

2024
하천공사 설계실무 요령

환경부
Ministry of Environment

2024 하천공사 설계실무 요령

환경부

발 간 등 록 번 호
11-1480000-001990-14



2024
하천공사 설계실무 요령

환경부
Ministry of Environment

목 차

제1편 총 칙

제1장 하천설계일반 ····· 1-1

1.1 목 적 ····· 1-1

1.2 적용범위 ····· 1-1

1.3 적용방법 ····· 1-1

1.4 관련 법령과 기준 ····· 1-2

1.5 하천의 구분 및 시설 ····· 1-2

1.6 실시설계의 정의 및 절차 ····· 1-3

1.7 설계일반사항 ····· 1-6

1.7.1 조사 및 시행사항 ····· 1-6

1.7.2 의견수렴 ····· 1-9

1.7.3 특정 공법(자재) 설계적용 ····· 1-13

1.7.4 기술자문 ····· 1-13

1.7.5 협의 및 행정절차 이행 ····· 1-15

제2장 설계도서 작성요령 ····· 1-21

2.1 설계도서 목록 ····· 1-21

2.2 설계도서의 주요내용 ····· 1-21

2.3 작성시 특기사항 ····· 1-23

2.3.1 실시설계 보고서 ····· 1-23

2.3.2 구조 및 기타계산서 ····· 1-23

2.3.3 지반조사 보고서 ····· 1-24

2.3.4 설계서 ····· 1-24

2.3.5 수량 산출서 ····· 1-24

2.3.6 실시설계 도면 ····· 1-25

2.3.7 공사시방서 ····· 1-26

2.3.8 기타 ····· 1-26

2.4 실시설계 보고서 표준목차(안) ····· 1-28

제3장 관련계획 검토 ····· 1-33
3.1 일반사항 ····· 1-33
3.1.1 적용 범위 ····· 1-33
3.1.2 기본방향 ····· 1-33
3.2 관련계획 검토 ····· 1-33
3.2.1 상위계획 검토 ····· 1-33
3.2.2 관련계획 검토 ····· 1-34

제4장 하도설계방향 설정 ····· 1-39
4.1 일반사항 ····· 1-39
4.1.1 적용 범위 및 적용기준 ····· 1-39
4.1.2 기본방향 및 절차 ····· 1-39
4.2 하도계획 방향설정 ····· 1-43
4.2.1 평면계획 ····· 1-43
4.2.2 종단계획 ····· 1-45
4.2.3 횡단계획 ····· 1-46
4.2.4 기타계획 ····· 1-47

제2편 하천치수시설

제1장 하천제방 ····· 2-1
1.1 설계 요령 ····· 2-1
1.1.1 일반사항 ····· 2-1
1.1.2 사전조사 ····· 2-4
1.1.3 제방 계획 ····· 2-4
1.1.4 제방 설계 ····· 2-6
1.1.5 제방안정 검토 ····· 2-15
1.1.6 토량변화율 ····· 2-16
1.1.7 침하토 쌓기 ····· 2-17
1.1.8 축제재료 ····· 2-18
1.1.9 다짐 ····· 2-19
1.1.10 연약지반처리 ····· 2-21
1.1.11 도로겸용제방 ····· 2-21
1.1.12 부체도로 ····· 2-25
1.1.13 홍수방어벽 ····· 2-27

1.1.14 대규격제방 ····· 2-27
1.2 수량 산출 요령 ····· 2-30
1.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-30
1.2.2 표토제거 ····· 2-32
1.2.3 벌목 ····· 2-32
1.2.4 벌개제근 ····· 2-32
1.2.5 층따기 ····· 2-32
1.2.6 면고르기 ····· 2-33
1.2.7 비탈면 보호공 ····· 2-34
1.2.8 흙운반 ····· 2-34
1.2.9 순성토 ····· 2-35
1.2.10 흙쌓기 ····· 2-35
1.2.11 사토 ····· 2-35
1.2.12 비탈면다짐 ····· 2-36
1.2.13 둑마루 표면 마무리 ····· 2-36
1.2.14 토공규준틀 설치 ····· 2-36
1.2.15 측구 ····· 2-37
1.2.16 관리용 도로 및 접근로 ····· 2-38
1.2.17 부체도로 ····· 2-38
1.2.18 연약지반위의 흙쌓기 ····· 2-38
1.3 단가 산출 요령 ····· 2-40
1.4 제방 표준단면 예시도 ····· 2-52

제2장 하천호안 ····· 2-57
2.1 설계 요령 ····· 2-57
2.1.1 일반사항 ····· 2-57
2.1.2 사전조사 ····· 2-58
2.1.3 호안 계획 ····· 2-59
2.1.4 호안 설계 ····· 2-61
2.1.5 비탈덮기 종류 및 특징 ····· 2-71
2.2 수량 산출 요령 ····· 2-77
2.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-77
2.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증 ····· 2-78
2.2.3 비탈덮기 ····· 2-79
2.2.4 호안머리 ····· 2-80

2.2.5 비탈멈춤(기초) ····· 2-80
2.2.6 밑다짐 ····· 2-81
2.2.7 배면(필터)매트 설치 ····· 2-82
2.2.8 자연석(전석 및 발파석) 쌓기 ····· 2-83
2.2.9 식물재 호안 설치 ····· 2-83
2.2.10 호박돌 붙임 ····· 2-83
2.2.11 윗가지 호안 설치 ····· 2-84
2.2.12 식생매트 설치 ····· 2-84
2.2.13 식생포대 설치 ····· 2-84
2.2.14 방틀 설치 ····· 2-84
2.3 단가 산출 요령 ····· 2-85

제3장 하천수제 ····· 2-97
3.1 설계 요령 ····· 2-97
3.1.1 일반사항 ····· 2-97
3.1.2 사전조사 ····· 2-97
3.1.3 수제 계획 ····· 2-98
3.1.4 수제 설계 ····· 2-100
3.2 수량 산출 요령 ····· 2-104
3.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-104
3.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증 ····· 2-104
3.2.3 수제 수량 산출 ····· 2-104
3.2.4 복합포(매트) 설치 ····· 2-105
3.3 단가 산출 요령 ····· 2-106

제4장 하천 하상유지시설 ····· 2-109
4.1 설계 요령 ····· 2-109
4.1.1 일반사항 ····· 2-109
4.1.2 사전조사 ····· 2-110
4.1.3 하상유지시설 계획 ····· 2-110
4.1.4 하상유지시설 설계 ····· 2-112
4.1.5 기초 및 차수벽 설계 ····· 2-120
4.2 수량 산출 요령 ····· 2-121
4.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-121
4.2.2 일반사항 ····· 2-123
4.2.3 토공 ····· 2-124

4.2.4 하상유지시설 ····· 2-125
4.2.5 측면 보호공 (옹벽공) ····· 2-125
4.2.6 바닥 보호공 ····· 2-127
4.3 단가 산출 요령 ····· 2-128

제5장 하천하상정리 ····· 2-131
5.1 설계 요령 ····· 2-131
5.1.1 일반사항 ····· 2-131
5.1.2 사전조사 ····· 2-133
5.1.3 퇴적토 준설 계획 ····· 2-133
5.1.4 퇴적토 준설 설계 ····· 2-135
5.1.5 준설토 처리 및 정산 ····· 2-158
5.1.6 수생태 환경 관리 ····· 2-159
5.2 수량 산출 요령 ····· 2-160
5.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-160
5.2.2 일반사항 ····· 2-161
5.2.3 육상준설 ····· 2-161
5.2.4 가물막이 준설 ····· 2-161
5.2.5 수중준설 ····· 2-161
5.2.6 준설토 운반 ····· 2-165
5.2.7 장비 및 자재 운반 ····· 2-165
5.3 단가 산출 요령 ····· 2-166

제6장 하천수문 ····· 2-177
6.1 설계 요령 ····· 2-177
6.1.1 일반사항 ····· 2-177
6.1.2 사전조사 ····· 2-181
6.1.3 수문(水門) 계획 ····· 2-181
6.1.4 수문 설계 ····· 2-186
6.2 수량 산출 요령 ····· 2-199
6.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-199
6.2.2 일반사항 ····· 2-202
6.2.3 구조물공사 ····· 2-202
6.3 단가 산출 요령 ····· 2-202

제7장 하천통문 ····· 2-205
7.1 설계 요령 ····· 2-205
7.1.1 일반사항 ····· 2-205
7.1.2 사전조사 ····· 2-206
7.1.3 하천통문 계획 ····· 2-206
7.1.4 하천통문 규모 결정 ····· 2-208
7.1.5 하천통문 단면설계 ····· 2-210
7.2 수량 산출 요령 ····· 2-225
7.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-225
7.2.2 일반사항 ····· 2-226
7.2.3 배수관공 ····· 2-226
7.2.4 배수문공 ····· 2-228
7.3 단가 산출 요령 ····· 2-231

제8장 내수배제시설 ····· 2-243
8.1 설계 요령 ····· 2-243
8.1.1 일반사항 ····· 2-243
8.1.2 사전조사 ····· 2-248
8.1.3 배수펌프 ····· 2-248
8.1.4 유수지 ····· 2-259
8.1.5 우수유출저감시설 ····· 2-260
8.1.6 고지배수로 ····· 2-266
8.2 수량 산출 요령 ····· 2-274
8.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-274

제9장 하천저류시설 ····· 2-279
9.1 설계 요령 ····· 2-279
9.1.1 일반사항 ····· 2-279
9.1.2 사전조사 ····· 2-283
9.1.3 저류시설 계획 ····· 2-283
9.1.4 저류시설 설계 ····· 2-294
9.2 수량 산출 요령 ····· 2-301
9.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-301
9.2.2 일반사항 ····· 2-309
9.3 단가 산출 요령 ····· 2-309
9.4 저류지 예시도면 ····· 2-310

제10장 하천사방시설 ····· 2-315
10.1 설계 요령 ····· 2-315
10.1.1 일반사항 ····· 2-315
10.1.2 사전조사 ····· 2-316
10.1.3 하천사방시설 계획 및 설계 ····· 2-317
10.2 수량 산출 요령 ····· 2-336
10.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-336
10.2.2 수량 산출 방법 ····· 2-341

제11장 하천하구시설 ····· 2-347
11.1 설계 요령 ····· 2-347
11.1.1 일반사항 ····· 2-347
11.1.2 사전조사 ····· 2-348
11.1.3 하천하구시설 계획 및 설계 ····· 2-348
11.2 수량 산출 요령 ····· 2-358
11.2.1 수량 산출 내역 ····· 2-358

제3편 하천이수시설

제1장 하천 보 ····· 3-1
1.1 설계 요령 ····· 3-1
1.1.1 일반사항 ····· 3-1
1.1.2 사전조사 ····· 3-2
1.1.3 보 계획 ····· 3-2
1.1.4 고정보 설계 ····· 3-7
1.1.5 가동보 설계 ····· 3-14
1.1.6 자연형 보 설계 ····· 3-15
1.1.7 부대시설 ····· 3-16
1.2 수량 산출 요령 ····· 3-19
1.2.1 수량 산출 내역 ····· 3-19
1.2.2 일반사항 ····· 3-22
1.2.3 토공사 ····· 3-22
1.2.4 구조물공사 ····· 3-22
1.2.5 연결호안 및 바닥보호공사 ····· 3-23
1.2.6 부대공사 ····· 3-23
1.3 단가 산출 요령 ····· 3-24

제2장 하천어도 ····· 3-27
2.1 설계 요령 ····· 3-27
2.1.1 일반사항 ····· 3-27
2.1.2. 사전조사 ····· 3-28
2.1.3 어도 계획 ····· 3-28
2.1.4 어도 설계 ····· 3-32
2.1.5 어도의 이용효율 평가 ····· 3-33
2.2 수량 산출 요령 ····· 3-34
2.2.1 수량 산출 내역 ····· 3-34
2.2.2 일반사항 ····· 3-36
2.2.3 토공사 ····· 3-36
2.2.4 구조물공사 ····· 3-36
2.2.5 부대공사 ····· 3-36
2.3 단가 산출 요령 ····· 3-37

제3장 하천취수시설 ····· 3-41
3.1 설계 요령 ····· 3-41
3.1.1 일반사항 ····· 3-41
3.1.2 사전조사 ····· 3-42
3.1.3 취수시설 계획 ····· 3-42
3.1.4 취수탑 설계 ····· 3-42
3.1.5 집수암거 설계 ····· 3-45
3.1.6 취수관로 설계 ····· 3-46
3.1.7 취수문 및 스크린 ····· 3-48
3.1.8 침사지 ····· 3-48
3.1.9 취수펌프 ····· 3-49
3.2 수량 산출 요령 ····· 3-51
3.2.1 수량 산출 내역 ····· 3-51
3.2.2 일반사항 ····· 3-54
3.2.3 구조물공사 ····· 3-54
3.3 단가 산출 요령 ····· 3-54

제4장 하천 주운시설 ····· 3-57
4.1 설계 요령 ····· 3-57
4.1.1 일반사항 ····· 3-57

4.1.2 사전조사 ····· 3-58
4.1.3 하천 주운 계획 ····· 3-59
4.1.4 주운수로 설계 ····· 3-69
4.1.5 주운갑문 설계 ····· 3-72
4.2 수량 산출 요령 ····· 3-75
4.2.1 수량 산출 내역 ····· 3-75
4.3 단가 산출 요령 ····· 3-75

제4편 하천환경시설

제1장 하천정화시설 ····· 4-1
1.1 설계 요령 ····· 4-1
1.1.1 일반사항 ····· 4-1
1.1.2 사전조사 ····· 4-2
1.1.3 하천정화시설 ····· 4-2
1.1.4 비점오염저감시설 ····· 4-8
1.2 수량 산출 요령 ····· 4-14

제2장 하천 복원공간 및 시설 ····· 4-17
2.1 설계 요령 ····· 4-17
2.1.1 일반사항 ····· 4-17
2.1.2 조사 ····· 4-20
2.1.3 하천 복원공간 설치 기준 ····· 4-21
2.1.4 계획 ····· 4-21
2.1.5 설계 ····· 4-22
2.1.6 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 ····· 4-48
2.2 수량 산출 요령 ····· 4-54
2.2.1 수량 산출 내역 ····· 4-54
2.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증 ····· 4-55
2.2.3 수량 산출 방법 ····· 4-56

제5편 하천친수시설

제1장 하천친수시설 ····· 5-1
1.1 설계 요령 ····· 5-1
1.1.1 일반사항 ····· 5-1
1.1.2 조사 ····· 5-6

1.1.3 계획 ····· 5-6
1.1.4 설계 ····· 5-7
1.1.5 시설별 설계 고려사항 ····· 5-21
1.2 수량 산출 요령 ····· 5-27
1.2.1 수량 산출 내역 ····· 5-27
1.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증 ····· 5-28
1.2.3 포장 ····· 5-29

제6편 하천기타시설

제1장 하천수로터널 ····· 6-1
1.1 설계 요령 ····· 6-1
1.1.1 일반사항 ····· 6-1
1.1.2 조사 ····· 6-3
1.1.3 계획 ····· 6-3
1.1.4 설계 ····· 6-7
1.2 수량 산출 요령 ····· 6-17
1.2.1 수량 산출 내역 ····· 6-17
1.2.2 일반사항 ····· 6-18
1.2.3 수로터널 ····· 6-18
1.3 단가 산출 요령 ····· 6-20

제2장 하천교량 ····· 6-23
2.1 설계 요령 ····· 6-23
2.1.1 일반사항 ····· 6-23
2.1.2 계획 ····· 6-24
2.1.3 설계 ····· 6-32
2.2 수량 산출 요령 ····· 6-36
2.2.1 수량 산출 내역 ····· 6-36
2.2.2 일반사항 ····· 6-36
2.2.3 사석 및 세굴방지용 블록 ····· 6-36
2.3 단가 산출 요령 ····· 6-36

제3장 하천수문조사시설 ····· 6-39
3.1 설계 요령 ····· 6-39

3.1.1 일반사항 ····· 6-39
3.1.2 강수량 관측 ····· 6-40
3.1.3 수위 관측 ····· 6-45
3.1.4 유량 측정 ····· 6-50
3.1.5 유사량 측정 ····· 6-51
3.1.6 하천 실시간 모니터링 ····· 6-51
3.2 수량 산출 요령 ····· 6-52
3.2.1 일반사항 ····· 6-52
3.3 단가 산출 요령 ····· 6-52

제4장 하천기타시설 ····· 6-55
4.1 설계 요령 ····· 6-55
4.1.1 일반사항 ····· 6-55
4.1.2 하천기타시설 ····· 6-55
4.2 수량 산출 요령 ····· 6-58
4.2.1 수량 산출 내역 ····· 6-58
4.2.2 가설공 ····· 6-60
4.2.3. 운반공 ····· 6-60
4.2.4 구조물 깨기공 ····· 6-61
4.2.5 환경관리시설 ····· 6-62
4.2.6 축중기 설치 ····· 6-62
4.2.7 기타 ····· 6-62
4.2.8 폐기물처리비 ····· 6-64

제7편 하천공통설계

제1장 하천 가시설 설계 ····· 7-1
1.1 설계 요령 ····· 7-1
1.1.1 일반사항 ····· 7-1
1.1.2 사전조사 ····· 7-1
1.1.3 가시설공 계획 ····· 7-2
1.1.4 가시설공 설계 ····· 7-2
1.2 수량 산출 요령 ····· 7-3
1.2.1 수량 산출 내역 ····· 7-3
1.2.2 가도설치공 ····· 7-4

1.2.3. 가물막이 ····· 7-5
1.2.4 물푸기공 ····· 7-6
1.3 단가 산출 요령 ····· 7-8

제2장 하천지반설계 ····· 7-13
2.1 설계 요령 ····· 7-13
2.1.1 일반사항 ····· 7-13
2.1.2 제체 및 기초지반 조사 ····· 7-13
2.2 안정성 검토 ····· 7-16
2.2.1 제체 침투 안정성 검토 ····· 7-16
2.2.2 제체 비탈면 안정성 검토 ····· 7-16
2.3 연약지반 설계 ····· 7-19
2.3.1 연약지반 설계 ····· 7-19
2.3.2 연약지반 판정기준 ····· 7-19
2.3.3 연약지반 검토 ····· 7-20
2.3.4 허용잔류 침하량 ····· 7-21
2.3.5 제방의 압밀침하 ····· 7-21
2.3.6 제방 흙쌓기 속도 ····· 7-21
2.3.7 연약지반 대책공법의 적용 및 설계 ····· 7-22
2.3.8 계측계획 ····· 7-22
2.3.9 안정관리 ····· 7-25
2.3.10 침하관리 ····· 7-26
2.4 구조물 기초형식 선정 ····· 7-27
2.4.1 얕은기초 ····· 7-28
2.4.2 깊은기초 ····· 7-28

제3장 하천구조설계 ····· 7-31
3.1 설계 요령 ····· 7-31
3.1.1 일반사항 ····· 7-31
3.1.2 사용재료 및 하중 ····· 7-33
3.1.3 구조해석모델 및 경계조건 ····· 7-47
3.1.4 구조물 토공 ····· 7-50

제4장 하천차수설계 ····· 7-55

4.1 설계 요령 ····· 7-55
4.1.1 일반사항 ····· 7-55
4.1.2 사전조사 ····· 7-56
4.1.3 계획 ····· 7-62
4.1.4 설계 ····· 7-74
4.2 수량 산출 요령 ····· 7-90
4.2.1 수량 산출 내역 ····· 7-90
4.2.2 STEEL SHEET-PILE 공법 ····· 7-91
4.2.3 심층혼합 처리공법 ····· 7-94
4.2.4 주입 공법 ····· 7-97
4.2.5 고압분사 교반공법(JSP) ····· 7-102

제5장 하천내진설계 ····· 7-107
5.1 설계 요령 ····· 7-107
5.1.1 일반사항 ····· 7-107
5.1.2 지반조사 ····· 7-113
5.1.3 지진해석 ····· 7-114
5.1.4 내진설계방법 ····· 7-119

제 1 편

총 칙

제1장 하천설계일반

제1장 하천설계일반

1.1 목 적

본 요령은 「하천법」 제27조 및 제30조에 따른 하천공사의 시행을 위한 세부적인 설계 요소를 제시함으로써, 설계도서 작성 등에 필요한 일반적인 사항을 정하는데 목적이 있다.

1.2 적용범위

가. 본 요령은 「하천법」과 「하천설계기준」에 따른 하도의 정비, 하천시설물의 설치 등을 위한 하천공사의 설계도서 작성 등에 관한 사항을 기술한 것으로 실무자들이 하천공사를 시행하고 협의하는 적용한다.

나. 하천시설 및 설계·시공에 관한 제 기준의 체계는 다음의 표와 같으며, 본 요령은 국가기준인 하천설계기준 밑의 하위기술기준으로 여기에서 제시하지 않은 사항은 기타 관련 작업기준을 따른다.

< 하천시설 및 설계·시공 제 기준 체계 >

(표 1.2-1)

법 률	하천법, 시행령 및 시행규칙	
국가기준	하천의 구조·시설 기준에 관한 규칙	
	하천설계기준	
	하천공사표준시방서	
하위 기술기준	지침 등	자연친화적 하천관리에 관한 통합지침 등
	요령·해설	하천설계기준해설, 하천공사 설계실무요령, 하천시설물 표준도 등

※국가기준은 “국가건설기준센터” 홈페이지(https://www.kcsc.re.kr/) 고시등록

1.3 적용방법

가. 본 요령에 사용된 법규, 규칙, 설계기준 및 표준시방서 등의 내용이 개정된 경우에는 개정된 규정, 설계기준 및 관련 근거를 적용한다.

나. 본 요령은 하천공사의 대표적이고 보편적인 공종·공법을 기준으로 한 것이며, 현장 여건 및 기후 특성, 기타 조건 등에 따라 적절히 가감 조정하여 적용할 수 있다.

다. 하천의 특성, 공사기간 및 현장조건 등을 고려하여 가장 합리적인 공법을 채택 적용한다.

1.4 관련 법령과 기준

가. 법률 및 행정규칙

· 하천법
· 하천법 시행령
· 하천법 시행규칙
· 하천의 구조·시설 기준에 관한 규칙

나. 국가기준

· 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
· 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

다. 관련지침

· 자연친화적 하천관리에 관한 통합지침 등

라. 요령 · 해설

· 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
· 하천시설물 표준도(2023, 한국하천협회)

1.5 하천의 구분 및 시설

가. 하천법 제7조에 의거 하천은 국가하천과 지방하천으로 구분한다.

〈 하천의 구분 〉

(표 1.5-1)

구분	국가하천	지방하천
정의	· 국토보전상 또는 국민경제상 중요한 하천으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하여 환경부장관이 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다.	· 지방의 공공이해와 밀접한 관계가 있는 하천으로서 시 · 도지사가 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다.
관리	환경부장관	시 · 도지사

나. 하천시설물이라 함은 하천법 제2조에 의거 하천의 기능을 보전하고 효용을 증진하며 홍수피해를 줄이기 위하여 설치하는 시설을 말한다.

〈 하천시설의 범위 〉

(표 1.5-2)

구분	시설범위	시설명
하천 시설	물길의 안정을 위한 시설	제방 · 호안 · 수제 등
	하천수위의 조절을 위한 시설	댐 · 하구둑* · 홍수조절지 · 저류지 · 지하하천 · 방수로 · 배수펌프장** · 수문 등
	선박의 운항과 관련된 시설	운하 · 안벽 · 물양장 · 선착장 · 갑문 등
	기타시설 (그 밖에 대통령령으로 정하는 시설)	하천관리에 필요한 보 · 수로터널 · 하천실험장, 그 밖에 법에 따라 설치된 시설

* 하구둑 : 「방조제관리법」에 따라 설치한 방조제를 포함한다.
** 배수펌프장 : 「농어촌정비법」에 따른 농업생산기반시설인 배수장과 「하수도법」에 따른 하수를 배제(排除)하기 위하여 설치한 펌프장은 제외한다.

1.6 실시설계의 정의 및 절차

가. 하천공사란 하천의 기능을 높이기 위하여 하천의 신설 · 증설 · 개량 및 보수 등을 하는 공사로 하천법 제27조(하천관리청의 하천공사 및 유지 · 보수) 및 제30조(하천관리청이 아닌 자의 하천공사)에 의거하여 수행되는 사업을 일컫는다.

나. “하천공사 실시설계”란 “하천기본계획”에서 제시된 하천정비계획에 대해 상세한 현장여건분석, 협의 및 의견수렴, 행정절차를 통해 하천공사 시행계획을 수립하여, 하천의 치수적 안전성을 충분히 확보하고, 자연의 다양성과 건전한 물순환을 유지시키는 계획과 설계의 일련의 과정이다.

다. 하천공사 실시설계는 일반적으로 다음과 같은 절차를 거쳐 수행한다.

1) [사업물량 확정] 각종 조사, 관련계획 검토 및 현장조사를 통한 설계물량 확정

2) [설계기준 결정] 상위계획, 설계기준 부합성 및 현장여건, 안정성 검토후 설계기준 결정

3) [협의 및 의견수렴] 관계기관 협의 및 이해당사자 의견수렴

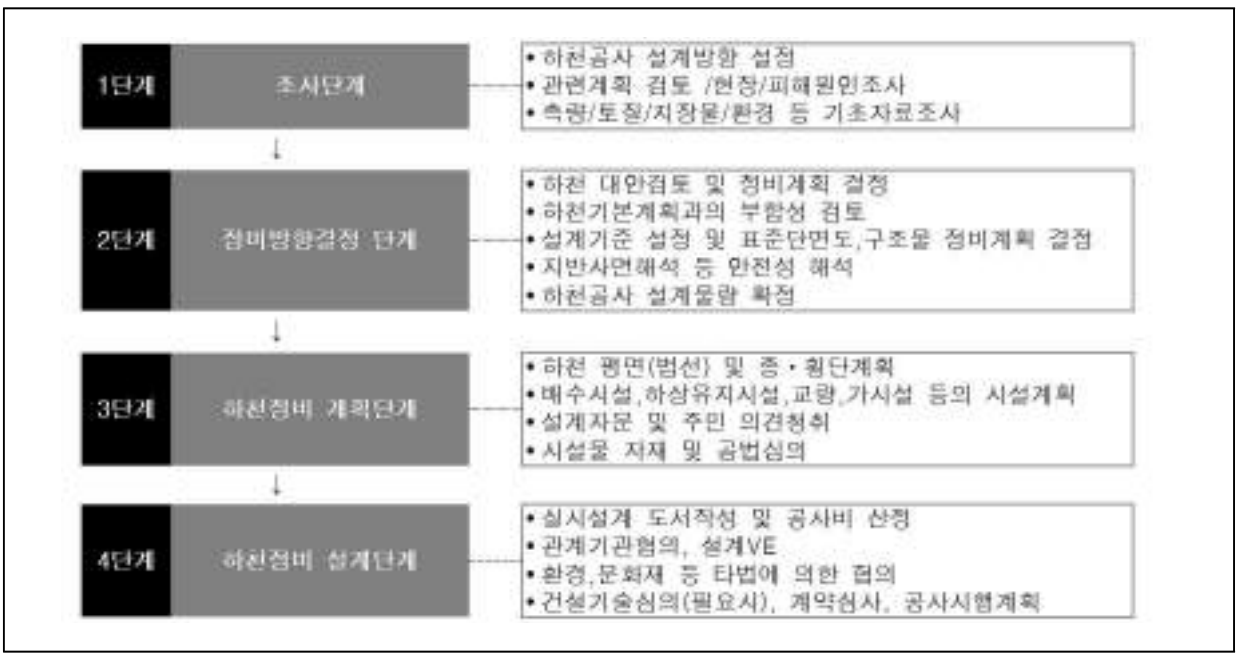
4) [행정절차 이행] 자문, 설계경제성분석(VE), 건설심의 및 타법에 따른 행정기관장 협의 등

5) [설계도서 작성] 하천공사를 위한 설계도서 작성

6) [공사시행준비] 인허가, 하천공사 시행계획 지원

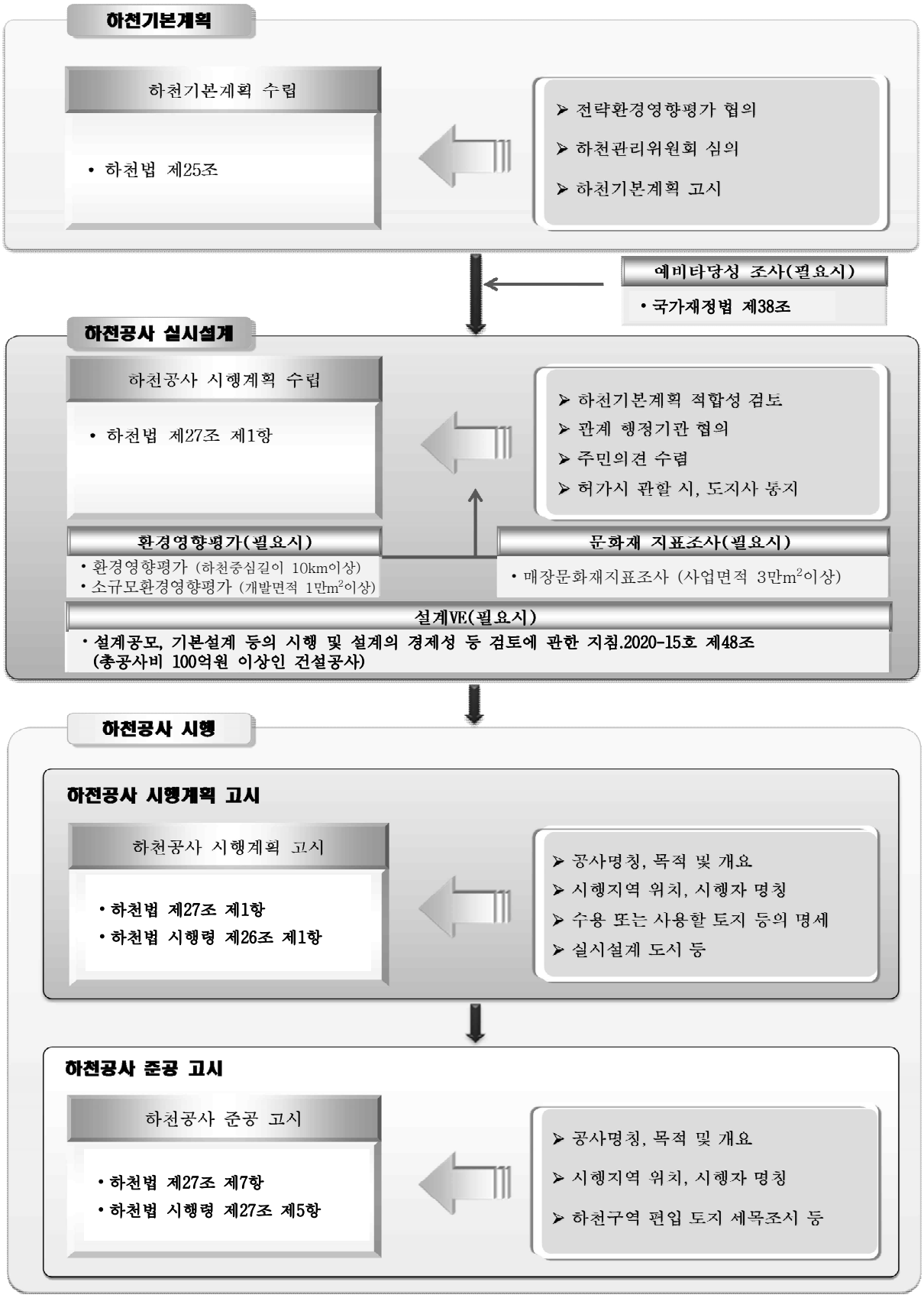
라. 실시설계는 원칙적으로 하천기본계획 범위 내에서 수립되어야 한다. 다만, 하천기본계획 수립후 상당 기간 경과되었거나 하천 여건이 변화하여 실시설계시 계획홍수량, 계획홍수위, 정비계획의 적정성 검토 및 보완이 필요할 경우 하천기본계획 변경을 통해 상위계획과의 부합성을 가지도록 하여야 한다.

마. 실시설계는 기초조사, 정비방향결정, 하천계획 및 하천설계 단계로 수립한다.

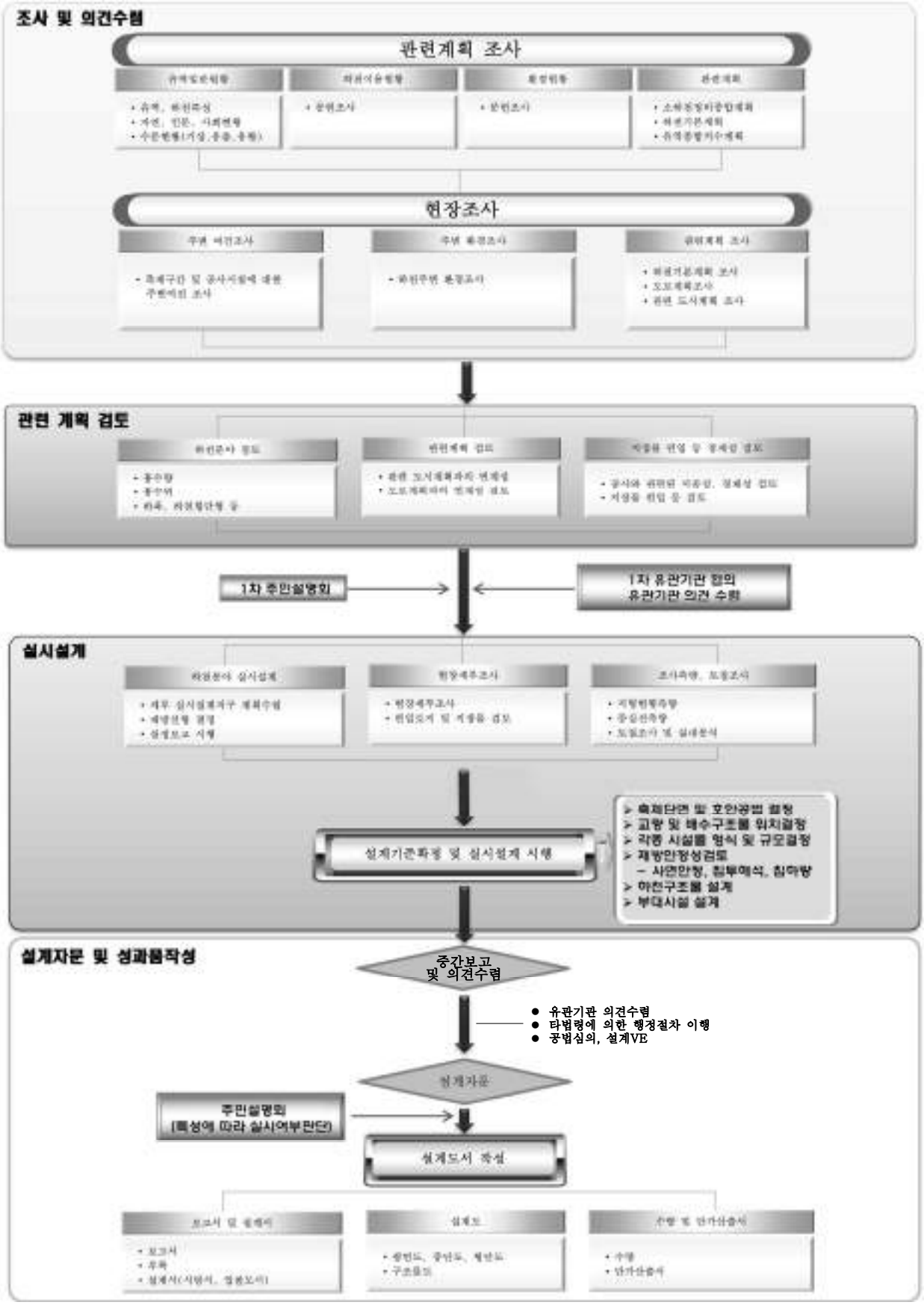


(그림 1.6-1) **< 하천 실시설계 수립절차 >**

바. 하천공사 흐름은 하천기본계획 수립, 하천공사 실시설계 및 하천공사 순으로 시행되며, 이에 대한 흐름도는 아래와 같다.



사. 하천공사 실시설계는 일반적으로 아래와 같은 절차에 따라 시행한다.



