은 사용시간과 휴지시간이 명확히 구별된다는 것이다. 일반적으로 물 관리 계획상 1일에 16~18시간의 물 사용과 8~16시간의 사용 정지시간이 있다. 이 정지 시간 내에 급수전까지의 관로에 공기가 차지 않도록 비우는 것을 방지하여야 한다.
- 관개블록 내에서는 유회관개계획에 따라 해당 급수전만을 가동하는 것이 원칙이다. 전체의 급수전으로부터 본다면 가동률은 낮아지지만 병충해 방제 등의 다목적 이용 지역에서는 보다 짧은 시간에 급수전에 통수하는 것이 통례이다. 이 경우 논 관개용 관수로와 같이 말단부의 급수전에서 필요한 압력을 확보할 수 있게 배려한다.

다. 병용 관수로의 특성

- 논과 밭이 혼합되어 있는 지구 등의 경우 밭 관개에 대해서는 급수전에서 고압을 필요로 하기 때문에 관수로 전체로서는 고압 관수로가 되며 논 관개에 관하여 감압대책이 필요하다.
- 단위수량이 크고 24시간 급수하는 논 용수와 단위용수량이 적고 시간에 따라 급수하는 밭 용수와는 성격이 다르다. 이 때문에 병용 관수로의 물 관리는 용이하지 않으며 특히, 펌프양수의 경우에는 유지관리비를 고려해서 송배수방식을 결정할 필요가 있다.
- 어쩔 수 없이 고압으로 송배수하는 방식은 채용하는 경우에는 논외 급수전 또는 논외의 분기관로의 입구 지점 등에 감압 특성이 좋은 조압시설, 유량 제어밸브의 설치를 검토할 필요가 있다.

1.5.3 유량 및 운용관리 측면의 특성

관수로 시스템의 설계시는 용수이용계획에 기초한 계획 최대유량을 통수시킬 수 있게 수두배분 및 통수단면을 결정함과 동시에 운용관리를 충분히 고려할 필요가 있다. 설계유량에 대한 기능 및 운용관리측면의 기본특성은 다음과 같다.

가. 설계유량에 대한 기능상의 특성

- 관수로는 유황을 인위적으로 제어할 수 있는 폭이 크고 동일한 설계조건에 대해서 몇 개의 대체 안을 생각할 수 있는 폭이 넓다.
- 노선선정에 있어서는 개수로와 같이 지형조건에 지배되는 것이 적고 압력에 의하여 송수하기 때문에 노선선정의 자유도가 크다.
- 통수용량과 공사비는 밀접한 관계가 있으므로 노선선택 및 관수로 조직 구성의 자유도를 활용하여 다양한 비교안을 설정하여 적절한 시스템을 선택하는 것이 중요하다.
- 관수로는 유황의 인위적인 제어, 관리의 폭이 큰 반면 이것을 과다 수용하면 역으로 관리시설의 비용이 증대한다.

나. 운용관리측면의 특성

- 한 점에서의 밸브 개폐나 펌프의 가동정지 등에 의한 조작관리가 관수로 전체에 영향을 미치며 새로운 유황을 형성한다.
- 관수로는 응답성이 빠르고 조작관리의 영향이 단시간에 조직의 각 구간에 전파된다. 그 때문에 조작 관리용 기기 사이에 불균형이 생기거나 급격한 유황 변화에 따른 위험한 과도현상을 일으킨다.

1.6 관련법령

수로는 하천, 호소, 바다 등에 접속하는 장대한 구조이며 그 노선도 광역에 걸쳐 있으므로, 설계시에는 하천법 등과 같은 여러 법령에 있는 수로건설과 관련된 규정을 준수하여야 한다.

수로 건설에 관련된 법령은 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 하천법, ② 도로법, ③ 농어촌도로정비법, ④ 산업입지및개발에관한법률,
- ⑤ 자연공원법, ⑥ 내수면어업법, ⑦ 도시공원법, ⑧ 국토의계획및이용에관한법률,
- ⑨ 광업법, ⑩ 공유수면매립법, ⑪ 공유수면관리법, ⑫ 방조제관리법, ⑬ 항만법,
- ⑭ 산업안전보건법, ⑮ 폐기물관리법, ⑯ 근로기준법, ⑰ 지하수법, ⑱ 농어촌정비법,

⑱ 농지법, ⑳ 자연환경보전법 등이고,

농업용 관수로와 관련된 법령은 ① 농어촌정비법, ② 한국농어촌공사 및 농지관리기금법, ③ 수질및수생태계 보전법, ④ 자연재해대책법, ⑤ 건설기술관리법, ⑥ 산업안전보건법, ⑦ 전기사업법, ⑧ 전기통신사업법, ⑨ 전파법 등이며, 규정 및 지침은 ① 농업기반시설 관리규정, ② 농업용수 수질관리지침, ③ 전기안전관리업무처리 지침, ④ 한국전력공사 전기공급 규정, ⑤ 한국산업규격 등이다.

1.7 용어정의

- 가동이음 : 절토와 성토의 경계 및 부대 구조물과의 접속 등에 사용하고 부등침하, 진동 등을 흡수하기 위한 변위량이 큰 이음
- 감압 밸브형 조압시설 : 관수로의 도중에 자동 감압밸브를 설치하고 1차측의 압력의 변동에 불구하고 2차측 관수로의 수압을 일정하게 유지하기 위한 시설
- 감압 스탠드형 조압시설 : 개방형 관수로의 조압시설로서 간단한 구조의 감압 스탠드이고, 스탠드의 단면적은 관수로의 약 1.5배 정도를 확보한다.
- 강성관 : 관수로에 사용하는 관중에 콘크리트관 등과 같이 연성이 적어 변형률이 3%이내인 관을 말한다. 내식성 및 내구성이 크고 전식의 염려가 없지만 중량이 비교적 무겁고, 내면의 조도의 변화가 거의 없는 등의 특성을 갖는다.
- 개방형(Open type) 관수로 : 관수로에 자유수면이 있는 개방된 수조를 배치한 저압관로로서 물관리 형식은 공급주도형의 개수로에 준한 것이다.
- 게이트 스탠드형 분수공 : 개방형 관수로의 게이트 스탠드에 설치한다. 이 형식은 스탠드 하류의 본선측 유입구에 슬루스 게이트를 설치한 것으로서 분지선에 분수하는 역할 외에 분수공 상류의 수압을 조절하여 본선에서 직접 분기하는 분지선 또는 급수전의 필요수압을 유지하기 위하여 사용된다.
- 고압 관수로 : 송수계에서는 파이프라인에 작용하는 최대 사용정수두가 100m를 넘는 것 또는 배수계에서는 말단급수전(살수전)으로 약 147kPa 이상의 수압을 필요로 하는 관수로인데 주로 받 관개에 사용한다.
- 공기밸브(空氣弁) : 사이펀이나 관수로 중에 유입하는 혼입공기를 자동적으로 배기하는 밸브로 단구형과 쌍구형이 있다. 일반적으로 공기가 모이기 쉬운 매설관의 고위부에 설치한다. 관내가 감압 상태가 되면 외부공기를 흡입하여 부압을 경감하는 작용도 있다.

- 공동현상(空洞現象) : 흐름중에 국부적인 진공상태가 발생하는 현상으로서 원심펌프, 와권펌프의 날개 등이 급회전할 때 그 주위에서 생긴다.
- 관두께 공차여유 : 관 두께를 결정할 때에 제조 조건 등을 고려하여 사용하는 여유두께로서 통상 관두께의 10%(최저 1mm) 정도로 본다.
- 관망배관(管網配管) : 분기관로가 망상으로 연결되어 있기 때문에 급수전의 사용상황이나 위치에 따라 관로 내의 물은 어느 방향으로도 흐를 수 있는 배관방식을 말한다. 비교적 평탄하고 정리된 지구의 배관에 적당하다. 평탄지에서는 압력은 균등하고 물 이용의 자유도는 높아진다. 그 반면 물 관리가 곤란하게 될 수도 있기 때문에 주의가 필요하다.
- 농업용 관수로 : 농업용수를 관수로를 이용하여 수원공시설에서 말단포장까지 필요한 수량을 필요한 시기에, 필요한 지점까지, 필요한 압력으로 안전하고 확실하게 만관상태로 공급하는 압력관로의 수로조직을 말하며 관로와 부대 시설로 구성된다.
- 다점주입(多点注入) 관수로 : 수리학적으로 일체로 되어 있는 송배수계 관수로 시스템 조직에 수원이 2개소 이상 있고 이들의 수원부터 동시에 용수를 관수로시스템에 공급하는 시설
- 동수두 : 동수압을 수주(水柱)의 높이로 환산한 것
- 동수경사 : 관수로의 1개 지점에 유리관을 세우면 물은 그 지점의 압력수두에 상당하는 높이까지 상승한다. 관수로에 따라 그 수면을 연결한 선을 압력수두선 또는 동수경사선이라고 하는데 이때의 경사를 동수경사라고 말한다. 개수로에서는 수면경사에 해당한다.
- 동수압 : 흐르는 액체(물)가 고정된 면에 작용하는 압력이다. 이것은 물과 고체와의 상대속도에 의한 것으로 정수상태에서 고체가 운동하는 경우도 같다.
- 말단여유수두 : 관경결정을 위한 수리계산에서 수리계산의 정밀도, 시공의 상황 및 물 관리의 상황 등을 고려한 여유수두
- 분기형배관(樹枝狀配管) : 관수로가 간선, 지선, 지거로 순차분기하고 물은 흐름은 상류에서 말단을 향하여 일정방향으로 흐르는 배관방식이다. 물의 흐름 제어가 용이하고 시설비용도 관망배관에 비하여 일반적으로 작다.
- 배니벨브(排泥弁) : 배니시설을 구성하는 벨브이고, 이 벨브를 열면 관내의 물 및 토사가 배출된다.

- 배수계 관수로 : 관수로시스템에 있어 수원 또는 송수계관수로의 조정시설이나 조압시설 혹은 분수공으로부터 말단포장까지의 관수로 조직으로 말단 급수전에 필요로 하는 용수량을 배수(配水)하는 것을 목적으로 하는 시설이다.
- 배수조(配水槽) : 송수 혹은 배수(配水) 때문에 필요한 수두를 확보하기 위하여 설치하는 수조를 말하며 이 배수조에 일단 펌프양수한 후 자연압식으로 송배수하기 위하여 설치한다.
- 밸브 조절형 조압시설 : 송수관로 도중에 수압조절 목적으로 설치하며, 밸브의 개폐조작에 의하여 상류측 수위를 조절하는 것으로 폐쇄식 관수로에 적합하다.
- 버터플라이 밸브 : 밸브 몸통과 밸브축의 둘레를 90°회전하는 원형의 밸브체로 되어 있으며, 구조가 간단하고 개폐가 용이하다. 소형이고 경량화가 가능하여 대구경에서 경제적이지만 밸브를 완전히 열었을 때도 밸브체가 관경 내에 남기 때문에 수두손실이 크다.
- 반폐쇄형 : 송배수조직 중간에 개방형 수조를 설치한 형태로 수조에 수위 조절 밸브를 사용하여 하류에서 사용하지 않는 한 상류의 물이 흐르지 않는 수로조직으로 무효방류는 없고 물이용은 수요주도형이다.
- 상용수압(常用水壓) : 통상 밸브류의 내수압 강도를 표시하는 경우에 사용하며 상용수압이라고도 하는데, 수격압에 정수압을 고려하여 사용압력을 표시한 것임.
- 서어징(Surging) : 어느 한정된 구역 내를 에너지가 전파하는 매체 특유의 전파속도로 반복 동요하는 현상으로서 예를 들면 수압관에서 유량이 급격히 변동할 때 생긴다.
- 설계수압 : 시설의 내압강도(耐壓強度)를 결정하기 위해 사용하는 수압이며 정수압에 수격압을 가산한 압력이다.
- 설계지지각 : 관체가 현장에 포설된 상태에서 확실히 균등한 반력분포가 기대되는 기초의 지지각
- 송수계관수로 : 관수로 조직에 있어 수원부터 간지선 관수로의 조압시설, 조정시설 또는 분수공까지 송수를 목적으로 하는 관수로 조직
- 수격압 : 수격작용에 의하여 발생한 압력의 주기적인 변동의 수압
- 수격작용 : 관수로의 말단에서 밸브를 급히 개폐할 경우 물 흐름이 단시간에 급변함으로 인하여 발생하는 이상압력(또는 부압)으로 물과 관체의 탄성 변화에 의하여 발생하는 진동현상이며 워터해머(water hammer)라고도 한다.

- 수리단위 : 수위(압력)경계, 유량경계, 수위(압력) 및 유량경계의 경계조건에 의하여 분리된 일련의 시설군
- 수위조절형 분수공 : 분수조 내의 플로트밸브의 개폐에 의하여 주밸브(수위조절밸브)를 자동적으로 개폐하여 HWL에는 폐쇄되고, LWL에서 열리는 형태의 분수공이다.
- 시공지지각 : 재료 및 다짐이 균일한 기초의 지지각
- 안전밸브 : 폐쇄식 관수로에 이상의 고압이 발생하였을 때 수압을 내려 관로의 안전을 기하기 위한 밸브임. 지수변이 일정한 힘으로 눌러 있어 보통 수압시는 열리지 않으나 이상의 고압시에는 자동적으로 열려 수압이 내려가면 밸브가 닫히는 구조로 되어 있다.
- 압력맥동 : 관내의 유량을 급격히 변화시킨 경우 흐름의 관성력에 의한 물의 탄성변화에 기인한 압력파가 전파속도로 왕복 동요하는 현상
- 압력수두 : 단위 중량의 물이 갖는 에너지의 크기를 수주의 높이로 표시한 것을 말하며 흐름의 임의의 점에 있어 수압을 p , 물의 단위중량을 w 라고 하면 압력수두는 p/w 로 된다.
- 압력수조 : 펌프가 급정지한 후에 발생하는 압력하강시에 수조내의 물을 내부의 공기압력에 의하여 관로에 급수하는 것. 압력강하의 방지와 함께 압력상승에 대해서도 효과가 있다.
- 압력수조식 : 펌프직송식의 경우로 특히 수격압 방지, 자동운전 및 빈번한 단속운전(on-off)을 회피할 목적으로 펌프의 토출구 근처에 압력수조를 설치하는 방법
- 에어해머(Air hammer) : 관수로 내 공기 덩어리가 발생하여 흐르는 물의 탄성변화에 영향을 주어 매우 큰 수격작용을 발생시키거나 또 압력맥동을 발생시키는 현상
- 연성관 : 파이프라인에 사용하는 관중에 관체에 허용되는 변형률이 3%이상의 관을 말하며 덕타일주철관, 강관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관 및 강화플라스틱 복합관이 이에 해당한다.
- 유속계수 : 하젠 윌리엄스 공식에 사용되는 계수로 관중이나 사용되는 재료에 따라 적용하는 값이 변화한다.
- 자동급수전 : 논의 담수위를 자동적으로 일정치를 유지하는 급수장치
- 자연압식 : 지형상의 자연낙차를 이용하여 송·배수하는 방법

- 저압 관수로 : 송수계에서는 관수로에 작용하는 최대 사용정수두가 100m 이하의 것을 말하며, 배수계에서는 말단급수전의 필요수압이 대개 147kPa 미만으로 작은 관수로이다. 주로 논 관개에 사용되는 것을 말한다.
- 전식(電蝕) : 관수로 주변에 미주전류(迷走電流)가 존재하는 경우 그 일부가 금속 관로에 유입하여 관체를 국부적으로 부식시키는 것
- 절점수두법(節點水頭法) : 관망을 구성하는 각 관로의 교점의 수두를 가정하여, 절점간을 연결하는 관로의 유량을 절점동수두로 표시하는 유량식과 각 절점에 접속되는 각 관로의 유량이 채워야할 절점방정식에 의하여 연립방정식을 세우고, 이 연립방정식을 풀음(해석)으로서 절점의 동수두 및 유량, 유향을 구하는 방법
- 정수두 : 정수압을 수주(水柱)의 높이로 환산한 값
- 정수압 : 정지한 물이 작용면에 대하여 수직으로 작용하는 힘을 말하며 그의 크기는 수면까지의 연직거리(수면)가 h 일 때 단위 면적당 ρgh 로 된다. 이때 ρ 는 물의 밀도이고 g 는 중력가속도이다.
- 정수위 : 정수두를 표고로 표시한 값
- 정상유황(定常流況) : 자연압이나 펌프 등으로 부여한 에너지에 의하여 흐르게 되는 유체의 유량과 압력이 균형을 유지하는 유황
- 제수변 : 관이나 관수로의 필요한 위치에 흐르는 물의 조정이나 차단 등 제어용으로 설치한 밸브를 말한다.
- 조절지 : 송수나 배수의 대상이 광역이고 또 물 이용이 다양화하면 용수량의 시간적 변동이 크고 복잡하게 한다. 취수량, 통수량, 용수량의 불균형을 조절하기 위하여 만드는 저수지를 말하는데 이 조절지에 의하여 배수운영에 따르는 수량 손실이 방지되어 수로기능의 탄력성이 증대되는 기능이 있다. 일반적으로 수로조직의 중간 및 말단에 설치한다.
- 통기공(通氣孔) : 유입구의 하류부에서는 공기 혼입 및 흐름의 수축에 의하여 국부적인 압력저하가 생기기 쉬우므로 공기를 배제하는 시설을 설치할 필요가 있는데 이 경우에 많이 사용한다.
- 통기스탠드(通氣 stand) : 수격압 완화의 역할을 겸용시키기 위하여 대용량의 급배기능력을 갖게 할 필요가 있는 경우에 사용하고 그 외에 감압조정, 감시공 등의 역할을 겸용시키는 경우가 많다.
- 펌프직송식 : 소정의 낙차를 지형상 얻을 수 없는 경우나 소정의 수압이 필요한 경우 직접 펌프에 의하여 압송하는 방법

- 폐쇄형(Closed type) : 관로 말단까지 연속한 폐관로로 구성된 관로로 물 이용은 수요주도형이다. 배관방식에는 수지상에 관로가 간선, 지선, 지거로 순차분기하고 물은 상류부터 하류에 일정방향으로 흐르는 수지상배관이 있고, 관로가 망상으로 연결되어 있어 사용되는 공급전의 위치에 의하여 물이 정역(正逆) 어느 방향으로도 흐르는 관망배관이 있다.
- 폐쇄형 분수관 : 관수로의 분지선측과 본선의 분기점 하류측의 2개소 혹은 1개소에 밸브를 설치하여 분지선의 분수량을 조절하거나 차단하는 역할을 하는 분수공을 말한다.
- 하디크로스(Hardy cross)법 : 관망을 구성하는 각 관로의 유량 및 유향을 가정하고 이 가정한 유량을 바탕으로 하여 유량을 반복적으로 보정 계산하여 유량, 유향 및 손실수두를 구하는 방법이다.
- 허용설계유속 : 관수로의 기능이나 안전성을 떨어뜨리지 않기 위하여 설계상 고려해야 할 유속의 범위를 말한다.

제 2 장 조사

2.1 조사의 기본

관수로 시스템 계획에 필요한 자료의 수집이나 조사는 관수로의 노선선정, 공종의 결정, 각 시설의 설계, 시공계획 및 시설 관리에 필요한 기초자료를 얻기 위한 것이므로 조사 내용과 수준을 포함한 조사계획에 따라 순차적으로 실시해야 한다.

조사는 수로의 노선 선정, 공종, 설계, 시공방법 및 관리계획의 검토에 필요한 기초 자료를 얻기 위해 행하는 것으로 폭 넓은 지식과 경험이 있는 기술자의 참여가 필요하다. 그러므로 조사는 초기 단계에서 계통적인 계획성을 갖고 실시하는 것이 바람직하다. 관수로 조사는 "농업생산기반정비사업 계획설계기준(수로편)"을 참고하는 것을 원칙으로 한다.

2.1.1 조사계획

조사는 큰 항목에서 세부항목으로 진행하는 것이 일반적이지만 단계에 따라 조사 항목, 범위, 방침, 내용, 정밀도 등을 다룰 수 있다. 그래서 해당 관수로에 필요한 조사가 되도록 사전에 충분히 조사계획을 수립하고 그것에 따라 조사를 추진한다.

관수로의 조사에는 계획, 설계, 시공, 유지관리, 그 밖의 조건에 따라 필요한 조사가 있다. 또 조사 내용에 있어서는 ① 자료의 수집·청취, ② 답사, ③ 현지조사·측량·현지시험·현지관측, ④ 실내실험, ⑤ 시험시공·시공후의 관측, ⑥ 보충조사 등이 있다.

조사는 단지 기술적인 문제뿐만 아니라 광범위한 사회적 영향 때문에 제약을 받는 경우가 많다. 조사 개시부터 공사시공까지 장기간이므로 각 단계에서 착오를 방지하기 위해 수시로 보완하여 실시해야 한다. 조사의 단계구분은 어렵지만, 사업실시의 순서와 같이, ① 계획조사, ② 전체설계조사, ③ 공사실시조사, ④ 보충조사로 구분한다. 조사의 순서는 <그림 2-1>과 같다.

2.1.2 조사의 단계

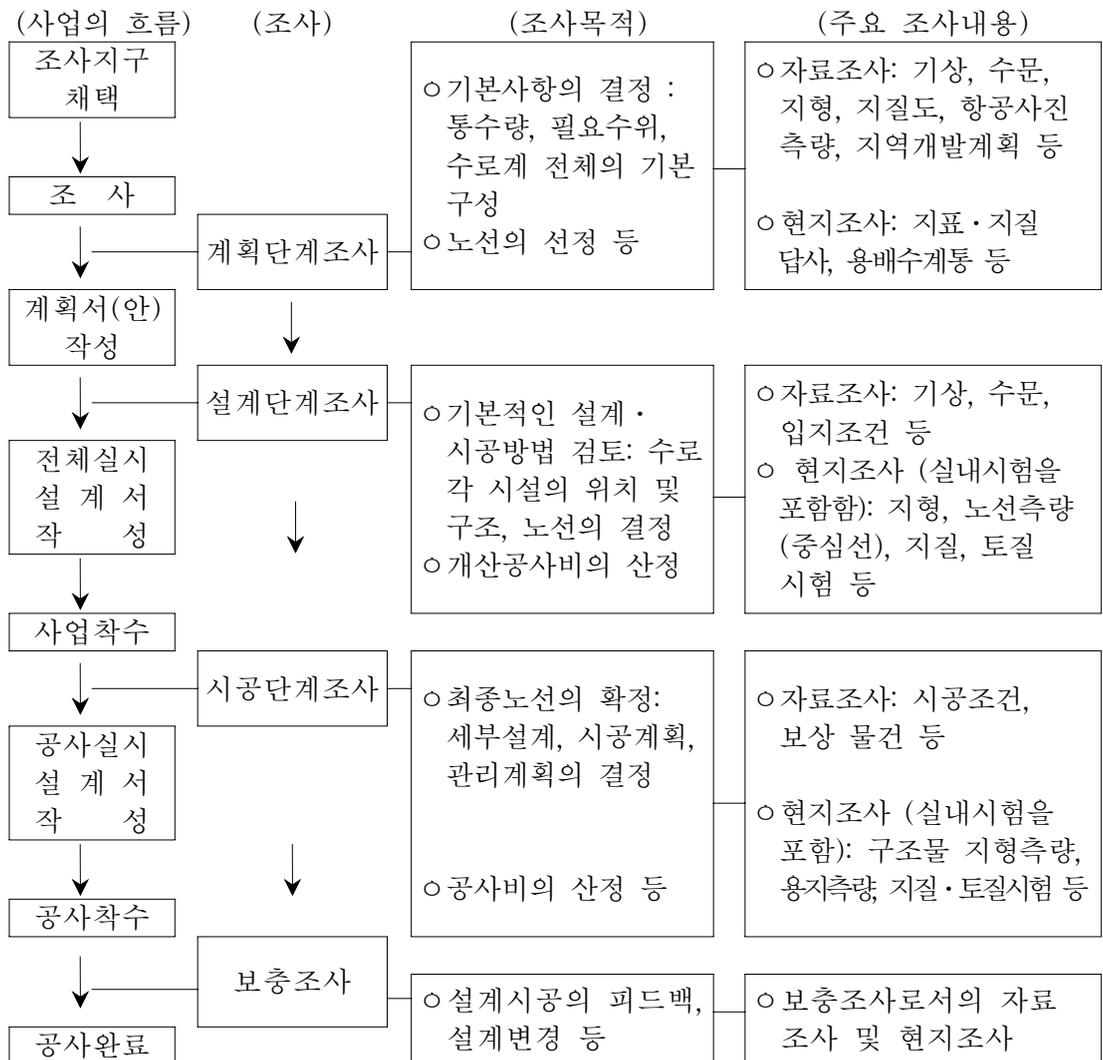
가. 계획조사 단계

계획조사는 수로계의 기본적인 계획을 개략적으로 정하기 위한 조사로서 기상, 수문, 지형, 지질, 입지조건 등에 대해서 기존의 자료들을 광범위하게 검토함과

동시에 현지답사나 기타 필요한 조사를 병행하여 몇 개의 후보노선을 비교 검토한 결과에 따라서 2~3개 안의 노선을 정한다.

나. 전체설계조사 단계

전체설계조사는 전체실시설계 등을 행하기 위한 조사이며, 계획조사에서 구한 노선을 확정하고, 기본적인 설계·시공 및 개산공사비 등의 검토에 필요한 자료를 수집하기 위한 측량, 현지조사, 토질시험 등을 행한다. 이 단계에서는 수로의 최종적인 기본계획을 책정한다.



<그림 2-1> 조사의 순서

계획책정 후에 사회 정세의 변화와 기술 발전 등에 따라서 계획의 수정이 필요한 경우도 생길 수 있지만 기본적인 사항에 대해서는 변경을 하게 되지 않도록 충분히 조사를 행할 필요가 있다.

다. 공사실시조사 단계

공사실시조사는 공사의 실시를 위한 조사로서, 전체설계조사결과를 기초로 세밀한 설계, 공사비의 산정 및 시공계획의 검토를 하는데 필요한 자료를 수집하는 것으로, 측량, 현지조사, 토질시험 등을 행한다.

라. 보충조사

보충조사는 공사착수 후, 당초에 비해 큰 차이가 있는 현장 조건, 예측하지 못한 사태가 발생하는 경우, 자연적 또는 사회적인 조건에 따라 수로구조물의 위치나 구조의 재검토가 필요한 경우 등에, 그리고 상세한 조사가 필요한 사항에 대한 자료를 얻기 위한 조사이다.

2.1.3 조사항목

관수로의 계획 및 시공에 있어서의 조사는 단계마다 필요한 조사항목을 사전에 설정하여 적절한 순서와 방법에 의해 합리적이고 효율적으로 행한다. 각 단계에 있어서 주요 조사항목은 다음과 같다.

가. 계획에 관한 조사항목

사업계획의 책정에 필요한 조사항목은 주로 지구내외의 상황, 다른 사업과의 관련, 각종의 지역계획, 기왕의 자료에서 얻은 각종 정보 등을 확인하고 검토하는 것이다.

- | | |
|-------------|-------------------------|
| ① 지구의 범위 | ② 용배수 계통 현황 |
| ③ 용배수 시설 현황 | ④ 용배수 관행 |
| ⑤ 장기 물수요 전망 | ⑥ 농업용수 합리화의 가능성 |
| ⑦ 토지이용상황 | ⑧ 지역 및 지구의 사회, 경제, 영농개황 |
| ⑨ 하천유황 실태 | ⑩ 다른 사업과의 관련 |
| ⑪ 지역개발 계획 | |

나. 설계·시공에 관한 조사항목

구체적인 설계·시공계획의 결정에 필요한 기초 자료를 얻기 위한 조사항목이며, 주로 자연조건, 입지조건 등을 파악하는 것이다.

- ① 지형
- ② 지질, 토질
- ③ 기상, 수문 (기온, 강수, 강설, 수위, 유량, 조위, 하천상황, 지하수위)
- ④ 입지조건 (사회적 조건, 시공조건, 환경조건)

다. 관리에 관한 조사 항목

관수로 건설후의 관리방식, 관리시설 등을 결정하기 위하여 필요한 조사항목이며, 장래의 관리체제의 구상에 기초하여, 인근의 유사지구의 사례, 관리기구류 등의 조사를 한다.

- ① 기상, 수문
- ② 하천의 상황
- ③ 관측, 제어, 통신, 기록설비의 기초자료
- ④ 기존 관수로의 물관리시스템 및 관리데이터
- ⑤ 관수로 완성후의 물 관리형태 및 관리수준
- ⑥ 도로상황, 교통량 등

라. 관련사업조사 및 유관기관 협의

지구 및 그 주변에 대하여 시행 또는 계획 중의 다른 사업의 내용을 조사하여, 사업과 직접 또는 간접적으로 관련되는 사항은 그 사업내용을 상세히 조사하여 계획 수립해야 한다. 주요 관련사업 등의 조사내용은 농업진흥지역 정비계획, 도시화 구역·용도지역 등 농업 이외의 용도 사업계획, 농업생산정비사업, 하천개수사업, 정부·시군의 도로개수, 신설사업, 영농기계의 도입, 시설설치사업 및 기타 농업 정책에 관한 사업 등이다.

또한 지방자치단체, 한국수자원공사 등 관련유관기관과 관수로 공사를 위하여 계획에 반영할 사항 등을 협의하며, 지방자치단체 및 관련유관기관에서 파악하고 있는 제약 여건 유무와 타 사업계획의 유무, 기득권의 설정 유무 등을 조사하고 처리대책을 협의하고, 관련법과의 관계에서 저촉여부와 제약여건을 조사하고 대책을 협의한다.

마. 기타 조사항목

공사실시 및 유지관리에 따르는 필요한 용지의 취득 또는 보상, 자연환경, 사회·생활환경, 역사·문화환경 등에 관한 조사이며, 공사장소 뿐만 아니라 공사의 영향을 받는 모든 범위를 대상으로 한다.

- ① 보상조사
- ② 환경조사 (자연, 사회생활)
- ③ 유적·문화재 조사

2.2 자료조사

관수로를 설계할 때에는 현지사정을 파악하기 위해 되도록 많은 자료를 수집해야 하며 대표적인 자료는 지형도, 토양도, 기상 등 수문자료, 재해자료, 지하매설물, 유사한 공사 기록 등이 있다.

<표 2-1> 단계별 측량내용과 정밀도

조사구분	기본조사	실시조사	비고
측량방법	지형도에 의한 지상측량	현지 지상 측량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 표는 조사단계별로 필요한 일반적인 표준을 표시한 것이며 현지 여건에 따라 조정할 수 있다. ○ 종단도와 평면도는 동일축척으로 동일도면상에 표시하면 편리하다.
지형도 범위	관개지역 전체	노선 양쪽 25m씩	
측점간격	임의	측점간 10~100m	
지형도 축적	1/5,000~1/10,000	1/500~1/5,000	
등고선 간격	0.2m~1.0m	0.2m~1.0m	
관련 측량도	종단도 횡:1/500~1/5,000 종:1/100~1/500	종단도 횡: 1/500~1/5,000 종: 1/100~1/500 횡단도: 1/100 내부지형도: 1/50~1/300	

2.2.1 지형조사 및 측량

지형조사 및 측량은 계획대상지역 전역에 대한 자료를 수집하여 지형도를 작성하고, 계획노선에 대해 노선측량과 용지측량을 하는 것이다.

또한, 측량작업에는 기존자료 수집부터 시작해서 개략적인 것에서부터 정밀한 작업으로 진행해 나가도록 한다.

가. 자료수집

자료수집은 지리원에서 발행한 지형도(축척: 1/25,000 또는 1/50,000), 국토 기본도(축척 : 1/2,500 또는 1/5,000), 토지이용도(토지분류도) 또는 지방자치단체(시도, 시군 등)에서 발행한 도면(축척: 1/1,000~1/10,000) 등을 수집해서 조사계획의 입안이나 설계에 이용한다.

나. 지형도 작성

지형도는 일반적으로 도상 작업에 필요한 자료를 수집하여 기존 지형도 등을 계획지역에 맞는 도면으로 재정비하는 것이나, 기존 자료가 없는 경우에는 현지 조사 및 청문을 참고로 하여 지형도(1/2,400~1/5,000)를 작성한다. 또한 최근의 지형도의 작성은 주로 항공사진 측량에 의해 시행하고 있다. 항공사진 측량에 있어서는 그 사용목적과 토지의 상황을 고려하여 지도의 축척을 정하고 요구되는 정밀도와 표현내용 등에 따라 기준점의 배치, 개수, 위치 등을 결정한다. 그리고 항공사진측량은 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- ① 각점의 정밀도가 고르다.
- ② 측량점의 동시성이 높다.
- ③ 현지에 들어가지 않고서 측량할 수 있다.
- ④ 축척 1/100~1/400의 큰 축척에는 부적당하다.
- ⑤ 소지역의 측량에는 단가가 높다.

다. 노선측량

노선측량은 먼저 기존의 지형도 및 항공사진측량을 근거로 개략적인 노선선정 등의 도상작업을 실시하고, 이 도상작업에 의해 선정된 노선에 대해 지상측량을 실시한다. 지상측량은 현지에서 실제로 측량을 하고, 전체 실시설계 및 공사 실시설계에 이용한다. <표 2-2>는 측량도의 작성표준이다.

1) 중심선 측량

중심선 측량은 관수로의 중심선을 정하기 위한 측량으로 중심 말뚝은 일정한 간격으로 정밀하게 박고 기점에서부터 번호를 기입하지만 필요에 따라 그 사이에 플러스 말뚝을 설치한다.

2) 종단측량

종단측량은 중심선 측량에 의해 설치한 측점 및 플러스 말뚝의 표고 및 지반고를 측정하여 수로중심선의 종단도를 작성하기 위한 측량을 말한다. 종단도는 조직설계 및 구조물 설계에 이용되는 측량도면이다. 종단도에는 계획수위, 수로바닥높이 등을 기입한다. 또한 기준이 되는 수준점은 노선에 따라 일정한 간격으로 설치한다.

<표 2-2> 측량도의 작성표준

측량도	측량방법	측량범위	축척	등고선간격	측점간격	비 고
지형도	항공사진 측량 등	관계지역 전체	1/5,000 ~1/2,400	2.0~1.0 m		<ul style="list-style-type: none"> ○ 종단면(수평)의 축척과 평면도의 축척을 같게 하여 동일도면상에 나타내면 편리하다. ○ 배수로의 등고선간격은 침수심-침수량-침수면적 등을 파악하기 위해 적어도 0.5m 정도로 할 필요가 있다.
평면도	노선측량 -중심선측량 -종횡단측량 -평면측량	노선 한쪽 30~100m 정도	1/1,000 ~1/200	용수로: 1.0 m 배수로: 0.5 m	100~50m 정도	
종단도			1/500 ~1/100			
횡단도			1/200 ~1/100			
구조물 평면도	구조물 평면측량		1/200 ~1/50	용수로: 1.0 m 배수로: 0.5 m		
용지도	용지측량		1/1,000 ~1/1,200			

3) 횡단측량

횡단측량은 측점의 중심말뚝 및 플러스 말뚝이 설치된 지점에서 중심선에 대해 직각방향의 지형 및 지물의 변화점의 위치와 높이를 구하여 횡단도를 작성하기 위한 측량을 말한다. 횡단도에는 절토와 성토의 단면 등을 기입해서 수로조직의 설계 및 구조물설계에 이용한다.

4) 평면측량

평면측량은 평판을 사용하여 지형, 경계 등을 측정하고, 도면화하며 여기에 지명, 지물 등을 기입해서 평면도를 작성하는 측량이다. 평면측량에는 노선에 따른 평면측량과 중요 구조물 지점의 평면측량이 있으며 각각의 필요한 범위와 축척을 가져야 한다. 평면도는 설계나 시공계획 등에 이용한다.

라. 용지측량

용지측량은 중심선을 기준으로 해서 직각방향으로 용지의 경계에 말뚝을 설치한다. 용지측량으로 작성된 용지도는 주로 용지 보상에 사용된다.

2.2.2 기타

조사 세부내용은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로편"을 참고한다.

제 3 장 농업용 관수로의 설계

3.1 설계 기본사항

농업용 관수로는 상수도나 송유관 등과는 다르게 구조적 측면에서나 용수이용 측면 그리고 유량이나 운용관리 측면 등의 특성이 있기 때문에 관로계획이나 각종 부대시설의 계획에 세심한 주의가 필요하다. 관수로시스템 계획에 있어 설치목적이나 입지조건 등 필요한 정보를 정리하여 관수로를 구성하는 제시설과 관련 수리시설 등이 유기적으로 조화되어 일련의 시스템으로 기능을 발휘하도록 구조적으로나 수리적으로나 안전하면서 경제적으로 계획하는 것이 중요하다

농업용 관수로 시스템을 계획할 때는 지형, 영농, 작물 등의 조건을 기초로 하여, 먼저 용수계통을 검토하고 유량이나 수압을 설정하고 노선 및 관수로 구성을 선정하고 제어방식을 선정하며 통수단면이나 부대시설을 계획하고 이들에 대한 기능의 확보, 안전성, 경제성, 관련성, 환경과의 조화 등에 대한 타당성을 검토해야 한다.

관수로를 하나의 시스템으로 생각하고 각각의 시설이 상호 조화되어 기능을 발휘할 수 있도록 관수로시스템의 큰 틀을 결정하고 시스템에 대한 최적의 시설 계획이나 물관리 계획 등을 개략적으로 정해 두는 것이 중요하다. 그러기 위해서는 송·배수능력의 확보, 분수 및 조정(調整)과 압력조절기능의 확보, 안전기능의 확보, 물관리와 시설관리의 합리성, 공사비와 제 비용을 포함한 사업비와 유지관리비의 경제성, 주변 환경과의 조화 등이 관수로 시스템 계획에 고려되어야 한다.

경제성을 검토할 경우 시스템 전체를 대상으로 검토하는 것이 필요하다. 시스템의 일부인 관수로만의 공사비를 시스템 전체의 경제성 판단으로 이용해서는 안 된다. 따라서 용수원의 수량(水量)의 한계성, 지형이나 지질상황, 기타 사회적 조건을 고려하여 수원시설, 송·배수관로, 분수나 조정시설, 압력조정시설, 관리시설 등 전체 시스템의 공사비를 포함한 사업비와 유지관리비를 산정하여 비교 검토해야 한다.

3.2 기본설계

관수로의 설계시 우선 현지의 자연적, 사회적 제 조건을 근거로 세부설계의 기초가 되는 기본설계를 해야 한다. 기본설계에서는 관수로나 구비해야 할 기본적인 기능조건을 정하여 이것을 기준으로 관수로의 기본적인 체원을 결정한다.

위에서 규정한 관수로나 구비해야할 기본적인 기능조건이란, 설계유량, 취수위

및 각 지점의 소요수두이며, 기본설계에서 결정하는 관수로의 기본적인 제원이란 사용 관중, 관수로의 조정시설, 관리시설의 배치와 구비해야할 기능 등이다.

따라서, 기본설계에서는 계획된 관수로가 대상지역의 실정에 합치되어 있는가를 조사를 포함하여 검토하는 것이 중요하다. 이것은 세부설계 전에 반드시 실시해야 한다.

당연히, 수혜지의 입지조건, 표고 등의 지형적 조건 등에 의하여 다양한 비교 노선 등을 생각하여 경제성, 기능성, 안정성, 조작성 등을 종합적으로 검토해야 한다. 기본계획시의 설계도는 지역 전체를 파악할 수 있는 정도의 축척을 사용하는 것이 바람직하다.

3.2.1 설계목적

관수로시스템 설계는 관수로를 구성하는 시설기능을 확보하면서 관수로시스템 전체의 송배수 기능과 안정성 및 경제성을 구비하도록 설계해야 한다.

관수로 시스템 설계는 구성하는 각 시설의 기능을 확보하면서 관수로 전체의 송·배수기능과 안정성, 경제성을 구비하도록 검토하는 것을 목적으로 한다.

관수로 시스템은 수로 각 구간의 기능을 충분히 인식한 후에 수리단위로 분할하여 상호의 결합관계를 명확히 구분하여 접속지점에 적절한 접속시설, 조정시설 등을 적절히 배치하여 구성한다.

관수로 시스템의 설계에서 중요한 것은 계획노선변경 등 시스템의 기능조건이 변하면 반드시 관수로 조직 변경이 필요하며, 세부설계시도 노선변경 등이 발생하면 반드시 시스템 변경을 고려해야 한다.

3.2.2 설계항목

관수로 시스템 설계는 다음 항목을 검토하지 않으면 안된다.

- ① 물관리 형태와 제어방식
- ② 설계유량 및 설계수압
- ③ 노선선정 및 관수로 시스템의 구성
- ④ 설계유량에 대한 기능 확보
- ⑤ 운영관리에 대한 기능 확보
- ⑥ 유지관리에 대한 기능 확보
- ⑦ 관체 및 연결관의 선정

- ⑧ 관수로계획과 환경과의 조화
- ⑨ 관수로 시스템의 설계총괄

가. 물관리 형태와 제어방식

물관리 제어방식은 말단포장의 물 관리 형태와 설치하는 시설의 관리체제 및 경제성 등을 상호 검토하여 선정한다.

물관리 형태란 말단포장의 물 수요의 기별·시간별 변동, 가뭄 등 비상시의 취수시설, 농작업 집중시의 물 수요량 증대 등이다. 물관리 제어방식은 말단포장의 물관리 형태와 설치하는 시설의 관리체제 및 경제성 등을 상호 검토하여 선정한다. 물 관리 제어방식 선정은 물 관리 형태와 수요주도형·공급주도형 등 용수공급 방법을 확정하고, 물 관리 수준 및 감시 제어기기의 구성 등을 검토해야 한다.

나. 설계유량 및 설계수압

관수로의 설계에 이용하는 설계유량은 용수계획에서 필요한 기별·용수계통별 최대 유량이 된다. 설계수압은 정수두에 수격압을 더한 것이다. 설계유량 보다 적은 유량에 대해서도 검토가 필요하며, 설계수압은 다음사항에 유의하여 결정한다.

- ① 농업용 관수로는 관체 및 밸브 등 부대시설의 안정성과 경제성 관점에서 관수로에 작용하는 정수압을 $98\text{N}/\text{cm}^2(10.0\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 이하가 되도록 설계해야 하며, 특별한 경우 구조검토를 실시해야 한다.
- ② 말단의 유효수두는 관개에 필요한 수두에 시공 및 물관리 상황 등을 고려하여 여유수두를 가산하는 것이 바람직하다.

다. 노선선정 및 관수로 조직의 구성

관수로 노선은 수혜지를 포함한 자연조건, 시설조건, 사회조건 및 분수위차 낙차 활용하여 송·배수방식, 관수로형식, 배관방식, 물 관리 제어방식 등을 검토하여 구성한다.

관수로는 관로 표고를 동수구배 이하로 여유를 두어 설정하면 개수로와 달리 지형에 제약을 받지 않고 송수할 수 있어 다양한 노선선정이 가능하다. 관수로의 장점과 자연조건, 사회조건 등을 충분히 검토하여 노선을 선정하는 것이 중요하다.

관수로는 송·배수방식, 관수로형식, 배관방식, 물관리 제어방식 등 요소를 고려하여 구성할 수 있다. 이들 방식을 조합하여 관수로 조직을 구성하면 다양한 비교안을 설정할 수 있으므로 관수로 조직은 비교안을 검토한 후에 최적안을 선정해야 한다.

1) 송·배수방식의 선정

노선 및 분수공 위치가 선정된 후 지반고 및 물이용 계획상 필요한 수두로부터 송수에 필요한 수두차 및 송수에 이용되는 수두차를 구하여 자연압 또는 펌프압송식을 선정한다.

2) 관수로형식의 선정

송배수에 이용할 수 있는 수두차, 물 이용계획상 필요한 압력수두 및 물 관리 방식을 고려하여 개방형, 폐쇄형, 반폐쇄형을 선정한다.

3) 배관방식의 선정

지형조건, 물 관리형태 등으로부터 분기형 배관 혹은 관망배관을 선정한다.

4) 물 관리제어의 기본방식

공급주도형과 수요주도형의 구분, 감시제어의 기본방식 등이다.

관수로 조직구성시 간·지선부는 관수로로 구성하고 지거를 개거로 구성하는 경우는 관수로와 개수로의 연결부에 분수시설을 설치하여 물관리가 쉽도록 설계한다. 이때 분수시설은 유량배분 기능 외에 수위조절 기능이 있어야 하며, 간선, 지선부 말단 즉 분수시설 직전에 밸브를 설치하여 수량조절 및 차단이 가능한 조직으로 계획한다.

간·지선이 개수로이고 지거를 관수로로 수로조직을 계획하는 것은 가급적 피하고 부득이하게 계획을 할 경우는 개수로와 관수로 연결지점에 분수시설을 설치하고 분수시설에는 제진기, 분수문이 부착된 구조로 설치하고, 지거 관수로의 유입부에는 공기배제시설(통기공)을 설치하여 용수공급과 차단에 의한 지거 관수로에 부유물과 공기가 유입되는 것을 피할 수 있는 구조로 계획한다. 이와 같은 관수로 조직은 분수시설의 수위관리 및 용수공급량 조절 및 지거관로내로 유입되는 부유물 관리가 어려운 구조이므로 수로조직 계획은 가급적 피하고 현장여건상 부득이하게 계획할 경우에는 분수시설 구조를 물관리 및 유지관리가 용이한 구조로 충분히 검토한 후에 계획토록 한다.

관수로 조직에서 가장 바람직한 형태는 물관리 및 유지관리가 용이한 간선, 지선, 지거가 전부 관수로인 조직으로 개수로 중간에서의 취수 및 분수시설에서의 수위관리 등 물관리와 관수로내의 부유물 유입에 의한 유지관리의 어려움을 피할 수 있는 조직이다. 그리고, 포장에 자동급수장치를 설치하면 수동밸브를 차단하지

않음으로 인한 과잉 공급량을 줄일 수 있어 절수(50~60%)가 가능하고 포장내의 물꼬(급수장치)를 개폐하는 관리노력을 절감(약 30%)할 수 있다.

따라서, 대구획 경지정리, 용수재편, 대단위 간척지구의 개보수 및 신규지구의 관수로 조직 계획을 수립할 경우에는 간선, 지선, 지거를 전부 관수로인 조직으로 계획하고 가능하면 급수장치는 자동급수장치로 계획한다.

마. 설계유량에 대한 기능 확보

관수로는 설계유량을 확실하게 통수할 수 있는 규모와 필요한 기능이 확보되지 않으면 안 된다.

- ① 수리단위내의 적절한 수두배분과 통수단면의 확보, 수리단위의 양단에 부여된 설계유량과 수두를 기준으로 관종을 선정하여, 허용유속과 수리단위 내 평균유속을 고려하여 수리단위 내 주요부의 수두배분을 적절히 실시한다. 배분된 수두를 기준으로 수리계산에 의하여 관종별의 규격관경을 선정한다.
- ② 수리단위간의 결합은 원칙적으로 유량, 수위를 이용하여 실시한다. 경계 조건은 상하류의 수리단위의 통수능력 조정에 필요한 조건을 기본으로 결정한다.
- ③ 설계유량 통수시의 기능검토는 ①에서 구한 관종과 관경에 대하여 부여된 경계조건에 대하여 각 수리단위마다 수리계산을 실시하여 설계유량이 확보 가능한 가를 확인하여 관종, 관경을 결정한다.

상기의 필요한 시설의 규모와 기능은 설계유량시의 수리단위 내의 합리적인 수두배분을 전제로 한 통수단면의 확보, 수리단위간의 합리적인 결합, 분수량의 균등배분, 관로의 부압방지 등에 의하여 달성된다.

바. 운영관리에 대한 기능 확보

설계유량에 대한 기능 확보에 의하여 결정되는 시설은 물관리, 시설관리의 운영시 발생하는 제반조건에 대하여도 필요한 기능이 확보되어야 한다. 확보해야 할 기능은 다음과 같다.

1) 설계유량 이외의 유량에 대한 기능

최대 빈도유량 및 최소유량에 대한 운영관리의 제반조건(펌프 운전상태, 밸브 개도 등)을 고려하여 정상상태의 수리해석을 실시하여 안정적인 유황, 유량의 균형 등의 통수능력을 확보한다.

2) 수리단위간의 연계기능

수리단위간의 연속성을 확인하고 균형에 필요한 시설과 용량을 확보한다.

3) 과도현상의 검토

과도현상시에 발생하는 최대압력·최대수위에 대한 관체 및 연결관의 안전성, 분수지점의 월류, 최소압력·최저수위에 대한 수주분리, 관체 등의 좌굴, 공기 혼입 등에 대하여 검토하여 시설의 안전성을 확보한다.

농업용 관수로는 영농기간 중 설계유량 이하로 운영되는 경우가 많다. 따라서 설계유량 이외의 유량에 대하여 어느 정도 대처가 가능한지에 대하여 검토할 필요가 있다. 구체적으로는 설계유량 이외의 유량에 대하여 수리단위 내의 유황, 수리단위간의 연계기능 및 수리단위 내의 과도현상 등을 검토하는 것이다.

사. 관체 및 연결관 등(관종 등) 선정

1) 사용관종의 선정

관종 등은 수리조건, 구조조건, 및 시공조건 등을 만족하여, 그 특성을 충분히 살릴 수 있는 것을 선정해야 한다. 기성관은 관종에 따라서 수리, 구조, 시공상의 특성이 다르기 때문에 현지조건 및 사용구간에서 보아 그 특성을 충분히 살릴 수 있는 것을 선정해야 한다.

관종선정시 완성후의 유지관리를 고려하여 동일노선은 가능하면 동일 종류의 관종을 선정하는 것이 바람직하며, 기본적으로 기준 관종은 기술, 경제성 관점으로 선정하고 특히 안전성 측면에서 강도가 필요한 지점은 필요에 따라 관종을 별도 선정하는 등의 배려가 필요하다.

2) 고려해야할 관종의 특성

기성관의 특성을 충분히 살리기 위해서는 다음 항목에 대하여 충분히 검토해야 한다.

- ① 하중에 대한 안전성(강도, 수밀성)
- ② 조도(물의 흐름에 대한 저항)
- ③ 내구성, 내분식성

아. 관수로계획과 환경과의 조화

환경에 대한 인식을 높이기 위하여 농업용 용배수로에 대해 수로가 갖는 본래의 송수기능에다 지역자원의 다양한 공익적·다원적 기능을 더하는 관수로정비를 실시해야 한다.(〈그림 3-1〉 참조) 각종의 환경기능의 향상을 도모함과 동시에 지역주민에게 쾌적한 생활환경을 제공하도록 추구해야 하며, 이를 위해 송수(이수) 기능에다 환경기능을 더해 관리하는 것에 대한 이해를 높이는 것이 중요하다.

1) 관수로 계획의 환경적 적응

친환경적인 설계는 관수로의 조사, 설계, 시공 및 유지관리에 친환경적인 마인드를 적용한다. 관수로 사업을 시행할 경우 자연환경 훼손 및 생태계 파괴를 최소화하고 주위의 문화재 및 지역특성, 경관 등을 고려하여 지역주민과 인접한 도시민에게 쾌적한 생활공간을 제공하는 환경친화적인 수로가 되도록 조사, 설계, 시공 및 유지관리에 도움을 주기 위하여 설계시부터 검토할 기본적인 사항을 규정한다.

농어촌정비사업의 친환경적인 조사, 설계를 위하여 제반 설계의 일반적인 사항은 "농업생산기반정비사업계획설계기준 친환경편('08)"을 기준으로 하되 친환경적인 요소를 고려하여 물리적, 사회적 지역여건 및 경제적 관점에서 본 종합적인 분석평가를 통하여 합리적인 조사, 설계가 이루어질 수 있어야 한다.

2) 환경친화적 관수로 설계의 기본방향

환경친화적 관수로 정비의 기본방향은 관수로 본연의 기능을 유지활용하고 자연환경의 보전과 조화, 농촌생활환경개선과 어메니티의 창출 및 농촌관광과의 연계를 통하여 균형과 조화를 추구한다. 자연환경은 생태환경과 자연경관으로 구분되어 관수로가 설치되는 지역의 자연환경뿐만 아니라 생활환경, 생산환경과 이들이 창출해낸 경관까지도 보전하고 개선하며, 이러한 것들과 관수로 본래의 관개기능에 다목적의 특성을 반영하여 설계하는 것을 환경친화적 관수로 설계의 기본방향으로 한다.

가) 관수로 본래의 기능 유지 활용

관수로의 기능은 작물생산에 필요한 용수를 공급하는 것으로 이러한 목적과 기능을 항상 만족시킬 수 있는 상태를 유지해야 한다. 그리고, 농촌용수의 지역용수로서 기능과 특성을 활용하여 생태환경, 생활환경, 어메니티를 보전하고 창출한다는 기본자세를 유지해야 한다.

나) 자연환경의 보전과 조화

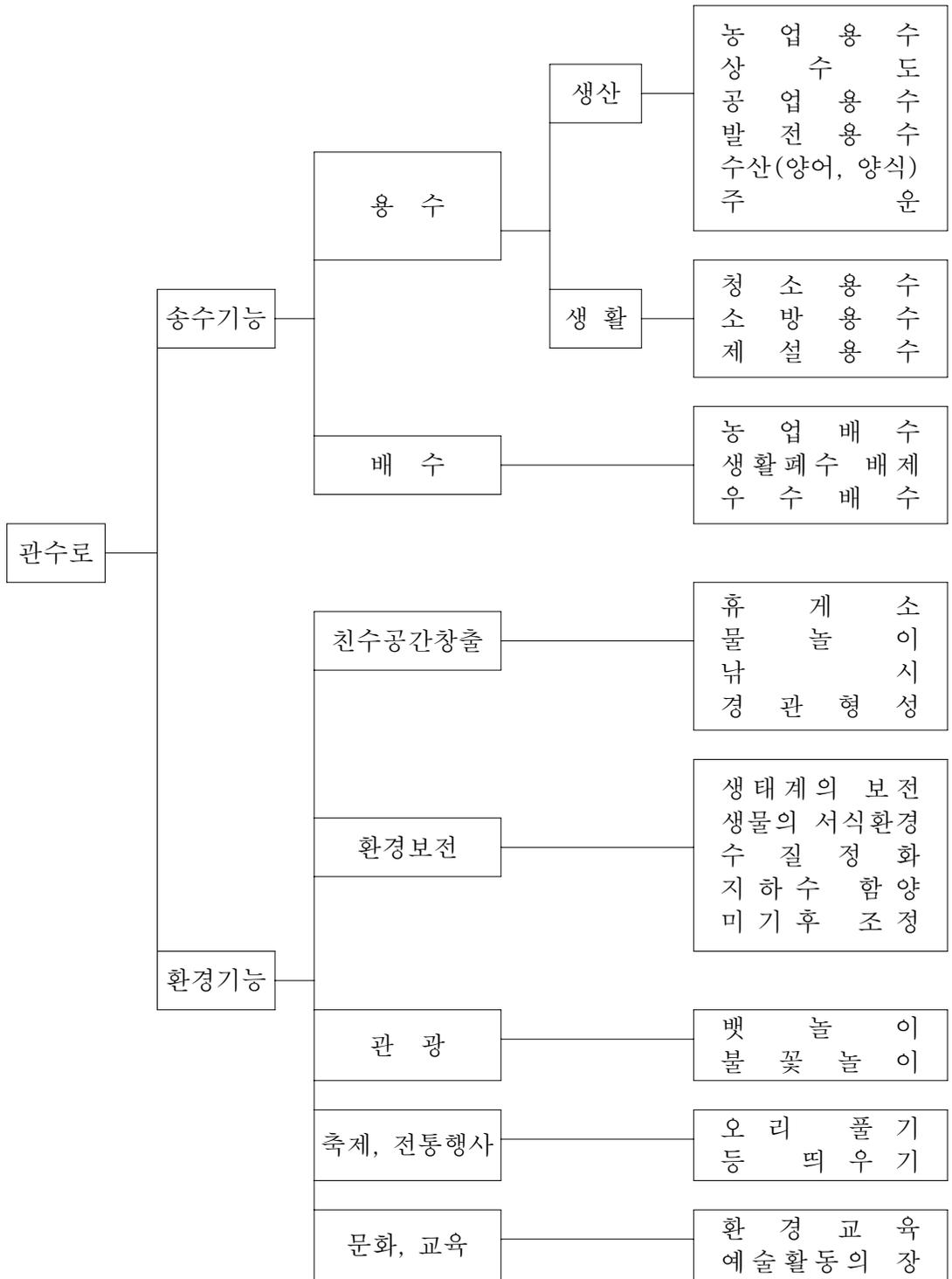
관수로 설치로 인한 생태환경의 변화에 따라 생태환경을 보전하고, 피해를 극소화하여 부득이한 피해에 대해서는 빠른 시일에 복원되도록 조치한다. 관수로 공사로 인한 자연경관의 훼손을 최소화하고 보전 및 복원하는 계획이 되도록 한다.

다) 농촌생활환경의 개선과 어메니티의 창출

관수로 설치에 따라서 일어나는 지역주민의 생활환경에 대한 충분한 배려가 필요하며, 주민의 관수로 이용 형태에 대해 다양한 방법으로 검토한다. 관수로의 본래의 기능을 달성하면서 지역주민의 생활에 보탬이 되도록 계획되어야 한다. 흘러가는 물이 있으므로 이를 직·간접으로 이용하는 수단을 강구하거나 주변에 수변환경을 창출하여 휴식의 장, 교육의 장으로 활용하는 등 다양한 이용형태의 창출로 지역주민의 생활에 편리함과 활력을 제공하는 수단을 고려해야 할 필요가 있다.

라) 농촌관광과 연계되는 정비

농촌관광의 구성에 있어서는 지역별 농업여건, 자연자원 및 인문자원 등의 입지적 특성을 고려하고 있으므로 농촌체험, 생태체험 등을 매개로 한 농촌관광의 활성화를 도모하는 차원에서 새로운 사회적 요구 및 변화를 수용하는 관수로 정비를 고려한다. 관수로의 조절시설 및 부대시설 등을 활용하여 인접지역의 여건을 감안하여 다양한 친수시설 및 수변정비에 필요한 용수공급 및 시설정비를 고려한다.



<그림 3-1> 수로의 공익적 다원적 기능의 예

자. 관수로의 설계총괄

관수로의 설계총괄은 설계의 일관성과 전체적인 조화를 위하여 종합적인 관점에서 검토해야 한다.

1) 관수로 시스템의 설계

설계유량에서 송·배수 정지에 이르기까지 혹은 송수정지에서 설계유량에 이르는 과정에서 시스템 내부의 부조화가 발생하지 않는지, 또는 예정한 체계로 대응이 가능한지, 어느 지점의 어떤 정보가 필요한지 등을 시간에 따라서 검토한다.

2) 시설설계

전 항의 요건을 만족한 관수로에 대하여 설계유량을 밑도는 물 사용시 및 초기 충수시의 유향과 변동에 대하여 검토한다.

3) 관수로의 설계총괄

장기간 사업을 시행하는 경우 관수로를 분할하여 설계하는 것이 많으나 이 경우 시스템 전체와 모순이 발생하지 않도록 유의하여야 한다. 설계총괄은 검토한 관수로 시스템의 설계내용을 집약하여 실제의 조작, 관리상 입장에서 검토하여 관 종단도에 관 제원, 부대시설의 위치·제원, 설계유량시의 수위·압력수두선, 설계유량 이외의 유량에서의 수위·압력수두선, 각 제수밸브 구간마다의 관로내 저류량 등을 기입한 자료가 필요하다. 이 자료를 바탕으로 실제 조작, 관리입장에서 검토하여 관수로시스템 설계를 완결하도록 한다.

3.2.3 관수로의 설계순서

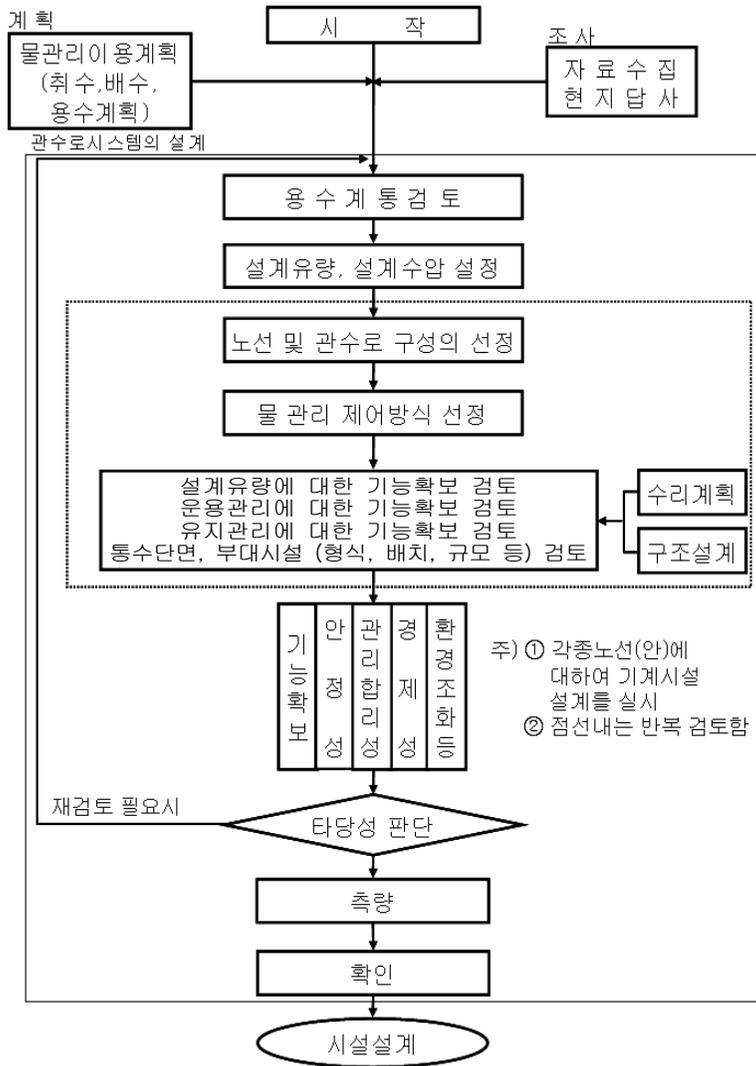
가. 관수로 시스템의 설계 순서

관수로의 설계는 수리 및 구조설계 외에 조작관리 등에 이르기까지 고려해야 할 사항이 복잡하게 관련되어 있다. 따라서 이들에 대한 관련성을 충분히 이해한 후 적절한 순서로 설계를 한다. 관수로 설계시 주어진 제반조건을 기초로 기능성, 안정성, 경제성을 고려하고 적절한 관수로의 구성 및 물관리 이용방식을 선정하여 그 시스템을 설계한다. 그 순서는 먼저 송수계와 배수계의 기능을 구분하고 조절지, 조압수조 및 분수시설 등에 따라 송수계의 공급조건과 배수계의 수요조건을 완충하는 시설을 배치한다. 그리고 구분된 각각에 대해서 지형조건, 관개방식, 물 이용형태 등을 검토하여 관체와 부대시설을 개략적으로 결정한다. <그림 3-2>는 관수로의 설계순서이다.

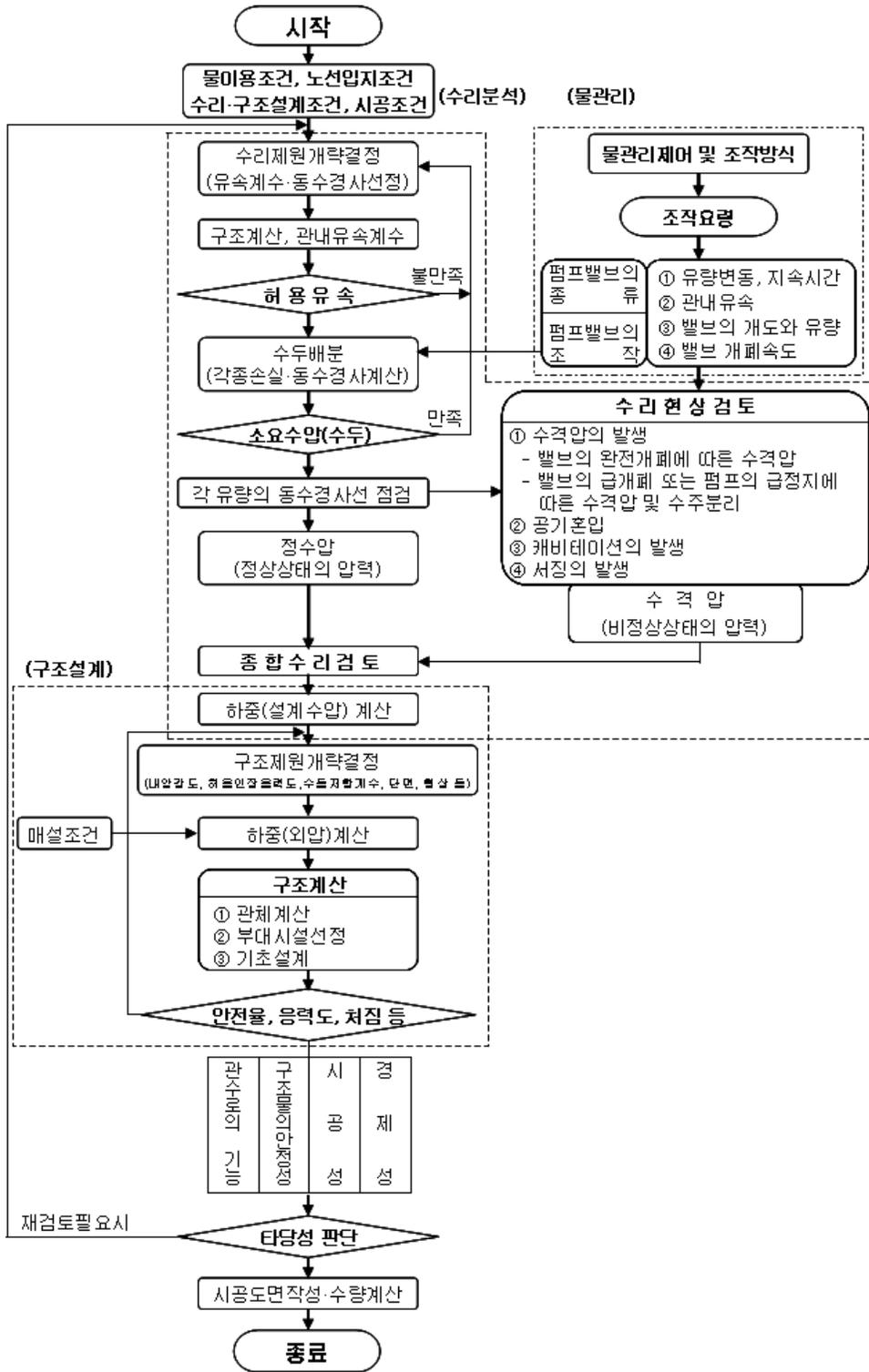
실제 작업시는 적절히 점검을 하고 필요시 종합적인 검토를 반복하여 관수로시스템을 확정하는 것이 좋다.

나. 시설설계의 순서

관수로 시설설계는 관수로 시스템의 기본설계에서 개략 선정된 관수로의 관로와 부대시설에 대해서 상세한 수리, 구조설계를 하는 것으로 그 결과가 관수로 시스템의 설계에 적합한 지의 여부를 점검하면서 <그림 3-3>의 설계순서에 따라 관수로 시설의 설계를 진행한다.



<그림 3-2> 관수로 시스템 설계개념도



<그림 3-3> 관수로 시스템 설계순서

3.3 세부설계

기본설계에서 정한 관수로의 기본적인 기능에 대한 조건 및 제원에 따라서 관수로를 구성하는 각 시설에 대하여 각각의 세부설계를 실시한다. 세부설계는 각 시설이 수리적, 구조적 제조건을 만족함과 동시에 관수로 시스템 전체가 조화를 이루도록 해야 한다.

세부설계는 관수로를 구성하는 다음의 시설에 대하여 상세하게 실시한다. 설계시 기본설계에서 작성한 전체로서 조화를 이룬 시스템을 구축할 수 있도록 해야 한다.

- ① 관로 및 관로와 일체가 되는 구조물(관채, 콘크리트보호공(쓰러스트블럭) 등)
- ② 부대시설(취수공, 분수공, 관리시설, 안전시설 등)
- ③ 물 관리 제어시설(계측기기, 감시기기, 전송기기 등)

설계는 상기의 각 시설에 대하여 수리해석 및 구조해석 등을 실시하여 경제적이고 안전한 시스템으로 해야 한다. 세부설계 단계에서 기본설계에서 결정한 제원에 영향을 미치는 것이 명백한 경우에는 기본설계로 되돌아가서 재검토해야 한다. 특히 노선이 크게 변한 경우에는 조정시설의 표고 및 위치 등이 변하는 경우, 수혜지의 위치 및 면적이 바뀌는 경우에는 기본설계로 되돌아가서 시스템 설계부터 전체를 재검토해야 한다.

3.4 노선선정

관수로 노선은 지형, 지질 등의 입지조건, 시공조건, 유지관리성, 용지보상 및 분수위치 및 형식 등을 종합적으로 검토하여 선정한다. 이 경우 용지의 취득, 지역의 개발계획 등에 관련되어 있는 경우도 있기 때문에 도상에서 여러 개의 노선에 관하여 비교·검토하여 최적의 노선을 선정한다.

※ 특히, 관로노선은 향후 실시설계 및 시공 추진과정에서 변동여건이 많은 부문으로 노선선정에 신중을 기하여야 한다.

3.4.1 노선선정 절차 사례

- ① 1/50,000~1/25,000 도면에 수원공과 공급지역 지역간 노선기입(3~5개안)
- ② 1/5,000도면에 위에서 선정한 노선을 기준으로 (안)별 노선표기
- ③ 현지답사(시공성, 민원발생, 경제성, 유지관리 등 고려)

- ④ 답사결과 장단점 비교
- ⑤ 검토(안) 선정
- ⑥ 관련기관 협의(도로, 하천, 철도, 해당지자체 등)
- ⑦ 세부현지조사(보상, 지질, 측량 등)
- ⑧ 최종노선 검토 확정

3.4.2 노선선정 방법

노선선정에 있어서 유의해야 할 일반적인 사항은 다음과 같다.

관의 포설고를 동수경사선 이하로 유지한다면 개수로와 같은 지형상의 제약을 받지 않는다. 이 경우 관수로의 관정부와 동수경사선과의 여유수두는 최소한 0.5m 정도 이상을 확보하는 것이 좋다. 이 여유수두는 계획최대유량시의 정상유황일 때의 값이다. 다만 물 관리 조작 등에 의해 유황이 비정상으로 된 경우에는 이 같은 여유수두가 작은 지점에서 부압이 발생하며 관수로가 파괴되는 경우도 있다. 따라서 여유수두가 작은 경우는 수격압을 검토해서 관수로의 안전성을 확인해야 한다. 또한 관수로의 형식에 따라서(특히 개방형 관수로의 경우) 소유량시에 하류측 수조의 수위에 최저수위가 발생하는 경우가 있기 때문에 주의를 요한다.(〈그림 3-4〉 참조)

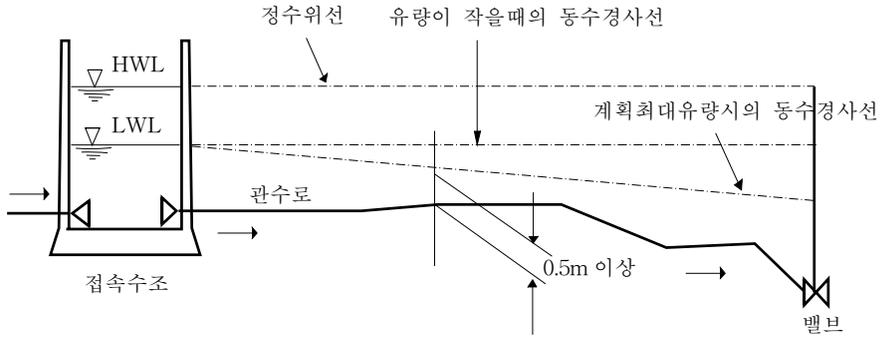
노선은 최단거리로 할 것. 다만 기복이 심한 곳에서는 관에 작용하는 내수압이 ㅁ부에서 크게 되어 고압이 된다. 이 같은 지형에서는 노선연장이 길어져도 우회한다. 이 경우에는 저압에서 대응할 수 있는 노선이 유리한 경우가 있기 때문에 경제적인 면에서 비교·검토한다.

사면붕괴의 위험이 있는 지역이거나 연약지반 지역 또는 피압지하수가 분포하고 있는 곳은 가능하면 피한다. 도로, 하천 등의 횡단은 가능한 한 직각 교차로 한다. 시공이나 관리의 편의를 고려해서 일반적으로 도로나 경지경계등을 따라서 배치하는 것이 좋다. 노선은 분수공의 위치에 의해서 제약을 받기 때문에 수혜지와의 관련을 충분히 파악해야 한다.

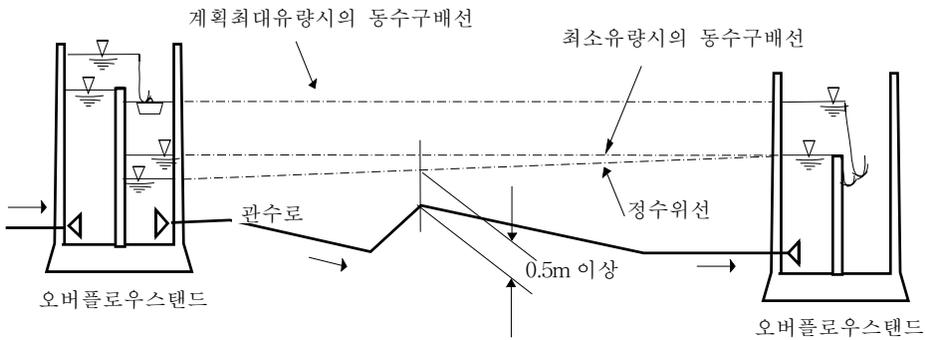
관수로의 노선선정은 방수공, 여수로, 조정시설 등의 설치위치, 규모결정에 상호 관련되어 있기 때문에 이러한 것에 관련되는 하천, 계곡의 상태에 관해서도 충분히 고려한다.

펌프송수계의 경우 압송관의 수격압 및 부압대책을 배려해서 노선을 선정한다. 특히 대구경의 관수로에서는 송수 정지시에 관내에 공기가 유입되지 않도록 하는 것이 중요하며, 관리의 수준 및 관리체제를 고려해서 노선 선정을 한다.

매설한 관수로가 지상부의 조건이 변화한 경우 관에 유해한 영향을 주기 때문에 장래에도 설계조건이 확보될 수 있도록 유의해서 노선을 선정한다.



(a) 폐쇄형의 경우(최저수위는 계획최대유량시에 발생한다)

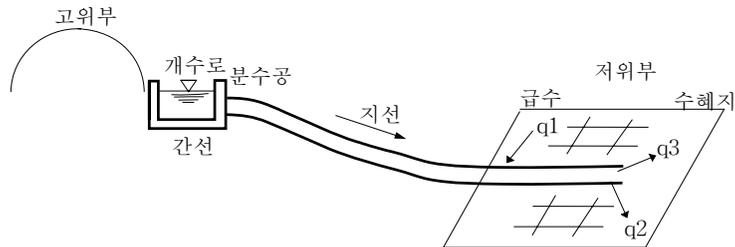


(b) 개방형의 경우(최소수위는 최소 유량시(때로는 0도 있다)에 발생한다)

<그림 3-4> 관수로 형식과 최저수위 발생

3.4.3 물 관리 측면의 노선선정

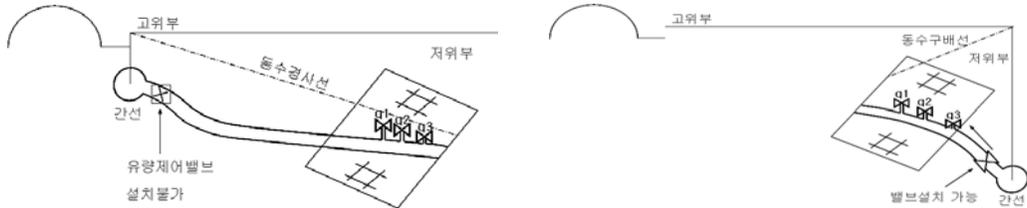
관수로 시스템의 물 관리 기능은 노선선정에 기초한 지형상의 종단선형에 지배되는 요소가 대단히 크다. 개수로의 경우는 간선라인을 지형상의 고위부에 배치하고 지선라인, 말단라인을 순차적으로 저위부에 배치하는 방식을 취하며, 물 관리 제어는 고위부(그림 3-5의 경우는 분수공지점)에서 한다.



<그림 3-5> 개수로의 배치방식

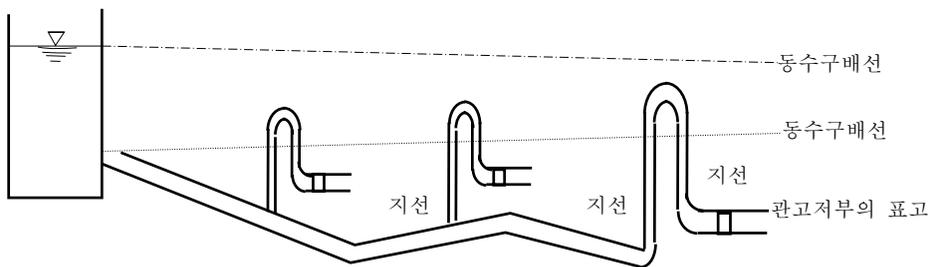
관수로 시스템에 있어서 <그림 3-6(a)>에 나타난 것과 같이 개수로와 같은 고위부에 간선을 배치하고 또한 물 관리제어를 고위부에서 하면 각 라인의 시설 용량이나 물 관리방식의 차이, 또는 말단밸브의 관리상태에 따라서 관수로 내에 공기가 혼입되어 분수공의 유량제어가 수리적으로 불가능한 경우가 있다. 이 같은 점으로부터 물 관리제어를 고려한 노선선정 방법으로서 다음 사항에 유의할 필요가 있다.

- 유량제어를 위해서 원칙적으로凸의 종단선형을 선정한다. 이같은 노선의 선정이 곤란한 경우는 수격압의 검토를 충분히 하여 선정된 노선의 안정성을 확인해야 한다.
- 간선계의 라인은 통수를 정지한 경우에 항상 관수로 내부가 만수상태를 유지하여 공기가 혼입되지 않게 종단 선형을 선정하는 것이 원칙이다. 그 예로서 <그림 3-6(b)>에 나타난 것과 같이 간선을 지선이나 말단보다 표고적으로 저위부에 배치하는 것을 생각할 수 있다. 이 같은 배치에서는 분수 밸브지점에서 통수를 정지시켜도 관수로내는 항상 만수가 유지된다. 또한 간선에 대해서 지선, 말단의 표고차가 없는 경우는 지선으로부터 말단의 분기점에 <그림 3-7>에 나타난 것과 같이 관을 설치하여 공기 혼입을 방지하는 방법이 있다.
- 노선상의 제약조건으로부터 앞의 나)항과 같은 노선을 잡지 못할 경우에는 물 관리제어 체계를 충분히 검토하여 공기혼입을 방지하는 대책을 세워야 한다.



(a) 고위부에 간선을 배치한 예 (b) 저위부에 간선을 배치한 예

<그림 3-6> 관수로의 배치방식

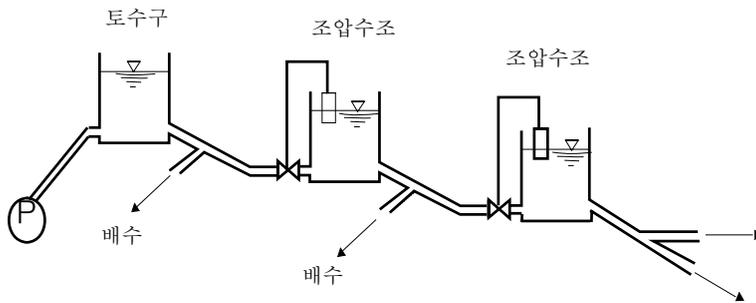


<그림 3-7> 간선에의 공기 혼입방지 예

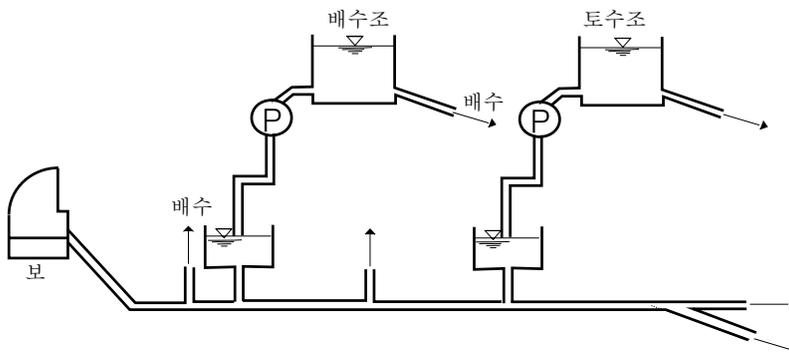
3.4.4 유지관리 측면의 노선선정

최근 펌프기술의 발달에 따라 대용량 고양정의 펌프를 사용하여 용수를 지구의 최고위부에 양수하여 순차로 감압시키면서 배수하는 방식이 가능하게 되었다. 이 같은 노선은 일반적으로 건설공사비의 경제성으로부터 결정되지만 양수하여 감압하기 때문에 유지관리 면에서는 불리하다. 종래 관수로 투자에 대한 경제성은 건설비용을 중심으로 생각해 왔지만 유지관리비의 관점에서도 검토해야 한다.

이 경우 관수로의 노선은 분산한 펌프를 결합하는 형태로 된다. 수원의 조건, 지형이나 수혜지의 분포조건에 따라서 이 같은 송수시스템이 가능할 것인가 하는 문제는 있지만 유지관리 경비에 착안한 노선의 선정도 검토할 가치가 있다.(<그림 3-8> 및 <그림 3-9> 참조)



<그림 3-8> 수원펌프 송수계



<그림 3-9> 분산펌프 송수계

또한 유지보수의 편리함을 고려한 시설 설계도 검토할 필요가 있다. 상수도 등의 사업지구에서는 연관을 통해서 용수공급을 해야 한다. 이 때문에 관수로의 보수, 사고에 대한 안전성을 고려하여 연관을 통해서 용수를 공급해야 하는 지구에서는 관수로의 복선화나 보수시의 대체기능의 확보에 관하여 검토할 필요가 있다.

구체적인 예로서 가지형 관수로 시스템 각각의 간선에 관하여 그 말단 부분을 연결시키는 것을 생각할 수 있다. 통상 이 연결부는 밸브에 의해서 단절되어 있으며 간선의 일부가 사고 등으로 송수불능이 되었을 때 밸브를 개방하고 연결부를 통해서 다른 간선부터 공급을 한다.

한편 대구경의 경우이거나 논과 밭 관개가 혼합되어 있을 때는 1개 라인만 설치하는 것보다는 2~3개의 라인으로 복선화 하면 관개시기에 따라 관개용수량의 증감변화에 대응하여 2개 라인 중 1개 라인만 사용하면 물 관리의 효율을 높일 수 있고 공사비 면에서는 유리할 수 있으므로 검토가 필요하다.

3.5 관수로 조직 및 선정

관수로의 조직은 관수로의 기능, 수리특성 및 물관리 등의 측면에서 송수계(送水系) 관수로와 배수계(配水系) 관수로로 구별되며, 관수로 조직에 필요한 시설은 송·배수관로, 조정시설, 압력조절시설, 펌프시설, 배수조, 분수시설, 양수시설, 통기시설, 보호시설, 안전시설, 관리시설, 기타시설 등으로 구성된다.

3.5.1 관수로 조직

가. 송수계 관수로

송수계 관수로는 수원공 시설에서 간선 또는 지선수로의 조정시설, 조압시설 또는 분수공까지를 말하여 적절한 용수를 안전하고 확실하게 송수할 수 있어야 한다.(〈그림 3-10(a)〉 참조)

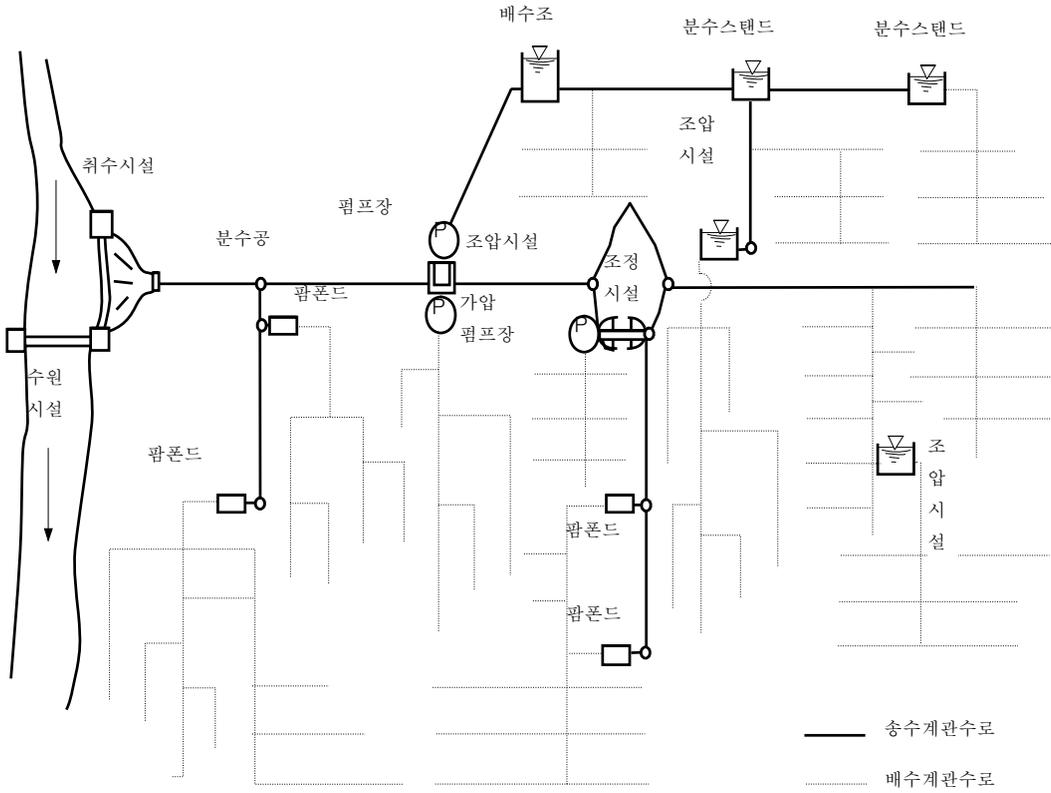
나. 배수계 관수로

배수계관수로는 송수계관수로의 조정시설, 조압시설, 분수공 또는 수원공시설에서 포장내의 말단 급수전까지를 말하며 용수를 안전하고 확실하게 배수할 수 있어야 한다.

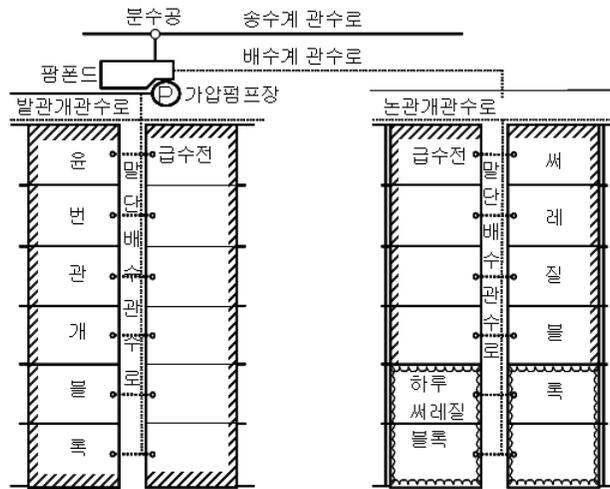
3.5.2 관수로 시스템의 구성요소

관수로 시스템은 송·배수관로외에 조정시설, 조압시설, 펌프시설, 배수조, 분수 시설, 양수시설, 통기시설, 보호시설, 안전시설, 관리시설 등 부대시설로 구성된다. 각 시설에 추가기능을 첨가하든가 타 용도에 사용되는 경우에도 대체로 유사하게 구성되며 각 시설의 기능과 내용은 아래와 같다.

- ① 송·배수관로 : 물을 송수하는 관으로 직관, 이형관과 이들을 연결하는 이음관 등으로 이루어져 있다.
- ② 조절시설 : 조절시설은 용수의 원활한 배분조정과 효율적 물이용이나 관수로의 보수·점검 등을 위하여 물을 확보하는 시설로서 조절지나 팜폰드(farm pond), 배수조(配水槽) 등이 있다.
- ③ 분수시설 : 분수시설은 송수계관수로 간에 또는 송수계관수로에서 배수계관수로로 조정배분하기 위한 분수공과 말단포장으로 직접관개하기 위한 급수전으로 대별된다.
- ④ 급수전 : 관수로 조직의 말단에서 포장으로 용수를 공급하여 급수하기 위한 장치로서 유량을 조절할 수 있는 밸브를 주로 사용하며 수동, 자동, 전동으로 개폐할 수 있도록 되어 있는 시설이다.
- ⑤ 조압시설 : 조압시설은 분수공 및 급수전에서 포장으로 급수하는데 필요한 수압이나 수량을 조절하는 수위조절형 조압시설과 잉여압력을 감압 조절하는 감압형 조압시설로 분류한다.
 - ㉠ 수위조절형 조압시설
 - 스탠드분수공형 : 수문스탠드형과 월류스탠드형이 있으며 모두 개방형 관수로에 적용되고 있다.
 - 밸브조절형 : 제수밸브(분할밸브, 버티플라이밸브)에 의해 조절되는 것으로 폐쇄형 관수로에 적용된다.
 - ㉡ 감압형 조압시설
 - 감압스탠드형 : 스탠드에 의해 압력이 조절되는 것으로 개방형관수로에 적용된다.
 - 감압밸브형 : 감압밸브를 사용하여 압력을 조절하는 것으로 주로 폐쇄형 관수로에 적용된다.
 - 플로트형 : 플로트밸브를 사용하여 스탠드의 수위를 일정하게 보호 유지하게 하는 것으로 폐쇄형 관수로에 적용된다.
- ⑥ 통기시설 : 통기시설은 송배수관내의 체류공기를 신속히 배제시키거나 송배수를 급정지시킬 때 발생하는 급격한 압력변화를 흡수하여 완화시키는 시설로서 통기공, 통기스탠드, 압축통기스탠드, 공기밸브 등이 있다.
- ⑦ 보호시설 : 보호시설은 관수로에 발생하는 이상한 압력변화 등을 경감, 배제하거나 관수로 자체를 기능적, 구조적으로 보호하기 위한 시설로 수격 완충장치, 여수토 등이 있다.
- ⑧ 안전시설 : 안전시설은 수로관계자 및 일반인의 안전을 확보하기 위한 시설로 가드레일, 펜스, 난간, 구조로프, 사다리, 표식 등이 있다.



(a) 송·배수계 관수로의 배치 예



(b) 배수계관수로의 배치 예

<그림 3-10> 송·배수계 관수로의 조직개념

- ⑨ 관리시설 : 관리시설은 원활한 용수의 배분 및 제시설의 유지관리를 위한 시설로 제수밸브, 제진시설, 맨홀, 검사공, 물 관리시설 및 관리용 도로 등이 있다.
- ⑩ 계량시설 : 계량시설에는 대상지역의 적절한 송·배수관리를 위해 설치하는 유량계와 부대시설이 있다.
- ⑪ 펌프시설 : 펌프시설은 수원에 설치하는 경우와 관로의 도중에 가압펌프(booster pump)를 설치하는 경우가 있다.
- ⑫ 기타시설 : 기타 관련시설은 관수로와 일체적인 기능을 하는 시설로서 댐, 두수공 등의 수원시설과, 수원으로서 하천, 호수 등의 각종 관련시설을 포함한다.

3.5.3 물관리 형식

관수로 물관리 형식은 수요주도형과 공급주도형으로 구분할 수 있다. 물관리 형식은 관수로 형식과 밀접한 관계가 있으며 물관리 형식의 개념 및 관수로 형식과의 관계는 다음과 같다.

<표 3-1> 물관리 형식과 관수로 형식과의 관계

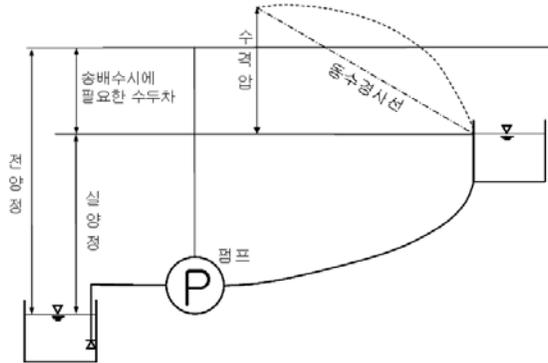
물관리형식	수요주도형	공급주도형
개념	수요자가 필요에 따라 급수전을 조작하여 사용하는 방식	관리자가 사전에 공급량을 파악하여 공급량을 조정한 후 영농시기에 맞추어 급수하는 것
관수로 형식	<ul style="list-style-type: none"> ① 폐쇄형, 반폐쇄형 관수로는 수요주도형 물관리 가능 ② 개방형 관수로는 수문을 사용하면 가능하나 현실적으로 곤란 ③ 수요량을 예측하여 수량을 공급할 수 있는 관수로시스템 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ① 개방형 관수로에 채용되는 상류수위 물관리 방식임 ② 폐쇄형 또는 반폐쇄형 관수로는 관리자(공급자)가 분수량을 원격감시 시스템으로 공급주도 물관리 가능 ③ 관망배관은 공급주도 물관리 곤란

3.5.4 관수로 조직 선정방법

가. 송·배수방식 선정

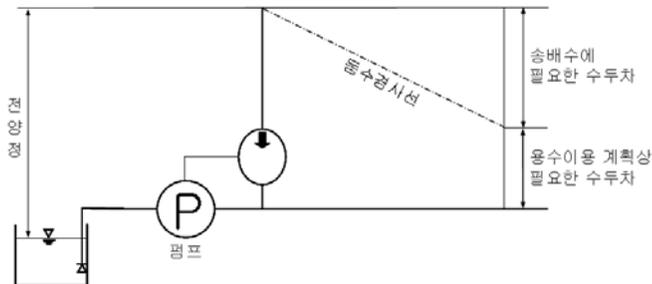
송수방식은 자연압식과 펌프압송식이 있는데 원칙적으로는 자연압식으로 한다. 수두배분의 결과로부터 가압 또는 양수를 필요로 하는 경우에는 분산가압방식으로 할 것인지, 일괄가압방식으로 할 것인지를 경제성 등을 비교 검토 후 결정한다.

노선 및 분수공의 위치가 결정되면 지반고 및 용수이용 계획상 필요로 하는 압력 수두로부터 송수에 필요한 수두차 또는 송수이용을 할 수 있는 수두차가 결정된다. 이것을 기초로 다음사항을 고려해서 송배수 방식을 선정한다.(<그림 3-11> 참조)



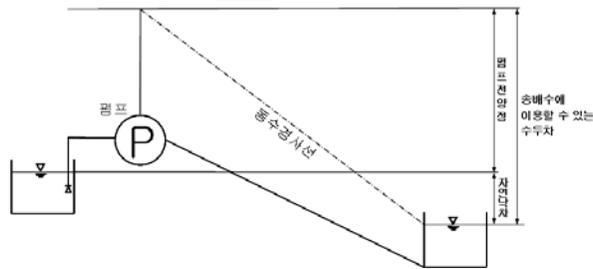
<그림 3-11> 배수조식(配水槽式)

펌프압송방식에서는 일반적으로 관수로 형식을 폐쇄형으로 택한다. 전양정을 크게 취하면 송수에 이용할 수 있는 수두차가 크게 되어 관채 비용은 저하하지만 펌프규모가 크게 되기 때문에 에너지 비용이나 시설비용은 높아진다. 경제유속을 기본으로 해서 양자의 균형을 맞추는 것이 중요하다.



<그림 3-12> 압력수조식(壓力水槽式)

유량 제한이나 펌프 운송방식과 관수로의 구성과는 밀접하게 관련이 있기 때문에 양자의 관련을 충분히 검토하는 것이 중요하다. 또한 펌프의 기동, 정지시 또는 정전시에 수격압이 발생하기 때문에 관수로의 설계에 있어서는 이러한 것을 충분히 검토해야 한다. 펌프 압송방식의 기본구성에는 다음에 나타내는 종류가 있다. 낙차를 충분히 확보할 수 없는 경우에는 <그림 3-13>에 표시한 것과 같이 펌프 가압에 의해 관로의 관경을 축소해서 경제성을 높이는 경우도 있다.



<그림 3-13> 저낙차 수로식(직송식)

나. 관수로 형식 선정

관수로 형식은 송·배수에 이용할 수 있는 수두차나 용수이용계획에 필요한 압력수두 및 물관리 제어방식을 고려해서 선정한다.

1) 개방형

기본적으로는 역사이폰이 연속한 것으로 생각할 수 있으며 개수로와 폐쇄형의 중간적인 특성을 갖고 있다. 노선 선정상에서는 개수로에 비해서 자유도가 크지만 분수공의 위치는 지형조건에 의해 크게 제한된다. 수조(스탠드)간의 표고차가 크면 하류측 수조의 높이는 지표면보다 대단히 높게 해야 한다. 관리나 구조상의 안전성 등으로부터 그 높이는 제한을 받기 때문에 낙차가 큰 곳에는 이 타입을 채용할 수 없다.

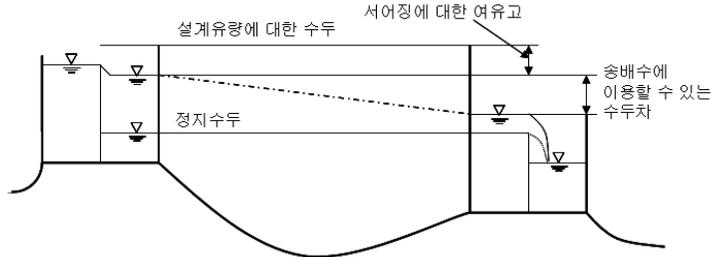
상하류 수조간의 낙차가 적기 때문에 관수로 유속은 비교적 적으며 또한 양단 수조에 의해 끊임없이 압력이 흡수되기 때문에 수격압에 의한 위험성은 현저하게 적다. 더욱이 물 관리 제어에 특별한 장치는 불필요하며 유지관리는 용이하다. 따라서 이 타입은 특히 높은 안전성이 요구되는 대간선수로에 많이 채용된다.

한편 이 방식은 유량변동, 공기연행에 기인해서 불안정한 수면진동(서어징)이 발생하기 때문에 서어징을 작게 하기위한 대책이 필요하다. 또한 수면진동이나 공기 연행 등에 대처하기 위해서 수조의 천장과 수위와의 사이에 적당한 여유고를 설치하는 등의 조치가 필요하다. 수조설계에 있어서는 이 같은 점에 충분히 배려할 필요가 있다.(<그림 3-14> 참조)

2) 폐쇄형

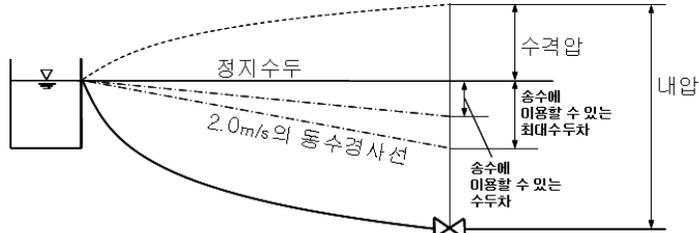
폐쇄형의 특징은 낙차를 활용해서 말단 분수점에 압력수두를 확보하거나 또는 유속을 크게 해서 시설비 절감이 가능한 점이다. 또한 수류는 하류밸브의 폐쇄에 의해 완전히 정지하기 때문에 물 관리손실은 적다. 그러나 역으로 관체에 커다란 압력이

걸리고 더욱이 밸브의 제어에 의해서는 커다란 수격압이 발생하기 때문에 내압강도가 큰 관종을 선정해야 한다. 특히 수격압에 대하여 충분히 안정성을 확보한 다음 적절한 강도를 갖는 경제적인 관종을 선정하는 것이 설계상의 기본적 과제이다.



<그림 3-14> 개방형

수격압은 수리단위내의 평균유속에 의하여 기본적으로 규정되어 있다. 이 수리단위의 평균유속의 제한치를 2.5m/s로 하고 이것을 넘는 경우에는 별도로 감압조치를 취하고 낙차를 조정하거나 또는 수격압에 대해서 특별한 대책을 세울 필요가 있다. 이 제한범위 내에서 유효낙차는 최대한으로 활용한다.

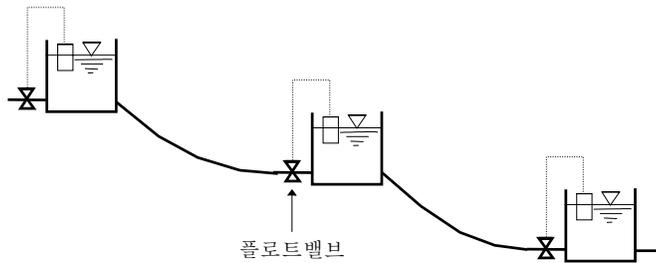


주) 수격압은 관내 초기유속과 수리단위의 경계조건 및 수리단위 내 각부의 압력전파속도가 종합되어진 결과에 따라 압력 상승치가 결정된다. 따라서 수격압을 일으키는 원인인 관내에 막혀있는 운동에너지의 총량은 국부적인 유속이 아니고 수리단위 내부 전체에 걸친 평균유속을 기본으로 산정하는 것이 가능하다.

<그림 3-15> 폐쇄형

3) 반 폐쇄형

반 폐쇄형은 수리학적으로는 폐쇄형과 동일하며 밸브를 하류측의 수조수위에 의해서 제어하는 방식이며, 진술한 폐쇄형과 같은 설계법을 택한다. 따라서 밸브의 선정에 있어서는 수격압과의 관계를 충분히 고려하는 것이 중요하다. 한편 이 유속 2.5m/s는 수리단위 전체에 걸친 평균유속의 한계치이며, 국부적으로는 이것을 넘는 것도 있다. 단 그 경우에도 국부적인 유속은 허용설계유속의 최대한도 값을 넘지 않도록 한다.



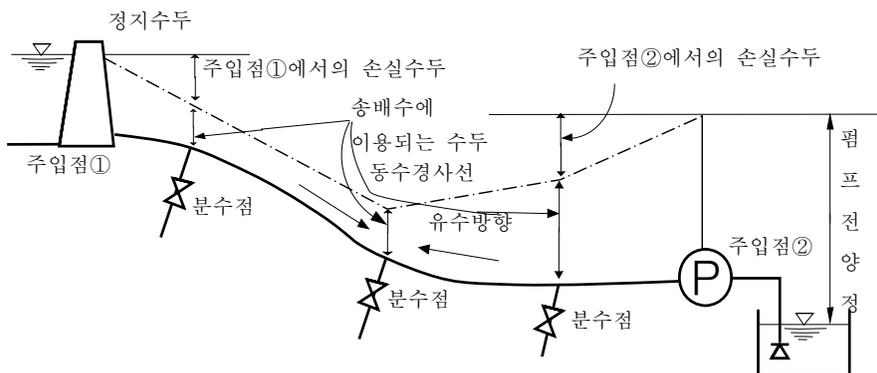
<그림 3-16> 반 폐쇄식

다. 배관방식의 선정

배관방식은 가지형 배관과 관망식 배관이 있는데 지형, 관개목적, 물 관리 등을 고려하여 선정한다. 즉 가지형배관은 관망배관에 비해서 총 연장은 짧지만 평균 관경은 크다. 기복이 큰 지형이나 미리 정한 용수사용계획에 따라 관개하는 경우에는 경제성이나 기능이 우수하다. 그 때문에 발관개 관수로에 많이 사용되고 있다. 송수계관수로는 일반적으로 가지형 관수로를 채용한다.

관망배관은 평탄지에서 압력의 균등성이 요구되는 경우에 효율적인 방식이다. 사전에 순서가 정해지지 않고 자유로이 관개하는 경우나 써레질용수와 같이 특정 지점에서 다량의 용수를 필요로 하는 경우 등에 적합하지만 그 반면 물 관리가 곤란해지기 때문에 주의가 필요하다.

분산된 수원을 통합하거나 물 이용상의 유연성을 증대하기 위해 다수의 용수원 으로부터 용수를 공급하는 다점 주입방식을 취한다. 이 다점 주입방식은 설계가 복잡하고 난해하므로 충분한 검토가 이루어지지 않는 경우 목적하는 기능을 확보 할 수 없기 때문에 주의가 필요하다.



<그림 3-17> 다점 주입방식

3.6 수리설계

3.6.1 수리단위(水理單位) 설정

가. 수리단위의 정의

농업용 관수로시스템을 계획 할 때는 농업용관수로의 물 사용 특성으로부터 발생하는 다양한 유황 등이 관수로 시스템 내에서 시설에 미치는 영향범위를 파악한다. 이 영향 범위는 몇 개의 경계점으로 나눌 수 있는데 예를 들어 수원에서 조정시설, 분수시설, 조압시설, 펌프시설 등의 구간까지 또는 이들 시설의 구간이 해당된다.

경계점의 조건은 설계 목적, 지형, 관개지역의 상황, 물 관리 등으로부터 주어진 수치 또는 특성에 있어서 주로 유량, 수두, 유속, 수위로 미리 주어지는 것이다. 이들의 경계점을 포함하는 일련의 시설군을 "수리단위"라 정의한다. 따라서 수리단위의 구성목적은 수리단위 내에 독립된 유황이 존재하므로 상하류 경계조건에서 주어지는 통수시설과 기타시설의 구성 상황을 정하는데 목적이 있다. 또한 관수로 시스템의 일부 수리단위에 있어서 시설 및 노선의 변경 등이 생겨도 이에 인접한 상하류 수리단위에 중대한 영향을 미치지 않도록 방지하는 것도 수리단위의 구성 목적이 있다.

나. 수리단위의 경계조건

관수로 시스템 설계에서는 이를 구성하는 수로계통 전체를 한 개의 체계로 하고 이 체계를 적당한 수리단위로 분할하여 각 수리단위의 연결 관계를 명확하게 해야 한다. 보통 수리적인 경계조건은 수위(압력)경계, 유량경계, 수위-유량경계로 대별된다. 이러한 경계조건은 수리단위 내에서는 유황을 정하는 수치로 이용되며 인접한 수리단위에서는 상호간의 연결조건으로 이용된다.

수리단위내의 유황은 해당단위의 수리해석만으로 파악할 수 있으며 수리단위간의 연결에 대해서는 수리단위내의 유황과는 별도로 각 수리단위의 경계조건에 부합되어야 한다.

<표 3-2> 수리단위의 경계조건

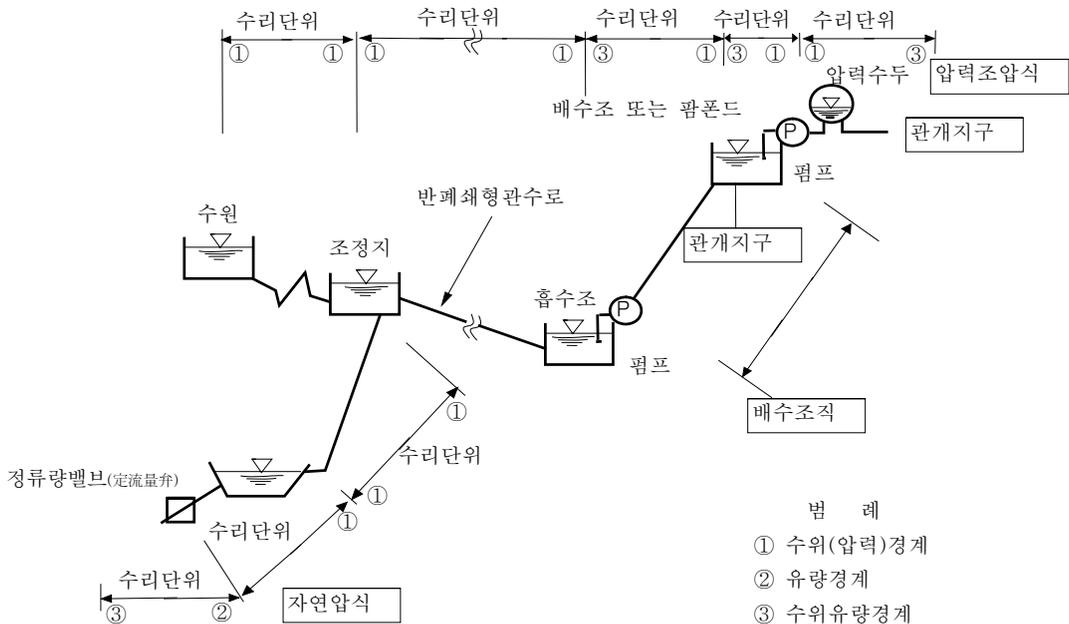
경 계 구 분	내 용
수위(압력)경계	수조 등에 의하여 일정수위로 조절하는 것을 말한다.
유 량 경 계	통수시설이나 유량 밸브 등에 의해서 유량을 조절하는 것을 말한다.
수위유량 경계	펌프, 밸브 또는 오리피스에 의해 수위와 유량을 조절하는 것을 말한다.

다시 말하면 송배수조건, 관리조건별로 물 관리정도를 가정하여 경계점을 간선, 지선, 말단 등의 단계로 수리단위를 나누고 이들에 대해서 물관리 및 시설관리계획을 설정한다. 따라서 수리단위는 수리상 기본단위이면서 동시에 관리 및 조작상 기본단위라고 할 수 있다.

다. 수리단위의 설정

1) 설정순서

- ① 제1단계는 우선 수리조건, 송배수조건 및 물 관리조건(수준) 등을 고려해서 전체의 수로계를 수리경계가 되는 시설(조정시설, 분수시설, 조압시설, 펌프 시설 등)로 분할한다. 간선, 지선, 말단의 계층이 되도록 수리단위를 분할하고 각각에 관하여 검토를 하면 물 관리나 시설관리 계획에 필요한 내용이 명확해진다.
- ② 제2단계는 각 수리단위간의 결합조건을 고려하여 수리단위를 구성하고 수로계 전체로 넓혀 가면 좋다. 만약 검토 단계에서 물 관리 조작상의 부적격이 발생하면 수리경계가 되는 시설위치의 변경, 추가, 폐지, 시설 기능의 변경 등에 의해서 다시 구성한다. <그림 3-18>은 이 수리단위의 분할과 시스템 구성의 개념을 나타낸 것이다.



<그림 3-18> 수리단위의 분할과 시스템 구성의 개념

나. 수리단위의 구성 예

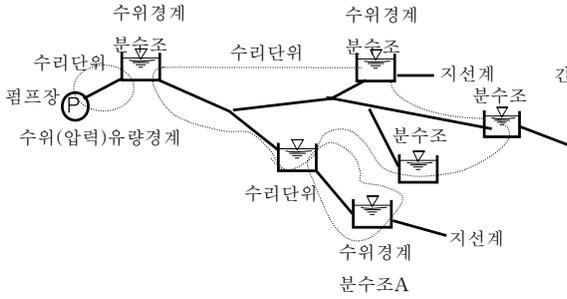
수리단위의 구성 예를 간선계, 지선계, 말단계, 논밭 병용 등으로 구분하여 다음과 같이 표시한다.

- ① 간선계의 경우는 <그림 3-19(a)>에서 보는 바와 같이 점선으로 둘러 쌓인 3개의 수리단위가 설정되어 있다. 경계조건은 수위경계이다. 본 예의 수리단위는 물 관리상으로는 간선계의 수리단위로서 취급된다.
- ② 지선계의 경우는 <그림 3-19(b)>에서 보는 것처럼 간선계의 A 분수조로부터 나오는 지선에 있어서의 수리단위의 구성 예이다. 경계조건은 감압시설에 의한 수위(압력)경계와 정유량밸브(밸브 B)에 의한 유량경계이다. 물 관리상에서는 지선계의 수리단위로서 취급된다.
- ③ 말단계의 경우는 <그림 3-19(c)>와 같이 지선계의 정유량 밸브(밸브 B)가 지배하는 관수로계에 있어서 복수의 급수전과 접속하는 관로 및 분수밸브를 하나의 수리단위로 하고 있다. 필요하다면 이 수리단위를 더욱 세분하는 것도 가능하다.
- ④ 논과 밭 병용관수로의 경우는 <그림 3-19(d)>와 같이 논 계통을 감압할 필요가 있기 때문에 밭과 논으로 나누어서 수리단위를 설정한다. 실선으로 표시한 부분이 말단계의 수리단위이다.

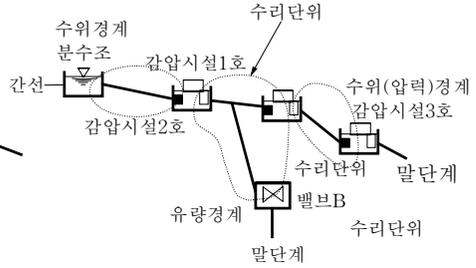
라. 수리단위의 구성시 유의사항

수리단위의 구성은 노선선정에 의해서 계획된 관수로 시스템에 의해서 용수 이용계획으로부터 요구되는 제반기능을 확보하기 위한 수리설계의 기본이 되는 것이다. 수리단위의 구성에 있어서는 다음사항에 유의해야 한다.

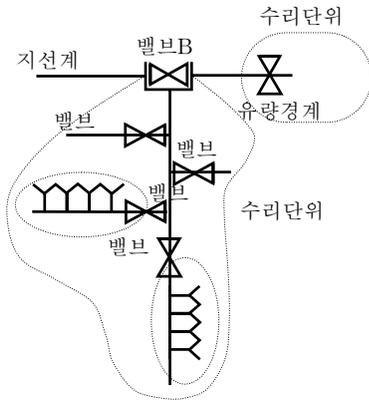
- 수리단위를 구성하는 경우는 노선선정에 의해서 계획된 관수로 시스템 전체를 평면도 및 종단도에 표시하는 것이 중요하다. 그 위에 관수로 시스템 내의 유힘의 경계가 되는 지점과 그 내용을 검토한다.
- 관수로 시스템 상에서 경계조건을 결정한 후에 그 범위를 둘러싼 수리단위를 구성한다.
- 경계조건 설정은 노선 선정상의 지형조건으로부터 필연적으로 정해지는 경우(배수조 방식의 경우의 수조나 소정의 관수로 내의 압력을 유지하기 위한 감압시설) 등이 용수이용계획상의 조건에 의해서 설정되는 경우(시설 용량의 차이를 조정하기 위한 조정시설이나 물 관리제어를 위한 시설 등)가 대상이다. 특히 후자의 경우 용수이용계획 내용을 충분히 검토한 후에 경계조건을 설정하는 것이 중요하다.



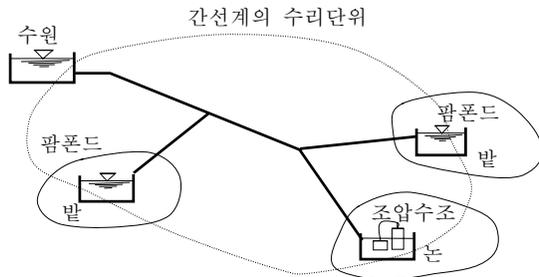
(a) 간선계의 예



(b) 지선계의 예



(c) 말단계의 예



직분수의 경우

(d) 논과 밭 병용관수로 예

<그림 3-19> 수리단위의 구성 예

- 설계변경 등에 의해 펌프나 물관리 제어시설의 위치변경 또는 새로운 설비를 추가하는 경우 당초 계획된 수리단위의 구성을 변화시키기 때문에 관수로 시스템 전체의 유황에 부적합성이 발생하는 경우가 있다. 따라서 이러한 경우는 시스템 전체의 수리단위의 합리성으로부터 검토하는 것이 중요하다.
- 관수로 시스템 상에 구성된 수리단위는 유지관리를 하는 경우의 관리 단위로서 취급할 수 있다. 따라서 수리단위 구성은 시스템 완성후의 유지관리 상황을 고려해서 검토해야 한다.

3.6.2 수두배분 및 설계수위

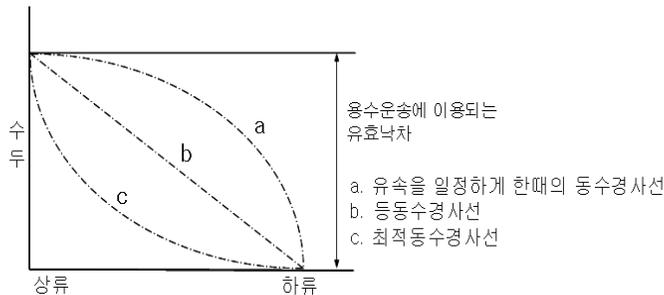
관수로에 있어서 수두배분은 설계유량을 경제적으로 송배수하기 위한 것으로서 관수로의 통수단면 결정에 있어서는 관로상의 각 점의 필요수위를 만족하면서 경제적인 동수경사를 결정하는 것이 중요하다.

가. 수두배분의 개념

관수로에서 설계유량을 경제적으로 송배수하기 위하여 수두배분이 필요하며 관수로의 통수단면 결정에 있어서는 동수경사선의 형상과 경제적인 관로의 설계라고 하는 개념에 대해서 <그림 3-20>에 나타난 바와 같이 관로상의 각 점의 필요수위를 만족하면서 경제적인 동수경사를 결정하는 것이 중요하다.

수리단위내의 수두배분과 통수단면의 결정은 다음 사항을 참고로 해서 검토한다.

- 동수경사선은 아래로 볼록한 형태(최적배분선)가 되도록 결정하는 것이 좋다.
- 관내유속은 관경이 작아짐에 따라 빨라진다.
- 관경을 줄일 경우는 되도록 상류의 대구경관을 줄이도록 한다.
- 관경을 크게 할 때는 되도록 하류의 소구경관을 크게 하도록 한다.
- 도중에 분기나 분수가 있으면 배분작업이 대단히 복잡해지므로 적어도 등동수경사법에 의한 낙차활용을 기본으로 한다.



<그림 3-20> 수두배분의 개념도

나. 시점부의 수두결정

관수로의 설계시점 수위는 수리단위의 최상류 수리시설로 댐, 두수공 또는 수조가 대상이 된다.

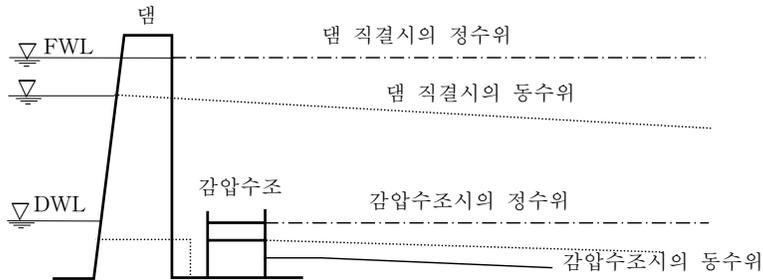
1) 댐 취수시의 설계시점 수위

댐의 저수위는 일반적으로 <표 3-3>와 같은 방법에 의해 결정된다. 댐 직결 관수로의 경우는 관수로에 작용하는 최대의 정수압은 FWL(HWL)로 되고 동수위의 최저는 DWL(LWL)의 때에 발생한다. 댐의 수위는 수심이 큰 경우에는(일반적으로는 제고 15m 이상을 댐으로서 취급한다) 관개기간의 동수위가 크게 변동해서 물관리가 어려워지기 때문에 자연유하의 관수로에서는 댐 직하에 감압수조를 설치하는 경우가 많다.

<표 3-3> 댐 저수위의 결정

결정 과정	내 용
①	수익면적에 대한 필요수량(댐 의존량)을 계산한다.
②	댐 후보 지점의 유역면적과 강우량 등의 기상자료 및 관련자료 등으로부터 댐 지점의 장기간의 댐 유입량(하천의 자연유량)을 추정한다.
③	①, ② 및 댐 하류의 기득 수리권이나 하천의 정상 유량 등에 의한 저류제한 유량을 고려해서 댐의 물수지 계산을 하고 장기간에 있어서 (20~30년간) 댐 저류 필요량(댐 확보 수량)을 구한다. 이때 댐은 무한히 큰 것으로 한다.
④	상기 ③에서 구한 댐 확보수량을 확률계산 등에 의해 기준년의 댐 확보수량을 구한다.
⑤	기준년의 댐 확보수량에 대해서 저류손실이나 퇴사량을 예상해서 댐의 용량을 구한다.
⑥	댐의 용량에 대해서 댐 지점의 H~V(수위~저수량)곡선에 의해 댐의 상시 만수위 (댐이 만수위일 때의 수위, FWL)와 사수위(유효저수량이 0일 때의 수위, DWL) 등 계획수위를 결정한다.

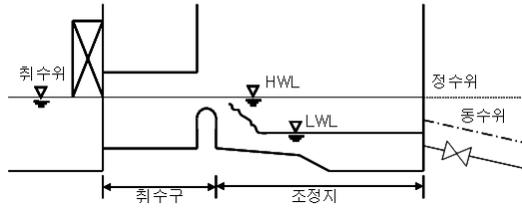
댐 직결로서 댐수위 저하시에 펌프에 의해서 양수되는 경우에는 펌프의 운전 요금을 비교하고 직결로 할 것인가 감압방식으로 할 것인가를 판단한다. 이 경우는 댐의 물수지계산으로부터 자연유하가 가능한 댐 수위의 기간과 그때의 양수량을 조사해서 펌프의 운전시간으로 환산하여 전기요금을 구한다. 또한 정수압의 증대에 의해서 관수로의 설계압력의 증가 때문에 관로의 공사비는 증가하므로 경제성을 검토할 필요가 있다.



<그림 3-21> 댐 취수위

2) 보 취수시의 설계시점 수위

관수로 시스템의 최상류에서 보에 의해 취수되는 경우 보에서의 취수위는 하천의 게이트 등에 의해 조정되기 때문에 관개기간에 따라 큰 변동은 없다. 따라서 이 수위를 관수로 시스템의 취수위(즉 정수위)로 하면 좋다.



<그림 3-22> 보의 취수위

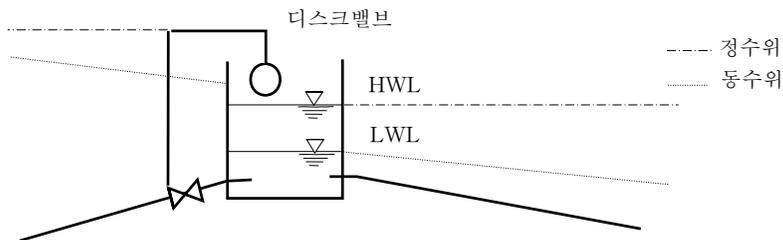
단 관수로 시스템의 취수량은 말단의 밸브조작에 의해 영향으로 변화하고 취수위는 일정해도 취수량이 기별의 설정유량을 초과하는 경우가 있기 때문에 취수 게이트로부터 감시수조에 이르는 도수로부에는 월류형의 격벽, 또는 제수게이트 등을 설치해서 항상 공급 주도형의 취수가 실현될 수 있게 해야 한다. 이 경우 하류 관수로 시스템의 유량 변동이 단시간에 크게 발생된다고 예상되어 질 때에는 감시수조의 수면적을 충분히 확보하여 수위저하에 의한 관수로 시스템에 공기가 혼입되지 않도록 주의해야 한다.

3) 중간수조가 있는 경우의 설계시점 수위

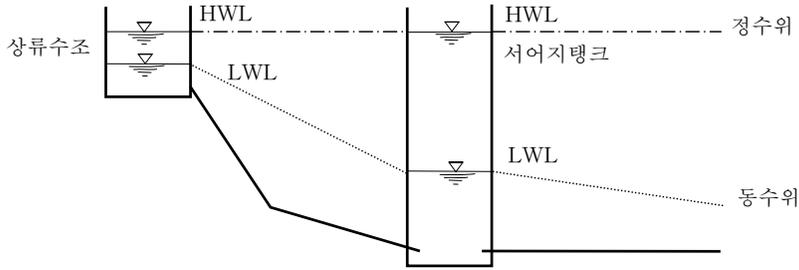
관수로의 중간에 조정지, 조압수조, 펌프 등 수조가 있는 경우는 이후의 관수로 설계시점 수위는 다음과 같이 결정한다.

가) 유입부에 감압 플로트(디스크밸브)밸브가 있는 경우

수조의 수위가 HWL이 되면 유입이 정지되기 때문에 관수로의 시점수위는 수조의 HWL 및 LWL이 된다. 수조 용량에 관해서는 별도의 계산에 의해 구한다. (밸브조작을 위한 용량이나 수류의 감압확산에 필요한 용량, 수격압 대책 및 물 관리에 필요한 용량 등)



<그림 3-23> 수조 취수위



<그림 3-24> 수조(서어지탱크)의 수위

나) 밸브 등으로 제어되지 않는 수조(서어지탱크)의 경우

서어지탱크(유입구에서 밸브에 의해 감압되지 않고 분수 정지시에 상류의 수조 수위까지 회복하는 수조)의 경우에는 HWL은 상류수조의 HWL 이며, LWL의 수위는 상류로부터의 수리계산(동수위)을 하여 결정한다.

4) 분수지점의 필요수두 결정

관개방식으로부터 정해지는 포장 급수전 지점의 필요수두에 지선 관수로의 손실수두를 더한 간선 분수지점의 필요수두의 결정방법은 다음과 같이 한다.

가) 지선 배관계획이 구체화되는 경우

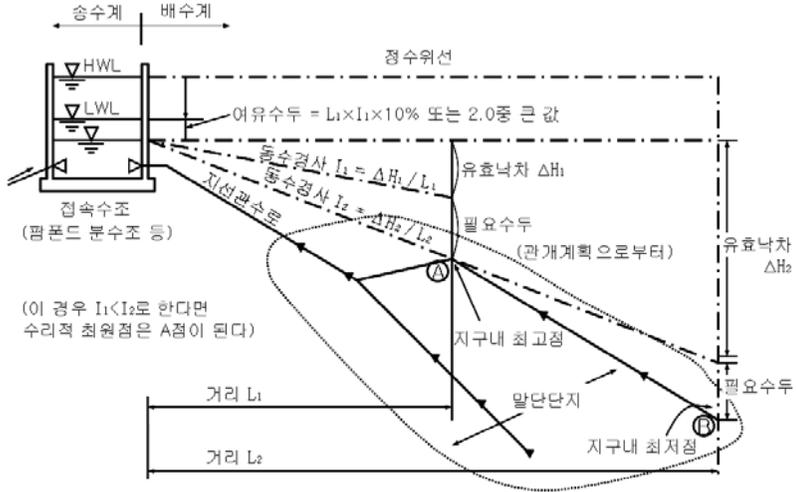
말단 관개제원 및 단지내 배관의 계획과 지선 배관계획이 구체화되어 있는 경우는 해당 계획에 의해 간선분수점의 필요수두를 결정하지만 이때 말단 관개단지내의 수리적 최원점(최원점 또는 최고 표고점이 되는 것이 많다)으로부터 송수계 관수로의 접속지점까지의 마찰손실수두의 10% 또는 2.0m(곡관이나 밸브 등의 국소 손실수두를 계산 등에 의해 산정해서 예측한다면 그 값을 그대로 채용하고 특히 여유수두를 예측하지 않아도 된다)중에서 큰 값을 여유수두로 가산한다.(<그림 3-25> 참조)

나) 지선 배관계획이 구체화되지 않는 경우

관수로 시스템의 설계시점에 있어서 말단 관개 제원 및 말단지선의 배관계획이 구체화되지 않은 경우는 <그림 3-26>에 나타난 것과 같이 계획한다.

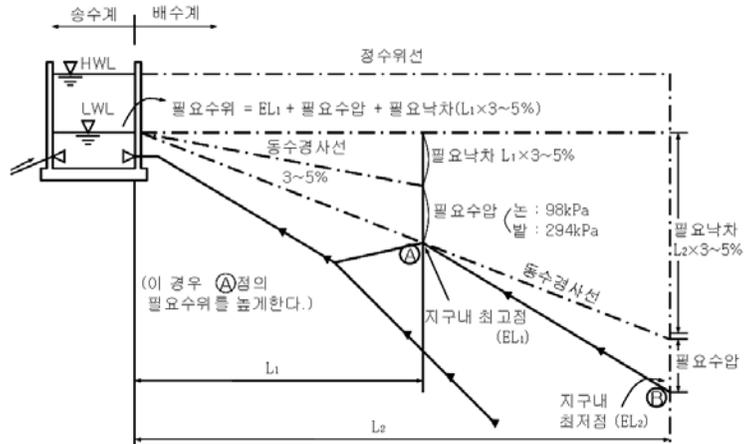
이것은 다음의 전제조건에 의한다.

- ① 급수전 지점의 소요수압은 발의 스프링클러관개에서는 일반적으로 대략 294kPa 정도, 즉 30#의 스프링클러의 토출압력에 살수전의 손실수두를 더한 것을 고려하고 논의 급수전에 의한 관개에서는 대략 1.0kPa 정도 즉 토출수두 5.0m 정도에 도로 밑 급수관의 손실수두 5.0m 더한 것을 상정한다.



<그림 3-25> 간선 분수지점의 필요수두의 개념

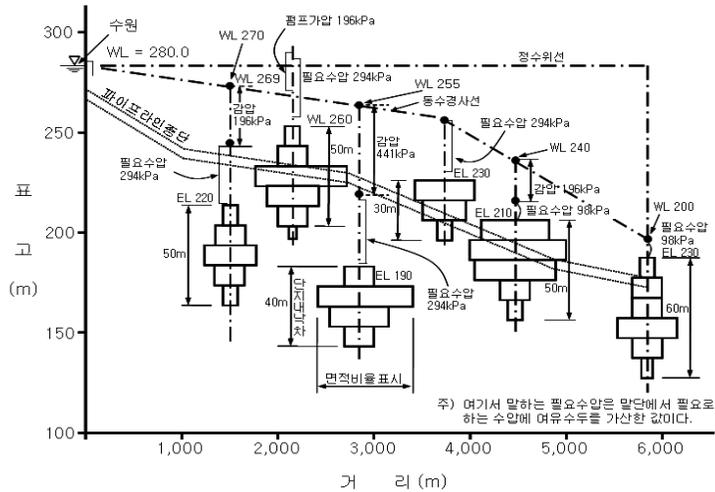
- ② 지선관로의 손실수두는 각 단지의 최원점 또는 최고 표고점의 어느 것이든 수리조건이 어려운 것부터 간선 분수공까지의 관로 거리에 동수경사를 3~5% 정도로 결정한다(이 경우 ①에서 기술한 여유수두는 포함시키는 것으로 한다).



<그림 3-26> 말단 필요수두 및 관로의 동수구배를 고려해서 간선 분수공의 필요수두를 구하는 방법

- ③ 수두종단도의 작성 : 상기 가), 나)의 검토결과를 기초로 해서 단지의 표고와 필요수두를 나타내는 수두종단도를 작성하고 수원의 표고와 수해지의 필요수두와의 차이 및 수원으로부터 수해지까지의 거리를 표시한다.<그림 3-27> 참조

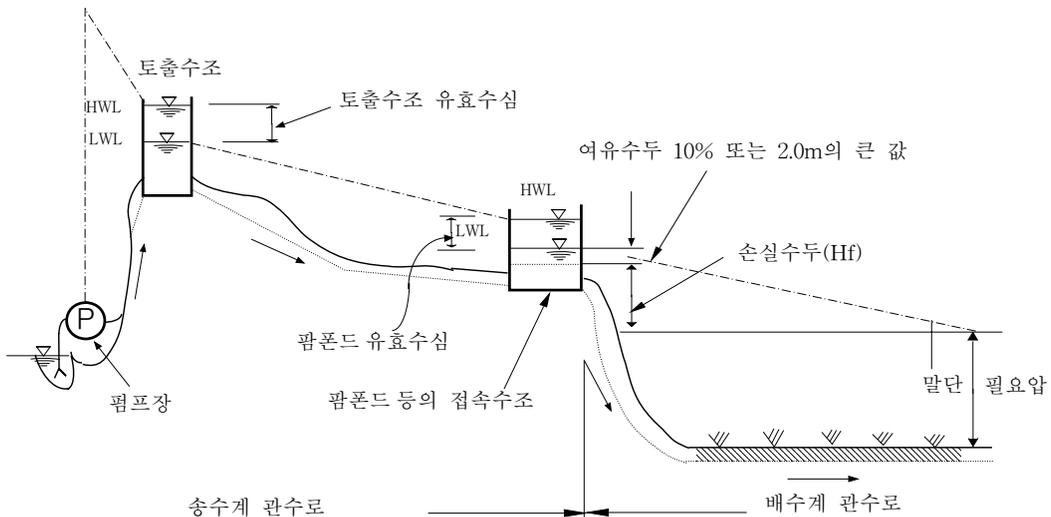
이 도면을 기초로 검토한 결과로서 간선의 수위가 지선 분수공 또는 말단의 필요수두를 만족하지 않는 경우는 펌프양수 또는 펌프가압을 검토해야 한다.



<그림 3-27> 수두 종단도의 작성 예

5) 말단 여유수두

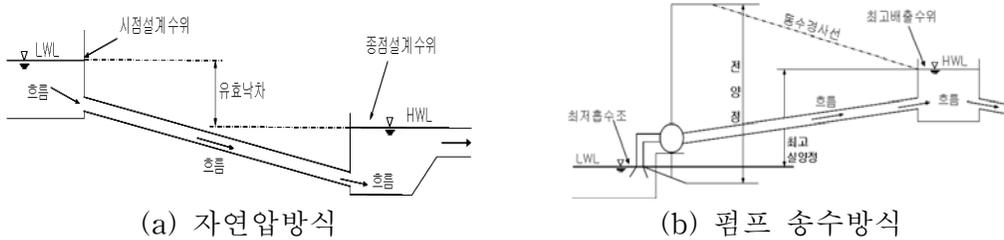
관수로의 관경 결정에 있어서 수리계산은 수리계산의 정도, 시공상황 및 물관리의 상황 등에 대한 여유로서 송수계 관수로의 말단 접속수조의 계획수위(또는 분수위)는 관개에 필요한 말단수위(또는 분수위)에 구간의 전손실 수두의 대략 10% 또는 2.0m 중에서 큰 값을 가산하는 것이 바람직하다.(<그림 3-28> 참조)



<그림 3-28> 말단 여유수두

다. 설계수위 설정

관경 결정에 사용하는 설계수위는 계획최대유량시를 기준으로 하며 시점에서는 관리상 일어날 수 있는 최저수위를 이용하고, 종점 또는 분수점 등의 공급받는 측에서는 관리상 일어날 수 있는 최고수위를 이용한다. 설계수위는 <그림 3-29>에 나타낸 것과 같다.



- 주 1) 시점수위와 종점수위와의 관계는 용수계획상 또는 관리상 동일시기에 발생할 가능성이 있는 수위로 한다.
 2) 펌프 송수방식의 최저흡수위, 최고배출수위, 전양정 및 최고실양정 등의 선정은 별도로 제정되어 있는 "농지 개량사업계획설계기준 양배수장편"을 참조할 것.

<그림 3-29> 수리설계에 이용하는 수위

3.6.3 설계유량

농업용 관수로 시설규모를 결정하는데 필요한 설계유량은 "농업생산기반정비 사업 계획설계기준 관개편"을 기준으로 산정한다.

가. 설계유량 산정

1) 설계유량의 정의

관수로 설계에 사용하는 유량에는 계획최대유량, 최다빈도유량, 최소유량을 생각할 수 있지만 여기에서는 계획최대유량을 설계유량으로 한다. 통상 관수로시설의 규모 즉 관경이나 수조의 종류는 설계유량을 기초로 결정하지만 단면이나 구조 등의 결정에는 그 이외의 유량에 관해서도 필요에 따라 검토를 해야 한다. 관수로 시스템의 설계에 있어서는 설계유량보다 적은 유량시의 거동에 주의할 필요가 있다. 설계에 사용하는 유량과 검토 항목은 <표 3-4>와 같다.

가) 계획최대유량

대상 유량을 정하는 경우 물 관리 체계를 명확히 하고 실제로 하려고 하는 물 관리를 상정해서 검토해야 한다. 통상 계획 최대유량이 되는 경우가 많다.

<표 3-4> 설계에 사용하는 유량

대상유량	검 토 항 목
계획최대유량	관경의 결정, 포설중단의 결정(동수경사선의 검토), 최대 및 최소 유속의 검토, 수격압의 검토, 기기류의 사양 검토(밸브제어기능, 캐비테이션 검토 포함)
최다빈도유량	동수경사선의 검토, 기기류의 사양 검토(밸브제어기능, 캐비테이션 검토 포함)
최소유량	동수경사선의 검토, 기기류의 사양 검토(밸브제어 기능, 캐비테이션 검토 포함)

나) 최다빈도유량

개방형 관수로의 경우 관로의 통수량에 따라서 관내의 물이 자유수면 흐름이 되기 때문에 해당 개소에는 적절한 대책을 세울 필요가 있다. 폐쇄형 또는 반폐쇄형 관수로는 밸브의 제어기능이나 캐비테이션에 대한 안전성을 검토할 필요가 있다. 대상유량은 최다빈도유량을 척도로 하지만 유량변화가 확실하지 않은 경우는 계획 최대유량의 50%를 이용한다.

다) 최소유량

개방형 관수로는 비관개기에 통수가 계획되어 있는 경우(예를 들면 유지용수, 동결방지 용수 등)는 Case-2와 같은 이유로 검토를 한다. 대상 유량이 정확하지 않은 경우는 계획최대유량의 20%를 이용한다.

2) 설계용수량 산정방법

가) 단위용수량

수도작 단위용수량은 수도작의 쉼레질기, 이앙기, 본답기 등 생육기별로 이앙기 동안의 이앙담수심, 증발산량, 삼투량을 이용하여 쉼레질, 이앙기관리, 이앙기최대 용수량 등 영농단계별로 단위용수량을 산정한다.

설계용수량 산정에 대한 자세한 내용은 농업생산기반정비사업 계획설계기준 (관개편)을 참고하면 된다.

<표 3-5> 생육기별 최대용수량 산정식

구 분	산 정 식	산 정 사 례
(1) 썩레용수량 (Q1)	$Q1 = \frac{Dp}{8640 \times (1 - P/100)}$	$= \frac{140.0}{8640 \times (1-10/100)} = 0.018$ (m ³ /s/ha)
(2) 이양기 관리용수량 (Q2)	$Q2 = \frac{Et + Pt}{8640 \times (1 - P/100)}$	$= \frac{5.11 + 3.60}{8640 \times (1-10/100)} = 0.00112$ (m ³ /s/ha)
(3) 이양기 최대용수량 (Q3)	$Q3 = \frac{(n-1)/n \times (Et+Pt) + Dp/n}{8640 \times (1 - P/100)}$	$= \frac{(21-1)/21 \times (5.11+3.60) + 140 / 21}{8640 \times (1-10/100)}$
(4) 본답기 최대 관리용수량(Q4)	$Q4 = \frac{Ept + Pp}{8640 \times d \times (1 - P/100)}$	$= \frac{96.86 + 36.00}{8640 \times 10 \times (1-10 /100)} = 0.00192$ (m ³ /s/ha)

단, Dp = 이양기답수심(mm), P = 수로 손실률(%)
 Et = 이양 물관리의 1일간 증발산량(mm) Pt = 이양 물관리의 1일간 삼투량(mm)
 Ept = 본답기 10일간의 최대 증발산량(mm) Pp = 본답기 10일간의 삼투량(mm)

나) 지배면적별 단위용수량 산정방법

구 분	단위용수량 산정방법	단위용수량(m ³ /s)	
		기준면적당	ha당
지배면적별 설계용수량 산정내역	(1) 5ha 미만 (Ap:관개면적) Q = Ap × Q1 = Ap × 0.018 (m ³ /s) Q1:썩레용수량	5ha=>0.09	0.018
	(2) 5ha 에서 50ha 미만 Q = 5.0 × Q1 + (Ap - 5.0) × Q2 = 5.0×0.01800+(Ap-5.0)×0.00112 (m ³ /s) Q1:썩레용수량, Q2:이양기관리용수량	50ha=>0.1404	0.0028
	(3) 50ha 에서 100ha 미만 Q = (q2 - q1) / 50.0 × (Ap - 50.0) + q1 = (0.19245-0.14044)/50×(P-50)+0.14044(m ³ /s) 단 q2 =100.0×Q3=100.0×0.00192 = 0.19245(m ³ /s) Q3:이양기최대용수량 단 q1 = 5.0×Q1 + 45.0×Q2 = 5.0×0.018+45.0×0.00112 = 0.14044(m ³ /s) Q1:썩레용수량, Q2:이양기관리용수량	100ha=>0.1924	0.0019
	(4) 100ha 이상 Q = Ap × Q3 Q = Ap × 0.00192(m ³ /s)	100ha=>1.9379	0.0019
이양재배구역 설계용수량 산정내역	Q = Ap × 0.00192 = 1007.00 × 0.00192 = 1.93799(m ³ /s)	1.9379	0.0019

다) 단위용수량 산정예

이앙재배 단위용수량 산정내역(By Penman)

가. 생육기별 최대용수량 산정	
(1) 썩레 용수량 (Q1)	$Q1 = \frac{Dp}{8640 \times (1 - P/100)}$ $= \frac{140.0}{8640 \times (1 - 10.0/100)} = 0.01800(\text{m}^3/\text{s}/\text{ha})$
(2) 이앙기 관리용수량 (Q2)	$Q2 = \frac{Et + Pt}{8640 \times (1 - P/100)}$ $= \frac{5.11 + 3.40}{8640 \times (1 - 10.0 /100)} = 0.00109(\text{m}^3/\text{s}/\text{ha})$
(3) 이앙기 최대용수량 (Q3)	$Q3 = \frac{(n - 1)/n \times (Et + Pt) + Dp/n}{8640 \times (1 - P/100)}$ $= \frac{(21 - 1)/21 \times (5.11 + 3.40) + 140.0 /21}{8640 \times (1 -10.0 /100)}$ $= 0.00190(\text{m}^3/\text{s}/\text{ha})$
(4) 본답기 최대 관리용수량 (Q4)	$Q4 = \frac{Ept + Pp}{8640 \times d \times (1 - P/100)}$ $= \frac{96.86 + 34.00}{8640 \times 10 \times (1 - 10.0 /100)}$ $= 0.00168(\text{m}^3/\text{s}/\text{ha})$
<p>단 Dp = 이앙용수심(mm) Et = 이앙.물관리기의 1일간 증발산량(mm) Pt = 이앙.물관리기의 1일간 삼투량(mm) Ept = 본답기 10 일간의 최대 증발산량(mm) Pp = 본답기 10일간의 삼투량(mm) P = 수로 손실률(%)</p>	
나. 지배면적별 설계용수량 산정내역	
(1) 5ha미만 (Ap : 관개면적)	$Q = Ap \times Q1$ $= Ap \times 0.01800(\text{m}^3/\text{s})$
(2) 5ha 에서 50ha 미만	$Q = 5.0 \times Q1 + (Ap - 5.0) \times Q2$ $= 5.0 \times 0.01800 + (Ap - 5.0) \times 0.00109(\text{m}^3/\text{s})$
(3) 50ha 에서 100ha 미만	$Q = (q2 - q1) / 50.0 \times (Ap - 50.0) + q1$ $= (0.19000 - 0.13929) / 50 \times (A - 50) + 0.13929(\text{m}^3/\text{s})$ <p>단 q2 = 100.0 × Q3 = 100.0 × 0.00190 = 0.19000(m³/s) 단 q1 = 5.0 × Q1 + 45.0 × Q2 = 5.0 × 0.01800 + 45.0 × 0.00109 = 0.13929(m³/s)</p>
(4) 100ha 이상	$Q = Ap \times Q3$ $= Ap \times 0.00190(\text{m}^3/\text{s})$
다. 이앙재배구역 설계용수량 산정내역	$Q = Ap \times 0.00190$ $= 947.00 \times 0.00190 = 1.79932(\text{m}^3/\text{s})$

나. 설계유량에 대한 유의사항

설계유량은 관수로 시스템 설계의 기본조건이며 계획최대유량, 최다빈도유량, 최소유량 등의 검토시 다음 사항에 유의해야 한다.

- 관수로 시스템 설계에 이용하는 계획최대유량, 최다빈도유량, 최소유량의 유량제원은 원칙적으로 일 평균유량을 대상으로 한다.
- 계획최대유량, 최다빈도유량, 최소유량의 검토에 있어서는 용수이용계획에 기초한 기별용수량 그래프를 그리는 것이 특히 중요하다.
- 관수로 시스템에서는 유량의 변화 등 유황에 변동이 있는 경우 수격압이나 서어징이 발생하고, 특히 수격압에 관해서는 그 정도에 의해서 관수로 시스템을 파괴하는 경우도 있다. 따라서 수리설계 단계에서 수격압이나 서어징의 발생 상황을 해석적으로 검토하여 시스템의 안전성을 확인하는 것이 중요하다.

수격압의 검토는 관수로 시스템의 형태에 따라서 설계유량 검토로 충분치 않은 경우도 있다. 경향으로는 압력 동수경사에 대해서 지형경사의 비율이 적은 관수로 시스템의 경우 즉 평탄지의 장거리 관수로와 같이 흐름의 동수경사에 마찰손실 경사의 요소가 높은 경우는 중간 유량이나 소유량시에 설계 유량시보다 큰 수격압이 발생하는 경우도 있다. 따라서 이러한 중간유량이나 소유량에 대해서도 충분히 검토할 필요가 있다.

3.7 관경설계

3.7.1 관수로 시스템의 시설용량

가. 시설용량의 기본

관수로시스템을 구성하는 각 시설의 용량은 수익지의 사회적 조건을 충분히 고려하고 사업의 경제성이 있어야 하며 물 이용계획상에서 발생하는 물 관리의 기능을 달성할 수 있도록 계획해야 한다.

특히 시설용량은 한번 결정되면 그 후의 변경이 곤란하게 되므로 그 결정은 관수로 시스템의 종합적인 관점에서 검토할 필요가 있다. 원칙적으로 관수로 시스템의 시설용량은 <표 3-6>을 따른다.

나. 물 관리와 조정시설의 용량

조정시설을 포함한 관수로 시스템에 있어서는 물 관리방식을 충분히 검토하여 그의 적절한 시설용량을 결정해야 한다. 특히 간선라인과 지선 혹은 지거 등에서

물 관리 방식이 틀리는 경우는 유량변화를 조정하는 조정시설을 필요로 하므로 그 규모는 물 관리방식으로부터 정해지는 조건을 충분히 만족할 수 있는 조정시설의 기능을 신중히 검토한 후에 그에 필요한 적정한 용량으로 해야 한다.

1) 물 관리방식과 조정시설

관수로 시스템의 물 관리방식은 수원시설의 물 공급능력에 크게 좌우된다. 특히 간선라인을 수요주도형으로 하는 경우는 수원이 풍부하고, 항상 수요에 응할 수 있는 기능을 갖추고 있을 필요가 있고, 또 펌프양수의 경우에는 토출수조 등의 용량이 충분하지 않으면 양수장의 온-오프(on-off)가 많아진다.

<표 3-6> 관수로 시스템의 시설용량

시스템의 구성요소	시 설 용 량
간 선	설계유량을 24시간 통수할 수 있는 시설용량을 원칙으로 한다.
지 선	간선과 폐쇄형 분수공으로 접속하고 있는 경우는 간선의 시설용량에 준하여 24시간 통수용량으로 지선 통수용량을 설계해야 한다. 또 간선과 펌프드와 같은 조정시설을 거쳐 접속하고 있는 경우는 그 라인의 관수로 시스템 전체의 위치확보를 고려하여 말단의 물 관리방식에 대응한 시설용량을 결정할 수가 있다.
지 거	수역지의 물 관리방식과 밀접하게 관련되는 라인이고, 시설용량은 관개 방식에 준하여 논 관개의 경우 24시간 통수용량을 원칙으로 하고 밭 관개의 경우는 16~18시간 통수를 목표로 한다.
조정시설	각 라인간의 시설용량의 차이를 조정하는 시설이기 때문에 말단에서의 물 관리방식을 고려하고 관수로 시스템의 기능을 충분히 만족할 수 있도록 시설용량을 결정해야 한다. 관수로 시스템의 유량제어 등에 있어서 기능확보를 위하여 조정용량을 필요로 하는 경우는 상태확인, 제어목표 설정, 조작(control), 기기작동 확인 등 때문에 필요한 시간만큼을 저류한다고 가정하여 설치하는 수도 있다.

일반적인 경향으로서는 간선은 될 수 있는 한 공급주도적인 성격이 강한 물 관리가 행하여질 필요가 있다. 또 지거에서는 수요주도적인 성격이 강한 물 관리방식이 채택되는 경향이 있다. 이 두 가지의 물 관리방식의 절충점에서는 조정기능을 갖는 조정지 등의 조정시설을 설치해야 한다.

나. 조정시설의 기능과 용량

조정지등의 조정시설 기능과 용량에는 아래와 같은 것이 있다. 조정시설에 어떠한 기능을 갖게 하는가는 물 이용계획 및 그것을 만족시키기에 필요한 물 관리 기능과 시설의 경제성 등을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다.

1) 수요공급량 차이의 시간차 조정 필요

물 수요의 시간과 송수시간과의 시간차에 따른 수량을 조정하기 위한 기능으로 1일 이내 용수의 수요공급 시간차에 따른 수량을 조정하는 것(예 : 발관개에서 팜폰드 등)

2) 수요량과 공급량의 불균형을 조정하기 위한 용량(자유도를 위한 용량)

1일 이내의 용수의 수요와 공급 수량차이를 조정하는 것으로 말단 물이용에 있어서 자유도를 갖게 한다.

3) 원활한 송수관리를 위한 용량

관수로 시스템 전체를 항상 원활하게 유지관리 하기 위한 조정용량이고, 1시간 정도를 한도로 다음과 같이 한다.

가) 집중관리를 지장 없이 행하기 위하여 필요한 용량

복수의 제어대상 시설을 원격감시 제어하는 경우에 수로계 전체의 유황을 파악하여 조작을 행하기 위한 시간에 필요한 조정용량이다. 통상 1개소당의 제어 조작이나 조정에는 몇 분 정도가 필요하고, 제어후의 유황을 판단하기 위해서는 15분 정도 필요하다.

나) 유량제어의 대응이 늦어짐을 흡수하기 위한 용량

집중관리 및 자동관리가 되지 않는 현장조정인 분수공에 대하여 밸브 조정이나 순회관리의 회수를 감하여 배수관리(配水管理)의 노력을 절감하기 위한 것이고, 계획유량에 대하여 분수공 유량이 과대시 방류, 유량 과소시 저류하기 위한 조정 용량이다. 현장 조정 분수공의 유량제어에 대한 대응이 늦어지는 것은 제어밸브나 순회 관리 횡수 등에 따라 다르고, 일괄하여 결정하는 것은 곤란하지만 대응이 늦어짐에 따라 생기는 유량과대 또는 과소분은 계획유량의 10~30%정도 생기는 것 같다. 이상에서 감시제어 시스템과의 관계를 충분히 고려하여 1시간 정도를 한도로 한 조정 용량을 예측하여 원활한 송수 관리를 할 수 있도록 검토하는 것이 바람직하다.

4) 수로의 응답이 늦어짐을 조정하기 위한 용량

상류측이 개수로의 복합형식 관수로 시스템에 있어 1일 또는 기간별로 수량 변경에 의한 물의 도달시간 등 관리상의 응답이 늦어지는 시간에 해당하는 수량을 조정하는 것.

5) 보수, 점검기간중의 물 수요에 대응하기 위한 용량

관수로시스템의 점검이나 수리에 요하는 기간중의 필요수량을 확보하는 것.

3.7.2 관경(管徑)설계

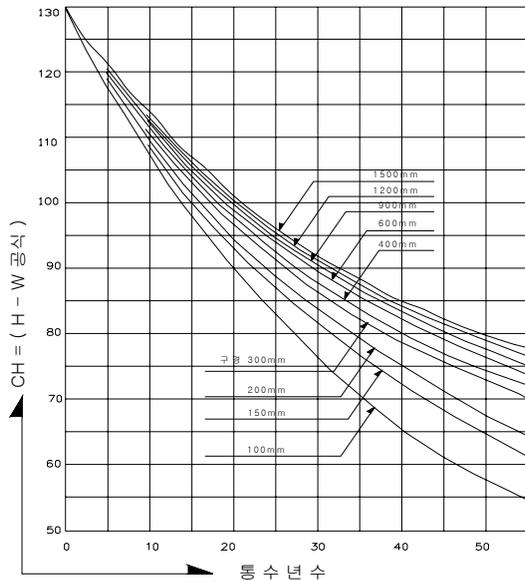
관경은 관수로의 노선, 설계용수량, 설계수위 등 제반 조건을 결정된 후 관경 계산식 혹은 최적화 기법에 의하여 관경을 계산한다. 계산에 의한 관경은 관수로 조직의 최적 관경이라고 할 수 없으므로 관망해석을 실시하여 최적관경을 설계한다.

가. 관경설계 고려사항

관수로의 관경은 경제적 관경이되도록 설계하는 것이 매우 중요하다. 관경 결정시 시점의 수위는 저수위(低水位), 중점의 수위는 고수위(高水位)를 기준으로 산정하여야 한다. 통수년수의 경과에 따라 통수능력이 감소되는 것도 고려하여 산정하여야 한다. 펌프가압식인 경우에는 관의 내용 년수와 기계 전기시설의 내용 년수를 고려하여 유속계수 변화에 의한 손실수두를 염두에 두고 계획하여야 하며 펌프양정과 관경과의 사이에 경제적 관계를 고려하여 설계하여야 한다.

1) 유속계수

지구의 특성 등을 고려하여 후보 관종을 선정하여 유속계수를 정한다. 유속계수는 설계기준이 정하는 수치 10% 정도를 적게 설정하여 미소손실을 고려한다. 관수로는 시간이 경과하면 관내면에 물때, 토사 등이 퇴적하여 통수면적이 감소하여 통수능력이 감소한다. 일례로 주철관의 유속계수 C는 보통 130이나 15~20년이 경과하면 100정도로 되어 조도가 증가한다. 통수 시간에 따른 유속계수의 영향은 수질 및 내면의 도장, 피복상태 등에 따라 다르다. 시간에 따른 유속계수 C 값의 변화는 <그림 3-30>과 같다.



<그림 3-30> 유속계수의 경년변화

2) 설계수위설정

관경은 수리단위별로 결정하기 때문에 자유수면이 있는 곳의 수위조건설정이 중요하다. 관경계산시 상류수위는 LWL, 하류수위는 HWL을 사용하여 설계한다.

3) 설계 한계유속

설계유속은 관 재료별 관경별로 차이가 있으므로 4.2절에 제시되어 있는 <표 4-3> 유속을 한계유속의 기준으로 한다. 관수로 내 부유물의 퇴적을 방지하기 위하여 최소유속은 통상 0.3m/s 이상으로 설계한다.

4) 수리단위 구분

관수로 시스템에서는 한 지점에 있어서의 밸브와 같은 부대시설 조작이 그 주변의 타지점 또는 시스템 전체의 압력 및 유량에 영향을 미친다. 따라서, 관수로를 설계할 경우 시스템 내의 수위, 유량을 경계조건으로 해서 상호간에 직접 영향을 미치는 범위를 경계로 설정하여 수리단위를 구분하여 관경설계를 한다.

<표 3-7> 수리단위 설정방법

경 계 조 건	설정방법
수 위 경 계	수조, 일정수위로 조절
유 량 경 계	통수시설규모나 유량밸브 등으로 유량이 고정되는 것
수위유량경계	펌프, 밸브 또는 오리피스와 같이 수위와 유량 주어지는 것

수리단위는 수리적 단위이며 관리조작의 단위도 되며, 수리단위는 다음과 같이 설정한다.