1.7 설계일반사항

1.7.1 조사 및 시행사항

사업구간에 대한 하천기본계획, 타당성조사, 기본설계에서 실시한 조사 자료를 설계에 활용할 수 있도록 검토하여야 하며, 재검토가 필요하다고 판단될 때는 이를 발주청에 보고하고 승인을 득한 후 실시하도록 한다.

가. 관련계획 검토

하천기본계획, 타당성조사 및 기본설계 등 상위계획 및 토지이용, 시설, 각종 공사 관련계획을 면밀히 조사하고 설계시 반영 · 연계사항을 검토하여야 한다.

나. 현지조사 및 답사

1) 사업구간에 대하여 하천현황, 지형·지물, 식생, 용·배수, 토지이용현황 등을 조사한다.
2) 현지답사를 실시하여 실시설계에 필요한 정확한 현황을 파악하고 사진, 동영상 또는 드론(drone, 무인비행장치) 등을 이용하여 과업수행에 유용한 자료를 작성한다.

다. 유역특성조사

1) 하천공사의 범위와 설계 방향 설정을 위해 유역특성, 하도특성, 토지이용 및 시설물 조사, 기존 기초자료조사를 시행한다.
2) 유역특성 조사 시 「하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)」의 유역특성조사(KDS 51 12 05)를 참고한다.

라. 하천환경 조사

1) 하천의 수질 및 유량, 오염원, 오염부하량 등 하천환경을 조사한다.
2) 하천의 생물상, 생물 서식처 등 하천생태 현황을 조사한다.
3) 하천환경조사시 「하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)」의 하천환경조사(KDS 51 12 45)를 참고한다.

마. 측량

1) 측량은「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」과 공공측량 작업규정, 하천설계기준, 발주청이 별도로 정한 기준에 의거하여 시행하도록 한다.
2) 전 단계 과업에서 기 수행된 측량자료를 조사하여 활용 가능성 여부를 검토하고, 측량결과에 대해서는 기준점 및 주요 구조물의 표고를 기존 측량결과와 비교 검토하여 검증토록 한다.
3) 측량을 실시하기 전에 공공측량 작업계획서를 작성하여 국토지리정보원의 승인을 받아야 하고, 측량작업이 완료되었을 때에는 측량성과에 대해 공간정보 품질관리원의 공공측량성과심사를 받아야 한다.

4) 상세한 조사내용은 「하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)」의 하천측량(KDS 51 12 65) “하천공사시행을 위한 측량”을 참고한다.

바. 지질 및 지반조사

1) 지반조사 및 시험은 기존 자료 등을 검토하여 이를 최대한 이용해서 경제적이고 효율적으로 실시하여야 하며, 검토 내용을 보고서에 수록하여야 하고 지질 및 지반조사보고서를 작성하여야 한다.
2) 지반조사는 하천설계기준 및 구조물 기초설계기준에 따라 실시하며, 토질조사계획서를 작성하여 발주청의 승인을 득한후 세부조사 시행계획서에 따라 진행한다.
3) 시추조사의 위치 변경이나 시추 개소수의 증감이 필요한 경우에는 발주청과 사전 협의 후 승인을 받아 시행하여야 하며, 국토지반정보 포털(geoinfo.or.kr)의 지반조사자료의 활용성을 검토하도록 하며, 과업물량의 증감이 있을 경우에는 예산범위 내에서 정산을 할 수 있다.
4) 시추공의 위치와 간격은 구조물의 중요도와 적용공법, 시설의 종류 등을 감안하여 합리적으로 결정하여야 한다.
5) 상세한 조사내용은「하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)」의 하천제방(KDS 51 50 05) 2.2 조사편을 참고한다.

사. 재료원 및 사토장 조사

1) 재료원 조사
   가) 기존 골재원의 위치, 종류, 골재생산 추이 등을 조사한다.
   나) 사업구간 인근에 기존 골재원이 없는 경우 골재원으로 개발할 수 있는 지역, 생산가능량 등을 조사한다.
   다) 토취장의 위치, 규모 등을 조사한다.
   라) 사업구간 내 유용가능 토사를 우선적으로 세밀하게 조사한다.
   마) 토석정보공유시스템을 적극 활용하고, 사업구간 인근에 수행 중 또는 추진 예정인 각종 공사장에서 발생할 토석량도 조사한다.

2) 사토장 조사
   가) 사토장의 위치, 규모 등을 조사하고, 최소 2개소 이상 선정하여야 하며, 적정 사토장 선정없이 운반거리를 특정거리로만 제시하는 것은 지양하여야 한다.
   나) 사토 가능량을 조사하여 명시한다.

아. 지장물 및 구조물 조사

1) 계획시설물의 설계 및 시공에 영향을 미치는 각종 지상시설물, 지하매설물 및 장애물, 기타 중요시설물 등을 조사한다.

가) 저촉되는 지상지장물 : 고압송유관, 광케이블, 전기 및 통신시설 등

나) 지하매설물 : 전기 및 통신, 송유관, 상·하수도, 가스관 등

다) 농어촌지역에 분포되어 있는 관정, 양·배수장 등

라) 기타 계획시설물 주변의 암거 등 각종 구조물

2) 계획시설물과 관련하여 이설 및 철거가 필요한 경우에는 관계기관과 협의하여 이설 및 보상계획을 수립한다. 특히 하천내 점용시설은 점용허가 서류를 확인후 관리기관과의 이설주체, 이설방법 등을 협의후 지장물 및 구조물 처리방안을 수립하여야 한다.

자. 용지조사

1) 지적도, 토지대장 및 등기부등본 등을 열람 발급받아 면적과 소유자 관계인을 정확히 조사하여 용지 및 지장물 보상조서의 기초 자료로 활용한다.

2) 점유되는 토지, 가옥 및 시설물 등의 보상에 필요한 자료를 조사한다.

3) 용지도 작성 및 보상물 작성(용지비 및 보상물 감정업무 제외)은 엔지니어링사업대가의 기준 제17조 추가업무비용에 따라 별도로 대가를 산정한다.

차. 매장문화재 조사

1) 문화재 등 매장물 및 유적조사를 위한 지표조사는 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」에 따라 문화재조사 전문기관에 의뢰, 수행하여야 한다.

2) 새로운 매장문화재를 발견한 때에는 문화재보호법에 따라 조치하여야 한다.

3) 매장문화재지표조사의 방법과 절차에 관련해서는 '지표조사의 방법 및 절차 등에 관한 규정(2018,문화재청)' 을 준수하여야 한다.

<매장문화재 지표조사 수행절차>

지표조사 사업신청		지표조사 시행승인		지표조사 시행		보존대책 통보
- 문화재청 협업포털 등록 - 지표조사 사업신청 (사업시행자→문화재청)	⇒	- 시행승인 (문화재청→사업시행자)	⇒	- 지표조사 착수 (조사기관→문화재청) - 결과보고서 제출 (조사기관→사업시행자 →문화재청)	⇒	- 보존대책 통보 (문화재청→사업시행자) - 사업시행자 관련 조치계획 반영

카. 각종 인허가 서류 작성

1) 각종 인허가 서류 작성에 대해서 관련법령 및 기준에 의거한 양식에 맞춰 작성토록 한다.

2) 각종 인허가 서류 작성은 「엔지니어링사업대가의 기준」 제17조(추가업무비용)에 따라 별도로 대가를 지급하여야 한다.

타. 공사기간 적정성 검토

1) 건설기술 진흥법 제45조의 2 및 공공 건설공사의 공사기간 산정기준(국토교통부)에 의거 총 공사

비 100억원 이상(시·군·구는 50억원 이상) 건설공사는 공사기간 적정성에 대한 검토를 받아야 한다.

파. 설계 안정성 검토

1) 건설기술진흥법 제62조 및 동법 시행령 75조의 2에 의하여 안전관리계획을 수립해야 하는 건설공사의 실시설계를 할 때에는 시공과정의 안전성 확보 여부를 확인하기 위해 설계의 안전성 검토를 국토안전관리원에 의뢰해야 한다.

하. 하천공사 완료후 하천시설관리대장 보완 작성 등

1) 하천공사 완료후 경계측량, 시설물 설치 결과 등을 반영하여 하천시설관리대장 및 도면, 전산화 파일 등을 보완 작성하여야 한다.

1.7.2 의견수렴

가. 목 적

하천공사시 직접적인 이해관계의 발생이 예상되는 지역주민, 관계부처, 지자체, 관련기관 등에 대하여 계획 및 설계단계에서 다양한 의견수렴 절차를 마련·시행함으로써 갈등요인을 해소하고 공사시행에 원활을 기함은 물론, 국가 공공사업에 대한 신뢰도를 제고하는데 그 목적이 있다.

나. 의견수렴 시기

실시설계 및 공사시 설명회 또는 의견수렴 등을 실시하며, 사업의 중요도 및 현지 여건을 고려한다.

1) 실시설계 단계

지역주민, 관계부처, 지자체, 관련단체 등의 다양한 의견을 수렴하여 실시설계에 반영하고, 사업추진 현황 등의 정보를 공개하여 갈등해소와 추진사업을 설명함으로써 지역주민과 공감대를 형성한다.

2) 공사 단계

공사와 직접적인 이해관계가 있는 지역주민, 해당 지자체 등에게 사업설명회 등 의견수렴을 통하여 편입용지, 용지보상 등의 갈등을 해소한다.

다. 의견수렴 방법

1) 실시설계 단계

- 주민의견수렴 대상공사 및 횟수
  - ㅇ 관련규정, 사업특성 및 사업기간에 따라 주민의견 수렴 횟수를 조정할 수 있다.

○ 사업의 특성상 필요성이 있을 경우 추가로 사업설명회를 개최할 수 있다.

가) 1차 의견수렴 단계

(1) 사업설명회 개최 시기

- 사업설명회 및 의견수렴은 초기 자문회의 개최 전 · 후에 시행하여야 한다.
- 사업설명회에는 지역주민 및 NGO, 이해당사자 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍·면사무소 등 관계기관에 사업설명회의 내용을 포함한 협조공문을 회의개최 10일전 까지 발송하여야 한다.

(2) 초기단계(1차) 사업설명회 내용

- 개최목적
- 해당 계획안의 개요(사업목적, 사업개요, 과업기간 등)
- 하천공사 정비방향
- 의견수렴 결과에 대한 향후 조치계획
- 기타 필요한 사항

(3) 초기단계(1차) 사업설명회시 의견수렴 방법

- 사업설명회시는 서면으로 의견을 제시할 수 있도록 주민의견수렴 양식을 배포하여야 한다.
- 사업설명회 및 의견수렴은 발주청에서 주관하고 다음 사항을 기록·관리하여야 한다.
  · 일시 및 장소
  · 참석자 현황
  · 의견수렴 결과
  · 의견 반영 내용 및 미반영 사유
  · 설명회 사진
  · 참석자명단

(4) 의견수렴 후 조치사항

- 의견수렴 등에서 제시된 의견을 검토하여 타당하다고 인정되는 경우에는 해당 설계에 반영하여야 한다.
- 의견이 미반영 된 경우 향후 의견 수렴시 그 사유를 설명하여야 한다.

나) 2차 의견수렴 단계

(1) 사업설명회 개최 시기

- 사업설명회 및 의견수렴은 전체 과업기간의 중간 또는 마무리 단계에 시행하여야 한다.
- 사업설명회에는 지역주민 및 NGO 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍사무소 등 관계기관에 사업설명회의 내용을 포함한 협조공문을 회의개최 10일전 까지 발송하여야 한다.

(2) 사업설명회 내용

- 1차 사업설명회 내용을 포함하여 설명하여야 한다.

- 1차 사업설명회시 지역주민, NGO 등이 제출한 각종 의견 중 미반영 의견에 대한 사유를 설명 한다.
- 하천공사에 대한 상세 정비방향 및 평면계획(지적도 중첩)
- 제방법선 및 호안공법, 배수구조물 등 시설물에 대한 계획 등
- 사업설명회시 주민이 열람할 수 있도록 설계도서를 비치
- 하천공사 정비계획, 편입토지 및 보상계획 등 설계 전반에 관한 사항

(3) 사업설명회시 의견수렴 방법

- 2차 사업설명회 의견수렴 방식은 1차 의견수렴방식에 준하여 시행한다.
  · 주민의견수렴 양식을 배포
- 사업설명회 및 의견수렴은 발주청에서 주관하고 그 결과 다음 사항을 기록·관리하여야 한다.
  · 일시 및 장소
  · 참석자 현황
  · 의견 반영 내용 및 미반영 사유
  · 설명회 사진
  · 참석자명단

(4) 의견수렴 후 조치사항

- 의견수렴 등에서 제시된 의견을 검토하여 타당하다고 인정되는 경우에는 해당 설계에 반영하여야 한다.
- 의견이 미반영 된 경우 필요시 사유를 설명하도록 한다.
- 가급적 설계준공 60일전에 의견수렴을 실시하여야 한다.

< 사업설명회(공청회) 서식(예) >

(표 1.7-1)

○○지구(공익)사업 설명회 개최 알림

1. 개최목적 :

2. 개최일시 : ○년 ○월 ○일 ○시

3. 개최장소 : ○○사무소

4. 사업개요

- 사 업 명 :
- 목 적 :
- 위 치 :
- 사업내용 :
- 사 업 비 :
- 사업기간 :

5. 사업계획 열람 장소 :

6. 문의사항 연락처 : ○○(TEL.000 -000-0000)

○년 ○월 ○일

○○의 장

『○ ○ 지구』 의 견 서

의견제출자 : (인)

의 견 내 용	비 고

『○ ○ 지 구』 설 명 회

일 시	○○○○년 ○○월 ○일 ○○시		
장 소	○○도 ○○군 ○○면 ○○		
연 번	성 명	주 소	서 명

1.7.3 특정 공법(자재) 설계적용

가. 특정공법의 심의 대상은 순공사비 1억원 이상의 사업으로 하되 발주청과 공사특성에 따라 달리 할 수 있으며, 공사 또는 사업부서에서 해당 공법의 특성상 필요하다고 판단되는 경우 공법선정위원회의 평가과정을 거쳐 선정하여야 한다. (지방자치단체 입찰 및 계약 집행기준(2022, 행정안전부)에서는 추정금액이 1억원 이상인 공사로 대상을 정하고 있음)

나. 공법선정위원회는 중간단계 기술자문위원회 결과 조치후 신청하며, 자문단계가 초기 및 마무리 단계일 경우 초기단계 기술자문위원회 결과 조치후 개최를 요청토록 하며, 이에 대한 절차는 관련법령, 지침, 규정에 의거하고 발주청과 협의하여 진행토록 한다.

1.7.4 기술자문

가. 건설공사의 설계 등의 적정성에 대한 자문은 3회(착수·중간·마무리단계) 실시하여야 한다. 다만, 재해복구 등 긴급을 요하는 건설공사 또는 사업특성, 발주청에 따라 착수단계 또는 중간단계, 중간단계 또는 마무리단계를 동시에 시행할 수 있다. 상세한 운영사항은 유역환경청 및 지방환경청 등 발주청 자문운영규정을 준수하도록 한다.

나. 자문 상정을 위해 발주청(사업부서)를 통해 자문(심의)계획의 적정성 검토, 위원들의 사전검토 및 사전검토의견에 대한 조치계획방안 마련을 위해 자문요청서 등을 자문회의 개최 예정 15일 이전에 자문위원회 운영 부서로 제출하여야 한다.

다. 단계별 기술자문위원회 자문내용은 다음과 같다.

1) 착수단계

- 기초자료 조사 및 수리수문 검토 사항
- 하천기본계획 등의 상위계획 및 해당지역 타 사업과의 부합성 등 연계성 검토
- 해당지역 주민 등의 이해당사자 및 관련기관과의 협의사항
- 과업 범위의 적정성
- 하천공사 정비계획(안)
- 공사의 시행이 환경에 미치는 영향
- 공사의 필요성 및 기대효과

2) 중간단계

- 착수단계의 자문사항에 대한 조치계획(보완사항) 등의 적정성
- 평면계획 및 종단계획, 시설배치계획 등의 적정성
- 환경여건, 문화재지표조사, 지장물조사, 해당지역 민원 발생 등 사회·인문분야 기초조사 적정성

- 토질조사 및 수문조사 등 기술분야 기초조사 적정성
- 해당지역 주민 등의 이해당사자 및 관련기관과의 협의사항
- 설계기준 및 설계조건 등의 적정성
- 설계공법, 재료의 채택, 구조물 형식선정 등 설계의 안전성

2) 마무리단계

- 중간단계의 자문사항에 대한 조치계획(보완사항) 등의 적정성
- 기초·토질조사의 적정성
- 구조물의 형식 및 규격 등 효율적인 건설을 위한 기술적, 경제적 타당성
- 설계공법, 구조물형식 등이 공사현장 여건과의 부합성
- 구조계산 및 적산 등에 활용한 전산용 프로그램에 대한 설계 안전성 검증결과 확인
- 일반도, 상세도 등 설계도면 및 시공상세도의 적정성
- 공사시방서 작성의 적정성
- 안전관리, 품질관리 및 공정계획의 적정성
- 유지관리를 위한 부대시설의 적정성
- 환경관리계획의 적정성
- 설계과업의 공법·기술·자재에 관한 적정성
- 건설공사의 설계도서 작성기준에 따라 작성하는지 확인
- 과업지시서에 따른 과업성과물의 종합적인 검토
- 토취장, 석산 등 재료원 및 사토장 선정의 적정성(위치, 생산가능량 등)
- 설계변경 조건의 적정성 검토

〈 자문대상별 제출서류 〉

(표 1.7-2)

구 분	종 류
착 수	▪ 현황설명도 차트 (A3크기 이상) ▪ 사업내용에 관한 기본개요 검토서 - 사업의 필요성 - 사업구역의 현황 검토서 - 하천기본계획, 치수계획 등 하천시설 관련 계획 및 상위계획과의 연계성 - 사업 예정지 입지조건 - 사업규모 및 개략사업비 - 사업시행이 환경에 미치는 영향 및 환경보전계획 ▪ 관련 기초 도면
중 간	▪ 착수단계에 추가할 사항 ▪ 착수단계 자문사항에 대한 조치내역 ▪ 종·평면도 계획 및 시설물 배치 계획

구 분	종 류
	▪ 설계기준 및 설계조건 등의 설정 ▪ 토질조사내역(보링 주상도 포함) ▪ 환경관리 대책 ▪ 해당지역주민, 이해 당사자 및 관련 기관과의 협의사항 ▪ 환경여건, 문화재 지표 등 각종 사회 및 인문분야 기초조사 ▪ 제방 호안공법 선정 및 배수구조물 등 기타 시설물 규모 결정
마무리	▪ 착수 또는 중간단계에 추가할 사항 ▪ 중간단계 자문사항에 대한 조치내역 ▪ 보고서(공사시방서, 토질보고서포함 및 제반검토서 포함) ▪ 축소도면(일반도, 상세도, 설계도면 1식) ▪ 신기술, 신공법 적용 ▪ 안전관리, 품질관리 및 공정계획 ▪ 환경관리계획서에 의한 세부내용에 관한 사항 ▪ 유지관리를 위한 부대시설 ▪ 과업지시서에 따른 성과물의 종합적인 내용 ▪ 기타 “건설기술개발 및 관리에관한 운영규정”에 정한 사항 등

1.7.5 협의 및 행정절차 이행

가. 실시설계시 이행해야 하는 행정절차와 협의절차는 타법에 의한 행정기관장과의 협의, 실시설계 행정절차 및 관계기관 협의 등이 있으며, 이를 실시설계 중에 시행하여 설계과정의 마무리 및 원활한 하천공사시행이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

나. 인허가 사항의 경우 산지전용 협의, 농지전용 협의, 국공유지 무상귀속협의, 도시계획시설결정 변경, 건축협의 등의 절차가 수행되어야 하며, 건설엔지니어링사는 이를 지원할 수 있다.

다. 실시설계시 주요 행정이행절차는 아래 표와 같으며, 하천공사특성, 발주청에 따라 절차가 가감될 수 있다. 또한 법령 또는 기준·지침에 의거하여 행정절차가 신설·변경될 수 있으므로 설계시 이를 고려하여 행정절차를 이행토록 하여야 한다.

〈 실시설계시 주요 행정절차 〉

(표 1.7-3)

구 분	비 고
총사업비 협의 (예비타당성조사 타당성조사)	·「총사업비 관리지침」에 의거 기획재정부 장관에게 사업계획의 적정성 검토 - 예비타당성조사 : 총사업비가 500억이상이며, 국가재정이 300억원 이상인 건설사업 - 타당성조사 : 총공사비가 500억이상인 건설사업

구 분	비 고
환경 협의 (환경영향평가)	· 「환경영향평가법」에 따라 "유역환경청" 협의 - 환경영향평가 대상 : 공사구간이 하천중심길이로 10km이상인 사업 - 소규모환경영향평가 대상 : 사업계획 면적이 10,000m^2이상인 사업
문화재 협의 (매장문화재 지표조사)	· 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」에 의거 사업지역에 대한 매장 문화재 지표조사 시행 - 사업면적이 30,000m^2이상인 사업
측량관련 협의 (공공측량작업계획서)	· 「공간정보의 구축 및 관리에 관한 법」에 의거 사업지역 측량에 대한 작업계획서 승인 - 국토지리정보원에 공공측량 작업계획서를 제출하여 승인
측량관련 협의 (공공측량성과심사)	· 「공간정보의 구축 및 관리에 관한 법」에 의거 사업지역 측량결과에 대한 성과심의 - 공간정보품질관리원에 공공측량 성과심사
건설공사 안전보건대장	· 「산업안전보건법」 제67조에 의거 시행 - 총 공사금액 50억원이상의 건설공사에 적용
지하안전 영향평가	· 「지하안전관리에 관한 특별법」에 의거 시행 - 지하안전영향평가 대상 : 굴착깊이 20m이상인 굴착공사 - 소규모 지하안전영향평가 대상 : 굴착깊이 10m이상 20m미만인 굴착공사
경관심의	· 「경관법」에 의거 사업지역에 대한 경관디자인 심의 이행 - 하천법에 의한 하천시설사업중 총사업비가 300억이상인 사업
공법심의	· 「건설기술진흥법 시행령」 제17조 및 발주청 규정에 의거 시행
공사기간 적정성 검토	· 「건설기술진흥법 시행령」 제45조 2(공사기간 산정기준) 및 공공 건설공사의 공사기간 산정기준에 의거 총 공사비 100억원 이상(시·군·구는 50억원 이상) 건설공사에 대해 검토 시행
기술자문	· 「건설기술진흥법」 제6조에 및 발주청 자문운영규정에 의거 시행
설계 경제성 평가 (설계VE)	· 「건설기술진흥법」에 의거 총공사비가 100억 이상이거나 조례 및 발주청에서 필요를 인정한 경우 건설공사에 대해 전문가로 하여금 시설물의 주요 기능별로 경제성 검토 시행
설계안정성검토	· 「건설기술진흥법 시행령」 제75조2(설계안정성검토)에 의거 시행

구 분	비 고
건설기술심의	· 「건설기술진흥법」에 의거 총공사비가 100억이상 및 조례, 발주청에서 필요를 인정한 경우 설계에 대한 심의 시행 (실시여부는 발주청별로 상이)

라. 실시설계시 각종 협의를 수행하여야 하며, 인허가 절차를 지원해야한다. 이에 대해서는 하천공사특성, 발주청에 따라 절차가 가감될 수 있으며, 법령 또는 기준 · 지침에 의거하여 행정절차가 신설 · 변경될 수 있으므로 설계시 이를 고려하여 관련사항을 이행토록 하여햐 한다.

- 국토지리정보원 : 조사측량 관련 「공공측량작업계획서」 승인
- 공간정보품질관리원 : 조사측량 관련 「공공측량성과심사」 협의
- (소규모) 환경영향평가 : 해당 유역환경청 협의
- 문화재지표조사 : 문화재 관련과, 문화재청 협의
- 도시계획시설결정 변경 관련 협의 : 지자체 도시과
- 농업시설물(보, 수로) 등 농업기반시설 관련 협의 : 지자체 농정과, 한국농어촌공사
- 도로 및 철도 점용・굴착, 비관리청 공사시행 허가관련 : 국토교통부 지방국토관리청, 철도청 등 관리기관 협의
- 문화재 형상변경허가협의 : 지자체 문화재 관련과와 협의후, 국가지정문화재의 경우 문화재청의 최종 허가 필요하며, 도지정 등 문화재의 경우 도 문화재 관련과의 허가 필요
- 지장전주 이설 협의 : 한국전력공사 지사
- 지적측량의뢰 등의 협의 : 한국국토정보공사 지사
- 개발제한구역 내 개발 협의 : 지자체 관련부서
- 관련시설 저촉 및 이설관련 : 하수도(상하수도), 도로 굴착 · 점용 (도로,교량), 개발제한구역내 협의, 군시설(군부대) 등
- 지장물 관련 : 광역 및 지방상수도(K-Water 또는 지자체 관련과), 송유관(대한송유관공사), 전력시설(한국전력공사), 통신,도시가스 관리기관 등
- 산지전용 허가 : 산지면적, 산림청 소관 산지여부에 따라 협의기관이 산림청장, 시・도지사, 시장・군수・구청장으로 나뉨.
- 농지전용 허가 : 농업진흥지역 여부, 면적에 따라 농림축산식품부 장관, 시・도지사, 시장・군수・구청장으로 나뉨
- 건축허가 관련 협의 : 지자체 건축허가 관련 부서
- 국공유지 무상귀속협의 : 국공유지 총괄청(기획재정부) 또는 소관 관리청
- 토지수용 협의 : 중앙토지수용위원회 협의

- 해역이용(계류시설, 부두, 방파제, 수문 등 기능시설물 및 공유수면 굴착 등의 행위) 협의 : 해양수산부 지방해양항만청
- 기타 지장물 및 공사대상지 저촉 및 주변시설 관련 협의 1식

마. 인허가의 경우 허가시기, 허가주체에 따라 설계중 또는 발주전 · 후, 공사중에 시행될 수 있으므로 인허가 지원주체(건설엔지니어링사, 감리단, 시공사 또는 별도 인허가 업체)를 명확히 하여 시행하여야 하며, 인허가를 지원하는 경우 설계비 내역에 관련 수행비용을 「엔지니어링사업대가의 기준」 제17조(추가업무비용)에 의거하여 정산 계상하여야 한다.

제2장 설계도서 작성요령

제2장 설계도서 작성요령

2.1 설계도서 목록

실시설계 과업의 일반적인 설계도서 목록은 다음과 같으며, 이에 대한 설계도서 목록은 발주청과 협의해서 조정할 수 있다.

1) 실시설계 보고서
2) 구조계산서 및 각종계산서
3) 지반조사 보고서
4) 설계서 및 수량산출서
5) 설계도면
6) 공사시방서
7) 용지/지장물 조서 및 도면
8) 기타 설계도서

2.2 설계도서의 주요내용

설계도서 작성시 일반적으로 포함하여 할 주요 내용은 다음과 같으며, 발주처와 협의를 통해 필요한 사항에 대해 추가할 수 있다.

가. 실시설계 보고서

1) 표지
2) 제출문
3) 목차
4) 공사개요(위치도, 목적, 범위, 내용, 기간, 과업수행방법 등)
5) 조사단계
   - 관련계획 조사 및 검토
   - 현지조사 및 답사
   - 하천환경조사
   - 문화재조사
   - 측량
   - 지질 및 지반조사
   - 용지 및 지장물, 구조물 조사

- 재료원 및 사토장 조사

6) 계획단계

- 전 단계 성과검토
- 설계기준 작성
- 하도 및 하천시설물 계획
- 기초 및 시설물 안정 검토
- 환경영향 검토
- 기타사항
- 관계기관 협의 및 민원검토

7) 실시설계(시설물 실시설계, 기타 등)

8) 환경보전계획 및 유지관리계획

9) 사업비 분석(사업개요 및 물량, 공사비산출, 사업비분석, 보상비 등)

10) 부록(각종 조사 및 분석자료, 심의 및 자문사항, 업무협의 및 지시사항, 관계기관 협의자료 등)

11) 참여기술자(명단 및 인적사항, 업무내용)

나. 구조계산서

1) 개요

2) 구조계획도

3) 설계조건(구조형식, 설계방법, 설계하중, 사용자재 및 특성, 지반조건, 사용 프로그램, 설계기준 및 지침, 기타)

4) 구조계산(개요, 사용자재, 단면상수, 하중조건, 설계단면력, 단면응력검토, 안정검토, 기타)

5) 내진설계

다. 지반조사 보고서

1) 조사개요(목적, 범위, 조사기간)

2) 조사내용

- 조사방법
- 조사위치 선정
- 조사결과 분석(지형 및 지질, 시추조사 결과, 실내시험 결과 등)

3) 기타

- 조사위치 및 지층단면도
- 주상도(시추조사, 시험굴, 핸드오거보링 등)
- 시험성과(실내시험, 골재시험 등)

라. 설계서

1) 설계설명서
2) 설계예산서(설계내역서, 원가계산서, 총괄내역서, 공종별 내역서, 일위대가 등)
3) 단가산출서(단가산출서, 단가조서, 견적서 등)

마. 수량 산출서

1) 수량집계표
2) 공종별 수량산출서
3) 공종별 산출근거
4) 기타

바. 실시설계 도면

1) 일반(목차, 위치도, 일반도 등)
2) 토공(각종 평면도, 종·횡단도 등)
3) 호안공(호안공법 상세도 등)
4) 구조물공 일반도 및 구조도(배수구조물, 보, 낙차공, 교량, 암거 등)
5) 부대공(가도 및 가교, 가물막이, 오탁방지막 등)
6) 기타 상세도

2.3 작성시 특기사항

2.3.1 실시설계 보고서

1) 발주청이 본 보고서를 요약한 내용을 요구하는 경우에는 수록내용 등을 협의하여 요약보고서 형태로 제출한다.
2) 토질조사는 본 보고서에 한 항목으로 수록하는 것을 원칙으로 하나 조사량이 많아 별도 보고서를 작성하는 것이 적절한 경우에는 발주청과 협의한 후 본 보고서에는 요약분을 수록한다.
3) 건설기술 심의 및 자문, 업무협의 사항, 의견수렴에 대한 결과는 부록에 수록한다.
4) 설계실명화를 위해 설계에 참여한 모든 기술자 및 참여업무에 대해 기록한다.

2.3.2 구조 및 기타계산서

1) 구조계산서는 계산된 모든 것을 정확하게 수록하여 손쉽게 검토할 수 있도록 한다.
2) 각종 계산에 사용한 전산 프로그램명과 이를 이용하여 설계한 사항을 기재한다.
3) 전산프로그램을 사용하여 계산한 경우, 구조계산서에는 정확한 모든(CASE별) 입력자료가 정리되어야 한다. 또한 그에 대한 출력자료 역시 정리되어 있어야 한다.

4) 구조계산시 주요 설계계수가 가정 값인 경우에는 반드시 가정 값임을 명시하도록 한다.
5) 수리계산서는 계산된 모든 것을 정확하게 정리하여 수록하고 손쉽게 검토할 수 있도록 한다.
6) 수리계산서에서 설계자의 소견이 필요로 할 때에는 그 내용 및 대책을 명확히 하여 구조물 설계도면 및 사용상에 하자가 없도록 한다.

2.3.3 지반조사 보고서

1) 지반조사 보고서에는 조사개요, 조사항목, 조사위치, 조사방법, 조사내용, 각종시험 내용 및 결과, 시추주상도가 수록되어야 하며, 시험결과로 얻어지는 분석치, 계획지역의 지반구성 상태, 연약지반 현황 및 대책, 예상되는 구조물 기초의 종류(직접 기초, 말뚝기초, 우물통기초 등)에 따른 적합성 여부, 허용 지지력 검토 등이 포함되어야 한다.
2) 또한 대절토부 및 대성토부는 별도의 사면안정 검토를 실시한 후 그 내용을 수록하고 적정 비탈경사를 제시하여야 한다.

2.3.4 설계서

1) 설계서는 설계설명서, 설계내역서, 단가산출서, 수량산출서로 구별하고 단가산출서, 수량산출서는 별책으로 작성한다.
2) 설계서에는 총공사비와 공사개요를 기재하며, 총괄내역서에는 제경비 및 시공상세도면 작성, 추가지반조사 비용이 포함되어야 한다
3) 공사금액 산정시 노임, 환율, 중기사용료 적용기준은 최종 성과 당시 해당 월 기준금액을 기본으로 적용하되 과업지시서 및 발주처와 협의하여 적용한다.
4) 재료비는 최근 조달청 가격정보지 및 2개 이상의 물가정보지를 참조하여 산출한다.
5) 공사비산정은 당해 년도 최신 “건설공사 표준품셈”, “표준시장단가”에 준한다.
6) 공사비 산출을 위한 견적서는 3개 업체 이상의 것을 기준으로 하되, 부득이 한 경우에는 발주청과 협의하여 1개 또는 2개 업체의 견적서를 기준으로 한다.
7) 설계예산서는 계약예규 “예정가격 작성기준”에 의거 작성한다.
8) 시공상세도 작성비용을 “엔지니어링 사업대가의 기준”에 의거 내역서에 산정하여 포함하여야 한다.

2.3.5 수량 산출서

1) 수량 및 소수단위는 ‘건설공사 표준품셈’의 단위표준에 의한다.
2) 수량의 계산은 지정 소수위 이하 1위까지 구하고, 끝수는 4사5입 한다.
3) 계산에 쓰이는 분도(分度)는 분까지, 원둘레율(圓周率), 삼각함수(三角函數) 및 호도(弧度)의 유효숫자는 3자리(3位)로 한다.
4) 곱하거나 나눗셈에 있어서는 기재된 순서에 의하여 계산하고, 분수는 약분법을 쓰지 않으며, 각 분수마다 그의 값을 구한 다음 전부의 계산을 한다.

5) 체적계산은 의사공식(疑似公式)에 의함을 원칙으로 하나 토사체적은 양단면적을 평균한 값에 그 단면간의 거리를 곱하여 산출하는 것을 원칙으로 한다. 단, 거리평균법으로 고쳐서 산출할 수도 있다.

6) 다음에 열거하는 것의 체적과 면적은 구조물의 수량에서 공제하지 아니한다.

가) 콘크리트 구조물 중의 말뚝머리

나) 볼트의 구멍

다) 모따기 또는 물구멍

라) 이음줄눈의 간격

마) 포장공종의 1개소당 0.1㎡ 이하의 구조물 자리

바) 강구조물의 리벳 구멍

사) 철근 콘크리트 중의 철근

아) 조약돌 중의 말뚝 체적 및 책동목

자) 기타 전항에 준하는 것

차) 성토 및 사석공의 준공토량은 성토 및 사석공 설계도의 양으로 한다. 그러나 지반 침하량은 지반성질에 따라 가산할 수 있다.

카) 절토량은 자연 상태의 설계도의 양으로 한다.

2.3.6 실시설계 도면

1) 설계도면 작성은 '전자설계도서 작성·납품지침(도로·하천분야)(2017)' 에 의하여 작성한다.

2) 설계도면의 작성은 KS F 1001(토목제도 통칙)에 의한다.

3) 측점 표기는 실시설계의 경우 상류에서 하류로 올림차순으로 표기하고, 상류에서 하류를 향하여 좌·우안을 표기하여야 하며, 주요시설물(교량, 시·종점 등)은 하천기본계획상의 측점을 도면 등에 병행 표기하여야 한다.

4) 설계도면은 이해가 쉽도록 상세히 작성한다

5) 실시설계의 구조물 도면에는 설계방법(허용응력설계법 또는 강도설계법)에 대하여 표시하여야 한다,

6) 모든 설계도면에는 도면 작성자, 검토자, 책임기술인의 서명 또는 날인이 있어야 한다.

7) 설계도면에는 주석(NOTE)란을 만들어 구조물 설계방법, 재료의 종류, 강도 등과 같은 주요 설계조건과 시공시에 유의하여야 할 사항 등 해당도면 공사내용에 대한 특기사항을 수록한다.

8) 주요 설계계수가 가정 값인 경우 현장시공에 앞서 확인이 필요하면 도면 주석란에 이러한 사실을 명시하여야 한다.

9) 설계도면에 작성되는 단위는 SI를 원칙으로 하며, 특수 단위가 필요할 때는 발주청과 협의한 후 사용한다.

10) 도면의 맨 앞에는 전체 도면의 목차를 작성하여 두도록 한다.

2.3.7 공사시방서

1) 공사시방서는 공사계약 문서의 일부분으로 시설물 또는 구조물의 품질, 기능, 구조, 재료 등과 시공절차, 방법, 기타 시공 및 유지관리에 필요한 요구사항 등을 규정한 것으로, 해당 표준시방서 및 전문시방서 관련법규 등을 근간으로 발주청 및 설계자의 설계 의도가 정확히 반영될 수 있도록 작성한다.

2) 공사시방서에는 다음과 같은 사항을 포함하여 작성한다.

- 적용범위, 용어의 정의, 설계도서의 적용 우선 순위, 설계도서 검사 의무 등에 관한 상세사항
- 해당 건설공사 표준시방서 및 전문시방서, 관련법규 및 지침, 제기준의 명칭
- 계약문서의 계약조건 이외의 필요한 계약조건에 관한 사항
- 관련법규에 따른 요구사항 및 조건에 관한 상세사항
- 수급인이 작성하여야 할 시공상세도 목록
- 수급인이 제출할 각종 보고서 및 서류 등에 관한 방법, 시기 및 절차 등에 관한 세부사항
- 발주청과 수급인 사이의 책임범위 및 한계
- 각종검사, 기성지급, 설계변경 등에 대한 절차, 방법, 시기
- 공사관리, 공정관리, 품질관리, 안전관리, 환경관리 등에 대한 상세사항
- 주요 공종별 시공방법 및 절차, 시험방법, 허용오차, 사용자재, 사용장비, 소요 인원 등에 대한 상세한 규정
- 공사전반에 관한 주의사항 및 절차
- 기타 주요공사 사항

3) 공사시방서 작성시 유의사항

- 공사시방서는 전문용어를 사용하고, 정확하고 완전하며 간단 명료하게 작성하여 해석에 이견이 없도록 한다.
- 계약상 필요한 모든 사항이 포함되도록 작성한다.
- 표준양식을 사용하도록 하고, 되도록 작성형식의 일관성을 유지하도록 한다.
- 공법 및 공종에 맞는 자재, 장비, 인원을 선정한다.
- 공종 전반에 대해 기술하며, 목차는 가능한 한 공사 순서대로 작성한다.
- 발주청의 감독, 수급인, 감리자 등이 직면할 수 있는 공사상 현안을 고려하여 신중히 작성한다.

2.3.8 기타

가. 재료 및 자재의 단가

1) 단가는 아래의 기준에 따라 '건설공사 표준시장단가' 또는 '건설공사 표준품셈' 을 적용한다.

그러나 지자체 조례에 따라 관련 적용기준이 상이할 수 있으므로, 이를 고려한 단가 적용이 필요하다.

□ 표준시장단가 적용기준
- 추정가격이 100억원 미만인 공사에는 표준시장단가를 적용하지 아니한다. (계약예규 예정가격 작성기준, 제3장 제37조 ②, 시행 2023.)

2) 재료 및 자재의 단가는 거래실례가격 또는 통계법 제15조 규정에 의한 지정기관이 조사하여 공표한 가격, 감정가격, 유사한 거래실례가격, 견적가격을 기준하며, 적용순서는 '국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙' 제7조의 규정에 따른다.

3) 재료 및 자재 단가에 운반비가 포함되어 있지 않은 경우 구입 장소로부터 현장까지의 운반비를 계상할 수 있다.

나. 주요자재

1) 공사에 대한 주요자재의 관급은 '국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙' 및 기획재정부 회계예규 등 관계규정이나 계약조건에 따른다

2) 국내에서 생산되는 자재를 우선적으로 사용함을 원칙으로 하고 그 중에서도 한국산업규격표시품(KS), 우수재활용제품(GR)' 또는 '건설기술 진흥법' 제57조 제1항의 규정에 의한 국·공립시험기관의 시험결과 한국산업규격 표시품과 동등 이상의 성능이 있다고 확인된 자재를 우선한다.

3) 관급자재의 경우 '중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률' 제6조에 따라 고시된 중소기업자간 경쟁제품 및 동법 제12조에 따라 지정한 공사용자재 직접구매 대상품목을 검토하여 사용토록 한다.

4) 한국산업규격에 없는 제품 사용시 공사조건에 맞는 관련규격 및 시방(외국규격 등)등을 검토하여 사용토록 한다.

다. 재료의 할증

1) 공사용 재료의 할증률은 일반적으로 '건설공사 표준품셈' 에 제시된 값 이내로 한다. 다만, 품셈의 각 항목에 할증률이 포함 또는 표시되어 있는 것에 대하여는 본 할증률을 적용하지 아니한다.

2) 군작전 지구내에서 작업 능률에 현저한 저하를 가져올 때에는 작업 할증률을 노임의 20%까지 가산할 수 있다.

라. 발생재의 처리

1) 사용고재 및 발생재의 처리는 '건설공사 표준품셈' 에서 제시된 내용에 의하여 그 대금을 설계당시 미리 공제한다.

마. 재료의 단위중량

1) 재료의 단위중량 기준은 '건설공사 표준품셈' 에 의한다.

2) 재료의 단위중량은 입경, 습윤도 등에 따라 달라지므로 시험에 의하여 결정하여야 하며, 일반적인 추정 단위중량은 '건설공사 표준품셈' 에 제시되어 있다.

2.4 실시설계 보고서 표준목차(안)

실시설계 보고서에 일반적으로 포함되어야 할 내용은 아래와 같다. 다만, 아래의 보고서 목차는 참고사항일 뿐 과업의 내용 및 성격, 과업 수행자 및 발주처 판단에 따라 보고서 목차 및 수록내용을 조정 후 작성해야 한다.

< 실시설계 보고서 표준목차(안) >

제1장 서 론
- 1.1 과업의 목적
- 1.2 과업의 범위 및 내용
- 1.3 단계별 과업수행계획
- 1.4 과업의 추진경위

제2장 조사측량

제3장 토질조사

제4장 사업현황조사
- 4.1 기초현황조사
- 4.2 수리수문조사
- 4.3 유역 및 하도특성조사
- 4.4 재해발생 및 취약성조사
- 4.5 제방공사 연혁조사
- 4.6 사업지구 현황조사
- 4.7 환경, 문화재조사

제5장 관련계획 검토

제6장 실시설계
- 6.1 기본방향 및 정비계획 수립
- 6.2 축제공

6.3 호안공
6.4 배수공
6.5 보 및 낙차공
6.6 부체도로공
6.7 교량 및 접속도로공
6.8 시설물 안정검토
6.9 부대공 및 기타시설공

제7장 환경보전계획

제8장 소요사업비 및 사업의 효과
8.1 공사개요
8.2 공사재료원
8.3 소요사업비
8.4 사업 효과

제9장 계획시설물의 유지관리

▣ 부 록

제3장 관련계획 검토

제3장 관련계획 검토

3.1 일반사항

3.1.1 적용 범위

본 장은 하천설계 수행시 필요한 상위계획 및 관련계획 검토 사항에 적용한다.

3.1.2 기본방향

1) 수행중인 실시설계 과업에 대한 관련계획을 검토하여 과업의 방향설정, 과업내용의 적정성, 기시행 또는 시행 예정 사업과의 연계성 등 해당 실시설계 과업과 연관이 있는 사항들을 종합적으로 검토한다.
2) 연관성이 있는 관련계획 조사 후, 실시설계 수행의 방향설정과 적정성 검토를 위한 상위계획과 계획의 연계성 등을 검토하기 위한 관련계획으로 구분하여 내용을 검토한다.
3) 관련계획은 발주처 및 관계 행정기관 협의 및 자료 요청을 통해 면밀히 조사 · 검토하여 계획의 중복 및 간섭, 누락 등이 발생하지 않도록 한다.
4) 관련계획 조사 및 검토를 통해 계획간의 중복, 간섭 등 사업시행에 따른 문제점이 발견된 경우 발주처 및 관련기관과의 협의 · 조정을 통해 사전에 문제 발생요인을 차단해야 하며, 협의 내용은 보고서에 수록하여 향후 공사 시행시 참고토록 한다.
5) 관련계획 조사 및 검토 내용 수록시 불필요한 부분은 제외하고 실시설계 과업 수행과 연관있는 부분만 발췌하여 수록한다.
6) 사업 초기단계시 관련계획과의 연계성, 저촉여부, 반영사항 등을 검토 후 하천 정비방향을 설정하여야 하며, 관련기관과의 협의를 통해 설계방향에 대한 의견을 수렴한다.
7) 관련기관 협의는 필요시 초기단계 및 마무리단계 자문 전에 진행하며, 의견 수렴 후 발주처와 협의하여 사업내용을 확정토록 한다.

3.2 관련계획 검토

3.2.1 상위계획 검토

1) 하천유역수자원관리계획, 특정하천유역치수계획, 하천기본계획 등 실시설계에 필요한 상위계획을 조사·검토한다.
2) 실시설계 과업구간에 대한 하천기본계획의 내용을 파악하여 사업물량 및 개략 사업비의 적정성

등을 검토한다.

3) 하천공사시행계획은 하천법 제27조 ②에 의거 하천기본계획의 범위 안에서 수립되어야 하므로 기수립 하천기본계획의 고시사항, 수리 · 수문사항(계획홍수량, 계획홍수위, 계획하폭 등), 하천시설물 설치계획, 하천공간 관리계획, 하천구역 등을 검토하여야 하며, 이를 통해 실시설계 과업의 방향설정 및 내용의 적정성, 당위성을 확보토록 한다.

〈 상위계획의 검토 항목 〉

(표 3.2-1)

상위계획	상위계획 수립 근거	실시설계 시 조사 및 검토 항목
하천유역수자원관리계획	수자원법 제18조	홍수방어계획과의 부합성, 소요재원(사업비) 및 기대효과 등
지역수자원관리계획	수자원법 제19조	
특정하천유역치수계획	수자원법 제20조	
하천기본계획	하천법 제25조	계획홍수량, 계획홍수위, 계획하폭 등 하천기본계획 고시 사항에 대한 부합성, 하천시설물 설치계획, 하천공간 관리계획, 소요재원(사업비), 하천구역 등

3.2.2 관련계획 검토

가. 국가단위 관련계획

1) 과업대상지내 국가에서 추진하는 시설정비, SOC사업, 문화·관광, 산업 관련계획을 조사한다.

2) 해당 국가단위 관련계획의 사업구역경계, 사업명칭, 위치, 면적, 사업기간 등의 정보와 함께 계획 대상지역의 위치를 확인할 수 있도록 1/5,000 이상 축척의 위치도 및 토지이용계획도 등의 도면을 포함하여 제시하며, 이에대한 연관성 및 저촉, 반영사항을 검토하고, 필요시 관련기관과 협의토록 한다.

나. 시설정비 관련계획

1) 과업대상지내 위치한 국가·지방하천 및 소하천, 상수도 및 하수도, 사방댐, 저수지, 항만 및 연안 등의 시설정비 관련 계획을 조사한다. 특히 배수위 영향이 있는 지류하천에 대한 하천기본계획, 소하천정비종합계획을 면밀히 검토한다.

2) 자연재해저감종합계획, 자연재해위험개선지구사업, 풍수해생활권 종합정비사업, 재해복구사업 등 재해관련 사업 및 하천환경사업, 관리기관의 이수관련 사업, 도로 및 철도 등의 기간사업 등에 대해 면밀히 조사하고, 사업의 중복 및 간섭 여부 등을 면밀히 검토한다.

3) 직접적인 연계성을 쉽게 파악하기 위하여 계획 전체 내용을 기술하는 것은 지양하고 사업개요, 위치, 사업물량, 본 사업과의 저촉 및 연계사항, 반영사항 등 실시설계 과업 수행에 필요한 사항만 보고서에 기술하며, 이에 대해 필요시 관련기관과 협의토록 한다.

다. 토지이용 관련계획

1) 토지이용 관련계획의 조사대상은 과업대상지내 도시·군기본계획, 도시·군관리계획상의 토지이용계획, 개발예정지, 기성시가지 정비예정지, 개발사업, 정비사업 등에 관한 계획(택지개발, 도시개발, 도시재정비, 재개발·재건축, 산업단지개발, 대규모 SOC사업 등)이며, 사업구역경계, 사업명칭, 위치, 면적, 사업기간, 수용인구 등의 정보와 함께 개발대상지구의 위치를 확인할 수 있도록 1/5,000 이상 축척의 위치도 및 토지이용계획도 등의 도면을 포함하여 제시한다.
2) 토지이용 관련계획 중 실시설계 과업 수행과 연계가 필요한 내용에 해당되는 사항을 조사하여 보고서에 수록한다.

라. 기타 관련계획

1) 과업대상지내 양수장, 배수장, 용수로, 배수로 등 농업기반시설물, 지하지장물, 군시설, 항만시설 및 하천 시설물 외 기타 시설물이 위치해 있는 경우 해당 시설물의 정비계획을 조사 · 검토하여 향후 공사 시행시 문제가 발생하지 않도록 해야하며, 관리기관과의 협의를 시행하여야 한다.
2) 차집관로, 취수보, 용배수로 등 하천점용시설물의 경우 관련계획 및 점용사항 등을 조사하여 점용시설물 관리주체와 협의를 시행하여야 한다. 하천점용시설물의 재설치・보강・정비는 원칙적으로 시설물 관리주체가 하천기본계획을 준용하여 시행하여야 하며, 불가피한 경우 하천관리청 및 발주처와 협의를 통해 결정한다.

제4장 하도설계방향 설정

제4장 하도설계방향 설정

4.1 일반사항

4.1.1 적용 범위 및 적용기준

가. 적용 범위

본 장은 하도설계에 대한 방향설정에 적용한다.

나. 적용 기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

다. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

4.1.2 기본방향 및 절차

가. 기본방침

1) 하도계획은 하천에 흐르는 물에 대한 양적 및 질적인 안정성 확보, 총경비(초기투자비와 유지관리비)의 최소화, 자연환경이나 경관의 보존 및 회복과 하천이용과의 조화를 이루고 유역전체에 대한 건전성이 확보되도록 수립한다.
2) 하도계획은 장기적으로 안정하도가 되도록 하며, 계획홍수량을 안전하게 유하시키기 위해 하도계획을 수립한다. 하상 굴착, 제방 축조 등에 의한 하도 통수 단면적의 증대, 하도법선(河道法線)의 수정, 수제, 첩수로(捷水路, shortcut) 등의 건설 등을 충분히 검토하여야 한다.
3) 하도계획 시 하도 사행이나 여울과 소의 회복·조성 등을 통해 생물의 다양한 서식·생육환경을 확보하여야 한다.
4) 하도계획은 기본적으로 자연의 하도기능 및 특성을 살리는 홍수방어계획이 되어야 하며, 크게 평면계획, 종단계획, 횡단계획으로 구성된다.
5) 하도계획 수립 시에는 특히 다음과 같은 사항에 유의한다.
   가) 계획하폭에 여유가 있는 곳이라도 현 하천지형을 고려하여 하천부지를 최대한 활용한다.
   나) 직선화되고 획일화된 하도계획은 가급적 하지 않는다.
   다) 하천의 구간별 활용용도 즉, 구간별로 신설하천, 하천보강, 자연친화적 하천, 또는 복원・보존구간 등 각 구간에 적합한 계획을 세우며, 단순한 치수 일변도의 하도계획은 지양한다.

나. 수공구조물의 설계빈도

1) 홍수피해는 강수 등의 제1차 외적 요인, 유량 등의 제2차 외적 요인, 하도 단면적·하도특성·하천구조물 등의 하천조건, 투자에 의한 하천개수 상황, 범람에 강한 사회 생활양식의 추진, 수방활동 및 잠재 피해능(damage potentials) 등에 좌우되므로 이들을 감안하여 치수대책을 수립한다

2) 도시화가 진행되어 불투수 면적이 증가함으로써 상류지역의 토지이용조건이 변화함에 따라 첨두홍수량이 증대 하는 것이 일반적이다. 이러한 지역에서 치수안전도가 낮아지는 문제가 발생되지 않도록 충분한 배려와 대책을 수립하는 것이 중요하다. 과거 도시화, 산업화가 진행되면서 도시인프라는 계속 확장되어 왔으나, 이에 대한 홍수방어 인프라는 이에 맞춰 확충되지 못한 측면이 크며, 하류 도시유역을 방어하기 위한 상류 다목적 댐 등의 유역홍수조절시설 확충이 부족하여 이에대한 종합적인 정비가 필요한 실정이다. 또한 최근 기후변화로 인한 이상강우의 발생이 빈번하게 발생하고 있어, 홍수방어시설의 대응능력이 감소하고 있으며, 이에 대한 설계빈도 상향도 고려되어야 하는 상황이다.

3) 수공구조물이나 하천개수의 계획규모는 KDS 51 14 15(홍수방어 계획)를 준용하여 하천의 중요도에 따라 결정하되, 필요할 경우 제내지의 이용상황에 따른 홍수방어등급을 참고하여 선택적으로 결정할 수 있으며, 이때 하류지역의 통수능 및 대상하천의 특성을 종합적으로 고려하여 결정한다.

〈 하천의 계획규모 〉

(표 4.1-1)

하천중요도	계획규모(재현기간)	적용 하천 범위	비고
A 급 B 급 C 급	200 년 이상 100 ~ 200 년 50 ~ 200 년	국가하천의 주요구간 국가하천과 지방하천의 주요구간 지방하천	

주) ① 하천의 '주요구간'이란 홍수가 발생하는 경우 인명 또는 재산상 피해가 크게 우려되는 지역을 말한다.
② 하천의 주요구간은 유역의 기반시설, 인구, 홍수 피해 및 경제성 등을 고려하여 하천관리청이 정한다.
③ 하천의 구간에 따라 위 표의 범위에서 치수계획 규모를 달리 적용할 수 있다.
④ 도시를 관통하여 흐르는 하천의 경우에는 위 표의 치수계획 규모보다 상향하여 적용할 수 있다.

〈 제내지 이용상황에 따른 홍수방어 등급 〉

(표 4.1-2)

홍수방어 등급	계획규모 (재현기간)	제내지 이용 예
A 급	200년~500년	인구밀집지역, 자산밀집지역, 산업단지, 주요국가기간시설 등
B 급	100～200년	상업시설, 공업시설, 공공시설 등
C 급	50～80년	농경지 등
D 급	50년 미만	습지, 나대지 등

4) 수문학적 설계규모는 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하다. 특히 극한 수문사상에 대한 추정 한계치나 대소 수공구조물의 설계빈도를 결정하기 위해서는 이러한 공학적 판단과 함께 내용 연한을 초과하지 않는 설계기간에 닥칠 위험도를 평가하고, 치수경제분석과 설계 기술자의 설계 경험이나 현장 경험을 바탕으로 구조물의 종류, 중요도, 홍수 지역의 개발정도 등을 감안하여 설계빈도를 선택한다.

5) 수공구조물의 설계빈도 선택 시 구조물의 중요도, 도시화 등 수문학적인 요소가 가장 중요하나, 사회적, 경제적인 요소에 따라 설계기준이 달라질 수 있다. 따라서 특정 수공구조물의 설계빈도를 일률적으로 100년 또는 200년으로 결정하는 것은 바람직하지 못하다.

〈 주요 수공구조물의 설계빈도 〉

(표 4.1-3)

구조물 종류		설계빈도
배수시설	배수로*	30년 이상
	방수로	30년 이상
	배수제	30년 이상
	배수문	30년 이상
	배수펌프	30년 이상
	유수지 및 저류지	30년 이상
하천제방	인구밀집지역, 자산밀집지역, 산업단지, 주요국가시설 등 (홍수방어등급 A급)**	200~500년
	상업시설, 공업시설, 공공시설 등 (홍수방어등급 B급)**	100~200년
	농경지 등 (홍수방어등급 C급)**	50~80년
	습지, 나지 등 (홍수방어등급 D급)**	50년 미만
	국가 하천** 지방 하천**	100~200년 50~200년
홍수방어(조절)용	저수지	50년
	여수로	PMF(가능최대홍수량)
	제방	10년 이상

* 배수로의 설계빈도는 30년 이상을 적용하되, 지역별 방재성능목표를 참고하여 조정할 수 있다.
** 하천제방의 설계빈도는 하천 등급에 따라 결정하되 제내지의 이용 상황을 고려하여 하천관리청이 설계빈도를 조정할 수 있다.

6) 적정설계빈도 결정을 위한 객관적인 정량평가가 어려운 상황이므로 설계빈도를 위한 수문학적 특성, 사회 경제적 특성, 지형학적 특성 및 강우특성 등을 고려하여 설계빈도를 결정하여야 한다. 설계빈도 결정을 위한 고려사항은 다음과 같다.

가) 제내지현황(시가화비율), 도시화율 등의 토지이용의 중요성(사회 경제적 가치)

나) 하천 및 유역특성 : 하도경사, 유역면적, 유역형상, 하폭, 수계차수, 배수영향, 계획홍수량, 수리수문 사항, 하도현황

다) 강우특성 : 기왕강우 빈도, 장래이상강우 및 해당 하천유역이 갖는 강우와 홍수 등 수문량 크기와 빈도, 유역이 처한 잠재 피해능

라) 재해특성 : 재해발생유형, 재해취약성, 홍수피해잠재능

마) 주요구조물 : 다목적댐, 하구둑 등의 중요 하도시설 및 인구밀집지역, 자산밀집지역, 산업단지, 주요국가기간시설 등의 주요 보호시설

바) 치수경제성 분석 결과

7) 하천제방의 설계빈도는 하천 등급에 따라 결정하되 제내지의 이용 상황을 고려하여 하천관리청이 설계빈도를 조정할 수 있다. 이에 대한 사례는 다음과 같다.

- 대도시 인구밀집지역을 관류하는 국가하천 제방의 경우 홍수방어등급을 고려하여 100~200년에서 100~500년으로 상향 조정 가능
- 전력, 석유화학, 철강, 원자력, 국가산업단지 등의 국가기간시설을 관류하는 홍수방어의 필요성이 매우 높은 지방하천 구간의 경우 설계빈도를 50년~500년으로 상향 조정 가능

다. 하도설계 정비방향

1) 하도의 개수구간에 대하여 획일화된 하도계획이 아닌, 구간별 하도계획의 주목적을 뚜렷이 설정한다.

2) 하도 개수구간 내 댐, 유수지 등 기존의 저류공간을 이용하거나 신설을 통하여 최대한 저류량을 확보토록 하며, 치수목적 상 불가피한 경우에 한하여 신설하천을 계획한다.

3) 제방 법선은 치수상 안전하며 현재 및 과거의 하천모양을 고려하여 결정한다.

4) 저수로 법선은 하안 방어선을 병용하여 결정하되, 현재의 저수로 평면형상을 감안하여 제방방어에 필요한 고수부지폭, 저수로 안정화를 고려하여 하안 침식 방지가 필요한 장소에 하안 방어선을 적용한다.

5) 하도 내 계획 횡단면은 처음부터 복단면으로 설정하지 말고 현재의 횡단형상을 최대한 살리도록 한다. 친수환경 조성을 위한 복단면을 적용하는 경우 유수에 의한 호안세굴 등이 발생치 않도록 계획한다.

6) 계획하상 경사는 하상 안정을 유지하면서 하도단면을 확보하기 위한 기준으로 설정하여야 한다.

7) 하상 저하 경향이 있는 하천이나 하상 변동량이 큰 하천에서는 하천 시설물의 영향 등을 고려하여 계획 하상고를 설정하며, 교각이나 호안을 설치할 경우에는 시설물의 설계기준이 되는 하상고를 설정할 필요가 있다.

라. 방향설정 절차

1) 하도계획은 계획전체가 균형이 이루어질 때까지 각 단계를 반복 검토하여 수립한다.

2) 설정한 평면, 종횡단형 하에서 장기적으로 하도가 안정되도록 하도의 침식・세굴・퇴적을 방지

・억제하기 위한 구조물(호안, 수제공, 대공 등), 하상안정화를 위한 횡단구조물(낙차공, 띠공 등과 같은 하상유지공)의 배치계획을 수립한다. 또한 필요에 따라 보, 통문, 수문, 그 외의 구조물(치수기능 이외를 주목적으로 하는 구조물을 포함)도 검토대상으로 한다. 또한 기설 구조물의 제거 또는 개축도 필요에 따라서 검토 대상에 포함한다.

3) 하천구조물의 배치는 평수 시 및 홍수 시 유수의 거동과 하상・하안 형상의 변화, 토질・지질, 토사유송 등의 특성을 충분히 감안하여 배치하도록 한다. 필요한 기능을 최소한의 규모로 발휘시킬 수 있는 대책을 검토하여 양호한 하천환경의 정비・보전을 충분히 고려한 배치를 강구한다.

4) 또한 개수효과 검토는 개수 후 투자사업비와 경제효과와의 관계뿐만 아니라, 재해예방의 중요성, 개수공사 중 각 단계에서 나타나는 효과 등 여러 가지 요인을 검토한다.

4.2 하도계획 방향설정

4.2.1 평면계획

가. 기본방침

1) 하천의 평면구조는 하천 환경과 기존의 하천 형상을 고려하여 하천법 시행령 제24조 제2항 제6호 나목에 따른 계획홍수량이 안전하게 흐르도록 하폭을 기준으로 하도선형을 결정하되 상위계획인 하천기본계획에서 고시한 계획하폭 및 계획홍수위의 변동이 발생하지 않아야 하며, 불가피하게 변동이 발생할 경우 하천관리청과 협의 후 하천법 제25조 및 동법 시행령 제24조에 따라 하천기본계획을 변경하여야 한다.

2) 저수로 법선 결정은 평수량 또는 풍수량을 유하 시킬 수 있는 단면으로 하며, 현재 하천의 유심선(流深線)의 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 사행형상으로 결정하여야 한다.

3) 하천변의 수충부, 습지, 사수역, 홍수터, 놀둑(霞堤) 등의 보존 및 도입에 유념하면서 계획을 수립하여야 한다. 폐천화를 지양하며, 하천공간을 확보토록 계획

4) 계획하도가 처리할 수 있는 홍수소통능력이 부족할 경우 신설하천을 건설하는 방안을 검토하여야 한다.

나. 하도선형 결정

1) 기존의 하천 선형을 중심으로 물의 흐름이 원활하도록 계획하며, 필요하면 별도의 방수로나 첩수로 등 신설하천 선형과 비교·검토하여 최적으로 유지·관리할 수 있는 하도를 선정한다.

2) 하도 법선은 가능한 흐름에 대해 원활한 형상이 되게 정하며, 다음과 같은 사항을 종합적으로 검토한다.

가) 현 하도가 충분한 하폭을 갖고 있는 구간일지라도 사수역에 의한 유수효과를 고려한다면 사수

역을 포함하는 하폭을 확보하여야 한다.

나) 홍수시 유수방향과 수충(水衝) 위치를 검토하여 흐름에 대한 저항을 최소화하면서 유하 할 수 있게 정한다.

(1) 급류하천에서는 직선에 가까운 형상으로 하는 경우가 많다.

(2) 중소하천에서는 극단적인 S자 곡선을 피하고 전체적으로 평활한 형상으로 한다.

(3) 대하천에서는 수충부를 고정하고 그 이외의 구간에 호안을 설치하지 않을 수도 있으므로 하천 그 자체의 사행에 따라 완만한 곡선으로 계획하는 것이 좋다.

3) 제방이 설치된 하도 상류단에서 상류유역의 홍수유출량이 하도로 안전하게 유입될 수 있도록 배후지 지반고가 충분히 높은 지점, 도로, 산 등을 따라 선형을 정한다.

다. 저수로 법선 결정

1) 저수로 법선은 기존 하천의 저수로를 중심으로 결정하되, 하천 이용 상황과 하상(河床) 변화 등을 고려하여 계획하여야 한다.

2) 하천범람 구역이 넓은 대하천에서는 농경지, 하천환경관리 등과 같은 하천부지 이용계획에 따라 저수로 법선이 달라질 수 있으나, 최대한 자연상태의 유심선을 따라 결정하거나 수리모형실험 등을 통해 하상변화를 예측하여 결정하여야 한다.

3) 중·소하천에서 치수 상 문제가 없는 한 저수호안을 설치하지 않고 저수로를 정비할 때는 최대한 현 하천의 유심선을 따라 저수로 법선을 결정한다.

4) 저수호안이 설치될 정도의 규모를 갖는 하천에서는 하천환경관리 측면에서 고려한 하천부지 이용방침에 따라 유심선을 중심으로 저수로 법선을 결정한다.

5) 제방 및 저수로보호를 위해 하안방어선을 고려하여 저수로 법선을 결정한다.

라. 기타 유의 사항

1) 지류는 본류에 원활하게 합류시키도록 한다. 이를 위해서는 원래의 합류형상을 최대한 유지하며, 인위적인 변화를 가하고자 할 때는 합류점 전후에서 홍수소통을 안전하게 할 수 있고 하상의 세굴퇴적을 막을 수 있도록 수리모형실험 등을 통해 최적 합류형상을 결정하여야 한다.

2) 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비하여 극히 작고 본류에 대한 합류 영향이 작을 때에는 본류 법선을 중심으로 하는 합류형상으로 한다.

3) 습지, 사수역 부분 등 폐천 가능성이 있을 경우에도 그 기능을 보전하는 계획이어야 한다.

4) 폐천화 된 하천 구역은 하천법 제84조에 따른 절차를 이행하되, 치수 및 하천환경 보전의 목적에 우선 활용 검토한다.

5) 홍수터는 가급적 그 기능을 유지할 수 있도록 개발에 있어 유념한다.

6) 급류하천에서는 배후지의 토지이용상황 등에 문제가 없는 한 놀둑을 가능한 한 적극적으로 배치한다.

4.2.2 종단계획

하천의 종단계획은 상위계획인 하천기본계획에서 제시된 계획하상고 및 하천 종단경사를 반영하여 기고시된 계획홍수위에 대한 변동이 없어야 하며, 불가피하게 종단계획 변경시에는 아래의 사항들을 고려하여 종단계획을 수립하되 단면변화에 대한 수리계산을 반드시 수행하여 계획홍수위 등 고시사항에 대한 변동 발생시 하천관리청과 하천기본계획을 변경 여부 등에 대해 협의 후 계획을 확정해야 한다.

1) 하도 종단형은 흐르는 물에 대하여 안정성이 확보되도록 계획한다.
2) 하상변동을 예측하여 하도 종단형, 계획하상경사, 그리고 계획하상고를 결정하여 종단형을 계획하여야 한다.
3) 하도 종단형은 하상유지가 필요한 구간, 이수와 치수, 하천환경, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.
4) 하상이 안정하지 못한 경우, 하상이 하강경향이 있는 경우, 급류하천 등에서 유속이 커서 하상세굴이 심각한 경우, 또는 불가피하게 첩수로에 의해 상하류보다 경사가 커지는 경우 등은 현재의 하상을 중시하여 치수상 명확히 유리하다고 판단된다면 호안이나 밑다짐공을 정비하는 것보다는 낙차공 또는 띠공을 설치한다.
5) 중소하천에서 단순히 홍수를 소통하는 단면보다는 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 그리고 하천경관을 유지하기 위해 하상 자체에 여울과 웅덩이를 설치하는 등 자연스러운 하도 종단형을 결정하여야 한다.
6) 계획하상의 경사와 높이는 기존의 하상을 고려하여 정하되, 상류에서 하류쪽으로 급경사에서 완경사로 변화시켜 계획한다. 또한 지류의 하상 높이, 지하수위, 구조물 바닥높이, 취수시설 및 유속 등을 검토하여 안정된 하상이 유지되도록 계획하여야 한다.
7) 하도 변화에 따른 지질 상 약한 층이 노출되지 않도록 한다.
8) 하상이 안정한 경우에는 전 구간을 일률적으로 동일한 경사로 무리하게 계획하지 말고 현재의 하도 경사를 중시하여 매 구간마다 경사를 달리한다.
9) 특히 하상의 안정에 효과를 발휘하는 암반상이나 바닥보호공은 고정점으로 간주하는 계획이 되도록 한다.
10) 경사가 급한 하천에서 하상경사를 낮추어 안정하게 하고자 할 때는 낙차공과 같은 하상유지공을 설치한다. 이 때의 계획하상고는 계획하상경사 및 계획횡단형을 다음과 같이 시산하여 결정한다.
    가) 계획홍수위는 되도록 제내지 지반고에 가깝게 한다.
    나) 제방이 세굴 되지 않도록 할 때 완류하천에서 평균유속 2~3 m/s, 급류하천에서는 4 m/s 정도가 되는 수심을 구하여 개략적인 계획수심의 기준으로 삼는다.

다) 낙차공 등을 설치하는 경우에는 어류의 소상, 강하에 영향이 없도록 한다.

11) 하상의 안정을 위하여 필요한 경우에는 하상유지시설(제6편 하천치수시설 제4장 하천 하상유지시설 참고)과 여울과 소(제7편 하천환경시설 제2장 하천 복원공간 및 시설 참고)의 설치를 계획하여 역동성 있고 자연스러운 하천 형상이 조성되도록 하여야 한다.

4.2.3 횡단계획

하천의 횡단계획은 상위계획인 하천기본계획에서 제시된 계획단면을 반영하여 기고시된 계획하폭 및 계획홍수위에 대한 변동이 없어야 하며, 불가피하게 횡단계획 변경시에는 아래의 사항들을 고려하여 횡단계획을 수립하되 단면변화에 대한 수리계산을 반드시 수행하여 계획홍수위 등 고시사항에 대한 변동 발생시 하천관리청과 하천기본계획을 변경 여부 등에 대해 협의 후 계획을 확정해야 한다.

1) 횡단계획은 하천 본래의 자연적인 형상이 되도록 계획하며, 필요한 경우에 한하여 복단면 또는 복복단면으로 계획한다.

2) 하천의 횡단계획은 다음의 사항을 고려하여 계획하여야 한다.

가) 지형 및 지질

나) 계획홍수량

다) 하천의 종단구조

라) 생물의 서식 공간 등을 포함한 하천 환경

마) 주변 토지이용현황

바) 하천부지 이용계획

3) 급류하천이나 계획홍수량이 작은 하천에서는 일반적으로 단단면을 적용한다.

4) 계획하폭은 기존의 하천 범위와 현재의 하천부지 및 하천이용계획을 고려하여 계획하며, 계획홍수량에 따른 계획하폭 또는 관련 공식을 참고로 하나 가능한 한 최대 폭을 확보하도록 한다.

5) 하도의 만곡부에서는 만곡의 상황, 상·하류부의 하도 상황에 따라 하천 폭의 확대 등 필요한 계획을 수립한다.

6) 저수로 폭 및 고수부지 높이는 하도의 유지, 고수부지의 침수빈도 및 이용계획을 고려하여 결정한다.

7) 여울과 소의 확보는 중요한 요소이며, 설계가 가능한 여건 하에서는 적극적으로 설계에 도입한다.

4.2.4 기타계획

가. 방수로 계획

1) 방수로는 분담된 유량이 안전하게 흐르도록 수리적·구조적 안정성이 확보되어야 한다.

2) 방수로의 방류 지점은 방류수로 인하여 기존 시설과 주변 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 곳으로 하여야 한다.

3) 방수로의 유입부, 유출부 및 유출부 하류는 수리적 안정성을 검토하여 세굴에 안전하도록 계획하여야 한다.

나. 첩수로 계획

첩수로는 하천 개수연장 (및 유지 관리 연장)의 단축, 홍수 유하능력의 증대 등을 목적으로 계획되는 것인데, 그 결과로 종래보다 하상 경사가 급해진다 .따라서 첩수로 구간뿐 아니라 그 상류 측 및 하류 측의 상당 구간에 대해서 하상 경사, 하도 법선, 횡단형의 개량을 동시에 계획하여야 한다.

다. 지류 합류계획

1) 기본방향

가) 합류점에 있어서의 수리적 거동과 합류하천의 특성을 검토하여 적절한 계획을 수립하여야 한다.

나) 합류점 형상은 합류점의 유황과 세굴 및 퇴적 상황을 토대로 본류에 순조롭게 합류하는 형상을 원칙으로 한다.

2) 합류점 처리

가) 합류하천의 하상을 동일하게 만든다. 합류점에서 본류와 지류의 하상경사가 현저하게 다를 경우는 다음과 같이 처리하여 두 하천의 경사를 될 수 있는 대로 비슷하게 한다.

(1) 분류제(가름둑 또는 배할제)를 길게 해서 급경사 하천을 완경사가 되게 합류시킨다.

(2) 급경사 하천의 합류점 부근에 낙차공을 설치하여 하상경사를 조절한다.

(3) 하천을 우회하여 하류에서 합류시킴으로써 합류경사를 비슷하게 만든다.