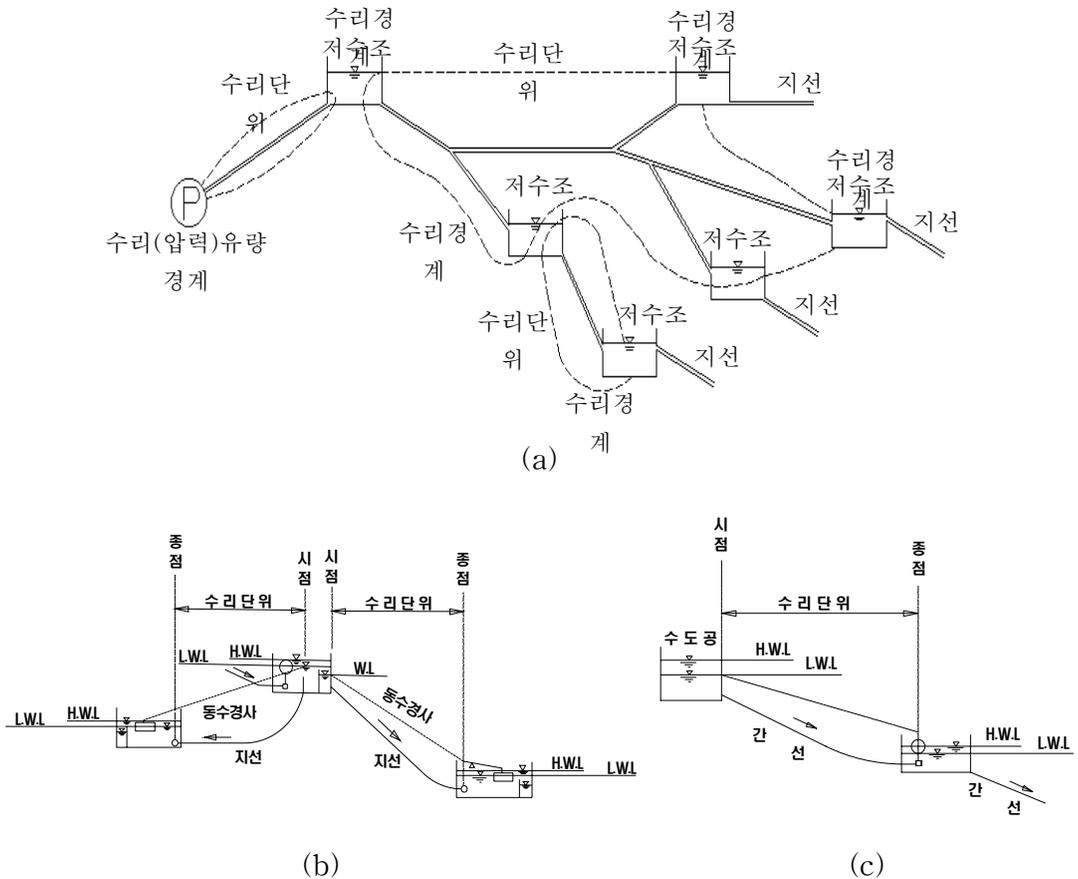
- ① 수리조건, 송배수조건, 물관리조건을 고려하여 전체 용수로계를 수리경계가 되는 시설(조정시설, 분수시설, 조압시설, 펌프시설 등)로 분할한다. 간선, 지선, 말단으로 수리단위를 분할하고 각각에 대하여 검토하면 시설 및 물 관리 계획에 필요한 내용이 명확해진다. 산정 예는 <그림 3-31>을 참조한다.
- ② 각 수리단위의 결합조건을 고려하여 수리단위를 구성하고 수로시스템 전체로 확장시켜간다. 검토단계에서 물관리 조작 상 부적격한 점이 발생하면 수리 경계가 되는 시설위치의 변경, 추가, 폐지, 시설기능 변경 등에 검토하여 수리단위를 재구성한다.

나. 관경계산방법

관경계산방법은 설계유속법, Hazen-Williams 공식, 동수경사선, 관망해석, 최적화 기법에 의한 방법 등이 있다.

1) 설계유속법

설계유속법은 $Q = AV$ 식과 설계기준유속으로 관경을 계산하는 방법으로, 설계 유속 V 를 설정하여 관경을 식(3-1)로 구한다.



<그림 3-31> 관수로 수리단위 설정예

$$Q = 0.7854D^2V, D = \sqrt{\frac{Q}{0.7854V}} \dots\dots\dots (3-1)$$

식(3-1)로 산정한 D 를 식(3-2)에 대입하여 Δh 를 구할 때 이 Δh 가 관 양단의

수두차보다 적으면 이 관수로는 설계유량을 통수할 수 있다. 처음에 유속 V를 설계 기준치 이내로 설정하면 유속조건은 자동적으로 만족된다. 이 방법은 계산이 간단하고 특정 관수로의 안전성과 밀접하게 관계가 있는 유속을 설정할 수 있기 때문에 안전성을 중요시하는 관수로 설계에 이용되는 방법이다. 이것을 통상 설계유속법이라 부른다. 이 방법은 설계자가 선택하는 유속에 대해 폭이 크기 때문에 설계자가 어떤 값을 선택해야 할지 혼란스러워 하는 경우가 많은 게 흠이다. 따라서, 경제적인 관경을 설계하기 위해서는 수리학적, 이론적으로 고도의 산정방법 도입이 필요하다.

관경설계시 적용되는 설계유속의 선택은 경제성에 영향을 미치며, 경제적인 관경 설계를 위해서 경제유속의 개념이 이용되고 있다. 보통, 유속을 크게 하면 관경을 줄일 수 있기 때문에 관로에 관계되는 제 비용이 줄어든다. 그러나, 마찰 손실수두는 반대로 증가하기 때문에 펌프로 압송하는 관수로에서는 펌프 양정은 커져서 양수기 건설비용 및 운전비용이 증가한다. 따라서, 매년 필요로 하는 유지 관리 비용, 송수비용 등 제반비용을 산출하여 경제적인 관경을 산정할 필요가 있다.

2) 하젠-윌리엄스(Hazen-Williams)공식

하젠-윌리엄스(Hazen-Williams)공식으로 관경을 산정할 경우에는 다음과 같이 구할 수 있다.

- ① 상류수위로부터 관로손실수두를 제하여 하류수두를 결정한다.

이때 관로구간별 손실수두는 다음 식으로 계산한다.

$$H_f = 10.67C^{-1.85}D^{-4.87}Q^{1.85}L \dots\dots\dots (3-2)$$

- ② 상하류 수두차로부터 다음 식을 사용하여 관로관경을 산정한다.

$$D = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.205} \dots\dots\dots (3-3)$$

- ③ 위와 같이 관경은 시중에서 판매하고 있는 규격관로의 상위관로를 선택한다.(유속계수는 관종을 고려하여 가정한다)
- ④ 규격관로로 관로구간의 손실수두를 계산한다.
- ⑤ 상류수위로부터 관로손실수두를 제하여 하류수두를 결정한다.
- ⑥ 상하류 수두차로부터 관로유속을 계산하여 유속이 설계유속 범위에 들어 있는지 확인하여 관경을 조정하면서 말단수두가 충분하도록 설계한다.

3) 최적화기법에 의한 방법

주어진 낙차를 유효하게 활용해서 경제적인 관경의 조합을 구하는 것은 관수로 시스템 설계 중에서도 매우 중요한 사항이다. 관경조합을 산정하는 방법으로는 코스트포텐셜법(최적경사배분법), 선형계획법(최적관경조합법)등이 활용되고 있다. 먼저 최적경사배분과 그에 의한 이론관경을 구하고, 그 결과 얻어지는 최적경사를 기초로 해서 최적규격 관경의 조합을 선택하면 가장 합리적인 관수로 시스템을 결정할 수 있게 된다.

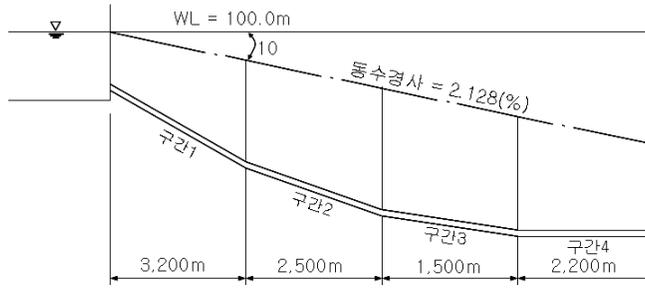
이들의 방법 중 전자는 가장 경제적인 관경의 조합을 구하는데 있어서 유량의 동일 관로 길이를 정한 후 낙차를 쓰기 위한 파라메타를 관경으로 하는 방법으로서 실제 설계에 사용하는 관경은 관의 규격관경의 직 상위로부터 선정하게 된다. 이에 대해서 후자는 한 유량 구간의 관경을 2종류 결정한 후 낙차를 쓰기 위한 파라메타를 관로 길이로 하는 방법이다.

따라서 우선 전자로 최적경사배분과 그에 의한 이론관경을 구하고, 그 결과 얻어지는 최적경사를 기초로 해서 후자를 활용, 최적규격관경의 조합을 선택하면 가장 합리적인 관수로 시스템을 결정할 수 있게 된다. 이때에 허용유속제한을 구속 조건식으로 부가하면 모든 설계조건을 만족하는 가운데 입지조건을 최대한 활용하는 경제적이고 안전한 시스템을 만들 수 있다. 그러나 코스트포텐셜법과 선형계획법은 접근방법이 근본적으로 다르므로 사용하고자 할 때에는 각각의 특징을 충분히 이해해야 한다.

코스트포텐셜은 최적화 계산 과정속에 관로 도중의 중간 제약조건을 집어넣을 경우 그 계산과정이 대단히 복잡해지므로 복잡한 지형에서 관로 도중에 표고 제약조건이 있는 경우에는 그 점에서 시스템을 독립된 복수 부분으로 분할하여 그 각각에 최적화를 꾀하는 것이 효과적이다. 이에 대해서 선형계획법에서는 중간 구속점을 조건으로 해서 용이하게 결정할 수 있다.

계산예) 관경결정의 계산

<그림 3-32>와 같은 임의의 수리단위내에서의 자연압력식관수로에 있어서 유효낙차를 $H_o=20m$ 로 할 경우의 통수단면결정예는 다음과 같다.



제 원

구간	지반고(m)	연장(m)	유량(m ³ /s)
1	90	3,200	1.240
2	85	2,500	0.830
3	80	1,500	0.570
4	79	2,200	0.320

<그림 3-32> 관경결정 계산 예제 제원(유량계수 C=130으로 한다)

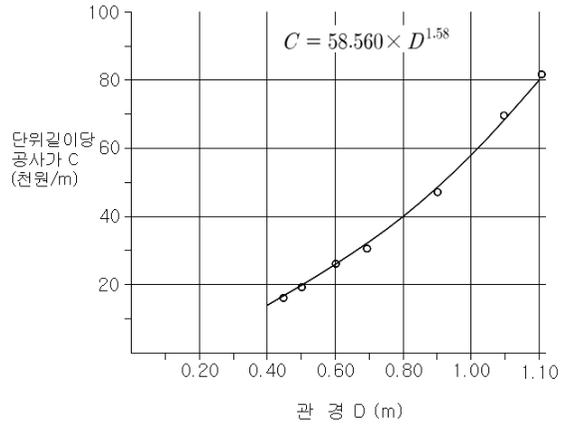
가) 관경결정의 작업체계

주어진 낙차를 유효하게 활용해서 경제적인 관경의 조합을 결정하기 위한 작업은 다음과 같이 2단계의 계산으로 이루어진다. 우선 1단계는 코스트포텐셜법에 의하여 전체 유효낙차에 대하여 구간유량을 만족하는 가장 경제적인 각 구간의 이론관경을 결정한다. 2단계는 1단계에서 결정된 각 구간의 이론관경에 대하여 최적규격 관경을 가정하고(이때 각 구간에 대하여 직 상위 및 직 하위의 2종류의 규격 관경이 정의된다. 예컨대 이론 관경이 0.934m이면 규격 관경은 1.0m 및 0.9m) LP법에 의하여 각 구간의 이론 동수경사를 만족할 수 있는 가장 경제적인 규격 관경을 구한다.

나) 코스트함수

상술한 각 단계의 계산은 관로 공사비를 최소화하기 위한 것이다. 여기서 이 계산을 하려면 관경과 단위 길이당의 관로 공사비와의 관계를 나타내는 함수를 준비해 두어야 한다. 관로 공사비는 토공비, 관재료비, 포설비 등으로 이루어지는데 계산예에서는 관재료비만으로 대응하여 함수화하였다.

관경(mm)	m당 공사비 (관재비 원/m)
400	13,940
450	16,710
500	19,700
600	26,400
700	31,730
800	39,580
900	48,650
1,000	58,620
1,100	69,500
1,200	80,980



<그림 3-33> 관로공사비의 함수화

상기 표의 공사비를 지수회귀식에 의거 함수화한 것은 다음 식과 같다.

$$C = 58.6D^{1.58} \dots\dots\dots (3-4)$$

여기서, C : 단위길이당 관로공사비(천원/m) D : 관경(m)

따라서 임의의 구간 L(m)에 대한 관로공사비는 식(3-5)와 같다.

$$Y = C \times L \dots\dots\dots (3-5)$$

여기서, Y : 관경 D의 구간관로공사비(천원)

다) 코스트포텐셜법에 의한 이론관경의 결정

유효낙차 H_0 를 관수로의 각 구간에 최적배분하고, 또한 코스트를 최소로 하기 위해서는 다음 식이 성립되어야 한다.

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \rightarrow \text{Min} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = H_0 \dots\dots\dots (3-7)$$

여기서, Y_i ($i = 1, 2, 3, 4$)는 각 구간의 수두차 h_i ($i = 1, 2, 3, 4$)를 만족하는 관경에 대한 코스트이다.

식(3-6)과 식(3-7)를 관경 D로 미분하면 다음 식이 성립한다.

$$Y_1/h_1 = Y_2/h_2 = Y_3/h_3 = Y_4/h_4 = (Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)/(h_1+h_2+h_3+h_4) \dots\dots (3-8)$$

여기서, $Y_i/h_i = \phi_i$, $\Sigma Y_i/\Sigma h_i = \phi$ 로 놓고 이것을 코스트포텐셜이라 정의하면 코스트 최소조건일 때에는 다음의 관계가 성립한다.

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_4 = \Phi \dots\dots\dots (3-9)$$

이 계산은 초기치로서 등동수경사를 주고, 그 포텐셜코스트는 식(3-10)과 같이 구한다.

$$\Phi^0 = (Y_1^0 + Y_2^0 + Y_3^0 + Y_4^0) / (h_1^0 + h_2^0 + h_3^0 + h_4^0) \dots\dots\dots (3-10)$$

<표 3-8> 포텐셜코스트의 초기치

구간	구간수두(m)	관경 (m)	코스트(천원)
1	6.089	0.980	181,386
2	5.319	0.841	111,357
3	3.191	0.729	53,319
4	4.681	0.585	55,293
계	20.000		401,355

이 계산예에서는, 식(3-10)에 나타난 바와 같이 포텐셜코스트가 다음과 같이 된다.

$$\Phi^0 = 401,355/20.0 = 20,067.75(\text{천원/m})$$

다음에는 각 구간에 배분되는 순의 제일차근사해를 $h_i^1 = Y_i^1/\Phi^0$ 로 하고 이 h_i^1 를 써서 포텐셜코스트 Φ^1 를 구한다. 같은 방법으로 제이차, 제삼차의 포텐셜코스트를 반복해서 구해가면 h_i 는 점차로 최적치에 가까워져간다. <그림 3-34>는 이 계산순서를 흐름도로 나타낸 것인데 이 계산예에서는 <표 3-9>와 같이 제11차의 해에서 최적해를 얻고 있다.

<표 3-9> 코스트포텐셜법의 계산결과

구간	제1근사치 수두관경		제2근사치 수두관경		→	제10근사치 수두관경		제11근사치 수두관경	
1	9.039	0.924	8.325	0.940	→	8.501	0.936	8.501	0.936
2	5.549	0.834	5.526	0.834	→	5.536	0.834	5.536	0.834
3	2.657	0.757	2.846	0.746	→	2.801	0.749	2.801	0.749
4	2.755	0.653	3.303	0.629	→	3.162	0.635	3.162	0.635
Φ^1	$\Phi^1 = 19,877,480$		$\Phi^2 = 19,858,830$		→	$\Phi^{10} = 19,856,540$		$\Phi^{11} = 19,856,540$	

초기조건 가정 :

- ① 등등수경사에 의하여 각 구간에 분배되는 수두차 h_i^0 를 구한다.
- ② 구간수두를 만족시키는 이론관경을 구한다.
- ③ 각 구간별 이론관경에 대한 관로공사비 Y_i^0 를 구한다.

주 : i 는 구간구분

초기조건에 대한 포텐셜코스트를 구한다 :

- ④ 수두차의 합계, Σh_i^0 를 구한다.
- ⑤ 공사비의 합계, ΣY_i^0 를 구한다.
- ⑥ 포텐셜코스트, $\Phi^0 = \Sigma Y_i^0 / \Sigma h_i^0$ 를 구한다.

수두분배의 제1근사해 h_i^1 를 구한다 :

- ⑦ 각 구간의 근사해를 다음과 같이 구한다.
$$h_i^1 = Y_i^1 / \Phi^0$$
- ⑧ h_i^1 를 만족하는 이론관경을 구한다.
- ⑨ 이론관경에 대한 관로공사비 Y_i^1 를 구한다.
- ⑩ 포텐셜코스트, $\Phi^1 = \Sigma Y_i^1 / \Sigma h_i^1$ 를 구한다.

수두분배의 제2근사해 h_i^2 를 구한다 :

- ⑪ 전항 ⑦과 같은 순서로 h_i^2 를 구한다.
- ⑫ h_i^2 를 만족하는 이론관경을 구하여 관로공사비 Y_i^2 를 구한다.
- ⑬ 전항 ⑩과 같은 순서로 Φ^2 를 구한다.

반복계산의 실시 :

- ⑭ Φ^1, Φ^2 의 오차 ε 를 구한다.
- ⑮ ε 이 허용치의 범위이면 계산을 종료한다.
- ⑯ ε 이 허용치를 넘으면 수두분배의 제3, 제4, ...의 근사해 h_i^3, h_i^4, \dots 를 구하여 각 단계간의 포텐셜코스트의 오차가 허용범위에 들 때까지 반복한다.

최적해의 결정

- ⑰ 전항 ⑯의 계산에 의하여 배분된 수두가 최적해이다.

<그림 3-34> 코스트포텐셜법의 계산순서(직렬관로의 경우)

라) 선형계획법에 의한 최적관경조합의 결정

코스트포텐셜법으로 얻은 각 구간수두는 이론관경이므로 관수로시스템의 설계에 있어서는 규격관경을 선정해야 한다. 따라서, 각 구간의 이론관경에 대해서 이를 끼고 있는 대소 2개의 규격을 <표 3-10>와 같이 골라낸다.

<표 3-10> 관경의 선정

구간	연장 (m)	이론관경 (m)	결정연장 (m)	규격관경 (m)	마찰경사	코스트 (천원/m)
1	3,200	X ₁	1.000	1.000	1.950	58.6
		X ₂	0.900	0.900	3.257	48.7
2	2,500	X ₃	0.900	0.900	1.550	48.7
		X ₄	0.800	0.800	2.751	39.6
3	1,500	X ₅	0.800	0.800	1.373	39.6
		X ₆	0.700	0.700	2.630	31.7
4	2,200	X ₇	0.700	0.700	0.904	31.7
		X ₈	0.600	0.600	1.915	26.4

<표 3-10>은 각 구간에 대해서 이론관경에 가장 가까운 상위 2개의 규격관경을 골라 그 마찰경사 및 1m당의 관로공사비를 나타냄과 동시에 규격관경이 차지하는 연장을 X_i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8로 표시한 것이다.

이 표에서 관수로시스템의 공사비는 식(3-11)로 구할 수 있다.

$$Z = 58.6X_1 + 48.7X_2 + 48.7X_3 + 39.6X_4 + 39.6X_5 + 31.7X_6 + 31.7X_7 + 26.4X_8 \quad \cdots (3-11)$$

여기서, Z는 거리 X₁에 따라서 정해지는 관수로시스템의 전체공사비 식(3-11)은 구속조건으로서 구간거리가 일정하므로 식(3-12)가 성립된다.

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 - \lambda_1 &\leq 3,200, & X_3 + X_4 - \lambda_2 &\leq 2,500 \quad \cdots \cdots \cdots (3-12) \\ X_5 + X_6 - \lambda_3 &\leq 1,500, & X_7 + X_8 - \lambda_4 &\leq 2,200 \end{aligned}$$

또 하나의 구속조건으로서 각 분수점에서의 수두는 지반고보다 반드시 높아야 한다. 예를 들면 구간 1에서는

$$100 - 0.001950 \cdot X_1 - 0.003257 \cdot X_2 \geq 90 \quad \cdots \cdots \cdots (3-13)$$

정수항을 정리하면,

$$0.001950 \cdot X_1 + 0.003257 \cdot X_2 \leq 10$$

$$\text{또는, } 0.001950 \cdot X_1 + 0.003257 \cdot X_2 + \lambda_5 = 10 \quad \cdots \cdots \cdots (3-14)$$

같은 방법으로 하여 모든 분수점에 대하여 정리하면 식(3-15)가 얻어진다.

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.001950 X_1 + 0.003257 X_2 + 0.001550 X_3 + 0.002751 X_4 \\ 0.001950 X_1 + 0.003257 X_2 + 0.001550 X_3 + 0.002751 X_4 \\ \quad + 0.001373 X_5 + 0.002630 X_6 + \lambda_7 = 20 \\ 0.001950 X_1 + 0.003257 X_2 + 0.001550 X_3 + 0.002751 X_4 \\ \quad + 0.001373 X_5 + 0.002630 X_6 + 0.000904 X_7 \\ \quad + 0.001915 X_8 + \lambda_8 = 21 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3-15)$$

단, $\lambda_1, \lambda_2 \dots\dots \lambda_7, \lambda_8 \geq 0$

이들 식의 관계에서 기술한 코스트포텐셜법으로 구한 각 구간의 수두를 규격 환경의 조건이 만족되도록 하려면, 식(3-11)로 표시되는 비용함수를 최소로 할 때의 변수 X_i 를 결정하는 형태로 최적결정문제가 정식화된다.

이 문제는 선형계획문제이고 심플렉스법에 의하여 계산하면 <표 3-12>와 같이 된다. 심플렉스표는 2단계법으로 계산하므로 최적치는 제2단계의 제4 step으로 얻어진다. 최적환경연장은 <표 3-11>과 같다.

<표 3-11> 규격관의 조합

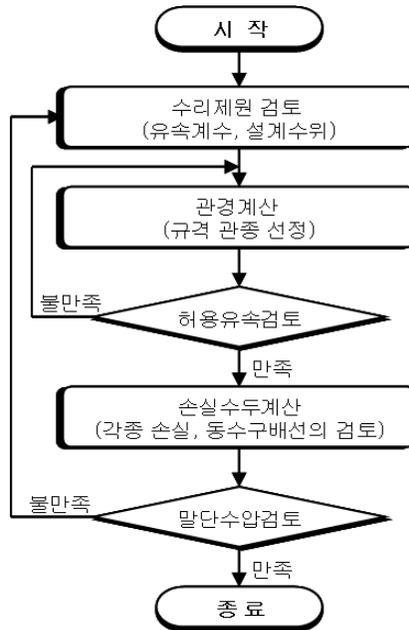
구분	구간연장(m)	유량(m ³ /s)	관경(m)	연장(m)	구분(X _i)
1	3,200	1.240	1.000	1,759.7	(X ₁)
			0.900	1,440.3	(X ₂)
2	2,500	0.830	0.900	0.0	(X ₃)
			0.800	2,500.0	(X ₄)
3	1,500	0.570	0.800	742.9	(X ₅)
			0.700	757.1	(X ₆)
4	2,200	0.320	0.700	2,200.0	(X ₇)
			0.600	0.0	(X ₈)

한편, 이 계산에는 단일관로에 대한 것이며 분지관이 있는 경우는 매우 복잡한 계산이 된다.

4) 관망해석에 의한 환경결정방법

환경결정은 환경계산방법에 의하여 계산한 후 관망해석에 의하여 결정한다. 이론적으로 산정한 환경은 그 결과가 최적이라고 할 수 없다. 따라서, 설계환경은 계산환경을 기준으로 관망해석을 실시한 후 설계용수량에 근접한 환경으로 최종 결정해야한다. 관망해석방법은 제4장 수리설계를 참조한다.

관경산정시 설계용수량으로 동수경사선을 산정하고 말단의 여유수두를 만족하면 관경을 결정하여 설계를 완료하는 경우가 있으나, 이는 관경설계를 적절하게 하지 못하는 원인이 될 수 있다. 따라서, 계산관경을 상위의 시판관경으로 결정한 후 관망 해석에 의하여 관수로의 통수능력이 충분한지를 검토한 후 관경을 최종적으로 결정해야 한다.(<그림 3-35> 참조)



<그림 3-35> 관경산정순서

5) 상수도 관경결정 기준(참조)

자연유하계통은 최종 목적지까지 계획유량을 송수할 수 있는 최소관경이 경제적 관경이며 펌프가압계통에서는 관로 부설비, 펌프공사비와 동력비 등 유지관리비용과의 상관관계에서 현가분석을 통하여 최적의 경제적 관경을 결정한다.

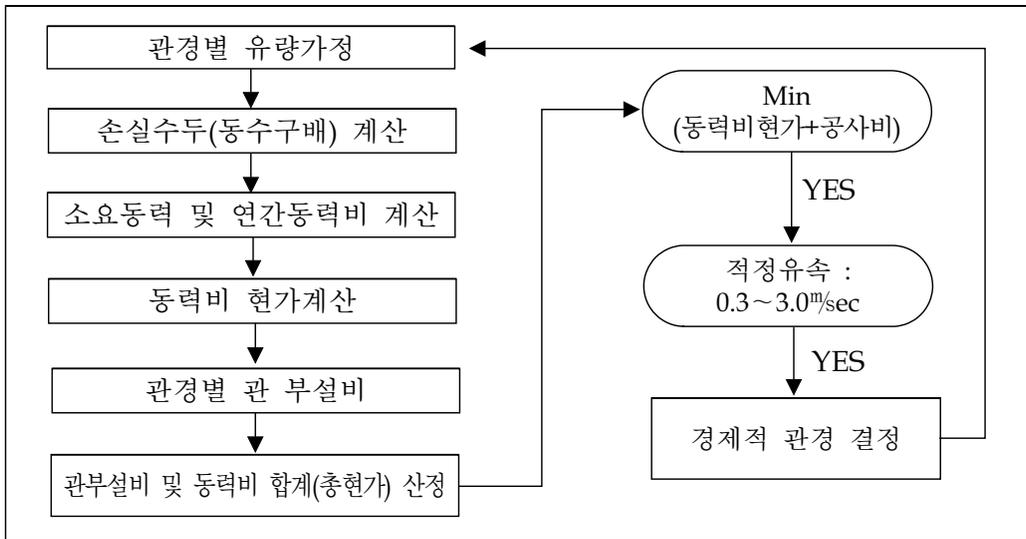
- ① 관경의 산정에 있어 시점의 수위는 저수위, 종점의 수위는 고수위를 기준으로 하여 동수경사를 산정하여야 한다.
- ② 덕타일 주철관 또는 강관을 사용하는 경우는 통수년수의 경과에 따라 통수능력이 감소되므로 설계시 15~20년후를 고려하여 산정하여야 한다. 다만, 시멘트모르터, 액상 에폭시 수지도로 등으로 내구성이 있는 도장을 시공한 것은 통수능력이 거의 감소하지 않는 것으로 본다.

- ③ 펌프 도·송수의 경우에는 펌프양정과 관경과의 사이에 경제적 관계를 고려하여 설계하고 흡입수위는 수정저수위(펌프모타 설비용량 설계지침 참고)로 한다.

6) 경제적 관경결정

관로관계비용과 펌프관계비용의 합산치를 연간 총경비(건설비, 이자, 시설의 감가상각비 및 유지관리비의 합사치)의 형태로 생각하면 그 동안에 주어진 유량에 대하여 총경비가 최소이며, 가장 경제적인 관경이 반드시 하나 존재하는데, 이를 농업용 관수로의 경제적 관경이라고 한다. 이 경우 유속, 유량, 동수경사가 각각의 관경에 대한 경제유속, 경제유량, 경제동수경사가 된다. 즉, 이들의 경제적 수리제원은 주어진 관중, 부설조건에 대하여 하나의 물가체계상에서는 각 관경별로 항상 일정 값을 표시하는 것이다.

경제적 설계조건에 영향을 주는 요소로서는 관부설의 재료비 및 인건비, 펌프 설비비(가건물 포함), 건설자금의 이자율, 관 및 펌프설비의 감가상각율과 유지보수율(고정자산보존율), 전기요금 등이 있고, 그 중 하나가 변동하면 경제적 제원이 따라서 변화한다.



<그림 3-36> 경제적 관경결정 흐름도

참고로 상수도의 도송수시설 실시설계에 대한 경제적 관경 결정 계산사례는 다음과 같다.

항 목	계 산 조 건
○ 전 력 비	<ul style="list-style-type: none"> • 기준년도 : 2000년 3월 • 적용조건 : 산업용전력(갑), 선택요금(Ⅱ), 고압전력 A <ul style="list-style-type: none"> - 기본요금 : 4,920원/kw - 사용요금 : 47.60원/kw(여름철 : 봄·가을철 : 겨울철 = 2 : 4 : 6) $((4,920\text{원} \div 720\text{hr}) + 47.60\text{원}) \times 1.1 = 59.88\text{원kwh}$
○ 동 력 비	<ul style="list-style-type: none"> • $P(W) = \frac{0.163\gamma QH}{\eta} = 0.141\text{kW}$ 여기서, P(동력), Q(유량) = $1000\text{m}^3/\text{일} = 0.6944\text{m}^3/\text{분}$ η(효율) = 0.80, H(양정, TDH) = 1.0m, γ(물의비중) = 1.0 • 용량 $1,000\text{m}^3/\text{일}$을 양정 1m 가압 <ul style="list-style-type: none"> - 연간동력비 : 73,961원(=0.141kW × 59.88원/kwh × 24hr × 365일)
○ 손실수두	<ul style="list-style-type: none"> • 적용공식 : Hazen-Williams 공식 • 손실수두, $\Delta h = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$ 여기서, C : 100(D=600mm 이하), 110(D=700~900mm) 120(D=1,000mm 이상) D : 관경(m), Q : 유량(m^3/s), L : 연장(m)
○ 현가계수	<ul style="list-style-type: none"> • 할인율 : 10%(2009년 지방공기업법 강관 및 주철관 30년 동일적용) • 내구년도 : 강관 25년, 주철관 40년 • 현가계수 $r = \frac{(1+0.1)^n - 1}{0.1(1+0.1)^n}$

다. 관경설계 유의사항

농업용관수로의 경제적 관경을 결정에 있어서 시점의 수위는 저수위, 종점의 수위는 고수위를 기준으로 하여 동수경사를 산정하여야 한다. 덕타일주철관 또는 강관을 사용하는 경우는 통수년수의 경과에 따라 통수능력이 감소되므로 설계시 15~20년 후를 고려하여 산정하여야 한다. 다만, 시멘트모르터, 액상에폭시, 수지 도료 등으로 내구성이 있는 도장을 시공한 것은 통수능력이 거의 감소하지 않는 것으로 본다. 그러나 관의 내용년수가 경과된 후까지 고려하는 것이 안전하기는 하나 비경제적이다.

한편 펌프가압식인 경우에는 관의 내용년수와 기계, 전기시설의 내용년수를 고려하여 유속계수 변화에 의한 손실수두를 염두에 두고 계획하여야 하며, 펌프 양정과 관경과의 사이에 경제적 관계를 고려하여 설계하여야 한다.

자연유하식 관로의 경우는 주어진 시점과 종점간의 낙차를 최대한도로 이용하고 유속을 가급적 크게 하는 편이 관경이 최소가 되고 관 부설비도 최소로 되어 매우 경제적인 설계가 될 수 있다. 그러나 펌프양수의 관수로에 있어서는 관수로의 관경과 펌프양정과의 상관관계를 여러 가지 상황으로 조합할 수 있는데 관경을 작게 하면 관의 부설비가 저렴하나 통수저항을 증가시켜 동수경사가 급하게 됨과 동시에 손실수두가 커지기 때문에 펌프양정이 커진다. 따라서 펌프설비비가 커질 뿐만 아니라 장래에 걸쳐서 전력비가 높아져 비경제적 일수 있고 반대로 관경을 너무 크게 하면 펌프설비비는 적으나 관의 부설비가 증가되어 비경제적인 설계가 되기 쉽다.

3.8 관중 선정

관중 선정은 관에 작용하는 내압 및 외압에 대한 안전성, 환경 및 시공조건 등을 감안하여 최적의 관중을 선정해야 한다. 안전성은 내압(수압)과 외압에 의하여 결정되는 것으로 어떤 경우에도 견디는 강도를 갖는 관중과 관 두께가 되어야 한다. 환경조건으로는 매설장소의 지질상황에 따라서 특수한 접합이나 시공방법을 검토하고 이형관, 보호공이나 부식방지 등에 대하여도 검토하여야 하며 주변 지하매설물의 상황, 교통사정 등 시공조건도 고려할 필요가 있다. 경제적 설계는 관의 재료비, 공사비 및 펌프설비비 외에 장래의 유지관리비 등을 고려하여야 한다.

3.8.1 일반사항

일반적으로 덕타일주철관, 강관(폴리에틸렌피복강관), 경질염화비닐관(PVC관), PE관 및 기타 화학제품재료에 의하여 제작된 관 등이 많이 사용된다. 그러나 송·배수관의 경우 자연유하로, 수압이 낮고 수압변동이 없으면서 매설되는 지반이 튼튼하여 부등침하의 염려가 없는 조건에서는 프리스트레스 콘크리트관이나 원심력 콘크리트관을 사용할 수도 있다. 우리나라의 경우 과거에는 경제적인 문제와 철강자재 조달문제로 이와 같은 콘크리트관을 큰 관경에서 많이 사용하였으나 지금은 사용되는 경우가 그리 흔하지 않다.

관중 선정에서 내압 및 외압에 대한 안전성, 환경조건, 시공조건 등을 감안하여 최적의 것을 선정하지 않으면 안 되며 안전성은 수압과 외압에 의하여 좌우되는 것으로 외압이든 내압이든 어떤 경우에도 견디는 강도를 갖는 관중과 관 두께가 되어야 한다. 이 경우 수압으로는 최대정수압과 수격압을 고려해야 하며 외압으로는 토압과 노면하중 그리고 지진 등을 고려할 필요가 있다. 환경조건으로는 매설장소의

토양이나 토질은 물론 지질 상황이 대단히 중요하므로 그 여건이나 상황에 따라서 특수한 접합이나 시공방법의 검토 또는 이형관이나 보호공은 물론 부식방지 등에 대하여 검토하여야 하며 시공조건으로는 주변 지하매설물의 상황, 교통사정 등을 고려할 필요가 있다.

경제적 설계는 관의 재료비, 공사비 및 펌프설비비 등외에 장래의 유지관리비 등을 고려하여야 하며 경제성은 영농경영상, 중요한 것이기는 하지만 이것이 너무 강조되어 장래 안전급수를 저해하는 가능성이 있는 경우가 있어서는 안 된다.

3.8.2 관종선정시 고려사항

농업용관수로에 사용하는 관종은 농업용수의 송배수 조직에 필요한 수리, 구조, 시공 등의 조건을 충족하고 그 특성을 충분히 살릴 수 있는 것을 선정해야 하며 다음 사항에 유의해야 한다.

- 관은 각종 하중에 대해 충분히 안전한 강도와 양호한 수밀성을 가지며, 물의 흐름에 대한 저항이 적고 내구성과 내식성이 우수하며 시공이 용이하고 가격이 저렴한 것이 좋다.
- 매설 관로에서는 정수압이나 수격압 등의 내압 외에도 토압, 노면하중 등의 외압이 동시에 작용한다. 그러므로 이들 하중에 대해 충분히 견딜 수 있는 내압강도를 가져야 한다. 또 이형관 부분의 비평형력, 부등침하, 지진에 대해서도 충분히 안전하여야 한다.
- 강성관은 관종 선정에 있어 원칙적으로 관자체의 외압 및 내압 저항강도를 기준으로 관종을 선정한다. 연성관은 외압 저항강도를 표시하지 않는 것이 일반적이므로 관종을 선정할 때는 관 고유의 재료강도를 이용해서 계산한 응력과 변형(deflection)량을 검토하여 어느 경우에도 설계조건이 만족되는 관종을 선정해야하며 적절한 안전율을 고려하여야 한다.
- 관은 장기간에 걸쳐 물의 유통을 잘 유지할 수 있어야 한다.
- 강산성 지반에서 콘크리트관류의 부식과 강관, 주철관류의 녹슬음과 전식 등에 대해서도 충분히 고려하여야 한다.

현재 농업용 관수로에 일반적으로 사용되는 기성제품관의 종류와 규격 및 특징은 <표 3-13> 및 <표 3-14>와 부록 1을 참조한다.

<표 3-13> 관의 종류와 특성

관 종		규 격	관경(mm)	특 성	
강 성 관	콘크리트관	KSF4403 KSF4405	150~2,000	내식성과 강도가 크고 중량이 무겁고 이음매의 신뢰도는 낮다.	
연 성 관	덕타일주철관	KSD4311	80~1,200	강도와 내구성이 크며, 내식성도 우수. 내면에 모르타르 라이닝이 되어 있어 유량계산시 경년 변화 고려 안함 외면도장은 역청과 수지를 쓰며 콜타르 도장한 것보다 내식성이 강하다.	
	강 관	상수도용 도복장 강 관	KSD3565 KSD3589 KSD3607	80~3,000	강도가 크고, 내구성, 인성(靱性), 연성 (延性)이 좋고, 내충격성이 우수하다. 중량이 비교적 가볍고 내외면에 도장하면 방식성이 있다. 전식의 염려가 있으면 전기방식이 필요하다.
		일반용수용 도복장강관	KSD3626	80~3,000	이음의 수밀성이 높고 내진성이 우수하여 수관교에 적합하고 내외압이 큰 관로와 연약지반 관로에 적합하다. 용접공사가 대체로 어렵고, 작업시 손상 부위의 부식우려가 있다.
연 화 비닐관 (PVC)	고강도폴리 염화비닐관 (HIVP-GOLD)	KSM3401	16~300	경량이며 내식성, 내전식성, 내면조도가 매끄럽다. 연약지반에 적합하다. 충격강도를 기존에 2배 향상시켜 압송관로에 적합 관경에 다양성이 부족하다.	
폴리에 틸렌관 (PE)	수 도 용 폴리에틸렌관 (HDPE)	KSM3408	16~300 350~600	가볍고 시공성이 우수하다. 내충격성, 내약성, 내식성, 내전식성이 우수하고 연약지반에 적당하다. 대구경은 제품가격이 비싸고 다른 관종에 비하여 강도가 약하고, 제품재료의 식별이 어렵다.	
	강화 플라스틱 복합관(FRPM)	KSM3333	200~3,000	가볍고 운반시공이 용이하다. 내충격성, 내식성, 내전식성, 내마모성, 내크르프성이 크다. 연결부에 강성이 있고 연약지반에 적합하다.	

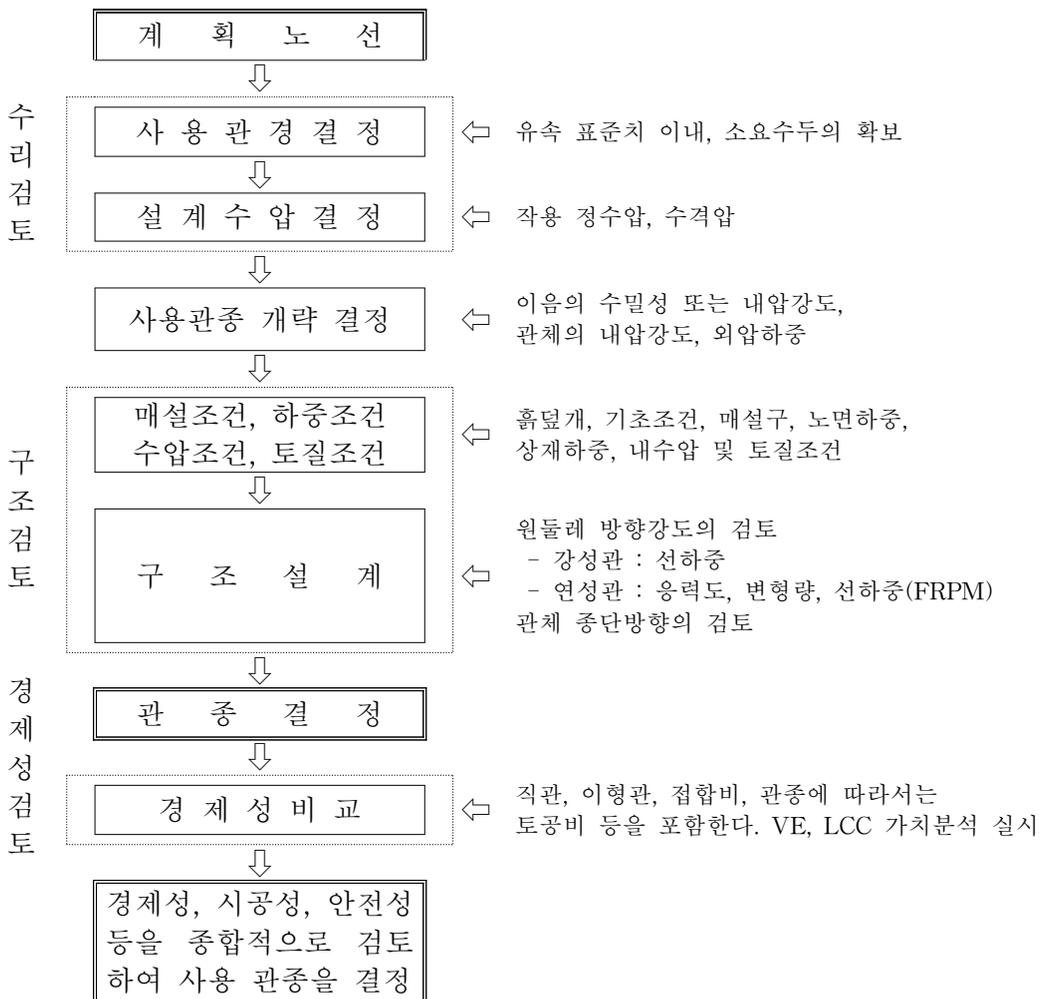
<표 3-14> 관의 종류와 특성강관(SP) 및 덕타일주철관(DCIP)의 일반적인 특성

관종 항목	수도용도복장강관(SP)	덕타일주철관(DCIP)
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○내외압 및 충격에 강함 ○용접시공으로 현장가공 용이 ○신축에 강하며 연약지반, 부등침하, 온도신축에 충분한 내구력이 있다. ○대구경관 제작이 용이 ○주철관에 비해 경제성 떨어짐 ○부등 침하의 우려가 있는 곳 및 벨브실 전후에는 필히 신축이음부 설치 ○링조인트관 사용시 별도의 신축 이음부가 필요 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○시공성, 내진식성 우수 ○각종 응력에 대한 저항치가 강관보다 작아 지반 변화요인에 대한 저항치가 떨어짐 ○강관에 비해 경제성이 저렴 ○제작부품을 현장에서 조립하므로 공해발생의 염려가 없다. ○이형관부위에 곡관보호공을 필히 설치하여야 함 ○소형관에 적용 ○별도의 신축이음부가 필요 없음
중 량	<ul style="list-style-type: none"> ○덕타일주철관의 2/3정도로 비교적 가벼워 취급운반 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○강관의 1.5~1.8배
접합형식 및 이음부 특성	<ul style="list-style-type: none"> ○용접에 의해 관이 연속하여 연성·인성이 우수한 일체구조 ○고도의 용접기술 및 충분한 검사가 필요 ○대구경관(D1,000mm이상)용접공법이 유리하며 내부보수가 어려운 중소구경(D800이하)관로에는 링조인트공법이 적합 	<ul style="list-style-type: none"> ○KP메카니칼, 타이튼, 메카니컬 조인트 3종류의 이음이 있으나, 현재 KP메카니칼 조인트방법이 주종 ○시공이 간단 절대공기가 짧다 ○조인트이음으로 부등침하에 대하여 탈관 및 파손의 우려가 있다.
시공성	<ul style="list-style-type: none"> ○중량이 가벼우므로 운반 및 거치 용이 ○용접합이므로 부설기간이 길다. ○현장 가공성이 용이 ○연약지반 및 부등침하에 대한 내구성이 양호 ○용수구간에서 링조인트공법이 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○강관보다 무겁고 PC관보다 가볍다 ○부설기간이 강관보다 짧다. ○현장 가공은 어려움 ○연약지반에서 부등침하시 탈관 발생 우려 ○용수구간에서 시공 용이
유지 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○부단수공법에 의한 분기관 설치가 어렵다. ○보수가 용이하나, 보수시 현장용접 후 내부도장이 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○부단수 공법에 의한 분기관 설치가 비교적 용이 ○보수가 용이하고 보수완료후 문제점이 별로 없음
부식 및 방식	<ul style="list-style-type: none"> ○염분이나 해수 및 철박테리아가 많아 토양 부식이 쉽고 전식에 의한 부식에 약하다. ○용접부는 별도의 도복장방법이나 전식방지 설비가 필요하다 ○내외면 도복장 실시 	<ul style="list-style-type: none"> ○강관에 비하여 내식성, 내마모성이 크며, 유산박테리아 토양에서 관이 부식한다. ○관내면에 몰탈라이닝하여 부식과 스케일 발생을 방지할 수 있다.
내구성 및 수밀성	<ul style="list-style-type: none"> ○강도가 크고 내·외압 및 충격에 대한 저항이 크다. ○전식에 약하다. ○용접 및 조인트공법이므로 누수에 가장 안전하고 수밀성이 양호 	<ul style="list-style-type: none"> ○강도가 크고 내·외압 및 충격에 대한 저항이 비교적 적다 ○전식의 우려가 거의 없다. ○누수에 비교적 안전
일반 적용도	<ul style="list-style-type: none"> ○내·외압이 큰 중요한 관로 ○연약지반 관로 ○수관고 및 하천횡단관로 ○복잡한 구체 및 구내배관 ○연약지반, 부등침하에 충분한 내구력이 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○관 생산규격에 제한을 받으므로 대구경 관경에는 사용에 어려움 ○관경 D700mm 이하 관로로 강관 접합부 내부도장이 어려운 관로

3.8.3 관중선정순서

관중선정순서는 <그림 3-37>과 같다.

- 수리검토를 하여 관경을 개략 결정한다.
- 관수로의 형식, 송수방식 등의 시설조건으로부터 설계수압을 개략 결정한다.
- 수리검토의 결과를 기초로 해서 관의 종류와 규격을 개략 결정하고, 이음의 수밀성, 관의 내수압강도 등을 검토하여 사용 관종을 개략 결정한다.
- 개략 결정된 관에 대해서 구조설계 검토를 실시한다.
- 기술검토를 거친 후에도 여러 종류의 관중에 대하여 경제성 비교외에도 관로가 매설될 대상지구의 입지조건, 시공조건, 유지관리, 안전성 등을 종합적으로 검토하여 사용 관종을 최종 결정한다.



<그림 3-37> 관중 선정 순서

3.8.4 관중 선정방법

관수로에 사용하는 관중은 관체에 작용하는 내수압과 횡단방향 및 종단방향의 외압하중에 대해서 충분한 강도를 갖고 있어야 하며, 이음에 있어서도 작용 내외압에 대해 충분한 강도와 수밀성을 가져야 한다. 따라서 관중 선정시 이음의 수밀성과 수압강도를 검토해야 하는 경우와 관체의 수압강도를 검토해야 하는 경우로 구분할 수 있는데 경우에 따라 검토하는 내용은 다음과 같다.

가. 이음의 수밀성을 검토해야 하는 경우

고무링, 고무패킹 등을 사용한 접합방식의 관중은 수밀성을 검토해야 한다. 일반적으로 원심력 철근콘크리트관(RC관), 코어식 프리스트레스트 콘크리트관(PC관), 덕타일주철관(DCIP관), 경질염화비닐관(고무링접합)(PVC관), 강화플라스틱복합관(FRPM관) 같은 관중이 이에 속한다.

이음의 수밀성은 관체 또는 이음의 내압(耐壓)강도와는 다르다. 이것은 수압을 부하한 상태에서 휨 또는 재하시험을 행하여 이음을 최대휨강도까지 굽혔을 때 이음의 수밀성이 보장되는 경우의 수압을 가르킨다. 일반적으로 관이음의 수밀성은 그 이음의 내수압(耐水壓)강도보다 작은 값(수압)을 나타낸다. 이음의 수밀성 및 수압강도는 원칙적으로 식(3-16)으로 결정한다.

$$H_{sc} \geq SH \dots\dots\dots (3-16)$$

여기서, H_{sc} : 관이음의 수밀성(N/cm²)

H : 설계내수압(정수압+수격압) (N/cm²)

S : 안전율(부설상황에 따라 다르나 일반적으로 2.0이상)

나. 이음의 내수압 강도를 검토해야 하는 경우

접착, 용착 등의 접합방식으로 이음하는 관중은 내수압(耐水壓)강도에 대해서 검토해야 한다. 일반적으로 경질염화비닐관(접착접합)이나 폴리에틸렌관(용착접합 등) 같은 관중이 이에 속한다. 접착, 용착 등의 접합방식으로 이음한 관은 이음부가 새로이 관의 일부로 되므로 이 경우는 이음의 내압강도를 관체의 내압강도와 동등한 것으로 간주할 수 있다.

다. 이음의 수밀성 및 내수압강도의 검토가 필요하지 않은 경우

용접접합방식으로 이음한 관종은 이음의 수밀성 및 내수압강도에 대해 검토할 필요가 없다. 강관이 이에 해당한다. <표 3-15>는 이음의 수밀성 또는 내수압강도로부터 관의 사용수압을 개략적으로 판단할 수 있는 자료이며 사용 관종을 개략적으로 선정할 수 있다.

라. 관체의 수압강도를 검토해야 하는 경우

관종에 따라서는 이음의 수밀성 또는 내수압강도보다 관체의 내수압강도가 작은 경우가 있다. <표 3-16>은 관체의 내수압 강도로부터 사용수압을 개략적으로 판단할 수 있는 자료이며, 이 표를 <표 3-15>와 병용하면 사용 관종을 선정하는데 방향을 세울 수 있다.

단, <표 3-16>에 제시한 값은 외압하중이 작용하지 않은 상태의 관체의 내수압 강도이다.

<표 3-15> 이음의 수밀성 또는 내수압강도에 의한 사용관종의 개략결정표준

(단위 : N/cm²)

관 종		관수로형식	정수압	설계수압	비 고
원심력철근콘크리트관		개 방 식	19.6	23.5	KS F 4403의 이음에 적용
코어식프리스트레스트 콘크리트관 (1종)	표준형	개방식, 폐쇄 및 반폐쇄식, 펌프압력수조식	39.2	58.8	KS F 4405의 이음에 적용
	PC형		58.8	88.2	
	DS형		98.0	117.6	
강관(PEP)	용접식	상 동	149.9	199.9	KS D 3578의 (F15 F20)이음에 적용
	링조인트식	상 동	149.9	199.9	
폴리염화비닐관	VP(IWVP)	상 동	74.5	98.0	KS M 3402의 KS D 4308(HIKP식)이음에 적용
	HIVP-G	상 동	98.0	147.0	
폴리에틸렌관	LDPE	상 동	74.5	98.0	KS M 3408의 열융착공법 이음에 적용
	HDPE	상 동	98.0	147.0	
강화플라스틱복합관 (I, II류)		개방식, 폐쇄 및 반폐쇄식, 펌프압력수조식	109.8	132.3	FRPM K 111, JIS A 5350의 이음에 적용

주 : 1) 사용 정수압과 설계수압은 본 표의 값을 상한으로 한다.

2) 상기 이외의 관종 또는 이음으로서 KS에 최대 사용수압이 규정되어 있는 것은 그에 준한다.

3) 신축 가동이음의 KS규격 및 제작자 규정을 검토하여 관체 또는 이음의 설계수압 이상의 것을 사용한다.

4) 본 표에 제시한 내수압강도중 KS규격 등에 시험방법이 규정되어 있는 것 이외의 관종에 대해서는 원칙적으로 휨 하중 채하상태에서 내수압 강도를 결정한 것이다.

<표 3-16> 관체의 내수압강도에 의한 사용관종의 개략결정표준 (단위 : N/cm²)

관 종		관수로형식	정수압	설계수압	비 고
원심력철근 콘크리트관(RC)	2K	개 방 식	9.8	12.7	ø150~ø2,000mm
	4K		20.6	25.5	ø150~ø2,000mm
	6K		32.3	39.2	ø150~ø 800mm
코 어 식 프리스트레스트 콘크리트관(PC)	1종	개방식, 폐쇄식 및 반폐쇄식 펌프 압력수조식	107.8	130.3	ø500~ø1,500mm
	2종		86.2	103.8	ø500~ø1,800mm
	3종		64.7	78.4	ø500~ø2,000mm
	4종		43.1	51.9	ø500~ø2,000mm
	5종		32.3	39.2	ø500~ø2,000mm
강관 (PEP)	용접식	상 동	199.9	249.9	ø80~ø3000mm
			149.9	199.9	ø80~ø3000mm
	링조인트		199.9	249.9	ø80~ø1650mm
			149.9	199.9	ø80~ø1650mm
폴리염화비닐관	VP (IWVP)	상 동	74.5	98.0	ø16~ø 300mm
	HIVP-G		98.0	147.0	ø16~ø 300mm
폴리에틸렌관	LDPE	상 동	74.5	198.0	ø16~ø1600mm
	HDPE		98.0	147.0	
강 화 플라스틱복합관 (I류 및 II류) (FRPM)	1종	개방식, 폐쇄식 및 반폐쇄식 펌프압력 수조식	109.8	132.3	ø200~ø 300mm : I 류 ø500~ø2,000mm : II 류
	2종		85.3	102.9	
	3종		56.8	68.6	
	4종		40.8	49.0	
	5종		19.6	24.5	

3.9 관수로 기능 검토

관수로는 설계유량을 통수할 수 있는 충분한 기능이 있어야 하며 허용유속은 물론 부압발생의 유무를 검토하여 압력분포도 확인해야 한다. 관수로에서 이론 통수능력과 실제 통수능력과 차가 나타나게 되므로 수리단위 간에 팜폰드나 조정지 등 완충시설의 필요성을 검토하고, 통수를 위한 충수(充水)조작, 비상시 송수정지, 긴급방류 등 설계유량 이외의 경우에도 관수로 시스템으로서의 기능이 유지되어야 한다. 유량의 검토, 수리단위 간의 관련기능, 수리단위 내부의 과도 현상 등 관리운용에 대한 기능검토도 시행해야 한다.

3.9.1 수리단위 결합의 검토

각 수리단위간의 결합은 원칙적으로 유량과 수위가 기본요소이며 경계조건은 상하류 수리단위의 실제 통수능력을 조정하는데 필요한 조건을 정하는 것이다. 관수로는 기성제품을 사용하므로 설계상 필요한 관정보다 바로 상위의 것을 선정하게 된다. 따라서 이론 통수능력과 실제 통수능력간에는 차이가 나타나게 되므로 수리단위간에 통상의 팜폰드나 조정지와 다른 완충시설이 필요하게 된다. 특히 펌프 또는 밸브를 ON-OFF로 조작할 경우 펌프의 흡수조, 배수조, 분수조에 조정 용량을 고려하여야 한다.

3.9.2 통수기능의 검토

설계유량을 통수할 때에는 각 관수로의 유속을 구하여 허용설계유속의 범위 내에 포함 여부를 검토하여 관수로부의 압력분포를 구하고 부압발생의 유무를 검토하여 압력분포를 확인한다. 또한 바로 상위 관경의 선정으로 송배수에 이용할 수 있는 낙차가 생기면 최상류 관경을 축소함으로써 낙차조정을 할 수 있다.

3.9.3 운용 관리시설의 검토

설계유량을 통수시키기 위한 시설은 물 관리시설 운용에 대해서도 그 기능을 발휘하여야 한다. 관수로내 설계유량이 흐르는 시간은 매우 짧은 시간에 한정되므로 설계유량 이외의 통수조건에 대해서도 기능이 확보되도록 충분히 검토한다. 관수로는 시설조작이 빈번히 이루어지므로 복잡하고 비정상 현상이 발생되며 때에 따라 치명적 고장을 일으킬 수 있다. 따라서 통수를 위한 충수(充水)조작, 비상시 송수정지, 긴급방류 등 설계유량 이외의 경우에도 관수로 시스템으로서의 기능이 유지되어야 한다.

관리운용에 대한 검토는 유량의 검토, 수리단위간 관련기능, 수리단위 내부의 과도현상 등에 대하여 시행 한다. 이상을 검토하여 필요시 시스템의 구성변경, 시설 장비의 점검을 실시하고 때에 따라 관수로의 구성 및 물 관리 제어방식을 재고하거나 새로운 부가시설의 설치를 검토한다.

여기서 유량의 검토는 설계유량 이외의 최빈유량 및 최소유량에 대해서도 펌프 운전상태, 밸브개폐도 등 운용관리 조건을 고려하여 정상유황을 해석함으로써 안전 유황 형성여부, 유량의 균형 확보여부를 검토한다. 특히 과도한 감압에 따른 공동(空洞)현상의 발생, 펌프의 대수분할, 운전제어방식의 변경, 밸브의 선택과 조합 등에 대해서 충분히 고려한다.

수리단위 내부의 과도현상 검토는 관수로는 통수기능에 대한 저류용량이 매우 적으므로 단시간에 비상거동이 발생한다. 펌프의 운전이나 밸브의 개폐조작과 같은 유황의 제어로 경계조건을 변화시키면 이에 따라 속도에너지가 변화하여 수격작용이나 서어지(surge)가 일어난다. 수격작용은 진동주기, 그리고 서어지는 밸브의 개폐시간, 펌프의 관성모멘트에 의한 수류정지시간 등 조작시간의 과도적 현상으로 이해할 수 있으나 양자의 상대적 관계에 따라 그 현상이 변화하기도 한다.

따라서 과도기간 내 발생하는 최대압력에 의한 관체 또는 이음의 불안전, 스탠드 내 일류(溢流)나 최소압력에 의한 수주분리(水柱分離), 공기혼입 등에 대하여 충분히 검토한다.

3.10 제어·관리시스템 설계

제어·관리시스템을 계획하는 경우 작물 생육시기별로 변화하는 필요수량 등 농업용수의 특징을 충분히 이해할 필요가 있고 제어내용은 비교적 단순하나 분산되어 있어 광범위해지는 경향이 있는 것 등을 고려해야하며 현장의 제어시스템은 자연조건에서도 장기간에 그 기능이 유지되도록 한다.

제어수준을 높이는 것도 필요하지만 실용성이 떨어지는 결과를 초래할 수 있으므로 농업의 생산성에 걸맞은 제어수준을 결정하고, 조작의 용이성, 시설의 내구성, 시설의 안전성에 중점을 둔 설계가 바람직하고, 관수로에 생기는 각종의 수리현상에 대해서 모의 발생 실험을 실시하여 이들 현상에 충분히 대처하도록 검토하는 등 제어·관리시설은 통수시설의 내용, 물 관리방식과 관리체제, 지구의 규모 등을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다.

3.10.1 관리시스템의 설치 목적

제어·관리시설이란 관수로 시스템에서 정보의 수집, 처리, 조작을 하기 위한 시설로서 관수로 시스템을 구성하는 하나의 중요한 요소이다. 구체적으로 수위, 유량, 압력 등을 관측하는 시설, 관측치를 감시 제어하는 시설, 정보를 전달하는 통신시설, 정보의 기록 또는 처리하는 설비의 일체를 말한다. 관수로의 제어·관리시스템의 설치 목적은 주요 수원공이나 관수로시설을 중앙관리소에서 집중적이고 체계적으로 관리함으로써 효율적인 시설관리가 되어 물관리 비용이 절감되고 용수 배분을 합리적으로 하여 가뭄이나 홍수 등의 농업재해 대응 능력을 향상하는데 그 목적이 있다.

3.10.2 제어·관리수준의 결정

수리시설이 집단화되고 시설물 개보수 및 용수로 구조물화 및 용배수 시설의 전동화가 완료되어 사업효과가 높은 지역부터 단계별로 시행하고 저수지, 양배수장 등 수원공과 평야부 용배수간선의 주요시설 위주로 물 관리 자동화시설을 우선 설치한다는 것이 현재 정부의 추진 정책 방향이다. 제어·관리시설의 설계는 통수 시설의 내용, 물 관리방식과 관리체제, 지구의 규모 등을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다. 제어·관리 시설의 수준결정과 관계되는 사업지구의 여건은 아주 다양하므로 지구의 여건과 제어·관리시설과의 관계를 <표 3-17>에 표시하였으니 상호관계를 종합적으로 검토하여 제어·관리 수준을 결정할 필요가 있다.

<표 3-17> 제어·관리시설 수준 결정

구 분	지구의 조건		물관리의 감시제어의 수준				
			인 력	자 동	원격조정		
지구의 규모	대 규모	시스템이 복잡			○	○	
	소 규모	시스템이 단순		○	○		
관수로 시스템	송수계	자연유하	공급주도	수원에서 제어	○	○	
				분수점 제어		○	○
		펌프에 의한 압송	공급주도	수원에서 제어	○	○	
				분수점 제어		○	○
	배수계	자연유하	급 수 전		○	○	
			전자밸브제어			○	○
		펌프에 의한 압송	전자밸브제어			○	○
			배출수위제어			○	
	조절지	기간조정	1개소		○	○	
			여러 개소				○
팜폰드	시간조정	1개소			○		
		여러 개소			○	○	
관 리 체 제	물관리조직이 있고, 인적감시제어가 가능		○	○			
	광범위하여 인적감시 제어는 곤란			○	○		
물사용 조 건	물사용 조건에 의한 원격감시제어의 필요가 있다.			○	○		
	특별히 원격감시제어의 필요는 없다.		○	○			

주 : 물관리의 감시제어의 수준이 2개 이상에 ○가 붙어 있는 것은 「또는」 혹은 「및」의 뜻으로 생각하면 된다.

3.10.3 제어·관리시스템 설계

제어·관리시스템의 적용 대상시설은 다음과 같다.

- ① 수원공: 저수지(사통, 취수탑, 여수로 문비), 취입보, 양수장, 관정 등
- ② 배수시설: 배수장, 배수갑문 등
- ③ 용배수로 주요시설: 분수문, 제수문, 방수문, 배수문 등
- ④ 재해예방시설: 댐 및 방조제 등 홍수예경보시설

제어·관리시스템을 계획하는 경우 농업용수의 특징을 충분히 이해할 필요가 있다. 이들의 특징은 다음과 같다.

- 필요수량이 생육시기별로 변화하며, 강우량에 따라 일단위(日單位)로 필요수량이 변한다.
- 제어내용은 비교적 단순하나 대상지역이 분산되어 제어 대상지역이 광범위해지는 경향이 있다.
- 현장의 제어시스템은 자연조건에 대응할 수 있도록 하여 장기간에 걸쳐 그 기능이 유지되어야 한다.
- 다만 상기사항을 완전히 만족시키기 위해서는 시설의 고도화가 필요하게 되지만 이것은 오히려 실용성을 제한하는 결과를 초래하므로 농업 생산성에 걸맞은 제어수준을 구축하는 것이 현실적인 대응이라고 할 수 있을 것이다. 이와 같이 관수로의 제어시스템의 목표는 조작의 용이성, 시설의 내구성, 시설의 안전성에 중점을 둔 설계가 바람직하다. 또 해당 제어시스템의 적합성을 확인하기 위하여 관수로에 생기는 각종의 수리현상에 대해서 모의 발생 실험을 실시하여 이들 현상에 충분히 대처할 수 있도록 검토한다.

제어·관리시스템의 계획에 있어서는 관리제어의 내용과 방법 그리고 운영체제 등을 명확하게 하여 최종적인 제어·관리 시스템을 결정한다.

3.10.4 제어·관리시스템 설계시 유의사항

가. 제어·관리체제

물관리시설의 설계에 있어 가장 중요한 요소는 모든 시설, 물 관리방식, 관리체제의 적합성이다. 이중에 특히 관리체제의 정도가 중요하다. 즉, 관리주체의 조직체제의 뒷받침 없이는 물관리방식의 선택이나 실행은 불가능하기 때문에 관리주체와 충분한 의견교환을 하여 둘 필요가 있다.

나. 정보의 종류

물 관리에서 수집되는 정보는 각종 기기의 조작상황 정보, 수리정보, 수원에서의 공급정보와 수익지에서의 수요정보로 구분된다. 조작상황 정보는 예를 들면 펌프의 가동상황, 중요한 밸브의 열림상태 등이고, 수리정보는 관수로 내부의 압력, 유량, 수위 등이다. 실제로는 각종 기기의 조작상황과 발생하고 있는 수리현상의 정보 수집에 관심을 두고 있으나, 말단 블록에서의 수요정보의 파악과 처리에도 관심을 둘 필요가 있다.

일반적으로 정보처리 기기를 비치한 경우의 물 관리는 유지관리비의 절감을 목표로 한 관리의 필요에서 검토하는 것이고, 관수로 시스템에 있어서의 수원에서의 공급상황과 물 사용 상황에 대한 예측 또는 과거의 물 관리기록 및 정보의 전달 기능 자료 등으로 공정표를 작성하여, 이들을 바탕으로 물 관리시스템을 설계하여야 한다.

다. 정보수집 방식의 검토

일반적으로 물 관리시설이라고 하면 TM/TC, 컴퓨터에 의한 자동화기기 구성 등을 생각하기 쉬우나 이들 시설을 채용하기 전에 관리항목이 최소가 되도록 하는 모든 시설배치와 구성을 고려해야 한다.

관수로는 개수로에 비하여 시설 조작에 대한 반응이 극히 빠르고 또한 모든 지역에 빠르게 영향을 미치는 특성을 가지고 있기 때문에 과도한 이상 현상이 어떻게 발생하는가를 파악해 두어야 한다. 그 때문에 송수정지 시부터 최대 유량때까지의 변화 혹은 그 반대의 경우에 대하여 각종 기기의 조작을 어떻게 판단하고 실행하는가를 확인한 다음에 기록하여 두는 것이 필요하다.

기타 사항은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로편"을 따른다.

제 4 장 관수로 수리설계

4.1 일반사항

관수로 수리설계는 계획최대유량을 안전하고 확실하게 통수할 수 있도록 관수로의 통수단면, 부대시설의 규모 및 제어방식을 검토하여 관수로의 용수공급 기능을 확보하고, 수압에 대한 안전성을 확보하는 데 있다. 관수로 설계에 사용하는 유량은 계획 최대유량을 설계유량으로 하지만 설계유량보다 적은 유량이 통수될 때의 유량 및 수압에 주의할 필요가 있다. 관경결정에 사용하는 설계수위는 시점은 관리의 최저수위를 이용하고, 중점 또는 분수점 등은 관리의 최고수위를 이용한다. 유속은 관재질이나 관경에 따라 허용최대유속과 허용최소유속을 검토해야 한다. 동수경사선은 설계유속 범위 내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 계획하고 관정(管頂)보다 0.5m이상 높게 해야 한다.

4.1.1 관수로 수리설계 목적

관수로의 수리설계는 대상이 되는 관수로의 조직이 용수계획의 범위에서 여하한 조건에서도 계획최대유량을 안전하고 확실하게 통수할 수 있도록 관수로의 통수단면, 부대시설의 규모 및 제어방식을 계획하여 관수로의 통수기능을 검토하는 것이다. 또한, 관경결정, 밸브구경산정, 펌프양정결정 등 시설규모 결정이나 관리 및 밸브조작 방법을 검토하기 위하여 수격압을 산정하기도 한다.

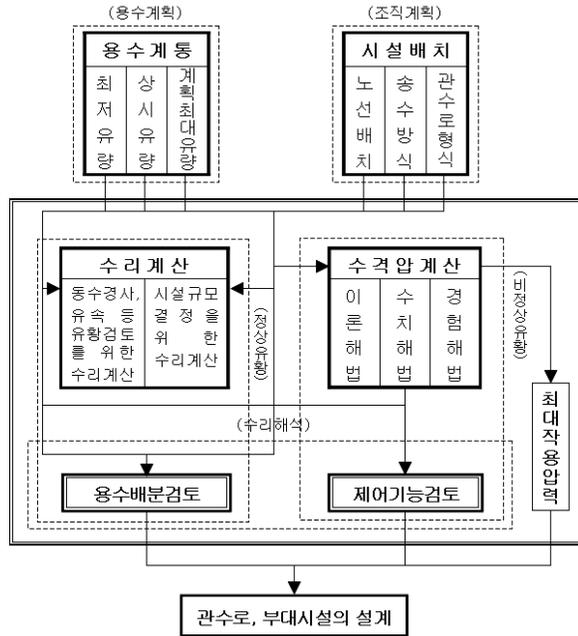
그리고, 계획된 관수로시스템이 필요수량을 충분히 공급가능능력과 미흡시의 개선대책을 검토하며, 관수로 중간에 설치될 유량, 압력의 조절밸브 및 조압시설, 조정시설에 설치하는 유량, 수위조절 밸브의 기능 및 펌프설비 등 부대시설의 운전조건을 검토하여 관수로 조직의 운전제어방식 수립에 이용하기도 한다.

4.1.2 관수로 수리설계 순서

관수로 시설설계는 기본설계단계에서 개략 선정된 관수로조직과 부대시설에 대해서 상세한 수리설계 및 구조설계를 실시하는 것으로, 그 결과가 관수로 시스템의 설계에 적합한지의 여부를 <그림 4-1>의 수리계산 흐름도에 따라 검토한다.

4.1.3 관수로 수리설계시 필요 자료

관수로 조직의 수리해석을 실시할 때 검토 목적별로 필요한 구득자료로는 다음 <표 4-1>와 같다.



주) 내를 수리설계범위로 한다.

<그림 4-1> 관수로 수리설계순서

<표 4-1> 관수로 수리해석에 필요한 자료

구분		시설규모 결정	시설 기능 검토			
목	적	관경, 밸브구경, 펌프구경, 양정의 결정	관수로 조직 용수배분능력 평가			
목	표	관경, 밸브구경, 펌프양정	분 수 량			
계	산	손 실 수 두	유량계산, 손실수두계산			
요 자 료	평	면	도	○	△	
	종	단	도	○	○	
	통	수	량	○	●	
	분	수	량	○	●	
	관	경		○	○	
	관	경		●	○	
	유	속	계	수	○	○
	시	점	수	위	○	○
	중	점	·	분수수위	○	○
	관	로	임의점	압력	△	△
	펌프	H~Q	특성		△	○
	밸브	H~Q	특성		△	○

주) ● : 구하는 목표치 ○ : 필요자료 △ : 특별히 필요로 하지 않는 자료

4.2 관수로 설계유속

관수로의 설계평균유속은 손실수두와의 관계에 의하여 관로의 경제성에 크게 영향을 미치므로 노선조건, 사용관종, 관경 및 수로형식 등에 의하여 일률적으로 정할 수는 없으나 원칙적으로 송배수방식에 따라 다음과 같이 결정한다.

4.2.1 설계평균유속

가. 자연압식 관수로의 설계평균유속 범위

관경결정시 시종점간의 낙차를 최대한도로 이용하여 유속을 가능한 한 크게 설계하는 것이 관경이 최소가 되어 경제적이다. 따라서, 자연압식 관수로의 관경은 부여된 개개의 수리조건에 의하여 결정되기 때문에 허용최대최소 유속이내로 설계하면 된다. 4.2.2에 제시한 허용최대평균유속은 수리단위내의 국부적인 구간의 유속의 점점에 이용하고, 수리단위 내의 유속의 평균치 한계는 2.0m/s 이내가 바람직하다. 여기서 말하는 유속의 평균치는 종단방향의 가중평균치를 말한다. 그러나, 동수구배가 큰 경우에는 평균유속의 한계치를 2.5m/s 까지 높여도 된다. 그러나, 채용한 유속이 크면 경사부의 관성력, 곡선부의 쓰러스트력 등에 의하여 특히 신중한 검토가 필요함과 동시에 하류단에서 밸브조작을 하는 경우는 (1) 비정상류를 충분히 검토하여 시설의 안전성 확인하는 것과 (2) 밸브조작에 의한 캐비테이션을 검토하는 것이 필요하다.

나. 펌프압송식 관수로의 설계평균유속 범위

펌프압송식 관수로의 경우 일반적으로 펌프흡입측의 저수위와 토출수조의 고수위로 양정을 설정하여 설계하면 된다. 그러나, 관로내의 유속 즉 관경과 펌프양정의 조합은 다양하게 존재한다. 자연압력식의 경우와 같은 방식으로 관경을 작게 하면 관계되는 비용이 줄어드나, 통수저항이 증가하기 때문에 동수경사가 급하게 되어 펌프양정이 높아져 결국 펌프 설비비와 운전비가 증가하는 요인이 된다. 반대로 관경을 크게 하면 펌프 제경비는 줄어드나 관 비용이 증가한다. 어느 경우에도 비경제적인 설계가 된다. 따라서, 펌프압송식 관수로의 유속은 관 비용과 펌프 관계비의 합이 부여된 유량에 대하여 최소가 되도록 경제비교를 하여 결정하는 것이 바람직하다. 이때의 설계유속의 범위는 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 펌프압송식 및 자연압력식의 평균유속 범위

관경(mm)	75~150	200~400	450~800	900~1,500	1,600~3,000
유속(㎥/s)	0.7~1.0	0.9~1.6	1.2~1.8	1.3~2.0	1.4~2.5

주) ① 설계유속은 관수로의 안전성, 부대기기의 관리 등 경험적으로 정한 값이다.

② 관경 2,000mm이상의 대구경관은 관의 안전성 등 관리상의 필요조건을 검토한 후 사용여부를 결정한다.

이 표의 값은 일본에서 설계실적을 바탕으로 작성된 것이며, 관수로 관경은 간지선 관로 전구간을 포함하여 경제비교에 의하여 결정하는 것이 원칙이다. 이 경우의 허용평균유속은 자연압식 관수로와 동일하게 2.0㎥/s가 바람직하고 한계치를 2.5㎥/s로 한다. 또한, 경제비교에 의하여 얻어진 관경유속의 평균치가 2.0㎥/s를 초과하는 경우는 수경압 대책 및 밸브대책 등을 검토할 필요가 있다.

단, 펌프주변의 흡수관과 토출관 또한 유량조절을 하지 않는 배니관 및 배수관에 대해서는 별도로 검토한다(펌프에 사용되는 관의 표준유속은 통상 관수로 조직에 사용되는 관의 설계유속보다 큰 범위에 사용되므로 세부적인 사항은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 양배수장편"을 참조한다).

4.2.2 허용최대평균유속

관내의 평균유속의 허용최대평균유속은 관내면이 마모되지 않을 정도의 값이다. 일반적으로 관내면의 상태 및 연결관의 수밀성 등에 따라 다르며, 콘크리트관의 경우는 3.0㎥/s, 기타의 경우는 5.0㎥/s이다. 단, 강관 또는 주철관은 6.0㎥/s 이내의 값을 적용한다.(<표 4-3> 참조)

이 값 이내에 있더라도 수리단위내의 평균유속이 큰 경우에는 일반적으로 밸브 조작 등으로 인하여 이상압력 변동이 발생하는 등의 문제가 발생하므로 충분히 주의하여 설계하여야 한다. 또한 방수, 여수토 등 본선과 관계없이 일시적인 사용구간에 대해서는 상기 허용최대설계유속의 1.5배 이내로 설계한다.

상시 통수되는 관로는 최대평균유속이 관내면의 마모 또는 밸브 조작에 따른 이상 압력을 일으키는 원인이 되므로 이 유속을 적용해서는 안 된다.

<표 4-3> 허용최대평균유속

관종	콘크리트관 (흙관, PC)	강관(SP)	주철관 또는 덕타일주철관 (DCIP)	폴리에틸렌관 (PE)	강화플라스틱 복합관 (FRPM)
유속(m/s)	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0

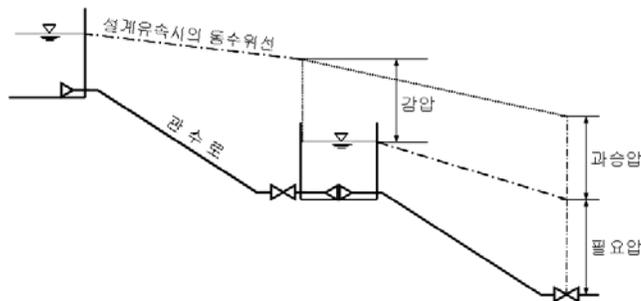
4.2.3 허용최소설계유속

관내의 허용최소설계유속은 관내에 부유토사가 침전하는 것을 방지하기 위해 통상 0.3m/s 이상으로 한다. 특히, 배수관에서 방제, 시비와 다목적으로 사용하는 경우는 0.6m/s 이상으로 하는 것이 바람직하다.

4.2.4 동 수 압

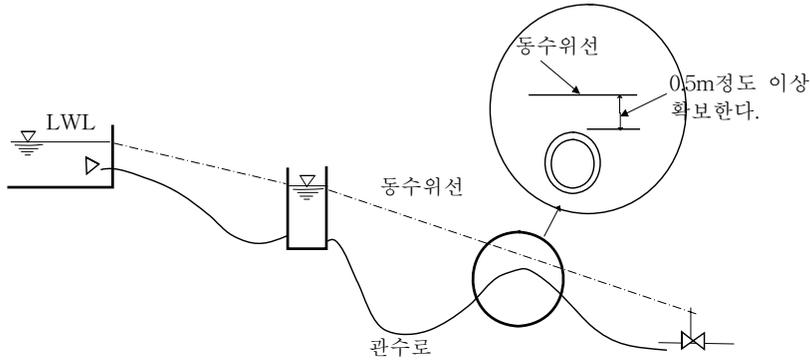
동수압에 대해서는 다음 사항을 검토해야 한다.

- 동수경사는 설계유속 범위 내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 한다.
- 앞에서 구한 말단압력이 말단소요압력을 초과할 때는 <그림 4-2>와 같이 적절한 감압시설을 설치하여 압력을 조절한다.



<그림 4-2> 동수경사선과 감압시설의 배치

- 동수경사선을 관정(管頂)보다 높게 한다. 동수경사선이 관정보다 낮아지면 관내수압이 대기압보다 낮아지므로 수중 공기가 분리되어 통수를 방해하게 된다. 이러한 경우에는 노선을 변경하든지 조압용(접속) 수조 등을 설치하는 문제를 검토하는 것이 좋다. 또한 설계유속범위내에서 시점부터 말단까지 필요한 압력을 충분히 확보할 수 있도록 관정에서 동수경사선까지의 여유 수두는 0.5m 이상 확보하도록 한다.(<그림 4-3>참조)



<그림 4-3> 동수경사선과 관정과의 관계

4.3 관수로 손실수두

관수로 내에서의 흐름은 내부마찰이나 유입, 유출, 단면변화, 형상변화, 기타 각종 수로구조물 등에 의해 에너지 손실이 발생하며 이에 따라 수두가 감소하게 되므로 관수로의 수리설계에서는 이러한 손실수두를 고려해야 한다.

관수로 흐름의 수리계산에서는 관 내부마찰에 의한 마찰손실수두와 유입·유출에 의한 손실수두, 단면변화에 의한 손실수두, 스크린에 의한 손실수두, 만곡 및 굴절에 의한 손실수두, 밸브, 분기관 등에 의한 손실수두를 고려한다.

4.3.1 마찰 손실수두

관수로 흐름의 에너지 손실과 유속과의 관계를 나타내는 식으로는 Darcy-Weisbach 식, Hazen-Williams 식 및 Manning 공식이 이용된다.

가. Darcy-Weisbach 식

균일한 관수로의 마찰손실수두는 Darcy-Weisbach 식으로 표시된다.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4-1)$$

여기서, h_f : 마찰손실수두(m) f : 마찰손실계수 L : 관수로의 길이(m)
 D : 관의 직경(m) V : 평균유속(m/s) g : 중력가속도(m/s²)

마찰손실계수 f 는 레이놀즈수($Re=VD/\mu$)와 관벽의 상대조도(k/D)에 따라 달라진다. 여기서 μ 는 물의 동점성계수, k 는 절대조도이다.

나. Hazen-Williams 공식

직관의 마찰 손실수두 계산을 위한 Hazen-Williams 공식은 미국 상수도 표준 공식으로 관망의 수리해석에 많이 사용된다.

$$V = 0.84935 C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4-2)$$

여기서, V : 평균유속(m/s) C : 유속계수 R : 경심(m) I : 동수경사(=h/L)
위 식을 변형하면 다음과 같이 된다.

$$V = 0.35464 C \cdot D^{0.63} \cdot I^{-0.54} \dots\dots\dots (4-3)$$

$$Q = 0.27853 C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4-4)$$

$$D = 1.626 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \dots\dots\dots (4-5)$$

$$I = h_f/L = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots (4-6)$$

여기서, D : 관경(m) h_f : 마찰손실수두(m) Q : 유량(m³/s) L : 관길이(m)

<표 4-4> 유속계수 C의 값

관 종(내면의 상태)	유속계수 C		
	최대치	최소치	표준치
주철관(도장 없음) ¹⁾	150	80	100
강 관(도장 없음) ¹⁾	150	90	100
콜타르 도장관(주철) ¹⁾	145	80	100
타르에폭시도장관(강) ²⁾	-	-	130
모르터 라이닝관(강 · 주철)	150	120	130
원심력철근 콘크리트관	140	120	130
로울러전압철근 콘크리트관	140	120	130
프리스트레스트 콘크리트관	140	120	130
경질 염화비닐관 ³⁾	160	140	150
경질 폴리에틸렌관 ³⁾	170	130	150
강화 플라스틱 복합관 ³⁾	160	-	150

- 주) 1. 경년변화 고려
 2. 도장방법은 공업규격에 준하고 도장두께 0.5mm 이상으로 함이 바람직함. 또한 현장 도장일 때에는 시공관리가 충분치 못할 경우에는 이것을 적용하지 않음.
 3. 150mm 이하는 140 적용
 4. 출처: 농업생산기반정비사업 계획설계기준 양배수장편

다. Manning 공식

Manning 공식은 개수로 흐름에 많이 사용되며 원형단면인 경우 Darcy-Weisbach 마찰손실계수와와의 관계는 식(4-7)과 같다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, f = \frac{124.5 n^2}{D^{1/3}} \dots\dots\dots (4-7)$$

여기서, n : Manning 조도계수

4.3.2 마찰이외의 손실수두

관수로에 물이 흐를 때의 손실수두는 관수로 벽의 마찰에 의한 손실수두 뿐만 아니라 관수로의 단면변화, 밸브, 스크린 등에 의한 손실수두가 발생한다.

그러나 관수로가 길어지면 국부적 손실은 마찰손실수두에 비해 작아지므로 무시할 수가 있다. 이러한 미손실수두에는 유입 및 유출, 급확대 및 점확대, 급축소 및 점축소, 만곡 및 굴절, 분류 및 합류, 밸브 등에 의한 손실수두 등이다.

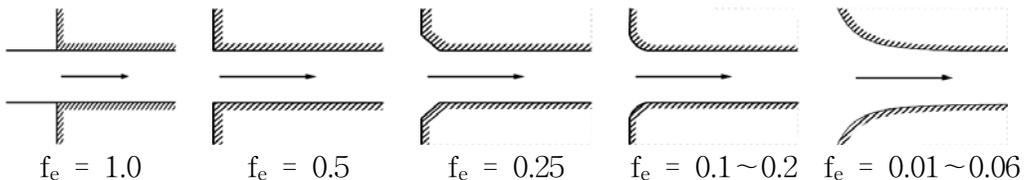
가. 유입·유출 손실수두

1) 유입손실수두

수로 또는 저수지에서 관수로로 물이 유입되는 경우와 같이 접근유속을 무시할 수 있는 정수면에서의 유입에 의한 손실수두는 식(4-8)과 같다.

$$h_i = f_i \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (4-8)$$

여기서, h_i : 유입손실수두(m) V_2 : 유입 후의 평균유속(m/s)
 g : 중력가속도(m/s²) f_i : 유입손실계수(직각모서리인 경우 0.5)



<그림 4-4> 유입손실수두

2) 유출 손실수두

관의 유출에 의한 손실수두는 식(4-9)에 의하여 계산하며, 유출손실계수(f_o)는 일반적으로 1.0을 취한다.

$$h_o = f_o \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (4-9)$$

여기서, h_o : 유출손실수두(m) V_1 : 유출 전의 평균유속(m/s)
 g : 중력가속도(m/s²) f_o : 유출손실계수(보통 1.0)

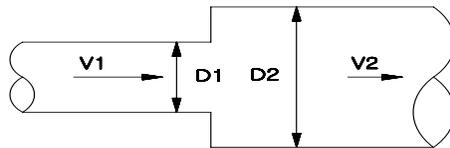
나. 단면변화 손실수두

1) 단면 급확대 손실수두

$$h_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (4-10)$$

여기서, h_{se} : 급확대에 의한 손실수두(m) V_1 : 급확대 전의 평균유속(m/s)
 V_2 : 급확대 후의 평균유속(m/s) A_1 : 급확대 전의 관수로 단면적(m²)
 A_2 : 급확대 후의 관수로 단면적(m²) g : 중력가속도(m/s²)

$$f_{se} : \text{급확대 손실계수로 } f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2$$



<표 4-5> 급확대 손실계수

D_1/D_2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{se}	1.0	0.98	0.92	0.82	0.70	0.56	0.41	0.26	0.13	0.04	0.0

주) D_1, D_2 는 급확대 전·후의 관의 직경(m)

2) 단면 급축소 손실수두

지름이 큰 관으로부터 작은 관으로 흐를 때의 손실수두는 다음과 같다.

$$h_c = \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2 \frac{V_2^2}{2g} = f_c \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (4-11)$$

여기서, V_1 : 급축소 전의 관내 유속(m/s) V_2 : 급축소 후의 관내 유속(m/s)
 A_1 : 급축소 전의 관 단면적(m²) A_2 : 급축소 후의 관 단면적(m²)
 f_c : 단면 급축소에 의한 손실계수

Weisbach는 실험에 의하여 A_2/A_1 의 변화에 따른 f_c 값을 <표 4-6>과 같이 제안하였다.

<표 4-6> 단면 급축소에 의한 손실계수(f_c)의 실험치

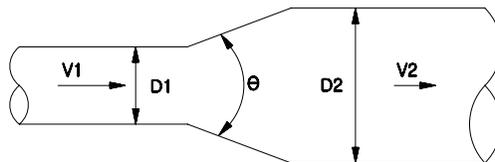
A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_c	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.18	0.14	0.098	0.036	0

3) 단면 점확대 손실수두

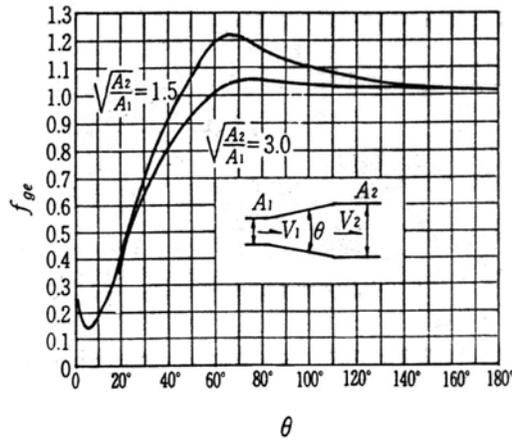
관의 단면적이 점차로 확대되는 경우의 손실수두는 확대각과 확대 전후의 관 직경에 따라서 다르며, 단면 급확대에 의한 손실수두 식(4-10)에 점확대에 대한 손실계수를 곱해서 구한다.

$$\left\{ \begin{aligned} h_{gw} &= f_{ge} \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g} \\ &= f_{ge} f_w \frac{V_1^2}{2g} = f_{gw} \frac{V_1^2}{2g} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4-12)$$

- 여기서, V_1 : 점확대 전의 관내 유속(m/s) V_2 : 점확대 후의 관내 유속(m/s)
- A_1 : 점확대 전의 관 단면적(m²) A_2 : 점확대 후의 관 단면적(m²)
- f_{ge} : 순수하게 단면 점확대에 의한 손실계수
- f_w : 단면 급확대에 의한 손실계수로 $(1 - A_1/A_2)^2$ 이다.
- f_{gw} : 단면 점확대와 단면 급확대의 조합에 의한 손실계수



Gibson이 D_2/D_1 값 1.5~3의 범위와 확대각 $0^\circ \sim 180^\circ$ 의 범위에서 실험하여 구한 f_{ge} 의 값은 <그림 4-5>와 같다. 그림에서 확대각 $60^\circ \sim 70^\circ$ 부근에서 f_{ge} 의 값이 가장 크다. 단면 점확대 손실계수는 확대각의 크기에 따라 정해진다. 일반적으로 확대각의 $8^\circ \sim 10^\circ$ 가 넘으면 와류가 발생하여 단면 점확대 손실계수가 급격히 증가하므로 8° 이하로 하는 것이 바람직하다.



<그림 4-5> 단면 점확대 손실계수(f_{gc})

4) 단면 점축소 손실수두

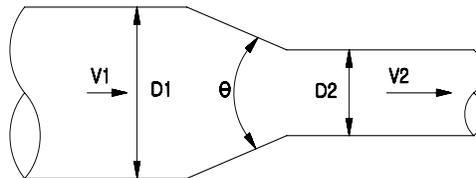
단면이 점차적으로 축소하는 경우의 손실수두는

$$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (4-13)$$

여기서, V_1 : 점축소 전의 관내 유속(m/s) V_2 : 점축소 후의 관내 유속(m/s)
 A_1 : 점축소 전의 관 단면적(m^2) A_2 : 점축소 후의 관 단면적(m^2)
 f_{gc} : 단면 점축소에 의한 손실계수

$$f_{gc} = \frac{0.025}{8 \sin \frac{\theta}{2}} \left\{ 1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (4-14)$$

f_{gc} 는 A_2/A_1 와 θ 에 따라서 변화하게 되는데 Gibson은 실험결과에서 다음 식을 제안하였다.



f_{gc} 의 값은 점축소각(θ) 및 A_2/A_1 의 크기에 따라 정해지는 계수로 점축소가 완만한 경우에는 $f_{gc} \approx 0$ 으로 본다. 실제로 단면의 점축소에 의한 손실은 매우 작아서 무시하는 것이 보통이다.

다. 만곡 및 굴절에 의한 손실수두

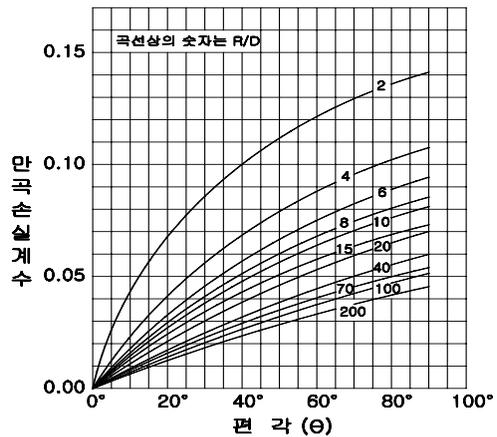
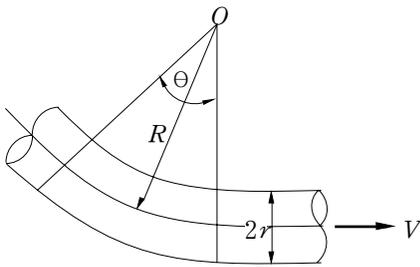
관수로의 방향이 변하면 수류의 단면이 부분적으로 확대되거나 축소되어 손실수두가 발생하게 된다.

1) 만곡 손실수두

$$h_b = f_b \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4-15)$$

만곡 손실계수 f_b 는 실험에 의하여 정한다. Weisbach는 f_b 가 관의 반지름 r 과 곡률반경 R , 그리고 굴절각 θ 에 따라서 변화한다고 생각하고 다음과 같은 실험식을 제안하였다.

$$f_b = \left\{ 0.131 + 1.847 \left(\frac{r}{R} \right)^{3.5} \right\} \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \dots\dots\dots (4-16)$$



<그림 4-6> 만곡손실계수

f_b 의 값은 만곡의 곡률반경(R)과 관직경(D)의 비인 R/D 와 편각(α)에 의해 정해지는 손실계수이다. 일반적으로 관수로의 만곡에 의한 손실수두를 가능한 한 작게 하기 위해서는 R/D 를 크게 하는 것이 바람직하며 적어도 4.0 이상이 되어야 한다.

2) 굴절 손실수두

$$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4-17)$$

여기서, h_{be} : 굴절에 의한 손실수두(m) V : 관수로 내의 평균유속(m/s)
 g : 중력가속도(m/s²) f_{be} : 굴절 손실계수

f_{be} 의 값은 레이놀즈수(R_e)와 굴절각(α) 등에 의해 정해지는 손실계수이다. 굴절에 의한 손실수두는 다음 식으로 구한다.

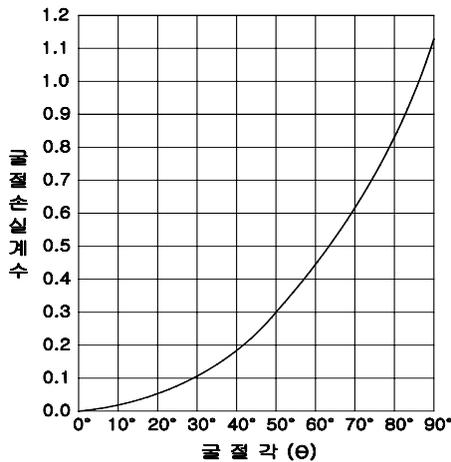
$$\left\{ \begin{array}{l} h_{sb} = f_{sb} \frac{V^2}{2g} \\ f_{sb} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-18)$$

여기서, f_{sb} : 굴절손실계수, θ : 굴절각

식(4-18)에 의하여 굴절손실계수를 계산하면 <표 4-7>과 같다. 굴절손실계수와 굴절각과 레이놀즈수의 함수로 나타내며 <그림 4-7>과 같다.

<표 4-7> 굴절손실계수

θ°	15°	30°	45°	60°	90°	120°
f_{sb}	0.022	0.073	0.183	0.365	0.99	1.80



<그림 4-7> 굴절손실계수 ($R_e=25 \times 105$ 일 때)

라. 분기 손실수두

$$H_b - H_a = f_b \frac{V_a^2}{2g} \dots\dots\dots (4-19)$$

$$H_c - H_a = f_c \frac{V_a^2}{2g} \dots\dots\dots (4-20)$$

여기서, H_a, H_b, H_c : 각 관의 전수두(m)

V_a : 분류전 관 a에서의 평균유속 (m/s)

f_b, f_c : 손실계수로 다음 식으로 구한다.

$$\left\{ \begin{aligned} f_b &= -0.95(1-q_b)^2 - q_b^2(1.3\cot\theta/2 - 0.3 + \frac{0.4-0.1\phi}{\phi^2}) \\ &\quad (1 - 0.9\sqrt{\rho/\phi} - 0.4(1 + \frac{1}{\phi})\cot\theta/2(1 - q_b)q_b) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4-21)$$

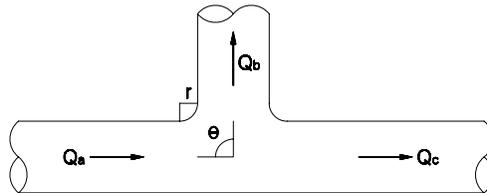
$$f_c = -0.58q_b^2 + 0.26q_b - 0.03 \dots\dots\dots (4-22)$$

여기서, θ : 본관과 지관과의 교각 ϕ : 지관과 본관과의 단면적비(A_b/A_a)

ρ : 지관과 본관과의 면취반경과 본관 내경과의 비(r/D)

q_b : 지관과 본관과의 유량비(Q_b/Q_a)

$\theta = 90^\circ$ 이고, $\rho=0.05$ 일 때 손실계수 f_b, f_c 는 다음 표와 그림과 같다.

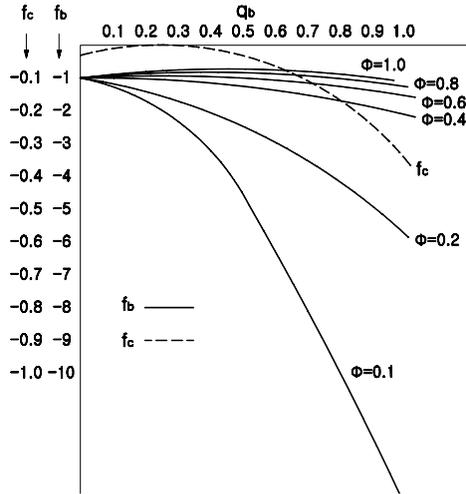


<표 4-8> f_b 의 값

$\phi \backslash q_b$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	-0.950	-1.310	-1.900	-2.700	-3.740	-4.990	-6.470	-8.170	-1.010	-1.220	-14.60
0.2	-0.950	-1.040	-1.220	-1.490	-1.840	-2.280	-2.810	-3.420	-4.120	-4.910	-5.780
0.4	-0.950	-0.918	-0.920	-0.959	-1.030	-1.140	-1.280	-1.460	-1.670	-1.930	-2.210
0.6	-0.950	-0.880	-0.837	-0.821	-0.829	-0.866	-0.928	-1.020	-1.130	-1.280	-1.440
0.8	-0.950	-0.863	-0.798	-0.759	-0.744	-0.753	-0.786	-0.844	-0.925	-1.030	-1.160
1.0	-0.950	-0.852	-0.778	-0.728	-0.701	-0.698	-0.718	-0.764	-0.832	-0.925	-1.040

<표 4-9> f_c 의 값

q_b	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_c	-0.03	-0.01	-0.001	-0.004	-0.019	-0.054	-0.038	-0.132	-0.198	-0.266	-0.350



<그림 4-8> 직각분류의 손실계수($\theta = 90^\circ$, $\rho=0.05$)

마. 합류 손실수두

$$H_b - H_a = f_b \frac{V_c^2}{2g} \dots\dots\dots (4-23)$$

$$H_c - H_a = f_c \frac{V_c^2}{2g} \dots\dots\dots (4-24)$$

여기서, H_a, H_b, H_c : 각 관의 전수두(m)

V_a : 합류후 관 c에서의 평균유속 (m/s)

f_b, f_c : 손실계수로 다음 식으로 구한다.

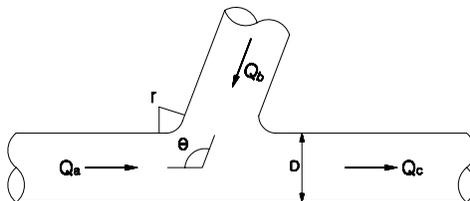
$$f_b = -0.95(1+q_b)^2 - q_b^2 [1 + 0.42(\frac{\cos\theta}{\phi} - 1) - 0.8(1 - \frac{1}{\phi^2}) + (1-\phi)(\frac{\cos\theta}{\phi} - 0.38)] \dots\dots (4-25)$$

$$f_c = q_b^2 [2.59 + (1.62 - \sqrt{\rho}(\frac{\cos\theta}{\phi} - 1) - 0.62\phi) + q_b(1.94 - \phi) - 0.03] \dots\dots\dots (4-26)$$

여기서, θ : 본관과 지관과의 교각 ϕ : 지관과 본관과의 단면적비 (A_b/A_a)

ρ : 지관과 본관과의 면취반경과 본관 내경과의 비 (r/D)

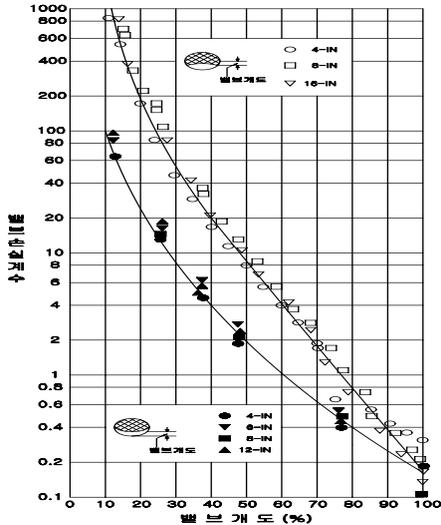
q_b : 지관과 본관과의 유량비(Q_b/Q_a), 단, $q_b < 0$ 으로 함



바. 밸브에 의한 손실수두

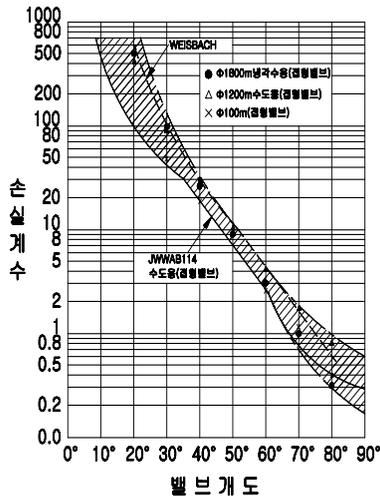
$$h_v = f_v \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4-27)$$

밸브에 의한 손실계수 f_v 는 밸브의 종류에 따라 다르므로 사용하는 밸브의 특성을 조사하여 결정한다.



주 : 관과 밸브의 직경이 같고 밸브 하류가 만류인 경우에 대한 것임.

<그림 4-9> 슬루스밸브의 손실계수



<그림 4-10> 접형(butterfly)밸브 손실계수의 범위(빗금 친 부분)

<표 4-10> 체크밸브 및 플랩밸브의 손실계수

종류 관경(mm)	체 크 밸 브					플랩밸브
	스윙식 (일매밸브)	스윙식 (이매밸브)	급폐식	리프트식	스프링식	
100	1.32		1.30	1.43	7.32	
125	1.29		1.28	1.41	6.98	
150	1.27		1.25	1.39	6.63	
200	1.21		1.20	1.34	5.95	
250	1.16		1.15	1.29	5.27	
300	1.11		1.10	1.25	4.58	
350	1.05		1.05	1.20	3.90	
400	1.00		1.00			
450		0.99	0.95			
500		0.98	0.90			
600		0.96	0.80			
700		0.94	0.70			
800		0.92	0.60			0.92
900		0.90	0.50			0.89
1,000		0.88	0.40			0.85
1,200						0.78
1,350						0.73
1,500						0.68
1,650						0.62
1,800						0.57
2,000						0.50

사. 기타

각종 손실수두의 계산방법이나 관련 공식은 "농업생산기반정비사업 계획설계 기준 양배수장편"을 참고한다.

4.4 정상류(定常流) 해석

관수로 설계시 계획된 관수로 시스템에 대한 정상류 해석을 실시하여 계획 설계유량이 충분히 공급되는지를 검토한다.

4.4.1 일반사항

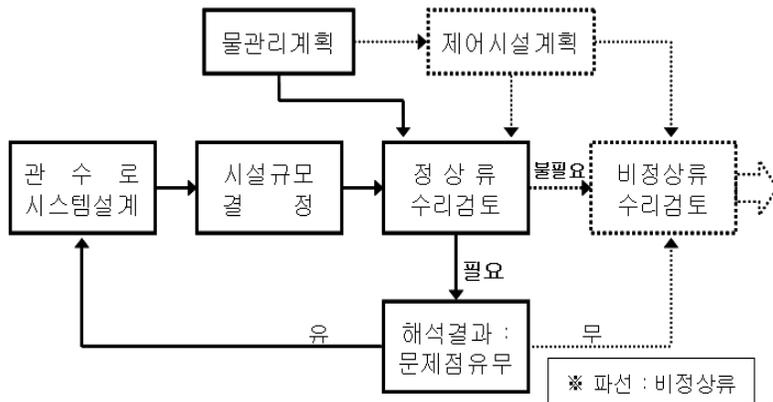
정상류란 자연압이나 펌프 등으로 부여된 에너지에 의하여 흐르는 유체가 유량과 압력이 관경, 시점 및 종점수위, 밸브의 열림 등의 수리특성에 의하여 균형된 상태로 흐르는 것을 말하며, 관망해석은 이와 같은 정상류 상태의 해석기법을 말한다.

관수로의 시설규모(관경, 양정 등)가 결정된 후에 용수이용형태, 물관리 방법 등을 고려하여 관망해석에 의하여 관수로의 통수단면 및 유량배분능력을 검토할 필요가 있다.

관수로에서 배관계획시 망형배관과 수지형(분기형)배관의 선택을 수리계산에 의하여 검토할 필요성이 있으나, 이때 수리계산을 간단하게 할 수 있다면 대단히 편리하다. 배관형태가 단순한 경우에는 수계산이 가능하지만 복잡한 경우에는 수치 해석을 해야 한다.

4.4.2 검토목적

정상류에 대한 수리검토 목적은 용수의 기별 변화 또는 수원의 수리조건 변화에 대하여 송·배수 능력이 충분한지 여부를 검토하고, 송·배수기능이 불충분한 경우에 그 대책을 수립하는데 있다.

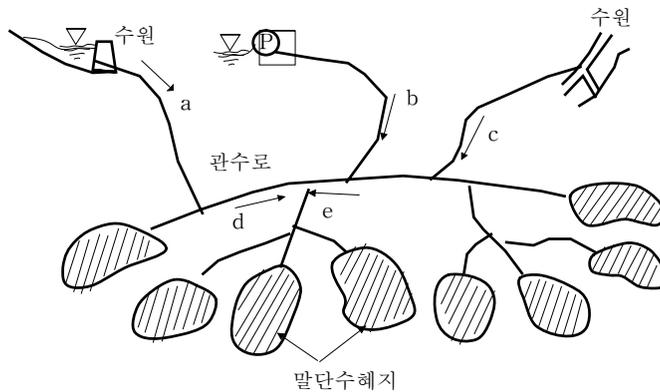


<그림 4-11> 정상류의 수리검토

4.4.3 검토대상

가. 수원이 복수인 경우

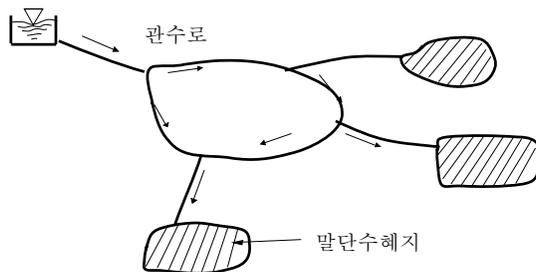
복합적인 수원을 갖는 경우 각 수원의 공급량은 말단 용수량의 변동에 의하여 변화한다. 이와 같은 조직은 주 수원의 공급량과 급수압력이 균형을 이룰 수 있는 제어방법을 검토해야 한다.



<그림 4-12> 복수의 수원을 가진 관수로 시스템

나. 관수로조직이 관망인 경우

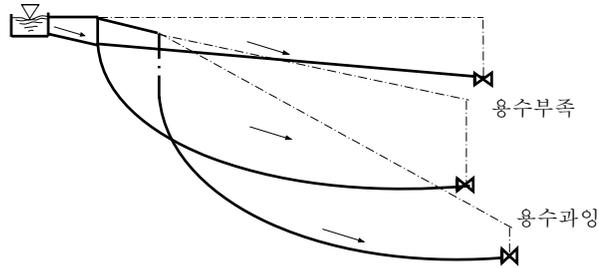
관수로의 통수유량이 용수량의 기별변화에 의하여 변화하는 경우가 있다. 이는 수리계산을 하는 경우에 관수로 시스템 각 구간의 설계유량을 말단으로부터 순차적인 합산(용수계획)에 의하여 결정하기 어려운 경우이다.



<그림 4-13> 관망을 형성하는 관수로 시스템

다. 지형변화가 심한 관수로조직의 경우

지형에 기복이 크면 고지대에서는 용수부족이 발생하고 저지대에서는 용수과잉이 발생하여 용수배분에 불균형이 초래되는 경우가 많다. 일반적으로 관수로 조직의 각 구간의 설계유량을 관로 말단부터 계획용수량을 계산해서 구할 수 있으나 위에서 예시한 각 사례는 이러한 방식으로는 설계유량을 결정하기 곤란한 경우이다.



<그림 4-14> 지형변화가 큰 관수로 시스템

4.4.4 관망해석방법

가. 관망해석 순서

일반적으로 정상류의 수리 해석은 <그림 4-15>와 같은 순서로 한다.

1) 말단의 용수이용형태 설정

정상류 해석을 위해서는 말단 용수량의 사용형태를 명확히 하지 않으면 안 된다. 용수량 사용형태는 논과 밭이 다르며, 관개기간에 따라서도 다르기 때문에 용수이용계획을 명확히 설정한다.

2) 물관리체계 수립

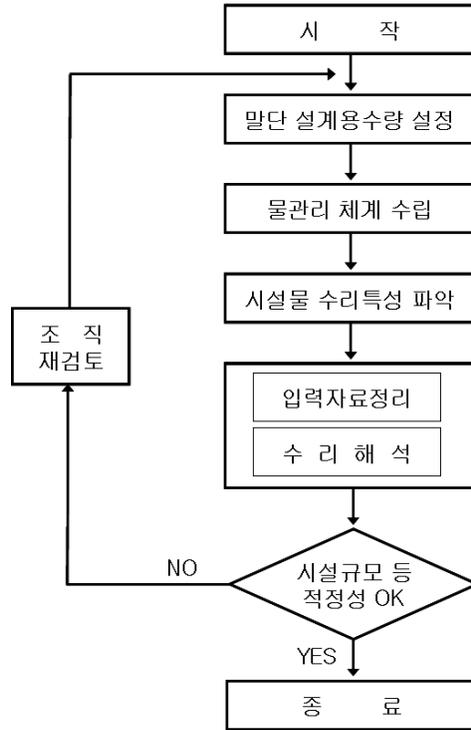
관수로 시스템의 물관리체계 즉, 관리대상시설, 수두, 유량 등의 관리대상을 명확히 한다.

3) 수리특성의 파악

관수로의 정상유황은 관로조직에 포함되어 있는 시설의 수리특성(H~Q 특성)에 지배되기 때문에 그 시설의 특성을 파악하여 수식을 작성한다.

<그림 4-16>과 같이 계획양수량 Q에 대한 펌프 배출수두 H로 설계된 수원의

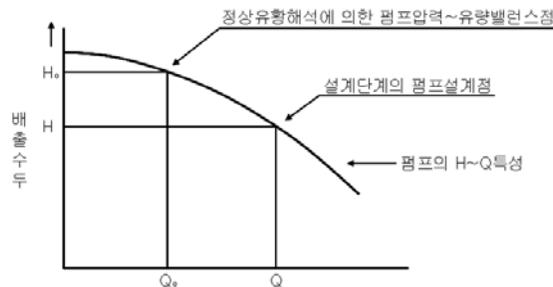
경우, 펌프 의존량이 Q_0 가 되면 배출수두는 H_0 가 되어 관수로 시스템의 압력균형은 설계단계의 값과는 다르게 된다.



<그림 4-15> 정상류 수리해석 순서

4) 정상류 수리해석

정상류 수리해석은 개발되어 있는 프로그램을 이용하며, 해석에 필요한 조건은 경험이 풍부한 설계자의 판단에 의하여 설정한다.



<그림 4-16> 펌프의 H~Q 특성

나. 관망해석방법

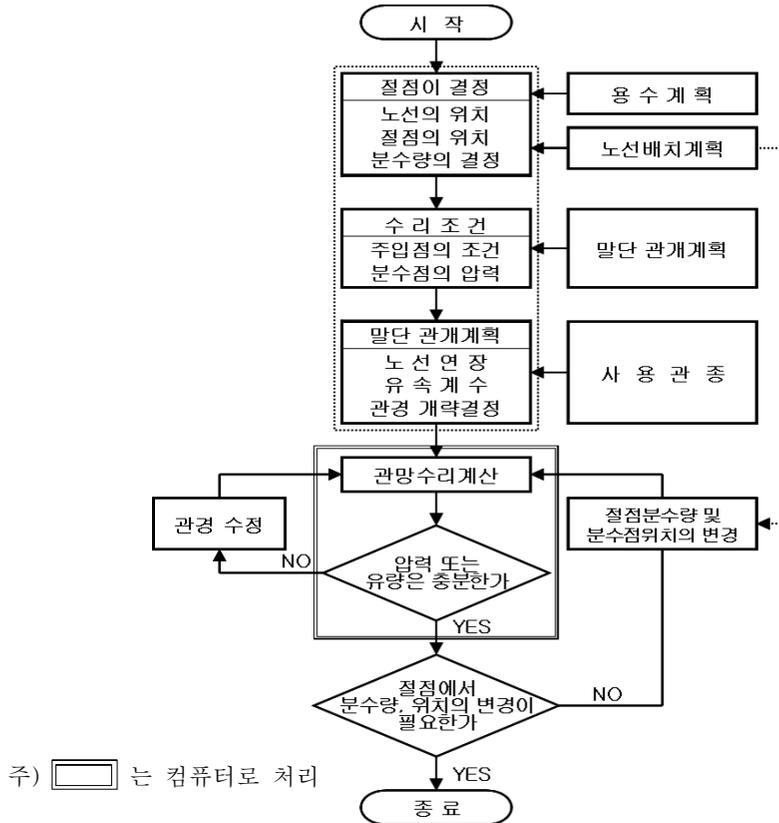
송배수 조직을 관망조직으로 계획한 경우에는 관망조직의 일부인 각 관로의 유량이 상호 연관된 조직체로서 수리적 구축을 받게 되므로 분기형 관수로와 같이 말단 분수공의 유량을 적산하여 계량적으로 유량을 구하여 관경을 결정할 수 없다.

일반적으로 관망계획은 관경을 가정하여 유량을 계산하고 관내유속, 분수압력 등의 제한조건을 고려해서 그 조건에 맞는 최소관경을 구하는 방법을 사용한다. 따라서 관망의 수리계산은 반복적인 시산이 필요하며, 특히 분기점의 분수량 혹은 분수위치가 변동하는 조건에서는 반복계산으로 관경을 결정하게 된다.

1) 수리계산 순서 및 유의사항

관망의 수리계산은 <그림 4-17>에 나타난 순서에 따르며 계산과정상의 유의사항은 다음과 같다.

- 송수계 관망에서는 모든 분수점을 절점으로 잡아 절점위치를 결정한다. 이 경우 분수점의 수가 많으므로 설계에 지장이 없을 정도로 분수점을 묶어서 절점 위치를 결정하는 것이 좋다. 이때 한 절점의 지배면적은 계획관로의 규모에 따라 다르다. 보통 0.3~1.2ha 정도로 잡는 것이 좋다.
- 관망 유입량은 관망내 각 절점의 분수량 합계와 같아야 한다. 관망내의 절점 분수량은 물 이용계획에 따라 달라지게 되는데 송수관수로의 경우 처럼 광역을 관개하는 경우에는 관개대상 작물에 따라 기별용수량이 다르므로 최대 절점 분수량이 시기별로 상이하게 된다. 따라서 이러한 경우에는 각 절점의 최대분수량이 달라질 때마다 계산해야 한다.
- 배수(配水)관수로의 절점분수량은 말단지역의 물 이용상황에 따라 크게 변한다. 논에서는 이앙기에 썩레질 블록을 설정하게 되므로 이 블록내의 썩레질 지점이 이동하는데 따라 용수 집중지점도 이동한다. 그러므로 블록내의 어느 지점에서든 계획용수량과 계획급수 압력을 확보할 수 있을 때까지 계산을 반복하여 관경을 결정한다. 또 밭관개의 경우는 일반적으로 윤번블록을 설정하여 각 블록내에서 이동관개하게 되므로 같은 블록 내에서는 원칙적으로 1개 절점에서 분수하게 된다. 따라서 어느 분수위치에서도 계획용수량과 계획급수압력을 확보할 수 있도록 계산을 반복하여 관경을 결정해야 한다.



<그림 4-17> 관망해석 순서

2) 관망해석방법

관망해석방법은 유량법과 수위법이 있는데 유량법으로는 하디-크로스(Hardy-Cross)법, 수위법으로는 절점수두법이 일반적으로 이용되고 있다. 어느 방법이나 관망해석시 동일한 결과를 얻을 수 있으나, 유량법은 수리조건을 균형시키기 위한 매개변수를 유량에 도입하여 유량을 수정해 나가면서 압력균형을 구하게 되므로 관망이외의 분기형 관수로는 적용할 수 없다. 반면에 수위법은 각 절점에 대해 압력을 가정하여 관로유량을 구하는 방법이므로 관망관수로 뿐 아니라 분기형 배관에도 적용할 수 있으며, 연립방정식을 풀어 해를 구하게 된다.

가) Hardy-Cross 법

이 방법은 관망이 복잡한 경우에 사용되며, 관망을 구성하는 각 관로의 유량과 그 유향을 가정하고 이 가정유량을 기초로 유량에 대한 보정계산을 반복하여 각

관로의 유량과 유향 및 손실수두를 구하는 방법이다. 망상관로에서는 다음 조건을 가정한다.

- 각 관망의 관로교점에서는 유입량 합계와 유출량 합계가 같다.
- 임의의 두 교점간의 손실수두는 관내유수(流水)가 어느 경로를 통과하여도 동일하다. 즉 각 폐합관에 대한 마찰손실수두의 합은 흐름의 방향에 관계없이 0 이다. ($\sum h_L = 0$)
- 관 마찰이외의 손실은 무시한다.

관로의 유량과 마찰손실수두의 관계에 대해 Hazen-Williams 공식을 적용하면 식(4-28)의 관계가 성립된다.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = r \cdot Q^{1.85}, \quad r = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot L \dots\dots\dots (4-28)$$

여기서, h_f : 마찰손실수두(m) Q : 유량(m^3/s)
 C : 유속계수(<표 4-4> 참조) D : 관경(m) L : 관로의 길이(m)

망상 관수로에서는 관로의 수 또는 관망의 수가 많더라도 부여된 흐름조건에 상응하도록 각 폐관로의 유량을 적절히 가정하면 그들 각 폐관로의 실제유량 Q , 가정유량 Q_0 에 대한 보정유량 ΔQ 를 Fair의 간략식인 식(4-29)로 구할 수 있다.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = Q_0 + \Delta Q \\ \Delta Q = \frac{-\sum h}{1.85 \sum k}, \quad \sum k = \frac{h}{Q} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-29)$$

여기서, ΔQ : 보정유량(m^3/s)
 $\sum h$: 단일 폐관망내 손실수두의 합계(m)
 $\sum k$: 단일 폐관망내 각 관로의 h/Q 의 합계
 h : 단일 폐관망내 각 관로의 손실수두(m)
 Q : 단일 폐관망내 각 관로의 유량(m^3/s)

전체적인 보정 계산과정은 다음과 같다.

- ① 관망을 구성하고 있는 관에 대한 $h_L \sim Q$ 관계 수립
- ② 관로의 각 교차점에서 연속방정식을 만족시킬수 있도록 각 관에 흐르는 유량 Q_0 을 적절히 가정한다.
- ③ 각 관로의 가정유량 Q_0 에 그 관로가 속하는 관망의 보정유량 ΔQ 를 가산한 유량을 다음 단계 시산식의 가정유량으로 잡아 반복계산을 수행하여 유량을 보정한다.

- ④ 보정유량 ΔQ 가 0 또는 허용오차 이내로 될 때까지 보정 계산을 반복한다.
 이때 복수의 관망에 속하는 관의 보정유량을 계산할 때에는 복수관망 전체의 보정유량을 가감해야 한다.

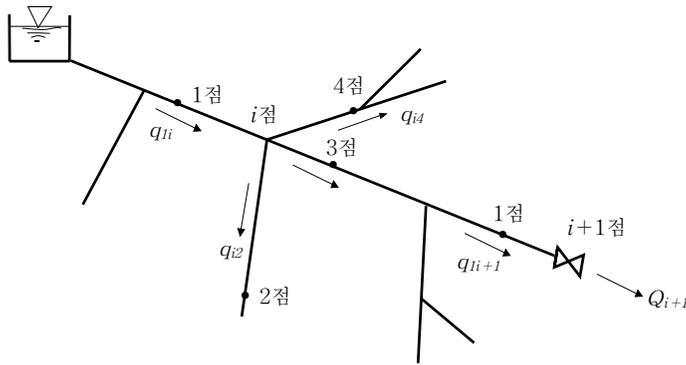
위와 같은 방법으로 각 관망마다 계산을 반복함으로써 배분유량의 균형과 각 교점(절점)의 동수두를 결정한다.

나) 절점수두법(관망해석)

관경 또는 펌프의 양정을 결정할 경우 관망해석은 필수적이며, 수지형(분기형) 배관 및 망형 배관의 수치해석이 가능한 절점수두법을 보면 다음과 같다.

(1) 해석모형의 이론

<그림 4-18>과 같은 관수로 시스템에 있어 임의의 분기점 i (절점)에 있어서는 식(4-30)의 연속식이 성립한다.



<그림 4-18> 관수로 유량

$$-Q_i = q_{i2} + q_{i3} + q_{i4} - q_{i1} \dots\dots\dots (4-30)$$

여기서, Q_i : i 점의 배출량(m^3/s), 단 이 경우의 Q_i 는 0이다.

Q_i 의 부(-)는 “부의 배출량” 즉 유입량을 나타낸다.

Q_{i1} : i 점에의 유입량(m^3/s) Q_{i2} : i 점으로부터의 유출량(m^3/s)

Q_{i3} : i 점으로부터의 유출량(m^3/s) Q_{i4} : i 점으로부터의 유출량(m^3/s)

여기서, $q_{i1} = q_{i1}$ 로 정의하면 식(4-30)은

$$-Q_i = q_{i1} + q_{i2} + q_{i3} + q_{i4} \dots\dots\dots (4-31)$$

이 되어 다음과 같은 일반식으로 나타낼 수 있다.

$$-Q_i = \sum_{j=1}^m q_{ij} \quad \dots\dots\dots (4-32)$$

식(4-32)는 i점에 대해서는 m = 4의 경우이나 관수로 시스템의 절점이 n개이면 m의 최대치는 n이다. 따라서 절점은 분기가 없는 직관부분에도 설정할 수 있기 때문에 이 경우 배출량 Q는 0이 된다. 관수로 시스템에서는 식(4-33)의 연속방정식이 성립한다.

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (\text{단, } i \neq j) \quad \dots\dots\dots (4-33)$$

$$\sum_{j=1}^n q_{ij} = 0$$

여기서, Q_i : i점의 배출량(m^3/s) q_{ij} : i~j 구간의 유량(m^3/s)

식(4-33)의 i~j 구간의 유량 q_{ij} 는 Hazen-Williams 공식을 사용하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_{ij} = 0.27853 \cdot C \cdot D_{ij} \left(\frac{h_i - h_j}{L_{ij}} \right)^{0.54} \quad \dots\dots\dots (4-34)$$

여기서, C : 유속계수

D_{ij} : 구간 i~j의 관경(m)

h_i : 구간 i점의 동수위(m)

h_j : 구간 j점의 동수위(m)

L_{ij} : i~j 구간의 연장(m)

식(4-34)는 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$q_{ij} = k_{ij} (h_i - h_j) \quad \dots\dots\dots (4-35)$$

여기서, $k_{ij} = 0.27853 \cdot C \cdot D_{ij}^{2.63} \cdot L_{ij}^{-0.54} \cdot |h_i - h_j|^{-0.46}$

식(4-35)을 식(4-33)에 대입하면 식(4-36)이 되어 식(4-37)과 같이 전개할 수 있다.

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n k_{ij} (h_i - h_j) = -\left(\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_i + \sum_{j=1}^n k_{ij} h_j, \quad (\text{단, } i \neq j) \quad \dots\dots\dots (4-36)$$

$$k_{i1}h_1 + k_{i2}h_2 + \dots\dots + \left(\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_j + \dots\dots + k_{in}h_n = Q_n \quad \dots\dots\dots (4-37)$$

식(4-37)은 관수로 조직의 임의의 절점에 있어서 압력과 유량의 관계를 정하는 특성식이며 전 절점 n에 대한 동수위 h와 유량의 관계는 k_{ij} 를 계수로 하여 식(4-36)에 나타낸 n차원의 연립방정식으로 나타낼 수 있다.

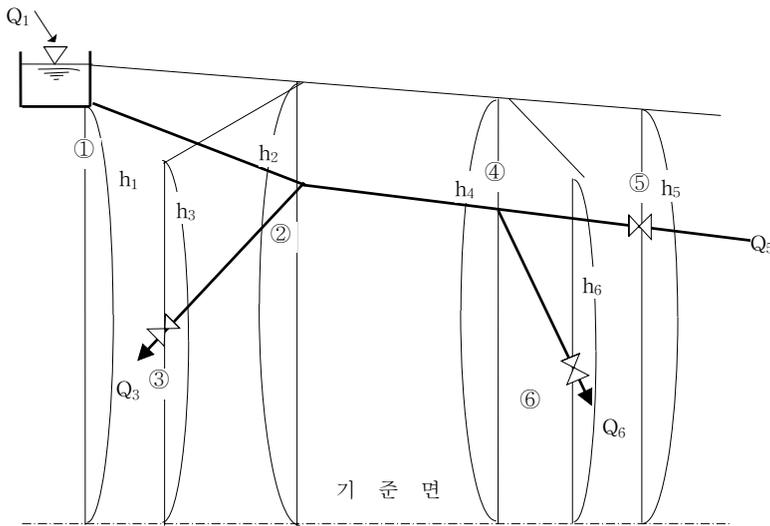
$$\left\{ \begin{array}{l} \left(-\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_1 + k_{i2} h_2 + k_{i3} h_3 + \cdots + k_{in} h_n = Q_i \\ k_{21} h_1 + \left(-\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_2 + k_{23} h_3 + \cdots + k_{2n} h_n = Q_2 \\ k_{31} h_1 + k_{32} h_2 + \left(-\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_3 + \cdots + k_{3n} h_n = Q_3 \\ k_{n1} h_1 + k_{n2} h_2 + k_{n3} h_3 + \cdots + \left(-\sum_{j=1}^n k_{ij} \right) h_n = Q_n \end{array} \right. \cdots (4-38)$$

여기서, h_i : 각 절점의 동수위

Q_i' : 수조로부터의 관수로 유입량(m^3/s)

Q_i : 배출량(m^3/s)

단, ①점의 배출량을 Q_i 로 하면 Q_i 는 수조로부터의 유입량 Q_i' 와 방향이 반대이므로 $Q_i = -Q_i'$ 가 된다.



<그림 4-19> 관수로 시스템

식(4-38)을 <그림 4-19>의 관수로 시스템에 적용하면 다음과 같다. 즉 식(4-35)에 의하여 관수로 구간에 다음과 같이 k_{ij} 가 설정된다.

- ①~②구간 $\rightarrow k_{12}$ ②~③구간 $\rightarrow k_{23}$ ③~④구간 $\rightarrow k_{34}$
 ④~⑤구간 $\rightarrow k_{45}$ ⑤~⑥구간 $\rightarrow k_{56}$

따라서, 관수로 시스템의 특성방정식으로서 식(4-39)을 얻을 수 있다.

$$\left. \begin{cases} a_1 h_1 + k_{12} h_2 + 0h_3 + 0h_4 + 0h_5 + 0h_6 = Q_1 & \text{(①점)} \\ k_{21} h_1 + a_2 h_2 + k_{23} h_3 + k_{24} h_4 + 0h_5 + 0h_6 = 0 & \text{(②점)} \\ 0h_1 + k_{32} h_2 + a_3 h_3 + 0h_4 + 0h_5 + 0h_6 = Q_3 & \text{(③점)} \\ 0h_1 + k_{42} h_2 + 0h_3 + a_4 h_4 + k_{45} h_5 + k_{46} h_6 = 0 & \text{(④점)} \\ 0h_1 + 0h_2 + 0h_3 + k_{54} h_4 + a_5 h_5 + 0h_6 = Q_5 & \text{(⑤점)} \\ 0h_1 + 0h_2 + 0h_3 + k_{64} h_4 + 0h_5 + a_6 h_6 = Q_6 & \text{(⑥점)} \end{cases} \right\} \dots\dots\dots (4-39)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } a_1 &= -k_{12} & a_2 &= -(k_{21} + k_{23} + k_{24}) \\ a_3 &= -k_{32} & a_4 &= -(k_{42} + k_{46} + k_{45}) \\ a_5 &= -k_{54} & a_6 &= -k_{64} \end{aligned}$$

식(4-39)을 행렬식으로 나타내면 식(4-40)이 된다.

$$[A]\{h\} = \{F\} \dots\dots\dots (4-40)$$

$$\text{여기서, } [A] = \begin{bmatrix} a_1 & k_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{21} & a_2 & k_{23} & k_{24} & 0 & 0 \\ 0 & k_{32} & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{42} & 0 & a_4 & k_{45} & k_{46} \\ 0 & 0 & 0 & k_{54} & a_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{64} & 0 & a_6 \end{bmatrix} \quad [h] = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \end{bmatrix} \quad [F] = \begin{bmatrix} Q_1 \\ 0 \\ Q_3 \\ 0 \\ Q_5 \\ Q_6 \end{bmatrix}$$

식(4-40)은 연립방정식이므로 반복법(Gauss-Seidel) 및 소거법 등을 이용하여 해를 구할 수 있다. 대규모 관수로 시스템에서는 절점수 n이 높게 되어 행렬 [A]의 차원이 커지게 되는데 이런 경우에는 행렬의 특성을 이용한 행렬분할법에 의하여 해를 얻을 수 있다. 단, 식(4-40)은 행렬 [A] 중에 동수위 h를 포함하고 있는 비선형식이기 때문에 정상 유황을 구하기 위해서는 식(4-41)을 만족할 수 있도록 수렴연산을 할 필요가 있다.

$$\begin{aligned} |h_i^{(m+1)} - h_i^m| &< \epsilon_a \quad \text{또는} \quad (i = 1, 2, 3 \dots\dots n) \dots\dots\dots (4-41) \\ \frac{|h_i^{m+1} - h_i^m|}{h_i^m} &< \epsilon_r \end{aligned}$$

- 여기서, $h_i^{(m)}$: i점의 제 m 번째의 연산결과
- $h_i^{(m+1)}$: i점의 제 m+1 번째의 연산결과
- ϵ_a : 허용오차(일반적으로 $10^{-3}m$ 이하)
- ϵ_r : 상대허용오차

식(4-41)에 있어서 $h_i^{(m+1)}$ 의 수치는 식(4-40)의 [A]의 각 항을 h_i^m 에 치환하여 구할 수 있다. 이 경우 m+1번째의 연산을 실시할 때 다음에 나타내는 가속정수를 사용하면 계산이 빨라진다.

$$h_i = h_i^{(m-1)} + a(h_i^{(m+1)} - h_i^{(m-1)}) \dots\dots\dots (4-42)$$

여기서, a : 가속정수(a = 1일 때 치환, 보통 1.5 정도)

$h_i^{(m-1)}$: i점의 m-1회 짜의 연산결과

상기 과정에 의하여 구해진 각 절점의 동수위를 식(4-34)에 대입하면 유량이 구해진다.

(2) 경계조건의 설정

정상유황은 관수로 시스템을 구성하는 각 시설의 수리특성에 의하여 지배된다. 절점수두법에 의한 기초식을 이용하기 위해서는 경계조건을 설정해야 하며, 경계조건의 설정 방법은 다음과 같다.

(가) 유량경계조건

<그림 4-19>에 나타내는 관수로 시스템의 취수점 및 배출점에 유량을 설정하여 식(4-39), 식(4-40)에 의하여 해석할 수 있다.

(나) 수위경계조건

<그림 4-19>의 절점①과 같이 경계조건으로 수조가 있는 경우 수위 h_i 이 취수량의 변화에 관계없이 일정한 경우에는 수위에 일정치를 대입하여 수위경계로서 풀 수 있다. 기초식의 수위경계의 설정은 h_i 이 기지량이기 때문에 식(4-40)에 있어서 제 1식(①점)은 무시되어 그 결과 식(4-40)은 식(4-43)과 같이 변형된다.

$$[A_0]\{h_0\} = \{F_0\} \dots\dots\dots (4-43)$$

$$\text{여기서, } [A] = \begin{bmatrix} a_2 & k_{23} & k_{24} & 0 & 0 \\ k_{32} & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ k_{42} & 0 & a_4 & k_{45} & k_{46} \\ 0 & 0 & k_{54} & a_5 & 0 \\ 0 & 0 & k_{64} & 0 & a_6 \end{bmatrix} \quad [h_0] = \begin{bmatrix} h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \end{bmatrix} \quad [F_0] = \begin{bmatrix} -k_{21}h_1 \\ Q_3 \\ 0 \\ Q_5 \\ Q_6 \end{bmatrix}$$

식(4-43)은 식(4-40)에 비하여 한 차수가 적다. 또 벡터{ F_0 }는 식(4-39)에서 기지수 h_1 이 이항된 모양이 된다. 즉 수위경계의 경우에는 그 기지수의 숫자만큼 기초식의 차수가 줄어든다. 이 수위경계조건은 해석목적에 따라서 임의의 절점에 설정할 수가 있다.

(다) 펌프경계조건

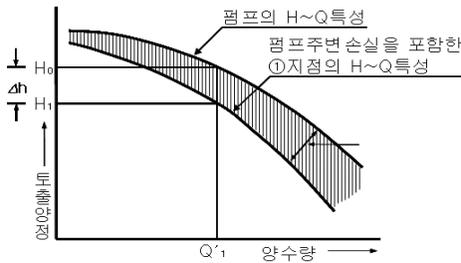
<그림 4-19>의 절점 ①이 펌프인 경우를 가정하자. 이때 절점 ①의 취수량 Q_i' (배출량 $Q_i = Q_i'$)는 <그림 4-20>(a)와 같이 펌프의 H~Q 특성에 지배되어 취수량 Q_i' 에 대한 배출양정은 H_1 로 <그림 4-20>(b)에 나타낸 바와 같다.

일반적으로 펌프 배출점에 있어서의 배출양정과 양수량의 관계는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

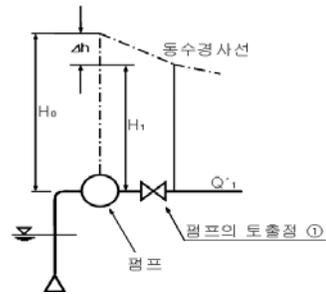
$$Q_p = \alpha(\beta - H_p)^\gamma \dots\dots\dots (4-44)$$

여기서, Q_p : 펌프의 양수량(m^3/s) H_p : 펌프의 배출수두(m)

α, β, γ : 펌프의 배관조건에 의해 정해지는 정수



(a) 펌프의 H~Q 특성



(b) 펌프의 배출점수두

<그림 4-20> 펌프의 H~Q 특성

이것을 절점①에 적용하면 다음과 같이 정의된다.

$$Q_1 = -Q_1' = -\alpha(\beta - H_1)^\gamma \dots\dots\dots (4-45)$$

여기서, H_1 은 펌프 배출점 ①의 관로 표고를 GH_1 으로 하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_1 = h_1 - GH_1 \dots\dots\dots (4-46)$$

여기서, H_1 : 펌프의 배출수두(m) h_1 : 펌프의 배출수위(m)

따라서 식(4-45)는 식(4-47)이 되어

$$Q_1 = -\alpha(\beta + GH_1 - h_1)^\gamma \dots\dots\dots (4-47)$$

식(4-48)과 같이 변형할 수 있다.

$$Q_1 = -P_1(\beta + GH_1 - h_1) = -P_1(\beta + GH_1) - P_1h_1 \dots\dots\dots (4-48)$$

여기서, $P_1 = -\alpha(\beta + GH_1 - h_1)^{\gamma-1}$

식(4-48)을 식(4-39)의 제 1식에 대입하여 정리하면 제 1식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$b_1 h_1 + k_{12} h_2 + 0h_3 + 0h_4 + 0h_5 + 0h_6 = -P_1(\beta + H_1) \dots\dots\dots (4-49)$$

여기서, $b_1 = a_1 - P_1 = -k_{12} - \alpha |(\beta + GH_1 - H_1)|^{\gamma-1}$

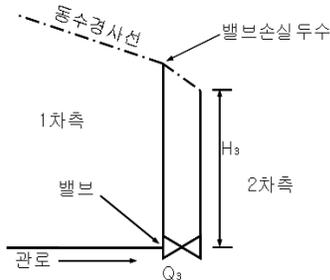
따라서, 식(4-40)은 식(4-50)과 같이 h_1 에 대응되는 부분이 치환된다.

$$[A_p] \{h_p\} = \{F_p\} \dots\dots\dots (4-50)$$

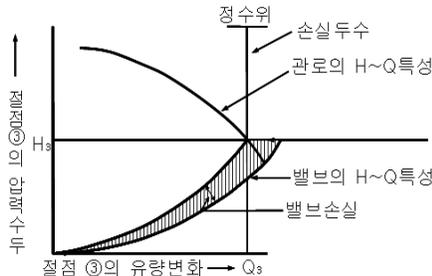
$$[A_p] = \begin{bmatrix} a_1 & k_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{21} & a_2 & k_{23} & k_{24} & 0 & 0 \\ 0 & k_{32} & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{42} & 0 & a_4 & k_{45} & k_{46} \\ 0 & 0 & 0 & k_{54} & a_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{64} & 0 & a_6 \end{bmatrix} \quad [h_p] = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \end{bmatrix} \quad [F_p] = \begin{bmatrix} P_1(\beta + GH_1) \\ 0 \\ Q_3 \\ 0 \\ Q_5 \\ Q_6 \end{bmatrix}$$

(라) 밸브경계조건

<그림 4-19>의 절점 ③의 배출량 Q_3 는 밸브의 특성에 좌우되는데, <그림 4-21>(a)와 같이 절점 ③에 밸브가 설치된 경우 유량, 압력의 변화는 <그림 4-21>(b)와 같이 나타나며 밸브특성은 식(4-51)과 같이 밸브지점 압력수두(2차측)에 관한 지수함수로 나타낼 수 있다.



(a) 절점 ③의 압력수두



(b) 절점 ③의 H~Q 특성

<그림 4-21> 밸브설치 개소의 H~Q 특성

$$Q_3 = C \cdot A \sqrt{2gH_3} \dots\dots\dots (4-51)$$

여기서, Q_3 : 밸브유량(m^3/s)

C : 유량계수

g : 중력가속도(m/s^2)

H_3 : 밸브지점의 압력수두(m)(하류측)

A : 밸브의 평균면적(m^2)

식(4-51)을 절점 ③에 적용하면 식(4-52)가 된다.

$$Q_3 = C \cdot A \sqrt{2g(h_3 - Gh_3)} \dots\dots\dots (4-52)$$

여기서, GH_3 : 절점 ③의 밸브표고

식(4-52)는 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$Q_3 = B_3 (h_3 - Gh_3) \dots\dots\dots (4-53)$$

여기서, $B_3 = C \cdot A \sqrt{2g} |h_3 - Gh_3|^{-\frac{1}{2}}$

식(4-53)을 식(4-39)의 제 3항에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$0h_1 + k_{32}h_2 + C_3h_3 + 0h_4 + 0h_5 + 0h_6 = -B_3 \cdot Gh_3 \dots\dots\dots (4-54)$$

여기서, $C_3 = a_3 - B_3 = -k_{32} - C \cdot A \sqrt{2g} |h_3 - Gh_3|^{-\frac{1}{2}}$

따라서, 식(4-40)은 식(4-55)와 같이 h_3 에 대응하는 부분이 변형된다.

$$[A_v] \{h_v\} = \{F_v\} \dots\dots\dots (4-55)$$

$$[A_p] = \begin{bmatrix} a_1 & k_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{21} & a_2 & k_{23} & k_{24} & 0 & 0 \\ 0 & k_{32} & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{42} & 0 & a_4 & k_{45} & k_{46} \\ 0 & 0 & 0 & k_{54} & a_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{64} & 0 & a_6 \end{bmatrix} \quad [h_p] = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \end{bmatrix} \quad [F_p] = \begin{bmatrix} P_1(\beta + GH_1) \\ 0 \\ Q_3 \\ 0 \\ Q_5 \\ Q_6 \end{bmatrix}$$

(마) 경계조건이 복수인 경우

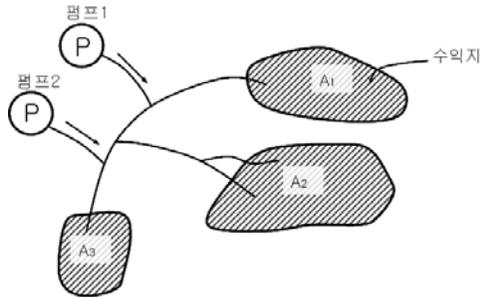
각종의 경계조건은 관수로 시스템의 임의의 절점에 임의로 설정할 수 있다. 예를 들면 <그림 4-21>에서 절점 ①을 수위경계, 절점 ③을 펌프경계, 절점 ⑤, ⑥을 밸브경계로 한 경우에는 식(4-40)의 벡터 $\{F\}$ 와 행렬 $[A]$ 의 내용은 다음과 같이 된다.

$$[A_v] = \begin{bmatrix} a_2 & k_{23} & k_{24} & 0 & 0 \\ k_{32} & (a_3 - P_3) & 0 & 0 & 0 \\ k_{42} & 0 & a_4 & k_{45} & k_{46} \\ 0 & 0 & k_{54} & (a_5 - B_5) & 0 \\ 0 & 0 & k_{64} & 0 & (a_6 - B_6) \end{bmatrix} \quad [F] = \begin{bmatrix} -k_{21}h_1 \\ -P_3(\beta + GH_3) \\ 0 \\ -B_5 \cdot GH_5 \\ -B_6 \cdot GH_6 \end{bmatrix} \dots\dots (4-56)$$

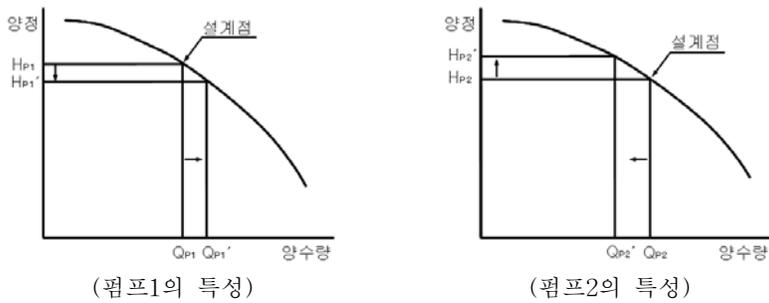
(3) 설계적용

<그림 4-22>(a)에 예시한 바와 같이 2개소의 펌프수원으로 하는 관수로 시스템에 대하여 정상류를 해석한 결과와 그 대책을 보면 다음과 같다.

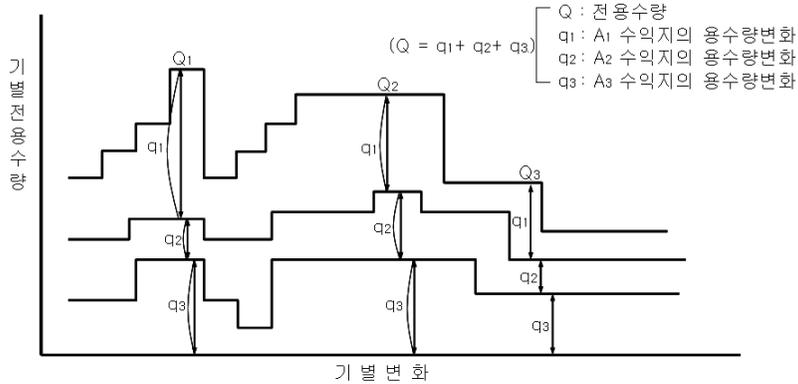
이 지역의 용수량이 <그림 4-22>(c)와 같이 기별변화를 하고 또 그에 대한 펌프설계점이 <그림 4-22>(b)와 같이 변하는 것으로 한다.



(a) 관수로시스템의 예



(b) 펌프의 특성



(c) 수익지 물이용계획

<그림 4-22> 관수로 시스템의 검토 예

펌프 1에 대해 양수량 $Q_{p1}(m^3/s)$ 펌프 2에 대해 양수량 $Q_{p2}(m^3/s)$
 양정 $H_{p1}(m)$ 양정 $H_{p2}(m)$

여기서

$$Q_1 = Q'_{p1} + Q'_{p2} \dots\dots\dots (4-57)$$

이 경우에 대한 해석모형은 2개소의 펌프를 경계조건으로 하는 모형이 되며, 식(4-40)로 해석한 결과에 따르면 각 펌프의 용수조건이 다음과 같이 변화한다.

펌프 1에 대해 양수량	$Q'_{p1}(m^3/s)$	펌프 2에 대해 양수량	$Q'_{p2}(m^3/s)$
양 정	$H'_{p1}(m)$	양 정	$H'_{p2}(m)$

여기서,

$$Q_2 = Q'_{p2} + Q'_{p1} \dots\dots\dots (4-58)$$

이러한 유황결과에 대해서 다음과 같이 검토를 한다.

- 펌프를 설계점 이하에서 운전하는 경우에 대해서 공동현상(cavitation)의 발생유무를 검토한다. 검토결과 캐비테이션이 발생할 우려가 없을 것으로 판단되고, 또한 기타의 용수변화에도 동일한 결과를 얻을 수 있으면 이 관수로 시스템은 안전한 것으로 판단되며 정상유황에 대한 검토를 완료한다. 그러나 위험할 것으로 판단될 경우에는 설비운전상의 대책을 강구해야 한다.
- 설비 운전상의 대책의 하나로서 밸브에 의한 유량제어 기구를 채용하는 문제에 대해 검토한다. 이를 검토하는 데는 밸브를 경계조건으로 하는 모델을 해석모형에 추가하여 유황해석을 한다. 이 결과 펌프유황이 다음과 같이 해석된 것으로 한다.

펌프 1에 대해 양수량	$Q''_{p1}(m^3/s)$	펌프 2에 대해 양수량	$Q''_{p2}(m^3/s)$
양 정	$H''_{p1}(m)$	양 정	$H''_{p2}(m)$

여기서,

$$Q_2 = Q''_{p1} + Q''_{p2} \dots\dots\dots (4-59)$$

이 유황이 펌프와 밸브의 캐비테이션 조건에 대해 안전하면 밸브에 의한 유량제어가 가능한 것으로 본다. 또 <그림 4-22>(c)의 Q_3 에 해당되는 시기에 밸브 개도를 조절하게 되므로 안전한 유황을 유지하기 위해서는 밸브의 캐비테이션 문제를 검토해야 한다. 이를 해석하려면 임의의 밸브개도에 대해 식(4-51)의 유량계수를 적용하여 유황해석을 한다. 이 해석의 결과로부터 각 시기의 물이용 형태에 대응하는 유량 제어밸브의 개도를 결정할 수 있다.

※ 밸브로서도 송배수기능이 충분하지 못할 때에는 당초의 수리설계 단계로부터 관수로 시스템을 재검토해야 한다.

4.4.5 다점주입(多点注入) 관수로

수리적으로 일체가 되어 있는 송배수관수로조직에 있어 2개소 이상의 수원에서 동시에 용수를 공급하는 경우인 다점주입관수로(network with multiple sources)에 대해서는 특별한 수리검토를 해야 한다. 수원에서 용수를 공급하는 경우는 수원의 수위(또는 유효수두), 유입량, 관수로 조직내 분수점의 위치, 분수량, 관경 등 일련의 조직체가 서로 수리적인 영향을 미치게 되므로 수원이 1개소인 경우와 같이 수원수위와 유입량이 안정되지 않는다. 즉 위의 여러 가지 요소 중 하나만 변하여도 수리적으로 전혀 다른 현상이 나타나는데, 구체적인 예로는 수원수위의 저하, 과잉 유량의 유입, 역유출, 공급압력의 부족 등을 들 수 있다.

가. 수리검토상 유의사항

다점주입관수로의 수리검토를 할 때에는 다음 사항을 고려하되 수원의 종류에 따라 검토내용이 달라지는 점에 주의한다.

1) 하천으로부터 자연취수

취수가능량이 제한되는 경우가 많다. 유량변동에 따른 수위변동을 주로 검토해야 하며 공기혼입, 급수압력의 부족 등에 대해 주의한다.

2) 유지(溜池) 등으로부터 정수위(定水位) 취수

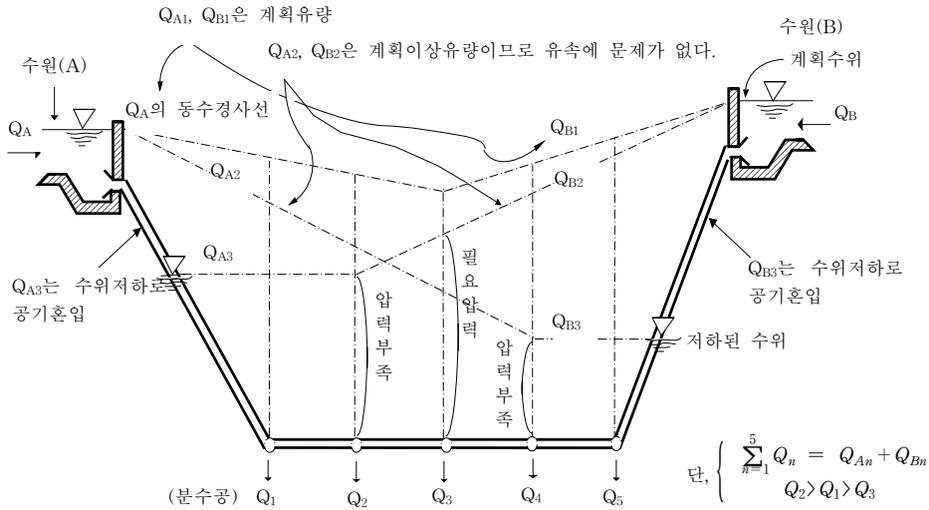
계획수위가 항상 일정하도록 배출수조로 조절하는 경우가 많다. 이때는 수위를 고정시킨 다음 그 유입량이 타수원 유입량의 영향을 받아 어떻게 변화하는가를 중점적으로 검토한다. 다만 계획취수량 이상의 유량이 유입될 때에는 제한유속이 초과되거나 말단에서 압력부족이 생길 수 있다.

3) 펌프에 의한 압력방식취수

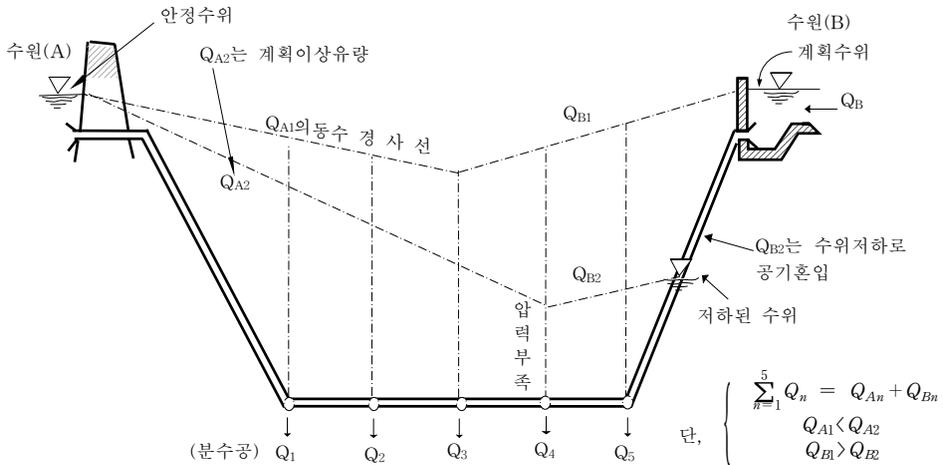
관수로의 펌프로 직접 압력을 주는 경우는 펌프의 계획양정과 양수량이 역의 관계로 되는 수가 있으므로 이를 주의해야 한다. 즉 펌프의 일반적인 H-Q 특성에 있어서는 유량이 커질 때 양정이 작아지고 유량이 작아지면 양정이 커지는데 반해 다점주입의 경우에는 관로의 마찰손실수두를 고려하게 되므로 압력수량이 커지면 양정이 커지고 압력수량이 작아지면 양정이 작아진다. 그러므로 펌프의 계획양정과 계획양수량의 결정에 있어 이 문제를 충분히 검토한다.

4) 펌프에 의한 배수조(配水槽)방식 취수

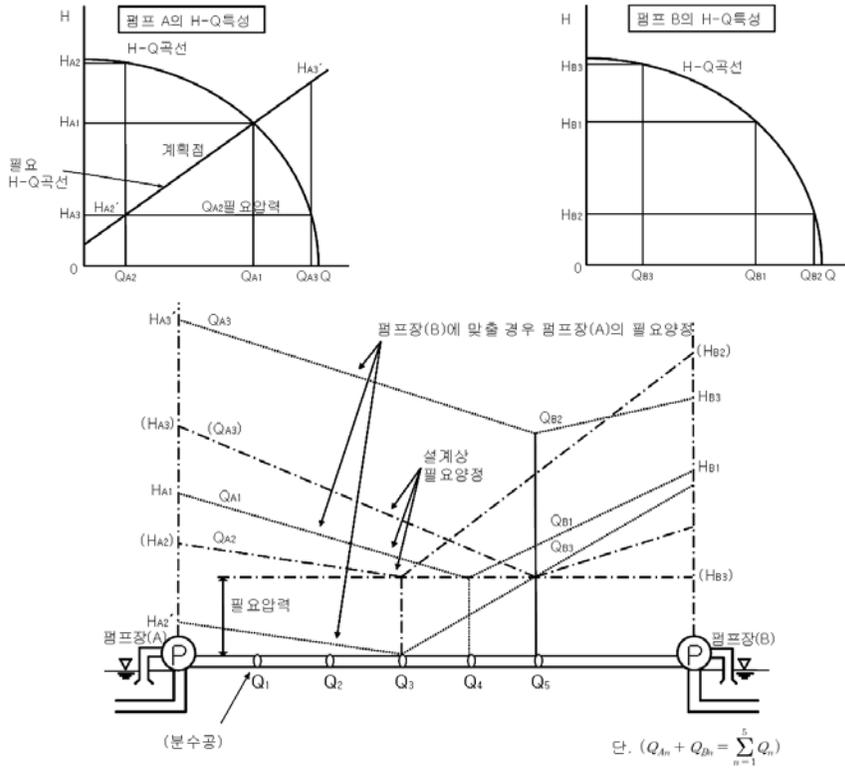
취수량에 제한이 있으므로 1)항의 자연취수와 동일한 검토를 한다. 이상에서 언급한 현상을 도시하면 <그림 4-23>~<그림 4-25>와 같다.



<그림 4-23> 자연취수의 경우



<그림 4-24> 유지(留池) 등 수원취수의 경우



주) 펌프특성과 필요양정은 역(逆)의 H-Q특성을 나타냄
 <그림 4-25> 펌프취수의 경우

나. 수리계산방법

다점주입관수로의 배관방식에는 관망 배관방식과 분기형 배관방식이 있으며 이들 배관방식에 따라 수리계산방법이 다르다. 관망 배관방식은 관망의 수리계산 방법을 적용한다. 또 다점주입방식의 가지형 관수로에서 수원의 유입량이 제한되는 경우에는 각 관로의 계획유량을 정량적으로 적산할 수 있으므로 관수로에 대한 일반적인 수리계획 방법을 적용하여 검토할 수 있다. 그러나 유지 등을 수원으로 하여 수위가 설계조건이 되는 경우는 유량이 수원의 에너지 차이에 의해서 배분되므로 정량적인 적산방법으로는 구할 수 없다. 즉, 관망 관수로이든 분기형 관수로이든 다점주입관수로의 수리계산에 있어서는 수원수위를 조건으로 부여하면 유입량이 미지수로 되고 유입량을 조건으로 부여하면 수위가 미지수가 된다.

또 다점주입관수로의 수리검토는 수리계산만으로 그 수리특성과 문제점을 해명하기 어려운 경우가 많으므로 "정상류의 수리해석"방법에 의해 신중한 검토를 하는 것이 좋다.

4.5 비정상류(非定常流) 해석

4.5.1 일반사항

비정상류란 임의의 정상류 상태에서 밸브나 펌프 등을 조작한 후 새로운 정상류 상태로 옮겨가는 과도적인 흐름이다. 따라서 비정상류의 검토는 시간경과에 따른 유량 또는 압력수두의 변화를 파악하는 것이다. 비정상류의 해석은 일반적으로 컴퓨터에 의한 시뮬레이션모델해석으로 이루어지며 구체적인 해석을 하는 경우에는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① 비정상류를 해석하기 위해서는 대상 해석영역의 관수로 시스템에 대한 수리제원이나 물관리 체계를 충분히 검토하여야 한다.
- ② 비정상류는 펌프나 밸브 등의 조작으로 인하여 발생하는 것이므로 수리 시설의 동작특성을 충분히 검토하여야 한다.
- ③ 시뮬레이션모델은 비정상류 현황을 나타내는 이론식을 수학적으로 전개한 것이며 이는 해석하고자 하는 관수로 시스템에 적합하여야 한다.
- ④ 비정상류의 해석에는 많은 자료를 사용하는 경우가 많고, 또 해석에 이용되는 입력조건은 그 결과에 큰 영향을 미치게 되므로 해석결과를 고찰할 때에는 항상 입력조건과의 관계를 고려해야 한다.

4.5.2 검토목적

비정상 유황에 대한 수리검토의 목적은 다음과 같다.

- ① 펌프나 밸브 등의 동작으로 인하여 발생하는 수격압(상승압 또는 강하압)의 크기가 관수로의 내압강도에 대하여 안전한지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.
- ② 관수로의 부대(附帶) 조정수조에 발생하는 수면진동(서어지 현상)이 시설 규모에 대해 안전한지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.
- ③ 펌프나 밸브 등의 제어방식 및 관리방식이 관수로 시스템의 송배수기능을 충분히 만족할 수 있는지 여부와 그 대책을 검토하는데 있다.