나) 합류각도는 될 수 있으면 예각으로 해서 평행에 가깝게 합류시킨다.

(1) 지류를 우회하여 평행에 가깝도록 합류시킨다. 또한 도류제를 만들어 합류 시 유심 방향으로 평행이 되게 한다.

(2) 합류점에서 지류가 본류에 비해 현저히 영향이 적은 경우는 비교적 간단하지만, 지류의 영향을 무시할 수 없을 때는 그 처리가 곤란한 경우가 많음으로 신중히 검토할 필요가 있다.

(3) 합류점은 홍수의 소통, 내수 배제와 관련하여 검토하여야 하며, 급류하천에서는 제방 및 호안의 보호와 장래 유지관리 등을 고려하여야 한다.

(4) 하상이 다른 하천과 합류하는 경우는 가능한 한 여러 하천의 수리·수문상황이 같게 되도록 수정해 주어야 하며, 유수의 교란을 제거할 수 있도록 토사 세굴 및 퇴적 등을 방지할 수 있어야 한다.

3) 합류점의 조정

가) 합류하천에서 본류와 지류의 흐름 특성과 하천형태가 모두 안정되어 있는 경우, 합류전 모든 하천의 하폭을 합한 것을 합류 후 하폭으로 하는 것이 바람직하나, 한쪽 하천에서 배출되는 토사량이 많은 경우에는 소류력을 증가시켜 하천 내 퇴적을 방지할 수 있도록 지류 하폭의 합보다 약간 좁게 하는 것이 좋다.

나) 하천규모와 흐름 특성 및 하천형태가 다른 하천이 합류하는 경우는 하상변동이 일어나서 홍수소통에 지장을 줄 뿐만 아니라 상호간에 홍수에 의한 현저한 간섭을 받게 된다.

다) 이러한 경우는 가능한 한 이들을 분리시키는 것이 바람직하다. 분리가 곤란한 경우에는 합류점에 도류제를 설치하여 토사배출이 많은 하천의 흐름이 도류제를 따라 합류시킨다.

라) 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비해 극히 작아서 본류에 미치는 합류의 영향이 작은 경우에는 본류의 법선을 중심으로 합류형상을 취하는 것이 일반적이다.

라. 하구처리 계획

1) 기본방침

가) 하천과 바다 두 영역의 흐름 및 수리 조건을 충분히 고려하여 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 유하 시키도록 한다.

나) 하구처리계획은 고조나 지진해일 등에 의한 재해를 방지하도록 계획되어야 한다.

다) 필요에 따라 하천 이용범위를 증진시키고 하구와 해안 사이에 자연스럽게 조화를 이룰 수 있는 처리방식을 결정한다.

라) 하구의 처리를 위하여 하구처리방식, 하구의 하도계획, 하구의 하도처리계획 등을 결정하여야 한다.

2) 하구처리방향

가) 하구처리방식은 아래와 같은 점을 감안하여 결정한다.

(1) 하천 전체 하도계획과 관련하여 하구 고유기능을 조화롭게 수행할 수 있고 경제적인 방식으로 한다.

(2) 하천 주운 등에 지장을 주지 않도록 한다.

(3) 장래 유지관리가 용이하여야 한다.

(4) 상류 하천과 해안에 자연스럽게 조화를 이루도록 한다.

(5) 효과적인 하천 이용에 손상을 주지 않도록 한다.

나) 하구의 하도계획을 아래와 같은 점을 감안하여 결정한다.

(1) 계획홍수량이 체류되지 않고 안전하게 소통되도록 결정한다.

(2) 장래 유지관리가 용이한 하도로 한다.

(3) 갈수 시 하구부근의 취수 및 이수에 지장이 없도록 한다.

(4) 하구의 생태계 및 어류에 대한 환경문제를 최소화한다.

(5) 하구의 주운 및 지역개발(하구의 용수이용, 경관개발)을 고려한다.

3) 하구의 하도처리계획

가) 하구의 하도처리계획은 하구 계획홍수위 결정, 하구 계획단면 결정, 하구처리대책 결정 및 하구 막힘과 처리공법의 검토 등을 고려한다.

나) 하구의 하도처리계획은 각 하천이 갖고 있는 구체적인 조건을 고려하고 현지사정에 가장 적합한 대책을 세워야 한다.

(1) 충분한 현지조사와 자료해석을 통하여 구성된 안을 파악한 다음, 가능하면 수리 모형실험을 통하여 하구의 하도처리대책을 사전에 충분히 검토한다.

(2) 장래 하구의 확장을 고려한 하구의 하도 처리계획을 수립해야 한다.

(3) 염수 및 파랑침입, 해안침식, 하구 환경문제, 그리고 생태계 및 어류에 미치는 영향 등 부수적으로 발생할 수 있는 영향을 충분히 고려하고 장래에 이러한 문제가 발생할 경우 충분히 대응할 수 있도록 계획한다.

제 2 편

하천치수시설

제1장 하천제방

제1장 하천제방

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

제방은 유수의 원활한 소통을 유지시키고 제내지를 보호하기 위하여 하천을 따라 흙, 콘크리트 옹벽, 널말뚝, 합성목재 등으로 안전성을 확보하여 축조한 공작물을 의미하며, 다음과 같이 완성제방과 잠정제방으로 구분할 수 있다.

- 제방고 : 제방 부지 중심 지반으로부터 둑마루까지의 높이
- 제방표고 : 평균 해수면으로부터 제방 둑마루까지의 높이
- 둑마루 폭 : 제방 윗부분의 폭
- 굴입하도 : 하도의 일정구간에서 평균적으로 보아 계획홍수위가 제내지 지반고보다 낮거나 둑마루나 흉벽의 마루에서 제내 지반까지의 높이가 0.6 m 미만인 하도
- 완전굴입하도 : 굴입하도 중 둑마루가 제내지 지반보다 낮은 하도
- 완성제방 : 계획홍수위에 대한 구조적 안전성이 확보된 제방, 즉 필요한 여유고, 단면, 호안 등을 가진 제방
- 잠정제방 : 하천 개수공사 시 점차적으로 홍수에 대한 안전도를 향상시키기 위하여 또는 예산 사정상 연차별 투자계획에 맞추기 위하여 축조된 제방으로서 아직 완성되지 않은 상태의 미완성 제방

나. 적용범위

1) 본 장은 제방 설계시 제방에 적용하는 일반적이고 기본적인 사항을 다룬다.
2) 본 요령에서 취급하는 제방은 비월류 토사제방, 홍수방어벽, 대규격제방에 한하며, 하구에 설치되는 해안보호제방과는 구별된다.
3) 본 기준은 제방관련 계획 및 설계에 관련되는 기술과 방법을 명시한 것이며, 하천법에 의한 하천제방공사 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 농업생산기반시설 설계기준(농도편)(KDS 67 35 05)(2018, 농림축산식품부)
4) 항만 및 어항설계기준(KDS 64 00 00)(2023,해양수산부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(2021, 행정안전부)

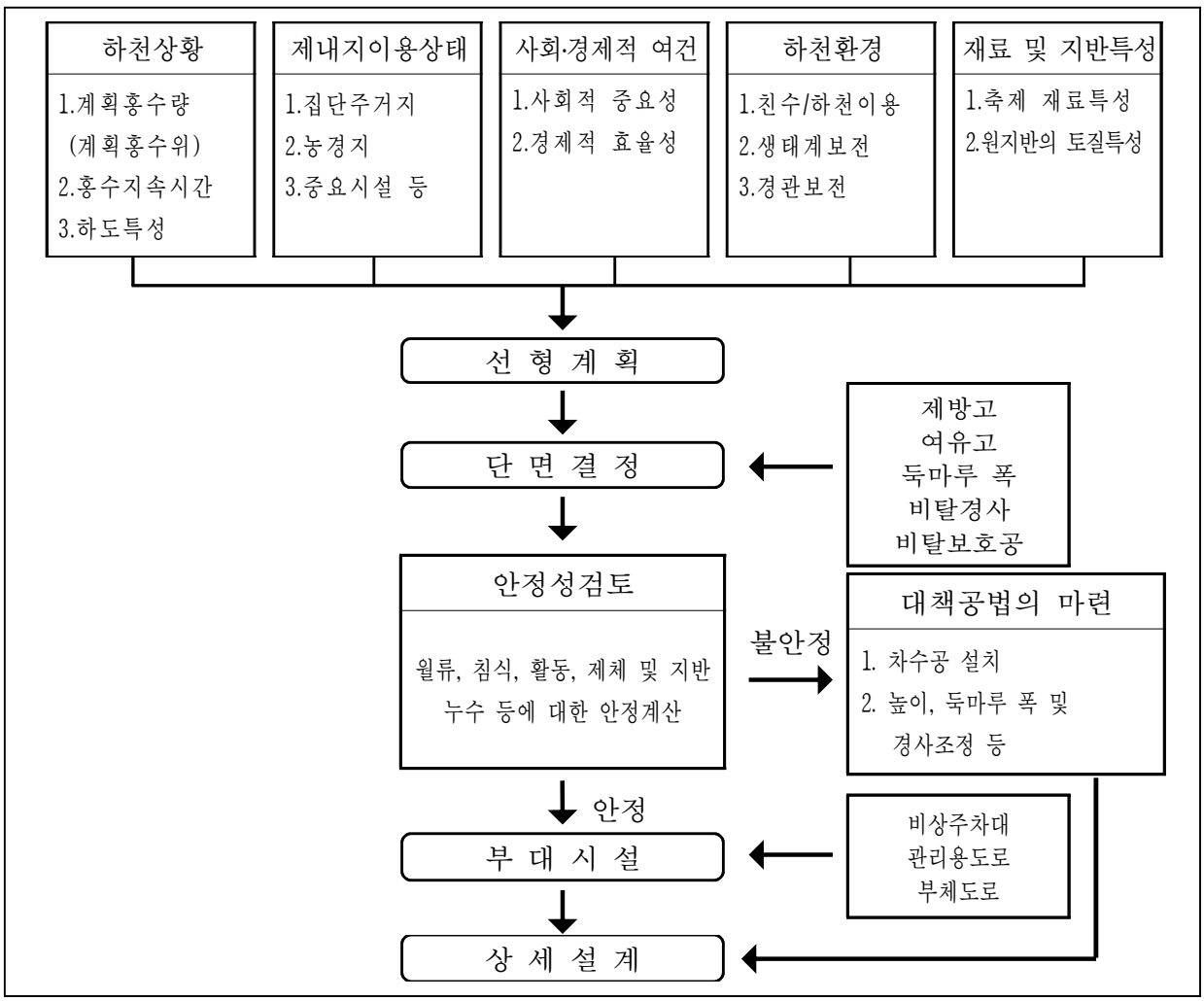
3) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(2021, 국토교통부)

4) 도시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙(2021, 국토교통부)

마. 설계 일반사항

1) 제방설계는 하도와 제내지 상황, 사회경제적 여건, 하천환경, 축제재료 및 원지반 상태 등을 종합적으로 고려하여 제방단면을 결정한 후 결정된 단면에 대해 안정계산을 실시하여 필요한 안전율을 확보할 수 있도록 최종단면을 결정한다.

2) 하상재료 등에 안전성이 확보되지 못한 재료를 사용 시에는 그 대책을 마련하거나 제방 단면의 제원을 수정하여 필요한 안전성이 확보될 수 있도록 해야 한다. 이때 제방의 설계는 일반 구조물과 같이 수리학적 혹은 토질 공학적 안전성 검토를 통하여 제방의 침식, 제체의 침투 및 활동에 대한 제방강화 형태 및 구간 등을 선정한다.



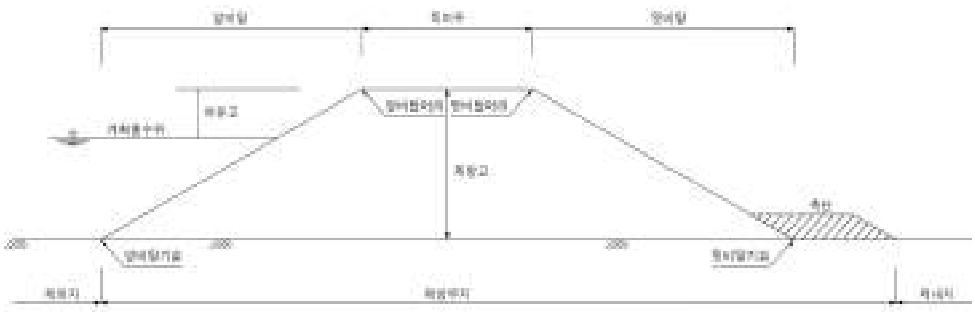
(그림 1.1-1) **〈 제방 설계 절차 〉**

3) 제방명칭의 경우 하천기본계획 및 시설물정보관리종합시스템(FMS)에서 제시된 제방명을 기준으로 하며, 신설 또는 국가/지방하천으로 경계가 구분되어 관리권이 대별되는 경우 제방명칭을 달리 명명할 수 있다. 또한 제방이 법정도로인 경우 도로명을 반영하거나 병기 적용하도록 하며, 필요시 제방정비 형식에 따라 제방정비지구 명칭을 달리 적용 할 수 있다.
4) 하천관리상 U형측구, 측단·관리용도로 등의 설치로 제내측과 경계구분이 필요할 경우 제방부 및 하천구역 경계부를 구분할 수 있는 시설을 설치할 수 있다.
5) 하천관리 및 하천 등급구분 등을 위해 제방 시·종점 안내판을 설치할 수 있다.
6) 제내측 폐천부지 및 잔여부지 하천 국유지의 경우 활용성 등을 고려하여 하천공간을 확보·활용할 수 있는 방안 및 유지관리 공간(응급토사 활용 공간, 교행공간 등)으로 활용할 수 있는 방안을 충분히 검토하여야 한다.
7) 차량방호울타리 및 난간 설치시 제방 제외측 유지관리 접근공간 확보를 위해 일정간격으로 개폐시설 또는 접근 공간을 확보할 수 있다.
8) 설계시 지류에 대한 배수영향구간을 면밀히 검토하도록 하며, 배수위 영향구간까지 설계를 원칙으로 한다.
9) 높이 0.2m이내 경미한 제방숭상구간에 시공성, 토성 확보, 적정 둑마루 표토 치환 등의 문제를 고려하여 적정 숭상고 이상으로 결정할 수 있다.

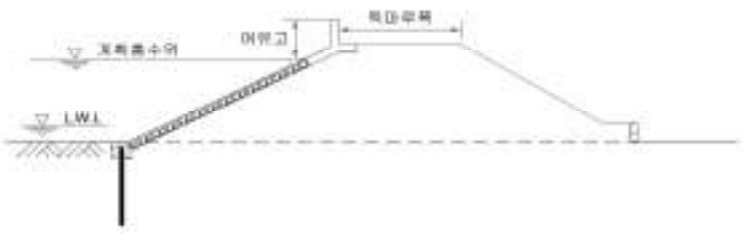
바. 제방의 구조와 종류

1) 구조

제방은 호안, 수제 등 이와 유사한 시설과 일체로서 계획홍수위(고조 구간에 있어서는 계획고조위) 이하 수위의 유수소통에 대해 안전한 구조로 하며, 예상되는 하중에 의하여 침식, 침투, 비탈면활동, 침하 등에 안전한 구조이어야 한다. 제방의 구조와 명칭은 (그림 1.1-2)와 같다.



(a) 토사제방



(b) 콘크리트 구조의 홍수방지벽을 가진 제방

(그림 1.1-2) **〈 제방단면의 구조와 명칭 〉**

2) 종류

일반적으로 분류할 수 있는 제방의 종류는 다음과 같다.

① 본제(main levee)
② 부제(secondary levee)
③ 놀둑(open levee)
④ 윤중제(둘레둑, ring levee)
⑤ 횡제(가로둑, cross levee, lateral levee)
⑥ 도류제(guide levee)
⑦ 가름둑(separation levee)
⑧ 월류제(overflow levee)
⑨ 역류제(back levee)

한편, 계획홍수량을 초과하는 홍수에 대해서도 제방이 파괴되는 피해를 방지하기 위한 목적으로 대도시 지역 대하천의 특정 구간에 대해서는 제방의 폭이 상당히 넓은 제방을 설치할 수 있으며 이를 대규격제방(대제방, super levee)이라 한다.

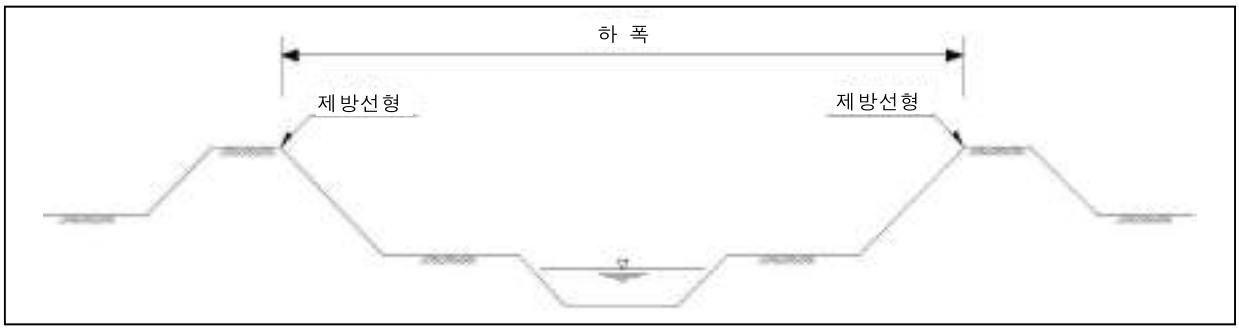
1.1.2 사전조사

1) 제방을 설계하기 위한 조사는 예비조사 및 현지답사, 본조사, 보완조사로 구분하여 실시한다.
2) 제방의 조사는 설계 대상구간의 토질 상황의 개요를 파악하고, 제방의 설계와 관련된 토질조사의 계획입안을 위해 실시하는 것으로, 기존의 시추조사를 포함한 토질조사자료 (시추주상도, 지층단면도, 토질시험 결과 등)를 기초로, 제방의 제체 및 기초 지반의 토질 특성에 대해서 조사한다. 토질조사에서는 제체 및 기초 지반의 토질 특성 개요를 파악하기 위한 탄성파 탐사, 전기비저항 탐사 등의 비파괴 조사를 실시할 수 있다.
3) 내진설계 대상 제방(하구둑, 높이가 5 m 이상인 국가하천의 다기능보 및 수문, 통수단면적이 50 ㎡ 이상인 수로터널이 있는 국가하천의 제방)은 내진설계에 필요한 조사를 실시한다
4) 사전조사는 본 요령 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)의 23.2 조사 일반'을 참고하여 실시한다.

1.1.3 제방 계획

가. 평면형

제방선형은 다음 (그림 1.1-3)과 같이 제방의 앞비탈머리를 따라 하천종방향으로 연결한 선으로 연결한 선을 말한다.



(그림 1.1-3) 〈 제방의 선형 〉

1) 제방선형은 하천기본계획에서 결정한 평면계획을 기준으로 하며 하천연안의 토지이용 현황, 홍수시의 유황, 현재의 하도, 장래의 하도, 공사비 등을 검토하여 가급적 부드러운 곡선 형태가 되도록 해야 한다.
2) 하천환경 측면에서 선형은 해당하천 고유의 자연환경, 하천의 이용현황 등과의 관계를 충분히 고려하여 하천환경의 보전 및 관리가 잘 되도록 해야 한다.
3) 완류 하천에서는 어느 정도의 만곡이 필요하므로 무리하게 직선으로 개수하여 평형이 깨지지 않도록 한다.
4) 급류 하천에서는 유수가 하안에 수충되지 않도록 하는 것이 좋다.
5) 연약지반상에 축조할 경우에는 공사비와 유지비가 모두 증가하므로 제방은 이러한 장소를 피해서 견고한 불투수성 지반상에 가급적 설치되도록 검토하고, 불가피한 경우 대책을 수립하여 설치하여야 한다.
6) 지류는 가능하면 예각으로 합류시키고 본류 배수영향이 심한 구간은 홍수를 원활히 유하시키기 위하여 합류점 하류에 적당한 길이로 도류제 설치를 검토한다.

나. 종단형

1) 여유고 변화구간은 여유고 규모가 변하는 지점에서 100m 정도 더 연장하여 ±2% 정도의 종단경사를 유지하도록 하거나 파랑 등의 영향으로 더 연장하여야 할 경우에는 산이나 교량 등으로 구분되는 지점에서 변화시킨다. 단, 100m 연장 구간 내에 산이나 교량 등의 구조물이 있는 경우에는 그 지점에서 변화시킨다.
2) 여유고 변화구간에 대한 종단계획 수립시 상류측 계획제방고가 하류측보다 낮지 않도록 하여야 한다.
3) 배수영향구간은 본류의 계획제방고와 지류의 배수영향이 끝나는 지점의 계획제방고를 직선으로 연결하여 계획하되 본류의 계획제방고보다 낮아서는 안 된다. 다만, 현지 여건상 적용이 곤란한 경우 발주처와 협의하여 현지 여건에 맞추어 종단계획을 수립할 수 있다.

다. 저수로 평면형

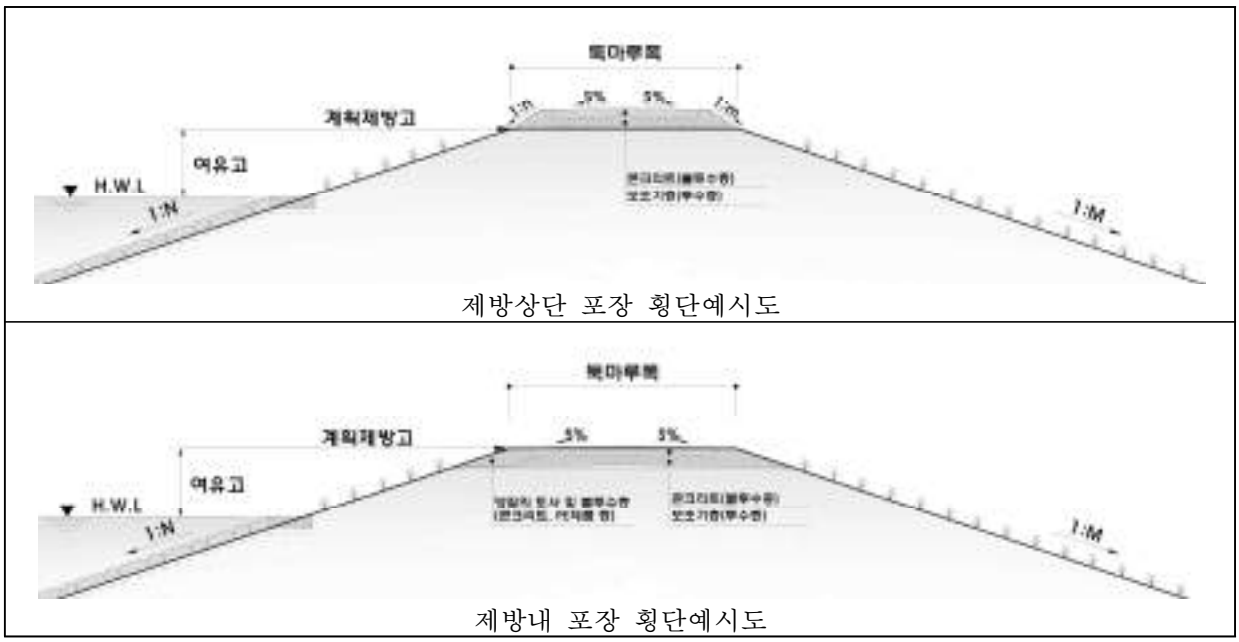
1) 자연환경 보전, 생태계 보전 및 친수공간 확보를 위하여 제방법선과의 관계를 토대로 현 상태의 저수로 형상을 가능한 한 유지할 수 있도록 하여야 한다.
2) 저수로법선 설정 시 하도특성 조사를 해서 현 하천의 사행특성, 수충부 위치, 기존호안 등을 확인하고 저수로의 위치를 안정화시키기 위한 하안 침식방지공 등을 검토하여야 한다. 이때 비용과 유지관리비가 많이 들지 않도록 하기 위해서는 저수로 내 어떠한 사주가 발생하는가, 그리고 저수로 법선형이 사주형상에 어떠한 영향을 주는지, 저수로의 사행정도, 사주형상과의 관계를 잘 파악하여 결정하여야 한다.

1.1.4 제방 설계

가. 제방고

1) 계획홍수위에 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이인 여유고를 더한 높이로 제방고를 계획하되 계획홍수위가 제내지반고 보다 낮아 치수상 지장이 없는 구간은 예외로 할 수 있다. 또한, 관리용도로 등의 설치를 위한 둑마루 포장층은 계획제방고 위에 설치하여야 하나, 경제성 및 현장 여건 등을 고려하여 제방둑마루 제외측 일부를 제방 성토재료와 동일 혹은 그 이상의 양질의 토사로 충분한 다짐을 하거나 불투수층 재료로(콘크리트, PE제품 등) 대체할 경우 이를 포함하여 제방고를 계획할 수 있으며, 이 때 둑마루 폭은 (표 1.1-2)를 참조하여 포장층 상단폭을 기준으로 결정한다.(그림 1.1-4 참조)

한편, 여유고는 계획홍수량별로 하천설계기준에서 제시한 (표 1.1-1)을 기준으로 한다.



(그림 1.1-4) **〈 계획제방고 결정 〉**

〈 계획홍수량에 따른 여유고 〉

(표 1.1-1)

계획홍수량(㎥/s)	여유고(m)	비 고
200 미만	0.6 이상	
200 이상 ~ 500 미만	0.8 이상	
500 이상 ~ 2,000 미만	1.0 이상	
2,000 이상 ~ 5,000 미만	1.2 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	1.5 이상	
10,000 이상	2.0 이상	

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회・하천협회)

2) 계획홍수량별 여유고는 일반하도에서의 최저치로서 실제 여유고는 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변 접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정해야 하며, 유량규모에 따른 최저치의 여유고에 얽매이지 않도록 유의해야 한다.

3) 기존 제방 및 과거 홍수흔적이 상기 표에서 제시하고 있는 최소여유고 이상 확보된 경우도 과거 하천정비사업 이력조사와 상세한 수리분석을 통하여 홍수위 저하에 대한 확실한 원인이 규명되지 않는 한 기존 제방고를 낮추지 않도록 한다.

4) 본류의 배수영향구간(본류의 배수위로 인해 지류의 홍수위가 상승하는 등의 영향을 받는 구간)의 지류의 제방(배수제방)은 본류의 여유고 기준에 준하여 계획을 수립하여야 한다. 만약 배수제방설치가 용이하지 않을 경우 자기류제방, 반배수제방의 제방형태를 고려할 수 있으며, 이에 대한 사항은 「하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)」의 제방편(KDS 51 50 05)을 참고한다. 배수구간 제방계획은 자연배제형식의 배수제방형태를 우선적으로 검토하되 공사비, 사유지 편입 여건을 고려하여야 하며, 사업여건, 현장 및 하도특성 등을 비교검토하여 최적의 제방계획으로 결정한다.

가) 배수제방(역류방지시설이 없는 경우)

- 본류와 지류가 합류하는 부근(이하에서는 ‘합류점’이라 한다)에 역류방지시설을 설치하지 않은 경우, 본류의 배수위에 따라서 본류의 홍수가 지류에 역류하게 되기 때문에 지류제방은 본류제방과 함께 충분히 안전한 구조로 하여야 하며, 이 경우의 지류제방을 배수제방이라 한다. 배수제방은 반배수제방과 완전배수제방으로 분리되며, 이하에서 단순히 배수제방이라고 하면 완전배수제방을 말한다.
- 제방고 : 배수제방은 본류에 접한 제방과 연결되는 제방으로서 동일구역의 범람을 방지하는 기능을 가지고 있으며 해당구간에서 홍수지속시간은 본류의 배수 및 역류를 고려하여 본류와 같은 정도 혹은 그 이상의 구조로 되어야 한다. 이와 같은 관점에서 제방의 높이에 대해서는 적어도 본류 제방고보다 낮지 않도록 하되, 다음의 방법에 의해 결정된 배수구간의 계획홍수위에 본류 내지 지류의 여유고를 더한 높이를 더하여 결정한다.
  (1) 본류의 계획홍수위가 있는 경우 본류의 계획홍수위를 기점수위로 계산하여 구해지는 수위. 단, 본류와 지류유역의 상황이 극단적으로 다른 경우에 첨두상황이 대부분 관계없다고 생각되는 경우에는 합류점의 본류수위에 대해 수평 수위로 할 수 있다.
  (2) 지류의 계획홍수량이 합류할 때의 본류유량에 대응하는 본류수위를 기점홍수위로 계산하여 구해진 수위. 단, 본류 계획홍수량에 대해서 지류의 계획홍수량이 비교적 적은 경우에는 지류의 계획홍수량에 대응하여 등류계산에 의해 구해지는 수위로 할 수 있다.
- 둑마루 폭 : 배수구간에서 제방의 둑마루 폭은 제방고의 경우와 같은 취지에서 본류 제방의 둑마루 폭보다 좁지 않아야 한다. 단, 제내지반고가 계획홍수위보다 높은 굴입하도인 경우 및 지형상황 등이 치수상 지장이 없다고 인정되는 구간에 대해서는 예외로 한다.

나) 자기류제방(역류방지시설이 있는 경우, 지류 자체유량에 따른 경우)

합류점에 역류방지시설을 설치하여 본류 배수위가 지류에 미치는 것을 차단할 수 있는 경우, 또 지류의 계획제방고를 본류의 배수위와는 관계없이 지류의 자기홍수위에 대응하는 높이로 하는 경우, 이 지류제방을 자기류제방이라 한다. 이러한 경우 지류의 첨두유량과 본류의 첨두 유량에 시차가 있더라도 역류방지 수문 폐쇄 후에 지류유출량이 지류의 하도저류용량을 초과하면 지류제방을 월류하여 제내지가 침수하게 된다. 따라서 자기류제방 계획이 가능한 경우는 지류가 굴입하도인 경우 또는 지류제의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우에 할 수 있다. 필요시 지류의 하도저류용량을 초과를 방지하기 위해 강제배수시설을 설치하여야 한다.

따라서 자기류제방의 처리는

(1) 지류가 굴입하도인 경우

(2) 지류제방의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우

(3) 지류제방의 홍수처리 능력을 초과한 홍수에 대한 대책으로서 배수펌프장, 방수로 등을 계획한 경우

(4) 지류 하천의 특성상 반배수제 등으로 계획할 경우 과다한 제방단면 등으로 인한 제방 설치의 타당성 및 경제성(B/C)이 없어 일부구간의 침수를 불가피하게 허용할 경우 등에 할 수 있다.

- 제방고 : 지류의 계획홍수위에 각각 자기유량에 따른 여유고를 더하여 제방고로 한다.
- 둑마루 폭 : 자기유량에 따라 정한 둑마루 폭이 최저기준으로 하되, 제방 또는 지반 토질조건, 수문 조작을 고려하여 지반안정성이 확보되는 범위로 결정한다.

다) 반배수제방(역류방지시설이 있는 경우, 배수제방과 자기류제방을 혼합한 경우)

합류점에 역류방지시설(통상은 수문)을 설치하여 본류 배수위가 지류에 미치는 것을 차단하고 계획홍수위에 대해서는 배수제방과 같이 하고 여유고 및 둑마루 폭은 자기류제방 방식과 유사하게 설치한다.

즉, 제방의 구조기준을 배수제방의 구조보다 저하시키고 보조로서 합류점에 역류방지시설을 설치하는 방식이다. 장점으로는 본류 계획홍수위에 지류의 첨두 유량이 동시 합류하는 경우에도 자기류제방과 달리 바로 월류하지 않으며, 배수제방에 비해 제방용지가 상당히 감소할 수 있는 점 등을 들 수 있다.

- 제방고 : 본류의 계획홍수위에 각각 자기유량에 따른 여유고를 더하여 제방고로 한다.
- 둑마루 폭 : 자기유량에 따라 정한 둑마루 폭이 최저기준으로 하되, 제내지반고에서의 제방 높이(또는 비탈길이), 제방 또는 지반 토질조건, 수문 조작을 고려하여 정한 홍수 계속시간 등 해당구간의 상황에 따라서 자기류제의 둑마루 폭과 본류제방과의 사이를 적절한 폭으로 할 필요가 있다.

5) 제방고는 하천설계기준을 준수하되 제내측 여건 및 선형 공작물 등에 저촉되는 상황을 제외하고, 가능한 대안측 제방고 보다 낮지 않도록 계획하여야 한다.

나. 둑마루 폭

1) 둑마루 폭은 (표 1.1-2)을 기준으로 하되 제방 및 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정해야 하며 유량규모에 얽매이지 않도록 유의해야 한다. 교통량이 많은 제방구간의 경우 유지보수 및 일반차량 교행이 가능하도록 충분한 둑마루 폭을 확보하여야 한다. 또한, 계획홍수위가 제내측 지반고보다 낮아 치수상 지장이 없는 구간은 예외로 할 수 있다.

2) 배수제방에서 둑마루 폭은 본류 둑마루 폭을 적용하고 배수영향구간을 벗어나서 변화구간을 갖도록 한다. 다만, 배수영향구간이 현저히 긴 경우 발주처와 협의하여 본류제방과 연계하여 일정구간에 대하여만 본류 둑마루 폭을 적용하고 그 외 구간에서 변화구간을 갖도록 할 수 있다.

3) 부득이하게 적정규모의 둑마루 폭 적용이 곤란한 경우에는 제방의 안전을 위해 누수방지공법 등을 적용하고, 이와 같은 공법이 적용된 제체의 둑마루 폭은 1) 최소 둑마루 폭 기준 4m, 2) 침투 및 비탈면 안정성 검토결과에 의한 최소 둑마루 폭 중 최대치로 결정한다. 단 상이한 둑마루 폭을 갖는 기존 제방과 연결할 때는 완화구간을 두도록 한다.

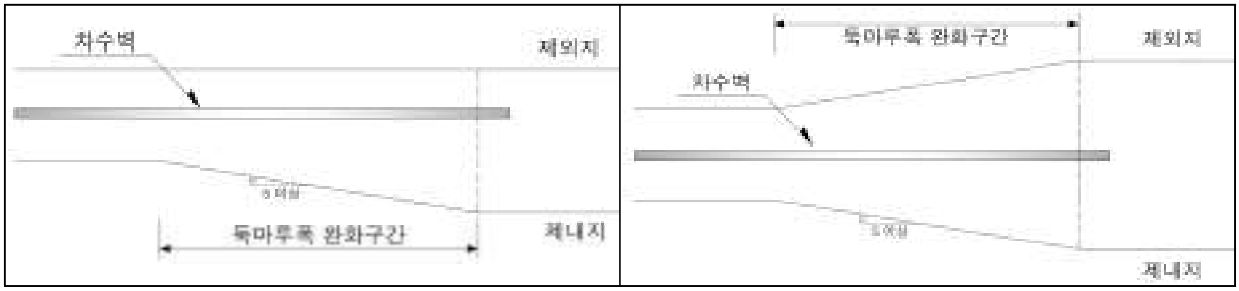
〈 계획홍수량에 따른 둑마루 폭 〉

(표 1.1-2)

계획홍수량(㎥/s)	둑마루 폭(m)	비 고
200 미만	4.0 이상	
200 이상 ~ 5,000미만	5.0 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	6.0 이상	
10,000 이상	7.0 이상	

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회・하천협회)

4) (그림 1.1-5)와 같이 차수벽 설치에 의하여 둑마루 폭이 변화하는 경우에는 둑마루 폭이 넓은 곳까지 차수벽을 설치하여야 하며, 완화구간의 에너지 손실을 최소화하기 위하여 둑마루 폭의 차와 완화구간 길이의 비는 1:5 이상의 완경사로 한다.