4.5.3 검토대상

비정상류해석을 필요로 하는 경우는 다음과 같다.

- ① 수지상 관수로 시스템의 수격압에 대한 해석과 대책을 검토하는 경우
- ② 관수로 시스템이 복수의 수조를 갖는 경우 펌프나 밸브의 조작조건에 따라서 각각의 수조의 수면이 진동하는 경우(서지현상)

- ③ 관수로 시스템의 송배수 관리를 자동제어로 하는 경우 각각의 펌프나 밸브 등이 서로 간섭하여 자동제어가 불가능하게 되는 경우

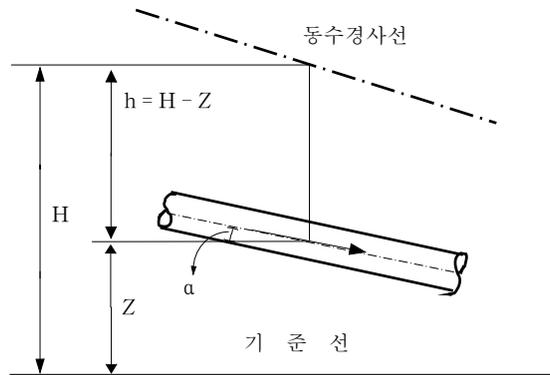
4.5.4 해석방법

가. 비정상류의 기본식

관수로의 비정상류에 대한 현상은 관내 유수가 갖고 있는 진동에너지가 관수로의 탄성에너지로 변환되기 때문에 이들 사이의 변환특성을 나타내는 파라미터는 물과 관로의 탄성계수 혹은 압력파의 전파속도이다. 이 현상의 기본식은 일반적으로 운동에너지를 나타내는 운동방정식과 탄성에너지의 변환을 나타내는 연속방정식의 두 식으로 표시되지만 에너지 변환 형태에 따라 다음과 같이 구분된다.

1) 관수로의 탄성변화를 고려하는 경우

수격압을 해석하는 대표적인 기본식으로서 시간 범위가 매우 작고(1초 이하) 흐름현상은 관체와 물의 합성탄성변화와 마찰저항에 의해 지배된다. <그림 4-26>와 같은 관로상의 임의의 점에 대한 탄성이론에 바탕을 둔 비정상류의 기본식은 식 (4-60)과 같다.



<그림 4-26> 관수로상의 수리상태

$$\left. \begin{array}{l} \text{운동방정식} \\ \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f|V|}{D} \frac{V}{2g} = 0 \\ \text{연속방정식} \\ \frac{\partial H}{\partial t} + V \frac{\partial H}{\partial x} + V \sin \alpha + \frac{a^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-60)$$

$$\text{단, } a = \frac{1}{\sqrt{\frac{W}{g} \left(\frac{1}{k} + \frac{D}{E} \frac{C}{e} \right)}}$$

여기서, g : 중력가속도(m/s^2)

H : 압력수위(m)

a : 압력파의 전파속도(m/s)

E : 관재료의 종탄성계수(kN/m^2)

V : 관내유속(m/s)

D : 관의 내경(m)

w : 물의 단위체적중량(kN/m^3)

C : 관의 지지상황에 따른 계수(보통 1.0.)

t : 시간(s)

f : Darcy-Weisbach의 마찰손실계수

k : 물의 체적탄성계수(kN/m^2)

e : 관 벽두께(m)

x : 거리(m)

α : 관로의 기준선에 대한 경사각도($^\circ$)

식(4-60)은 운동방정식의 제 4항(마찰손실항)의 f 를 Manning의 조도계수로 치환하면 식(4-61)과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{운동방정식} \\ \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |v|}{R^{4/3}} v = 0 \\ \text{연속방정식} \\ \frac{\partial H}{\partial t} + v \frac{\partial H}{\partial x} + v \sin \alpha + \frac{a^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (4-61)$$

여기서, n : Manning의 조도계수

R : 경심(m) ($R=D/4$)

식(4-61)은 <그림 4-26>에서 보는 바와 같이 평균유속 V 와 압력수위 H 의 관계를 나타내지만, 이것을 압력수두 h 로 나타내면 운동방정식 및 연속방정식은 각각 식(4-62)와 같다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{운동방정식} \\ \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x} + i + \frac{n^2 |v|}{R^{4/3}} v = 0 \\ \text{연속방정식} \\ \frac{\partial H}{\partial t} + v \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{a^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (4-62)$$

여기서, h : 압력수두(m), i : 관로경사($= \frac{\partial z}{\partial x}$)

식(4-61) 또는 식(4-62)을 사용하여 수리모형을 작성하는 경우 식(4-61)의 연속 방정식의 제 2항, 3항 및 식(4-62)의 연속방정식의 제 2항은 미소항이므로 생략할 수 있다. 또 식(4-62)의 관내유량 Q 및 관의 등가체적탄성계수 K를 사용하여 식(4-63)로 나타낼 수 있다.

연속방정식

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{K}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \\ K = \frac{1}{\frac{1}{K^*} + \frac{D}{E \cdot e}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-63)$$

여기서, ω : 물의 단위중량(kN/m³) A : 유수단면적(m²)
 Q : 통과유량(m³/s) K : 관의 등가체적탄성계수(kN/m²)
 K* : 물의 체적탄성계수(kN/m²) E : 관 재료의 종탄성계수(kN/m²)

2) 관수로의 탄성변화를 무시하는 경우

개방식 관수로에서는 수조내에 자유수면부가 생기게 되며, 이 자유수면부의 수면은 정상류 상태에서 일정 수위이지만 관수로 내에 유량변동이 생기면 이에 따라 수위가 상승 또는 하강한다. 이 수위의 상승 또는 하강현상을 서어지(surge) 현상이라 한다. 이 서어지 현상은 수격압과 같은 압력수위의 상승이나 하강현상과 달리 관수로내의 유량변동에 의한 탄성에너지가 자유수면부의 수위에너지로 변환되는 현상이며 관내의 흐름은 마찰저항에 의해 지배된다. 이는 서어지 현상이 탄성변화를 무시한 강체모델로서 해석될 수 있음을 나타내는 것이며, 이 분석에서는 시간범위가 비교적 크다.

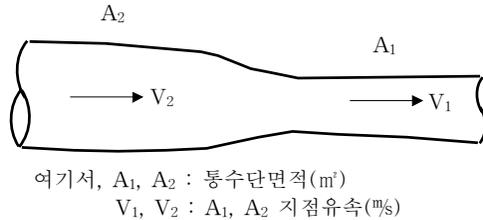
가) 비정상류의 기본식과 적용

관수로의 임의점에 있어서 탄성변화가 무시된 경우의 비정상류의 기본식은 식(4-64)와 같다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{운동방정식} \\ \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |V|}{R^{4/3}} V = 0 \\ \text{연속방정식} \\ \frac{\partial}{\partial x} (A \cdot V) = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-64)$$

여기서, V : 관내유속(m/s) H : 관로의 압력수위(m)
 n : Manning의 조도계수 R : 경심(m) A : 관로단면적(m²)

식(4-64)의 운동방정식에서는 전술(관내의 흐름은 마찰저항에 의해 지배됨)한 바와 같이 관성항($1/g \cdot v \cdot \partial v / \partial x$)이 무시되어 있고, 또 연속방정식에서는 탄성변화가 무시됨으로써 <그림 4-27>에서 보는 바와 같이 유량 일정 조건이 성립될 뿐이다.



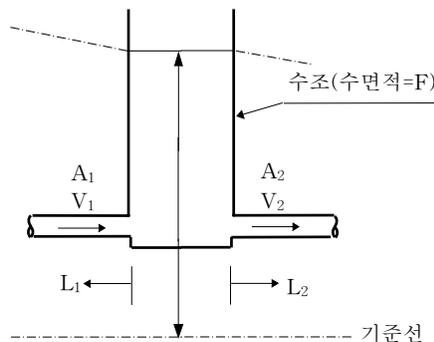
<그림 4-27> 관수로의 유량연속조건

여기서 서어지 분석을 하는 경우 이미 기술한 바와 같은 현상 때문에 식(4-64)으로 구해지는 관로의 유량변화에 대해서는 이것을 수조의 수위변화로 변환하는 식(연속방정식으로 표시되며, <그림 4-27> (참조))이 도입되어야 한다. <그림 4-28>과 같이 관수로의 중간에 수조가 있는 경우 관로구간 L_1 , L_2 의 임의 시각의 유속(V_1 , V_2)은 운동방정식에서 구해진다.

이 유속변화에 의한 수조내의 수위변화는

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{A_1 V_1 - A_2 V_2}{F} \dots\dots\dots (4-65)$$

여기서, F : 수조의 면적



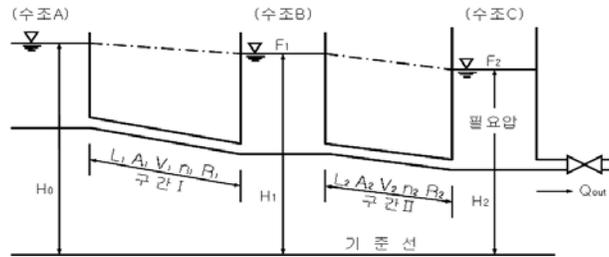
<그림 4-28> 수조의 수위변화

관수로의 기준면에서 자유수면에 대한 서어지현상을 분석하려면 식(4-64)와 같은 관로의 비정상류식과 기준면의 자유수면의 변화를 나타내는 식(4-65)를 기본으로 하여 해석대상의 관수로 시스템에 맞는 모형을 작성해야 한다.

나) 2개 수조 관수로 시스템의 서어지 해석

<그림 4-29>는 관수로 시스템이 2개의 수조를 갖는 경우이며 이 해석모델은 다음과 같다. 2개 수조 관수로 시스템의 서어지 해석의 기본식은 <그림 4-29>의 구간 I, II의 유속은 식(4-64)의 운동방정식으로 구한다. 이 경우 구간 I의 흐름은 그 양단의 수위차($H_0 - H_1$)에 지배되고, 구간 II에서는 수위차($H_1 - H_2$)에 지배되므로 운동방정식의 제2항은 식(4-66)과 같다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{구간 I : } \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{H_1 - H_0}{L_1} \\ \text{구간 II : } \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{H_2 - H_1}{L_2} \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-66)$$



여기서, H : 기준선에 대한 압력수위(m) 단, H_0 는 일정 n : Manning의 조도계수
 V : 관내유속(m/s) Q_{out} : 하류단 밸브의 유출량(m^3/s) L : 관로연장(m)
 F : 스텐드의 수면적(m^2) A : 평균유적(m^2) R : 경심(m)

<그림 4-29> 2개 수조의 관수로 시스템

식(4-66)에서 구간 I, II에 대한 운동방정식은 식(4-67)과 같이 상미분방정식으로 나타낸다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{구간 I : } \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v_1}{\partial t} + \frac{H_1 - H_0}{L_1} + \frac{n_1^2 |v_1|}{R_1^{4/3}} v_1 = 0 \\ \text{구간 II : } \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v_2}{\partial t} + \frac{H_2 - H_1}{L_2} + \frac{n_2^2 |v_2|}{R_2^{4/3}} v_2 = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-67)$$

한편 수조 B, C의 수위변화를 나타내는 연속방정식은 식(4-65)에 의해 식(4-68)과 같이 된다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{수조 B : } \frac{\partial H_1}{\partial t} + \frac{A_1 V_1 - A_2 V_2}{F_1} = 0 \\ \text{수조 C : } \frac{\partial H_2}{\partial t} + \frac{Q_{out} - A_1 V_1}{F_2} = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4-68)$$

나. 기본식의 전개

기본식의 전개는 수학적 방법에 따라 직접차분법과 특성곡선법으로 분류되며, 이들 기본식의 각 항을 Taylor 급수전개에 따라 다음과 같이 차분화할 수 있다. 직접차분법(양해법)은 t 시각에 관수로 각 지점의 수리량 V, H(또는 v, h)를 기지량으로 하고, 시간 차분 (Δt) 만큼 경과한 $t + \Delta t$ 시각의 수리량 V, H (또는 v, h)를 구하는 방법이다. 특성곡선법(음해법)은 차분화에 의하여 전개된 식에 $t + \Delta t$ 시각의 수리량 V, H (또는 v, h)를 미지수로 하여 연립방정식의 해를 구하는 방법이다. 수리모형의 전개는 탄성변화의 고려 여부에 따라 전개방법이 다르며, 그 방법을 보면 다음과 같다.

1) 전개방법

가) 탄성변화를 고려하는 경우

(1) 직접차분법(양해법)

편미분식으로 표시되는 기본식의 각 항을 Taylor 전개에 의하여 일차 차분하고 시간경과에 따르는 수리량 V, H(또는 v, h)를 구하는 방법으로서 직접차분법을 써서 양해법으로 차분화하는 경우 수리모델의 차분식은 <그림 4-30>과 같은 관수로상의 압력수위와 유속의 관계에서 식(4-69)으로 정리된다.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_j^{t+\Delta t} = \left[P_1 V_j^t - g \left(\frac{H_{i+1}^{t+\frac{1}{2}\Delta t} - H_i^{t+\frac{1}{2}\Delta t}}{\Delta x} \right) \right] / P_2 \\ H_i = H_i^{t+\frac{1}{2}\Delta t} - \Delta t G \frac{Q_j - Q_{j-1}}{\Delta x} \\ P_1 = \frac{1}{\Delta t} - \frac{V_{j+1}^t - V_{j-1}^t}{4\Delta x} - \frac{F}{2} \\ P_2 = \frac{1}{\Delta t} + \frac{V_{j+1}^t - V_{j-1}^t}{4\Delta x} + \frac{F}{2} \\ F = g \frac{n_j^2 |v_j^t|}{R_j^{4/3}} \quad G = \left(\frac{a_j^2}{gA_j} + \frac{a_{j-1}^2}{gA_{j-1}} \right) / 2 \\ Q = A_j V_j^{t+\Delta t} \end{array} \right. \dots\dots\dots (4-69)$$

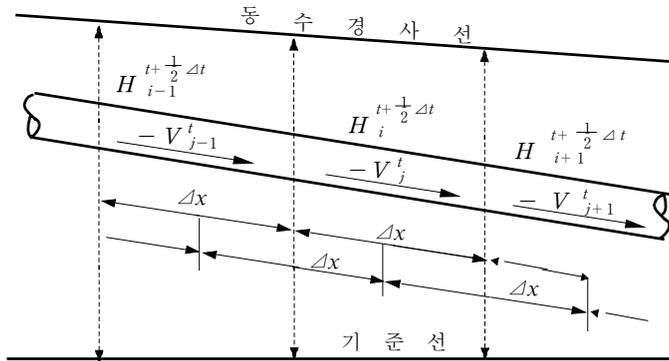
여기서, $V_j^{t+\Delta t}$: j지점의 Δt 시간후의 유속(m/s)

$H_i^{t+\frac{3}{2}\Delta t}$: i지점의 Δt 시간후의 압력수위(m)

A_j : j지점의 유적(m^2) ($A_j = \frac{\pi}{4} D_j^2$) R_j : j지점의 경심(m) ($R_j = \frac{D_j}{4}$)

a_j : j지점의 압력파의 전파속도(m/s) n_j : j지점의 조도계수

식(4-69)는 식(4-61)의 연속방정식의 제2·3항을 무시하고 전개한 것이며 t 시각의 유속과 $\Delta t + 1/2\Delta t$ 시각의 압력수위를 기지량으로 하여, 각각 Δt 시간 경과후의 유속 및 압력 수위를 구하는 식이다. 또한 식(4-69)을 사용하는 경우 <그림 4-30>과 같이 유속을 구하는 지점과 압력수위를 구하는 지점은 $1/2\Delta t$ 만큼 차가 있다. 또 시간경과에 대해서도 유속과 압력수위의 발생시각이 $1/2\Delta t$ 만큼 차이가 있다.



여기서, V_j^t : j지점의 t시각의 유속(m/s) i : 압력수위계산점
 $H_i^{t+1/2\Delta t}$: i지점의 $t + 1/2\Delta t$ 시각의 압력수위(m) j : 유속계산점
 Δx : 구간거리(m)

<그림 4-30> 직접차분법(양해법)에 의한 모형

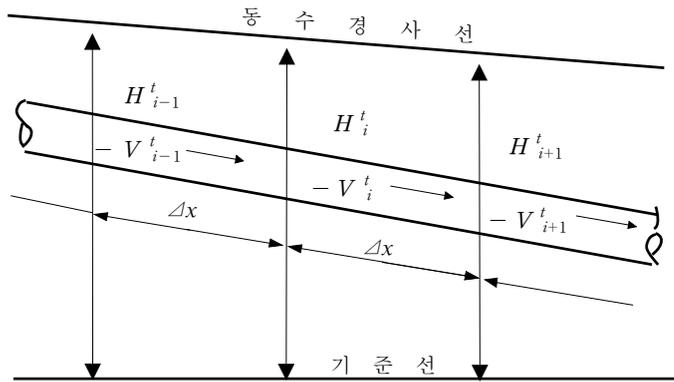
(2) 특성곡선법(음해법)

2조의 상미분식으로 표시되는 기본식의 각 항을 Taylor전개에 의하여 일차차분하고 시간경과에 따르는 수리량 V, H(또 v, h)를 구하는 방법으로서 수리모형의 차분식은 <그림 4-31>과 같은 수리상의 압력수위와 유속의 관계에서 식(4-70) 및 식(4-71)로 정리된다.

$$\left. \begin{aligned} V_{PR}^{t+\Delta t} &= C_1 + C_2 H_1^{t+\Delta t} \\ H_R^t &= H_i^t - \theta(V_R^t + a_R)(H_1^t - H_{i-1}^t) \\ C_1 &= V_R^t + \frac{g}{a_R} H_R^t - F_R \Delta t |V_R^t| V_R^t \\ C_2 &= -\frac{g}{a_R} \\ V_R^t &= \frac{V_i^t - \theta a_R (V_i^t - V_{i-1}^t)}{1 + \theta (V_i^t - V_{i-1}^t)} \\ F_R &= g \frac{n_R^2}{R_R^{4/3}} \quad \theta = \frac{\Delta t}{\Delta x} \end{aligned} \right\} \dots (4-70)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{PS}^{t+\Delta t} &= C_3 + C_4 H_1^{t+\Delta t} \\ H_S^t &= H_i^t + \theta (V_S^t - a_S)(H_1^t - H_{i+1}^t) \\ C_3 &= V_S^t - \frac{g}{a_S} H_S^t - F_S \Delta t |V_S^t| V_S^t \\ C_4 &= \frac{g}{a_S} \\ V_S^t &= \frac{V_i^t - \theta a_S (V_i^t - V_{i+1}^t)}{1 + \theta (V_i^t - V_{i+1}^t)} \\ F_S &= g \frac{n_S^2}{R_S^{4/3}} \quad \theta = \frac{\Delta t}{\Delta x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4-71)$$

여기서, $V_{PR}^{t+\Delta t}$, $V_{PS}^{t+\Delta t}$: $i-1 \sim i$ 구간의 요소에서 구하는 i 점의 유속(m/s)
 H_R^t , H_S^t , : i 점의 압력수위(m)
 a_R , a_S : $i-1 \sim i$ 구간의 압력파의 전파속도(m/s)



여기서, V_i^t : i 지점의 t 시각의 유속(m/s) H_i^t : i 지점의 t 의 압력수위(m)
 Δx : 구간거리(m) i : 유속과 압력수위의 계산지점

<그림 4-31> 특성곡선법에 의한 모형

식(4-70)과 식(4-71)은 식(4-61)의 연속방정식의 제 2, 3항을 무시하고 전개한 것이며, 또한 이들이 2조의 특성곡선방정식으로 이루어진 것은 식(4-61)을 상미분 방정식으로 변환하였기 때문이다.

한편, 식(4-70)과 식(4-71)은 i 지점의 식(4-72)와 식(4-73)을 만족해야 된다.

$$A_R V_{PR}^{t+\Delta t} = A_S V_{PS}^{t+\Delta t} \dots\dots\dots (4-72)$$

$$V_i^{t+\Delta t} = (V_{PR}^{t+\Delta t} + V_{PS}^{t+\Delta t})/2 \dots\dots\dots (4-73)$$

여기서, A_R : 통수단면적

이상에서 i 점의 Δt 시각후의 수리량 $V_i^{t+\Delta t}$, $H_i^{t+\Delta t}$ 는 식(4-72) 및 식(4-73)에 식(4-70) 및 식(4-71)을 대입함으로써 식(4-74) 및 식(4-75)가 구해진다.

$$H_i^{t+\Delta t} = \frac{C_3 A_S - C_1 A_R}{C_2 A_R - C_4 A_S} \dots\dots\dots (4-74)$$

$$V_i^{t+\Delta t} = 0.5 [C_1 + C_3 + (C_2 + C_4) H_i^{t+\Delta t}] \dots\dots\dots (4-75)$$

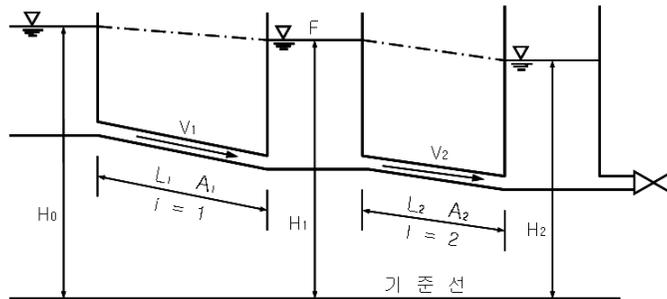
나) 탄성변화를 무시하는 경우

<그림 4-32>에서 보는 바와 같이 관로내의 흐름이 수조의 수위에 의해 지배되는 관수로 시스템에서 하류단의 밸브를 제어하면 수조내에 서어지 현상이 발생한다. 이와 같은 상황하에서 비정상류를 해석할 때에는 관수로의 탄성변화를 무시할 수 있다.

직접차분법을 써서 음해법으로 차별화하는 경우 식(4-64)의 운동방정식에서 관내유속은 식(4-76)과 같이 정리한다.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_i^{t+\Delta t} = \left(P_i V_i^t - \frac{H_i^t - H_{i-1}^t}{L_i} \right) / P_2 \\ P_1 = \frac{1}{\Delta t} - g \frac{|V_i^t| n^2}{2R_i^{4/3}} \\ P_2 = \frac{1}{\Delta t} - g \frac{|V_i^t| n^2}{2R_i^{4/3}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-76)$$

여기서, $V_i^{t+\Delta t}$: i 구간의 $t + \Delta t$ 시각의 유속(m/s)



여기서, H : 기준선에 대한 압력수위(m) A : 유적(m²)
 V : 관내유속(m/s) F : 수조의 단면적(m²)
 L : 관로연장(m)

<그림 4-32> 탄성변화를 무시하는 경우의 모형

한편 수조내의 수위에 대해서는 식(4-77)이 성립한다.

$$\frac{dH_i}{dt} = \frac{A_{i+1}V_{i+1} - A_iV_i}{F_i} \dots\dots\dots (4-77)$$

식(4-77)을 차분 전개하면 식(4-78)과 같다.

$$H_i^{t+\frac{3}{2}\Delta t} = H_i^{t+\frac{1}{2}\Delta t} + \frac{A_{i+1}V_{i+1}^{t+\Delta t} - A_iV_i^{t+\Delta t}}{F_i} \dots\dots\dots (4-78)$$

여기서, $H_i^{t+\frac{3}{2}\Delta t}$: i점의 $t + \frac{3}{2}\Delta t$ 시각후의 수위(m)

2) 계산의 안정조건

각종의 수학적 방법에 의해 전개된 차분식의 계산은 안정해를 얻기 위하여 다음과 같은 안정조건이 필요하다.

가) 탄성변화를 고려하는 경우

(1) 직접차분법 (양해법)

양해법에 의한 차분식은 Δx 와 Δt 가 식(4-79)의 조건을 만족할 때만 해가 수렴한다.

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \geq v+a \text{ 또는 } \Delta t \leq \frac{\Delta x}{v+a} \dots\dots\dots (4-79)$$

여기서, v : 관내에 발생하는 최대유속(m/s) a : 압력파의 전파속도(m/s)

(2) 특성곡선법

특성곡선법에 있어서도 해의 안정성 또는 수렴성을 확보하기 위하여 식(4-79)의 조건이 필요하다.

나) 탄성변화를 무시하는 경우

수면 서어지의 1사이클 시간보다 큰 시간차분(Δt)을 설정하면 해가 발산한다. 또한, 서어지 수위의 진동이 감쇄성을 갖기 위해서는 식(4-80)을 만족해야 한다.

$$F > \frac{LA}{2CgH_0} \dots\dots\dots (4-80)$$

여기서, F : 수조단면적(m²) L : 연장(m) A : 관단면적(m²)
 C : 손실수두계수($C=h_t/v$) H_0 : 정상류의 수위(m)
 v : 관내유속(m/s) g : 중력가속도(m/s²)

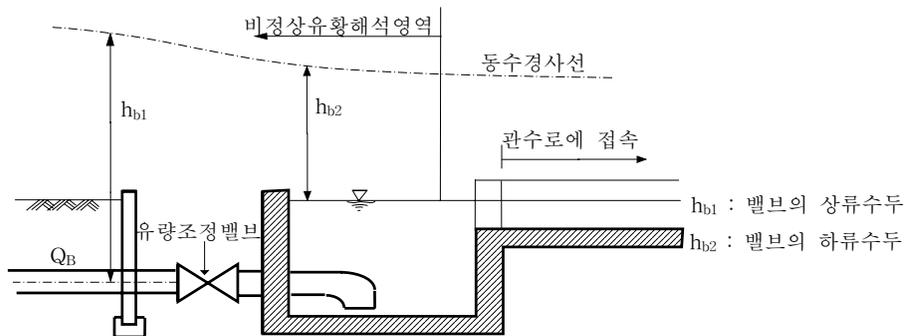
다. 경계조건

차분식으로 표시된 비정상류의 기본식은 관수로상의 임의점의 유황을 제약하는 경계조건을 설정해야 한다.

1) 경계조건의 설정

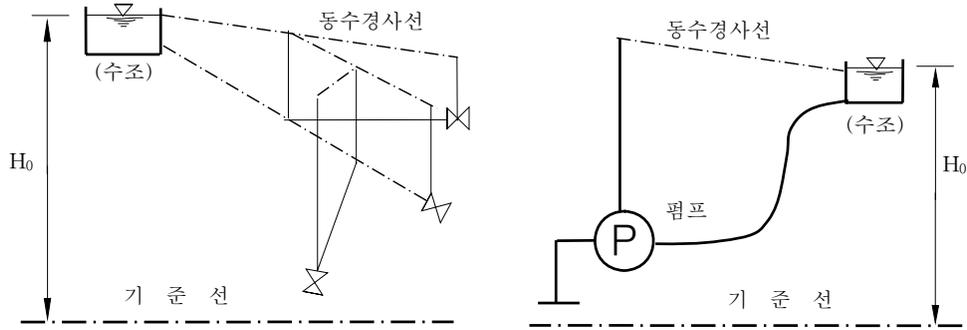
경계조건의 설정은 수리모형의 작성에 있어서 매우 중요하며, 해석상 다음과 같은 점에 유의하여 작성한다.

- ① 관수로내에 발생하는 비정상 현상(압력 파동의 발생 현상)과 그것이 각종의 경계조건에 어떤 영향을 미치는가(파동의 진행이나 반사 등)를 올바르게 이해하여야 한다.
- ② 각종의 수학적 방법으로 전개된 차분식과 실제의 비정상 현상과의 관계(모델과 실제의 차이)를 올바르게 이해하여야 한다.
- ③ 각종의 경계조건은 수위경계와 유량경계로 구분되며 이 각각은 비정상류의 발생 내용을 크게 변화시킨다. 여기서 수위경계란 경계조건식을 차분식의 수두계산점 상에 대입시켜 수두를 제약하는 것을 말하며, 유량경계란 차분식의 수두계산점 상에 대입시켜 유속(또는 유량)을 제약하는 것을 말한다.
- ④ 설정된 경계조건은 실제의 수리시설과 적합한지 충분히 검토해야 한다. 예를 들면 관수로 시스템의 말단이 <그림 4-33>과 같은 구조를 가지고 이 지점을 밸브경계로 하여 탄성변화를 고려하는 경우의 해석모형을 가정한다.



<그림 4-33> 관수로 말단부의 구조 예

<그림 4-33>과 같은 구조의 경우 경계조건에 대해 생각하는 방법에 따라 밸브 경계의 내용이 달라진다. 첫째, 유량조정 밸브의 유량이 상류수두 h_{b1} 의 영향을 받는다고 생각하면 식(4-81)로 표시된다.



(a) 자연압력식 관수로 (b) 펌프압력식 관수로

<그림 4-34> 자연압력식 및 펌프압력식의 관수로 시스템

다) 펌프경계

<그림 4-34>같이 관수로 시스템에 펌프가 있는 경우는 펌프 수리특성을 수리모형에 대입하여야 한다. 이 경우 해석의 목적에 따라서 수리특성의 내용이 달라진다.

(1) 수격압을 해석하는 경우

펌프동력의 정지에 따른 수격압을 해석하는 경우에는 펌프의 모든 회전상태에 대한 양정과 양수량의 관계를 명확히 할 필요가 있다. 보통 안전 특성상 펌프동력을 급정지시켰을 때 펌프회전수의 변화는 식(4-83)과 같다.

$$M = - \frac{GD^2}{4g} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{dN}{dt} \dots\dots\dots (4-83)$$

여기서, M : 펌프토크(kN·m) GD² : 펌프 및 모터 회전부의 관성효과(kN·m²)
 N : 회전수(rpm) g : 중력가속도(=9.8m/s²) dt : 미소시간변화(s)

식(4-83)은 수리모형에 대입시키는 경우 식(4-84)로 표시된다. 식(4-83)은 m_t에서 m_{t+1}까지 연속적으로 변화하는 m_t 값을 평균치 (m_t + m_{t+1})/2로 치환할 경우 작은 시간간격 Δt에 대해서 성립하기 때문에 Δt를 너무 크지 않도록 하는 것이 좋다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta n = \frac{4g}{CD^2} \cdot \frac{60M_0}{2\pi N_0} \left(\frac{m_t + m_{t+1}}{2} \right) \Delta t \\ m_t = M_t/m_0 \qquad n_t = \frac{N_t}{N_0} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-84)$$

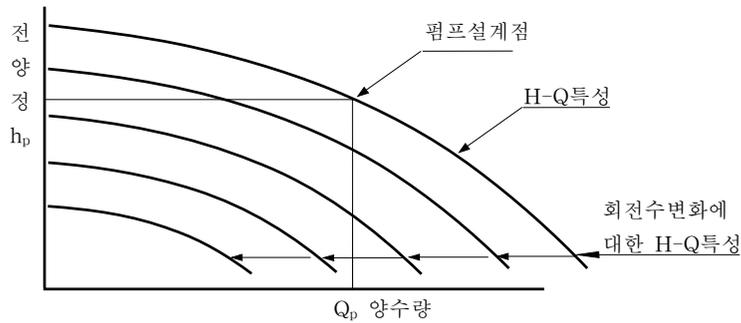
여기서, M₀ : 정격토크(kN·m) M_t : 임의시각의 토크(kN/m)
 N₀ : 정격회전수(rpm) N_t : 임의시각의 회전수(rpm)
 Δt : 보통 0.1~1(sec)

(2) 자동제어기구를 해석하는 경우

자동제어기구의 해석과 같이 펌프를 통상적인 운전(정전, 정류)의 범위내에서 운용할 경우 펌프특성은 <그림 4-35>와 같다. 펌프에 대하여 회전수 제어를 할 경우 양정과 양수량의 관계는 식(4-85)으로 표시된다.

$$Q_p = f(h_p, N_p) \dots\dots\dots (4-85)$$

여기서, Q_p : 펌프양수량(m^3/s) h_p : 전양정(m) N_p : 회전수(rpm)



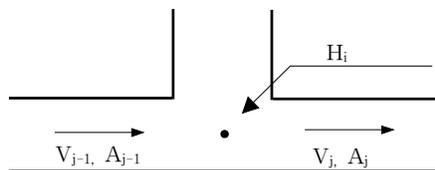
<그림 4-35> 통상 운전시의 펌프특성

라) 분기점 경계

비정상류의 기본식은 동일한 관로에 대한 것이기 때문에 <그림 4-34>(a)와 같은 관수로 시스템의 분기점에 대해서는 흐름의 연속조건이 만족되어야 한다. 따라서 <그림 4-36>의 분기점에 있어서 식(4-59)의 제 2식이 식(4-86)과 같이 표시된다.

$$\left\{ \begin{array}{l} H_i^{t+\frac{3}{2}\Delta t} = H_i^{t+\frac{1}{2}\Delta t} - \Delta t G \frac{Q_i - Q_{j-1} - Q_{jn}}{\Delta x} \\ Q_j = v_i^{t+\Delta t} \cdot A_j \quad Q_{j-1} = A_{j-1}^{t+\Delta t} \cdot A_{j-1} \\ Q_{jn} = v_{\in}^{t+\Delta t} \cdot A_{jn} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-86)$$

여기서, $H_i^{t+\frac{3}{2}\Delta t}, H_i^{t+\frac{1}{2}\Delta t}$: 분지점의 Δt 시간후 및 $(t + \frac{1}{2}\Delta t)$ 시간의 압력수위
 Q_{jn}, V_{jn}, A_{jn} : 분지관로의 유량(m^3/s), 유속(m/s), 단면적(m^2)



<그림 4-36> 분기점

4.5.5 결과의 평가 및 설계이용

수리계산에서 비정상류 해석을 하는 기본적인 목적은 설계된 내용 또는 이미 시공된 시설내용이 실제로 적용되었을 때 충분히 안전한지 여부를 예측, 검토하는 것이다. 비정상류해석을 실행하여 그 결과를 평가하고 설계에 이용 또는 그 대책을 검토하는데는 다음 사항에 유의하여야 한다.

가. 모형과 실제와의 적합성

비정상류에 대한 기본식은 편미분방정식으로 표시되기 때문에 그 계산은 차분식으로서 전개된 수리모형을 이용하게 된다. 그러나 이 차분식은 기본식에 대한 근사식이라는 것과, 또 기본식 자체도 현상을 나타내기 위한 근사식이라는 점에 유의하여야 한다. 따라서 모형과 실측치와의 대조가 필요하다. 실측치와의 비교에 있어서 중요한 요소는 조도계수와 압력파의 전파속도이며, 이 두 개의 요소가 실측치와 일치하면 수리모형에 의한 해석결과는 거의 근사하게 된다.

나. 계산과 그 처리

비정상류해석은 컴퓨터에 의해 대량의 계산이 실행되는 경우가 많지만 검토의 목적에 따라서 그 처리방법을 달리 할 수 있고, 따라서 가능한 한 계산량을 줄일 수 있도록 하는 것이 좋다.

수격압에 대한 검토가 주목적인 경우 이때는 해석결과 수치의 크기가 문제된다. 따라서 이 경우의 해석시간은 새로운 정상류가 재현되는 시간까지 계산할 필요는 없고, 최대치가 확인된 단계에서 계산을 끝내도 된다. 조압수조의 시설규모에 대한 검토가 주목적인 경우 수격압에 대한 검토가 주목적인 경우에 준한다.

펌프나 밸브 등의 제어방식과 그 관리방식에 대한 검토가 주목적인 경우는 각각의 수치의 크기보다는 시간 평균적인 파동의 주기, 진폭, 새로운 정상류까지의 추이가 문제된다. 따라서 이 경우는 충분한 해석시간을 가지고, 해석결과의 유속 또는 유량이나 압력수위 또는 압력수두의 시간변동을 그래프로 작성하여 변동 내용을 확인하는 것이 좋다.

4.6 수격압 해석

관수로 설계시 고양정 양수장의 정전시와 배수계관수로의 밸브조작에 수압 변동에 대하여 수격압을 해석하여 수격압 경감대책을 수립한다.

4.6.1 일반사항

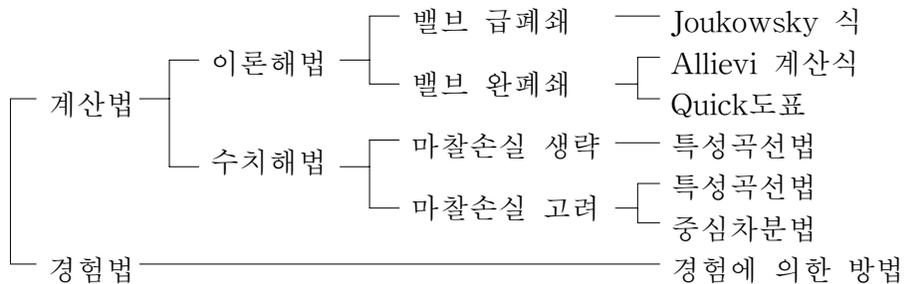
관수로에서는 밸브의 급개방, 급폐쇄 또는 펌프를 급격히 시동 또는 정지시키면 물의 운동량이 단시간에 크게 변화하여 관로 내에 비정상적인 큰 압력상승과 압력파가 발생한다. 이와 같이 순간적인 압력파가 발생하는 현상을 수격작용(water hammer)이라 하며, 이때의 상승압력을 수격압, 그리고 발생하는 압력파를 수격파라 한다.

수격압은 관의 안전 관리상 무시할 수 없으므로 관수로의 구조 설계를 할 때는 수격압을 내압에 대한 중요한 설계조건으로 고려해야 한다. 관수로에 발생하는 수격압의 크기는 분수공, 조압시설, 펌프 등의 밸브의 특성과 조작시간에 따라 큰 영향을 받으므로 이들 조건을 충분히 파악하여 수격압이 작게 되도록 해야 한다.

수격작용의 해석은 수격작용 현상의 기본식에 회전부분의 운동방정식, 펌프의 특성 및 펌프의 양정과 관로하류의 압력과의 관계식, 기타 분기점과 합류점 등의 경계조건을 고려하여 해석한다.

가. 수격압 계산방법의 분류

수격압을 계산하는 방법에는 경험에 의한 방법과 계산에 의한 방법으로 나눌 수 있다. 계산에 의한 방법에는 간단한 관수로계의 수격압을 해석하는 이론해법과 복잡한 관수로계에 대한 수격압을 해석하는 수치해법이 있다. 수격압의 계산방법을 분류하면 다음과 같다.

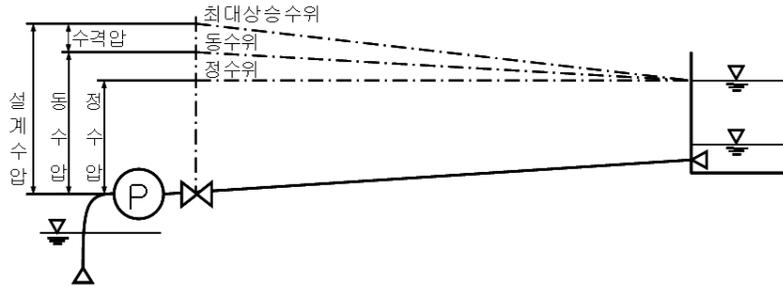


<그림 4-37> 수격압의 계산 방법

일반적으로 농업용관수로는 펌프와 분수공을 설치하게 되므로 그 배관 구성이 수지상 또는 망상 등 복잡한 조직으로 되는 경우가 많다. 따라서 중요한 간선관로 등에 대한 수격압은 수치해법으로 해석하는 것이 좋으며, 특히 다음과 같은 경우는 수치해법으로 분석하는 것이 보통이다.

- 폐쇄식 관수로
- 펌프(비교적 대규모)~관로~수조계의 관수로
- 수조~관로~밸브(감압밸브, 유량 조절밸브)계의 관수로

수치해법은 컴퓨터프로그램을 사용하는 것이 일반적이지만 관수로의 여건에 따라서는 실무상 경험에 의한 방법으로 계산할 수 있다. 또 비교적 간단한 수조~관로~밸브계의 관수로에 대해서는 이론해법으로 계산해도 된다.



<그림 4-38> 수격압 개념도

나. 수격압 계산법의 적용범위

1) 이론해법의 적용범위

이론해법에 의한 수격압 계산은 계산순서와 취급 대상 수치가 간단하지만 여러 가지 제약이 따르므로 제약조건 이외의 계산결과는 신뢰도가 낮다. 또한 해법으로 구한 수격압의 값은 최대치만 유효하며 압력과의 시간적 변화를 추적할 수가 없다. 그러나 비교적 단순한 관로조직(예, 수조~관로~밸브 혹은 펌프~관로~수조)의 경우는 간단한 관로계로 변환하여 이 방법을 적용할 수 있다. 이론해법의 적용조건은 다음과 같다.

가) 관수로 조건

- ① 원칙적으로 유입과 유출이 각각 1개소인 단순한 관수로에 적용하며, 이외의 경우에 대해 계산한 결과는 신뢰도가 낮다.
- ② 관수로의 관중, 관경을 다르게 조합시킨 경우에 대해서도 가중평균치를 이용하여 검토할 수 있다.
- ③ 분기관이 긴 경우에는 관로가 1~2개일 때라도 신뢰성이 있는 값을 얻을 수 없다. 다만, 분기관 길이가 수십m 이내인 경우는 관로의 수가 여러 개 있더라도 이를 무분기관의 경우로 보아 추정할 수 있다.

나) 밸브조건

- ① 밸브의 폐쇄속도가 정속도이고 또 개도(開度)와 시간의 관계가 직선적이어야 한다.

- ② 분수밸브가 여러 개 있을 때 동일 속도로 동시에 폐쇄하면 이론해법의 적용이 가능하나 밸브 상호간에 시간적 차이가 있으면 검토가 불가능하다.

다) 펌프조건

- ① 관수로에 양수장이 1개소 있을 때는 검토가 가능하지만 복수일 때에는 검토가 불가능하다.
- ② 펌프용량이 달라져도 가중평균치를 이용하여 검토할 수 있다.

상기의 조건으로 검토한 결과 펌프계 관수로에서 펌프의 기동저하(起動低下, surge down) 때문에 관로에 위험이 초래될 것으로 판단될 때에는 원칙적으로 수치해법에 의해서 이를 확인해야 한다.

2) 수치해법의 적용범위

많은 수의 분수밸브를 갖는 복잡한 수지상의 관수로 또는 수원, 수조 등이 많은 관수로와 같이 이론해법 또는 도해법으로 해석하기 어려운 경우 컴퓨터에 의한 수치해석을 이용하게 된다. 수치해법으로 수격압을 해석할 때에는 다음 사항에 유의한다.

- ① 수리적으로 일체인 관수로를 한 단위로 취급한다.(예 수조~수조 간을 한 단위로 간주한다) 그러므로 폐쇄식 관수로는 전 노선을 한 단위로 하여 검토한다.
- ② 노선위치, 시설의 규모, 기능 등 세부적인 조건이 필요하다.
- ③ 일반적으로 해석에 따른 노력이 많이 소요되므로 이 방법을 적용할 때에는 설계의 정도(精度), 관수로 조직의 중요도 등을 고려해서 결정한다.

3) 경험적 방법의 적용범위

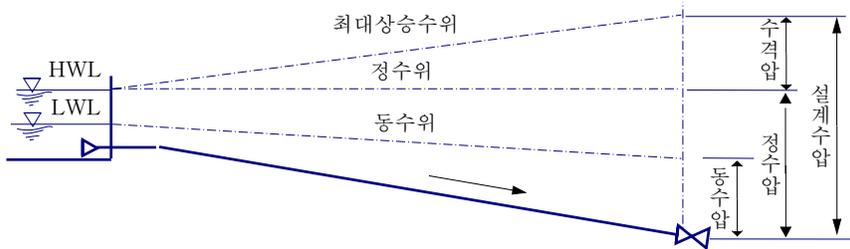
일반적으로 세부설계단계에서는 관로 전체를 동시에 동일수준으로 설계하는 경우는 드물며 연도를 기준으로 구간을 나누어 설계하는 경우가 많다. 설계에서 수격압이 내압의 설계조건이지만, 이것을 설계구간마다 계산하는 것은 비용이 많이 소요되고 경우에 따라 계획 노선까지도 포함해서 검토해야 할 경우가 많다.

이러한 이유 때문에 경험법으로 수격압을 계산하는 경우가 많으며 이는 실무면에서 효율적이라 할 수 있다. 그러나 경험법으로 구한 수격압의 값은 관수로 설계에 있어 수격압의 최대치를 산정하기 위한 것으로서 이 값을 적용하여 설계한 관수로는

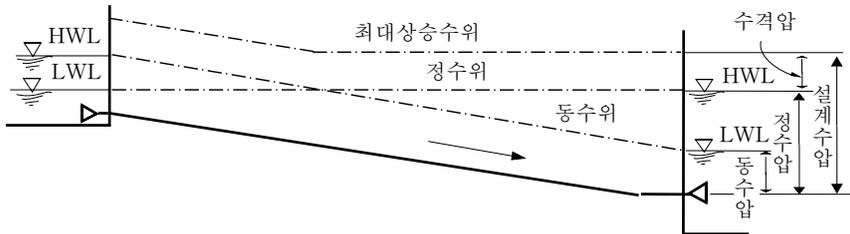
수치해법에 의한 타당성을 확인해야 한다. 특히 중요한 관수로 펌프송수 또는 밸브제어방식의 폐쇄식 관수로로 계획하는 경우에는 반드시 확인 검토를 해야 한다.

다. 수격압과 설계수압

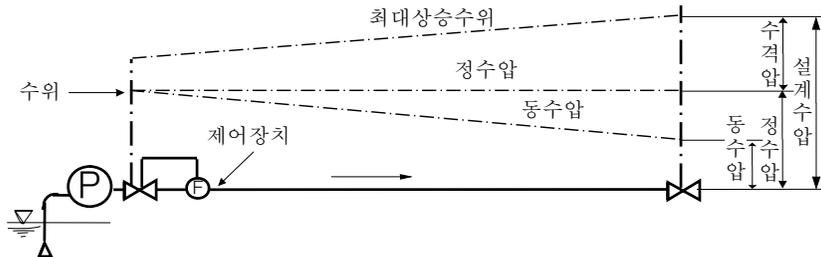
관수로의 구조설계에서는 관에 작용하는 내압하중으로 설계수압을 사용하는데 설계수압은 정수압(송수방식에 따라 동수압을 쓸 때도 있다)에 수격압을 합하여 구한다. <그림 4-39>~<그림 4-44>은 관수로의 형식 및 송수방식별 설계수압을 예시한 것이다.



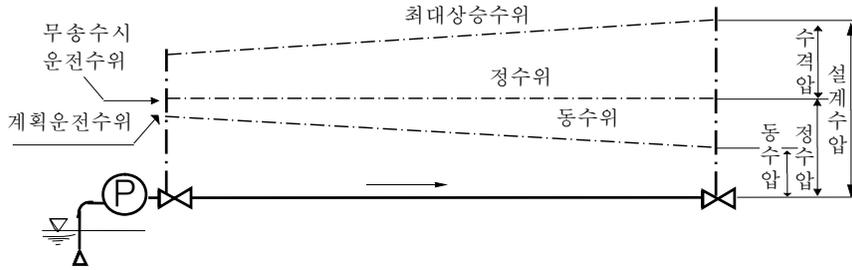
<그림 4-39> 자연압력식(폐쇄식, 반폐쇄식)



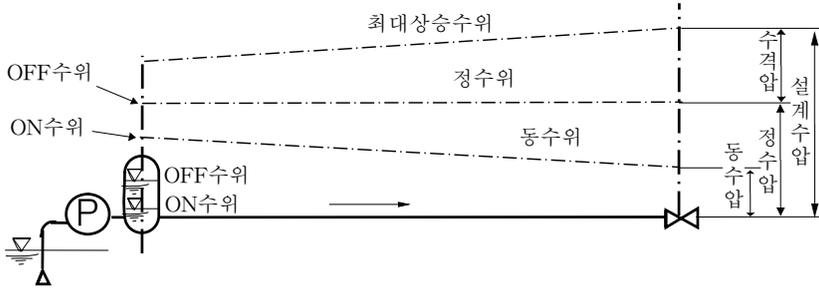
<그림 4-40> 자연압력식(개방식)



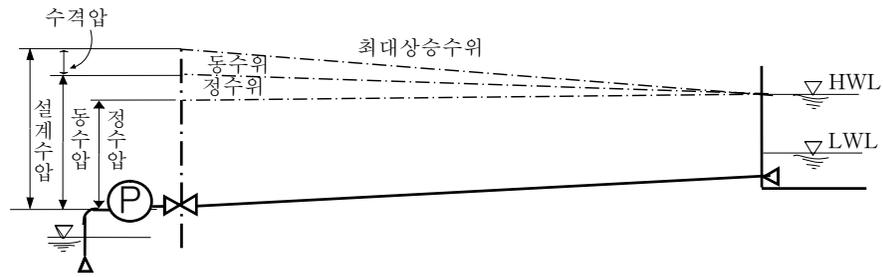
<그림 4-41> 직송식(제어방식)



<그림 4-42> 직송식(비제어방식)



<그림 4-43> 압력수조식



<그림 4-44> 배수조식(配水槽式)

4.6.2 이론해석

가. 자연압력식

1) 압력파의 전파속도

밸브 등을 폐쇄함으로써 발생하는 압력파는 어떤 속도를 가지고 관로내에 전파된다. 이 속도를 압력파의 전파속도라 하며 그 크기에 따라 수격파의 크기가 달라진다. 압력파의 전파속도는 관의 재질 등에 따라 다르며 다음 식으로 계산한다.

$$a = \sqrt{\frac{1}{\frac{w}{g} \left(\frac{1}{K} + \frac{D}{E} \cdot \frac{C_1}{e} \right)}} = \frac{1,425}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot e}}} \dots \dots \dots (4-87)$$

여기서, a : 압력파의 전파속도(m/s)

g : 중력가속도(m/s²)

w : 물의 단위체적중량(kN/m³) D : 관의 내경(m)
t : 관의 두께(m)
E : 관재료의 종방향 탄성계수(kN/m²) <표 4-11>참조
K : 물의 체적탄성계수(10℃일 때 2.03×10⁶kN/m²)
C : 관의 매설상황에 따른 계수(보통 1.0)

<표 4-11> 관재료의 탄성계수(E) (×10⁷kN/m²)

관 종	E	관 종	E
강관(폴리에틸렌피복)	20.58	경질염화비닐관	0.294
덕타일 주철관	15.68	폴리에틸렌관	0.098
원심력철근콘크리트관	1.96	강화플라스틱관	1.470
코어식 프리스트레스트콘크리트관	3.92		

농업용관수로에서는 동일한 관로에서도 2~3종의 관종과 관경을 사용하는 경우가 많다. 이러한 경우에는 등가전파속도를 구하여 계산에 이용한다.

$$a' = \frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{a_i} \right)} \dots\dots\dots (4-88)$$

여기서, a' : 압력파의 등가전파속도(m/s)
a_i : 식(4-87)로 구한 압력파의 전파속도(m/s)
L_i : a_i에 대응하는 관로의 길이(m)

2) 밸브의 등가폐쇄시간

수격압의 크기는 밸브의 폐쇄시간에 따라 영향을 받는다. 밸브의 폐쇄시간은 밸브의 종류, 관경, 작용수압, 조작방법 등에 따라 다르므로 폐쇄시간에 대해서는 제품의 특성을 충분히 이해한 후 결정한다. 일반적으로 밸브의 유량특성(A~Q)은 밸브의 개방정도에 대해 곡선으로 표시되나 수격 계산에 사용하는 밸브의 개폐시간은 밸브 개방 정도와 유량이 직선적으로 비례하는 것으로 하여 등가폐쇄시간을 구한다. 밸브의 등가폐쇄시간은 다음의 순서로 구한다.

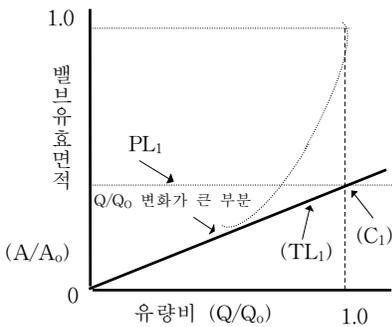
(1) 밸브의 개도(開度)-유량곡선(A~Q곡선)을 작성한다.

개도-유량곡선은 관로를 밸브의 일부로 가정하고 밸브에 포함시켜 다음 식에 의해서 작성한다.

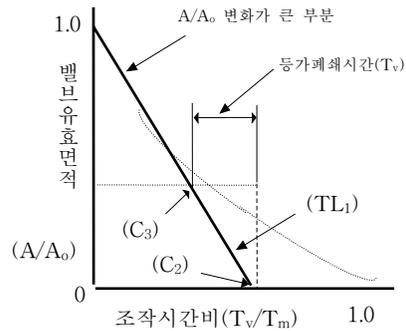
개도(開度)-유량곡선은 <그림 4-45>에서 보여주는 바와 같이 Q/Q_0 (임의개도 유량/전체개도유량)의 변화가 최대인 부분에 접선(TL_1)을 그어 $Q/Q_0 = 1.0$ 인 수직선과의 교점(C_1)을 찾아 그 점의 Y값을 구한다.

(2) 밸브의 개도(開度)-시간곡선(A-T곡선)을 작성한다.

개도-시간곡선은 밸브의 조작 속도를 일정하게 하여 작성한다. <그림 4-46>에서 보여주는 바와 같이 A/A_0 (임의면적/전개면적)의 변화율이 최대인 부분에 접선(TL_2)을 그어 접선과 X축과의 교점 (C_2)을 구하고, (1)에서 구한 교점의 Y값을 통과하는 X축과의 평행선(PL_1)을 그어 위의 접선과의 교점(C_3)을 구한다. 이 두 교점 (C_2 , C_3)의 X값을 찾아 그 차를 등가 폐쇄시간(T_v)이라 한다. 따라서 밸브의 모든 조작시간에 대해 등가 폐쇄시간과 임의 조작시간비(T_v/T_m)를 구해 놓으면 밸브의 조작시간을 변화시켜도 등가 폐쇄시간을 용이하게 구할 수 있다.



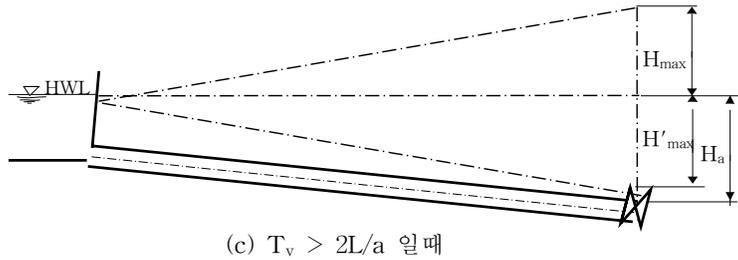
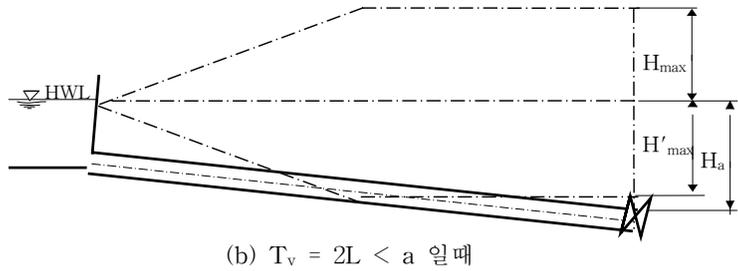
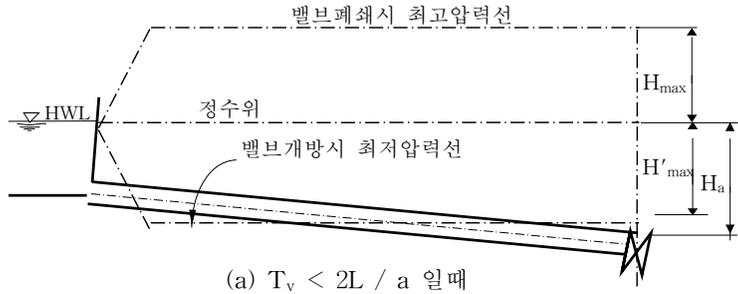
<그림 4-45> 개도-유량곡선



<그림 4-46> 개도-시간곡선

3) 수격압의 개념

자연압력식 관수로의 수격압을 이론적으로 보면 <그림 4-47>과 같다. 그림에서 수조의 HWL을 기준으로 밸브에 작용하는 정수두에 수격수압을 합하여 수조내의 HWL과 연결한 선이 밸브폐쇄로 인한 최대 상승수두이며, 이 선을 HWL선을 중심으로 반전시킨 선이 밸브개방에 따른 최대 강하수두이다. 밸브의 조작변화에 따른 수격압의 개념은 <그림 4-47>과 같다. 따라서 농업용관수로에서는 밸브를 급폐쇄하는 것이 좋지 않으며, <그림 4-47> (c)와 같이 서서히 밸브를 조작하는 것이 좋다.



<그림 4-47> 수격압의 개념

가) 순간폐쇄 및 급폐쇄의 경우 ($0 \leq T_v \leq 2L/a$)

밸브조작시간(T_v)이 밸브의 폐쇄로 생긴 압력파가 수조에 도달한 다음 그 반사파가 밸브로 되돌아올 때까지의 시간($2L/a$) 이내에 완료되는 경우가 이에 해당하며 이때의 최대수격압은 Joukowski의 식(4-92)으로 구한다.

$$H_{\max} = \frac{a(V_1 - V_2)}{g} \dots\dots\dots (4-92)$$

- 여기서, H_{\max} : 밸브점의 최대 수격압수두(m)
- a : 압력파의 전파속도(m/s) (식(4-87) 참조)
- V_1 : 밸브조작(폐쇄) 전의 관내 평균유속(m/s)
- V_2 : 밸브조작(폐쇄) 후의 관내 평균유속(m/s)
- g : 중력가속도(m/s^2)

단, 유속이 서로 다른 구간에서 V_1, V_2 는 식(4-93)로 계산한 등가유속을 사용한다.

$$V = \frac{L_1 V_1 + L_2 V_2 \cdots \cdots + L_n V_n}{L_1 + L_2 \cdots \cdots + L_n} \cdots \cdots (4-93)$$

여기서, V : 등가유속(m/s)

V_n : L_n 에 대응한 관내유속(m/s) L_n : V_n 에 대응한 관로길이(m)

한편 밸브 급폐쇄시 밸브 전체를 폐쇄하는 경우에는 식(4-92)의 V_2 는 0으로 한다.

나) 완폐쇄($T_v > 2L/a$)의 경우

(1) Allievi 방법

밸브 조작시간이 압력파의 왕복시간보다 긴 경우에는 수격압을 Allievi의 개략식인 식(4-94)로 구한다.

$$\frac{H_{\max}}{H_a} = \frac{K_1}{2} + \sqrt{K_1 + \frac{K_1^2}{4}}, \quad K_1 = \left\{ \frac{L \cdot (V_1 - V_2)}{g \cdot H_a \cdot T_v} \right\}^2 \cdots \cdots (4-94)$$

여기서, H_{\max} : 밸브점의 최대 수격압수두(m) H_a : 밸브에 작용하는 정수두(m)

L : 관로의 길이(m)

V_1 : 밸브조작 전의 관내 평균유속(m/s)

V_2 : 밸브조작 후의 관내 평균유속(m/s) g : 중력가속도(m/s²)

T_v : 밸브의 등가폐쇄시간(s)(단, $T_v > L/300$)

반면, 밸브를 개방하는 경우의 최대 강하수두도 위와 같은 개념으로 식(4-95)와 같다.

$$\frac{H_{\max}}{H_a} = \frac{K_1}{2} - \sqrt{K_1 + \frac{K_1^2}{4}} \cdots \cdots (4-95)$$

Allievi의 계산식은 $T_v > L/300$ 인 조건에서 사용할 수 있으며, $T_v \leq L/300$ 인 경우에 대해서는 Quick의 도표로부터 수격압을 구한다.(<그림 4-48> 참조)

(2) Quick 도표

균등하게 밸브를 닫을 때의 밸브 직전에서의 최대압력상승은 Quick의 수격선도에서 구할 수 있다. <그림 4-48>은 ρ 와 K 의 관계를 N 을 매개변수로 하여 표시한 것이며, ρ, K, N 은 다음 식으로 구한다.

$$\rho = \frac{a V_0}{2g H_a} \cdots \cdots (4-96)$$

여기서, ρ : 관로상수

a : 압력파의 전파속도(m/s)

V_0 : 밸브 폐쇄전의 관내 평균유속(m/s) H_a : 밸브에 작용하는 정수두(m)

$$K = \frac{g H_{\max}}{aV_o} \dots\dots\dots (4-97)$$

여기서, K : 수격압계수 H_{\max} : 최대수격압(m)
 $\mu=2L/a$ 가 되는 시간간격에서 측정된 폐쇄시간상수는 다음과 같다.

$$N = \frac{aT_v}{2L} \dots\dots\dots (4-98)$$

여기서, N : 폐쇄시간정수 T_v : 밸브의 등가폐쇄시간(s) L : 관로길이(m)
 Allievi식과 Quick식의 적용조건은 그 한계가 명확한 것은 아니나 대체적으로 $T_v \leq L/300$ 또는 $\rho > 10$ 일 때는 Quick식, $T_v > L/300$ 또는 $\rho < 1$ 인 때는 Allievi식을 적용하며, $1 < \rho < 10$ 인 조건에서는 T_v 의 조건으로부터 적용식을 선정한다.

나. 펌프압력식

펌프압력식 관수로의 수격압은 J. Parmakian의 도표를 확장하여 관로손실을 고려한 계산도표를 사용해서 계산하는 것이 좋으나 펌프의 송수형태에 따라서 자연 압력식의 경우와 동일한 방법으로 계산할 수도 있다. 세부사항은 "농업생산기반 정비사업계획설계기준 양배수장편"을 참조한다.

4.6.3 수치해법

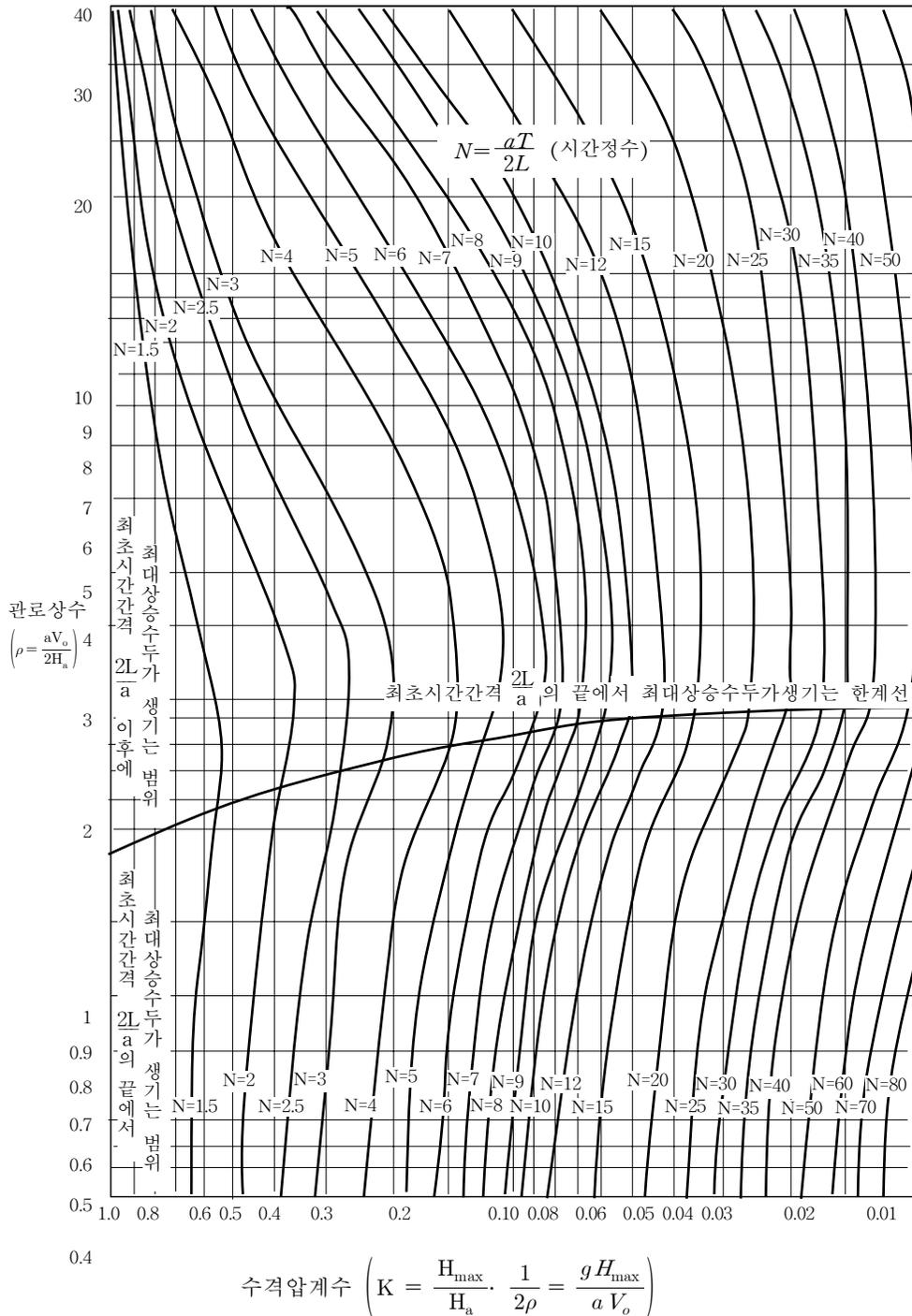
경험법 또는 이론식으로 수격압을 추정하기 어려운 복잡한 관수로 가운데 중요한 관수로 조직부분에 대해서는 수치해법으로 수격압을 해석하는 것이 바람직하며, 경험법으로 분석한 수격압의 크기와 비교해 보는 것이 좋다. 즉 수치해법에 의한 수격압의 크기가 경험법으로 구한 수격압보다 크면 경험법으로 결정한 수격압을 재검토해야 한다. 수치해법으로 분석해야 할 관수로는 다음과 같다.

가. 폐쇄식 관수로

송수계와 배수계를 일체 조직으로 한 대규모의 폐쇄식 관수로는 수치해법으로 해석해야 한다.

나. 펌프압력식 관수로

규모가 비교적 큰 펌프압력식 관수로는 시설의 안전상 수치해석을 하여야 한다. 특히 서어지 수조(surge tank)의 설치가 필요한 경우 또는 플라이휠(flywheel) 등으로 부압에 대비하는 경우는 안전성을 고려하여 시설이 그 기능을 충분히 발휘할 수 있는지 확인 검토해야 한다.



<그림 4-48> Ray S. Quick의 수격압선도

다. 감압시설, 유량조정 시설을 갖는 관수로

반폐쇄식 관수로와 같이 관로-수조-관로의 조직으로 이루어진 관수로에 대해서는 유량제어밸브의 소요기능 발휘여부, 과대수격압의 발생 유무, 수조 등의 용량 부족으로 인한 관로중의 공기 혼입여부 등을 수치해석에 의해서 확인해야 한다. 수치해법은 분석 대상의 관수로를 수리모형으로 표현하여 부정류해법에 의해서 분석한다.

4.6.4 경험법

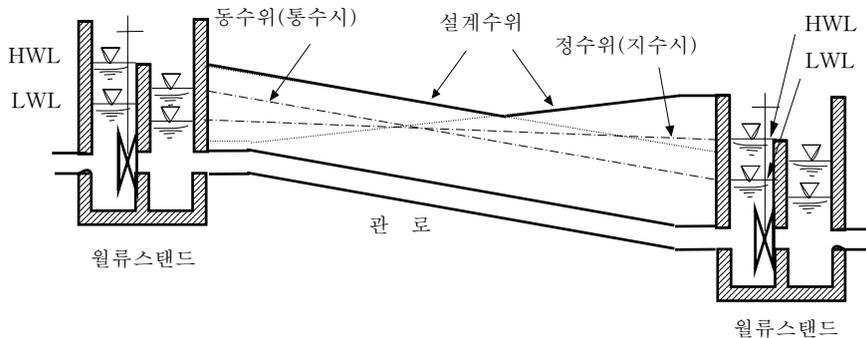
경험적인 방법에 의해서 계산한 수격압은 밸브 특성, 밸브 개폐속도, 관로의 길이, 정수압, 관의 재질 등에 따라 달라지므로 수격압을 일률적으로 정하기는 어렵지만 다음에 제시한 방법으로 결정한다.

가. 자연압력식

자연압력식의 관수로는 다음의 계산방법을 기준으로 한다.

1) 개방식

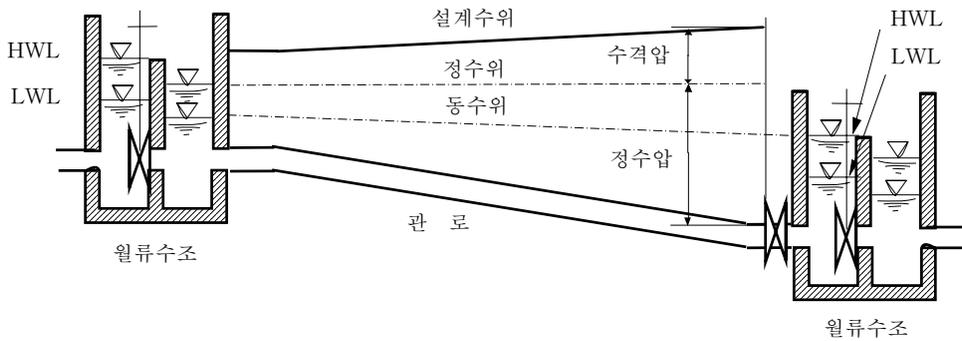
정수압의 20% 또는 동수압의 20% 중 큰 값을 수격압으로 한다.(〈그림 4-49〉 참조)



〈그림 4-49〉 개방식 관수로의 수격압

2) 폐쇄식 및 반폐쇄식

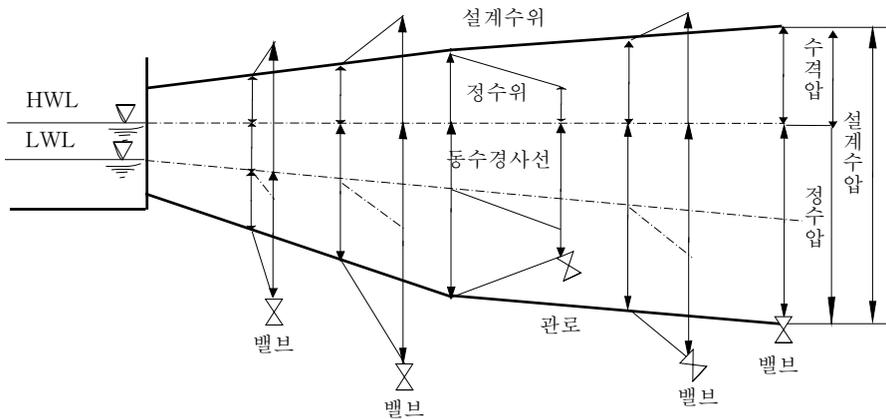
밸브점의 정수압이 0.343MPa(3.5kgf/cm²) 미만인 경우는 정수압의 100%, 정수압이 0.343MPa 이상인 경우에는 0.343MPa 또는 정수압의 40% 중 큰 값을 수격압으로 한다.(〈그림 4-50〉 참조)



<그림 4-50> 폐쇄식 및 반폐쇄식 관수로의 수격압

나. 분기(分岐) 및 밸브가 있는 관수로

다수의 분기관, 다수의 밸브가 설치된 관수로에 대해서는 분기밸브지점, 분기점 또는 배니밸브 등 밸브류 설치지점의 작용수압을 기준으로 하여 <그림 4-51>에 제시한 방법으로 수격압을 정한다.



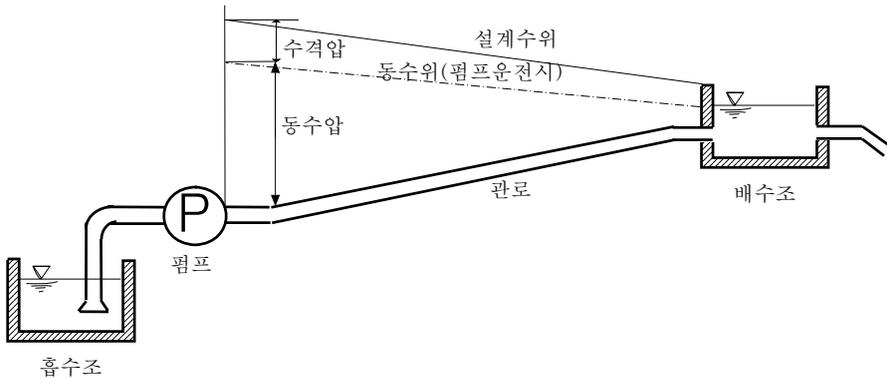
<그림 4-51> 분기 및 밸브가 있는 관수로의 수격압

다. 펌프압력식

펌프압력식 관수로의 수격압은 송수방식으로 결정되는 정수압을 기준하여 계산한다.

1) 배수조 방식

통수시 수압(동수압)이 0.441MPa (4.5kgf/cm^2) 미만인 경우에는 그 값의 100%, 0.441MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.(<그림 4-52>참조)



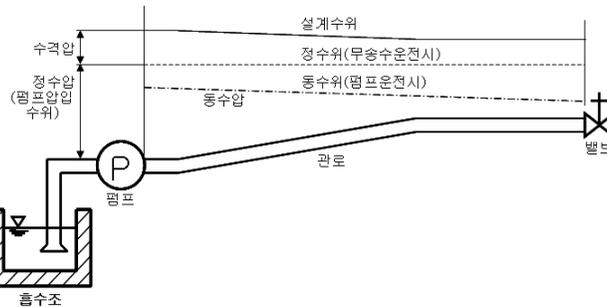
<그림 4-52> 배수조식의 수격압

2) 직송식

직송식은 그 제어방식에 따라 다음 2종류로 구분해서 수격압을 구한다.

가) 유량-압력을 조절하지 않는 경우

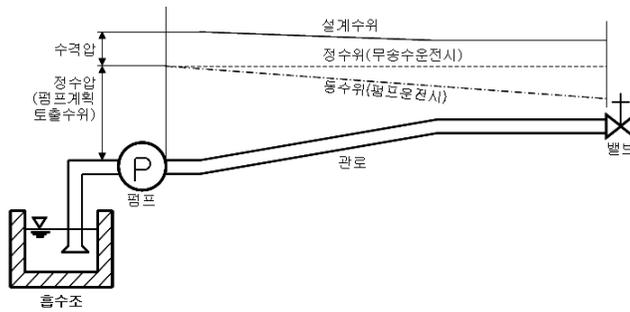
펌프압입수위를 정수위로 하여 그 정수압이 $0.441\text{MPa}(4.5\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.441MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.(<그림 4-53> 참조)



<그림 4-53> 유량-압력을 조절하지 않은 경우의 수격압

나) 유량-압력을 조절하는 경우

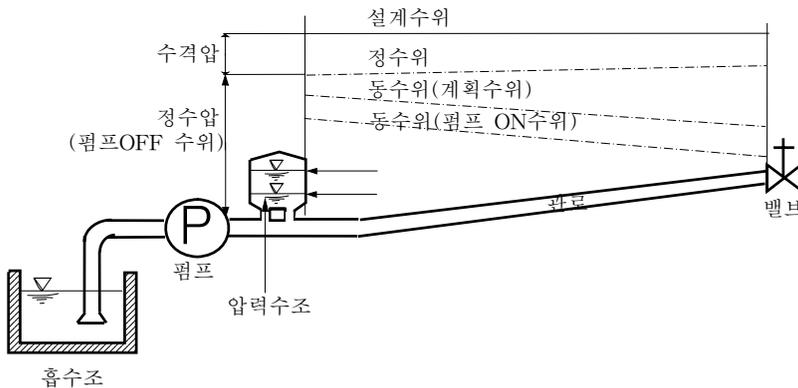
펌프의 계획토출압력(수위)를 정수위로 하여 그 정수압이 $0.441\text{MPa}(4.5\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.441MPa 이상인 경우에는 그 값의 60% 또는 0.441MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.(<그림 4-54> 참조)



<그림 4-54> 유량-압력을 조절하는 경우의 수격압

3) 압력수조식

펌프(압력수조)의 Off수위를 정수위로 하여 그 정수압이 0.343MPa(3.5kgf/cm²) 미만인 경우에는 그 값의 100%를, 0.343MPa 이상인 경우에는 그 값의 40% 또는 0.343MPa 중 큰 값을 수격압으로 한다.(<그림 4-55> 참조)



<그림 4-55> 압력수조식의 수격압

4.6.5 수격압 대책

관수로에서는 수격작용에 의한 피해를 방지하기 위하여 부압 발생 방지와 압력상승의 경감 등 적절한 대책을 강구하여 안전을 도모해야 한다.

가. 자연압력식

자연압력식에 의한 수격압 경감 대책은 주로 밸브형식을 적절히 선정하거나 조작시간을 길게 하는 방법이 있으며, 이를 예시하면 다음과 같다.

- 밸브 조작시간을 관내 압력과 왕복시간의 수배이상이 되도록 하면 수격압 크기를 감소시킬 수 있다.
- 인위적으로 조작하는 밸브는 예정된 조작시간으로 밸브를 조작하기가 곤란하므로 이상압력을 피하기 위해서는 안전밸브(압력완화밸브) 등을 설치한다.
- 주밸브에 부밸브를 설치하여 이를 조작함으로써 수격압을 경감하는 방법도 검토해야 한다.

나. 펌프압력식

자연압력식의 관수로에서는 밸브 조작시간을 조절함으로써 수격압을 조절할 수 있는데 비하여 펌프압력식에서는 정전사고 등의 원인에 의해서 펌프가 급정지하는 사례가 있기 때문에 수격압 그 자체의 조절이 매우 어렵다. 그러므로 펌프압력식 관수로에서는 수격압을 조절하기보다는 수격압을 방지할 수 있도록 하여야 한다. 펌프압력식 관수로의 수격압 방지대책은 그 주된 목적이 부압방지 또는 상승압력 방지 등에 따라 대책이 달라진다. <표 4-13> 및 <표 4-14>는 펌프압력식 관수로의 수격압 경감방법을 나타낸 것이다. 대책방법의 채택에 있어서는 관수로의 규모, 노선 위치, 발생 수격압의 크기 등 제반 조건을 고려하여 가장 효과적인 방법을 채택한다.

<표 4-13> 펌프압력식 관수로의 부압 방지대책

목적	항	방 법	효 과	비 고
부압 ~ 수주 분리 ~ 의 방 지	1	펌프에 플라이휠을 부착시킨다.	회전관성력(GD^2)을 증대시켜 회전수와 관내유속을 서서히 변화시킨다.	소형기계에 대해서는 효과적이나 대형기계 또는 관 길이가 긴 것에 대해서는 플라이휠이 과대하게 되므로 부적합하다.
	2	펌프 배출측에 접속하여 대용량의 공기조를 설치한다	축적한 압력에너지를 방출하여 압력저하를 방지한다.	공기조가 크게 되므로 유지관리가 어렵다.
	3	관경을 크게 한다.	관내유속을 낮추고 $2p(p : \text{관로상수})$ 를 작게 하여 수압저하를 방지한다.	관 연장의 거의 모든 부분에 대해서 관경을 크게 해야 효과가 있으므로 공사비가 크다.
	4	관로를 변경한다.	관로의 중단방향 심도를 가능한 깊게 한다.	용지 또는 비용상의 제약 때문에 실시가 어려울 때가 있다.
	5	부압발생지점에 흡기밸브를 설치한다.	부압 발생지점에서 공기를 자동적으로 흡입시켜 이상부압을 줄인다. 압력 전파속도(a)도 작아진다.	공기흡입지점보다 하류수가 자연유하로 된 경우에는 안전하지만 그 이외의 경우는 흡입공기 때문에 오히려 수격현상이 발생한다.
	6	흡수조와 배출관 사이에 자동개폐밸브를 설치한다.	흡수조의 물을 자동적으로 빨아 올려 이상압력강하를 방지한다.	관로의 고저 상황에 따라서 효과가 없을 때도 있다.
	7	원 웨 이 서 지 탱 크 (one-way surge tank, discharge tank)를 설치한다.	부압 발생지점에 물을 공급하여 압력의 이상저하를 방지한다.	고양정 펌프압력식에서도 높이가 낮은 탱크를 설치할 수 있으며, 관로에 복수(複數)탱크를 설치해도 좋다.
	8	보통 서어지 탱크(surge tank)를 설치한다.	부압 발생지점에 물을 공급하여 압력을 경감하고 압력상승도 흡수한다.	송수중의 관내압력이 큰 경우에는 탱크의 높이가 커져 공사비가 비싸지나 효과는 높다. 서지 탱크의 하류에서는 수격이 발생하지 않으며 펌프와 탱크 사이만을 고려하면 된다.
	9	디젤기관으로 구동하는 경우에는 고장이 발생할 때 자동적으로 속도를 제어하면서 정지한다.	연료 차단시 기계의 급정지로 인한 부압발생을 방지하기 위해 조절에 유의한다.	기계의 보호 및 자동장치를 마련해 둘 필요가 있다.

<표 4-14> 펌프압력식 관수로의 상승압의 방지대책

목적	항	방 법	효 과	비 고
상 승 압 의 방 지	1	체크밸브 또는 바이패스 밸브를 자동완폐(緩閉)하거나 물이나 기름을 사용하는 dash pot 혹은 액압(液壓)조작의 바이패스밸브를 사용한다.	체크밸브의 급폐쇄 지연으로 압력상승을 방지한다.	소형펌프는 체크밸브를 완폐하고 중형이상은 체크밸브에 큰 바이패스밸브를 설치해서 이것을 자동 완폐한다.
	2	안전밸브를 사용한다.	계획압력보다 상승하면 안전밸브가 열려 이상압력 상승을 방지한다.	관로가 짧고 압력 주기가 짧은 것은 안전밸브의 동작지연 때문에 효과가 낮다.
	3	급폐쇄식 체크밸브(스모렌스키형 등)를 사용한다.	폐쇄지연으로 인한 부가적 압력상승을 방지한다.	스프링이 부착된 것이 많으며 밸브저항이 커서 소요 전양정을 계산할 때는 주의해야 하고, 소형펌프에 적합하다.
	4	주(主)토출밸브의 자동 폐쇄, 체크밸브가 없이 슬루스밸브, 버터플라이밸브, 로타리밸브 등을 유압과 수압으로 자동완폐(緩閉)한다.	체크밸브 없이 상승압력을 방지한다.	고양정 대용량 펌프에 적합하다.
	5	체크밸브, 풋밸브(food valve)를 폐쇄하여 배출관로의 물을 전부 역류시키며 동시에 흡입관로의 물이 역류하는 것을 방지한다.	가장 간단한 방법으로 압력상승을 방지한다.	관로 길이에 비하여 배수조의 수용량에 여유가 없으면 물이 넘칠 우려가 있다.
	6	자동 방류밸브를 사용한다.	펌프의 동력 차단과 동시에 방류밸브를 급개방하여 배출측으로부터 외부로 방류한다. 체크밸브가 폐쇄된 후 자동적으로 완폐(緩閉)되어 압력상승을 방지한다.	고양정 펌프에 적합하지만 부압이 발생하지 않는 계통에 한정된다.

※ 펌프압력식의 수격압 대책은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 양배수장편"을 참조한다.

제 5 장 관체의 구조설계

5.1 일반사항

관체 및 부대구조물의 구조설계는 현지의 지형, 토질, 수리 및 시공 등 여러 조건을 고려해서 관체 내·외에 작용하는 하중을 결정하고, 이들 하중에 대해서 횡단방향 및 종단방향으로 안전성을 검토한다. 안정성의 검토는 내압강도, 이동, 변형, 수밀성 등에 대하여 실시한다.

매설한 관체에 작용하는 하중의 종류는 토압, 노면하중, 궤도하중, 관체자중, 관내 물 중량, 기초반력, 내수압, 기타하중 등이 있는데 이들 하중은 지형, 지반 상태, 기초 구조, 횡단시설의 상태, 관수로 수리조건이나 사용조건, 사용하는 관의 종류, 관경, 이음의 구조 및 시공방법 등에 따라 합리적으로 결정해야 한다.

5.1.1 개요

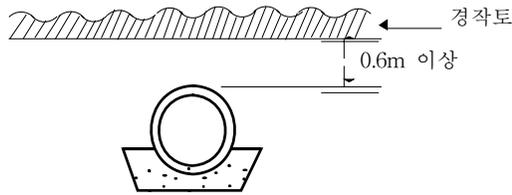
매설관의 일반적인 구조설계는 먼저 횡단방향에 대해 검토한 다음 종단방향에 대해서 검토하는데 일반적으로 종단방향의 내압강도에 대해서는 매설관의 특성상 관체에 작용하는 하중이 거의 균형을 이루게 된다. 따라서 종단방향의 휨모멘트가 아주 작으므로 검토를 생략할 때가 있다. 그러나 도로, 궤도 등의 횡단 장소 및 구조상 국부적으로 하중이 집중되는 곳 등에 대해서는 종단방향에 대한 내압강도의 검토가 필요하다. 또한 종단방향의 이동에 대한 검토는 유수에 의한 불균형력이 작용하는 경우와 연약지반 등에서 지진에 대한 검사를 하고자 할 경우에 실시한다. 관수로의 구조설계는 <그림 5-2>와 같은 순서로 진행한다.

5.1.2 매설깊이

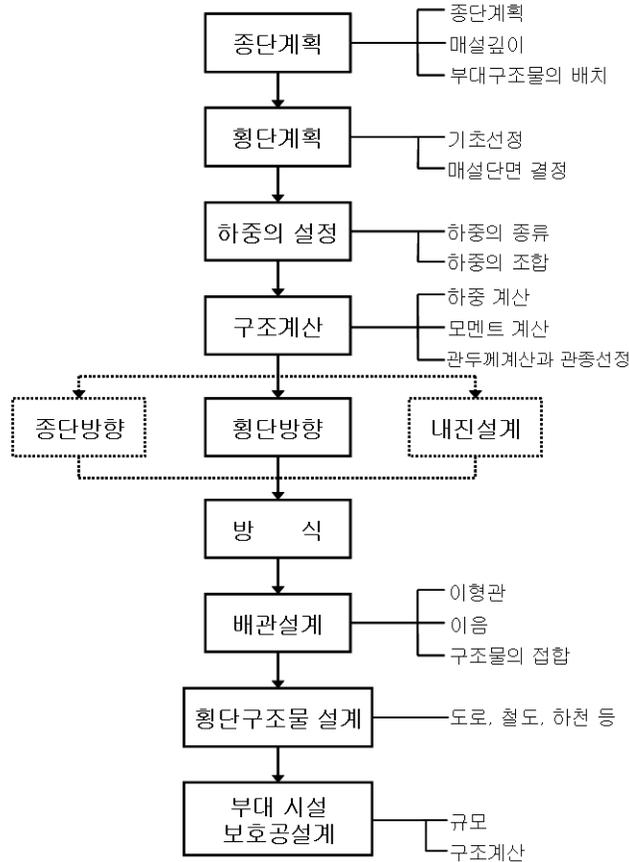
매설깊이란 관정(管頂)에서 매설토의 표면까지의 깊이를 말하며 도로, 하천, 경작지의 경운심도, 관수로 횡단시설 등의 상황과 토질 등을 고려해서 결정한다. 매설깊이는 다음에서 구한 깊이보다 항상 크게 하는 것이 좋다.

도로 밑에 매설하는 경우에는 도로관리자와 협의하여 결정하되 최소매설깊이는 공도(公道)의 경우 1.2m 이상, 농도 또는 사도(私道)의 경우 관경 450mm이하는 1.0m 이상, 관경 500mm이상은 1.2m 이상으로 한다.

궤도 밑에 매설하는 경우는 궤도 관리자와 협의하여 결정하며, 하천 밑에 매설하는 경우는 하천 관리자와 협의하여 결정하되 보통 2.0m 이상으로 한다. 경작지에 매설하는 경우의 최소 매설깊이는 경작상황, 관의 포설상황 등을 고려하여 관경이 100mm~2,000mm일 경우에는 경작토 깊이에 0.6m를 가산하여 결정한다.



<그림 5-1> 경작지에 매설하는 경우



<그림 5-2> 관수로 구조설계 순서

산림지에서 매설하는 경우의 최소 매설깊이는 관경이 100mm 이상이면 0.6m를 표준으로 한다. 한랭지에 있어서 매설깊이는 동결깊이 이상으로 한다. 동결깊이는 식(5-1)로 구한다.

$$Z = C\sqrt{F} \dots\dots\dots (5-1)$$

여기서, Z : 동결깊이(cm) C : 정수 (3~5로 한다) F : 동결지수(℃. 일)

부상(浮上)에 대한 검사는 식(5-2)를 적용한다.

$$H \geq \frac{\pi D_c S W_o - \{1 - (D/D_c)^2\} r_p}{4(W - W_o)} \dots\dots\dots (5-2)$$

여기서, H : 관로가 부상하지 않기 위한 최소 매설높이(m)

D : 관의 내경(m) D_c : 관의 외경(m)

S : 안전율(1.2로 한다) r_p : 관재료의 단위체적중량(kN/m³)

w_o : 물의 단위중량(kN/m³) w : 되메움 흙의 포화단위중량(kN/m³)

식(5-2)는 지표면까지 지하수로 포화된 경우이다. 한편 피압지하수나 용출수 등이 예상되는 곳에서는 배수대책과 아울러 충분한 검토가 필요하다.

5.1.3 관체 기초

가. 일반사항

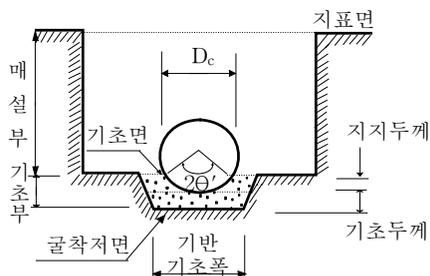
관체의 기초를 설계하려면 관체의 설계조건, 기초의 토질, 지하수의 상태, 관의 종류, 관경, 시공방법, 경제성 등을 고려하고 현지상태를 충분히 파악해서 결정하여야 한다. 또한 도로횡단 등 큰 하중을 받는 곳에서는 강도가 큰 관종을 사용하거나 강도가 적은 관종과 콘크리트 기초 등에 의한 보강공법을 병행하는 방법을 비교 검토해 보는 것이 좋다.

나. 기초처리

관체의 기초에 대한 일반적인 지반 조건별 고려사항은 다음과 같다.

1) 암 반

관체를 암반 등 견고한 지반에 직접 매설하면 관체에 국부적인 집중응력이 발생하여 관체가 파손되는 사고가 일어나므로 <그림 5-3>에 표시된 것과 같이 여굴을 하여 모래 또는 양질토로 치환하고 충분히 다져서 기초를 만든다.



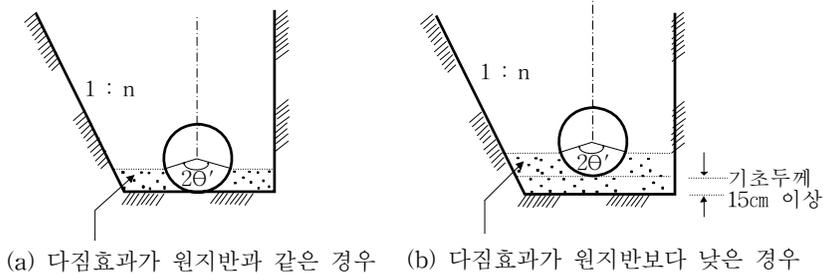
구 분	치 수	
기초폭	D _c +20cm이상	
기 초 두 겜	매설높이 7m이상	30cm이상
	매설높이 7m이하	1m 증가에 4cm씩 가산함

주) D_c : 관외경 2θ : 시공지각각

<그림 5-3> 암반기초

2) 양호한 지반

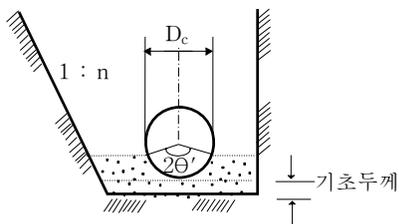
지반이 자갈, 모래질 또는 충분히 다진 점토질 등과 같이 양호한 곳에서는 <그림 5-4>에 표시한 공법으로 시공한다. 기초재료는 공사중에 발생하는 토사중 양질의 것을 사용한다.



<그림 5-4> 양호한 지반기초

3) 보통지반

직접 관체를 포설하여 부등침하가 일어날 가능성이 있는 지반에서는 모래 또는 양질토로 충분히 다져서 기초를 만들고 그 위에 관체를 포설한다. 이 경우 기초 두께는 <그림 5-5>에 의한다.



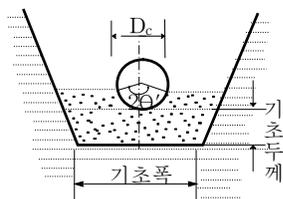
관 경 (mm)	기초두께(cm)
200이하	10 이상
250~450	15 이상
500~900	20 이상
1,000~2,000미만	30 이상
2,000이상	0.2 D _c 이상

주) D_c : 관외경

<그림 5-5> 보통지반 기초

4) 연약 지반

연약지반은 원칙적으로 모래로 치환하고 기초의 설계는 <그림 5-6>에 의한다. 또 연약지반의 경우는 원지반의 지지력도 검토하여야 한다.



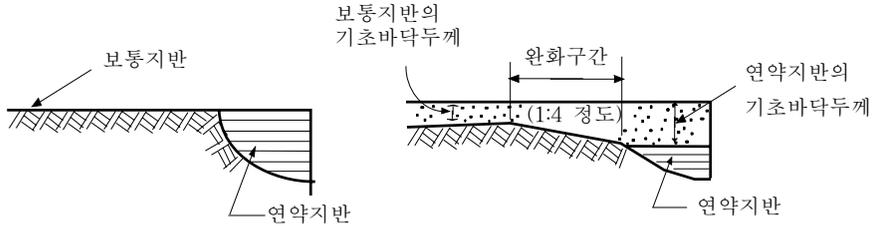
구 분	호칭지름<1000mm	호칭지름≥1000mm
시공지각각 2θ°	90°이상	180°이상
기 초 폭	2~3D _c	
기초두께	0.3~0.5D _c 이상 또는 50cm이상중 큰값	

주) D_c : 관외경

<그림 5-6> 연약지반 기초

5) 관 축방향으로 지반이 변화하는 경우

관의 축방향으로 지반이 변화할 때에는 각 부분의 지반에 대해 전술한 방법으로 기초를 만든다. 그러나 기초지반의 급격한 변화는 부등침하의 원인이 되고 관의 손상 사고를 일으키게 되므로 급격한 기초바닥의 변화를 피하기 위하여 완화구간을 설치해야 한다. 예를 들어 <그림 5-7>과 같이 보통지반과 연약한 지반이 같이 존재할 때에는 완화구간을 둔다.



<그림 5-7> 기초지반이 급변하는 경우의 기초

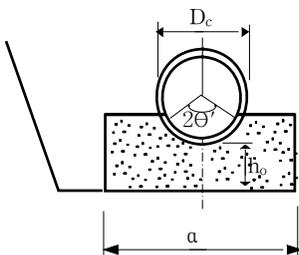
6) 콘크리트 기초

일반적으로 관이 큰 하중을 받을 경우나 그의 포설경사각이 클 경우(최대 포설 경사각은 70°)에는 콘크리트 기초를 하여야 한다. 콘크리트 기초는 약간의 철근으로 보강하면 가장 안전한 기초공이 된다.

콘크리트 기초에는 관의 일부를 받치거나 전체를 감싸는 방식이 있다. 그러나 연성관의 경우는 관의 변형 특성을 살릴 수 있도록 고정지지는 피하는 것이 좋지만 하천횡단이나 도로횡단에 있어서 스러스트 블록 등으로 고정해야 할 경우에는 고정 지지를 할 수도 있다.

가) 부분 콘크리트 기초

부분 콘크리트 기초의 형상은 원칙적으로 <그림 5-8>와 같다.

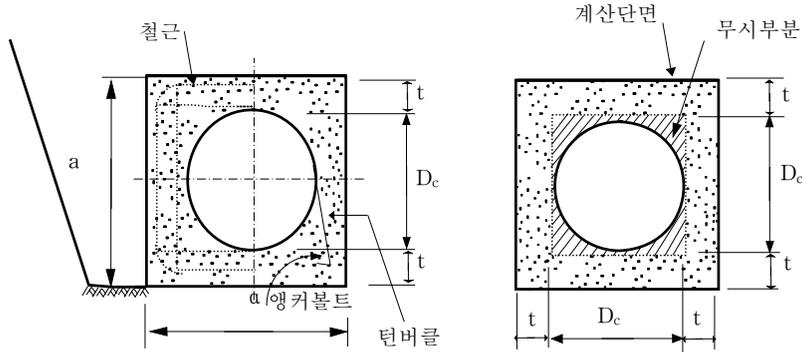


θ°	120°	90°
a	1.25D _c 또는 D _c +20cm중에서 큰값	D _c
h _o	0.25D _c 또는 10cm중에서 큰값	0.20D _c 또는 10cm중에서 큰값

<그림 5-8> 부분 콘크리트 기초

나) 전체 콘크리트 기초

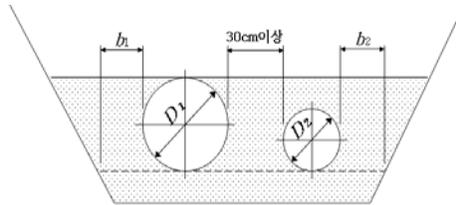
전체 콘크리트 기초는 관로에 작용하는 외압 하중에 견딜 수 있는 구조로 하되 그 설계는 박스라멘으로 한다.



<그림 5-9> 전체 콘크리트 기초

다) 복합배관의 경우

단독배관의 설계에 준하며, 관과 관의 간격은 시공성, 경제성, 관리 등을 고려하여 결정하며, 최소간격은 30cm 이상으로 다짐이 가능토록 한다. 단, 관과 관의 간격은 b_1 , b_2 의 값이 30cm를 넘는 경우는 b_1 , b_2 중 큰 값으로 한다.

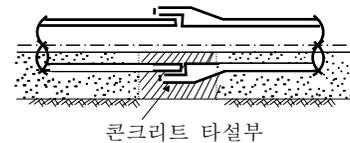


복합 배관

<그림 5-10> 복합배관 기초

라) 이음부

관의 이음부분은 시공을 하기 위해 필요한 접합공간을 <그림 5-11>과 같이 둔다. 이 공간은 접합후 콘크리트를 타설함으로써 일체구조가 된다.



<그림 5-11> 콘크리트기초

5.2 하중

5.2.1 하중의 종류와 조합

관수로의 구조설계에 있어서 검토해야 할 하중의 종류는 토압, 노면하중, 궤도하중, 관체자중, 관내 물 중량, 기초반력, 내수압, 기타하중 등이 있다. 매설한 관체에 작용하는 하중은 지형, 지반의 상태, 기초의 구조, 횡단시설의 상태, 관수로의 수리조건이나 사용조건, 사용하는 관의 종류, 관경, 이음의 구조 및 시공방법 등에 따라 합리적으로 결정해야 한다. 또한 관내수압이외의 하중은 관단면에 휨모멘트를 발생시키며 관단면 전체에 인장력을 발생시키는 내수압과는 성격이 다르므로 이들을 총칭하여 외압이라 하고, 관에 작용하는 내수압(정수압+수격압)을 설계수압 또는 설계내압이라 한다. 이와 같이 매설관체에 작용하는 하중은 다양하며 어느 하중 하나만 작용하는 것이 아니고 여러 하중이 동시에 작용할 수 있으므로 관체의 구조설계를 위해서는 반드시 하중을 조합하여 검토해야 한다.

<표 5-1> 구조계산을 위한 하중의 조합

하 중		강 성 관		연 성 관			
		구조 계산		응 력 계 산		변형량계산	
		평상시	시공시 ¹⁾	평상시	시공시 ²⁾	평상시	시공시 ¹⁾
토압	연직하중	○	○	○	○	○	○
	수평하중	○	○	○	○	※	※
노면하중	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	-	-	○	-	※	-
상재하중	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	○	-	○	-	※	-
불도저하중	연직하중	-	○	-	○	-	○
	수평하중	-	-	-	○	-	※
관체자중	연직하중	△	△	○	○	○	○
	수평하중	-	-	○	○	※	※
관내물중량	연직하중	○	-	○	-	○	-
	수평하중	-	-	○	-	※	-
기초반력	연직하중	○	○	○	○	-	-
	수평하중	○	-	○	-	-	-
내수압	전체방향	○	-	○	-	-	-

주 : 1) 강성관 시공시의 구조계산에서 안전율은 파괴하중일 때 1.33, 균열하중일 때 1.0으로 한다.

2) 연성관 시공시의 구조계산에서 관체의 허용응력은 평상시의 50% 할중 또는 항복점하중 적은 값으로 한다. 또 보통 시공시의 조건으로 관중이 선정되지 않도록 시공방법 등을 검토하면 좋다.

3) 관지름 및 기초의 상태가 다음과 같은 경우는 수평하중을 무시한다.

- 강성관 : 지름 600mm 이하, 지지가 180°이상의 고정지지

- 연성관 : 관지름 250mm 이하의 강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱복합관, 관지름 125mm 이하의 경질 열화비닐관, 폴리에틸렌관, 지지가 180°이상의 고정지지

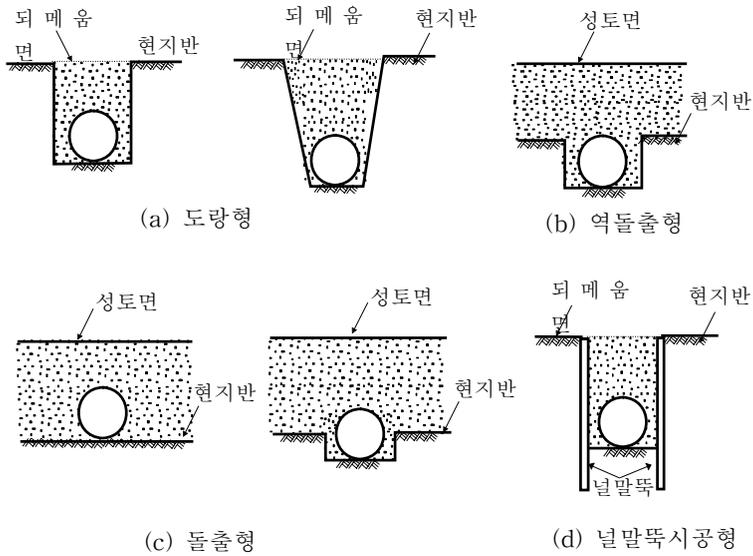
4) 강성관의 최대휨모멘트를 계산할 때 관체자중의 요소가 Pc 및 Hc의 값중에 포함되어 있어 가산할 필요가 없으므로 △로 표기하였다. 또한 강화플라스틱복합관도 같다.

5) ※는 연성관의 변형량 계산에서 수평하중이 고려되고 있다는 것을 말한다.

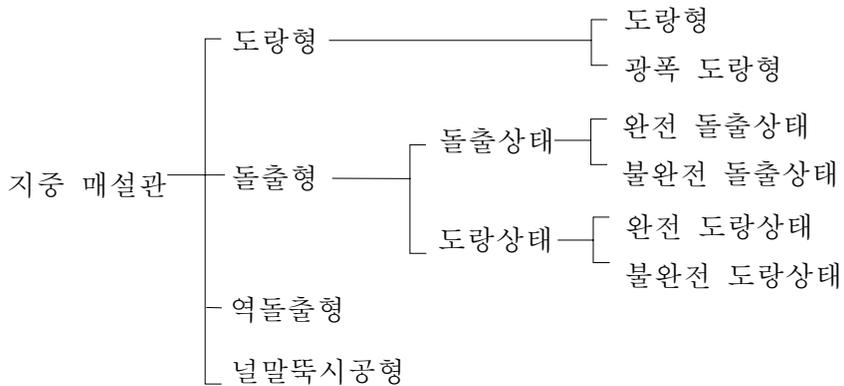
5.2.2 토 압

가. 관체의 매설형태

관체의 매설형태는 <그림 5-12>와 같이 도랑형, 돌출형, 역돌출형 및 널말뚝 시공형의 4종으로 구분할 수 있으며, 관체 매설상태는 <그림 5-13>과 같다.



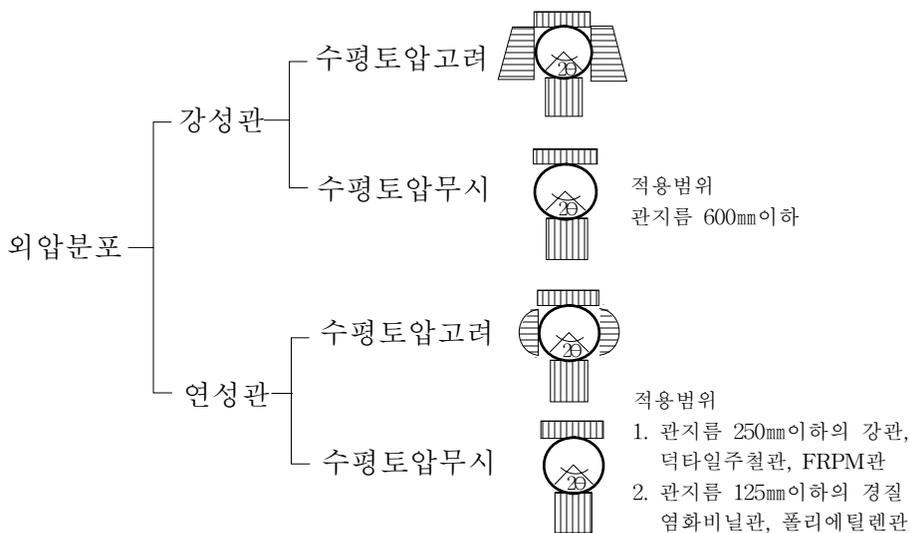
<그림 5-12> 관체 매설형태의 구분



<그림 5-13> 관체 매설상태

나. 토압분포

관체에 작용하는 토압분포는 <그림 5-14>와 같이 분류한다. 연직토압은 관체 걸지름을 정부(頂部)에서 투영한 범위에 균등하게 분포되는 것으로 가정하며, 기초의 반력은 기초의 지지각 2θ안의 기초면에 균등하게 분포되는 것으로 가정하고, 강성관 측면의 수평토압은 주동토압만을 고려하여 사다리꼴 분포로 가정한다. 연성관 측면의 수평토압은 관측중앙을 최대로 하는 관체 중심각 100°사이에서 포물선형의 수동토압으로 가정한다. 한편 <그림 5-14>에서 관지름이 작을 경우 수평토압을 무시하는 것은 수평토압은 안전측으로 작용하므로 무시해도 관구조 계산에 별차이가 없기 때문이다.



<그림 5-14> 관체에 작용하는 외압의 분포

다. 관체에 작용하는 연직토압공식 적용

관체 매설형태가 도랑형, 돌출형, 널말뚝시공형에 따라 연직토압이 다르므로 공식 적용에 유의해야 하고, 매설형태가 다르더라도 강성관과 연성관에 따라 연직토압공식이나 적용방법이 다르다.

1) 강성관

도랑형 및 널말뚝시공형의 경우는 돌출형으로 할 때의 토압과 비교하여 적은 값을 그 관에 작용하는 연직토압으로 한다. 역돌출형은 돌출형 토압과 비교하여 적은 쪽의 토압을 적용한다.

2) 연성관

매설심도(H) 2m까지는 도랑형, 돌출형, 널말뚝시공형에 관계없이 수직토압 공식을 사용하며, 2m를 초과하면 마스톤(Marston)공식(도랑형, 돌출형)에 의한 연직토압을 기본으로 한다. 단, H 2.0m로서 마스톤 공식에 의한 토압이 H=2.0m일 때 수직토압 공식에 의한 토압보다 작을 경우는 H=2.0m일때 수직토압 공식에 의한 토압을 채용한다. 도랑형의 경우는 돌출형과 비교하여 작은 쪽의 값으로 그 관에 작용하는 연직토압으로 한다.

라. 강성관의 수평토압

강성관의 수평토압은 Rankine의 주동토압 공식을 이용하고 연성관의 수평토압은 Spangler 공식으로 구한다.

5.2.3 노면하중

노면하중에는 균중하중과 차량하중을 고려한다. 일반적으로 강성관에서는 수평하중을 고려하지 않으며, 연성관에서도 소구경관(강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱관은 250mm이하, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관은 125mm이하) 및 지지각 180°이상 고정 지지의 경우는 수평하중을 고려하지 않는다.

가. 균중하중에 의한 연직하중

균중하중에 의하여 관체 정부에 작용하는 연직하중은 다음 값을 표준으로 한다.

- 노면에 대형자동차가 들어갈 경우 $W_m = 0.490\text{N/cm}^2$
- 대형자동차가 들어가지 않는 경작도 $W_m = 0.294\text{N/cm}^2$
- 국도, 지방도 등의 보도 $W_m = 0.490\text{N/cm}^2$

나. 자동차하중에 의한 연직하중

자동차하중에 의한 연직하중은 Bousinesq 공식을 이용하여 구한다.

다. 노면하중에 의한 수평하중

노면하중에 의한 수평하중은 일반적으로 지름이 큰 연성관에 대하여 고려하며 다른 관은 생략하고 있다. 연성관은 수평하중이 관측면을 중심으로 100°사이를 포물선 형태로 분포하는 것으로 하여 구한다.

5.2.4 기타 상재하중

가. 상재하중

매설관 위에 작용하는 상재하중에 의한 연직하중은 흙의 높이로 환산하여 토피(土被)에 가산하여 계산한다.

나. 불도저하중

매설관위에 작용하는 불도저하중에 의하여 관체에 작용하는 연직하중 강도는 매설 깊이에 따라 구분된다. 수평하중은 노면하중에 의한 수평하중과 동일하게 계산한다.

다. 설하중(雪荷重)

설하중을 노면에서 자동차하중과 같이 고려할 경우는 $0.098\text{N}/\text{cm}^2$ 로 한다. 설하중만의 경우에 있어서 다설 지역에서는 적설높이 1m당 $0.294\text{N}/\text{cm}^2$, 기타 지역에서는 $0.196\text{N}/\text{cm}^2$ 으로 하되 균중하중과 비교해서 큰 것을 채택한다.

5.2.5 관체 자중

강성관 및 강화플라스틱 복합관은 파괴하중으로부터 관중을 선정하므로 관체의 자중은 설계하중으로 고려할 필요는 없으나 연성관중 강관과 같이 균질자재인 관체는 자중에 의하여 발생하는 응력도 다른 응력과 함께 가산하여 관체설계를 한다. 단, 측면 수평토압에 의한 휨모멘트를 계산할 때 관체자중은 원칙적으로 무시한다. 관체자중이 나타나 있지 않을 경우는 관중에 따른 <표 5-2>의 비중을 이용하여 계산한다.

<표 5-2> 관체의 비중

관종류	RC관	PC관	덕타일 주철관	강관	PVC관	PE관	FRPM관
비중	2.45	2.50	7.15	7.85	1.43	0.96	2.00

주 : RC관 : 원심력철근콘크리트관, PC관 : 코어식프리스트레스콘크리트관, PVC관 : 경질염화비닐관
PE관 : 경질폴리에틸렌관, FRPM관 : 강화플라스틱복합관

5.2.6 관내 물중량

관체 내외에 물이 있을 경우 관체에 휨모멘트는 발생하지 않으나 지하수가 없을 경우는 휨모멘트가 발생하므로 보통 외수를 무시하고 관체내의 물중량을 설계하중으로 고려한다. 관내의 물중량은 강성관이나 연성관에서 횡단이나 종단방향 계산에 적용한다. 단, 관체자중과 같이 측면수평토압에 의한 휨모멘트 계산에는 원칙적으로 무시한다.

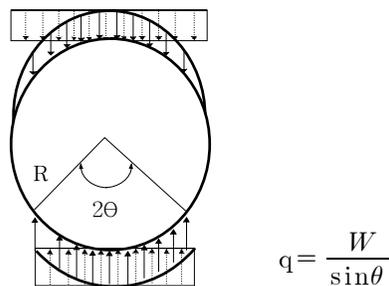
5.2.7 궤도하중

궤도하중은 등급별 표준활하중(LS하중)과 레일, 침목, 도상(道床) 등이 있다. 하중은 L하중과 S하중 가운데 구조물에 큰 영향을 주는 것을 사용한다. 또한 궤도중량(레일, 침목, 기타)과 도상(道床)은 상재하중으로 간주하여 이를 흙의 높이로 환산하여 흙 두께에 가산한다. 궤도하중에 의한 수평하중은 일반적으로 대구경 및 중구경의 연성관에 대하여 고려하며 궤도하중에 대하여는 철도기준을 참고한다.

5.2.8 기초반력

관체의 기초에 생기는 실제의 반력은 추정하기 곤란하지만 일반적으로 관체지각각내의 기초면에 등분포한다고 가정한다. 기초반력은 기초의 지지상태에 따라서 변화하지만 <그림 5-15>에 나타난 바와 같이 일정범위(지지각)만 등분포하는 것으로 생각한다.

기초반력은 기초가 고정지지가 아닌 한 반드시 등분포로 되는 것은 아니다. 또 연성관은 관의 변형에 의하여 반력분포도 변화될 것으로 생각되지만 이런 경우도 지지각의 기초면에 등분포한다고 가정하고 기초의 설계지지각 <그림 5-15>를 가정하여 관체를 설계한다.



<그림 5-15> 기초의 반력 분포

5.2.9 내수압

관체의 설계에 사용되는 내수압은 개방식 관로에서는 송수시의 동수압 또는 송수정지시의 정수압 중 큰 값에 수격압을 가산한 값으로 하며, 반 폐쇄식 또는 폐쇄식 관수로에서는 송수정지시의 정수압에 수격압을 가산한 값으로 한다.

5.2.10 관체에 작용하는 하중

관수로의 관체 구조계산을 검토할 때 관체에 작용하는 하중은 토압 등 8개 종류의 하중이 있다. 단일 하중만 작용할 경우도 있으나 대부분 한 개 이상의 하중이 복합하여 작용할 수 있으므로 작용이 예상되는 하중을 현장과 시공 조건에 맞도록 조합하여 설계한다.

작용이 예상되는 하중은 <표 5-1>과 같으며 이를 이용하여 조합하여 설계에 적용한다.

5.3 관체의 횡단방향 설계

5.3.1 기초의 지지각

시공지지각은 균등한 반력분포가 기대되는 기초재료를 이용하여 시공하였을 때의 지지각이다. 설계지지각은 구조물 설계시에 관외측 하부 췌기부분에 대한 다짐의 불확실성, 지하수에 의한 영향, 장기 경과후의 안전성 등을 고려 시공지지각보다 작게 사용하는 지지각이다.

연직하중에 의하여 생기는 기초반력의 범위를 나타내는 지지각은 기초의 상태, 시공방법, 매설토의 다짐정도 등에 따라 다르다. 시공 지지각은 매설재료, 시공방법, 관의 관경 및 경제성을 고려하여 정한다. 흙 기초의 설계지지각에 대한 표준치는 <표 5-3>과 같다. 단, 콘크리트기초에서는 시공지지각과 설계지지각이 같다.

<표 5-3> 다짐한 흙기초의 설계지지각

		관중	강 성 관		연성관
		시공지지각(°)	120이상	180이상	360
토질분류	흙의 통일분류				
역 질 토 (礫質土)	G, GS		90	90	120
	GF		90	90	90
사 질 토 (砂質土)	S, SG의 중·소분류에서 SW, SW-G, SGW		90	120	120
	S, SG의 중·소분류에서 SP, SP-G, SGP		90	90	90
	기타의 S, SG, SF		60	60	90

- 주 : 1) 설계지지각은 관체가 기초위에 포설된 상태에 확실히 균등한 반력분포가 기대되는 범위로 하고 기초재로서 적당하다고 판정된 재료에 대하여 토질시험에 의한 분류에 따라 이 표의 값을 사용한다.
- 2) 연성관의 기초재는 관저부의 반력과 함께 관 옆부분의 반력에도 유효하게 작용해야 한다. 스팅그라에 의하면 그 반력은 관저부터 관정까지의 되메움재(기초재)의 시공상태에 지배된다고 되어 있다. 이런 의미에서 종래는 기초부, 되메움부와 구분되어 있던 것을 관저에서 관정까지 동일한 기초재로 되메우는 것으로 한다.(시공지지각은 360°로 된다)
- 3) Φ 300mm이하의 소구경관에 있어 기초재료는 ML, CL를 사용하는 경우의 설계지지각은 강성관 30°, 연성관 60°로 한다. 단 이 경우에도 관저부 아래의 기초재료는 역질토, 사질토를 사용한다.

5.3.2 강성관 설계

강성관 설계는 연직등분포하중, 관체내 물 중량, 관체 자중, 수평 측면 하중 등을 고려하여 휨모멘트를 계산하고 이를 허용모멘트와 비교하여 관중을 선정한다.

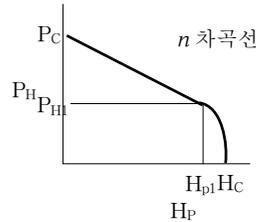
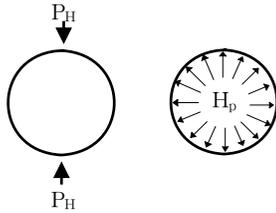
가. 휨모멘트

여러 하중조건과 기초의 지지조건에 따라서 관길이 1cm당 관의 횡단면의 관저부에 발생하는 최대 휨모멘트는 <표 5-4>로부터 구할 수 있다. 기초의 지지각을 결정하고, 동시에 작용하는 각 설계하중에 의해서 발생하는 휨모멘트를 <표 5-4>를 이용하여 각각 계산하여 합하면 그 합계치가 관의 횡단면에 생기는 설계 휨모멘트이다.

나. 관중선정

강성관은 <그림 5-16>과 <그림 5-17>에서 보는 바와 같이 상·하방향으로

선하중(線荷重) P_H 를 가하여 이것을 차츰 증가시켜 가면 $P_H=P_C$ 에 도달했을 때 파괴 또는 균열된다.



<그림 5-16> 외압선하중(P_H)과 내압(H_P) <그림 5-17> 내외압의 동시작용으로 인한 균열발생시 내압과 외압의 관계

또한 <그림 5-16>과 같이 외압을 가하지 않고 내압 H_P 만을 가하여 이것을 차츰 증가시켜 $H_P=H_C$ 에 달했을 때 파괴 또는 균열된다. 따라서, 내외압을 동시에 작용시키는 경우 즉 선하중(線荷重)을 $P_H=P_{H1} < P_C$ 로 했을 때 내압 H_P 를 증가시켜 가면 $H_P=H_{P1} < H_C$ 일때 관이 파괴 또는 균열되고, 내외압의 관계는 <그림 5-17>에서 보는 바와 같이 n 차 곡선으로 표시되는 것이 실험에서 확인되었다.

이것을 식으로 표시하면 식(5-3)과 같다.

$$H_P = aP_{+b}^n \quad \dots\dots\dots (5-3)$$

식(5-3)은 $P_H = 0$ 일 때 $H_P = H_C$ 이고, $P_H = P_C$ 일 때 $H_P = 0$ 이므로 이 두 조건에 의해서 a 와 b 를 구하고 여기서 식(5-4)를 얻을 수 있다.

$$\left\{ \frac{P_H}{P_C} \right\}^n + \left\{ \frac{H_P}{H_C} \right\} = 1 \quad \dots\dots\dots (5-4)$$

- 여기서, P_C : 내압이 0일 때 파괴 또는 균열이 생기는 외압(N/cm²)
- H_C : 외압이 0일 때 파괴 또는 균열이 생기는 내압(N/cm²)
- P_H : 내압이 H_P 일때 파괴 또는 균열이 생기는 외압(N/cm²)
- H_P : 외압이 P_H 일 때 파괴 또는 균열이 생기는 내압(N/cm²)
- n : 관의 종류나 구조 등에 따라 결정되는 계수

<표 5-4> 강성관 횡단면에 생기는 최대 휨모멘트(관저부)

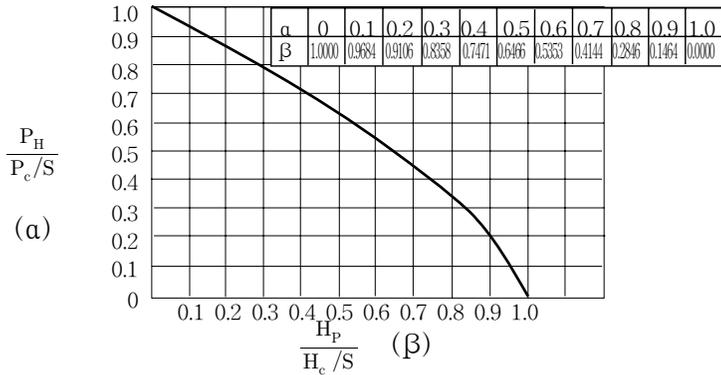
구분	대상하중	설 계 지지각 (2θ)	지 지 조 건		하 중 작 용 상 태	
			자유지지 (모래기초)	고정지지 (콘크리트기초)	자유지지 (모래기초)	고정지지 (콘크리트기초)
M ₁	연직등분포하 중 W=W _v +W _w	0°	*0.587WR ²	-		
		30°	0.468WR ²	-		
		60°	0.377WR ²	-		
		90°	0.314WR ²	0.303WR ²		
		120°	0.275WR ²	0.243WR ²		
		180°	*0.250WR ²	0.220WR ²		
M ₂	관체내 물증량 W ₀	0°	*0.750W ₀ R ³	-		
		30°	0.563W ₀ R ³	-		
		60°	0.420W ₀ R ³	-		
		90°	0.321W ₀ R ³	0.260W ₀ R ³		
		120°	0.260W ₀ R ³	0.166W ₀ R ³		
		180°	*0.220W ₀ R ³	0.055W ₀ R ³		
M ₃	관체 자중 W _d	0°	*0.239W _d R	-		
		30°	0.179W _d R	-		
		60°	0.134W _d R	-		
		90°	0.102W _d R	0.082W _d R		
		120°	0.080W _d R	0.052W _d R		
		180°	*0.070W _d R	0.017W _d R		
M ₄	수평 측면하중 p	0°~	-(0.104P ₁ +0.146P ₂)R ²	-(0.140P ₁ +0.146P ₂)R ²		
		180°				

주 : W : 연직하중강도(N/cm²), W₀ : 물의 단위중량(0.0098N/cm³), W_d : 관길이 1cm당의 관체중량(N/cm), P₁ : 관정부의 수평하중강도(N/cm²), P₂ : 관저부의 수평하중강도(N/cm²), R : 관두께의 중심반경(m)

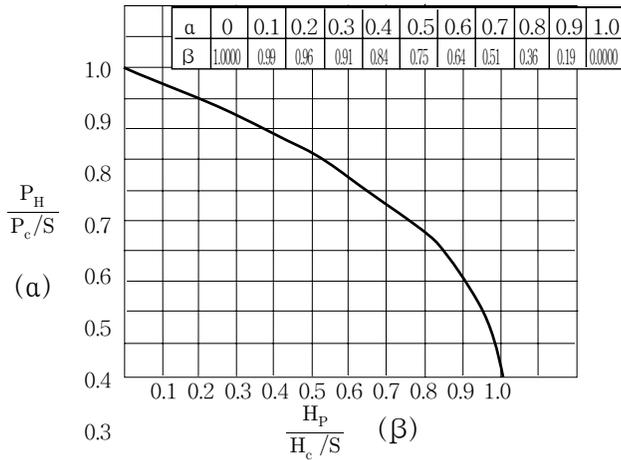
실제의 관중선정은 식(5-4)를 안전율(S)로 나눈 식(5-5)에 따른다.

$$\left(\frac{P_H}{P_C / S}\right)^n + \left(\frac{H_P}{H_C / S}\right) = 1 \quad \dots\dots\dots (5-5)$$

상기식의 n값은 원심력 철근콘크리트관, 축전압 철근콘크리트관 및 코어식 프리스트레스트콘크리트관은 n=1.5로 한다. 식(5-5)의 n을 각각 상기의 값으로 하여 균열 및 파괴시 내외압의 관계를 나타내면 <그림 5-18> 및 <그림 5-19>와 같다.



<그림 5-18> 원심력철근콘크리트관의 균열시 내외압 관계(n=1.5)

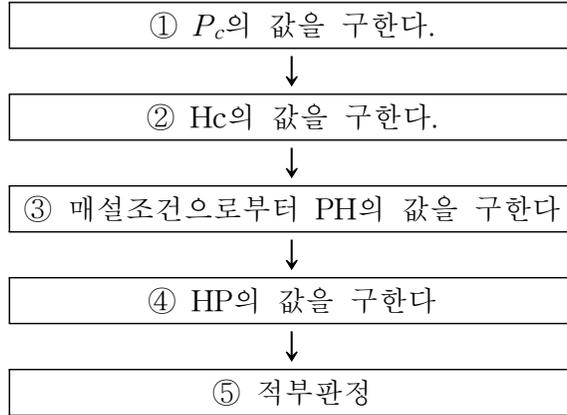


<그림 5-19> 강화플라스틱 복합관 등의 파괴시 내외압관계(n=2.0)

1) 관종선정의 순서 0

사용할 관종을 가정하고 가정 관종에 대하여 <그림 5-20>에 나타난 순서로 가정관종의 적부를 검토한다.

- ① P_c 의 값을 구한다. P_c 의 값은 외압선하중(N/cm)으로 나타내고 다음의 값을 사용한다.
 - 원심력철근콘크리트관 : 균열하중값을 사용한다.
 - 코어식프리스트레스트 콘크리트관 : KS규격의 균열하중값을 사용한다.



<그림 5-20> 관중선정 순서

② H_C의 값을 구한다. H_C의 값은 각각 다음의 값을 사용한다.

- 원심력철근콘크리트관 : KS규격의 시험수압값을 사용한다.
- 코어식 프리스트레스트 콘크리트관 : 균열내압 값을 사용한다. 단 KS F 4405에 표시된 시험수압은 프리스트레스트가 0이 되는 때의 값이므로 여기서는 이 값을 적용하면 안 된다.

③ 매설조건으로부터 P_H의 값을 구한다.

$$P_H = \frac{\pi M}{R} = \frac{M}{0.318R} \dots\dots\dots (5-6)$$

여기서, P_H : 외압에 의한 선하중(N/cm²)

M : 외압에 의하여 요소는 1cm당 관체에 생기는 최대휨모멘트(N·cm/cm)
(관자중은 P_C 및 H_C의 값에 포함되어 있으므로 가산하지 않는다.)

R : 관두께 중시반경(m)

④ H_P의 값을 구한다. 허용내압 H_P는 식(5-5)에 의해서 구하고 안전율(S)는 다음에 의한다.

- 원심력철근콘크리트관 : 1.5
- 코어식 프리스트레스트 콘크리트관 : 1.5

실제의 계산은 <그림 5-18, 19>로부터 가정 관중에 대하여 $\alpha = P_H/(P_C/S)$ 를 구하고 이것에 대응한 $\beta = H_P/(H_C/S)$ 의 값을 얻은 후 이 식을 $H_P = \beta \times (H_C/S)$ 로 변형하여 H_P의 값을 구한다.

⑤ 적부판정

위와 같이 하여 구한 H_P가 가정한 관중에 허용되는 내압이다. 따라서 수리설계에 의하여 얻어진 내압(정수압+수격압)이 H_P보다 크지 않으면 설계조건에 충족되므로

가정한 관종을 사용하면 안전하다. 만약 설계조건을 충족시킬 수 없을 경우에는 다른 관종을 가정하고 설계조건을 충족시킬 때까지 상기 과정을 반복한다.

2) 관종 선정도

관종 선정도의 사용방법은 다음과 같다.

- ① 가정한 관의 외압선하중 P_H 를 구한다.
- ② 관종 선정도의 종축에 P_H 를 취하여 이 점으로부터 횡축과 수평선을 그어 각 관종곡선(실선 범위내)과의 교점을 구한다.
- ③ 이 교점으로부터 횡축에 수선을 내리면 이 점의 값이 각 관종에 대해 사용 가능한 허용내압(안전율을 포함)이다.

5.3.3 연성관 설계

연성관 설계는 연직등분포하중, 관체내 물 중량, 관체 자중, 수평 측면 하중 등을 고려하여 휨모멘트를 계산하되, 허용 변형량을 고려하고 이를 허용모멘트와 비교하여 관종을 선정한다.

보통 연성관에는 덕타일주철관, 강관, 경질염화비닐관, 폴리에틸렌관, 강화플라스틱 복합관 등이 있다. 연성관은 관두께 중심직경(2R)의 수 %까지 변형되어도 실질적인 손상이 되지 않는 특성을 가지고 있으나 수평변형량(ΔX)이 지나치게 커지면 이음부에서 누수되거나 관내 외면에 칠한 도장 등의 피복이 균열되어 필요한 통수 단면을 확보할 수 없게 되고, 이것을 방지하기 위해서 연성관에서는 변형량을 제한하는 방법으로서 허용변형률을 정하였으며 이는 관두께 중심직경(2R)에 대한 비율($\delta = \Delta X / 2R \times 100(\%)$)로 표시한다.

설계변형률의 표준은 <표 5-5>와 같으며, 설계변형량은 $\Delta X = \delta \times 2R \div 100\%$ 로 된다. 따라서 연성관의 관종선정에 있어서는 관재료의 허용응력에서 결정하는 관두께와 설계변형률로부터 정해지는 관두께를 구하여 그 양쪽을 함께 충족시킬 수 있는 관의 두께를 채택하여야 한다.

<표 5-5> 설계변형률의 표준

구 분	다짐없음	다 짐 I	다 짐 II
허 용 변 형 률	5	5	5
변 형 율 오 차	± 2	± 2	± 1
설 계 변 형 률	3	3	4

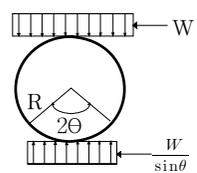
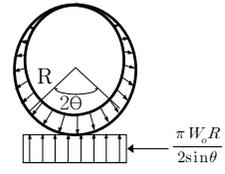
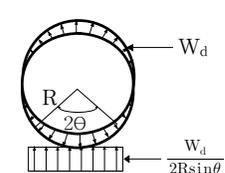
주 : 다짐 I 은 다짐율 85% 또는 상대밀도 40% 정도이고 다짐 II 는 다짐 I 이상이다.

특히 덕타일주철관이나 강관에 대한 최종관두께는 상기에 의해서 구해진 관두께에 부식과 관두께 공차여유 등을 고려하여 결정하여야 하며 강화플라스틱복합관은 강성관과 동일한 방법으로 내외압에 대한 안전성을 검토한다.

가. 휨모멘트

여러 하중조건과 기초지지조건에 있어서 관길이 1cm당 관횡단면의 관저부에 발생하는 최대 휨모멘트를 <표 5-6>에 표시하였다. 기초의 지지각을 결정하고 동시에 작용하는 각 설계하중에 의하여 발생하는 휨모멘트를 본 표를 이용하여 각각 계산하면 그 합계치가 관의 횡단면에 생기는 설계휨모멘트이다.

<표 5-6> 연성관 횡단면에 생기는 최대휨모멘트(관저부)

구분	대상하중	설계지지각 (2θ)	지지조건 (자유지지)	하중작용상태
M ₁	연직등분포하중 W=W _v +W _w	0°	*0.587WR ²	
		30°	0.468WR ²	
		60°	0.377WR ²	
		90°	0.314WR ²	
		120°	0.275WR ²	
		180°	*0.250WR ²	
M ₂	관체내 물중량	0°	*0.750W _o R ³	
		30°	0.563W _o R ³	
		60°	0.420W _o R ³	
		90°	0.321W _o R ³	
		120°	0.260W _o R ³	
		180°	*0.220W _o R ³	
M ₃	관체 자중 W _d	0°	*0.239W _d R	
		30°	0.179W _d R	
		60°	0.134W _d R	
		90°	0.102W _d R	
		120°	0.083W _d R	
		180°	*0.070W _d R	

<표 5-6> 연성관 휨단면에 생기는 최대휨모멘트(관저부) 계속

구분	대상하중	설계지지각 (2θ)	지지조건 (자유지지)	하중작용상태
M ₄	측면 수평하중 P(N/cm ²)	0°~180°	-0.166PR ²	

주) W : 관체의 단위면적에 작용하는 연직하중강도(N/cm²)

$$W = \text{연직토압강도}(W_v) + \text{노면하중강도}(W_w), W_M + \text{LS케도하중강도 } W_L, \\ W_S + \text{불도저하중강도 } W_B + \text{상재하중강도 } W_v$$

W_o : 물의 단위중량(0.0098N/cm³) W_d : 관길이 1cm당의 관체중량(N/cm²)

R : 관두께의 중심반경(m) R=(D+t)/2

D : 관의 내경(m) t : 관두께(m) (덕타일주철관의 모르터, 강관의 부식 및 관두께 공차여부는 제외)

P : 관체측면중양에 작용하는 수평하중강도(N/cm²)

$$P = \text{수평토압강도}(P_v) + \text{수평노면하중강도}(P_w) + \text{수평토압강도 } (P_{LS}) \\ + \text{수평불도저하중강도}(P_B) + \text{수평상재하중강도 } (P_v)$$

나. 내외압을 고려한 관두께 계산식

1) 덕타일주철관

덕타일주철관의 응력계산상의 필요 최소 관두께는 내외압이 동시에 작용할 때 관체에 생기는 휨모멘트에 의해서 발생하는 연응력이 관체의 허용응력 이내에 있도록 하여 계산식을 유도하면 다음과 같다.

내압에 의해서 생기는 인장응력

$$\sigma_t = \frac{H \cdot D}{2t} \dots\dots\dots (5-7)$$

외압에 의한 휨모멘트에 의해서 생기는 응력

$$\sigma_b = 6M / t^2 \dots\dots\dots (5-8)$$

관체의 허용인장응력을 σ_a 로 하면 σ_a 는 다음과 같다.

$$\sigma_a \geq \sigma_t + \alpha \sigma_b = \frac{H \cdot D}{2t} + \alpha \frac{6M}{t^2} \dots\dots\dots (5-9)$$

식(5-9)에서 관두께 t를 구하면 다음과 같다.

$$t \geq \frac{0.5D \cdot H + \sqrt{(0.5D \cdot H)^2 + 24\alpha \sigma_a \cdot M}}{2\sigma_a} \dots\dots\dots (5-10)$$

여기서, t : 응력계산으로부터 구하는 필요한 관두께(cm)

D : 관내경(m)

H : 내압 H = H₁ + H₂(N/cm²)

H_1 : 정수압(N/cm²) H_2 : 수격압(N/cm²)

M : 외압에 의해서 관길이 1cm당 관체에 생기는 최대휨모멘트(N·cm/cm)

$M =$ 연직등분포하중에 의한 휨모멘트 + 관내물중량에 의한 휨모멘트
 + 관자중에 의한 휨모멘트 + 측면수평하중에 의한 휨모멘트

α : 인장응력/휨응력(덕타일주철관은 0.7로 한다.)

σ_a : 허용인장응력(N/cm²) (<표 5-7> 참조)

덕타일주철관은 주철면의 조잡함을 고려하여 허용응력을 인장응력의 90%, 안전율을 2로 하면 $\sigma_a = 42.0 \times 0.90 \div 2 = 18.9\text{kN/cm}^2$ 가 된다.

<표 5-7> 덕타일주철관의 허용인장응력

구 분	인장응력(kN/cm ²)	허용응력(kN/cm ²)	비 고
덕 타 일 주 철 관	42.0 이상	18.9	KS D 4311
배관용 탄소강관(SPP)	29.4 이상	12.4	KS D 3507
압력 배관용 탄소강관			KS D 3562
(SPPS 38)	37.3 이상	15.8	
(SPPS 42)	41.2 이상	17.0	
배관용 아크 용접탄소	40.0 이상	17.0	KS D 3583
강 관 (SPW 41)			
일반용수용도복장강관	40.2 이상	17.0	KS D 3626
상수도용 도복장 강관	40.2 이상	17.0	KS D 3565

최종관두께(T)는 계산에서 구해지는 필요 관두께(t)에 부식 및 관두께 공차 여유를 고려하여 식(5-11) 및 식(5-12)와 같이 구한다.

$$t+1 \geq 10\text{mm의 경우 } T=1.1(t+1) \dots\dots\dots (5-11)$$

$$t+1 < 10\text{mm의 경우 } T=t+2 \dots\dots\dots (5-12)$$

위에서 구한 관두께(T)를 만족시키는 규격관중에서 최소 관두께의 관종을 선정한다.

2) 강관

매설강관의 두께는 내압, 외압, 부등침하, 지진하중 등을 고려하여야 하며 최소 두께 이상이어야 한다. 또한 강관 제작상의 두께에 대한 허용오차는 $\pm 50\mu\text{m}$ 이하를 기준으로 하고 두께 결정에는 고려하지 않는다. 강관두께 설계시 외압과 내압을 각각 고려하여 구한다.

가) 최소 관두께

- ① 관의 호칭지름 $D = 1,350\text{mm}$ 이하일 경우

$$t = D/288 \text{ mm} \dots\dots\dots (5-13)$$

- ② 관의 호칭지름 $D = 1,350\text{mm}$ 초과할 경우

$$t = (D + 508)/400 \text{ mm} \dots\dots\dots (5-14)$$

나) 내압에 의한 관두께

관내수압(동수압 + 수격압, 혹은 정수압) 2가지 중에서 큰 값을 적용하여 산출한다.

$$t = (p \cdot d)/2\sigma_{sa} \dots\dots\dots (5-15)$$

여기서, t : 관두께(mm)	p : 관내수압(N/cm ²)
d : 관의 내경(mm)	σ_{sa} : 관의 허용응력(137.2kN/cm ²)

다) 외압에 의한 관두께

외압에 의한 관두께 계산은 상수도시설기준에 부합되고 다음사항을 준수하여야 한다.

- ① 토질조사 결과에 따른 주요 구간별 대표 토질정수중, 경제성 및 시공성을 고려하여 전체 설계구간의 대부분에 적용할 수 있는 지반의 토질정수를 기준으로 하여 트럭하중(도로구간 등 필요시)을 포함한 외부하중에 따라 관두께를 결정하여야 하며, 이때 고려한 토질정수가 확보되도록 시방서에 시공법 및 품질관리 기준을 규정하여야 한다.
- ② 상기 ①항의 기준지반이 트럭하중이 없는 개활지 등으로서 관로의 침하는 없을 것으로 예상되나, 자연함수비가 높은 점토질이고 일반적인 다짐관리가 곤란한 토질의 경우에는 토피의 과도한 침하 및 이에 따른 주변구조물의 악영향 등을 고려하여 시방서에 시공법 및 품질관리기준을 규정하여야 한다.
- ③ 상기 ①, ②항의 적용기준에 부합되지 않는 암반, 하저, 국부적 트럭하중 발생구간, 관로의 침하가 발생할 수 있는 연약지반 등에 대해서는 각 조건별로 별도 대책을 수립하여야 한다.
- ④ 강관 매설후 되메우기, 토압 및 통과차륜 등 외압에 의한 관내도장 손상을 방지하기 위하여, 이들 중량에 의한 강관의 원주방향 관체변형율은 관경의 5% 미만, 시멘트 모르타라이닝관인 경우 관경의 3% 이내이어야 한다.
- ⑤ 외압에 의한 관저부의 휨응력은 관의 허용응력 이하이어야 한다.

⑥ 관로노출에 의한 대기압 또는 수중횡단으로 상재하중을 받는 경우에, 외압은 다음 이하가 되도록 하여야 하고, 안전율은 1.5 ~ 2.0으로 한다.

$$P_e = 34.3 \times 10^{-7} (t/D)^3 \text{ (N/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (5-16)$$

○ t/D가 0.023 이상이고 파괴외압 P_e 가 4.02kN/cm² 이하인 경우(소성파괴)

$$P_e = 6,100(t/D) - 98 \text{ (N/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (5-17)$$

⑦ 대기에 노출되는 강관을 교량형식으로 지지하고자 할 때 그 지지형식이 새들(Saddle)또는 링 거어더(Ring Girder)인가에 따라 그 지지부의 응력을 검토하여야 한다.

⑧ 외압

○ 토피에 의한 토압

- Sheet pile 등 토류벽 시공에 따른 수직굴착 또는 토피가 200cm 이하인 경우

$$W_v = \gamma_s \cdot H \dots\dots\dots (5-18)$$

여기서, W_v : 토피에 의한 토압(N/cm²) γ_s : 흙의 단위중량(N/cm³)

H : 토피(cm)

- 일반제형 굴착의 경우

$$W_v = C_d \cdot \gamma_s \cdot B_d \dots\dots\dots (5-19)$$

여기서, C_d : Trench 상수(Marston식) $C_d = \frac{1 - e^{(-2K\mu' \cdot \frac{H}{B_d})}}{2K\mu'}$

K : Rankine의 토압계수($K = (1 - \sin\phi)/(1 + \sin\phi)$)

μ' : 되메우기 흙과 비탈면의 마찰계수($\mu' = \tan\phi'$)

ϕ : 되메우기 흙의 내부마찰각

ϕ' : 되메우기 흙과 비탈면의 내부마찰각(보통 $\phi' \approx \phi$)

B_d : 관상단에서의 Trench 폭(cm)

○ 트럭하중에 의한 외압

$$W_t = \frac{2nP \cdot (1+i)}{[nL + (n-1) \cdot C + b + 2H \tan\theta] \cdot (a + 2H \tan\theta)} \dots\dots\dots (5-20)$$

여기서, W_t : 트럭하중에 의한 외압(N/cm²)

P : 트럭의 후륜(1륜)하중(N)

- n : 점유폭에 접하여 나란한 트럭 대수
- L : 후륜 중심간격 (일반적으로 175cm 적용)
- C : 인접 트럭간의 후륜중심 간격(cm) (일반적으로 100cm 적용)
- b : 후륜 접지폭(cm) (일반적으로 50cm 적용)
- θ : 분산각(°) (일반적으로 45°적용)
- a : 차륜 접지 길이(cm) (일반적으로 20cm 적용)
- i : 충격계수(<표 5-8> 참조)

<표 5-8> 충격계수

토포(m)	H ≤ 1.5	1.5 < H < 6.5	H > 6.5
충격계수(i)	0.5	0.65 - 0.1H	0

○ 관체의 변형량

$$\Delta X = [2K_x \cdot (W_v + W_t) \cdot R^4] / [EI + 0.061E' \cdot R^3] \dots\dots\dots (5-21)$$

여기서, ΔX : 관체의 수평방향 변형량(cm)

R : 관의 평균반경(cm)

E : 관의 탄성계수(20.6×10⁻⁷N/cm²)

I : 관의 단위폭당 단면이차모멘트(cm⁴) (I=t³/12)

K_x : 지지각에 의해 결정되는 수평방향 변형계수(<표 5-9> 참조)

E' : 흙의 반력계수(N/cm²)(<표 5-10> 참조)

<표 5-9> K_b, K_x 계수표

지지각	K _b	K _x	(0.061K _b - 0.083K _x)
60°	0.189	0.103	0.00307
90°	0.157	0.096	0.00171
120°	0.138	0.089	0.00107
150°	0.128	0.085	0.00082

○ 휨응력

$$\sigma_b = \frac{2(W_v + W_t) \text{Coef}}{f \cdot Z} \dots\dots\dots (5-22)$$

$$\text{Coef} = \frac{K_b R^2 EI + (0.061K_b - 0.083K_x) E' R^5}{EI + 0.061E' R^3}$$

여기서, σ_b : 외압에 의한 관저부의 휨응력(N/cm²)

f : 형상계수(1.5)

Z : 관의 단위폭당 단면계수(cm³) Z = t²/6

K_b : 지지각에 의해 결정되는 관저에서의 휨모멘트 계수
(<표 5-9> 참조)

<표 5-10> 흙의 반력계수표

흙의 종류 (통일 분류법에 따름)	다짐도에 따른 E' (N/cm ²)		
	다짐 없음	약간의 다짐 Proctor 밀도로 < 85 % 상대 밀도로 < 40 %	중간정도의 다짐 Proctor 밀도로 ≥ 85 - 95 % 상대 밀도로 ≥ 40 - 70 %
세립토(LL > 50) 중정도의 소성부터 고소성까지의 흙 CH, MH, CH-MH	이용할 수 있는 데이터가 없다 : 토질 전문가와 협의. 기타의 경우는 E' = 0 을 사용		
세립토(LL ≤ 50) 중정도의 소성부터 소성이 없는 흙까지 CL, ML, CL-ML (세립부분 25%이하)	343	1,372	2,744
세립토(LL ≤ 50) 중정도의 소성부터 소성이 없는 흙까지 CL, ML, CL-ML (세립부분 25%이상) 세립토를 함유한 조립토 GM, GC, SM, SC (12%이상의 세립토를 함유)	686	2,744	6,860
세립토를 거의 함유 않던가, 전혀 함유 하지 않은 조립토 GW, GP, SW, SP (12%이하의 세립토를 함유)	1,372	6,860	13,720

라) 부등침하에 의한 관두께

- ① 부등침하에 대한 검토는 상기 가), 나), 다)항에 의한 관두께 적용이 곤란한 부등침하가 예상되는 구간을 대상으로, 관로의 휨에 의한 응력, 내압에 의한 응력, 온도변화에 의한 응력 등 축방향 총응력에 대한 변형율을 검토하여야 한다.
- ② 변형율 검토 결과에 따라 해당구간에 대해 관두께 변경, 신축이음, 지반 개량 등을 통한 지지력 보강 등 유형별로 대책을 수립하여야 하며, 식 (5-23)에 의한 총응력에 대한 축방향 변형율이 0.1%이내이어야 한다.

$$\varepsilon = \sigma/E \dots\dots\dots (5-23)$$

여기서, ε : 변형율 σ : 응력

위에서 구한 관두께(T)를 충족시키는 관두께를 원칙으로 하여 <표 5-11>의 설계두께 또는 규격관두께 내에서 최소 관두께를 선정하고 이것을 설계 관두께로 한다. 또한 관두께 계산식은 외압에 의해서 발생하는 관저부의 휨응력과 내압에 의해서 발생하는 인장응력과를 단순히 가산할 수 있다고 보고 유도한 합성식이나 특히 내압이 크게 작용할 경우 등에 있어서는 내압에 의한 휨응력이 점차 감소되는 것을 고려하여 설계할 수도 있다.

3) 경질염화비닐관

가) 내압과 관두께

$$t \geq \frac{P \cdot D}{2\sigma + P} \dots\dots\dots(5-24)$$

여기서, t : 최소 관두께 P : 사용압력(Mpa)
 σ : 설계응력(10.8Mpa) D : 외경(mm)

나) 외압과 처짐

염화비닐관이 흙 속에 매설된 경우, 돌 등에 의한 국소적인 지지가 없도록 하려면, 호칭지름 300mm 이하에서는 토피 60cm 이상이고 토압이나 윤압의 외하중에 대하여 변형율이 5%이하이면 응력은 설계응력 19.6N/mm² 이하로서 문제가 없다. 또 지지각, 즉 모래기초를 튼튼히하면 응력이 상당히 작아진다.

외압에 의한 휨응력은

$$\sigma = \frac{(K_1 \cdot P_e + K_2 \cdot P_t) r^2}{Z} \dots\dots\dots(5-25)$$

<표 5-11> 강관의 표준두께

토퍼(m)	0.9			1.2			1.5			1.8			2.1			2.4			2.7			3.0		
	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5
최고허용 압력 호칭직경(A)	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5
80A ~ 300A	290	370			290	370			290	370			290	370			290	370			290	370		
350A ~ 600A	A	-			A				A				A				A				A			
700A ~ 800A	-				B				B				B				B				A			
900A ~ 1,000A	-				A				A				A				A				S			
1,100A ~ 1,200A	-				A				A				A				A				A			
1,350A	-				A				A				A				A				S			
1,500A ~ 1,650A	-				A				A				A				A				A			
1,800A ~ 2,000A	-				A				A				A				A				S			
2,100A ~ 3,000A	-				A				A				A				A				A			

비고 : 1. 표 중의 숫자는 STWW 290 및 STWW370을 나타낸다.
 2. 표 중의 영문 A, B는 STWW400의 A 및 B 시리즈를 나타낸다.
 3. 표 중의 영문 S는 A시리즈의 관 두께를 초과하는 경우를 나타낸다.

변형율은

$$\frac{\delta}{2r} = (K_3 \cdot P_e + K_4 \cdot P_t) \frac{r^4}{2r \cdot E \cdot I} \times 100(\%) \dots\dots\dots(5-26)$$

여기서 P_e : 매설관에 가해지는 토압(N/mm²)

P_t : 매설관에 가해지는 윤압(N/mm²)

σ : 토압과 윤압에 생기는 매설관의 굽힘응력(N/mm²)

δ : 토압과 윤압에 생기는 매설관의 휨응력(N/mm²)

r : 관두계의 중심반경(mm) t : 관두계(mm)

Z : 단면계수 = $t^2/6$ (mm³/mm) I : 단면2차모멘트 = $t^3/12$ (mm⁴/mm)

E : 굽힘탄성률, 여기서는 3,334N/mm²

K_1, K_2 : 관상단, 관저부의 휨모멘트계수(<표 5-13> 참조)

K_3, K_4 : 수평방향 변형계수(<표 5-14> 참조)

4) 수도용 폴리에틸렌관

수도용 폴리에틸렌관의 설계내압 1.0Mpa(약 10.2kg/cm² : 사용압력 0.75Mpa에 수격압 0.25Mpa를 고려한 내압에 상당)으로 50년 후의 안전율이 2가 되도록 관 두께가 설계되어 있다. 수도용 폴리에틸렌관의 적용범위를 사용압력 0.75Mpa로 정하고 있으며 수격압 0.25Mpa 이하이면 안전율 2이상인 확보되는 것으로 된다. 수도용 폴리에틸렌관의 외압에 대한 휨응력에 대한 허용치는 인장항복의 세기에 대한 안전율을 2.5로 한다.

<표 5-12> 토피별 토압과 윤압(25톤 트럭)의 계산치(경질염화비닐관)

토압·윤압 \ 토피(m)	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
토압 P_e (N/mm ²)	0.0108	0.0162	0.0216	0.0270	0.0324	0.0378	0.0432
윤압 P_t (N/mm ²)	0.0701	0.0491	0.0378	0.0307	0.0253	0.0214	0.0185
합계 $P_v = P_e + P_t$	0.0809	0.0653	0.0594	0.0577	0.0577	0.0592	0.0617

<표 5-13> 휨모멘트계수

휨모멘트계수	지지각	60°		90°		120°	
	관의위치	관의 상단	관의 바닥	관의 상단	관의 바닥	관의 상단	관의 바닥
K_1		0.132	0.223	0.120	0.160	0.107	0.121
K_2		0.079	0.011	0.079	0.011	0.079	0.011

<표 5-14> 수평방향 변형계수

지지각 \ / 휨계수	60°	90°	120°
K ₃	0.102	0.085	0.070
K ₄	0.030	0.030	0.030

<표 5-15> 경질염화비닐관의 설계에 사용하는 여러 수치

호칭지름 (mm)	관두께 중심반경 (mm)	단면계수 (mm ³ /mm)	단면2차 모멘트 (mm ⁴ /mm)	호칭지름 (mm)	관두께 중심반경 (mm)	단면계수 (mm ³ /mm)	단면2차 모멘트 (mm ⁴ /mm)
40	22.00	2.667	5.333	150	77.70	15.36	73.73
50	27.75	3.375	7.594	200	102.3	22.04	126.7
75	41.55	5.802	17.11	250	126.4	33.61	238.6
100	53.45	8.402	29.83	300	150.5	48.17	494.0

5) 강화플라스틱복합관

강화플라스틱복합관은 복합재료로 되어 있어 재질이 균일하지 않으므로 균질 재료에 대하여 유도된 응력계산식으로는 관두께를 구할 수 없다. 따라서 강성관과 마찬가지로 내외압 합성식을 사용해서 설계내압이 그 관의 허용내압 이하가 되도록 하여 관중을 선정한다.

$$\left(\frac{P_H}{P_c/S}\right)^n + \left(\frac{H_P}{H_c/S}\right) = 1 \dots\dots\dots (5-27)$$

여기서, P_c : 내압이 0일 때의 파괴외압(N/cm²), 시험외압하중을 사용한다.

H_c : 외압이 0일 때의 파괴내압(N/cm²), 시험수압을 작용한다.

P_H : 내압이 H_P일 때의 (허용)파괴외압(N/cm²)(<그림 5-19> 참조)

H_P : 외압이 H_P일 때의 (허용)파괴내압(N/cm²)(<그림 5-19> 참조)

S : 안전율(2.0)

n : 관의 종류나 구조에 따라 결정되는 계수

(강화플라스틱복합관은 2.0으로 한다)

다. 변형률로부터 구하는 관두께 계산식

연성관의 변형에 대한 검토는 스팅글러(Spangler)의 수정식에 관내물중량, 관자중 및 노면하중 등을 고려하여 보정한 식(5-28)에 의한다.

$$\Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2$$

$$\Delta X_1 = F \frac{2(K \cdot W_V \cdot R^4 + K_O \cdot W_O \cdot R^5 + K_P \cdot W_P \cdot R^4)}{EI + 0.061E' \cdot R^3} \dots\dots\dots (5-28)$$

$$\Delta X_2 = \frac{2K \cdot W_W \cdot R^4}{EI + 0.061E' \cdot R^3}$$

여기서, ΔX : 수평변형량(m)

ΔX_1 : 장기하중에 의한 변형량(m) ΔX_2 : 단기하중에 의한 변형량(m)

W_V : 토압, 상재하중에 의한 연직하중강도(N/cm²)

W_O : 물의 단위중량(0.0098N/cm³)

W_P : 관체의 단위면적당의 중량(연장방향 1m의 조각에서 원주방향으로 m의 간격으로 절취한 것의 중량(N/cm²))

W_W : 노면하중, 패도하중, 불도저하중에 의한 연직하중강도(N/cm²)

R : 관두께 중심반경(m) F : 변형지연계수(보통 1.5로 함)

K, K_O, K_P : 기초의 설계지지각에 따라 결정되는 계수(<표 5-16> 참조)

E : 관재료의 탄성계수(N/cm²)(<표 5-17> 참조)

I : 관축방향을 축으로 한 관길이 1cm당 관벽의 단면2차모멘트(m⁴/m) ($I = t^3/12$)

E' : 매설토의 반력계수(N/cm²) (다짐 안한 것은 1.8이하, 다짐 m³을 85%이하는 7.0이하, 다짐을 86% 이상이면 14이하로 한다.)

<표 5-16> K의 표준치

기초설계지지각	0°	30°	60°	90°	120°	180°
K	0.110	0.108	0.103	0.096	0.089	0.083
K _o	0.107	0.104	0.096	0.085	0.075	0.065
K _p	0.215	0.208	0.191	0.169	0.149	0.131

수평변형량의 관두께 중심반경에 대한 비율은 식(5-29)로 표시된다.

$$\frac{\Delta X}{2R} \times 100(\%) = \frac{F(K \cdot W_V + K_O \cdot W_O \cdot R + K_P \cdot W_P) + K \cdot W_W}{EI/R^3 + 0.061E'} \times 100(\%) \dots\dots\dots (5-29)$$

관의 매설조건이 정해지면 식(5-31)에서 설계변형률($\Delta X/2R \times 100(\%)$)을 비롯하여 각 수치가 정해지므로 이것으로부터 I 의 값을 구하면 식(5-30)과 같다.

$$I = \frac{R^3}{E} \left\{ \frac{F(K \cdot W_V + K_O \cdot W_O \cdot R + K_P \cdot W_P) + K \cdot W_W}{\Delta X/2R} - 0.061E' \right\} \dots\dots\dots (5-30)$$

그런데 단면2차모멘트 I는 $bt^3/12$ 이므로 $b=1.0m$ 로 하면 식(5-30)에 따라 관두께 t를 구할 수 있다.

$$t \geq \sqrt[3]{12I} \dots\dots\dots (5-31)$$

최종관두께는 내외압으로부터 구하는 관두께 계산식에서와 같이 부식 및 관두께 공차여유를 고려하여 구한다. 따라서 관중선정은 상기의 변형률로부터 구한 관두께와 내외압에 의한 응력계산에서 구한 관두께를 동시에 만족시키는 관중을 선정한다. 한편 식(5-29)의 설계변형률($\Delta X/2R \times 100\%$)은 <표 5-5>의 설계변형률의 값을 사용한다.

변형률로부터 관두께를 구하는 방식은 경우에 따라서 단면 2차모멘트가 부(-)로 되는 일이 있다. 이것을 관의 실제변형률이 내외압 등의 조건에 의해서 설계변형률보다도 상당히 낮은 값으로 되기 때문이다. 이러한 경우에는 관두께의 결정에 있어서 변형율에 의한 관의 두께는 고려하지 않고 내외압으로부터 구하는 관두께에 의해서 관중을 선정한다. 그러나 강화플라스틱복합관은 복합재료에 의해서 만든 것이며 이 방법에 의해서 관두께를 구할 수 없으므로 다음의 방법으로 구한다. 즉 식(5-29)로부터 EI치를 구하고 그 값이 <표 5-18>에 제시한 EI값과 동일하거나 또는 그 이상이 되도록 관중을 선정한다.