(그림 1.1-5) **〈 둑마루 폭 완화구간 예 〉**

다. 비탈경사

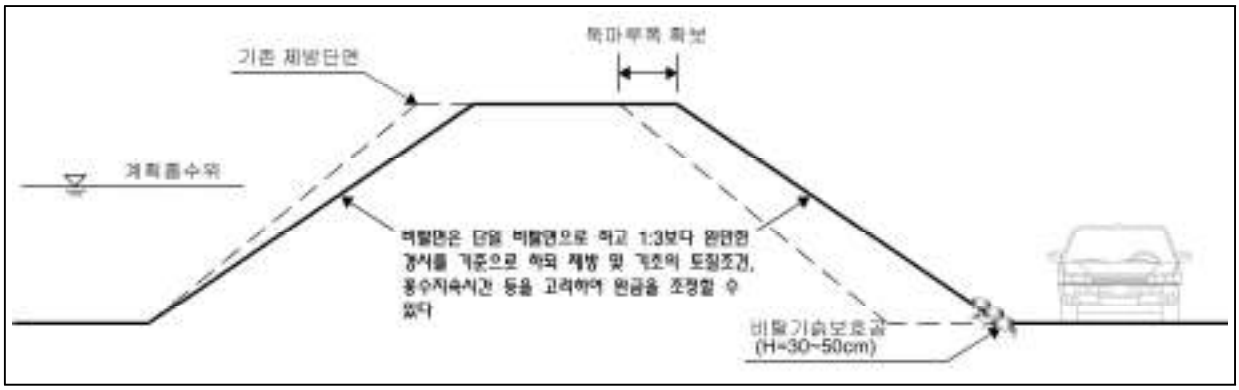
1) 제방의 비탈경사는 하천유수의 침투에 대한 안정성, 하천의 접근성, 하천생태적인 측면 등을 고려하여 1:3.0 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 제방고와 제내지 지반고와의 차이가 0.6m 미만인 구간과 교행공간의 뒷비탈 경사는 예외로 한다.

2) 지형조건, 기존제방과 연결, 통수단면 유지, 구조물 이설, 과도한 토지편입 등의 이유로 비탈경사를 1:3 보다 급하게 결정해야 할 필요가 있다. 이러한 경우 제방 또는 지반의 토질조건, 홍수지속시간 등을 고려한 수리학적·토질공학적 분석을 실시하여 사면 안정성을 검토하고, 안정성이 확보되면 비탈경사를 조정 할 수 있다.

3) 기존 제방의 앞비탈 경사를 1:3.0으로 설치할 때는 앞비탈기슭에서 앞비탈머리 방향으로 비탈면을 계획한다. 이때 기존제방의 둑마루 폭이 감소될 수 있으며, 감소되는 둑마루 폭은 뒷비탈(제내지)측으로 확장하여 확보하도록 한다.((그림 1.1-6) 참조)

4) 앞비탈 경사는 하천기본계획에서 제시한 비탈경사와 계획홍수위 산정 내용을 검토한 후 결정한다. 하천기본계획에서 제시한 정비계획, 특히 횡단계획과 홍수위 계산시 적용한 횡단자료가 상이한 경우가 있으므로 이에 대한 사전 검토를 시행하고 비탈경사를 결정하여야 한다.

5) 비탈경사가 1:3.0 보다 완만한 완경사 제방의 경우 비탈면으로의 차량진입, 불법주차 등이 행해지는 경우가 있기 때문에 이를 방지하기 위해 필요에 따라 비탈기슭에 보호공을 30~50㎝정도 높이로 설치할 수 있다.



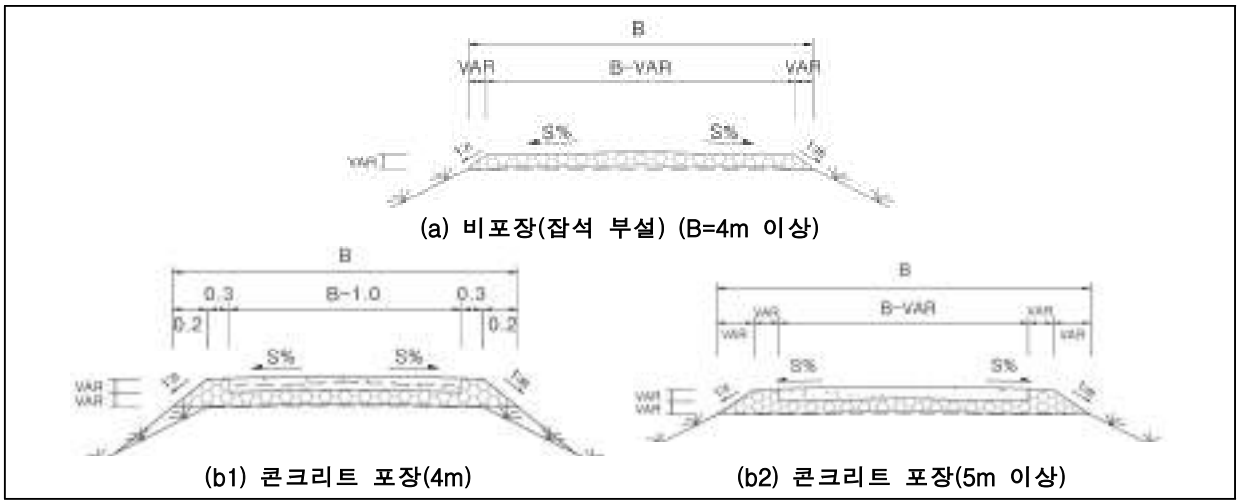
(그림 1.1-6) **< 비탈기슭보호공 설치 예시도 >**

6) 비탈기슭보호공은 돌망태 옹벽, L형 옹벽, 돌쌓기(찰쌓기, 메쌓기)등으로 하여 견고히 설치하여야 하며, 가급적 자연친화적인 측면을 고려하여 설치한다.

7) 제방의 종방향으로 비탈경사가 일정하지 않을 경우, 부득이 한 경우를 제외하고는 일정구간 변화구간을 설치하여야 한다. 특히 제외측의 경우 홍수시 국부 세굴의 원인이 되므로 유수의 흐름에 지장이 없도록 변화구간을 충분히 설치하여야 한다.

라. 둑마루 표면의 마무리

1) 둑마루 이용이 없는 등의 여건을 제외하고는 제방안전성, 유지관리성, 제방이용의 편의성 및 교통시설 주행성 등을 고려하여 둑마루 포장을 원칙으로 한다.
2) 둑마루 포장이 필요한 경우에는 교통량, 노상지지력, 동결심도 등을 고려해 포장두께를 결정하고, 콘크리트, 아스팔트, 잡석 부설 및 도로의 보조기층재(SB-2)를 두어 차량 및 농기계 통행으로 인한 요철(바퀴패임 등)이 발생하지 않도록 하여야 한다. 포장두께의 경우 관련 도로 및 포장기준(또는 지침) 등에 의거하여 15cm 등으로 결정할 수 있다.
3) 둑마루 표면은 1% ~ 2%의 횡단경사를 두어야 하며, 둑마루 폭에 따른 시공성을 감안하여 조정할 수 있다.
4) 하천유지관리를 위한 제방 둑마루의 유효 폭은 최소한 4m 이상을 확보하여야 하며, 친수 및 여가공간 조성시에는 계획홍수량에 따른 최소폭보다 크게 할 수 있다. 또한 실제 둑마루 폭은 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정해야 하며 유량규모에 의한 둑마루 폭 기준에 얽매이지 않도록 유의해야 한다.
5) 둑마루 표면의 다짐은 잡석(사리부설)은 비다짐, 보조기층재(SB-2)는 도로의 보조기층 다짐에 준한다.
6) 포장층이 계획제방고내에 포함될 경우 제외측 일부를 제방 성토재료와 동일 혹은 그 이상의 양질의 토사나 불투수층 재료로 계획하여 수밀성을 확보하여야 한다.
7) 포장층을 계획제방고위에 설치할 경우에도 안정성 측면에서 제외측 일부를 불투수층 재료로 확보하여 제방부 및 포장층까지 추가 수밀성을 확보할 수 있다.
8) 보조기층재 하면부의 기존제방의 확장 층은 양질의 토사로 충분한 다짐을 통해 안전성을 확보하여야 한다.(그림 1.1-7의 b1 참조)
9) 자전거도로 기능으로 사용될 경우 "자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정자치부·국토교통부)" 을 고려하여 포장계획을 수립토록 한다.

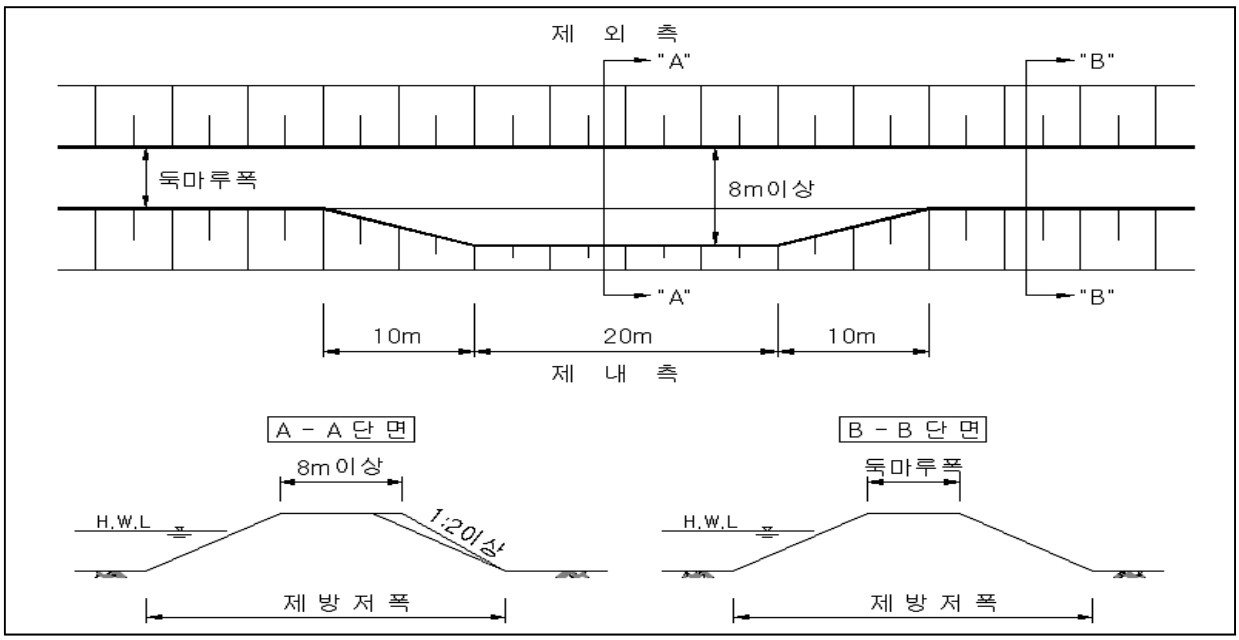


(그림 1.1-7) **〈 둑마루 포장 〉**

마. 교행공간

제방의 유지관리와 긴급방재활동 등을 위하여 자동차가 교행할 수 있도록 약 300m마다 교행할 수 있는 공간을 확보하여야 하며, 부체도로, 도로 교차로 등 교행이 가능한 공간이 있을 경우 이를 고려하여 설치거리를 조정할 수 있다.

1) 교행공간은 다음 (그림 1.1-8)과 같이 계획 할 수 있다. 제내지측 교행구간의 비탈면경사는 가급적 1:2 이상 확보되도록 하되 추가 편입용지가 발생하지 않도록 조정할 수 있으며, 이때 사면 안정에 문제가 없어야 한다.



주) 교행공간의 폭과 연장은 제내지 및 주변여건에 따라 가·감하여 적용할 수 있다.

(그림 1.1-8) **〈 교행공간 설치 예 〉**

2) 제방의 시·종점부가 산 등으로 막힌 경우는 시·종점부에 회차공간을 설치하여 접속부의 보강역할 및 관리용 차량의 회차 등이 가능하도록 한다. 회차공간은 교행공간과 같은 구조로 하되 폭은 12m 정도(이용차량 및 현지 여건을 고려하여 가감할 수 있음)로 한다.

3) 교행공간은 가능한 배수암거, 교량, 부체도로 등에 설치하여, 제방과 구조물 접속부 보강과 시설물 유지관리시 주·정차장 역할을 할 수 있도록 한다.

4) 관리용도로 및 부체도로를 설치함으로써 차량교행이 가능해지는 경우 교행공간을 계획하지 않아도 된다.

5) 교행공간은 차량의 교행을 목적으로 하나 제방의 응급복구시 응급복구용 재료로 활용될 수 있다. 따라서 교행공간 설치 시 소요되는 추가단면의 재료는 축제재료기준을 만족하지 않아도 되므로 현장 발생 사토, 토석 등을 적극 활용하여 사토량을 최소화 한다.

바. 관리용 도로 및 접근로

1) 제방의 관리용 도로는 제방둑마루 또는 제내지측 비탈면을 이용하여 설치할 수 있다.

2) 관리용도로의 폭은 제방둑마루에 설치 시 둑마루 폭 기준을 고려하여야 하고, 제내지측 비탈면에 설치 시 4m 이상으로 제내지 지반고 보다 1m 이상 높게 설치하는 것이 바람직하며, 제내지 여건에 따라 설치 규모를 조정할 수 있다.

3) 관리용도로는 홍수시 제방의 응급복구용 도로로서 제내측 기존도로에서 제방까지 자동차 및 중장비 등이 신속히 접근할 수 있도록 하는 접근도로를 설치하여야 한다. 만약 기존의 접근도로

가 소정의 규격(‘농어촌 도로의 구조·시설에 관한 규칙’ 참조)을 확보하고 있지 않을 경우 별도의 접근도로 계획을 수립하여야 한다.

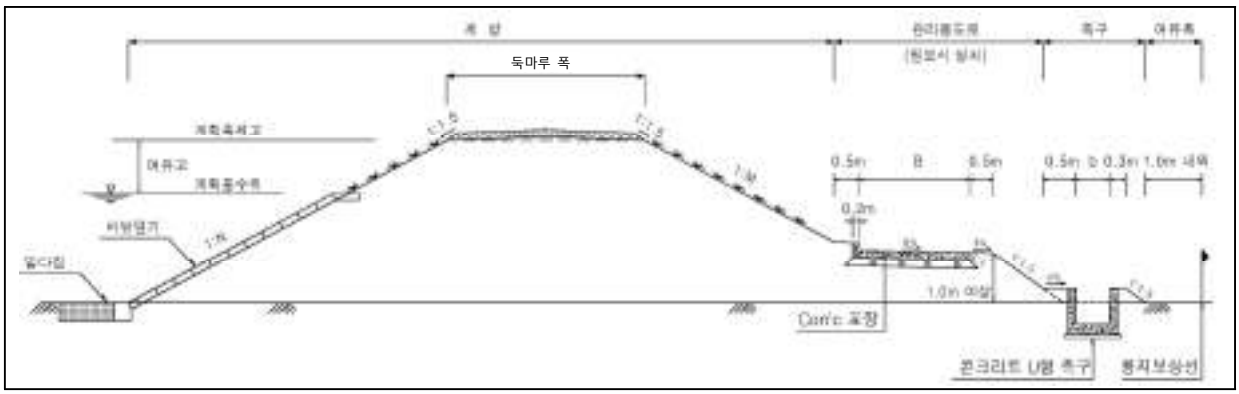
4) 최대한 기존 도로망을 활용하여 ‘관리용도로 및 접근도로 계획망도’를 작성하고 이를 토대로 접근도로 계획을 수립한다.

5) 접근도로를 설치하는 경우 제방 길이 방향으로 약 2㎞마다 1개소를 설치하고, 2㎞ 이하의 짧은 구간에서는 최소 1개소를 설치한다. 이때 접근도로에서 제방 둑마루부까지 차량이 진입할 수 있도록 완경사의 부체도로를 병행 설치하여야 한다.

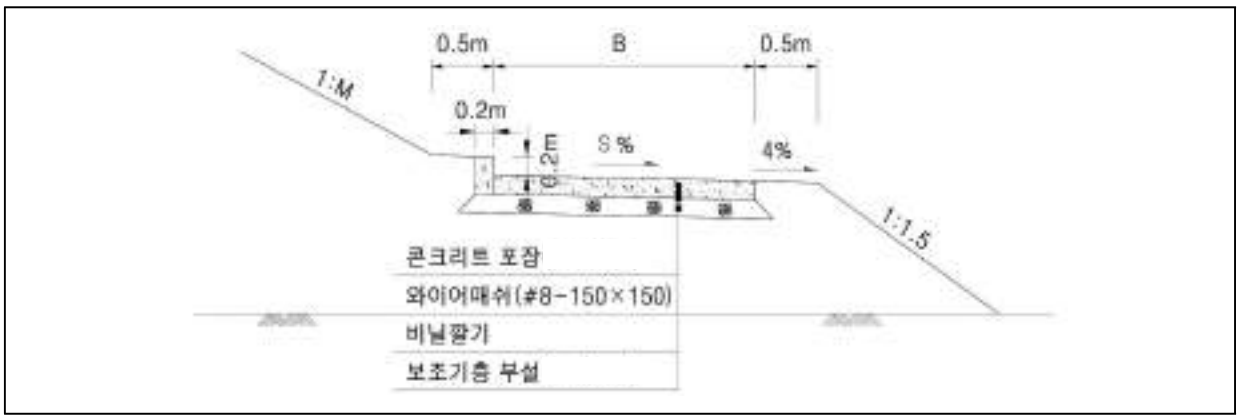
6) 제내측에 관리용 도로를 설치하는 경우 교행공간 설치와 병행하여 관리용도로와 제방 둑마루간의 차량통행이 가능하도록 연결도로(부체도로)를 설치한다.

7) 관리용도로 및 접근도로는 제내지 침수시 도로단절 등을 고려하여 제방하단(뒷비탈기슭)에서 최소 1.0m 이상 높게 설치하여 계획한다.

8) 고수부지 및 저수로의 관리가 필요한 구간의 경우 고수부지내 유지관리용 점검로를 설치할 수 있다.



(그림 1.1-9) **〈 관리용도로 및 측구 설치 예시도 〉**



주) 포장 및 보조기층재 두께는 교통량, 노상지지력, 동결심도 등을 고려하여 가·감하여 적용할 수 있다.

(그림 1.1-10) **〈 관리용도로 상세 예시도 〉**

9) 관리용도로 및 종배수로 설치 시 농경지 진·출입이 원활하도록 현장 여건에 맞춰 농경지 진입로를 계획하여야 한다.

10) 도시지역의 경우 하천공간이 지역주민들의 휴식공간으로 활용될 수 있도록 완경사 부체도로, 계단 등을 계획하여 주민들의 접근이 용이하도록 할 뿐만 아니라, 진입로는 장애인, 고령자, 임산부 등의 출입 편의를 확보하여야 한다.('장애인 · 노인 · 임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률' 시행규칙 별표 1(편의시설의 구조·재질등에 관한 세부기준) 제1호 참조))

사. 비탈면 보호공

1) 호안을 설치하지 않는 구간(제외지측 계획홍수위 이상 및 제내지측 비탈면)은 비탈면 보호를 위한 별도의 보호공을 설치하여야 한다.

2) 비탈면 보호는 식생공을 원칙으로 하며, 다음 (표 1.1-3)의 공법 중에서 토질 및 현지 식생여건 등 (표 1.1-4)를 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

3) 제방이 월류하여 세굴이 우려되는 곳에 강화공법을 설치할 수 있다

〈 비탈면 종류에 따른 비탈면보호공법 종류 〉

(표 1.1-3)

구 분	비 탈 면 보 호 공	비 고
성토면	줄떼, 평떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	
절토면	평떼, Seed Spray, 거적떼, 식생매트	

주) 제외측 홍수위 이하 및 제내측 수로는 적절한 호안공법 적용

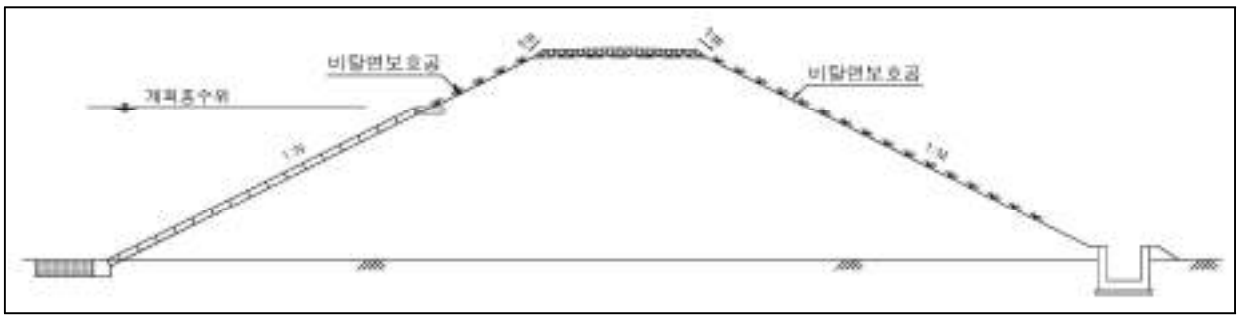
〈 비탈면보호공 선정시 고려할 축제 재료 특성 〉

(표 1.1-4)

축제 재료	특 성	비 고
GM, SM	침식에 대한 저항성이 작고, 식생의 초기활착이 어려움	
GC, SC, ML, CL	침식에 대한 저항성이 크고, 식생의 초기활착이 용이함	

4) 도로겸용제방의 경우 측구 및 도수로 등을 이용하여 별도의 비탈면 배수로 계획을 반영한 경우에는 줄떼나 거적떼만 설치할 수 있다. 단, 거적떼는 비탈길이가 2m 이상인 경우에 설치한다.

5) 제방의 성토비탈면은 사면다짐을 시행하여 안정을 도모하여야 한다.



(그림 1.1-11) **〈 둑마루 비탈면 보호공 설치 예시도 〉**

아. 제방내 나무심기 및 공작물 설치

1) 제방내 나무를 심을 경우 관련 기준을 준용하여야 하며, 공작물 설치시에도 제방의 안정성을 저해하지 않고, 제방내 시설을 훼손하지 않으며, 유수의 소통을 방해하지 않도록 계획하여야 한다.

1.1.5 제방안정 검토

가. 활 동

1) 제방은 원호활동 및 비탈면의 활동에 대해 검토하여야 하며, 안전율이 (표 1.1-5)에서 제시한 값 이상이 되도록 하여야 한다.

< 제체 상태에 따른 안전율 >

(표 1.1-5)

제체상태	간극수압상태	안전율
인장균열(crack) 불고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우 간극수압을 고려하는 경우	2.0 이상 1.4 이상
인장균열(crack) 고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우 간극수압을 고려하는 경우	1.8 이상 1.3 이상

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회・하천협회)

2) 제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안정성 검토에 고려되는 하중은 자중, 정수압, 간극수압, 교통(상재)하중 등이 있으며 이를 제방의 주 사용용도, 현장 여건 및 포화 상태에 따라 적용해야 한다. 이때, 교통(상재)하중은 (표 1.1-6)과 같이 적용한다.

< 교통(상재)하중 >

(표 1.1-6)

주 사용용도	상재하중 (kN/㎡)
일반제방	10
도로겸용 제방	12.7

나. 누 수

1) 제방은 누수에 대한 침투해석을 통해 안정성을 검토하여야 하며, 누수에 대해 불안정한 경우 (표 1.1-7) 같이 누수의 원인, 현지 여건 및 토질특성 등을 고려하여 적절한 대책을 강구하여야 한다.

2) 연약지반 처리공법 중 모래, 쇄석, 인공배수재 등 수평배수재가 적용되는 공법은 홍수기간 중 침투유로를 유발할 수 있으므로 이에 대한 대책을 강구하여야 한다.

< 누수의 종류, 원인, 대책 >

(표 1.1-7)

누수 종류	누 수 의 원 인	대 책
제체 누수	· 제체단면이 너무 작은 경우 · 제체가 모래질 또는 자갈인 경우 · 제체의 다짐이 부족한 경우 · 두더지 등의 동물에 의해 구멍이 생긴 경우 · 구조물과 성토부의 접합부 시공이 불량한 경우	· 제방단면 확대로 침윤선 연장 · 앞비탈면 불투수 피복처리 · 제내 비탈면 보강(압성토) · 제체내 차수벽 설치 · 구조물주변 차수벽 설치
지반 누수	· 지반이 모래층 또는 자갈층인 경우 · 고수부지 투수층이 세굴로 노출된 경우 · 고수부지 투수층이 골재채취로 노출된 경우 · 제내지 투수층이 골재채취로 노출된 경우 · 지반침하로 인해 침투압이 증가한 경우	· 제방단면 확대로 침윤선 연장 · 제외지에 수제 설치로 세굴방지 · 제내, 제외 바닥면 불투수 피복처리 · 투수층에 차수벽 설치 · 제방에 배수로 설치

다. 침 하

연약지반에 제방축조시 다음 사항을 검토하여야 한다.

1) NX규격(KS E 3107) 이상으로 자연시료를 채취, 토질시험 및 역학시험을 거쳐 침하량을 측정하고 대책공법을 세워야 한다. 또한, 제방의 중요도를 고려하여 시공시 지표면 및 지반 내에 계측기를 설치하여 축제로 인한 지반의 압밀침하 진행 및 지반파괴 및 융기현상 등을 지속적으로 파악하여 대책공법을 마련하여야 한다.

2) 침하계산시 침하량은 물론 침하속도와 시간과의 관계도 검토하여야 한다.

3) 침하방지 대책으로는 과재성토 및 연약지반치환 등의 방법이 있다.

4) 시공중에 침하량을 검측할 수 있도록 계측관리에 대한 설계가 반영되어야 한다.

5) 연약지반 침하량에 대해 고려할 사항은 다음과 같다.

가) 연약지반에 축조되는 제방의 침하를 검토하는 경우에는 시간효과를 고려하여 시공완료 후 발생할 침하를 예측하여 설계에 반영(여성토) 한다.

나) 연약지반 허용잔류 침하량에 대한 기준은 구조물의 사용 목적 및 중요도, 공사기간, 유지관리 정도, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적용한다.

다) 설계 제방의 주 활용도를 고려하여 (표 1.1-8)의 허용잔류 침하량 기준을 적용한다.

〈 허용잔류 침하량 기준 (제방 둑마루 기준) 〉

(표 1.1-8)

제방유형	허용잔류 침하량
일반 제방	총 침하기준 30㎝ 이하
도로겸용 제방	총 침하기준 10㎝ 이하
배수구조물 설치 제방 주변	총 침하기준 10㎝ 이하

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회・하천협회)

1.1.6 토량변화율

1) 토량변화율은 공사비에 영향이 큰 인자로, 토질 시험값을 적용하는 것이 원칙이나, 표본시료에 의한 시험값은 문헌자료와 비교하여 적용하고 소규모 공사(성토량 10,000㎥ 이하)의 경우 '건설공사 표준품셈' 에서 제시된 (표 1.1-9) 값을 이용할 수 있다.

〈 토량 변화율 〉

(표 1.1-9)

종 별	L	C
역질토 (GM, GC)	1.15~1.20	0.90~1.00
사질토 (SM, SC)	1.20~1.30	0.85~0.90
점질토 (ML, CL)	1.25~1.35	0.85~0.95

주) 평균값 적용시 토질별 가중평균값 적용, 자료출처 : 건설공사 표준품셈(2023, 국토교통부)

2) 토량변화율은 자연상태의 토량, 흐트러진 상태의 토량 및 다짐상태의 토량을 조합한 것으로 다음과 같다.

$$L = \frac{\text{흐트러진 상태의 토량 } (㎥)}{\text{자연상태의 토량 } (㎥)} \qquad C = \frac{\text{다짐상태의 토량 } (㎥)}{\text{자연상태의 토량 } (㎥)}$$

3) 토량환산계수(f)는 아래 (표 1.1-10)과 같다.

〈 토량 환산계수 〉

(표 1.1-10)

구하는 량 / 기준이 되는 량	자연상태의 토 량	흐트러진 상태의 토 량	다짐상태의 토 량
자연상태의 토량	1	L	C
흐트러진 상태의 토량	1 / L	1	C / L

주) 자료출처 : 건설공사 표준품셈(2023, 국토교통부)

4) 수량 산출시 흙쌓기 및 보조기층 수량은 다짐상태로, 그 외 모든 수량은 자연상태로 구하며, 단가 산출시 토량환산계수는 (표 1.1-11)과 같이 적용한다.

〈 공종별 토량환산계수 적용(예) 〉

(표 1.1-11)

공 종		토량환산계수	비 고
표 토 제 거		1/L	자 연 상 태
층 따 기		1/L	〃
흙 운 반 (깍기, 적사, 운반)	불도저운반	1/L	〃
	덤프운반	1/L	〃
순 성 토 (깍기, 적사, 운반)		1/L	〃
흙 쌓 기	부 설	C/L	다 짐 상 태
	다 짐	1	〃
사 토 (적사, 운반, 정지)		1/L	자 연 상 태
둑마루 표면 마무리	사리부설 (운반, 부설)	1	자연상태 = 다짐상태
	보조기층포설 (부설)	C/L	다 짐 상 태
	보조기층포설 (다짐)	1	〃
측구 터파기		1/L	자 연 상 태

1.1.7 침하토 쌓기

제체 자체의 침하에 대한 침하토 쌓기는 고려하지 않는다. 다만, 연약지반의 경우는 기초지반의 즉시침하 및 장기침하를 계산 후 그 양만큼 침하토 쌓기(여성토)를 하여야 한다.

1.1.8 축제재료

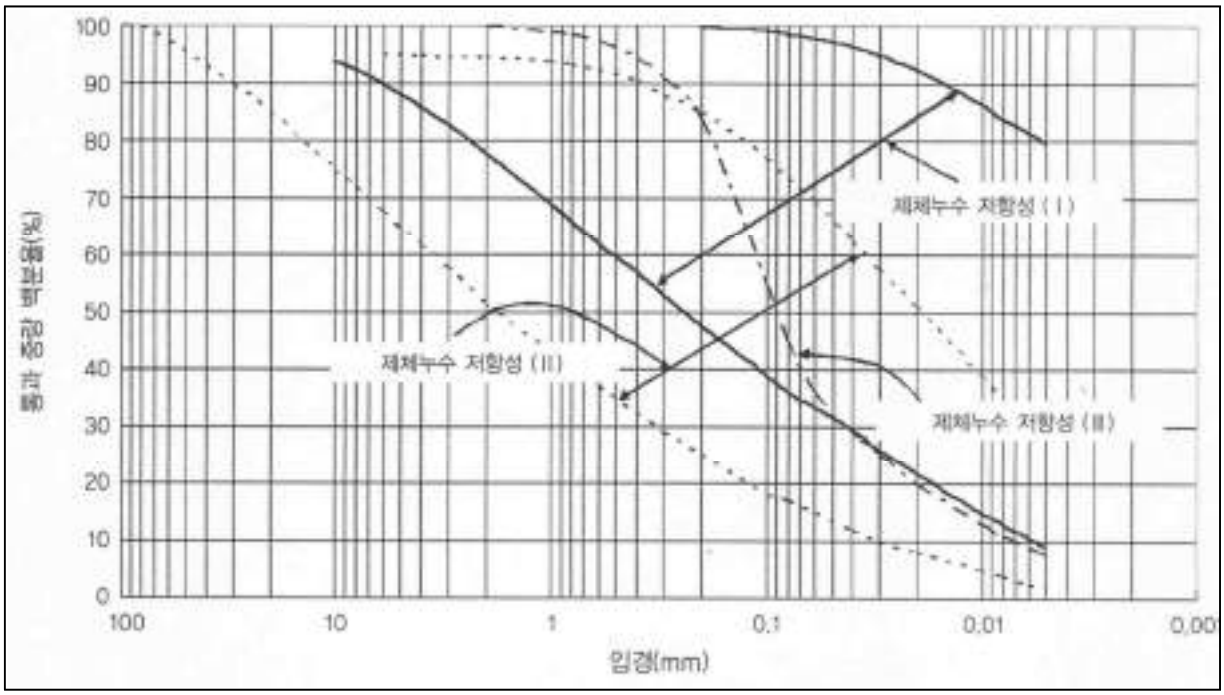
축제재료는 다음의 기준을 만족하여야 한다.

1) 하상재료의 사용을 원칙적으로 금하되 부득이한 경우는 성토재료로써의 적정성, 하상재료채취에 따른 하상변동 및 생태계에 미치는 영향을 종합적으로 검토한 후 사용여부를 발주처와 협의하여 결정한다.
   - 하상토가 제방재료조건을 만족할 수 없는 불량토라면 함수비를 줄이거나 다른 재료와 혼합하여 입도조정을 하는 등 개량하여 사용할 수 있다.
2) 균일형 하천제방에서는 하상재료 사용을 금하며, 투수성 확보를 위해 투수계수(k)는 $1.0 \times 10^{-3}\ cm/s$ 이하이어야 한다.
3) 활동방지를 위해 전단강도(내부마찰각, 점착력)가 커야 한다.
4) 굴착, 운반, 포설 및 다짐 등의 시공이 용이해야 한다.
5) 물에 용해되는 성분이나 풀 또는 나무뿌리 등의 유기물을 포함하지 않아야 한다.
6) 습윤이나 건조에 의한 팽창 및 수축이 크지 않아야 한다.
7) 함수비가 너무 높은 흙은 야적 후 함수비를 낮추어 사용해야 한다.
8) 재료의 최대 치수는 100㎜ 이내로 하며, 통일분류법상에 GM, GC, SM, SC, ML, CL 등과 같은 일정 정도 점토(C) 및 실트(M)와 같은 세립분을 함유해야 한다.
9) 물이 포화상태일때 내부마찰각이 크게 낮아지지 않아야 한다.
10) 축제재료는 적절한 입도분포 확보 및 누수에 대한 저항성을 높이기 위하여 <표 1.1-12>의 구분 Ⅰ,Ⅱ 이상의 재료를 사용하여야 한다. 각 재료별 입도분포곡선은 <그림 1.1-12>과 같다.
11) 정규 제체단면이외에 관리용도로, 비상주차대, 부체도로 등 추가단면은 제체안정에 문제가 없다면 확대된 추가단면에 대해서는 하상토 등을 사용할 수 있다.
12) 부득이 축제재료 기준을 만족시키지 못할 경우에는 단면 확대공법 및 앞비탈 피복공법, 입도조정기법 등 제방의 안정대책(활동, 누수, 침하)을 수립 후 현장여건(성토재료 품질, 장비 운용성, 경제성 및 환경성)을 충분히 고려하여 제방의 안정성이 확보되는 공법을 선정하도록 한다.

< 제체 재료별 제체누수에 대한 저항성 >

(표 1.1-12)

구 분	재 료	제체누수에 대한 저항성
Ⅰ	- 소성지수 PI > 15인 CL - 입도분포가 양호하고, PI > 15인 SC	가장 큼
Ⅱ	- PI < 15인 CL, ML - 입도분포가 양호한 GM - 입도분포가 양호하고, 7 < PI < 15인 SC, GC	중간
Ⅲ	- SP - 입도분포가 균등한 SM - PI < 7인 ML	가장 작음



(그림 1.1-12) **< 각 제체 재료별 입도분포곡선 >**

1.1.9 다짐

1) 제체재료의 품질 및 다짐기준은 (표 1.1-13) 따른다.

< 제방의 축제 재료의 다짐기준 >

(표 1.1-13)

구 분		기 준	비 고
수정 C B R		2.5 이상	KS F 2320
다짐도	일반구간	90% 이상	KS F 2312
	구조물 뒷채움구간	95% 이상	KS F 2312
시공함수비		다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 해당 다짐밀도에 대응하는 습윤측 함수비 사이	
1층 두께	일반구간	30㎝ 이하	한층의 마무리두께
	구조물 뒷채움 구간	20㎝ 이하	
#200통과량 20~50%		공기 간극률(Va) 15% 이하	
#200통과량 50% 이상		공기 간극률(Va) 10% 이하	

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회 · 하천협회)

가) 수정 CBR : 제체 둑마루가 교통하중에 견딜 수 있어야 하며, 견인식 타이어 롤러로 전압이 가능한 최소 2.5이상의 지지력이 필요하다. 단, 흙의 수정 CBR이 2.5 미만일 경우 별도의 안정처리 대책을 강구하여 사용하여도 무방하다.

나) 다짐도 : 흙의 다짐도는 KSF-2312의 규정에 따라 실시한 최대건조밀도의 90% 이상으로 한다.

다) 또한 #200체 통과량이 20 ～ 50% 일 때는 공기 간극률(Va) 15% 이하, 통과량이 50% 이상일 때는 공기 간극률은 10% 이하가 되어야 한다.

라) 규정된 다짐도는 만족하지 않지만 충분한 강도 (콘지수(qc)≥10)가 확보될 수 있는 별도의 시험시공에 따라서 다짐 할 수 있다.

2) 흙쌓기 및 되메우기의 다짐은 층다짐으로 하여 다짐부위 전체가 균일한 다짐이 되도록 한다.

3) 다짐장비의 선정, 다짐횟수 및 포설두께 등의 다짐규정은 현장 여건을 고려하여 (표 1.1-14) 기준에 따라 설계하여야 한다.

〈 토질에 따른 다짐롤러 기종의 선정 〉

(표 1.1-14)

토 양	다짐기계	다짐두께 (㎝)	다짐도 (%)	규격 (ton)	다짐횟수
점성토	양족식롤러 (자주식)	30	90%	19	5
			95%	19	8
사질토	진동롤러	30	90%	10	6
		20	95%	10	
	타이어롤러	30	90%	8～15	4
		20	95%	8～15	

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2019, 한국수자원학회・하천협회)

4) 흙쌓기 층은 균일한 밀도를 얻기 위해서 사전에 불도저 등으로 땅고르기와 물을 뿌리거나 아니면 적당한 방법으로 건조시켜 최적 함수비에 가까운 상태로 조절하여 다지도록 한다.

5) 롤러와 그레이더는 흙쌓기 재료를 고르게 다지는 데 충분한 수량을 확보하도록 한다.

6) 다짐후 현장밀도 측정은 다짐층별로 1,000㎥ 마다, 제방 길이방향으로 500m 마다 1회 이상 실시한다.

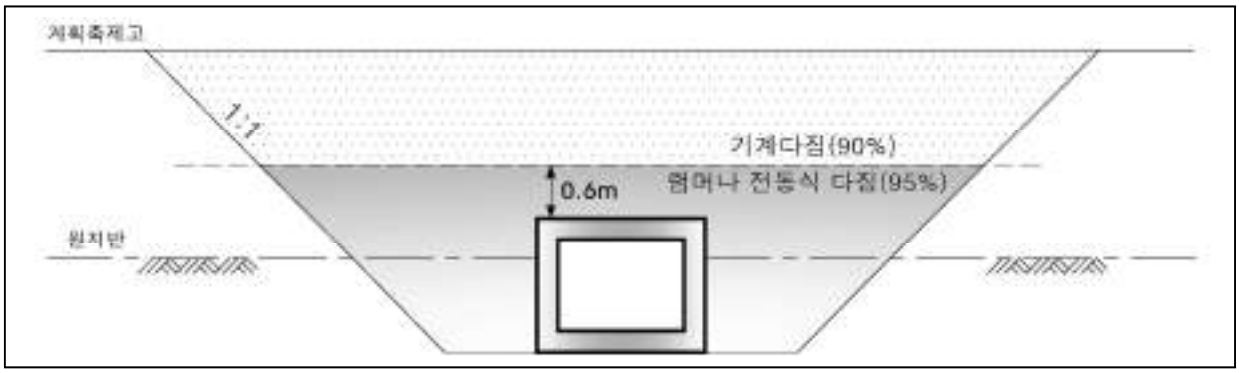
7) 흙쌓기의 시공에 있어서는 전체가 균일한 다짐이 되도록 하고, 비탈면은 규정 다짐률 이상으로 다지도록 한다.

8) 구조물에 인접한 부분과 같이 면적이 좁아 롤러류에 의한 다짐을 못하는 장소는 램머 및 전동식 다짐 기계 등으로 다짐을 실시한다.

9) 지반의 굴곡으로 규정된 포설두께로 다짐장비 운행이 어려울 경우에는 다짐장비 운행이 가능한 면적까지는 인력 포설을 할 수 있고, 이때 재료는 균일하게 포설해야 한다.

10) 구조물 양측 및 상단 0.6m는 다짐도를 95% 이상으로 하고, 구조물 주변의 뒷채움재는 반드시 양질의 토사(SM 및 SC등)를 사용하여 누수에 대한 안전을 확보하여야 한다.

11) 제방 횡단 구조물의 일반토사 되메우기 구간은 다짐층의 두께를 10～20㎝로 하여 램머나 전동식 다짐 기계로 배수통문 및 통관 양측에 대칭으로 골고루 다져야 하며, 상단 30㎝ 높이까지 다짐 되메우기가 완료된 후가 아니면 대형 장비 다짐은 피한다.



(그림 1.1-13) **< 구조물 주변 다짐범위 >**

1.1.10 연약지반처리

연약지반 위에 제방을 쌓을 경우 설계단계에서 충분히 조사 검토 후 적절한 공법을 선정, 제시하여야 하며 자세한 사항은 '제7편 공통설계편 제2장 하천지반설계'를 참조 할 수 있다.

1.1.11 도로겸용제방

가. 일반사항

1) 둑마루를 도로겸용으로 이용하는 경우에는 차로폭, 폭원구성, 다짐규정, 포장두께 결정, 노면배수계획, 도로교통 안전시설물 등을 고려하여야 하며, 관련 도로설계기준에 맞추어 설계를 수행하여야 한다.

2) 도로겸용제방의 다짐은 도로설계기준에 맞추되, 성토재료에 대한 사항은 누수에 대해 위험이 없도록 하천설계기준에서 제시하는 규정(KDS 51 50 05 : 제방의 재료)에 적합한 재료를 사용하여 시설물(도로겸용제방)의 안전성이 확보되도록 하여야 한다. 다만, 도로의 폭이 제방기준 폭 이상인 구간은 일반제방구간과 동일한 재료를 사용하는 것을 원칙으로 하되, 현장 여건, 경제성 등을 고려하여 제방의 재료기준과 다른 재료를 사용할 수 있다.

3) 또한, 제외측 비탈면은 하천설계기준에 준하여 호안을 설치한다.

4) 도로 포장단면 중 제방 둑마루 제외측 비탈면을 불투수층 재료로(콘크리트, PE제품 등) 대체할 경우 계획 제방고에 포장층을 포함할 수 있다.

5) 교통량이 많아 비점오염물질의 하천 내 유입으로 하천수질을 악화시키고 소음진동으로 하천 내 주요 서식처를 훼손할 우려가 있는 도로는 제방상단보다는 제내지측에 설치토록 유도하고 그 사이에 완충녹지설치와 비점오염물질 저감대책을 수립하여야 한다.

나. 도로의 종류

도로의 종류는 크게 세가지로 구분되며, 각각 관련 규정이 다르므로 해당 규정에 맞추어 설계를 하여야 한다.(농로, 부체도로, 관리용도로는 제외)

- 일반도로 : 도로법, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
- 농어촌도로 : 농어촌도로정비법, 농어촌도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
- 도시계획도로 : 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

1) 도로법(도로의 구조·시설기준에 관한 규칙) 적용 도로는 다음과 같이 구분하고 있다.

가) 도로는 고속도로와 일반도로로 구분한다.(본 하천공사 설계실무 요령에서는 고속도로에 대한 사항은 생략함)

나) 지방지역에 소재하는 일반도로의 기능별 구분에 상응하는 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제3조의 규정에 의한 도로의 종류는 (표 1.1-15)와 같다.

< 도로법상의 도로의 종류 >

(표 1.1-15)

도로의 기능별 구분	도로의 종류
주간선도로	고속국도, 일반국도, 특별시도・광역시도
보조간선도로	일반국도, 특별시도・광역시도, 지방도, 시도
집산도로	지방도, 시도, 군도, 구도
국지도로	군도, 구도

주) 자료출처 : 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 (제3조)

2) 농어촌도로정비법(농어촌도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙) 적용 도로는 다음과 같이 구분하고 있다.

가) 면도 : 도로법에 규정된 도로(이하 “군도이상의 도로”라 한다)와 연결되는 읍·면 지역내의 기간도로

나) 리도 : 군도이상의 도로 및 면도와 분기하여 마을간이나 주요산업단지등과 연결되는 도로

다) 농도 : 경작지등과 연결되어 농·어민의 생산 활동에 직접 공용되는 도로

3) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙) 적용 도로는 다음과 같이 구분하고 있다 (규모별 분류)

①광로	- 1류 : 폭 70m 이상인 도로 - 2류 : 폭 50m 이상, 70m 미만의 도로 - 3류 : 폭 40m 이상, 50m 미만의 도로	③중로	- 1류 : 폭 20m 이상, 25m 미만의 도로 - 2류 : 폭 15m 이상, 20m 미만의 도로 - 3류 : 폭 12m 이상, 15m 미만의 도로
②대로	- 1류 : 폭 35m 이상, 40m 미만의 도로 - 2류 : 폭 30m 이상, 35m 미만의 도로 - 3류 : 폭 25m 이상, 30m 미만의 도로	④소로	- 1류 : 폭 10m 이상, 12m 미만의 도로 - 2류 : 폭 8m 이상, 10m 미만의 도로 - 3류 : 폭 8m 미만의 도로

다. 도로겸용제방 설계시 고려하여야 할 사항

도로겸용제방 설계시 해당 도로의 설계속도, 횡단구성, 선형(평면, 종단), 교차로계획(평면, 입체), 포장공법, 배수시설계획, 도로의 부속시설 등에 대하여 검토를 수행하고, 기하구조는

'도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙' 및 세부 설계지침 등을 참조하여 수행하여야 한다.

상기 기준 중에서 각 도로에 대한 설계속도와 차로폭에 대한 규정은 다음과 같다.

1) 도로법 적용 도로

가) 도로의 설계속도는 도로의 구분에 따라 (표 1.1-16) 속도 이상으로 한다. 다만, 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우에는 (표 1.1-16) 속도에서 20km/h 범위안의 속도를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다.

< 도로종류에 따른 설계속도 >

(표 1.1-16)

도로의 기능별 구분		설계속도(㎞/h)			
		지방지역			도시지역
		평 지	구릉지	산 지	
주간선도로	고속국도	120	110	100	100
	그 밖의 도로	80	70	60	80
보조간선도로		70	60	50	60
집산도로		60	50	40	50
국지도로		50	40	40	40

주) 자료출처 : 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙

나) 도로의 차로수는 도로의 구분 및 기능, 설계시간교통량, 도로의 계획목표연도의 설계서비스수준, 지형상황, 나누어지거나 합하여지는 도로의 차로수 등을 고려하여 정하여야 한다.

다) 차로의 폭은 차선의 중심선에서 인접한 차선의 중심선까지로 하며, 도로의 설계속도 및 지역에 따라 (표 1.1-17) 폭 이상으로 한다. 다만, 설계기준자동차 및 경제성을 고려하여 필요한 경우에는 차로폭을 3m 이상으로 할 수 있다.

< 지역에 따른 도로의 차로 폭 >

(표 1.1-17)

설계속도(km/h)	차로의 최소 폭(m)		
	지방지역	도시지역	소형차도로
100 이상	3.50	3.50	3.25
80 이상	3.50	3.25	3.25
70 이상	3.25	3.25	3.00
60 이상	3.25	3.00	3.00
60 미만	3.00	3.00	3.00

주) 자료출처 : 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙

2) 농어촌도로정비법 적용 도로

가) '농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙'에서 제시하는 도로 종류에 따른 표준적인 설계속도 횡단구성 및 차로폭 그리고 설계속도는 (표 1.1-18)와 같다.

‹ 도로종류에 따른 횡단구성 및 폭원구성 ›

(표 1.1-18)

도로의 구분		설계속도(㎞/h)	차로수	차로폭(m)
면도	평 지	50	2	3
	산 지	40		3
리 도		40	1	5
농 도		20	1	3

주) 자료출처 : 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙

나) 도로의 차로폭은 일반적으로 설계속도에 따라 그 폭을 정하고 있으나(일반도로의 차로폭 참조), 농어촌도로와 같이 계획교통량이 적고 그 도로를 이용하는 차종에 대형 농기계가 다수 포함되고 있고 또한, 이러한 농기계의 통행으로 인하여 다른 차량의 운행에 지장을 끼칠 염려가 있는 경우에는 도로 이용빈도가 높은 차량을 기준으로 차로폭을 정하는 것이 합리적이다.

다) 리도의 경우 1차로로 설계하는 경우 대형농기계가 통행할 수 있도록 기본폭을 4.5m로 하고, 교차시의 일정간격 0.5m를 합하여 5.0m 이상의 차로 폭을 원칙으로 한다. 다만, 지형상황 등을 고려하여 부득이 하다고 인정하는 경우에는 리도의 차로 폭을 4m 이상으로 할수 있다.

라) 농도는 경작지와 직접 연결되는 도로이기 때문에 통행량이 매우 적어 농기계로 인한 다른 차량의 운행에 미치는 영향이 적으므로 차로폭을 3m 이상으로 하고 교행은 대기차로를 통해서만 가능하도록 한다.

3) 포장두께의 결정

가) 계획교통량이 현저히 많을 것으로 예측되는 일반도로겸용 제방의 포장두께 결정은 '도로포장 구조 설계 요령(2015. 12, 국토교통부)' 의 설계 요령 등을 참조하여 결정하고 대부분 콘크리트 포장으로 설치되는 농어촌도로용의 경우 '농업생산기반시설 설계기준(농도편)' 에서 제시하는 계획교통량에 따른 콘크리트 포장의 두께결정인 (표 1.1-19)를 참조한다.

나) 콘크리트 포장 두께는 교통량과 설계기준휨강도에 따라 결정한다.

다) 콘크리트의 포장에 작용하는 콘크리트의 설계기준강도는 휨강도로 L(Ⅱ- 2), A(Ⅲ), B(Ⅳ) 교통에서는 45kg_f/㎠로 하며 L(0, Ⅰ, Ⅱ- 1) 교통에서는 40kg_f/㎠로 할 수 있다.

라) 단, 계획교통량에 따른 포장 두께는 참고치로만 활용하고, 현장 교통여건을 고려하여 포장 두께를 결정할 수 있다.

〈 계획교통량에 따른 콘크리트 포장 두께 〉

(표 1.1-19)

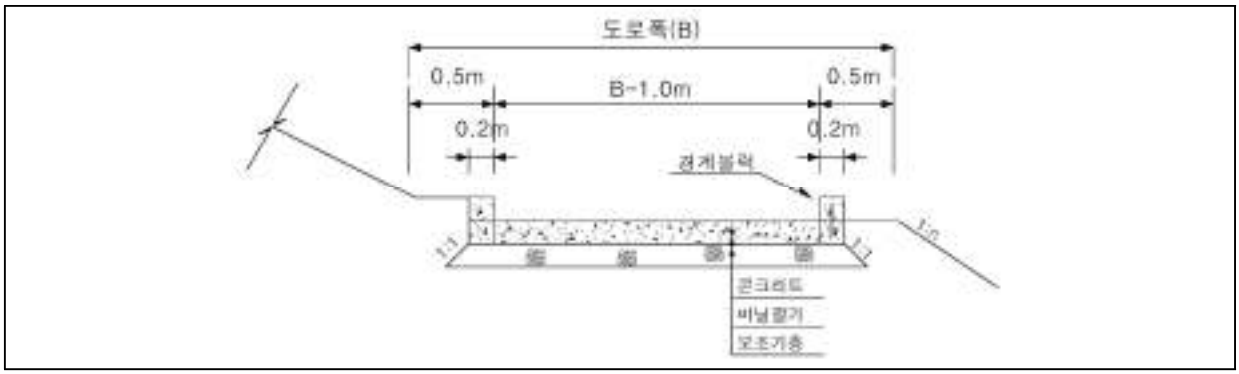
교통량의 구분		대형차량 교통량(대/일)	포장의 두께(㎝)
L	0	대형차량의 교통이 예상되지 않고, 경차량의 교통이 어느 정도 예상되는 경우	12
	Ⅰ	15 미만	15
	Ⅱ- 1	15 이상 ~ 40 미만	15
	Ⅱ- 2	40 이상 ~ 100 미만	15(20)
A	Ⅲ	100 이상 ~ 250 미만	20(25)
B	Ⅳ	250 이상 ~ 1000 미만	25
C		1000 이상 ~ 3000 미만	28
D		3000 이상	30

주) 1.교통량이 1000대 이상인 경우는 “도로포장 구조 설계 요령(2015. 12, 국토교통부)”에 의한다.
2. ( )내는 Ⅱ- 2, Ⅲ교통에서 설계기준 휨강도를 $40kg_f/cm^2$로 한 경우이다.
3. 자료출처 : 농업생산기반시설 설계기준(농도편)

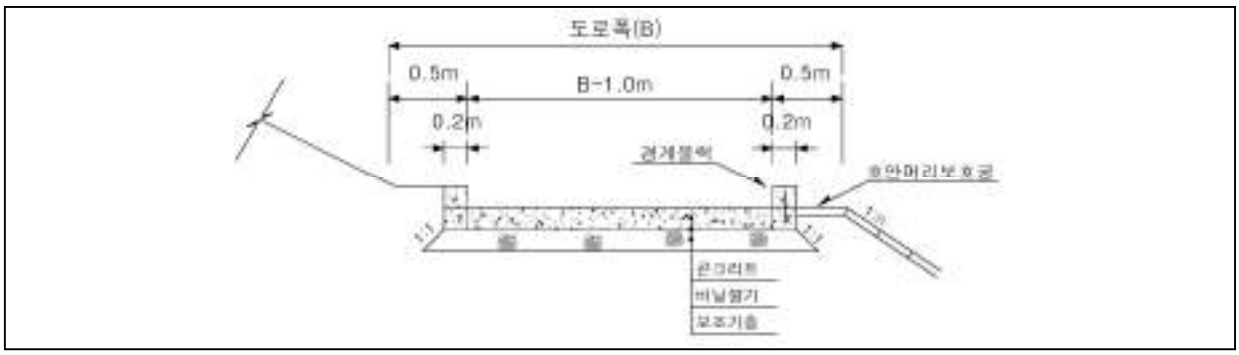
1.1.12 부체도로

1) 부체도로 폭(B)은 4m를 기준으로 하되 현지 여건에 따라 축소 또는 확대할 수 있다. 교량에 연결되는 경우에는 차량의 운행 및 회전에 지장이 없도록 하고, 필요시 둑마루 접속부에 원활한 교행을 위하여 대기공간을 계획할 수도 있다.
2) 종단경사는 10% 이내로 계획하되 부득이한 경우 최대 14%로 할 수 있다. 만약 자전거 전용용도의 부체도로의 경우 “자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정자치부·국토교통부)”의 종단경사 기준을 참고하여 적용할 수 있다.
3) 제외측, 제내측 포장은 콘크리트포장으로 하며 포장두께 결정은 상기의 ‘1.1.11 도로겸용 제방’의 포장 두께의 결정을 참고한다.
4) 콘크리트포장($f_{ck28} = 210kg_f/cm^2$)에 5m 간격으로 줄눈(콘크리트 컷팅)을 설치한다.
5) 제방의 비탈머리 및 비탈기슭 보호와 토사의 흘러내림 방지 또는 차량추락 방지를 위해 필요시 경계블록(h=20㎝) 또는 가드레일을 설치한다.
6) 콘크리트포장의 분리막(비닐깔기 등)을 설치한다.
7) 제외측 부체도로의 설치방향은 가급적 하류쪽으로 내려가도록 계획하여야 하며, 포장면과 호안 머리공의 접속부에 홍수시 피해가 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
8) 부체도로의 상단부인 제방 둑마루가 비포장인 경우 바퀴에 의한 패임 등을 방지하기 위해 제방상단의 포장범위는 진출입차량의 진입각을 고려하여 부체도로와 만나는 제방 둑마루구간으로 한다.
9) 제내지측 부체도로의 경우 가능한 포장도로와 연결시켜 주어야 하나, 인근에 포장부가 없는 경우 부체도로부 끝단에서 1m(제외지 동일) 까지 포장을 할 수 있다.

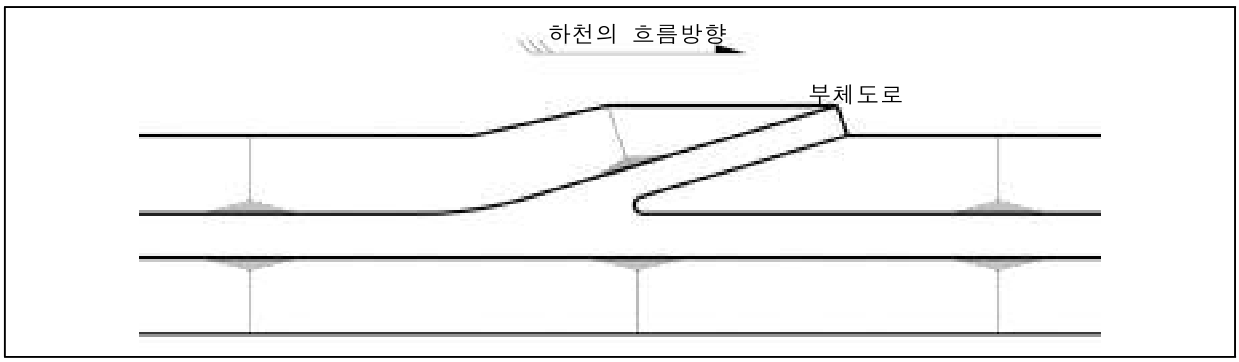
10) 제외측 고수부지 및 저수로 등의 유지관리가 필요한 제방의 경우 유지관리 진출입용 부체도로를 설치하여야 하며, 진입장비, 진출입 차단장치 및 이동로 등을 고려하여 적정 제원과 포장계획을 수립토록 한다.



(그림 1.1-14) **< 제내지 부체도로 설치(예시) >**



(그림 1.1-15) **< 제외지 부체도로 설치(예시) >**



(그림 1.1-16) **< 제외지측 부체도로 설치방향(예시) >**

1.1.13 홍수방어벽

제방은 보통 토사로 축조하지만 용지확보, 제내지측의 토지 이용상태 등으로 인해 흙으로 제방 보강하는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 콘크리트 옹벽 등의 특수제방을 적용할 수 있다. 단 공법결정시 수압 등의 안정성, 시공성, 유지관리성, 경관성, 차량출동, 이용객의 안전 등을 충분히 비교 검토하여 결정하여야 한다.

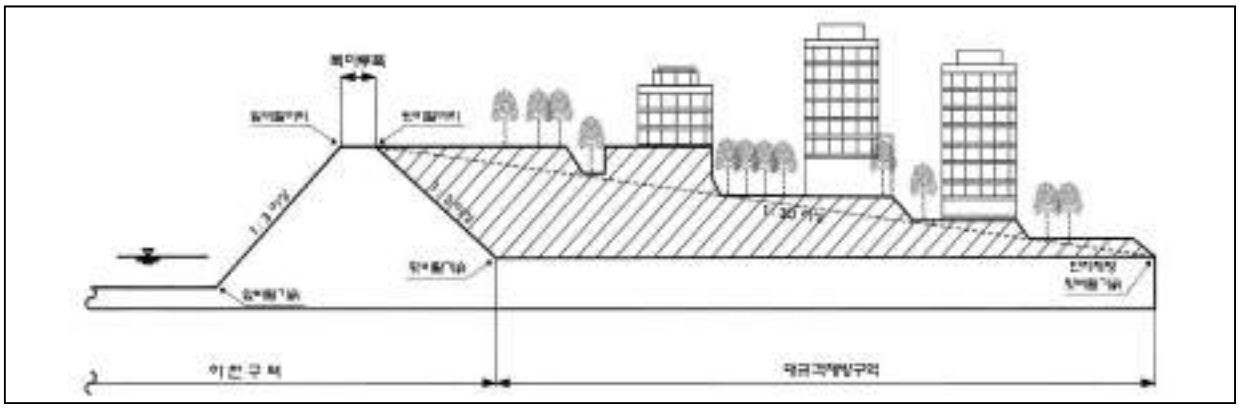
1) 홍수방어벽을 설치하는 제방의 흉벽하단(벽면하단)은 계획홍수위 이상이 바람직하다. 단, 현지 여건상 부득이 계획홍수위 이하에 하단부가 위치할 경우에는 하단 기초부의 세굴에 유의하여야 한다.
2) 홍수방어벽은 전도에 대한 안전, 경관 등을 고려하여 가급적 둑마루에서 방어벽 상단까지 높이를 1m 이하로 한다.
3) 하천여건상 제한 높이 이상으로의 설치가 불가피할 경우 주변에 미치는 환경 및 경관 등 제반 영향을 종합적으로 검토하고, 악영향이 최소화 될 수 있도록 한다.
4) 차량통행, 하천관리 및 안전관리상 중요한 구간은 차량충돌로 인한 파손 등을 고려하여 적정 소요 강도이상이 확보될 수 있는 공법으로 적용하여 안정성을 확보하여야 한다.

1.1.14 대규격제방

계획홍수량을 초과하는 홍수에 대해서도 제방이 붕괴되는 피해를 방지하기 위한 목적으로 대도시 지역 대하천의 특정 구간에 대해서는 제방의 폭이 상당히 넓은 대규격제방을 설치할 수 있다.

가. 정의

1) 대규격 제방은 제방의 폭이 넓어 제체를 택지로 이용하여 도시 시설 등을 설치할 수 있는 제방을 말한다.
2) 제내지 지역의 사회·경제적 중요도를 감안하여 절대적인 안전이 요구되는 지역에서는 지역여건·지형 등을 감안하여 대규격 제방을 설치할 수 있다.
3) 대규격제방은 대부분의 토지가 일반적인 목적으로 이용되도록 계획홍수량을 초과하는 규모의 유량에 대해서도 유실, 붕괴 등에 견딜 수 있는 안전한 구조로 설계한다.
4) 대규격제방의 축조는 제내측 비탈경사 1/30 또는 이보다 완만한 경사를 갖도록 하며 토제에 의한 성토구조를 원칙으로 한다.
5) 앞비탈은 일반제방구간의 앞비탈기슭부터 앞비탈머리까지를 정의하며, 경사는 1:3 혹은 이보다 완만한 경사로 한다.
6) 둑마루 폭은 일반제방구간의 앞비탈머리부터 뒷비탈머리까지를 정의하며, 폭은 최소 4m 이상으로 규정한다.
7) 일반제방 뒷비탈 : 일반제방구간의 뒷비탈머리부터 일반제방 뒷비탈기슭까지로 정의하며, 경사는 1:3 혹은 이보다 완만한 경사를 이루도록 한다.
8) 단지제방 뒷비탈 : 일반제방구간의 뒷비탈머리부터 단지제방 뒷비탈기슭까지로 정의하며, 경사는 1:30 혹은 이보다 완만한 경사를 이루도록 한다.



(그림 1.1-17) **〈 대규격제방 일반도 〉**

나. 대규격제방의 재료

1) 대규격제방의 단지제방구간 성토재료는 일반제방구간과 동일한 재료를 사용하는 것을 원칙으로 하되, 경제성을 고려하여 하상토, 준설토, 세립토, 순환골재 등을 사용할 수 있다. 단, 성토재료로의 처리가 이루어지지 않을 경우, 침하, 안정상의 문제가 발생할 우려가 있는 고유기질토 등의 특수토는 제외한다.

2) 대규격제방의 성토재료는 성토재료품질 및 장비운용성을 고려하여 콘지수(q_c)의 경우 $392kN/m^2$ 이상을 확보하여 사용한다. 이때 콘지수가 $392kN/m^2$에 미치지 못하는 재료는 시멘트, 소석회 등을 이용한 안정처리공법을 활용하여 토질특성을 개선할 수 있다.

3) 대규격제방의 제방재료는 풀이나 나무뿌리 등의 유기물 및 유해물질을 함유하지 않아야 한다.

다. 다짐

대규격제방 단면 중 정규 제방단면 부분은 상기의 '1.1.9 다짐' 의 제방 다짐 기준을 따르고, 그 외 제내지 성토구간의 흙의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 최대건조밀도의 85% 이상으로 하되, 성토재료 및 활용목적 등에 맞는 다짐도를 적용한다.

라. 비탈경사

대규격제방의 단지제방구간 뒷비탈경사는 1:30.0 또는 이보다 완만한 경사를 기준으로 하되, 제내지측에 구조물의 설치를 목적으로 단을 쌓을 수 있다.

마. 관리용 도로 및 접근로

대규격제방의 관리용 도로는 둑마루 또는 단지제방구간 내에 설치한다.

바. 비탈기슭 보호공

대규격제방의 단지제방 뒷비탈의 완만한 경사(1:30.0)와 단지제방 구간내 단지개발로 인한 배수시설의 설치 등을 고려하면 침식의 영향은 크지 않으므로 뒷비탈기슭 보호공에 관한 사항은 고려하지 않아도 되나, 비탈면 관리를 위해 필요시 설치할 수 있다.

사. 측단

대규격제방은 하천의 환경보전 기능을 위해 뒷비탈머리에서 단지제방 방향으로 4ｍ 이상의 생태완충구간인 생태측단을 설치하여 하천과 주변지역(단지제방구간 포함) 녹지축 연계, 자연의 연속성 보전 등 녹지생태 네트워크를 형성할 수 있도록 한다.

아. 대규격제방의 안정

1) 대규격제방은 하천수 및 강우에 의해 형성되는 침윤선이 단지 제방구간의 단지비탈면과 접하지 않도록 설계하되, 대규격제방 본체 내에 형성되는 침윤선이 단지비탈면과 접하는 경우에는 적절한 대책을 수립하여야 한다.

2) 대규격제방의 단지제방구간의 상재하중은 q=19.6kN/m^2으로 규정한다. 단, 일반제방구간의 안전성에 영향을 주지 않는 조건에서, 독자적인 상재하중에 관한 기준(용적률 기준 등)을 설정하고 있는 경우 혹은 단지제방구간의 토지이용에서 별도의 상재하중에 관한 규정을 만들 필요가 있는 경우에는 조정을 통해 상재하중 기준을 설정할 수 있다.

3) 대규격제방의 단지 비탈면 활동해석의 경우 침투해석과 병행한 활동 안정성을 검토한다. 다만, 단지비탈면 활동 안전율은 앞서 언급된 침윤선과 비탈면이 접하지 않는 경우 1.3 이상을 고려한다.

4) 대규격제방 예정지에 인접구조물이 존재하는 경우에는 측방변위 혹은 끌림침하에 대한 해석을 하고, 변위량이 허용치 이상일 경우에는 반드시 필요한 대책을 강구해야 한다.

5) 대규격제방의 연약지반 허용잔류 침하량에 대한 기준은 구조물의 사용 목적 및 중요도, 공사기간, 유지관리 정도, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적용되어야 한다. 독자적인 침하량에 관한 기준을 설정하고 있는 경우 혹은 단지제방구간의 토지이용에서 별도의 침하량에 관한 규정을 만들 필요가 있는 경우에는 조정을 통해 허용잔류 침하량을 설정할 수 있다.

1.2 수량 산출 요령

1.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	축 제 공				
1.1	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
1.2	벌 목	h=5m 미만	㎡		
		h=5~8m 미만	㎡		
		h=8m 이상	㎡		
1.3	벌개제근		㎡		
1.4	층 따 기		㎥		
1.5	면고르기				
1.5.1	성토면고르기	인력	㎡		
1.5.2	절토면고르기	토사	㎡		
		리핑암	㎡		
		발파암	㎡		
1.6	비탈면 보호공				
1.6.1	줄 떼		㎡		
1.6.2	평 떼		㎡		
1.6.3	씨앗뿜어뿌리기 (Seed Spray)	성토면	㎡		
1.6.4	거적덮기		㎡		
1.6.5	식생매트		㎡		
1.7	흙 운 반		㎥		
1.7.1	불도저운반		㎥		
1.7.2	덤프운반		㎥		
1.8	순 성 토		㎥		
1.9	흙 쌓 기	다짐도 90%	㎥		
		다짐도 95%	㎥		
		비다짐	㎥		
1.10	사 토		㎥		
1.11	비탈면다짐		㎡		
1.12	더 돋 기		㎥		
1.13	둑마루표면 마무리	잡석 또는 보조기층재	㎥		
1.14	토공규준틀				
1.14.1	비탈규준틀		nr(개소)		
1.14.2	수평규준틀		nr(개소)		
1.14.3	제방선형표시 깃발		ea		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.15	측 구				
1.15.1	측구터파기	토사	㎥		
		리핑암	㎥		
		발파암	㎥		
1.15.2	측구둑쌓기		㎥		
1.16	관리용도로 및 접근로				
1.16.1	무근콘크리트 타설		㎥		
1.16.2	거푸집/거친마감	0~7m	㎡		
1.16.3	와이어매쉬	#8-150×150	㎡		
1.16.4	줄 눈	판재(200×15)	m		
1.16.5	비닐깔기		㎡		
1.16.6	동상방지층/보조기층포설 및 다짐	15㎝/30㎝	㎥		
		20㎝/40㎝	㎥		
1.17	부체도로				
1.17.1	무근콘크리트 포장		㎡		
1.17.2	거푸집/거친마감	0~7m	㎡		
1.17.3	와이어매쉬	#8-150×150	㎡		
1.17.4	줄 눈	판재(200×15)	m		
1.17.5	비닐깔기		㎡		
1.17.6	동상방지층/보조기층포설 및 다짐	15㎝/30㎝	㎥		
		20㎝/40㎝	㎥		
1.17.7	무근콘크리트 타설		㎥		
1.18	연약지반처리공				
1.18.1	침하토 성토 및 다짐		㎥		
1.18.2	과재성토		㎥		
1.18.3	과재성토 제거		㎥		
1.18.4	치환토		㎥		
1.18.5	침하판		ea		
1.18.6	침하측정봉 및 보호관		m		
1.18.7	경사계 설치		ea		
1.18.8	간극수압계 설치		ea		
1.18.9	수위측정기 설치		ea		
1.18.10	층별 침하계 설치		ea		

1.2.2 표토제거

1) 제방 저면 중 비탈경사가 1:4 보다 완만한 구간 및 제내·외측 토사유용구간을 대상으로 한다. (측구, 기존 호안헐기구간 제외)
2) 수량은 수평거리로 최단거리로 산출하고 두께는 20㎝로 한다.
3) 표토제거와 벌개제근은 중복하지 않는다.
4) 현지 여건상 필요하다고 판단될 경우 20㎝ 이상 적용할 수도 있다.
5) 발생된 표토는 토성시험 결과에 따라 제방, 교행 공간, 제내지 측단 등의 성토재로의 우선 활용을 검토한다.
6) 표토제거 수량은 가급적 호안 복토용 재료로 활용하되, 80%는 유용하고 다짐이 필요한 경우에는 표토제거량의 80%에 0.9를 곱한 수량을 계상한다. 나머지 20%에 대해서는 폐천부지 또는 고수부지에 사토처리(무대)후 성토량을 보정한다.
7) 답구간과 답외 구간의 표토제거 수량은 개별 산출하여야 한다.

1.2.3 벌목

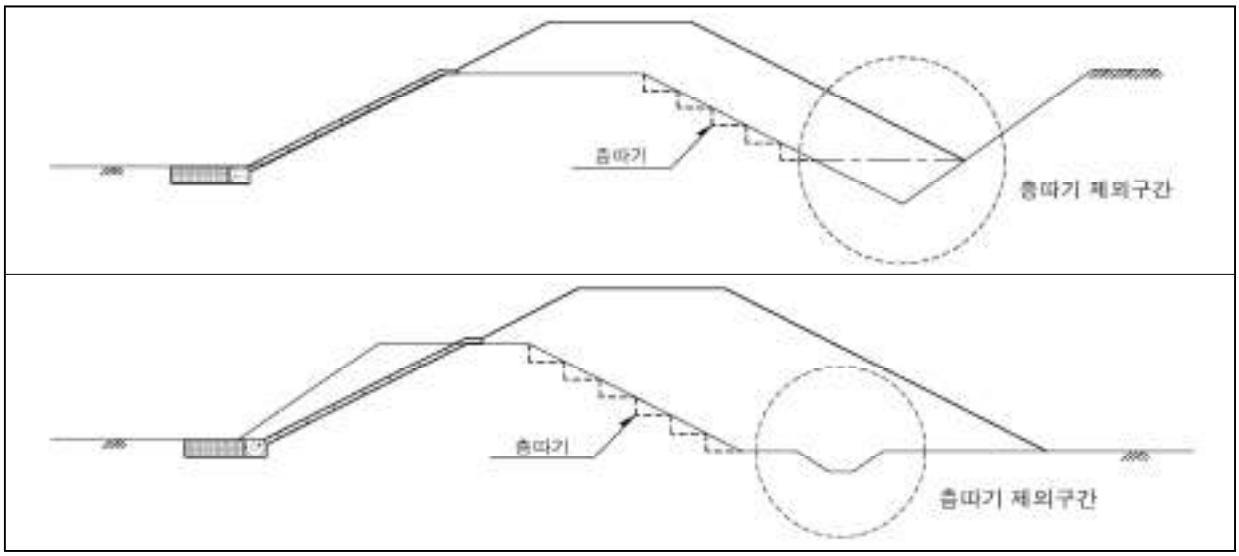
1) 제방 저면 및 토사유용구간 중 산림지 또는 임목지를 대상으로 한다.(조경수는 보상처리)
2) 벌목하여야 할 수목은 정확한 현장조사를 실시하여 수량을 산출한다.
3) 흙쌓기 높이가 1.5m 이상인 구간에 있는 수목이나 그루터기는 지표면에 바짝 붙도록 잘라 잔존높이가 지표면에서 15㎝ 이하로 되도록 하여야 한다.
4) 나무높이가 다양한 경우 나무높이는 평균높이(5~8m)로 한다.