<표 5-17> 관재의 탄성계수

관 종	E(kN/m ²)	관 종	E(kN/m ²)
덕타일주철관	156,800,000	경질염화비닐관	2,940,000
강 관	205,800,000	폴리에틸렌관	980,000

<표 5-18> 강화플라스틱복합관 EI 값

(단위 : kN m²/m)

호칭지름	1종	2종	3종	4종	5종
200	5,182	4,622	3,782	3,361	3,212
250	6,374	5,685	4,651	4,135	3,962
300	8,154	7,320	6,063	5,436	5,226
350	9,780	8,777	7,273	6,520	6,269
400	12,205	11,014	9,228	8,335	8,037
450	14,354	12,954	10,853	9,803	9,452
500	17,966	16,334	13,884	12,659	12,250
600	21,246	28,224	23,990	21,874	21,168
700	49,301	44,818	38,096	34,734	33,614
800	73,591	66,902	56,866	51,849	50,176
900	104,782	95,256	80,968	73,823	71,442
1,000	143,734	130,666	111,066	101,266	98,000
1,100	191,309	173,918	147,830	134,786	130,438
1,200	248,371	225,792	191,923	174,989	169,344
1,350	353,638	321,489	273,266	151,154	241,117
1,500	485,100	441,000	374,850	341,775	330,750
1,650	645,193	586,971	498,925	454,902	440,228
1,800	838,253	762,048	647,741	590,587	571,536
2,000	1,149,863	1,045,337	888,534	810,134	784,000
2,200	1,530,476	1,391,335	1,182,635	1,078,284	1,043,504
2,400	1,986,970	1,806,336	1,535,386	1,399,910	1,354,752
2,600	2,526,254	2,296,601	1,952,111	1,779,866	1,722,448
2,800	3,155,237	2,868,391	2,438,132	2,223,003	2,151,296
3,000	3,880,800	3,528,000	2,998,800	2,734,200	2,646,000

5.4 관체의 종단방향 설계

5.4.1 종단방향의 고려 하중

일반적으로 매설관에서 매설토에 의한 하중과 그 반력이 관의 종단방향의 모든 부분에 있어서 거의 균형이 되므로 종단방향으로 휨모멘트가 가해지지 않거나 또는 매우 적다고 볼 수 있으므로 종단방향의 강도는 보통의 경우에는 검토하지 않지만 지형 및 시공 조건에 따라 검토가 필요한 경우 종단방향의 하중을 고려한다.

그러나 다음과 같은 경우에는 관체의 종단방향에 대한 휨모멘트를 고려한다.

- 관체에 지지대를 설치하는 경우 또는 칼라부분이 지점으로 되는 경우
- 관의 한 끝이 콘크리트에 고정되어 있는 경우
- 대형자동차의 하중이 작용하는 경우(단, 콘크리트기초나 양호한 지반의 경우는 제외)

이러한 경우에는 관체가 하중에 대하여 안전하게 견딜 수 있는지의 여부를 확인하고 필요가 있을 때에는 다음의 대책을 강구하여야 한다. 특히 소구경관은 종단방향의 강도가 낮으므로 ① 종단방향의 보강 검토, ② 관중의 변경 검토, ③ 이음의 구조나 위치 및 시공방법 등의 재검토가 필요하다.

5.4.2 종단방향에 작용하는 휨모멘트

관의 종단방향의 강도는 식(5-32)에서 그 안전성을 검토한다.

$$M_R \geq S \cdot M \dots\dots\dots (5-32)$$

여기서, M_R : 관의 종단방향의 저항휨모멘트 M : 관에 작용하는 휨모멘트
 S : 안전율(2.0이상으로 한다. 단, 콘크리트관(RC관, PC관)은 1.5 이상으로 한다.)

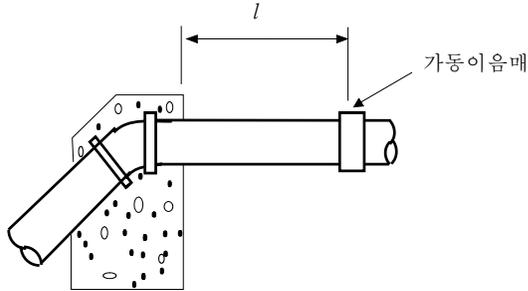
가. 종단방향에서 작용하는 휨모멘트

하중으로서는 토압, 상재하중, 관자중, 관내수량을 고려하지만 내수압은 벡터(vector)가 상이하므로 고려할 필요가 없다.

1) 지지대 위에 관체를 설치하는 경우

- ① 가동이음매의 경우 : 단순보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
- ② 고정이음매의 경우 : 연속보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.

2) 관체의 일부를 콘크리트로 고정하는 경우(<그림 5-21> 참조)



<그림 5-21> 관의 일부를 콘크리트로 고정하는 경우

- ① 보통흙기초의 경우 : 외팔보로 하여 최대휨모멘트를 구한다.
- ② 잘 다진 모래기초의 경우 : 탄성지반상의 외팔보로 하여 식(5-33~35)에 의해 최대휨모멘트를 구한다.

집중하중의 경우 (<그림 5-22>(a) 참조)

$$M_A = -\frac{P}{\lambda} \cdot \frac{\sin h\lambda l \cdot \cos \lambda l + \cos h\lambda l \cdot \sin \lambda l}{\cos h^2\lambda l + \cos^2\lambda l} \dots\dots\dots (5-33)$$

등분포하중의 경우 (<그림 5-22>(b) 참조)

$$M_A = -\frac{q}{2\lambda^2} \cdot \frac{\cosh^2\lambda l - \cos^2\lambda l}{\cos^2\lambda l + \cos^2\lambda l} \dots\dots\dots (5-34)$$

삼각형분포하중의 경우 (<그림 5-22>(c) 참조)

$$M_A = -\frac{q_0}{4\lambda^3 l} \cdot \frac{\sin 2\lambda l - \sin h 2\lambda l + 2\lambda l(\sin h^2\lambda l + \sin^2\lambda l)}{\cos h^2\lambda l + \cos^2\lambda l} \dots\dots\dots (5-35)$$

여기서, M_A : 고정단(<그림 5-22>의 A점)에 있어서의 휨모멘트(N·cm/cm)

P : 집중하중(N) l : 지간(m) (<그림 5-22> 참조) q, q_0 : 하중강도(N/cm)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{Kb}{4EI}} \quad (\lambda \text{는 라디안 표시}) \dots\dots\dots (5-36)$$

여기서, K : 지반(反力)계수(N/cm²) (<표 5-9> 참조)

I : 관의 단면 2차 모멘트(cm⁴)

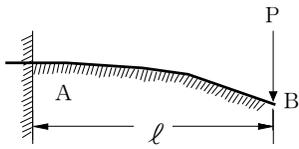
E : 관체의 탄성계수(N/cm²) (<표 5-10> 참조)

b : 관의 지지폭(m)($D_c \times \sin 2\theta / 2$) D_c : 관의 외경(m)

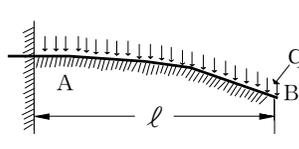
2θ : 기초의 설계지지각(°)

$$\sinh hx = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

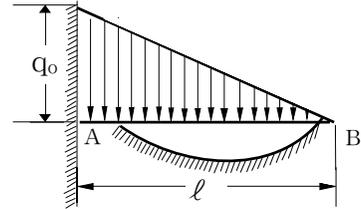
$$\cosh hx = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$



(a) 집중하중



(b) 등분포하중



(c) 삼각형분포하중

<그림 5-22> 하중의 작용형태

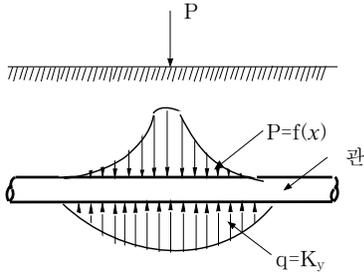
<표 5-19> 지반(反力)계수

흙의 종류	지반 계수 (kN/m ³)	
느슨한 모래	4,900 ~ 15,680	
중간다져진 모래	9,800 ~ 78,400	
다져진 모래	63,700 ~ 127,400	
점토섞인중간다져진모래	32,340 ~ 78,400	
실트섞인중간다져진모래	24,500 ~ 49,000	
점토성	$q_u \leq 196$	11,760 ~ 24,500
	$196 \leq q_u \leq 392$	24,500 ~ 49,000
	$q_u \geq 784$	49,000 이상

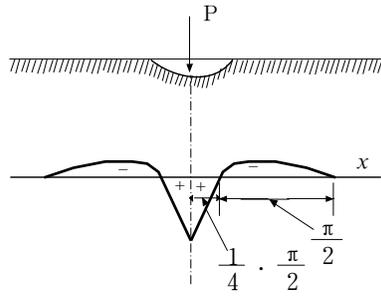
주 : q_u 는 일축압축강도(kN/m²)

3) 대형트럭 하중의 경우

자동차하중에 의해서 매설관의 일부에 하중이 작용하면 <그림 5-23>에서 보는 바와 같이 매설관은 휨 작용을 받게 된다. 이 때에 발생하는 응력은 지지상태에 따라 크게 좌우되나 도랑바닥이 평탄하게 탄성지지된 상태를 가정하는 것이 보통이므로 여기에서는 매설관을 탄성지반상에 포설한 것으로 하여 계산한다. 이 때 관전체에 걸친 토압, 상대하중, 관자중, 관내 물중량 등의 등분포하중은 관축방향의 휨모멘트를 산정하는 데는 고려하지 않는다.



(a) 분포하중



(b) 휨모멘트

<그림 5-23> 탄성지반상의 관에 작용하는 분포하중 및 발생휨모멘트

① $\lambda l > \pi$ 의 경우(무한길이의 보로 가정, <그림 5-24> 참조)

자동차하중의 흡속에서 분포는 Boussinesq공식에 의해 구한다. 두 개의 후륜 하중에 의한 연직하중의 분포가 중복되는 최소깊이는 약 1.2m이다. 한편 노면 밑에 관을 매설할 경우 매설깊이가 보통 1.2~1.5m이므로 후륜 1개에 대하여만 고려한다.

$$M_0 = M_{\max} = 2 \sum_{i=0}^n \frac{P_i}{4\lambda} e^{-\lambda x_i} (\cos \lambda x_i - \sin \lambda x_i) \dots \dots \dots (5-37)$$

$$P_i = \sigma_i \cdot D_c \cdot \Delta x \dots \dots \dots (5-38)$$

$$\delta_i = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{h^3}{(h^2 + x_i^2)^{5/2}} \cdot P(1+i) \dots \dots \dots (5-39)$$

여기서, M_0 : 탄성지반상의 관체에 생기는 최대모멘트(N·cm) (관의 중앙 0점에 발생한다.)

P_i : 등간격으로 세분한 임의의 연직하중(N)(단, P_0 는 한 개이므로 식(5-37)의 P_0 는 식(5-38)로 구한 값의 1/2로 한다.

σ_i : 임의 등구간의 각 중앙점에 작용하는 연직하중강도(N/cm²)

h : 지표면에서 관정까지의 깊이(cm)

x_i : 윤하중의 재하점에서 임의의 등간격구간의 중앙점까지의 거리(cm)
(0점으로부터 P_i 의 작용점까지의 거리)

D_c : 관의 외경(cm)

i : 충격계수

Δx : 등구간의 길이(cm)

λ : 식(5-36) 참조

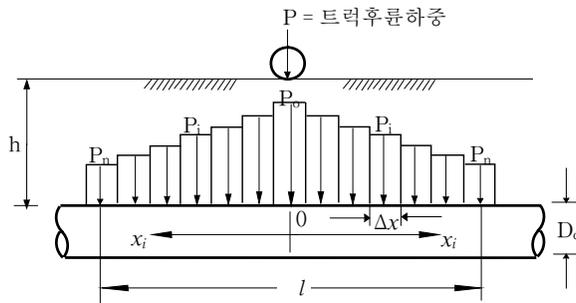
② $\lambda l < \pi$ 의 경우(유한길이의 보로 가정, <그림 5-24> 참조)

관의 이음부(고무링을 사용한 경우)를 자유지지로 생각하여 다음과 같은 방법으로 최대휨모멘트를 구한다. 자동차하중에 의해서 관에 작용하는 하중분포는 전항과

같으나 양단자유지지조건으로 인하여 관에 발생하는 내부응력은 전항 ①과 다르다. 이 경우, 종단방향의 최대휨모멘트는 후륜직하에 발생하고 그 값은 식(5-40)으로 구한다.

$$M_o = M_{\max} = \sum_{i=0}^n -\frac{P_i}{2\lambda} \frac{1}{\sinh\lambda l + \sin\lambda l} [\sinh\lambda x_i \{ \sin\lambda x_i + \sin\lambda(l-x_i) \} + \sin\lambda x_i \{ \sinh\lambda x_i + \sinh\lambda(l-x_i) \} + \cosh\lambda x_i \cdot \cos\lambda(l-x_i) - \cos\lambda x_i \cdot \cosh\lambda(l-x_i)] \dots\dots\dots (5-40)$$

여기서, l : 관 1개의 길이(cm), 그 밖의 기호설명은 전항 ①과 같다.



<그림 5-24> 매설관에 작용하는 트럭하중분포

나. 관의 저항휨모멘트

1) 강관, 플라스틱관(단일재료로 구성된 관)의 경우

$$M_R = \sigma_b \cdot Z \dots\dots\dots (5-41)$$

여기서 M_R : 관의 저항휨모멘트(N·cm)

σ_b : 관재료의 휨강도(kN/cm²) (<표 5-20> 참조)

Z : 관의 단면계수(cm³) $Z = (\pi/32) \times (D_c^4 - D^4)/D_c$

D_c : 관의 외경(cm) D : 관의 내경(cm)

<표 5-20> 관재료의 휨강도 σ_b (단위 : kN/cm²)

관 종	σ_b	관 종	σ_b
덕타일주철관	41.16	강관 SPW 41	40.18
강관 SPPS 38	37.24	강관 SPPS 38	0.38
경질염화비닐관	4.70	강관 SPPS 42	41.16
폴리에틸렌관	1.96	강관 SPP	29.40

주 : 휨강도 (σ_b)는 인장강도(σ_t)에 비하여 약간 크지만 설계상의 안전을 고려하여 인장강도의 값으로 한다.

<표 5-21> 강화플라스틱복합관(I류) 휨강도 σ_b (단위 : kN/cm²)

호칭지름(mm)	σ_b		호칭지름(mm)	σ_b	
	1, 2종	3, 4, 5종		1, 2종	3, 4, 5종
200	5.88	4.90	700	3.43	2.94
250~350	5.39	4.41	800~900	2.94	2.45
400~500	4.90	3.92	1,000	2.45	1.96
600	4.41	3.43	1,100~3,000	1.96	1.47

<표 5-22> 강화플라스틱복합관(II류) 휨강도 σ_b (단위 : kN/cm²)

호칭지름(mm)	σ_b			
	1종	2종	3종	4, 5종
500	3.92	3.92	384.16	384.16
600	3.92	3.43	384.16	336.14
700	3.43	2.94	336.14	288.12
800~900	3.43	2.94	336.14	288.12
1,000	2.94	2.94	288.12	288.12
1,100~2,000	2.94	2.45	288.12	240.10

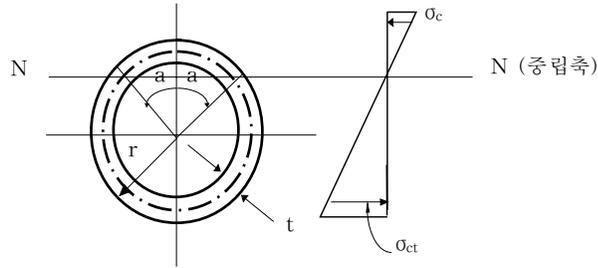
2) 원심력 철근콘크리트관의 경우

$$M_R = r \sigma_{ct} \left(2rt + \frac{A_s n'}{\pi} \right) \beta \dots \dots \dots (5-42)$$

$$\beta = \frac{1}{1 + \cos \alpha} \left[\left\{ \frac{\sin \alpha + (\pi - \alpha) \cos \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha} \left\{ a \left(\frac{1}{2} + \cos^2 \alpha \right) - \frac{3}{4} \sin 2\alpha \right\} + (\pi - \alpha) \left(\frac{1}{2} + \cos^2 \alpha + \frac{3}{4} \sin 2\alpha \right) \right\} \right] \dots \dots \dots (5-43)$$

$$\frac{n'}{n} \frac{2\pi r t + A_s n'}{2\pi r t + A_s n} = \frac{\sin \alpha + (\pi - \alpha) \cos \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cos \alpha} \dots \dots \dots (5-44)$$

- 여기서, M_R : 관의 저항모멘트(N·cm) t : 관두께(cm)
 α : 중립축의 연직선과 이루는 각($^\circ$) (<그림 5-25> 참조)
 σ_{ct} : 관두께 중심 콘크리트의 휨인장응력(N/cm²) (보통 441N/cm²로 함)
 A_s : 종철근의 단면적(cm²) $n : E_s/E_{cc} = 9$ $n' : E_s/E_{ct} = 18$
 r : 관두께 중심반경(cm)



<그림 5-25> 철근콘크리트 관의 단면

3) 코어식 프리스트레스트 콘크리트관의 경우

코어식 프리스트레스트 콘크리트관에 있어서 강선을 감았을 때 종단방향의 휨응력에 대한 검토를 하면 다음과 같다.

가) 원주방향으로 감았을 때 종단방향에 작용하는 휨모멘트에 의해서 코어 콘크리트에 작용하는 연응력(緣應力)

$$\sigma_{cp} = 0.16\sigma_{ct} \dots\dots\dots (5-45)$$

여기서, σ_{cp} : 원주방향으로 감았을 때 종단방향에 작용하는 휨모멘트에 의해서 코어 콘크리트의 종방향에 발생하는 연응력(N/cm²)

σ_{ct} : 원주방향프리스트레스 도입직후의 코어콘크리트 압축응력(N/cm²)

σ_{cl} : 코어콘크리트 안정후의 유효프리스트레스(N/cm²)

n : 안정후의 프리스트레스유효율(보통 0.85)

나) 종단방향에 도입하는 유효프리스트레스

$$\sigma_{cl} = \sigma_{cp} - f_c \dots\dots\dots (5-46)$$

여기서, σ_{cl} : 종단방향에 도입하는 유효 프리스트레스(N/cm²)

σ_{cp} : 식(5-45)에 한함

f_c : 원주방향 프리스트레스 도입시 콘크리트의 허용휨응력(N/cm²), f_c 는 보통 294N/cm² 정도를 취할 수 있으나 안전을 고려하여 무시한다.

다) PC강선에 의한 평균 프리스트레스

○ 프리스트레스 도입 후 PC강선 1개당 인장력

$$F_{lt} = \frac{F_{li}}{1 + n' \cdot \frac{aN}{A}} \dots\dots\dots (5-47)$$

- 여기서, F_{lt} : 프리스트레스 도입후의 PC강선 1개당의 인장력(N)
 F_{li} : 프리스트레스 도입전의 pc강선 1개당의 인장력(N), 보통 88.2kN
 n : 프리스트레스 도입시의 탄성계수비, $n'=E_p/E_{ci} = 6.7$
 N : PC강선개수
 E_{ci} : 프리스트레스 도입시의 콘크리트의 탄성계수(N/cm²)
 E_p : PC강선의 1개 탄성계수(N/cm²) a : PC강선 1개의 단면적(cm²)
 A : 코어콘크리트의 단면적(cm²), $\{\pi(r+t)^2 - r^2\}$
 r : 관내반경(cm) t : 코어콘크리트의 두께(cm)

○ 프리스트레스 도입후의 콘크리트의 평균 압축응력

$$\sigma_{ct} = \frac{F_{lt} N}{A} \dots\dots\dots (5-48)$$

- 여기서, σ_c : 코어콘크리트 단면에 있어서의 PC강선의 위치에 따른 프리스트레스분포계수(보통 1.6)
 σ_{ct} : 식(5-48)에 의함

따라서 코어식 프리스트레스트콘크리트관의 경우에는 이상의 계산결과에 의하여 $\sigma_c > \sigma_{cl}$ 을 충족하면 된다.

5.5 경사관로의 설계

5.5.1 경사관로의 정의

경사관로는 등고선에 대하여 거의 직각방향으로 배관된 것이거나 지수벽 등 특별한 공법을 필요로 하는 중단기울기 이상의 것 또는 되메움 흙이 안정되어 있고 매설관로가 될 수 있는 중단경사 이하의 것 등 3개 조건에 해당하는 것을 말하며, 원지반, 관체, 되메움 흙의 안정에 대하여 검토한다.

5.5.2 검토 사항

경사관로의 검토에 있어서는 일반적인 검토사항에 대하여 다음 항목을 추가로 검토한다.

가. 원지반의 안정

매설관로가 안정하기 위해서는 원지반 자체가 안정되어 있어야 한다. 따라서 노선선정에 있어서는 원지반의 붕괴, 산사태, 침식 등이 생기는 외에 지하수의 용출이나 유하에 의하여 관로의 시공 및 그 유지에 대한 지장이 생기지 않도록 특히 유의한다.

나. 관체의 안정

경사에 의하여 관체가 흘러내리지 않도록 관체가 안정되는 것이다. 관체의 안정은 포설경사, 토질조건, 기초공의 종류, 관중 등과의 관계에 대하여 검토한다.

다. 되메움흙의 안정

관체의 되메움흙이 안정되어야 하는데 지형경사, 토질조건 및 지하수 상황 등으로 보아 관포설 후의 되메움흙이 안정되어 있어야 된다. 이 조건이 만족되지 않으면 매설관로는 성립되지 않는다. 경사가 커지면 되메움의 시공이 곤란해지기 때문에 되메움 재료를 개량하여 사용하도록 한다.

5.5.3 원지반경사의 안정

경사면의 안정은 주로 원지반의 전단저항과 자중의 균형으로 유지되고 있다. 그러나 호우나 지하수의 침투 등에 의한 간극수압의 증대, 토석유하의 발생, 지진의 진동에 의한 영향, 인공적인 굴착, 절토와 성토 등에 의하여 가끔 원지반이 붕괴 되는 일이 있다. 그 원인의 대부분이 복합적이며 지질과도 관련되어 있다. 또 이 차원 단면에서의 슬라이딩에 관한 분할법 등에 의한 안정해석도 행하고 있으나, 해석지역 전체의 정확한 토질의 파악이 곤란한 문제가 있다. 그러나 관로의 안정을 보전하기 위해서는 사면붕괴, 표층붕괴(표층붕괴, 깊은사면 붕괴), 산사태(암반 사태, 풍화암 사태, 붕괴토지 사태, 점질토질 사태), 토석흐름 등의 위험지대를 피한 노선 선정을 행하는 외에 현지의 상황에 따른 필요한 대책을 강구하는 것이 필요하다. 따라서 경험이 풍부한 지질전문가와 함께 원지반의 안정에 관한 조사와 해석을 시행하여 안정된 원지반을 고려한 노선을 선정한다.

5.5.4 관체의 안정

가. 관로 기울기의 상한

경사관로배관에 있어서는 관체의 안정은 일반적으로 관과 흙의 마찰저항 또는

관기초와 흙의 마찰저항에 의하여 유지되고 있다. 이론적으로는 점착력이나 측면 토압에 의한 마찰저항력도 있으나 특히 이들의 계수가 명확한 것 외에는 관체저면 또는 기초공 저면의 마찰저항력을 대상으로 하여 검토한다.

경사관로 검토에 관련된 인자는 관의 포설기울기, 토질조건(지하수조건), 기초공의 종류, 관중 등이다. 토질조건에는 흙의 내부마찰각, 흙과 관체저면 또는 흙과 기초공 저면의 마찰저항계수, 단위중량, 간극수압 등이 있다. 또 관체가 안정하기 위한 저항력은 관의 활동력에 대하여 안전율 1.5이상을 확보하는 것으로 한다. 점착력을 고려하지 않는 경우, 관체가 안정한 관로기울기의 상한경사각은 식(5-49)로 표시할 수 있다.

$$\tan i \leq \mu / F_s \dots\dots\dots (5-49)$$

여기서, i : 관로기울기의 상한경사각 μ : 흙과 관의 마찰계수 F_s : 안전율(=1.5)
 지금 위식의 관계에서 흙과 관의 마찰계수 μ 와 관로기울기(상한)의 관계를 표시한다.

본 예에 있어서의 관로 기울기의 상한은 콘크리트관의 경우 18°, 경질염화비닐관의 경우 11°로 된다. 또 콘크리트 기초와 흙의 사이에서는 흙의 내부마찰각이 25°의 경우는 관로기울기의 상한은 17°, 30°에서는 21°로 된다.

<표 5-23> 흙과 관의 마찰계수와 관로기울기(상한)의 관계

기초의 종류	관의 종류	μ	관로기울기의 상한선
모래·흙기초	콘크리트관 강관 덕타일주철관	0.5	$0.5/1.5 = 0.33 \rightarrow 18^\circ$
	경질염화비닐관 폴리에틸렌관 강화프라스틱관	0.3	$0.3/1.5 = 0.20 \rightarrow 11^\circ$
콘크리트기초		$\tan\delta$	$\tan 25^\circ \rightarrow 0.47/1.5 = 0.31 \rightarrow 17^\circ$ $\tan 30^\circ \rightarrow 0.58/1.5 = 0.38 \rightarrow 21^\circ$

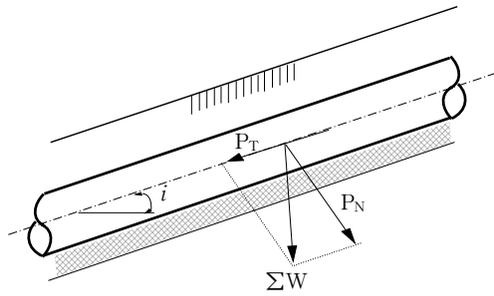
- 주: 1) 콘크리트와 흙의 마찰계수는 $\mu = \tan\delta$ (δ : 마찰각)로 한다.
 2) 현장타설콘크리트의 경우는 $\delta = \phi$ (기초지반의 내부마찰각 25°~30°)로 한다.

나. 활동에 대한 안전율의 검토

활동에 대한 안전율은 다음식을 만족해야 한다.

$$F_s = \frac{\text{활동에 대한 저항력}}{\text{활동력}} \quad F_s = \frac{P_N \mu + cA}{P_r} \geq 1.5 \dots\dots\dots (5-50)$$

- 여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(1.5이상) A : 바닥면적(m^2)
 P_N : 전중량 ΣW 의 수직성분(N), $P_N = \Sigma W \cdot \cos i$
 P_T : 전중량 ΣW 의 접선성분(N), $P_T = \Sigma W \cdot \sin i$
 μ : 저면과 기초지반 사이의 마찰계수(기초지반이 흙인 경우 μ 의 값이 0.6을 넘지 않는 것으로 한다.)
 c : 저면과 기초지반과의 점착력(통상은 $c=0$ 으로 하고 점착력을 확실히 확인할 수 있는 경우에는 이를 고려해도 좋다.)



<그림 5-26> 경사부 관로의 활동

다. 활동방지공법의 검토

안정된 원지반에 포설된 경사관로에 있어서는 활동에 대한 안전율이 만족되지 않는 경우 별도 안전공법을 검토할 필요가 있다. 그 안정공법으로서 일반적으로는 관로기울기(경사각)에 따른 기초공이 채용되고 있고 과거의 사례 등을 참고로 취합하면 <표 5-24>와 같다.

공법의 선정에 있어서는 관중, 관의 포설기울기, 기초재의 종류, 원지반의 강도 등을 종합적으로 검토하여 결정한다. <표 5-24>중 일반적인 콘크리트 기초이외의 기초공에 대해서 고려하는 방법이나 계산방법을 표시하면 다음과 같다.

<표 5-24> 경사관로에 있어서의 기초공

관로기울기 (경사각 i)	기 초 공
15°~20°	콘크리트 기초
20°~30°	콘크리트 단절(段切)기초
30°~40°	콘크리트 앵커기초
40°~50°	전면감기 콘크리트 단차(段差)기초

- 주: 1) 단차기초란 단절(段切)이 연속한 기초를 말한다.
 2) 경사각이 50°를 넘는 경우는 토압작용의 유무 등을 포함하여 별도 검토를 한다.

1) 콘크리트 단절기초(段切基礎)

단절간의 경사부에 있어서의 활동력에 대하여 그 구간의 마찰저항력과 아래의 방향의 단절수평부에 있어서의 전중량에 의한 마찰저항력과 저항하는 기초공이다.

단절기초에 대해서는 활동에 대한 검토를 한다. 활동에 대한 안전율은 식(5-51)에 의하여 구한다.(<그림 5-27> 참조)

$$F_s = \frac{\mu(\sum W_1 \cos i + \sum W_2) + cA}{\sum W_1 \sin i} \geq 1.5 \dots\dots\dots (5-51)$$

여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(1.5이상)

μ : 흙과 콘크리트의 마찰계수, $\mu = \tan\Phi$

Φ : 흙의 내부 마찰각($^\circ$)

i : 관의 경사각(관의 중심선과 수평면과 이루는 각)($^\circ$)

$\sum W_1$: 경사부의 전중량(N), $\sum W_1 = W_{P1} + W_{W1} + W_{C1} + W_{S1}$

$\sum W_2$: 단절수평부의 전중량(N), $\sum W_2 = W_{P2} + W_{W2} + W_{C2} + W_{S2}$

W_P : 관의 중량(N)

W_W : 관내물중량(N)

W_C : 기초콘크리트의 중량(N)

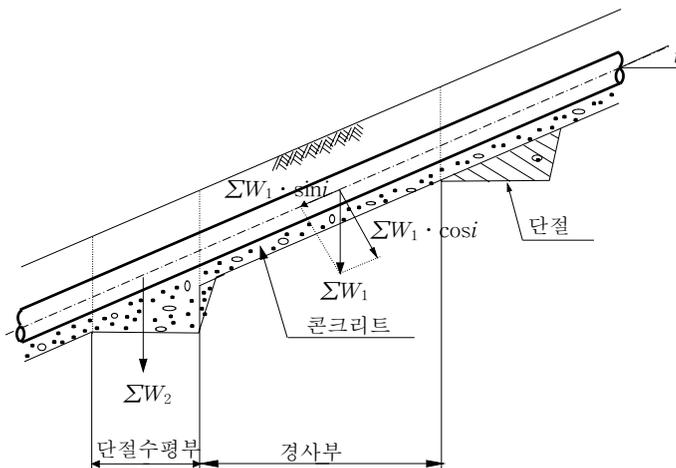
W_S : 되메움 흙 무게(N)

※ 첨자 1. 경사부, 2 단절수평부를 표시함

c : 저면과 기초지면간의 점착력(통상은 $c=0$ 으로 하고 점착력이 확실한 경우만을 고려해도 좋다.

A : 점착력을 고려하는 부분의 면적(cm^2)

더욱 단절 뒷면의 절토 경사부는 급경사이기 때문에 활동은 면직성분이 주이기 때문에 계산의 편의상 무시한다. 단절부의 수평장은 1.0m이상으로 한다.



<그림 5-27> 콘크리트 단절기초

2) 콘크리트 앵커기초

콘크리트 앵커기초가 분담하는 관길이(앵커기초부분을 제외)에 해당하는 활동력에 대하여 앵커기초부의 전중량에 의한 마찰저항력과 관로부에 있어서의 마찰저항력에 저항하는 기초공이다. 앵커볼트에 대하여 활동 및 경사면 위의 기초의 지지력을 검토한다. 활동에 대한 안전율은 식(5-52)에 의하여 구한다.(<그림 5-28> 참조)

$$F_s = \frac{\mu_1 \Sigma W_1 \cos i + \mu_2 \Sigma W_2 + cA}{\Sigma W_1 \sin i} \geq 1.5 \dots\dots\dots (5-52)$$

여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(1.5이상)

μ_1 : 관로부의 마찰계수(μ_p 와 μ_s 중 작은 쪽의 값)

μ_2 : 흙과 콘크리트의 마찰계수, $\mu_2 = \tan \Phi$

μ_p : 흙과 관의 마찰계수(<표 5-23> 참조)

μ_s : 흙과 흙의 마찰계수, $\mu_s = \tan \Phi$ Φ : 흙의 내부마찰각(°)

i : 관의 경사각(관의 중심선과 수평면과 이루는 각)(°)

ΣW_1 : 관로부의 전중량(N)

$\mu_p \geq \mu_s$ 의 경우 $\Sigma W_1 = W_{P1} + W_{W1} + W_F + W_{S1}$

$\mu_p < \mu_s$ 의 경우 $\Sigma W_1 = W_{P1} + W_{W1} + W_{S1}$

ΣW_2 : 앵커기초의 전중량(N), $\Sigma W_2 = W_{P2} + W_{W2} + W_C + W_{S2}$

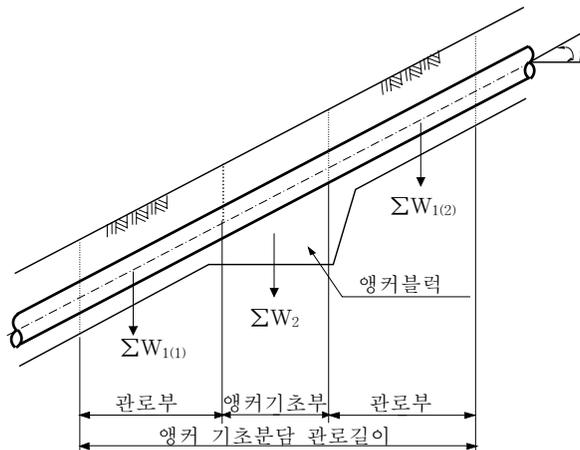
W_p : 관의 중량(N) W_w : 관내물중량(N) W_F : 관기초의 중량(N)

W_S : 되메움 흙의 무게(N) W_C : 앵커볼트의 무게(N)

※ 첨자 1. 관로부, 2 앵커 기초부를 표시함

c : 저면과 기초지반 사이의 점착력(통상은 $c=0$ 으로 하고 점착력이 확실한 경우만을 고려해도 좋다.)

A : 점착력을 고려하는 부분의 면적(cm^2)



<그림 5-28> 콘크리트 앵커기초

또한 앵커블록 배면의 절토경사부는 급경사이기 때문에 활동력은 연직성분이 주이므로 계산의 편의상 무시한다. 지지력에 대한 검토는 식(5-53)에 의한다.

$$\Sigma V \leq R_a \dots\dots\dots (5-53)$$

여기서, ΣV : 연직하중(N) R_a : 사면상 기초의 허용연직지지력(N)

지지력을 검토하는 경우의 앵커블록에 작용시키는 관로부의 하중은 활동의 소요안전율 1.5에 대하여 부족한 힘 P_s 로 한다.

$$P_s = 1.5 \cdot \Sigma W_1 \cdot \Sigma \sin i - \mu_1 \cdot \Sigma W_1 \cdot \cos i \dots\dots\dots (5-54)$$

여기서, 기호는 활동에 대한 안전율을 참조할 것.

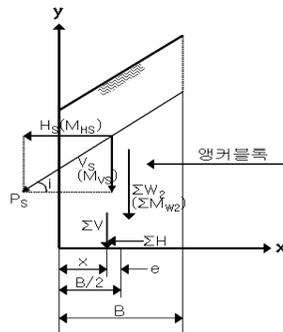
앵커블록의 하중모식도는 <그림 5-29>와 같이 된다. <그림 5-29>에 따라 앵커블록의 안정계산을 하면 아래와 같이 된다. 그림 중에서 ()안의 M은 각 하중에 의한 원점 0에 관한 모멘트이다.

부족력의 연직분력 $V_s(N)$

$$V_s = P_s \cdot \sin i \dots\dots\dots (5-55)$$

부족력의 수평분력 $H_s(N)$

$$H_s = P_s \cdot \cos i \dots\dots\dots (5-56)$$



<그림 5-29> 앵커블록 하중모식도

연직하중 $\Sigma V(N)$

$$\Sigma V = V_s \cdot \Sigma W_2 \dots\dots\dots (5-57)$$

수평하중 $\Sigma H(N)$

$$\Sigma H = H_s \dots\dots\dots (5-58)$$

모멘트 $\Sigma M(N \cdot cm)$

$$\Sigma M = M_{V_s} + \Sigma M_{W_2} - M_{H_s} \dots\dots\dots (5-59)$$

합력의 작용위치(원점 0에서의 거리) x (cm)

$$x = \Sigma M / \Sigma V \dots\dots\dots (5-60)$$

편심거리 e (cm)

$$e = B/2 - x \dots\dots\dots (5-61)$$

앵커블럭 기초면의 수평장은 1.0m이상으로 한다.

3) 감아부침 콘크리트 단차기초

사면경사가 급한 장소에서는 되메움 부분의 안전성을 고려하여 되메움부도 포함하여 콘크리트 감아부침구조로 한다. 이런 장소의 기초는 단절이 연속한 단차기초로 함으로써 굴곡부의 스ラスト력의 수평분력이외의 활동력이 작용하지 않도록 하는 것이다.

따라서 구조전체를 단차기초로 하여 활동 및 사면상 기초의 지지력(지형에 의하여 수평지반의 지지력)을 검토한다. <그림 5-30>에 의하여 감아부침 콘크리트 단차기초의 안정계산을 하면 아래와 같이 된다.(그림 ()안의 M 은 각 하중에 의한 원점 0에 관한 모멘트이다.)

연직하중 $\Sigma V(N)$

$$\Sigma V = \Sigma W - P_{V1} + P_{V2} \dots\dots\dots (5-62)$$

수평하중 $\Sigma H(N)$

$$\Sigma H = P_{H1} - P_{H2} \dots\dots\dots (5-63)$$

모멘트 $\Sigma M(N \cdot cm)$

$$\Sigma M = \Sigma M_W - M_{PV1} - M_{PH1} + M_{PV2} + M_{PH2} \dots\dots\dots (5-64)$$

합력의 작용위치(원점에서의 거리) x (cm)

$$x = \Sigma M / \Sigma V \dots\dots\dots (5-65)$$

편심거리 $e(cm)$

$$e = B/2 - x \dots\dots\dots (5-66)$$

지반반력도 $q_1, q_2(N \cdot cm)$

$$q_1, q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots (5-67)$$

여기서, $e=B/6$ 의 경우는 별도 삼각형 분포의 식에 의한다.

활동조사(照査)의 지반반력도 $q_3(N/m)$

$$q_3 = q_1 - (q_1 - q_2) \cdot B_s / B \dots\dots\dots (5-68)$$

활동조사에 사용하는 연직력 $\Sigma V'(N)$

$$\Sigma V' = (q_1 + q_3) \cdot B_S / 2 \dots\dots\dots (5-69)$$

여기서, ΣW : 구조물의 전중량(N), $\Sigma W = W_P + W_W + W_C$

W_P : 관의 중량(N)

W_W : 관내 물중량(N)

W_C : 감아부침 콘크리트의 중량(N)

P_V : 굴곡부 스ラスト력의 연직분력(N)

P_H : 굴곡부 스ラスト력의 수평분력(N)

ΣM_W : 구조물 전중량에 의한 모멘트(N · cm)

M_{PV} : 굴곡부 스ラスト력의 연직분력에 의한 모멘트(N · cm)

M_{PH} : 굴곡부 스ラスト력의 수평분력에 의한 모멘트(N · cm)

$$\omega = 45^\circ + \Phi / 2 - \Theta$$

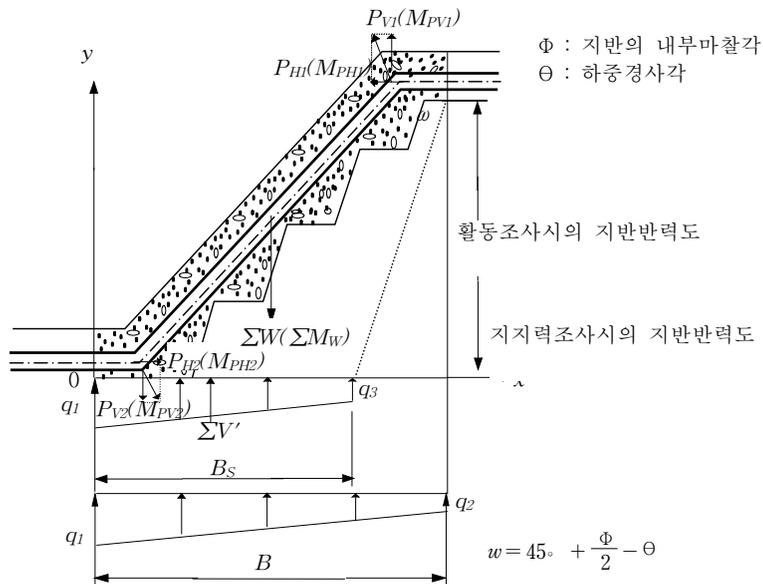
Φ : 기초지반의 내부마찰각($^\circ$)

Θ : 하중경사각($^\circ$), $\Theta = \tan^{-1}(\Sigma H / \Sigma V)$

B : 지지력조사에 사용하는 기초폭(m)

B_S : 활동조사에 사용하는 기초폭(m), $B_S = B - h_r \cdot \cot \omega$

h_r : 기초면의 고저차(m)



<그림 5-30> 감아부침 콘크리트 단차기초

활동에 대한 안전율은 식(5-70)에 의하여 구한다.

$$F_s = \frac{\mu \Sigma V' + cA}{\Sigma H} \geq 1.5 \quad \dots\dots\dots (5-70)$$

여기서, F_s : 활동에 대한 안전율(1.5이상)

μ : 흙과 콘크리트의 마찰계수, $\mu = \tan \Phi$

Φ : 흙의 내부마찰각($^\circ$)

ΣV : 활동조사에 사용하는 연직력(tf)

ΣH : 수평하중(N)

c : 저면과 기초지반 간의 점착력(N/cm 2)(통상은 $c=0$ 으로 하고, 점착력이 확실하게 보일때만 c 를 고려하여도 좋다.)

A : 유효재하면적(cm 2), $A = (B - 2e) \times (\text{오행폭})$

B : 기초폭(cm) e : 편심거리(cm)

지지력에 대한 검토는 식(5-71)에 의하여 한다.

$$\Sigma V \leq R_a \quad \dots\dots\dots (5-71)$$

여기서, ΣV : 연직하중(N)

R_a : 비탈면상의 기초의 허용연직지지력(N)

지형에 의하여 수평지반의 허용연직지지력으로 되는 경우도 있다. R_a 의 산출 방법에 대해서는 다음 4)를 참조할 것

4) 비탈면위의 기초의 허용연직지지력

비탈면 위의 기초의 허용연직 지지력은 다음 식에 의하여 구한다.

$$R_a = R_u / n \quad \dots\dots\dots (5-72)$$

$$R_u = A' \cdot q_f \quad \dots\dots\dots (5-73)$$

$$q_f = \frac{q_l - q_{b0}}{R} \cdot \frac{b}{B'} + q_{b0} \quad \dots\dots\dots (5-74)$$

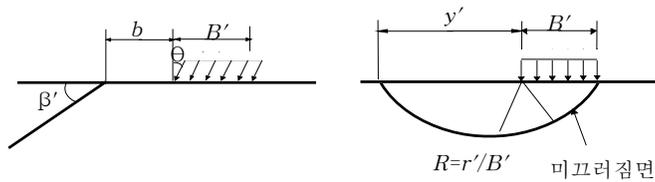
$$q_l = \alpha \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \beta \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_r + p_0 \cdot N_q \quad \dots\dots\dots (5-75)$$

$$q_{b0} = \eta \left(\alpha \cdot c \cdot N_c' + \frac{\eta}{2} \cdot \beta \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma}' \right) \quad \dots\dots\dots (5-76)$$

여기서, R_a : 기초지반의 허용연직지지력(N)

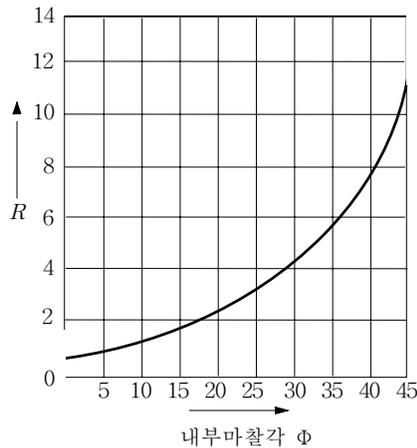
R_u : 하중의 편심경사 및 비탈면상의 기초로 독마루여유폭을 고려한 기초지반의 극한연직지지력(N)

- n : 안전율, 3(상시) A' : 유효재하면적(cm^2)
 q_f : 하중의 편심경사 및 비탈면상의 기초로 독마루여유폭을 고려한 기초지반의 극한연직지지력도(N/cm^2)
 q_d : 하중의 편심경사를 고려한 수평지반에 있어서의 극한연직지지력도(N/cm^2)
 q_{bo} : 경사면상 기초에 있어 하중단이 비탈 끝에 있는 상태($b=0$)에서의 극한 연직지지력도(N/cm^2)(기초지반이 평탄한 경우에는 $q_f=q_{bo}$ 로 된다.)
 R : 수평지반에 있어서의 미끄러짐(면연단)과 하중단과의 거리 γ' 과 재하폭 B' 와의 비($R=r'/B'$ (<그림 5-31> 참조))



<그림 5-31> 기호설명도

- b : 비탈면의 기초에 있어서의 전면여유폭(cm) B : 기초폭(cm)
 B' : 유효재하폭(cm), $B' = B - 2e$ e : 편심거리 (cm)
 c : 기초지반의 점착력(N/cm^2) γ : 기초지반의 단위체적중량(N/cm^3)
 P_o : 상재하중(N/cm^2) α, β : 기초의 형상계수



<그림 5-32> R의 값을 구하는 그래프

<표 5-25> 형상계수

형상계수 \ 기초저면의상태	띠 상	정방형, 원형	장방형, 타원형
α	1.0	1.3	$1 + 0.3B'/D$
β	1.0	0.6	$1 - 0.4B'/D$

주) $B'/D > 1$ 의 경우, $B'/D = 1$ 로 한다.

D : 오행폭(奥行幅) (m)

N_c, N_r, N_q : 하중의 경사를 고려한 수평지반에 있어서의 지지력 계수, 지반의 내부마찰각 Φ 및 하중의 경사 $\tan\theta(=\Sigma H/\Sigma V)$ 에 의하여 구하여진다.

ΣV : 기초저면에 작용하는 연직하중(N) ΣH : 기초저면에 작용하는 수평하중 (N)

η : 단절(段切)기초를 사용하는 경우의 보정계수($\eta = 1 - m \cdot \cot\omega$)
 (단, 기초저면이 평탄한 경우 $\eta = 1$, $\eta \cdot B' \leq a$ 의 경우 $\eta \cdot B' = a$
 (<그림 5-33> 참조))

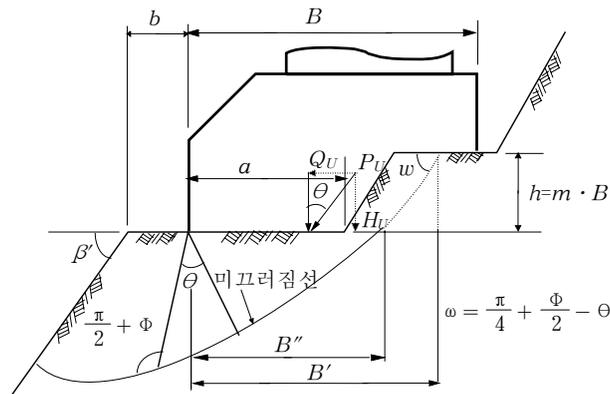
m : 단절고 h 의 기초폭 B 와의 비, $m = \Sigma h/B$

$$\omega = 45^\circ + \Phi/2 - \theta$$

θ : 하중의 경사각($^\circ$), $\theta = \tan^{-1}(\Sigma H/\Sigma V)$

N_c', N_r' : 하중경사 및 사면경사를 고려한 지지력계수인데 기초지반의 내부 마찰각 Φ , 하중의 경사 θ , 사면경사 β' 에 의하여 구하여진다.

β' : 사면경사각($^\circ$)



<그림 5-33> 단절(段切)기초의 미끄러짐 면

5.5.5 되메움 흙의 안정

되메움 흙의 안정은 흙의 마찰저항력 및 점착력에 의하여 안정되어 있고, 되메움 흙의 표면이 우수 등에 의하여 침식되지 않을 것 등 2가지 조건을 만족시킬 필요가 있다. 이 중 흙의 마찰저항에 의한 안정은 관체안정의 검토와 같은 마찰계수를 사용하면 관체가 안정되면 되메움 흙도 안정한다. 또 되메움 흙은 흙과 접촉하는 부분도 있기 때문에 이 부분에 대해서는 점착력도 볼 수가 있다. 따라서 관체보다도 일층 안전측으로 되는 것이 일반적이다.

다음에 우수에 의한 되메움흙 표면의 침식에 대해서는 ① 물길이 되기 쉬운凹지를 피하여 비탈 끝에 노선을 선정할 것, ② 되메움 흙이 안착될때까지는 필요에 따라 그물공, 축책공, 식생공 등으로 보호하도록 한다.

급경사부 매설관로의 사례로는 경사각이 30~40°의 범위에서는 소일시멘트(soil-cement) 처리공법(기초재, 되메움재에 소일시멘트를 사용 : 5~10%의 시멘트량을 혼입하는 경우가 많다), 경사각이 40°이상에서는 콘크리트처리공법(완전 감아부침콘크리트 되메움함)이 채용되고 있다.

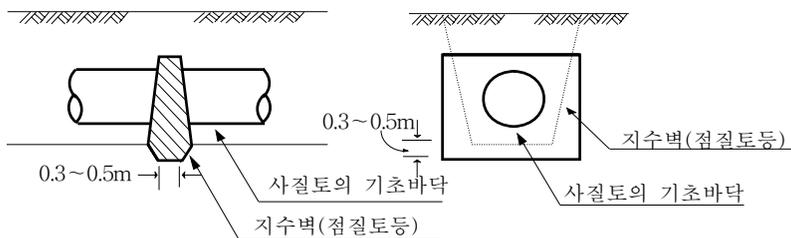
또 근대는 원지반경사면의 안정을 목적으로 하여 개발된 연속섬유 보강토공법(연속한 폴리에스터 섬유를 모래속에 3차원적으로 혼입시킴으로서 모래의 겉보기 점착력, 전단저항각을 증대시키는 공법)등을 검토하여 시공할 수 있다.

5.5.6 지수벽의 설치와 용출수대책

가. 지수벽의 설치

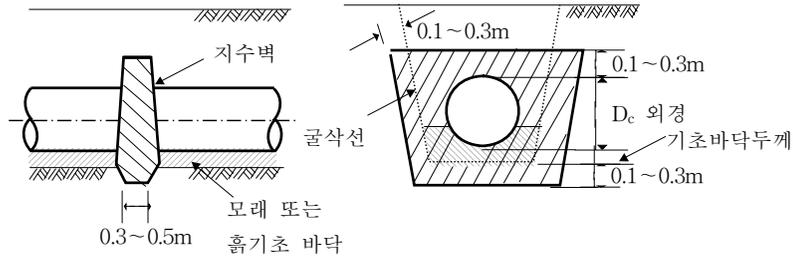
경사면에 따라 관체를 포설하는 경우에는 전절에 기술한 관체안정의 조건을 만족시키는 외에 필요에 따라 지하수대책을 검토한다.

기초바닥에 투수성이 높은 모래나 사질토 등의 재료를 사용하는 경우는 기초바닥이 물길이 되어 세굴되는 것을 방지하기 위해 필요에 따라 불투수성의 점토 등으로 지수벽을 설치할 수 있다.<그림 5-34> 참조) 더욱 이 경우에는 횡단방향에의 드레인 등을 설치하여 기초바닥부의 지하수위 상승을 방지해야 한다.



<그림 5-34> 지수벽의 예

지수벽은 관체의 경사가 10~15°의 경우는 관체 2~3본에 한 개소정도, 10°미만의 경우는 필요하다고 인정되는 경우에만 설치하는 것으로 한다.



주 : 300mm이상은 그림중의 최대 치수를 300mm미만은 그림중의 최소치 수를 사용한다.

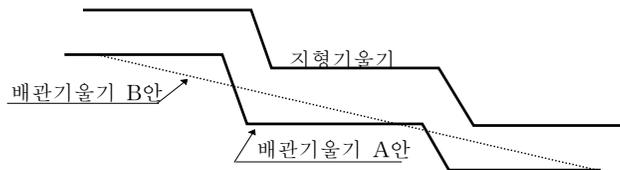
<그림 5-35> 지수벽 치수의 표

나. 용출수대책

관체의 포설구에 용수가 있고, 시공중 및 시공후에 있어 기초모래가 유실할 염려가 있는 경우는 배수대책을 우선 시행하고 그래도 부족할 경우는 드레인의 설치, 유실하지 않는 기초공의 채용 등에 대하여 검토하는 것으로 한다. 유실하지 않는 기초공에는 쇠석기초, 콘크리트기초 등이 있다.

5.5.7 단락부(段落部)에 있어서의 포설기울기

단차가 있는 지형에서 상하방향에 배관하는 경우의 관로기울기는 지형기울기보다 완경사의 포설을 검토할 필요가 있다. 토공비와 부대공사비(곡관, 앵커블록, 공기밸브, 맨홀 등의 공사비)를 합하면 완경사로 하는 것이 유리한 경우가 있으므로 검토하도록 한다.



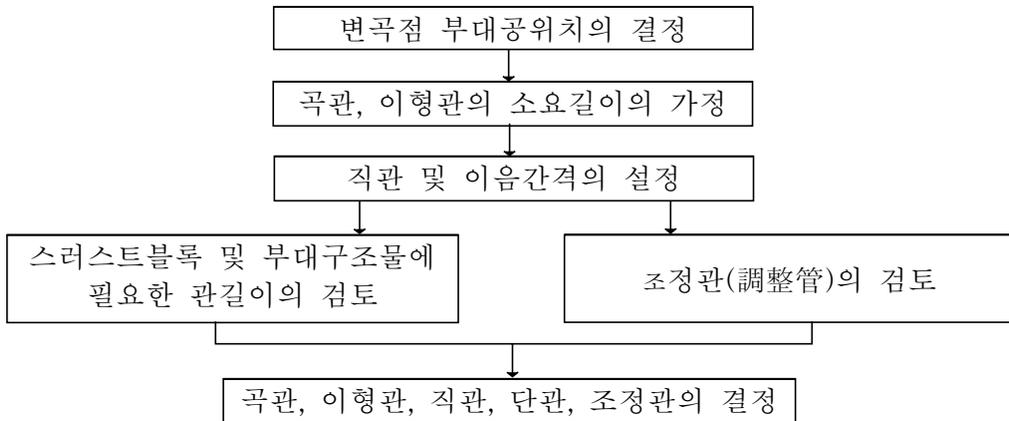
<그림 5-36> 단차가 있는 지형과 관로기울기

5.6 배관설계

5.6.1 배관설계의 개념

배관설계는 배관의 계통에 따라 여러 가지 관의 간격과 길이 등을 결정하는 것이다.

배관설계의 순서는 <그림 5-37>과 같다.



<그림 5-37> 배관설계순서

5.6.2 이음간격

설계상 이음의 간격은 관 재질에 따라 다르며 그 기준은 <표 5-26>과 같다.

<표 5-26> PC관, RC관의 이음간격

RC관 (KS F 4403)		PC관(KS F 4405)	
Φ150mm ~ Φ350mm	6mm	Φ500mm	8mm
400 ~ 900	8	600 ~ 900	10
1,000 ~ 1,500	10	1,000 ~ 1,350	12
1,650 ~ 2,000	12	1,500 ~ 2,000	14

5.6.3 곡관 및 이형관

곡관 및 이형관은 사용관종에 적합하고 가능하면 관종별로 규정되어 있는 규격품을 사용하도록 한다. 강판제(鋼板製)의 이형관을 사용하는 경우는 원칙적으로 KS D 3578 (수도용 도복장 강관 이형관)에 정해진 크기 및 제조방법을 사용하도록 한다.

5.6.4 조정관(調整管)

조정관은 PC관이나 RC관과 같이 자유로이 절단할 수 없는 관종을 사용할 경우에는 공사의 시점이나 종점 및 관의 포설방향이 변화되는 점, 공구와 공구의 절점 등에 설치한다.

조정관은 일반적으로 신축이음을 사용하지만 이것은 고가이므로 따로 신축이음을 필요로 하는 지점과 겸용하든가 또는 부등침하의 위험이 없는 지반에서는 신축이음을 사용하지 않고 용접이음을 할 수 있다.

5.6.5 곡선포설

관수로는 굴곡이나 분기점에서 약한 것이 보통이다. 따라서 누수사고의 위험이 많을 때에는 조건에 적합한 곡관, T자관 등의 이형관을 사용하여야 한다. 또한 가동이음을 사용해서 관로의 곡선설치를 할 경우에는 각 이음의 설계굴곡각도를 각 이음의 최대허용굴곡각도의 1/2 이내로 한다.

5.6.6 이 음

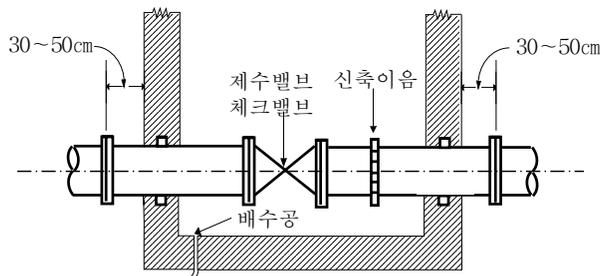
관수로는 필요에 따라 신축이음이나 가동이음을 설치한다.

가. 가동이음

절토와 성토의 경우 및 부대구조물과의 접속에는 부등침하를 흡수하기 위하여 가동이음을 설치하는 것을 검토한다. 가동이음은 예상되는 변위량에 적합한 형식의 것을 선정하여야 한다.

나. 신축이음

관의 양단이 고정된 콘크리트밸브박스 등에서는 온도변화에 따라 관에 발생하는 응력의 흡수, 시공시 기계류의 최종설치, 유지관리시 기기의 제거 등을 위하여 여유를 두어야 하며 이러한 경우에 신축이음을 설치한다.<그림 5-38> 참조)



<그림 5-38> 밸브와 신축이음의 설치예

용접이음과 용접이음 등의 고정이음을 사용한 관수로에서는 온도변화에 따른 신축량을 고려하여 신축이음을 설치하는 것이 좋다. 한편 부등침하가 예상되는 지반에서는 신축성과 가동성이 복합된 이음을 사용하는 것을 검토한다.

1) 온도변화에 따른 관의 신축량과 이음간격

관의 신축량과 신축이음의 간격은 식(5-77)에 의하여 구한다.

$$\Delta l = \alpha \cdot T \dots\dots\dots (5-77)$$

$$l_o \leq \Delta L / \Delta l$$

여기서, Δl : 온도변화에 따른 신축량(cm)

α : 선팽창계수

강관(용접) : $1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 덕타일주철관(이탈방지이음) : $1.15 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

PVC관(접착 등) : $7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ PE관(용접 등) : $1.3 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$

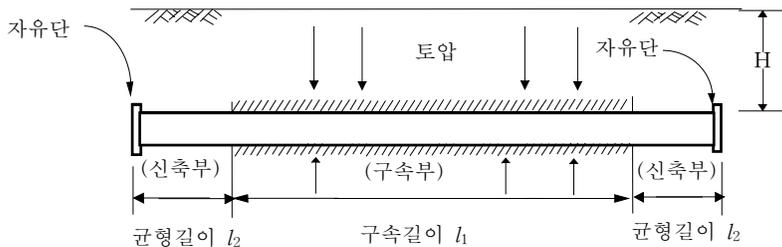
T : 온도변화(매설관에서는 20°C 로 한다)

l_o : 이음간격(cm)

ΔL : 이음1개당 신축량(cm)

2) 관의 균형길리와 신축량

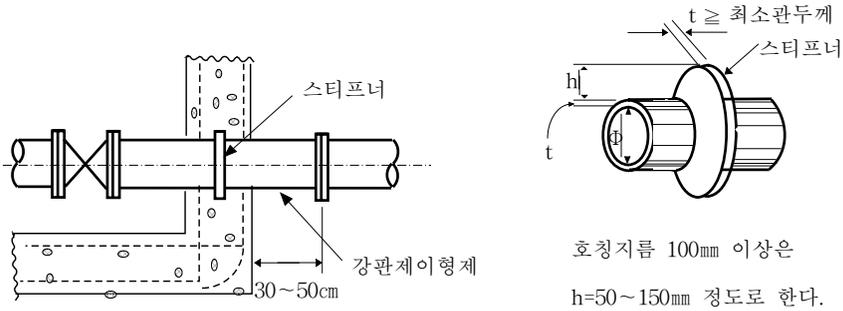
관이 일체로 연결되어 매설되어 있을 때 온도변화에 의한 관의 신축량은 관의 표면마찰력에 의하여 상쇄된다. 이때 균형길리는 식(5-78)과 같다.(<그림 5-39> 참조)



<그림 5-39> 균형길리

나. 구조물과 관의 매입

밸브박스나 수조 등의 콘크리트구조물에 관이 콘크리트벽을 관통할 때에는 스티프너를 설치하여 관이 미끄러지지 않도록 하여야 한다.(<그림 5-41> 참조)



<그림 5-41> 구조물과 관의 매입

5.7 내진설계

농업용 관수로는 농업생산과 직결되어 있고 구간에 따라 고압으로 대용량의 수량이 흐르며 피해시 주변에 큰 피해가 우려될 뿐 아니라 응급복구가 불가능하고 장기간 급수중단을 초래할 수 있는 지역에서는 내진 설계를 고려한다.

5.7.1 내진설계의 개념

관수로에 대한 내진설계는 최근 우리나라 주변에서 지진 발생이 빈번해 지면서 이에 대한 고려가 필요할 것으로 판단되며, 특히 강진대지역(強震帶地域)의 연약지반지대 등을 통과하는 매우 중요한 관수로에 대해서는 내진설계를 고려한다. 지진에 대한 내진 설계는 응답변위법 또는 등가정적하중법 평가를 하고, 구조물의 특성과 지반조건 및 중요도에 따라 필요시 응답스펙트럼방법, 동적해석법(시간이력해석법, 진동수영역해석)등의 동적 내진안정성평가를 병행한다. 각 방법에 대한 설계 예는 5.7.12 내진설계를 위한 상세계산의 참고문헌을 참조한다.

5.7.2 지진 피해의 원인

매설 관수로의 피해사례를 통하여 살펴본 지진피해의 원인은 다음과 같다.

- 지진파동 전파에 의한 것
- 지반의 액상화 및 압축침하에 의한 것

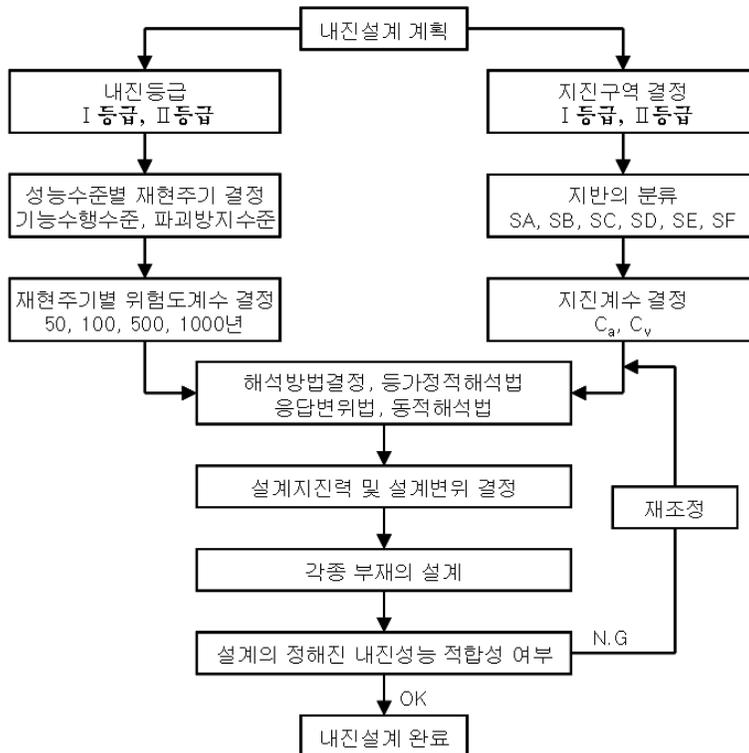
- 사면활동 및 타구조물의 영향에 의한 것
- 단층에 의한 것

위에서 말한 바와 같이 매설 관수로의 지진피해는 지진시 주변지반에 생긴 변화가 관체에 전달되어서 관체가 변위를 일으키거나, 매설지반 그 자체의 붕괴 등이 원인이 되어 발생하므로 이에 대한 대책을 마련한다.

5.7.3 내진설계 방법

구 분	특 성	적용구조물
등가정적해석법	• 지하구조물의 지진에 따른 지반의 진동하중을 정역학적인 횡토압으로 환산하여 내진설계	지상 및 지하구조물
응답변위법	• 지중구조물의 응력은 관성력의 영향보다 지반의 상대변위에 따른 강제력으로 간주(SHAKE91 해석결과 이용)	지중구조물 (정수지, 공동구)

5.7.4 내진설계 절차



5.7.5 내진설계의 유의점

매설 관수로와 같이 길이가 길고 여러 지반에 걸쳐있으며 따라서 지진의 강도도 장소에 따라 상이한 구조물에서는 전반적으로 균일한 내진성을 확보하기 어려우므로 다음의 피해경감방법을 기본으로 하여 설계를 한다.

- ① 매설관에 대하여는 지반의 특성이 관체에 큰 영향을 주므로 노선의 선정, 부대 구조물의 위치 결정시 토질조사, 지반조사를 하여 연약지반, 높은 절토, 성토부, 지형, 지질의 급변부 등은 피하도록 한다.
- ② 조정지, 배니시설, 스탠드, 스러스트블록(앵커블록), 제수밸브 및 펌프실 등 관체와 고유주기가 다른 부대구조물과의 접합부에서는 지진시 큰 변형이나 응력이 발생할 수 있으므로 신축가동이음을 하도록 한다.
- ③ 긴 관로에 곡관부가 있으면 지진시 응력집중이 생기기 쉬우므로 수평 및 연직곡관부의 반경을 크게하여 급격한 굴곡을 피하도록 한다.
- ④ 내진설계시에는 송배수에 따른 위험분산 또는 재해가 지나간 후의 안전 대책(송수정지기구의 확립 등) 및 복구공사에 대하여도 생각한다. 따라서 대구경에서는 지진피해가 있을 경우 외부로부터의 점검은 대규모 작업이 되므로 내부에서 점검할 수 있도록 적당한 간격으로 맨홀을 설치한다. 또한 소구경관에서는 구간별로 누수량을 점검할 수 있도록 분수공 및 이형관 설치 등을 이용하여 제수밸브를 설치하도록 한다.

5.7.6 적용범위

지진에 따른 시설물 손괴시 응급복구가 불가능하여 장기간 급수중단을 초래할 수 있는 시설에 대해 적용하며 그 대상은 농업용 관수로와 부속구조물로 한다.

5.7.7 등급별 내진설계목표

농업용 관수로시설의 설계지진시 만족해야할 내진성능수준은 “기능수행수준”과 “파괴방지수준”으로 구분한다. “기능수행수준”은 설계지진 작용시 관수로시설에 발생한 변형이나 손상이 시설의 기능을 차질없이 수행할 수 있는 범위내로 제한되는 성능수준이고 “파괴방지수준”은 관수로시설에 상당한 변형이나 손상이 발생할 수는 있지만 그 수준과 범위는 시설이 붕괴되거나 또는 시설의 손상으로 인하여 대규모 피해가 초래되는 것을 방지하고 부분적인 급수시설로서의 기능이 유지될 정도의 성능수준을 의미한다. 내진등급별로 내진성능 목표는 <표 5-27>과 같다.

<표 5-27> 내진성능목표에 따른 설계지진

설계지진	성능목표	기능수행	과과방지
	평균재현주기		
설계지진	50년	II 등급	-
	100년	I 등급	-
	500년	-	II 등급
	1000년	-	I 등급

내진등급별 시설의 분류는 <표 5-28>과 같으며, 세부분류는 "상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구('98, 환경부)"을 참고한다.

<표 5-28> 내진등급별 시설분류

내진등급	상수도 시설	비 고
내진 I 등급	대체시설이 없는 송·배수 간접시설, 중요시설과 연결관 급수공급관로, 복구난이도가 높은 환경에 놓이는 시설, 지진 재해시 긴급대처 거점시설, 중대한 2차 재해를 유발시킬 가능성이 있는 시설 등	
내진 II 등급	내진 I 등급 이외의 시설	

설계지반운동 수준은 ① 평균재현주기 50년 지진지반운동 (5년내 초과확률 10%), ② 평균재현주기 100년 지진지반운동 (10년내 초과확률 10%), ③ 평균재현주기 500년 지진지반운동 (50년내 초과확률 10%), ④ 평균재현주기 1000년 지진지반운동 (100년내 초과확률 10%)로 분류한다.

지진재해도 해석결과에 근거하여 <표 5-29>에 기술된 바와 같이 남한을 두 개의 지진구역으로 설정한다. 각 지진구역에서의 평균재현주기 500년 지진지반운동에 해당하는 구역계수는 <표 5-30>에 수록된 바와 같으며, 평균재현주기별 최대유효 지반가속도의 비를 의미하는 위험도계수는 <표 5-31>과 같다.

5.7.8 지반의 분류

국지적인 토질조건 및 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 <표 5-32>에서와 같이 S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F의 6종으로

분류한다. 지반종류 S_F 는 부지고유의 특성 평가가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반을 일컫는다.

- ① 액상화가 일어날 수 있는 흙, 킁 클레이(Quick Clay)와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
- ② 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반($H > 3m$)
- ③ 매우 높은 소성을 갖는 점토지반($H > 7.5m$ 이고 $PI > 75$)
- ④ 층이 매우 두꺼우며, 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토($H > 36.5m$)

<표 5-29> 지진 구역 구분

지진구역	행정구역 ⁵⁾	
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⁾ , 제주도

주 : 1) 강원도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백

2) 전라남도 북동부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양, 나주, 여천, 여수, 순천

3) 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

4) 전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포

5) 행정구역의 경계를 통과하는 구조물의 경우에는 구역계수가 큰 값을 적용한다.

<표 5-30> 구역계수(평균재현주기 500년 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

<표 5-31> 위험도 계수

평균재현주기(년)	50	100	500	1000
위험도계수, I	0.4	0.57	1	1.4

<표 5-32> 지반의 분류

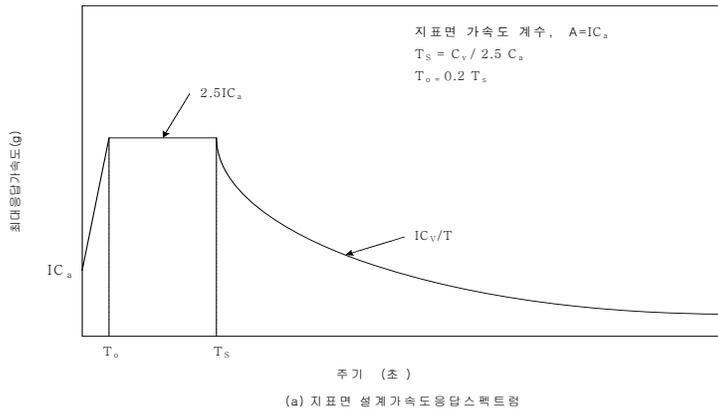
지반 종류	지반상태	상부 30.0m에 대한 평균 지반 특성 ¹⁾		
		평균전단파속도 ²⁾ (m/s)	평균표준관입시험 ²⁾ N(타격수)	평균비배수전단강도 s_u (tonf/m ²)
S_A	경암지반	1500초과	-	-
S_B	보통암 지반	760초과 1500이하		
S_C	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360초과 760이하	50초과	10초과
S_G	단단한 토사지반	180이상 360이하	15이상 50이하	5이상 10이하
S_E	연약한 토사지반	180미만	15미만	5미만
S_F	부지고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주 : 1) 상부 30.0m 이내에 기반암층이 있는 경우는 지표층(기반암 상부 토층)의 평균지반특성을 고려한다.

2) 전단파속도 또는 표준관입시험치는 현장시험 결과치를 이용하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 전단파속도와 표준관입시험치를 모두 측정할 경우는 전단파속도에 의해 분류한다.

5.7.9 설계지반운동의 특성 표현

지역적인 특성과 지반성질을 고려한 설계지반운동의 특성은 응답스펙트럼으로 표현되며, 지반별로 표준화된 설계지반운동의 특성을 <그림 5-42>와 같은 표준 설계응답스펙트럼으로 표현한다.



<그림 5-42> 표준설계응답스펙트럼(감쇠비 5%)

감쇠비는 5%를 표준으로 하되, 구조물의 특성을 고려하여 5% 이외의 감쇠비를 적용할 수 있으며, 5% 이외의 감쇠비에 대해서는 <표 5-33>의 감쇠보정계수를 곱하여 사용한다.

<그림 5-42>에서 표준설계응답스펙트럼의 결정을 위해 요구되는 지진계수 C_a 와 C_v 의 값은 지반종류에 대하여 지진구역별로 <표 5-34> 및 <표 5-35>와 같다. 지반종류 S_F 로 분류되는 경우에는 부지고유의 지반특성 평가가 요구되는 지반이므로 이 경우에는 지진재해도 평가 경험이 있는 지질 및 지진 전문가에 의해 부지종속 C_a , C_v 를 구하는 절차를 따라야 한다.

<표 5-33> 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_0 이후의 구간에 대하여 적용하고, $T=0$ 에서 T_0 구간은 선형 보간한다.

<표 5-34> 지진계수 C_a

지반종류		S_A	S_B	S_C	S_D	S_E
지진구역	I	0.09	0.11	0.13	0.16	0.22
	II	0.05	0.07	0.08	0.11	0.17

<표 5-35> 지진계수 C_v

지반종류		S_A	S_B	S_C	S_D	S_E
지진구역	I	0.09	0.11	0.18	0.23	0.37
	II	0.05	0.07	0.11	0.16	0.23

가. 지반운동의 공간적 변화 특성 고려 방법

구조물의 모든 위치에서 똑같은 지반운동으로 가진되는 것이 비합리적으로 판단되는 구조물에 대해서는 지반운동의 공간적 변화를 고려할 수 있는 모델을 사용해야 한다.

나. 가속도시간이력

지반 가속도의 시간이력으로 지반운동이 표현될 수 있다. 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도성분(X, Y, Z방향)으로 구성되어야 한다. 구조물의 동적해석을 위한 지진의 가속도시간이력은 기본적으로 과거의 계측된 시간이력이 사용되는 것이 원칙이나, 관측된 지진기록이 없을 경우 대상지역과 시간이력이 유사하다고 판단되는 지역의 가속도 시간이력 또는 인공가속도 시간이력을 사용한다.

다. 인공가속도시간이력

인공가속도시간이력은 응답스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다. 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동이 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 발진기구 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다. 인공가속도시간이력의 지속시간은 지진의 규모와 발진기구특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.

5.7.10 적용방법

구조물의 특성과 지반조건 및 중요도에 따라 등가정적하중법, 응답변위법으로 기본 평가를 하고, 필요시 응답스펙트럼방법, 동적해석법(시간이력해석법, 진동수영역해석)등의 동적 내진안정성평가를 병행해야 한다. 각 방법에 대한 설계 예는 5.7.12 내진설계를 위한 상세계산의 참고문헌을 참조한다.

가. 건축물

건축물은 건축법 제38조 제2항, 건축법 시행령 제32조, 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제14조를 적용 또는 준용한다. 본 관수로 설계기준에서의 건축물 해당 구조물은 가압장, 배수지, 배수탑, 조절지 등이 해당한다.

나. 지중구축물

지중구축물은 모노노베-오카베(Mononobe-Okabe) 공식을 적용한다. 지중구축물은 지중에 구축되는 관수로 관련 시설에 해당한다.

- ① 모노노베-오카베식에 적용될 수평지진계수는 다음과 같다.

$$K_h = 2.5C_a I$$

- ㉓ 지진계수(C_a)의 결정은 <표 5-34>에 따른다.
- ㉔ 위험도계수(I)의 결정은 <표 5-31>에 따른다.
- ㉕ 수직지진계수(K_v)는 특별한 경우를 제외하고는 무시하는 것을 원칙으로 한다.

다. 관로

본 설계기준 5장의 "5.3.2 강성관 설계"와 "5.3.3 연성관 설계"의 관두께 결정 방법과 내진설계를 위한 허용변형율을 고려하여 결정한다.

라. 수관교

수도시설 내진공법지침·해설(일본수도협회)에 따른다.

5.7.11 지진의 영향

지진시 구조물과 관로 등 구조의 건전성에 영향을 줄 수 있는 현상은 아래와 같으며, 이에 의한 효과는 다른 하중과 조합되어 설계시에 고려하여야 한다. 항목에 대한 계산은 상수도시설 내진 설계기준(한국수자원공사)을 참고로 한다.

- ① 지진시의 지반 변위 또는 변형
- ② 구조물의 자중과 적재하중 등에 기인된 관성력
- ③ 지진시 토압
- ④ 지진시 동수압
- ⑤ 수면동요
- ⑥ 지진시 지반의 액상화
- ⑦ 지질이나 지형이 급변하는 지반의 지진시 이완 또는 붕괴

5.7.12 내진설계를 위한 상세 계산

농업용 관수로 설계시 필요한 상세 내진 설계는 1998년 환경부에서 발행한 "상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구"와 1997년 한국건설기술연구원에서 발표한 "내진설계기준연구"를 주로 참고로 하되, 수관교의 경우는 "수도시설내진 공법 지침·해설"(일본수도협회, 1997)를 참고로 한다.

5.8 부식 및 전식방지

농업용 관수로는 관로에 흐르는 물과 수질에 의해 전기화학적 반응으로 인하여 관로의 내부가 부식되는 경우와 관로가 매설된 주변 환경에 의하여 외부 부식이 발생한다. 매설 관의 부식 및 전식을 방지하여 내구성을 확보하기 위해서는 도장이나 도복장 및 전기방식 대책을 수립해야한다. 부식 및 전식대책 수립시 신기술이 효과와 비용에서 유리하고 안전성이 확보되면 이를 활용할 수 있다.

5.8.1 기본사항

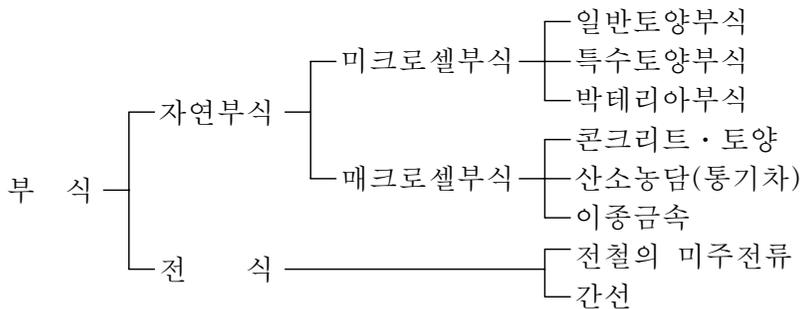
금속이 물이나 토양과 같은 전해질 속에 놓이게 되면 그 표면의 용존산소, 농도차, 온도차, 불순물, 잔존응력 등에 의해 금속 표면에 부분별로 전위차가 생겨 양극부와 음극부가 형성된다. 이때 양극부에서 음극부로 전류(부식전류)가 흐르는 과정에서 양극부의 금속이 이온상태로 용출되어 점차 전해질 속으로 용해되는 전기 화학 반응을 일으키는 데 이를 부식이라고 한다.

철관은 철광석을 인위적으로 산화 환원하여 생산된 것이므로 안정된 산화철의 상태로 환원하려는 성질을 가지고 있다. 부식 발생이 용이한 장소는 산성 공장폐수나 오염된 하천수 등이 지하에 침투한 장소, 해변가에서 지하수 중에 다량의 염분을 포함한 장소, 유황분을 포함한 석탄으로 성토한 장소, 부식토, 점토 및 이탄(泥炭) 지대, 폐기물의 매립지 등이다. 이러한 부식성에 약한 장소에 관을 매설할 경우는 관 종류 및 방식공법 선정에 주의해야 한다.

5.8.2 관 부식의 종류 및 형태

가. 관 부식의 종류

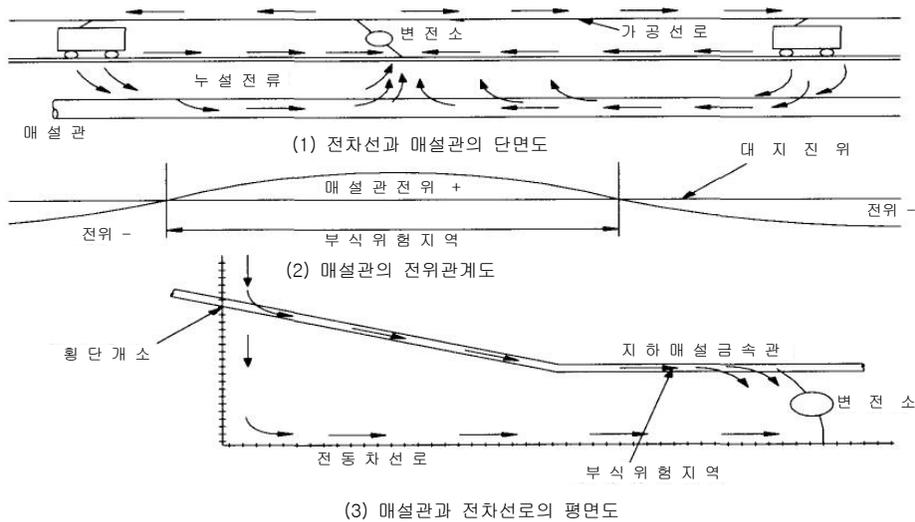
관의 부식은 주위 환경이나 수질 및 매설환경 등에 의해서 나타나며 <그림 5-43>과 같이 자연부식과 전식으로 크게 나누어진다.



<그림 5-43> 금속관의 부식과 전식의 종류

자연부식은 부식전지의 형성성황에 따라 마이크로셀(microcell)부식과 매크로셀(macrocell)부식으로 구분된다. 마이크로셀(microcell)부식은 금속관의 표면상 미시(미크로)적인 국부전지 작용에 의하여 발생한다. 매크로셀(macrocell)부식은 구조물에 있어 부분적인 환경의 차이나 재질의 차이로부터 금속관 표면의 일부분이 양극부로 되고 다른 부분이 음극부로 되어 양자가 거대한(macro)한 부식전지를 구성함으로써 발생한다. 매크로셀(거대부식전지)의 양극부와 음극부의 위치와 규모는 일반적인 측정에 의하여 구분할 수가 있다.

전식은 직류전기 철도의 누설전류 및 전기방식 설비의 방식전류에 의하여 생기는 부식을 말한다. 전식은 미주전류와 간섭에 의하여 발생하며, 미주전류는 전철에서 발생하며 간섭은 매설배관에 외부전류방식에 의한 경우와 인접하는 다른 매설관에 전기적 영향에 의하여 발생한다.



<그림 5-44> 전식 위험지역

나. 관 부식의 형태

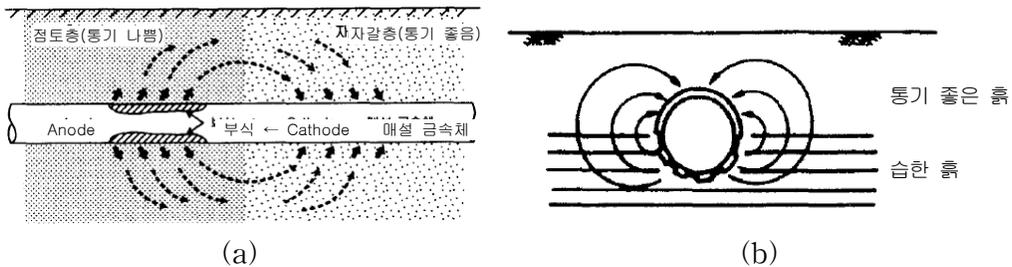
자연부식은 그 형태에 따라 관의 내면부식과 외면부식이 있으며, 내면부식은 주로 물 등 사용재료에 따라 금속표면의 전기화학적 작용에 의해 발생하며, 외면부식은 주로 토양부식 즉 토양과 접하는 금속체의 토양저항률(토양이 갖는 고유 저항)에 의하여 발생한다.

강관·덕타일주철관 등 철관은 안정된 상태(산화철)로 되돌아오려는 작용을 하며 부식이 발생한다. 강재는 콘크리트(pH 약 12) 등의 고알칼리성의 환경에서는

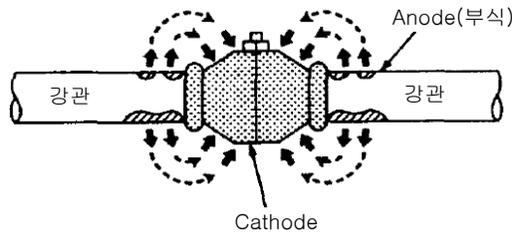
부동태화하고 보통 전위는 $-200 \sim -300\text{mV}$ 정도이며, 토양중에서는 일반적으로 $-400 \sim -800\text{mV}$ 정도의 전위를 보인다.

매크로셀 부식은 토질이 서로 다른 곳을 배관이 횡단하는 경우에 생길 수 있는 산소농담(통기차)에 의한 부식(<그림 5-45> 참조)과 이종금속의 접촉(<그림 5-46> 참조)에 의한 부식 형태가 있다. 관이 콘크리트 구조물을 관통하여 배관된 경우(<그림 5-47> 참조)에도 콘크리트(양극)부에서 부식이 발생한다. 토양과 콘크리트 연결부 배관에 도복장되지 않은 관이 매설되어 있다면 기전력 약 300mV (양자의 전위차)를 갖는 매크로셀 부식전지가 형성되어 양극부에서 부식이 발생한다.

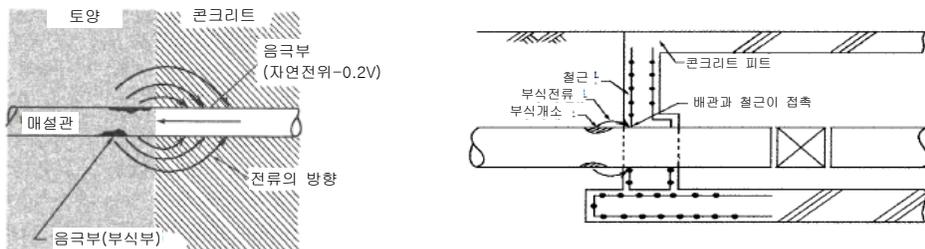
전식은 전철 등의 미주전류에 의한 것(<그림 5-48> (a) 참조)과 그 밖에 전기 방식 시설 등으로부터 받는 간섭(<그림 5-48> (b) 참조)에 의하여 발생한다.



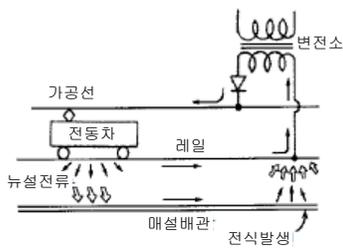
<그림 5-45> 산소농담(통기차) 매크로셀 부식의 예



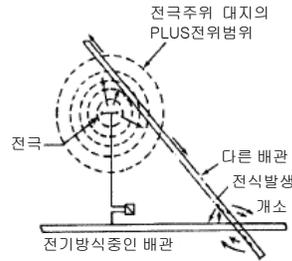
<그림 5-46> 이종금속 접촉부식의 예



<그림 5-47> 콘크리트/토양계 매크로셀 부식의 예



(a) 전식



(b) 간섭

<그림 5-48> 전식 및 간섭의 예

<표 5-36> 강관 부식의 형태

구분	부 식 의 형 태
전 면 부 식	일반적인 부식의 형태로서 화학적 또는 전기화학적 반응에 의하여 전면적으로 부식이 진행되는 것
국 부 부 식	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공식 : 부식이 금속표면의 어느 한 곳에 집중하여 발생해서 빠른 진행속도로 인해 공상으로 소모되는 것 ○ 극간부식 : 금속제의 결합부, 가스켓면, 오목부 또는 표면의 부착물이나 볼트아래와 같은 금속표면의 좁은 틈이나 차폐부에 발생하는 것 ○ 입계부식 : 금속의 결정립계 또는 그 부근에 발생하는 국부적인 부식 (스텐스강이나 알루미늄합금에서 문제) ○ 탈성분부식 : 부식에 의해 고용체 합금으로부터 하나의 원소가 선택적으로 용출하는 현상 (주철의 흑연화 현상 등)
기계적 작용을 수반한 부 식	<ul style="list-style-type: none"> ○ Erosion, Corrosion : 액체가 금속 표면을 고속으로 유동할 경우 어느 유속이상에서 액체, 기체 또는 고체의 미립자의 충돌에 의한 기계적 작용을 수반하여 발생하는 부식 ○ Cavitation손상 : 액체가 고속의 난류상태일 때 금속표면에서 대기압보다 낮은 압력과 높은 압력이 반복적으로 발생되며 이 때 낮은 부분에서 생긴 기포가 압력이 높은 부분에서 부서지면서 금속면에 충격을 줄때 금속면이 침식 ○ 응력부식 파괴 : 응력 또는 부식이 동시에 작용하여 취성파괴와 유사한 파괴를 일으키는 현상. ○ 부식피로 : 응력부식의 일종으로 반복응력과 부식이 합해졌을 때 금속이 파괴되는 현상

5.8.3 매설관의 방식방법 선정

가. 기본사항

매설관의 부식은 토양, 물의 전해질의 존재하의 강 표면의 양극과 음극반응에 의하여 발생하므로 방식의 기본은 이 반응이 발생하지 않도록 하는 것이다. 이것은 다음과 같은 3가지 방법이 있다.

1) 강 표면과 전해질 (토양, 수분)을 차단(도복장)

강의 표면에 도복장을 하여 매설환경 중의 토양, 물이 강표면에 접하는 것을 방지하여 부식전류 및 누출전류의 유출입을 할 수 없도록 한다.

2) 양극과 음극을 차단(절연 마크로셀 부식에 한정함)

부식전류의 흐르는 경로를 차단하는 방식법으로

3) 양극반응의 진행을 저지(전기방식)

매설관 표면에 방식전류를 유입시켜 양극반응(전류가 유출하는 반응)을 저지하여 부식을 방지한다.

나. 방식방법 선정

매설관의 방식방법으로는 도장이나 도복장 그리고 전기방식이 있으며 방식방법은 <표 5-37>와 같이 선정한다.

<표 5-37> 매설관의 방식방법 선정

조사	대책종류	방식대책	
		강관	덕타일주철관
①관로의 중요성	A 일반관로(B, C 제외)	도복장 실시	합성수지도료
②관로포설상황 확인 · 콘크리트구조물 · 이종금속재 · 신축관유무 · 기타	①미주전류지역 통과노선 ②부분적으로 유지 관리를 할 수 없는 개소 · 추진공법개소 · 하천횡단개소 · 기타	도복장 + 부분적 전기방식 병용 검토 ①전기방식 병용 부분은 다음의 도복장을 선정 · 콜타르에나멜, 폴리에틸렌, 폴리우레탄, 폴리우레아 ②전기방식은 다음과 같이 선정 · 관의 대지전위를 -600mV (C_w/C_uSO_4 , 전극기준)이하로 하는 것을 목표로 한다. · 매크로셀 부식을 개선할 목적으로 하는 경우는 자연 전위를 200~300mV를 목표로 한다.	도장 + 폴리에틸렌 슬리브 병용 또는 폴리에틸렌 코팅검토
③주위환경 · 토질 · 지하수위 · 수질 · 기타	B		
④근접배관의 위치			
⑤근접 전기방식 시설의 유무와 위치			
⑥전기철도와 의 위치관계	C	도복장 + 전기방식 병용 검토 ①도복장은 다음에서 선정 · 콜타르에나멜, 폴리에틸렌, 폴리우레탄, 폴리우레아 ②전기방식 · 관의 대지전위를 850mV (C_w/C_uSO_4 , 전극기준)이하로 하는 것을 목표로 한다.	

1) 강관

A의 경우 미주전류의 발생 등을 고려하여 방식방법을 선정한다. B, C의 경우 주의사항은 다음과 같다.

- ① 도복장의 종류는 조사(환경), 환경(제조 여부) 등을 고려하여 선정한다. 전기방식을 병용하는 경우는 폴리에틸렌 피복이 바람직하나 환경에 제약이 있다. 도복장 종류는 <표 5-37>에 나타난 것 이외에도 타르에폭시 도료 등이 있다.
- ② 전기방식 방법은 조사 결과에 의하여 결정한다. 전기방식 방법은 외부전원법, 유전(희생)양극법, 배류법 등이 있다.
- ③ 절연 연결과 등을 구조설계상 검토하여 방식대책 구분을 명확히 한다.

2) 덕타일주철관

폴리에틸렌 슬리브의 사용은 ANSI A 21.5 등에 의한다. 주철관의 경우에는 미국의 주철관 연구협회에서 제시한 주철관 부설시의 토양부식성 평가기준으로 <표 5-38>에서의 합계점수가 10점 이상이 되면 특수방식방법을 채용하여야 한다고 권고하고 있으므로 이에 참고로 하고 <표 5-39>의 방식 방법과 적용성을 참고로 부식 방지방법을 선정하도록 한다.

<표 5-38> 토양의 부식성 평가(ANCI/AWWA C 105/A 21.5-82)

토양의 비저항	700 이하	10점	1,200~1,500	2점
	700~1,000	8점	1,500~2,000	1점
	1,000~1,200	5점	2,000 이상	0점
pH	0~2	5점	6.5~7.5	0점
	2~4	3점	7.5~8.5	0점
	4~6.5	0점	8.5 이상	3점
Redox 전위 (mv)	100 이상			0
	50~100			3.5
	0~50			4
	(-)			5
수 분	배수가 안되고 언제나 습윤할때			0
	배수가 잘되나 대개 습윤할때			1
	배수가 양호하고 대개 건조할때			0
황 화 물	(+)			3.5
	흔적이 있을때			2
	(-)			0

주 : 1) 토양 비저항 측정방법은 토양봉을 매설심도까지 삽입하고 교류발신기로 발신음이 최저가 되도록 다이얼을 조정하여 다음 그 위치에서의 비저항을 측정한다.

2) pH 측정방법은 유리전극식 pH계를 토양에 삽입하고 직접 그 지시값을 측정한다. 또 토양이 완전 건조 시에는 토양 1에 대하여 증류수 2.5의 비율로 추출한 상정액을 pH계나 pH 시험지로 측정할 수 있다.

3) Redox 전위측정법은 백금전극과 포화감말전극을 조합하여 토양중에 삽입하고 그간의 전위차를 측정한다.

4) 황화물의 정성적 측정방법은 0.1N 요오드용액중에 3% Na 아지드(NaN₃) 용액을 혼합하여 대상토양이든 시험관에 주입하면 황화물이 의존할 때는 N₂가스가 발생하므로 황화물 유무를 알 수 있다.

<표 5-39> 각종방식방법과 적용성

방식방법	적용환경				내면						외면	
	상수도	공업용수	농업용수	해수	대기중				흡속	해저		
					육상	암거내	수상	해상				
액상 에폭시 도장	○	○	○	○		○						
타르 에폭시 도장		○	○	○		○						
염화비닐 라이닝	○	○	○									
폴리에틸렌 분체 라이닝	○	○	○	○								
모르타르 라이닝	○	○	○	△								
아연 도금	△	△	△		○	△			○			
아스팔트 비닐론 크로스 도복장						△			○			
콜타르 에나멜 그래스 크로스 도복장						△			○	○		
폴리에틸렌 피복					○	○			○	○		
우레탄 피복					○	○			○	○		
콜타르 에나멜 그래스 도복장 + 강화몰타르라이닝										○		
전기방식				○					○	○		
전기방식+도복장				○					○	○		
조인트 코트(WSP 012)					△	○			○	○		
방식도장(WSP 009 일반도장계)					○	○	○					
중방식도장(WSP 009 장기방식도장계)					○	○	○	○				

주 : ○ 표는 사용되고 있음. WSP 009는 수관교외면 도장기준 △표는 사용예가 적음. WSP 012는 수도용 도복장강관 조인트 코트이며 본 자료는 일본수도강관협회 자료임.

5.8.4 매설관의 방식방법

방식대책은 관종의 특성과 현장여건을 충분히 파악한 후에 수립한다. 매설관의 방식대책으로는 도료 및 도복장 방식과 전식방법이 있다.

가. 도료 및 도복장 방식

현재 국내에서 적용중인 수도용 도복장 강관(KS D 3565)의 내·외면을 방식하기 위한 도복장 방법은 공장도복장과 현장도복장이 있다. 공장도복장은 콜타르 에나멜, 아스팔트, 타르에폭시수지도료, 액상에폭시수지도료, 폴리에틸렌(PE) 도복장 방법 등이 있고, 현장도복장은 테이프도복장, 조인트코트(고무계 시이트, 열수축계

튜브 및 시이트) 도복장 등이 있다. 도복장 도료는 아스팔트(A), 콜타르에나멜(C), 타르에폭시수지도료(T), 액상에폭시수지도료(L), 폴리에틸렌테이프(P), 폴리에틸렌 등이 있다.

<표 5-40> 수도용 강관의 도복장 종류

구분	규격번호	규격명칭	사용도료 및 복장재	유사해외규격
공장 도복장	KS D 3589 KS D 3607	폴리에틸렌피복(압출) 폴리에틸렌피복(분말)	○에폭시 접착제 폴리에틸렌(MDPE)내면 에폭시	DIN306710-1 CAN/CSAN245
	KS D 8307	수도용 강관 콜타르 에나멜 도복장 방법	○콜타르 프라이머 ○콜타르 에나멜 ○글라스클로스 (또는 헤시언 클로스) ○글라스매트, 글라스화이버매트	AWWA C203 JIS G3492
	KS D 8306	수도용 강관 아스팔트 도복장 방법	○아스팔트 프라이머 ○아스팔트 ○내열용 비닐론 클로스 ○글라스클로스 (또는 글라스매트)	JIS G3491
	KS D8501	수도용 타르에폭시 수지도료 및 도장방법	○타르 에폭시 수지도료	JWWA K115 AWWA C210
	KS D8502	수도용 액상에폭시 수지도료 및 도장방법	○액상 에폭시 수지도료	JWWA K135 AWWA C210
현장 도복장	현장에서의 접합부 도복장은 지정된 도복장재료의 공장 도복장 요령에 준하며, 별도 사양을 지정한 경우는 그에 따름			
	기 타	강관용접부 외면 테이프 도복장 방법	○프라이머 ○실링재 ○테이프(플라스틱계)	AWWA C209
		수도용 도복장강관 조인트 코트	○플라스틱계 테이프 ○고무계 시이트 ○열수축계 튜브 ○열수축계 시이트	WSP 012

1) 콜타르에나멜 도료

콜타르에나멜 도료는 내수성이 우수하고 화학적으로 안정되어 토양의 영향을 받아도 부착력이 강하고 또 내연성이 우수하며 취급이 용이하므로 강관의 방식 재료로서 훌륭한 성질을 갖고 있으며, 가격이 저렴하여 국내 대구경 강관 내·외면 방식재료로 사용될 수 있다.

2) 아스팔트도료

역청질 도료인 아스팔트도료는 콜타르에나멜과 비슷한 성능을 갖지만 일본에서도 상수도내면에 사용시 수도의 소독용 잔류염소에 의한 영향이나 아스팔트는 온도에 의한 유연화 경향이 큰 이유 등으로 인해 도막이 떨어지는 일들이 발생되기도 하므로 관내에는 사용하지 않도록 한다. 또한 아스팔트는 흡수성이 큰 결점이 있으므로 지중에 매설된 강관의 경우 외면 도막의 절연저항이 저하되는 경향이 있고, 침투된 수분에 의해서 강면과의 밀착력이 떨어진다는 것이 매설시험의 결과에서 관찰되기도 하였으므로 사용을 자제하도록 한다.

폴리에틸렌피복, 콜타르에나멜과 아스팔트 도료에 의한 방식도막의 일반적인 품질특성을 비교하면 <표 5-41>과 같으므로 참고하도록 한다. 특히 아스팔트는 흡수율(또는 수증기 삼투율-WVT)이 <그림 5-49>에서 보는 바와 같이 높으므로 엄격한 부설 조건 중에서도 겨우 7~8년 사이에 도막이 떨어지는 현상이 발생한 기록도 있다. 이러한 흡수나 수증기 투과에 의하여 도막이 떨어지는 현상은 수분이 수증기의 형태로 도막을 투과해서 강관면에 응축되고 그 결과 전기절연도가 저하하여 강관면에 전기적인 부식을 발생시키게 됨에 의한 것으로 추측된다. 여기서 매설관 방식성능에 가장 중요한 도막저항을 살펴보면 아스팔트 도복장, 콜타르에나멜, 폴리에틸렌피복과 폴리우레탄 피복 순서로서 폴리에틸렌피복이 한층 우수함을 알 수 있다.

3) 복장재(覆裝材)

도막중에 섬유질의 물체를 넣어 사용하게 되면 도막의 두께와 강도를 증대시킬 수 있으므로 충격이나 균열을 일으키는 외력에 대한 저항성이 증가하게 된다. 이러한 목적으로 사용하는 것이 복장재(覆裝材)로서 역청질 도료를 이용하는 지하 매설용 강관의 외면방식도장에 없어서는 안 되는 중요한 것이다. 현재 국내에서 인정하고 있는 복장재로는 글라스 클로스, 글라스 매트, 아스베스토스 펠트, 헤시언 클로스 등이 있으나 미국의 경우 근래에는 크라프트지 일체형 폴리에틸렌 복장재 등이 채용되기도 한다.

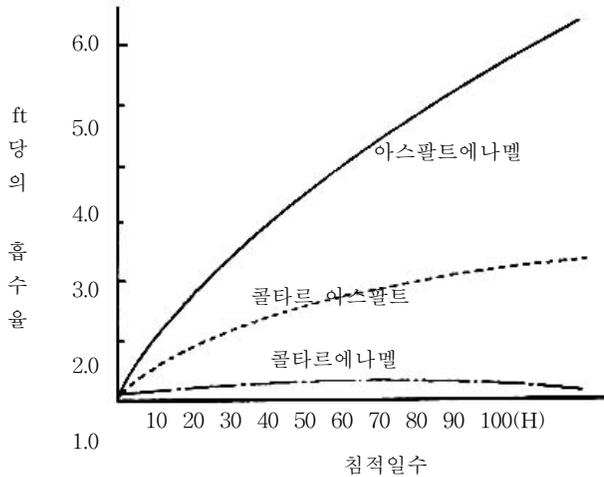
4) 도복장 방법

우수한 도복장재료라 할지라도 도복장 방법의 적부여하에 따라서 도복장강관의 수명을 지배한다. 따라서 작업표준을 확립하여 완전한 도복장작업이 수행되어야 한다. 국내 관련 KS 규격에서는 재료나 품질이외에도 도복장 작업 착수이전의 준비작업으로부터 완제품 제작 완료시까지의 제반사항을 비교적 상세하게 규정하고 있다. KS D 8307 규격에 규정된 도복장 방법은 미국 수도협회 규격(AWWA C203)에서 규정한 방법과 거의 유사한 방법으로서 미국의 경우 대부분의 토양 환경에 대하여 아스베스토스 펠트 도복장(KS D 8307)만으로도 충분한 방식효과를 얻을 수 있으나 부식성이 강한 토양이나 해저 또는 강을 횡단하는 경우의 매설관 외면은 추가로 글라스 매트를 도복하도록 권장하고 있다.

<표 5-41> 외면 도복장의 성능 비교

도복장 종류		수 도 용 강 관 아스팔트 도복장	수도용 강관 코올탈 에 나 멜 도 복 장	폴리에틸렌 피복 강관	폴리우레탄 피복 강관
도장의 두께		3.0~7.5	3.0~7.5	2.0	2.0
물리적 성질	접 착 성	○	○	◎	◎
	굽힘성	25℃	○	◎	◎
		5℃	□	□	◎
	내충격성	□	○	◎	◎
내 열 성	□	○	◎	◎	
내 수 성		□	◎	◎	◎
전기적 성질	전기 저항	매 설 직 후	◎	◎	◎
		4년후	□	◎	◎
	전기방식의 영향		○	◎	◎
현지 접합부 피복	주 로 사용되는 재 료	아스팔트 및 비닐 론 크로스 등의 보강재료 또는 조 인트코오트	콜타르, 에나멜 및 그래스크로스 등의 보강재 또는 조인트 코오트	조인트 코오트	조인트 코오트
	작 업 의 난 이 도	아스팔트는 가열 시 연기가 나서 불편. 조인트 코 오트는 간단	콜타르에나멜은 가열시 냄새와 연기 등 공해면에서 불리 하다. 조인트 코오트 는 간단	용 이	용 이

주) 범례 : ◎ 우량, ○ 양, □ 가, △ 불량



<그림 5-49> 역청질 도료의 흡수율

나. 전기방식(電氣防蝕)

전기방식 방법으로는 전류를 방출하는 측에서 레일이음을 용접하는 등 이음부의 접속을 견고히 하고 레일과 변전소 연결전선의 강화 증설, 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 전기 철도측과 협의하여 누설전류를 경감하는 것이 좋다. 그 것을 위해서는 레일을 전기적으로 접속하고 있는 이음부의 용접 또는 본드(bond)의 강화, 레일과 변전소를 잇는 전선의 강화 증설, 레일과 지중간의 절연향상을 위한 침목 등 가능한 방법을 강구토록 협조를 구한다.

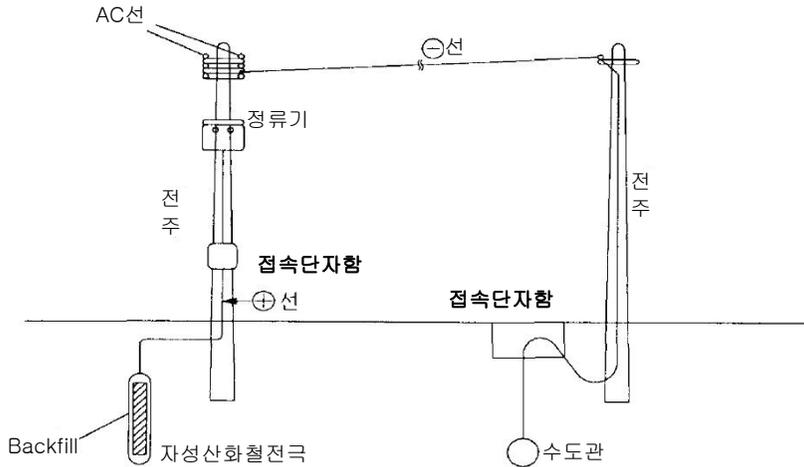
2) 금속관을 매설하는 측에서의 대책

매설하는 금속관의 전기방식 대책으로는 다음과 같은 방법이 있다.

가) 외부전원법

관과 불용성 전극사이에 직류전원을 설치하여 전원 → 전선 → 불용성전극 → 지중 → 관 → 전선 → 전원으로 흐르는 전기회로를 형성하여 관에서 유출되는

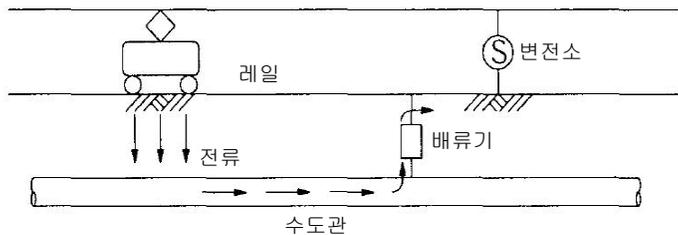
전류를 없애는 유입전류를 만들어서 전식을 방지하는 방법이다. 이 방법은 유출 전류가 큰 경우 등에 적합하다.(<그림 5-50> 참조)



<그림 5-50> 외부 전원법 사례

나) 선택배류법

관이 레일에 대하여 정(+)전위로 되는 장소에 선택배류기를 통하여 관과 부(-)의 귀전선 또는 레일을 도선으로 전기적으로 접속하여 관에 흐르는 전류가 직접 땅으로 유출되는 것을 막으며 이것을 일괄하여 레일 등에 귀류시키는 방법이다. 이 방법은 대책지점이 레일 등에 근접하고 있어야 적용할 수 있는 등의 제약조건이 있다.(<그림 5-51> 참조)

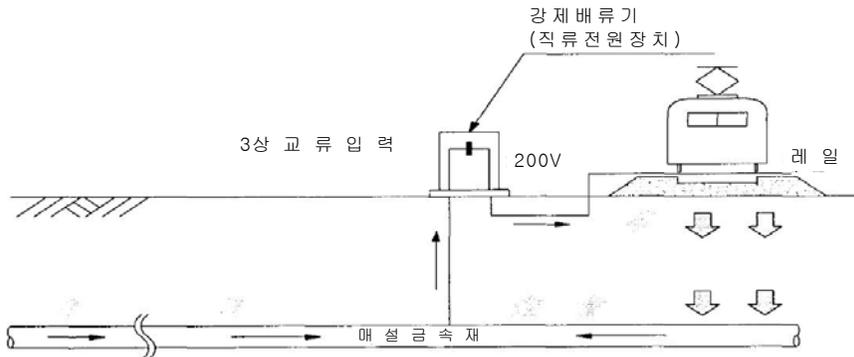


<그림 5-51> 선택배류법 사례

다) 강제배류법

관과 레일과의 사이에 직류전원을 설치하여 관으로부터 레일로 강제적으로 배류 전류를 흘리는 방법으로 원리는 나)와 동일하다. 레일대지 전압의 정(+) 값이 크고 레일

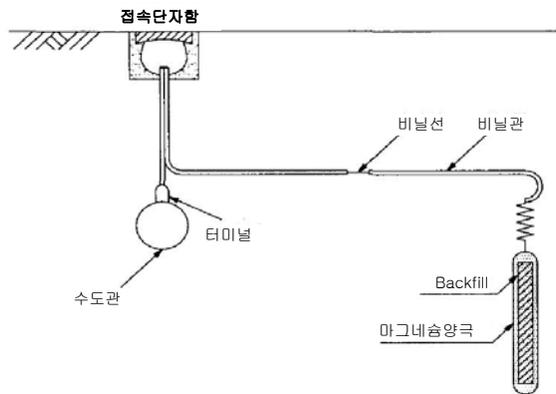
부근에서 관에 유입된 전류가 레일로부터 멀리 떨어진 지역에서 관으로부터 유출되며 거기에 전식을 일으키는 경우에 대한 전기방식법이다.(<그림 5-52> 참조)



<그림 5-52> 강제배류법 사례

라) 유전(流電)양극법

관에 표준전극단위가 낮은 금속(magnesium 등)을 양극으로 설치하고 양극과 관과의 사이에 이중 금속전지를 형성시켜서 관에 방식전류를 유입시키는 방법이다. (<그림 5-53> 참조)



<그림 5-53> 유전양극법 사례

마) 이음부의 절연화

전식 위험구역 중 변전소 근방 등 전위차가 극단적으로 큰 곳을 제외한 장소에 관을 부설하는 경우에는 관의 이음부에 전기 저항을 갖게 하여 관로 전체로서 미주 전류(迷走電流)의 귀로가 되기 어려운 구조로 만드는 것이 전기방식법으로 유효하다.

바) 차단

마)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 방식 효과를 갖는다. 차폐물로는 절연물이나 반도체가 고려되며 절연물은 폴리에틸렌 슬리브법, 폴리에틸렌 코팅법 등의 절연피복이 있으며, 반도체로서는 외관으로 금속관 등을 사용하는 공법이 있다. 또한 (1)은 전기방식대책에 한하지 않고 도복장만으로는 대처할 수 없는 부설조건에 도복장을 병용하면 효과적인 방식대책으로 된다.

일반적으로 도막저항이 우수한 폴리에틸렌피복강관 또는 중소관경과 도막저항이 적은 단거리 관로에는 유전(流電)양극법이, 전식범위가 높고 도막저항이 큰 대구경 장거리 관로에는 외부전원법, 특수부분에는 선택배류법이 유리하다. 이와 같이 전기방식 방법의 사용에 있어서는 대지전위를 측정하여 가장 합리적인 방법을 선택하지만 두 가지 방법 이상을 조합하여 사용하는 것이 바람직하다.

관 매설공사시 PE 코팅관이나 아스팔트 도복장강관의 경우 운반 및 설치과정에서 피복의 손상 없이 100% 완벽하게 시공하였을 경우에는 전기방식을 적용하지 않아도 된다. 하지만 공사현장의 실정상 운반이나 설치하는 과정에서 피복이 손상될 수밖에 없으며 용접부위는 절연을 아무리 잘해도 시일이 흐르면 물이 침투하게 된다. 이렇게 피복이 손상된 부위나 용접부 절연이 취약한 부분은 3~5년이 지나면 집중적으로 부식이 진행하여 그 부위의 관두께가 얇아져서 높은 수압에 견디지 못하고 파열된다. 이러한 부식을 막기 위하여 피복 손상률을 전체 단면적의 약 3~5% 정도로 계산하여 피복 코팅 강관에 전기방식을 보완하여 부식을 방지하고 있다.

상수도 관로의 전기방식법은 외부전원법을 원칙으로 하고 있으며, 현장여건과 관로의 길이를 고려하여 방식방법 선정하고 있다. 농업용 관수로의 방식사례는 <표 5-42>와 같다.

<표 5-42> 농업용 관수로 방식사례

지구	위치	방식방법
영산강 4단계 간척농지개발사업	양수장 토출관로	외부전원법
	용수로(도수로)	외부전원법
마동지구 농촌용수개발사업	용수로	외부전원법
이원지구 간척농지개발사업	용수로	외부전원법

<표 5-43> 전기방식 방법별 비교·검토

방식방법 구분		희생(유전)양극법	외부전원법	배류법
방식범위		최대 150m	10~40km	-
장·단점	장점	<ul style="list-style-type: none"> · 간편하다. · 단거리의 피방식 구조물에는 비용이 싸다. · 다른 매설 금속체에 대한 간섭이 없다. · 과방식 염려가 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 효과범위가 넓다 · 장거리의 피방식 구조물에는 양극의 수가 적어서 좋다. · 전극의 소모가 적으므로 평상시 관리가 손쉽다. · 전압, 전류의 조정이 쉽다. · 전식에 대해서도 방식이 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 전철의 전류를 이용하므로 유지비 저렴하다. · 전철과의 관계위치에 따라서는 매우 효과적 · 사업비가 매우 싸다 · 전철 운행 시에는 자연부식 방지
	단점	<ul style="list-style-type: none"> · 효과범위가 좁다. · 장거리의 피방식 구조물에는 값이 비싸다. · 소모되기 때문에 일정한 기간마다 보충해야 한다. · 강한 전식에 대해서는 효과가 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 초기투자가 약간 크다. · 강력하기 때문에 다른 매설금속체에 대한 간섭에 대해서 충분히 검토해야 한다. · 전원이 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 다른 매설금속체에 대한 간섭에 대해서 충분히 검토해야 한다. · 전철과의 관계 위치에 따라서 효과범위가 제한된다. · 전철의 휴지기간(야간등) 또는 레일전위가 높을 때는 전기방식의 효용을 발휘할 수 없다.
적용조건		· 소구경 단거리 관로에 적용	· 대구경 장거리 관로에 적용	· 전철부근 등 특수부분에 적용

5.8.5 매설관의 방식대책

관을 매설할 때에는 전식과 기타 부식을 방지하기 위하여 다음과 같이 방식 대책을 수립한다.

- ① 전식이 있는 철로 가까이에 금속관을 매설할 때에는 충분한 상황을 조사하여 전식과 기타 부식을 방지하기 위한 적절한 조치를 취한다.
- ② 부식성이 강한 토양, 산이나 염수 등의 침입이 있는 지역에 관을 매설할 경우는 상황을 조사한 다음에 관종을 선정하고 적절한 방식대책을 취한다.
- ③ 관의 콘크리트 관통부, 이종토양간의 부설부, 이종금속간의 접속부에는 매크로부식이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취한다.

산성의 공장폐수 등이 지하에 침투한 장소, 해변의 지하수 중에 다량의 염분이 함유된 장소, 유황분을 함유한 석탄재로 성토한 곳, 이탄지대, 쓰레기로 매립한 지대 등에 부식되기 쉬운 관을 부설할 때는 콘크리트로 씌우거나 아스팔트계도장, 에폭시계도장, 플라스틱피복 또는 각종 부식방지용 테이프 등으로 관외면의 방식공을 시행하여야 한다. 이때에 이음부분의 볼트 너트도 스테인레스 강재를 사용하거나 방식산화피막처리, 에폭시 등에 의한 도장, 고무피복, 폴리에틸렌 튜브로 이음부분을 피복하는 등 방식공법을 사용해야 한다. 콘크리트 관중도 유리탄산이 많은 산성 토양 중에 매설할 때 시멘트 성분이 용해하며, 경질염화 비닐관에서 자외선, 고온, 저온, 유기용제 등의 영향을 받지 않도록 하여야 한다.

가. 방식대책 고려사항

매설관의 방식대책은 다음의 사항을 고려하여 수립한다.

- ① 가장 침식되기 쉬운 각종 볼트류는 스테인레스강제품을 사용하거나 볼트를 설치한 후에 에폭시(epoxy)나 기타 적당한 도료로 피복하여야 한다. 또 관 전체를 플라스틱 포대로 피복하는 방법도 효과가 있다.
- ② 철관류의 방식대책으로는 되메우기 토사의 치환이나 폴리에틸렌슬리브(polyethylene sleeve)피복, 아스팔트(asphalt)계통 도장, 타르에폭시(tar epoxy)도장, 또는 외면을 콘크리트 포대나 각종 방식테이프로 감싸도록 한다.
- ③ 이음부의 볼트 및 너트류는 관 몸체보다도 부식이 비교적 빠르므로 특히 주의하여야 한다. 대책으로는 내식성 볼트 및 너트(스테인레스강제품 또는 방식 산화피막처리, 에폭시분체도장 등)의 사용, 폴리에틸렌 슬리브를 피복하거나 붙인 후에 타르에폭시나 기타 적당한 도장을 하는 것 등에서 최선의 것을 선택하도록 한다.
- ④ 각종 밸브실 내부배관(밸브, 플렌지, 신축관, 배기밸브 등)과 가압장 등의 배관중 습기에 노출된 각종 배관류는 공장도복장으로는 부족할 수 있으므로 상수도관 도복용 테이프나 액상에폭시 등 내식용 재료로 별도 방식을 한다.

나. 방식대책 주의사항

농업용 관수로는 농업생산과 직결되어 있고 구간에 따라 고압으로 수량이 많이 흐르고 있으므로 부식에 의한 피해가 발생하지 않도록 방식조치를 하여야 하며 다음사항을 주의한다.

- ① 철관류는 내면 부식의 원인이 되는 수질인자에 관하여 충분히 수질검사를 행하고 이에 대한 제거대책을 강구하여야 한다.

- ② 철관, 제수밸브 등 땅속에 매설된 금속재료는 토질내에 특수한 성분을 포함하였을 경우 심하게 부식을 받는 경우가 있다. 주의할 토질은 지하수에 해수를 포함하였을 경우나 석탄재 등에 의하여 매립된 장소나 토양이 습윤하여 황산염을 포함하고 있는 경우로서 부식은 염소이온 또는 각종 산에 의하거나 황산염 환원박테리아(SRB)의 번식에 의하는 것이 많다. 이와 같은 토질은 재료 선택에 착오가 없도록 하는 것이 중요하며 사용하는 재료의 보호에 주의하여야 한다.
- ③ 경질염화비닐(PVC)관은 적외선 및 현저한 고온이나 저온에 대해 재질의 성질이 떨어진다. 아스팔트 주트나 크레오소트, 신나등 유기용제에도 침투당하기 때문에 이와 같은 영향을 받을 우려가 있는 장소에서는 부설을 피하여야 한다.

한편 국내에서도 부식방지에 관한 자세한 사항은 환경부 제정 "상수도 시설 기준"(2004) 및 한국수자원공사의 "전기방식 설계기준" 및 한국건설기술연구원(KICT)의 "수도관 개량을 위한 의사결정지원 시스템 개발", "수도관 개량을 위한 관로진단 매뉴얼" 그리고 "상수관 부식방지법" 보고서 등을 참고하도록 한다.

제 6 장 부대시설 설계

6.1 부대시설의 정의

부대시설은 농업용관수로 시설을 계획하고 설계함에 있어 전체 관수로의 기능을 유지하는데 중요한 절대적인 영향을 주는 시설이며, 용수의 분배와 조절, 압력 조절 및 관리에 필요한 시설을 말한다.

부대시설의 위치선정, 구조, 유지관리 등에 대하여 유의해야 하며 이 때 고려해야 할 사항을 열거하면 다음과 같다.

- 지하에 매설되는 부대시설은 시설보호나 유지관리를 위하여 구조물 외측 벽에 방수 처리해야 한다.
- 관수로는 대부분 지하에 매설되므로 부대시설은 물론 관 매설 위치를 표시하는 표식을 해야 한다.
- 제수변, 공기변, 유량계 등을 설치할 때는 시설관리나 물 관리를 위하여 압력계를 병설해야 한다.
- 매설되는 관의 상부에는 관 매설을 표시하는 적색 테이프(tape)를 매설하여 건설장비 등에 의한 관 파손을 예방해야 한다.
- 제수변 등 각종 밸브의 개폐시설은 향후 TM/TC의 도입 등을 고려하여 전동화하는 것을 원칙으로 하며 특별한 사유로 전동화 되지 않은 때는 스프링돌에 고정장치를 부착하여 인력으로 개폐가 용이하도록 해야 한다.

6.2 분수공

분수공은 관수로 간선에서 지선으로 용수를 분배해 주는 역할을 하는 구조물로서 용도, 관수로의 형태와 설치 위치에 따라 적합한 것을 선택하여 사용한다.

6.2.1 분수공의 기능

분수공은 관수로 설계에서 있어서 용수 간선에서 용수지선으로 용수를 분배하는 분수구조물로서 수로 형태 및 설치 위치에 따라 구조가 다양하다. 분수공은 수조형과 폐쇄형이 있으며, 일반적으로 개방형 및 반 폐쇄형의 관수로는 자유수면을 갖는 수조형 분수공이 설치되고, 수조형 분수공과 다음 수조형 분수공 사이의 분수지점은 폐쇄형 분수공이 설치된다. 폐쇄형 관수로의 분수공에는 폐쇄형 분수공을 설치한다. 수조형분수공은 수문수조형, 월류수조형, 플로트밸브형으로 구분된다.

6.2.2 수조형 분수공

가. 수문수조(gate stand)형

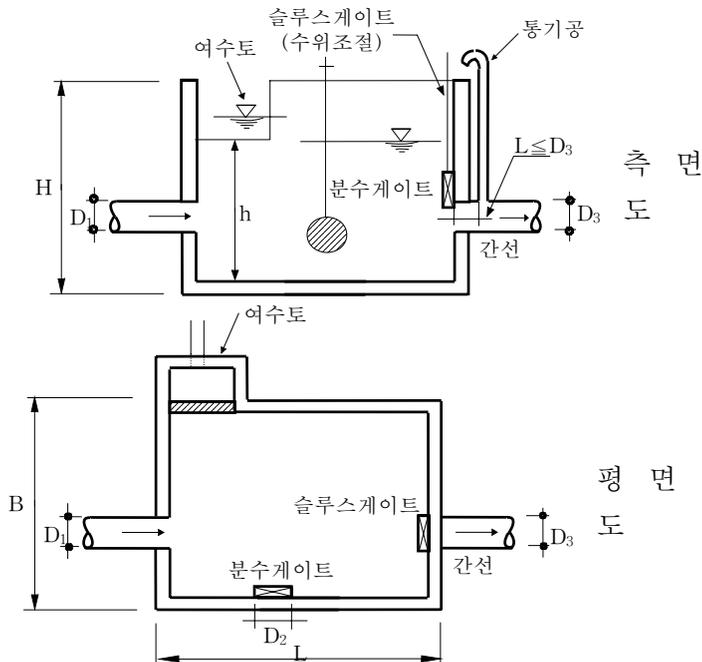
1) 용 도

개방형 관수로의 분수공으로 사용한다.

2) 구조·기능

수조 본체는 보통 철근콘크리트박스 구조이다. 수조에는 분수기능을 확보하기 위해 본선 하류 관수로의 유입구와 지선 유입구에 수위와 수량 조절용 수문을 설치한다. 이 형식의 분수공은 상류로부터의 유하량의 변동에 따라 항상 수문을 조절할 수 없기 때문에 수문을 조절한 후에 상류에서 유하량이 증가하여도 수조를 넘쳐 흐르지 않도록 여수토를 설치한다. <그림 6-1>에 대표적인 예를 나타내었다. 수문의 직하류부에는 통기공을 설치한다. 통기공의 역할은 다음과 같다.

- 수문조작에 의해 직하류에서 유수의 수축에 따른 국부적인 압력저하가 생길 때 밸브가 손상되지 않도록 공기를 공급한다.
- 공기가 집적되어 통수를 저해하지 않도록 공기를 배제한다.



주) 수 조 폭 : $1.0\text{m} < B \leq 2D$ 수조길이 : $1.2\text{m} < L \leq 2D_1 \times 1.5 + D_2$
 수조높이 : $H \geq \text{수심}(h) + \text{유통수심}(0.1\text{m} \sim 0.5\text{m})$

<그림 6-1> 수문 수조형 분수공

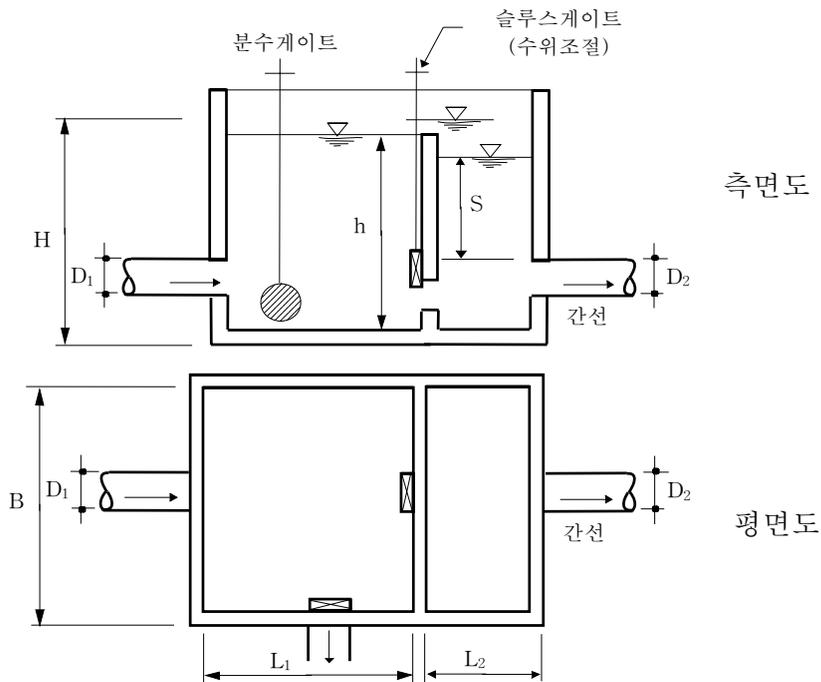
나. 월류(over flow)수조형

1) 용 도

개방형 관수로의 분수공으로 사용한다.

2) 구조·기능

<그림 6-2>에 나타낸 것과 같이 수조의 거의 중앙부 부근에 돌기부가 주위 벽보다 낮은 중간벽이 설치된 박스형 수조 구조로, 본체는 일반적으로 철근콘크리트 구조이다. 분수위(분수량)의 조절은 중간벽에 설치된 수문 및 지선 유입구에 설치된 수문으로 한다. 중간벽을 설치하여 돌기부를 한 단계 낮게 한 것은 분수위를 확보 한다는 것과 상류 유량변동 때 중간벽을 통하여 하류에 유하시킴으로서 수조를 넘쳐흐르는 일이 없도록 하기 위함이다. 분수측에 설치한 수문의 직하류에 통기공을 설치하는 것은 수문 수조형 분수공과 같다.



주) 수 조 폭 : $1.0\text{m} < B \leq 2D_1$

상류수조길이(L_1) : $1.2\text{m} < L_1 \leq 2D_1 \times 1.5$ 하류수조길이(L_2) : $L_2 \geq 4 \sim 5D_2$

실(Sill) : 원칙적으로 계획최저수위로 하고 다음에 따른다.

$D_2 \geq 1,000\text{mm}$ 이면 0.5m 이상 $D_2 < 1,000\text{mm}$ 이면 0.3m 이상
와류를 방지하려면 $S > 2D_2$

<그림 6-2> 월류 수조형 분수공의 예

다. 플로트 밸브(float valve) 수조형

1) 용 도

주로 반 폐쇄형의 관수로에 사용한다. 개방형 관수로에서도 관로의 凹부에서 분수할 때 관내 수압이 커서 수문 수조형, 월류 수조형의 분수공이 부적당하거나 비경제적일 때 사용한다.

2) 구조·기능

이 분수공은 플로트 밸브에 의해서 관수로의 유수를 일단 자유수면을 갖는 수조에 저류하여 지선으로 분수하는 형식이다. 하류측의 본선이나 지선에서 물을 사용하게 되면 사용량에 따라 수조 내 수위가 내려가 본선 토출구에 설치한 플로트 밸브가 열려 수조 내로 물이 흘러 들어간다. 하류측에서 물을 사용하지 않으면 수조내 계획 저수위면에 도달한 후 플로트 밸브가 완전히 닫혀 흐름이 멈춘다. 하류에서 물 사용이 없는 한 플로트 밸브는 열리지 않고 물은 흐르지 않는다. 플로트 밸브는 플로트의 부력을 이용해서 개폐하기 때문에 상류 파이프라인과 상당한 수위차를 필요로 한다. 따라서 분수되는 분수위의 변동에 따라 분수량이 변동한다. 수조 본체는 일반적으로 철근콘크리트 구조가 많다.

플로트 밸브는 플로트의 부력 및 중력을 이용해서 밸브를 자동으로 개폐하는 장치로 <그림 6-3>에 나타난 구조가 일반적이다. 플로트 밸브 고장시 보수를 생각해서 상류에 제수밸브(슬루스 밸브나 버터플라이 밸브)가 병행 설비되어 있는 경우도 많다. 수조 내의 수위는 플로트 밸브가 전부 닫혀 있을 때의 수위 이상으로는 상승하지 않기 때문에 물이 수조에서 넘치는 일은 없으며 여수토는 보통 필요가 없다. 그러나 플로트 밸브의 고장을 예상해서 전량 방류할 수 있는 여수토 시설을 설치할 수도 있다.

6.2.3 폐쇄형 분수공

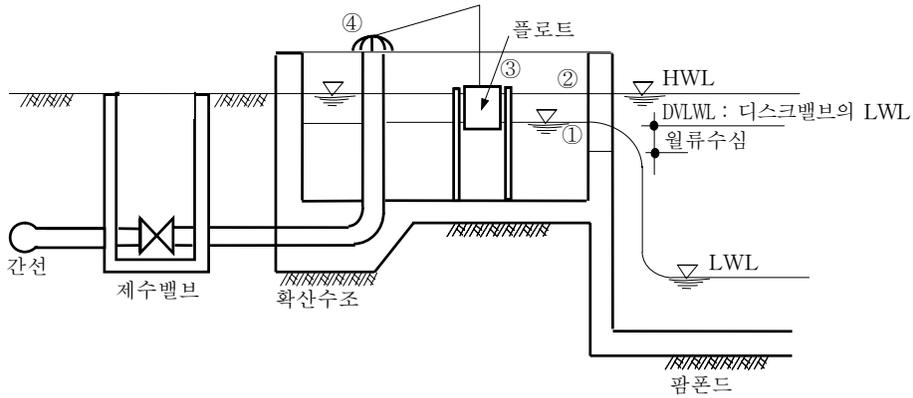
가. 용 도

폐쇄형 관수로의 모든 분수공에 사용되고 있으며, 개방형 및 반 폐쇄형 관수로 저위부의 분수공으로 사용할 수 있다.

나. 구조·기능

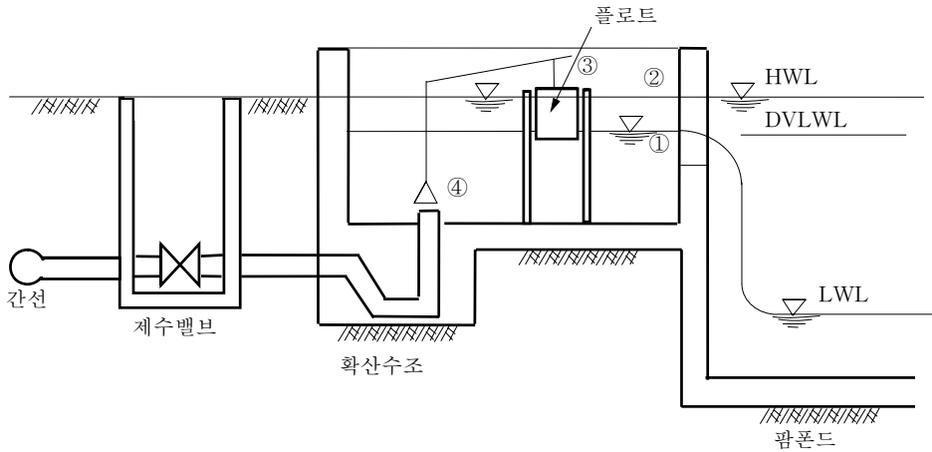
관수로의 본선에 정T자형 관로를 부착하여 지선의 관수로를 연결한 구조이다. 분수위(압)의 확보나 분수량을 조절할 필요가 있는 지점은 제수밸브(슬루스 밸브·

버터플라이 밸브)를 지선과 본선의 분기점 2곳에 설치하나 지선 혹은 본선의 어느 한쪽에 설치한 구조도 있다. 이 제수밸브는 밸브의 보호와 보수점검 및 조작관리를 위하여 <그림 6-4~6>과 같은 밸브실에 설치한다.



- 작동설명 : 1. 하류 물사용→수조내 수위하강①→플로트③이 내려감→디스크밸브④ 열림(물공급)
 2. 하류 물사용 중단→수조내 수위상승②→플로트③이 올라감→디스크밸브④ 닫힘(물공급 차단)

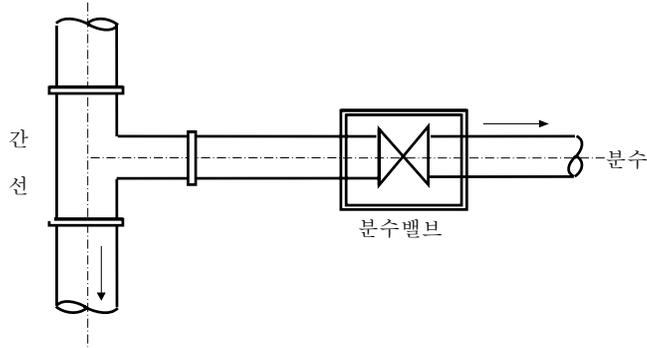
(a) 후드디스크밸브



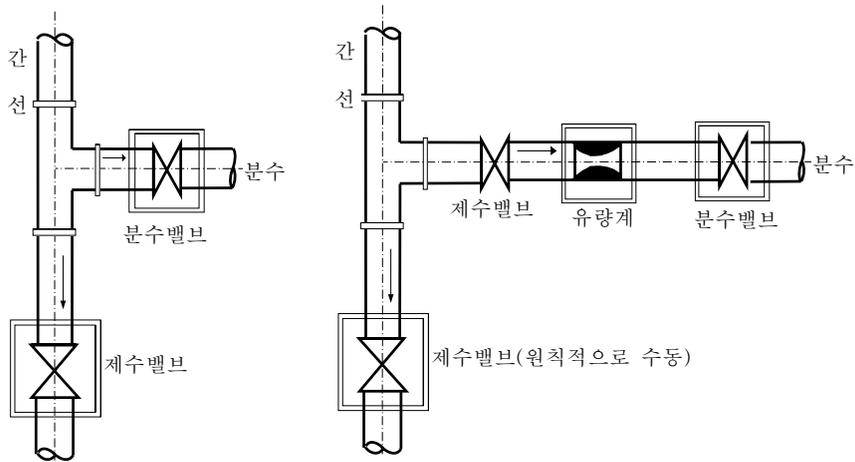
- 작동설명 : 1. 하류 물사용→수조내 수위하강①→플로트③이 내려감→디스크밸브④ 열림(물공급)
 2. 하류 물사용 중단→수조내 수위상승②→플로트③이 올라감→디스크밸브④ 닫힘(물공급 차단)

(b) 잠류디스크밸브

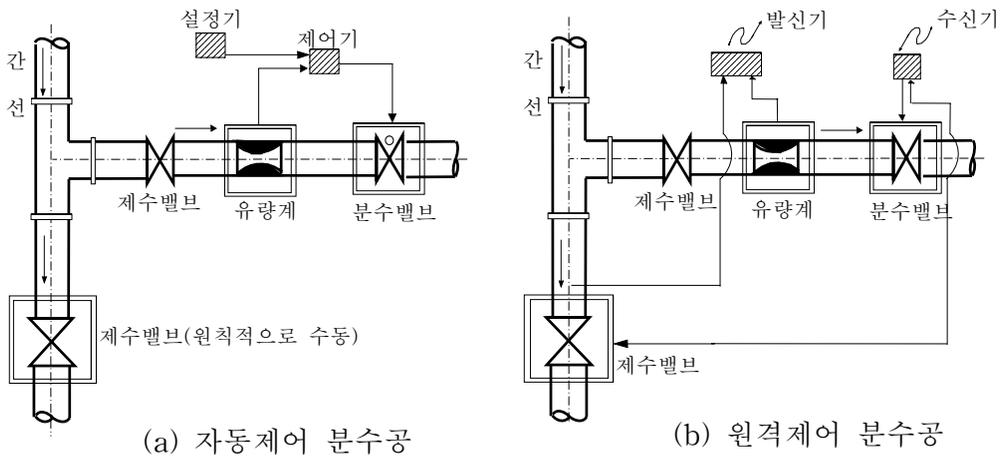
<그림 6-3> 플로트 밸브 수조형 분수공



<그림 6-4> 폐쇄형 분수공의 예(1)



<그림 6-5> 폐쇄형 분수공의 예(2)



<그림 6-6> 폐쇄형 분수공의 예(3)

6.3 급수전

관수로 조직의 말단에서 포장으로 용수를 공급하여 급수하기 위한 장치로서 유량을 조절할 수 있는 밸브를 주로 사용하며 수동, 자동, 전동으로 개폐할 수 있도록 되어 있는 시설이다.

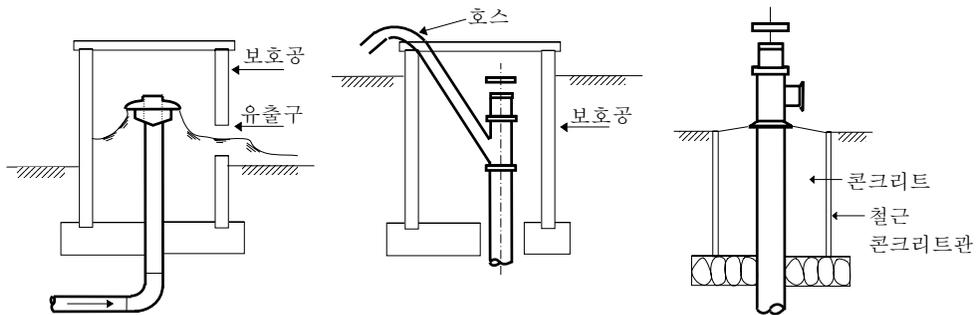
6.3.1 급수전의 기능

관수로에서 포장으로 용수를 공급하기 위해서는 관수로 말단의 포장지점에 관수로에서 포장으로 용수를 급수하기 위한 장치가 필요하며, 이를 위하여 유량을 조절할 수 있는 밸브를 주로 사용하고, 대부분 수동이나 전동으로 개폐할 수 있도록 되어 있는 밸브를 주로 사용한다.

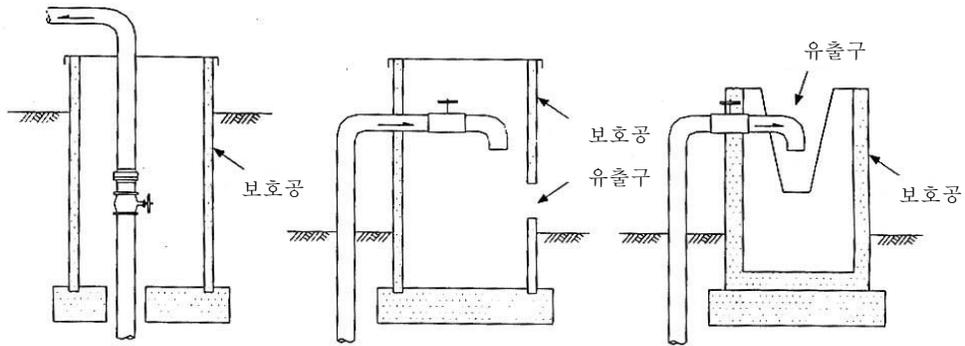
6.3.2 급수전의 종류와 구조

관수로의 물을 지상으로 끌어내는 급수전은 관로에 정T관(말단에서는 곡관)을 설치하고, 그 위에 라이저(riser)관을 세워서 상부에 급수전을 설치한 구조이다. <그림 6-7>에 나타낸 것과 같이 지상으로 나와 있는 구조와 지하에 설치된 철근 콘크리트관 등의 보호틀 내에 격납된 <그림 6-8>과 같은 구조가 있다. 급수전 본체는 압력수가 유출되므로 내압강도가 큰 청동제나 알루미늄 합금제의 앵글밸브가 사용되고 있다. 토출구는 관이나 호스를 접속할 수 있도록 조인트가 달려 있다. 또 360°회전이 가능한 회전 앵글밸브도 사용한다. 급수전은 수동으로 회전하여 개폐 조작할 수 있는 구조이다.

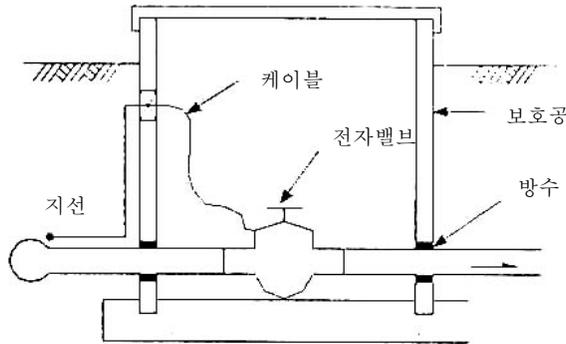
관수로 지구에 설치된 급수장치는 수동식과 자동식이 있다. <표 6-1>은 급수 장치의 종류를 나타내며, 최근에는 자동급수장치가 개발되어 사용되고 있다.



<그림 6-7> 우산밸브형 급수전(하향) <그림 6-8> 앵글밸브형 급수전



<그림 6-9> 게이트 밸브형 급수전



<그림 6-10> 전자밸브 급수전

<표 6-1> 관수로용 급수장치

명 칭	규격(mm)	적용수로	작동방식
농수산용 분사밸브	관경 80, 100, 125, 150	관수로	수동식
농수산용 나이프 게이트 밸브	관경 80, 100, 125, 150	관수로	수동식
콘밸브형 급수전 (분수밸브 PEM-S 600)	-	관수로	수동식
관수로용 자동급수장치	50, 80, 100	관수로	자동식
기타(앵글밸브, 볼밸브조립품)	-	관수로	수동식

자동급수장치는 본체부와 수위설정기로 구성되어 있으며, 본체부는 다이야후램 밸브, 수량조작핸들, 전환스위치, 세정기, 여과기로 구성되어 있고 수위설정기는 플로트, 눈금판, 파이롯밸브로 구성되어 있다.

<표 6-2> 관수로용 자동급수장치의 작동원리

구분	작동원리
자동급수	지수상태 : 논외 수위상승에 따라 수위설정기 플로트가 상승하면 암이 작동하여 파이롯밸브가 닫혀 수압이 본체에 전달되어 급수정지 급수상태 : 담수위가 하강하면 플로트가 하강하여 파이롯밸브가 열리면서 수압전달 차단되어 급수개시
수동급수	자동급수전의 수위설정기를 사용하지 않고 급수전 본체만을 사용하면 수동으로 급수할 수 있음

자동급수장치 설치로 급수량을 50~66% 줄일 수 있으며, 노동력은 수동보다 자동이 27.3%(11시간)를 절감할 수 있다. <표 6-3>은 관수로용 자동급수 장치 설치효과를 현장시험한 결과이다.

<표 6-3> 관수로용 자동급수장치 설치효과 시험사례

수원공	공급량(mm/ha)		절수율(%)	비고
	자동	수동		
양수장	323	631	50	해남 간척지
보	528	1,767	66	충북 보은

출처 : 농업용 관수로의 분수량관리시스템과 자동급수장치 개발에 관한 연구('01, 충북대)

6.3.3 급수전(급수장치)의 선정

관수로 급수전은 물관리 효율이 높으며, 물관리 노동력을 절감할 수 있는 자동급수장치 등을 선정토록 한다.

6.4 조절시설

조절시설은 관개지역이 넓거나 용수체계상 취수량, 통수량 및 수요량을 시기적으로 조절하기 위하여 관수로 용수계통 중간 또는 포장 근처에 용수를 저류하여 물을 적기에 용수를 공급하고 용수의 효율을 높이기 위하여 설치한다.

6.4.1 조절시설의 기능

조절시설은 취수량, 통수량 및 수요량을 1일에서 수일간 조정하거나 공급량과 수요량의 시간적인 차를 조정할 목적으로 설치하는 시설이며, 용수의 공급에 시간이 걸리는 지역에서 적기에 용수를 공급하고 용수의 낭비를 줄일 수 있는 역할을 한다.

6.4.2 조절시설의 종류

조절시설에는 취수량, 통수량 및 수요량을 1일에서 수일간 조정할 목적으로 설치하는 조절지와 1일 이내의 공급량과 수요량의 시간적인 차를 조정하는 것을 주목적으로 하는 팜폰드나 배수조(配水槽)가 있다.

관수로 시스템의 설계에서는 조절시설의 설치위치, 규모 등의 결정이 매우 중요하므로 물 이용계획, 송배수방식, 물 관리방식 등을 고려하여 관수로의 조정기능이 발휘되도록 검토해야 한다. 조절시설의 규모 결정 등 세부사항은 "농업생산기반 정비사업 계획설계기준 관개편 및 수로공편"을 참고한다.

6.4.3 조절지

가. 조절지 규모

송배수 대상이 광역이고 물 이용 목적이 다양하면 용수량의 시간적 변동이 크고 복잡해진다. 조절지는 수로 조직내에 있어서 조절지까지의 관수로 조직을 점검, 보수하고자 할 때 조절지 이하의 수요량을 확보함으로써 물이용의 조건을 충족시키고 수로계로서의 유기적이고 탄력적으로 운영하기 위하여 설치하는 것이다. 조절지의 규모는 수원용량에서 말단의 물 이용시스템까지 전체의 관련성을 고려하여 종합적으로 검토하여 결정하여야 한다. 또 시설기능유지, 물 관리의 편의, 사고대비 등을 위하여 조절지를 통하지 않고 우회하여 하류에 직접 관개용수의 공급이 가능한 바이패스관(by-pass)을 설치할 필요가 있다.

규모를 결정할 때 일반적으로 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 배수관리(配水管理) 즉 물의 원활한 배분을 주목적으로 할 때는 조정지에서 하류의 계획최대유량의 반일 또는 1일분 정도의 저수 능력을 갖도록 해야 한다.
- ② 수로시설의 관리 즉 보수, 점검, 청소 등을 목적으로 할 때에는 이들에 소요되는 시간으로 결정한다. 일반적으로 소구경(Φ500mm미만)의 관수로에서는 파손시의 보수를 1일 이내에 끝내도록 하는 경우가 많다. 그러나 대구경의 관수로에서는 그 이상의 일수를 필요로 한다. 따라서 보수, 점검에 필요한 일수를 산정하여 조절지의 용적을 결정하면 그 하류지구는 지장 없이 물 이용을 할 수 있다.
- ③ 물 배분 및 시설관리뿐만 아니라 보조수원의 역할도 하는 경우에는 그 조정지에 저수할 필요저수량과 조정지에 유입하는 수로의 통수능력에 대한 여유를 보아 규모를 결정한다.

- ④ 이 때에 조절지의 규모와 상류부 수로의 단면과는 상호간에 경제성을 비교하여 결정한다. 하류 관수로의 수위 계획 등 총체적인 수두배분에 대해서도 검토한다.

나. 조절지의 구조

조절지의 구조는 대규모 관개계획에 의하여 저수용량이 큰 댐을 축조하여 저수하는 본격적인 저수지로부터, 소규모의 것으로 아스팔트라이닝이나 콘크리트라이닝 또는 철근 콘크리트 등으로 만든 조절지까지 있다. 어느 것이나 기술적인 면과 경제성을 충분히 고려하여 그 구조를 결정해야 한다.

조절지에는 적당한 여수방류시설을 설치하고 하천이나 계곡에 방류할 수 있도록 하여야 한다. 또한 관수로에 토사나 먼지가 유입되지 않는 구조로 한다.

6.4.4 팜폰드(Farm Pond)

가. 팜폰드의 설치 목적

일반적으로 상류측 간선수로의 통수시간과 말단에서의 관개시간과는 차이가 난다. 팜폰드는 말단에서의 관개 휴지 시간중에 간선수로의 통수량을 일시 저류함으로써, 간선수로의 조직용량(최대 통수량)을 줄일 수 있으며, 관리손실의 감소를 피함과 동시에 상류측 간선수로의 송수관리를 용이하게 할 수 있다.

또한 팜폰드는 말단에서 물이용이 변동하여도 물이 원활히 공급될 수 있도록 하며, 물이용 변동을 흡수함으로써 간선수로의 송수관리를 용이하게 한다. 즉 팜폰드는 말단에서 물이용의 자유도를 크게 한다. 이들 기능을 정리하면 다음과 같은 독립 기능으로 나눌 수 있으며, 이들은 각각에 필요한 용량을 갖는다.

- ① 말단 관개시간과 간선 통수시간의 시간차 조정
- ② 물 수요의 시간적 집중에 대한 완화
- ③ 다목적 이용
- ④ 펌프시설 및 분수시설의 원활한 운전제어
- ⑤ 원활한 송수관리
- ⑥ 기타 간선의 절점보수시 완충역할

이와 같이 팜폰드는 많은 기능을 갖고 있으므로 그의 형식과 용량 및 위치를 정하고자 할 때에는 어느 기능을 목적으로 할 것인가를 먼저 검토한 후 결정하여야 한다.

나. 펌프드의 기능과 역할

펌프드의 용량결정은 그 사용목적에 따라 다르므로 그 규모를 결정하는데는 펌프드의 기능과 역할에 대한 이해가 매우 중요하다.

1) 말단 관개시간과 간선 통수시간의 시간차 조정

말단에서의 관개 작업시간은 통상 16~20시간으로 보며 이중 이동시간을 제외한 것이 실 관개시간이다. 한편 간선수로의 통수는 수류제어나 통수용량 등의 문제로 인하여 24시간 통수하는 것이 일반적이다. 따라서 양자의 시간차를 펌프로 조정하는 것이 보통이다.

2) 물 수요의 시간적 집중에 대한 완화

시설원예나 채소류가 차지하는 면적이 큰 지구에서는 1일 중에도 특정시각에 물 사용이 집중되는 수가 있다. 이 때문에 물 수요의 시간적 집중에 어느 정도 융통성 있게 대응하기 위해서는 시설용량에 여유가 있어야 한다. 이러한 여유 척도를 "자유도"라 하는데 시설원예 지대에서는 물 수요가 오전과 오후 두 번 피크(peak)를 이루게 되므로 자유도를 2로 하는 것이 일반적이다.

3) 다목적 이용

최근에는 관개 이외에 약제 살포, 시비, 동상해방지, 풍해방지 등 다목적으로 이용되는 경향이 많으며 이 경우 특정시간에 물이용이 집중하게 되므로 이에 필요한 용량은 별도 계획에 기초해서 산정해야 한다.

4) 펌프시설 및 분수시설의 원활한 운전제어

간선수로부터의 펌프에 의한 취수나 또는 분수시설의 제어가 원활하지 못할 때에는 펌프로 이를 해소할 수도 있다. 한편 이들을 원활히 운전·제어하는데 필요한 용량에는 펌프의 수위가 제어조건임을 유의하여야 한다.

5) 원활한 송수관리

장대한 간선계에서 유황(流況)조작시 취수지점과 분수지점 사이에 응답지연이 생기게 된다. 이 경우 감량 조작을 하면 무효송수가 생기게 되며 반대로 증량 조작을 하면 지연으로 인하여 물 수요에 즉시 응할 수 없게 된다. 이러한 경우 펌프를 설치하면 관리손실 수량을 절감시키고 물 관리 조작을 용이하게 할 수 있다.

다. 팜폰드의 위치

팜폰드는 지선의 지배구역에 대하여 통수량과 용수량의 시간적 변동을 조정하는 시설로 지선의 분수점 아래에 지선수로 최상부의 지형상 유리한 지점에 설치하되 위치를 선정할 때에는 다음 각 항을 검토하여 결정한다.

- ① 원칙적으로 관개 블록의 근처에서 자연 압력으로 필요압을 확보할 수 있는 곳
- ② 유지관리가 용이하며 경제적인 곳
- ③ 배수조직의 경우에는 유지관리와 경제성을 동시에 고려해서 지배면적과 위치를 검토한다. 고위부에 집중하여 설치하는 것이 반드시 유리하다고는 할 수 없다.
- ④ 시설의 유지를 유효하게 이용한다.
- ⑤ 시공조건이나 지반조건도 미리 검토한다.
- ⑥ 여수의 방류 또는 긴급 방류를 위한 방수로가 용이하게 확보될 수 있는 곳

라. 팜폰드의 용량

팜폰드의 용량은 다음과 같이 결정한다. 평상시의 피크시 1일 조용수량과 관개시간을 각각 $D(\text{mm/d})$, $T(\text{h})$, 및 $D_p(\text{mm/d})$, $T_p(\text{h})$ 라면 다음의 식이 성립된다.

$$D = \frac{D_p}{T_p} \times T \dots\dots\dots (6-1)$$

관개면적을 $A(\text{ha})$ 라면 1일 조정용량 $V(\text{m}^3/\text{d})$ 는

$$V = 10AD(24 - T)/24 \dots\dots\dots (6-2)$$

식(6-1)을 식(6-2)에 대입하면

$$V = 10A \frac{D_p}{T_p} \frac{(24T - T^2)}{24} \dots\dots\dots (6-3)$$

이 식에서 최대 1일 조정용량은 $T = 12$ 일 때 발생하며 $V_m = 60AD_p/T_p$ 이다. 피크시, 24시간 동안 관개를 한다면 위 식에서 $T_p = 24$ 를 대입하면 $V_m = 60AD_p$ 가 된다.

마. 팜폰드의 생략

지형적 또는 경제적 제약 때문에 팜폰드의 설치가 부적당한 경우에는 각 지선의 유량제어를 고도화함으로써 그 기능을 보완할 수도 있다. 그러나 일반적인 관개 시설에서는 계획시점에서 구상한 물 이용상황이 반드시 그대로 실현되지 않으며

해가 경과함에 따라 변화하는 경우가 많다. 한편, 펌프는 안전시설로서의 기능도 갖고 있으므로 부득이한 경우를 제외하고는 생략하지 않는 것이 좋으며 부득이 생략하는 경우에도 안전성에 대해서는 충분히 검토해야 한다.

바. 펌프드의 구조

펌프드의 구조는 설계조건, 현지 지형조건, 경제성 등을 고려하여 방수시트, 아스팔트라이닝, 콘크리트라이닝, 철근콘크리트 구조 등을 선정한다. 흙 및 먼지 외에도 바람에 의한 잡물의 유입을 방지할 수 있어야 한다. 이끼, 조개류 등의 발생이 예상될 때에는 유지관리상의 대책도 검토하여야 한다.

6.4.5 배수조(配水槽)

가. 일반사항

배수조(配水槽)를 사용하는 송수방식은 펌프송수방식으로서 가장 바람직한 방법이며, 스프링클러 관개면에서도 가장 좋은 방식이다. 배수조는 주로 펌프의 운전과 정지시간 동안의 송·배수조정을 하는 것을 목적으로 하기 때문에 조정용량은 비교적 작아도 된다. 그러나 정전이 예상되는 태풍시의 재해방지를 목적으로 하는 경우에는 미리 필요수량의 전부를 배수조에 저류하여 두지 않으면 안되기 때문에 꽤 큰 용량을 갖게 된다.