1.2.4 벌개제근

1) 제방 저면 및 토사유용구간 중 산림지 또는 임목지를 대상으로 한다.(조경수는 보상처리)
2) 수량은 수평거리로 최단거리로 산출한다.
3) 입목본수도는 50～60%, 수경은 10～20㎝, 수종은(침엽+잡목+활엽)/3으로 보되, 현장표본조사 결과와 차이가 큰 경우는 조사결과를 반영, 건설공사 표준품셈의 뿌리 뽑기품을 적용한다.
4) 수목 및 뿌리는 폐기물 처리하거나 톱밥, 우드칩 등으로 재활용한다. (부대공에서 처리비 반영)

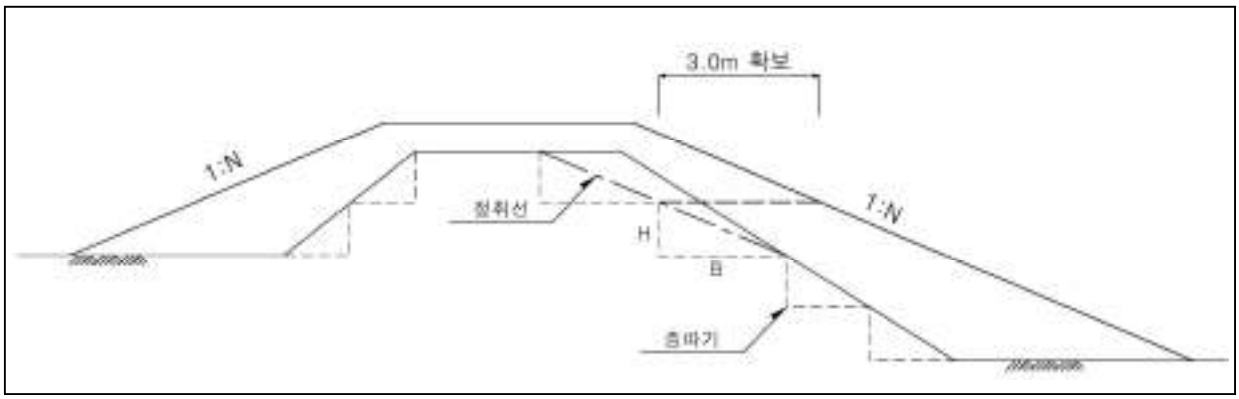
1.2.5 층따기

1) 제방 저면 중 비탈경사가 1:4 보다 급한 구간을 대상으로 한다. 단, 원지반이 1:4 보다 급하지만 형상이 'V자형' 으로 성토와 원지반이 밀착되어 활동이 방지되는 곳은 제외할 수 있다.
2) 층따기는 빗물이 잘 배수되도록 경사를 둔다.



(그림 1.2-1) **〈 층따기 제외의 경우 〉**

3) 층따기 설계시 대형장비의 진입 등의 효율적인 다짐을 고려하여 성토구간의 다짐폭을 3.0m 이상 유지토록 계획하여야 하며, 3.0m 이하 구간은 기존제체를 절취하여 성토 다짐폭 3.0m를 확보 후 층따기를 계획하여야 한다.



(그림 1.2-2) **〈 층따기 예 〉**

4) 다짐폭 3.0m 확보를 위해 직고높이는 1.0m로 한다. 단, 소규모 제방 및 현장 여건을 고려하여 최소 0.5m 이상으로 계획할 수 있다.

5) 층따기 수량은 90%만 유용하고 10%에 대해서는 폐천부지 또는 고수부지에 사토처리(무대)후 성토량을 보정한다.

6) 수량은 비탈길이로 산출하고, 횡단면도의 단위면적으로 산출하며, 층따기 양은 평균 단면적법을 이용하여 산출한다.

1.2.6 면고르기

1) 계획제방의 둑마루 및 소단을 제외한 비탈면을 대상으로 하며 절토면과 성토면으로 구분하여 산출한다.

2) 수량은 비탈길이로 산출한다.

1.2.7 비탈면 보호공

1) 수량은 비탈길이로 산출한다.

1.2.8 흙운반

가. 사용장비

사용장비는 작업량별로 (표 1.2-1)에서 제시된 장비 이상을 적용하되 현장 여건에 따라 변경 적용할 수 있다. (예:대규모공사라도 둑마루 폭 4m 미만의 축제공사 및 확장저폭 4m 미만의 보축공사는 19톤 불도저 사용)

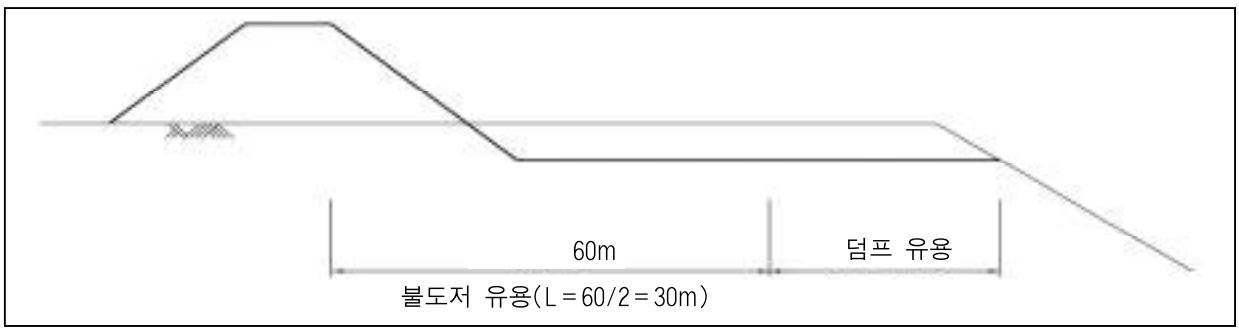
〈 작업량별 적용장비(예) 〉

(표 1.2-1)

장비 / 작업량	불도저	굴삭기	덤 프	비 고
100,000㎥ 이상 (대규모 공사)	32톤	1.0㎥	15톤	콘지수3kg/㎠ 이하의 연약지반 공사는 습지불도저 13톤 사용
10,000～100,000㎥ (중규모 공사)	19톤	0.7㎥	15톤	
10,000㎥ 이하 (소규모 공사)	19톤	0.4㎥	8톤	

나. 불도저 운반

1) 불도저 운반은 횡단상에서 다음 그림과 같이 제방선형으로부터 60m 이내, 즉 평균운반거리(L)가 30m 이내인 경우에 적용한다.

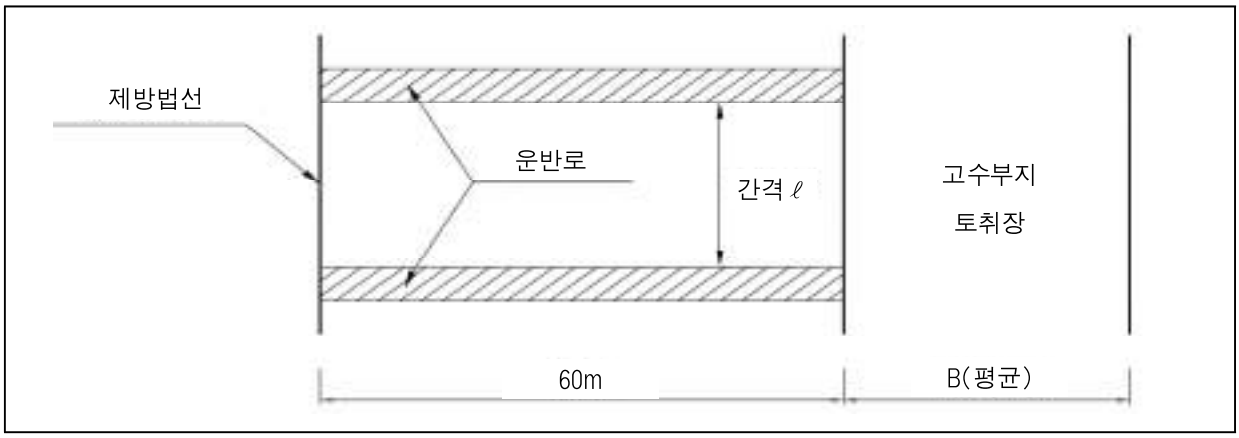


(그림 1.2-3) **〈 불도저 운반 범위 〉**

2) 절·성토 경계부에 도로 등의 구조물로 인해 불도저 운반이 불가능한 경우에는 불도저 운반 대신 덤프운반으로 산정한다.(실제 운반거리 반영)

다. 덤프운반

1) 덤프운반은 횡단상에서 제방선형으로부터 60m 밖의 토량을 대상으로 하며 그 운반거리는 다음과 같다.



(그림 1.2-4) **< 덤프 운반 범위 >**

※ 덤프운반거리 L = 60 + B/2 + l /2
※ 운반로 간격(l)은 100~200m로 현장 여건에 따라 적용

2) 운반로 수량 및 공사비는 부대공에서 산출한다.

1.2.9 순성토

1) 순성토는 성토재로 사용가능한 모든 유용토를 유용하고 부족분에 대하여 적용한다.
2) 토취장 사용료는 토취장이 사유지인 경우 계상하며 부대공에서 산정한다.
3) 토취장 선정시 토지소유주의 동의서를 보고서에 수록하고 추후 정산이 가능하도록 설계변경조건에 명시한다.
4) 토취장으로부터의 운반로가 협소한 경우 공사용 도로를 조성하여야 하며 세륜시설 및 살수차 등을 반영하여야 한다.(공사용도로 관련 공종은 부대공에서 산정)

1.2.10 흙쌓기

1) 흙쌓기 수량은 다짐상태로 산정한다.
2) 부설장비는 불도저, 다짐장비는 '1.1.9 다짐의 3)항' 규정에 따른다.

1.2.11 사토

1) 사토는 성토재로 사용가능한 모든 유용토를 유용하고 불용분에 대하여 적용한다.
2) 사토는 원칙적으로 공공유용을 우선적으로 검토하되, 제내지측 사토 등 다각적 경제적인 방안도 강구하여야 한다.
3) 사토장 사용료는 사토장이 사유지인 경우에 계상하며 부대공에서 산정한다.
4) 사토장 선정시 토지소유주의 동의서를 보고서에 수록하고 추후 정산이 가능하도록 설계변경조건에 명시한다.
5) 사토장으로의 운반로가 협소한 경우 공사용도로를 조성하여야 하며, 포장도로 및 인가를 통과할 경우 세륜시설 및 살수차 등을 반영한다.(공사용도로 관련 공종은 부대공에서 산정)

1.2.12 비탈면다짐

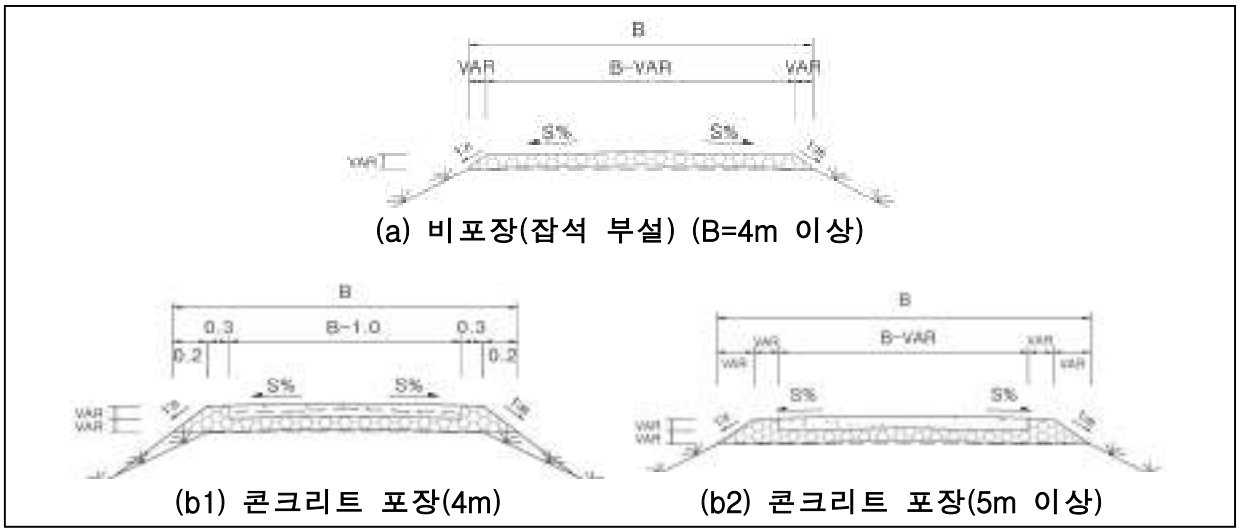
비탈면 다짐은 비탈길이로 산출하되 비탈경사가 1:4 보다 급한 성토면에만 적용한다. (측구 제외)

1.2.13 둑마루 표면 마무리

1) 둑마루 표면은 교통량, 노상지지력, 동결심도 등을 고려해 두께를 결정하여 잡석 부설 및 도로의 보조기층재(SB-2)를 두어 차량 및 농기계의 이동으로 인한 요철(바퀴패임 등)이 발생하지 않도록 하여야 한다.

2) 잡석은 비다짐, 보조기층재 부설은 도로의 보조기층에 준하여 다짐을 시행한다.
(KS F 2312의 최대건조밀도(95%) 이상 및 최적함수비(±2%) 범위 이내로 유지)

3) 둑마루표면은 교통량, 노상지지력, 동결심도 등을 고려해 두께를 결정하며, 부설단면은 다음과 같다. (횡단경사는 1%~2% 정도가 좋으나 둑마루 폭에 따른 시공성을 감안하여 조정 적용)



(그림 1.2-5) **< 둑마루 표면 마무리 예 >**

1.2.14 토공규준틀 설치

1) 비탈규준틀은 제내측, 제외측 모두 40m 간격(1측점간 거리는 40m로 통일)으로 제내·외측 각1개씩 설치하되 소단이 있는 경우 소단의 수만큼 추가 계상한다.

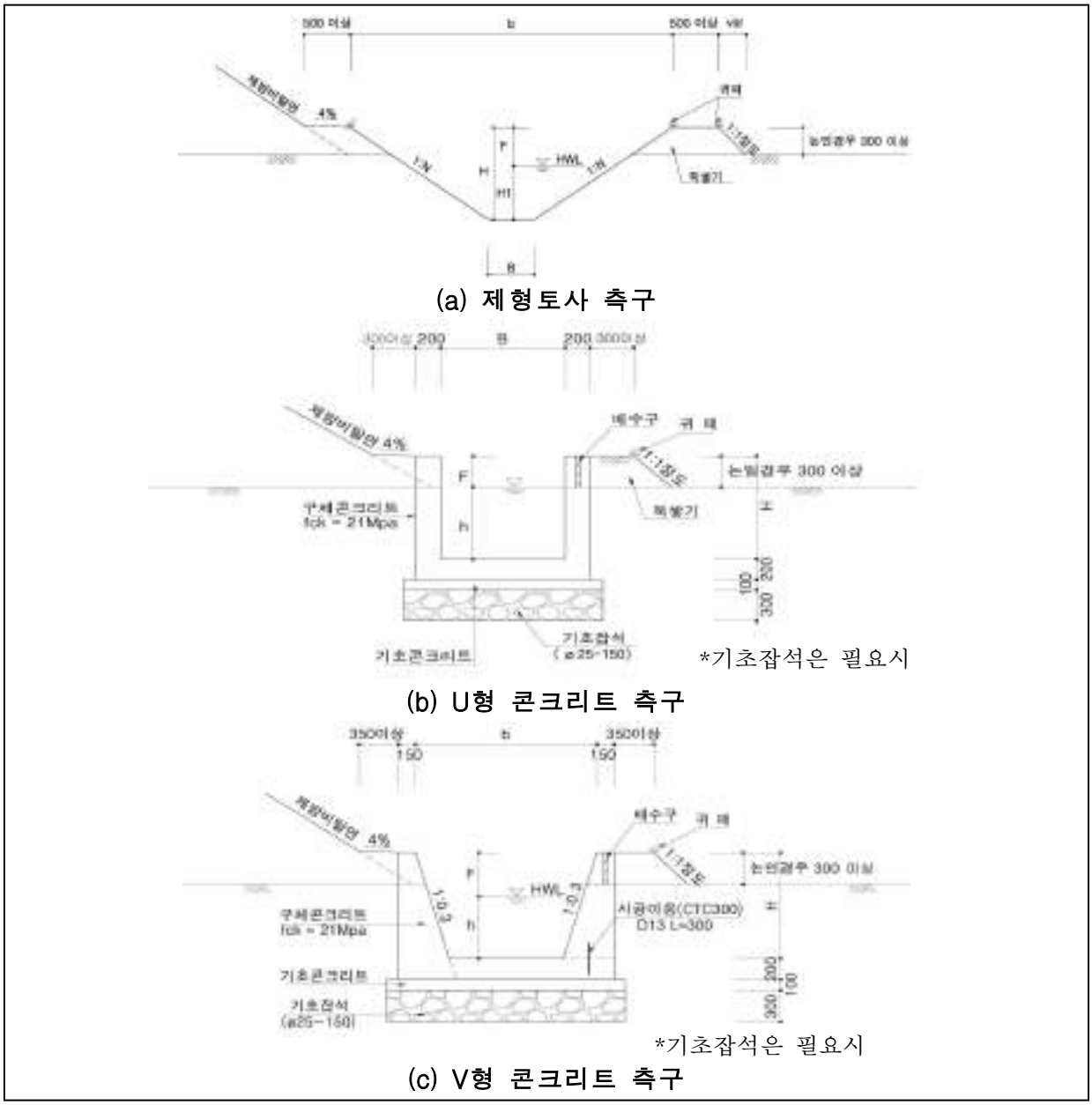
2) 수평규준틀은 200m 간격으로 설치한다.

3) 공사구간의 경계를 표시하기 위해 제방선형 표시 깃발을 설치하며, 수량의 계상은 비탈규준틀 계상방법과 동일하다.

1.2.15 측구

1) 축제로 인해 기존수로 이설이 필요하거나 배수계획상 측구가 필요할 때 제내측 비탈끝에 설치하며, (그림 1.2-6)을 참고하여 수량을 산출한다. 단, 기존수로의 크기, 배수계획 및 지형여건에 따라 치수의 변경이 불가피할 경우 변경된 치수를 적용 할 수 있다.

2) 기존수로가 용수로 또는 용수로 겸용 배수로인 경우 유출량을 계산 결과를 토대로 단면을 계획하여야 하며, 농업생산기반시설 또는 하수도시설 등 별도의 설계기준이 있는 시설물인 경우에는 해당 설계기준에 따라야 한다.



(a) 제형토사 측구

(b) U형 콘크리트 측구

(c) V형 콘크리트 측구

(그림 1.2-6) **< 측구 단면 예시도 >**

3) 토사측구가 주민들에 의해 농경지로 개간되어 유실되는 것을 방지하기 위해 발주처와 협의 후 가급적 콘크리트 측구로 계획한다.(콘크리트 측구는 구조물공에서 처리)

1.2.16 관리용 도로 및 접근로

1) 콘크리트 포장 두께는 '1.1.11 도로겸용 제방' 의 포장 두께를 적용하고, 보조기층재 포설두께는 최소 15 ㎝ 이상으로 한다.
2) 보조기층재 포설량은 다짐수량으로 산출한다.
3) 골재 구입량 및 운반량은 포설량에 F치(L/C)를 적용하여 4% 할증 가산하여 수량 산출한다.
4) 비닐깔기의 여유폭원은 10㎝×2(양측)으로 산출한다.
5) 줄눈은 5m 간격으로 설치한다.
6) 성토, 줄떼 및 호안의 수량은 축제공 및 호안공 수량에 포함시킨다.
7) 와이어매쉬(#8 150×150)는 면적으로 구한다.
8) 접근로는 장애인등이 휠체어를 이용하여 통행할 수 있도록 접근로의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.
9) 접근로의 기울기는 1/18 이하로 하여야 한다. 다만, 지형상 곤란한 경우에는 1/12 까지 완화할 수 있다.
10) 접근로 경계석의 높이는 6㎝ 이상~15㎝ 이하로 할 수 있으며, 색상은 접근로의 바닥재 색상과 달리 설치할 수 있다.

1.2.17 부체도로

1) 콘크리트 포장 두께는 '1.1.11 도로겸용 제방' 의 포장 두께를 적용하고, 보조기층재 포설두께는 최소 15㎝ 이상으로 한다.
2) 비닐깔기의 여유폭원은 10㎝×2(양측)으로 산출한다.
3) 줄눈은 5m 간격으로 설치한다.
4) 성토, 줄떼 및 호안의 수량은 축제공 및 호안공 수량에 포함시킨다.
5) 와이어매쉬(#8 150×150)는 면적으로 구한다.

1.2.18 연약지반위의 흙쌓기

1) 연약지반상의 흙쌓기는 파괴에 대한 안정성과 과다한 침하 또는 변형으로 파괴요인이 구분되며, 이를 고려하고 주변에 미치는 영향에도 유의하여 설계한다. 연약지반 처리대책에 대하여 설계할 때는 지반개량목적, 공법의 특성, 지반조건 등을 고려하여 가장 합리적이고 경제적인 방법으로 적용하여야 한다.
2) 연약지반상 흙쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리방안을 강구하여야 한다.
3) 침하토 성토 및 다짐(㎥)
   가) 침하토 쌓기는 연약지반공사의 경우에만 고려하며 침하토 쌓기 수량은 표준단면도에 표시하여

수량을 구한 후 최종 성토량에 포함시킨다.(단면이 크게 변하는 경우 2~3개의 표준단면 적용)

나) 침하토 수량은 침하토 쌓기 수량에 포함하여 동일하게 처리한다.

다) 침하토 수량은 예상침하량을 계산치에 의해 산출하되, 지점별 침하량이 상이하므로 침하토 쌓기 수량은 침하량 최대값을 취하여 침하토 쌓기의 높이를 결정하고 안정측 설계가 이루어질 수 있도록 시공시 계측결과에 따라 침하토 쌓기 수량을 정산하도록 한다.

라) 침하토 쌓기는 제방 둑마루뿐만 아니라 전단면에 대하여 산출하여야 한다.

4) 과재성토(㎥)

연약지반 구조물(교량, 암거) 구간에 적용한다.

5) 과재성토 제거(㎥)

과재성토 후 제거한 수량은 축제공사 기간 내에는 축제에 유용하나 축제공사가 이미 완료된 후에는 사토처리 한다.

6) 치환토(㎥)

연약지반내에 치환하여야 할 토량을 체적으로 산출한다.

7) 침하판(개)

연약지반 구간에 적용하며 설치간격은 100m 마다 등간격으로 설치한다.

8) 침하측정봉 및 보호관(m)

연약지반 구간에 적용하며 설치간격은 100m 마다 등간격으로 설치한다.

9) 경사계 설치(개)

가) 연약지반 구간에 적용하며 성토법면 끝단에 200m 마다 설치하며, 계측관리 케이싱 파이프(Casing Pipe) 설치는 지층까지의 깊이로 산출한다.

나) 설치구간은 감독관과 협의하여 전단파괴 예상지점에 설치한다.

10) 간극수압계 및 수위측정기 설치(개)

가) 연약지반 구간에 적용하며 계측관리 튜브(Tube) 설치는 연약지반층 중간 깊이로 설치하되 간격은 200m로 한다.

나) 설치구간은 감독관과 협의하며 전단파괴 예상지점에 설치한다.

11) 층별 침하계 설치(개)

가) 연약지반 구간에 설치하며 설치간격은 200m 마다 등 간격으로 설치한다.

나) 설치구간은 감독관과 협의하여 전단파괴 예상지점에 설치한다.

12) 침하에 대한 안전 허용잔류 침하량은 허용잔류 침하량 기준치 이하로 한다.

13) 건설기술 진흥법 시행령 제91조의 규정에 따라 건설업자는 품질시험 및 검사에 필요한 검사장비와 시험검사요원을 건설공사의 공정에 따라 배치하여야 하고, 이에 소요되는 비용은 간접노무비에 포함되어 있으므로 계측을 위하여는 이에 필요한 측정용 기기설치에 따른 비용을 제외하고는 별도의 노무비를 계상하지 않는 것으로 한다.

14) 계측기간은 공사기간 동안 이루어져야 하며, 검측횟수는 관련 규정에 따라 시행하여야 한다.

15) 계측빈도 적용은 현장 여건을 고려, 감독관과 협의하여 설계에 반영하여야 한다.

1.3 단가 산출 요령

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈' 에 따라 변경 적용하여야 함	
1.3.1 가	표토제거 답구간	㎡	1. 불도저 19ton T = 0.2m, f = 1/1.3, E =0.4 L = 20m, V1 = 40m/min, V2 = 46m/min q = 3.2×0.96 = 3.072㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 1.185min Q1 = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr Q = Q1/T = ㎡/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저
나	답외구간	㎡	1. 불도저 19ton T = 0.2m, f = 1/1.3, E =0.55 L = 20m, V1 = 40m/min, V2 = 43m/min q = 5.5×0.96 = 5.280㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 1.215min Q1 = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr Q = Q1/T = ㎡/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저
1.3.2	벌목	㎡	■ 나무높이: 5m 이상~8m 미만 ■ 집재거리는 100m 기준, 이를 초과하는 경우 100m 증가마다 인력품 30%씩 가산 1) 벌목부 : 3.43인 (1,000㎡당) 2) 보통인부 : 3.39인 (1,000㎡당) 3) 엔진톱 기계경비(인력품의 10%)	「건설공사 표준품셈」 3-7 벌목
1.3.3	벌개제근	㎡	·입목본수도 : 50～60% ·수 경 : 10～20cm ·수 종 : (침엽+잡목+활엽)/3 Q = (2.94+5.32+5.15)/3 = 4.47㎡ 1. 보통인부 : Q/992㎡ = 0.0045인	「건설공사 표준품셈」 3-10-2 뿌리뽑기
1.3.4	층 따 기	㎥	1. 법면절취 (불도저 19ton) f = 1/1.3, E =0.65 L = 20m, V1 = 40m/min, V2 = 46m/min q = 3.2×0.96 = 3.072㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 1.185min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저
1.3.5 가	면고르기 성토면 고르기	㎡	1. 성토면고르기 1) 보통인부 : (0.019+0.017)/2 = 0.018인	「건설공사 표준품셈」 3-3 비탈고르기
나	절토면 고르기	㎡	1. 절토면고르기 1) 기계(굴삭기0.7㎥) 추가 Q = (0.15+0.21+0.24)/3 'hr' / 10 = 0.02hr 2) 보통인부 : ((0.05+0.09+0.1)/3)/10 = 0.008	「건설공사 표준품셈」 3-3 비탈고르기

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.6 가	비탈면 보호공 줄떼	㎡	1. 재료비 1) 떼 구입비 (0.3×0.3×0.03m, 현장도착도, 할증 10%) 11매/㎡×1.1/3 = 4.033매/㎡ 2. 떼붙임 1) 조경공 : 0.0084인 2) 보통인부 : 0.0196인	「건설공사 표준품셈」 4-2 잔디 및 초화류
나	평떼	㎡	1. 재료비 1) 떼 구입비 (0.3×0.3×0.03m, 현장도착도, 할증 10%) 11매/㎡×1.1 = 12.1매/㎡ 2. 떼붙임 1) 조 경 공 : 0.0099인 2) 보통인부 : 0.0231인	「건설공사 표준품셈」 4-2 잔디 및 초화류 비료주기 삭제 살수 삭제
다	Seed Spray	㎡	1. 재료비 1) 종자 : 25g 2) 복합비료 : 100g 3) 피복제 : 180g 4) 침식방지 안정제 : 100g 5) 색소 : 2g 2. 노무비 1) 조경공 : 0.0007인 2) 보통인부 : 0.0004인 3. 경비(기계사용료) 1) 종자살포기(2,500 ~ 3,000 l) : 작업시간 0.0024hr 2) 트럭(4.5ton) : 작업시간 0.0024hr 3) 펌프(φ50mm) : 작업시간 0.0024hr 4. 살수(1일2회, 7일간)	「건설공사 표준품셈」 4-2 잔디 및 초화류
라	거적떼	㎡	1. 종자살포(Seed Spray) : 「다) Seed Spray」의 모든 공종과 동일 2. 거적덮기 1) 재료비 (1) 거적(1×60m) : 1.2㎡ 2) 노무비 : (1) 조경공 : 0.002인 (2) 보통인부 : 0.0007인	「건설공사 표준품셈」 4-2 잔디 및 초화류
마	식생매트	㎡	1. 재료비 1) 자연식생매트 (현장도착도, 할증 10%) 2. 노무비 1) 특별인부 : 0.017인 2) 보통인부 : 0.005인 3. 경비(기계사용료) 1) 굴삭기 0.6㎥ : 작업시간 0.031hr 4. 살수(1일2회, 7일간)	「건설공사 표준품셈」 11-3 식생매트 본 품은 식생매트를 인력과 장비를 사용하여 설치하는 품으로 매트설치, 고정핀설치, 복토 , 인력 흙고르기, 현장 소운반 품이 포함

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.6 가	흙 운 반 불도저 운반			「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저
1)	토사	㎥	1. 토사(불도저 32ton) f = 1/1.3, E =0.65 L = 20m, V1 = 52m/min, V2 = 58m/min q = 5.5×0.96 = 5.280㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 0.98min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	
2)	리핑암	㎥	2. 리핑암(불도저 32ton) f = 1/1.35, E =0.42 L = 20m, V1 = 40m/min, V2 = 58m/min q = 5.5×0.96 = 5.280㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 1.09min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	
3)	발파암	㎥	3. 발파암(불도저 32ton) f = 1/1.625, E =0.30 L = 20m, V1 = 40m/min, V2 = 43m/min q = 5.5×0.96 = 5.280㎥ Cm = L/V1+L/V2+0.25 = 1.22min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	
나 1)	덤프운반 토사	㎥	1. 적재(로더 2.87㎥ 타이어) q = 2.87, K = 1.2, f = 1/1.3, E = 0.60 m = 1.8, L = 8m, t1 = 9, t2 = 14 Cm = (m×L)+t_1+t_2= sec Q = 3600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 2. 운반(덤프 24ton) L = km, E = 0.9, f=1/1.3 q = 24/1.6ton/㎥×1.3 = n = q/(2.87×K)= 회 T_1 = (cm×n)/(60×E) = 분 T_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 T_3 = 0.8, T_4=0.42, T_5=0.5, T_6=1.5 cm = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5= 분 Q = 60×q×f×E/cm= ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-7 로더 8-10 덤프트럭 * 현지 여건에 따라 굴삭기 적재 가능

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
나 2)	덤프운반 리핑암	㎥	1. 적재(로더 2.87㎥ 타이어) q = 2.87, K = 0.7, f = 1/1.35, E = 0.50 m = 1.8, L = 8m, t1 = 9, t2 = 14 Cm = (m×L)+t_1+t_2= sec Q= 3600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 2. 운반(덤프 24ton) L= km, E = 0.9, f=1/1.35 q= 24/1.9ton/㎥×1.35 = n=q/(2.87×K)= 회 T_1=(cm×n)/(60×E) = 분 T_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 T_3=0.8, T_4=0.42, T_5=0.5, T_6=1.5 cm=T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6= 분 Q=60×q×f×E/cm= ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-7 로더 8-10 덤프트럭 * 현지 여건에 따라 굴삭기 적재 가능
3)	발파암	㎥	1. 적재(굴삭기 1.0㎥) q = 1.0, K = 0.55, f = 1/1.625, E = 0.45 m = 1.8, L = 8m, t1 = 9, t2 = 14 Cm = 23 (180°)sec Q= 3600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 2. 운반(덤프 24ton) L= km, E = 0.9, f=1/1.35 q= 24/1.9ton/㎥×1.35 = n=q/(2.87×K)= 회 T_1=(cm×n)/(60×E) = 분 T_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 T_3=0.8, T_4=0.42, T_5=0.5, T_6=1.5 cm=T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6= 분 Q=60×q×f×E/cm= ㎥/hr	* 현지 여건에 따라 굴삭기 적재 가능 * 기존도로 확장시 T5=3.77분 가산

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.7 가	순성토 토 사	㎥	1. 표토제거 또는 벌개제근 : 현장 여건상 필요한 경우 「1.3.1 표토제거」 및 「1.3.2 벌개제근」 기준 적용 2. 굴착 1) 불도저 32ton q = 5.5×0.96 = 5.28㎥ f = 1/1.3, E = L = m, V_1 = 40m/min, V_2 = 43m/min Cm = $L/V_1 + L/V_2$ + 0.25 = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 2) 불도저 19ton q = 3.2×0.96 = 3.072㎥ f = 1/1.25, E = L = m, V_1 = 40m/min, V_2 = 46m/min Cm = $L/V_1 + L/V_2$ + 0.25 = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 3. 적재(로더 2.87㎥) q = 2.87㎥, K = 1.2, E = , f = 1/1.3 m = 1.8, L = 8m, t_1 = 9, t_2 = 14 Cm = $(m \times L)+t_1+t_2$ = Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 4. 운반 1) 덤프 24ton q = (24/1.6)×1.3 = ㎥ f = 1/1.3, E = 0.9 n = q/(q(로더)×K(로더)) = 회 t_1 = Cm(로더)×n/(60×E(로더)) = t_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 t_3 = 0.8min, t_4 = 0.42min, t_5 = 0.5min Cm = $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 2) 덤프 8ton q = (8/1.6)×1.25 = ㎥ f = 1/1.25, E = n = q/(q(로더)×K(로더) = 회 t_1 = Cm(로더)×n/(60×E(로더)) = t_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 t_3 = 0.8min, t_4 = 0.42min, t5 = 0.5min Cm = $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저 8-7 로더 8-10 덤프트럭 * 현지 여건에 따라 굴삭기 적재 가능

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.8	흙쌓기	㎥	1. 흙쌓기 1) 굴삭기(0.7㎥) q = 0.7, K = 0.9, f = 0.9/1.3=0.69, E = 0.70 Cm = 20sec(135°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 2) 불도저(32ton) q = 5.5×0.96 = 5.280㎥ f = 1, E = 0.55 L = 20m, V_1 = V_1 = 40/min, V_2 = 58m/min Cm = L/V_1 + L/V_2 + 0.25 = 1.09min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 2. 살수 살수차(물탱크 5,500ℓ) QMC = 13%, NMC = 8% E = , V = 15km/hr t0 (흡입준비시간) = 5min t1 (흡입시간) = 10min t2 (운반시간) = (1/15)×2×60 = 8min t3 (살수시간) = 20min t4 (살수대기시간) = 5min Cm = t0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 48min Ws = 1,415.92kg/㎥ Ww = 1,600kg – Ws W(QMC) = Ww/Ws×100 (13+100)×Ws = 160,000 Qw = (60×5,500×0.9)/48 = 6,187.50ℓ/hr Qt = Ws×(QMC-NMC)/100 = 70.79kg/㎥ Q = Qw/Qt = 87.41㎥/hr 3. 다짐 1) 진동롤러 (자주식 10ton) : 사질토에 적용 V = 4km/hr, W(포설폭) = 1.9m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 6 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr 2) 타이어롤러 (자주식 8~15ton) : 사질토에 적용 V = 2.5km/hr, W(포설폭) = 1.8m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 4 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr 3) 양족식 롤러 (자주식 19ton) : 점성토에 적용 V = 4.0km/hr, W(포설폭) = 1.8m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 5 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr	┌건설공사 표준품셈┘ 8-3 불도저 8-5 굴삭기 8-11 롤러 8-14 아스팔트 플랜트