나. 배수조의 용량

배수조의 규모가 클수록 펌프설비의 유지보전 또는 용수의 원활한 배수관리에 유리하므로 시설비가 허용하는 한 크게 하는 것이 바람직하다. 일반적으로 배수조의 최소용적은 배수조내 설정수위에 의하여 펌프의 자동운전을 하는 경우에는 펌프의 On-Off의 허용빈도를 고려하여 결정한다. 이때 최대 유량시의 펌프의 최저휴지시간은 일반적으로 20분간 이상으로 하는 것이 바람직하고, 부득이한 경우에도 5~10분간 이상으로 하는 것이 바람직하다. 세부사항은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 양배수장편" 및 "용수로 설계지침"을 참고한다.

6.5 조압시설

조압시설은 관수로 조직에서 수위나 수압을 조절하여 관수로내 적정압력을 유지하여 용수배분 기능을 유지하거나 손상을 방지하는 시설이다.

6.5.1 조압시설의 기능

조압시설은 용수의 원활한 배분을 위해서 필요한 수위 조건을 유지하기 위해 수위나 수압을 조절하거나, 잉여압력을 감압시켜 하류 관수로의 압력을 적정하게 유지하기 위하여 사용되는 부대시설이다.

6.5.2 조압시설의 종류

조압시설은 용수의 원활한 배분을 위해서 필요한 수위 조건을 유지할 수 있는 수위(수압)조절형과, 잉여압력을 감압시켜 하류 관수로의 압력을 적정하게 유지하는 감압형의 2종류로 분류할 수 있다. 수위조절형은 자유수면을 갖는 수조형(수문 수조형 및 월류 수조형)과 제수밸브를 이용한 밸브조절형이 있다. 감압형은 감압 수조형, 플로트밸브 수조형, 감압밸브형 등이 있다. 수위(수압)조절형을 감압형으로 사용할 수 있다.

6.5.3 수위조절형 조압시설

가. 수조형

1) 수문 수조형

개방형 관수로에 사용하며 대개의 경우 분수공을 겸하고 있다. 상세한 내용은 6.2.2 가의 수문 수조형 분수공을 참조한다.

2) 월류 수조형

중·소규모의 개방형 관수로에 사용하며 분수공을 겸하고 있다. 폐쇄형 분수공이나 급수전에 필요수위(수압)를 유지할 경우에도 사용한다. 6.2.2 나의 월류 수조형 분수공을 참조한다.

나. 밸브 조절형

폐쇄형 관수로에 이용하며 분수공을 겸하고 있다. 상세한 내용은 6.2.3 폐쇄형 분수공을 참조한다.

<표 6-4> 조압시설의 형식

구분	형식의 세분		개 요
수 위 조 절 형	스탠드형 분수공	게이트스탠드형 (개방식 관수로에 적용)	스탠드에 설치하는 게이트(상류 수위를 일정하게 하는 게이트)에 의하여 상류측 수위를 조절한다.
		월류스탠드형 (개방식 관수로에 적용)	스탠드 중앙부에 월류벽을 설치하고 그 저부에 슬루스게이트를 달아 수위와 유량을 조절한다.
	밸브조절형 (폐쇄식 관수로에 적용)		송배수 관로의 도중에 밸브를 설치하고 그 개도에 따라 상류측 수위를 조절한다.
감 압 형	감압스탠드형 (개방식 관수로에 적용)		관로도중에 설치하는 감압스탠드로 부근에 분수공은 없으나 관의 내압강도상 또는 수리상 감압이 필요할 때 이용한다.
	감압밸브형 (주로 폐쇄식 관수로에 적용)		하류측 수압을 일정하게 하는 밸브
	플로트밸브 (반 폐쇄식 관수로에 적용)		하류측 수위를 일정하게 하는 플로트밸브

6.5.4 감압시설

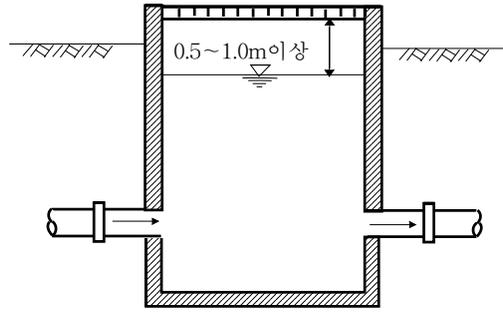
가. 감압수조형

1) 용 도

개방형 관수로에서 잉여압력을 감압할 때 사용한다.

2) 구조·기능

상부가 개방된 철근콘크리트 상자형 구조로 수조내 수면적은 통수단면보다 크고, 관수로의 흐름을 일단 자유수면을 가진 수조내로 방출하여 잉여압력을 감압(공중방출, 수중확산이나 유체마찰)하는 기능을 가지고 있다. 수조 높이는 일반적으로 수조 내 계획고 수위로부터 0.5~1.0m의 여유를 두어야 한다. 일반적으로 수조형 분수공, 통기시설 및 감시매체 등과 겸해서 설치한다. 분수시설, 통기시설이 불필요한 구간에서 감압이 필요한 지점은 <그림 6-11>과 같은 구조의 감압수조를 설치한다.



<그림 6-11> 감압수조

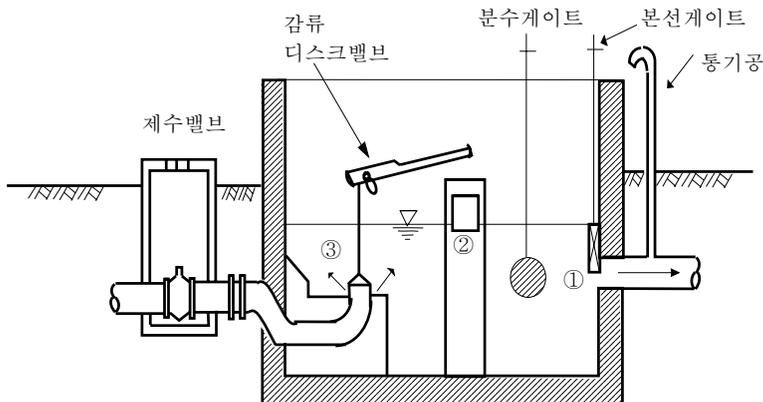
나. 플로트밸브 수조형

1) 용 도

반 폐쇄형 관수로에 있어서 잉여압력을 감압할 필요가 있는 경우에 설치한다.

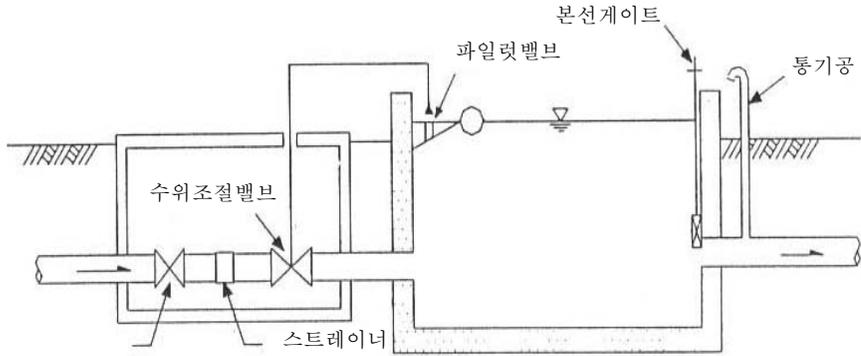
2) 구조·기능

플로트의 부력을 이용해서 밸브를 자동으로 개폐하는 기능을 갖고 있으며, 구조는 선택하는 플로트 밸브의 종류에 따라서 다르다. <그림 6-12>와 같은 철근콘크리트 박스형 수조내에 디스크형의 플로트 밸브를 설치한 구조와 <그림 6-14>와 같은 평형 볼밸브를 설치한 구조 등이 있다. 지하수 등 깨끗한 물을 이용하는 경우는 <그림 6-13>과 같이 주밸브를 수조 바깥에 설치하여 주밸브를 작동시키는 파이롯 밸브(플로트 밸브)를 수조내에 설치한 구조를 택할 수 있다.



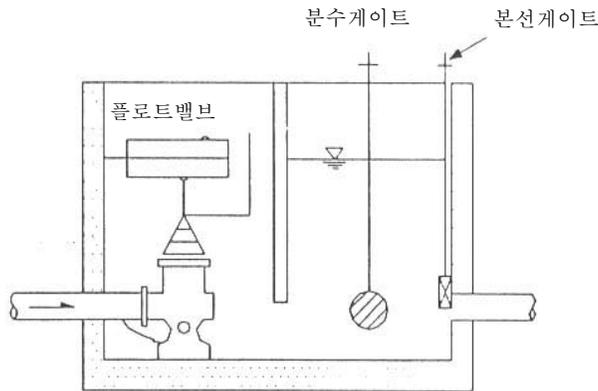
작동설명 : 1. 분수문① 열림→수조내 수위 하강→플로트②가 내려감→수중디스크밸브③ 열림(물 공급)
2. 분수문① 닫힘→수조내 수위 상승→플로트②가 올라감→수중디스크밸브③ 닫힘(물 공급 차단)

<그림 6-12> 플로트밸브형 조압시설



- 작동설명 : 1. 분수문① 열림→수조내 수위 하강→파일럿밸브② 작동→수중조절밸브③ 열림(물 공급)
 2. 분수문① 닫힘→ 수조내 수위상승→파일럿밸브② 작동→수중조절밸브③ 닫힘(물 공급 차단)

<그림 6-13> 수위조절 밸브의 설치 예



<그림 6-14> 평형 볼밸브

다. 감압밸브형

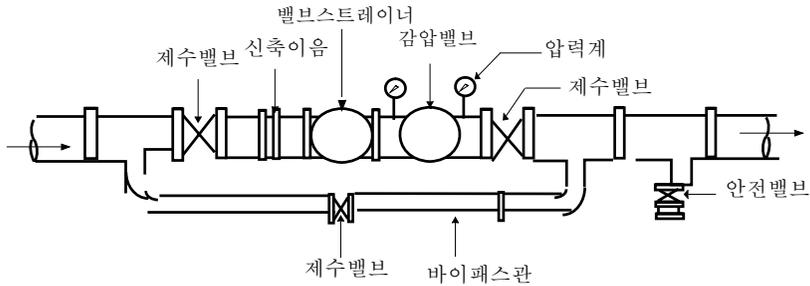
1) 용 도

폐쇄형 관수로에 사용된다.

2) 구조·기능

관수로에 자동 감압밸브를 설치한 것이다. 감압밸브의 전후에 제수밸브(슬루스 밸브나 버터플라이밸브) 및 압력계가 각각 설치되어 있는 것외에 밸브여과기 및 제수밸브가 달린 바이패스관이 설치된 구조로 되어 있다. 이 시설은 1차측 압력

변동에 상관없이 2차측의 수압을 일정하게 유지하기 위한 감압시설이다. 자동감압 밸브는 상하류의 차압을 이용해서 격막(diaphragm)에 의해 자동적으로 작동하며, 관경 50~1,500mm, 적용압력(내수압) 범위는 1차측 수압 98N/cm²이다.



<그림 6-15> 자동 감압밸브 설치 예

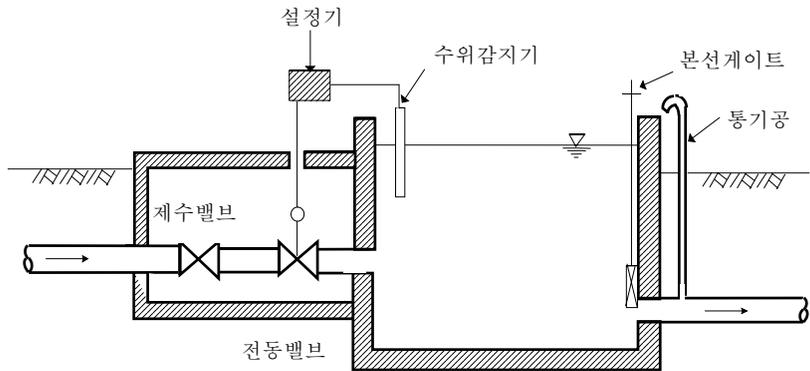
라. 수위검지기형

1) 용 도

반폐쇄형 관수로에 사용한다.

2) 구조·기능

수위 검지기와 전동밸브로 하류 수조 수위를 자동으로 제어한다.



<그림 6-16> 전동밸브에 의한 수위조절시설

6.6 통기시설

통기시설은 관로에 있는 공기를 배출하여 물의 흐름을 원활하게 하거나 공기를 공급하여 부압이나 수격작용 캐비테이션 등을 방지함으로써 관로를 보호하는 시설이다.

6.6.1 통기시설의 기능

통기시설은 관수로의 운영 중에 발생할 수 있는 관로의 공기를 관로 밖으로 배출하여 물의 흐름을 원활하게 하거나 또는 관수로 내에 공기를 공급함으로써 관수로에 손상을 줄 수 있는 부압이나 수격작용 캐비테이션 등을 방지함으로써 관로를 보호하는 시설이다. 통기 시설의 기능을 정리하면 다음과 같다.

- ① 관로에 통수할 때 관로 밖으로의 배기
- ② 관로를 단수하고 배수할 때 관내가 부압으로 되어 외압에 의해서 관이 파손될 위험이 있을 때 관로내로 공기 흡기
- ③ 유체중에 혼입·용해되어 있는 공기가 관로凸부에 적체되었을 경우의 배기
- ④ 과도적인 압력강하에 의한 부압방지
- ⑤ 수격압을 완화시키며 감압조정 및 감사공(監査孔) 등의 역할(통기스탠드)

6.6.2 통기시설의 종류

통기시설은 크게 통기공, 통기 스탠드, 공기밸브 세가지로 분류할 수 있으며, 이와 같은 통기시설을 배치할 때 기본적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 관로로 유입하는 취수문의 직하(直下)에 설치한다.
- ② 평탄한 경사에서 갑자기 하향 경사로 되는 지점에 설치한다.
- ③ 하향 경사의 노선에 설치된 제수밸브의 직하류(直下流)에 설치한다.
- ④ 상향 경사의 노선에 설치된 제수밸브의 직하류를 설치한다.
- ⑤ 노선의 고위부에 설치한다.
- ⑥ 하향 경사내에서도 관로 경사가 변화하는 등 필요하다고 판단되는 지점에 설치한다.
- ⑦ 노선의 기복이 없는 직선구간에 있어서도 연장이 긴 때에는 400~500m에 1개소 정도로 설치하도록 한다.

6.6.3 통기공

가. 용 도

관로의 유입구 분수문 또는 밸브의 후방에 설치하여 수문 직하류의 관로의 공기배제 및 공급을 위해 설치한다.

나. 구조·기능

통기공은 관로 유입구 직하류에 설치하여 입구로부터 관로 관경과 거의 같은 위치에 <그림 6-17>과 같이 직경 50~150mm의 파이프를 설치한 구조이다. <그림 6-17>(a)는 통기공의 유입부 직경이 유출구 직경(D)과 동일하면 그림과 같은 공기 주머니가 발생되므로 <그림 6-17>(b)와 같이 유입부의 관경을 유출구 직경(D)의 1.5~2.0배 정도 되도록 해야 물 흐름과 통기역할이 좋아진다.

배제 또는 공급해야할 공기량은 식(6-4)에 의하여 구한다.

$$Q_a/Q_w = 0.04(F-1)^{0.85} \dots\dots\dots (6-4)$$

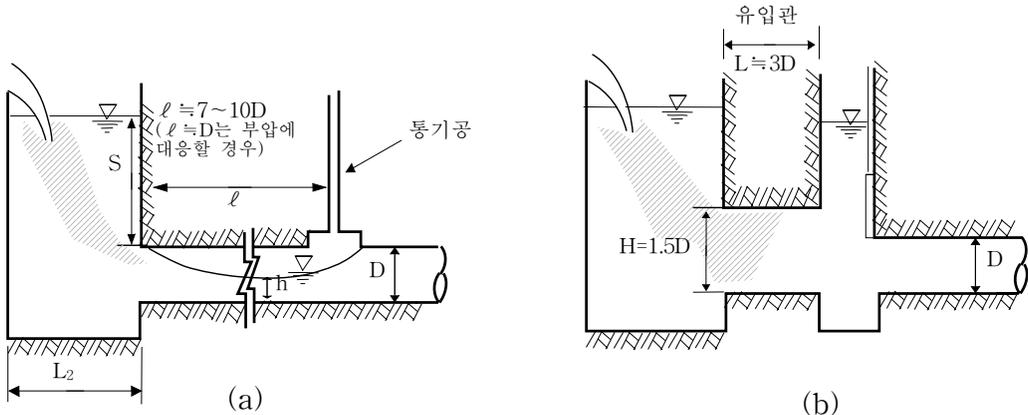
여기서, Q_a : 소요공기량(m^3/s)

Q_w : 유입수량(게이트를 80% 열었을 때의 유량)(m^3/s)

F : 게이트 직하의 축소부에서의 후로드수 $F = V/\sqrt{g \cdot h}$

V : 축소부의 유속(m/s)

h : 축소부의 사류수심(m)로 통상 $h=0.61 \cdot H$ 로 한다.



주) 유입관과 본관의 관바닥 높이가 같고, 유입관은 본관 직경의 1.5배 이상 크게 하고 비교적 소구경($\Phi 300mm$ 이하 정도)에 적합

<그림 6-17> 통기공의 설치 예

6.6.4 통기스탠드

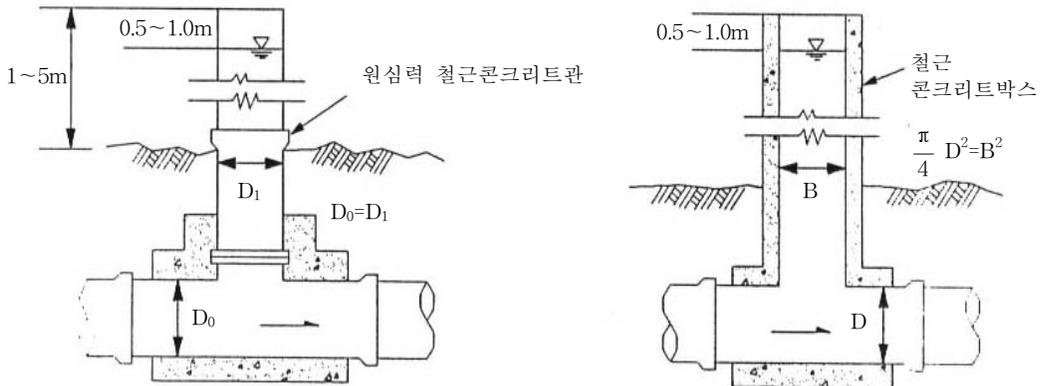
가. 스트레이트밴드형 및 박스밴드형

1) 용 도

이런 종류의 통기스탠드는 수격압 완화 외에 감압 등의 역할도 겸한다.

2) 구조·기능

스트레이트밴드형은 원심력 철근콘크리트관의 구조로 <그림 6-18>(a)에 나타난 것과 같이 관수로와 같은 관경의 관을 부착시킨 구조이다. 박스밴드형은 <그림 6-18>(b)에 나타난 바와 같이 관수로와 같은 관경 이상의 크기를 가진 철근 콘크리트 박스 스탠드를 설치한 구조이다. 스탠드 높이는 일반적으로 지상 1.0~5.0m로 한다. 스탠드 높이가 낮은 경우는 보호선반 등의 위험방지 시설을 설치한다.



(a) 스트레이트밴드형

(b) 박스밴드형

<그림 6-18> 통기스탠드의 예

나. 압축형

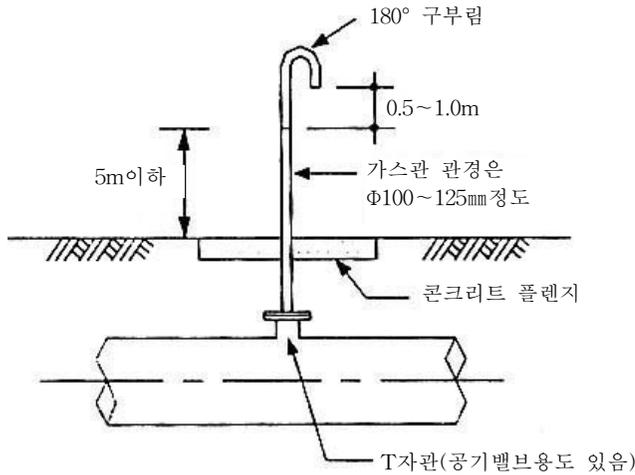
1) 용 도

통기시설의 가장 대표적인 타입이며, 정수두선이나 동수두선 중 큰 쪽의 수두선에서 지표까지 차이가 5.0m이하인 경우에 사용한다.

2) 구조·기능

라이저관 관경은 <그림 6-19>에 나타난 것과 같이 일반적으로 관경 50~125mm의

관을 사용하고, 끝 부분은 180°엘보를 부착한 구조로 되어 있다. 그리고 스탠드내 최고수두 위의 여유는 0.5~1.0m이다.



<그림 6-19> 압축형 통기스탠드

6.6.5 공기밸브

가. 목적

공기밸브의 설치목적은 관내공기를 배제하거나 흡입하기 위하여 설치된다. 매설관 및 수관교 등의 관수로凸부에 설치하여 관내의 공기 배제와 관 내부로 공기 공급을 위하여 사용한다.

나. 종류와 구조

공기밸브의 종류는 <표 6-5>와 같다.

<표 6-5> 공기밸브의 종류

종 류	구 경 (mm)	사용압력(N/cm ²)
수도용 공기밸브	급 속	25, 75, 100, 150, 200
	단 구	13, 20, 25
	쌍 구	75, 100, 150
플로트 레버식 공기밸브 (float lever)	13, 20, 25, 75, 100, 150	196 이상

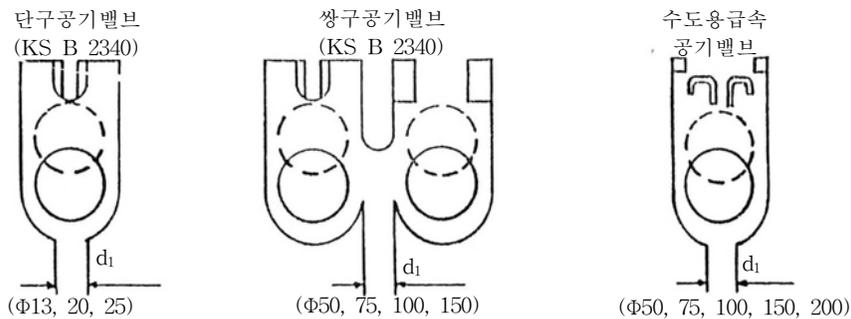
주 : 사용압력 196N/cm²이내이면 규격 외이지만 급속형이 사용 가능하다.

1) 수도용 공기밸브

수도용 공기밸브는 급속(急速), 단구(單口), 쌍구(雙口)밸브가 있고, 400mm이상 특히, 공기의 유출입이 많은 관로는 급속 또는 쌍구공기밸브를 사용한다. 급속공기밸브는 단구, 쌍구공기밸브와 비교해서 배·흡기량이 많고 형상이 단순하므로 400mm이상의 관로는 거의 급속공기밸브를 사용한다.

2) 플로트레버식 공기 밸브

수도용 공기밸브를 사용할 수 없는 196N/cm² 이상의 고압에서 사용한다. 관수로의凸부에 적체된 공기 배기는 공기밸브 내에 공기가 집적되면 플로트 밸브체가 밸브 상자 속으로 눌러 내려져, 그 순간 적체되었던 공기가 소공기구로부터 물이 다시 상승할 때까지 배기 된다. 공기가 빠지면 플로트 밸브체는 수압에 의해 밀려 올라 오고 소공기공은 닫혀진다. 또 관내가 부압 상태로 되면 외부의 기압에 의해서 플로트 밸브체가 내려져서 소공기공이 열리고 공기가 자동적으로 흡입되어 부압을 경감하는 구조로 되어 있다.



<그림 6-20> 공기밸브의 모식도

다. 설치위치

- ① 관로의 돌출부, 제수밸브와 제수밸브의 사이에 설치를 원칙으로 하고 제수밸브와 제수밸브 사이에 공기밸브(제수밸브실 점검구 뚜껑의 소형공기밸브 제외)가 없으면 위치가 높은 편의 제수밸브 전단에 설치하여야 한다.
- ② 제수밸브의 바로 뒤에 설치되어 있는 점검구에는 점검구 뚜껑에 소형공기밸브를 설치해야 한다.

라. 설치형식

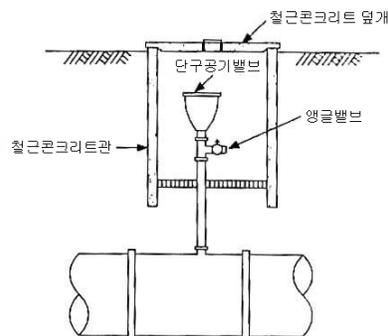
- ① 관경 400mm 이상의 관이나 공기의 출입이 특히 많다고 생각되는 경우에는 쌍구공기밸브 또는 급속공기밸브를 설치하고, 관경 400mm미만의 관에는 급속공기밸브를 설치해야 한다.
- ② 공기밸브에는 보수용의 제수밸브를 설치해야 한다.

마. 공기밸브실

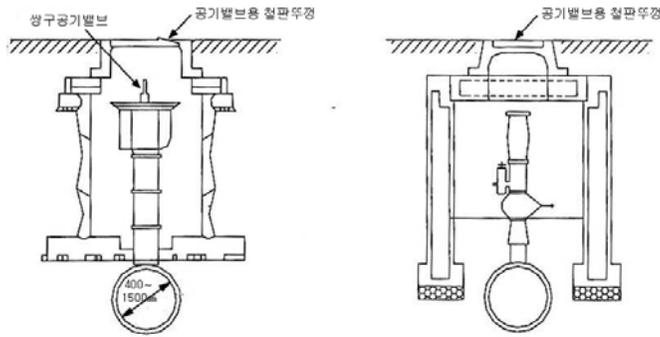
- ① 공기밸브는 외함 또는 공기밸브실내에 설치해야 한다.
- ② 공기밸브실 주변의 지하수위가 높은 경우에는 필요한 높이까지 관을 이어서 공기밸브를 설치하여 침수되지 않도록 하여야 하며, 공기밸브실이 주변지역 보다 높은 경우에는 외부에 배수가 가능한 구조로 해야 한다.
- ③ 공기밸브실은 견고한 구조로 하고 보수가 가능한 크기로 하여야 하며 공기의 출입이 용이하도록 환기구를 설치해야 한다.

바. 공기밸브 설치상의 유의점

- ① 공기밸브는 수직으로 설치하고 어쩔 수 없는 경우에는 2°이내로 한다. 경사져 있으면 누수의 원인이 된다.
 - ② 유체 중에 부유물이나 분진이 포함된 경우는 여과기 설치가 바람직하다.
 - ③ 한냉지에서 수관교(水管橋) 등에 설치된 공기밸브는 동결을 방지하기 위해 방한재로 보호하거나 부동식의 공기밸브를 선정할 필요가 있다. 매설관로는 밸브실내에 적당한 방한재를 충전하는 등의 방한공(防寒工)을 설치한다.
- ※ 대단위종합개발사업지구의 어느 공구에서는 공기밸브의 개소수가 적어 통수량이 감소하였는데 공기밸브를 추가 시공하여 원활한 통수가 가능한 사례도 있다.



<그림 6-21> 공기밸브공



(a) 철근콘크리트 블록 공기밸브실 (b) 철근콘크리트

<그림 6-22> 공기밸브실(쌍구 및 급속공기 밸브)

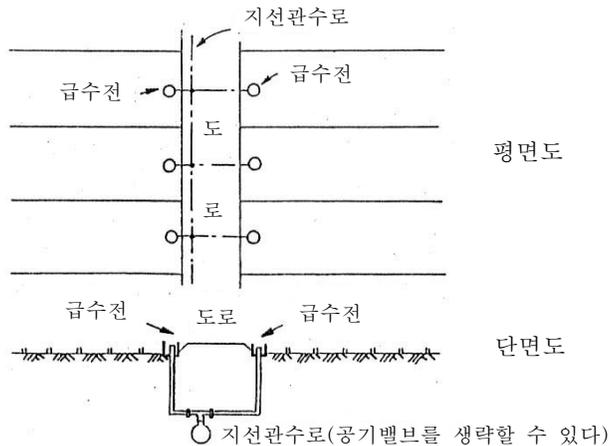
사. 통기시설의 유지관리를 위한 밸브

1) 보수밸브

공기밸브 하부를 점검, 수리할 때 사용하기 위하여 보수용 밸브를 설치한다. 밸브 기종은 전부 열렸을 때 손실저항이 없는 볼밸브 또는 슬루스밸브를 사용한다.

2) 배기밸브

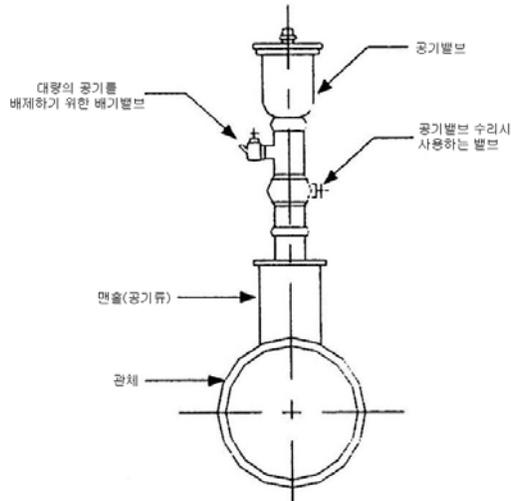
통수시 관내의 다량의 공기를 신속하게 배제할 때 공기밸브의 배기한계 이상으로 충수하면 유동 밸브체와 플로트밸브체가 뜬 상태가 되어 공기구멍을 막아 진동, 수격 작용 등을 일으킬 위험이 있다. 본관과 공기밸브 사이에 정T관을 연결하여 배기밸브를 설치하면 수동으로 배기할 수 있다. 밸브의 종류는 슬루스 밸브가 사용된다.



<그림 6-23> 공기밸브의 기기 배치

6.6.6 유말시설 및 급수전의 이용

유말시설 또는 급수전이 다수 설치되는 구간의 배수 관로에서는 급수전이 통기의 기능을 겸비할 수 있으므로 일반적으로 통기시설을 생략할 수 있다. 그러나 배기(排氣)하기 어려운 장소에 관로가 있어 배기가 곤란한 때는 통기시설의 설치를 검토하여야 한다. 그리고 관수로의 관경이 급수전의 관경에 비하여 매우 클 때는 공기주머니가 발생할 수 있으므로 배관상의 세심한 고려가 필요하다.



<그림 6-24> 공기밸브 겸용의 급수전

6.7 안전시설

관수로에서 예기치 않게 발생할 수 있는 역류, 수격 작용 등 관수로를 안전하게 유지하기 위한 밸브 및 완충장치 등을 안전시설이라고 한다.

6.7.1 안전시설의 기능

관수로에 발생하는 압력 변동을 경감·배제하고 관로의 안전을 유지하기 위해서 설치하는 시설로서 역류방지 밸브, 안전밸브, 수격압 완충장치 등이 있다.

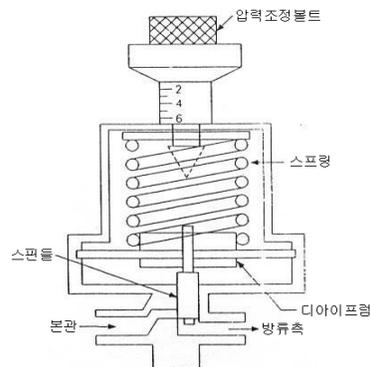
6.7.2 역류방지 밸브

펌프의 토출측에 설치하여 펌프 정지시 역류를 방지하는 밸브로 유압장치를 사용한 완폐쇄형, 스프링을 내장한 강제 급폐쇄형 등이 사용되고 있다. 바이패스 밸브를 이용한 펌프 토출측의 역류방지 밸브는 바이패스 밸브를 항상 열어두면

펌프는 언제나 만수상태를 유지할 수 있는 이점이 있으나, 바이패스 밸브를 전부 열어두면 펌프 정지시 역류에 의한 수격압이 후트밸브까지 미쳐 밸브를 파괴시킬 위험이 있기 때문에 바이패스 밸브의 개방 정도는 충분히 주의하여 너무 많이 열리지 않도록 한다. 개방 정도는 설계시 결정되기 때문에 이를 참고로 한다.(7.2.5 안전을 위한 밸브 참고)

6.7.3 안전밸브

안전밸브는 일정한 하중 또는 스프링의 힘으로 눌러져 있기 때문에 평소에는 닫혀 있지만 펌프의 급격한 시동, 정지나 관수로 속에 설치한 제수밸브 등의 급폐쇄시 발생하는 이상압력에 의하여 밸브가 열려 물이 배출되고 수압이 내려가면 다시 밸브가 닫히는 구조로 되어 있다. 또한 안전밸브는 펌프 토출측의 송수관이나 압력수조에 달려 있으며 관수로의 감압밸브 설치장치에 병행하여 설치한다. 그 외 수격압 완충장치로 펌프송수관이凸형 배관인 곳은 펌프 급정지시 발생하는 부압에 의한 펌프의 파괴를 막는 장치로 서어지탱크 등을 설치하고 있다.(7.2.5 안전을 위한 밸브 참고)



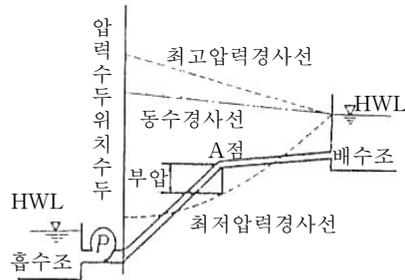
<그림 6-25> 안전밸브

6.7.4 수격압 완충장치

가. 서어지탱크

송수중의 펌프가 갑자기 구동력을 잃을 경우 펌프의 회전속도가 저하되어 양수 능력을 잃게 되고 송수관 내압이 급히 저하된다. 이때 부(-)의 압력이 절대진공 가까이(약 10m)까지 내려가면, 관내의 물이 그 점에서 증발하여 공동부(空洞部)가 발생하고 수주분리(水柱分離)가 생겨 관로가 찌그러드는 수가 있다.

수주분리(水柱分離)후 어느 정도 시간이 경과하면 상류측의 물과 하류측의 물이 부딪쳐서 수주(水柱)가 재결합할 때 높은 충격압이 생겨 관로가 파괴되는 수가 있다. 자연압력식 관로에서는 하류측 밸브의 제어와 관련해서 수격압이 발생하기도 한다. 또한 <그림 6-26>과 같은 관로의 경우에는 A점 부근에 부압이 생길 수 있다. 따라서 이들로 인한 피해를 방지하기 위해서는 서어지탱크를 설치하는 것이 좋다.



<그림 6-26> 부압이 생기는 관수로

1) 보통 서어지탱크

보통 서어지탱크(surge tank)는 <그림 6-27>(a)에서 보는바와 같이 관로의凸부분 부근에 설치하는 것으로 채택할 때에는 다음과 같은 사항을 유의하여야 한다.

- ① 서어지탱크는 펌프의 시동이나 정지 등에 따른 관내의 유량변동에 대해서 수면변동이 작게 되도록 하는 단면적을 가져야 한다.
- ② 부압발생 방지를 위해서는 부압발생 예상위치에 가깝게 설치한다.
- ③ 서어지탱크는 일류하지 않도록 충분한 높이가 되어야 하지만 일류로(溢流路)를 만들어 두는 것이 좋다.
- ④ 작동중인 탱크에 공간이 생기거나 관로내에 공기가 들어가지 않도록 충분한 용량이 되어야 한다.
- ⑤ 자연유하의 수격압에도 효과가 있도록 한다.

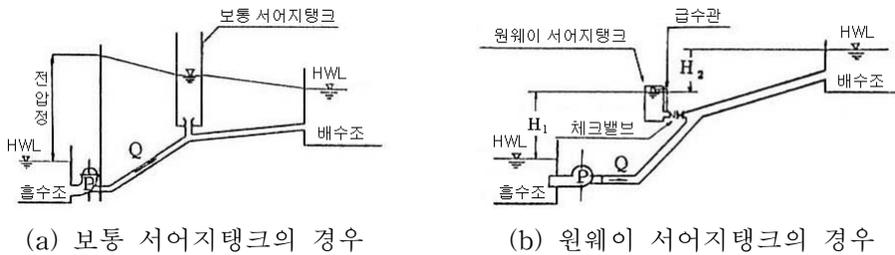
2) 원웨이 서어지탱크

원웨이 서어지탱크(one way discharge tank)는 <그림 6-27>(b)에 나타낸 바와 같이 펌프운전시 관로에서의 역류를 방지하기 위하여 관수로와 탱크사이에 연결관으로 체크밸브(check valve or reflux valve)를 설치하는 것이다. 보통 서어지탱크에

비하여 탱크높이를 낮추는 것이 경제적이지만 효과가 없는 경우도 있으므로 주의하여야 한다. 서어지탱크에 대한 보충수는 자동급수가 되도록 급수관을 붙여 플로트밸브에 의해 탱크내의 수위를 유지할 수 있도록 한다.

원웨이 서어지탱크로 설치할 때는 다음 사항에 유의하여야 한다.

탱크와 본관과의 접속관은 2개로 한다. 접속관에 설치하는 체크밸브는 중요한 기기이므로 필요보급수를 동일 관경의 2개의 접속관으로 연결할 경우는 2개의 체크밸브를 병렬로 하지만 1개의 접속관으로 연결할 경우는 1개의 체크밸브를 어떻게 배치할 것인가에 대해서 경제성을 고려해서 결정한다.



(a) 보통 서어지탱크의 경우

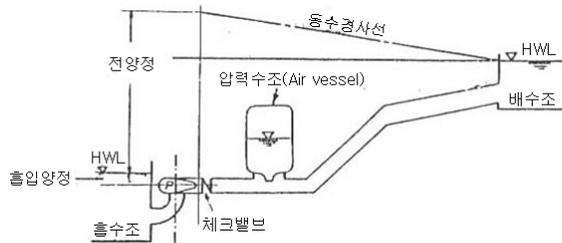
(b) 원웨이 서어지탱크의 경우

<그림 6-27> 서어지탱크

나. 압력수조

압력수조(Air vessel)는 펌프의 급정지로 인하여 압력이 강하되었을 때 압력수조내의 물을 내부의 공기압력에 의해 관로로 급수하는 것으로 압력강하의 방지와 마찬가지로 압력상승에 대해서도 효과가 있으므로 비교적 소규모의 설비로 압력수조를 이용하여 펌프를 자동운전하고자 하는 경우에는 이 압력수조에 의한 압력상승의 방지효과를 검토하는 것이 효과적이다.(<그림 6-28> 참조)

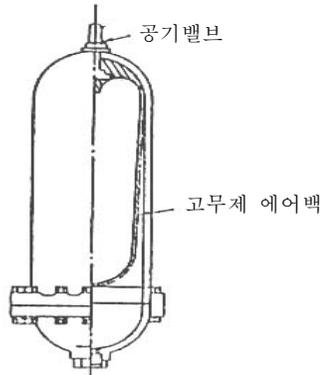
또한 압력수조는 자연유하의 수격압에도 효과가 있다. 압력수조에는 부속품으로서 공기압축기, 배기전자밸브, 수위검출기, 수위계 및 안전밸브 등이 필요하다.



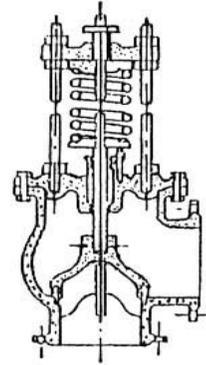
<그림 6-28> 압력수조

다. 공기탱크

금속제 용기중에 들어 있는 고무제 에어백(Air bag)의 팽창수축에 의해 배관(配管)내의 압력변화를 흡수한다. 연결 관경의 범위는 13~300mm 정도이다. 이 흡수 장치의 설치위치는 관재의 탄성계수, 공기탱크의 흡수계수와와의 상대적인 결과에 따라 다르므로 수격압의 완화효과를 얻을 수 있는 장소로 한다.(<그림 6-29> 참조)



<그림 6-29> 공기탱크



<그림 6-30> 안전밸브

라. 안전밸브

제수밸브의 급개폐, 말단 관수로에 있어서 사용수량의 급격한 증감, 펌프운전의 급격한 시동과 정지 등으로 이상한 압력상승이 생기는 경우, 일정의 하중까지는 스프링의 힘으로 눌러져서 열리지 않던 안전밸브가 고압에 의해 자동적으로 열려 방류하게 되고 수압이 내려가면 다시 닫히게 된다.

펌프계나 관로계 모두 펌프의 토출구 부근에 안전밸브를 설치한다. 단, 관로가 짧고, 압력변동의 주기가 짧은 때는 작동이 지체되어 큰 기대를 할 수 없다.(<그림 6-30> 참조)

6.8 관리시설

관수로 조직을 운영하고 관리하기 위해서는 다양한 부대시설이 필요하며 오히려 폐기물을 제거하거나 감시하고 유량을 측정하는 등 관수로의 기능이 제대로 발휘되도록 하기 위하여 설치한다.

6.8.1 관리시설의 기능

관수로를 안전하고 효율적으로 조작운용하기 위한 관리시설은 제수밸브, 배니

시설, 제진시설, 맨홀 및 점검구, 감시수조, 양수시설, 수로 여수토 등으로서 관수로의 기능이 원활하게 발휘될 수 있도록 하기 위하여 설치하는 것이며, 이와 같은 관리 시설은 목적에 맞도록 적절하게 배치해야 한다.

6.8.2 제수밸브

가. 설치목적

제수밸브는 유수정지 및 수량조절을 위하여 설치하며, 사고의 복구나 시설보수, 관내의 점검, 배니(排泥), 배수조작, 충수(充水)조작 등에 활용하는 시설이다. 제수밸브는 설계상 최대수두에 견딜 수 있는 견고한 구조를 갖고 조작에 용이하며 내구성이 있는 것으로 한다.

나. 배 치

제수밸브는 배치계획 및 시설관리상 필요한 지점에 배치하되 원칙적으로 다음에 기술한 위치에 설치한다.

- ① 주요한 분기점, 펌프 토출측, 조정지의 유입 유출구
- ② 배니공 설치장소
- ③ 플로팅밸브, 수위조정밸브 등의 직상류
- ④ 중요한 잠관, 교량, 궤도 횡단장소 및 하천 횡단장소 등에서 사고가 발생하면 그로 인한 피해의 파급이 큰 장소나 더구나 복구에 장시간 소요되는 장소에서는 소구경관을 제거하고 원칙적으로 그의 전후에 설치한다. 단, 자연압력식 송수방식일 때는 상류부에만 설치한다. 설치할 때에는 시설관리자와의 협의가 필요하다.
- ⑤ 특수한 시설이나 분기관이 없는 구간에서도 점검보수를 고려하여 1~3km에 1개소 정도의 제수밸브를 설치하여야 한다.
- ⑥ 수두가 40m 이상의 고압관로이며 관경 400mm 이상의 제수밸브에는 그 전후를 소구경의 부관으로 연결하고 부(副)제수 밸브를 설치한다. 부(副)제수 밸브의 사용으로 양측의 압력을 균형되게 함으로써 주밸브의 개폐를 용이하게 하고 아울러 수격압도 경감시킨다. 소량의 수량과 압력을 조정하고자 할 때 편리하다. 대구경의 제수밸브는 보호공을 포함해서 시설비가 높아지므로 될 수 있는 대로 1개소의 제수밸브로 여러 설치목적들을 겸할 수 있도록 배치한다.

<표 6-6> 제수밸브의 종류와 특성

명 칭	종 류		관경(mm)	특 성
수도용 제수밸브 (KS B 2332)	수직형	플 랜 지 형	500mm 이하 600mm 이상	○ 최고사용압력 73.5N/cm ²
		미 캐 니 켈 형	-	
쇠 빨 형		-		
원 통 형		-		
	수평형	플 랜 지 형	900mm 이하 1,000mm 이상	
수도용 버터 플라이밸브 (KS B 2333)	수직형 수평형	1종	1,500mm 이하 1,600mm 이상	○ 최고사용압력 1종 : 98N/cm ² 2종 : 73.5N/cm ² 3종 : 44.1N/cm ²
		2종		
		3종		

다. 구조·기능

1) 슬루스 밸브

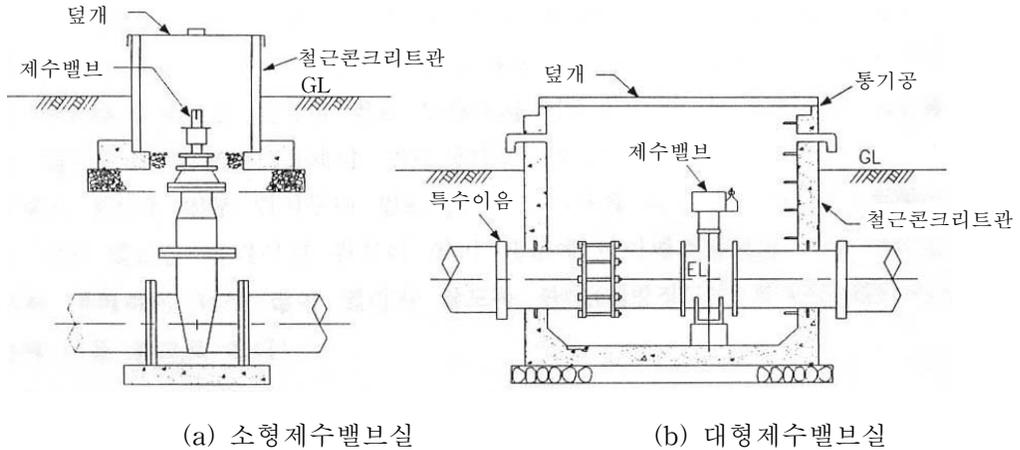
슬루스 밸브의 주요 부분은 밸브상자와 밸브몸체, 밸브몸체를 작동시키는 스피들(spindle)로 구성되어 있다. 원칙적으로 지수용(On-Off)에 사용하고 제어용으로는 적합하지 않다.

2) 버터플라이 밸브

밸브몸통과 밸브축 주위를 90°회전하는 렌즈형 밸브 몸체로 구성되어 있으며 개폐가 용이하고 대구경일 때 경제적이다. 밸브를 전부 개방해도 밸브 몸체가 관내에 남기 때문에 수두손실이 발생한다. 금속시트 방식은 전부 닫았을 때에 다소 누수가 발생하지만 고무시트 방식은 지수성이 뛰어나다. 슬루스 밸브보다도 캐비테이션에 강하기 때문에 유량이나 압력 조절용으로 사용한다.

3) 밸브실

제수밸브의 소재를 명확하게 하고 조작, 점검 및 보수를 용이하게 하기 위해서 철근콘크리트 구조 등으로 밸브실을 설치한다. 밸브실 상부에는 철근 콘크리트제, 주철제, 고강판제 뚜껑을 설치한다.



(a) 소형제수밸브실 (b) 대형제수밸브실
 <그림 6-31> 제수밸브실

6.8.3 배니시설 및 유말시설

가. 용 도

관로 매설 후나 보수시 세정수(洗淨水)의 배수, 유지관리 및 관개기 이후 관내의 물을 배수하기 위해 설치한다. 급수를 시작할 때 관내의 공기를 배제하거나, 급수가 끝날 때 관에 침적된 이토를 배제하는 기능이 있다.

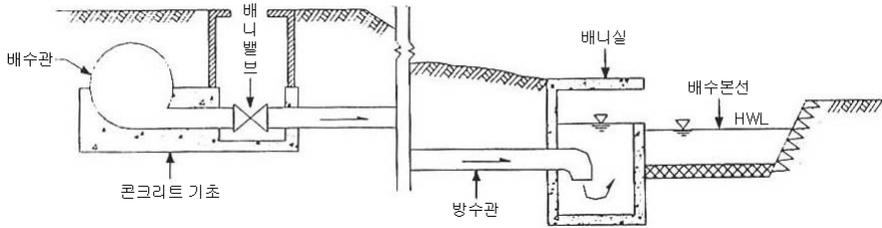
<표 6-7> 제수밸브실 내부규격 결정을 위한 최소 확보 공간 (단위 : m)

구 분	폭	길 이	하단 높이
측 정 기 준	관로(및 부속시설)의 최대 돌출부에서 벽면까지 거리	관로(및 부속시설)의 전·후, 최후연결부(플랜지 또는 용접접합부)에서 벽면까지 거리	관로(및 부속시설)의 최대 돌출부에서 바닥까지 거리
소구경(80~350mm)	0.3	0.3	0.4
중구경(400~700mm)	0.4	0.4	0.5
대구경(800~1,600mm)	0.6	0.5	0.6
특대구경(1,650mm이상)	0.6	0.5	0.7

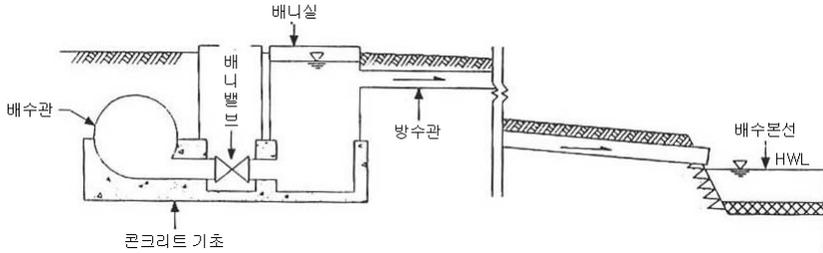
나. 구조·기능

배수관은 정T관을 배수용 지관과 본관을 연결시켜 배수관에 제수밸브를 달아 방류 장소까지 유도한다. 배수관 말단에는 배수구를 설치하며 대구경의 배수구는

일반적으로 철근콘크리트로 제작한다. 배수구는 배수관에서 분출수를 벽에 부딪혀 감세시키는 구조로 한다.

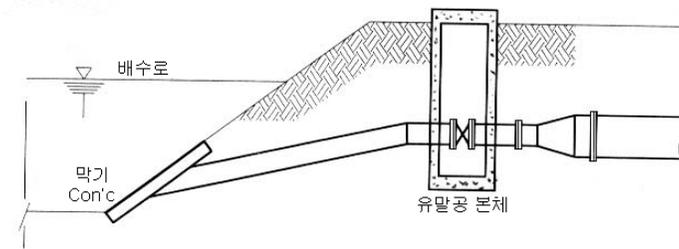


(a) 완전자연배수할 경우



(b) 일부 자연배수가 어려운 경우

<그림 6-32> 배니시설



<그림 6-33> 유말시설

다. 설치위치

관로의 낮은 부분에 적당한 배출수로 또는 하천이 있는 부근을 선정한다.

라. 설치형식

- ① 관경은 본관의 1/2~1/4로 하되 배수시간을 검토하여 가능하면 치수가 큰 것으로 한다.

- ② 방류수면이 관저보다 높을 때에는 배수실을 설치하여야 하며 필요시 배수 펌프에 의한 배수가 가능하도록 하여야 한다.
- ③ 토출구 부근의 호안은 방류수에 의하여 침식 또는 파괴되지 않도록 견고하게 축조하여야 한다.
- ④ 이토밸브는 슬루스(Sluce)형식으로 밸브디스크 홈이 없는 등의 구조로 사용중 누수가 발생하지 않아야 한다.

6.8.4 계량시설(計量施設)

가. 용 도

분수량 관리를 위하여 유량을 측정할 수 있도록 분수공 등에 설치한다.

나. 구조·기능

유량계는 사용목적 및 설치장소 등의 조건에 따라서 종류가 다양하다. 대표적인 종류로 차압식(오리피스 또는 벤츄리), 면적식, 초음파식, 날개바퀴식(수도미터)등이 있다. 특성 및 적용조건은 <표 6-8>에 나타내었다.

다. 설치 장소

- ① 점검 및 검침치 용이한 장소
- ② 오수, 토사 등이 침입하지 않으며, 청결하고 건조한 장소
- ③ 부패가스 등이 발생하지 않는 장소
- ④ 압력의 변동이 적은 장소
- ⑤ 용수구 토출측(저수조 유입측)보다 낮은 장소
- ⑥ 외상을 가하지 않을 장소
- ⑦ 전자유도 장애가 적은 장소
- ⑧ 동결하지 않는 장소
- ⑨ 경사지지 않고 지반이 연약하지 않는 장소
- ⑩ 교체 및 유지보수 작업을 위한 공간이 충분한 장소
- ⑪ 유량계 전·후부에 와류가 발생하지 않도록 충분한 직관거리를 확보할 수 있는 장소
- ⑫ 유량계내에 공기의 유입이 없고 물이 가득차서 흐를 수 있는 장소

라. 유량계 설치기준

1) 일반 원칙

- ① 유량계는 수평으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 유량계는 관리 및 점검업무에 현저한 곤란이 예상되는 경우를 제외하고는 분기밸브에서 가장 가까운 지점에 설치함을 원칙으로 한다.

2) 개별 사항

- ① 유량계는 반드시 기기특성에 맞도록 설치하여야 한다.
- ② 용수흐름 상태의 방향(화살표)이 있는 유량계는 물의 흐름방향과 일치하도록 설치하여야 한다.
- ③ 유량계를 설치하기 전에 관을 잘 씻어서 관내의 토사 기타 작업 중의 이물질을 제거해야 한다.
- ④ 유량계를 설치하였을 때는 유량계내의 공기를 배제해야 한다.
- ⑤ 유량계를 설치할 때 상류측과 하류측에 유량계 종류별 수평직관거리 이상을 띄우고 설치하여야 한다.
- ⑥ 시설 또는 교체하는 유량계는 국가공인 검·교정기관의 검·교정을 필한 유량계로 당해연도 검·교정을 필한 제품이어야 한다.
- ⑦ 관경 350mm 이하의 익차형 수도미터의 경우는 충분한 직관거리를 유지한 지점에 이물질 제거용 스트레이너를 설치하여야 한다.
- ⑧ 유량계 접합시 관경 40mm까지는 나사식 접합방식으로 설치하고, 관경 50mm 이상 유량계는 플랜지 접합을 원칙으로 한다.
- ⑨ 전자식, 초음파식 및 차압식유량계를 설치한 수요자의 경우는 반드시 지시계, 적산계, 기록계, 시간계 및 무정전전원장치를 일체로 한 별도의 용수사용량 검침용 유량계 구조물(TM/ TC실) 또는 옥외형 자립식 유량계판넬을 설치하여야 한다. 단, 비상전원이 확보된 곳은 무정전전원장치를 설치하지 아니할 수 있다.
- ⑩ 역류에 따른 오염이 우려되는 곳에는 유량계 후면에 역류방지밸브를 설치하여야 한다.
- ⑪ 전자식 유량계 By-pass관에는 관내 배수를 위해 배수(drain)밸브를 설치하여야 한다.
- ⑫ 유량계 관경이 적합하지 않아 불감수량이 발생하는 경우 유량계 관경 또는 형식 변경 등의 조치를 취하여 불감수량이 발생하지 않도록 하여야 한다.

<표 6-8> 유량계의 종류와 특성

항 목	차압식 유량계 (벤츨리관)	프로펠러식유량계 윌트만형 유량계	전자(電磁)유량계	초음파 유량계
측정원리	관로 도중에 고정축 소부(조리개)를 넣어서 유체를 흘렸을 때 생기는 축소부 양단의 차압으로 유속을 측정한다.	터빈미터와 마찬가지로 유속에 비례한 각속도로 회전하는 프로펠러의 회전수로 유속을 측정한다.	기지(既知)치수,기지 자계의 관로속에 측정유체를 흘려 유체에 발생하는 기전력을 측정하여 유속을 구하는 것이다.	액체속에 초음파를 투사한 경우, 액체의 흐름방향으로 음파가 진행될 때가 흐름 반대방향으로 음파가 진행될 때와는 음속에 차이가 난다. 이 차를 측정하여 평균유속 및 유량을 구한다.
측정정도 (full scale에 대해서)	약 $\pm 2\sim 3\%$	약 4%	$\pm 1\sim 1.5\%$	$\pm 2\%$ 이내
측정범위 변 경	차압변환기의 스펠 변경 또는 벤츨리관 교환이 필요	크기 변경	스펠은 유속상당 0.3~10%사이, 다이얼로 연속가변 가능	디지털-아날로그 변환시 스펠factor를 바꾼다.
응답속도	상 시	상 시	상 시	2초 정도
고형물·부유물의 혼입영향	정도 및 유지관리에 영향이 있음	영향 있음 이물질 혼입의 정도가 높은 경우는 상류에 여과기 필요	전혀 영향 없음	즉시 영향을 미치며 높은 정도의 측정불가
압력손실	비교적 크다	적 다	없 다	없 다
비 용 (설치공사 조정비용 포 함)	관경이 커지면 주물의 가격이 높아진다.	비교적 저렴	관경에 비례 관경이 커지면 벤츨리관보다 다소 높아진다.	관경이 커도 별로 차이가 없으나 조정비용이 드는 일도 있다.
비 고	정도보증은 보통 20~30%이상의 측정범위, 내구성은 약간 떨어진다.(관내의 마모에 의해서 오차가 생긴다.)	개방관용, 폐쇄관용 모두 착탈과 조작이 간단하며 시준 오프 때는 미터를 떼어내서 보관할 수 있다. 내구성은 조금 떨어진다.	가역류의 측정가능, 검출부의 지중매설 및 물속 침적가능 내구성은 대전도도가 있는 액체가 아니면 측정불가 출력신호는 아날로그(DC4~20, 10~50mA)	기설관에 설치가능, 검출부 수물가능, 내구성이 크다. 출력신호는 아날로그와 디지털이 있다.

마. 유량계 형식별 직관거리

전자식, 초음파식, 익차식 유량계 직관거리, 원추형 벤츨리관의 상하류쪽 직관거리, 노즐형 벤츨리관의 상하류쪽 직관거리에 대하여 기술하였다.

<표 6-9> 전자식, 초음파식, 익차식 유량계 직관거리 (직관거리 : 관경(D)의 배수)

설치조건		유량계 형식		전자	초음파 (건식, 단회선)	익차식
		밸브	곡관			
상류측	확대관	2			30	5
	축소관	5			10	5
	확대관	3			30	5
	축소관	3			10	5
하류측	확대관		2	2	5	3
	밸브		2	2	10	3

<표 6-10> 원추형 벤츨리관의 상하류쪽 직관거리 (직관거리 : 관경(D)의 배수)

교축 지름비 β	상류측							하류측
	90°밴드 ¹⁾ 1개	동일평면 위에 있는 2개 이상의 90° 밴드 ²⁾	동일평면 위에 없는 2개 이상의 90° 밴드	동일평면 위에 없는 2개 이상의 90° 밴드 ²⁾ 와 저울장치를 가치는 경우	단면 축소관	단면 확대관	gate v/v 전개	왼쪽에 표시한 모든 이음류 등
≤0.40	0.5	1.5	-	3.5	2.5	1.5	2.5	목의 압력연결구 로부터 측정하여 목 지름의 적어도 4배 이상
0.45	1.0	1.54	-	3.5	4.5	2.5	3.5	
0.50	1.5	2.5	-	4.5	5.5	2.5	3.5	
0.55	2.5	2.5	-	5.5	6.5	3.5	4.5	
0.60	3.0	3.5	-	5.5	8.5	3.5	4.5	
0.65	4.0	4.5	-	5.5	9.5	4.5	4.5	
0.70	4.0	4.5	-	5.5	10.5	5.5	5.5	
0.75	4.5	4.5	-	6.5	11.5	6.5	5.5	

주 : 1) 밴드의 곡률반지름은 관로의 안지름 이상일 것

2) 이 경우 조인트의 영향은 관경의 40배수 이상의 하류에서도 영향이 있으므로, 원추형 벤츨리관을 설치해서는 안 됨.

<표 6-11> 원추형 벤츄리관의 상하류쪽 직관거리 (직관거리 : 관경(D)의 배수)

교축 지름비 β	상류측						하류측
	90°밴드 또는 Tee 1개	동일평면 위에 있는 2개 이상의 90° 밴드	동일평면 위에 없는 2개 이상의 90° 밴드	단면축소관 단면확대관	글로벌 밸브 전개	게이트 밸브 전개	왼쪽에 표시한 모든 이음류 등
≤0.20	10	14	34	16	18	12	4
0.25	10	14	34	16	18	12	4
0.30	10	16	34	16	18	12	5
0.35	12	16	36	16	18	12	5
0.40	14	18	36	16	20	12	6
0.45	14	18	38	18	20	12	6
0.50	14	20	40	20	22	12	6
0.55	16	22	44	20	24	14	6
0.60	18	26	48	22	26	14	7
0.65	22	32	54	24	28	16	7
0.70	28	36	62	26	32	20	7
0.75	36	42	70	28	36	24	8
0.80	46	50	80	30	44	30	8

기타 이음류로 교축지름비가 0.5이상의 급수축관의 경우 상류측에 필요한 최소 직관거리는 30이다.

바. 유량계 형식별 세부 설치기준

1) 초음파식 유량계

가) 일반사항

- ① 접지하였을 때 접지저항이 100Ω 이하가 되는 장소
- ② 유체중에는 기포가 혼입되지 말아야 한다.(단, Doppler 방식에서는 기포가 혼입되어야 한다.)
- ③ 유량계는 수격이 없는 장소에 설치하여야 하며, 만약 수격이 있는 곳에 설치하여야 할 경우 수격방지 완화기구를 병용 설치하여야 한다.
- ④ 유량계 설치시는 강전류에 의한 유도 장애가 없도록 조치하여야 한다.
- ⑤ 동결되지 않도록 설치 심도에 유의하고 보온을 고려하여야 한다.
- ⑥ 출력신호의 영점확인, 조정을 위하여 유체의 충만 및 정지가 가능하여야 한다.

나) 검출기

- ① 검출기는 기체의 체류, 모래의 퇴적 등으로 인한 오차발생을 방지하기 위하여 수평면에서 $\pm 45^\circ$ 이내에 설치하여야 한다.
- ② 검출기는 정확도 및 설치여건을 고려하여 Z법, V법, X법 중 최적의 방법을 선정하여 설치한다.
- ③ 검출기가 접촉하는 배관표면은 부착물, 도장을 제거하여 깨끗한 상태로 하고 돌기물이 없도록 하여야 한다.
- ④ Wire rope가 풀어지지 않도록 Turn-Buckling 하고 배관의 진동이나 주위 온도 변화에 따라 검출기와 배관과의 접촉상태가 변화하지 않도록 하여야 한다.
- ⑤ 신축이음 등을 사용할 때는 검출기의 하류측에 설치하여야 한다.
- ⑥ 검출기의 플랜지에 맞는 상대 플랜지와 가스켓을 제공하여 누수가 되지 않도록 설치하여야 한다.
- ⑦ 배관이 구부러졌거나 플랜지 및 용접부위 등이 있는 곳은 피하여야 한다.

2) 전자식 유량계

가) 일반사항

- ① 배관의 중량 및 외력이 검출기에 가해지지 않도록 주의하여야 한다.
- ② 기타사항은 초음파식 유량계 설치와 같다.

나) 검출기

- ① 배관의 수평이 맞지 않아 경사나 편심이 생기는 경우는 설치하기 전에 반드시 올바르게 수정하여야 한다.
- ② 검출기는 배관 및 가스켓의 중심선을 맞추어 가스켓이 배관안으로 빠져 나오지 않도록 하여야 한다.
- ③ 플랜지가 있는 경우는 초음파식 유량계의 검출기 설치와 같다.
- ④ 검출기 등 기초물이 놓이는 받침 면은 기초볼트를 매설하고 콘크리트 기초는 검출기를 충분히 지지할 수 있도록 하여야 한다.

3) 차압식 유량계

가) 일반사항

- ① 최대유량 측정시에도 저압측에 부압이 생기지 않는 위치에 설치하여야 한다.

- ② 도압관에 공기가 모이지 않는 위치에 설치한다.
- ③ 기타사항은 초음파식 유량계 설치와 같다.

나) 검출기

- ① 검출기의 위쪽 압력 탭에는 공기 빼기용 밸브를 설치하여야 하고, 상류측 및 조리개부에 압력 탭을 각각 설치하여야 한다.
- ② 에어코크는 위쪽으로 수직, 압력 취출구는 옆쪽으로 수평이 되도록 설치하여야 한다.
- ③ 검출기 내의 압력은 진공압이 되지 않도록 유량조절밸브를 검출기 하류측에 설치하여야 한다.
- ④ 압측의 도압배관은 상향구배를 주어 트랜스미터에 연결하여야 한다.
- ⑤ 본관에서 취출되는 도압관은 필히 게이트밸브를 사용하여야 한다.
- ⑥ 도압배관은 반드시 leak가 없도록 설치하여야 한다.
- ⑦ 도압배관의 상향구배는 1/10정도로 하고, 도압관 거리는 최대 30m이내로 하여야 한다.

4) 익차식 유량계

가) 일반사항

- ① 유량계는 반드시 앵커볼트 등으로 기초를 고정하여 움직이지 않도록 하여야 한다.
- ② 유량계의 파손을 방지하고 정도 및 내구성을 확보하기 위하여 스트레이너를 설치하여 배관중의 이물질을 여과시켜야 한다.
- ③ 기타사항은 초음파식 유량계 설치와 같다.

나) 검출기

- ① 가능한 한 By-Pass 배관을 설치하여야 한다.
- ② 유량계는 겨울철에 동결 및 동파되지 않도록 유의하여 설치하여야 한다.

사. 형식별 공통사항

1) 변환기

- ① 온도변동이 큰 장소에는 설치하지 않아야 하고 다른 기기로부터 복사열을 받을 때는 단열처리를 하고 통풍이 잘되는 곳을 선택하여야 한다.

- ② 강전기기(motor, 발전기, 변압기, 용접기, magnetic valve 등)로부터는 가능한 한 떨어져 유도장해를 받지 않는 장소에 설치하여야 한다.
- ③ 검출기와 변환기간 거리는 가능한 짧게(100m이내)하고 제작회사가 지정하는 Cable을 사용하여야 한다.
- ④ 변환기는 고정장치로 단단히 부착하여 흔들림이 있거나 떨어지는 일이 없도록 하여야 한다.
- ⑤ 변환기는 검출부 및 전선관을 제3종 접지하여야 한다.

2) 배선

- ① 검출기와 변환기 사이의 신호용 Cable은 중간에서 결합하지 않아야 한다.
- ② 신호용 케이블은 반드시 절연 차폐선(Shield Cable)을 사용하여야 한다.
- ③ 매설시의 Cable은 손상되지 않도록 PVC 또는 금속관내에 넣어 시공하여야 하며 매설깊이는 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에서는 1.2m이상, 기타 장소에서는 60cm이상으로 하여야 한다.
- ④ 배선을 한 후 단말의 배선에 물이 스며들지 않도록 방수처리를 완전히 하여야 한다.
- ⑤ 배선을 하기전에 검출기로부터 나온 선단 G(Shield)와 A, B(신호)사이에 메가테스터를 하여 200MΩ 이상이 되어야 한다.

아. 유량계실 설치기준 및 규격

1) 유량계실 설치기준

- ① 유량계실은 수밀콘크리트 구조물로 하고 출입구는 물이 들어오지 않는 구조로 한다.
- ② 유량계실은 배수용 배수피트 및 배수관을 설치하여야 한다. 단, 자연 배수가 되지 않고 침수가 우려되는 곳에는 배수피트에 자동배수펌프를 추가 설치하여야 한다.
- ③ 설비보호 및 점검시 안전사고 예방을 위하여 필요할 경우 환기가 가능한 구조로 한다. 단, 도로상이거나 기타 사유로 설치가 부가할 경우는 설치하지 아니할 수 있다.
- ④ 유량계실내 급수관의 적정부위에 압력측정 및 수질시험용 시료채취를 위한 코크를 설치한다.
- ⑤ 변환기, 적산계, 기록계, 전송설비 등이 있는 유량계는 유량계실 위에 건물을 축조하여 이 기기들을 설치하고, 기타 유량계는 유량계실 상부를 20°이상

경사진 덮개구조로 하고 덮개에는 검침 및 점검을 위하여 맨홀이 있는 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

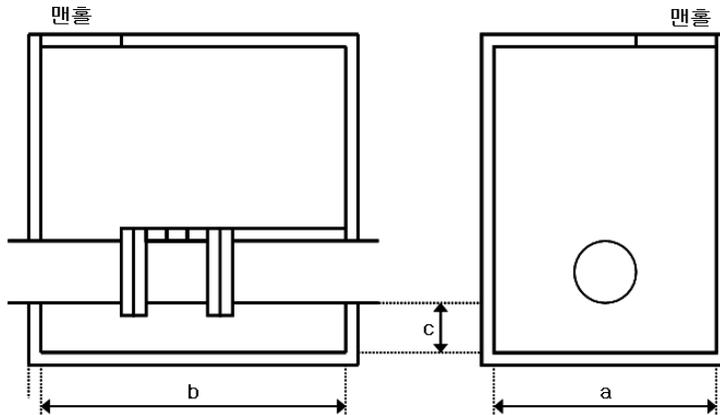
- ⑥ 유량계실의 크기는 검침 및 점검·보수가 용이하도록 환경에 따라 유량계실 규격 이상으로 한다. 단, 유량계시험실을 겸용하는 유량계실은 유량계실 규격에서 정한 규격 이상을 적용할 수 있다.

2) 유량계실 규격

적용 관경(mm)	규격(폭a × 길이b × 하단높이c) (m)
50이하	1.0 × 1.0 × 0.4 이상
80 ~ 300	1.5(1.9) × 1.5(2.3) × 0.4(0.4) 이상
350 ~ 600	1.8(2.2) × 2.2(3.0) × 0.5(0.5) 이상
700 ~ 1,000	2.6(2.8) × 3.3(4.3) × 0.6(0.6) 이상
1,100 ~ 1,350	3.4(3.4) × 4.0(5.5) × 0.6(0.6) 이상
1,500 이상	4.0(4.0) × 4.5(6.5) × 0.6(0.6) 이상

주 : ()는 유량계시험실을 겸용하는 유량계실

3) 유량계실 구조도

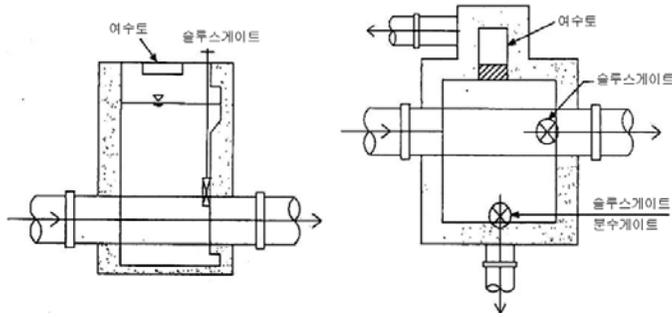


전기식 및 초음파유량계 선정기준은 부록 3을 참고한다.

6.8.5 방류구

가. 용 도

방류수는 저수조, 배수조, 분수공 등 자유수면을 갖는 시설에 설치한다.



<그림 6-34> 수문 수조형 방류구

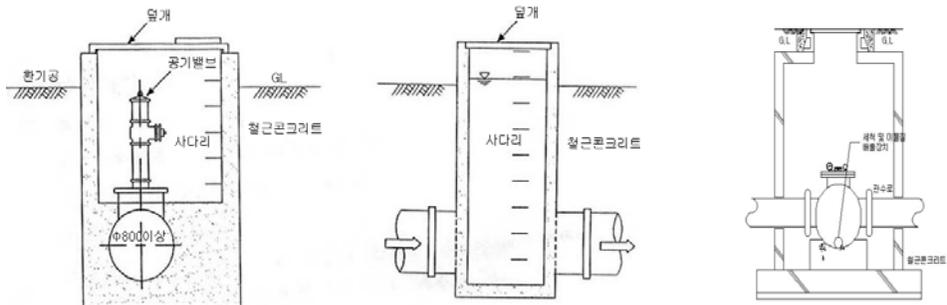
나. 구조·기능

방류구는 스탠드 측벽의 일정구간을 다른 부분보다 낮추어 수로내의 잉여수를 넘치게 하여 월류 배제한다. 여수토의 월류수(越流水)는 관로에서 하천 혹은 배수로로 연결시킨다. 여수토는 계획 최대유량을 방류할 수 있는 규모로 설치하고, 계획 최대 유량을 방류할 수 없는 경우에는 상시 분수량을 방류할 수 있는 규모로 설치한다. 여수토와 배니시설을 겸해서 설치하는 경우도 있다.

6.8.6 맨홀 및 점검구

가. 맨홀 및 점검구 설치

관내의 점검, 청소, 보수 등을 위해 사람이 관내로 들어갈 수 있도록 호칭지름 800mm이상의 관수로에는 원칙적으로 맨홀을 설치하고 호칭지름 800mm이하 관로에는 점검구(이물질배출장치)를 설치하여 하천, 도로횡단 등 향후 유지관리시 관의 내부 상태를 파악하여 관의보수나 세척 갱생 등을 할 수 있다. 굴착 등이 어려운 구간 또한 시·종점부에 설치한다.



(a) 폐쇄, 반폐쇄식의 경우 (b) 개방식의 경우 (c) 점검구(이물질배출장치)

<그림 6-35> 맨홀 및 점검구

나. 구조·기능

맨홀 및 점검구는 직경 600mm을 표준으로 수관교, 제수밸브 및 지형·지질이 변화하는 장소 등에 설치한다. 맨홀은 보통 상향으로 설치하고 맨홀내의 공기를 배제하기 위해 공기 밸브 또는 급수전을 설치한다. 또한 바로 위에는 맨홀을 만들고 측면 벽에는 사다리를 설치한다. 철관 뚜껑은 관리자가 드나들 수 있도록 $\Phi 500\sim 600\text{mm}$ 정도가 적절하다. 설치지점의 최고수위가 지상 1.0m이하의 경우에는 감시수조를 설치한다.

6.9 수관교

하천, 계곡을 횡단하는 경우에 관매설이 경제적으로나 기술적으로 부적당한 경우에 횡단 수단으로 수관교를 사용한다.

수관교의 형식으로서 종래는 플레이트거더 또는 트러스 등의 수로 전용다리를 가설하여 그 위에 관체를 올려놓는 수관교 형식이 채택되어 왔으나 최근에 관자체를 주횡목으로 하는 수관교를 설치하고 있다. 또한, 도로 교량 등에 첨가하여 사용하는 경우도 있다.(교량첨가관) 관은 강관을 일반적으로 사용하고 소규모의 경우에는 연성관도 사용한다.

가. 구조·기능

1) 상부구조(관을 주횡목으로 하는 것)

- ① 관자체를 보로 하는 파이프빔 수관교(단순지지형식, 일단고정, 타단 단순지지형식, 양단고정식, 연속지지형식)
- ② 관자체를 보로 하는 파이프아치 수관교
- ③ 관과 보강부재와의 조합을 보로 하는 보강 수관교(트러스 보강형식, 타이로드 보강형식, 랭가 보강형식, 사장교(斜張橋) 보강형식, 조교 보강형식)

2) 하부구조(교대, 교각)

상부하중, 적재하중 등을 충분히 고려해서 철근콘크리트 구조로 견고하게 설치한다. 수관교는 신축조인트로 본관과 접합시키며 중앙부는 공기밸브를 설치한다. 보수관리 면에서 일반적으로 상부는 통행 가능한 형태로 설치한다. 수관교 부근에는 배수시설, 여수토 등을 병설하는 경우도 있다.

6.10 제진시설(除塵施設)

관수로내에 부유물이나 토사가 유입되면 제수밸브, 유량계, 관수장치 등이 작동이 곤란하게 되므로 유입부, 조절시설, 관로에 제진시설을 설치해야 한다.

관수로의 부대시설중에서 수위조정 밸브, 전자(電磁)밸브, 프로펠라식 유량계, 공기밸브, 스프링클러 등은 그의 본체 또는 파일릿부에 몇 mm이하의 미소 통수단면을 갖는 것이 있다. 이들의 시설에 있어서는 통수 중에 토사로 인한 고장의 원인이 된다. 또 말단의 소구경 관로에도 곡관부에 토사가 쌓여 통수를 방해하는 예가 있다. 따라서 관수로를 계획하고 설계 하는데 제진에 대한 검토가 매우 중요하다. 검토의 순서는 제1단계로 아주 적은 통수단면을 가진 기기의 사용을 가능하면 피해야 하고, 제2단계로는 관수로의 어떤 위치에 어떤 기능을 가진 제진장치를 두느냐를 검토 하며, 최종적으로 기기의 비용과 제진에 따른 유지관리 비용을 종합해서 가장 적합한 시설의 조합이 되도록 검토한다.

제진방법은 그물눈이나 스폰지 형태의 작은 공극으로 분리하는 방법과 소용돌이에 의해 발생하는 원심력을 이용하는 방법이 있다.

가. 제진의 목표

말단관수로에서 사용되는 관경은 밭에서는 30mm, 논에서는 50mm까지 쓰이는 경우가 있으므로 일률적으로 말할 수는 없으나 허용치를 관경의 1/3로 하면 10~20mm정도의 제진기능이 필요하게 된다.

<표 6-12> 제진 그물눈의 표준 크기

구 분	그 물 눈	비 고
관경 30~50mm관로, 슬루스밸브, 버터플라이밸브, 급수전 등	유효그물눈의 폭 10~20mm정도	내부에 독자적인 스트레이너가 내장됨
수위조정밸브, 공기밸브, 자기밸브, 프로펠라식 유량계 등	12메시정도(유효그물눈의 폭 1.6mm정도)	
스프링클러	12메시 정도	

주) 1메시는 1인치 4각형의 일변을 분할하는 수임.

나. 제진시설의 설계

제진시설의 설계에 있어서는 사전에 먼지의 크기, 질, 양 그리고 관로의 계획 내용을 충분히 조사하여 이에 적합한 제진위치나 시설의 형식과 용량을 결정하여야 한다.

제진은 일반적으로 2~3 단계로 나누어 최초에는 큰 부유물을, 2단계부터는 차례로 중간 또는 작은 부유물을 제거하는 방법이 활용되고 있다. 제진시설의 설치 위치로서는 다음과 같은 지점이 좋다.

- ① 하천 등에서의 취수구 (일반적으로 스크린)
- ② 양수장의 흡수조 (상동)
- ③ 팜폰드에서의 취수구 (상동)
- ④ 개수로에서 분기되는 관수로 시점 (상동)
- ⑤ 관로중간 (인라인형 스크린, 스트레이너 등)

설치위치와 제진단계로는 하천 취수구에서 큰 잡물을 대상으로 50~200mm의 그물눈을 가진 제1스크린을 두고, 펌프흡수조 또는 관유입구에 제2의 스크린, 팜폰드에서 관로의 유입구에 제3스크린을 각각 설치할 때가 많다. 스크린의 유효 그물눈급폭은 먼지 등의 질과 양에 의하여 결정할 필요가 있다. 펌프 흡수조의 표준유효 그물눈급폭은 <표 6-13>과 같다.

<표 6-13> 스크린의 유효 눈급폭

(단위 : mm)

펌프 구경	스크린 유효눈급폭	펌프 구경	스크린 유효눈급폭	펌프 구경	스크린 유효눈급폭	펌프 구경	스크린 유효눈급폭
200	20	600	30	1,350	50	2,400	75
250	20	700	30	1,500	60	2,600	80
300	20	800	30	1,650	60	2,800	90
350	25	900	40	1,800	70	3,000	100
400	25	1,000	40	2,000	70		
500	25	1,200	50	2,200	75		

스크린의 구조가 바스크린(bar screen)일 때에는 횡재(橫材)의 간격이 500~600mm로 되어 있는 것이 많으나 긴 물체나 비닐 등이 종으로 유입할 때에는 걸릴 수 있으므로 관의 입구까지는 그물눈 폭이 종횡으로 같은 망상의 스크린을 설치하는 것이 좋다.

미세먼지 제거의 제진망은 인력일 때는 2~3중으로 하는 경우가 많은데 이때 그물눈 폭의 개략치는 첫 번째는 10mm×10mm, 두 번째는 5mm×5mm, 마지막으로 1.6mm×1.6mm로 하는 경우가 많다. 한편 자동제진기의 경우는 이것을 동시에 처리할 수 있다.

다. 제진기의 종류와 특징

제진기는 제진방법을 고려해서 통수에 지장이 없고 송배수압력이나 유량변화가 적은 것을 선정해야 한다. 대표적인 제진기의 종류와 특징은 <표 6-14>와 같다.

<표 6-14> 제진기의 종류와 특징

구분	작동 방식	종 류	특 징
아웃라인형	수동식	바스크린 (bar screen)	먼지량이 많은 곳에는 부적합하고 시설비가 싸나 관리 인력이 많다.
		그물스크린	관리인력이 많고, 교환할 때 먼지가 통과하는 수가 있다. 시설비는 싸다.
	자동식	바스크린 갈퀴상승방식 체인식 (배면하강 전면상승식)	큰 잡물의 제거에 적합하고, 모래의 퇴적에 비교적 강하다. 먼지의 량이 많을 때 적합(갈퀴회전)
		갈퀴상승방식 로프식 (주행식, 고정식)	작은 잡물의 제거에 적합하고, 침전물을 끌어 올리는데는 부적합하며, 시간당 능력이 낮다.(갈퀴왕복운동)
	망스크린	제2스크린으로 사용하는 때가 많다. 유효그물눈 폭은 3~5mm의 것이 많다.	
인라인형	수동식	스트레이너	관경 50~1,200mm정도이고 그물눈의 유효폭은 다양하나 관리인력이 많다. 대구경이 되면 중량이 크고 교환이 곤란하다. 먼지가 적은 곳에 적당하다.
	반자동식	반자동 배진 스트레이너	관경이 40~250mm 정도에 유효 그물눈폭 2mm. 먼지가 많을 때 또는 1mm정도의 먼지까지 처리할 때에는 망상스크린으로 먼저 처리한다.
	자동식	자동 배진 스트레이너	망구경은 80mm, 그물눈폭 편칭구경은 1~5mm, 망은 4~80메시. 전동기로 스크린을 회전시켜서 수압을 이용하여 스크린에 남아있는 먼지를 자동적으로 관외로 배출한다. 먼지가 많을 때는 망상스크린으로 먼저 처리를 한다.
		스트레이너	관경 3~12mm, 그물눈폭 10~325메시
필터		관경 150~400mm, 그물눈폭 4~30메시	
	원심력에 의한 분리형	관경 80~400mm, 200미크론의 먼지까지 분리한다. 손실수두는 1mm정도이다.	

6.11 보호공

6.11.1 보호공의 크기

보호공 크기의 여유폭의 결정에 관해서는 밸브류의 설치작업 등 실제 작업 상황을 조사하여 필요한 작업폭을 확보할 수 있도록 한다.

- ① 제수변과 유량계의 관밑에서 저판까지의 여유는 볼트조임 작업의 여유를 고려하여 50cm로 한다.
- ② 제수변과 유량계의 밸브조작대(무근콘크리트)에서 상판까지의 높이는 밸브의 핸들 조작 등을 고려하여 180cm로 한다.
- ③ 제수변과 유량계의 신축이음(플랜지의 어댑터, 슬리브조인트)등 측벽까지의 폭은 볼트의 조임 작업을 고려 30cm로 한다.
- ④ 공기변에서 상판까지의 높이는 급속공기변의 볼(boll)의 탈착을 고려하여 30cm로 한다.
- ⑤ 공기밸브내의 종폭과 횡폭은 플랜지 외에 볼트의 조임 작업을 고려하여 180×180cm의 정방형으로 한다.

<표 6-15> 보호공의 여유폭

항 목	치 수	비 고
1. 관바닥에서 저판까지의 여유	500mm	
2. 핸들로부터 상판까지의 여유	200mm	
3. 밸브조작대로부터 상판까지의 여유	1,800mm	
4. 신축이음에서 측벽면까지의 여유	300mm	
5. 밸브플랜지에서 측벽까지	500mm	
6. 공기변에서 상판까지의 여유	300mm	
7. 공기변중심에서 측벽까지의 여유	900mm	
8. 공기변 중심에서 부밸브조작측의 측벽까지의 폭	900mm	

6.11.2 보호공의 치수 결정

보호공 내공치수(폭, 길이, 높이)는 환경, 여유폭, 사용하는 밸브류의 크기 등을 고려하여 각 환경마다 내공치수가 결정되나 본 표준도에서는 종폭, 횡폭, 높이의 어느 것이 30cm 변할 때마다 하나의 형태로서 결정하였다. 각 보호공의 치수는 다음과 같이 나타낸다.

<표 6-16> 제수변 보호공 치수 단면 일람표

제수변 + 바이패스관 + 공기밸브의 경우							
구 경 (mm)	제수변의 종류	보호공	B (mm)	H (mm)	L(mm)		
					덕타일형	강관슬립 조인트	강관플랜지 어답터
400~500	차단밸브 (입형)(횡형)	박스타입	2,100 [3,300]	3,000 [2,100]	3,600	-	-
600~700	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,300	2,400	4,000	-	-
800~900	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,800	2,900	5,100	5,400	4,900
1,000~1,100	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,000	3,100	5,500	5,500	5,000
1,200~1,350	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,400	3,400	5,800	5,500	5,200
1,500	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,700	3,700	6,100	5,600	5,300

제수변만의 경우							
구 경 (mm)	제수변의 종류	보호공	B (mm)	H (mm)	L(mm)		
					덕타일형	강관슬립 조인트	강관플랜지 어답터
100~400	차단밸브 (입형)	맨홀타입	-	-	-	-	-
350~500	차단밸브 (입형)(횡형)	박스타입	1,700 [2,900]	3,000 [2,100]	2,400	-	-
600~700	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	2,900	2,400	2,500	-	-
800~900	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,400	2,500	2,300	2,500	2,100
1,000~1,100	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,600	2,800	2,900	2,500	2,300
1,200~1,350	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,900	2,900	3,000	2,600	2,400
1,500	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,200	3,000	3,100	2,700	2,400

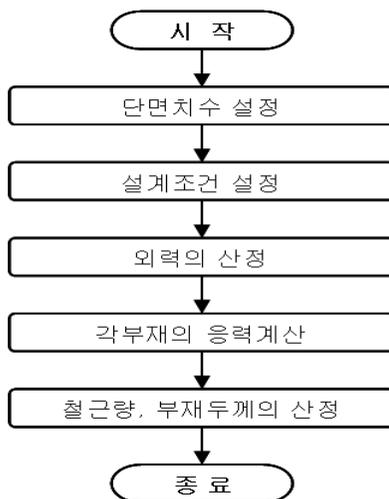
<표 6-16> 제수변보호공 치수 단면 일람표(계속)

제수변 + 바이패스관의 경우							
구 경 (mm)	제수변의 종류	보호공	B (mm)	H (mm)	L(mm)		
					덕타일형	강관슬립 조인트	강관플랜지 어답터
400~500	차단밸브 (입형)(횡형)	박스타입	2,100 [3,300]	3,000 [2,100]	2,300	-	-
600~700	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,300	2,400	3,200	-	-
800~900	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	3,800	2,500	3,500	3,400	3,000
1,000~1,100	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,000	2,800	3,800	3,600	3,100
1,200~1,350	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,400	2,900	4,100	3,700	3,300
1,500	버터플라이 밸브(횡형)	박스타입	4,700	3,000	4,300	3,800	3,500

6.11.3 보호공의 설계방법

가. 설계순서

보호공의 설계는 아래와 같은 순서로 한다.



<그림 6-36> 보호공의 설계순서

나. 설계조건

보호공의 설계조건은 다음과 같다.

- ① 본 표준도집에서 사용하는 각 재료의 단위체적중량은 <표 6-17>에 나타낸 바와 같다.

<표 6-17> 재료의 단위체적중량

(단위 : N/m³)

재료	단위체적중량	재료	단위체적중량
강관	76.9	무근콘크리트	23.0
덕타일관	70.1	습윤토	17.6
철근콘크리트	24.5		

- ② 상재하중 ... 도로 밑은 0.98Mpa, 경지 밑은 0.294Mpa
- ③ 자동차하중 ... DB-24 하중
- ④ 지하수위 ... 도로 밑은 측벽중간부까지, 경지 밑 은 지표면까지
- ⑤ 박스 상판의 지표면에서의 깊이 ... 도로 밑 0.2~0.6m

다. 하중의 종류

보호공에 작용하는 하중은 자중, 활하중(자동차하중 또는 군집하중), 토압(연직방향토압 또는 수평방향토압), 지반반력, 설하중 등이 있다. 그러나, 설하중은 계상하지 않는다. 또한, 지진의 영향과 온도변화의 영향은 소규모의 구조물이기 때문에 고려하지 않는다. 보호공에 작용하는 하중은 "농업용 수리구조물표준도 개발 연구(관수로부대시설편 해설집)"를 참고한다.

라. 해석방법

측벽을 단지지보로 하거나 재고상판과 저판은 단순보로서 해석하는 것보다는 보호공의 구조는 박스형이기 때문에 라멘구조 또는 이방향 슬라브로 해석하는 것이 현실적이다.

라멘 구조로서 해석하는 경우 검토하는 방향 즉, 횡단방향으로 해석하면 연직라멘, 수평방향으로 해석하면 평면라멘으로 생각할 수 있다. 여러 가지 제수변 박스와 유지관리상 상판중앙부분을 제외한 구조로 하고 있고, 횡단방향에 대해서는 구조 전체를 완전한 연직라멘으로서는 취급하기 곤란하므로 측벽은 평면라멘, 상판은

일방향 슬라브 및 단순보, 저판은 사변고정판으로서 해석하는 것으로 하고 있다. 해석방법에 대한 세부사항은 "농업용 수리구조물표준도 개발 연구(관수로부대 시설편 해설집)"를 참고한다.

마. 부재설계

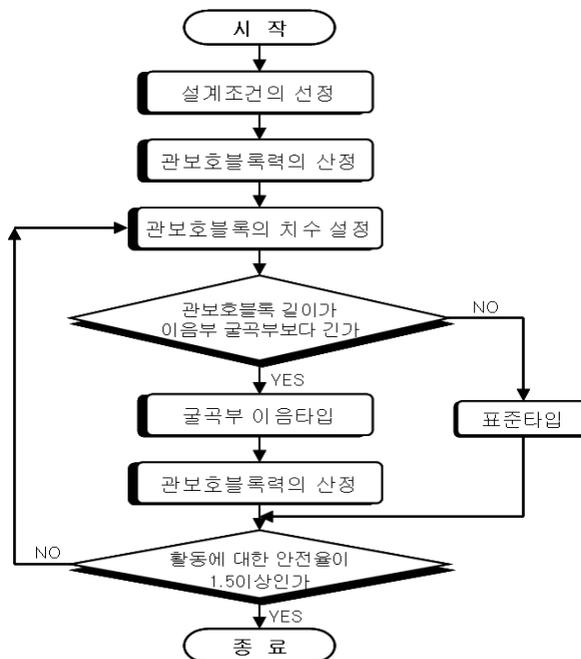
해석방법에서 구한 각 부재모멘트에 의해 상판과 저판, 측벽에 대한 부재설계를 실시하고, 배근방법에 따라 상판, 저판, 측벽에 대한 배근을 실시한다. 부재설계 및 배근방법에 대한 세부설계는 "농업용 수리구조물표준도 개발 연구(관수로부대 시설편 해설집)"를 참고한다.

6.11.4 관보호블록

관보호블록에는 수평방향, 연직상방향, 연직하방향의 3가지 형태가 있다. 여기에서는 수평방향 관보호블록의 개념을 중심으로 한다.

가. 설계 순서

수평관 보호블록의 설계 순서는 <그림 6-37>의 순서도에 의한다.



<그림 6-37> 수평 관보호블록의 계산순수

나. 설계조건

아래의 설계조건하에서 적용할 수 있는 것으로 현장조건이 다른 경우는 별도 검토해야만 한다. 한편 흙의 단위체적중량이 17.6N/m³보다 적은 경우는 표준도면집의 적용범위를 참조한다.

흙의 단위 체적중량 $\gamma = 17.6\text{N/m}^3$ 흙의 내부마찰각 $\psi = 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$

콘크리트단위체적중량 $\gamma_c = 23.0\text{N/m}^3$ 관보호블럭 저면의 마찰계수 $f = 0.5$

지표면에서 관보호공블럭 상면까지의 깊이 $H = 1.0\text{m}$

설계내압 49.0, 68.6, 88.2, 107.8, 127.4, 147.0N/cm²

<표 6-18> 관경과 관두께

(단위: mm)

관경	관두께	관경	관두께	관경	관두께
300	3.5	600	9.0	1100	14.0
350	3.5	700	10.0	1200	15.5
400	7.0	800	11.0	1350	16.5
450	7.5	900	12.0	1500	18.0
500	8.0	1000	13.0		

저판의 허용지내력은 사질토의 중간 것을 사용하고 있다

다. 표준타입과 이음부 곡관타입

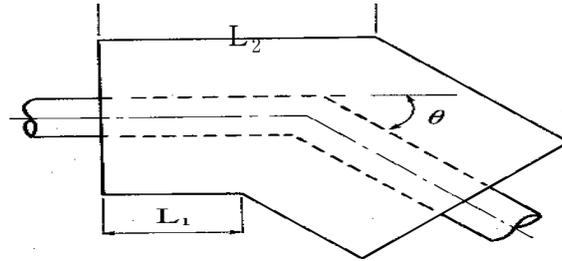
이음부는 표준타입과 이음부 곡관 타입으로 구분하였다. 이음부곡관 타입의 이점은 첫째, 이음부곡관을 모래로 바꾸는 것보다는 콘크리트로 바꾸는 편이 자중이 증가하고 필요 관보호블럭 길이가 짧게 되며, 둘째, 되메우기 작업이 불필요하게 된다.

라. 관보호블럭의 형상

관체 휨각과 단면에서 시공성을 감안하여 <그림 6-38>에 나타낸 형상으로 하였다.

마. 관보호블럭의 계산

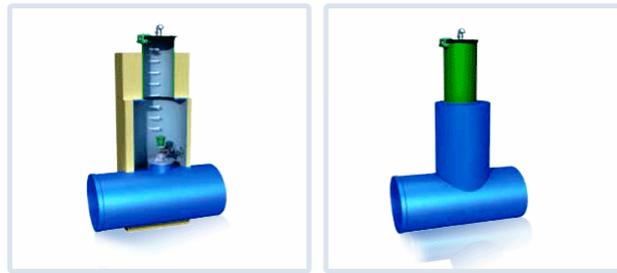
관보호블럭에 사용하는 계산의 종류, 자중, 해석방법, 부대설계 등은 "농업용 수리구조물표준도 개발 연구(관수로부대시설편 해설집)"를 참고한다.



<그림 6-38> 관보호블록의 표준도

6.11.5 조립식 방수밀폐형 밸브 보호공

조립식 방수밀폐형 밸브 보호공의 특징은 ① 관로, 밸브실, 통로관이 일체형으로 근본적 누수 및 외수 차단, ② 공장 제작하므로 공사기간 단축, ③ 배관 라인만 연결하면 되므로 시공 간편, ④ 내부부재의 수리, 점검, 교체 등이 용이하다.



<그림 6-39> 조립식 방수밀폐형 밸브 보호공 예

6.12 신축이음

6.12.1 일반사항

- ① 신축이음관은 관로의 온도변화에 의한 신축 및 부등침하에 의한 응력을 흡수하기 위해 설치한다.
- ② 시공계획을 수립할 때 가능한 한 최후의 이음위치는 기계획한 신축이음이 있는 곳이 되도록 하여 신축이음 설치수량을 줄이고, 관부설 작업 및 용접 열응력 소산을 용이하도록 한다.
- ③ 열응력을 감소시키는 방법에는 굴착부의 관을 빗으로부터 가리는 방법, 채움재를 단열재로 사용하는 방법, 일부 접합부를 하루중 온도가 가장 낮은 시간에 용접하는 방법 또는 위의 방법의 조합 등이 있다.
- ④ 용접은 연속된 비드를 형성하도록 해야 한다.
- ⑤ 연속해서 용착부에 용접을 시행하기 전에 각 비드는 철저히 닦고 녹을

제거해야 한다.

6.12.2 신축이음시 주의사항

- ① 공장으로부터 현장에 반입된 신축이음관은 운송중에 손상이 발생하지 않았는지 검사하여야 한다.
- ② 현장에서 신축이음관을 보관하는 경우는 지면에 직접 보관하는 것을 피하고 각목 등의 받침 위에 보관하고 신축관 위에는 중량물을 두지 않아야 한다.
- ③ 신축이음관을 소정의 위치에 취부하기 위하여 들어 올리는 작업은 먼저 신축이음관의 중량을 확인하여 적당한 권양기를 설치하고, 매달아 올리거나 내릴 때에 세트볼트나 씨핑앵글 등에 와이어로프를 거치거나 본체에 손상이 일어나지 않도록 주의하여야 한다.

6.12.3 신축이음의 접합

- ① 공장에서 세팅된 이음이 설계도의 규정대로 되어 있는지 확인한다. 신축량을 조정할 필요가 있을 때에는 감독자의 승인 후 입회하여 조정해야 한다.
- ② 관로의 신축이음관이 일직선으로 되도록 접합하여 변형이 일어나지 않도록 주의한다.
- ③ 신축관 내부에 부착된 임시고정구(stopper)를 제거한 후 관로에 접합하여야 한다.
- ④ 신축이음관의 종류에 따라서는 유수 방향이 있으므로 체결시에 확인한다.
- ⑤ 체결 후에 세트볼트, 씨핑앵글의 해체작업이 용이하도록 하기 위해서는 하부방향으로 되지 않는 위치에서 접합한다.
- ⑥ 세트볼트, 씨핑앵글의 해체시기는 일단 자유의 경우는 용접완료 후에 떼어내고 양단고정의 경우는 반대편 측을 임시로 붙여둔 후에 떼어 낸다.
- ⑦ 용접에 있어서는 신축이음관의 고무 등이 용접스패터 등에 의해 손상되지 않도록 보호하며 작업한다. 또 이음에 의해 미끄럼면이 손상되지 않도록 보호하며 작업한다.
- ⑧ 가스버너 등을 부근에서 사용하는 경우에는 화염이나 열에 의한 손상이 없도록 보호하여야 한다.
- ⑨ 강관이나 벨브류의 체결을 완료한 후에는 신축이음관의 내면을 청소하고 도장면이나 관체에 손상이 있으면 즉시 보수하여야 한다.

6.12.4 신축이음의 종류

가. 신축이음의 종류

- ① 접동형 : 드레샤, 텔레스코픽, 크로저, 플랜지 아답타 등
- ② 파 형 : 스텐레스 벨로우즈, 스틸 벨로우즈, 고무 벨로우즈
- ③ 고무형, 빅토리형 등

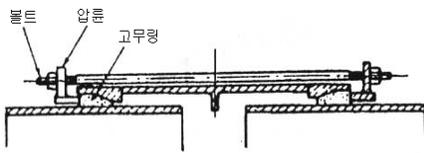
나. 신축이음의 특성과 적용범위

1) 드레셔(dresser)형 신축이음

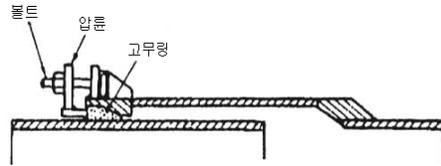
가장 널리 일반적으로 이용되는 형으로서 관의 굴곡에 대한 허용량이 큰 편이며, 허용신축량도 90~140mm 정도로서 강관의 관로에 매우 적합하다. 또한 구조가 간단하며 취급 및 시공이 용이한 이점이 있다.

2) 텔레스코픽(Telescopic)형 신축이음

강관의 접합부를 수구(受口)로 하여 신축관의 사이에 넣고 볼트로 조여 접합하는 형식의 것으로서 신축 이동거리는 120~200mm에 달하나 굴곡에 대한 허용량은 적다.



<그림 6-40> 드레셔형 신축이음



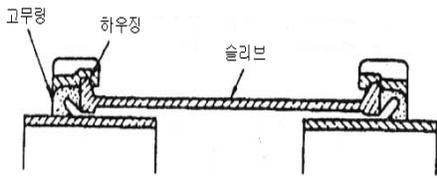
<그림 6-41> 텔레스코픽 신축이음

3) 빅톨릭형(victaulic)형 신축이음

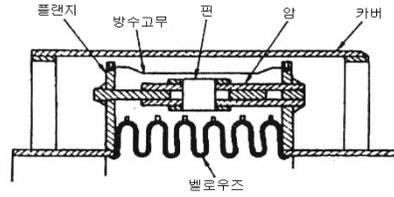
관의 굴곡에 대한 허용량이 매우 크나, 신축허용길이가 0~6mm로서 작은 편이며 플랜지 접합법과 같이 구내, 해상에서 용접이 불가능한 경우 및 공사용 배관으로 단기간에 관을 철수하는 경우의 접합용으로 사용된다.

4) 벨로우즈형 신축이음

신축방향과 상하, 좌우의 3방향의 유동을 흡수할 수가 있다. 따라서 수관교, 伏越, 기타 지반이 연약하여 부등 침하의 위험이 큰 곳 등에 사용되면 효과적이거나 가격이 비싸다.



<그림 6-42> 빅톨릭형 신축이음



<그림 6-43> 벨로우즈형 신축이음

6.12.5 도복장 강관

가. 노출되는 관로부

- ① 노출부는 매설부 보다 온도변화가 크고, 관주변 흠에 의해 구속되지도 않아 관의 신축량이 크게 발생하므로 용접이음을 사용하는 도복장강관 관로에서는 20~30m의 간격으로 신축이음관을 설치하여야 하나, 사용 신축이음관의 신축량, 온도변화량, 관로 고정방법 등 현지조건에 부합할 수 있도록 하여야 한다.
- ② 노출부는 주로 수관교 등 구조물에 설치되므로 관로를 고정하는 Anchor 설치방법은 그 구조물의 신축처리 방식에 적합하여야 한다. 따라서, 최근 교량의 신축이음 배치간격이 장대화되는 경향 등 주변여건을 고려하여 Anchor 설치방법 및 신축이음관 설치를 함께 계획하여야 한다.

나. 매설되는 관로부

- ① 매설되는 관로는 관로주변 흠의 마찰력으로 온도변화에 따른 신축변위량을 충분히 억제시키므로 밸브실과 밸브실 사이에 신축이음관이 필요하지 않으나, 일단(一端)이 자유단인 경우와 T형관 또는 신축이음관 등이 근접(100~200m)되어 설치되는 경우와 제수밸브, 펌프 등 관로중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실내에 접합관을 설치해야 한다.
- ② 밸브접합관은 밸브실 내부에서 관로부설작업을 용이하게 하고 밸브실 주변에서 나타나는 잔류신축변위 및 미소한 수직방향의 부등침하를 수용하면서, 밸브실 내의 밸브플랜지의 조임, 교체 등 유지보수에 필요한 여유공간을 제공할 수 있도록 물흐름 방향(편수압 작용 방향)에서 밸브 후단에 1개소를 설치하여야 한다.
- ③ 관의 제수밸브실의 벽체 관통부는 관로와 밸브실 벽체가 일체구조물이 되지 않도록 하고, 수팽창성 지수재료, 수밀장치 등으로 관과 벽체의 틈

사이로 외부지하수가 침입할 수 없는 구조로 해야 한다. 수팽창 지수 재료를 사용할 경우 수팽창성 지수재료는 콘크리트 타설후 양생초기에 팽창되지 않도록 강구해야 한다.

- ④ 밸브실 주변지반에서 접합관 및 도복장강관 관로가 허용할 수 없는 부등침하가 발생할 경우, 또는 관주변 토사의 구속력이 부족하여 편수압을 주변지반에 소산시키기 곤란할 경우에는 별도의 대책을 수립해야 한다.

다. T형관, Y형관 등 분기관의 접합부

- ① 본관이 온도변화 등에 의해 신축변위를 일으킬때 분기관의 접합부에서 전단응력이 발생한다. 강관은 허용인장응력에 비하여 허용전단응력이 상대적으로 작으므로 전단파괴될 가능성이 크게 된다. 따라서, 본관의 신축변위를 억제할 수 있도록 되메우기시 다짐을 충분히 하여 흙의 구속력을 증대시켜야 하며, 필요에 따라 신축이음관을 설치할 수 있다.
- ② 분기관측 밸브가 접합부 인근에 설치되어 밸브폐쇄에 따른 편수압 발생 또는 유지관리시 Flange Bolt 조임에 따른 신축변위가 발생하면서 접합부에 직접 인장응력을 발생시키므로 분기관측 밸브실내에 신축이음관 설치가 필요하게 된다. 그러나, 분기관의 주변지반이 양호하고 일정한 구속거리가 확보되어 관로의 온도변화에 따른 신축변위를 흙과의 마찰력으로 제어할 수 있고, 분기관의 보호공이 적절히 계획되었을 경우에는 분기관 주변에 신축이음관의 설치를 생략한다.

라. 최후의 접합장소 및 준수축이음

- ① 시공계획 수립시 가능한 한 최후의 이음위치는 기 계획한 신축이음이 있는 곳이 되도록 하여 신축이음 설치수량을 줄이는 한편, 관부설 작업 및 용접 열응력 소산을 용이하도록 한다.
- ② 관로부설 단계에서 매설 및 통수 초기까지 관이 노출되어 있거나 관주변 흙이 안정될 때까지, 관로의 신축량은 크고 주변지반의 구속력이 저하된 상태이므로 관로의 매 120~150m 간격으로 1개소의 준수축이음 연결부(Special Closure Lap Joint)를 설치하여 관로준공 초기까지의 신축량을 최대한 수용시키도록 하여야 한다.
- ③ 일반연결부 관로를 되메우기 등 매설작업 완료 후, 준수축이음 연결부는 일반 연결부 보다 깊게 수구에 삽구(Stab)하고 하루중 가장 기온이 낮은 시간대를 이용하여 이 연결부를 용접하여 최종관로를 형성시킨다.

- ④ 관의 각 변위나 지반의 부등침하량이 적은 경우는 미캐니컬이음, 텔레스코프형신축관, 빅톨리크로스이음 등을 사용하면 좋으나 지반침하지대 또는 부등침하량이 특히 큰 장소에는 고무링이음이나 벨로우즈형이음 등을 사용하면 좋다.

6.12.6 덕타일주철관

KP메카니컬 접합방식은 접합부가 가요성 이음으로 관경 D=1,200mm관의 경우 이음부의 허용굴곡각이 약 1.5°정도로 굴곡이 가능하며, 한계굴곡각은 2°40"이다. 따라서 허용굴곡각까지 관의 굽힘이 발생된다 하더라도 충분하게 수밀이 보장되므로 관도중에서 신축이음관의 설치가 불필요하다.

제 7 장 밸브설계

7.1 밸브설계의 개념

사용량의 변화에 대응하여 용수를 공급하기 위해서는 관수로의 분기점 등의 주요지점에 각종 밸브를 적절히 배치해야 하며, 밸브의 선택은 관수로 운영에 영향을 주는 중요한 요소로서 유량, 사용 목적 등을 고려하여 적절한 것을 선택해야 한다.

농업용수의 합리적인 이용을 위해 집중 물 관리시스템 도입에 의한 시설의 현대화가 적극적으로 추진되고 있다. 농업용수로의 시설규모는 피크시 설계용수량에 의하여 결정되나 사용량은 기상조건, 계절, 사용기간, 사용시간에 따라 다양하게 변화하기 때문에 공급량은 관개기에 따라 설계용수량보다 적은 경우가 많기 때문에 사용량의 변화에 대응하여 용수를 공급하기 위해서는 관수로의 분기점 등의 주요지점에 각종 밸브를 적절히 배치해야 한다. 용수량이 풍부한 경우에는 포장에서 자유롭게 취수해도 되나, 가뭄 등에 의하여 용수가 부족한 경우에는 공급자가 공급량을 제한해야 하며, 관수로의 파손 등의 사고가 발생한 경우에는 시설물의 보수를 위해서 용수를 차단해야 한다. 이와 같이 관수로에서 취수량, 분수량의 용수관리 및 시설관리에서 가장 중요한 역할을 하는 것이 밸브이다. 한편 밸브의 선택은 관수로 운영에 영향을 주는 중요한 요소로서 유량, 사용목적 등을 고려 적절한 것을 선택해야 한다.

7.2. 밸브의 분류

관수로에 사용되는 밸브는 용도에 따라 방류용, 차단용, 제어용, 감압용, 기타(안전밸브, 역지밸브, 공기밸브 등)로 분류되며, 이들 밸브는 배관방식, 송수방식, 사용목적 등의 조건에 따라서 그 특성에 맞는 밸브를 선정해야 한다.

7.2.1 방류용 밸브

방류용 밸브는 저수지의 방수로에 설치되는 밸브로 상류수두와 방류량과의 관계에 의하여 유량제어기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하며, 고압에서도 임의의 개도로 방류량을 조절할 수 있어야 한다. 이 밸브는 높은 수두, 빠른 유속조건에서 장시간 계속적으로 방류하는 곳에 사용되며 비교적 대용량이 요구된다. 또한, 작은 개도 상태에서 장시간의 방류를 고려하여 캐비테이션 특성이 우수하며, 소음진동이 적은 콘밸브, 슬리브밸브 등을 사용한다.

이 밸브는 방류수의 고속에너지에 의한 하류수로의 손상을 방지하기 위하여 방류부에 감세수조(減勢水槽)를 설치하며, 설치방법에 따라 공중방류, 감세수조 내의 방류(수중 또는 반수중), 터널 내 방류 등이 있으나 방류시 감세 에너지가 크면 소음진동이 발생되어 구조물이나 설비가 손상될 수 있으므로 설치시 주의한다.

7.2.2 제어용 밸브

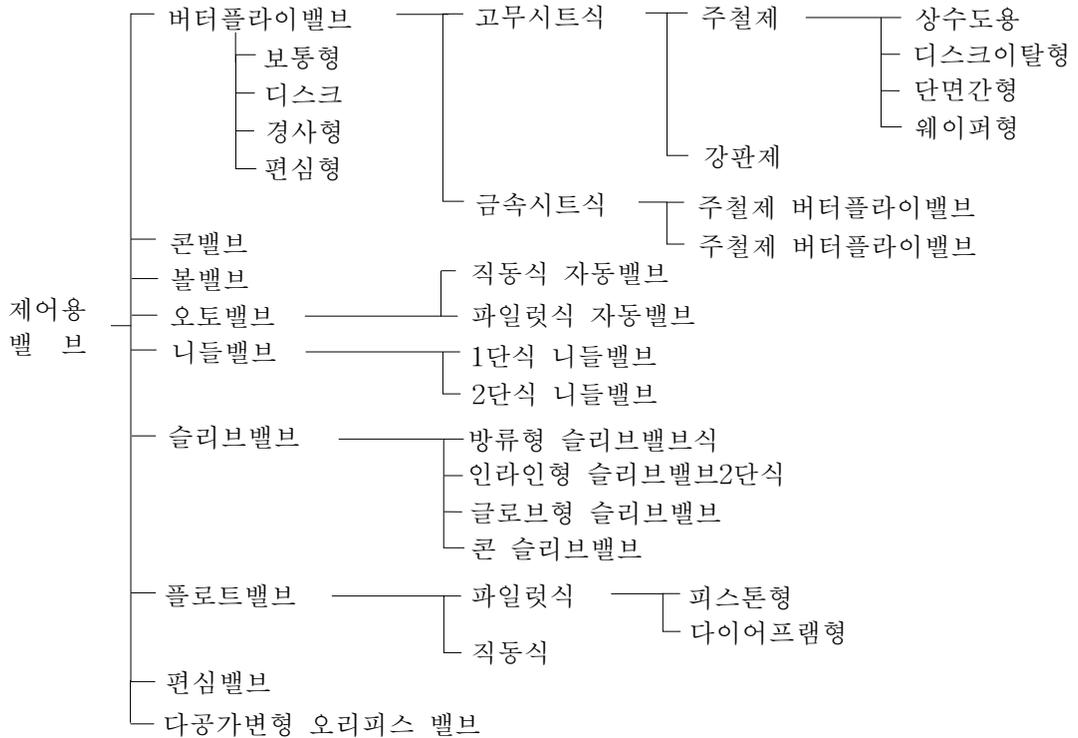
제어용 밸브는 관로의 입구, 말단, 중간부에 설치하여 밸브 개도로 관내의 압력, 유량을 임의로 조절하기 위하여 설치한다. 이 밸브는 빈번하게 작동되고 작동에 따른 유량변화의 균일성이 요구되기 때문에 개폐조작이 용이하고 안정적으로 사용할 수 있는 개도의 범위가 넓고 개도에 대한 유량특성이 직선적으로 비례하는 밸브가 적절하다. 제어용밸브는 전기나 유압 등의 외력에 의하여 구동하는 방식과 플로트 또는 관내의 압력 밸런스로 작동하는 방식이 있다.

플로트밸브에 의한 제어방식은 배수관로 중간수조의 수위를 일정범위로 유지하기 위하여 설치된다. 이 밸브는 관로에 작용하는 정수압이 높은 경우에는 감압용으로 사용되고 있으며, 수조의 수위관리용으로도 사용되고 있다. 특히, 반폐쇄형 관수로에서 자연압을 이용한 플로트밸브에 의한 송수방식은 압력조절 용이, 밸브구조 간단, 보수관리가 용이하다.

이 형식은 하류의 사용여부에 따라 수조수위가 상승 또는 하강하여 밸브가 자동적으로 개폐되어 이 영향이 순간적으로 상류에 영향을 미쳐 송수가 이루어지기 때문에 하류의 사용자가 자유롭게 용수를 사용할 수 있는 특징이 있다. 이 경우 송수차단 및 관리를 위하여 공급자측은 별도로 수동식의 차단밸브 등을 설치할 필요가 있다.

유량제어는 최소에서 최대까지의 계획량 전역이 제어대상이지만 현실적으로 전개에서 전폐까지의 전개도를 균등하게 조절할 수 있는 밸브는 거의 없다. 유량 제어 특성이 뛰어난 밸브는 한정되어 있으며, 어떤 기종도 적은 개도 부근에서 캐비테이션의 위험을 피할 수 없다.

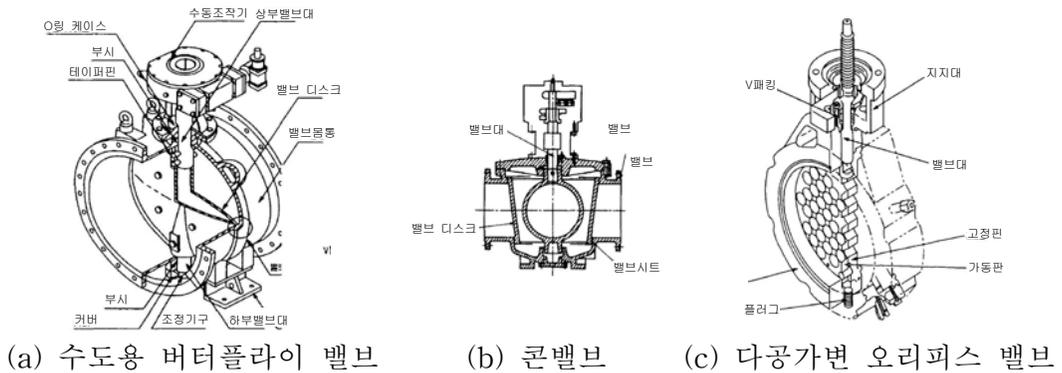
따라서 제어용 밸브 선정시 구조와 특성을 충분히 검토하여 특별히 고도의 제어가 요구되는 경우에는 제어부의 배관을 2~3개로 분할하여 제어범위를 분담시키거나 또는 직렬로 복수의 밸브를 설치하여 감압기능을 분산시키는 등의 대책이 필요하다. 제어용 밸브는 그 사용목적에 따라 유량제어, 압력제어, 수위제어로 구분된다. 제어용으로 사용되는 밸브의 종류는 <그림 7-1>과 같다.



<그림 7-1> 제어용 밸브의 종류

가. 유량제어용 밸브

배수지나 조절지의 유출입량, 펌프의 토출량, 관로의 유량제어에는 제어특성이 비교적 좋은 버터플라이밸브(butterfly valve), 콘밸브(cone valve), 볼밸브(ball valve) 등이 적합하다. 또한 적은 개도(開度)상태에서 캐비테이션 특성이 우수한 밸브를 사용하는 것이 적합하다.(<그림 7-2> 참조)



<그림 7-2> 유량제어용 밸브(예)

나. 압력제어용 밸브

압력제어용 밸브는 제어범위와 밸브형식에 따라 다음과 같이 그 사용이 구분된다. 관로내 압력이 낮고 감압량이 적을 때는 버터플라이밸브나 오토밸브(auto valve)를 사용하고 중고압(中高壓)으로 감압량이 중간정도인 경우는 콘밸브, 볼밸브, 오토밸브가 적합하며, 감압량이 큰 경우는 슬리브밸브나 니들밸브가 적합하다.

다. 수위제어용 밸브

조절지, 배수지 등의 수위조절용 밸브에는 무동력식인 플로트밸브(float valve)와 오토밸브가 있으며, 전동식에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 슬리브밸브, 니들밸브 등을 사용한다.

7.2.3 차단용 밸브

흐름의 On-Off 제어는 용수시설관리의 기본이며, 이 목적으로 차단용 밸브가 이용된다. 전개 또는 전폐상태에서 주로 사용되기 때문에 폐쇄시는 완전차단이 가능해야 하고 개방시에는 수두손실이 적어야 한다. 차단용 밸브는 관로의 종점, 분기점, 배니시설, 하상횡단부, 사고발생 가능성이 높은 구간 전후에 설치하여 사고에 따른 영향을 최소화하기 위하여 설치한다. 타구간에도 유수를 차단할 수 있도록 1~3km마다 설치해야 한다.

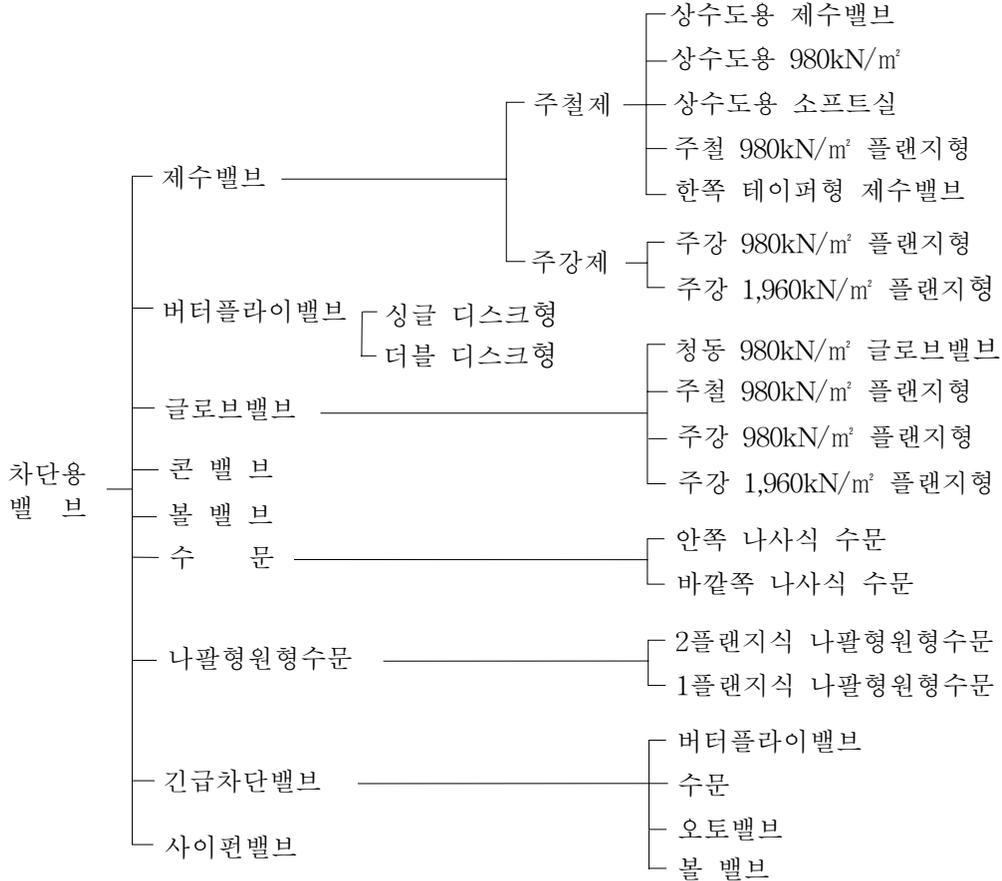
방류용 및 제어용 밸브에 대해서도 중요한 곳에는 그 상류 측에 차단밸브를 병행 설치하여 점검, 수리에 대처해야 한다. 이와 같이 차단밸브는 상시에 사용하지 않는 경우가 많기 때문에 견고, 보수관리 용이, 확실하게 용수를 차단할 수 있는 구조가 적절하다.

일반적으로 차단밸브로는 슬루스밸브가 가장 많이 사용되고 있으며, 대구경 대용량 또는 압력조정을 위하여 자주 조작할 필요가 있는 경우에는 조작성이 뛰어나고 부분개도 사용이 가능한 버터플라이 밸브를 사용한다.

밸브상하의 압력차가 큰 경우에는 마찰저항 때문에 개폐조작이 곤란하므로 수두 40m정도 이상 관경 400mm 이상의 차단밸브에는 부밸브(바이패스밸브)를 설치하여 주밸브 개폐전에 부밸브를 조작하여 상하류의 수압을 조절할 수 있는 구조가 적절하다.

차단용으로서 개폐빈도가 적고 지수가 장기간 유지될 필요가 있을 때에는 제수 밸브가 사용된다. 사용빈도가 많고 밸브시트(valve seat)의 내구성이 요구되는 경우는 금속시트 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 사용된다. 또한 개수로에서는 수문이나 나팔형 원형수문을 사용하는 것이 좋다.

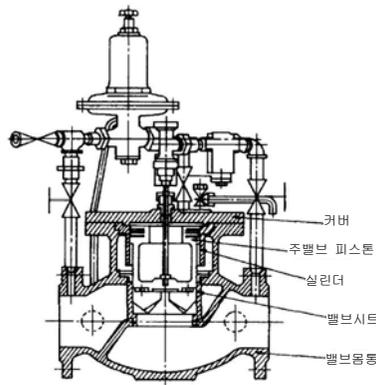
고압에서의 차단용으로는 글로브밸브(globe valve)가 적절하다. 이외에 지진이나 재해시 관로에 이상이 생길 우려가 있는 곳에는 배수지 등에서의 유출방지 또는 2차 재해방지용으로서 특별한 구동장치를 갖는 긴급차단용 밸브를 사용한다.



<그림 7-3> 차단용 밸브의 종류

7.2.4 감압용 밸브

감압용 밸브로 사용되는 밸브에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 있으나 구동용 전원 또는 제어장치가 필요하기 때문에 배수관로에서는 오토밸브를 사용한다. 오토밸브는 관로내 압력에 의해 무동력으로 작동되므로 전원이 없어도 사용할 수 있다. 전원사용이 가능한 곳에는 전자밸브와 타이머를 조합하여 2차측 압력을 제어하여 감압하는 경우를 고려한다. 이 외에 다공가변(多孔可變)형 오리피스밸브를 컴퓨터를 이용한 제어장치와 조합하여 감압용으로 사용할 수 있다. 일반적으로 사용되는 오토밸브의 구조는 <그림 7-4>와 같다.



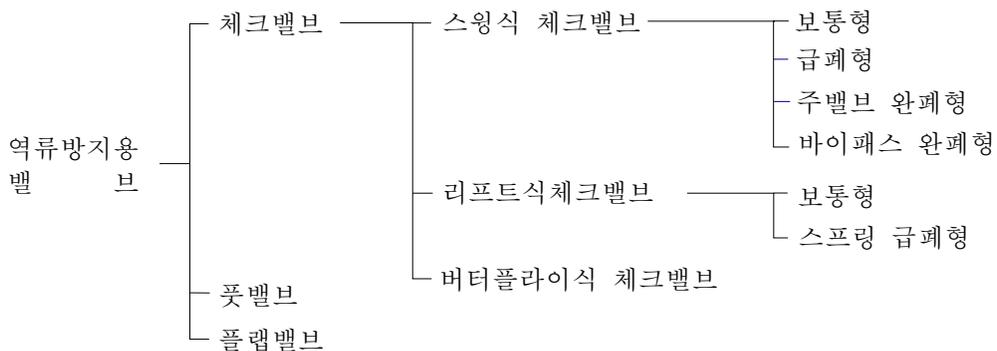
<그림 7-4> 오토밸브의 구조(예)

7.2.5 안전을 위한 밸브

관수로의 비정상적인 유황의 발생을 방지 혹은 경감하여 관수로의 안전을 유지하기 위하여 각종 밸브를 사용한다.

가. 역지밸브(KWWA B 200)

역지밸브(역류방지밸브)는 관로의 역류를 방지하기 위하여 토출밸브측에 설치하여 역류에 의한 장애를 방지한다. 고양정펌프에서 급정지에 의한 수격압을 완화시키기 위해서는 특수한 역지밸브 및 자동제어가 가능한 밸브를 사용한다. 다른 밸브가 전부 전동, 유압, 공기압, 기타 동력 또는 수동조작에 의해 개폐되는 반면 역류방지용 밸브는 정·역류의 유체의 힘에 의하여 개폐되며 역류방지용 밸브의 종류는 아래와 같다.

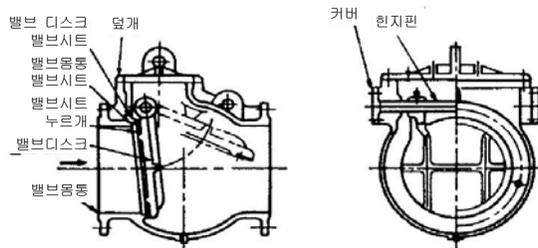


<그림 7-5> 역류방지용 밸브의 종류

1) 체크 밸브

펌프나 조압수조(surge tank)의 역류방지용 밸브로는 밸브디스크에 힌지(hinge)가 부착되어 지지되고 그 축주위를 자유로이 회전하여 개폐 작동하는 스윙(swing)식 체크밸브가 사용되며 보통형, 급폐형, 완폐형이 있다. 저양정으로 역류개시시간이 낮은 펌프 토출측에는 보통형 스윙체크밸브를 설치한다.

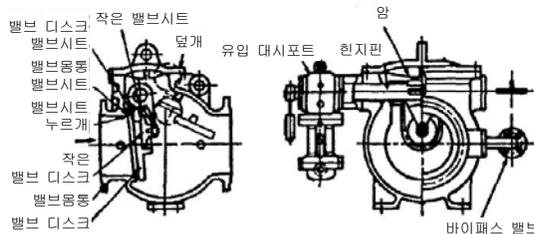
폐쇄시간을 줄이고 더욱 완전한 수밀상태를 유지하기 위하여 외부에서 관통시킨 축 끝단에 암(arm)과 중추(重錘, counter weight)를 붙인 것과 밸브디스크의 두께를 증가시켜 중추 역할을 하도록 한 밸브가 있다.(<그림 7-6> 참조)



<그림 7-6> 스윙 체크밸브(예)

펌프·모터의 관성효과가 작고 어느 정도의 실양정은 있으나 관로연장이 짧아 펌프 정지시점에서 역류개시까지 걸리는 시간이 대단히 짧은 경우(0.2~0.5초)에는 스프링에 의한 급폐형 체크밸브를 사용한다.

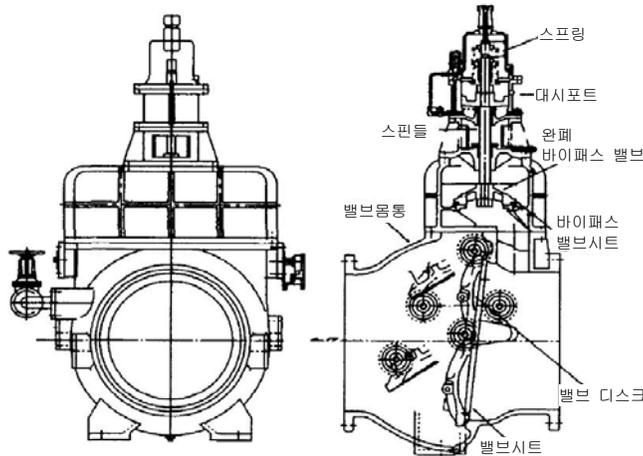
완폐형 스윙체크밸브는 펌프가 정전 등의 사고로 정지되었을 때 압력상승을 완화시켜 주기 위하여 전폐되는 동안의 폐쇄속도를 매우 느리게 한 것으로서 주밸브 완폐형과 바이패스 완폐형이 있다. 실양정이 낮은 펌프 토출측에는 주밸브 완폐형 체크밸브를 사용한다. 이 밸브는 외부에서 관통시킨 디스크의 축에 암과 대시포트(dashpot)가 부착된 것이다. 밸브 몸체 내부에서 돌출된 대시포트 축에 디스크가 충돌한 후 나머지 10% 정도의 개도를 완폐시키는 방식과 같이 대시포트를 이용한 여러 가지 구조가 있다.(<그림 7-7> 참조)



<그림 7-7> 완폐형 스윙 체크밸브(예)

이 외에도 디스크를 2개 이상으로 분할 설치하여 그중 1개의 디스크는 천천히 닫히도록 한 밸브도 있다. 어떤 형식이든 대시포트(dashpot)의 기능을 제대로 발휘시키기 위해서는 실양정 10m 이상이 필요하고 또한 대구경에서 실양정은 대시포트(dashpot)의 능력보다 20m 이하로 할 필요가 있다. 또한 비교적 실양정이 높을 경우에는 바이패스 완폐형 스윙체크 밸브가 사용된다. 단, 이 경우 실양정은 10m 이상이 필요하다. 이 밸브는 보통형 체크밸브에 완폐밸브를 내장한 바이패스관이 부착된 것으로서 구조가 복잡하다.

완폐밸브는 <그림 7-8>과 같이 유압식 대시포트(dashpot)에 연결되고 항상 디스크가 열리도록 스프링으로 들어 올려져 있다. 일단 주유로(主流路)에서 역류가 시작되어 주밸브가 닫히면 빠져나갈 길을 상실한 압력수는 바이패스관을 세차게 빨리 통과한다. 이 흐름은 완폐형 밸브에 닫히는 힘을 주게 되나 대시포트에 의해 완만한 폐쇄가 되어 급격한 압력상승 및 슬래밍(slamming; 급폐쇄에 의한 충격음)의 발생을 방지한다. 비교적 소구경의 배관에서는 디스크가 시트면에 대하여 수직으로 상하운동하는 리프트 체크밸브를 사용한다. 여기에는 디스크 자중만으로 닫히는 보통형과 스프링에 의해 자폐력(自閉力)을 증가시킨 스프링 급폐형이 있다.



<그림 7-8> 우회관식 완폐형 스윙 체크밸브(예)

2) 풋밸브(foot valve)

풋밸브는 펌프설비의 흡입측 수직배관 끝에 설치하여 펌프정지시 흡입관로의 만수상태를 유지시키기 위하여 사용된다. 단, 토출측에도 체크밸브(완폐형은 제외)를 병용하여 설치한다.

나. 공기밸브

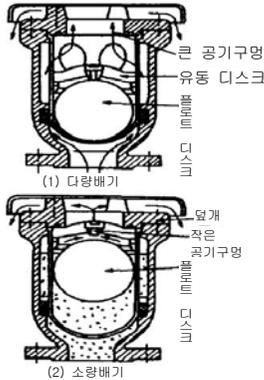
공기밸브는 관내부의 공기배제와 관내로의 공기공급 등의 목적에 사용한다. 즉, 관내에 연행되는 공기 또는 수중에 용해되어 있는 공기가 집적되어 관내에 공기덩어리가 발생되면 통수능력을 저하시키며 또한 공기의 압축성에 의하여 이상압을 발생시키기 때문에 신속하게 공기를 배제해야 한다.

관내의 물을 배제할 때는 부분적으로 관내압력이 저하되어 외압에 의하여 파이프가 손상되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 공기를 자동적으로 관내에 흡입시키지 않으면 안 된다. 특히, 농업용 관수로는 복잡한 지형에 설치되기 때문에 공기가 집적하기 쉬운 부분 및 국소 저압부분이 많다. 따라서 공기밸브는 지형과 용수로의 특성을 충분히 고려하여 배치시켜야 한다.

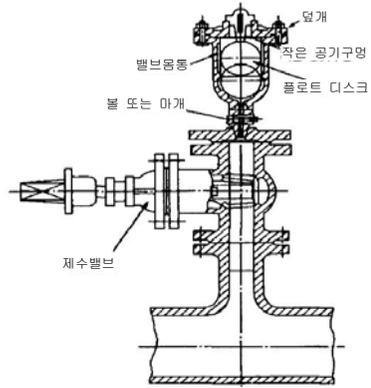
공기밸브는 ① 노선의 고위부, 평탄부에서 하향기울기로 변하는 지점 등 공기가 집적하기 쉬운 장소 또는 공기를 흡입하기 쉬운 장소에 설치한다. ② 관로 유입구의 직하류부 및 차단밸브의 직하류부 등 압력저하가 발생하기 쉽고 공기의 공급을 필요로 하는 장소에 설치한다. ③ 차단밸브의 중간에凸부가 없는 경우는 고위부의 차단밸브 직하부에 설치하여 충수작업 때 공기를 배제하기 쉽게 한다. ④ 노선에 기복이 없는 직선구간에도 연장이 긴 경우에는 수백 m정도의 간격으로 공기밸브를 설치할 필요가 있다.

공기밸브는 통수시의 일상적인 통기 및 주수시, 배수시의 급속한 배기·흡기를 목적으로 하기 때문에 공기밸브를 설치하지 않으면 공기의 집적에 의한 사고의 원인이 된다. 따라서, 시설계획시는 충분히 주의해서 배치계획을 수립하고 일상점검을 실시하여 공기밸브가 충분히 기능을 유지할 수 있도록 해야 한다.

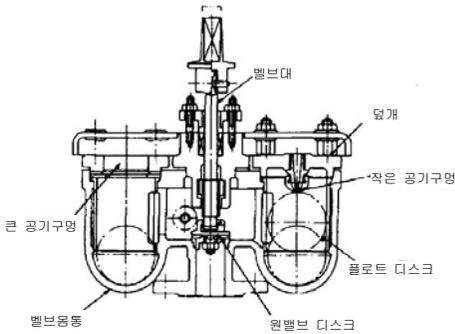
관로내의 배기와 흡기를 위한 공기밸브는 다음과 같이 분류된다. 공기밸브는 부력에 의하여 플로트디스크가 작동하며 다량급속배기, 다량급속흡기 및 압력하에서 배기되는 급속공기밸브, 플로트디스크에 의하여 개폐되며 배기, 흡기 및 압력하에서 배기되는 단구형 공기밸브, 플로트디스크에 의하여 개폐되며 다량배기, 다량흡기 및 압력하에서 배기작용을 하는 쌍구형 공기밸브 등이 있다. 공기밸브의 구조는 <그림 7-9>와 같다.



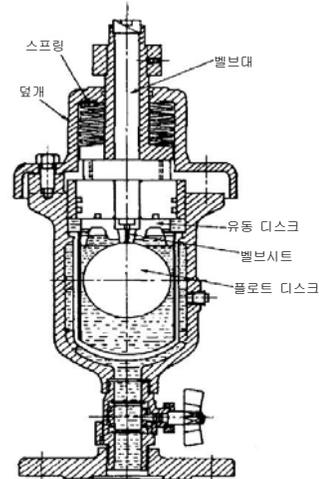
(a) 수도용 급속공기밸브



(b) 수도용 단구공기밸브



(c) 수도용 쌍구공기밸브



(d) 동결파손방지용 급속공기밸브

<그림 7-9> 공기밸브(예)

다. 안전밸브

이상압이 발생할 때 작동하여 일시적으로 밸브가 열려서 방수되고 수압이 올라가면 다시 밸브가 닫히는 구조의 밸브이다. 스프링을 내장한 방식, 파이럿 회로에 의한 수압밸런스 방식 등이 있으며 설정압에서 확실하게 작동할 수 있어야 한다. 이런 종류의 밸브는 비상용이기 때문에 과대한 기대는 피하고 용수로 조직 계획시 이상압이 발생하지 않도록 시설물을 구성해야 한다. 이를 위해서는 평상시에 유황변동이 완만하게 이루어지도록 간선에서 말단까지의 제어밸브 등의 조작 조건을 규정하고 서지탱크 및 조절지 등을 설치하여 압력 및 유량변화를 감쇄, 둔화시킬 수 있는 계획이 필요하다.(6.7 안전시설 참조)

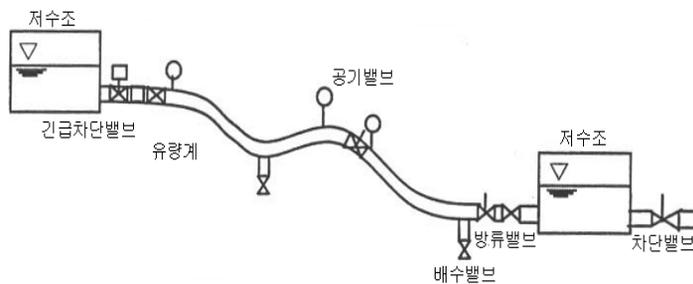
7.3 밸브 선정요령

밸브의 선정은 밸브의 고유특성과 관로의 수리특성을 고려하여 선정하되, 차단, 제어 등 각각의 용도에 필요한 조건을 만족할 수 있는 특성을 가진 밸브를 선정해야 하며, 유지관리, 가격 등의 조건도 검토해야 하고, 시설간의 수위관계, 종단 등의 조건을 충분히 조사하고, 필요에 따라서 현지조사를 실시하여, 제어밸브, 차단밸브, 방류밸브, 공기밸브, 배수밸브 등 사용용도에 필요한 형식의 밸브를 선정해야 한다.

7.3.1 기본사항

밸브는 종류에 따라 고유특성을 가지고 있으므로 밸브 선정시는 밸브의 고유특성과 관로의 수리특성을 고려하여 선정해야 한다. 즉, 차단, 제어 등 각각의 용도에 필요한 조건을 만족할 수 있는 특성을 가진 밸브를 선정해야 하며, 선정할 때는 필요기능 외에 유지관리, 가격 등의 조건도 검토해야 한다.

밸브를 선정할 때는 시설간의 수위관계, 종단 등의 조건을 충분히 조사하고, 필요에 따라서 현지조사를 실시하여, 제어밸브, 차단밸브, 방류밸브, 공기밸브, 배수밸브 등 사용용도에 필요한 형식의 밸브를 적정한 위치에 선정 배치한다. 이때 현장여건, 동력확보의 용이성, 유지관리 등에 대해서도 충분히 검토한다. 밸브 배치 예를 <그림 7-10>에 나타내었다.



<그림 7-10> 송배수 계통도 및 밸브설치위치 예

7.3.2 밸브 선정시 검토 항목

밸브형식을 선정할 경우에는 차단밸브와 같이 수리조건만을 검토하여 선정하는 경우와 제어밸브와 같이 관련되는 조건 전부에 대하여 면밀하게 검토해야 하는 경우가 있다. 따라서 일률적으로 형식선정에 대하여 논하는 것은 곤란하며 밸브 선정 때 검토해야 하는 공통되는 항목을 열거하면 다음과 같다.

가. 용수계획

유량 또는 압력제어 등의 밸브를 설치하는 경우에는 용수계획을 검토하여 최대 또는 최소유량과 최고 또는 최저압력을 파악한 후에 한계유속, 한계개도, 밸브 종류별 특징을 검토한다.

나. 수리조건

밸브에 작용하는 최고압력, 밸브를 통과하는 최대유량 등으로 밸브에 작용하는 압력, 밸브구경을 검토하고 제어용 밸브는 제어특성, 캐비테이션 특성 등을 검토한다.

다. 환경조건

관로의 매설심도에 따라서 입형(立形), 횡형(橫形) 등 형식을 검토한다. 제어 밸브, 방류밸브 등은 소음, 진동이 주위에 미치는 영향을 조사해야 하는 경우도 발생하며, 환경조건에 따라서 방한, 방습 등의 설비도 검토한다.

라. 캐비테이션

제어, 방류, 감압용의 각 밸브의 캐비테이션을 검토한다.

마. 수격현상

펌프의 토출밸브는 수격현상과 관련이 깊기 때문에 개폐시간이 중요하다. 또한, 역류방지 밸브도 정전에 의하여 펌프가 급정지하며 관로의 조건에 따라서 수격작용이 발생한다. 따라서, 사전에 펌프특성과 함께 관로의 수리특성을 검토해 놓을 필요가 있다. 고양정 펌프의 경우에는 수격압이 발생하기 쉬우므로 역지밸브 외에 플라이휠, 서어지탱크 등 수격현상에 대한 종합적인 대책이 필요하다. 또한, 자연유하식 송수 관로에 대해서도 차단밸브를 단시간에 차단하며 수격압이 발생하기 쉽기 때문에 적절한 밸브의 개폐시간을 검토한다.

바. 밸브의 구동방식 및 구동장치

밸브의 구동방식 및 구동장치는 밸브의 용도, 개폐빈도, 개폐시간, 동력원설비 설치의 난이성, 유지관리 체제, 경제성 등에 대하여 종합적으로 검토하여 결정한다.

사. 경제성 비교

밸브 본체 외에 토목구조물 등의 공사비, 설치후의 유지관리비 등을 포함하여 종합적으로 경제성을 검토하여 밸브형식을 검토한다.

밸브가 구조적으로 허용할 수 있는 최고유속을 한계최고유속(대개 6m/s)이라고 한다. 관경을 선정할 때는 최대유량시의 유속을 구하여 밸브의 한계 최고유속이내에 있는지를 체크하여 한계최고유속을 넘는 경우에는 관경을 다시 설정한다.

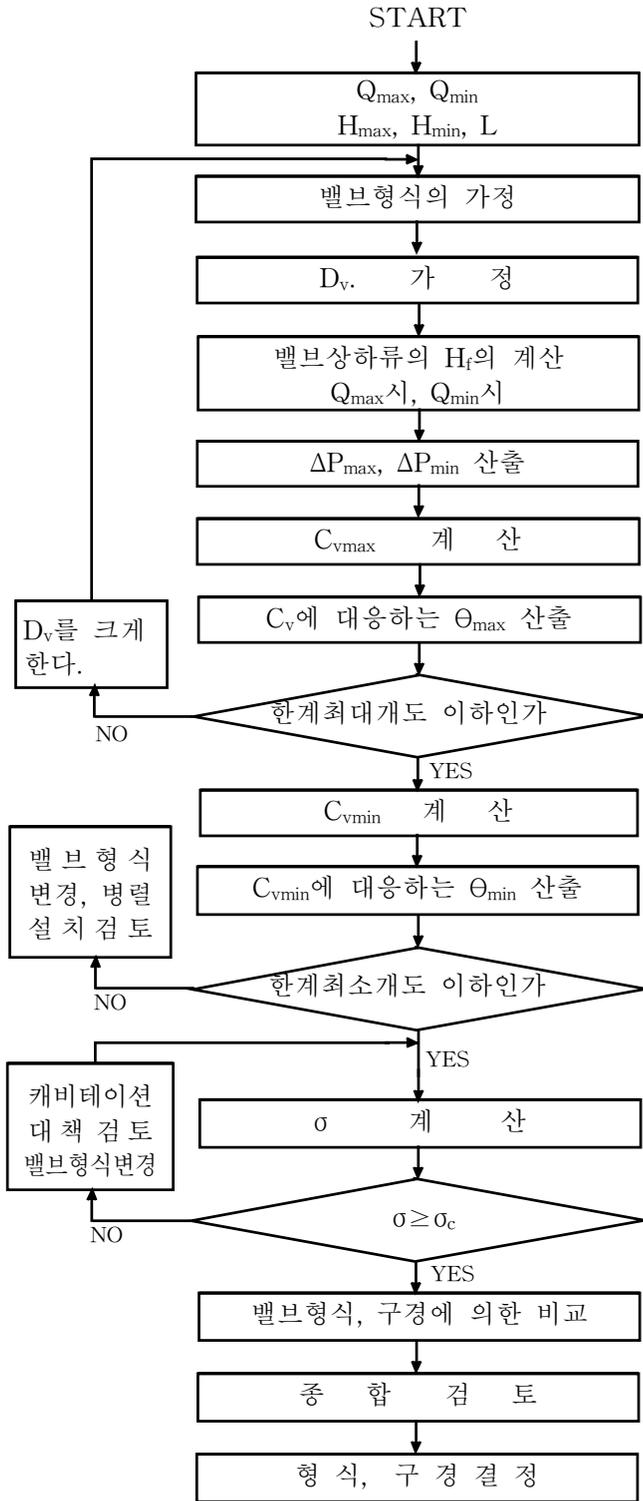
밸브에서 캐비테이션이 발생하면 진동·소음의 원인이 되고 밸브본체를 손상시키므로 밸브 선정때는 캐비테이션 계수를 산정하여 밸브의 고유 캐비테이션 계수와 비교하여 발생을 극력 피해야 한다. 밸브의 캐비테이션 대책으로서는 밸브 선정시 캐비테이션 계수가 적은 밸브를 선정하거나 복수의 밸브를 선정하는 방법이 있다.

나. 선정순서

유량제어용 밸브는 다음 순서에 의하여 선정하는 것이 바람직하다.

- ① 밸브가 제어해야 하는 최대·최소유량, 최소·최고수두, 관로 관경, 관로 연장을 파악한다.
- ② 밸브의 형식을 가정한다.
- ③ 최대유량시 유속을 계산하여 밸브의 한계유속에서 관경을 가정한다.
- ④ 최대유량 및 최소유량시 밸브상하류의 각종 손실수두를 계산하여 밸브 1차측 및 2차측의 최고 및 최저압력을 산출한다.
- ⑤ 밸브에 요구되는 최대용량계수와 최소용량계수를 계산하여 밸브의 용량계수와 개도의 특성치를 사용하고 밸브의 최대개도와 최소개도를 판독하여 이개도가 밸브의 제어범위에 있는지 확인한다.
- ⑥ 최대차압시의 캐비테이션계수를 계산하여 밸브의 고유캐비테이션계수보다 큰지 확인한다.
- ⑦ 상기의 조건을 만족할 수 없을 때는 밸브구경 또는 종류를 변경하여 재계산하여 조건을 만족하는 밸브종류와 구경을 선정한다.

밸브의 선정순서를 나타낸 것이 <그림 7-11>이다. 즉, 최소용량계수(C_{vmin})에 대응하는 밸브 개도가 한계최소개도 이하가 되어 제어가 곤란한 경우에는 대소의 밸브를 병렬로 설치하는 방안도 검토한다. 단, 병렬로 설치한 복수의 밸브를 동시에 제어하면 헤팅이 발생되기 쉽기 때문에 복수로 밸브를 설치한 경우에는 1대의 밸브로 제어하고 나머지 밸브개도를 고정하여 사용하면 헤팅을 방지할 수 있다. 밸브의 선정시 기준이 되는 밸브의 한계유속, 한계최대개도, 한계최소개도를 <표 7-1>에 나타내었다.



Q_{max} : 계획최대방류량(m^3/h)

Q_{min} : 계획최소방류량(m^3/h)

H_{max} : 최대수두(m)

H_{min} : 최소수두(m)

L : 관로연장(m)

$$D_v = \sqrt{\frac{4Q_{max}}{\pi V_{max}}}$$

V_{max} : 밸브한계최고유속(m/sec)

D_v : 밸브구경(m)

H_f : 관로손실수두(m)

ΔP_{max} : 밸브최고차압(kN/m^2)

ΔP_{min} : 밸브최저차압(kN/m^2)

$$C_{vmax} : 1.167 Q_{max} \sqrt{\frac{G}{\Delta P_{min}}}$$

G : 유체의 비중(물=1)

C_{vmax} : 밸브의 최대 C_v 치

θ_{max} : 밸브의 최대개도

θ_{min} : 밸브의 최소개도

$$C_{vmin} : 1.167 Q_{min} \sqrt{\frac{G}{\Delta P_{max}}}$$

θ_{min} : 밸브의 최소개도

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2}$$

H_1 : 1차측 수두(m)

H_2 : 2차측 수두(m)

σ : 캐비테이션 계수

σ_c : 고유캐비테이션 계수

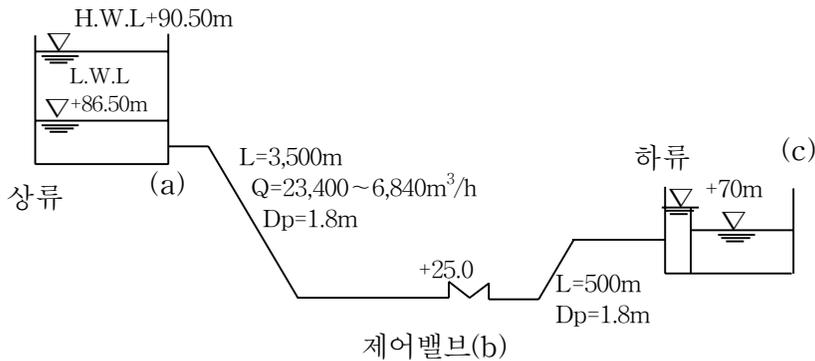
<그림 7-11> 제어용 밸브 선정순서

<표 7-1> 밸브의 형식과 한계유속 및 한계최대개도

밸브 형식	한계유속(V _{max})	한계최대개도(θ _{max})	한계최소개도(θ _{min})
버터플라이밸브	6 m/s	각도 70°	각도 15°
슬리브밸브	6 m/s	60%	5%
픽스드콘밸브	-	60%	5%
오토밸브	6 m/s	60%	5%
디스크밸브	-	60%	5%

7.3.4 제어용밸브 선정사례

상류수조에서 하류수조에 송수하는 경우의 제어용밸브 선정 예로 기본조건으로 계획최대유량(Q_{max}) 6.5m³/s, 계획최소유량(Q_{min}) 1.9m³/s, 관로연장(L) 4,000m, 관로관경(D_p) 1.8m



<그림 7-12> 수위관계도

- 가. 밸브형식은 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브를 선정하여 검토해보자.
- 나. 최대유량시의 유속은 다음과 같다.

$$v = \frac{Q}{\pi D^2 / 4}$$

여기서, Q : 유량(6.5m³/sec) D : 관경 (m) v : 유속(m/sec)

<표 7-2> 밸브구경에 따른 유속

밸브구경(mm)	900	1,000	1,100	1,200	1,350
유속(m/sec)	10.22	8.28	6.84	5.75	4.54

한계최고유속에서 버터플라이밸브와 볼밸브는 1,200mm, 콘밸브는 1,100mm로 가정한다.

다. 손실수두계산

관로의 손실수두계산은 Hazen-Williams공식을 사용한다. $C = 130$ 으로 하여 관로의 굴곡부, 유입부 등의 손실을 관로연장의 10%로 가정한다. (관로의 굴곡부 · 유입부의 손실수두를 고려하는 경우는 관로연장의 5~10% 상당분으로서 계산한다)

① a~b 간의 손실수두(h_{f1})

C : 유속계수

I : 동수구배(h_f/L)

㉞ 6.5m³/sec 일 때

$$I = 10.666 C^{-1.85} \times D_p^{-4.87} \times Q^{1.85} = 10.666 \times 130^{-1.85} \times 1.8^{-4.87} \times 6.5^{1.85} = 0.002387$$

$$h_{f1max} = 3,500 \times 1.1 \times 0.002387 = 9.19m$$

㉞ 1.9m³/sec 일 때

$$I = 10.666 \times 130^{-1.85} \times 1.8^{-4.87} \times 1.9^{1.85} = 0.000245$$

$$h_{f1min} = 3,500 \times 1.1 \times 0.000245 = 0.94m$$

② b~c 간의 손실수두(h_{f1})

㉞ 6.5m³/sec 일 때

$$h_{f2max} = 500 \times 1.1 \times 0.002387 = 1.31m$$

$$h_{f2max} = 500 \times 1.1 \times 0.002387 = 1.31m$$

㉞ 1.9m³/sec 일 때

$$h_{f2min} = 500 \times 1.1 \times 0.000245 = 0.13m$$

라. 밸브에 걸리는 최대차압과 최소차압

① 최대차압 Δh_{max} 는 상류수조가 HWL이고 최소유량시에 발생한다.

$$H_1 = \text{상류저수지 수위} - h_{f1min} - \text{밸브설치위치}$$

$$H_2 = \text{하류배수지 수위} + h_{f2min} - \text{밸브설치위치}$$

$$\Delta h_1 = H_1 - H_2$$

$$\Delta h_{max} = (90.50 - 0.94 - 25) - (70 + 0.13 - 25) = 19.43m \quad (1.943 \text{ kgf/cm}^2)$$

② 최소차압 Δh_{min} 은 상류저수지가 LWL이고 최대유량시에 발생한다.

$$\Delta h_{min} = (86.50 - 9.19 - 25) - (70 + 1.31 - 25) = 6 \text{ m} \quad (0.6 \text{ kgf/cm}^2)$$

마. 최대 C_v 치 및 최소 C_v 치를 계산하여 <그림 7-13>의 밸브개도와 C_v 치의 관계로부터 제어범위를 구한다.

$$\begin{aligned} \textcircled{1} C_{v\max} &= 1.167Q_{\max} \sqrt{G/\Delta P_{\min}} \\ Q_{\max} &= 6.5\text{m}^3/\text{s} = 23,400\text{m}^3/\text{h} & \Delta P_{\min} &= 0.6\text{kgf}/\text{cm}^2 \\ C_{v\max} &= 1.167 \times 23,400 \times \sqrt{1/0.6} = 35,254 \\ \textcircled{2} C_{v\min} &= 1.167Q_{\min} \sqrt{G/\Delta P_{\max}} \\ Q_{\min} &= 1.9\text{m}^3/\text{s} = 6,840\text{m}^3/\text{h} & \Delta P_{\max} &= 1.943\text{kgf}/\text{cm}^2 \\ C_{v\min} &= 1.167 \times 6,840 \times \sqrt{1/1.943} = 5,727 \end{aligned}$$

바. 캐비테이션의 검토

최대차압시의 캐비테이션계수 (최소유량시)

$$\begin{aligned} H_1 &= 90.50 - 0.94 - 25 = 64.56\text{m} & H_2 &= 70 + 0.13 - 25 = 45.13\text{m} \\ \sigma &= (45.13 + 10)/(64.56 - 45.13) = 2.84 \end{aligned}$$

관로는 시간의 변화에 의하여 유속계수가 변화하기 때문에 C=110에 대해서도 검토해 보자.

① a~b 간의 손실수두(h_{f1})

㉞ 6.5m³/sec (=23,400m³/h)일 때

$$\begin{aligned} Q &= 6.5\text{m}^3/\text{sec}, \quad C = 110, \quad D_p = 1.8\text{m}, \quad L = 3,500\text{m}, \quad I = 0.003252 \\ h_{f1} &= 3,500 \times 1.1 \times 0.003252 = 12.52\text{m} \end{aligned}$$

㉟ 1.9m³/sec (= 6,840m³/h) 일 때

$$\begin{aligned} Q &= 1.9\text{m}^3/\text{sec}, \quad C = 110, \quad D_p = 1.8\text{m}, \quad L = 3,500\text{m}, \quad I = 0.000334 \\ h_{f1} &= 3,500 \times 1.1 \times 0.000334 = 1.29\text{m} \end{aligned}$$

② b~c 간의 손실수두(h_{f2})

㉞ 6.5m³/sec

$$\begin{aligned} C &= 1.0, \quad D = 1.8\text{m}, \quad L = 500\text{m}, \quad I = 0.003252 \\ h_{f2} &= 500 \times 1.1 \times 0.003252 = 1.79\text{m} \end{aligned}$$

㉟ Q = 1.9m³/sec (= 6,840m³/h)

$$\begin{aligned} C &= 110, \quad D = 1.8\text{m}, \quad L = 500\text{m}, \quad I = 0.000334 \\ h_{f2} &= 500 \times 1.1 \times 0.000334 = 0.18\text{m} \end{aligned}$$

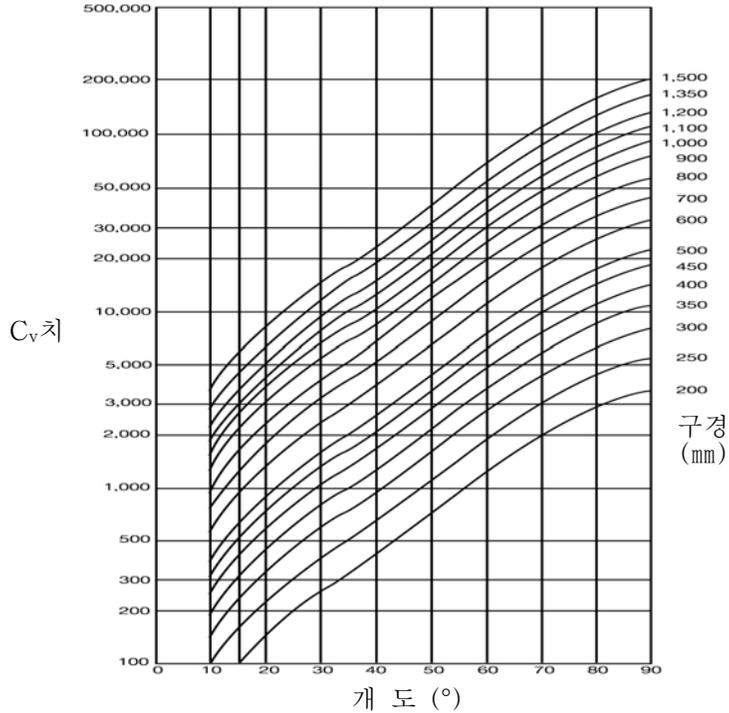
③ 밸브에 걸리는 최대차압과 최소차압

㉞ 밸브에 걸리는 최대차압(H.W.L, 최소유량시 발생)

$$\Delta h_{\max} = (90.50 - 1.29 - 25) - (70 + 0.18 - 25) = 19.03\text{m}$$

㉟ 밸브에 걸리는 최소차압 (L.W.L, 최대유량시 발생)

$$\Delta h_{\max} = (86.50 - 12.52 - 25) - (70 + 1.79 - 25) = 2.19\text{m}$$



<그림 7-13> 버터플라이밸브의 C_v 치

④ C_v 산출

$$\text{㉞ } C_{v\max} = 1.167 Q_{\max} \sqrt{G/\Delta P_{\min}}$$

$$Q_{\max} = 23,400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_{v\max} = 58,353$$

$$\Delta P_{\min} = \Delta h_{\min} \times r = 0.219 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$$

$$\text{㉟ } C_{v\min} = 1.167 Q_{\min} \sqrt{G/\Delta P_{\max}}$$

$$Q_{\min} = 6,840 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_{v\min} = 5,786$$

$$\Delta P_{\max} = \Delta h_{\max} \times r = 1.903 \text{ kg}_f/\text{m}^2$$

⑤ 케비테이션 계수의 검토

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2}$$

최대차압시 (HWL, 최소유량)

$$H_1 = 90 - 1.29 - 25 = 64.21 \text{ m}$$

$$H_2 = 70 + 0.18 - 25 = 45.18 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{45.18 + 10}{64.21 - 45.18} = \frac{55.18}{19.03} = 2.90$$

이상의 결과를 정리하면 <표 7-3>과 같다. 표로부터 구경 1,100mm의 콘밸브 또는 구경 1,200mm의 버터플라이밸브, 볼밸브를 채용하면 배수관의 유속계수 C치가 시간에 의하여 변화해도 제어범위 내에 있어 제어용밸브로서 적당하다.

<표 7-3> 밸브검토결과

밸브 형식	구경 (mm)	최고유속 (m/sec)	σ (최소치)	제어범위	검토사항
버터플라이 밸브	1,200	Q_{max} 에서 5.75	2.84	C=130 $Q_{max} C_{vmax}=35,254, 개도:56^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,727, 개도:17^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고유속은 한계최고 유속 $6m/sec$보다 적다. ○ 버터플라이밸브의 제어범위 $15\sim70^\circ$이 내에 있어 문제없음 ○ 실용캐비테이션계수 ($\sigma_1=2.5\sim3.0$)를 만족
			2.90	C=110 $Q_{max} C_{vmax}=58,353, 개도: 67^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,786, 개도: 17^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제어상 문제없다. ○ 캐비테이션계수 만족
콘밸브	1,100	Q_{max} 에서 6.84	2.84	C=130 $Q_{max} C_{vmax}=35,254, 개도: 63^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,727, 개도: 29^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고유속은 한계최고 유속 $8m/s$보다 적다. ○ 콘밸브의 제어범위 $10\sim80^\circ$이내에 있어 문제없음 ○ 콘밸브의 실용캐비테이션계수($\sigma_1=1\sim2$)을 충분히 만족
			2.90	C=110 $Q_{max} C_{vmax}=58,353, 개도: 72^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,786, 개도: 30^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘밸브의 제어범위에 있어 문제없음
볼밸브	1,200	Q_{max} 에서 5.75	2.84	C=130 $Q_{max} C_{vmax}=35,254, 개도: 56^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,727, 개도: 15^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고유속은 한계최고 유속 $6m/s$보다 적다. ○ 실용캐비테이션계수 ($\sigma_1=1.1$) 만족
			2.90	C=110 $Q_{max} C_{vmax}=58,353, 개도: 67^\circ$ $Q_{min} C_{vmin}=5,786, 개도: 13^\circ$	

7.4 밸브실 방수공법

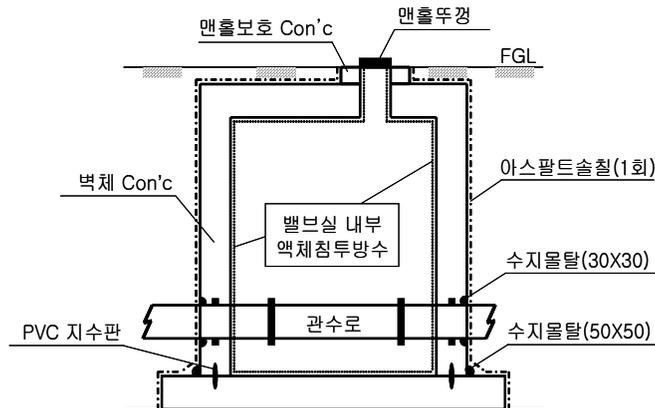
관수로 밸브실 내부의 밸브, 유량계 등 장비를 보호하기 위하여 콘크리트 벽체에 관이 통과하는 부분에 현장여건을 감안하여 방수공법을 적용한다.

7.4.1 설계기준

구 분	설 계 기 준		비 고
	공법	시 공 순 서	
밸브실 내부	○콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지	○바탕처리 ○액상형 흡수방지제 2차도포 이상 (총도포량 0.6 kg/m ²)	○방수자재 품질기준 -방수성능 : 내흡수성 0.5kg/m ² · h ^{0.5} 미만 (BSEN 1062-3-1998) -부착성능 등 기타사항 ①콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지는 KS F 4930 ②규산질계 분말형 도포 방수는 KS F 4918을 따르며 ③또한 전문시방서 관련 조항에 명시된 기준 및 해당규격에 따른다.
	○규산질계 분말형 도포방수	○바탕처리 ○규산질계 분말형 도포방수제 2차 도포 이상(전체두께 2mm 이상)	
밸브실 외부	○기초와 벽체콘크리트 시공이음부 직각부에 수지몰탈 충전(30×30) ○아스팔트 바름(솔칠1회)시행		표준단면도 참조
구체배관 주위	○콘크리트 타설시 관 주위에 v형 홈(30×30)형성 후 수지몰탈 등으로 충전		„

※ 밸브실 방수공사에 대한 일반적인 기준을 정한 것으로 현장여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

7.4.2 방수공사 시행 표준단면도



7.4.3 방수공사 시행시기

가. 밸브실 방수

방수공사 시행시기는 모체 콘크리트의 건조수축 및 부등침하 등에 의한 균열 발생이 대부분 완료 예상되는 시기로서, 콘크리트 타설일로부터 약 2개월이 경과된 후에 시행함을 원칙으로 하고, 적어도 설계강도가 발생하는 재령 28일 이후 시공하는 것으로 한다.

나. 밸브실 외부

거푸집 해체 후 거푸집 긴결재(FORM-TIE, FLAT-TIE 등 철재류)를 제거하고, 콘크리트 타설불량부 및 요철부 등을 정리한 후, 현장여건에 따라 적정시기에 시공 이음부 수지몰탈 충전(50×50mm)과 외부벽면 아스팔트 바름을 시행한다.

다. 구체배관 주위

벽체 콘크리트 거푸집 조립시 관 주위를 따라 30×30mm의 v형 홈이 형성되도록 조치한 후 콘크리트 타설하고, 내부방수 시행전 v형 홈 부위에 수지몰탈 등으로 충전한다.

7.4.4 방수공사 시공

가. 적용범위

콘크리트 상수도 구조물 등에 적용될 수 있는 액체침투방수, 콘크리트용 에폭시 수지계 방수·방식, 타르에폭시방수, 규산질계 분말형 도포방수, 세라믹메탈계 방수·방식, 폴리우레아수지계 도막방수, 콘크리트표면 도포용 액상형 흡수방지, 내오존 방수 등 방수공사에 관련한 사항을 규정한다. 여기서 언급되지 않은 방수공법은 제품별, 제조사별 기준을 따른다.

나. 관련사항

방수공사는 건조하고 맑은 날씨에 시공하여야 하며 다음과 같은 경우에는 피하여야 한다. 단, 부득이 공사를 하여야 할 경우에는 미리 대책을 강구하여야 한다.

- ① 눈, 비가 올 때 또는 눈, 비가 예상될 경우, 비가 온 직후 시공면이 건조하지 않은 경우
- ② 기온이 5℃미만으로 현저하게 낮고, 바탕이 동결되어 시공에 지장이 있다고 예상되는 경우

③ 강풍이나 먼지가 심한 경우

방수공사 시공 중 시공장소 인근으로 날림, 오염 및 악취를 방지하기 위한 보호 조치를 하여야 하며, 수밀성을 요하는 구조물은 콘크리트 양생 중 발생하는 수화열에 대하여 온도균열방지책을 수립하여야 한다.

다. 시공

- ① 시공자는 도면에 명시된 바에 따라 필요한 자재, 인원, 장비 및 기타 이에 수반되는 사항을 공급, 시공하여야 한다.
- ② 방수제는 보관기간이 경과하지 않아야 하며 덩어리가 없고 미세한 분말이어야 한다.
- ③ 작업할 부분은 사전에 면밀히 검사하여 작업에 지장을 초래할 우려가 있는 것은 모두 제거한 후 작업에 착수하여야 한다.
- ④ 시공이 완료되면 표면의 이물질을 깨끗이 청소하여야 한다.
- ⑤ 완료된 방수층은 타공정 작업으로 인하여 표면에 손상이 가지 않도록 특히 주의하고 손상된 부분은 즉시 보수하여야 한다.

방수공사의 세부사항은 "상수도공사 표준시방서(2007, 환경부)"를 참조한다.

제 8 장 물 관리 자동화시설(TM/TC) 설계

물관리 자동화시설은 물의 상태를 실시간으로 파악할 수 있는 시설 (Telemetry: TM)과 수리시설물 통제에 활용하는 컴퓨터시스템, 통신체계, 통제 시설(Telecontrol: TC)이며, 비시설물적인 준비로서 관개배수 시스템이 효율적으로 운영되도록 통제할 수 있는 운영체계(Optimal Operation Rule)가 있어야 한다.

8.1 일반사항

물관리 자동화시설은 농경지에 관개용수를 공급할 때 기계, 전기, 전자, 통신, 컴퓨터 기술을 이용한 원격관측/제어(TM/TC)운영기법으로 사업구역내의 용수수급 상황과 수리시설 운전상태, 주요시설과 지점의 상황을 감시, 점검, 제어할 수 있으며 자료수집과 응급조치가 가능하고 컴퓨터에 의해 예측을 실시함으로써 효율적으로 물관리를 시행할 수 있는 시설이다.

농업용수 물관리의 정의는 작물의 수확량을 최대로 하기 위하여 적기에 적정량을 합리적인 수리시설의 운영에 의하여 최소한의 비용으로 물을 공급하는 것으로 정의할 수 있다. 현재 대부분의 농업용수에 대한 관리는 시설의 노후, 관리손실 과다, 관리 기록 미비, 관리제도 및 규정미비, 경험과 전문성을 가진 관리인원 부족, 물관리에 대한 농민의 이해와 협조 부족, 측정 및 조절시설의 부족, 용수의 재활용 미흡 등으로 많은 양의 물이 손실 또는 낭비되고 있는 실정으로 종합적인 물관리 방법의 도입과 개선이 요구되는 시점이다.

물관리 방법은 용도별로 용수관리, 홍수(배수)관리, 수질관리로 분류할 수 있고, 이를 물흐름의 위치 또는 시설물의 공급위치에 따라 수원관리, 수로관리, 포장관리 등으로 분류할 수 있으며, 물관리의 개선 방법은 시설 및 관리체계 확립, 관측 및 조절시설 확충, 기록관리, 시설물의 적정 유지관리 및 개보수, 관개방법 개선 등을 들 수 있다.

따라서 농업용수를 효율적으로 이용하고 합리적으로 관리하기 위해서는 첨단 전자, 통신, 컴퓨터 기술 등을 농업용수관리에 도입한 물관리 자동화시설이 필요하며 물관리 자동화시설에 의한 최적 물관리를 달성하려면 시설물적인 것과 비시설물적인 준비가 요구된다. 물관리 자동화시설의 세부내용은 "농업생산기반정비사업계획 설계기준 수로편"을 참고한다.

8.1.1 물관리 자동화시설의 기본원리

물관리 자동화시설의 기본원리는 수위 및 유량의 자동측정 → 자료의 송신 → 측정자료의 분석과 물관리의 의사 결정 → 시설물의 제어 → 제어결과에 feed back 순서로 진행하여 적시에 적량의 물을 공급함으로써 물관리의 효율화를 달성하는 것으로 물관리 자동화 시설 계획에는 대상지구에 대한 용수이용 현황 및 급수 현황, 치수현황, 물관리 방법, 시설물의 조작방법, 물관리 S/W 운영방법, 관리대상 시설의 선정 및 감시제어방식 등을 종합적으로 검토하여 지구의 여건에 적합하고 개선과 조정이 쉽도록 계획하여야 한다.

일반적으로 TM/TC 계획 대상지구는 유형별로 지구특성이나 물관리 특성이 서로 다르고 수리, 수문 현상과 기계, 전기, 전자 등의 설비 및 물관리 S/W 운영방법이 다르므로 TM/TC 계획시에는 유형별 특성을 고려하여 현지조사 및 설계가 이루어지도록 해야 한다.

8.1.2 물관리 자동화시스템 계획시 고려사항

가. 물관리 대상에 따른 자동화 계획 수립

물관리는 용수·홍수·수질관리 등을 종합적으로 행할 수 있도록 전체 시스템을 구성하는 것이 바람직하나 사업비가 일시에 투자되어야 한다는 단점 때문에 단계별로 시행하는 것이 일반적이다. 부득이 해당 관개구역 급수만을 위한 자동물관리 계획을 수립할 경우에는 홍수 및 수질관리와 해당 용수구역 전체에 대한 물관리를 염두에 두면서 수립해야 한다.

나. 지역특성에 적합한 시스템

물관리 여건은 지구별로 또는 동일 지구 내에서도 구역별로 관리 여건이 다를 수 있으므로 물관리 자동화 시설이 이러한 관리여건을 충분히 고려하지 않고 획일적인 기준에 의해 계획되고 설치되면 문제를 야기할 수 있기 때문에 지구특성에 적합한 시스템이 개발되고 설치 후에 발생하는 문제를 용이하게 해결할 수 있어야 한다.

다. 단순하고 조작성 용이한 시스템

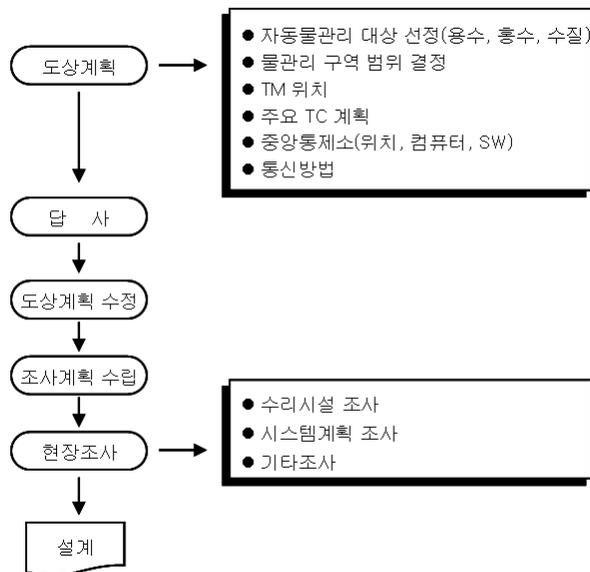
시스템 개발자들은 관리인의 기술수준과 관리인의 입장에서 문제를 조명해야 하며 시스템 관리인들이 수리상황을 파악하고 조절장치를 조작할 수 있도록 시스템은 조작성 쉽고, 단순하며 내구성과 관리효율을 높일 수 있도록 개발되어야 한다.

라. 시스템의 표준화

시스템을 개발하는 전문가와 전문회사에 따라 하드웨어와 소프트웨어가 다양하기 때문에 앞으로의 기술개발 및 지역의 통합관리에 장애요인으로 작용할 수 있다. 따라서 하드웨어의 기술사양 및 통신용 프로토콜 등과 같은 소프트웨어 등은 기본적으로 표준화하여 경제적인 시스템 개발이 이루어지도록 해야 한다.

8.2 TM/TC 조사

8.2.1 조사 흐름도



8.2.2 도상계획

도상계획은 대상지구의 지형도(1/5,000~1/25,000) 또는 기존 설계자료를 이용하여 사업구역내의 관개특성과 수원공 및 인근지역의 이수·치수특성, 수리관행, 보조수원공 유무를 검토하고 기상자료, 기존수리시설물 현황 등의 자료를 수집하여 TM/TC 조사설계를 위하여 물관리 대상선정, 물관리 구역범위 결정, TM 위치선정, TC 계획, 중앙관리소, 통신방법 등을 계획한다.

8.2.3 답사

물관리 대상지구의 답사는 다음 사항을 조사하여 도상계획 검토 결과를 확인할 수 있도록 한다. 또한 답사시에는 반드시 토목, 기계, 전기, 건축, S/W개발, 시설물

관리자, 물관리 요원이 공동조사 및 협의를 하여 TM/TC 계획의 기본구상과 조사 및 계획수립의 기초 자료로 활용토록 한다.

8.2.4 도상계획 수정

답사결과에 따라 지역여건, 시설물의 상태, 관개배수상황 등이 달라 TM/TC 대상의 시설물적인 사항과 비시설물적인 사항이 변경될 경우에는 도상계획 내용을 수정하여 현장조사 계획을 수립한다.

8.2.5 조사계획 수립

도상계획 및 답사 결과에 의해 분야별 전문가가 관리대상시설에 대한 TM/TC 계획, 시설물 보강 또는 개보수 계획 등을 협의하여 현장조사 계획을 수립한다.

8.2.6 현장조사

가. 수리시설 조사

대상지구의 수원공, 관개조직, 배수조직 등의 위치, 용배수계통(취수시설, 분수 시설, 조절시설 등)의 구조물 현황, 시설물의 관리 및 상태, 조작현황을 조사하고 용수원의 수자원 부존량과 취수량, 분수량, 용도별 용수량 등을 파악할 수 있도록 상세하게 조사한다. 특히 설치시기가 오래되어 잦은 개보수사업시행으로 시설물 변경이 많은 지구는 연계된 시설물 능력검토를 할 수 있도록 조사한다.

나. 시스템 계획 설계에 필요한 조사

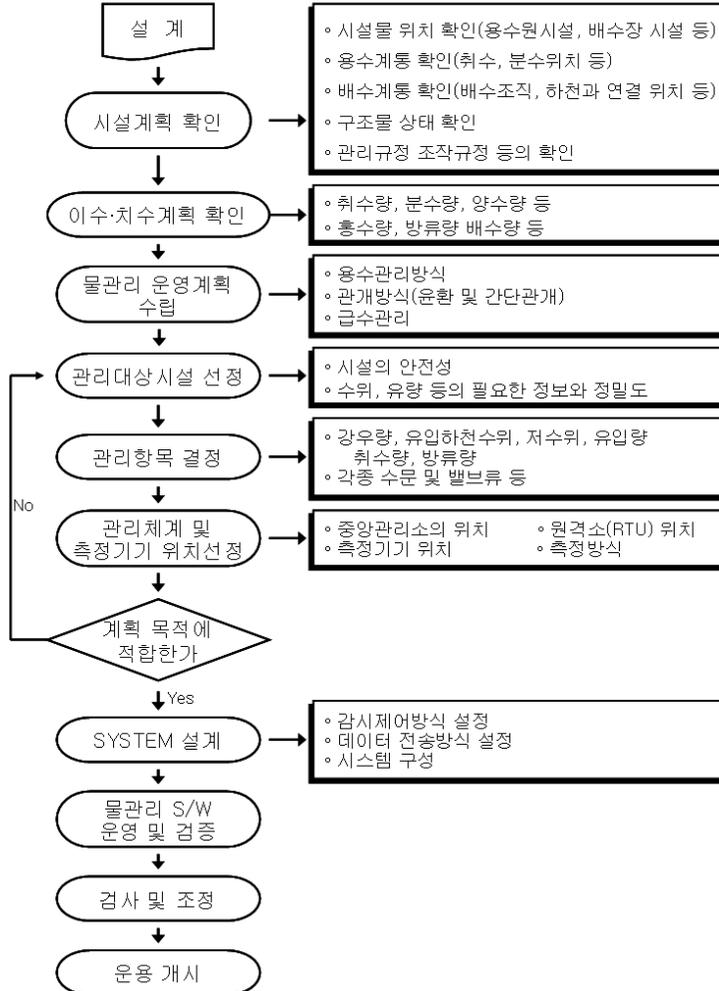
시스템 계획 설계에 필요한 조사는 중앙관리소와 현장시스템의 관리체계, 관리 방법, 관리수준, 관리상태, 수리시설의 유지관리체계 등을 고려하여 중앙관리소의 필요성, 통신시스템(유선, 무선, 중계소), 경제성(시설비 및 유지관리비)을 비교 검토 한다.

다. 기타조사

대상지구가 기설지구인 경우에는 기존 수리구조물의 형식, 작동상태 등을 면밀히 조사하여 TM/TC 계획시 조작이 용이하도록 개보수의 필요성 여부를 검토하여야 하며, 관련 수리시설 및 인근 지역의 수문자료, 관개 및 타용도 용수계획, 수질 및 유역의 오염자료 등을 조사한다.

8.3 TM/TC 기초단계 설계

8.3.1 설계 흐름도



<그림 8-1> TM/TC 설계 흐름도

8.3.2 시설계획 확인

대상지구의 수리시설 조사내용을 근거로 시설물별 현황표를 작성하고 수원공 및 평야부 구조물 중 관리대상시설은 자동화시설 계획(취수탑 및 사통 조작실, 양 배수장 배전반, 펌프류, 밸브류, 문비류 등)에 부합되도록 노후화된 시설물에 대해 개보수 계획을 수립하여야 하며 기설 용수로 구간 중 토공수로 및 통수단면 부족 구간은 보강개발하는 것으로 계획하여야 한다.

8.3.3 이수·치수계획

대상지구의 저수량 또는 취수가능수량, 도수(導水) 및 분수량, 포장의 필요수량 등을 확인하여 용수이용현황 및 이용가능량을 분석하고 용수이용계획 및 급수계획을 수립한다.

대상지구의 설계홍수량, 물넘이 시설의 규모 및 능력검토, 배수장 시설의 규모 및 배수량, 내외수위를 확인하여 홍수관리 및 배수관리 계획을 수립한다.

8.3.4 물관리 운영계획 수립

대상지구의 효율적인 물관리를 위해서는 물수요량의 정확한 예측과 해당지점에 적기에 적량의 물을 공급하는 것이 전제되어야 한다. 이러한 물수요량은 지구별로 기상, 작물, 토양 등의 물리적인 인자 외에도 경작자의 관행과 기호, 관개조직의 수리적 특징과 수로조직의 물분배 방법에 따라 다르다. 따라서 물관리 운영계획 수립시에는 대상지구의 관개조직을 자세히 조사(계획내용 포함)하고 이수 및 치수 현황을 파악하여 용수이용 계획을 수립한 후 지구 특성에 맞게 용수관리방식, 관개 방식, 급수관리, 치수관리 등을 검토하여 효율적인 물관리 계획이 되도록 한다.

8.4 TM/TC 시설계획

8.4.1 대상시설 선정

농업용수수리시설은 넓은 면적에 산재되어 있으므로 경제성을 고려한 최적 물관리를 위하여 물관리 시스템 관리대상 시설의 선정이 중요하다. 수로로 연결된 많은 수의 농업수리시설을 모두 물관리 자동화 시스템으로 관리하면 용이하겠지만 시스템 설치에 과도한 비용이 소요되고 시스템의 조작 운영이 복잡하고 어려워진다. 관리대상시설은 각시설의 고유기능을 최대한 살리면서 집중관리에 의한 전체시스템의 기능, 조작운영, 사업비, 유지관리비, 관리체계 등을 검토하여 정한다.

일반적인 관리대상 시설은 저수지, 양배수장, 취입보 등의 수원공과 용수로의 분수문, 제수문, 방수문 등이 있다. 저수지, 취입보 등의 수원공 시설은 수원의 계획적 운용면에서 관리대상시설을 선정하고, 양배수장 및 가압펌프장은 밸브, 수조, 관수로 등을 관리하여야 하며 펌프의 운전, 정지조작은 일상 운용관리의 기본이므로 관리대상시설로 선정한다.

용수로시설은 용수의 효율적 이용 및 합리적 배분과 경제성과의 균형, 시설의 중요도를 고려하여 선정한다. 일반적으로 작은 분수문(간선에서 지거 또는 경지로 바로 분기되는 경우)이 여러 개 설치되어 있는 경우는 모든 시설물을 대상으로

감시제어 하는 것은 비경제적이므로 간선과 지선의 분기점 및 방수문 등 특별히 유량측정이 필요한 부분을 선정한다.

8.4.2 관리항목 결정

관리항목은 관리대상 시설의 기능, 관리방법, 목적 등을 고려하여 결정하며 시설별 관리항목은 <표 8-1>과 같다. 측정기기 선택 및 위치선정은 각 기기의 신뢰성을 확보하기 위하여 계획적이고 합리적으로 설치해야 하며 설치장소 및 배치에 관한 사항, 기기환경에 관한 사항, 보수관리에 관한 사항, 설치공사에 관한 사항을 고려하여 결정하며, 상세한 내용은 "집중물관리 시스템 실용화연구"를 참조한다.

<표 8-1> 관리항목

시설명	위 치	항 목
저수지	상 류	상류우량, 상류수위
	댐지점	우량, 저수위, 저수량, 유입량, 취수량, 취수문, 방류량, 물넘이수문, 밸브류, 전기설비
	하 류	하류수위, 방류경보
양배수장	양수장	펌프, 흡입수조 및 배출수조 수위, 송수량, 제수변, 수전설비
	배수장	내·외수위, 평상시 배수펌프, 홍수시 배수펌프, 자연배수문, 제수문, 수전설비
취입보	보지점	취입보 상하류수위, 우량, 취수량, 취수문, 방류량, 물넘이 수문, 배사문, 월류량, 전기설비
용배수로	개수로	제수문, 분수문, 분수량
	관수로(폐쇄형)	분수량, 분수밸브, 관수로 수압, 간선 조절밸브
	방수문	제수문, 방수문, 하천수위, 유말공

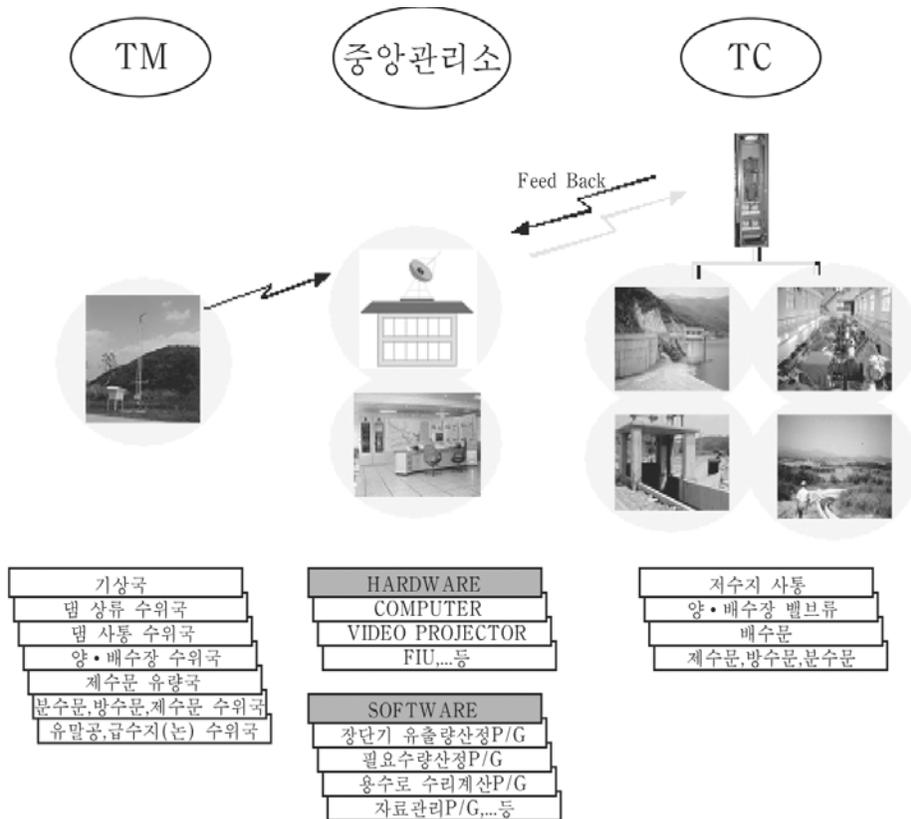
8.5 자동화시스템 설계

자동물관리 계획에는 우선 관리대상 시설의 목적과 특징을 파악하여 저수지, 양수장, 취입보, 용배수로 등의 관리시설에 대한 감시제어시설 및 방식을 결정하고, 이에 적합한 데이터 전송방식을 선정한다. 주요 검토항목은 통신국의 구성, 전송회선(전송로)의 선정, 정보전송방식, 대향방식, 신호변환방식, 통신방식, 기동방식 등이 있으며, 자동화시스템 설계의 상세한 내용은 "집중물관리 시스템 실용화 연구(농림부, 1997.12)"와 "설계계산요령(농어촌진흥공사, 1999)"을 참조한다.

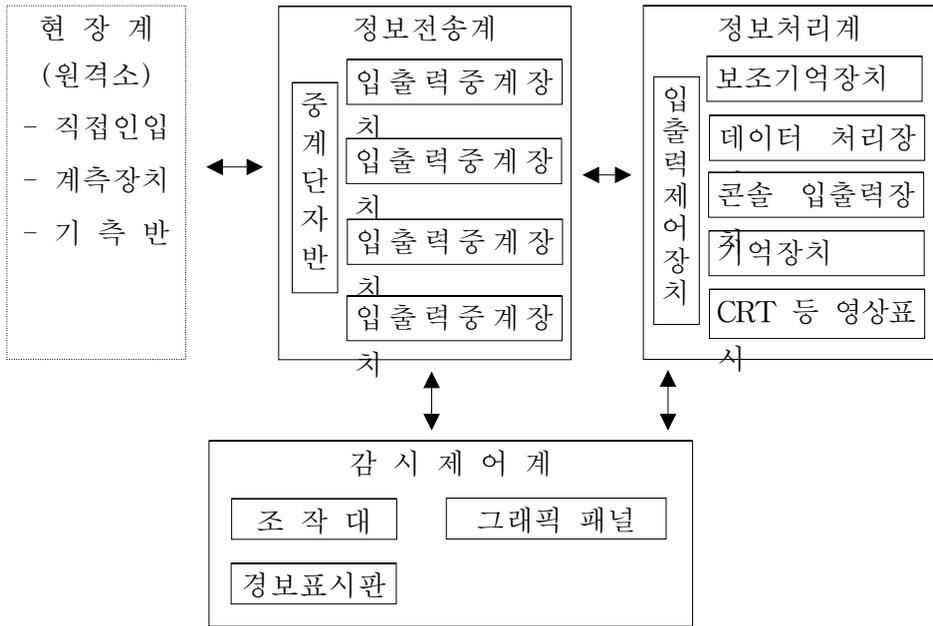
물관리자동화 시스템의 일반적인 기본구성은 <그림 8-2>와 같으며, 중앙관리소의 위치선정은 시설의 배치, 사회환경조건, 경제성, 운영회선의 구성 등을 고려하여 향후 운용관리에 필요한 충분한 공간을 확보할 수 있는 곳으로 한다. 중앙관리소의 설치장소, 조건 등의 자세한 내용은 "집중물관리 시스템 실용화 연구(농림부, 1997)"를 참조한다.

중앙관리소의 물관리 자동화 시스템의 구성은 정보처리계, 감시제어계, 정보전송계로 이루어지며 그 기본적인 구성은 <그림 8-3>과 같으며, 중앙관리소 시스템 설계에 대한 환경조건, 정보처리계, 감시제어계, 정보전송계 등의 자세한 내용은 "집중물관리 시스템 실용화 연구(농림부, 1997)"를 참조한다.

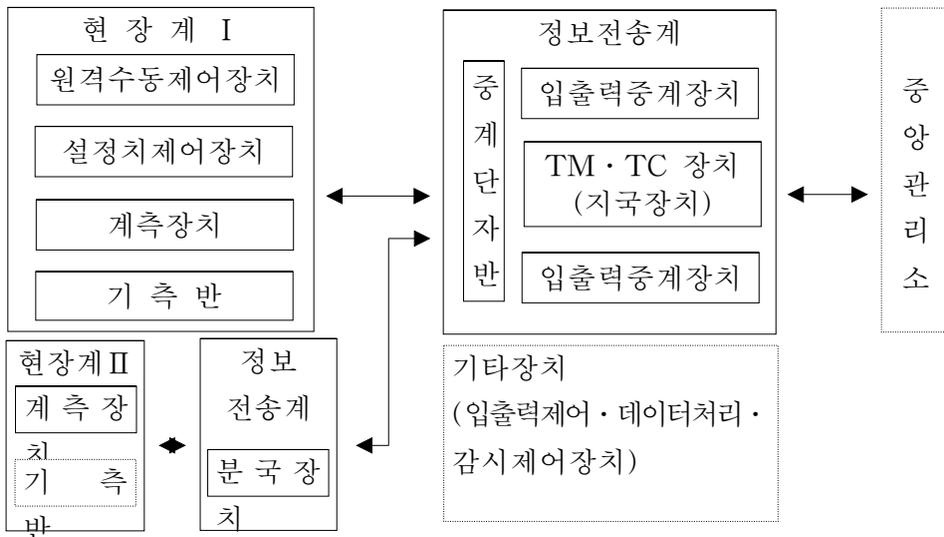
현장관리소(원격소장치: RTU)의 위치는 일반적으로 관리대상 시설의 옥내 또는 옥외에 설치되므로 경제적 전송로의 확보, 지형, 지질 등을 고려하여 안정성이 확보되는 곳으로 하며, 원격소장치의 구성은 정보전송계와 현장계로 구성되어 있으며 기본적인 구성은 <그림 8-5>와 같다. 원격소 시스템설비에 대한 환경조건, 정보전송계, 현장계 등의 자세한 내용은 "집중물관리 시스템 실용화 연구(농림부, 1997)"를 참조한다.



<그림 8-2> 물관리자동화 시스템의 기본구성도



<그림 8-3> 중앙관리소 시스템 설비의 구성



<그림 8-4> 원격소 시스템 설비의 구성

현장에 설치되는 RTU는 TM/TC 장치, 측정장치, 송수신장치 등이 있으며 이들 설비 및 장치는 조작성, 보수성, 증설설비 및 장치, 공간, 채광, 환기 등을 검토하여 설계 하여야 한다. 일반적으로 RTU는 평야부의 옥외에 설치하는 경우가 많으므로 국사, 울타리 등의 보호시설을 하여야 한다.

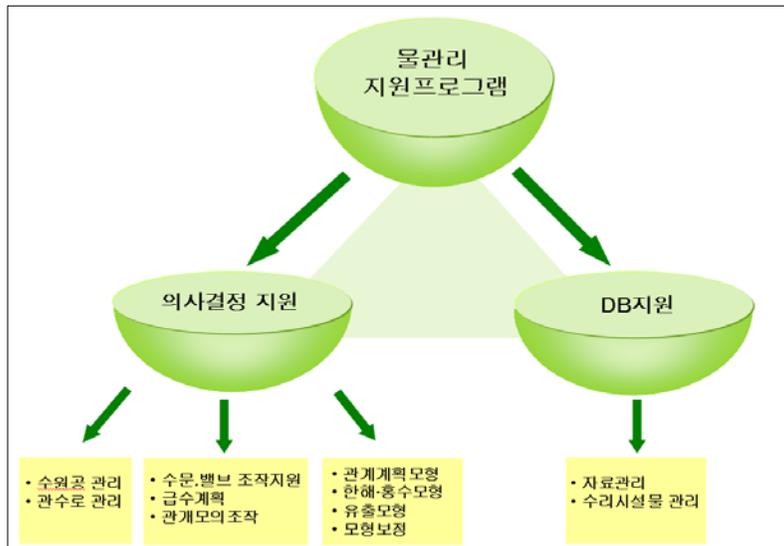
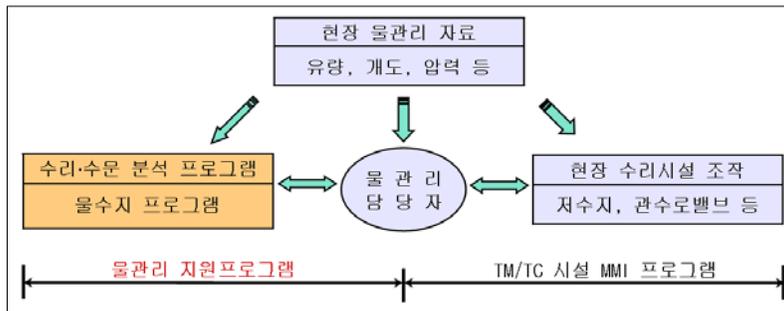
8.6 물관리 지원프로그램(S/W)

물관리자동화에 필요한 물수지, 관계계획, 한해·홍수대책, 시스템 운영 등의 프로그램을 현장에 맞게 개발하여 적용하고, 이의 검증을 통해 물관리자동화 사업의 효율성을 증대시키고자 한다.

8.6.1 물관리 지원프로그램 필요성

- ① 농업용수관리자동화사업이 목적에 맞는 기능을 발휘할 수 있도록 수원공과 관수로를 체계적으로 관리
- ② 적절한 용수공급방안을 수립함으로써 안정적 용수공급 체계 구축
- ③ 물관리 운영자의 의사결정 지원

8.6.2 물관리 지원프로그램 구성도



8.6.3 물관리 지원프로그램 개발 사업내용

- ▷ 물관리 지원프로그램 개발을 위한 현장조사
- ▷ 물관리 지원프로그램을 위한 시스템프로그램 개발
- ▷ 물관리 지원프로그램 개발

가. 물관리 지원프로그램 개발을 위한 현장조사

물관리 지원프로그램 개발을 위하여 필요한 대상시설물 제원, 물관리방식, 한해·홍수시 대응방식, 수로 수위 및 유량관측 하천중단측량, 홍수시 수위관측, 유역상황 조사 등을 실시한다.

나. 물관리 지원프로그램을 위한 시스템프로그램 개발

본 프로그램은 MMI프로그램과 물관리 지원프로그램의 통신 등을 위한 프로그램이다. 물관리 지원프로그램과의 인터페이스와 시스템 관련 프로그램 개발을 포함한다.

구 분	개 발 내 용	비 고
물관리 지원프로그램과의 인터페이스	○ 수리, 수문 프로그램과 인터페이스	
	○ 자료관리 프로그램 인터페이스	
	○ 관개계획, 시설물조작 프로그램 인터페이스	
	○ 한해, 홍수대책 프로그램 인터페이스	
응용프로그램 개발 및 시스템 및 시운전 조정	○ SYSTEM CONFIGURATION	
	○ DATABASE 설계, 구축 및 시험	
	○ 감시화면 설계, 구축 및 시험	
	○ 네트워크환경 설계, 구축 및 시험	
	○ 시스템 On-Line Test	
	○ 시스템 시운전	

다. 물관리 지원프로그램 개발

관개지구를 체계적으로 관리하고자 하는 물관리 지원프로그램의 구성은 중앙관리소에 전송된 자료의 처리와 관리, 의사결정 지원을 위한 수원공 모형, 관수로 모형 등 다양한 수리·수문학적 모형 등으로 구성된다.

1) 물관리 지원프로그램 세부내용

구분	범 위	세 부 내 용	비 고
의사결정 지원프로그램	1. 수원공 관리프로그램	○ 장단기 유출입량 예측에 의한 물수지 모형 개발	
	2. 관수로 관리프로그램	○ 관수로 시설제어를 위한 유량관리 ○ 관수로내 수리계산 프로그램	
	3. 수문, 밸브 조작지원 프로그램	○ 수문, 밸브 조작지원프로그램 개발	
	4. 급수계획 프로그램	○ 용수 수급에 따른 급수계획 프로그램	
	5. 관개모의조작 프로그램	○ 물관리 운영자의 의사결정 지원	
	6. 관개계획모형 프로그램	○ 관개지역 필요수량 산정프로그램 ○ 용수계통의 물수지 해석	
	7. 한해·홍수모형 개발	○ 한해대책프로그램 개발 ○ 홍수대책프로그램 개발	
	8. 유출모형 개발	○ 장·단기 유출프로그램 개발	
	9. 모형 보정프로그램	○ 프로그램의 모의 발생치와 실측치의 비교에 의한 프로그램 변경	
DB지원	10. 자료관리 프로그램	○ 측정, 제어, 계산자료의 수집, 편집, 저장 ○ 자료의 기간별 편집 및 출력	
	11. 수리시설물관리시스템	○ 지사 수리시설물 관리 ○ 시설물운영 이력관리	
교육훈련	12. 운영관리 교육훈련	○ 시스템 관리자 운영 및 유지관리 교육 ○ 시스템 현장적용 및 보완 교육	

2) 물관리 지원프로그램 개별 모형

- ① 관개계획 모형 : 기상정보와 일별 증발산량을 근거로 저수지 유입량과 방류량을 모의발생하고, 일 저수량과 저수위를 추정한다. 일반적으로 논에서의 필요수량은 토양조건, 영농방법, 포장의 물관리 방법 등에 의하여 결정되는데 직파재배는 본답에 직접 파종하게 되므로 기존의 이앙재배와 다른 물관리 방법이 요구된다.
- ② 한해·홍수대책 모형 : 빈번하게 발생하고 있는 가뭄과 홍수에 대비하기 위한 의사결정자료를 지원하기 위하여 예상 강우에 따른 저수지의 저수량 변화예측을 실시하고 그에 따른 대비를 할 수 있도록 하며, 예상 한발에 대하여 저수량관리와 가뭄정도에 따른 관개계획을 세울 수 있도록 한다.
- ③ 수문 유출 모형 : 강우량 자료를 입력하여 유역으로부터 유출량을 추정할 수 있는 추정론적 수문모형은 저수지 및 양·배수장의 조작에 필요하다.

- ④ 자료관리 모형 : 현장 측점에서부터 전송된 자료의 검색, 갱신, 편집, 출력 등의 기능과 이를 바탕으로 각 구획별 급수량 등 필요한 정보의 생성을 위한 자료관리 시스템을 구축하여 운용한다. 자료관리 시스템에서는 원시 자료를 판정·갱신하고, 출력·인쇄 등의 기능을 관리하는 1차 자료처리 모형과 이를 바탕으로 관개조직의 운영을 위한 통수량, 급수량 등의 인자로 전환하는 등 단순한 데이터베이스 관리 프로그램의 차원에서 벗어나, 물 관리 모형 시스템과 사용자 호환 시스템의 원시 자료를 생성하도록 하는 기능을 수행하도록 구성한다.

8.7 시스템의 보안

인터넷망을 이용한 중앙관리소와 원격소간 데이터 전송에 따른 시스템보안 대책으로 데이터를 암호화하여 전송하는 VPN(Virtual Private Network)장비를 설치하여 외부의 해킹으로부터 내부 자료를 안전하게 보호하여야 한다.

8.7.1 VPN(Virtual Private Network) 기능

- ① 다양한 접근 제어 기능 제공 (IP, Port, Mac address, URL 등)
- ② NAT (1:1, 1:N, N:N, N:M) 및 PAT 기능 제공
- ③ 국가 비공개 알고리즘 등의 다양한 암호화 알고리즘 지원
- ④ RIP, OSPF, VRRP 등의 다양한 라우팅 프로토콜 지원
- ⑤ xDSL 고정 및 유동 IP를 지원
- ⑥ 현장에 설치된 VPN장비 장애 복구를 위한 재부팅 기능 제공
- ⑦ 회선 장애 후 복구 시 VPN 터널에 대한 자동 복구 기능 제공

8.8 태그생성규칙

데이터 관리의 효율을 높이기 위해 중앙관리소 MMI와 원격소장치 RTU에 사용되는 모든 태그는 한국농어촌공사 물관리자동화시스템 표준시방서에 정의된 규칙에 의거 생성되어야 한다.

제 9 장 시공

9.1 일반사항

9.1.1 적용범위

이 기준은 농어촌정비법에 근거한 농업생산기반정비사업으로 시공되는 농업용 관수로의 시공에 준수해야 할 일반적 사항을 규정하여 기술수준의 향상과 체계화에 기여함을 목적으로 한다.

이 기준은 농어촌정비법(1994.12.22 법률 제4823호)(타)일부개정 2009.6.9 법률 제9763호 시행일 2010.3.10)에 의거 시행하는 농업생산기반 정비 사업으로 시공되는 농업용 관수로의 시공에 있어 준수해야 할 일반적 기술사항을 규정한 것이다.

이 설계기준은 농업용 관수로의 일반적인 시공조건을 고려하여 작성되었다. 그러므로 이 설계기준 내용과 관련 표준시방서 및 공사시방서에서 정한 사항이 다를 때에는 공사시방서 및 표준시방서에서 정한대로 따른다. 각 공사에 관련된 규격은 그 최신판을 적용한다.

9.1.2 참조규격

다음의 규격은 시공에 참조됨으로써 이 규격의 일부를 구성하며, 이러한 참조 규격은 그 최신판을 적용한다.(<표 9-1> 참조)

<표 9-1> 참조규격

규격	내 용	규격	내 용
KS Q 5002	데이터의 통계적 해석방법	KS D 3626	일반 용수용 도복장 강관
KS A 0612	조임기구에 의한 유량측정방법	KS D 3627	일반 용수용 도복장 강관 이형관
KS A 9000	품질시스템 규격	KS D 3698	냉간압연 스테인리스 강관 및 강대
KS B 0221	관용 평행나사	KS D 3705	열간압연 스테인리스 강관 및 강대
KS B 0222	관용 테이퍼나사	KS D 3706	스테인리스 강봉
KS B 0801	금속재료 인장시험편	KS D 3752	기계 구조용 탄소 강재
KS B 0802	금속재료 인장시험방법	KS D 4301	회 주철품 Grey iron castings
KS B 0832	금속 재료 용접부의 파괴시험-굽힘 시험	KS D 4308	덕타일 주철 이형관
KS B 0833	강의 맞대기 용접 이음-인장시험 방법	KS D 4309	주철이형관
KS B 0845	강 용접부의 방사선 투과시험방법	KS D 4311	원심력 덕타일 주철관
KS B 0885	수동용접 기술검정에 있어서의 시험방법 및 판정기준	KS D 4316	원심력 덕타일 주철관의 몰탈라이닝
		KS D 4302	구상 흑연 주철품
		KS D 6002	청동주물
		KS D 8502	수도용 액상 예폭시수지 도료 및 도장방법

규격	내 용	규격	내 용
KS B 0896	강 용접부의 초음파 탐상 시험방법	KS D 8306	수도용 강관 아스팔트 도복장 방법
KS B 1511	철강재 관 플랜지의 기본치수	KS D 8307	수도용 강관 콜타르 에나멜 도복장 방법
KS B 2304	밸브의 검사통칙	KS D 8500	강관 외면 테이프 도복장 방법
KS B 2333	수도용 버티플라이밸브	KS F 2312	흙의 다짐시험 방법
KS B 2350	주철밸브	KS F 2345	비점성토의 상대밀도 시험
KS B 6311	송풍기의 시험 및 검사방법	KS F 2526	콘크리트용 골재
KS D 0001	강재의 검사통칙	KS F 2527	콘크리트용 부순돌
KS D 3503	일반구조용 압연강재	KS M 3333	강화플라스틱 복합관
KS D 3537	아연도금 강관	KS M 3401	수도용 경질 폴리염화비닐관
KS D 3565	상수도용 도복장 강관	KS M 3402	수도용 경질 폴리염화비닐관 이음관
KS D 3578	상수도용 도복장 강관 이형관	KS M 3404	일반용 경질 폴리염화비닐관
KS D 3589	압출식 폴리에틸렌 피복 강관	KS M 3407	일반용 폴리에틸렌 관
KS D 3607	분말용착식 폴리에틸렌 피복 강관	KS M 3408-1	수도용 폴리에틸렌(PE) 일반사향
KS D 3602	강재 갑판	KS M 6613	수도용 고무
KS M 3408-2	수도용 폴리에틸렌(PE) 관	KWWA B100	수도용 급속 공기밸브
KS M 3408-3	수도용 폴리에틸렌(PE) 이음관	KWWA B103	수도용 밸브캡
KS M 3412	농업용 송수 호스	KWWA B104	수도용 대구경 버티플라이밸브의 면간
KS M 6578	에보나이트 막대, 관 및 판		및 주요치수

9.1.3 참조시방서 및 지침

- ① 농업토목공사 표준시방서, 1999(농림부, 현 농림수산식품부)
- ② 농어촌정비공사 전문시방서 토목편, 2000(농업기반공사, 현 한국농어촌공사)
- ③ 농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침, 2001(농업기반공사, 현 한국농어촌공사)
- ④ 토목공사 표준일반시방서, 2005(대한토목학회)
- ⑤ 콘크리트 표준시방서, 2009(국토해양부)
- ⑥ 상수도공사 표준시방서, 2007(환경부)
- ⑦ 상수도 시설기준, 2004(환경부)
- ⑧ 상하수도 부문 표준도(한국수자원공사)
- ⑨ 토목공사 설계지침, 2009(한국수자원공사)

9.1.4 품질보증

- ① 같은 공사구간 내에서는 동일상표의 동일 공장제품을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 품질과 관련된 사항은 공사감독자(이하 감독자라 함)의 승인을 받거나 지시를 받아야 한다.

9.1.5 기자재

설계기준에 명확하게 규정되어 있지 않은 모든 자재와 설비 등을 공사에 사용하고자 하는 경우에는 한국산업규격(KS)에 적합하거나 또는 국제적으로 공인 받고 있는 수준(ISO인증)이나 기준 또는 동등이상의 물품으로서 유사한 공사에서 사용한 예가 있는 것으로 감독자의 승인을 받아야 한다.

9.2 시공계획

9.2.1 일반사항

관수로를 매설할 때에는 설계조건, 시공조건 등을 고려한 시공계획에 기초해서 그 안전성을 충분히 발휘할 수 있도록 해야 한다.

관수로는 일반구조물과 달리 흙의 저항력을 높임으로써 보다 안전하고 경제적인 구조물을 만들 수 있으므로 관체의 역학적 특성을 충분히 이해하여 기초, 매설재료의 설계조건을 만족하도록 시공할 필요가 있다. 특히 연성관은 흙의 저항력에 의해 관체의 내하력이 발휘되므로 매설재료, 다짐 등에 유의하여야 한다. 매설할 때 불량토를 사용하거나 충분한 다짐을 하지 않은 경우 등 설계조건을 무시하면 놀림, 비틀림 및 부등침하 등 사고의 원인이 된다.

또한, 문화재보호법에 의해 매장 문화재에 대해서는 계획단계에서부터 문화재를 포함하고 있는 지역은 가능하면 피하도록 한다. 부득이 통과해야 할 경우는 사전에 관계기관과 충분한 협의를 거쳐 조정할 필요가 있다.

9.2.2 공정계획

가. 관수로공사의 시공순서

관수로의 시공순서를 흐름도로 정리하면 다음과 같다.

- ① 공정계획 검토
- ② 관과 배관부품 등의 재료 반입
- ③ 운반된 재료 배열
- ④ 배수와 붕괴방지를 위한 터파기 실시
- ⑤ 관체와 밸브 기초에 대한 기초공 실시
- ⑥ 구내배관 실시
- ⑦ 용접관련 설비 설치

- ⑧ 용접부 검사 실시
- ⑨ 도복장과 도복장 검사 실시
- ⑩ 되메우기 실시
- ⑪ 통수시험 실시



<그림 9-1> 관수로공사의 시공 흐름도

나. 시공 계획시 검토사항

- 1) 시공계획 수립을 위한 현지 사전조사 및 확인
 - ① 설계도와 현지대조 확인
 - ② 매수지 및 임차지의 매수 및 임대계약 확인
 - ③ 용지 사용 교섭 확인(공사용 도로, 우회도로, 자재 적치장)
 - ④ 기설 매설물 등 장애물 조사 확인
 - ⑤ 관계기관의 인·허가 추진상황 확인
 - ⑥ 관재료의 구매 및 반입기간 검토
 - ⑦ 제수밸브, 이형관 등 제작구입 기간 검토
 - ⑧ 시공순위 검토

2) 시공계획 검토사항

- ① 공사용 도로
- ② 시공기계의 선정과 공사현장으로의 반입방법
- ③ 굴착토 처리계획(되메움 이용여부, 적치, 사토 등)
- ④ 관의 반입과 적치장
- ⑤ 관의 포설(각종 밸브류, 이형관 포함)
- ⑥ 되메움
- ⑦ 특수공사(인가 밀접지, 중요구조물, 횡단, 연약지반 등의 시공)
※ 검토사항 중 전체공정에 큰 영향을 주는 것은 공사용 도로의 배치와 특수 공사의 공정관리(공사용 도로는 재료, 기계의 반출입과 가동 등 전체 공정의 기본적 요인)

3) 시공계획

- ① 시공계획은 공사개요, 예정공정표, 현장조직표, 주요자재, 시공방법, 시공관리 방법, 긴급시 체재, 교통관리, 시공보건 안전관리 등에 관한 사항을 포함한다.
- ② 시공순서에 따라 연속 공정이 이루어지도록 선후공정을 명확히 하고, 선후 작업별로 자재가 반입되도록 하여야 한다.

9.3 흙공사

흙공사의 주요 내용은 시공측량과 기준틀 및 표시판 설치, 터파기, 기초시공, 관 부상 방지공, 되메우기공, 관표시공 등에 필요한 사항을 규정한다.

9.3.1 시공측량

- ① 기준점에 대한 측량을 실시하여 허용범위에 들어가는지 확인한다.
- ② 지형과 도면의 일치여부를 확인한다.
- ③ 시공측량 후 측량 성과품을 감독원에게 제출하고 검측을 받아야 한다.
- ④ 측량표(기준점, 주요 측량말뚝 등)는 변동이 없도록 보호해야 한다.

9.3.2 기준틀 및 표시판 설치

- ① 터파기의 위치, 폭, 경사, 높이 등을 나타내는 기준틀을 설치하고 감독원의 검사를 받아야 한다.
- ② 기준틀은 토공의 기준이 되므로 견고하게 설치해야 한다.
- ③ 주요공사 구간을 알리고자 할 때에는 공사 표시판을 설치한다.

9.3.3 터파기

가. 일반사항

지반을 굴착하여 관을 매설하는 경우 터파기 단면은 관의 접합 작업 및 용접 작업이 완전하게 행해질 수 있는 범위 내에서 될 수 있는 한 폭을 좁게 하고, 또한 토질이나 기타 조건이 허락되는 한 벽면을 연직으로 또는 이에 가깝도록 하는 것이 좋다.

터파기 단면을 연직으로 하는 이유는 잔토 처리량이 적어 공사비가 적게 들뿐 아니라, 토압에 관한 마스톤-앤더슨(Marston & Anderson)의 공식에서 알 수 있는 것과 같이 매설깊이가 같을 때 구폭이 작아지면 관에 미치는 토압도 작아지기 때문이다. 만일 관 정부(管頂部)의 터파기 폭이 설계보다 넓게 파진 경우는 관에 설계 이상의 큰 하중이 작용하여 사고 위험이 있으므로 감독자의 승인을 얻은 다음 시공하여야 한다.

나. 터파기시 고려사항

- ① 터파기 단면은 되메우기시에 토사가 관저부까지 충분히 고르게 되도록 배려하여야 한다.
- ② 연약지반이나 대구경 관로를 굴착하는 경우에는 토류공을 실시할 수 있다.
- ③ 연약지반의 경우 파일의 근입깊이를 충분히 크게 하고 굴착부의 배수를 완전히 시행하여야 한다.
- ④ 굴착중의 강우·하수의 유입, 용천수 등에 대비하여 필요시 배수설비를 설치하여야 한다.

다. 터파기 시기

굴착에 수반되는 문제점은 굴착 직후보다는 얼마간의 시간이 지나서 생기는 경우가 많다. 비교적 자주 발생하는 문제점은 일반굴착의 비탈끝 부분에서의 붕괴나 비탈면 붕괴이며, 공정상으로는 관을 포설하게 되는 때이다. 원인은 배면에서의 지하수나 용출수의 침출이 대부분을 차지한다. 비탈끝 붕괴 등은 시공상 지장을 초래하기 때문에 신속한 대응이 필요하지만 언제나 예측할 수 없는 일이 발생하므로 굴착면의 토질과 지하수, 용출수에 충분한 주의를 하는 것이 중요하다.

- ① 터파기 착수는 관의 반입, 관의 부설, 검사 및 시험의 연속작업이 차질 없이 가능한 시기에 착수하여야 하며, 터파기후 장시간 경과하지 않도록 하여야 한다.
- ② 성토부위에 관을 설치하거나 관설치 지반 위에 도로 등 성토공사가 계획된 경우에는 성토공사를 먼저 시행한 후, 기초지반의 압밀침하 등에 대한 시험을 하여 소요지지력이 확보되었을 때 터파기 공사를 시행하여야 한다.

라. 터파기 단면

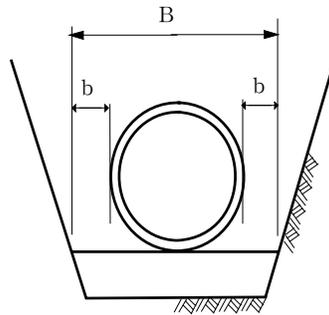
1) 굴착 폭

굴착 시공방법에 의한 최소 굴착 폭은 <표 9-2>와 같다.

<표 9-2> 굴착방법에 의한 최소 굴착 저폭

시공방법	기계굴착(백호)	인력굴착
최소 굴착 저폭(mm)	500정도	600

흙 기초의 표준굴착 폭 B는 <그림 9-2>의 표시와 같다.



<그림 9-2> 흙 기초의 표준 굴착 폭(보통굴착의 경우)

흙 기초의 보통굴착에서 염화비닐관의 표준굴착 폭 B는 <표 9-3>과 같다. 또한 강관, 덕타일주철관, 강화플라스틱복합관의 표준굴착 폭 B는 <표 9-4>와 같다.

<표 9-3> 보통굴착에서 염화비닐관의 B 값(흙 기초)

호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착	백호 굴착		인력굴착	백호 굴착
100이하	600	500	400	900	900
150	600	500	450	950	950
200	600	500	500	1,000	1,000
250	600	600	600	1,100	1,100
300	800	800	700	1,200	1,200
350	850	850	800	1,300	1,300

(적용조건)

1. 호칭지름 200mm 이하의 포설작업은 원칙적으로 구외작업으로 하지만 구내에서 작업하는 경우 (공기변, 배니변, 입상관, 분기관 등)에 기계굴착의 값은 인력굴착의 기준에 따른다.
2. 구내 배수용의 측구 폭은 본 표의 값에 포함되어 있음.
3. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 클 경우에는 그 폭을 B값으로 한다.

<표 9-4> 보통굴착에서 강관, 덕타일 주철관, 강화플라스틱 복합관의 B 값(흙 기초)

호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착	백호 굴착		인력굴착	백호 굴착
100	600	500	1,000	1,800	1,800
150	600	500	1,100	1,900	1,900
200	600	600	1,200	2,200	2,200
250	850	850	1,350	2,350	2,350
300	900	900	1,500	2,500	2,500
350	950	950	1,650	2,650	2,650
400	1,000	1,000	1,800	2,800	2,800
450	1,050	1,050	2,000	3,000	3,000
500	1,300	1,300	2,200	3,200	3,200
600	1,400	1,400	2,400	3,400	3,400
700	1,500	1,500	2,600	3,600	3,600
800	1,600	1,600	2,800	3,800	3,800
900	1,700	1,700	3,000	4,000	4,000

(적용조건)

1. 본 표의 호칭지름의 중간인 경우 근사한 관경 값을 적용한다.
2. 구내 배수용의 측구 폭은 본 표의 B값에 포함.
3. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 클 경우에는 그 폭을 B값으로 한다.
4. 호칭지름 150mm이하의 포설작업은 원칙적으로 구외의 작업이지만, 구내에서 작업할 개소(공기변, 배니변, 입상관, 분기관 등)의 기계굴착에 대한 B값은 인력굴착에 준한다.

흙 기초의 보통굴착에서 콘크리트관의 표준굴착 폭 B는 <표 9-5>와 같다.

<표 9-5> 보통굴착에서 콘크리트 관 B 값(흙 기초)

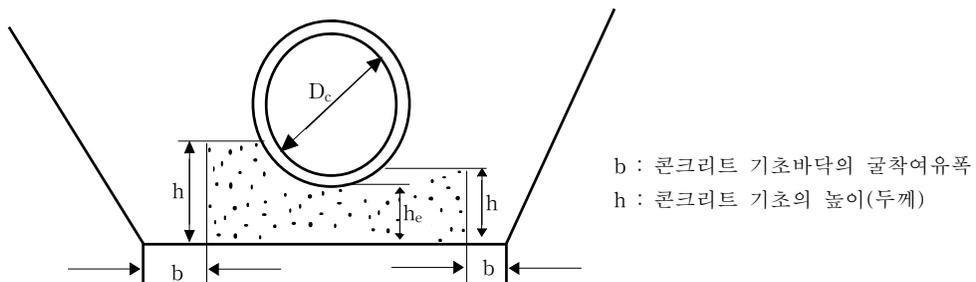
호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착, 백호 굴착			인력굴착, 백호 굴착	
200	850		1,100	2,100	
250	900		1,200	2,400	
300	950		1,350	2,550	
350	1,000		1,500	2,700	
400	1,050		1,650	2,900	
450	1,150		1,800	3,050	
500	1,400		2,000	3,300	
600	1,500		2,200	3,500	
700	1,600		2,400	3,750	
800	1,750		2,600	4,000	
900	1,850		2,800	4,200	
1,000	1,950		3,000	4,450	

(적용조건)

1. 구내 배수용의 측구 폭은 본 표의 B값에 포함.
2. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 클 경우에는 그 폭을 B값으로 한다.

가) 콘크리트 기초의 표준굴착 폭(보통굴착의 경우)

보통굴착의 경우 콘크리트 기초 표준굴착 여유폭 b 는 <그림 9-3>과 같다.

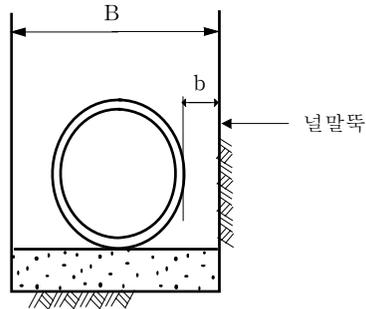


<그림 9-3> 콘크리트 기초의 굴착 여유 폭(보통굴착의 경우)

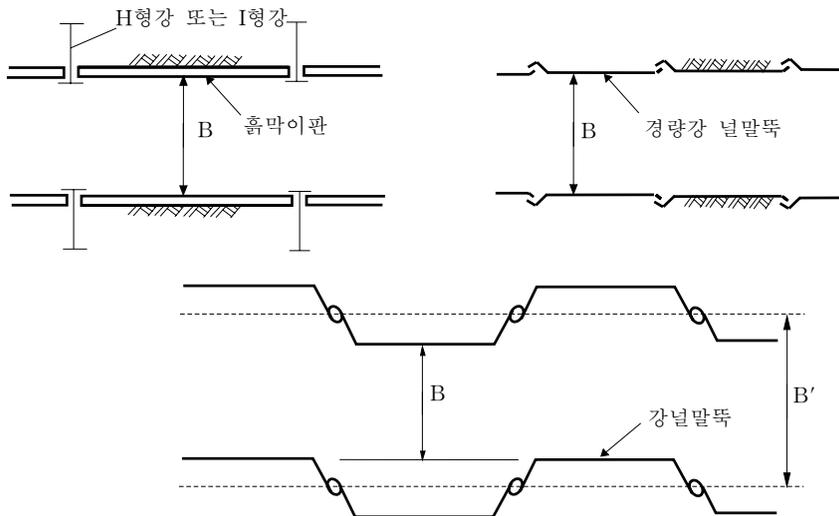
보통굴착에서 콘크리트 기초의 굴착 여유 폭 b 는 h 가 600mm 미만의 경우는 450mm, 600mm 이상의 경우는 500mm로 한다. 단, 구내 배수용 측구를 설치하는 경우에는 별도로 계상한다.

나) 흙 기초의 표준굴착 폭 (널말뚝 굴착의 경우)

흙 기초의 널말뚝 굴착 폭 B는 <그림 9-4>와 같으며, 널말뚝의 종류별 굴착 폭 B값의 기준은 <그림 9-5>와 같다.



<그림 9-4> 흙 기초의 표준굴착 폭(널말뚝굴착의 경우)



<그림 9-5> 널말뚝 굴착의 B 값

흙 기초의 널말뚝굴착에서 염화비닐관의 굴착 폭 B는 <표 9-6>과 같다.

<표 9-6> 널말뚝 굴착에서 염화비닐관의 B 값(흙 기초)

호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착, 백호 굴착			인력굴착, 백호 굴착	
250이하	900		500	1,300	
300	950		600	1,500	
350	1,000		700	1,600	
400	1,100		800	1,700	
450	1,200				

(적용조건)

1. 구내 배수로의 측구 폭은 본 표의 B값에 포함됨.
2. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 큰 경우에는 그 폭을 B값으로 함.
3. B값을 취하는 방법은 본 표로 한다.
4. 호칭지름 200mm이하로서 구내에서 작업할 개소(공기변, 배니변, 입상관, 분기관 등 이외)가 연속으로 30mm이상 있는 경우에는 굴착 폭을 600mm까지 감할 수 있다. 이 경우에는 시판을 뽑아낼 때에는 관의 부상 등의 위험을 고려하여 폭을 결정하는 것으로 함.

흙 기초의 널말뚝굴착에서 콘크리트관의 굴착 폭 B는 <표 9-7>과 같고, 흙 기초의 널말뚝굴착에서 관, 덕타일 주철관, 강화 플라스틱 복합관의 굴착 폭 B는 <표 9-8>과 같다.

<표 9-7> 널말뚝 굴착에서 콘크리트관의 B 값(흙 기초)

호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착, 백호 굴착			인력굴착, 백호 굴착	
200	950		1,100	2,500	
250	1,000		1,200	2,800	
300	1,050		1,350	3,000	
350	1,100		1,500	3,150	
400	1,150		1,650	3,300	
450	1,250		1,800	3,550	
500	1,700		2,000	3,800	
600	1,800		2,200	4,000	
700	1,900		2,400	4,250	
800	2,150		2,600	4,500	
900	2,250		2,800	4,700	
1,000	2,350		3,000	4,950	

(적용조건)

1. 구내배수로의 측구 폭은 본 표의 B값에 포함됨.
2. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 큰 경우에는 그 폭을 B값으로 함.
3. B값을 취하는 방법은 <그림 9-5>에 의함.

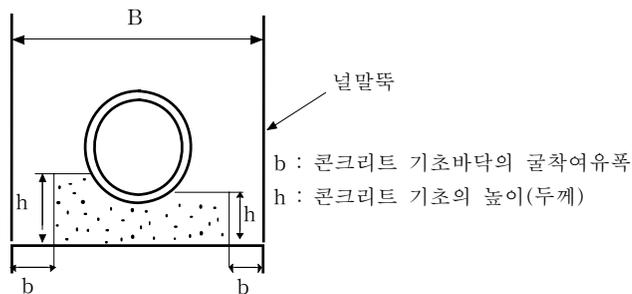
<표 9-8> 널말뚝 굴착에서 강관, 덕타일 주철관, 강화플라스틱 복합관의 B 값(흙 기초)

호칭지름(mm)	B 값(mm)		호칭지름(mm)	B 값(mm)	
	인력굴착, 백호 굴착			인력굴착, 백호 굴착	
100이하	900		1,000	2,200	
150	900		1,100	2,300	
200	900		1,200	2,600	
250	950		1,350	2,750	
300	1,000		1,500	2,900	
350	1,050		1,650	3,050	
400	1,100		1,800	3,300	
450	1,150		2,000	3,500	
500	1,600		2,200	3,700	
600	1,700		2,400	3,900	
700	1,800		2,600	4,100	
800	2,000		2,800	4,300	
900	2,100		3,000	4,500	

(적용조건)

1. 본 표의 호칭지름의 중간지름인 경우 근사한 관경의 값을 적용함.
2. 굴착도랑내에 배수용 측구 폭은 본 표의 B값에 포함되어 있음.
3. 흙 기초의 설계 폭이 본 표의 B값보다 큰 경우에는 그 폭을 B값으로 함.
4. B값의 취하는 방법은 <그림 9-5>에 의함.

다) 콘크리트 기초의 표준굴착 폭(널말뚝 굴착의 경우)

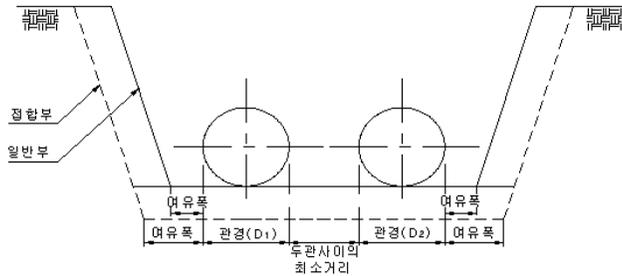


<그림 9-6> 콘크리트 기초의 표준굴착 폭

널말뚝굴착에서 콘크리트 기초의 굴착 여유 폭 b 는 h 가 600mm 미만의 경우는 500mm, 600mm 이상의 경우는 600mm로 한다. 단, 구내 배수용 측구를 설치하는 경우에는 별도로 계상하고, B값을 취하는 방법은 <그림 9-6>에 의한다.

라) 복선관로의 터파기 폭

- ① 터파기 폭은 관저면을 기준으로 하여 "두관 사이의 최소거리 + D_1 (관경) + D_2 (관경) + 한쪽여유평 × 2"를 기준으로 <그림 9-7>과 같다.
- ② 두관 사이의 최소거리는 "접합부의 접합작업을 위한 필요간격"과 "밸브실에서 밸브설치를 위한 두관 사이의 필요간격 또는 관로 유지보수 등을 위한 필요간격" 중에서 가장 큰 두관 사이 거리에 1.2배를 기준으로 한다.
- ③ 한쪽 여유평과 접합부의 관저 추가 굴착깊이는 상기 ②와 ③항을 따른다.



<그림 9-7> 복선관로 터파기 경우

2) 굴착 비탈면

굴착방법에 의한 굴착 비탈면 굴착구배는 <표 9-9>에서 표시한 것과 같다. 특히 터파기 구내에서 작업할 때에는 기계굴착의 경우에도 산업안전기준을 준수하여 안전하고 경제적인 시공이 되도록 한다.

<표 9-9> 터파기 방법에 의한 비탈면 기울기

시 공 방 법	범 면 기 울 기	
기계굴착(백호)	자립되는 경우	직 굴
	자립되지 않는 경우	붕괴가 발생되지 않는 구배
인력 굴착	노동안전 위생규칙에 의한.	

구내에서 인력작업을 하는 경우의 비탈면 기울기는 <표 9-10>과 같다.

<표 9-10> 굴착비탈면 기울기의 표준범위(인력)

지 질 \ 비탈높이	2m 미만	2m이상~5m 미만	5m 이상
암 또는 경점토	0.0 ~ 0.1	0.0 ~ 0.3	0.3 ~
점 성 토	0.0 ~ 0.3	0.2 ~ 0.5	1.6 ~
실 트	0.2 ~ 0.4	0.3 ~ 0.6	1.0 ~
사 질 토	0.4 ~ 0.6	0.5 ~ 1.2	1.2 ~
모 래	1.5	1.5	-
자갈 또는 자갈흙	0.3 ~ 0.8	0.6 ~ 1.5	-
느 슨 한 지 반	1.0		-

(적용조건)

1. 지질구분은 토목공사 공통시방서 토질분류에 의함.
2. 본 표는 관수로, 수로 등의 공사에서 작업 폭이 한정되는 장소에서 적용함.
3. 과거의 시공실적이 있는 경우 법면의 함수상태, 용수상태 및 지표면의 상태(눈 또는 습지)에 의하여 본 표의 값을 적의 증가함.
4. 굴착법면에 통행을 위한 소단이 2m이상 있을 때에는 그 단에서부터 법면높이를 산정 할 수 있다.

지층이 층이 이루어져 있는 경우 굴착 비탈면 기울기 결정방법은 <표 9-10>의 지질층중 주층을 이루는 지질층으로 결정한다. 이것이 어려울 때에는 다음과 같이 한다.

- ① 하층의 완경사 적용 토층, 상층의 급경사 적용 토층이 위치하는 경우 전체의 굴착 기울기는 하층의 완경사 기울기로 통일한다.
- ② 하층에 급경사, 상층에 완경사층이 위치하는 경우는 각층의 기울기에 입각 하여 결정한다. 특히 상기 어느 경우에도 굴착 비탈높이는 각 지층에 입각 하여 생각하는 것이 아니고 전체적으로 고려하여야 한다.

마. 터파기 시공

1) 터파기 시공시 고려사항

- ① 굴착선을 측량하고 기준 틀을 설치하여 정해진 시공계획에 따라 시행한다.
- ② 터파기는 토질조건과 지형에 따라 적절한 방법으로 실시해야 하며, 필요에 따라서는 흙막이 공법 등으로 소정의 깊이까지 파내야 한다.
- ③ 터파기 최하부를 파낼 때에는 터파기 최하면 이하의 기초지반 토사가 흐트러 지지 않도록 조심하여 파내야 한다. 기초지반이 교란되었을 때에는 기초 지반 보강을 실시하여야 한다.

- ④ 굴착중에는 용출수, 우수 등이 고이지 않도록 충분한 설비를 해야 한다.
- ⑤ 비탈면의 굴착순서는 원칙적으로 낮은 곳에서 높은 곳으로 시행한다.
- ⑥ 터파기 깊이가 깊은 경우는 토질상태를 고려하여 비탈면 붕괴로 안전사고가 발생하지 않도록 필요한 조치를 해야 한다.
- ⑦ 터파기는 설계도에 명시된 깊이로 하며 기초공의 종류에 따른 특성을 고려해야 한다.
- ⑧ 터파기는 관부설, 접합, 기초공, 되메우기 등의 작업 및 관체의 안전을 고려하여 필요한 폭과 비탈면 기울기를 확보하고 심한 굴착은 되도록 피한다.
- ⑨ 기설 구조물에 근접한 장소의 터파기는 기설 구조물의 기초를 이완시키거나 위험을 초래하지 않도록 충분한 보호공을 설치해야 한다.
- ⑩ 지하매설물이 있는 장소 그리고 터파기작업중 지하 매설물이 발견되는 경우는 감독자에게 보고하고 지하매설물 관리자에게 통보한 후 지하매설물이 손상되지 않도록 공사를 해야 한다. 단 지하매설물로 인하여 부득이 노선을 변경해야 할 경우는 감독자와 협의해야 한다.
- ⑪ 터파기중, 또는 터파기후 현지 지반조건이 설계조건과 다른 경우 감독자와 협의해야 한다.
- ⑫ 시공시에는 굴착의 진척상황에 따라 지질(토질)종횡단면도를 작성하여 설계시에 이용한 지질도와 대비함으로써 토질, 지하수위, 용수량 등을 파악하여 기초처리공법의 적부 및 굴착토의 되메움 재료로서의 적부를 검토한다.

2) 흙막이공

- ① 흙막이공은 현지조건에 따라 토압과 주위환경 및 시공기간중의 강우, 용수 등에 의한 조건의 악화 등을 고려하여 충분히 견딜 수 있는 구조 및 계산서를 감독자에게 제출, 확인을 받아야 한다.
- ② 흙막이의 시공은 지반의 퇴적상태, 지질상태, 말뚝박기에 따른 저항, 지하수 상태, 시공환경 등을 철저히 조사한 후 시공기계의 선정과 시공관리방법 등에 대하여도 검토하여야 한다.
- ③ 사용재료는 KS제품 및 이와 동등이상의 품질을 가진 재료를 사용하여야 하며, 변형 및 파손이 발생되지 않도록 유의하여 취급한다.
- ④ 시공측량성과를 토대로 흙막이 벽체 설치위치를 재확인한다. 강널말뚝은 굴착시 변형을 감안, 설치위치를 검토한다.
- ⑤ 말뚝이나 널말뚝의 타설은 적당한 깊이까지 굴착한 뒤 잘 박히도록 하고 수직으로 타설해야 한다.

- ⑥ 널말뚝은 타입도중 경사지기가 쉬우며, 단독 타입시 경사가 심할 수 있으므로 병행 타입방법을 검토 실시한다.
- ⑦ 연약지반에서 강널말뚝 이음부의 마찰저항으로 먼저 타입된 강널말뚝이 끌려 내려가지 않도록 그리스를 바르거나 먼저 타입된 말뚝을 용접하는 등의 방안을 강구한다.
- ⑧ 강널말뚝 타입시 연결부 이탈여부를 주의 깊게 관찰하고 이상이 발생되면 즉시 타입을 중지하고 상황을 점검하여 감독자의 지시에 따라 조치를 취한다.
- ⑨ 최소 근입심도는 통상 양호한 지반에서 1.5m이상, 연약지반에서는 3.0m 이상이 되어야 하므로 토질에 따라 근입심도를 검토하여 부족되지 않도록 하여야 한다.
- ⑩ 띠장, 버팀보 등과 같은 부재의 설치는 각단마다 굴착이 끝나는 대로 신속히 시행하고 설치가 완료될 때까지 굴착을 진행하지 말아야 한다.
- ⑪ 띠장재는 긴 치수의 것을 사용하고 항상 말뚝이나 널말뚝에 밀착시킨다. 만약 공극이 생겼을 때에는 패킹재를 삽입하여 지반의 하중을 균등하게 받도록 하여야 한다.
- ⑫ 흙막이내의 굴착은 중앙부로부터 흙막이 벽을 향하여 평면적으로나 단면적으로 균형 있게 굴착하여 불균형 굴착에 의한 편도압이 작용하지 않도록 한다.
- ⑬ 흙막이벽은 굴착직후 버팀보를 설치하기 직전이 구조적으로 가장 불안정한 시기이므로 여굴량은 버팀보를 가설할 수 있는 최소한으로 한다. 브래킷을 대는 공간으로 버팀보 하부 50cm의 공간이 필요하다. 설계에서 적정 여굴량을 고려하지 못한 경우에는 필요한 부분만 부분적으로 굴착하여 브래킷을 댈다.
- ⑭ 버팀보의 수평간격은 원칙으로 2m이내로 한다. 또한 곡선부에서의 중심선에 대하여 직각방향으로 버팀보를 설치하고 띠장의 이음부에는 반드시 버팀보를 설치하여야 한다.
- ⑮ 말뚝, 널말뚝, 버팀보, 띠장의 각 부재는 중간말뚝, 이음재, 연결재, 채크, 브래킷(Bracket), 볼트 등으로 단단히 고정하여야 한다.
- ⑯ 흙막이 널은 굴착이 진행됨에 따라 모든 면이 굴착토벽에 밀착되도록 신속하게 시공하여야 한다. 만일 지나친 굴착 등으로 굴착토벽과의 사이에 공극이 생긴 때에는 양질의 토사 또는 이와 동등한 재료를 사용하여 뒤채움함과 동시에 흙막이 말뚝의 플랜지(Flange)와 흙막이 사이에 썬기를 끼워서 공극이 없도록 고정하여야 한다.
- ⑰ 흙막이를 하고 있는 기간중에는 계측기를 설치하여 부재의 변형, 이완 등을 항상 점검하여 조기 발견하는데 유의하고, 사고방지에 노력하여야 한다.

또한 계속해서 지하수위 및 지반의 침하 또는 이동을 관측함과 동시에 주위지역에 위해를 미치거나 토사가 붕괴될 염려가 있을 때에는 즉시 방지 수단을 강구하고 신속히 감독원 및 기타 관계자에게 보고하여야 한다.

- ⑱ 말뚝, 널말뚝을 빼내고자 할 때에는 되메우기를 완료한 뒤에 지반이 안정 되는 것을 기다려 시행하고, 빼낸 뒤 공극에는 즉시 적절한 채움재(모래, 시멘트, 벤토나이트)등을 충전하여야 한다.
- ⑲ 흙막이재는 설계도에 명시된 경우 이외에는 원칙적으로 제거하여야 한다. 다만 현장의 상황에 따라 감독자가 필요하다고 인정할 때에는 그 일부를 남겨둘 수 도 있다.
- ⑳ 흙막이재는 원칙적으로 적절한 계측기기를 설치하여 변위, 이상 유무를 확인하는 등 항상 안전관리에 유의하여야 한다.
- ㉑ 흙막이공의 말뚝박기에 따른 진동과 소음 등은 공해문제를 야기함으로써 환경영향측정을 시행하여 적절한 공법으로 시행하여야 한다.

바. 터파기 검사

- ① 터파기가 완료되면 시공계획대로 시공되었는지 검사를 하고 필요한 조치를 취하여야 한다.
- ② 터파기 표고와 중심축은 관로의 상하, 좌우, 특히 상하굴곡을 방지하는 기본요건이므로 검사를 철저히 해야 한다.

9.3.4 기초시공

가. 일반사항

매설토 하중이나 차량 하중 등의 외압에 의해 관체에 발생하는 응력은 관 기초 상태에 따라 영향을 받는다. 즉 같은 연직하중을 받을 때 지지상태가 1점 지지 상태일 경우 관체에 발생하는 응력이 가장 크므로 될 수 있으면 관체에 미치는 응력을 줄이기 위해서 연직하중이 집중적으로 작용하는 것을 피할 수 있도록 관체의 저면을 충분히 이용하여 하중이 고르게 기초지반에 분포되도록 해야 한다.

특히 대구경 관은 관에 발생하는 굽힘 모멘트가 관반경의 자승에 비례하여 증가하므로 굽힘 응력을 줄이기 위해서도 지지각이 큰 기초로 하지 않으면 안 된다. 또 소구경 관은 관에 발생하는 원주방향의 굽힘 모멘트에 대하여는 매우 큰 저항력을 가지나 관축방향의 굽힘 모멘트에 대하여는 단면계수가 작으므로 저항력이 적다. 따라서 관축방향에 대해서도 부등침하의 발생에 안정될 수 있는 기초가 요구된다.

나. 흙 및 모래기초

- ① 관기초지반은 소정의 지지력을 얻을 수 있도록 다져야 하며, 부등침하가 발생되지 않도록 해야 한다.
- ② 흙 또는 모래기초의 경우 관저부는 관부설 전에, 관측부는 부설후에 충분히 다짐하여 관의 침하 등을 방지하도록 주의하여 시공한다. 다짐방법과 다짐 정도는 설계도서 또는 감독자의 지시에 따른다
- ③ 암이 돌출한 지반에서는 10cm이상 깎아 내고 흙 또는 모래로 채우고 다져서 관을 지지하게 한다.
- ④ 암반과 흙 지반이 접하는 곳에서는 흙 지반의 침하에 따라 관체가 변형되는 것에 대비하여 흙 지반의 침하에 대해 검토하고 대책을 세워야 한다.
- ⑤ 급한 종단 기울기에 모래 기초를 시공하는 경우, 특히 용출수가 많은 경우에는 감독자와 협의해야 한다.
- ⑥ 파형 폴리에틸렌과 부설 기초지반이 암이나 돌등이 있어 관과 접하여 집중하중을 유발할 우려가 있는 경우에는 모래, 자갈, 실트질 모래, 점질 모래 등으로 기초를 하여 관에 집중하중이 발생치 않도록 해야 한다. 이 때 기초 재료의 최대 입경은 19mm이하이어야 한다.

다. 콘크리트 기초

- ① 콘크리트 기초는 관을 제 위치에 임시로 부설하고 콘크리트 관 바닥부 등의 외주 면에 고무 미치도록 충분히 다져 넣어야 한다.
- ② 관의 임시 지지를 위하여 콘크리트에 묻히게 되는 고임재 등은 기초 콘크리트와 동질 또는 동등이상의 재료로 한다.
- ③ 콘크리트는 원칙적으로 기초의 전단면을 한번에 치지만 기초바닥을 1차로 치고, 그 위에 관을 부설하고 2차로 치는 경우는 상층의 콘크리트가 관부를 충분히 채우도록 유의해서 시공하여야 한다.

라. 도복장강관 관로의 기초처리

1) 관두께 결정시 토질조건에 부합하는 토사 지반의 경우

- ① 원지반의 토질조건이 양호할 경우 : 추가굴착을 하지 않고 굴착된 원지반을 별도처리 없이 관부설을 할 수 있으나, 굴착면의 요철은 평활하게 처리해야 한다.
 - ② 원지반의 토질조건이 양호하지 않을 경우
- ㉠ <표 9-11>과 같이 관저에서 추가 굴착하고 양질의 토사로 굴착 바닥면에서

관저 5cm까지는 소요다짐도로 충분히 다지고, 관저까지 잔여 5cm는 느슨하고 평활하게 포설하여 관로에 국부적 응력 집중이나 도복장부의 손상이 없도록 해야 한다.

<표 9-11> 추가굴착 깊이

관경(mm)	500~900	1,000~2,000	2,000이상
최소 추가굴착 깊이(cm)	20	30	0.2 × 관경(cm)

- ㉔ 관저 바닥에 포설할 양질의 토사는 <표 9-12>의 입도 범위내에 있거나 설계자가 토질시험결과 및 기타 관련 기술 자료에 의해 결정한 재료를 말한다.
- ③ 지반이 대체적으로 양호하여, 국부적인 응력집중을 일으킬 수 있는 큰 입径의 암석 등을 제거함으로써 <표 9-12>의 입도범위내에 해당할 경우 : 굴착계획고 5cm(깊이 방향) 범위내의 허용오차로 굴착하고, 과굴착된 부위는 <표 9-12>의 양질의 토사를 포설하여 관저 처리를 할 수 있다.

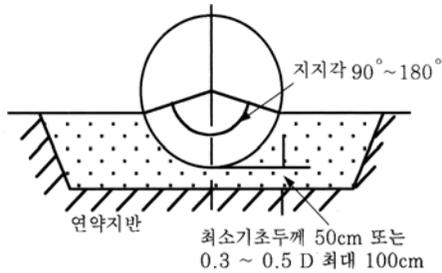
<표 9-12> 양질토사의 입도분포

체 규 격	통 과 율	체 규 격	통 과 율
0.375"(9.5mm)	100 %	NO. 30	8 ~ 65 %
NO. 4	70 ~ 100 %	NO. 50	2 ~ 30 %
NO. 8	36 ~ 93 %	NO. 100	1 ~ 10 %
NO. 16	20 ~ 80 %	NO. 200	0 ~ 3 %

- ④ 원지반의 자연함수비가 높고 장기압밀이 예상되는 지역 : 양질의 토사를 포설함으로써 지반 간극수의 배수를 촉진시켜 관로의 침하를 유발시킬 수 있으므로 사용상 주의를 요하며, 다짐상태에서 투수계수가 낮게 유지될 수 있는 재료를 별도 선정해야 한다.
- ⑤ 관부사 재료 등 조립질의 양질토사에 대한 품질관리는 상대밀도(KS F 2345 <비점토성의 상대밀도 시험방법>)에 의거 시험되어야 한다.

2) 관두께 결정시 설정된 토질조건에 부합하지 않는 연약지반의 경우

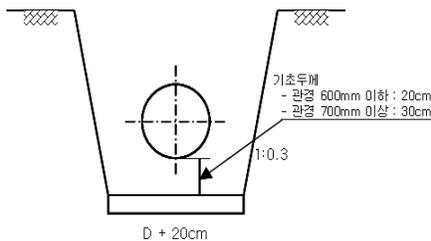
<그림 9-8>과 같이 관저 50cm 또는 관경의 0.3~0.5배 최대 100cm 이하의 깊이로 추가굴착하고, 관저의 폭은 관경의 2~3배로 굴착하여 양질토를 포설 다짐하거나, 또는 지반을 효과적으로 보강하여 관로의 안정성을 확보할 수 있는 기초처리 공법을 이용하여야 한다. 치환된 양질토사의 다짐기준은 최소한 관두께 결정시 고려된 조건 이상이어야 한다.



<그림 9-8> 연약지반 기초처리

3) 암반층이나 입경 200mm 이상의 느슨한 자갈층의 경우

<그림 9-9>와 같이 관저 30cm(관경이 600mm 이하의 경우 20cm) 깊이로 추가 굴착을 하여야 하고, 관저의 폭은 "관경 + 20cm" 로 굴착하여야 한다. 모래 등 1), ②, ④항의 양질의 토사로 지지층을 포설·다짐하고 관부설이 끝날때까지 건조한 상태를 유지하도록 하여야 하며, 국부적인 집중하중이나 도복장부가 손상되지 않도록 하여야 한다.



<그림 9-9> 암반부의 터파기 폭(토포가 7m 이내인 경우)

원지반의 토질조건이 양호하여 굴착 바닥면에 양질토사의 포설을 별도로 하지 않는 구간이더라도 시공도중 풀·나무뿌리 등 유기물, 국부적인 응력 집중을 일으킬 수 있는 단단한 물질 및 암석 등을 일부 포함하는 경우에는 해당부위를 관저 15cm 이상 추가 굴착하여 이를 제거하고 1), ②, ④항 양질의 토사로 치환하여야 한다.

4) 덕타일주철관의 연약지반관로 기초처리

- ① 덕타일주철관의 각종이음의 굴곡허용각도는 <표 9-13>과 같이 1~5°이며, 이 각도 범위내의 관로는 지반침하에 순응할 수 있다.
- ② 연약지반에 매설해야 할 경우 유지관리용 도로축조 계획을 연계한 상재 하중의 증가분을 검토하여 필요에 따라 별도의 지반개량 또는 하중지지 방안을 강구하여야 한다. 단, 이 경우 경미한 연약지반에 대해서는 토질조사 결과에 따른 관로의 침하량을 산출하고 관이음의 허용변위량내에 들어가면 관저부를 관경 정도의 두께까지 모래 등으로 치환하여 관로의 침하를 수용할 수 있도록 하여야 하며, 모래를 치환재로 선정할 때는 치환재로 형성된 모래층이 오히려 배수층이 되어 관주변의 지하수 유출을 촉진시켜 하부의 연약층이 침하될 수 있으므로, 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.
- ③ 지층이 급격히 변화하는 경우나 기초처리된 구조물부터 연약지반에 부설되는 경우 관로의 부등침하를 일으키기 쉽기 때문에 다음과 같은 대책이 필요하다.
- ㉠ 기초공을 설치하고 신축성이 큰 이음을 적절한 위치에 사용한다.
- ㉡ 예상침하량이 크게 나타나서 이음부가 이탈될 것으로 예상되는 경우에는 모래 등으로 원지반을 치환하거나, 침목을 관 길이 방향으로 상호 연결한 사다리 기초를 병용하여 신축성을 크게 하고 동시에 이탈방지 압륜과 이탈방지 체결구 등 이탈방지이음을 사용한다.

<표 9-13> 덕타일주철관 조인트부의 굴곡허용 각도 (단위 : °)

구분 호칭지름	KP메카니컬 조인트	타이튼 조인트	메카니컬 조인트	구분 호칭지름	KP메카니컬 조인트	타이튼 조인트	메카니컬 조인트
80mm	5	5	5	450mm	3	3	3
100mm	5	5	5	500mm	3	3	3
120mm	5	5	5	600mm	2	3	2
150mm	5	5	5	700mm	2	-	2
200mm	4	5	4	800mm	1.5	-	1.5
250mm	4	5	4	900mm	1.5	-	1.5
300mm	4	5	4	1,000mm	1.5	-	1.5
350mm	3	4	3	1,100mm	1.5	-	-
400mm	3	4	3	1,200mm	1.5	-	-

9.3.5 관부상 방지공

관관 매설공사를 실시하는 경우 되메우기 이전에 관 부상이 발생할 수 있으니 다음 사항에 주의하여 시공한다.

강관 매설공사를 하는 도중 특히 되메우기를 행하기 이전에 큰 비로 인하여 매설구내에 물이 범람하면 관내부가 비어 있으므로 부력에 의하여 구내(溝內)의 관이 부상한다. 이를 방지하는 데는 가급적 빨리 되메우기를 하는 것이 좋으며, 만일 되메우기가 미처 따르지 못할 때는 부설된 관내에 물을 주입하는 것이 안전하다. 그러나 물을 주입하는 경우 사후 관내를 청소할 때 그 비용 및 공기상에 미치는 영향이 크다. 따라서 되메움 공사에 앞서 관로 중간부분에 임시 되메움을 하여 부상을 방지할 수 있도록 하여야 한다. 임시 되메움 재료는 되메움에 계획된 재료(모래 또는 양질의 토사)를 사용하여야 한다. 관경에 따른 최소 토피는 설계지침을 참조한다.

9.3.6 되메우기공

관수로가 지중구조물로서의 기능을 갖도록 하는 데에는 되메움이 가장 중요하다.

가. 되메우기의 기본

되메우기의 기본은 관체에 편압이 걸려 이동되거나 솟아오르지 않아야 하며, 충분히 다져야 하고, 되메움 흙은 적절한 것을 사용하여야 한다.

나. 되메움 재료

되메우기 및 성토에 사용하는 재료는 함수나 건조에 의하여 불안정하게 되는 실트나 점토 및 불량 연석 등은 제외하며, 이토 및 점질토 덩어리, 불순물이나 유해 물질 등이 혼입되지 않은 양질토로서 감독자의 승인을 받은 것이어야 한다. 품질 관리 시험방법은 KS 규격 및 건설기술관리법의 품질시험 기준에 따른다.

<표 9-14> 되메움 재료

구 분	되메움 재료	기초 재료
아주좋은 흙	GW, GP, SW, SP	SW
좋은 흙	GM, GC, SM, SC, CL, ML, ML-CL	GW, GP, GM, GC, SP, SM SC
다소좋은 흙	조립부분 25% 이하	ML

다. 되메우기 방법

1) 일반사항

되메움 장소는 되메우기 전에 관설치시 사용한 거푸집, 기타 잔재 등 이물질을

깨끗이 제거한 다음 시공해야 한다. 되메움 장소에 물이 차 있을 때에는 배수시킨 후가 아니면 되메움을 할 수 없다. 부득이한 경우 되메움 재료 및 방법에 대하여 감독자의 승인을 받아 실시할 수 있다. 되메움 장비, 다짐방법과 다짐장비에 대하여는 감독자의 승인을 받아야 한다. 되메우기가 부실하거나 침하가 생긴 곳은 감독자의 지시에 따라 재굴착, 재시공하여야 한다.

2) 관저부의 되메움

관밑부분의 되메움 흙을 충분히 다지지 않으면 지지각을 얻을 수 없어 관체의 안전을 확보할 수 없다. 되메움 재료를 20~30cm 두께의 층으로 고르고, 다짐봉, 다짐매 등으로 충분히 다져야 한다.

3) 관측부의 되메움

관주위의 되메우기는 편압대에 의한 관의 변형이 발생되지 않도록 관체의 양측을 균등하게 되메우고 다지면서 높여가야 한다. 되메움 다짐중 다짐충격 등으로 관의 부상현상도 발생되므로 주의하여야 한다. 관주위의 다짐시 다짐장비가 직접 관체에 닿지 않도록 주의하여야 한다.

4) 관정부의 되메움

관정부위의 양질토 되메움 높이는 60cm 정도로 하나, 시공높이는 공사시방서에 따른다. 그 위의 나머지 부분의 되메움도 지나치게 거칠거나 단단한 물질을 제거한 흙을 사용하여야 하며, 다짐 시공해야 한다. 관상부 다짐시 롤러, 불도저 등 대형 기계 다짐은 관체 손상 및 연약지반 교란 등에 영향을 주므로 감독자의 승인 없이는 시행할 수 없다.

5) 트럭하중이 고려되는 도로부 등의 경우

관상단 30cm까지 관주변은 양질의 토사로 도복장강관 관로의 기초처리와 같은 기준으로 치밀하게 채우되 포설두께는 다짐전 최대 20cm 이하로 하여 최소 95% 다짐도 이상으로 다짐작업을 균등하게 하고, 포설두께, 다짐도, 다짐방법 등은 관의 Haunch부에 공극이 발생하지 않도록 현장여건에 따라 적정하게 별도 선정할 수 있다. 단, Water jet 등 물을 이용한 다짐방법도 사용할 수 있으나, 이 경우 배수, 주변지반의 연약화 등에 대한 대책을 수립하여야 한다.

관상부 30cm까지 관 주변 되메우기(Bedding)가 끝난 후, 계획 관매립고까지의

되메우기는 관두께 결정시 고려한 해당도로의 설계기준에 따라 소요 다짐도를 확보하여야 하며, 그 되메우기 재료는 화석연료(석탄, 연탄, 기타)의 재, 각종 폐기물(폐기물처리법에 규정된), 채소·나무뿌리 등 유기물, 큰 암석, 동결된 흙덩어리 등 다짐의 균질성에 지장을 주거나 관로 방식층에 손상, 부식을 촉진시키는 물질이 포함되지 않은 재료이어야 하며, 별도의 규정이 없을때, 관로 상단 30cm부터 도로 포장의 선택층까지는 200mm 크기 이내의 암석 혼입을 허용할 수 있다. 되메우기 시에는 양측면 높이를 동일하게 하여 다짐을 하여야 한다.

6) 트럭하중이 없거나 되메우기시 발생하는 침하를 고려할 필요가 없는 경우

관두께 결정 조건에 부합되면 연약한 토사도 다짐없이 되메우기 재료로 이용할 수 있으며 이때 관로에 손상을 줄 수 있는 혼합물은 포함되지 않아야 하며, 자연 함수비가 높고 다짐작업이 곤란한 Loam-Clay, Silt 등의 재료도 관두께 결정시 이에 상응하는 토질정수를 고려하였다면, 양질의 토사로 되메우기할 부위 이상의 부분에 한하여 다짐 없이 이 재료들을 사용할 수 있으며, 이 경우 관두께 증가에 따른 경제성을 감안하여 결정하여야 하고 또한 이 경우에도 불순물은 제거되어야 한다.

9.3.7 관 표시공

현재는 다양한 공사가 진행되어 어떤 시설이 어디를 지나고 있는지 정확하게 표시해 둘 필요가 있으며, 매설관을 보호하고 효율적으로 관리하기 위한 표시공은 농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침에 규정한 관 표시공에 따른다.

매설관의 오인을 피하기 위하여 매설관에는 원칙적으로 사업자명, 부설년도, 관종 등을 명시한 테이프를 부착하고 관경에 따라 되메우기할 때에 적절한 깊이에 테이프 또는 시트부설을 병행한다. 매설후의 현장에서 관로 위치를 파악하기 쉽도록 직선구간의 일정한 간격 및 수평변곡점에 표시석을 설치한다. 관로에 대한 전산화와 유지관리의 효율화를 위하여 수평변곡점, 수직변곡점 및 각종 밸브실에 대하여 GPS 좌표를 설정하며, 모든 데이터는 유지관리 및 향후 보수·보강, 긴급상황 발생시 위치확인을 위하여 전산시스템화 하여야 한다.

가. 관로경고용 테이프

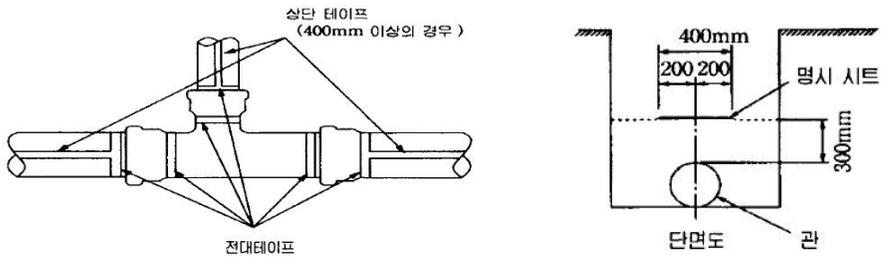
매설관에는 유지관리시 식별이 가능하고 굴착에 따른 관의 파열 등 사고예방의 목적으로 관로경고용 테이프를 설치하여야 한다. 테이프의 열수 및 설치방법은

농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침에 따르면 테이프의 규격은 <표 9-14>와 같다.

<표 9-15> 관로경고용 테이프의 규격

두께(mm)	폭(mm)	허용오차 (%)		색상
		두께	폭	
0.15	300	±8	±4	청색

이형관의 특수부의 경우에는 <그림 9-10>과 같이 한다.



<그림 9-10> 이형관 및 관로의 관로경고용 테이프 명시 예

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.

나. 표시석

사업자가 관리하는 부지의 경계를 명확히 하고 그 경계를 외부에 명시함으로써 무단점유를 예방하며, 관로가 매설된 지역에는 관로매설표시를 함으로서 각종 공사로 인한 굴착시에도 관로를 보호한다. 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 재료는 KS D 5101(동합금봉), KS D 6001(황동주물), 또는 이와 동등이상의 것을 사용하고, 인식표지의 편은 KS D 3503(일반 구조용 압연 강재) 또는 이와 동등이상의 재료를 사용한다. 인식표지의 예는 <그림 9-11>과 같다.



<그림 9-11> 인식표지 예

9.4 관종별 공사

관종별 공사의 주요내용은 강관과 폴리에틸렌(PE)관, 덕타일 주철관, 경질 염화비닐관, 강화플라스틱복합관(FRPM관), (희생양극식) 폴리에틸렌 피복강관(K-SMART) 등의 관 제품 및 구입, 강관의 취급 및 운반, 관의 가배열, 관의 설치공, 용접공, 도복장 공사, 플렌지 접합, 신축관의 이음공, 밸브의 설치, 분수공, 맨홀 및 점검구(이물질 배출장치), 관보호공, 전식방지공사 등에 필요한 사항을 규정한다.

9.4.1 강관공사

강관공사를 하는데 요구되는 기본사항과 필요한 사항을 규정하였다. 관수로의 경우 관의 재료와 강도 유지를 위해 주의를 기울여야 하며 취급에 유의해야 한다.

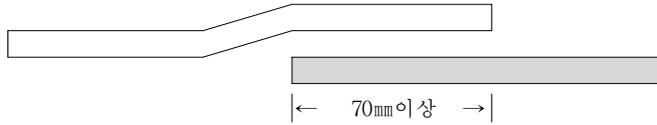
가. 관제작 및 구입

1) 관재료

① 원자재 재질은 공사시방서에 의한다.

관의 제작에 사용하는 원자재의 재질은 일반용수용 도복장강관(KS D 3626) 규정 중 STWW 400이상의 강관을 사용한다. 일반적으로 일반용수용 도복장 강관중 직관은 KS D 3626, 이형관은 KS D 3627에 적합하여야 한다.

- ② 관의 양단은 벨엔드 스피곳 형상으로 가공하며 현장접합시 벨과 스피곳의 틈새간격은 관경 1,600mm이상은 3.0mm이하로, 관경 1,500mm이하는 2.5mm이하로 한다.
- ③ 벨엔드와 스피곳의 겹치는 부분은 70mm이상이어야 한다.



<그림 9-12> 벨엔드 겹침길이

- ④ 벨엔드 부분에는 현장용접부 산소압축시험을 위하여 기밀시험용 구멍을 뚫고 플러그(PT 1/8")를 박아 두어야 한다.

2) 도장 및 도복장 방법

- ① 관내부도장은 수도용 액상 에폭시 수지도료 및 도장방법(KSD 8502) 또는 폴리우레아 수지도료 및 도장방법(AWWA C222)에 따르며 도막두께는 액상 에폭시는 0.3mm이상, 폴리우레아는 0.5mm이상이어야 한다.
- ② 관외부 도장은 공사시방서에 의하며, 다음 중 어느 것인가에 따른다.
(KS D 3589(압출식 3층 폴리에틸렌 피복강관), KS D 3607(분말용착식 1층 폴리에틸렌 피복강관))

<표 9-16> 관외부 도장의 관경별 외부피복두께

관의 호칭지름(mm)	80~150	200~1,000	1,100~2,000	2,100~3,000
전체피복 최소두께(mm)	2.0	2.5	3.0	3.5

- * 피복두께는 에폭시 및 접착제를 포함하며 용접부위의 피복두께는 ±10%까지 허용한다.
- * 관의 양 끝단부는 현장용접 및 도복장을 위하여 피복을 하지 않고 남겨두되 현장반입시 프라이머 초벌만 실시하여야 하며, 외부 도복장의 끝부분은 경사각 30°이하의 베벨 각을 형성하여야 한다.

- ③ 벨엔 스피곳 부위의 미도장 길이는 다음에 따른다.

관경(mm)	700이하	800~1,100	1,200~1,650	1,800이상
미도장 길이(mm)	150	175	200	250

- ④ 관의 도복장 양끝단에서 2.5cm까지 사면처리한다.

3) 관의 시험

제품의 제반시험은 KS규정 등 제규정의 시험방법에 따라 제조업체에서 정밀 자체시험을 실시하여 시험성적서를 납품과 함께 제출하여야 한다.

가) 화학성분시험

원관이 정해진 화학성분에 따라 제조되었는지 KS D 0001에 따라 실시(레들 분석치로 표시, 히트번호당)한다.

나) 인장시험

원관의 기계적 성질을 조사하기 위한 것으로 관과 용접부 시험편에 대하여 시험편은 KS D 0801(금속재료 인장시험편), 시험방법은 인장강도, 항복점, 연신율을 KS B 0802(금속재료인장시험방법)에 따라 실시한다.

다) 굽힘시험

원관 및 용접에 갈라짐 등의 유무를 조사하기 위한 것으로 용접부 굽힘시험은 KS B 0832에 따라 실시한다.

라) 비파괴시험

원관의 용접부의 결함유무를 방사선 투과시험 및 초음파 탐상시험에 의거 조사하기 위한 것으로 KS D 0250~0252, KS B 0845 혹은 KS B 0896 등에 따라 실시한다.

마) 수압시험

원관에 수압을 가하여 규정된 압력으로 유지하였을 때 여기에 견디고 누수가 발생하는가의 여부를 조사하기 위한 것으로 압력유지시간은 5초 이상(KS D 3565, KS D 3626)이어야 한다. 비파괴시험으로 대체할 수도 있다.

바) 밀착

(1) 에폭시 수지도료 도장시험

원심도장부에 대하여 칼날(길이 약 200mm, 날의 폭 30~40mm, 날의 두께 1~2mm, 날의 길이 60~90mm)을 써서 상온에서 규정된 시험편을 약 45°각도로 떼어내는 시험을 하여 밀착의 양호여부를 검사한다.

에폭시 수지도료 도장검사

- ① 외관 : 육안으로 도장면의 상태에 대하여 검사한다.
- ② 핀홀 및 홀리데이 : 홀리데이 탐상기를 사용하여 도장부 전면을 검사한다.
- ③ 밀착 : 도장부가 완전 건조된 후 시험개소를 칼날을 사용하여 검사한다.
- ④ 두께 : 도막두께는 전자식 미후계 또는 다른 측정기구로 검사한다.

(2) 폴리우레아 도료 도장시험

ANSI/ASTM D 4541에 의거 결정한다. 돌리테스트기를 사용하여 최저 1,500psi가 되어야 한다.

4) 검 사

가) 원관 치수 검사

검사의 일반사항은 KS D 0001에 의한다. 관의 바깥지름, 두께 및 길이의 허용 오차는 <표 9-17>에 의한다. 도장검사는 도장 전에 도장재료에 대한 제성질을 시험하여 규격에 만족한지 검사하고, 도장이 완료된 후에도 각 규격에 정한대로 검사를 실시한다.

<표 9-17> 관의 허용오차

구 분	허 용 치
바 깥 지 림	호칭지름 80A 이상 200A 미만 ± 1%
	호칭지름 200A 이상 600A 미만 ± 0.8%
	호칭지름 600A ±0.5%길이의 측정은 원둘레 길이에 따른다.
두 겹	+15% ~ -8%
길 이	+ 제한하지 않는다 ~ 0
벨엔드 안지름	호칭지름 1600mm미만 바깥지름 +5.0mm이내
	호칭지름 1600mm이상 바깥지름 +6.0mm이내

※ 호칭지름 350A이상 600A 미만인 원관의 바깥지름 허용치는 원둘레 길이의 측정에 의하여 가능하다. 이 경우의 허용치는 ±0.5%로 한다.

나) 내 외부 도장 검사

(1) 외 관

관내면 도장부에 대하여 돌기부, 이물질 혼입, 핀홀, 도장되지 않은 곳 등을 육안으로 관찰하고, 관외면에 대하여 도복장재의 노출유무, 표면의 매끈한 정도에 대하여 검사한다.

(2) 핀홀 및 홀리데이

홀리데이탐상기(Holiday detector)를 사용하여 도장면 도복장면 전체에 대하여 핀홀 및 홀리데이 유무를 검사한다. 조사전압은 내부도장의 경우 1200~1500V로 하며 외부도장의 경우는 10,000~12,000V로 한다.

5) 표 시

검사에서 합격된 관은 매관마다 표면에 요철방법이나 기타 지워지지 않는 방법으로 다음 항목을 표시하여야 한다.

- ① 종류의 기호 ② 도복장방법 ③ 치수 ④ 관번호
- ⑤ 제조년월일 ⑥ 제조자명 또는 그 약호 ⑦ 발주자명, K·S마크

6) 검 수

- ① 지정장소 현장 검수를 원칙으로 하되 필요에 따라 제작공장에서 시행할 수 있다.
- ② 검수자는 시험 성과표와 납품된 관의 규격, 치수 및 수량을 확인한다.

나. 강관의 취급 및 운반

1) 일반사항

가) 운반의 기본

- ① 작업용구는 항상 정비, 점검하여야 한다.
- ② 관에 충격을 주지 않도록 취급시 주의한다.
- ③ 관의 고임목을 반드시 설치한다.
- ④ 관의 도장 및 라이닝이 손상되지 않도록 주의한다.

나) 취급방법

(1) 와이어로프를 이용하여 들어올릴 때

- ① 와이어로프는 기준에 적합한 것을 사용한다.
- ② 일점 매달기는 피하며 2점 매달기를 하여야 한다.
- ③ 관 중심위치에 수평으로 매달고 흔들리지 않아야 한다.
- ④ 매달려 있는 관의 아래에는 절대 출입하지 않아야 한다.
- ⑤ 작업신호는 한사람이 명확히 하여야 한다.

(2) 트럭에서 인력으로 하역하는 경우

- ① 고임목이 확실히 설치되어 있는지 확인 후에 내릴 준비를 한다.
- ② 관하단의 고임목은 같은 길이의 각재(15cm이상)를 관 1본당 양단 2개소에 평평하게 고정한다.
- ③ 와이어는 관의 중심부터 횡축으로 3회 이상 감는다.
- ④ 준비완료 후 작업자 상호간에 신호를 확인한 후 내리는 방향의 고임목을 제거하고 지렛대로 서서히 내린다.
- ⑤ 관이 내려지는 측에는 사람이 서있지 않도록 한다.

(3) 리프트에 의해 운반할 때

- ① 리프트의 날은 수평으로 하여 관의 평형을 확실히 하고 천천히 올린다.
- ② 관이 떨어지지 않도록 고임목을 설치한다.
- ③ 관은 지상으로부터 약 50cm의 높이로 유지하며 노면상태에 주의하여 주행한다.

(4) 트럭에 의해 운반할 때

- ① 관이 무너지지 않도록 항상 주의하여야 한다.
- ② 고임목이 제 역할을 하도록 점검한다.
- ③ 도로의 패인 곳이나 급격한 커브를 통과할 때는 적재상태를 확인하여야 한다.
- ④ 트럭 등의 위에서 관을 점검할 때는 미끄러져 떨어지지 않도록 주의하여야 하며 미끄러지기 쉬운 신발을 신지 않아야 한다.

2) 강관의 취급

- ① 강관의 취급은 도복장부분 및 접합부가 손상되지 않도록 하여야 한다.
- ② 관을 달아 올릴 때에는 나일론슬링(nylon sling) 또는 고무로 피복한 와이어로프 등과 같이 안전하게 달아 올리는 기구를 사용하고 도복장 부분을 보호하기 위하여 원칙적으로 양쪽 끝의 비도복장 부분에 호크를 걸어 2점 달아매기로 한다.
- ③ 관의 버팀재 및 발등은 설치하기 직전까지 떼어내지 말아야 한다.
- ④ 보관장소에서 배관현장까지 운반할 때에는 관끝의 비도장부에 받침재를 대고 지지하며 달아 올릴 때에는 도장면이 손상되지 않도록 적당한 보호를 하여야 한다.

- ⑤ 소운반을 할 때에는 관을 끌어서는 안 된다. 굴리는 경우에는 관 끝의 비도장 부분만을 이용하고 방향을 바꾸는 경우에는 달아 올려서 바꾸도록 한다.
- ⑥ 관내외의 도장면 위를 직접 걸어 다니면 벗겨질 염려가 있으므로 고무관 또는 마대 등을 깔고 깨끗한 고무신이나 슬리퍼를 신어야 한다.
- ⑦ 대형 도복장 강관은 반입 후 관 손상이 되지 않도록 특별한 조치를 취하고 관로 터파기 후 트렌치 내에 바로 부설해야 한다.
- ⑧ 용지보상협의 지연 등으로 반입된 도복장 강관을 장기간 야적할 경우에는 태양열 등에 의하여 도복장 부위가 자연 손상되므로 태양열 차단 등 보호 조치를 하여 보관하여야 한다.
- ⑨ 도복장 강관의 보관 및 시공과정에서 손상된 도복장 강관은 감독자의 지도하에 도복면을 벗겨서 결함부위를 깨끗이 청소한 다음 프라이머를 칠한 후 테이프로 코팅하여야 한다.

3) 밸브류의 취급

- ① 밸브류의 취급은 받침봉, 각재 등을 깔고 수평으로 놓고, 직접 지면에 닿지 않도록 하여야 한다. 또 달아 올리는 경우에는 밸브류가 손상되지 않는 위치에 확실하게 걸어야 한다.
- ② 밸브류는 직사광선이나 먼지 등을 피하기 위하여 옥내에 보관한다. 부득이 옥외에 보관하는 경우에는 반드시 덮개를 덮어서 보호하여야 한다.
- ③ 포대에 담겨있는 볼트류는 던지거나 충격을 주면 볼트가 손상되므로 주의 하여 취급하여야 한다.

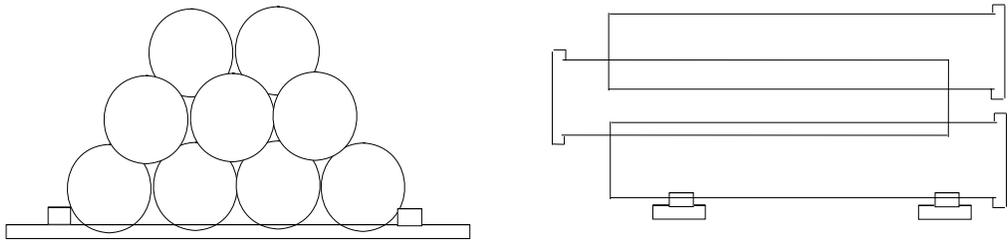
4) 적치 및 보관

- ① 보관장소는 평탄하고 청결하여야 하며, 관내부에 이물질이 들어가지 않도록 관말에 캡을 씌우는 등 보호하여야 한다.
- ② 공사 시공상 관을 동일장소에 쌓아두어야 할 경우에는 평탄한 지형을 선정 하여 관의 붕락을 방지해야 한다. 또 단으로 쌓을 때는 관경 500mm이하는 높이 1.5m이내로 쌓고, 관경 600~1,000mm는 2단 쌓기, 그 이상은 1단 쌓기로 해야 한다.
- ③ 자재의 적재(공장보관)
 - 자재의 적재단수는 KS규격에는 없으나, API(미국석유협회), WSP(일본 강관협회)에 의하여 다음과 같이 규정한다.

관경 (mm)	길이 (m/본당)	두께 (mm)	침목수 (개)	가능 적재충수(단)	관경 (mm)	길이 (m/본당)	두께 (mm)	침목수 (개)	가능 적재충수(단)
400	6	6.0	2	8	1,100		10.0	2	2
	9			5					1
	12			4					1
450	6	6.0	2	6	1,200		9.0	2	2
	9			4					1
	12			3					1
500	6	6.0	2	5	1,350		10.0	2	2
	9			3					1
	12			2					1
600	6	6.0	2	4	1,500		11.0	2	1
	9			2					1
	12			2					1
700	6	6.0	2	3	1,650		12.0	2	2
	9			2					1
	12			1					1
800	6	7.0	2	3	1,800		13.0	2	1
	9			2					1
	12			1					1
900	6	7.0	2	3	1,950		14.0	2	2
	9			2					1
	12			1					1
1,000	6	8.0	2	3	2,100		15.0	2	1
	9			2					1
	12			1					1
1,100	6	8.0	2	2	2,250		16.0	2	2
	9			1					1
	12			1					1

주 : 1. 상기 계산결과는 허용응력도(13,720N/cm²)를 가지고 계산한 값이며, 양관단 십자보강파이프에 대하여는 고려하지 않음.

2. 상기 표의 가능 적재충수(단)와 상이하게 공장에서 보관할 경우 근거자료를 검사자에게 제출하여야 함.



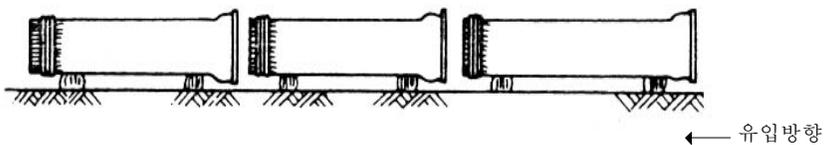
<그림 9-13> 자재의 적재방법(공장보관)

- ③ 집적장소에서의 관의 보관은 관체의 침하, 이음부의 접지 등을 방지하기 위하여 받침대를 사용하고 단으로 쌓을 경우에는 썰기로 고이거나 로프 등으로 매어 붕락을 방지해야 한다. 장기간 보관하는 경우에는 시트 등으로 덮는다.
- ④ 강관, 주철관 등의 철제관과 그 부속품은 물에 젖지 않게 하고 녹이 슬지 않으며 하중을 받아 변형되는 일이 없도록 보관해야 한다.

다. 관의 가배열

현장에 반입된 관은 계획관로를 따라 배열을 하게 되는데 이때 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 관은 가능한 한 관로를 따라 주변에 배열하여, 부설작업시에 운반회수를 감소시킬 수 있도록 한다.
- ② 관의 배열시는 관의 양쪽 끝을 완충용 목재나 기타 적절한 방법으로 받침을 하여 관 외면의 도장된 부분이 자갈이나 암석 등에 부딪쳐 손상되는 일이 없도록 한다.
- ③ 관의 양쪽 끝을 돌이 없는 흙을 쌓아 지지함으로써, 거친 지면에 직접 관체가 접촉되지 않도록 하여도 좋다.
- ④ 현장 겹치기 용접 접합용으로 제작된 벨엔드(Bell end)형의 관은 벨엔드(受口)의 방향이 물의 유입방향으로 향하도록 한다.



<그림 9-14> 관의 가배열

라. 관의 설치공

관 설치에 유념해야 할 사항과 시공에 주의를 기울여야 할 사항에 대하여 규정한다.

1) 배관기능자

- ① 감독자 입회하에 현장배관시험을 실시하여 적정하다고 판단된 배관기능자만 공사현장에 종사케 할 수 있으며 준공시까지 신상을 관리한다.
- ② 배관작업중에는 배관기능자임을 식별할 수 있는 완장을 착용케 한다.
- ③ 정확한 배관시공을 위하여 배관기능자는 수도용 또는 일반용 수용 각종 관의 배관작업에 대하여 풍부한 경험과 기술을 갖는 자이어야 한다.

2) 관의 설치시 주의사항

- ① 관을 설치하기 전에 관체를 검사하고 균열이나 기타 결함이 없는가를 확인하여 한다.
- ② 관을 달아 내릴 때 흙 막이용 버팀보를 일시적으로 떼어 낼 필요가 있을 경우에는 반드시 적절한 보강을 하고 안전을 확인한 다음 시행하여야 한다.
- ③ 관을 굴착한 관로 안에 달아 내릴 때에는 안전을 위하여 관로의 흠 안(관을 내릴 장소)에 작업원이 들어가 있지 않도록 하여야 한다.
- ④ 관의 부설은 원칙적으로 낮은 곳에서부터 높은 곳으로 향하여 부설하고 소켓(Socket)이 있는 관은 소켓이 높은 곳으로 향하도록 배관한다.
- ⑤ 현장 필렛(Fillet) 용접 접합용으로 제작된 벨엔드(Bell End)형의 관은 수구의 방향이 물의 유입방향으로 향하도록 배열하여야 한다.
- ⑥ 관을 설치할 때에는 관 내부를 청소하고 레벨, 트랜시트 등을 이용해서 중심선과 높낮이를 조정, 정확하게 설치한다. 또, 관체의 표시 기호를 확인함과 동시에 관의 몸체에 표시되어 있는 지름, 제작 년도 등의 기호가 위로 향하도록 설치한다.
- ⑦ 직관의 이음개소에서 각도가 생긴 휨배관은 피하도록 하여야 한다. 다만 공사현장의 상황에 따라 시공상 부득이한 경우에는 감독자의 지시를 받아야 한다.
- ⑧ 매일 부설작업이 완료된 뒤에는 관내에 토사, 오수 등이 유입하지 않도록 나무마개 등으로 관 끝을 막아야 하며 관내에 형질, 공구류 등을 두지 않도록 한다.

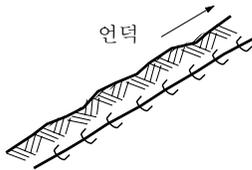
- ⑨ 강관을 설치할 때에는 관체를 보호하기 위하여 기초에 질이 좋은 모래나 양질토를 고르게 펴 깔아야 한다.

3) 관의 설치방법

가) 관부설의 방향

관은 지형이 낮은 곳에서 높은 곳으로 향하여 관부설을 하는 원칙으로 한다. 관부설을 역방향으로 즉, 높은 지형에서 낮은 곳으로 접합하면 관의 무게가 낮은 쪽을 향하게 되어 빠져나갈 우려가 있으므로 완전접합이 힘들다.

대부분이 정상적인 방향, 즉 낮은 곳에서 높은 곳을 향하여 접합하고 극히 일부를 역방향으로 접합시키는 경우를 종종 볼 수 있는데 이것도 좋지 않다.



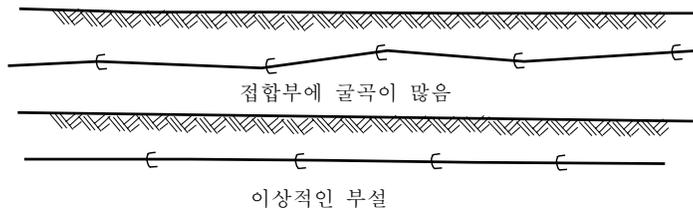
<그림 9-15> 관부설 방향



<그림 9-16> 굴곡지의 관부설

나) 관축의 기울기

통수할 때 관내의 공기가 배제될 수 있도록 부설관의 종단기울기를 주의하여 시공한다. 부설시 위에서 볼 때 관의 좌우의 굴곡은 없어 보이나 위아래의 굴곡은 잘 보이지 않으므로 이것이 심하게 되면 공기의 배제가 힘들게 된다.



<그림 9-17> 평탄지의 관부설

4) 관의 절단

가) 절단공 및 절단관리자

절단공은 정부기관이 인정한 면허소지자이어야 하며, 절단관리자는 용접사에 준한다.

나) 기자재

저압용 또는 중압용 가스절단기와 부속자재

다) 절단작업

- ① 관을 절단하고자 할 때에는 관의 절단길이 및 절단개소를 정확히 정하고 절단선의 표선을 관둘레 전체에 표시한다.
- ② 관의 절단은 관축에 대하여 직각으로 하여야 한다.
- ③ 절관이 필요할 때에는 잔재를 대조, 조사하여 가능한 한 잔재를 사용 하여야 한다.
- ④ 관을 절단하는 장소 근처에 가연성물질이 있는 경우에는 보안상 필요한 조치를 취한 다음 주의해서 시행하여야 한다.
- ⑤ 강관의 절단은 절단선을 중심으로 폭 30cm 범위의 도복장을 벗겨내고 절단선을 표시하여 절단한다. 또, 절단중에는 관내 외면의 도복장에 인화되지 않도록 주의하고 적절한 보호조치를 취하여야 한다.
- ⑥ 강관의 절단을 완료한 뒤에 신관의 끝 부분 모양과 같이 신중하게 접합부를 마무리해야 하며, 절단부분의 도복장은 신관과 동일한 치수로 다듬어야 한다.

마. 용접공

관수로공사는 다양한 관 지름을 사용하기 때문에 많은 용접공이 이루어진다. 이때 용접부에서 누수와 퇴적이 발생하지 않도록 취급에 주의를 요하며 이음부의 취급에 주의를 기울여야 한다.

1) 접합의 원칙

일반적인 관의 접합은 벨엔드 용접, 관부속시설과 접합은 플랜지 접합을 원칙으로 한다. 시공상 부득이한 부분은 베벨엔드 용접을 할 수 있으나 이때에도 품질은 벨엔드 용접과 동등 이상이어야 한다.

2) 용접의 종류

가) 맞대기 용접접합(butt welded joint)

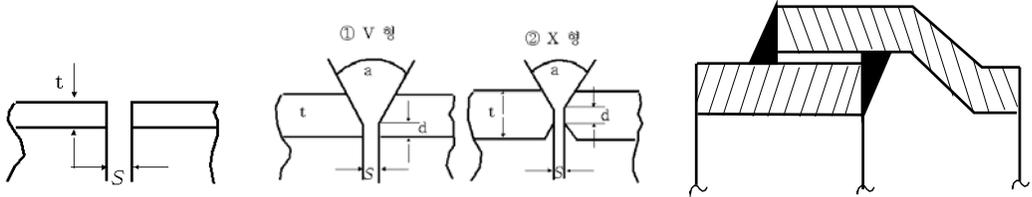
관의 내측에서 용접을 할 수 없는 소규경관(보통600A이하)에서 편면용접인 맞대기 용접접합을 채용한다.

(1) 플레인 엔드(plain end) 접합

관끝을 관축에 대하여 직각으로 절단한 것으로서 관두께가 얇아 용접으로 충분한 용상을 얻을 수 있을 때 사용하는 방법

(2) 베벨엔드(bevel end) 접합

관끝을 사각(斜角)으로 절단(beveling)하여 용상이 충분하도록 하는 방법으로 관두께에 따라 V-형홈(V-groove), X-형홈(X-groove)으로 구분되며 그림과 같다.



<그림 9-18> 플레인엔드 접합

<그림 9-19> 베벨엔드 접합

<그림 9-20> 벨 및 스피곳 접합

부호 형식	t	s	d	a
I 형	< 4mm	0.5~1.5mm	-	-
V 형	6~20mm	0~3mm	≤2.4mm	60°~70°
X 형	≥16~20mm	0~3mm	2mm	70°

나) 겹치기 용접접합(lap-welded joint)

관의 한쪽 끝은 수구(受口 : bell end)로 형성하고 다른 한쪽 끝은 삽구(插口: spigot end)로 형성하며, 현장에서 수구와 삽구를 연결 조립하여 관내외에서 용접하는 방법으로서 대구경관의 접합에서 사용하고 있다. 이 접합법을 "벨 엔드 스피곳 접합(bell and spigot joint)" 또는 약칭으로 bell end접합이라고 한다.

3) 용접일반사항

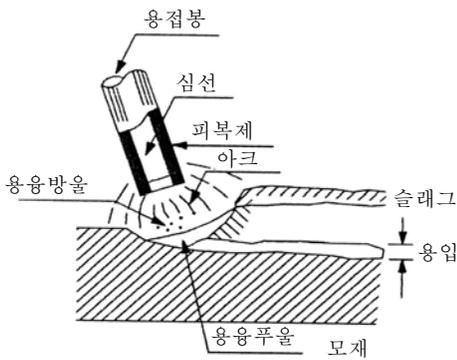
① 용접작업 수행은 다음규격에 따른다.

- ANSI B. 16.25 : Butt Welding End
- AWS A. 5.0 : Filter Metal Comparison Charts
- API STD 1104 : Standard for Welding Pipelines and Related Facilities
- ASME SEC 1 : Power Boiler

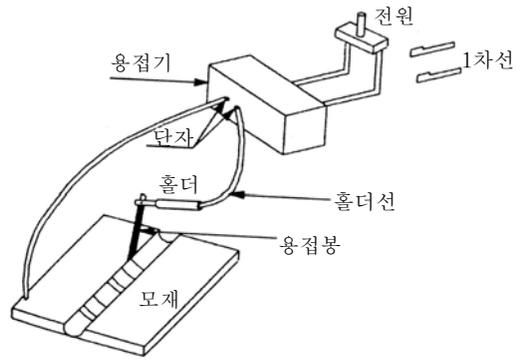
- ASME SEC VIII : Pressure Vessel
- ASME SEC IX : Welding And Brazing Qualification

② 강관 용접접합에는 피복 아크 용접을 원칙으로 하며, 이에는 전기 아크 용접, 탄산가스 아크용접이 있다.

- 피복 아크 용접은 홀더로 지지한 용접봉과 모재(母材)사이에 교류 또는 직류전압으로 ARC를 발생시킨다.
- ARC의 강한열(5,000~6,000℃)에 의하여 용접봉이 녹아 금속용융 또는 용융이 되어 용융풀(molter pool)에 용착 모재의 일부와 융합하여 용접 금속을 만든다.



<그림 9-21> 피복 아크 용접원리



<그림 9-22> 아크 용접회로도

- ③ 계약상대자는 현장 용접시 용접에 대한 충분한 지식과 경험을 가진 기술자에 의해서 시공되어야 한다.
- ④ 상기 ③의 용접기술자는 정부기관에서 발행한 용접면허증 소지자이어야 하며, 자격증명서를 감독자에게 제출하여야 한다.
- ⑤ 계약상대자는 용접시공에 관한 용접봉 재료선정, 용접시행계획, 용접봉 보관방법 등을 포함한 시공계획서를 작성하여 감독자에게 보고하고 지시를 받아야 한다.
- ⑥ 시공자는 매일 용접실적을 <표 9-18>의 용접일지 양식에 의거 정확히 기재 하여 감독자에게 제출하여야 한다.

<표 9-18> 용접일지

날짜	관경	용접개소 고유번호	배관공 성명	용접공 성명	용접시 사용전류 (A)	기밀시험 이상유무 상용압력	예열 온도	후열 온도	용접봉 종류 및 규격	도복장 상태	관 청소 상태	비고

4) 용접사 자격

- ① KS B 0885(용접기술검정에 있어서의 시험방법 및 판정기준)에 정해진 시험종류 중 그 작업에 해당하는 시험에 합격한 자로서 정부기관에서 발행한 전기용접 기능사 자격증소지자를 원칙으로 한다.
- ② 시공자가 선정한 용접기능사중 자격증을 소지하지 않은 자에 대해서는 감독자의 입회하에 용접시험을 실시하여 적정하다고 판정된 기능자에 대해서만 해당공사 현장에 종사케 할 수 있으며 준공시까지 신상을 관리해야 한다.
- ③ 용접기능에 대한 현장 용접시험 실시단계 및 판정기준은 KS B 0885에 따르며 감독자의 승인을 받아서 정한다.

5) 용접기자재

가) 용접기

- ① 용접기는 직류 또는 교류를 사용하고 적정전류로 용접하여야 한다.
- ② 용접기는 KS C 9602(교류 아크 용접기)에 규정된 것이나 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것을 사용하여야하며 만일 교류전원이 없는 현장에서는 엔진구동식이나 정류식 직류 아크 용접기를 사용한다.

나) 용접봉

- ① 용접봉은 KS D 3508(피복 아크 용접봉 심선재) KS D 7004(연강용 피복 아크 용접봉)에 적합한 것 중 공사시방서나 감독자의 승인을 받은 것을 사용한다.
 - KS E 4301 : 일루미나이트계, KS E 4316 : 저수소계
- ② 용접봉 피복재는 용접시 피복성분의 합성작용에 의해 목표 용접을 가능하게 하는 성분으로서, 취급시 충격에 의해 떨어지는 경우가 많으므로 운반에 주의하여야 한다.



<그림 9-23> 용접봉 구조

- ③ 용접봉은 피복재가 습기를 흡수하면 용접작용이 곤란하고 수소함량이 많아져 용접결함이 발생되므로 용접봉을 개봉하면 즉시 건조로에 넣어 건조시켜 사용한다.
- ④ 용접용 홀더(holder)는 ICSC 9607(용접용 홀더), 용접용케이블은 ICSC 3321(용접용 케이블)에 규정된 것을 사용하여야 한다.

<표 9-19> 용접봉의 건조표준

종 류	건조온도	건조시간	종 류	건조온도	건조시간
KS E 4316(저수소계)	300~350℃	30~60분	KS E 5016(저수소계)	300~350℃	30~60분

6) 배관의 정열

- ① 배관의 정열은 용접변형, 시공편의, 용접순서를 고려하여 관경 300mm이상은 clamp를 사용 고정하고, 300mm미만은 시공자가 welding clamp 또는 welding fixture를 준비 사용하여 기 고정하고 도면과 대조하여 위치를 확인한 다음 용접을 수행하여야 한다.
- ② clamp의 제거는 stringer bead가 완전히 굳은 후에 실시하여야 하며, 용접에 미치는 응력이 잔류할 가능성이 있을 때에는 이를 더 연장하여야 한다.
- ③ 배관정열시 망치의 사용은 가급적 지양하고 불가피하게 사용할 경우에는 고무 또는 나무망치를 사용하여 관에 손상이 없도록 하여야 한다.
- ④ 배관정열의 오차는 $\pm 1^\circ$ 이하이어야 한다.
- ⑤ 용접단의 상호 이격거리는 $3\pm 1\text{mm}$ 를 초과하지 않아야 하며 용접단 정열시 관의 길이방향 배관두께의 5배 이상 또는 50mm중 큰 값 이상으로 떨어져야 한다.

7) 용접준비

가) 기상조건에 대한 준비

- ① 용접은 온도, 수분 등의 영향을 받는 작업이므로 기상상태에 주의하고 악조건인 경우에는 적당한 조치를 취하여야 한다.
- ② 현장용접주위온도가 35℃이상 또는 -15℃이하이거나 관 표면에 비, 눈, 얼음 등이 있을 때에는 용접해서는 안 된다.
- ③ 대기온도가 0℃이하~-15℃이상인 경우 용접선 양측 10cm범위를 약 40~70℃로 예열하고 용접을 시행할 수 있다. 이럴 경우 감독자의 승인을 받아야 한다.
- ④ 예열방법은 아세틸렌가스, 프로판가스 등의 가스화염에 의한 가열이 사용되며 가스토폰치는 다수의 팁을 배열한 다관식 토폰치를 이용하며, 예열 온도의 측정은 온도초크나 표면온도계를 사용하며 검사위치는 용접선의 양측 50mm에서 측정한다.
- ⑤ 바람에 의해 용접장애요인이 발생시에는 방풍장치를 하여야 한다. 방풍 기준은 피복아크용접의 경우 10% 풍속시 설치하여야 한다.

나) 용접할 관의 준비

- ① 용접할 표면에는 스케일, 슬래그, 그리이스, 페인트, 시멘트, 오물 등의 이물질은 와이어브러쉬 등으로 완전히 제거해야 하고, 완전히 건조시켜야 한다.
- ② 관내면의 용접작업을 시작하기 전에 용접시 발생하는 스페터의 흩어짐과 용접슬래그가 떨어져 관내부의 도장면을 손상하는 일이 없도록 내열재의 보호판을 접합부 양측 강관내면의 도장면에 원주를 따라서 부착하고서 용접에 착수하도록 한다.
- ③ 용접을 위하여 관내면의 보행시 도장부가 손상되지 않도록 고무판(두께 약 3mm, 폭 약 1m)을 깔아야 하며, 관내 작업자는 관내부전용 고무장화를 신어야 한다.
- ④ 용접중 화재에 대비하여 소화기를 준비하고 또한 누전 등에 대한 방지 대책을 강구해야 한다.
- ⑤ 용접작업중 발생하는 연기를 제거하기 위한 환기장치를 준비하여야 한다.
- ⑥ 용접작업할 표면은 매끄럽고 또 일정한 표면이어야 하며, 용접에 나쁜 영향을 끼칠 염려가 있는 결함이 있어서는 안된다.
- ⑦ 절단토폰치(touch)로 절단하거나 에어아크가우징(air-arc gouging)한 표면의 슬래그 또는 산화물은 그라인더 등을 이용하여 제거한다.

8) 가용접

- ① 관을 용접하기 위하여 관의 변형을 교정하고 관 끝에 지나친 구속을 주지 않는 정도로 정확히 관을 정렬한 후 가용접을 최소한도로 한다.
- ② 가용접을 한 뒤에는 즉시 본용접을 하는 것을 원칙으로 하며, 임시고정 가용접만을 선행하는 경우 3분 이내로 그쳐야 한다. 본 용접을 할 때에는 임시로 가용접한 것을 완전히 떼어내야 한다.

9) 본용접

가) 용접 방법

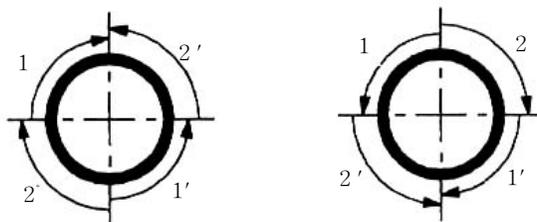
- ① 비드(bead)의 덧살(excess metal)은 모재 두께에 따라 표준 높이 이하이어야 하며 그 기준은 <표 9-20>과 같다.

<표 9-20> 모재두께와 덧살의 표준높이

모재두께 t(mm)	덧살 높이(mm)	모재두께 t(mm)	덧살 높이(mm)
$t \leq 12.7$	3.2 이하	$t > 12.7$	4.8 이하

- ② 아크용접은 용접부의 수축응력이나 용접변형을 적게 하기 위하여 용접열의 분포가 균등하게 되도록 용접순서를 정하고 시행하여야 한다.
- ③ $\varnothing 700\text{mm}$ 이상의 대구경 강관을 용접할 때는 용접열이 한곳에 집중되어 관이 손상을 받을 수 있으므로 2명 또는 4명이 동시에 서로 정반대 위치에서 대칭 용접을 하여야 한다.

<그림 9-24>에서 나타낸 것처럼 용접공이 1과 1'의 1/4원주를 대칭방향에서 화살표 방향으로 용접하는 것이 바람직하다.

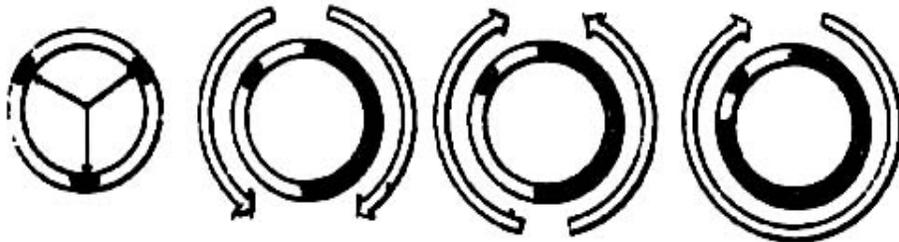


<그림 9-24> 현장 용접 진행순서

- ④ 관두께가 두꺼울 경우에는 다층용접을 하여야 하며, 비이드 두께는 대략

3mm이하로 유지하여야 한다. 특히 제2층 용접은 제1층 용접부의 균열방지 목적으로 1층 용접이 완료된 직후 그 온도가 적어도 200℃이상일 때 행하는 것이 좋다.

- ⑤ 용접을 시작한 후 한층이 완료될 때까지 연속해서 용접한다.
- ⑥ 용접은 각층마다 슬래그, 스파터 등을 완전히 제거하고 청소한 뒤 용접한다.
- ⑦ 양면 맞대기 용접인 경우에는 한쪽의 용접을 완료한 뒤 반대측을 측정하여 건전한 용접층까지 따낸 다음 용접하여야 한다.
- ⑧ 굴곡개소에 대한 용접은 그 각도에 따라 관 끝을 절단한 뒤 관 끝을 규정된 치수로 다듬질한 다음에 용접한다. 중간에 절관을 사용하는 경우에도 이에 따른다.
- ⑨ 용접작업은 용접부재의 용합이 충분히 되도록 적절한 용접봉, 용접전류 및 용접속도를 선정하고 결함이 없도록 하여야 한다.
- ⑩ 용접 후 급격한 냉각을 해서는 안 된다. 용접부의 후열처리는 다음과 같은 효과가 있으므로 가능하면 후열처리를 실시하는 것이 바람직하다. 후열에 대해서는 공사시방서의 규정에 따른다.
 - 응력의 제거 : 용접부에 존재하는 잔류응력의 제거로 사용중 파괴방지 (통상 탄소강에서 650℃ 정도로 후열)
 - 조직의 개선 : 열 영향의 소입(燒入)조직이 후열에 의하여 풀림(annealing)으로 점성이 강한 조직으로 변하여 균열을 방지한다.
- ⑪ 강관용접은 다음 3가지 방법 중 하나를 사용한다.
 - 관의 윗면에서부터 아크를 발생시켜 아래 면으로 이동(그림b)
 - 관의 밑면부터 아크를 발생시켜 비드를 쌓는다(그림c)
 - 관의 윗면부터 아크를 발생시켜 용접선을 따라 연속해서 용접(그림 d)



(a) 가 접 (b) 양방향 하진 (c) 양방향 상진 (d) 한방향 용접 가접

<그림 9-25> 관의 용접 방법

⑫ 용접시 용접봉에 따른 적정 전류는 <표 9-21>과 같다.

<표 9-21> 용접봉에 따른 적정전류

구분	용접방법	용접봉 지름				
		ø3.2mm	ø4mm	ø5mm	ø6mm	
전류	일루미나이트	하향	80~130	120	170~250	240~310
		상향, 입향	60~110	100	130~250	
	저수소계	하향	90~120	120	180~230	240~300
		상향, 입향	80~110	110	170~210	

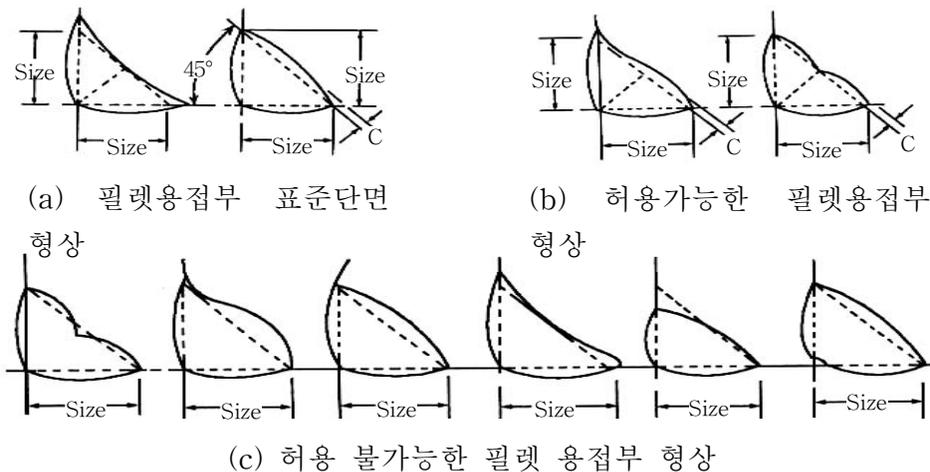
⑬ 용접부에는 다음과 같은 결함이 없어야 한다.

- 균열(crack)
- 용입 부족, 용량 불량
- 블로우홀(blow hole)
- 슬래그 섞임(slag inclusion)
- 언더 커트(under cut)
- 오버랩(over lap)
- 용접비드의 불균형

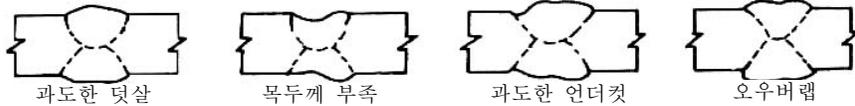
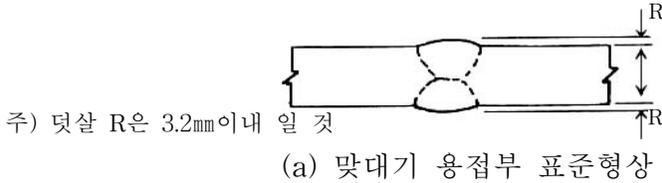
나) 용착금속의 표준형상

(1) 일반적인 용착금속의 단면형상

용착금속의 적절한 형상 특히 덧살의 크기, 오우버랩(over lap), 언더컷(under cut) 등의 허용한도는 접합되는 제품의 용도, 사용조건 등에 따라 다르지만 실제 큰 차이는 없으며, 미국용접학회(AWS)에서 일반 구조용 강재의 용접부에 대하여 적용중인 형상의 예를 <그림 9-26>에 나타냈다.



<그림 9-26> 필렛 용접금속의 단면형상



<그림 9-27> 맞대기 용접금속의 단면형상

(2) 벨엔드(bell end)접합부의 표준용접 각장(脚長)

국내 대구경 수도용 강관은 대부분 벨엔드에 의한 현장 필렛 용접이 이루어져 왔다. 이때 필렛 용접부의 각 장 크기는 접합부 강도에 직접 관계되는 중요한 사항으로서 설계치에 적합 되도록 시공되어야 한다. 벨엔드 접합부의 표준용접 형상은 그림과 같다.

관경 600A 이하	관경 700A 이상
<p>$l = t + 3$ $l : l' = 1 : 1$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 외면 : $l = l' = 1 : 1$ $l = 0.85(t+3)$ • 내면 : $l = l' = 1 : 1$ $l = 0.85(t+3)$
<p><참고> 용접봉 산출공식</p> <ul style="list-style-type: none"> • 외부 : $0.85(t+F)^2/2 \times 3.14 \times [D' + \{(0.85(t+F) \times 2)/3\} \times 7.850/E]$ • 내부 : $0.85(t)^2/2 \times 3.14 \times \{D + (0.85t/3) \times 7.850/E\}$ <p>식에서, D' : 관의 외경, E : 용착효율(58%)</p>	

<그림 9-28> 벨엔드 접합부 표준 용접형상

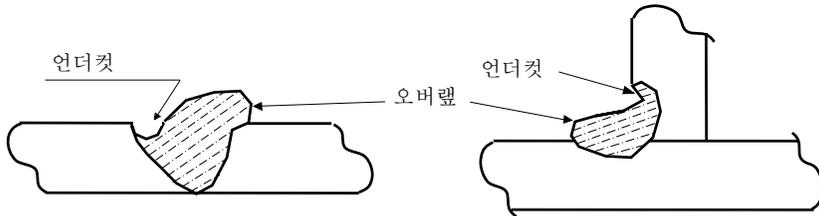
10) 용접검사

가) 외관검사

- ① 외관검사는 외관검사에 풍부한 경험과 지정된 교육을 받은 자로서 감독자의 승인을 받은 자로 한다.

② 외관검사의 검사상태는 다음에 의한다.

- 언더컷(under cut) : 용접의 지단에서 모재가 파여져 용착금속이 채워지지 않고 긴 홈으로 남아있는 부분으로서 ① 깊이가 0.5mm미만이면 무시하여도 좋으며, ② 깊이가 0.5mm이상 1.0mm미만인 언더컷의 깊이가 모재 두께 이상이 되어서는 안 되며, ③ 깊이가 1.0mm이상인 언더컷이 있어서는 안 된다.

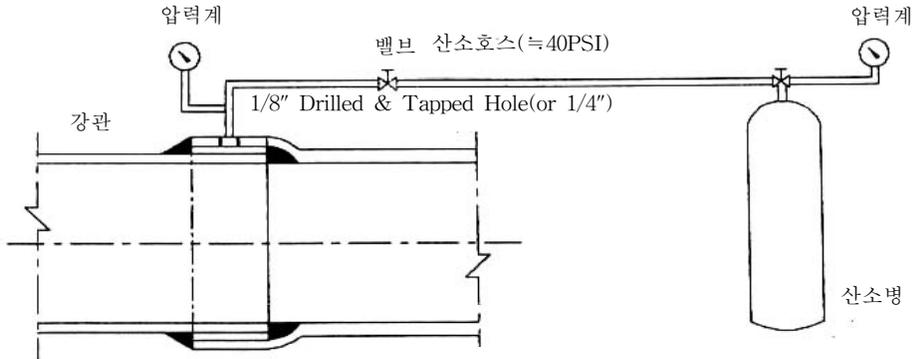


<그림 9-29> 언더 컷트 및 오버랩 모양

- 오버랩(over lap) : 용착금속이 모재에 용착되지 않고 겹쳐진 부분으로 허용되지 않는다.
 - 용접비드의 불균형 : 용접비드가 고르지 않고 도복장 작업에 영향을 미칠 정도로 불량해서는 안 된다.
 - 필렛(fillet)용접부의 각장 및 목두께 : 용접 길이의 5%이하 범위에서 각장은 1.0mm, 목두께는 0.5mm까지는 허용한다.
 - 아크 스트라이크(arc strike) : 아크 용접시 최초로 아크를 발생시키는 일 또는 모재 위에 순간적으로 아크를 뛰게 하고, 끊는 일로서 모재표면에 아크 스트라이크가 없어야 한다.
 - 크랙(crack) : 용접부위에 크랙이 있어서는 안 된다.
 - 슬래그, 스페터(slag, spetter) : 슬래그, 스페터는 완전히 제거되어야 한다.
- ③ 외관검사 완료시 외관검사 보고서를 작성 제출한다.

나) 벨엔드 접합의 산소압축시험(기밀시험)

- ① 벨엔드 접합의 매접합부마다 시공 후 반드시 실시하여야 한다.
- ② 관내외면의 용접이 끝나면 용접부위가 완전히 해열된 후 부착된 오물을 깨끗이 제거하고 용접개소 시험공에 압력계를 부착시킨다.
- ③ 압력계를 부착시킨 후 고압가스 압축가스통의 콕크를 서서히 열어 압력계의 지침이 147N/cm²에 도달되도록 한다.



<그림 9-30> 벨엔드 접합부의 누설시험방법

- ④ 압력을 $147\text{N}/\text{cm}^2$ 로 유지한 상태에서 1시간 동안 누기현상을 비누물 등으로 관측하고, 누기지점은 용착물을 완전히 제거한 후 재용접하고 시험을 반복한다.
- ⑤ 기밀시험이 끝나면 부착된 압력계를 제거하고 용접개소 시험공은 용접 처리한다.

다) 맞대기 접합의 비파괴시험

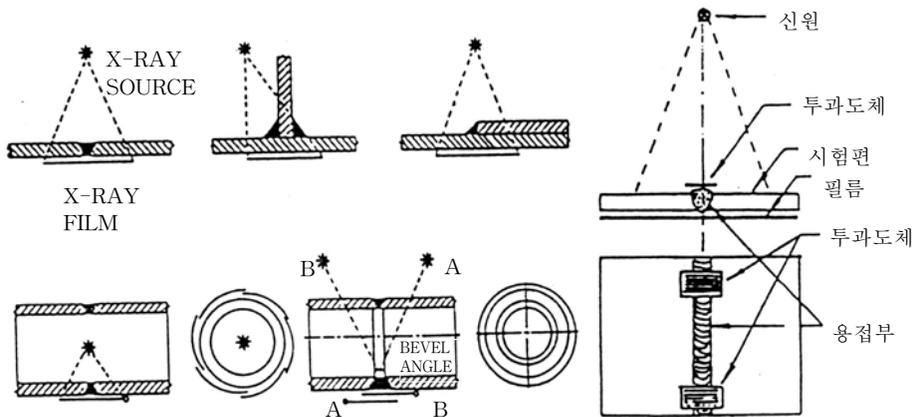
(1) 방사선 투과시험(R.T : Radiographic Testing)

① 검사방법

- 투과촬영은 감독자가 필요하다고 인정되는 개소에 대하여 개소당 2매를 촬영한다.
- 촬영위치는 용접매 교차부위를 원칙으로 하며 감독자가 위치를 지정할 경우에는 그에 따른다.
- 필름 1매의 길이는 250mm이상이어야 하며 투과사진은 음화 상태에서 검사 받아야 한다.
- 소구경관으로서 사람이 들어갈 수 없는 경우에는 KS B 0888(배관용 접부의 비파괴검사방법)에 규정한 이중벽 편면 촬영방법에 따른다.
- 투과사진(음화)은 검사완료 후 촬영개소를 명시하고 일괄 정리하여 감독자에게 제출하여야 한다.

② 판정기준

- 용접부 결함은 KS B 0845에 따라 판정하고 제1종결함 및 제2종결함의 3급 이상을 합격으로 한다.

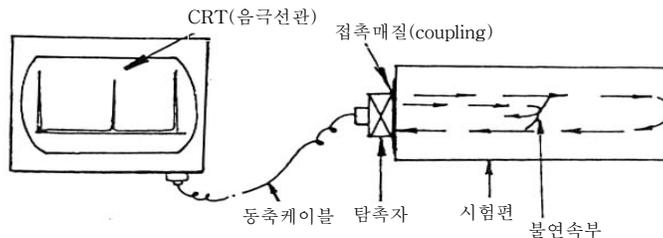


<그림 9-31> 방사선 투과시험도

(2) 초음파 탐상검사(UT : Ultrasonic Testing)

① 검사방법

- 검사개소는 원칙적으로 1구에 대하여 2개소로, 그 개소는 감독자가 지시한다. 이때 1개소의 검사길이는 30cm를 표준으로 한다. 단 감독자가 필요하다고 인정할 때에는 검사개소 및 검사길이를 증가시킬 수 있다.
- 검사작업에 앞서 검사방법, 공정, 보고서의 작성 양식에 대하여 감독자의 승인을 받은 다음 작업을 시작한다.
- 현장 용접이음부의 초음파 탐상시험은 KS B 0817, KS B 0888, KS B 0896에 따른다.
- 초음파 탐상시험결과를 기록하여 감독자에게 제출하여야 한다.



<그림 9-32> 초음파 탐상시험도

② 판정기준

- 현장용접 이음부의 초음파 탐상시험은 KS B 0817(금속재료의 펄스반사법에 따른 초음파 탐상시험방법 통칙), KS B 0888 및 KS B 0896에 따른다.

- 결함의 평가는 모재의 두께에 따라 <표 9-22>의 A, B, C값으로 구분되는 결함 지시 길이와 최대에코(echo) 높이의 영역에 따라 <표 9-23>에 의하여 평가한다. 단, 다음 사항을 고려하여 평가한다.
- ㉠ 동일한 길이에 존재한다고 간주되는 2개 이상의 결함간격의 길이가 어떤 결함지시 길이 이하인 경우에는 이들 2개 이상의 결함지시 길이를 합한 간격의 길이를 합한 것을 결함지시로 한다.
- ㉡ 위와 같은 방법으로 얻은 결함지시 길이 및 1개의 결함지시 길이는 2방향 이상에서 탐상하고, 서로 다른 값을 얻은 경우에는 이 중에서 큰 쪽의 값을 결함지시 길이로 한다.

<표 9-22> 초음파 탐상시험에 대한 결함지시 길이의 구분

결함지시길이구분 모재길이(mm)	A	B	C
6이상 18이하	6	9	18
18이상	t/3	t/2	t

t : 모재의 판 두께, 판 두께가 다른 맞대기 용접일 때에는 얇은 쪽의 두께로 한다.

<표 9-23> 초음파 탐상시험에 대한 결함의 평가점

결함지시길이 최대 에코높이	A 이하	A이상~B이하	B이상~C이하	C 이상
영역 III	1점	2점	3점	4점
영역 IV	2점	3점	4점	4점

- 결함 평가기준 : 전항 ㉡의 기준에 따라 결함 평가점이 3점 이하이고, 결함이 가장 조밀한 용접부의 길이 30cm당 평가점의 합계가 5점 이하인 것을 합격으로 한다.

11) 보 수

용접부 검사결과 불합격된 용접부는 관 전체둘레를 촬영하고 불량개소는 세밀하게 제거한 후 그루브(groove)등을 점검한 다음 재 용접한 뒤 다시 검사를 받아야 한다.

바. 도복장 공사

1) 현장 도복장 작업시 주의사항

- ① 관내면 바닥에 두께 약 3mm, 폭 약 1m의 고무판을 깔아서 도막면(塗膜面)의 손상을 예방한다. 특히 맨홀 등의 개구부 바로 아래바닥에 유의해야 한다.
- ② 관내에 들어가는 작업자는 관내부 전용의 고무장화를 신는 것을 원칙으로 하고, 신발바닥에 모래나 흙이 묻혀 들어가지 않도록 한다.
- ③ 관내부에 용접이나 가스절단을 하는 경우는 스파터, 불똥 등이 비산되는 범위에 고무판을 깔아서 도막의 손상을 방지한다.
- ④ 관내 작업에 사용하는 발판에는 3mm 두께의 고무판으로 보호해서 도막면에 손상이 생기는 것을 예방해야 한다.
- ⑤ 관내에 갖고 들어가는 전선류는 캡다이어나선으로 하고 토사가 전선에 부착되지 않도록 주의하여야 하며, 전선이 벗겨진 곳이 없어야 한다.

2) 도장공

도복장 시공에 앞서 도장공의 경력서 및 사진을 제출 받는다. 또한 도장공은 도복장공사에 대하여 풍부한 실무경험을 가진 우수한 기능을 보유한 자여야 한다.

3) 접합부의 액상에폭시 수지도료 도장

가) 재료

- ① 강관 용접부 내부도장용 액상 에폭시 수지도료는 KS D 8502에 정한 규격과 동등하거나 그 이상의 제품이어야 한다.
- ② 표준형 도료는 10℃이상, 저온형 도료는 5~20℃범위에서 사용하여야 한다.

나) 전(前)처리

- ① 용접으로 생긴 유해한 돌기부는 그라인더, 와이어 브러쉬 등으로 평탄하게 하고, 도장할 면에 부착된 오물이나 유분 등을 다음과 같이 깨끗이 처리한다.
- ② 프라이머가 도장되어 있는 접합부에 대하여는
 - 비드부위, 소손부위는 브러쉬를 이용하여 녹이 없도록 한다.
 - 열화된 프라이머는 브러쉬로 제거한다.
- ③ 프라이머가 도장되지 않은 접합부에 대하여는 비드부위 및 녹이 슨 부분을 브러쉬 등으로 청소한다.

④ 공장도장과 현장도장의 겹치는 부분에 대하여는

- 겹치는 부위 20mm 및 프라이머가 손상되지 않은 부위는 샌드페이퍼 등으로 도막표면을 거칠게 다듬는다.
- 공장도장의 도막 끝 부분은 샌드페이퍼 등으로 테이퍼를 준다.

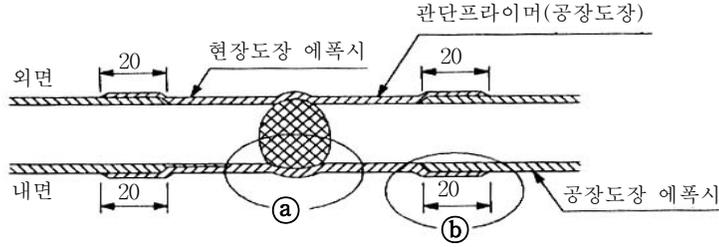
다) 도장방법

① 도료의 조정

- 도료의 조정에 앞서 도료제조자가 지정하는 유효기간 내에 있는 것인지의 여부를 확인하고, 또 도장조건에 적합한지를 알아보아야 한다.
- 도료는 주제와 경화제를 규정에 의한 배합비로 혼합한 후 충분히 교반하여야 한다.
- 점도조정의 필요가 있을 시는 반드시 전용 희석제를 사용하되 희석제의 첨가는 최대 10%(중량)를 넘지 말아야 하며 도료제조자가 지정하는 범위 내에서 점도를 조정한다.

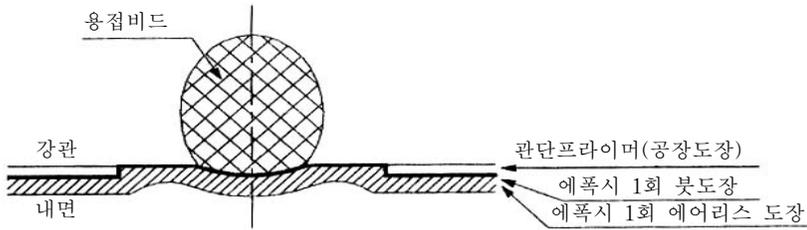
② 도장작업

- 피도장면에 수분이 부착되지 않았는지를 확인한다. 수분부착여부를 간단히 알아보려면 셀로판 테이프를 도장할 면에 붙이고 수평방향으로 떼어낼 때 명료한 소리가 들리면 수분의 부착이 없는 것으로 간주하면 된다. 만일 피도장면이 결로 연결되어있는 경우는 적외선 열풍 등으로 균일하게 가열한다.
- 먼저 용접 비이드부분은 붓이나 솔로 가로, 세로 방향으로 여러번 도장을 한 다음 붓 또는 스프레이도장 방법으로 지정된 두께가 되도록 한다. 도막의 두께는 0.3mm 이상이어야 한다.
- 도장면은 건조이전에 오물, 수분 등이 부착되지 않도록 한다.
- 도장막을 경화 촉진시키거나 또한 도장 후 적합한 환경조건을 유지하기가 곤란할 경우 등은 적외선, 열풍 등으로 도료제조자가 지정하는 온도까지 균일하게 가열할 수 있다.
- 도장 작업 완료 후부터 3일 이상 통풍 환기하여 용제 냄새를 없앤다.

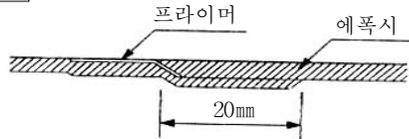


㉠부 상세도

(a) 에어리스 스프레이 도장일 때



㉡부 상세도



<그림 9-33> 현장 에폭시 수지도료 도장 상세요령

4) 강관용접부 내부 폴리우레아 도장

가) 피도장면의 전처리

- ① 강관 용접후 관경 600mm이상의 경우에는 내부에 폴리우레아 도장을 하여야 한다.
- ② 피도장면의 전처리는 다음과 같이 처리되어야 한다.
 - 용접으로 인하여 피도장면에 생긴 해로운 돌출부는 평활하게 하여야 한다.
 - 티끌, 먼지, 진흙 등이 묻어 있을 때는 깨끗한 면포로 제거하고 청소하여야 한다. 수분이 있을 때는 건조된 면포로 닦아 낸 후 충분히 건조시켜야 한다. 스케일, 녹, 이물질 등은 블라스트, 디스크 샌더 등으로 제거하고 청소하여야 한다. 부착된 기름기는 용제를 묻힌 면포 등을 이용해서 제거하여야 한다.

- ③ 용접에 의해서 손상된 부분의 도장은 디스크 샌더 등으로 제거한다. 제거 부분 주변의 손상을 받지 않은 도막 및 공장 도장부와의 중복된 부분은 너비 20mm정도에 걸쳐 디스크 샌더 등으로 처리하여 표면을 거칠게 하여야 한다.
- (3) 도료의 부착에 지장을 주는 먼지, 기름 등 이물질을 완전히 제거하여야 한다.

나) 도장

계약상대자는 다음 사항에 따라 도장하여야 한다.

- ① 피도장면의 결로 방지를 위하여 예열할 필요가 있을 때는 적외선, 열풍, 열탕침지 등에 의한 균일한 가열을 하여야 한다.
- ② 도장은 이물질의 혼입, 도장얼룩, 핀홀, 도장 안 된 곳이 없이 균일한 도막이 얻어질 수 있도록 하며 또한, 도장제품의 도막두께를 확보하기 위하여, 중복도장을 할 때는 도료제조자가 지정한 재도장 시간 내에 도장하여야 한다.
- ③ 용접에 의하여 접속된 도장제품은 용접열에 영향을 고려해서 끝부분을 미도장된 상태로 남겨 두도록 한다. 다만, 미도장 부분에 대하여 방청 방지용 프라이머를 도장하여야 한다.
- ④ 도막의 보호와 경화촉진은 다음에 따라야 한다.
 - 도막을 지속건조시간까지의 사이에 티끌, 먼지, 수분 등이 묻지 않도록 하여야 한다. 그 후의 경화과정에서도 도막을 손상하지 않도록 주의하여야 한다.
 - 도막은 용제가 휘발되기 쉽도록 대기 중에 노출시켜 놓아야 한다. 또한 필요에 따라 도막의 경화촉진을 위해 적외선, 열풍 등으로 가열할 수 있다.

다) 도막의 두께

도장제품의 도막두께는 0.5mm 이상이어야 한다.

라) 도장의 검사

도장작업이 끝나면 감독원의 입회하에 Holiday Test를 실시하여야 하며 검사 전압은 내부 2,500V, 외부 3,000V를 표준으로 한다.

5) 현장용접 접합부의 외면 피복

가) 일반사항

- ① 현장용접 접합부의 외면피복은 공사시방서에 따른다.
- ② 현장용접 접합부의 외면피복 시공방법에 대하여 착공 전에 감독자에게 보고하여야 한다.

나) 재료

수도용 도복장강관의 현장용접 이음부 외면방식에 사용하는 현장용접접합부의 외면피복의 종류는 플라스틱계 테이프, 고무계 시트, 열수축계튜브(tube) 및 시트(sheet)로 한다.

다) 피복면의 전처리

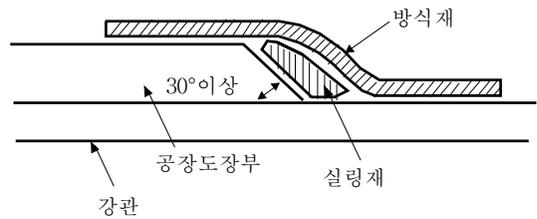
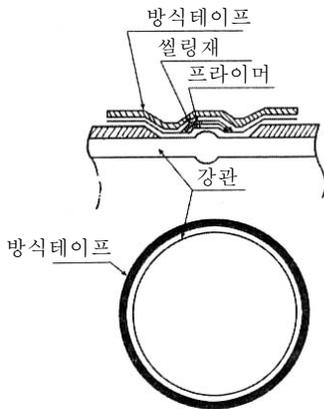
- ① 용착 금속 중에 잔존하는 확산성 수소의 제거를 위해서 저수소계 용접봉을 사용했을 때는 24시간 이상 방치하여야 한다. 단, 긴급을 요하는 경우에는 프라이머 도장 전에 가스버너를 사용하여 용접비드 부분에 허용온도 600℃까지 반복 가열하여 강제 배출 하여야 한다.
- ② 도장면의 수분은 건조된 면포로 닦아낸 후 충분히 건조시켜야 한다.
- ③ 슬래그, 스패트 및 용접비드 부분의 도장에 유해한 돌출부 등을 감독원에게 승인 받은 기구로 제거하고 강면을 되도록 평활하게 마무리하여야 한다.
- ④ 열화한 프라이머, 강면에 부착되어 있는 기름, 먼지 기타 이물질 등을 감독원이 승인한 방법으로 제거하여야 한다.
- ⑤ 용접으로 인하여 생긴 모서리나 거친 부위는 평활하게 다듬어야 한다.
- ⑥ 계약대상자는 공장 도복장부 양끝단 75mm까지의 크라프트지를 전동그라인더나 와이어브러쉬로 제거하고, 경사각 20°정도로 다듬질하여야 한다.

라) 매스틱 충전

- ① 액상접착제를 바른 후 테이프를 감기 전에 외부용접부위에는 매스틱을 사용하여 테이프 접착이 용이하도록 해야 한다.
- ② 매스틱의 충전 범위는 테이프가 주름지거나 꺾여지지 않은 상태에서 완만하게 강관표면에 접착될 수 있도록 감아서 채운다.

마) 테이프 감기

- ① 테이프는 공장도복장 부위 끝단 가장자리로부터 최소한 75mm 안쪽으로부터 나선식으로 감아야 한다.
- ② 테이프의 첫 시작 면은 공장도복장 단면이 9~10시 또는 2~3시 방향에서 시작하여야 한다
- ③ 처음 시작시에는 테이프 폭의 2배에 해당하는 길이만큼 프라이머 도장면 위에 올려놓고 손바닥으로 단순히 눌러 주어 압착시켜야 하며, 그 이후부터는 체중을 실으면서 힘껏 잡아당겨 최소 1회는 동일개소에 겹쳐 감아야 한다.
- ④ 한 바퀴를 완전히 감고나면 테이프 시작면부터는 50% 중첩, 즉 먼저 감는 테이프의 중앙 위치에 오도록 하고 감은 끝은 한번더 겹쳐 감아 보강한다.
- ⑤ 중간에 테이프 교체시 원주방향의 겹침은 약 150mm앞의 부분에서 겹쳐서 감아야 한다.
- ⑥ 토양조건이 주위와 다르거나 되메우기 등 작업 시에 물리적 손상이 발생할 염려가 있을 경우에는 규정 이상으로 보강하여야 한다.
- ⑦ 작업자는 꼭 필요한 경우를 제외하고 도복장 부위를 걸어 다녀서는 안되며, 필요한 경우 도복장부를 보호할 수 있는 방법을 감독원에게 승인을 받아 보호방법이 조치된 뒤 작업자의 보행을 허락할 수 있다.
- ⑧ 현장 용접접합부의 외면피복의 감는 방법은 <그림 9-34>와 같다.



<그림 9-34> 접합부 외면테이프 피복감기 <그림 9-35> 실링재의 장착

바) 고무계 시트의 시공

- ① 방식재의 종류에 따라 프라이머를 사용할 때에는 방식재 시공부에 도포량 1㎡당 100g정도를 도포하고 완전하게 건조시켜야 한다.

- ② 공장도복장의 끝 면이 30°이상인 경우에는 <그림 9-35>와 같이 미리 관의 둘레를 따라 실링재를 장착하여야 한다.
- ③ 방식시트와 공장도복장부가 겹치는 길이는 50mm이상으로 한다. 또 원주 방향의 겹치는 길이는 100mm이상으로 하여야 한다.
- ④ 방식시트를 붙일 때 관 표면의 온도가 60℃이하이어야 한다.
- ⑤ 비올 때나 습도가 높은 경우에는 원칙적으로 붙이지 말아야 한다. 다만 부득이한 경우에는 감독자의 승낙을 받은 후 빗물 등을 완전히 제거한 다음 붙여야 한다.
- ⑥ 방식시트의 붙임은 박리지(종이)를 떼어 내면서 관의 표면에 압착되도록 붙여야 한다. 이 경우 관의 정점에서부터 관축을 중심으로 45°의 위치에서부터 붙이기 시작하고 관 둘레의 약 7/8되는 관 윗 부분까지 붙이고, 중복 붙이기 전에 실링재를 붙여 압착시킨 뒤에 실링재의 박리지를 떼어내고 시트를 중복하여 붙이며, 위에서부터 압력을 가해 밀착시킨다.
- ⑦ 보호시트공의 시공 : 본 항 플라스틱계 테이프의 시공의 ⑥에 따른다.

사) 열수축계 튜브의 시공

- ① 용접하기 전에 미리 관치수에 적합한 튜브를 관의 한쪽에 삽입하고 용접 작업에 지장이 없도록 하여야 한다.
- ② 방식을 한 관체는 버너를 사용하여 용접부의 중앙에서부터 좌우로 관체가 60℃정도가 되도록 예열한다.
- ③ 튜브의 장착은 미리 삽입해 둔 튜브를 피복위치까지 옮긴다. 또 튜브와 공장도복장부가 겹치는 부분은 50mm이상으로 한다.
- ④ 튜브의 가열수축은 버너의 불꽃이 직각으로 천천히 이동되게 하여 중앙부를 원주방향으로 360° 균일하게 수축한 후 중앙에서 한쪽 끝으로 공기를 몰아내는 요령으로 하고 끝 부분에서 접착제가 빠져 나올 때까지 전체를 균일하게 완전히 수축시킨다.

사) 열수축계 시트의 시공

- ① 시트와 공장도 복장부 및 원주방향이 겹치는 길이는 고무계시트의 시공 ③에 따른다.
- ② 관체의 예열은 본 항 열수축계 튜브의 시공의 ②에 따른다.
- ③ 시트의 붙임은 본 항 고무계시트의 시공의 ⑥에 따른다
- ④ 시트의 가열수축은 본 항 열수축계 튜브의 시공의 ④에 따른다.

아) 용접부 외부도복장 점검

- ① 용접부 외부 테이프 감기작업이 끝나면 감독원의 입회하에 Holiday Test를 실시하여야 한다.
- ② 공장이나 Yard 또는 현장에서 피복시험에 사용되는 장비는 청각신호 장치가 부착된 소형, 저전류, 전압 조정이 가능한 Pulse-type Holiday Detector 이어야 한다.
- ③ Detector의 검사전압은 10,000~12,000V를 표준으로 한다.
- ④ 계약상대자는 Holiday Detector의 전압은 하루 두번 이상 점검하여야 한다. (오전 작업전과 오후 작업개시전) 검사를 위한 정격전압을 얻기 위해 장비를 적절히 접지 시켜야 하며, 장비제작업체의 사용지침에 따라 전압을 조정하여야 한다.
- ⑤ Electrode는 약 0.15~0.3mm/s 속도로 도복장된 표면을 1회만 통과시켜야 한다. 만일 검사를 잠시 중단할 경우에는 도복장부위가 손상되지 않게 전류는 즉시 차단 시켜야 한다.
- ⑥ 만약 Electrode와 도복장 표면사이에 스파크가 일어나면 결함 부위는 분필이나 크레용 같은 적절한 표시 도구로 보수해야 할 부위를 표시하여야 한다.

자) 용접부 외부도복장 보수

- ① 모든 손상부위, 흠집, 결함부위 또는 잘못 시공된 부위는 반드시 피복층을 제거하고 보수하여야 한다.
- ② 손상부위는 구매자의 시방에 따라 처리하며 손상부위와의 겹침은 최소 100mm를 중첩 시공하여야 한다.

사. 플렌지 접합

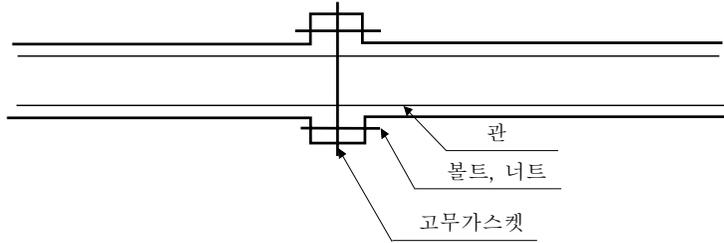
1) 일반사항

제수밸브, 유량계, 공기밸브 등 장래에 보수, 점검, 교환 등의 목적으로 설치되는 시설의 접합방법이다.

2) 접합방법

- ① 플렌지면 및 가스켓홈(gasket groove)을 청소하고 이물질은 완전히 제거한다.

- ② <그림 9-36>과 같이 수밀을 기하기 위하여 양 플렌지 사이에 고무 가스켓을 끼우고 볼트를 조인다.



<그림 9-36> 플렌지 이음

- ③ 볼트의 조임은 한쪽으로만 죄어지지 않도록 상하의 너트, 다음에 양쪽 옆의 너트, 다음에 대각 너트의 순으로 각각 조금씩 조이고 압륜과 소켓 끝의 간격이 관체 둘레 모두에 동일하게 되도록 한다. 이러한 조작을 반복해서 하고 끝으로 토크렌치로 같은 토크가 될 때까지 조인다.

<표 9-24> 볼트조임 토크

지름(mm)	토크 N/m(cm)	볼트의 호칭
80	58.8 (600)	M 16
100 ~ 600	98.0 (1,000)	M 20
700 ~ 800	137.2 (1,400)	M 24
900 ~ 1,200	196.0 (2,000)	M 30

아. 신축관의 이음공

신축이음관은 관로의 온도변화에 의한 신축 및 부등침하에 의한 응력을 흡수하기 위해 설치한다. 시공계획을 수립할 때 가능한 한 최후의 이음위치는 기계획한 신축이음이 있는 곳이 되도록 하여 신축이음 설치수량을 줄이고, 관 부설 작업 및 용접 열응력 소산을 용이하도록 한다.

신축관의 이음공은 6.12 신축이음을 참고한다.

<표 9-25> 플렌지(Flange)접합의 종류와 특성

분류 항목	맞대기 용접플렌지	삽입용접 플렌지	소켓트용접플렌지	나사식 플렌지
사용 구분	호칭 50A이상의 비교적 대구경에 이용됨. 반복응력, 굽힘 모멘트를 받는 곳, 고압, 고온, 저온배관 등에 유리함.	비교적 소구경으로부터 대구경에까지 광범위하게 사용되며 저온 및 상온용으로 널리 이용됨.	40mm이하의 소구경에 많이 이용되고 화학 프로세스배관등의 고압배관에도 이용됨.	구경 50mm이하에 많이 이용되며, 저압 배관, 용접불가능한 재료접합의 접합에 사용함.
응 력 집중도	1.0	내외 모두 용접시 1.25, 내외중편면용접시 1.30	1.15	2.30
피로 강도	100%	내외용접시 33% 편면용접시 27%	50%	15%
기밀	신뢰성이 가장 높음	내외용접시 신뢰성이 높음	맞대기형과 삽입형과의 중간정도	제일 저조
경제성	가격이 비쌈	재료비가 안전한 가격	재료비는 삽입형보다 약10% 높음	가단추철의 것은 제일 안전한 가격임.
기타 특징	①테이퍼(구배)가 긴 허브(Hub)가 보강역할을 하므로 다른 플렌지에 비하여 강도가 큼. ②용접에 의한 변형 적음 ③開先部の 절단정도 요구됨 ④대형이므로 협소한 곳에서는 취급이 어려움.	①비교적 소형에 많이 쓰이며 취급이 용이함. ②용접시 다소의 치수 조정이 가능하며 시공이 아주 용이함. ③플렌지면에 가까운 곳을 용접하므로 플렌지면에 손상이 되지 않도록 주의가 필요함.	①단조 플렌지의 경우 내면은 기계 가공되므로 조립 후의 배관내부는 깨끗하며 청소하기도 쉬움. ②플렌지 내경을 관의 내경과 똑같이 되도록 정확히 가공할 필요가 있음.	①화기를 필요로 하지 않고 접합이 용이 ②다른 플렌지에 비하여 누설의 염려가 적음

주 : 일반 수도용 배관에 사용되는 것은 주로 삽입용접형의 플렌지로서 그 형상과 치수는 KS D 3578(수도용 도복장강관 이형관)에 별도로 규정되어 있음.

자. 밸브의 설치

제수밸브, 공기밸브, 배니밸브, 유량계 등 부속설비는 설계도 또는 시공 표준도에 따라 정확히 설치한다. 밸브류를 설치할 때에는 유지관리, 조작 등에 지장이 없도록 하여야 한다. 이때 구체적인 설치장소는 주위의 도로, 가옥 및 매설물 등을 고려하여 감독자와 협의하여야 한다.

1) 일반사항

- ① 부속설비는 원칙적으로 서로 1m이상 떨어지도록 설치위치를 선정하여야 한다.
- ② 밸브류를 설치할 때에는 정확하게 중심내기를 하고 견고하게 설치한다.
- ③ 맨홀류의 뚜껑은 구조물에 견고하게 설치하고, 노면에 대하여 울퉁불퉁한 굴곡이 없도록 하여야 한다.
- ④ 밸브실의 설치는 침하, 경사 및 개폐축에 편심이 생기지 않도록 하여야 한다.

- ⑤ 밸브실 등을 설치할 때에는 정해진 기초 깎 돌 등을 깔고, 충분히 고르고 다진 뒤 콘크리트를 균일하게 쳐야 한다.

2) 밸브의 설치

가) 제수변

- ① 설치에 있어서는 중량에 알맞은 크레인이나 체인블록을 사용하고 물의 흐름에 따라 개폐방향을 고려하여 설치하여야 한다
- ② 개도지시계는 손상, 변형되지 않도록 천으로 덮어두거나 주의를 요한다.
- ③ 제수밸브를 설치하기 전에 밸브본체가 손상되지 않았는가를 확인하고 동시에 밸브의 개폐방향을 점검하고 여닫힘을 '단힘' 상태로 설치하여야 한다.
- ④ 제수밸브의 설치는 수직 또는 수평으로 설치한다.
- ⑤ 고정용 발이 부착된 밸브를 설치할 때에는 먼저 지지콘크리트를 수평으로 침과 동시에 앵커볼트 상자 (버터플라이 밸브는 밸브본체 바다중앙의 조정 나사 부분을 포함한다)를 설치하고 콘크리트가 소요의 강도로 된 뒤에 설치한다. 앵커볼트의 상자빼기부는 설치완료 후 지지콘크리트와 동등한 강도 이상의 콘크리트로 충전해야 한다.
- ⑥ 제수밸브를 설치한 후 밸브조정 축의 상단과 지표면과의 간격이 30cm정도 확보되도록 연결축으로 조정하여야 한다. 또, 연결축을 사용할 때에는 원칙적으로 진동방지장치를 설치하여야 한다.
- ⑦ 주요밸브류는 밸브실내 보기 쉬운 곳에 제작자명, 설치년도, 구경회전방향, 회전수, 조작 토크 등을 표시한 명판을 부착하도록 하며, 밸브머리(변)에는 밸브의 구경을 음각으로 표시하여야 한다.

나) 공기변

- ① 공기밸브 및 핸들이 부착된 플랜지슬루스밸브를 설치할 때는 밸브의 개폐 방향을 확인함과 동시에 밸브본체의 이상 유무를 확인하여야 한다.
- ② 쌍구 공기밸브는 양쪽의 덮개를 떼어내고 배기공의 대소를 확인함과 동시에 플로트밸브의 보호재 등을 제거하고 내부를 밸브의 개폐방향을 확인함과 동시에 밸브 본체의 이상유무를 확인하여야 한다.
- ③ 쌍구 공기밸브를 설치할때에는 플랜지부착 T자 관의 플랜지에 직접 핸들 부착 플랜지슬루스밸브를 설치해야 한다.
- ④ 설치완료 후 핸들부착 슬루스밸브는 '열림'으로 하고, 공기밸브는 '단힘'으로 한다. 단 통수한 후에는 원칙적으로 공기밸브는 '열림'으로 해둔다.

- ⑤ 평탄지에서도 노선길이가 긴 곳은 400~500m에 1개소 정도의 통기시설을 설치하는 것이 좋다.

다) 배니밸브

- ① 배니밸브를 설치할 때에는 제수밸브 설치공에 따른다.
- ② 배니밸브의 설치장소는 원칙적으로 관로의 오목한 곳 근처로 적당한 하천 또는 배수로 등이 있는 곳으로 한다.
- ③ 방류수면이 관저보다 높을 때에는 배수 T자관(슬러지관)과 토출구의 도중에 필요에 따라 배니밸브실을 설치한다.
- ④ 토출구 근처의 호안은 방류수로 인하여 세굴 또는 파괴되지 않도록 견고하게 축조하여야 한다.

라) 유량계

- ① 유량계는 수평으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 물의 흐름방향과 측정방향이 일치하도록 하여야 한다.
- ③ 전원 및 계측제어용 케이블의 배선은 설계도서 및 유량계의 정격에 맞는 규격으로 전선관을 사용 설치하여야 한다.
- ④ 전선관과 검출부는 음극방식배관 등 특별한 경우 외에는 반드시 표준접지 시공방법에 따라 3중 접지를 하여야 한다.
- ⑤ 유량계를 설치하기 전에 관을 잘 씻어서 관내의 토사, 기타 작업 중의 이물을 제거하여야 한다.
- ⑥ 유량계실은 물에 잠기지 않도록 방수시공에 철저를 기하여야 하며 배수 시설을 갖추어야 한다.
- ⑦ 유량계실은 방습용의 조명시설을 갖추어야 한다.
- ⑧ 유량계실은 겨울철의 동파 등 영향을 방지하기 위해 보온조치를 하여야 하고 필요시 히터 등을 갖추어야 한다.
- ⑨ 유량계실은 관리자의 출입이 용이하도록 내식성 사다리 또는 계단을 설치 하여야 한다.

3) 밸브실의 설치공사

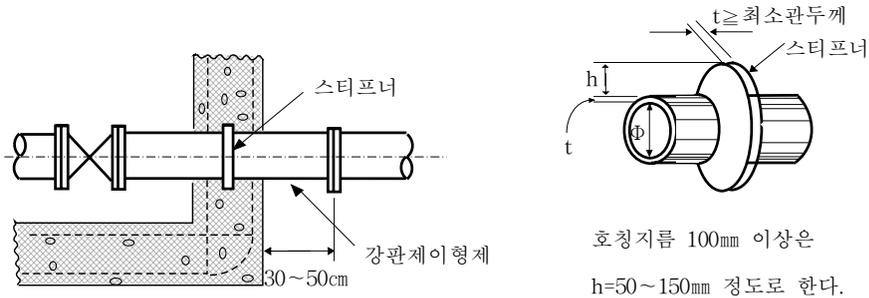
가) 밸브실의 종류

- ① 제수밸브, 유량계, 공기밸브, 배수변 검사공 등의 시설은 대부분 지중에 설치 되기 때문에 밸브의 관리 및 보호를 위하여 보호시설을 설치하여야 한다.

- ② 통상 소규모 보호공(보통 300A이하의 관)은 기성의 콘크리트관 등을 사용하고, 대규모 보호공(보통 400~500A이상)은 철근콘크리트 구조로 밸브실을 설치한다.

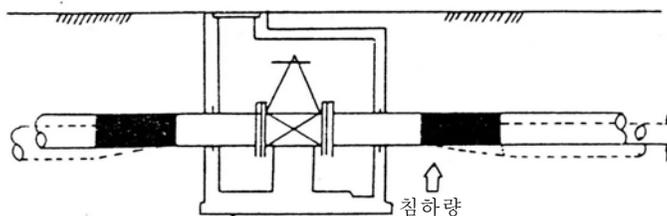
나) 밸브실의 설치방법

- ① 콘크리트 구조의 밸브실은 침수되지 않도록 방수 시설이어야 하며, 관수로 기초공사 착수시부터 이에 대비하여야 한다.
- ② 관로의 검사 및 시험이 끝나기 전에 콘크리트를 타설해서는 안 된다. 다만 밸브의 기초가 되는 부분은 공정상 필요시 먼저 시공한다.
- ③ 밸브실의 침하, 특히 부등침하가 되어서는 안 된다. 이를 위하여 지내력 조사와 기초보강 등 시공계획을 검토 추진하여야 한다.
- ④ 관이 통과하는 부분에는 보강철근 삽입을 검토하고 관과 철근이 접촉되지 않도록 한다.
- ⑤ 밸브실 벽체를 관통하는 관이 관체에 발생하는 응력의 작용에 의해 빠지지 않도록 스티프너를 설치하여야 한다.



<그림 9-37> 스티프너 설치사례

- ⑥ 밸브실 주위의 기초지반이 불안정하며 밸브실에 과도한 응력이 집중될 우려가 있을 때에는 밸브실 전후에 신축관의 설치를 검토해야 한다.



<그림 9-38> 밸브실 주위의 신축관

4) 밸브 및 밸브실 설치검사

- ① 밸브실의 누수 및 침수여부를 검사한다.
- ② 모든 밸브의 열림 정도가 개도지시계와 실제 밸브의 개폐상태가 일치하는지 반드시 확인하여야 한다.
- ③ 밸브실 완공 후 제수변의 작동이 원활한지 검사한다.

차. 분수공

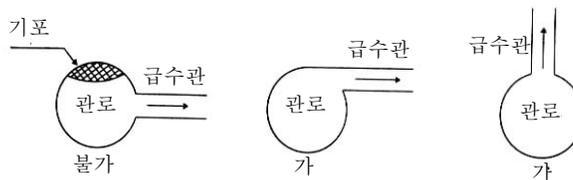
분수공은 관의 압력의 전달과 물 공급에 있어 중요하므로 시공에 있어 주의를 기울여야 한다.

1) 수조형 분수공

- ① 개방형관수로의 분수공으로서 수조는 철근코크리트 박스구조이므로 관수로 공사와 연계하여 시공한다.
- ② 상하류의 유량차이가 클 때에는 수조의 월류에 대비하여 충분한 여유고의 확보 또는 여수토 설치여부를 검토 확인한다.
- ③ 여수토형의 분수공은 월류수의 배수가 가능하도록 하류의 배수로와 연결하여야 한다.
- ④ 수문의 직하류부에 통기공을 설치한다. 이때의 통기공의 위치는 수문으로부터 관경에 해당하는 길이와 거의 같은 위치에 설치되도록 하여야 한다.
- ⑤ 경사지 급수를 위한 펌프드형의 분수공은 플로트밸브 수조형 방식을 검토한다.
- ⑥ 플로트밸브형 분수공의 밸브고장 등에 대비하여 제수변을 설치하여야 한다.

2) 폐쇄형 분수공

- ① 관수로 본선에서 직접 정T형 관로를 설치 분수하는 방법으로서 분수공이 설치된 본선 하류측에 제수변 설치여부를 확인한다.
- ② 관경이 적은 분기관이 분기시 공기가 채워지지 않도록 대구경 관로의 상부측에서 분기하도록 하여야 한다.



<그림 9-39> 관경이 크게 다른 경우의 배관 예

카. 맨홀

1) 일반사항

- ① 관내 점검, 보수, 청소 등을 위해서 관경 800mm이상의 관수로에 맨홀을 설치하여야 한다.
- ② 맨홀의 설치개소는 관로 400~500m당 1개소 정도를 표준으로 하여 현장 여건과 비교 검토한다.
- ③ 검사공의 관경은 관내에 드나들 수 있도록 600mm를 기준으로 한다.
- ④ 맨홀의 보호시설은 밸브보호공 시설지침에 따른다.

2) 맨홀의 종류와 시공

가) 공기변 겸용식

- ① 관체와의 플렌지 이음을 정확히 한다.
- ② 겸용식 검사공의 밸브실은 검사시 플렌지 이음의 볼트제거 등 작업공간이 가능하도록 검토한다.

나) 수조형

- ① 맨홀 위치에서의 최고수위가 지상 1m이하인 경우 수조형으로 한다.
- ② 수로형 검사공시공은 "밸브실 설치공사"에 따른다.

다) 플렌지 뚜껑형

- ① 관체에 T형관이나 용접관을 상향으로 하여 뚜껑을 플렌지 접합으로 설치한다.
- ② 콘크리트 관 또는 콘크리트 밸브실로 플렌지 부분을 보호해야 한다.

타. 관보호공

1) 직관보호공

- ① 관매설토피가 1.0m이하구간, 하천횡단 및 암거횡단구간, 또는 설계도면에 표시된 구간은 콘크리트 관보호공을 하여야 한다.
- ② 콘크리트 강도는 시방서에 규정된 강도이상의 콘크리트를 사용하여야 하며 도면에 표시된 대로하여야 한다.
- ③ 관로의 검사 및 시험이 끝나기 전에 콘크리트를 타설해서는 안 된다.

2) 이형관 보호공

가) 크리트 스투스트블록

- ① 이형관 보호공은 설계도면에 표시된 대로 시행하며, 콘크리트 강도는 $2,058\text{N/cm}^2$ 급을 사용하여야 한다.
- ② 지반의 지내력이 추정값과 상이할 경우 감독자의 지시에 따라 설치해야 한다.

나) 이탈방지 압륜

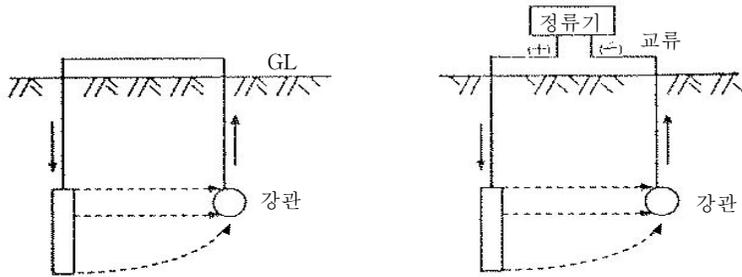
- ① 관이탈방지를 위한 조임구의 조임토크는 1종관, 2종관인 경우 $98\sim 147\text{N/m}$, 3종관인 경우 $78.4\sim 98.0\text{N/m}$ 를 표준으로 한다.
- ② 조임이 완료된 때에는 트렌치를 사용하여 조임토크를 확인하여야 하고 메커니컬 이음의 T자 머리부분에 대한 조임 상황을 점검해야 한다.

파. 전식방지공사

1) 일반사항

- ① 일반적으로 지중에 매설된 금속체에 측정할 수 있을 정도의 전류가 흘러 이에 의해서 금속체가 부식되는 현상을 전해부식(電解腐蝕)이라 하며, 줄여서 전식이라 한다.
- ② 전철과 지하철에는 레일이 전류의 귀로로 이용되므로 레일을 통하여 변전소로 돌아갈 전류가 국부적으로 지중을 통하여 변전소로 돌아갈 때 지중에 매설된 수도관 등 금속 매설관이 있다면 저항이 적은 금속관에 전류가 흐르게 되므로 전류가 유출하는 부분에 전식이 발생된다.
- ③ 전기방식법에 의한 전식방지공사는 공사시방서에 따른다.
- ④ 지하매설 관수로 등의 부식대책으로는 전식방식법이 널리 쓰이고 있으며 다음과 같은 방식이 있다.
 - 유전양극방식(galvanic anode method) : 금속 원소 중 이온화 경향이 높은 마그네슘(Mg), 아연(Zn) 등의 금속을 강관과 전기적으로 연결시켜 금속차 전지를 형성하게 하여 그 전위차로 방식전류를 발생시켜 강관의 부식 전류발생을 억제하는 방식이며, 희생양극방식이라고도 한다.
 - 외부전원방식(impressed current method) : 직류 전류 발생장치(정류기)를 사용하여 정류기의 (-)단자에 상수도관을, (+)단자에 선정된 양극을 연결하여 강제적으로 전류를 선정된 양극에서 상수도관으로 유입시켜 상수도관의 부식전류를 억제하는 방식이며 강제전류 방식이라고도 한다. 외부

전원 방식용 양극으로는 고규소주철(HSCI), 폴리머(anodeflex), 그래파이트(graphite), 철 등이 사용된다.



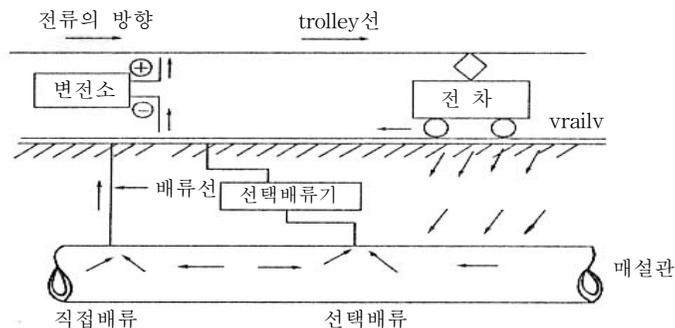
① 유전양극방식(전극(Mg, Zn 등)) ② 외부전원방식(전극(H, S, C, I 등))

<그림 9-40> 전기방식 방법

<표 9-26> 전기방식의 비교

유 전 양 극 방 식	외 부 전 원 방 식
a. 전원공급이 필요없다.	a. 전원공급이 필요하다.
b. 소규모 시설에 유리하다.	b. 대규모 시설에 필요하다.
c. 시공이 간단하고 유지관리가 불필요하다.	c. 시공이 복잡하고 유지관리가 요구된다.
d. 인접한 타시설에 전기적 간섭이 없다.	d. 인접한 타시설에 전기적 영향을 미친다.
e. 양극설치를 위한 토지 점용이 필요없다.	e. 양극설치를 위한 토지 점용이 필요하다.
f. 사용양극 : 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 알루미늄(Al)	f. 사용양극 : 고규소주철(hsci), 탄소, 백금합금, 납-은 합금

○ 배류법 : 매설관에 흐르는 미주전류를 직접 전철궤선에 복귀시키기 위하여 매설관과 궤선을 전기적으로 연결하는 방법으로 그 접속선을 배류선이라고 한다. 배류법은 그 접속회로의 형식에 의하여 직접배류법, 선택 배류법 및 강제배류법으로 구분된다.



<그림 9-41> 배류법의 예

- 일반적으로 소규경 단거리 관로에는 유전양극법, 대구경 장거리 관로에서는 외부전원법, 특수부분에는 선택배류법이 유리하다.

2) 전식방지시공

가) 유전양극방식

- ① 선정된 양극(Mg양극 등)을 도면에 명시된 바와 같은 치수로 되메우기를 하여야 한다.
- ② 양극을 운반하거나 이동할 때에는 양극의 리드선을 잡아당기지 않도록 하여야 한다.
- ③ 양극을 1개소에 2개 이상 설치할 때에는 양극 상호간의 간격을 1m 이상 두어야 한다.
- ④ 양극의 리이드선과 강관의 접속은 캐드웰딩에 의하여 접속하고, 접속 후 캐드웰딩 부위는 에폭시로 보호 처리하며, 되메우기에 의한 피해가 없도록 하여야 한다.
- ⑤ 방식효과를 확인하기 위하여 지정된 지점에 측정함을 설치한다.

나) 외부전원방식

- ① 선정된 양극(HSCI 등)이 지중에 설치될 때에는 양극주위에 뒷채움재료(코크스)를 채운 후 설치하여야 한다.
- ② 양극을 2개 이상 설치할 때에는 양극 상호간의 간격을 3m 이상 유지하여야 한다.
- ③ 외부 전원장치를 설치할 때에는 전기설비 기술기준에 따른다.
- ④ 방식효과를 확인하기 위해 측정함을 지표면에 설치한다.
- ⑤ 모든 전선의 강관에 대한 접속은 캐드웰딩에 의하여 접속하고 그 부위는 에폭시로 보호 처리하며 되메우기에 의한 피해가 없도록 하여야 한다.

다) 배류법

- ① 배류기는 콘크리트 패드 위에 견고히 설치하여야 한다.
- ② 배류기의 금속제 상자는 제3종 접지(100Ω이하)를 하여야 한다.
- ③ 배류선을 공중에 설치할 경우 주의사항은 다음과 같다.
 - 케이블은 제3종 접지공사를 실시하고 단면적 22mm² 이상의 아연도금한 강선을 사용 설치한다.

- 배류선으로 케이블 이외의 것을 사용하는 경우는 직경 4mm의 경동선 또는 동등이상의 것을 사용한다.
- 배류선으로는 배류전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용한다.
- 가공 배류전선의 높이는 도로를 횡단하는 경우는 지표위 6m 이상, 철도를 횡단하는 경우는 레일보다 6m이상, 그 외는 지표면위 5m이상으로 한다.
- 배류선과 가공 약전류선을 동일 지지물에 시설하는 경우 배류선을 가공 약전류선의 아래로 하여 30cm 이상의 거리를 두어야 한다.
- ④ 배류선을 땅속에 매설하는 경우 주의사항은 다음과 같다.
 - 직접매설식의 경우, 중량물의 압력을 받을 위험이 있는 장소에서는 토피를 1.2m 이상, 그 외는 60cm 이상으로 한다.
 - 배류선의 시점 부분에서 지표상 2.5m 미만부분은 600V 고무절연 전선 이상의 절연 효력이 있는 것을 사용하고 인체에 접촉할 우려가 있는 장소에 설치하는 경우는 사람과의 접촉이나 손상을 방지할 수 있도록 설치하여야 한다.
 - 배류선의 크기는 배류전류의 크기에 따라 선정하고, 선택배류기의 연속 정격전류에 맞추는 것이 보통이지만 배류선이 긴 경우에는 배류선에 의한 전압강하를 작게 하기 위해 특히 굵은 것을 사용한다.

3) 검사

- ① 시공이 정해진 방법에 따라 실시되었는지 확인한다.
- ② 전위 검사를 실시하여야 하며, 방식전위는 유산동 기준 전극에 대해 -0.85V 이하의 전위값을 유지하여야 한다.

9.4.2 폴리에틸렌관(PE관) 공사

가. 일반사항(다른 기준의 준용)

폴리에틸렌관(PE관) 공사에서 특별히 정하지 않은 사항에 대하여는 강관 공사의 기준에 따른다.

나. 관제작 및 구입

1) 관재료

- ① 원자재 재질은 공사시방서에 따른다. 일반적으로 폴리에틸렌관은 KS M 3407에 적합하여야 한다.
- ② 관의 색은 흑색을 표준으로 하며, 규격 및 치수는 공사시방서에 따른다.

2) 관의 시험

가) 겉모양 시험

- ① 바깥지름은 관축의 직각에서 3곳을 측정한 값의 평균값으로 한다.
- ② 관의 두께는 관끝의 서로 다른 8곳에서 측정한 값의 평균값으로 한다.(KS B 5202 또는 KS B 5023에 의해 측정)

나) 실험시험

인장시험, 가열시험, 용해시험, 내압크리프시험, 충격시험 등 KS시험 관련 제 규정에 따라 시험한다.

3) 관의 표시

검사에서 합격된 관은 지워지지 않는 방법으로 다음 항목을 표시하여야 한다.

- ① 관의 종류, 호칭 및 지름 ② 제조년월(또는 약호) ③ 제조자명(또는 약호)

4) 검수

- ① 검수는 납품 지정장소의 현장 검수를 원칙으로 한다. 필요시 제조공장에서 시행할 수 있다.
- ② 검수자는 시험성과표와 납품제품의 규격, 치수 및 수량을 확인한다.

다. 관의 취급과 운반

1) 폴리에틸렌관의 취급과 보관

- ① 운반 및 보관시 이물질이 관에 들어가지 않도록 관 끝에 깃을 씌운다.
- ② 관을 운반할 때에는 신중하게 취급하고 내던지지 말아야 한다.
- ③ 관을 트럭으로 운반할 때에는 원칙적으로 적재함이 긴 트럭을 사용하여 수평 적재하고 고정시켜야 한다.
- ④ 관을 수평적재로 보관할 때에는 평지에 쌓아 올리고 높이를 1m 이하로 해서 무너지지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 보관장소는 가능한 한 바람이 잘 통하고 직사광선이 닿지 않는 곳을 선정하여야 한다.
- ⑥ 고열에 의해 변형의 우려가 있으므로 특히 화기에 주의하고 온도변화가 적은 장소에 보관하여야 한다.

- ⑦ 이음류는 종류, 지름별로 수량을 확인한 후 옥내에 보관한다.
- ⑧ 폴리에틸렌관과 이음관은 휘발성약품(아세톤, 벤졸, 사염화탄소, 클로로포름, 초산에틸 및 크레오소오트)류에 침식되기 쉬우므로 주의하여야 한다.

2) 밸브류 취급과 보관

- ① 밸브류의 취급은 받침봉, 각재 등을 깔고 지면에 직접 닿지 않도록 수평으로 놓아야 한다.
- ② 밸브류는 직사광선이나 먼지 등을 피하기 위하여 옥내에 보관한다. 부득이 옥외에 보관하는 경우에는 반드시 덮개를 씌워 보호해야 한다.

라. 용접공

1) 용접기자재

가) BF-3 용착기

- ① 규격 : 75~250A
- ② 전원 : 단상 110V
- ③ 구성품 : 몸체, 유압기(단상 110V, 30A, 9.8~147N/cm²), 면취기(단상 110V, 860W), 히터(단상 110V, 3,000W), 부속품(라이너 75~250A)

나) BF-5 용착기

- ① 규격 : 300~600A
- ② 전원 : 단상 220V, 삼상 380V
- ③ 구성품 : 몸체, 유압기(단상 220V, 1,865W(2.5Hp)), 면취기(단상 220V, 3,000W(4Hp)), 히터(삼상 380V, 8,000W), 부속품(라이너 355~560A)

2) 용접의 종류

- ① 바트용착이음 : 바트용착이음은 관의 단면과 단면을 접합하는 방법이며, 50mm 이상의 직관과 400mm이상의 이음관에 사용한다.
- ② 소켓용착이음 : 소켓이음부의 내면과 관끝의 외면을 용융시켜 삽입하는 방법이며, 75mm이하의 이음관에 사용한다.
- ③ 새들방법 : 관의 외면과 새들 안장부분을 용융시켜 잇는 방법이다.
- ④ 조임식 이음 : KS M 3411(수도용 폴리에틸렌관의 이음관)의 이음관 접합 방법에 따른다.

3) 접합

가) 일반사항

- ① 용착작업 종사자가 작업착수 전에 용착방법, 용착순서 및 용착기 사용 방법에 대하여 숙지하고 있어야 한다.
- ② 용착작업중 누전에 따라 감전사고와 히팅의 열에 의한 화상에 주의하여야 한다.
- ③ 우천 및 폭한기에는 용착작업을 피하고 상황에 따라서는 방호막 등을 설치한 후 작업하도록 한다.

나) 바트용착 접합(butt fusion)

① 접합방법

- 용착하고자 하는 관을 양쪽으로 클램프에 의하여 견고하게 고정시킨다.
- 커터기로 양면을 동시에 면취시킨다.
- 면취된 칩을 제거시키고 양면을 맞추어 본다. 이때 오차가 있으면 다시 한번 면취시키고 정확하게 중심이 맞는 상태가 되어야 한다.
- 용착하고자 하는 양면을 청결하게 닦아준다.
- 히터를 관의 양면 사이에 넣고 양면을 동시에 용융시킨다. 이때의 온도는 $210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 를 유지하여야 한다.
- 일정시간 용융시킨 후 히터를 제거하고 5분 이내에 압착하여 용착한다.
- 압착이 끝난 후 일정시간 냉각시킨 후 클램프를 제거한다. 이때 냉각은 자연냉각에 의한다.

○ 작업시간

관 경	가압용융	가열시간	히터제거	압 착	냉 각
D250	관둘레에 비드가 발생될 때까지	3분	5초이내	60초	15분이상
D300		3분 30초	"	"	"
D350		4분 11초	12초	"	726분이상
D400		4분 51초	14초	"	41분이상
D450		5분 37초	14초	"	47분이상
D500		6분 25초	16초	"	52분이상
D550		7분 13초	19초	"	57분이상
D600		8분 15초	20초	"	68분이상
압력(kg/cm ²)	9.8~14.7N/cm ²			9.8~14.7N/cm ²	

② 바트 용착접합의 세부순서

구 분	작 업 순 서	유 의 사 항
(1)준 비	①히터에 전원을 넣는다. ②관의 손상여부를 확인한다. ③클램프를 열고 용착하고자 하는 관경에 맞도록 라이너를 장착한다.	①전압확인 ②손상깊이가 관두께의 10%이상인 경우 절단하여 제거
(2)용착할 관면의 가공	①클램프를 후진시킨다. ②면취기를 고정시킨다. ③클램프에 관을 넣은 다음 견고하게 조인다. ④면취기를 작동시킨다. ⑤유압기로 클램프를 가압하여 관 양면을 깎아낸다. ⑥균일한 부스러기가 나오면 가압을 낮추어 2~3회 공회전 시키면서 클램프를 후진시킨다. ⑦면취기를 제거한다. ⑧절삭된 부스러기를 제거한다	③클램프양쪽에 같은 힘을 가한다. ⑤균일한 면이 될 때까지 반복한다.
(3)관의 수평정착	①클램프를 전진시키면서 관양면이 밀착되고 오차가 없는지 확인한다. ②관접합부의 오차가 없는지 확인한다.	①관의 수평, 수직상태 확인 ②수평이 안될 경우 클램프조정 또는 재절삭한다
(4)용착 히터설치	①클램프를 후진시켜 관사이에 히터를 설치한다.	①히터온도 확인 (210℃±10℃)
(5)가압 용융	①클램프를 전진시켜 일정한 압력으로 히터에 관을 밀착시켜 전둘레에 비드가 나올때까지 가열한다	①비드가 균일하게 나오는지 확인
(6)가열 유지	①용융되는 부위에 일정한 압력으로 히터에 관을 밀착시켜 전둘레에 비드가 나올 때까지 가열한다.	①가열유지시간 -관경별 작업시간
(7)히터 제거	①가열유지가 끝나면 클램프를 후방으로 이동하고 히터를 신속히 제거한다.	
(8)압 착	①즉시 적절한 압력을 가하여 클램프를 전진시켜 용융면을 용착한다	①히터제거 후 압착시간 5초 이내
(9)냉 각	①압착후 일정시간 자연상태에서 냉각시키고 용착기에서 탈착한다.	①냉각시간 준수 - 관경별 작업시간
(10)검 사	①관접합이 양호한지 확인	①균일한 비드가 전둘레에 형성 여부 확인

다) 소켓용착접합

- ① 관의 손상유무를 확인하고, 손상깊이가 두께의 10%이상인 경우에는 그 부분을 절단, 제거한다.
- ② 관의 용착면의 가공은 전항 2)의 바트용착에 따르고, 히터의 온도와 가열 유지시간 등은 정해진 규정에 따른다.

라) 새들 방법

- ① 새들의 안장부분과 원관의 용착부분을 샌드페이퍼 또는 칼로 원관의 축방향으로 긁어 준다.
- ② 원관에 히터를 올려놓고 그 위에 새들을 놓은 후 일정한 압력을 가하면서 용융상태가 균일한가를 점검하면서 용융 접착시킨다.
- ③ 용착부위를 눈으로 확인한 후 천공기를 이용하여 천공한다.

마) 조임식 접합

- ① 비눗물이나 인체에 무해한 기름을 사용하여 유니온의 나사형과 각 부분을 칠한다.
- ② 관에 캡, 푸셔(pusher), 오-링(o-ring)을 차례로 관의 지름의 2배되는 부분까지 밀어넣고 관의 단면부를 중앙부까지 밀어 넣는다. 이때 오-링, 푸셔를 최대한 관체에 밀착시킨다.
- ③ 체인렌치를 이용하여 캡과 관체를 결합시킨다.
- ④ 결합된 캡과 관체를 분리시켜 오-링이 관과 관체 사이에 고정된 것을 확인한 후 홀더(holder)를 벌려 관을 끼운다.

바) 폴리에틸렌관과 기타 관의 결합

- ① 강관과의 연결 : 강관과의 연결은 강관의 모양에 따라 트랜지션이음의 용접형, 나사형, 플랜지형을 선택하여 사용한다. 이때 트랜지션이음의 부식을 방지하기 위하여 에폭시 코팅된 제품을 사용하여야 한다.
- ② 주철관과의 연결 : 주철관과의 연결은 주철부분에 플랜지 형태의 폴리에틸렌 플랜지 또는 트랜지션이음의 플랜지형을 사용하여 연결한다.
- ③ 세수밸브와의 이음 : 폴리에틸렌 플랜지 또는 트랜지션이음의 플랜지형을 사용하여 접합한다.
- ④ 폴리에틸렌 관에서 타관으로 분리 : 폴리에틸렌관용 새들분수밸브(청동제)를 사용한다.

9.4.3 덕타일 주철관

특별히 정하지 않은 사항은 강관공사 및 폴리에틸렌관 공사의 기준에 따른다.

가. 관제작 및 구입

1) 관재료

- ① 원자재의 재질은 공사시방서에 따르며, 일반적으로 KS D 4311에 적합하여야 한다.
- ② 조인트용 압륜(이하 압륜이라 한다)은 구상 흑연 주철품이어야 한다.
- ③ 조인트용 볼트·너트(이하 볼트·너트라 한다)는 KS D 4302의 FCD 400 또는 FCD 450 사형 주철품이어야 한다.
- ④ 조인트용 고무링(이하 고무링이라 한다)은 최상품의 가황 고무로 제조한 것이어야 한다.
- ⑤ 관, 압륜 및 볼트, 너트는 인체에 해롭지 않은 도료로 도장하여야 한다.

2) 도장 및 도복

관 내면에 시멘트 모르타르 라이닝을 할 경우에는 KS D 4316에 따르고, 관 내면에 에폭시 수지 분체도장을 할 경우에는 KS D 4317에 따른다.

3) 관의 시험

제품의 제반시험은 KS 규정 등 제규정의 시험방법에 따라 인장시험, 경도시험, 수압시험, 볼트, 너트 및 압륜인장 시험, 도장시험 등에 대하여 제조업체에서 정밀 자체시험을 실시하여 시험성적서를 납품과 함께 제출하여야 한다.

4) 허용오차

관의 허용 오차는 KS D 4311에 의하여 외형적 오차는 다음과 같다.

<표 9-27> 덕타일 주철관의 허용오차

구 분	허 용 치
두께	(-)오차 : $(1.3 \pm 0.001 \text{ DN})\text{mm}$, DN : 관의 호칭지름
길이	$\pm 30\text{mm}$, 단, 시험편 채취분은 제한없음.
무게	200 mm이하 : -8% 200 mm초과 : -5%

5) 검사

- ① 시험관련 규정에 의거 시험을 실시하여 합격하여야 한다.
- ② 겉모양, 모양, 치수, 무게 및 수압 시험은 관 1개마다 한다.

6) 관의 표시

검사에 합격한 관에는 관 표면의 보기 쉬운 곳에 적당한 방법으로 ① 관의 재질, ② 호칭지름, ③ 관 종류 약호, ④ 이음방법 약호, ⑤ 제조년월일, ⑥ 제조회사명을 표시하여야 한다.

7) 검수

감독원은 시험성적표와 납품된 관의 규격, 치수 및 수량을 확인한다.

나. 접합공 준비

1) 공정계획

- ① 공사착수 전에 상세한 공사계획을 감독원에게 보고하여야 한다.
- ② 배관기능자는 사용하는 관의 재질, 구조 및 접합 요령 등을 숙지함과 동시에 풍부한 경험을 가진 자이어야 한다.
- ③ 관을 접합하기 전에 이음부속품 및 필요한 기구와 공구를 점검 확인하여야 한다.
- ④ 관을 접합하기 전에 접합방법, 접합순서, 사용재료 등의 사항에 대하여 감독자에게 보고하고 지시를 받아야 한다.

2) 부속품의 취급

- ① 고무링은 직사광선이나 화기에 닿지 않도록 옥내에 보관하고 포장에서 꺼낸 후에는 가능한 한 빨리 사용하여야 한다.
- ② 사용하지 아니한 부속품은 반드시 포장에 다시 넣어 보관하여야 한다. 이때 접거나 구부러지거나 비틀린 대로 보관하여서는 안 된다.
- ③ 볼트, 너트는 땅 위에 직접 놓거나 던지지 말아야 하며 가솔린, 신너(Thinner)등으로 세척해서는 안 된다.
- ④ 압륜은 땅에 닿지 않도록 받침대 위에 배열하여 보관한다.

3) 접합용 윤활제

- ① 윤활제는 발주자가 지정하는 것을 사용함을 원칙으로 하고 고무링에 나쁜 영향을 미치거나 위생상 유해한 성분을 함유한 것, 중성세제나 그리스 등의 유류를 사용해서는 안 된다.
- ② 윤활제가 고무링을 침식하는 경우 접합된 관이 이탈할 우려가 있다. 또 위생상 유해한 성분이나 세제, 그리스 등이 용해되는 경우 해로우므로 윤활제의 선택에는 신중을 기해야 한다.

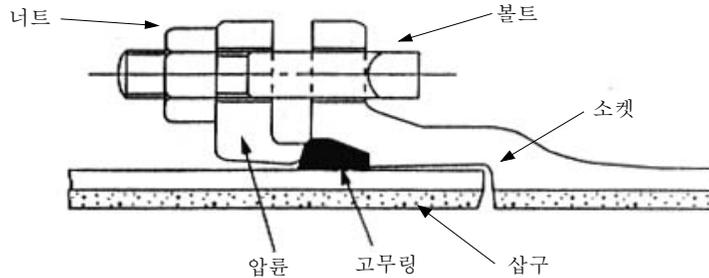
다. 메카니칼 접합

- ① 관을 접합하기 전에 삽구의 바깥 면, 소켓의 내면, 압륜 및 고무링 등에 묻어 있는 기름, 모래, 기타 불순물을 완전히 제거하여야 한다.
- ② 관의 삽구끝 외면의 청소는 끝 부분에서부터 40cm정도까지 한다.
- ③ 압륜의 방향을 확인한 다음 삽구에 넣고, 삽구와 고무링에 윤활제를 충분히 발라서 고무링을 삽입구에 끼운다.
- ④ 삽구 외면 및 소켓내면에 윤활제를 충분히 바르고, 고무링의 표면에도 윤활제를 바른 다음 소켓에 삽입구를 삽입하고 관체와의 간격이 3~5mm가 되도록 설치한다.
- ⑤ 소켓내면과 삽구외면과의 간극을 상하좌우로 균등하게 유지하면서 고무링을 소켓내의 정해진 위치에 삽입한다. 이때 고무링의 앞끝을 예리한 것으로 두드리거나 밀어 넣어 손상되지 않도록 주의한다.
- ⑥ 압륜의 끝면에 표시되어 있는 지름 및 제작년도 표시를 관과 함께 위쪽으로 오도록 한다.
- ⑦ 볼트, 너트의 청소를 확인한 다음 볼트를 모든 구멍에 끼우고 너트를 가볍게 조인 뒤 모든 볼트, 너트가 들어가 있는가를 확인한다.

<표 9-28> 메카니칼 접합의 볼트조임 토오크

지름(mm)	토오크 kgf/m(cm)	볼트의 호칭
80	58.8 (600)	M 16
100~600	98.0 (1,000)	M 20
700~ 800	137.2 (1,400)	M 24
900~1,200	196.0 (2,000)	M 30

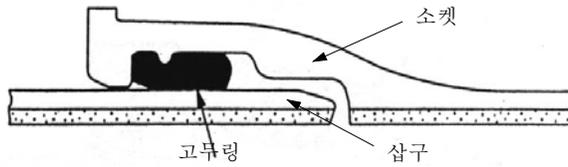
- ⑧ 볼트의 조임은 한쪽으로는 죄어지지 않도록 상하의 너트, 다음에 양쪽 옆의 너트, 다음에 대각 너트의 순으로 각각 조금씩 조이고 압륜과 소켓 끝의 간격이 관체둘레 모두에 동일하게 되도록 한다. 이러한 조작을 반복해서 하고 끝으로 토오크렌치로 같은 토크가 될 때까지 조인다.



<그림 9-42> 메카니칼 접합의 이음 구조

라. KP 메카니칼 접합

- ① 터파기의 검사를 마친 후 관에 충격이 가지 않도록 주의 깊게 내린다.
- ② 삽구(spigot) 끝에서 약 40cm간 외면과 소켓내면을 깨끗이 청소한다.
- ③ 압륜의 전후 내외면 볼트구멍을 깨끗이 청소하고 압륜의 양끝면을 앞으로 하여 끼우고 가볍게 돌리면서 삽구에 압륜을 넣는다.
- ④ 고무링은 전면에 인체에 무해한 기름을 발라서 삽구에 끼우고 삽구 끝 면에서 15cm내외 위치에 둔다.
- ⑤ 관 삽구를 소켓 내에 삽입한다. 이 때 관의 신축 및 요성들을 고려하여 삽구 끝 면에 소켓 저부와의 사이에 수 mm의 간격을 둔다.
- ⑥ 삽구외면과 소켓 내면과의 간격이 상하좌우가 균등히 되도록 한 후 고무링을 소정위치에 끼이지 않도록 주의 깊게 삽입한다.
- ⑦ 압륜을 '세트'하고 소켓볼트를 관상부측에서 소켓 턱에 바로 걸면 머리 양측날개로 인하여 좌우로 움직이지 않으므로 하부측으로 서서히 돌리면서 전부 끼우면 대단히 용이하다.
- ⑧ 관의 위치를 정착시키고 압륜과 삽구 외면사이에 썩기를 넣어 그 간격을 균등하도록 유의하여야 한다.
- ⑨ 스파나 또는 라이엇트렌치로 너트를 상하좌우로, 대각선으로 채우고 조금씩 균형 있게 수차에 걸쳐 조이도록 한다.
- ⑩ 너트가 단단히 조여졌는가 다시 순차적으로 확인함으로써 접합작업을 마친다.



<그림 9-44> 타이튼 접합의 이음구조

바. 절단관의 도장

- ① 주철관의 현장 절관부의 테스트밴드에 의한 수압시험을 할 때 압력수가 모르터 라이닝부로 누설하는 것을 방지하기 위하여 배관하기 전 지상에서 도장하여야 한다.
- ② 도장에 사용하는 도료는 염화비닐계의 중합물 또는 아크릴계의 중합물로서 KS D 4316(수도용 원심력 덕타일 주철관의 모르타르 라이닝)에 따른다.
- ③ 실링(sealing)하기 전에 모르터 라이닝면이 건조되어 있는가를 확인한 다음 와이어브러시 등으로 청소하고 먼지 등도 제거 한다. 또 건조가 불충분할 때에는 면포 등으로 닦아내야 한다.
- ④ 도장은 절단 끝 면에서 약 150mm를 바르며 초벌칠과 마감칠 2회로 나누어 시행한다. 또 배관은 도장한 뒤 적어도 24시간 이상 건조시간을 둔 다음에 시행하여야 한다.
- ⑤ 도장방법은 원액과 희석제를 1:2의 비율로 혼합하여 초벌칠용으로 하고 평균 150g/m²를 솔로 모르터 라이닝면에 스며들도록 바른다. 또 이 도장은 비교적 습도가 낮은 때에 실시하고 절단 끝 면으로 말려 들어가는 것 같이 칠하여야 한다.

사. 모르터 라이닝공사

1) 관련규격

KS D 4316 및 KWWA F 104(수도용 강관 모르터 라이닝)

2) 모르터 라이닝

가) 재료

- ① 라이닝은 두께 및 품질이 균일하고 흡수성이 낮으며 유해한 균열, 박리 등과 같은 결점이 없어야 한다. 또 마무리 면은 평활하여야 한다.

- ② 모르터는 시멘트에 잔 골재, 물 및 혼화재를 첨가해서 충분히 혼합하여야 한다. 또한 라이닝 모르터는 적당한 범위에서 되도록 소량의 물을 사용하도록 하여야 한다.
- ③ 라이닝 두께는 <표 9-29>에 따른다. 또 현장 이음부의 라이닝두께는 측정이 곤란하므로 공장라이닝의 끝부분을 기준으로 하여 오목한 곳이 없도록 마무리하여야 한다.

<표 9-29> 라이닝의 두께

관의 지름(mm)	라이닝의 두께(mm)		
	표 준 두께	평균값의 최소	1점의 최소값
80 ~ 250	4	3	2
300 ~ 600	6	5	3
700 ~ 900	8	7	4
1,000 ~ 1,200	10	9	5

나) 시공

① 스펀나 회전 공법

- 시공에 앞서 상세한 시공계획서 및 모르터 배합계획서를 제출하고, 필요한 시험 등을 사전에 시행하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- 관의 내면도장은 원심력 모르터 라이닝기로 뿜어 붙이고 기계 흡손으로 표면을 마무리하여 균등한 두께의 도장이 되도록 하여야 한다.
- 양생작업은 모르터도장 후 시공완료 구간을 폐쇄하고 통기를 차단해야 하며 필요에 따라 살수를 하여 일정한 기간 습윤상태를 보존토록 하여야 한다.

② 표면의 보호

뿜어 붙임 모르터공법, 스펀나(spinner) 회전 공법으로 시행한 모르터 라이닝의 표면에는 시일 코트(seal coat)를 하여야 한다. 시일코트는 KWWA F 104(강관 모르터 라이닝)의 6(시일 코트)에 따르고 수질에 나쁜 영향을 주지 않는 것으로 염화비닐계 또는 아크릴계의 중화합물로 도장량은 약 100g/m²를 스프레이도장 또는 솔칠로 균일하게 도장하여야 한다.

3) 에폭시 수지 모르터

가) 재료

프라이머 및 수지모르터는 완전경화 후 위생상 무해하고 수질에 나쁜 영향을 주지 않는 것으로서 온도에 의하여 이상이 생기지 않고 다음 (1) 조성과 (2) 품질의 것이어야 한다.

(1) 조 성

- ① 프라이머는 도막속에 경화에폭시 수지분을 60%이상 함유하고 있어야 한다.
- ② 수지 모르터의 주제는 경화에폭시 수지분을 60%이상 함유하고 있어야 한다.
- ③ 수지모르터는 에폭시수지와 가소제(규사)를 혼합한 것으로 경화에폭시 수지분을 20%이상 함유하고 있어야 한다.
- ④ 가소제(규사)의 입도는 규격에 적합하고 강도와 작업성을 충분히 고려하여 혼합하여야 한다.
- ⑤ 경화제는 원칙적으로 아민아덕트(amine adduct) 또는 폴리아미드 수지계 이어야 한다.

(2) 품질

프라이머 및 수지모르터의 품질은 에폭시 수지모르터 품질시험 항목에 따른 시험을 실시하고 그 결과를 감독원에게 제출하여야 한다.

(3) 성상

프라이머 및 수지모르터의 성상에 대하여는 도료 제조업자로부터 다음 항목의 성상에 대한 통보를 받아 이를 감독원에게 제출함과 동시에 이에 따라 도장관리를 하여야 한다.

- 주제의 비중 및 경화제의 비중
- 주제와 경화제의 혼합비
- 신너(thinner)는 호칭명, 첨가량(주제와 경화제의 혼합물에 대한 신너 첨가 표준중량비 및 상한중량비)
- 사용가능시간 (10℃, 20℃, 30℃)
- 1회 도장량(g/m²)
- 도장간격(상한 및 하한)
- 건조시간
- 사용 가능한 최저온도 및 최고습도
- 유효기간(년 월)
- 기타 필요한 사항

<표 9-30> 에폭시 수지 모르터 품질시험 항목

시 험 항 목	시 험 방 법	시 험 항 목	시험방법
굽 힙 시 험	KS M 3015	충 격 시 험	KS D 8307
압 축 강 도	KS M 3015	접착력(인장,전단)	KS M 3734
인 장 강 도	KS M 3015	흡 수 율	KS M 3015
기타(필요하다고 인정되는 경우 내약 품성, 열팽창계수 등)			
용해시험, 냄새 및 맛, 색도, 탁도, PH 값, 과망간산칼륨 소비량, 페놀, 잔류 염소, 기타		먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙 (별표 2) (환경부령 제11호)	

나) 시 공

(1) 수지 모르터의 혼합조제

- ① 주제 및 경화제를 혼합조제하기 전에 도료제조업자가 지정하는 유효기간내에 있는 것인가를 확인하고 정해진 배합비율이 되도록 주제, 강화제, 가소제를 교반기에 넣고 충분히 교반하여야 한다.
- ② 혼합할 때나 사용중 수분이나 먼지 등이 들어가지 않도록 주의하여야 한다.
- ③ 혼합 조제한 재료는 지정하는 시간 내에 사용하고 사용기간이 경과된 것을 사용해서는 아니 된다.

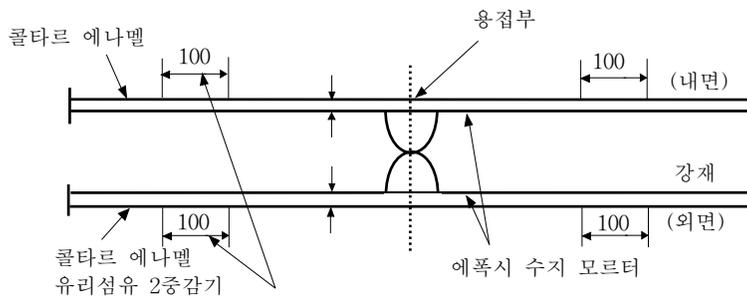
(2) 라이닝

① 수지모르터 라이닝

- 수지 모르터는 프라이머를 도복한 후 즉시 주걱 또는 인두로 라이닝 하여야 한다.
- 겹침도장을 할 때 도료제조업자가 지정하는 도장시간 간격으로 라이닝 하고 제품을 도장하는 것을 원칙으로 한다.
- 수지 모르터는 시간 내에 라이닝하여야 한다.
- 수지 모르터 라이닝은 숙련된 도장공이 실시하여야 한다.

② 라이닝의 보호

- 라이닝이 끝난 후 경화 건조할 때까지 먼지나 수분이 부착하지 않도록 적절한 조치를 하고 보호, 관리하여야 한다. 특히 수분의 부착은 불완전한 경화의 원인이 되므로 주의하여야 한다.
 - 완전 경화될 때까지 유해한 진동을 주지 않도록 하여야 한다.
- ③ 라이닝 두께는 원칙적으로 공장 도장부와 동일하게 하고, 시공요령은 <그림 9-45>와 같다. 또 프라이머는 폭 100mm 이상으로 공장도장부에 마감칠을 하여야 한다.



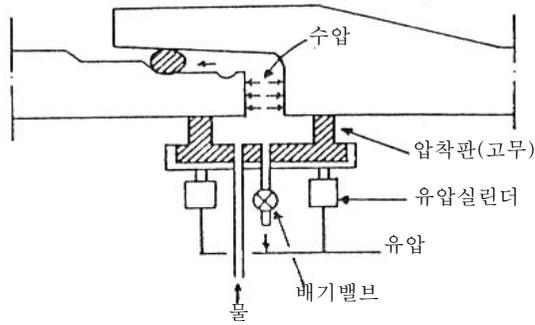
<그림 9-45> 라이닝 시공

아. 외부도복장

관 접합 완료 후 되메우기를 하기 전에 이음 등의 상태를 재확인하고 접합부 및 관체 외면의 도료가 손상된 곳은 방청도료를 도포하여야 한다.

자. 이음매 시험(테스트 밴드시험)

- ① 관경 800mm이상의 소켓타입의 주철관 등 이음매는 원칙적으로 감독원 입회하에 각 이음마다 내면에서 테스트 밴드(test band)로 수압시험을 한다.
- ② 테스트 밴드를 설치하고 검정구내의 공기를 빼내면서 물을 유입하고, 완전히 공기가 빠지면 수압을 가한다. 테스트 밴드의 구조는 <그림 9-46>과 같다.
- ③ 테스트 밴드 시험수압은 $49\text{N}/\text{cm}^2$ 이상에서 5분간 유지하여 $39.2\text{N}/\text{cm}^2$ 이하로 수압이 내려가지 않아야 한다.
- ④ 이음매 시험이 어려운 곳은 9.7 통수시험에 따라 누수 및 수압시험을 한다.



<그림 9-46> 테스트 밴드의 구조

9.4.4 경질염화 비닐관 공사

가. 관제작 구입

1) 관재료

- ① 원자재의 재질은 공사시방서에 의하며, 일반적으로 KS D 3404에 적합하여야 한다.
- ② 관의 색은 회색을 표준으로 하고 그 밖의 색상은 인수·인도 자간의 합의에 따른다.

2) 시험 및 시험기준

경질염화 비닐관의 시험 및 시험기준은 <표 9-31>과 같다.

<표 9-31> 시험 및 시험기준

시험항목	성능	시험온도
인장시험	47N/mm ² (480kgf/cm ²)이상	20±2℃
수압시험	누수 및 그 밖의 결점이 없을 것.	상온(1)
편평시험	관의 파열 또는 관의 안팎면에 균열 및 기공이 없어야 한다.	20±2℃
침지시험	각 시험액마다 ±0.2mg/cm ² 이하	-
접합부 수압시험	누수 및 그 밖의 결점이 없을 것	상온(1)
비카연화온도시험	76℃이상	-

주) 상온이란 20±15℃(KS A 0006의 온도 15급)를 말한다.

3) 검사 및 검수

- ① 검사는 시험관련 규정에 의거 합격하여야 한다.
- ② 감독원은 시험성적표와 납품된 관의 규격, 치수 및 수량을 검수 확인한다.

나. 관의 취급과 운반

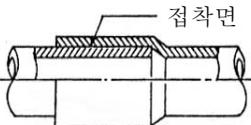
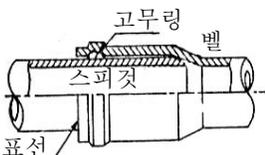
경질염화비닐관의 취급·운반은 PE관의 취급과 운반에 따른다.

다. 접합공

1) 접합의 종류

수도용 경질염화비닐관의 접합은 TS 접합, 고무링 접합방법으로 접합한다.

<표 9-32> 이음의 종류

구 조	특징과 용도
① 접속접합(TS 접합) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : 관의 이음부에 접착제를 써서 간단하게 접합할 수 있다. 본관과 일체로 되므로 수밀도 크다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 : 13~150mm
② 고무링(RR 접합) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : 접합부는 고무의 탄성으로 인해 가동성과 신축성이 풍부하며 수밀성도 크다. 특히 시공이 용이하다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 : 75~700mm

주 : RR 접합이란 수구의 홈에 고무링을 장착하여 그 반발탄성을 이용해서 수밀성을 갖게 한 것이며, 고무링과 삽입구의 선단에 윤활제를 칠한 후 표선까지 삽입한다.

2) 접착제의 품질 및 취급

- ① 접착제는 KS M 3409(수도용 경질염화비닐관용 접착제)에 규정된 것을 사용하여야 한다.
- ② 접착제는 가연물질이므로 화기가 있는 장소에 보관하거나 취급하여서는 아니 된다.
- ③ 사용한 후에는 밀봉하여 냉암소에 보관하여야 한다. 또 보관할 때에는 소방법 등 관계법령에 적합하도록 저장량 등에 주의하여야 한다.

- ④ 접합제가 오래되어 젤라틴 상태로 된 것은 사용하지 말아야 한다.

3) TS 접합(taper socket joint)

- ① 접합작업 전에 TS 이음부에 관을 가볍게 삽입하여 삽입된 길이를 매직 잉크 등으로 표시한 후 시공한다.
- ② 접착제를 도포하기 전에 관을 이음부에 가볍게 삽입해 보고 관이 멈추는 위치(제로 포인트)가 소켓길이의 1/3~2/3 범위에 있는가를 확인한다.
- ③ 접착제를 표선 이상이 되지 않도록 솔로 얇고 고르게 바르고, 접착제가 건조하기 전에 관을 단번에 삽입하고 30~60초 동안 그대로 눌러두며, 관을 삽입할 때 비틀지 말아야 한다.
- ④ 삽입은 원칙적으로 지렛대 또는 삽입기 등을 사용하여야 하고 두드려 넣지 말아야 한다. 또 작업중 접착제 도폭면에 흙, 먼지 등이 부착되지 않도록 주의함과 동시에 관 밖으로 나온 접착제는 관에 부착되지 않도록 제거하여야 한다.

4) 고무링 접합(rubber ring joint)

- ① 고무링은 플립(flap)부가 소켓구석(안쪽)을 향하도록 하여 홈부위에 정확히 장착하여야 한다.
- ② 관삽입부 및 이음부 고무링에 붓 또는 걸레(넝마)등으로 윤활제를 충분히 도포한다.
- ③ 윤활제 도포가 끝나면 즉시 삽입기 등으로 표선까지 관을 접합부에 삽입한다. 또, 삽입한 후 고무링이 정상상태인가를 확인하여야 한다.
- ④ 관을 절관할 때에는 삽입부를 줄 등으로 직관과 동일한 정도의 모따기함과 동시에 관 끝에서 소켓의 길이를 측정하고 관체에 매직잉크 등으로 표선을 긋는다.

5) 기타 접합

염화비닐관과 이형과 또는 밸브류를 접속할 때에는 각 이음의 형식에 따라 앞의 각 항에 따른다.

라. 이음매 시험(테스트 밴드시험)

- ① 이음매 시험은 테스트 밴드시험(9.4.3 자항)에 따른다.
- ② 이음매 시험이 어려운 곳은 9.7 통수시험에 따른다.

9.4.5 강화플라스틱 복합관(FRPM관) 공사

가. 관제작 구입

1) 관재료

- ① 원자재의 재질은 공사시방서에 의하며, 일반적으로 KS M 3333의 재료에 적합하여야 한다.
- ② 관의 규격 및 치수는 공사시방서에 의한다.

2) 관의 시험

- ① 내압시험은 <표 9-33>에 의한 내압을 가하고 3분동안 압력을 유지하여 누수여부를 조사한다. 이때 누수가 없어야 한다.

<표 9-33> 시험내역

(단위 : MPa)

관 종 별	1종	2종	3종	4종	5종
시험내압	2.6	2.2	1.4	1.0	0.5

- ② 외압시험은 <표 9-34>에 의한 시험편을 채취하고, 시험편에 하중을 가하여 KS M 3333규격의 시험 외압값에 견디어야 한다.

<표 9-34> 시험편의 길이

호칭지름(mm)	200~1,500	1,650~2,000	2,200~2,400	2,600~3,000
시험체 표준길이	약 0.3m	약 0.4m	약 0.5m	약 0.6m

3) 검사

- ① 샘플링 검사를 할 경우에는 원칙적으로 호칭지름마다 200개를 1조로 하지만 인수, 인도자간의 협의에 따라 정할 수 있다.
- ② 겉모양 및 모양의 검사는 전수에 대하여 검사하여야 한다. 관에 해로운 흠이 없고, 관내면은 매끄러워야 한다.
- ③ 치수의 검사는 1조에서 2개의 공시관을 발취하여 KS M 3333 규격에 적합한지 검사하고, 2개중 1개라도 합격되지 않으면 전수검사를 하여야 한다.
- ④ 내압 및 외압강도는 1조의 관에서 1개의 공시만을 발취하여 검사하고, 합격하면 그 조를 합격으로 한다. 불합격시에는 다시 2개의 공시관을 발취

하여 2개 모두 합격하면 1개의 불합격품을 제외하고 그 조를 합격한 것으로 하며, 2개중 1개라도 합격되지 않으면 그 조를 불합격으로 한다.

4) 관의 표시

① 제품의 호칭방법은 다음 보기와 같다.

[보기] $\frac{FRPM\text{관}}{\text{규격명칭또는약칭}} \frac{\text{내압1종C형}}{\text{관종류}} \frac{UP}{\text{수지(재료)}} \frac{1,500 \times 6,000}{\text{호칭지름 유효길이}}$

② 관에는 다음 사항을 명기해야 한다.

- 제품의 명칭 또는 약칭(FRPM)
- 종류
- 호칭지름
- 유효길이
- 제조자명 또는 그 약호
- 제조공장명 또는 그 약호
- 제조년월 또는 그 약호
- 수지재료명 또는 그 기호(KS M 3305에 적합한 것은 UP)

5) 검수

- ① 검수는 납품지정장소의 현장검수를 원칙으로 한다. 필요시 제조공장에서 시행할 수 있다.
- ② 검수자는 시험성과표와 납품재료, 규격, 치수 및 수량을 확인한다.

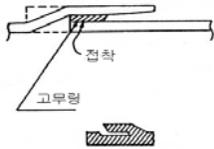
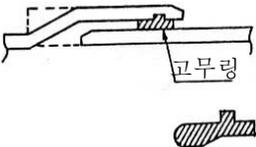
나. 관의 취급과 운반

강화플라스틱 복합관의 취급과 운반은 PE관의 취급과 운반에 따른다.

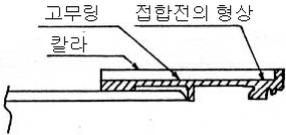
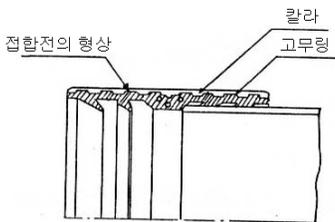
다. 관의 접합

1) 이음의 종류와 구조

가) 소켓형

구 조	특징과 용도
<p>① [B형]</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : 삽구 외면에 고무링을 끼워 이를 소켓형 수구 관에 삽입함으로써 간단하게 접합할 수 있다. 관체 특성에 따라 수밀성과 가동성이 풍부한 이음이다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 : 600~3,000mm(1~5종)
<p>② [T형]</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : 소켓형 수구관 내면에 고무링을 끼워 두고 삽입관을 삽입해서 접합한다. 수밀성과 가동성이 B형보다 우수하며, 고수압 관로에 적합하다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 : 600~3,000mm(1~2종)

나) 칼라형

구 조	특징과 용도
<p>① C형</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : C형은 고무링이 칼라내면에 접착된 것이며 수밀성과 굴곡선이 큰 곳에 적합한 이음이다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 테이퍼플랜지 : 200~500mm(1종~5종)
<p>② 원심력용</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특징 : 칼라 내면에 고무링이 장착되어 있어 삽구를 칼라에 삽입하는 것만으로 간단히 접합된다. 수밀성과 강성이 풍부하다. ○ 용도 : 일반용 ○ 이음의 범위 : 200~3,000mm(1~5종)

2) 접합

- ① 소켓형 또는 고무링 접합으로 하며, 고무링이 정착함에 정확히 정착되도록 하여야 한다.
- ② 고무링을 관체에 접착시키는 접착제는 KS G 9140의 5종에 적합한 것 또는 접착강도가 이것과 동등 이상이어야 한다.

9.4.6 (희생양극식) 폴리에틸렌 피복강관(K-SMART관) 공사

(희생양극식) 폴리에틸렌 피복강관(K-SMART관) 시공을 하는데 요구되는 기본 사항과 필요한 사항은 농업용관수로 설계·시공·유지관리 지침 공사에 규정하는 사항에 따라 시공하고 나머지 사항에 대해서는 (희생양극식) 폴리에틸렌 피복강관 (파손 및 누수감지관 K-SMART관)공사 규정에 따라 시공한다.(관련기술서 상수도 시설기준 참조)

9.5 친환경 시공

관수로 시공에 있어서 주변 환경과 생태계를 배려하는 시공을 실시하여 주변 경관과 조화를 이루는 시공이 되어야 한다.

9.5.1 시공시의 환경적으로 고려할 사항

관수로를 시공할 때는 주변 생물에 미치는 영향이 경감되도록 환경배려 대책을 강구한다.

가. 시공 시기의 배려

예를 들어 어류 번식 시기에는 수로공사 시공시기를 피하는 등 생물의 중요한 번식과 성장시기와 중복되지 않게 배려한다. 어쩔 수 없이 영향이 염려되는 시기에 공사를 해야 할 경우는 생물 이식 등 서식 생물의 영향경감 대책을 마련하여 실시한다.

나. 단계적인 시공에 의한 배려

일시에 넓은 지역 공사를 실시하면 생물에 미치는 영향이 큰 경우가 있으므로 지역 보전 대상생물의 서식상황을 검토하여 영향을 완화하기 위한 공구조절과 시공 방법의 변경을 검토한다.

다. 생물의 이동과 이식

공사로 발생할 수 있는 환경과 생태계에 미치는 영향을 경감하기 위하여 공사 실시 전에 생물의 이식과 이동을 검토한다. 이동과 이식은 식물 활착이 쉬운 시기 등 생활사에서 서식에 영향이 적은 시기에 실시한다.

라. 시공할 때의 배려

시공구간에 보전대상 생물이 있을 경우 필요로 하는 서식환경을 고려하여 공사 시기 중에 생물에 미치는 영향 경감을 위해 차광과 차음대책 및 침사지 등의 영향 경감 대책 마련을 검토한다.

9.5.2 환경배려대책

시공으로 인한 환경배려대책의 검토는 주변 환경의 네트워크 보전·형성을 시점에 두어 조사, 계획, 설계의 각 단계를 거친다. 환경배려대책은 다음 순서로 진행한다.

- ① 시공 대상지역 생물중에서 주목할 만한 생물을 선정하여 그 생물에 관한 현지조사 등으로 네트워크의 파악과 사업으로 인한 영향을 예측(조사)한다.
- ② 농지·관수로 등이 네트워크의 보전과 형성에 미치는 역할을 검토하여 공종과 횡단면적으로 사업지구 전체의 환경과의 조화를 배려한 계획을 작성(계획)한다.

- ③ 사업에 의한 정비를 실시할 농지·관수로 등에 대하여 위의 계획을 구체적으로 설계에 반영(설계)한다.
- ④ 시공시에는 조사된 주변 환경을 배려하는 대책을 마련하여 환경과 조화를 이루는 시설이 되도록 한다.

9.6 지진대책 시공

관수로 시공에 있어서 지질과 지형이 급변하는 지점이나 액상화 발생이 쉬운 모래 지반 등에서는 지진응답 대책을 마련하는 시공이 되어야 한다.

9.6.1 지질 및 지형의 급변 지점

지질 및 지형이 급변하는 지점은 지반의 진동이 다르기 때문에 피해가 크다. 또한 연약지반, 지질 및 지형의 변화점 및 옛날 늪지의 경계부근은 피해 가능성이 높으므로 특히 시공에 주의하여야 한다. 단구에서 저지대로 변화하는 지점은 지진에 의한 피해사례가 많으므로 시공에 주의하여야 한다.

9.6.2 액상화를 일으키는 모래지반 등

액상화 모래지반은 관의 이동, 이음부의 이탈, 파손 등으로 누수가 발생하기 쉬우므로 주의하여 시공하여야 한다. 부대구조물 부근은 구조물의 침하, 관로의 침하·부상·수평 이동으로 인한 상대 변위로 이음부 이탈, 파손, 연결부 개방 등이 발생하기 쉬우므로 주의해 시공하여야 한다.

모래에 의한 되메움 및 주변 지반의 액상화로 곡관부의 연결부분이 수십 cm 수평 이동하여 단관이 이탈할 수 있으므로 주의하여 시공하여야 한다. 되메움재의 액상화로 관수로의 바로 위에 메워진 재료(자갈 등)가 침하하여 관수로가 떠오를 수 있으므로 시공에 주의해야 한다.

9.6.3 유의점 및 대책공법

- ① 기초재의 치환, 지반개량 및 부상(浮上)방지 대책을 마련한다.
- ② 되메움 재료의 토질 및 입도 조정을 검토한다.
- ③ 신축적이고 가소성이 있는 이음매를 채택한다.
- ④ 구조물 및 이형관부와 관로부 사이의 부등침하 대책을 마련한다.

9.7 통수시험

9.7.1 일반사항

통수시험은 관을 설치하고 되메우기를 하기 전에 관수로의 수밀성, 안전성 등을 확인하기 위하여 실시하며, 시험의 범위, 방법 및 안전대책 등을 사전에 검토해야 한다.

통수시험은 관수로의 안정성과 수밀성을 확인하기 위하여 실시하며, 또한 시험적인 송배수를 통하여 관수로의 기능을 확인한다. 통수시험은 누수시험과 수압시험으로 구분된다. 이중 누수시험은 관내에 물을 주입하여 누수 유무를 조사하는 것으로 누수지점의 발견과 누수량이 허용범위인가를 확인하는 시험으로 반드시 실시하여 관수로의 수밀성을 확인하여야 하며, 수압시험은 중요한 관수로에 대해 일정 수압 하에서 시행한다.

중대형 관수로의 경우 수량의 확보, 관내 작업의 어려움 등으로 test band를 사용하여 누수시험을 시행하는 경우가 많다. 또한 용접이음구조의 강관인 경우에는 용접부의 방사선 투과검사 또는 초음파 탐사시험을 실시함으로써 수압시험을 대신하는 경우도 있다. 통수시험을 하는 경우 일반적인 순서는 <그림 9-47>과 같다.



<그림 9-47> 통수시험 실시순서

9.7.2 누수시험

가. 시험기준

- ① 누수시험은 물채우기 완료 후에 펌프 등으로 가압하여 시험하며 시험수압은 설계정수압(= 설계수압 - 수격압)이다.
- ② 허용누수량(감수량)은 관종, 관경, 이음형식, 사용수압, 부대시설 및 시공 조건 등에 따라 다르며, 24시간 정도를 유지하고 관경 1cm, 관의 길이 1km당을 기준으로 한다.

<표 9-35> 관중에 따른 이음형식별 허용누수량

관 중	허용누수량(ℓ/일·cm·km)	비고
콘크리트관류	100~150	소켓이음
덕타일주철관, PVC관, FRPM관	50~100	소켓이음 등
강관, PVC관, PE관	25	용접, 접착이음 등

단, 감수량이 시험구간 전체에 대하여 허용범위라도 집중적인 감수지점에는 지수조치를 강구하여야 한다. 또한 용접, 용착, 접착 이음부의 경우에는 특별한 이유가 없는 한 허용감수량을 적용하지 않는다.

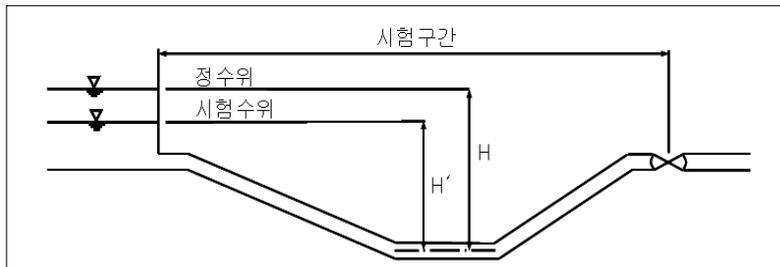
- ③ 통수시험은 정수압이 원칙이지만 잠관의 경우와 같이 여건상 설계수위가 설계정수압보다 낮은 수압으로 시험하는 경우에는 다음 식으로 감수량을 수정한다.

$$Q = Q' \sqrt{H/H'} \dots\dots\dots (9-1)$$

여기서, Q = 수정 감수량(ℓ) Q' = 측정 감수량(ℓ)
 H = 설계정수두(m) H' = 시험수두(m)

나. 시험준비

- ① 체수밸브 등을 고려하여 적정시험구간을 설정한다.
- ② 시험구간별 수로 조직표에 따라 체수밸브, 공기밸브, 배수밸브 등 관리시설을 확인한다.
- ③ 관수로 기초 등 콘크리트의 강도가 충분한지 확인한 후 실시한다.
- ④ 물채우기 또는 가압을 하기 전에 관체가 이동하지 않도록 배관작업에 지장이 없을 정도의 되메우기를 한다.
- ⑤ 누수시험은 관을 물로 채우고 공기를 완전히 배제한 후 실시한다.



<그림 9-48> 시험수두를 취하는 방법

다. 시험방법

- ① 시험구간내의 공기밸브, 배수밸브를 열어놓는다.
- ② 관내에 물채우기를 시작한 후 배수밸브를 통하여 오수 등을 배출시킨 후 배수밸브를 잠근다.
- ③ 관로의 물 채우기는 계획 통수량의 1/5~1/10의 범위로 천천히 공기밸브의 공기배제를 확인하면서 실시해야 한다.
- ④ 누수 시험 중에는 관로의 이상 유무 및 누수여부를 세밀히 점검해야 한다.
- ⑤ 누수량 측정은 물 채우기를 완료하고 24시간이 경과한 후에 감수량을 측정하여 누수량으로 한다.

라. Test Band 법

대형관은 물채우기 등 어려움이 많으므로 보통 900mm 이상 관의 이음부의 수밀성을 검사할 경우에는 Test Band법을 이용한다. 이 시험에서는 보통 0.5MPa(5.1kgf/cm²) 정도의 압력을 5분정도 가하여 수밀성을 조사하게 된다. Test Band 시험에서는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① 관내 band 장착면을 충분히 청소하여 활면으로 한 후에 band를 장착한다.
- ② 관저부는 물이 고이기 쉽고 또 잡물이 부착되기 쉬우므로 이 부분의 청소에는 충분한 주의가 필요하다.
- ③ 관내의 환기, 비계의 설치 및 추락방지 등 안전대책을 충분히 세워야 한다.

9.7.3 수압시험

가. 시험기준

- ① 수압시험은 관수로가 설계수압(정수압+수격압)에 안전하게 견딜 수 있는 지를 확인하기 위한 것이다.
- ② 보통 시험시간은 1~2시간 정도의 압력변화와 노선 중의 이상 유무를 확인한다.

나. 시험시기

수압시험은 누수시험이 종료된 후에 시행하거나 별도 시험을 실시한다.

다. 시험방법

- ① 수압시험은 관내의 공기를 완전히 제거한 후 실시한다.

- ② 수압시험은 소정의 되메우기를 한 후 실시한다.
- ③ 가압장치로 시험구간을 설계수압까지 승압하고 시험구간 관로의 이상 유무를 확인한다.

9.7.4 시험 후 조치사항

- ① 배수밸브, 공기밸브, 유말공 제수밸브 등을 개방하여 완전히 배수토록 한다.
- ② 각 관의 연결부 등 이상 유무, 변형량 등을 점검한다.
- ③ 통수시험 점검결과에 따라 보수 등 적절한 조치를 시행한다.

9.8 작업 점검

9.8.1 목적

공사 현장에서는 제반 공사가 설계서 및 시방서 등에 일치되게 시공되는가를 점검하고 확인하여 모든 공사목적물이 우수한 품질로 시공되도록 하여야 한다.

현장에서 작업점검을 실시하는 목적은 부주의, 착오, 미확인 등에 의한 실수를 사전에 예방하여 충실한 현장 확인 업무를 유도하고, 시공확인 작업의 표준화로 감독자들에게 작업의 기준 및 주안점을 주지시켜 품질향상을 도모하며, 객관적으로 검토 및 확인결과를 발주처 및 시공자에게 제시하여 현장에서의 감독업무를 보다 효율적이며, 체계적으로 수행하기 위하여 실시한다.

9.8.2 점검 내용

작업 점검은 시공계획, 관의 구입, 공사용 도로, 강관공사(취급·운반, 배열, 터파기, 설치, 절단 및 용접, 도복장, 플렌지 접합, 신축관 이음, 밸브류 설치, 관 보호공, 분수공/배관공, 검사공, 되메움 등), PE관공사, 통수시험(누수/수압시험) 등의 공종별로 서류 검토와 현장 조사를 통하여 실시한다. 점검 내용은 계약상태의 이행여부, 사용재료의 품질과 시공수량, 구조물의 기능, 강도, 내구성, 안정성, 그리고 공사의 행정적 처리 등을 대상으로 한다.

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(1)시공계획	<ul style="list-style-type: none"> ①설계도면의 구조계산, 수량산출, 사용자재, 시방규정 등을 종합 검토 ②시공측량, 현지조사를 통하여 설계도와 현지 부합여부 확인 ③공사용 도로 검토 ④용지매수 완료시기 및 임대용지 확보 검토 ⑤관계기관의 인·허가사항 검토 ⑥기설 매설물 등 장애물 처리계획 검토 ⑦관의 종류, 규격, 수량 및 조달 방법 ⑧환경영향의 조사와 조치사항 ⑨공정계획 검토 <ul style="list-style-type: none"> ㉠총체적인 공사기간은 적정한지 검토 특히, 특수공사(문화재, 인구밀집지, 연약지반, 도로, 철도, 하천횡단, 수관교 등)에 대한 심층검토 ㉡시공순위와 준비사항은 적정한지 검토 ㉢부위별 시공시기는 적정한지 검토 ㉣장비, 인력, 자재, 시공관리, 안전관리, 품질관리 등 시공 체계가 확립되었는지 검토 ㉤시공팀의 전문성(시공능력) 검토(전문기술인력, 실적, 경험 등) ㉥연속공사를 위한 각 단위사업의 유기적인 조합이 가능한지 검토 ㉦시험 및 검사계획 	
(2)관의구매, 입하	<ul style="list-style-type: none"> ①관재료의 시방서 검토 ②제조공장에 대한 전문검사자가 임명되었는지 확인 ③강재의 종류 검토 확인 ④재질의 시험성적 검토 확인 ⑤입하된 재료의 규격, 허용오차 확인 ⑥관의 표시항목 확인 	
(3)공사용 도로	<ul style="list-style-type: none"> ①용지매수 또는 공사동의서 등에 의한 용지사용 동의 여부 확인 ②공사용도로의 노폭, 구조 등이 충분한지 검토 (가설공사라고 소홀히 하면 공사차질 발생) ③연약지반의 공사용 도로가 충분한 시간적 여유 (지반침하 등)를 갖고 개설이 가능한지 검토 ④지역주민과의 민원여부 등에 대한 검토 	

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(4)강관공사 (4-1)취급· 운반	<ul style="list-style-type: none"> ①취급·운반 중 외력접촉에 의한 변형 및 손상여부 확인 ②필요시 도복장부분 손상여부 확인검사(홀리데이탐사기 등) ③관을 들어올리는 로프가 적합한 종류인지 확인 ④관의 적치시 받침의 적정재료 확인 ⑤관끝의 이물질 접촉 및 유입방지를 위한 덮개 확인 ⑥관의 적치시 관 표시공이 위로 향하는지 확인 	
(4-2)관의 가배열	<ul style="list-style-type: none"> ①관수로의 터파기와 병행하여 관을 배열할 때 관이 땅과 직접 닿는지 확인하여 조치 ②직선구간의 수구(bell end)가 물의 유입방향과 일치하는지 확인 ③경사지의 배열시 수구가 높은 곳으로 향하는지 확인 	
(4-3)일반 터파기	<ul style="list-style-type: none"> ①터파기 위치와 기초바닥의 표고 적정성 검토 ②굴착시 기준틀 설치 및 사면구배의 일치여부확인 ③경사지의 터파기는 낮은 곳에서부터 착수하는지 확인 ④우수 및 용수 등에 대비한 배수구설치 및 배수시설의 확인 ⑤구조물주위 터파기시 주변의 구조물 침하대책의 수립여부 확인 ⑥터파기전 기존의 지하매설물 및 구조물 유무의 확인 ⑦굴착시 지질상태 확인(설계시 추정된 지질과의 일치여부와 지지력 확인) ⑧굴착작업 후 지반의 토질, 지지력이 당초 설계와 현저한 차이가 있다고 판단될시 필요한 소요시험 등의 실시여부 및 대책검토 ⑨굴착사면의 활동, 붕괴가능성 등 안정성 검토 (구조물설치 완료시까지 전 구간에 걸쳐 강우 및 지하수의 원인으로 붕괴 가능성 여부) ⑩지하배관용 터파기시 가설물 설치 및 관이음 시공을 할 수 있는 작업공간의 확보 검토 ⑪굴착토중 양호한 굴착토의 되메움 사용여부 및 적치계획 검토 ⑫사토장 선정 및 운반경로 확인 ⑬터파기 표고검측과 과굴대책 검토 	
(4-4)흙막이공 터파기	<ul style="list-style-type: none"> ①공사용도로의 장비진입 및 운송에 지장이 없는지 검토 ②흙막이 설계내용과 현장과의 적합성 검토 ③파일의 근입심 검토 ④널말뚝의 타입시 변형을 감안하여 설치위치가 적정한지 검토 	
(4-6)관설치	<ul style="list-style-type: none"> ①배관기능자 배치여부 확인 ②관 부설전 관내외부 청소상태 확인 ③평탄지에서 관의 수구가 물의 유입 방향인지 확인 ④경사지에서의 관의 수구가 위로 향하는지 확인 ⑤관의 표기내용이 위로 향하도록 관이 설치되는지 확인 ⑥관설치후 용접시까지 관끝부분의 보호조치 확인 	
(4-7)관의 절단	<ul style="list-style-type: none"> ①절단공의 면허자격 확인 ②절단기가 적정한 기종인지 검토 ③절단시 도복장의 벗겨낸 폭이 기준에 맞는지 확인 ④절단시 도복장부에 인화되지 않도록 보호 조치 여부 확인 ⑤절단면이 원관의 끝부분과 같이 정리되었는지 확인 	

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(4-8)용접	<ul style="list-style-type: none"> ①용접처리절차서 제출여부 및 용접절차 적정성 검토 ②용접공의 자격확인 및 자격자가 해당부위를 용접하는지 확인 ③용접공사를 총괄하는 책임용접기술자가 현장에 상주하는지 확인 ④용접을 위한 관이 클램프 등에 의해 고정되어있고 또한 고저좌우 등 센터링이 잘 되어 있는지 확인 ⑤용접에 적합한 기상조건인지 확인 ⑥용접면의 습기, 녹, 도료, 먼지 등의 제거확인 ⑦가용접계획이 기준에 적합한지 검토 ⑧용접슬래그로 인한 도장면 손상방지를 위한 고무시트나 불연성 포대가 준비되었는지 확인 ⑨밀폐된 장소의 용접시 개스환기에 대한 대책은 되었는지 확인 ⑩용접기구는 용접대상물의 재질 및 용접이음 형상에 적합하며 전격방지 장치를 갖추었는지 확인 ⑪용접기의 접지 및 케이블접속은 완전한지 확인 ⑫제규격에 맞는 용접봉을 사용하는지 확인 ⑬용접봉은 완전히 건조시켰으며, 방습이 되는 장소에 보관하고 있는지 확인 ⑭용접전류 및 전압, 용접 불꽃 및 속도는 적당한지 확인 ⑮본 용접시 가용접은 제거했는지 확인(감리원 승인시 제거안해도 됨) ⑯용접순서가 맞게 시행되는지 확인 ⑰용접을 시행한 후 한층이 완료되기까지 연속해서 용접하되 비드 이음부가 생기지 않도록 하였는지 확인 ⑱용접시 모재 손상은 절대 없음을 원칙으로 하는지 확인 ⑲벨랜드 접합부 용접시 표준용량 형상은 적절한지 확인 ⑳용접부 표면은 오목하거나 골짜기 형상 돌기부가 없어야 하며, 드가 일정한 매끄러운 형상인지 확인 ㉑다층용접을 행할 경우에는 먼저번의 용접비드를 완전히 청소하고 스케일 등을 제거한 후 다음층을 용접하는지 확인 ㉒용접부에 일어나는 균열의 원인 및 대책을 강구하여 문제가 발생하지 않도록 사전 검토하고 있는지 확인 <ul style="list-style-type: none"> ○균열의 종류 : 종크랙, 횡크랙, 크레이터크랙 ○원인 : 용착금속의 수소량, 강재의 경화성 구속도(다축응력의 발생), 응력검증 ○대책 : 예열 및 후열처리하여 온도변화 감소시킴. 저수조계의 용접봉 사용, 용접봉 건조철저 ㉓용접상태 불량여부 외관검사 확인 : 길이, 치수, 간격, 언더컷, 용접 불량, 부재단부 시공여부 균열 등 ㉔매접합부마다 반드시 산소압축시험을 실시하고 합격여부 검사 ㉕비파괴 또는 방사선 투과시험등의 실시여부 검토 및 조치 ㉖용접불합격 개소의 철저한 보수공사 검사 	

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(4-9)도복장	①도장공의 경력 확인 ②용접완료 후 도복장의 밀착을 좋게 하기 위한 전처리의 시방기준 적합성 여부 확인 ③시방에 적합한 재료선정이 되었는지 검토 확인 ④프라이머를 도장하기 전 강면의 청소상태, 습기의 유무, 관의 온도 확인 ⑤본도장 직전에 프라이머 도장면의 상태, 습기의 유무, 관의 온도 확인 ⑥도장면의 마무리 상태는 도장표면의 처짐, 주름 흘림, 광택, 평활도 및 변색 등의 유해한 결함여부 확인 ⑦도장누락 및 편홀의 확인 (홀리데이 탐상) ⑧편홀 및 도장누락의 홀리데이 탐상기를 이용, 도막전면에 대해서 검사이행여부 확인 ⑨두께 확인 ⑩밀착상태 확인 ⑪도복장 검사결과 불합격된 개소의 보수 실시	
(4-10)관부상	①관부상방지 임시되메움 개소 검토 및 임시 되메움 공사 확인 ②임시 되메움 재료는 되메움계획의 재료와 동일한 재료인지 확인 ③되메움 두께는 충분한지 검토	
(4-11)플렌지 및 링조인트 접합	①고무패킹 및 플렌지에 부착된 잡물 등의 청소상태 확인 ②접합볼트를 조일 때 관중심에서 대칭으로 균형 있게 조이며 규정품 사용여부 확인 ③고무패킹의 규격확인	
(4-12)신축관 이음	①설치전 운반, 보관 중 손상여부 확인 ②공장에서 세팅된 이음이 설계도의 규정대로 되었는지 확인 ③관로와 신축관이 일직선이 되었는지 확인 ④유수방향과 맞게 거치되었는지 확인 ⑤신축관 내부의 임시고정구를 제거한 후 관과 접합여부 확인	
(4-13)밸브류 설치	①각종 밸브의 설치위치와 적정위치 여부 확인 ②설치후 점검구(이물질배출장치)을 이용 청소를 깨끗이 할 것 ③밸브류 설치시 정확하게 중심내기를 하고 견고하게 설치하는지 확인 ④밸브류의 플렌지 구멍, 규격 확인 ⑤밸브류 설치시 반드시 개폐방향 또는 유수방향과 일치하는지 확인 ⑥제수밸브는 설치전 개도 지시계와 밸브의 개폐정도가 일치되는지 확인 (반드시 개폐검측확인) ⑦공기밸브는 수직으로 설치되어야 하며, 부득이한 경우에도 2°이내로 설치되는지 확인 ⑧공기밸브(토기공)는 직선구간에서도 400~500m에 1개소 정도가 설치 되어야 하므로 적정 개소인지 검토 ⑨밸브류 설치시 각목 또는 받침대 등이 관내에서 수거되거나 철거되었는지 확인(필요시 서치라이트 검사)	

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(4-14) 변류 보호공 및 관보호공	① 밸브실은 방수시설로 계획되었는지 검토 ② 밸브실의 콘크리트 타설은 관로의 검사 및 시험과 연계되어 계획되었는지 확인 ③ 밸브실 시공순서에 따라 방수공사에 필요한 조치가 시행되는지 확인 ④ 관보호공 및 밸브실의 부등침하에 대비한 기초지반의 지내력 시험 실시와 이에 따른 기초공법 검토 ⑤ 밸브실 벽체를 관통하는 관체의 스티프너 설치 확인	
(4-15) 분수공 및 배관공	① 수조식 분수공의 여수로 배수로 적정성 검토 ② 수조식 분수공의 통기시설 위치확인 ③ 플로트형 분수공 채택시 분수공앞에 체수변이 설치되었는지 검토 ④ 관경이 다른 폐쇄형 배관시 공기집적이 이루어지지 않도록 대구경관의 상부에서 분관되는지 확인	
(4-16) 검사공	① 검사공 설치위치 확인 및 현지와 부합되는지 확인 ② 수조형 검사공의 수위가 현지여건과 부합되는지 검토(지반위 1m 이내) ③ 플렌지 뚜껑형은 수압에 의해 누수가 되지 않도록 시공되는지 확인	
(4-17) 되메움 및 관표시공	① 되메움장소의 청소상태 확인 ② 되메움 시기, 되메움 방법 검토 ③ 되메움 공사는 관접합검사와 연계해서 연속공사가 되도록 검토 ④ 되메움시 편압에 의거 관의 이동이나 솟지 않도록 양측을 균일하게 되메움하는지 확인 ⑤ 되메움시 지정된 재료로 시공하는지 확인 ⑥ 최적함수비에 가까운 상태에서 층별다짐 두께 이하로 균일하게 되메움는지 확인 ⑦ 관 및 구조물 부근의 되메움시 장비에 의거 손상되지 않도록 조치 및 확인 ⑧ 저면의 되메움이 잘 다져졌는지 확인 ⑨ 관정부의 다짐두께가 기준대로 시공되는지 확인 ⑩ 관표시공 및 관표시공의 설치여부는 공사시방서에 따르나 설치 필요성을 검토	
(5) PE관 공사 (5-1) 일반사항	① 강관공의 점검항목(시공지침)에 의해 점검	
(5-2) 관의 취급	① 관 끝에 보호캡이 있는지 확인 ② 관의 적치높이는 허용높이 이내로 하는지 확인 ③ 보관장소에 직사광선이 드는지 확인 ④ 휘발성약품이 인근에 있는지 확인하고 제거조치 ⑤ 밸브류는 지면에 닿지 않도록 받침을 하고 수평으로 보관되는지 확인	

공 종	점 검 항 목	검사 및 확인사항
(5-3) 접합용착	①용접기는 적정한 기종인지 확인 ②접합중사자가 숙련기사인지 확인 ③용착하는 관은 클램프로 고정하는지 확인 ④용착면은 정확하게 중심에 맞는지 확인 ⑤용착순서에 의거 용착접합하는지 점검확인 ⑥용착후 자연상태에서 냉장 탈착 ⑦용착비드가 전둘레에서 균일하게 형성되는지 검사	
(6) 통수시험 (6-1) 누수시험	①제수변 구간 등을 감안하여 적정시험구간 검토 ②밸브실, 관수로 기초 등 콘크리트의 강도가 충분한지 확인 ③시험구간별 수로조직원에 의거 제수변, 공기변, 배수변 등 관리 시설을 확인 ④시험실시 및 점검을 위한 장비 및 인원동원계획 등 시험계획을 종합 검토 ⑤관의 물채우기전 공기변, 제수변, 배수변을 열어 놓았는지 확인 ⑥관수로에 물채우기는 관체에 충격이 가지 않도록 계획용수량의 1/5~1/10 수준으로 주입하는지 검토 ⑦배수변을 통하여 오수 등이 배출된 후 배수변을 닫아 충수하는지 확인 ⑧누수시험 중 관수로의 이상유무를 철저히 점검 확인 ⑨누수량측정은 물채우기 완료후 24시간 경과한뒤 갈수량을 측정, 누수량으로 판정하여 허용누수량 범위인지 엄격히 확인	
(6-2) 수압시험	①누수시험과 병행하여 누수시험 후 수압시험방법 검토시행 ②가압시설 등 시험장비는 사전에 준비 확인 ③수압시험은 시험시간이 짧기 때문에 시험구간의 점검을 위하여 최대한 인력을 배치 점검할 계획인지 검토 ④시험시간이 1~2시간동안 시행되는지 확인 ⑤수압 시험결과 문제 개소는 재시공 조치	

제 10 장 유지관리

10.1 일반사항

10.1.1 적용범위

이 기준은 농업용관수로와 그에 관련된 취수원 등 제반 시설을 유지관리함에 있어 관리방법, 점검, 진단 및 일상적인 유지보수 등을 체계적이고 일괄적으로 운용하기 위하여 기본적인 사항을 규정한 것이다. 특수한 구조물이나 관로 시설로서 별도의 기술적용이 필요한 경우에는 적절한 보완을 통하여 이 기준을 적용하여야 한다.

10.1.2 관련법령

농업기반시설물의 유지관리에 직접 관련되는 법률은 농어촌정비법과 이 법을 기초로 하여 제정된 농업기반시설관리규정이 있으며, 기타 기계, 전기 및 수질관리 등에 관련되는 법률로서 수질관리법, 자연재해대책법, 건설기술관리법, 산업안전보건법, 전기사업법 등 여러 가지 법률이 있으나, 주요사항은 농어촌정비법과 농업기반시설관리규정에 의하여 시행되고 있다. 이 기준은 농업용관수로와 그에 관련된 취수원 등 제반 시설을 유지관리함에 있어 관리방법, 점검, 진단 및 일상적인 유지보수 등을 체계적이고 일괄적으로 운용하기 위하여 기본적인 사항을 규정한 것이다. 특수한 구조물이나 관로시설로서 별도의 기술적용이 필요한 경우에는 적절한 보완을 통하여 이 기준을 적용하여야 한다.

가. 농어촌정비법

이 법은 1994년 12월 22일 법률 제4823호로 제정·공포되었으며, 농업생산기반시설의 관리·이관에 대한 모법으로서 이를 근거로 제정된 시행령과 시행규칙을 통하여 시설관리에 관한 제 규정을 포함하고 있으며, 그 주요 내용은 다음과 같다.

- ① 법 제16조는 국가 또는 한국농어촌공사가 시행한 농업기반시설을 한국농어촌공사로 하여금 인수·관리할 수 있게 하였으며, 관정 등 지하수 이용 시설에 대하여는 지방자치단체로 하여금 인수·관리를 하도록 하였다. 그 외에 시설물의 인계·인수자간의 이견조정, 농업기반정비사업 시행시 시설인수자의 지정, 사업시행상 필요하여 매수한 용지의 소유권 등기, 시설인수 예정자가 사업시행계획 또는 시행에 관하여 이의가 있을 때 시정요구와 당사자간의 이의조정 불가시 농림수산식품부장관의 조정권 등에 관하여 규정하였다.

- ② 법 제17조는 농업기반시설을 관리하는 자가 모든 관리대상시설에 대하여 시·도지사에게 등록해야하고, 제18조에서는 농업기반시설을 항상 선량하게 관리 및 보호하도록 규정하고 있다. 또한 제18조 2항에서는 자연재해로 인한 피해의 방지 및 인명구조를 위하여 긴급한 조치를 위하여 농업기반시설물의 손괴, 농어촌용수의 이용·관리에 지장을 주는 행위, 농업기반시설의 점용 등에 관하여 규정하고 있다.
- ③ 동법 제21조는 농어촌용수의 오염방지와 수질개선에 관하여 규정하였으며, 농어촌용수가 오염되어 영농 및 농어촌생활환경에 지장을 줄 염려가 있는 경우에는 환경부장관 또는 지자체장에게 수질오염방지를 위한 조치를 강구하도록 요청할 수 있다.
- ④ 법 제22조는 시설관리자가 농업기반시설 또는 용수를 농업 등 본래 목적 이외의 목적으로 사용코자 할 경우에는 대통령령으로 정해진 바에 따라 시장·군수 또는 자치구의 구청장의 승인을 얻어 사용할 수 있게 하였다. 이 때 목적 외 사용은 그 본래의 목적이나 사용상 방해가 되지 않는 범위 내로 국한되며, 사용자로부터 시설의 유지 또는 보수에 필요한 경비를 징수할 수 있게 하였다.
- ⑤ 법 제23조는 농업기반시설의 관리자는 시설의 수혜대상인 농경지 등이 타목적으로 전용되었거나 수혜대상 농경지 등에 대한 대체시설이 완비된 때 또는 천재지변이나 그 밖의 불가항력의 사유로 시설이 손괴되어 보수의 경제성이 없어져서 폐지하고자할 경우에는 시·도지사의 승인을 받아 농업기반시설을 폐지하도록 하였다.

나. 농업기반시설 관리규정

이 규정은 농어촌정비법을 모범으로 하여 1995년 6월 23일 제정되어 2000년 6월 7일 개정된 농림부훈령으로서, 농업기반시설의 유지 및 안전관리에 대한 제반 규정을 포함하고, 주로 이 규정에 의하여 시설이 운용·관리되고 있다. 이 규정은 모두 5장 22조 및 부칙으로 제정되었으며, 그 주요 내용을 요약하면 다음과 같다

1) 총 칙

- ① 시설관리 규정의 제정 목적
- ② 농업기반시설의 1~3종 구분 및 각종 용어의 정의
- ③ 시설물의 유지 및 안전관리계획 수립·시행

2) 시설의 유지관리

- ① 시설의 관리 원칙 : 시설의 직접 또는 위탁관리에 관한 사항과 유지관리 비용부담에 관한 사항
- ② 시설관리 담당자의 임무 : 시설관리자는 수원공 및 송배수시설에 관련된 1~3종 시설에 대하여 유지관리 및 점검·정비에 관한 사항
- ③ 시설의 물관리 : 저수지, 담수호 등 수원의 수량, 수질 등을 상시 파악하고 기상예보에 유의해야 하는 사항. 가뭄시의 절수대책, 홍수시 사전방류 및 시설물의 피해예방, 수질오염 방지 등에 대한 조치사항
- ④ 시설관리 담당자의 지정 및 교육실시 등에 관한 사항
- ⑤ 시설의 일상관리 및 기록유지 등 관리담당자의 임무
- ⑥ 시설의 위탁관리 : 시설관리자가 시·도지사와의 미리 협의하여 시설물의 위탁관리 할 수 있는 사항

3) 시설의 안전관리

- ① 1종, 2종 및 3종시설에 대한 일상점검, 정기점검 및 긴급점검 등에 관한 사항
- ② 안전점검의 시행 및 결과보고에 따른 절차와 각종 양식 및 긴급조치 사항
- ③ 정밀안전진단의 실시주기, 주요 검토자료 및 비용부담 등에 관한 사항
- ④ 정밀안전진단 시행에 따른 신청절차, 농림수산식품부 확정 및전문기관 등에 관한 사항
- ⑤ 정밀안전진단 실시결과의 통보 및 재해발생 우려시의 조치대책
- ⑥ 정밀안전진단 결과 구조상 공공의 안전에 위험이 있는 경우 시설의 사용 제한 또는 철거에 따른 절차와 조치사항
- ⑦ 농어촌정비법에 의한 시설의 개보수 사항을 규정한 것으로서, 개보수 시행 순위는 피해규모와 시급성을 고려하여 ㉠ 시설물의 안전 또는 기능상실이 긴박하여 재해발생시 막대한 인명피해나 재산피해가 예상되는 시설, ㉡ 시설물의 안전 또는 기능상실이 예상되며 재해발생시 인명피해 또는 재산피해가 예상되는 시설, ㉢ 시설물의 기능저하 또는 상실로 과도한 유지관리비가 예상되는 시설 순으로 결정된다.

4) 안전진단전문기관 운영

- ① 시설물에 대한 정밀진단실시를 위하여 한국농어촌공사 또는 시설물의 안전 관리에 관한 특별법에 의하여 등록된 안전진단 전문기관을 지정하여 정밀 진단의 내실과 기술적 판단에 철저를 기함과 동시에 동 기관의 업무내용 규정

- ② 전문기관의 운영자금을 시설의 정밀안전진단 수수료, 시설 위탁관리비 또는 기술지원비, 보조금 및 기타 수익금으로 충당할 수 있도록 규정

5) 지도 감독

- ① 시설관리자는 시설의 설계도서 및 유지관리에 관련되는 주요자료와 서류 등을 보존하여 시설관리에 활용하도록 규정
- ② 시설관리를 철저히 하기 위하여 시·도지사는 시설관리자를 지도감독하고, 농림수산식품부장관은 전문기관의 운영에 관한 사항을 지도하도록 규정
- ③ 기타 위 내용 등에 관련된 제반 서식 등이 규정되어 있다.

다. 기타 관련법령 및 규정

농업기반시설의 유지관리는 주로 농어촌정비법과 농업기반시설관리규정에 준하여 시행되지만, 기계장치 또는 전기시설 등은 그 특성에 따라 관련되는 법령이나 규정이 있으므로 이를 유의하여야 한다. 즉 농업용수의 수질관리 및 개선대책은 환경정책기본법 및 수질 및 수생태계 보전에 관한 법, 농업용수수질관리지침(농림부 '97.12.15), 시설관리담당자의 기술자격 기준은 건설기술관리법을 참조하게 되며, 기타 기계·전기설비에 관하여는 전기사업법 및 전기안전관리 업무처리지침 등 그에 상응하는 법률을 참조한다.

【관련 법령】

- ① 농어촌정비법(법률 제42823호 '94. 12. 22)
- ② 한국농어촌공사 및 농지관리기금법(법률 제9758호 '09. 6. 9)
- ③ 수질 및 수생태계 보전에 관한 법(법률 제9697호 '09. 5.21)
- ④ 자연재해대책법(법률 제9773호 '09. 6. 9)
- ⑤ 건설기술관리법(법률 제9848호 '09.12. 9)
- ⑥ 산업안전보건법(법률 제9434호 '09. 2. 6)
- ⑦ 전기사업법(법률 제9680호 '09. 5.21)
- ⑧ 전기통신사업법(법률 제9719호 '10. 1. 1)
- ⑨ 전파법(법률 제9780호 '09. 6.9)

【관련규정 및 지침】

- ① 농업기반시설 관리규정(농림수산식품부 훈령 제188호 '09. 9.17)
- ② 농업용수 수질관리지침(농림부 시설 51332-680, '97. 12. 15)

- ③ 전기안전관리 업무처리 지침
- ④ 한국전력공사 전기공급 규정
- ⑤ 한국산업규격

10.1.3 유지관리계획 수립

농업용관수로의 효율적인 운용과 관리를 위하여 매년 유지관리계획을 수립하여 시행하여야 한다.

유지관리계획에는 사업목적에 따라 물을 저류, 취수, 송배수, 분수 및 방류하기 위한 물 배분계획의 결정, 조작, 계측, 제어 등의 물관리계획과 관수로 제시설을 유지관리, 점검, 정비, 개량, 재해 복구 등의 시설관리계획이 포함되어야 하며, 가장 경제적인 유지관리가 되도록 계획을 수립하여야 한다.

유지관리에 대한 세부사항 및 내용은 "농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로편"을 참고한다.

10.2 용수관리

10.2.1 기본방향

농업용관수로의 용수관리는 제시설, 관리체제, 물 관리방식이 조화되어 물을 효과적으로 운용함으로써 물 수요를 만족해야 한다. 농업용관수로는 설치된 시설이 개별적으로 또한 시스템으로서 기능을 유지하고 정확한 조작에 의하여 지장을 받지 않도록 관리하여야 한다. 농업용관수로의 용수관리를 효율적으로 하기 위해서는 관리조직을 고려한 용수관리계획을 수립하고 시설의 조작 등에 관한 기준을 지정하여 관수로의 시설과 물 관리가 적절히 이루어지도록 하여야 한다.

10.2.2 용수관리 계획의 수립

농업용관수로 설계시 검토된 관개계획 자료, 물 사용상황에 대한 예측, 과거의 물 관리기록 등을 토대로 연간 용수관리계획을 수립하여야 하며, 관개기간중 기상상황과 물 수요변화 등을 반영하여 순간관리계획, 일일관리계획 등에 의하여 용수관리를 시행하여야 한다.

가. 연간 관리계획

연간 관리계획은 전년도까지의 관리운영실적을 검토하여 관개시작전에 관리조직을 중심으로 수익자대표를 포함하여 작성한다. 논에서는 못자리용수, 씨레질용수, 생육과정에서의 물 사용, 중간 물 빼기 등을 고려하고 수리계통별로 물 수요특성을 감안하여 계획을 수립한다.

1) 생육기별 용수량 검토

가) 못자리 용수량

기존의 못자리에 의한 육묘방식은 본답면적의 1/10~1/20 정도의 못자리에 육묘기간은 35~45일간 이었다. 그러나 근래 농기계의 발달에 따라 육묘방식도 못자리 방식에서 비닐하우스 및 육묘공장(상자육묘)화되고 있으며, 육묘기간은 어린모는 8~10일, 치묘(치묘)는 15~20일, 중묘는 30~35일, 성묘는 35~45일 정도이므로 계획지구의 육묘방식에 적합한 못자리용수량을 공급해야 한다. 한편, 상자육묘에서 20~30일 모인 경우에 육묘상자(30×60cm)1개는 본답 33m²에 해당되어 파종면적은 본답면적의 1/180이하로 작게 된다. 물 관리의 효율성 제고와 병충해의 공동방제를 위하여 집단못자리를 설치하도록 장려하는 것이 필요하며, 육묘의 조기 이양이 가능한 보온못자리의 설치를 많이 하는 것도 용수의 이용과 절약에 효과가 있으므로 유의해야 한다.

나) 씨레질 용수량

씨레질로부터 이양까지 필요한 용수량인 씨레질 용수량은 건조상태인 논바닥에 급수하여 모내기를 용이하게 하므로 짧은 기간에 다량의 물을 필요로 하며, 평상시 용수량에 비하여 총 급수량은 적으나 포장단위로는 최대치를 나타내기 때문에 용수 공급계획시 주의하여야 한다. 우리나라의 씨레질 용수량은 평균 100~150mm 정도이나 논외의 입지조건에 따라 변화되는바 습답에서는 80~120mm, 건답은 100~180mm, 누수답은 150~250mm까지 필요한 경우도 있다.

단위포장에서 씨레질 용수량은 대략 본답기 1일 용수량의 10배 정도이므로, 용수절약을 위하여 씨레질 일수를 적절히 조절하여야 하며 보통 동일경작시기에는 7~10일간, 경작시기를 달리하는 곳에서는 10~15일 정도로 계획해야 한다. 세부 일정은 지역내 수혜농민과 영농지도 관련기관간의 협의에 의하여 결정하고 그 결과에 따라 수립된 급수계획일정을 게시하거나 통보하여 전체 수혜자가 인지할 수 있도록 조치해야 한다.

다) 초기 관수량(灌水量)

초기 관수량은 직파재배의 경우에 적용되며, 직파방법은 담수직파방식과 건담 직파방식으로 나누어 실시된다. 담수직파의 경우에는 이앙재배와 같은 방법으로 씨레질용수를 공급하나, 건담직파방식에서는 씨레질용수가 필요 없으므로 초기관수를 실시하게 된다. 이때 초기관수는 3~4엽기에 최초로 관수한 후 상시담수로 전환 되는 기간 중에 수회 실시하게 된다. 초기 관수량은 지하수위가 낮고 투수계수가 큰 논에서는 크고 투수계수가 작은 층이 존재하거나 지하수위가 담면 가까이까지 올라와 있는 경우에는 양이 작아지므로, 초기관수량은 실측치 또는 유사지구에서의 조사치 등을 참고함과 동시에 토양조건과 지하수위 현황을 고려하여 결정되며, 대략 씨레질 용수량의 60~80% 정도로 공급한다.

라) 본답기 용수량

본답기 용수량은 씨레질 이후 낙수기까지의 벼재배에 필요한 용수량으로서 논이 항상 담수상태에 있다고 전제하고 포장단위용수량을 기초로 하여 산정하며, 계획감수심이 같은 구역별로 "계획감수심 × 관개면적"을 산출한 후 합산하여 결정한다. 보충급수계획은 간단 관개방식으로 용수를 절약하도록 노력해야 한다. 계속적인 담수관개는 토양중의 산소 부족으로 벼 뿌리가 약해지고 철분, 칼슘 및 마그네슘 등이 쟁기층 아래로 녹아내려 노후화답이 촉진되며 작물수량도 감소한다. 따라서 이앙 후 활착기까지는 담수심을 7~9cm, 활착기 이후 완전 성숙기까지는 4~5일 간격으로 급수하여 유해물질의 발생과 토양환원을 억제함으로써 용수절약과 농산물 증수를 기하도록 간단관개를 실시하는 것이 바람직하다. 간단 관개가 가장 적합한 기간은 유수형성기부터 출수개화기와 성숙기까지이며 이 기간 중에는 등숙비율을 높여 벼 잎의 질소농도가 높고 뿌리가 건전해지도록 다량의 산소와 물을 필요로 한다.

마) 용탈용수량

용탈용수량(溶脫用水量, leaching requirement)은 토양의 염분 농도를 어느 일정한 값 이하로 유지하고 작물의 수확량 감소를 방지하기 위하여 근근역을 통해 침출시키는 최소용수량을 의미하며 제염용수량이라고 한다.

간척지와 같은 염해토양에서의 용수량은 작물의 생육을 위한 필요수량외에 제염을 위한 용탈용수량이 필요하게 된다. 초기 간척논의 토양은 염분농도가 높고 작물재배가 곤란하기 때문에 3~5년간의 제염이 필요하므로 이에 대한 용수공급이 이루어질 수 있도록 해야 한다.

2) 계획수립시 유의사항

- ① 수리단위별로 물 수요특성을 감안하여 용수수요를 예측하고 수리계통별로 집계하여 계획을 수립한다.
- ② 논에서는 못자리, 씨레질 용수, 생육기별 물사용, 중간 물빼기 등 생육단계별 용수량을 검토한다.
- ③ 밭에서는 작부체계에 의한 관개용수량을 예측한다.
- ④ 과수 등에서는 방제용수 등을 포함하여 용수수요를 예측한다.
- ⑤ 관개기간중의 기상상황과 수원의 용수확보를 예측하고 물수요와 비교 검토하여 용수계획을 수립한다.
- ⑥ 용수계획은 수리단위별로 농민대표를 포함하여 계획을 수립한다.

나. 순간(旬間) 관리계획

관리조직을 중심으로 현재의 급수상황을 감안하여 다음 순기의 물 수요를 예측하여 순간 관리계획을 수립해야 한다.

순간관리 계획의 작성에 있어서는 작물의 생육상황, 급수상황, 기상 및 수원에 관한 정보가 중요하다. 이들 정보 및 농민들의 요청을 기초로 순간 관리계획을 수립하고 농민대표들에게도 이를 전달하여 용수관리에 대한 협조를 받도록 하여야 한다.

다. 일일 관리계획

순간 관리계획에 의하여 나타난 예상 용수량을 최신의 정보에 의거 확인 수정하여 당일의 취수량, 분수량의 목표치를 설정해야 한다.

용수관리 업무는 용수관리계획에 따라 관수로를 감시 조작하는 것이지만 당일의 강우나 돌발상황에 대하여도 충분히 고려하면서 용수관리를 추진해야 한다.

10.2.3 관리조직

가. 용수 관리조직

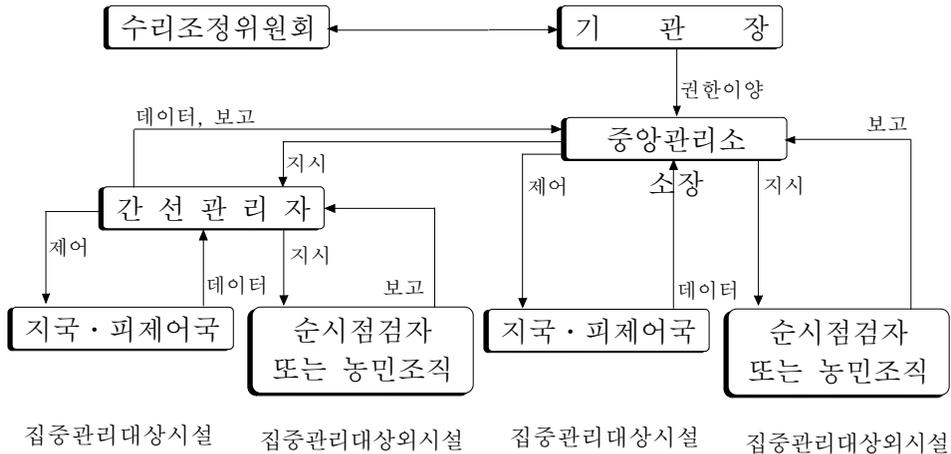
1) 조직체계

농업용관수로의 물 관리는 물 관리제어시설에 의해서 주도적으로 관리되거나 전체 급수구역을 총괄할 수는 없기 때문에 순시관리자 및 농민조직이 유기적으로 연계되어 관리하여야 한다. 관리조직은 다음의 원칙하에 조직되어야 한다.

- ① 용수관리를 원활하게 운용하기 위하여 지휘명령체통의 확립과 함께 권한과 책임을 명확하게 해야 한다.
- ② 수리단위별로 주민대표를 선정하여 용수관리에 대한 의사결정에 참여케 하고, 관개기간중 용수관리에 협조토록 해야 한다.
- ③ 부분적으로 물 관리제어시설을 도입하는 경우 물 관리 대상 외의 시설로 농민조직 또는 순시점검자가 관측과 조작을 담당한다. 농민조직과의 연락 체계를 긴밀히 유지해야 한다.

2) 관리조직

용수 관리조직은 일반적으로 <그림 10-1>과 같으나 각 지구의 실정에 맞는 조직체제를 정하여야 한다.



<그림 10-1> 관리조직도(예)

나. 비상시 관리체제

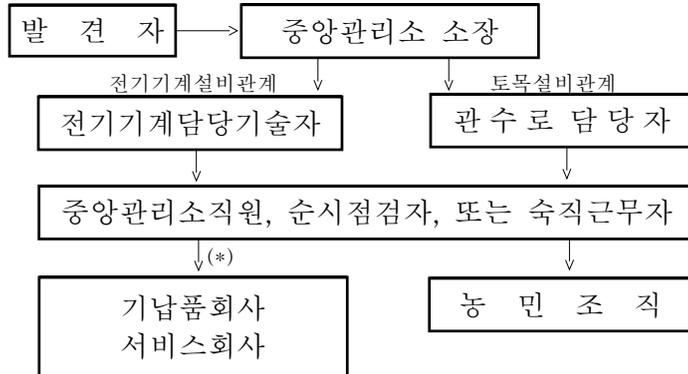
1) 비상상황

비상시 관리체제는 평상시의 근무체제로서는 해결할 수가 없고, 농민조직의 동원 또는 전문기술자의 힘을 빌려야 하는 관리로서 다음과 같은 경우이다.

- ① 초기 충수작업
- ② 누수사고에 대한 대처
- ③ 수위 및 수압밸브 등 기기의 고장에 대한 대처
- ④ 펌프, 전기설비 및 물관리제어 기기의 점검 또는 수리

2) 비상연락체제

비상시에 대비하여 비상연락체제를 구축하여야 한다. 비상시 관리조직의 업무분담, 정보의 연락체제, 소요시간 등에 대하여 기준을 정하여야 하며, 평상시에 교육훈련을 실시하는 방안도 검토 시행해야 한다. 비상시의 연락체제는 <그림 10-2>의 예와 같다.



(*) : 기기와 연관된 장애발생시 조사 등의 지원을 의뢰할 필요가 있는 경우

<그림 10-2> 긴급시의 연락체제(예)

10.2.4 물관리 제어시설(TM/TC)에 의한 용수관리

가. 필요성과 기능

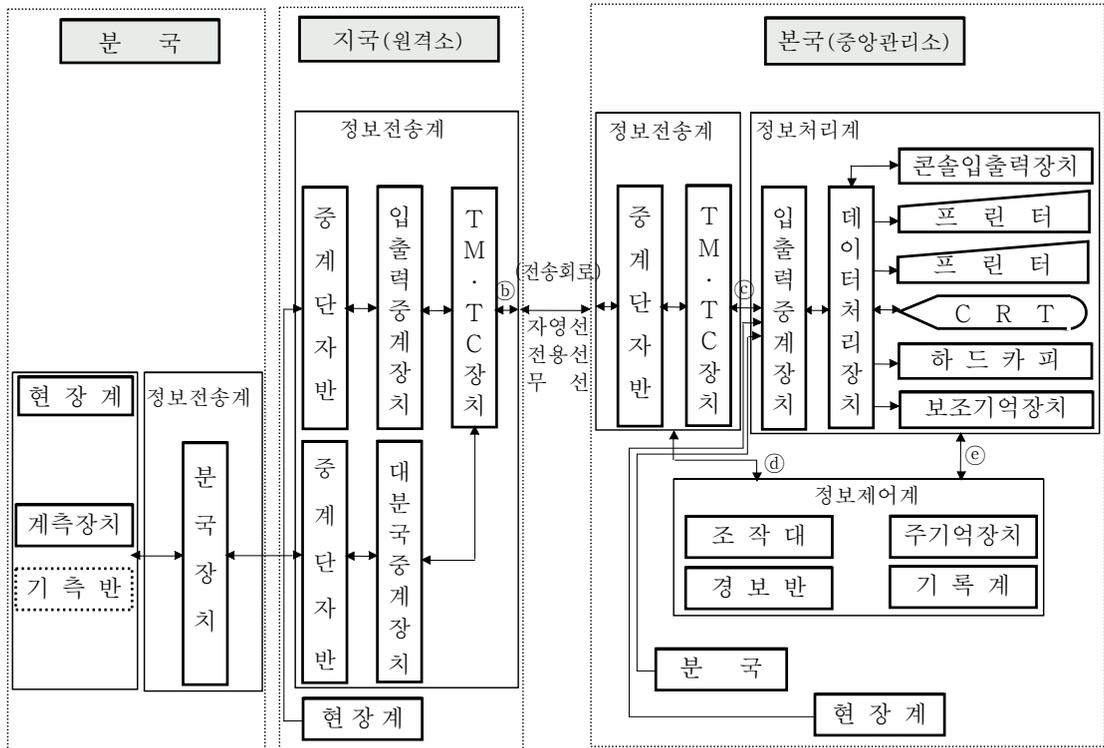
물관리 제어시설은 농업용 관수로의 기본이 되는 시설이다.

농업용수는 광범위한 지역에 용수를 공급하여야 하고, 다양한 영농형태와 기상상황에 따라 물 수요변화가 복잡하게 발생되므로 관수로의 유량조절이 빈번하게 발생된다. 농업용 관수로는 높은 수압에 따른 유황특성상 관수로내에 발생하는 수리현상이 단시간에 관수로 시스템을 통하여 전달되기 때문에 관수로의 과도현상 등에 대한 시설의 안정성이 확보될 수 있는 조작관리가 필요하다.

또한 관수로에는 어떠한 경우에도 공기가 유입되지 않도록 용수의 수요와 공급을 조정하여야 한다. 따라서 관수로의 유량을 즉시 파악하고 제어함으로써 관수로의 안정적 관리와 물 수급을 조절할 수 있는 물관리제어시설이 필요하다.

나. 물관리 제어시설의 시스템

물관리 제어시스템은 중앙관리소(본국), 현장관리소(지국), 현장시설의 센서 및 기기(분국), 이상의 시설사이를 전송회선에 의해서 구성하는 것이 일반적이다. 이러한 시스템의 운영은 소프트웨어프로그램에 의해서 유기적으로 연결시키고 운영되도록 하여야 한다.



<그림 10-3> 물 관리제어 기본적인 시스템(개요)

다. 감시 및 제어방법

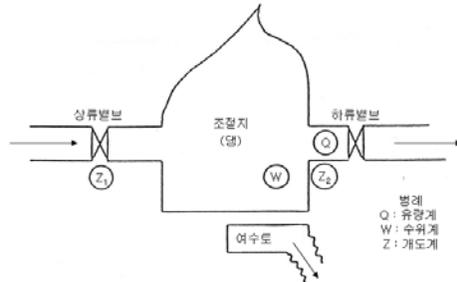
감시제어대상시설은 댐 및 조절지, 양수장, 농업용 관수로의 중요 제수밸브 및 분수밸브이며, 감시제어는 시설별 특성에 따라 적절히 제어해야 한다.

1) 댐(조절지) 취수시설

가) 개 요

댐에서 용수를 취수하는 취수시설은 수문 및 밸브로 구성되어 있다. 수문은

표면수 취수 또는 비상시 개폐와 이물질유입방지시설(스크린) 기능을 한다. 수위를 측정하여 취수수문을 선정 조작하고, 제수변에 의하여 유량을 조절한다.



<그림 10-4> 조절지 시설 개략도

나) 감시제어방식

① 취수문의 제어방식

취수문을 통하여 관개용수를 취수한다. 저수지 표면수를 취수하기 위하여 수위를 측정하고 수문의 개도 또는 적절한 수문을 선정 개폐한다. 감시제어는 감시만 시행, 수위설정 제어, 수동조작, 원격수동조작이 있다.

② 취수밸브

취수밸브의 제어방식은 수동조작 또는 설정유량제어로 한다.

다) 계측 및 감시제어 항목

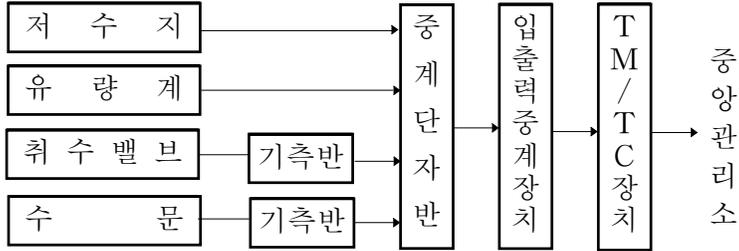
감시제어항목은 저수위, 취수문 개도, 취수밸브의 개도 및 취수량 등이며 <표 10-1>과 같다.

<표 10-1> 계측·감시제어 항목(예)

항목	종별	감시	조작·제어방식		
			기 측	원 격	먼 거 리
저수위	WL				
취수수문	G	고 장	수 동 조 작	수 동 조 작 설정수위제어	수 동 조 작 설정수위제어
취수밸브	Z ₁	완 전 개 방 완전폐쇄고장	수 동 조 작	수 동 조 작 설정유량제어	수 동 조 작 설정유량제어
취수량	Q ₁				

라) 장치구성

댐(조절지)의 장치구성은 <그림 10-5>와 같다.

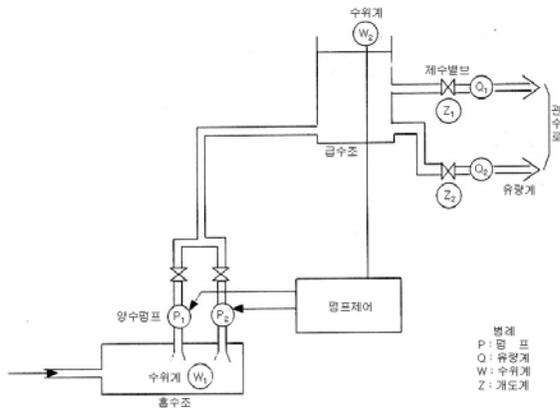


<그림 10-5> 댐(조절지)장치 구성도

2) 양수장

가) 개요

양수장은 취수원에서 펌프로 양수하여 토출수조에 송수하고 토출수조에서 관수로 또는 개수로와 연결하여 급수한다. 양수량은 양수기 대수 조절, 회전속도 조절 및 제수변의 개도에 의해 조절되며 설정프로그램에 의거 조작되어야 한다.



<그림 10-6> 양수장 시설 개략도

나) 제어방식

양수장의 제어는 관수로 형식에 따라 토출수조에 수위계 또는 압력계를 설치하고 수위 또는 압력을 관측하여 양수기의 제어목표치인 수위설정제어 또는 유량설정제어에 의해 제어한다. 제어목표는 시설의 규모, 제어빈도, 제어정밀도 등을 감안하여 설정한다. 일반적으로 반폐쇄식은 설정수위 및 유량제어방식, 폐쇄식은

설정압력 제어방식을 적용하고 있으며, 수동조작 원격제수밸브는 정해진 용수 공급량에 따라 밸브의 개도를 제어한다.

다) 계측 및 감시제어 항목

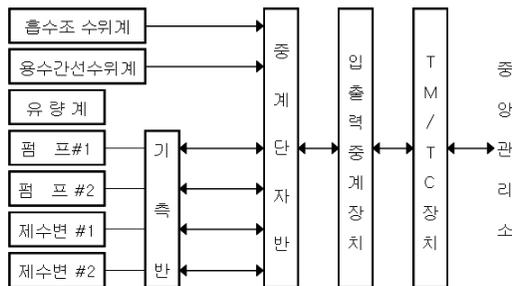
용수관리상 필요한 감시제어 항목은 흡수조수위, 토출유량용 제수밸브 개도 등이며 <표 10-2>와 같다.

<표 10-2> 계측·감시제어 항목(양수장)

항목	종별	감시	조작·제어방식		
			기 측	원격	먼거리
흡수조수위	W ₁	이상상승 이상저하			
펌프	P ₁ P ₂	운전·정지 고장	수동조작	수동조작 설정수위제어	수동조작 설정수위
급수조수위	W ₂	이상상승 이상저하			
송수 유량	Q ₁ Q ₂				
제수 밸브	Z ₁ Z ₂	전개·전폐 고장	수동조작	수동조작	수동조작

라) 장치구성

양수장의 장치구성은 <그림 10-7>과 같다.



<그림 10-7> 양수장 장치도

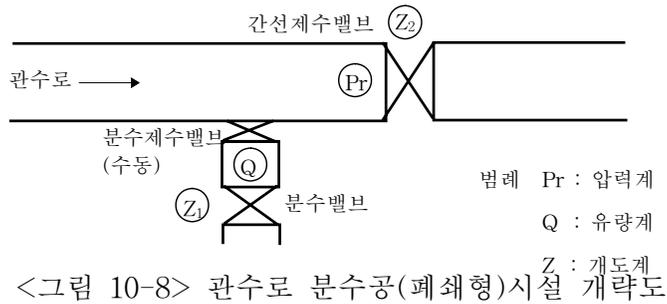
3) 밸브

가) 개요

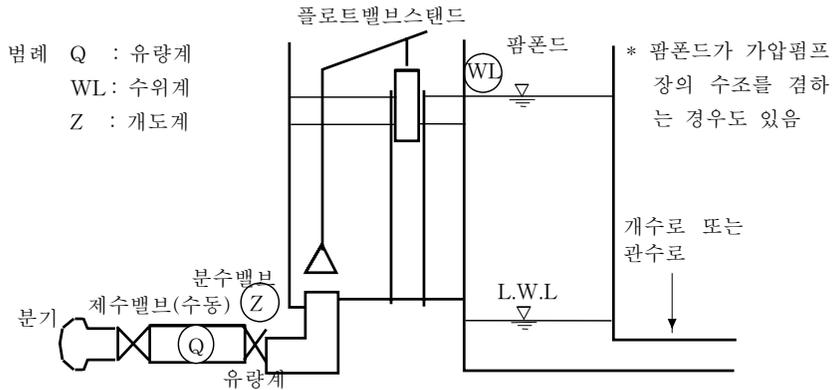
밸브는 유량과 압력을 필요한 수준으로 유지하는 시설로서 개도에 의해 조절한다.

나) 시설개략도

① 폐쇄형 관수로



② 반폐쇄형 관수로



다) 제어방식

중앙관리소에서 감시만을 하는 경우와 원격수동조작 및 설정치제어 등에 의해 제어한다. 제어는 시설규모, 제어빈도, 제어정밀도에 따라 적절한 방식을 선정하며, 설정제어는 설정유량제어와 설정압력제어방식으로 한다.

라) 계측 및 감시제어 항목

분수유량은 용수의 적절한 관리상 필요한 항목으로서 계측방식은 유량계와 압력계를 설치하여 측정하며 <표 10-3> 및 <표 10-4>와 같다.

<표 10-3> 계측·감시제어 항목(반폐쇄형)

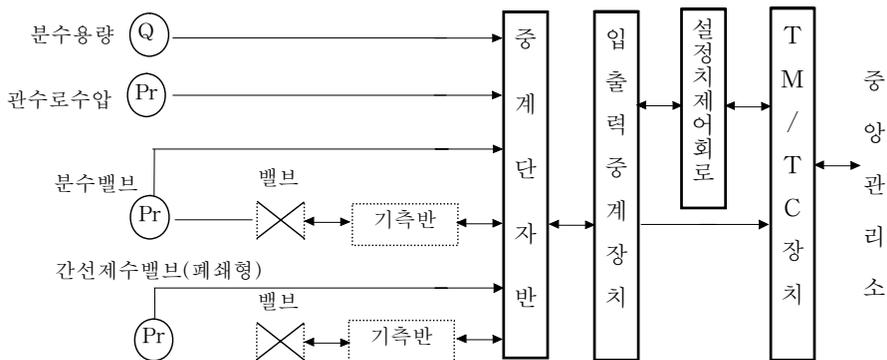
항목	종별	감시	조작·제어방식			비고
			기측	원격	먼거리	
유량	Q					
분수밸브	A	전개 전폐 고장	수동조작		수동조작	
수조수위(팜폰드)	WL	HWL, LWL				전극식수위계

<표 10-4> 계측·감시제어 항목(폐쇄형)

항목	종별	감시	조작·제어방식			비고
			기측	원격	먼거리	
분수유량	Q					
분수밸브	Z ₁	전개, 전폐 고장	수동조작		수동조작 설정제어	
관수로수압	Pr					
간선제수밸브	Z ₁	전개, 전폐, 고장	수동조작		수동조작	

마) 장치구성

관수로 분수공의 장치구성은 다음과 같다.



<그림 10-10> 관수로 분수공 장치 구성

라. 관리 프로그램(소프트웨어)

1) 제어계획의 기본사항

감시제어의 결정에는 다음과 같은 기본사항에 유의해야 한다.

- ① 수동조작 이외의 제어를 도입하는 경우 예비책으로 수동조작도 변용하여 신뢰성 확보에 노력한다.
- ② 제어는 모든 것을 장치에 일임하는 것이 아니고 제어방식의 교체, 설정치의 변경 등 주요 조작사항에는 관리자가 개입한다.
- ③ 장치의 이상, 수리상의 이상 등이 감지되었을 때 수문, 밸브 등의 개도를 현상으로 유지하고 경보를 발생하여 관리자가 신속한 개입판단을 할 수 있도록 한다.
- ④ 정보처리계가 정지된 경우에도 정보전송계에 의한 필요 최소한의 감시제어가 가능하도록 한다.

2) 프로그램의 종류와 기능

제어시설에 의해 수집된 계측정보는 데이터 처리장치를 통하여 수리수문 데이터의 계산처리, 데이터의 기억, 데이터의 표시 및 기록, 제어를 위한 계산처리(설정수위 및 유량제어), 경보처리 등을 위한 정보처리를 하여 관수로시스템이 관리되도록 활용되어야 한다. 이러한 조작성관리를 위해서는 데이터처리장치가 소정의 기능을 발휘하도록 소프트웨어가 개발되어야 한다. 소프트웨어의 종류와 기능은 <표 10-5>와 같다.

<표 10-5> 소프트웨어의 종류와 기능

항 목	기 능
운영체제(OS)	각 응용프로그램에 공통으로 작동하는 부분을 표준 프로그램으로 작성한 것이다.
시스템제어	각 응용프로그램의 실행제어를 한다. (주기억장치 관리, 시간관리, 끼어들기 관리 등)
입출력 제어	각종 입출력장치의 제어를 한다.
시스템의 보호, 장애관리	주기억장치의 보호, 장치 전체의 장애관리를 한다.
사용자와의 대화	데이터 처리장치와 사용자와의 대화를 한다.

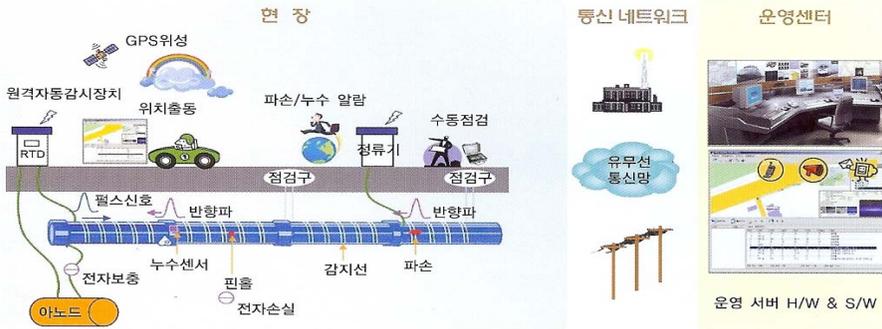
항 목	기 능
응용프로그램(AP)	응용프로그램은 각 관리대상의 프로세서를 제어하기 위한 프로그램으로 물관리 제어시스템에 이용되는 예로는 아래와 같은 것이 있다.
데이터수집 프로그램	데이터를 수집하여 입력하는 프로그램
계산처리 프로그램	데이터를 계산 처리하는 프로그램
경보처리 프로그램	수리, 수문 데이터를 상·하한 및 각 기기의 이상을 검출하여 경보처리를 하는 프로그램
인쇄처리 프로그램	각종 보고서를 작성하는 프로그램(일보, 월보, 조작 경보)
표시처리 프로그램	각종 표시장치에 데이터를 출력하는 프로그램
전송제어 프로그램	다른 시스템이나 장치간에 데이터를 교환하는 프로그램
온라인제어 프로그램	설정수위, 설정유량 등의 자동제어 프로그램
안내 프로그램	수문개도, 밸브개도, 송수량 등의 안내
각종 예측 프로그램	수요예측, 유출예측 등의 프로그램

3) 프로그램의 개발

프로그램은 시설의 규모, 제어빈도, 제어의 정밀도 등을 감안하여 적절한 프로그램을 개발하여 운용하여야 한다. 프로그램은 <표 10-5>에 표시된 소프트웨어를 개발하여야 하며, 일반적으로 물 관리에 필요한 프로그램은 다음과 같다.

- ① 설정제어 프로그램 : 설정수위, 설정유량 등 용수 수요변화에 따른 용수 공급 조절에 필요한 각종 프로그램 개발
- ② 용수로 프로그램 : 용수로시설제어를 위한 유량관리 프로그램 개발, 수로내 수리계산 프로그램 개발
- ③ 재해예방 프로그램 : 이상 진단에 의한 재해예방 프로그램 개발
- ④ 자료관리 프로그램 : 측정, 제어 및 계산자료의 수집, 편집, 저장프로그램 개발, 자료의 기간별 편집프로그램 개발
- ⑤ 필요수량 산정프로그램 : 관개지역 필요수량 산정프로그램 개발
- ⑥ 급수계획 프로그램 : 물 수급에 따른 급수계획 프로그램 개발
- ⑦ 관개 모의조작 프로그램 : 물 관리자의 의사결정 지원을 위한 프로그램 개발

- ⑧ 모형보정 프로그램 : 프로그램의 모의 발생치와 실측치의 비교에 의한 프로그램 변경
- ⑨ 유출프로그램 : 장단기 유출프로그램 개발
- ⑩ 수원공 프로그램 : 장단기 유출입량 예측에 의한 물수지 모형개발
- ⑪ 관의 파손 및 누수감지 System 도입 물관리자동화 사업의 효율성 증대

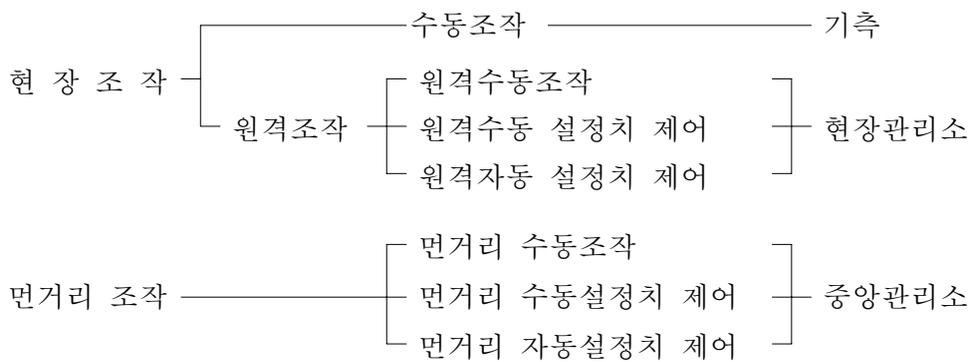


- ⑫ 기타 프로그램 : 물 제어 및 관리에 필요한 기타 프로그램

마. 조작관리

1) 조작형태

관리제어시스템의 조작형태는 조작장소 및 수단에 따라 <그림 10-11>과 같이 분류된다.



<그림 10-11> 조작형태의 종류

2) 조작내용

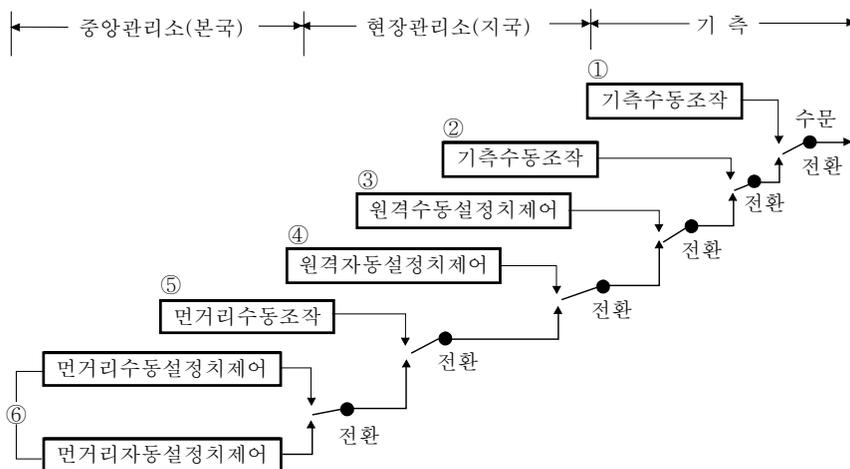
조작형태별 조작내용은 <표 10-6>과 같다.

<표 10-6> 조작형태별 조작내용

조작형태	조 작 내 용
기측 수동조작	○ 관리자가 기측반에서 조작 개폐기를 수동으로 조작하여 수문개도조정 등을 시행하는데 가장 기본적인 조작이다. ○ 이 조작은 다른 모든 조작에 비하여 우선적으로 행하며 다른 제어형태의 백업으로도 사용된다.
원격수동조작	○ 현장관리소의 조작반에서 기측과 동시에 조작을 행한다.
원격수동 설정치 제어	○ 현장관리소에 설치된 단기능의 제어장치로서 개도, 유량, 수위, 압력 등의 설정치(제어 목표치)를 유지하도록 수문 등의 제어를 행한다.
원격자동 설정치 제어	○ 현장관리소에 설치된 정보처리장치에 의하여 각종 데이터로부터 제어 목표치를 자동으로 설정하여 수문 등을 제어한다.
먼거리 수동조작	○ 관리자가 중앙관리소에서 피관리소로부터 TM/TC 장치로 보내오는 개도, 유량, 수위, 압력, 기기상태 등을 감시하여 TM/TC 장치에 의한 조작개폐기를 조작하여, 수문의 개폐나 개도조정 등을 행한다.
먼거리 수동 설정치 제어	○ 관리자가 현장의 설정치, 제어장치에 수동으로 설정을 하고 TC 장치를 통하여 목표치를 전송한다.
먼거리 자동 설정치 제어	○ 중앙관리소의 정보처리장치가 각종 데이터를 처리하여, 목표치를 정하여 설정치 제어장치에 자동으로 설정한다. 예를 들면 용수계통 전체의 운용을 중앙관리소의 정보처리 장치가 파악하여 복수의 설정치 제어장치를 집중 관리하는 경우이다.

3) 조작순서

제어시설의 조작위치는 기측, 원격, 먼거리 순이며 기측을 최우선으로 한다. 조작수단은 수동, 자동의 순이며 수동을 원칙으로 한다.



- (주) 1. 숫자는 우선 순위
2. 여기에 기술한 원격 자동제어는 현장관리소에 조작원이 있을 경우이며, 이때 중앙 관리소에서 먼거리 제어는 하지 않는다.

<그림 10-12> 조작형태 개념도

4) 주요 제어시설의 조작방법(예)

가) 수동식 밸브 제어

제어장치의 조작방법과 순서는 다음과 같다.

- ① 각 분수점에서 유량을 계량 : 유량계로 계량
- ② 중앙관리소에서 그 양을 감시 : 유량변환기, 수신회로, 변환기, 유량지시계
- ③ 지선블록내의 급수전개도가 조직용량을 넘는 경우
- ④ 중앙관리소에서 이를 검출 : 수신회로, 과유량 감시회로
- ⑤ 경보 : 벨 또는 버저
- ⑥ 동시에 설정유량을 넘는 밸브에 램프로 표시 : 과유량 표시
- ⑦ 또한 이 경보를 각 지선블록의 관리소에도 전송 : 벨 또는 버저
- ⑧ 경보를 받은 지선블록에서는 적당한 값이 될 때까지 급수전개도를 조절 : 지선블록 관리자가 물 사용자에게 연락하여 급수전을 조절
- ⑨ 그 결과 설정유량 범위 내로 들어오면 송수계속
- ⑩ 만일 경보로 지선블록내의 사용량을 규제할 수 없을 때는 중앙관리소에서 일정시간별로 경고 : 전용 및 일반전화 또는 전용무선으로 연락
- ⑪ 그래도 역시 수정할 수 없을 때에는 중앙관리소에서 분수점의 자동밸브를 설정유량까지 제어. 경우에 따라서는 송수를 정지하는 비상조치 : 선택조작회로, 신호회로, 수신회로, 모타제어기

나) 자동 밸브제어

① 평상시

말단에서 자동제어의 기능을 모두 갖고 있으며, 중앙에는 대체로 유량만 감시하도록 한다.

② 이상 상태시

어떤 사정으로 자동제어가 제대로 되지 않을 경우(이것은 중앙관리소의 유량지시계나 경보로 알 수 있다). 이 경우 자동원격제어방법을 교체하고 중앙관리소에서 원격제어한다.

5) 조작시 유의사항

- ① 농업용 관수로 물 관리는 물관리제어시설에 따라 감시, 제어가 이루어지므로 관리자의 업무능력이 중요하다. 제어프로그램의 내용과 대처방안을 숙지

하고 관수로의 상황을 면밀히 파악하여 안전관리를 하여야 한다. 관리직원에 대한 교육도 실시하여야 한다.

- ② 농업용 관수로 시스템의 밸브는 물의 차단이나 유량조절을 위한 핵심부대 시설로서 조작에 유의하여야 한다. 수격작용이 일어나지 않도록 조작시간을 유지한다. 밸브를 전폐할 때에는 반드시 하류의 밸브나 급수전 등이 닫혀 있는 것을 확인한 후 닫아야 한다.
- ③ 양수장의 수량을 조절하기 위하여 운전대수를 증감하거나 토출밸브를 개폐하는 경우에는 조작을 서서히 실시해서 관로 내의 급격한 압력변화를 주지 않도록 해야 한다.

10.2.5 스프링클러(Sprinkler)에 의한 용수관리

가. 스프링클러의 종류와 특성

스프링클러는 발관개에 많이 사용되며 시스템의 형태와 특성에 따라 여러 가지로 분류되어 기종이 다양하므로 조작시 주의하여야 한다.

스프링클러는 작동방식에 의하여 회전식과 비회전식이 있으며, 회전기구에 의하여 임팩트방식, 수차방식, 임펠러방식 및 젯방식 등 4종류로 분류되고 회전식 스프링클러는 다시 전원식(全圓式)과 분원식(分圓式)으로 구분된다.

- ① 임팩트(impact)방식 : 노즐에서 분출되는 유수의 반동 충격력에 의하여 회전되며 가장 많이 사용되는 방식
- ② 수차(水車)방식 : 스프링클러 내부의 유수 속에서 수차를 회전시켜 분수하는 방식
- ③ 임펠러(impeller)방식 : 노즐에서 유수의 분수에 의하여 회전시키는 방법
- ④ 젯(jet) 방식 : 스프링클러가 일정방향으로 정속회전하여 원상형으로 살포하는 관개방식
- ⑤ 전원방식: 스프링클러가 일정 방향으로 정속회전하여 원상형으로 살포하는 관개방식
- ⑥ 분원방식 : 스프링클러의 회전각도를 자유로이 조절하여 부채꼴 모양으로 살포하는 관개방식

위의 분류방식 외에 스프링클러를 부착하는 관로의 설치방식에 따라 인력이동방식, 매설정치방식, 지표정치방식 및 자주식(自走式)으로 나누어지며, 각 방식의 특성은 <표 10-7>에 기술되었으므로 관개계획수립시 대상작물, 영농조건, 포장의

지형조건 및 기상조건 등을 종합적으로 검토하여 시설특성에 맞는 시스템을 선정해야 한다.

<표 10-7> 포장내 관로 설치 방식

구 분	살 포 기 형 식		
	저압 살포기	중간압 살포기	고압 살포기
인력이동식	야채류 일부(다공관)	보통밭, 야채밭 (최하 10~20a의 작물 단지 조성필요)	보통밭, 목초지, 과수원 (최하 50a 이상 작물단 지 형성), 분노 관개용
매설정치식	고급 야채 등의 집산 단지	과수원 방제, 시비	시비
지표정치식	운작체계를 재배하는 고급야채 등	운작체계중 관개빈도 높은 작물단지 10~ 20a 정도 형성	10a 이상 관개빈도가 높은 작물단지가 있는 경우, 시비
자 주 식		비교적 평탄지로 포장 정비가 잘된 경우 목초밭	고도의 집단포장에서 정비가 잘되어 있는 경우

나. 스프링클러 관개계획 수립

스프링클러 관개계획 수립시 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- ① 관개대상작물, 사용목적, 기초침입도, 지형 및 토양특성을 고려하여 스프링클러 형식을 선정한다.
- ② 살포효율은 60%이상 되도록 스프링클러의 살포지관(지거관 및 간선관)의 간격 및 살수기의 간격을 결정한다.
- ③ 1회의 포장관개수량을 결정한다.
1회의 포장관개수량 = 1회 용수관개수량/적용효율(예 : 95%)
- ④ 선정된 스프링클러와 살포지관의 배치로부터 허용한계치 이내의 관개강도를 계산한다.
- ⑤ 1회의 실관개시간(포장관개수량/관개강도)을 결정한다.
- ⑥ 1회의 관개작업시간(실관개시간+이동 또는 교체시간)을 결정한다. 1일 작업시간은 보통 16~20시간으로 하며, 자동화된 고정식의 경우 24시간 관개계획도 가능하다.
- ⑦ 개별 살포기의 용량을 결정한다.
- ⑧ 관개조직 전체의 필요 살포량(조직용량)을 결정한다.
- ⑨ 동일시간에 운전해야 할 스프링클러의 개수를 결정한다.

10.2.6 자료 및 조작기록 보존

가. 데이터 및 조작기록

양수량, 용수공급량 및 조작 등 물 관리시설의 기록에 대한 사항은 관리 규정으로 정하여야 하며, 규정에 따라 기록 보존해야 한다.

물관리시 주요 기록방식과 기록용 기기는 <표 10-8>과 같다.

<표 10-8> 기록방식과 기록용 기기

기 록 방 식		기록용 기기
데 이 터 기 록	연속적인 그래프 양식에 기록	아나로그 기록계
	일정시간 간격으로 숫자 데이터에 의해 기록	프린터 등
	CRT와 병용하여 CRT양면에 표시된 것을 기록	하드카피
조작기록	밸브나 수문의 조작을 행한 경우에 시각과 조작 내용을 기록	프린터 등
감시경보 기 록	계기의 고장이나 수위의 경보 등이 발생한 경우에 시각과 이상을 기록	프린터 등

나. 일보, 월보 및 연간 기록

정기기록 보존자료에 대해서는 관리규정에 정하여야 하며, 규정에 따라 급수 실적 자료 등을 기록 보존하여 향후 유지관리 자료에 활용토록 해야 한다.

10.3 관수로 시설관리

10.3.1 관 로

관수로 시설중 관로는 초기통수 조건, 관로의 유지관리, 관로의 점검사항 등을 고려해야 한다.

가. 초기 통수

관수로 초기 통수시 먼저 준비사항을 점검한 후 통수, 누수조사를 실시해야 한다.

1) 준비사항

- ① 통수관로를 점검하기 위한 순회반을 편성한다.
- ② 관리본부를 설치하고 총괄 지시한다.

- ③ 아래 기자재를 준비한다.
 - 통신기구 : 휴대폰
 - 측정기록기 : 카메라, 압력계, 회중전등
 - 조작기구 : 맨홀개폐기구, 밸브조작핸들
- ④ 통수구간의 급수시설, 통기시설 등을 사전에 점검한다.
- ⑤ 초기통수시는 관로내, 급수공 및 저수조를 청소하고 배수공의 물이 깨끗해질 때까지 방류한다.
- ⑥ 체수밸브, 급수밸브의 개도와 유량의 관계를 파악한다.
- ⑦ 이상시를 대비하여 체수밸브, 급수밸브, 공기밸브의 위치가 표기된 배관도를 준비한다.
- ⑧ 관로 및 밸브의 사고를 대비하여 모델과 제조회사를 파악한다.

2) 통수

- ① 자동제어반의 작동요령에 따라 스위치를 작동한다.
- ② 통수량은 최대유량의 1/5~1/10 범위내에서 충분한 시간을 갖고 송수하며, 이때 잔류 공기가 배기되는 것을 확인한다.
- ③ 분수공에서 물이 분출되는 상황을 확인하면서 밸브를 조작한다.
- ④ 관리본부와 분수공 관리자가 긴밀히 연락하여 전원이 송수상황을 파악할 수 있도록 한다.
- ⑤ 통수관로에 이상이 발생하면 즉시 하류의 밸브를 개방하여 배수한다.

3) 누수조사

- ① 통수 후에는 누수여부를 관측한다.
- ② 공기밸브의 작동상태를 확인한다.
- ③ 체수밸브 및 급수밸브의 작동여부를 확인한다.
- ④ 관로의 압력저하 및 저수조의 수위 저하 상황을 점검한다.

나. 관로 유지관리

관로의 유지관리는 일반사항, 유지관리용 자료 비치, 사고예방대책 등을 고려하여 원활하게 이루어지도록 해야 한다.

1) 일반사항

- ① 관수로는 사고 또는 인위적으로 비워두는 경우 이외에는 만수상태를 유지

해야하고, 송배수(送配水) 과정에서 관로에 공기가 유입되지 않도록 용수의 수요와 공급을 조절할 필요가 있다.

- ② 관수로에서의 수리현상은 개수로보다 전파속도가 짧고 광범위하므로 물 관리방법 결정시 주의하여야 한다. 특히 대형 관수로시스템에서 수리단위가 다른 몇 개로 나누어질 경우에는 분수지점에서의 조정시설을 주의 깊게 조작하여 이상이 없도록 하여야 한다.
- ③ 동파의 우려가 있을 때 급수를 해야 할 경우에는 제수변 보호통이나 지상의 노출부위가 동파되지 않도록 왕겨나 현옷 등으로 보호하고 수시로 점검해야 한다.
- ④ 관의 이음부 등이 동파되었을 때는 즉시 주관의 급수밸브를 닫아 계속 누수되지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 주관로의 파손으로 누수될 때는 상류의 제수문 차단 또는 양수장 가동을 중단하고 파손상태에 따라 보수 계획을 수립해야 한다.
- ⑥ 관은 자연부식이나 전기부식 등에 의하여 훼손되기 쉬우므로 주의하여 점검해야 한다.

2) 유지관리용 자료 비치

송수·급수관로는 연장이 길고 복잡하게 분기되어 있으므로 관리대장 및 배관도 등을 비치하여 효율적으로 관리할 수 있도록 해야 한다.

- ① 배관도는 설계시의 용수계통도를 근거로 하여 작성한다.
- ② 송·급수관의 관종, 관경 및 제반 밸브의 위치를 기록한다.
- ③ 관의 보수, 신설, 증설 및 철거 등의 내용과 일자를 기록한다.
- ④ 관로부근에 설치된 지상구조물을 기록한다.
- ⑤ 노선부근의 지하에 매설된 수도관 등 매설물을 기록한다.
- ⑥ 배관이 복잡한 개소는 부분 확대도면을 첨부한다.
- ⑦ 분기관, 분수공 등의 시설물 상세도를 첨부한다.
- ⑧ 유량계가 부착된 관수로는 일정기간마다 물사용량을 기록한다.
- ⑨ 관로 및 부대시설을 보수했을 때는 시공장면 등을 사진으로 찍어 관리대장에 첨부한다.

3) 사고 예방대책

송·급수관로에 사고가 발생하여 급수가 불가능하게 되면 농작물에 피해를 초래하게 되므로 주의해야한다. 주요 사고원인은 중차량 통과, 관로주변에서의

타 공사, 관이음 불량이나 관체의 부식 또는 동결 등을 들 수 있다. 관로의 사고 예방과 조기발견을 위하여 관로순찰을 실시하고, 지상누수, 관로의 함몰, 관로용지의 불법점거, 각종 밸브류 등을 점검하고, 만약 이상이 발견되면 즉시 적절한 조치를 취해야하며, 타 공사가 관로에 주는 영향을 감시하여 사고를 사전에 방지해야 한다.

관로가 매설된 지반위로 중차량이 통과하면 관체에 과대한 토압이 작용하여 관체 및 이음부 등을 손상하여 누수 등 사고를 유발하므로 중차량의 통행을 방지해야 한다. 또 관로가 매설된 장소에서 다른 공사가 시행되면 관체가 노출되어 사고를 유발할 수 있으므로 시공자와 사전에 협의하여 관체가 안전한 방법으로 시공되도록 해야 한다. 관체가 지반의 동결심도 상부에 매설되어 있는 경우 지반의 동결로 관체가 동파될 염려가 있으므로, 겨울에는 관로 말단의 배수밸브를 열어 미리 배수함으로써 관로의 동결을 예방해야 한다.

다. 관로의 점검

관로의 점검은 노선, 계기류, 보수기자재 및 재료 준비 등으로 구분하여 체계적으로 실시해야 한다.

1) 노선 점검

송·급수관로는 노선이 길고 부대구조물도 다양하며, 직접 눈으로 확인할 수 없는 부분이 많기 때문에 유지관리가 매우 어렵다. 따라서 관로의 효율적 관리를 위해서는 각종 도면, 관련서류 및 기록 등이 포함된 관리대장을 이용하여 관로 부대 시설의 위치와 구조를 점검하여 사고발생시 신속하게 대처할 수 있도록 해야 한다.

2) 계기류 점검

송·급수관로의 파열이나 누수 등 이상이 발생하면, 수압계의 수압이 저하되고 유량계의 유량이 증가되며 수위계의 수위가 저하되므로 관로에 부착된 계기들을 잘 관찰하여 이상이 있을 때는 펌프를 정지하고 제수밸브를 닫고 적절히 보수하여야 한다.

3) 보수 기자재 및 재료 준비

사고 발생시 조기복구를 위하여 보수재료 및 공구 등을 준비하여 보관하고 비상연락망을 만들어 사고 발생시 신속히 대처할 수 있도록 하며, 사고 및 누수 원인을 측정하기 위하여 다음과 같은 조치를 취해야 한다.

- ① 관로보수시 관로 전후로 약 50m정도의 노선배치도를 작성하여 사고위치를 표시한다.

- ② 사고발생시의 토양상태와 관로상태를 조사하여 기록한다.
- ③ 관종, 관경, 제작년도 및 사용년도 등을 기록한다.
- ④ 관로 보수시 보수하는 관의 전후로 관연결부의 이음간격을 측정 기록한다.
- ⑤ 누수부위 및 그 주변상황을 사진으로 촬영하여 보관한다.
- ⑥ 전문업체가 시공할 경우에는 업체명을 기록한다.

10.3.2 부대시설

가. 제수 및 분수밸브

밸브는 유체의 통로를 개폐시켜 유량을 조절하는 장치로서 이음부 및 개폐 장치의 마모에 의하여 누수가 발생되지 않도록 관리해야 한다.

1) 밸브의 관리 요령

- ① 철근콘크리트로 만들어진 밸브보호공의 균열, 침하, 누수, 보호공내 토사 유입 또는 우수나 지하수의 침투상황 등을 점검하고 밸브실 주변 및 내부를 청소한다.
- ② 보호공의 상부 또는 주변의 물건, 진흙, 잡초 등을 제거하여 구조물의 소재지가 분명하게 보이도록 한다.
- ③ 제수밸브는 배관부의 동결에 의하여 밸브작동이 불안정하게 되는 경우가 있기 때문에 제수밸브 보호공을 방한재로 보호한다.
- ④ 제수밸브는 특수한 용도를 제외하고는 유량조절용 밸브로 사용하지 않는 것이 바람직하다. 제수밸브의 디스크는 흐름에 수직방향으로 흐름을 차단하거나 통과시키므로 반쯤 열어 사용하면 디스크의 배면에 와류가 발생하여 디스크에 진동과 침식을 일으킬 수 있으며 심하면 밸브가 파손되므로 주의해야 한다.

2) 밸브의 조작 요령

- ① 밸브조작시는 완속으로 조작하여 수격작용을 방지해야 한다. 수격작용은 밸브급폐쇄시 발생하는 압력으로 심하면 관체파손이나 연결부 탈락 등 사고발생의 원인이 되므로 주의해야 한다.
- ② 밸브의 전개(全開) 또는 전폐(全閉)시는 개도계를 확인하여 과도한 개폐가 되지 않도록 조작속도를 조절해야 한다. 과도한 개폐는 밸브대 및 시트면의 손상, 기어 및 디스크의 파손 등을 일으키므로 특히 주의하여야 한다.
- ③ 밸브의 개폐시에는 회전방향을 사전에 확인한다.

④ 개폐시 동작이 갑자기 둔해지면 조작을 중지하고 2~3회 역조작을 반복한다.

3) 밸브의 보수점검

- ① 밸브의 개폐시 갑자기 무거워지거나 힘이 드는 경우 또는 전폐해도 누수가 심하면 밸브에 손상이 있는 것이므로 분해하여 수리해야 한다.
- ② 밸브를 수리하기 위하여 본체를 분해할 때는 미리 표시를 하여 재조립시 착오가 없도록 주의해야 한다.

나. 공기밸브

공기밸브는 관수로의凸부에 설치하여 관내의 공기배제 또는 관내부로 공기를 흡입하기 위한 시설로서 유지관리시 하자가 발생하지 않도록 주의해야 한다.

공기밸브의 유지관리상 주의할 사항으로는 플로트와 원추상 시트에 흠집이 생기지 않도록 주의하며, 물을 채울 때는 플로트의 공기압에 의한 압착에 유의해야 한다. 또한, 밸브를 개폐하기 전에 회전방향을 확인하며, 한냉지 또는 동계에는 공기밸브의 뚜껑이 동파될 우려가 있으므로 대기와 접촉되지 않도록 방한재 등으로 보호한다.

다. 배니(排泥)밸브

배니밸브는 관로의 낮은 부위에 설치하여 관로 매설 직후에 세정수를 배제하고 관로의 보수나 관개기 경과 또는 유지관리상 관로내의 물을 배제하기 위하여 조작하는 밸브이다.

배니밸브는 관로의 낮은 부위에 설치되기 때문에 진흙 등 이물질이 집적되기 쉽다. 그러므로 관수로의 통수가 원활하지 않을 경우에는 점검구(이물질배출장치)을 열어 이물질 유무를 확인하고 관개가 완전히 끝나면 밸브를 열어 청소를 하여야 한다. 하류의 배수로 수면이 높으면 물이 역류할 수도 있으므로 개폐시에는 배수로의 수위를 미리 점검하여 필요시 적절한 조치를 취해야 한다.

라. 밸브의 고장원인과 대책

관로는 밸브 고장으로 인해 피해가 발생하지 않도록 고장원인이 될 수 있는 것은 사전에 점검을 통해 대책을 수립해야 한다.

밸브의 고장원인과 대책은 다음과 같다.<표 10-9~12>참조)

- ① 제수밸브는 기어의 청소 및 주유(그리스)를 적시에 한다.
- ② 그랜드패킹은 규격 및 품질이 적정한 것을 사용하고, 균일하게 패킹하며 패킹을 한 장씩 절단하여 절단면이 중복되지 않도록 삽입해야 한다.
- ③ 제수밸브의 개폐시 동작이 갑자기 둔해지거나 전폐하여도 누수가 심할 경우에는 밸브대의 손상, 디스크의 파손 또는 시트가 손상된 경우이므로 밸브를 분해하여 수리해야 한다.
- ④ 밸브를 분해할 때는 본체를 분해하기 전에 미리 표시를 하여 재조립할 때 착오가 없도록 주의해야 한다.
- ⑤ 분해수리 후 시트누수시험시에는 필요 이상의 고압을 부하하지 않도록 주의한다.
- ⑥ 버터플라이밸브 및 콘밸브의 보수·점검은 제수밸브에 준한다.
- ⑦ 물을 채우기 전에 점검하여 토사가 쌓여있으면 내부를 청소한다.
- ⑧ 밸브실내의 물을 배수하고 밸브좌 또는 본체가 고착되지 않도록 주의한다.
- ⑨ 체크밸브는 정기적으로 분해, 점검, 청소를 실시하고 동작 중에는 소음과 진동에 주의하여야 한다.

<표 10-9> 체크밸브의 고장과 대책

고 장 내 용	고 장 원 인	대 책
시트에서의 누수, 디스크가 밸브대에서 이탈	세트볼트가 느슨함	세트볼트 조임
	키(key)가 변형됨	밸브대 교환
디스크의 작동불량	베어링부에 물찌꺼기 부착	베어링부 분해 청소
글랜드부에서의 누수	패킹의 마모	패킹 교환
	패킹의 조임 불량	패킹 조임
	패킹누르개의 조임 불균형	패킹누르개용 볼트를 균등하게 조임
	슬리브의 마모	슬리브 교환
완폐시 대시포트에서 오일 누설	개스킷의 열화	개스킷 교환
	개스킷의 조임불량	개스킷 조임
실린더의 작동불량	체크밸브의 밸브대가 비틀림	밸브대 교환

<표 10-10> 버터플라이 밸브의 고장과 대책

고 장 내 용	고 장 원 인	대 책
밸브의 개폐 불능	시트에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거, 고무시트 교환, 디스크 보수
	감속기의 고장	분해 청소, 부품 교환
밸브의 조작토크가 비정상적으로 크다	베어링의 불량	베어링 교환
	설치시 밸브 개폐대의 중심 맞추기가 불완전함	중심 맞추기
	디스크가 내려가 있음	볼트로 조정
	시트면에 디스크가 깊이 박혀 있음	개도 조정
전폐 부근에서 조작력 이상으로 시트에서 물이 샌다	고무시트의 이탈	고무시트 교환
	이물질의 혼입	이물질 제거
개도계가 전폐를 나타내고 있는데 시트에서 물이 샌다	고무시트면의 손상	고무시트 교환
	개도계의 고장	개도계 조사
	디스크와 개도계의 지시가 일치하지 않음	재조정
소음, 진동	2차감속기 기어의 백러시 (back rush)	기어 교환
	캐비테이션 발생	캐비테이션이 발생하지 않는 개도에서 사용

<표 10-11> 공기밸브의 고장과 대책

고 장 내 용	고 장 원 인	대 책
공기구멍에서의 누수	공기구멍시트의 열화	교 환
	플로트에 물찌꺼기 부착	플로트 세척
	플로트의 손상	플로트 교환
관로에 충수시 배기가 잘 안됨	충수유량의 과다	충수유량을 줄임
	플로트가 큰 공기구멍 시트를 막고 있음	배기량을 적게함
관로의 배수시 흡기가 잘 안됨	플로트가 큰공기구멍 시트에 눌러 붙어 있음	분해 청소

<표 10-12> 제수밸브(슬루스밸브)의 고장과 대책

고 장 내 용	고 장 원 인	대 책
밸브의 개폐불능	시트에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거
	밸브몸통의 가이드부, 디스크, 밸브대, 암나사의 마모, 손상	부품 교환
밸브의 조작토크가 비정상적으로 큼	시트면, 밸브대 등에 이물질이 끼어있음	이물질 제거
	밸브가 너무 조여져 시트가 깊이 파이고 잘 열리지 않음	밸브의 개폐시 개도계를 참조하여 과도하게 죄지 말 것
	밸브개폐대의 중심 맞추기가 불완전함	중심을 맞춘다
	패킹누르개가 너무 조여짐	누수가 없을 정도로 조정
	사용압력차가 높음	규정압력차로 조작
	개도지시계가 오물로 막힘	개도지시계 청소
글랜드부에서의 누수	밸브대의 노출부에 토사 등이 붙어 밸브대에 손상이 생김	밸브대 교환
	패킹의 마모	패킹 교환
	패킹의 조임이 약함	패킹누르개를 더욱 조임
	패킹누르개의 조임 불균형	볼트너트를 균등하게 조임
개도계는 전폐를 나타내는데 시트에서 물이 샌다	시트의 마모 및 손상	시트교환 또는 재조합
	배관 등의 외력에 의하여 시트면이 어긋남	배관을 조사하여 무리한 외력제거
	개도계의 고장	개도계 조사
소음, 진동	캐비테이션 발생	캐비테이션이 발생하지 않는 개도에서 사용

마. 밸브 보호시설

본체의 균열, 파손, 누수 등의 이상 유무와 철제뚜껑의 부식여부 및 덮여 있는 상태를 점검하여 필요시 보수하고, 분수공 등 비교적 규모가 큰 밸브실은 울타리 또는 철책이 설치되어 있으므로 이들 외곽시설의 파손이나 부식여부도 점검하여 기능 및 미관 유지에 지장이 없도록 보수해야 한다.

바. 유량계

유량계는 관수로 시설의 감시와 제어를 원활하게 수행하기 위한 기본이 되는 계측설비이므로 이상현상 발생시 그 원인 및 대책은 계측기기의 측정원리와 유지관리 지침서를 참조하여 수립토록 하고, 점검정비도 신중을 기해야 한다.

1) 이상 원인과 대책

유량계의 이상 현상과 그 원인 및 대책은 <표 10-13>의 예를 참고하여 계측 기기의 측정 원리와 제작사의 유지관리지침서 등을 참고하여 유지 보수하여야 한다.

<표 10-13> 유량계의 이상 원인과 대책

이상현상	원 인	확인 및 조치
지침이 ⊕측으로도 치우친다	최대누금 이상의 유량인 경우	3-WAY 밸브로 압력을 조절하여 확인함
	변환기의 고장	수리 또는 교환
지침이 ⊖측으로도 치우친다	전원(휴즈)의 끊어짐	전원의 점검·수리 및 휴즈교환
	배선의 단선·단락	점검 및 수리
	변환기의 고장	수리 또는 교환
지시가 한쪽으로 치우치는 경향이다	기록계, 지시계에 오차가 있다	점검 및 수리
	변환기에 오차가 있다	점검 및 수리
	변환기의 부하가 허용치를 초과한다	부하 임피던스를 확인하고 허용치 이하로 한다.
지시가 휘청거림	댐핑 조절이 부적당	도압부의 밸브개도 점검·조절
	측정유체중에 기포 또는 이물질이 섞여 있다	공기를 빼고 맑은 물로 청소
	외래 노이즈	노이즈의 제거
	지시·기록계의 불량	점검·정비
유체를 정지시켜도 지시가 '0'이 되지 않는다.	배선의 이상	점검의 수리
	외래 노이즈	노이즈의 제거
	변환기의 고장	수리 또는 교환
	유체가 완전히 충만되지 않음(전자식)	충만시켜서 점검
	전극의 오염(전자식)	취급설명서에 따라서 청소
유체가 흘러도 지시가 '0'인 경 우	전원휴즈의 끊어짐	전원선 점검·수리 및 휴즈의 교환
	배선의 단선·단락	점검 및 수리
	변환기의 고장	수리 또는 교환
	기록계 또는 지시계의 고장	수리 또는 교환
	여자코일의 단선(전자식)	수리 또는 교환

2) 검출부 점검 및 정비요령

유량계는 관수로 시설의 감시와 제어를 원활하게 수행하기 위한 기본이 되는 계측설비이므로 점검정비에 대해서는 세심한 주의를 기울여야 한다. 유량계 검출부의 점검·정비는 주로 외관의 육안점검, 영점조정, 스펜조정 등이고, 검출부의 대상 기기별 점검부위의 점검·정비요령(예)은 <표 10-14>와 같다.

<표 10-14> 유량계의 점검·정비요령(예)

대상 기기	점 검 부 위	점검방법	표준점검 주 기	관 정 기 준	취급주의 사 항	예비품
전 자 식	배 선 접속부	눈 으 로 확 인	1년	배선의 단선·단락이 없는것 단자부동 접속부의 느슨함, 부식 등이 없을 것	관내에 물이 없을 때는 여자전원을 끊는다.	
		결연저항 측 정	1년	소정의 절연저항치(수백 kΩ ~ 수 kΩ)이상일 것		
	발신기	배관에서 떼어내고 치 수 를 계 측 (올바르게 측을 할 수 없을 때 실시)	통 상 은 필요없음 (올바르게 측을 할 수 없을 때 실시)	라이닝면 손상, 도전성 부착물이 없을 것 전극에 부식, 절연성의 부착물이 없을 것		
		결연저항 측 정	1년	소정의 절연저항값 이상일 것		
	변환기	눈 으 로 확 인	1년	도장이 벗겨짐, 부식이 없고, 외함이 확실하게 막혀 있을 것		
		영점조정	1년	흐름이 정지했을 때 출력이 0%일 것		
		스팬조정	1년	최대눈금과 동등한 신호가 입력 되었을 때 출력이 100%일 것		
		여류전류치 측 정	1년	소정의 값일 것		
		교 정	1년	소정의 정도이내일 것		
	초 음 파 식	배 선 접속부	눈 으 로 확 인	1년		
결연저항 측 정			1년	소정의 절연저항치(수백kΩ~ 수kΩ)이상일 것		
검출부		눈 으 로 확 인	1년	PROBE가 올바르게 부착되어져 있 을 것		
		변환부	눈 으 로 확 인	1년	도장이 벗겨짐, 부식이 없고, 확실하게 막혀 있을 것	
	영점조정		1년	흐름이 정지했을 때 출력이 0%일 것		
스팬조정	1년		최대눈금과 동등한 신호가 입력 되었을 때 출력이 100%일 것			
	교 정	1년	소정의 정도이내일 것			

10.3.3물관리 제어시스템

가. 점검의 구분

물관리 제어시스템 장치의 기능을 정상적으로 유지하는 데는 보수점검이 필요하므로 일상점검, 정기점검, 임시점검 등을 계획하여 실시해야 한다.

물관리 제어시스템 점검은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- ① 일상점검 : 일일운전에 최소한 필요한 점검을 말한다.
- ② 정기점검 : 정기적으로 시설을 순회하면서 외부에서 이상유무를 조사하는 점검이나 장치를 정치상태로 하는 동작시험, 계측, 부품교환, 보수, 조정, 청소 등 손질을 하여 저하된 기능의 복원을 목적으로 하는 점검을 말한다. 점검주기는 점검항목에 따라 3개월, 6개월, 1년에 1회 정도로 한다.
- ③ 임시점검 : 지진이나 천둥, 태풍 통과후 등에 임시로 실시하는 것으로 파손이나 손상, 탄 흔적의 유무 등에 대하여 점검하고 필요에 따라 정밀조사나 교환, 수리 등을 한다.

나. 점검요령

물관리 제어시스템 장치의 점검은 장치마다 점검항목, 방법, 순서 등에 대한 요령을 정하여 실시해야 한다.

- ① 점검은 장치마다 점검항목, 방법, 순서 등의 요령을 정한다. 또한 정기점검에 대해서는 연간 공정을 작성하여 실시하는 것이 바람직하다.
- ② 구조, 기능에 관한 중요한 정비 기록은 시설의 기능, 차기 정비 및 교체 사업 등에 필요한 것이며 영구 보존한다.
- ③ 일상 점검은 원칙적으로 조작자가 작업시 혹은 인계시에 해야 한다.

다. 점검항목

장치별 일반적인 보수점검은 감시제어장치, 집중관리시설, 계측장치, 기타 장치 항목 등으로 나누어 실시해야 한다.

장치별 일반적인 보수점검 항목은 <표 10-15>와 같다.

<표 10-15> 보수 점검 항목(예)

항 목	세 부 항 목	일 상 점 검	정 기 점 검	임 시 점 검
1.감시 제어 장치	조작대 감시반(그래픽, 미니 그래픽) 경보표시판	외관, 내부, 표시계, 램프, 스위치, 밸브, 부저의 더러움이나 이상한 음·악취, 표시, 작동상태	도장, 손상, 작동, 부착상태, 전원부, 접지극의 측정, 배선, 연결구, 단자의 상태	외관의 부식, 발청, 변형, 파손상황, 케이블 피트의 더러움, 물웅덩이의 상황
2.집중 관리 시설	먼거리 감시 제어장치 정보처리장치 현장제어장치 전원설비	외관, 내부, 지시계, 램프, 스위치, 밸브, 부저의 더러움이나 이상한 음·악취, 표시, 작동상태, 프린터, CRT의 작동상태, 프린터 잉크, 용지, 전해액의 보급	도장, 손상, 작동, 부착상태, 전원부, 접지극, 입출력부의 계측, 제외회로, 릴레이, 경보의 작동상태, 절연저항의 측정, 배선, 콘넥터, 단자의 상태, 피뢰기의 점검	외관의 부식, 발청, 변형, 파손상황, 케이블 피트의 더러워짐, 물웅덩이의 상황, 피뢰기의 점검
3.계측 장치	계장장치 본체 수위계 유량계 기상관측기기 기타 기기	외관, 내부, 지시계, 램프, 스위치, 밸브, 부저의 더러움이나 이상한 음·악취, 표시, 작동상태, 기록지, 카트리지, 전지의 보급, 교환	도장, 손상, 작동, 부착상태, 전원부, 접지극, 입출력부의 계측, 측정정도의 확인, 기구부의 작동상태, 케이블, 콘넥터, 단자의 상태, 피뢰기의 점검	외관의 부식, 발청, 변형, 파손상황, 동작, 청소상태의 확인, 청소, 케이블피트의 더러워짐, 물웅덩이의 상황, 피뢰기의 점검
4. 그외 기타 장치	전송로 전화 MC 방류정보	외관, 램프, 스위치의 더러워짐이나 표시, 작동상태	도장, 손상, 작동, 부착상태, 전원부, 접지극의 측정, 절연저항의 측정, 배선, 케이블, 콘넥터, 단자의 상태, 피뢰기의 점검	외관의 부식, 발청, 변형, 파손상황, 물웅덩이의 상황, 피뢰기의 점검

10.3.4 급수밸브

급수밸브는 지표에 노출되어 있기 때문에 동파의 우려가 있으므로 한냉지에서는 왕겨나 헨웃 등으로 피복하여 방한대책을 세우고 공내의 밸브나 유량계가 동파되지 않도록 조치해야 하며, 영농기에 농기계 통행으로 파손되지 않도록 주의해야 한다.

급수밸브의 조작시 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 사용수량이 부족한 경우 급수구역을 미리 분할하여 구역별로 순번을 정해 놓고 관개일수와 시간을 정하여 물을 균등하게 배분할 수 있도록 밸브를 조작한다.
- ② 급수량은 관개시기별로 사용량을 정하여 전체 사용량 범위 내에서 사용토록 하며, 급수량은 제수밸브와 급수밸브 조작에 의하여 조절되므로 제수밸브의 개폐상태를 기록하고 이때의 분수공 출수상태를 확인하여 균등하게 관개 되도록 한다.

10.3.5 재해 대책

태풍이나 장마 등으로 홍수가 예상될 경우에는 관로시설 및 설비를 사전에 점검하여 피해를 줄이도록 해야하며, 점검할 사항은 관수로의 파손, 연결관 이탈에 의한 누수, 건축물의 안전여부, 각종 시설기기의 기능점검, 전기시설의 안전여부를 정밀 조사하여 적절히 조치해야 한다.

재해시의 관로이상 및 대책 사항은 다음과 같다

- ① 송수관로의 파손은 펌프장 계기에 나타나므로 즉시 판단하여 펌프를 정지시킨다.
- ② 관로의 압력은 관로의 저항에 의한 동수경사선으로 나타나기 때문에 누수가 생겨 관로가 파손되면 파손부의 압력이 대폭 저하되어 쉽게 발견되므로 즉시 조치를 취한다.
- ③ 관로의 누수개소에서 물이 분출되면 토사가 유실되기 때문에 신속히 펌프를 정지한 후 보수해야 한다.

10.3.6 배수계획

관수로내의 물을 배제 시킬 때에는 안전시설 및 관리시설의 위치와 수압, 조작순서와 시간 등 설계조건을 충분히 고려하여 계획을 수립한 후 물 빼기를 하여야 한다.

고압관수로나 대구경관수로의 배수에 있어서는 기기의 조작순서, 방류장소 등의 대책이 철저하지 않으면 부대시설의 손상이나 2차 재해가 발생하여 관수로시스템의 기능에 지장을 초래하게 되므로 당초부터 신중히 검토해야 한다. 또한 배수시 하류 하천 또는 수로에 피해가 없도록 대비해야 한다. 배수에 대해서는 사고 등의 비상시에도 대응할 수 있도록 미리 대책을 세워두어야 한다.

10.4 수질관리

10.4.1 환경정책기본법에 의한 수질기준

농업용수의 수질을 결정하는 요소는 용해물질(溶解物質)과 부유물질(浮遊物質)로 구성되며, 환경정책기본법에 규정된 수질 및 수생태계 환경기준 중 약간 나쁨(IV급수)에 해당하는 수질을 농업용수 수질기준으로 채택하고 있다.

관개용수 수질의 적합여부는 사람의 건강보호 기준 및 생활환경기준에 의거하여 판정하며, 또한 지하수의 경우에는 지하수법 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙의 지하수의 수질기준에서 농업용수의 조건을 만족해야 한다. 현재 환경정책기본법에 의하여 적용되고 있는 하천과 호소의 생활환경기준은 <표 10-16> ~ <표 10-17>과 같고, 지하수의 수질기준은 <표 10-18>과 같다.

<표 10-16> 하천수의 생활환경 기준

등급	상태 (캐릭터)	기 준						
		수소이온 농도 (pH)	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	부 유 물질량 (mg/L)	용 존 산소량 (mg/L)	대장균군 (군수/100mL)		
						총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia 	6.5~8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하	10 이하	
좋음	Ib 	6.5~8.5	2 이하	25 이하	5.0 이상	500 이하	100 이하	
약간 좋음	II 	6.5~8.5	3 이하	25 이하	5.0 이상	1,000 이하	200 이하	
보통	III 	6.5~8.5	5 이하	25 이하	5.0 이상	5,000 이하	1,000 이하	
약간 나쁨	IV 	6.0~8.5	8 이하	100 이하	2.0 이상	-	-	
나쁨	V 	6.0~8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2.0 이상	-	-	
매우 나쁨	VI 	-	10 초과	-	2.0 미만	-	-	

비 고

1. 등급별 수질 및 수생태계 상태

- 가. 매우 좋음 : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
- 나. 좋음 : 용존산소가 많은 편이고 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
- 다. 약간 좋음 : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음.
- 라. 보통 : 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
- 마. 약간 나쁨 : 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.

- 바. 나쁨 : 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불편감을 유발하지 아니하며, 황성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업 용수로 사용할 수 있음.
- 사. 매우 나쁨 : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려움.
- 아. 용수는 당해 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음.
- 자. 수소이온농도(pH) 등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 당해 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음.

<표 10-17> 호소수의 생활환경 기준

등급	상태 (캐릭터)	기 준									
		수소 이온 농도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	부유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로 로필-a (Chl-a) (mg/m ³)	대장균군 (균수/100mL)		
									총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	2 이하	1 이하	7.5 이상	0.01 이하	0.2 이하	5 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	3 이하	5 이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	4 이하	5 이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	15 이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	-	-
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하	-	-
매우 나쁨	VI		-	10 초과	-	2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과	-	-

비 고

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.
2. 등급별 수질 및 수생태계 상태는 하천수의 생활환경기준 비교표와 같다.

<표 10-18> 지하수의 수질기준

(단위 : mg/L)

항 목	이용목적별	생활용수	농업용수 · 어업용수	공업용수
일 반 오염물질 (5개)	수소이온농도(pH)	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
	대장균군수	5,000 이하 (MPN/100ml)	-	-
	질산성질소	20 이하	20 이하	40 이하
	염소이온	250 이하	250 이하	500 이하
	일반세균	1ml중 100CFU 이하	-	-
특 정 유해물질 (15개)	카드뮴	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	비소	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	시안	불검출	불검출	0.2 이하
	수은	불검출	불검출	불검출
	유기인	불검출	불검출	불검출
	페놀	0.005 이하	0.005 이하	0.01 이하
	납	0.1 이하	0.1 이하	0.2 이하
	6가크롬	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	트리클로로에틸렌	0.03 이하	0.03 이하	0.06 이하
	테트라클로로에틸렌	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	1.1.1-트리클로로에탄	0.15 이하	0.3 이하	0.5 이하
	벤젠	0.015 이하	-	-
	톨루엔	1 이하	-	-
	에틸벤젠	0.45 이하	-	-
	크실렌	0.75 이하	-	-

- 주 : 1. 지하수의 수질보전등에 관한 규칙 제11조 관련(개정2008.4.7>)
 2. 지하수를 음용수로 이용하는 경우: 「먹는물관리법」 제5조에 따른 먹는물의 수질기준
 3. 지하수를 생활용수, 농·어업용수, 공업용수로 이용하는 경우

비 고

- 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 염소이온기준을 적용하지 아니할 수 있다.
 - 어업용수
 - 지하수의 이용 목적상 염소이온의 농도가 인체에 해가 되지 아니하는 경우
 - 해수침입 등으로 인하여 일시적으로 염소이온 농도가 증가한 경우
- 농·어업용수 및 공업용수가 생활용수의 목적으로도 이용되는 경우에는 생활용수의 수질 기준을 적용한다.

10.4.2 농업용수 수질기준

현재 환경정책기본법에 의하여 적용되고 있는 하천과 호수의 농업용수 수질 기준과 지하수의 수질보전등에 관한 규칙 제11조에 의하여 적용되고 있는 농업용수 수질기준을 정리하면 <표 10-19>와 같다. 환경정책기본법에 의한 농업용수 수질 기준은 하천수 및 호소수의 경우 약간 나쁨(IV급수)에 해당한다.

수질 및 수생태계 상태별 생물학적 특성을 보면 생물등급은 매우 좋음~좋음부터 약간나쁨~매우나쁨까지 4개의 등급으로 분류하였으며, 생물지표종은 저서생물과 어류로 구분하여 생물등급별 지표종을 선별하였으며, 생물등급별 서식지 및 생물 특성을 기술하였다.(<표 10-20> 참조)

<표 10-19> 농업용수 수질기준

구분	수소 이온 농도 (pH)	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	화학적산소 요구량 (COD) (mg/L)	부 유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필-a (Chl-a) (mg/m ³)	질산성 질소 (NO ₃ -N)	염소 이온 (Cl ⁻)
하천	6.0~8.5	8 이하	9 이하	100이하	2.0 이상	0.3이하	-	-		
호소	6.0~8.5	-	8 이하	15이하	2.0 이상	0.10이하	1.0이하	35 이하		
지하수	6.0~8.5		8 이하						20이하	250이하
전수역 (mg/L)	카드뮴(Cd) 0.005이하, 비소(As) 0.05이하, 납(Pb) 0.05이하, 6가크롬(Cr ⁶⁺) 0.05이하 음이온계면활성제(ABS) 0.5이하, 사업화탄소 0.004이하, 1,2-디클로로에탄 0.03이하 테트라클로로에틸렌(PCE)0.04이하, 디클로로메탄 0.02이하, 벤젠 0.01이하, 클로로포름 0.08이하, 디에틸헥실프탈레이트(DEHP) 0.008이하, 안티몬 0.02이하 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 폴리크로리네이트디비페닐(PCB) - 검출되어서는 안됨									

10.4.3 농업용수의 오염

일반적으로 관수로의 흐름은 수질오염이 우려되지 않으나 수원공에 유입되는 유량 또는 수원공에서 도수로나 간·지선수로를 통하여 관수로로 유입되기 전에 오염이 발생된다.

농업용수원의 주요 오염원은 다음과 같다.

- ① 생활하수 : 국민생활수준의 향상과 생활양식의 변화에 따라 생활하수량이 점차 증가되고 있으며, 특히 10월부터 다음해 2월까지 건기가 계속되어

하천유량이 적기 때문에 하천의 자정능력과 희석작용이 부족하므로 수질 오염을 증가시키게 된다.

<표 10-20> 수질 및 수생태계 상태별 생물학적 특성 이해표

생물등급	생물지표종		서식지 및 생물 특성
	저서(底棲)생물	어류	
매우 좋음 ~ 좋음	열새우, 가재, 뿔하루살이, 민하루살이, 강도래, 물날도래, 광택날도래, 띠무늬우묵날도래, 바수염날도래	산천어, 금강모치, 열목어, 버들치 등 서식	-물이 매우 맑으며, 유속은 빠름 -바닥은 주로 바위와 자갈로 구성 -부착조류가 매우 적음.
좋음 ~ 보통	디슬기, 넓적거머리, 강하루살이, 동양하루살이, 등줄하루살이, 등딱지하루살이, 물삿갓벌레, 큰줄날도래	쉬리, 갈겨니, 은어, 쏘가리 등 서식	-물이 맑으며, 유속은 약간 빠르거나 보통임. -바닥은 주로 자갈과 모래로 구성 -부착조류가 약간 있음.
보통 ~ 약간 나쁨	물달팽이, 턱거머리, 물벌레, 밀잠자리	피라미, 끄리, 모래무지, 참붕어 등 서식	-물이 약간 혼탁하며, 유속은 약간 느린 편임. -바닥은 주로 잔자갈과 모래로 구성 -부착조류가 녹색을 띠며 많음.
약간 나쁨 ~ 매우 나쁨	원돌이물달팽이, 실지렁이, 붉은갈다구, 나방파리, 꽃등에	붕어, 잉어, 미꾸라지, 메기 등 서식	-물이 매우 혼탁하며, 유속은 느림 -바닥은 주로 모래와 실트로 구성되며, 대체로 검은색을 띰. -부착조류가 갈색 혹은 회색을 띠며 매우 많음.

- ② 산업폐수 : 산업사회가 급속히 발전함에 따라 농촌지역의 공단에서 산업폐수 발생이 증가되고 있으며, 일반적으로 산업폐수는 중금속 등이 다량 함유되어 유역내 수질오염을 증가시키고 있다.
- ③ 축산폐수 : 자영농가의 소규모 축산뿐만 아니라 기업화축산 경영에 따른 폐수가 많이 발생되고 있으나, 아직도 폐수정화시설이 미흡하여 수질오염을 촉진하게 되므로 시설기준을 철저히 관리하여야 한다.
- ④ 농약·비료사용 : 농업생산량 증대를 도모하고 부족한 농업인력을 만회하기 위하여 농약 및 비료 투입량이 확대되므로 농업용 수질오염에 크게 영향을 주고 있다. 최근에는 농약과 비료의 사용량이 줄어드는 추세이나 비점오염원의 주요 원인이 되므로 지속적 관리가 필요하다.
- ⑤ 기타오염 : 근래 농민소득 향상으로 농촌지역에도 많은 위락시설이 조성되었고, 이곳에 몰려드는 행락객들이 무심코 버리는 음식찌꺼기나 비닐봉지, 빈병, 빈깡통 등 다량의 유해물질로 수질오염의 원인을 제공하고 있다.

10.4.4 수질조사

농업용수원 및 관개대상지역에 수질문제가 발생하면 독성유무, 오염발생원 장소 및 유독성물질의 농도와 형태 등을 규명하기 위하여 수질조사를 실시하고 개선대책을 강구해야 한다.

수질조사의 내용은 오염의 발생원인, 장소, 범위 및 발생량 등 수질오염원, 농작물에 피해를 주는 오염수중의 유독물질 농도 및 형태, 취수지점 또는 조절수조의 오염농도의 시간적(연간, 관개기간, 홍수시 및 평수시)변화 등을 조사하여 유량과 오염농도와의 관계를 분석해야 한다.

적은양의 오염수라도 수년간 계속 관개하면 일정량이 집적된 후 작물에 피해를 줄 수 있으므로 매년 농작물 수확 후 토양을 채취하여 유해물질의 집적도를 조사하고, 오염된 관개용수가 농작물에 미치는 피해정도를 예측하기 위하여 오염된 관개용수의 농도와 작물의 피해량 관계를 시험해야 한다. 유해물질의 형태에 따라서는 교반, 공기접촉(폭기시설 등), 여과, 희석 등 물리적 방법에 의한 수질개선 방법의 적용 여부도 검토하여야 한다.

10.4.5 수질오염 대책

일반적으로 물 오염은 인간생활 및 산업활동에 의하여 배출된 하수 또는 분뇨 등의 영향으로 생물학적, 물리화학적으로 변화되는 현상을 의미하지만, 경우에 따라서는 광천수의 배출 등 자연현상에 의해서도 오염되는 경우가 있다. 오염된 물을 관개용수로 공급하면 생산물의 품질저하는 물론 심한 경우에는 식품에도 악영향을 끼칠 수 있으므로, 적정수질을 유지할 수 있도록 오염된 수질도 개선하고 나빠질 우려가 있는 용수원은 지속적 관리를 통하여 청정한 농업용수를 공급할 수 있도록 대처하여야 한다.

농림수산식품부장관이나 농업생산기반시설관리자는 오염물질이 흘러들어 농어촌 용수가 오염되어 영농과 농어촌 생활환경에 지장을 줄 우려가 있다고 인정되면 환경부장관이나 지방자치단체의 장에게 다음에서 규정하고 있는 명령과 조치 등을 하도록 요구할 수 있다.

- ① 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제12조 및 제39조부터 제44조까지의 규정
- ② 하수도법 제25조제2항, 제33조, 제40조제1항·제2항 및 제41조제1항
- ③ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제17조제4항·제5항 및 제25조제3항
- ④ 지하수법 제16조 및 제16조의3

농림수산식품부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 농어촌용수 오염으로 영농과 농어촌 생활환경에 지장을 줄 것이 우려되면 농어촌용수의 수질개선 대책을 수립·시행할 수 있다.

- ① 저수지 및 담수호 등 호수와 늪의 수질오염
- ② 농경지에서 발생하거나 배출되는 오염물질로 인한 농어촌용수의 오염
- ③ 지하수법 제16조의2에 따른 지하수오염유발시설로 인한 농어촌용수의 오염

가. 건설현장에서의 수질오염방지 대책

농업용수원을 오염시키는 주요 건설현장은 저수지, 수로터널 및 준설이나 매립공사에 따른 절토, 성토, 하천의 교량, 콘크리트혼합설비, 골재·석재 채취, 레미콘 제조현장 및 공사현장의 사무실이나 숙소 등으로부터 배출되는 오수는 주변여건을 고려하여 기존의 하수관거에 연결하거나 관로에 연결하여 배수하고, 부득이 한 경우에는 별도의 수집탱크를 설치하여 일시 저장 후 수거토록 해야 한다.

나. 비점오염 저감시설

1) 자연형 시설

- ① 저류시설 : 강우유출수를 저류(貯留)하여 침전 등에 의하여 비점오염물질을 줄이는 시설로 저류지·연못 등을 포함한다.
- ② 인공습지 : 침전, 여과, 흡착, 미생물 분해, 식생 식물에 의한 정화 등 자연 상태의 습지가 보유하고 있는 정화능력을 인위적으로 향상시켜 비점오염 물질을 줄이는 시설
- ③ 침투시설 : 강우유출수를 지하로 침투시켜 토양의 여과·흡착 작용에 따라 비점오염물질을 줄이는 시설로서 유공(有孔)포장, 침투조, 침투저류지, 침투 도랑 등을 포함
- ④ 식생형 시설 : 토양의 여과·흡착 및 식물의 흡착(吸着)작용으로 비점오염 물질을 줄임과 동시에, 동·식물 서식공간을 제공하면서 녹지경관으로 기능 하는 시설로서 식생여과대와 식생수로 등을 포함한다.

2) 장치형 시설

- ① 여과형 시설 : 강우유출수를 집수조 등에서 모은 후 모래·토양 등의 여과재(濾過材)를 통하여 걸러 비점오염물질을 줄이는 시설
- ② 와류(渦流)형 시설 : 중앙회전로의 움직임으로 와류가 형성되어 기름·그리스(grease) 등 부유성(浮游性) 물질은 상부로 부상시키고, 침전가능한 토사, 협잡물(挾雜物)은 하부로 침전·분리시켜 비점오염물질을 줄이는 시설

- ③ 스크린형 시설 : 망의 여과·분리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설로서 주로 전(前) 처리에 사용하는 시설
- ④ 응집·침전 처리형 시설 : 응집제(應集劑)를 사용하여 비점오염물질을 응집한 후, 침강시설에서 고형물질을 침전·분리시키는 방법으로 부유물질을 제거하는 시설
- ⑤ 생물학적 처리형 시설 : 전처리시설에서 토사 및 협잡물 등을 제거한 후 미생물에 의하여 콜로이드(colloid)성, 용존성(溶存性) 유기물질을 제거하는 시설

3) 기타

자연형 및 장치형시설과 같거나 그 이상의 저감효율을 갖는 시설로서 환경부장관이 인정하여 고시하는 시설도 포함한다.

다. 수질오염 감시단 운영

농업용수원의 수질오염을 예방하고 오염된 용수원의 처리대책을 수립하기 위하여, 민관합동사무소를 중심으로 농업용수감시단을 설치하여 신고체제를 구축함으로써 용수원을 적절히 관리하여 안전영농을 기하여야 한다.

1) 감시단의 기능

감시단은 농업용수원의 오염행위에 대한 감시 및 신고, 수질오염 방지대책 수립, 수질보전을 위한 대국민 계몽, 지역별 농업용수 오염예방을 위한 여론수렴 및 건의 등을 하여야 한다. 주요 감시지역은 용수원의 집수구역 및 수원공에 대한 오염배출 시설, 마을 오폐수 유입, 양식장, 낙시터, 등산로, 산책로 및 산업시설 단지를 감시 하여야 한다. 여기에서 중점 감시내용은 다음과 같다.

- ① 하천 및 호수의 수질감시(수질상태 이상유무 및 물고기 폐사 등)
- ② 환경기초시설의 정상운영 여부
- ③ 수원공 또는 경작지 배수로 인근 오폐수배출업소의 정화시설 가동상태
- ④ 차량세차 및 폐기물 무단투여 유무
- ⑤ 농약 등 독극물 사용에 의한 어패류 남획행위
- ⑥ 농약과다 사용 또는 농약 빈병 투기 등 행위
- ⑦ 각종 위락시설 및 음식점의 오폐수 처리 실태 확인
- ⑧ 행락객 계도 및 홍보
- ⑨ 기타 수원공과 그 구역, 경작지의 오염원 감시 순찰 등

2) 수질오염 감시경보

경보단계	발령·해제기준
관심	가. 수소이온농도, 용존산소, 총 질소, 총 인, 전기전도도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 2개 이상 항목이 측정항목별 경보기준을 초과하는 경우 나. 생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하는 경우
주의	가. 수소이온농도, 용존산소, 총 질소, 총 인, 전기전도도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 2개 이상 항목이 측정항목별 경보기준을 2배 이상(수소이온농도 항목의 경우에는 5 이하 또는 11 이상을 말한다) 초과하는 경우 나. 생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하고, 수소이온농도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 초과하는 경우와 전기전도도, 총 질소, 총 인, 클로로필-a 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 2배 이상 초과하는 경우
경계	생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하고, 전기전도도, 휘발성유기화합물, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 3배 이상 초과하는 경우
심각	경계경보 발령 후 수질 오염사고 전개속도가 매우 빠르고 심각한 수준으로서 위기발생이 확실한 경우
해제	측정항목별 측정값이 관심단계 이하로 낮아진 경우

- 비고: 1. 측정소별 측정항목과 측정항목별 경보기준은 환경부장관이 고시한다.
 2. 용존산소, 전기전도도, 총 유기탄소 항목이 경보기준을 초과하는 것은 그 기준초과 상태가 30분 이상 지속되는 경우를 말한다.
 3. 수소이온농도 항목이 경보기준을 초과하는 것은 5 이하 또는 11 이상이 30분 이상 지속되는 경우를 말한다.
 4. 생물감시장비 중 물벼룩감시장비가 경보기준을 초과하는 것은 양쪽 모든 시험조에서 30분 이상 지속되는 경우를 말한다.

3) 수질오염 경보의 종류별 조치사항

단계	관계 기관	조치사항
관심	한국환경공단이사장	○ 측정기기의 이상 여부 확인 ○ 유역·지방환경청장에게 보고 - 상황 보고, 원인 조사 및 관심경보 발령 요청 ○ 지속적 모니터링을 통한 감시
	수면관리자	○ 수체변화 감시 및 원인 조사
	취수장·정수장 관리자	○ 정수 처리 및 수질분석 강화
	유역·지방환경청장	○ 관심경보 발령 및 관계 기관 통보 ○ 수면관리자에게 원인 조사 요청 ○ 원인 조사 및 주변 오염원 단속 강화

단계	관계 기관	조치사항
주의	한국환경공단이사장	○측정기기의 이상 여부 확인 ○유역·지방환경청장에게 보고 - 상황보고, 원인 조사 및 주의경보 발령 요청 ○지속적인 모니터링을 통한 감시
	수면관리자	○수체변화 감시 및 원인조사 ○방어막 설치 등 오염물질 방제 조치
	취수장·정수장 관리자	○정수의 수질분석을 평시보다 2배 이상 실시 ○취수장 방제 조치 및 정수 처리 강화
	물환경연구소장	○원인 조사 및 오염물질 추적 조사 지원 ○유역·지방환경청장에게 원인 조사 결과 보고 ○새로운 오염물질에 대한 정수처리 기술 지원
	유역·지방환경청장	○주의경보 발령 및 관계 기관 통보 ○수면관리자 및 물환경연구소장에게 원인 조사 요청 ○관계 기관 합동 원인 조사 및 주변 오염원 단속 강화
경계	한국환경공단이사장	○측정기기의 이상 여부 확인 및 오염물질 방제조치 ○유역·지방환경청장에게 보고 - 상황 보고, 원인조사 및 경계경보 발령 요청 ○지속적 모니터링을 통한 감시
	수면관리자	○수체변화 감시 및 원인 조사 ○방어막 설치 등 오염물질 방제 조치 ○사고 발생시 지역사고대책본부 구성·운영
	취·정수장관리자	○정수처리 강화 ○정수의 수질분석을 평시보다 3배 이상 실시 ○취수 중단, 취수구 이동 등 식용수 관리대책 수립
	물환경연구소장	○원인조사 및 오염물질 추적조사 지원 ○유역·지방환경청장에게 원인 조사 결과 통보 ○정수처리 기술 지원
	유역·지방환경청장	○경계경보 발령 및 관계 기관 통보 ○수면관리자 및 물환경연구소장에게 원인 조사 요청 ○원인조사대책반 구성·운영 및 사법기관에 합동단속 요청 ○식용수 관리대책 수립·시행 총괄 ○정수처리 기술 지원

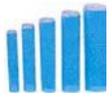
단계	관계 기관	조치사항
심각	한국환경공단이사장	○측정기기의 이상 여부 확인 및 오염물질 방제 조치 ○유역·지방환경청장에게 보고 - 상황보고, 원인 조사 및 경계경보 발령 요청 ○지속적 모니터링을 통한 감시
	수면관리자	○수체변화 감시 및 원인 조사 ○방어막 설치 등 오염물질 방제 조치 ○중앙합동대책반 구성·운영시 지원
	취·정수장 관리자	○정수처리 강화 ○정수의 수질분석 횟수를 평시보다 3배 이상 실시 ○취수 중단, 취수구 이동 등 식용수 관리대책 수립 ○중앙합동대책반 구성·운영시 지원
	물환경연구소장	○원인 조사 및 오염물질 추적조사 지원 ○유역·지방환경청장에게 시료분석 및 조사결과 통보 ○정수처리 기술 지원
	유역·지방환경청장	○심각경보 발령 및 관계 기관 통보 ○수면관리자 및 물환경연구소장에게 원인 조사 요청 ○필요시 환경부장관에게 중앙합동대책반 구성 요청 ○중앙합동대책반 구성시 사고수습본부 구성·운영
	국립환경과학원장	○오염물질 분석 및 원인 조사 등 기술 자문 ○정수처리 기술 지원
	환경부장관	○중앙합동대책반 구성·운영
해제	한국환경공단이사장	○관심단계 발령기준 이하 시 유역·지방환경청장에게 수질오염감시경보 해제 요청
	유역·지방환경청장	○수질오염감시경보 해제

4) 감시활동 및 신고

- ① 활동시기 : 수시 또는 정기 (연중 12회 이상)
- ② 신고기간 : 시·군 환경관련과, 환경관리청
- ③ 신고방법 : 전화, e-mail, 서면, 우편 또는 구두로 신고
- ④ 신고내용 : 오염발생 일시, 장소, 발생자, 오염내용 등을 6하 원칙으로 신고
- ⑤ 기 타 : 필요한 경우 시료를 채취하여 수질검사 의뢰

부 록

부록 1. 상수도 관종비교표

비교항목 \ 관종	수도용 도복강관			폴리에틸렌 피복강관			닥타일 주철관 (DCIP)			수도용 고밀도 PE관		GIS (HI-VP)관		유리섬유 복합관 (GRP)				
형상																		
생산규격	D80~ D3,000mm (KS D 3565)			D15~ D1,650mm (KS D 3589)			D80~ D1,200mm (KS D 4316)			D16~ D600mm (KS D 3408)		D16~ D300mm (KS M 3401)		D150~ D2,400mm (KS M 3370)				
재질	외면 : 강관+ 폴탈에나멜 내면 : 수도용 액상에폭시 수지도료			외면 : 강관+ 폴리에틸렌 내면 : 수도용 액상에폭시 수지도료			탄소+규소+ 망간+인+유황			고밀도 폴리에틸렌		경질 염화비닐		유리섬유+불포화 폴리에스트+모래				
기본물성	인장강도(kgf/mm ²)		41		41		43		2~2.5		5~6		5~55					
	연신율(%)		18		18		10이상		500이상		80~120		1.4					
	경도(Hb)		140		140		230이하		70		-		50~60					
	탄성계수(kgf/cm ²)		2.1×10 ⁴		2.1×10 ⁴		1.6×10 ⁴ ~1.7×10 ⁴		1.4×10 ⁴ 이상		2.1×10 ⁴		3.5×10 ⁴ 이상					
	포아송비		0.3		0.3		0.28~0.29		0.4		-		0.25~0.4					
	충격강도(kg.m)		6~20		6~20		8~15.9		13이상		15~18		-					
	비중		7.75		7.75		8.15		0.95이상		1.4		2.0					
	열팽창계수(cm/cm°C)		1.1×10 ⁻⁵		1.1×10 ⁻⁵		1.0×10 ⁻⁵		11×10 ⁻⁵		7×10 ⁻⁵		1.1×10 ⁻⁵					
	굴곡강도(kgf/cm ²)		40		40		61이상		60이상		-		700이상					
	압축강도(kgf/cm ²)		25~20		25~20		140~170		6		12		700~2,800					
최대허용유속(m/sec)		6.0		6.0		5.0		7.5		-		-						
수압시험(kg/cm ²)		관경 (mm)	A	B	관경 (mm)	A	B	관경 (mm)	1종	2종	3종	관경 (mm)	수압	관경 (mm)	수압	관경 (mm)	PN 6	PN 10
		D350 ~ 3,000	25	20	D350 ~ 1,650	25	20	300 이하	70	60	50	D16 ~ 600	40 ~ 50	D16 ~ 300	50	D150 ~ 2,400	12	20
									60	50	40						PN 16	PN 25
									50	40	32						32	50

비교항목 \ 관종	수도용 도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	닥타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
중 량	• 닥타일주철관의 2/3정도로 다소 가벼움	• 수도용 도복장 강관의 1.2배 정도	• 타관종에 비하여 무겁다	• 닥타일 주철관의 1/4정도로 가벼움	• 닥타일 주철관의 1/3정도로 가벼움	• 주철관의 1/3~1/4 정도로 가벼움
수 명	• 약 50년	• 약 50년	• 50~100년	• 약 50년	• 약 50년	• 약 50년
접합방법	• 전기용접 • 연결기 접합	• 전기용접 • 연결기 접합 (홈·링조인트)	• KP 메카니칼 공법 • 타이튼 접합공법 • 메카니칼 접합공법	• 열용착 공법 • KP 접합공법	• 편수칼라관 (수팽창성 고무링공법) • RR, TS (고무링, 본드이음관) 공법	• 이음관 (수팽창성 고무링 공법) • 스틸밴드 커플링
경제성 (M당 공사비, 토공 제외)	D 80 : 20,872 D 100 : 25,682 D 150 : 37,920 D 200 : 51,014 D 250 : 66,502 D 300 : 78,163 D 350 : 92,344 D 400 : 106,093 D 500 : 135,356 D 600 : 169,192	D 80 : 18,397 D 100 : 23,032 D 150 : 27,296 D 200 : 48,112 D 250 : 61,052 D 300 : 74,802 D 350 : 95,103 D 400 : 111,520 D 500 : 129,542 D 600 : 150,220	D 80 : 19,045 D 100 : 21,007 D 150 : 31,522 D 200 : 43,326 D 250 : 55,601 D 300 : 67,875 D 350 : 81,143 D 400 : 97,720 D 500 : 128,808 D 600 : 154,672	D 80 : 12,705 D 100 : 17,917 D 150 : 31,131 D 200 : 46,167 D 250 : 60,913 D 300 : 81,107 D 350 : 105,063 D 400 : 134,018 D 500 : 189,357 D 600 : 265,610	D 16 : 1,073 D 25 : 1,878 D 40 : 3,310 D 50 : 5,760 D 80 : 11,484 D 100 : 17,836 D 150 : 35,180 D 200 : 45,652 D 250 : 65,286 D 300 : 93,948	D 80 : - D 100 : - D 150 : 30,410 D 200 : 38,891 D 250 : 49,690 D 300 : 65,370 D 350 : 72,852 D 400 : 85,749 D 500 : 115,619 D 600 : 139,235

관종 비교항목		도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	다타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
내 구 성	내 식 · 내 약 품 성	•코팅으로 피복되어 있어 내식성이 우수하나 피복손상시 부식우려가 있음	•폴리에틸렌으로 피복되어 부식현상이 일어나지 않음	•부식거동이 파괴되지 않은 등 관과 비슷하며 부식속도는 철보다 느린편임 •내부 시멘트라이링의 경우 내부식성 및 내약품성에 강함	•내식성·내약품성이 우수 •전식 및 염분에 의한 부식에 강함	•내식성·내약품성이 우수	•내부식성 및 내약품성이 우수함
	내 충 격 성	•강도가 크고 내외압 및 충격에 대한 저항이 크다	•강도가 크고 내외압 및 충격에 대한 저항이 크다	•두께가 두껍고 강도가 높으나 충격강도가 낮아 높은 충격과 수충압등 급격한 압력이 작용할 때 균열우려가 있음	•철재관들에 비하여 인장강도 및 충격강도가 작아 연약지반 구간이나 중차량 통행장소등에는 변형의 우려가 있음	•ESLON NV내 충격성이여서 강도가 강하며 저온 충격강도 양호	•고강성 및 고탄성을 가짐
열 성		•PE 및 플라스틱 계통의 관 자체보다 내한성 및 열적 특성이 뛰어남	•PE 및 플라스틱 계통의 관 자체보다 내한성 및 열적 특성이 뛰어남	•PE 및 플라스틱 계통의 관 자체보다 내한성 및 열적 특성이 뛰어남	•철재 배관재에 비해 강도, 내압, 내한성, 열적특성이 떨어지며 동결시 해빙방법 곤란	•철재배관에 비해 강도, 내압, 내한성, 열적특성이 떨어지며 동결시 해빙방법이 곤란	•철재배관에 비해 내한성, 열적특성이 떨어지며 동결시 해빙방법이 곤란
전기절연성		•전식에 의한 부식이 발생	•우수한 전기절연성으로 부식이 발생하지 않음	•부식전기가 형성되므로 부식이 발생	•절연성재질로 내방식성이 우수	•절연성재질로 내방식성 우수	•절연성재질로 내방식성 우수
위 생 성		•관내 Scale과 부식에 의한 오염 가능성이 높다 •접합부의 강도가 크고 관의 일체화를 이룰 수 있어 외부 오염에 대해서 안전	•관내 Scale과 부식에 의한 오염 가능성이 높다	•부식에 의한 수질오염 가능성과 스케일의 피해 우려가 있음	•녹물, 관석등이 생기지않아 위생적임 •외부로부터 지하수 유입 가능성이 없음	•합성수지 및 무독성 안정제 사용으로 인체에 해가 없음	•급수관 배관을 위한 부단수천공시 관내면의 유리섬유용출로 인체에 나쁜영향을 줄수 있음

비교항목		관종	도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	다타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
도로 환경	지하 매설물	• 이형관 등을 자유로이 제작할 수 있으므로 돌발적인 장애물을 우회하기 용이	• 이형관 등을 자유로이 제작할 수 있으므로 돌발적인 장애물을 우회하기 용이	• 관 자체의 가공성이 어려워 다른 공사에 대한 대응이나 소이전이 어렵다	• 관 자체의 가공성이 좋아 다른 공사에 대한 대응이나 소이전이 가능하다	• 관 자체의 가공성이 좋아 다른 공사에 대한 대응이나 소이전이 가능하다	• 관 자체의 가공성이 좋아 다른 공사에 대한 대응이나 소이전이 가능하다	
	교통	• 공사기간이 타 관종에 비하여 오래 걸리므로 포장공사 등의 공정이 지연될 수 있다	• 연결기 접합일 경우 공기가 단축되어 도로 부에서 공사 용이	• 공사기간이 강관보다 단축 가능하지만 관의 중량이 무거워 어려움이 따른다	• 경량자재이므로 공사시 편리하고 기간이 강관과 주철관에 비하여 단축되나 응착 접합일 경우 공정이 다소 지연됨	• 경량자재이며 접합이 용이해 공사시 편리하고 기간이 강관과 주철관에 비하여 단축된다	• 경량자재이며 접합이 용이해 공사시 편리하고 기간이 강관과 주철관에 비하여 단축된다	
기초 지반	연약 지반 성토 매립	• 관자체가 연성관이고 연속성을 가지므로 연약지반 및 침하가능지역에 유리하다	• 관자체가 연성관이고 연속성을 가지므로 연약지반 및 침하가능지역에 유리하다	• 관 자체가 KP-M접합인 비연속성이므로 연약지반 및 침하가능지역에 사용하기 어렵다	• 관자체가 연성관이고 연속성을 가지므로 연약지반 및 침하가능지역에 매우 유리하다	• 관연결부가 신축변형력에 대응할 수 있는 구조로 연약지반 및 침하가능지역에 사용성 우수	• 관자체가 연성관이며 비연속성으로 연약지반 및 침하가능지역에 사용 어려움	
	애지	• 용접접합이므로 계수가 확실하여 애지 및 경사면에 유리하다	• 용접접합일 경우 계수가 확실하여 애지 및 경사면에 유리하다	• KP-M 접합이므로 애지 및 경사면에 불리하다	• 용착접합이므로 계수가 확실하여 애지 및 경사면에 유리하다	• 소켓식 고무링 접합의 경우 애지 및 경사면에 불리(벨그립채용시 안전)	• 고무링을 이용한 이중벨 커플링 접합이므로 애지 및 경사면에 불리	
지진	지반 변형 붕괴	• 강도가 커서 내진성이 좋고 관체가 연속성을 가지므로 안전성이 높다	• 강도가 커서 내진성이 좋고 관체가 연속성을 가지므로 안전성이 높다	• 지진이나 연약지반의 부등침하시 접합부가 약하여 접합부 이탈이 일어날 수 있다	• 관이 유연하고 연속성이 있으므로 지진에 약점이 없다 (용착식)	• 지진이나 연약지반의 부등침하시 접합부가 고무링 방식으로 접합부 이탈에 대응력이 우수하다	• 지진이나 연약지반의 부등침하시 접합부가 약하여 접합부 이탈이 일어날 수 있다	
기타	통수 능력	• 표면이 평활하며, 저항이 작고 통수능력이 크다	• 표면이 평활하며, 저항이 작고 통수능력이 크다	• 강관보다 떨어지나 내면을 Cement Lining 하여 방식 및 통수능력을 증대시킨다	• 표면이 평활하여 (조도계수=강관의 1/100) 저항이 작아 통수능력이 크다	• 관내면이 평활하여 마찰계수가 작아 통수능력이 크다	• 관내면이 매끄러워 조도계수가 작고 유속계수가 커 통수능력이 큼	

비교항목		관종	도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	다타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
내압	내층 격성	• 우수하다	• 우수하다	• 약하다	• 우수하다	• 우수하다	• 우수하다	• 우수하다
	수압	• 파괴수압 : 20-25kgf/cm ²	• 파괴수압 : 20-25kgf/cm ²	• 파괴수압 : 300mm(3중관) : 50kgf/cm ²	• 파괴수압 : 47-55kgf/cm ²	• 파괴수압 : 50-60kg/cm ²	• 파괴수압 : 12-50kgf/cm ²	
	정수두	• 고압관 : 100m • 보통압관 : 75m	• 고압관 : 100m • 보통압관 : 75m	• 고압관 : 100m • 보통압관 : 75m • 저압관 : 45m	• 300mm이하 : 75m • 300-600mm : 100m	• 400mm이하 : 100mm	-	
	압력 송수	• 용접접합일 경 우 고압펌프 송수가 가능하 나 연결기 접 합의 경우에는 이음부 누수 및 이탈 가성 이 있음	• 용접접합일 경 우 고압펌프 송수가 가능하 나 연결기 접 합의 경우에는 이음부 누수 및 이탈 가성 이 있음	• 고양정 송수관 로로는 이음부 누수 및 이탈 가능성으로 적 합하지 않음	• 고낙차 또는 Pump 송수가 가능하다	• 고양정 송수관 로 로도(1MPa 이상시) KP주 철 이음 관 과 HI-KP이탈방지 클램프를 장착 함으로써 고압 에 적합함	• 고양정 송수관 로 또는 이음 부누수 및 이 탈 가능성으로 적합하지 않음	
외 압	토압 노면 하중	• 원관이 강관이 므로 교통하중, 토압 등의 외 압 및 충격에 강함	• 원관이 강관이 므로 교통하중, 토압 등의 외 압 및 충격에 강함	• 수시간 소결에 의하여 ferrite 조직으로 구성 하며, 연성재 질로 강도가 큼	• 철재배관에 비 하여 강도가 떨어지며 외압 에 약함	• 피복 60cm 이 상 토피를 유 지해야 외압 및 충격에 안 전함	• 철재배관에 비 하여 강도가 떨어지며 외압 에 약함	
	기초 지지	• 토질조건에 따 라 모래 또는 양질의 토사를 이용한 기초가 필요	• 토질조건에 따 라 모래 또는 양질의 토사를 이용한 기초가 필요	• 연약지반구간 에 대해서 관 침목 또는 사 다리 동목의 설치필요	• 토질조건에 따 라 모래 또는 양질의 토사를 이용한 기초가 필요	• 토질조건에 따 라 모래 또는 양질의 토사를 이용한 기초가 필요	• 토질조건에 따 라 모래 또는 양질의 토사를 이용한 기초가 필요	
접촉환경	전식	• 발생 • 용접부는 별도 의 도복방법이 나 전식방지설 비가 필요	• 우수한 전기절 연성으로 전식이 발생하지 않고 부식전기 형성 을 막아주는 방 식성이 우수	• 도복장 강관보 다는 적으나 전식이 발생	• 전식에 안전	• 전식에 안전	• 전식에 안전	
	부식량	• 해수중 0.067mm/년 (나관의 경우)	• 해수중 0.067mm/년 (나관의 경우)	• 해수중 0.066mm/년	• 부식에 강함	• 고분자 합성수 지로 부식에 강함	• 부식에 강함	

비교항목		관종	도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	다타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
기 타	관로 탐사	• 별도의 표지판 설치 없이 관로탐사 가능	• 별도의 표지판 설치 없이 관로탐사 가능	• 별도의 표지판 설치 없이 관로탐사 가능	• 배관탐지 불가하여 열선 등 별도의 표지판 설치 필요	• 탐사선에 수도관에 장착되어 관로 탐사 편리	• 배관탐지 불가하여 열선 등 별도의 표지판 설치 필요	
	누수	• 용접기술의 발달로 확실한 접합이 가능하고, 관로는 연속성이므로 부등침하에 의한 파열 가능성이 적다	• 연결기 접합시 관로가 불연속성이므로 지반이 부등 침하 시 누수 및 관이 파손되기 쉽다	• 관로가 불연속성이므로 지반의 부등침하 시 누수 및 관이 파손되기 쉽다	• 융착식 접합이고 유연하므로 누수 가능성이 없다	• 관로가 불연속성이지만 지반의 부등침하 시 누수 및 관이 파손의 대응력(RR접합)이 우수하다	• 특수구조의 수팽창성 고무링을 사용하여 수밀성이 우수하나 관의 변형 발생시 누수가 우려됨	
	생산 업체 현황	• 동양철관 외 약 11개 업체	• 위스코 외 약 6개 업체	• 한국주철관 외 약 4개 업체	• 대립 외 약 4개 업체	• 뉴보텍 외 약 3개 업체	• 한국화이바	
	부설 현황	• 국내 도송배수 관로의 12.8% 차지함	• 가스관으로 많이 사용하며 해안 및 공장지대 등 토양조건이 관내 구성에 영향을 미칠 수 있는 곳에 주로 사용	• 국내 도송배수 관로의 64.68%로 대부분을 차지함	• 근래에 들어 PVC관을 대신하여 소규모 배수관에 사용함	• 급·배수관용으로 가장 많이 사용함.	• 국내 생실적이 거의 없음	
98년 이후 목포시, 순천시는 모든 배수관에 주철관을 사용하였으며, 나주시와 해남군은 D200mm 이상 주철관, D150mm이하는 GIS(HI-VP)를 사용함. 또한, 전국 각 지역별로 D300mm까지 GIS(HI-VP)를 사용하며 그이상은 주철관을 사용하고 있음.								
시공성		• 주철관에 비하여 다소 가벼우나 경질재관보다 중량이 무거우므로 운반 및 시공이 불리	• 주철관에 비하여 다소 가벼우나 경질재관보다 중량이 무거우므로 운반 및 시공이 불리	• 관의 중량이 무거워 운반 및 취급에 장비동원등 어려움이 따름	• 경질재질이므로 운반, 취급 시 공이 용이 (강관의 1/4-1/7)	• 경질재질이므로 운반, 시공이 탁월	• 경질재질이므로 운반, 시공이 용이	

관종 비교항목	도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	닥타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
시 공 성	<ul style="list-style-type: none"> • 용접접합이므로 부설 소요기간이 길다 • 연약지반의 경우 타관종에 비해 기초공사가 적음 • 용접접합이므로 용수구간의 시공이 비교적 어렵다 • 현장가공성이 좋다 • 부단수공법에 의한 분기관 설치가 비교적 어렵다 • D800mm이하는 내부용접이 불가능하다 	<ul style="list-style-type: none"> • 고무링을 이용한 연결기 접합 방식시 부설 소요기간이 짧음 • 연약지반의 경우 타관종에 비해 기초공사가 적음 • 연결기 접합방식은 용수구간에서의 시공이 용이 • 현장가공성이 불리함 • 부단수공법에 의한 분기관 설치가 비교적 어렵다 • 용접방식일 경우 D800mm이하는 내부용접이 불가능하다 	<ul style="list-style-type: none"> • 고무링 접합으로 시공성이 높고 보수가 용이 • 온도변화 및 시공상 신축관 불필요 • 용수구간의 시공이 용이 • 현장 가공성이 비교적 좋다 • 부단수공법에 의한 분기관 설치가 비교적 용이 • 연약지반의 경우 타관종에 비해 기초공사가 비교적 적다 	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 용착접합으로 수밀성이 양호하나 용착기 이동으로 시공이 불편 • 지형변화 적응성이 좋다 • 용착접합시 용수구간의 시공이 비교적 어렵고 관중량이 가벼워 부력에 의한 관부상 우려 • 운반시 파손 주의필요 • 용착식 및 조입식 새들을 이용한 부단수 공법에 의한 분기관 설치 가능 • 용착접합의 경우 누수위험성이 적다 	<ul style="list-style-type: none"> • 편수칼라 수팽창성 고무링 접합 또는 HI-KP 이음관 등으로 시공성 양호 • 용수구간의 시공이 용이하나 관중량이 가벼워 부력에 의한 관부상 우려 • 현장가공성은 좋으며 이형관 등 다양한 부속류가 있어 시공성이 우수 • 부단수공법에 의한 분기관 설치 용이 • 접합방식이 고무링 방식으로 타관에 비해 부설방법이 간편 우수함 	<ul style="list-style-type: none"> • 이음관을 이용한 수팽창성 고무링 접합으로 시공성 양호 • 용수구간의 시공이 용이하나 관중량이 가벼워 부력에 의한 관부상 우려 • 특수 이형관의 종류가 다양하지 못하여 타관종과 조합하여 사용해야 하므로 시공시 불편 • 부단수 시공이 가능하나 분기 새들은 압력이 있는 곳에서 사용이 불가능하여 타종류의 분기 새들을 사용하므로 시공시 관두께 문제 등으로 어려움이 있을 수 있음

비교항목 \ 관종	도복장 강관	폴리에틸렌 피복강관	닥타일 주철관 (DCIP)	수도용 고밀도 PE관	GIS (HI-VP)관	유리섬유 복합관 (GRP)
시 공 성	<ul style="list-style-type: none"> • 용접 접합 후 용접부위에 방식용 테이프 마감 처리 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 용접 접합 후 용접부위에 방식용 테이프 마감 처리 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 KP메카니칼 접합으로 시공하므로 연약지반의 경우 부등 침하에 의한 탈관이 우려됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 편평하중에 약하므로 찌그러짐 발생우려됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 연약지반의 경우 부등침하에 신축대응력이 우수 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 보수가 용이하나 보수시 현장용접후 내부도장이 불가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 연결기 접합일 경우 보수가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 곡관 설치부에 별도의 보호공 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 이형관계작이 자유로우며 이형관 보호 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 곡관 설치부에 별도의 보호공 불필요(주철곡관사용시) 	<ul style="list-style-type: none"> • 곡관 설치부에 별도의 보호공 필요
	<ul style="list-style-type: none"> • 용접접합으로 이형관 보호가 필요하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 연결기 접합시 이형관 보호가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 시공방법과 분기가 편리하여 교통혼잡구간에 유리함 	<ul style="list-style-type: none"> • 용착 접합의 경우 교통혼잡구간에서 부설기간이 길어지므로 불리함 	<ul style="list-style-type: none"> • 접합 및 부설이 용이하므로 교통 혼잡구간에서 유리 	<ul style="list-style-type: none"> • 접합 및 부설이 용이하므로 교통 혼잡구간에서 유리
총 평	<ul style="list-style-type: none"> • 접합방식이 용접접합 방식이므로 누수에 가장 안전하며 대구경관에서는 경제성이 있으나 급배수관으로 사용되는 소구경에서는 경제성이 떨어짐. 또한 전식방지를 위한 별도의 방식처리방안이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 연결기 접합방식을 보강한 링조인트는 시공이 용이하며 이음부 유격에 의하여 신축에 강하다. 또한 외부가 PE도복되어 있어 토양부식 등에 대한 내구성이 강함. 장대관로 사용시 D500mm이상에서 타관중에 비하여 경제성이 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 사용관 중에서 외부하중에 가장 안전하며 국내 배수관의 약 65%이상 사용되고 있어 시공 및 유지관리 경험 등의 기술이 축적되어 있음. 또한 용수구간에서의 작업이 용이하며 부단수공법에 의한 분기관 설치가 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> • 내약품성, 내식성, 전기전열성 등은 우수하나 균일하지 못한 열응착접합시 누수의 발생우려가 큼. 강도가 떨어져 중형관로 보다는 소형급수관로에 적합함. 또한 공칭관경보다 실관경이 작으며 대구경으로 갈수록 경제성에서 불리함 	<ul style="list-style-type: none"> • 절연성, 내식, 내약품성 등에 우수한 성질을 가지고 있어 수도배관재로서 양호하며 통수시 발생하는 압력에 대한 저항력이 HI-KP접합을 사용함으로 고압에도 적합. 또한 GIS 시스템 구축가능함(10kgf/cm)또한 소규모관경(300mm~16mm)에서 가장 경제적임 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용실적 및 생산실적이 거의 전무하여 신뢰도가 떨어지며 유리섬유의 용출시 인체에 나쁜 영향을 줄 우려가 있음. 또한 소규모관인 80mm와 100mm관과 일부 이형관의 생산이 불가능함

부록 2. 콘크리트 보호공

1. 적용기준

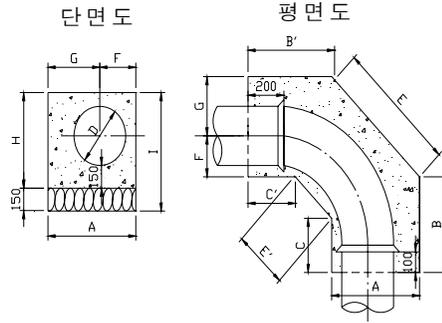
주철관의 각종 콘크리트 보호공은 다음 표를 표준으로 하여 현장조건에 따라 조정하며, 강관 및 기타 관중도 이를 준용할 수 있다.

2. 이형관의 불평형력

호칭지름 (mm)	수압 9.8N/cm ² 당 이형관 탈출력(ton)					
	곡관 90°	곡관 45°	곡관 22° $\frac{1}{2}$	곡관 11° $\frac{1}{4}$	곡관 5° $\frac{1}{4}$	T자지관 및 맹판
75	0.062	0.034	0.027	0.008	0.005	0.068
100	0.111	0.060	0.031	0.016	0.008	0.109
150	0.249	0.135	0.069	0.035	0.017	0.224
200	0.441	0.239	0.121	0.062	0.030	0.380
250	0.693	0.375	0.191	0.096	0.048	0.579
300	0.998	0.540	0.275	0.139	0.069	0.818
350	1.360	0.736	0.375	0.189	0.094	1.099
400	1.775	0.960	0.490	0.247	0.123	1.423
450	2.247	1.217	0.620	0.312	0.156	1.786
500	2.774	1.502	0.765	0.386	0.192	2.190
600	3.996	2.162	1.102	0.555	0.277	3.125
700	5.437	2.943	1.500	0.756	0.376	4.220
800	7.103	3.844	1.960	0.987	0.491	5.489
900	8.990	4.865	2.480	1.249	0.621	6.925
1,000	11.100	6.006	3.062	1.543	0.767	8.511
1,100	13.430	7.269	3.706	1.867	0.929	10.280
1,200	15.980	8.652	4.411	2.222	0.105	12.190
1,350	20.220	10.940	5.580	2.811	1.399	15.390
1,500	24.970	13.520	6.889	3.472	1.727	18.970
1,600	28.430	15.390	7.842	3.952	1.966	21.380
1,650	30.240	16.390	8.344	4.204	2.092	22.730
1,800	35.960	19.460	9.926	4.999	2.487	26.820
2,000	44.400	24.030	12.250	6.172	3.070	33.360
2,200	53.710	29.080	14.820	7.468	3.715	40.360
2,400	63.890	34.580	17.630	8.881	4.418	47.520

3. 콘크리트 보호공

3.1 곡관 90°(∅ 75~350mm)일 경우



<부록 그림 2-1>

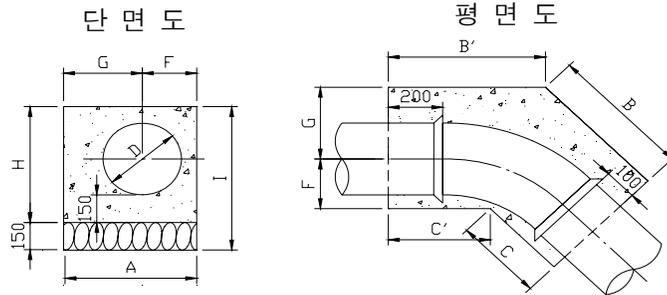
참조 : <부록 그림 2-1>

구분 D	치 수 (mm)										
	A	B	B'	C	C'	E	E'	F	G	H	I
75	330	424	441	278	296	373	83	140	190	290	440
100	350	424	441	278	296	373	83	150	200	310	460
150	400	461	520	295	354	439	108	170	230	360	510
200	450	513	569	326	383	538	166	200	250	410	560
250	550	540	635	312	407	580	124	250	300	465	615
300	650	624	718	355	449	746	207	300	350	520	670
350	750	652	733	341	423	787	166	350	400	570	720

참조 : <부록 그림 2-1>

구분 D	재 료		
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거푸집 3회 (m ²)
75	0.085	0.047	0.727
100	0.093	0.050	0.783
150	0.134	0.065	1.028
200	0.186	0.084	1.316
250	0.261	0.107	1.604
300	0.404	0.151	2.124
350	0.502	0.175	2.403

3.2 곡관 11¼°, 22½°, 45°(ø 75~350mm)일 경우



<부록 그림 2-2>

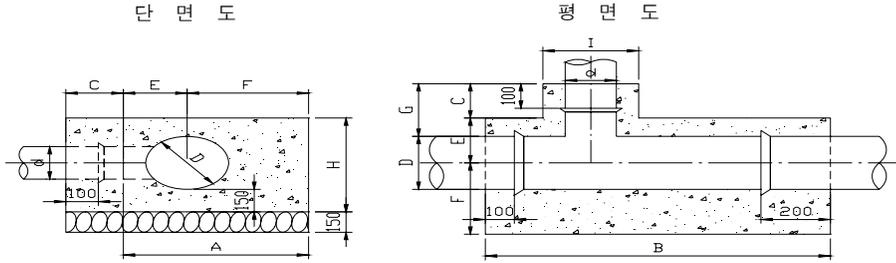
<참조 : 부록 그림 2-2>

구분 D	치 수 (mm)								
	A	B	B'	C	C'	F	G	H	I
75	300	473	541	341	409	140	160	290	440
100	320	473	541	341	409	150	170	310	460
150	370	532	590	379	437	170	200	360	510
200	430	588	644	410	466	200	230	410	560
250	520	611	656	395	440	250	270	465	615
300	620	675	718	418	461	300	320	520	670
350	720	742	774	444	476	350	370	570	720

<참조 : 부록 그림 2-2>

구분 D	재 료		
	콘크리트40-130-8 (m³)	잡 석 (m³)	거푸집 3회 (m²)
75	0.071	0.040	0.672
100	0.078	0.042	0.723
150	0.109	0.054	0.920
200	0.147	0.068	1.141
250	0.195	0.082	1.345
300	0.276	0.106	1.662
350	0.371	0.132	1.989

3.3 정자관 (ø 75~350mm)일 경우 ※는 주문품 표시임.



<부록 그림 2-3>

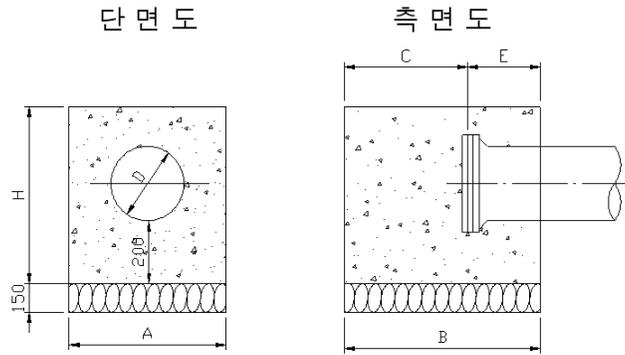
참조 : <부록 그림 2-3>

구분 D × d	치 수 (mm)								
	D' / 2	A	B	C	E	F	G	H	I
75× 75	46.5	300	940	230	100	200	283.5	310	175
100× 75	59.0	300	1,010	250	100	200	291.0	310	175
100×100	59.0	300	1,010	255	100	200	296.0	310	200
※ 150× 75	84.5	350	1,090	260	120	230	296.0	360	175
150×100	84.5	350	1,090	265	120	230	301.0	360	200
150×150	84.5	350	1,090	270	120	230	306.0	360	250
200×100	110.0	450	1,060	275	150	300	315.0	410	200
200×150	110.0	450	1,180	300	150	300	340.0	410	250
200×200	110.0	450	1,180	300	150	300	340.0	410	300
250×100	130.8	500	1,130	265	180	320	314.2	465	200
250×150	130.8	500	1,130	270	180	320	324.2	465	250
※ 250×200	130.8	500	1,250	280	180	320	329.2	465	300
250×250	130.8	500	1,250	285	180	320	334.2	465	350
300×100	161.4	550	1,140	275	200	350	313.2	520	200
300×150	161.4	550	1,140	280	200	350	318.6	520	250
300×200	161.4	550	1,330	300	200	350	338.6	520	300
※ 300×250	161.4	550	1,330	305	200	350	343.6	520	350
300×300	161.4	550	1,330	305	200	350	343.6	520	400
350×100	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	200
350×150	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	250
350×200	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	300
350×250	187.0	650	1,410	295	250	400	358.0	570	350
※ 350×300	187.0	650	1,410	295	250	400	358.0	570	400
350×350	187.0	650	1,410	300	250	400	358.0	570	450

주) D' : 관의 외경

참조 : <부록 그림 2-3>

D 구 분	재 료		
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거푸집 3회 (m ²)
75 × 75	0.091	0.048	0.748
100 × 75	0.094	0.052	0.783
100 × 100	0.095	0.053	0.779
150 × 75	0.128	0.064	0.986
150 × 100	0.129	0.065	0.982
150 × 150	0.131	0.067	0.971
200 × 100	0.174	0.080	1.151
200 × 150	0.196	0.091	1.239
200 × 200	0.197	0.093	1.223
250 × 100	0.218	0.093	1.389
250 × 150	0.222	0.095	1.378
250 × 200	0.245	0.106	1.474
250 × 250	0.245	0.109	1.454
300 × 100	0.258	0.102	1.583
300 × 150	0.262	0.105	1.572
300 × 200	0.305	0.123	1.753
300 × 250	0.307	0.126	1.733
300 × 300	0.307	0.128	1.709
350 × 100	0.341	0.126	1.889
350 × 150	0.345	0.128	1.878
350 × 200	0.347	0.130	1.862
350 × 250	0.405	0.153	2.070
350 × 300	0.405	0.155	2.046
350 × 350	0.404	0.158	2.018

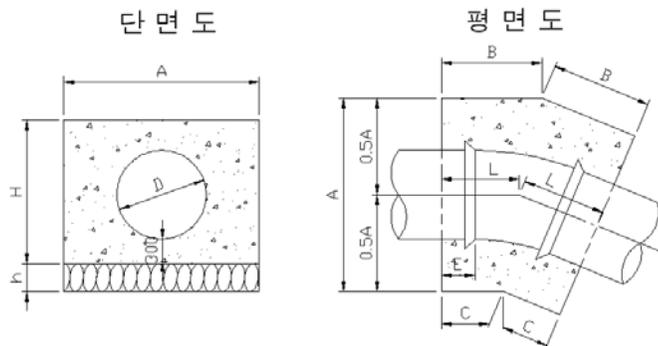


<부록 그림 2-4>

참조 : <부록 그림 2-4>

구 분 D	치 수 (mm)					재 료		
	A	B	C	E	H	콘크리트 40-130-8	잡 석	거푸집 3 회
						m ³	m ³	m ³
75	300	400	200	200	450	0.044	0.018	0.666
100	350	450	250	200	500	0.068	0.024	0.742
150	400	450	250	200	550	0.083	0.027	0.863
200	450	500	300	200	600	0.114	0.034	1.046
250	500	550	300	250	650	0.148	0.041	1.246
300	550	650	400	250	700	0.209	0.054	1.528
350	650	750	400	350	750	0.300	0.073	1.908

3.4 곡관 114°(D = 400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-5>

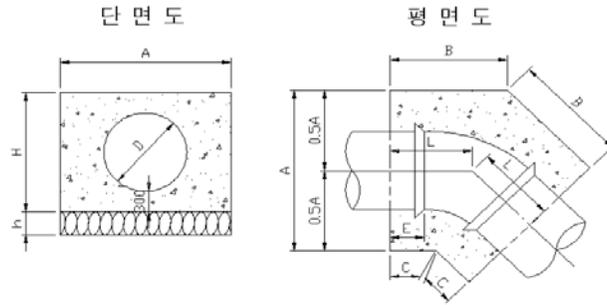
참조 : <부록 그림 2-5>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	I
400	800	840	760	250	800	200	800
450	900	850	750	250	850	200	800
500	900	1,000	900	300	900	200	950
600	1,150	1,000	900	300	1,000	300	950
700	1,750	1,060	940	350	1,200	300	1,000
800	1,800	1,040	860	290	1,350	300	950
900	1,900	1,040	860	290	1,450	300	950
1,000	2,100	1,100	900	290	1,550	300	1,000
1,100	2,200	1,100	900	330	1,650	300	1,000
1,200	2,300	1,100	900	330	1,750	300	1,000
1,350	2,550	1,130	870	330	1,900	300	1,000
1,500	2,700	1,130	870	330	2,150	300	1,000
1,650	2,850	1,180	900	370	2,400	300	1,040
1,800	2,000	1,300	1,000	470	2,550	300	1,150
2,000	3,200	1,460	1,140	620	2,750	300	1,300
2,200	3,400	1,570	1,230	710	2,950	300	1,400
2,400	3,600	1,680	1,500	660	3,150	300	1,500
2,600	3,800	1,790	1,600	700	3,350	300	1,600
2,800	4,000	1,990	1,700	850	3,550	300	1,700
3,000	4,200	2,010	1,800	900	3,750	300	1,800

참조 : <부록 그림 2-5>

구 분 D	재 료			
	콘크리트 40-130-8(m³)	잡 석 (m³)	거푸집 (전후) 3회(m²)	거푸집 (측면) 3회(m²)
400	0.80	0.26	0.99	2.56
450	0.94	0.29	1.17	2.72
500	1.12	0.34	1.18	3.42
600	1.59	0.66	1.67	3.80
700	2.16	0.75	2.16	4.80
800	3.57	1.03	3.76	5.13
900	3.92	1.08	4.13	5.51
1,000	4.81	1.26	4.81	6.20
1,100	5.21	1.32	5.21	6.60
1,200	5.61	1.38	5.61	7.00
1,350	6.61	1.53	6.61	7.60
1,500	7.82	1.62	7.82	8.60
1,650	9.79	1.78	9.41	9.98
1,800	11.75	2.07	10.22	11.73
2,000	14.72	2.50	11.32	14.30
2,200	17.44	2.88	12.46	16.52
2,400	20.46	3.24	13.64	18.90
2,600	23.75	3.64	14.86	22.71
2,800	27.36	4.08	16.10	25.56
3,000	31.27	4.53	17.38	28.57

3.5 곡관 22½°(D = 400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-6>

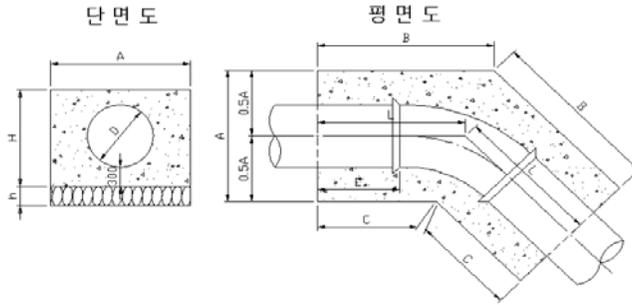
참조 : <부록 그림 2-6>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	I
400	1,300	830	570	280	900	200	700
450	1,350	880	620	300	950	200	750
500	1,400	940	660	300	1,000	200	800
600	1,600	1,060	740	320	1,100	300	900
700	1,700	1,120	780	280	1,200	300	950
800	1,800	1,230	870	310	1,350	300	1,050
900	1,900	1,330	970	320	1,450	300	1,150
1,000	2,100	1,400	1,000	290	1,550	300	1,200
1,100	2,200	1,460	1,040	280	1,650	300	1,250
1,200	2,300	1,530	1,070	330	1,750	300	1,300
1,350	2,550	1,800	1,300	580	1,900	300	1,550
1,500	2,700	2,020	1,480	770	2,150	300	1,750
1,650	2,850	2,570	1,980	1,600	2,400	300	2,280
1,800	3,000	2,810	2,190	1,820	2,550	300	2,500
2,000	3,200	3,130	2,470	2,110	2,750	300	2,800
2,200	3,400	3,400	2,700	2,280	2,950	300	3,050
2,400	3,600	3,670	2,930	2,380	3,150	300	3,300
2,600	3,800	3,940	3,160	2,480	3,350	300	3,550
2,800	4,000	4,210	3,390	2,580	3,550	300	3,800
3,000	4,200	4,480	3,620	2,680	3,750	300	4,050

참조 : <부록 그림 2-6>

D	구 분	재 료			
		콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)
400		1.44	0.36	2.05	2.52
450		1.66	0.41	2.21	2.85
500		1.89	0.45	2.36	3.20
600		2.61	0.86	2.89	3.96
700		3.07	0.97	3.24	4.56
800		3.95	1.13	3.76	5.67
900		4.74	1.31	4.13	6.67
1,000		5.77	1.51	4.81	7.44
1,100		6.51	1.65	5.21	8.25
1,200		7.30	1.79	5.62	9.10
1,350		10.25	2.37	6.61	11.78
1,500		13.69	2.84	7.82	15.05
1,650		21.47	3.90	9.41	21.89
1,800		25.55	4.50	10.22	25.50
2,000		31.70	5.38	11.32	30.80
2,200		38.00	6.22	12.46	35.99
2,400		45.01	7.13	13.64	41.58
2,600		49.78	8.09	14.86	47.56
2,800		57.15	9.12	16.10	53.95
3,000		65.17	10.20	17.38	60.75

3.6 곡관 45°(D=400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-7>

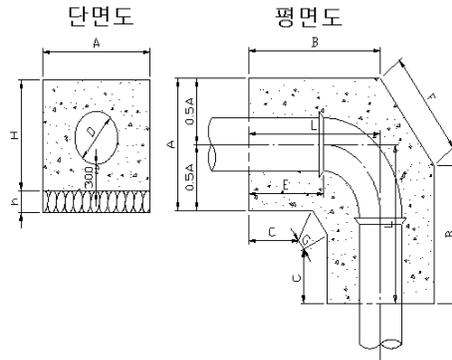
참조 : <부록 그림 2-7>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	I
400	1,300	970	430	270	900	200	700
450	1,350	1,030	470	280	950	200	750
500	1,400	1,090	510	290	1,000	200	800
600	1,600	1,280	620	350	1,100	300	950
700	1,700	1,550	850	410	1,200	300	1,200
800	1,800	2,100	1,400	980	1,350	300	1,750
900	1,900	2,410	1,690	1,190	1,450	300	2,050
1,000	2,100	2,600	1,800	1,260	1,550	300	2,200
1,100	2,200	2,870	2,030	1,420	1,650	300	2,450
1,200	2,300	3,190	2,310	1,720	1,750	300	2,750
1,350	2,550	3,490	2,510	1,970	1,900	300	3,000
1,500	2,700	3,850	2,850	2,310	2,150	300	3,350
1,650	2,850	4,990	3,610	3,600	2,400	300	4,300
1,800	3,000	5,470	4,030	4,040	2,550	300	4,750
2,000	3,200	6,120	4,580	4,640	2,750	300	5,350
2,200	3,400	6,670	5,030	5,050	2,950	300	5,880
2,400	3,600	7,220	5,480	5,400	3,150	300	6,350
2,600	3,800	7,770	5,930	5,750	3,350	300	6,820
2,800	4,000	8,320	6,380	6,100	3,550	300	7,290
3,000	4,200	8,870	6,830	6,450	3,370	300	7,760

참조 : <부록 그림 2-7>

D	구 분	재 료			
		콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)
400		1.44	0.36	2.05	2.52
450		1.66	0.41	2.21	2.85
500		1.89	0.45	2.36	3.20
600		2.75	0.91	2.89	4.18
700		3.89	1.22	3.24	5.76
800		6.58	1.89	3.76	9.45
900		8.46	2.34	4.12	11.89
1,000		10.58	2.77	4.81	13.64
1,100		12.75	3.23	5.21	16.17
1,200		15.43	3.80	5.61	19.25
1,350		19.84	4.59	6.61	22.80
1,500		26.19	5.43	7.82	28.81
1,650		40.59	7.37	9.41	41.37
1,800		48.55	8.55	10.22	48.45
2,000		60.56	10.27	11.32	58.85
2,200		72.89	11.93	12.46	69.03
2,400		86.61	13.72	13.64	80.01
2,600		101.34	15.54	14.86	91.78
2,800		117.36	17.49	16.10	104.36
3,000		134.86	19.55	17.38	117.74

3.7 곡관 90°(D=400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-8>

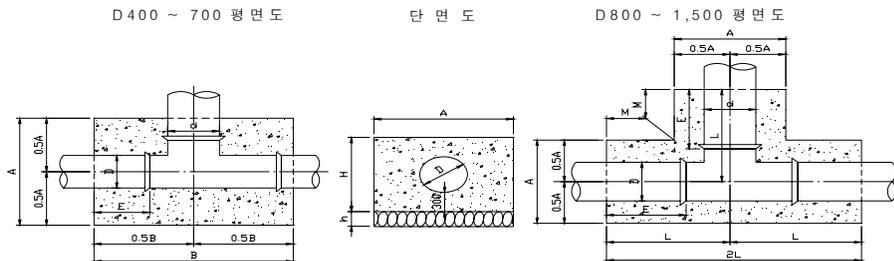
참조 : <부록 그림 2-8>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	C	E	F	G	H	h	L
400	1,300	1,150	300	490	920	300	900	200	1,150
450	1,350	1,350	480	690	950	310	950	200	1,350
500	1,400	1,560	650	800	990	290	1,000	200	1,560
600	1,600	1,800	800	940	1,130	290	1,100	300	1,800
700	1,700	2,200	1,140	1,240	1,220	320	1,200	300	2,200
800	1,800	3,200	2,100	2,130	1,270	320	1,350	300	3,200
900	1,900	3,500	2,310	2,330	1,340	340	1,450	300	3,500
1,000	2,100	3,700	2,500	2,460	1,410	360	1,550	300	3,650
1,100	2,200	3,970	2,730	2,620	1,480	380	1,650	300	3,900
1,200	2,300	4,290	3,010	2,920	1,550	400	1,750	300	4,200
1,350	2,550	4,590	3,210	3,170	1,620	430	1,900	300	4,450
1,500	2,700	4,950	3,550	3,510	1,690	440	2,150	300	4,800
1,650	2,850	6,090	4,310	4,800	1,780	460	2,400	300	5,750
1,800	3,000	6,570	4,730	5,240	1,830	480	2,550	300	6,200
2,000	3,200	7,220	5,280	5,840	1,900	500	2,750	300	6,800
2,200	3,400	7,770	5,730	6,250	1,970	520	2,950	300	7,330
2,400	3,600	8,320	6,180	6,600	2,040	540	3,150	300	7,800
2,600	3,800	8,870	6,630	6,950	2,110	560	3,350	300	8,270
2,800	4,000	9,420	7,080	7,300	2,180	580	3,550	300	8,740
3,000	4,200	9,970	7,530	7,650	2,250	600	3,750	300	9,210

참조 : <부록 그림 2-8>

구 분 D	재 료			
	콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)
400	2.12	0.54	2.05	3.71
450	2.72	0.66	2.21	4.67
500	3.37	0.80	2.36	5.70
600	4.79	1.59	2.90	7.28
700	6.65	2.10	3.24	9.86
800	11.47	3.29	3.76	16.46
900	13.72	3.79	4.13	19.29
1,000	18.03	4.59	4.81	21.96
1,100	20.98	5.14	5.21	25.17
1,200	24.27	5.79	5.61	28.96
1,350	30.34	6.80	6.61	33.53
1,500	38.78	7.77	7.82	41.12
1,650	54.31	9.84	9.41	55.39
1,800	63.36	11.16	10.22	63.52
2,000	76.97	13.05	11.32	75.35
2,200	91.47	14.95	12.46	86.99
2,400	106.39	16.84	13.64	99.47
2,600	122.89	18.85	14.86	112.79
2,800	140.71	20.97	16.10	126.94
3,000	160.06	23.20	17.38	141.93

3.8 정자관 (D=400~1,500mm)일 경우



<부록 그림 2-9>

참조 : <부록 그림 2-9>

구 분 D	치 수 (mm)				
	A	B	E	H	h
400×400	1,300	1,800	490	900	200
450×450	1,350	2,100	610	950	200
500×500	1,400	2,400	720	1,000	200
600×600	1,600	2,800	850	1,100	300
700×700	1,700	3,200	980	1,200	300

참조 : <부록 그림 2-9>

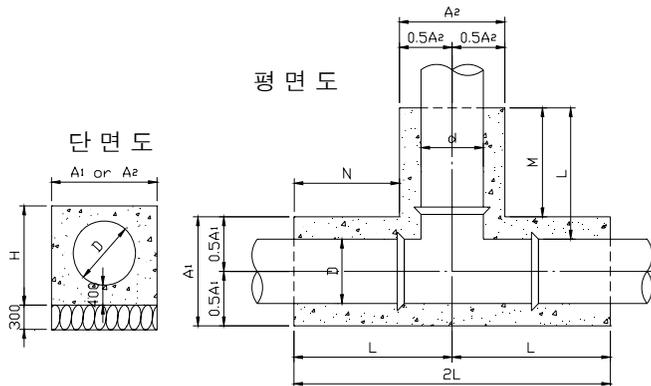
구 분 D	치 수 (mm)					
	A	H	L	M	E	F
800×800	1,800	1,350	1,950	1,050	1,260	1,280
900×900	1,900	1,450	2,150	1,200	1,380	1,400
1,000×1,000	2,100	1,550	2,300	1,250	1,460	1,480
1,100×1,100	2,200	1,650	2,500	1,400	1,590	1,610
1,200×1,200	2,300	1,750	2,750	1,600	1,780	1,800
1,350×1,350	2,550	1,900	3,050	1,780	1,970	2,000
1,500×1,500	2,700	2,150	3,350	2,000	2,170	2,200

참조 : <부록 그림 2-9>

구 분 D	재 료			
	콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)
400×400	1.79	0.47	3.10	2.05
450×450	2.24	0.57	3.81	2.21
500×500	2.74	0.67	4.58	2.36
600×600	3.90	1.34	5.85	2.90
700×700	4.95	1.63	7.26	3.24
800×800	9.04	2.67	5.64	10.94
900×900	11.01	3.14	6.19	13.20
1,000×1,000	13.61	3.69	7.22	14.88
1,100×1,100	16.17	4.22	7.83	17.49
1,200×1,200	19.28	4.90	8.39	20.83
1,350×1,350	25.18	6.02	9.92	25.12
1,500×1,500	32.92	7.05	11.75	31.61

(h : D 800mm이상 300mm)

3.9 정자관 (D=1,650~2,400mm)일 경우



<부록 그림 2-10>

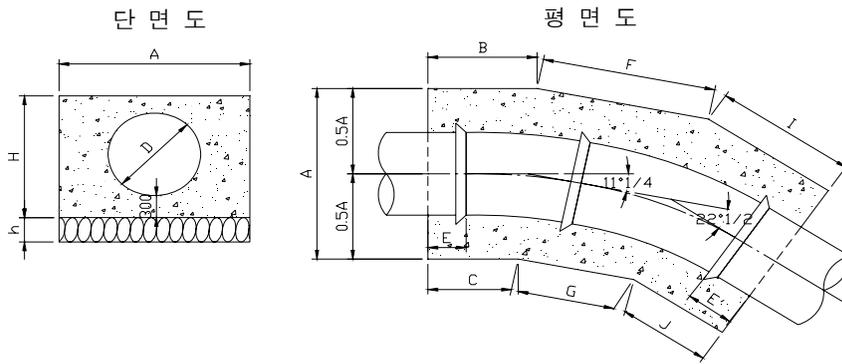
참조 : <부록 그림 2-10>

D	구 분	치 수 (mm)					
		A ₁	A ₂	H	L	M	N
1,650	1,650	2,850	2,750	2,400	5,300	3,100	3,200
1,800	1,650	3,000	2,700	2,550	5,000	3,500	3,650
1,800	1,800	3,000	3,000	2,550	5,000	3,500	3,500
2,000	1,650	3,200	2,700	2,750	5,500	3,900	4,150
2,000	1,800	3,200	3,000	2,750	5,500	3,900	4,000
2,000	2,000	3,200	3,200	2,750	5,500	3,900	3,900
2,200	1,650	3,400	2,700	2,950	6,000	4,300	4,650
2,200	1,800	3,400	3,000	2,950	6,000	4,300	4,500
2,200	2,000	3,400	3,200	2,950	6,000	4,300	4,400
2,200	2,200	3,400	3,400	2,950	6,000	4,300	4,500
2,400	1,650	3,600	2,700	3,150	6,400	4,600	5,050
2,400	1,800	3,600	3,000	3,150	6,400	4,600	4,900
2,400	2,000	3,600	3,200	3,150	6,400	4,600	4,800
2,400	2,200	3,600	3,400	3,150	6,400	4,600	4,700
2,400	2,400	3,600	3,600	3,150	6,400	4,600	4,600

참조 : <부록 그림 2-10>

D	구 분	치 수 (mm)			
		콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)
	1,650×1,650	56.11	10.37	13.99	52.22
	1,800×1,650	66.56	11.84	14.96	61.97
	1,800×1,800	67.47	12.15	15.33	61.20
	2,000×1,650	81.73	13.72	16.60	74.53
	2,000×1,800	83.01	14.07	17.03	73.70
	2,000×2,000	82.45	14.30	16.98	73.15
	2,200×1,650	98.65	15.72	18.28	77.29
	2,200×1,800	100.37	16.11	18.77	43.66
	2,200×2,000	99.97	16.37	18.76	43.37
	2,200×2,200	99.27	16.63	18.69	43.07
	2,400×1,650	122.68	17.55	21.42	50.56
	2,400×1,800	119.73	17.96	21.02	50.09
	2,400×2,000	116.61	18.24	20.42	49.77
	2,400×2,200	116.48	18.51	20.48	49.46
	2,400×2,400	115.96	18.79	20.46	49.14

3.10 곡관 11½°+ 22½°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

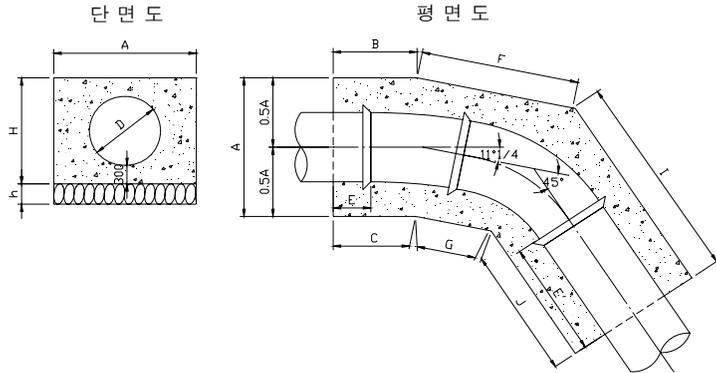


<부록 그림 2-11>

참조 : <부록 그림 2-11>

구 분 D	재 료			
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거푸집 (전후) 3회 (m ²)	거푸집 (측면) 3회 (m ²)
400	2.65	0.67	2.06	4.65
450	2.97	0.72	2.21	5.10
500	3.53	0.84	2.36	5.97
600	4.73	1.57	2.90	7.19
700	5.61	1.77	3.24	8.33
800	6.92	1.99	3.76	9.93
900	7.97	2.20	4.13	11.20
1,000	10.07	2.64	4.81	12.98
1,100	11.37	2.88	5.21	14.42
1,200	12.27	3.02	5.61	15.31
1,350	15.08	3.49	6.61	17.33
1,500	20.20	4.19	7.82	22.22
1,650	31.54	5.72	9.41	32.14
1,800	38.12	6.71	10.22	38.05
2,000	46.53	7.89	11.32	45.21
2,200	56.13	8.19	12.46	53.16
2,400	67.38	10.67	13.64	62.24
2,600	78.75	12.08	14.86	71.02
2,800	91.77	13.68	16.10	80.94
3,000	106.01	15.37	17.38	91.50

3.11 곡관 11¼°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

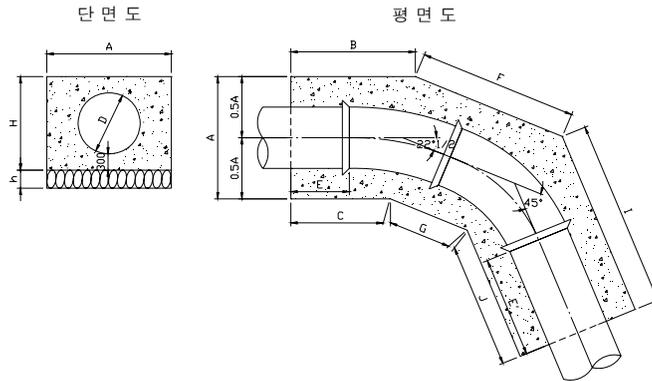


<부록 그림 2-12>

참조 : <부록 그림 2-12>

구 분 D	재 료			
	콘 크 리 트 40-130-8 (m³)	잡 석 (m³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m²)
400	2.74	0.69	2.06	4.79
450	2.99	0.73	2.21	5.14
500	3.66	0.87	2.36	6.20
600	4.78	1.59	2.90	7.27
700	5.68	1.79	3.24	8.42
800	8.09	2.32	3.76	11.61
900	10.54	2.91	4.13	14.82
1,000	13.13	3.44	4.81	16.93
1,100	16.14	4.09	5.21	20.46
1,200	19.08	4.69	5.61	23.80
1,350	24.83	5.75	6.61	28.54
1,500	32.68	6.77	7.82	35.95
1,650	51.61	9.47	9.41	53.17
1,800	62.19	10.95	10.22	62.07
2,000	76.30	12.94	11.32	74.14
2,200	90.71	14.85	12.46	85.90
2,400	109.80	17.39	13.64	101.43
2,600	127.64	19.58	14.86	115.10
2,800	148.12	22.08	16.10	130.64
3,000	170.49	24.72	17.38	147.15

3.12 곡관 22½°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

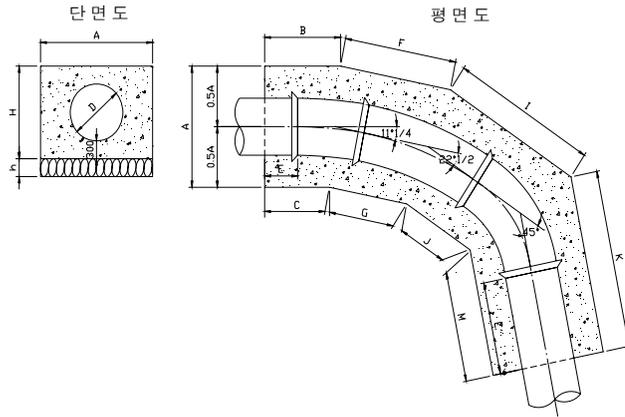


<부록 그림 2-13>

참조 : <부록 그림 2-13>

구 분 D	재 료			
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거푸집 (전후) 3회 (m ²)	거푸집 (측면) 3회 (m ²)
400	2.47	0.62	2.06	4.32
450	2.83	0.69	2.21	4.86
500	3.31	0.78	2.36	5.60
600	4.63	1.54	2.90	7.04
700	5.83	1.84	3.24	8.64
800	9.78	2.81	3.76	14.04
900	12.48	3.45	4.13	17.55
1,000	15.77	4.13	4.81	20.34
1,100	19.26	4.88	5.21	24.42
1,200	23.01	5.66	5.61	28.70
1,350	29.79	6.89	6.61	34.24
1,500	39.48	8.18	7.82	43.43
1,650	57.63	11.19	9.41	62.84
1,800	73.69	12.98	10.22	73.54
2,000	93.62	15.88	11.32	90.97
2,200	108.34	17.74	12.46	102.60
2,400	129.65	20.53	13.64	119.76
2,600	151.27	23.21	14.86	136.41
2,800	175.97	26.23	16.10	155.20
3,000	202.91	29.42	17.38	175.12

3.13 곡관 11¼°+ 22¼°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

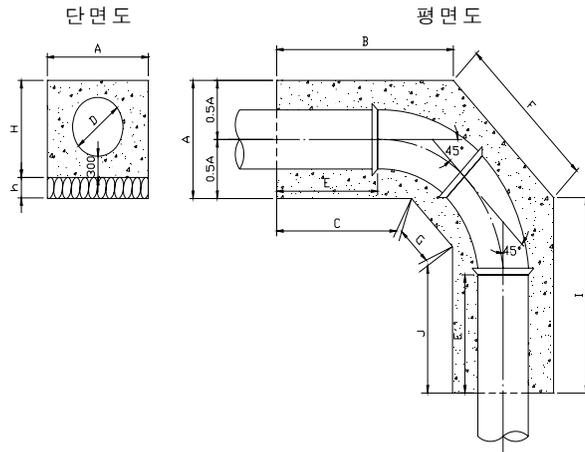


<부록 그림 2-14>

참조 : <부록 그림 2-14>

구 분 D	재 료			
	콘크리트 40-130-8 (m³)	잡 석 (m³)	거푸집 (전후) 3회 (m²)	거푸집 (측면) 3회 (m²)
400	3.71	0.94	2.06	6.50
450	4.21	11.03	2.21	7.24
500	5.08	1.20	2.36	8.60
600	6.66	2.21	2.90	10.12
700	8.11	2.56	3.24	12.04
800	6.69	3.29	3.76	16.47
900	14.67	4.05	4.13	20.62
1,000	18.56	4.86	4.81	23.93
1,100	22.38	5.68	5.21	28.38
1,200	26.94	6.62	5.61	33.60
1,350	35.08	8.12	6.61	40.32
1,500	46.17	9.57	7.82	50.78
1,650	69.41	12.60	9.41	70.76
1,800	82.83	14.59	10.22	82.67
2,000	101.94	17.29	11.32	99.06
2,200	123.04	20.15	12.46	116.53
2,400	146.63	23.22	13.64	135.45
2,600	170.22	26.11	14.86	153.49
2,800	197.14	29.38	16.10	173.87
3,000	226.54	32.84	17.38	195.52

3.14 곡관 45°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

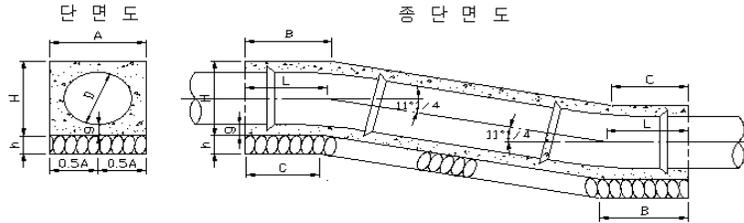


<부록 그림 2-15>

참조 : <부록 그림 2-15>

구 분 D	재 료			
	콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (전후) 3회 (m ²)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)
400	2.47	0.62	2.06	4.32
450	2.87	0.70	2.21	4.94
500	3.66	0.87	2.36	6.20
600	5.50	1.82	2.90	8.36
700	7.61	2.40	3.24	11.28
800	12.98	3.73	3.76	18.62
900	16.50	4.56	4.13	23.20
1,000	20.94	5.49	4.81	27.00
1,100	25.51	6.47	5.21	32.34
1,200	30.59	7.52	5.61	38.15
1,350	39.38	9.11	6.61	45.26
1,500	51.99	10.77	7.82	57.19
1,650	78.79	14.30	9.41	80.31
1,800	94.13	16.58	10.22	93.94
2,000	115.58	19.60	11.32	112.31
2,200	139.24	22.80	12.46	131.87
2,400	165.93	26.28	13.64	153.28
2,600	191.91	29.44	14.86	173.06
2,800	221.85	33.07	16.10	195.67
3,000	254.53	36.90	17.38	219.67

3.15 곡관 11¼° 종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-16>

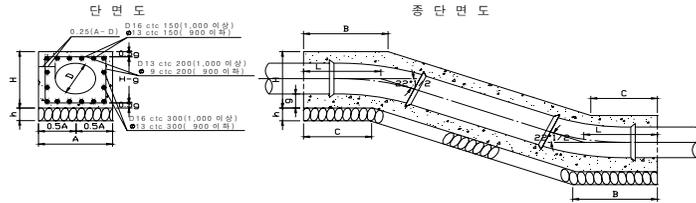
참조 : <부록 그림 2-16>

구 분 D	치 수 (mm)							
	A	B	C	E	g	H	h	L
400	700	840	760	250	200	750	200	800
450	750	840	760	250	200	800	200	800
500	800	940	860	250	200	850	200	900
600	900	1,050	950	340	200	950	300	1,000
700	1,000	1,050	950	340	200	1,050	300	1,000
800	1,150	1,060	940	340	200	1,200	300	1,000
900	1,300	1,060	940	330	200	1,300	300	1,000
1,000	1,350	1,170	1,030	440	200	1,400	300	1,100
1,100	1,500	1,170	1,030	430	200	1,500	300	1,100
1,200	1,650	1,180	1,020	430	200	1,650	300	1,100
1,350	1,800	1,190	1,010	420	300	1,900	300	1,100
1,500	2,050	1,200	1,000	420	300	2,100	300	1,100
1,650	2,250	1,230	1,020	450	300	2,250	300	1,130
1,800	2,400	1,310	1,090	520	300	2,400	300	1,200
2,000	2,600	1,420	1,180	620	300	2,600	300	1,300
2,200	2,800	1,530	1,270	710	300	2,800	300	1,400
2,400	3,000	1,640	1,370	810	300	3,000	300	1,500
2,600	3,200	1,750	1,470	910	300	3,200	300	1,600
2,800	3,400	1,860	1,570	1,010	300	3,400	300	1,700
3,000	3,600	1,970	1,670	1,110	300	3,600	300	1,800

참조 : <부록 그림 2-16>

D	구 분	재 료 (m당)			거푸집(전후) (m ³ /면) 3회 (m ²)
		콘 크 리 트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)	
400		0.38	0.14	1.50	0.77
450		0.42	0.15	1.60	0.84
500		0.46	0.16	1.70	0.92
600		0.54	0.27	1.90	1.09
700		0.63	0.30	2.10	1.26
800		0.83	0.35	2.40	1.66
900		1.00	0.39	2.60	2.00
1,000		1.04	0.40	2.80	2.08
1,100		1.22	0.45	3.00	2.45
1,200		1.50	0.50	3.30	3.01
1,350		1.88	0.54	3.80	3.76
1,500		2.41	0.62	4.20	4.82
1,650		2.93	0.68	4.50	5.86
1,800		3.22	0.72	4.80	6.44
2,000		3.62	0.78	5.20	7.24
2,200		4.04	0.84	5.60	8.08
2,400		4.48	0.90	6.00	8.96
2,600		4.94	0.96	6.40	9.88
2,800		5.41	1.02	6.80	10.82
3,000		5.90	1.08	7.20	11.80

3.16 곡관보호공 22½°종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-17>

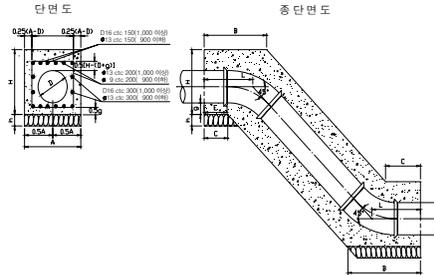
참조 : <부록 그림 2-17>

구 분 D	치 수 (mm)							
	A	B	C	E	G	H	h	L
400	750	880	720	380	200	800	200	800
450	850	890	710	340	200	900	200	800
500	850	1,000	800	400	300	1,000	200	900
600	1,000	1,110	890	420	300	1,100	300	1,000
700	1,150	1,220	980	430	300	1,200	200	1,100
800	1,350	1,440	1,160	550	300	1,400	300	1,300
900	1,500	1,450	1,150	470	300	1,550	300	1,300
1,000	1,650	1,660	1,340	590	300	1,600	300	1,500
1,100	1,750	1,670	1,330	520	400	1,750	300	1,500
1,200	1,850	1,790	1,410	620	400	1,900	300	1,600
1,350	2,100	1,810	1,390	620	400	2,100	300	1,600
1,500	2,250	1,930	1,470	710	400	2,300	300	1,700
1,650	2,450	2,460	1,640	1,370	400	2,450	300	2,050
1,800	2,600	2,640	1,760	1,530	400	2,600	300	2,200
2,000	2,800	2,880	1,920	1,710	400	2,800	300	2,400
2,200	3,000	3,120	2,080	1,620	400	3,000	300	2,600
2,400	3,200	3,360	2,240	1,770	400	3,200	300	2,800
2,600	3,400	3,600	2,720	1,920	400	3,400	300	3,000
2,800	3,600	3,840	2,880	2,070	400	3,600	300	3,200
3,000	3,800	4,080	3,040	2,220	400	3,800	300	3,400

참조 : <부록 그림 2-17>

구 분 D	재 료 (m당)						거푸집 (전후) (m ³ /2면) 3회 (m ²)
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거푸집 (측면) 3회 (m ²)	철근 (ø9) (kg)	철근 (ø13) (kg)	철근 (ø16) (kg)	
400	0.46	0.15	1.60	7	14	-	0.92
450	0.59	0.16	1.80	8	19	-	1.17
500	0.63	0.17	2.00	8	19	-	1.26
600	0.79	0.30	2.20	10	21	-	1.58
700	0.96	0.36	2.40	11	24	-	1.92
800	1.34	0.41	2.80	13	24	-	2.68
900	1.63	0.45	3.10	15	31	-	3.27
1,000	1.71	0.48	3.20	-	31	52	3.42
1,100	2.04	0.53	3.50	-	33	56	4.07
1,200	2.29	0.56	3.80	-	36	60	4.59
1,350	2.87	0.63	4.20	-	41	64	5.74
1,500	3.29	0.68	4.60	-	45	75	6.56
1,650	3.87	0.74	4.90	-	51	84	7.74
1,800	4.22	0.78	5.20	-	55	90	8.44
2,000	4.70	0.84	5.60	-	60	97	9.40
2,200	5.20	0.90	6.00	-	65	105	10.40
2,400	5.72	0.96	6.40	-	70	112	11.44
2,600	6.26	1.02	6.80	-	75	117	12.52
2,800	6.81	1.08	7.20	-	80	124	13.62
3,000	7.38	1.14	7.60	-	85	131	14.76

3.17 곡관 45°종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



<부록 그림 2-18>

참조 : <부록 그림 2-18>

구 분 D	치 수 (mm)							
	A	B	C	E	g	H	h	L
400	900	1,100	690	470	300	1,000	200	900
450	1,000	1,200	780	530	300	1,050	200	1,000
500	1,000	1,430	970	680	300	1,100	200	1,200
600	1,250	1,470	730	600	400	1,300	300	1,200
700	1,350	1,690	1,110	710	400	1,400	300	1,400
800	1,650	1,850	1,150	720	500	1,700	300	1,500
900	1,750	2,080	1,370	840	500	1,850	300	1,700
1,000	1,800	2,310	1,480	960	500	2,000	300	1,900
1,100	2,050	2,340	1,470	870	500	2,100	300	1,900
1,200	2,150	2,560	1,640	1,070	500	2,200	300	2,100
1,350	2,400	2,610	1,590	1,060	500	2,450	300	2,100
1,500	2,700	2,660	1,540	1,060	500	2,700	300	2,100
1,650	2,850	3,530	2,410	2,300	600	2,850	300	3,000
1,800	3,000	3,920	2,680	2,590	600	3,000	300	3,300
2,000	3,200	4,360	3,040	2,990	600	3,200	300	3,700
2,200	3,400	4,800	3,400	3,300	600	3,400	300	4,100
2,400	3,600	5,150	3,660	3,590	600	3,600	300	4,400
2,600	3,800	5,500	3,920	3,880	600	3,800	300	4,700
2,800	4,000	5,850	4,180	4,170	600	4,000	300	5,000
3,000	4,200	6,200	4,440	4,460	600	4,200	300	5,300

참조 : <부록 그림 2-18>

구분 D	재			료 (m당)			거 푸 집 (전 후) 3 회 (m ² /2면)	거 푸 집 (경사면) 3 회 (m ² /m)
	콘크리트 40-130-8 (m ³)	잡 석 (m ³)	거 푸 집 (측면) 3회 (m ²)	철근(ø9) (kg)	철근 (ø13) (kg)	철근 (ø16) (kg)		
400	0.81	0.19	2.00	8	19	-	1.62	0.95
450	0.87	0.20	2.10	9	19	-	1.74	1.00
500	0.88	0.20	2.20	9	19	-	1.76	1.00
600	1.31	0.38	2.60	11	21	-	2.63	1.25
700	1.47	0.41	2.80	12	26	-	2.94	1.35
800	2.26	0.50	3.40	15	31	-	4.51	1.65
900	2.55	0.53	3.70	16	33	-	5.09	1.75
1,000	2.75	0.54	4.00	-	35	56	5.50	1.80
1,100	3.28	0.61	4.20	-	38	64	6.56	2.05
1,200	3.51	0.65	4.40	-	41	67	7.02	2.15
1,350	4.34	0.72	4.90	-	46	75	8.68	2.40
1,500	5.39	0.81	5.40	-	52	86	10.79	2.70
1,650	5.98	0.86	5.70	-	57	92	11.98	2.85
1,800	6.46	0.90	6.00	-	61	97	12.92	3.00
2,000	7.10	0.96	6.40	-	66	105	14.20	3.20
2,200	7.76	1.02	6.80	-	69	109	15.52	3.40
2,400	8.44	1.08	7.20	-	74	120	16.88	3.60
2,600	9.14	1.14	7.60	-	79	127	18.28	3.80
2,800	9.85	1.20	8.00	-	84	134	19.70	4.00
3,000	10.58	1.26	8.40	-	89	141	21.16	4.20

부록 3. 전자 및 초음파유량계 선정 기준

1. 적용기준

1.1 적용범위

우리공사에서 시공하는 도·송수관로 및 용수구의 전자 및 초음파유량계 설치공사에 적용한다.

1.2 적용방법

이 기준에 명시되지 않은 사항은 우리공사 계량기관리지침 및 환경부 제정 상수도 시설기준에 따른다.

2. 측정원리 및 구조

- ① 전자 및 초음파유량계의 측정원리 및 구조는 한국산업규격 또는 동등 이상의 기준에 따라야 한다.
- ② 전자 및 초음파유량계 형식별 측정원리는 【별첨】 1과 같다.

3. 유량계 형식 및 관경 선정

3.1 형식선정

- ① 전자 및 초음파유량계 형식 선정에 있어 정확도, 설치조건, 고장수리시 단수여부, 초기투자비(전자식의 경우 By-pass 배관 시공비 포함), 유지보수 용이성, 관로 이설시 재활용 여부등을 종합 검토하여 선정한다.
- ② 설치조건이 양호하고 제반조건이 일반적인 경우 관경 400mm이하에는 전자유량계, 관경 400mm초과에는 초음파유량계를 선정, 설치한다. 단, 설치환경이 부합되지 않는 경우는 제외한다.
- ③ 유량계 설치시 단수작업으로 용수공급에 지장이 발생하는 경우는 다른 형식에 우선하여 무단수 설치가 가능한 기종을 선정한다. 단, 수용가 단수협약이 있는 경우는 제외한다.
- ④ 유량계 선정시 정확도, 유지관리 용이성, 경제성 등의 순으로 종합적으로 검토하여 선정한다.
- ⑤ 유량계 선정은 【별첨】 2의 유량계선정 흐름도를 참조하여 선정한다.

3.2 관경 결정

- ① 유량계 관경은 연속방정식에 의한 유속과 설치조건을 고려하여 관경을 결정하되 저유속에서는 오차발생이 증가하므로 관로손실을 감안한 최소관경으로 한다.

- ② 신규로 건설되는 상수도관은 초기년도와 목표년도 용수 수용량을 고려하여 저유속에 의한 과다오차 방지 및 경제성 등을 검토하여 관경을 결정하여야 한다.

4. 정확도

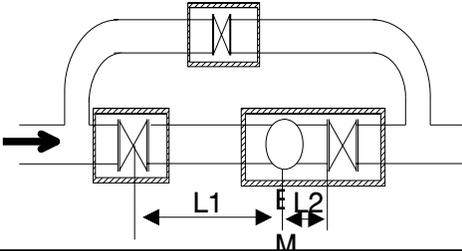
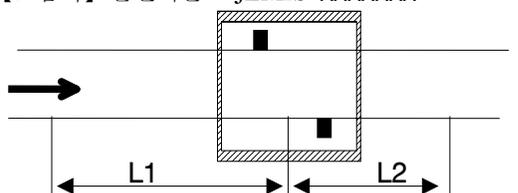
4.1 유속

측정유속은 정확도에 영향이 큰 중요한 인자이므로 최저유속은 0.6m/s 이상이 되어야 하며 특히 설치조건 및 환경이 열악한 위치는 최저유속 이하가 되지 않도록 하여야 한다. 단, 신규 건설되는 상수도관은 초기년도 최저유속은 0.3m/s 이상으로 한다.

4.2 직관거리

- ① 유량계를 설치할 관 배치는 각종 오차발생 인자로부터 충분한 직관거리를 확보하여 설치하여야 하고 형식별 유량계 선정은 <부록 표 3-1>을 참고하여 선정한다.
- ② 초음파유량계 Clamp-On Type은 모노빔 기준이며 다중회선은 5회선 기준이므로 다중빔인 경우 직관거리는 모노빔보다 짧으며 4회선 이하인 경우는 직관거리가 길어지므로 이를 고려하여야 한다.

<부록 표 3-1> 유량계 형식별 직관거리

종 류 난류인자		전 자	초 음 파	
			Clamp-On (Mono Beam)	다중회선 (플랜지형, 5회선)
상류 직관 거리 (L ₁)	90°곡관	10D 이상	10D 이상	3D 이상
	Tee	10D 이상	50D 이상	3D 이상
	확대관	5D 이상	30D 이상	5D 이상
	축소관	5D 이상	10D 이상	3D 이상
	밸브	10D 이상	30D 이상	5D 이상
	펌 프	-	50D 이상	10D 이상
하류 직관 거리 (L ₂)	90°곡관	2D 이상	5D 이상	2D 이상
	Tee	2D 이상	10D 이상	2D 이상
	확대관	2D 이상	5D 이상	2D 이상
	축소관	2D 이상	5D 이상	2D 이상
	밸브	2D 이상	10D 이상	2D 이상
개 략 도	【전자】 관련기준 : KSB5260 		【초음파】 관련기준 : JEMIS xxxxxxxx 	
	* 다중회선은 표준원 시험성적 및 제작사 시방			

F

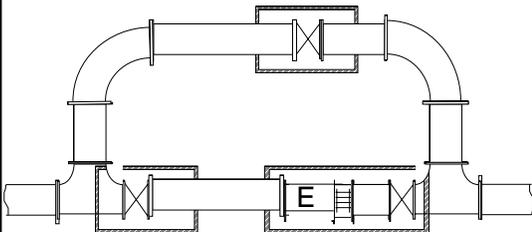
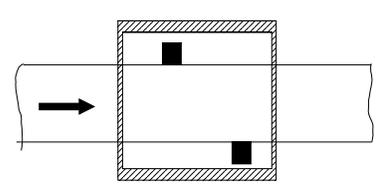
4.3 설치조건에 따른 정확도 비교

항목 \ 형식	전 자	초음파 (다중회선)	적용 기준	비 고
측정유속	0.6m/s 이상	0.6 m/s 이상 (0.6 m/s이상)	저유속 범위에서는 초음파 유량계 측정치의 분산이 커지고 정밀한 측정이 어려우므로 초음파유량계를 설치한 곳은 관경을 줄여 유속을 증가시킬수 있도록 하는 것이 적절함.	
직관유지거리	상류 10D 이상 하류 2D 이상	상류 30D 이상 하류 10D 이상 (상류 5D 이상) (하류 2D 이상)	초음파유량계는 배관단면상 직경상의 평균유속을 측정하기 때문에 유속 분포의 영향을 받기 쉽다 전자유량계는 배관단면의 평균유속을 측정하므로 유속분포영향이 적어 초음파에 비해 직관길이가 짧음	부록 표 3-1 참조
배관내 기포에 의한 오차	거의 없음	영향 있음 (영향 있음)	상류측에 펌프, 밸브 등에 의해 유속 분포가 산란되어 기포혼입의 요인이 되는 곳은 전자유량계가 유리함	
치수 부정확 (관경)오차	없음	건식 : 오차발생 습식 : 없음	초음파(건식)는 부정확한 치수오차가 있는 경우 소구경에서는 측정오차가 크게 발생할수 있음	
배관내 퇴적물에 의한 오차	거의 없음	오차발생 있음 (오차발생 영향 큼)	초음파유량계는 배관단면에 부착물이 퇴적되면 초음파 감쇄로 인해 측정 오차가 유발될수 있음	
설치방법에 의한 오차	없음	오차발생 소지 있음 (오차발생 소지 적음)	초음파유량계는 유량센서의 미세한 위치나 각도조절 등 설치방법 및 설치자 변경 설치에 따라 측정오차가 유발될 수도 있다.	
고탁도의 액체 측정 오차	거의 없음	시간차도달법 : 사용불가 도플러법 : 사용가	고탁도의 액체측정시는 전자 또는 도플러식 초음파유량계 선정	

5. 경제성 검토

유량계 선정의 경제성 비교는 초기투자비는, 설치비, 유지관리비등을 종합적으로 검토하여 선정하여야 한다. 단, 전자식인 경우 반드시 바이패스배관 비용을 계상하여야 한다.

<부록 표 3-2> 유량계별 소요자재 및 비용

설치내역		형식	전자	초음파	비 고
초기 투자비	유량계, 밸브, 밸브실	유량계	○	○	
		유량계실	○	○	(전자식 후단밸브포함)
		전단 밸브	○	×	
		전단 밸브실	○	×	(전자식 500mm부터 설치)
		후단 밸브	○	×	
	By-Pass	배관	○	×	
		밸브	○	×	
		밸브실	○	×	(전자식 1,100mm부터 설치)
	설치비		고가 (高價)	저가 (低價)	
유지관리비		저가 (低價)	저가 (低價)		
【전자】 			【초음파】 		

F

6. 유지관리 용이성

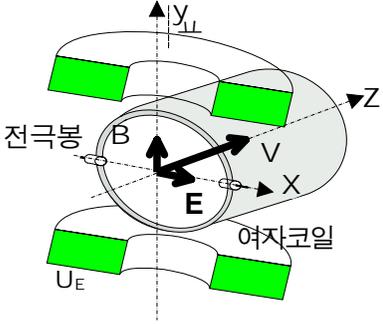
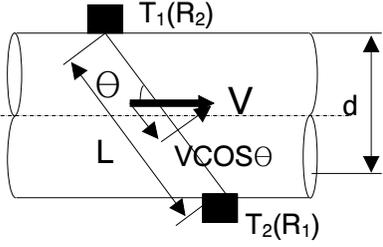
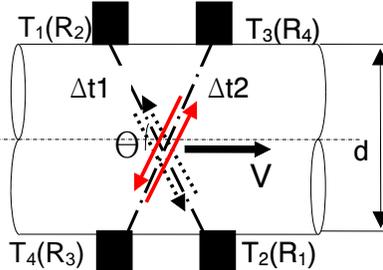
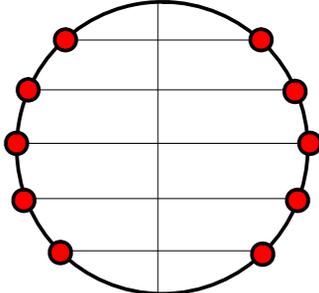
- ① 초음파유량계(Clamo on type)는 무단수 설치가 가능하나, 전자유량계는 단수 작업을 수반하므로 무단수 용수공급을 위해서는 초음파 형식을 선정한다. 단, 바이패스관로가 설치된 경우는 제외한다.

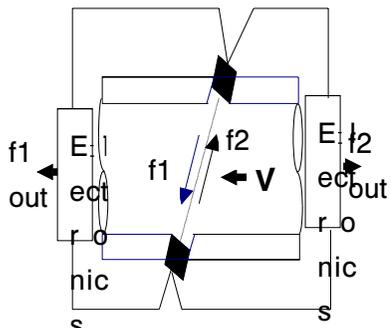
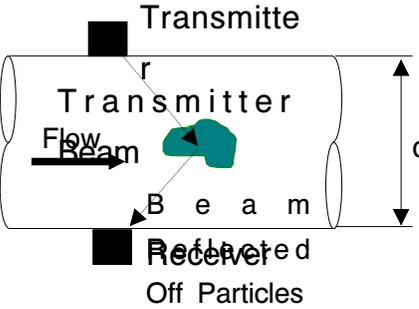
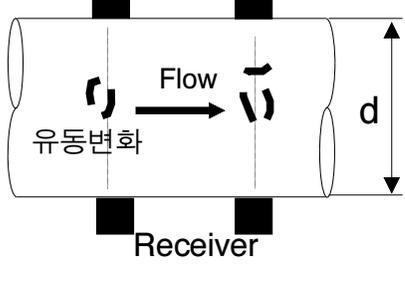
- ② 유량계는 설치 적용성, 검교정 편이성, 검출기 고장수리 용이성, 유량계실 침수 피해정도, 비교측정실 설치여부, 재사용 여부, 휴대용유량계 대체사용 여부, 고장 발생 재설치 가능여부 등 <부록 표 3-3>을 고려하여 선정한다.

<부록 표 3-3> 유량계별 유지관리 비교표

내용 \ 형식	초 음 파 (Clamp-on Type)	전자, 다중회선 (플랜지형)
• 설치 및 수리시 단수유무	무단수	단 수
• 설치 용이성	배관 외경에 부착형으로 설치가 쉽고, 적용성 넓음	관경, 단수작업 등 적용성이 좁음
• 검교정 편이성	- 편리함 - 출장검교정 가능	- 불편함(검출기취탈 : 단수) - 출장검교정 불가
• 검출기 고장수리 용이성	간 단	어려움
• 유량계실 침수피해	센서만 건조후 재설치	검출기 방수파괴시 수리 곤란
• 비교측정실 설치 여부	- 설치 불필요 (기존유량계실에서 비교 측정 사용 가능)	- 설치 필요 (기존유량계실에서 비교측정 불가함. 단, 장대한 경우 가능)
• 재사용 가능여부	- 가능 - 무단수 이설	- 관경에 제약 받음 - 이설시 단수 수반
• 고장시 휴대용 유량계 대체사용 여부	가능	불가함 (비교측정실 또는 센서 부착 조건 만족시 가능)
• 고장발생시 재설치 여부	가능(센서 재설치)	단수작업 수반(재설치시)

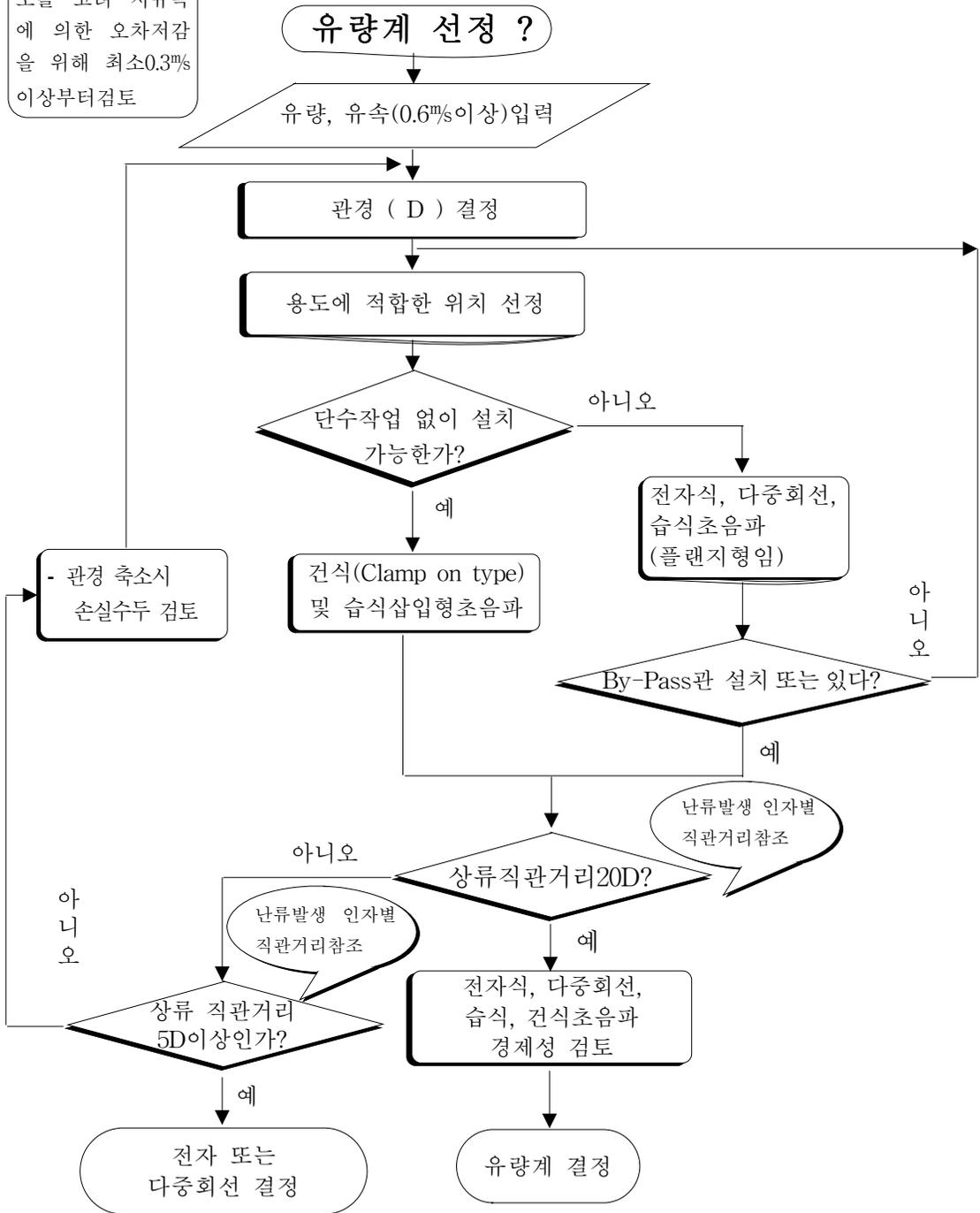
【별첨】 1 종류별 측정원리 및 장단점

구 분	측정원리	검출기 구조	장단점	비고
전자	유체흐름에 수직한 방향의 자기장에 평균유속에 비례하는 신호기전력이 발생함을 이용 (프레밍오른손법칙) $E = KBDV$		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 - 정확도가 높다 - 직관거리 짧다 - 고장이 적다 ◇ 단점 - 高價 (대구경) - 바이패스관 필요 - 고장복구 어려움 	
초음파	동일면상의 상류측과 하류측 초음파의 도달 시간차를 이용하여 유속(유량) 측정 $\Delta t = \frac{(2LVC\cos\theta)}{C^2}$		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 - 무단수 설치 - 고장수리 쉽다 - 低價 (대구경) ◇ 단점 - 설치오차 있음 - 직관길이 길다 - 고장이 잦음 	- 습식 프랜지형은 단수작업 - 다중빔 방식 포함
	둘이상 동일면상의 상류측과 하류측 초음파의 도달 시간차를 평균하여 유속(유량) 측정 (다중 센서) $\Delta t = \frac{(2LVC\cos\theta)}{C^2}$		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 - 무단수 설치 - 고장수리 쉽다 ◇ 단점 - 센서1조 고장시 확인 어려움 - 직관길이 길다 	“
시간차법 (다중회선)	유체흐름 단면에 놓인 여러선상의 평균유속을 측정하여 총평균유속을 계산		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 - 매우 짧은 직관거리 측정가능 - 정확도가 높다 - 일부센서 고장시 cut off 기능에 의해 정확도 유지 	

구분	측정원리	검출기 구조	장단점	비고
초 주파 수법	<p>초음파송신기와 수신기가 증폭 반복하여 주파수차를 얻는다</p> $\Delta f = \frac{(2VCOS\theta)}{L}$		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 무단수 설치 ◇ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - Δf 측정기법에 따른 정확도 저하 - 직관길이 길다 	
음 도플 러법	<p>照射된 초음파는 유체 중의 부유물에 산란 반사되어 수신된 편이 Δf를 이용</p> $V = \frac{C}{(2f_t \cos\theta)} \times \Delta f$		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 고탁도 측정가능 ◇ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 깨끗한물 사용불 - 부유물 위치에 따라 부정확 우려 	
파 연관법	<p>두쌍의 초음파소자가 유체유동 변화를 초음파신호로 감지한후 상호연관시켜 평균속도를 구함</p>		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 소자,신호 다양 ◇ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 감지소자 최적화 어려움(연구용) - 매우 高價 	

【별첨】 2 전자 및 초음파유량계 선정 Flow-Chart

신규 건설사무소는 초기년도와 목표년도를 고려 저유속에 의한 오차저감을 위해 최소0.3% 이상부터 검토



집필자, 심의위원, 편집자

집 필 자

손재권 최진규 박종화 최진용 김천환 전건영 김영화

심 의 위 원

김성준 이기운 한상우 최진동 강상기 정찬기
정진호 최범용 이철오 박종대 조문연 황동주

편 집 자

전건영 김영화 한국헌

비매품

농업생산기반정비사업 계획설계기준
관 수 로 편

2009년 12월 발행

발행 : 농림수산식품부
한국농어촌공사

편수 : 한국농공학회

인쇄 : 고 려 문 화