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.9	사 토	㎥	1. 적사 1) 굴삭기 1.0㎥ q= 1.0㎥, K= 0.9 f= 1/1.25, E = 0.75 (모래·사질토, 흐트러진상태, 보통) Cm = 21(135°)(버킷 규격 1.0~1.2㎥, 각도 135° 일때 1회 싸이클시간(sec)) Q= 3,600×q×K×f×E/Cm= ㎥/hr 2) 굴삭기 0.7㎥ q= 0.7㎥, K= 0.9 f= 1/1.30, E= 0.75, Cm = 20 (버킷 규격 0.6~0.8㎥, 각도 135° 일때 1회 싸이클시간(sec)) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 3) 굴삭기 0.4㎥ q = 0.4㎥, K = 0.9 f = 1/1.25, E = 0.75, Cm = 18 (버킷 규격 0.12~0.4㎥, 각도 135° 일때 1회 싸이클시간(sec)) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr 2. 운반 1) 덤프 24ton q = (24/1.6)×1.25 = ㎥ f = 1/1.25, E = 0.9 n = q/(q(굴삭기)×K(굴삭기)) = 회 t_1 = Cm(굴삭기)×n/(60×E(굴삭기)) = t_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60 = 분 t_3 = 0.8min, t_4 = 0.42min, t5 = 0.5min Cm = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 2) 덤프 8ton q = (8/1.6)×1.25 = ㎥ f = 1/1.25, E = 0.9 n = q/(q(굴삭기)×k(굴삭기)) = 회 t_1 = Cm(굴삭기)×n/(60×E(굴삭기)) = t_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60 = 분 t_3 = 0.8min, t_4 = 0.42min, t5 = 0.5min Cm = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr 3. 정지 (불도저 19ton) q = 3.2×0.96 = 3.072㎥ f = 1/1.25, E = 0.70 (모래·사질토, 흐트러진상태, 보통) L = 20m, V_1 = 75m/min, V_2 = 98m/min Cm = L/V_1 + L/V_2 + 0.25 = 0.721min Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저 8-5 굴삭기 8-10 덤프트럭 * 사토장사용료는 부대공에서 산출 [비고]사토시의 정지비는 비다짐이므로 1/3만 적용 * 단, 적용 계수값은 토질 및 현장조건에 따라 적용

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.10	법면다짐	㎡	1. 법면다짐 (유압식 진동콤팩터+굴삭기 0.7㎥) Q = 77.7㎡/hr 경 비 : /Q = 노무비 : /Q = 재료비 : /Q =	「건설공사 표준품셈」 8-19 법면다짐기 * 성토면만 적용
1.3.11	더 돋 기	㎥	※ 「1.3.8 흙쌓기」 참조	
1.3.12	보조기층 부설	㎥	1. 부설 (불도저 19ton) W(부설폭) = 2.2m, D(부설두께) = 0.20m, N(부설횟수) = 4 f = 1.0, E = 0.35 L = 50m, V_1 = V_1 = 75m/min, V_2 = 98m/min Cm = $L/V_1 + L/V_2 + 0.25$ = 1.427min Q = 60×W×D×f×E/(N×Cm) = ㎥/hr 2. 다짐 (진동롤러 자주식 10ton) V = 4km/hr, W(포설폭) = 1.9m, D(다짐두께) = 0.2m E = 0.40, f = 1.0, N(다짐횟수) = 8 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저 8-5 굴삭기 [비고]보조기층재의 단위중량 1.9t/㎥
1.3.13 가	토공규준틀 설치 비탈규준틀	ea	1. 판재 (t=1.2cm, B=12cm, L=4m) 재료비 : (0.012×0.12×4)×0.5 = 2. 말뚝 (말구 6cm, L=1.8m, 2본) 재료비 : (0.06×0.06×3.14×1/4×1.8)×2본×0.5 = 3. 못 (75mm) 재료비 : 0.03kg 4. 목공 : 0.16인 5. 보통인부 : 0.14인	「건설공사 표준품셈」 2-4 규준틀
나	수평규준틀	ea	1. 목재 재료비 : 0.014㎥×0.8 = 2. 못 (75mm) 재료비 : 0.03kg 3. 목공 : 0.21인 4. 보통인부 : 0.19인	「건설공사 표준품셈」 2-4 규준틀
다	제방선형 표시깃발	ea	1. 재료비 : 깃발(비닐,0.3x0.3x0.5), P.V.C파이프((Φ25m/m:0.3m, Φ20m/m:1.4m) 2. 설치비 : 재료비의 5% 3. 토 공 : 터파기(인력), 되메우기(인력) 4. 콘크리트타설(25-180-8): 무근타설 5. 거푸집 : 원형거푸집(0.02㎡)	* 현장 여건에 맞게 조정가능

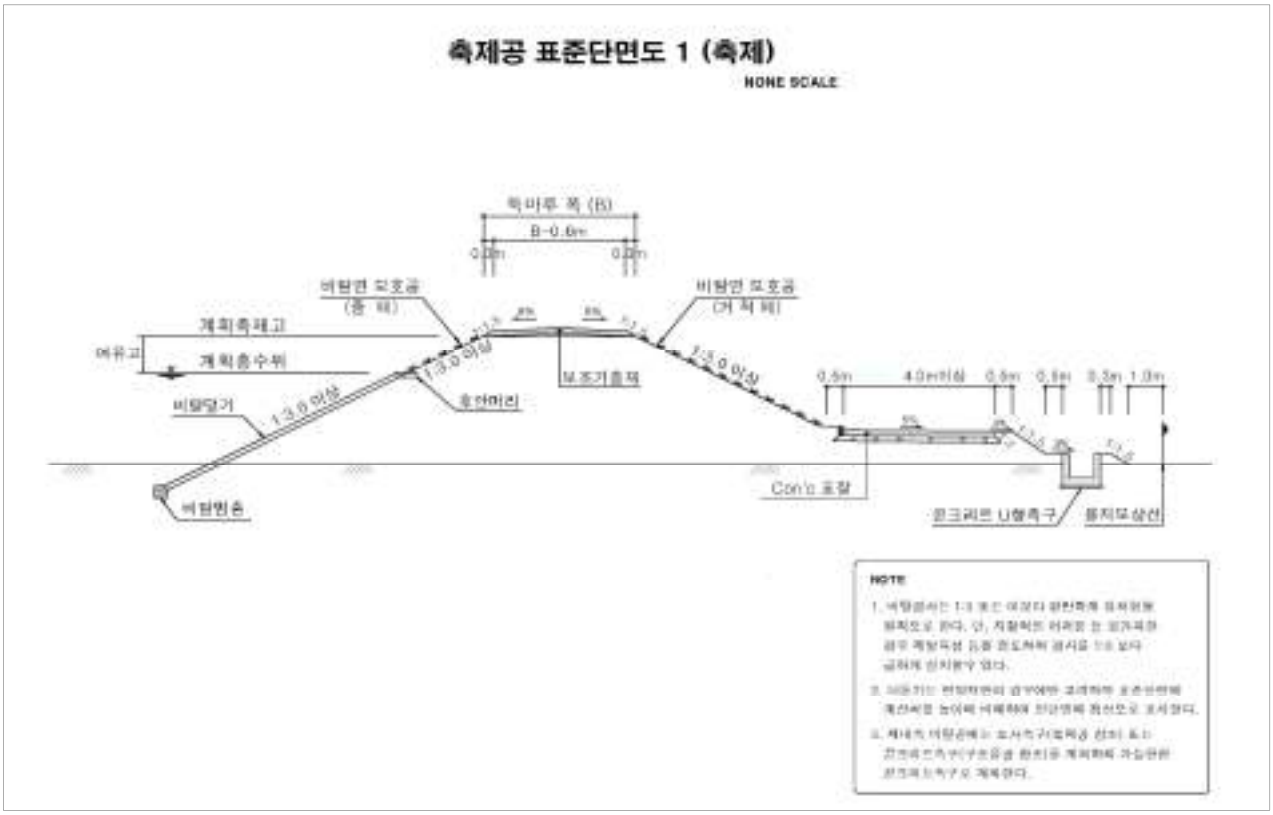
번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.14 가	측구 측구터파기	㎥	인력10% + 기계90% 1. 인력 1) 보통인부 : 0.26인 × 0.1 = 0.026인 2. 기계 (유압식 굴삭기 0.7㎥) q = 0.7㎥, K = 0.9 f = 1/1.3, E = Cm = 18sec(90°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr	
나	측구둑쌓기	㎥	1. 보통인부 : 0.11인 성토두께 30cm	「건설공사 표준품셈」 3-2 인력 흙 다지기에 준함.
1.3.15 가	부체도로 콘크리트 타설 (무근)	㎥	※「7장 배수통문 콘크리트 타설(무근)」 참조	
나	합판거푸집 (6회)	㎡	※「7장 배수통문 합판거푸집(6회)」 참조	
다	와이어 매쉬 (#8-150×150)	㎡	1. 와이어매쉬 (#8-150×150) : 할증 16%	
라	줄눈 (콘크리트 컷팅)	m	1. 콘크리트 절단(350M/일) Q=350/ 8hr=43.75 블레이드 : 0.31ea / 100m 물 운 반 : 3000l / 100m 1) 배치인원 특별인부 : 1.0인 / A 보통인부 : 2.0인 / A 2) 기계사용료 3) 물운반비 2. 줄눈설치 Q=700m/일 1)재료비 별도 계산 2) 배치인원 특별인부 : 2.0인 / B 보통인부 : 3.0인 / B	
마	비닐깔기	㎡	1. 재료비 : 비닐자재(2겹)x1.05(할증5%) 2. 보통인부: 0.004인	
바	보조기층 부설	㎥	※「1.3.12 보조기층 부설」과 동일	

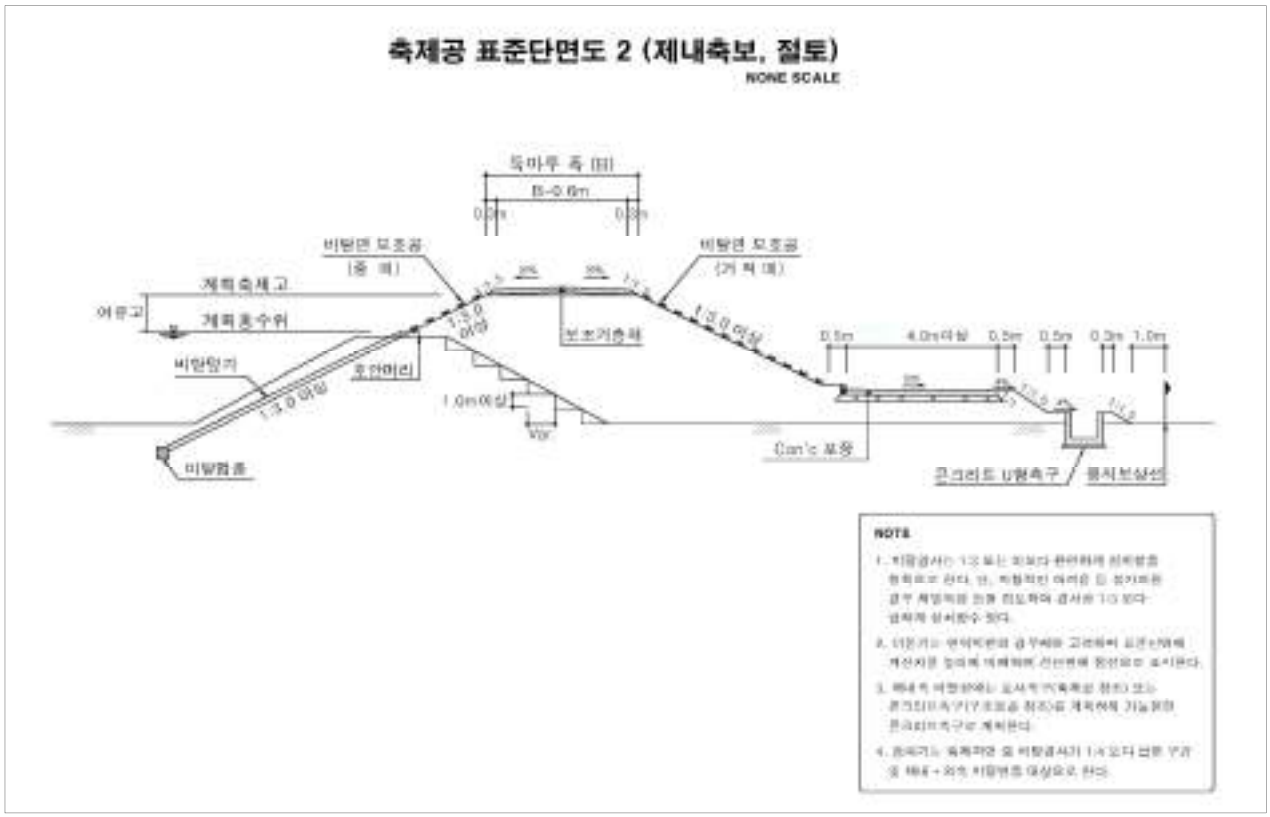
번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.16	관리용 도로 및 접근로		※ 「1.3.15 부체도로」와 동일	
1.3.17 가	연약지반 처리공 침하토 쌓기및다짐	㎥	1. 「1.3.8 흙쌓기」 참조	
나	과재성토	㎥	1. 포설 (모터그레이더 3.6m) L=2.9m, H=0.3m, D_1=50 E_1=0.6, N_1=4회, f=1.0 V_1=6, V_2=6.5, t=0.5 cm_1=0.06×(D_1/V_1+D_1/V_2)+(2×t)= 분 Q_1=60×L×D_1×H×E×f/(N_1×cm_1)= ㎥/hr	
다	과재성토 제거	㎥	1. 불도저(32 ton) D=20.0m, E=0.6, h=0.96, f=1/1.3 V_1=40m/분, V_2=43m/분 , T=0.2 m q_0=5.5×h= cm=D/V_1+D/V_2+0.25= Q_1=60×q_0×f×E/cm= ㎥/hr 2. 적 재 (로우더 1.72㎥ 타이어) q_0=1.72, K=1.2, f=1/1.3, E_0=0.6 m=1.8, L=8m, t_1=10, t_2=14 cm=(m×L)+t_1+t_2= sec Q_1=3600×q_0×K×f×E_0/cm= ㎥/hr 3. 운 반 (덤프 24ton) L= km, E=0.9, f=1/1.3 q = (24/1.6)×1.30 = ㎥ f = 1/1.30, E = 0.9 n = q/(q(굴삭기)×K(굴삭기)) = 회 t_1 = Cm(굴삭기)×n/(60×E(굴삭기)) = t_2 = (L(운반거리, km)/평균속도(적재시,km/hr)+ L(운반거리, km)/평균속도(공차시,km/hr))×60=분 t_3 = 0.8min, t_4 = 0.42min, t5 = 0.5min Cm = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = Q = 60×q×f×E/Cm = ㎥/hr	
라	치환토	㎥	1. 습지불도저(13 ton) D=20.0m, E=0.55, h=0.96, f=1/1.3 V_1=40m/분, V_2=48m/분 q_0=1.5×h= cm=D/V_1+D/V_2+0.25= Q_1=60×q_0×f×E/cm= ㎥/hr	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
마	침하판	개소	1. 1인치 Pipe 1)철판(0.9×0.9×0.1): 63.59 kg 2)강관(D=1"): 1.0m 3)고철 4)용접비(fillet용접 T=5m/m): 0.0798m 2. 지지발이붙은 D=150m/m pipe 1)강관(D=150m/m): 1.0m 2)원형봉강(D=16m/m , L=120cm 3ea): 1.58kg×1.2m×3ea 3)Steel Plate(D=250 T=4m/m 3ea): 1.54kg×3ea 4)고철 5)용접비(fillet용접 T=5m/m): 0.9m	
바	침하측정및 보호판	m	1. 침하측정봉 및 보호관 1)1인치 Pipe:1.0m 2)연결장치:재료비의 20% 2. 침하봉보호관(D=150m/m) 1)강관(D=150m/m): 1.0m 2)연결장치:재료비의 20%	
사	계측설치비	개소	1. 계측기 1) 기계손료: 개월 2. 재료비 평균심도(H)= m 지 지 층(H1)= m 상단여유고(H2)= m D=H+H1+H2= m 1) ABS 수지 Casing(3m):4ea 2) ABS 수지 Casing Coupling:3ea 3) Rutter End Cap:2ea 4) 보호관:1ea 5) Sealing Type:1ea 3.천공비 1) 소운반(리어카운반) V=2000m/hr , T=5 min N=(2000×450)/(120×200+2000×5)=26.47 회 Q=26.47×250/1000=6.62 ton 소요인수:N=3 ton/Q=0.45인 2) 기계기구설치 중급기술자:1.0인 초급기술자:1.0인 중급기능사:1.0인	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
사	계측설치비		3) 보링비(점토층) 천공길이:D1=H+H1= m 중급기술자:0.175인 보 링 공:0.350인 특수인부:0.350인 보통인부:0.350인 코아튜브:0.01ea 메탈크라운:0.025ea 드라이브파이프헤드:0.01ea 드라이브파이프슈:0.01ea 드라이브파이프:0.01ea 경유:2.132ℓ 잡유:0.2ℓ 4)기계기구손료:1.333hr 4.계측인건비 건설기술 진흥법 시행령 제91조의 규정에 따라 건설업자는 품질시험 및 검사에 필요한 검사장비와 시험검사요원을 건설공사의 공정에 따라 배치하여야 하고, 이에 소요되는 비용은 간접노무비에 포함되어 있으므로 계측을 위하여는 이에 필요한 측정용 기기설치에 따른 비용을 제외하고는 별도의 노무비를 계상하지 않는 것으로 한다. 5.계측분석비(조사) •분석인원 ※ 간극수압계 분석비 - 특급기술자 A1=0.015인 - 고급기술자 B1=0.030인 - 중급기술자 C1=0.035인 ※ 경사계 분석비 - 특급기술자 A2=0.020인 - 고급기술자 B2=0.040인 - 중급기술자 C2=0.050인 ※ 변위말뚝 측정계 분석비 - 특급기술자 A3=0.010인 - 고급기술자 B3=0.020인 - 중급기술자 C3=0.025인 ※ 지표침하판 분석비 - 특급기술자 A4=0.005인 - 고급기술자 B4=0.010인 - 중급기술자 C4=0.010인	

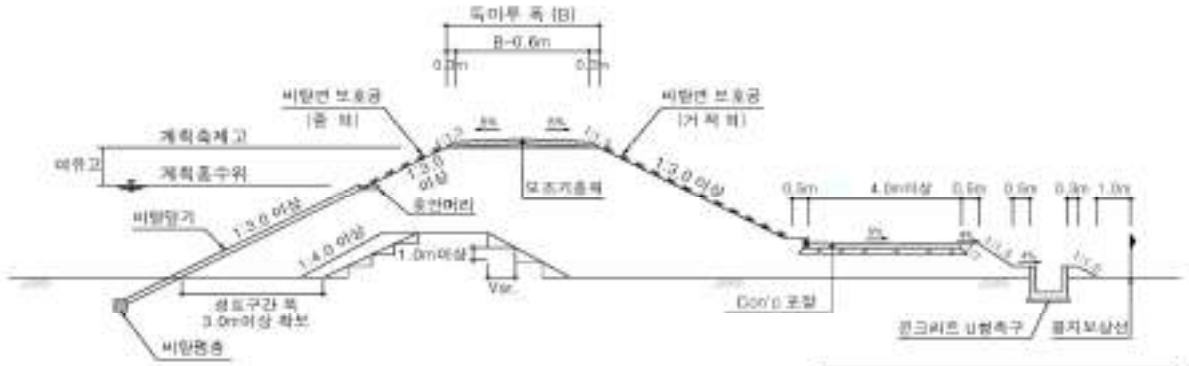
1.4 제방 표준단면 예시도





축제공 표준단면도 3 (제외측보)

NONE SCALE

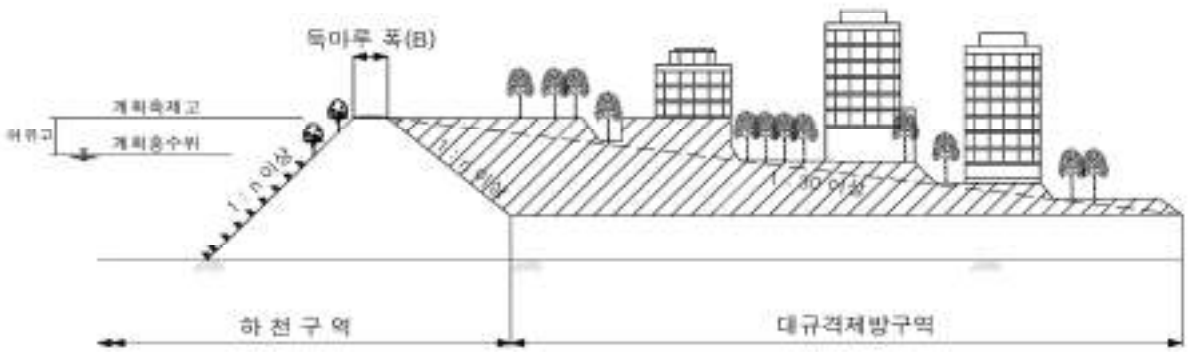


NOTE

1. 세부공사는 1:3 보다 급한하게 성토경사 적용으로 하되, 단, 적절하다 여겨질 는 공기하의 경우 계획하성 등을 검토하여 경사를 1:3 보다 완화해 적용할 수 있다.
2. 대문기는 현지여건에 따 주변의 고려하여 표준단면에 계산하여 늘이해 이해하여 선단면에 적용으로 조사한다.
3. 제내측 배수로에는 도시하수로(측구공 참조) 또는 콘크리트측구(구조물설 참조)를 계획하여 가능한 콘크리트측구로 계획한다.
4. 옹벽기는 축제계획 중 비탈경사가 1:3 보다 급한 구간 및 제내 · 외측 비탈면을 대상으로 한다.

축제공 표준단면도 4 (대규격제방)

NONE SCALE



NOTE

1. 대규격제방 제내측 비탈경사는 1:30 이내로, 도로에 의한 성토구간은 완화하여 준다.
2. 대규격제방은 대부분의 도시가 범람하면 막대한 피해로 이를 방지하기 위하여 계획홍수량을 초과하는 규모의 홍수에 대해서도 주민, 농작 등에 전혀 또 또는 문제가 구조로 설계한다.

제2장 하천호안

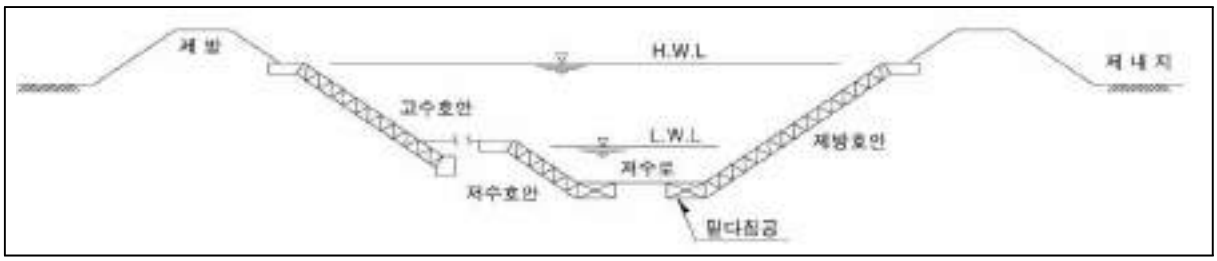
제2장 하천호안

2.1 설계 요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

1) 하천호안 : 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 하천제방 비탈면에 설치하는 구조물로써 비탈덮기, 비탈멈춤, 기초, 밑다짐으로 구성되며, 설치위치에 따라 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 분류할 수 있다.
2) 비탈덮기 : 유수, 유목등에 대해 제방 또는 호안의 비탈면을 보호하기 위하여 설치하는 것을 말한다.
3) 비탈멈춤(기초) : 비탈덮기의 밑부분에 설치하여 비탈덮기를 지지하고 침하, 세굴 등에 의한 움직임을 막으며, 토사유출을 방지하기 위해 시공하는 것을 말한다.
4) 밑다짐 : 비탈덮기 및 비탈멈춤의 하상변화에 의한 움직임을 막기 위하여 하상 변화에 대한 순응성(굴요성)을 가진 재료로 비탈멈춤 앞에 설치하는 것을 말한다.
5) 고수호안 : 하천이 복단면일 경우 고수부지 위의 제방 앞비탈을 보호하기 위해 설치한다.
6) 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로 비탈면에 설치한다.
7) 제방호안 : 단단면 하도인 경우, 혹은 복단면 하도이지만 고수부 폭이 좁고, 제방과 저수로 비탈면을 일체로 해서 보호해야 하는 경우에 설치하는 것으로 고수호안과 저수호안이 일체화된 것을 말한다.
8) 호안머리 : 비탈덮기 상단을 세굴로부터 보호하기 위해 설치하는 것을 말한다.
9) 호안머리보호공 : 저수호안의 비탈덮기 상단을 세굴로부터 보호하기 위해 호안머리와 함께 설치하는 것을 말한다.
10) 상시수위 : 하천의 유황과 관련하여 하천의 형태, 유수의 흐름 흔적, 저수로의 식생 상황 및 하천의 포락 등을 고려한 평상시 흐름에서의 수위를 말하고 주로 밑다짐 높이를 결정하기 위한 용어로서 평수위 정도에 해당되는 수위
11) 평수위 (OWL: Ordinary Water Level) : 1년을 통하여 185일은 이보다 저하하지 않는 하천수위를 말한다.



(그림 2.1-1) **< 설치위치에 따른 호안의 분류 >**

나. 적용범위

본 장은 하천 호안 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 소하천 설계기준(2020, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 에코리버 21 기술보고서(2011, 건설기술혁신사업단)
3) 호안의 역학설계법(1998, 산해당)

마. 설계일반사항

1) 호안은 경제성 및 수리적 안정성 확보의 목적을 달성할 수 있도록 비탈덮기, 기초, 비탈멈춤, 밑다짐의 네 부분 중 일부 또는 전부를 조합하여 설치한다.
2) 사용재료의 확보 용이성, 경제성, 시공성, 환경성, 공사기간, 조도, 굴요성(掘撓性, flexibility), 내마모성, 내구성 등을 고려하되, 현장여건을 종합적으로 고려하여 비탈덮기 형태, 시공방법 등을 결정한다.
3) 호안은 이론적 계산에 의한 설계방법이 정립되어 있지 않으므로 이론과 경험의 양면을 고려하여 설계한다.
4) 연속된 호안의 중간에서 비탈경사를 급격히 변화시키게 되면, 그 변화점 부근이 위험하게 되므로 이를 피하여야 한다. 부득이 연속된 호안의 도중에서 구조를 변화시킬 때에는 급격한 변화를 피해 완만하게 변화시켜야 한다.
5) 호안이 교량 또는 암거 등의 구조물과 연결되는 구간에서는 구조물의 되메우기 구간이 느슨하여 파괴되면서 호안이 붕괴되는 경우가 발생한다. 따라서 구조물 배면의 되메우기 구간과 구조물 전후(특히 직상류) 구간에서는 호안과 구조물이 안정될 수 있도록 구조물이 제외지로 돌출(암거 및 교대 등)되지 않도록 하고, 구조물에 접한 호안 배면에 부직포 등을 설치하여 토사 등의 유출을 방지할 수 있도록 하여야 한다.
6) 호안 설계시 치수뿐만 아니라 환경적 측면도 고려하여야 한다.

2.1.2 사전조사

호안 설계시 조사 및 검토할 사항은 다음과 같다.

1) 대상 구간의 하도 및 수리특성

2) 수질 및 생태계 현황

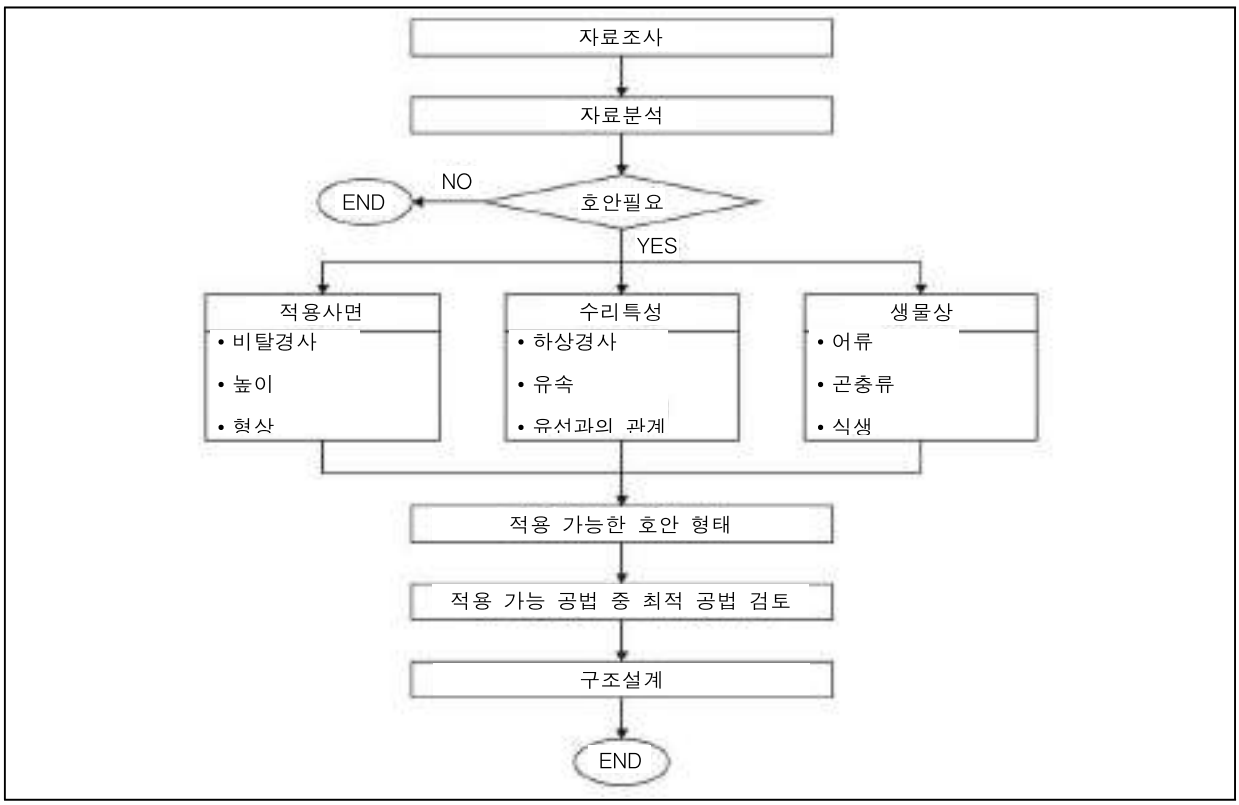
3) 하상변동 및 골재채취 현황

4) 조석 영향

2.1.3 호안 계획

가. 호안설계절차

호안계획 및 설계는 먼저 하도의 수리특성과 비탈면 침식 여부를 확인하여 호안설치 필요성을 검토한 후, 수리특성, 생물상 등의 사전조사 자료와 제방 및 저수로 비탈면의 기울기, 높이, 토질조건 등을 고려하여 적용 가능한 호안 구조 및 공법을 선정하고 호안의 각부에 대한 구조설계 순으로 실시한다. 일반적인 호안설계 절차는 (그림 2.1-2)과 같다.



(그림 2.1-2) **< 호안 설계의 순서 >**

나. 설치위치와 연장

1) 호안 설치위치와 연장은 하도내의 수리현상, 하상변동 및 지형특성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

2) 하도내 평균유속을 기준하여 평균유속이 2.0m/s 이상인 급류 또는 준급류 구간에서는 전 구간에 걸쳐서 호안을 설치하고, 평균유속이 2.0m/s 미만인 완류 구간에서는 수충부에 중점적으로 설치한다. 다만 하도내 평균유속의 변화가 지점별로 심하여 완류, 준급류, 급류 구간이 상호 반복되어 나타나는 경우 전 구간에 호안 설치를 검토한다.

3) 고수부지의 포락이 진행중이거나 예상되어 제방의 안전성이 저하될 우려가 있는 구간은 저수호안을 설치한다. 또한 고수부지를 다목적으로 조성, 활용하고자 하는 경우에도 필요시 저수호안을 설치할 수 있다.

4) 교량, 보, 낙차공 등의 횡단 구조물 설치구간은 호안을 반드시 설치하여야 하며, 하천의 규모에 따라 다음과 같이 충분한 구간까지 설치하며, 되도록수리적인 특성을 고려하여 안정성이 높은 강성호안을 설치토록 한다.

가) 국가하천 : 상·하류 각각 20m 이상

나) 지방하천 및 소하천 : 상·하류 각각 10m 이상

5) 도시하천에서 비탈경사가 1:2 또는 이 보다 급경사일 경우에는 전면적으로 설치하고, 친환경적인 호안을 우선 고려한다.

6) 조석의 영향 또는 선박 운항시 파랑으로 인한 침식이 예상되는 지점은 호안을 설치한다.

다. 설계 수리 조건

1) 호안 설계시 유속은 계획홍수량 유하시 하도의 평균유속을 이용한다. 제방 및 저수호안 설계시에는 저수로 평균유속을, 고수호안 설계시에는 고수부 앞비탈기슭의 평균유속을 이용한다. 고수부지가 비교적 넓은 복단면형 하천구간에서는 저수로와 고수부를 구분하여 수리계산을 함으로써 저수로와 고수부 평균유속을 구할 수 있다.

$$V_m = \frac{1}{n} \cdot H_d^{2/3} \cdot I_e^{1/2}$$

여기서, V_m : 평균유속(m/s) n : 조도계수

H_d : 설계수심(m) I_e : 에너지 경사

2) 호안설계를 위한 유속은 대표유속을 적용하며, 평균유속에 하도의 만곡, 사주의 영향을 고려한 보정계수를 곱하여 아래와 같이 구할 수 있다.

$$V_0 = \alpha \cdot V_m$$

여기서, V_0 : 대표유속(m/s) V_m : 평균유속(m/s)

α : 보정계수(호안의 역학설계법(1998, 산해당) 참조)

3) 호안설계를 위한 소류력은 계획홍수량 유하시 다음과 같은 공식에 의해 계산한 값 중 큰 값을 적용한다.

가) Schoklitsch 공식(Chezy 유속계수 적용)

$$\tau = W R I = \frac{W}{C^2} V^2$$

나) Manning 유속계수를 고려한 소류력 공식

$$\tau = \rho g \frac{V^2}{K_m^2 R^{\frac{1}{3}}}$$

여기서, τ : 소류력(kg_f/m^2) R : 경심 (m)

W: 물의 단위중량 (1,000kg_f/m^3)

I : 수면경사 혹은 에너지경사

C : Chezy 유속계수($V = C\sqrt{RI}$)

V : 유속(m/s) g : 중력가속도(9.81m/s^2)

ρ : 물의 밀도(102.04$kg_f \cdot s^2/m^4$)

K_m: manning의 조도계수($m^{1/3}$ /s) = $\frac{1}{n}$

R : 동수반경(m)

라. 하상특성

1) 대상 하천구간에 대한 최심하상고, 평균하상고, 최심선의 매년 변화 등의 하상변동실태와 평형하상고, 하천시설물 피해이력, 골채채취 현황 등의 자료를 조사하여 호안의 기초 및 밑다짐을 계획한다.
2) 현 하상고와 계획하상고를 비교, 검토하여 현지 여건에 부합되도록 계획한다.
3) 최심선의 횡방향 변화가 활발한 지역은, 현재 퇴적이 되어 있는 구간도 최심부로 변동될 수 있으므로 호안 기초 및 밑다짐 계획시 유의하여야 한다.
4) 수충부 또는 단면 급확대 구간에 대해서는 기존 호안 또는 침식여부 등을 면밀히 조사하여 시설물 계획을 수립해야 한다.

마. 생태특성

1) 대상구간 및 상하류 구간에 대한 생태조사 결과를 토대로 환경적 측면을 배려한 호안계획을 하여야 한다.
2) 생태보전을 고려한 공법 적용시에는 공사중 모니터링 계획을 반영한다.

바. 적정 공법 선정 및 구조 설계

1) 상기한 설계수리조건, 생태특성과 더불어 경제성, 시공성 등을 종합적으로 고려하여 구조 형식과 적정 비탈덮기 공법을 선정한다.
2) 비탈덮기 구조와 공법이 결정되면 선정 공법을 적용하여 세부 구조 설계를 한다.

2.1.4 호안 설계

가. 비탈덮기

1) 비탈덮기의 높이는 고수 및 제방호안은 계획홍수위까지로 하되, 다음의 경우는 앞비탈머리 높이까지로 설치할 수 있다.

가) 특별히 중요한 제방

나) 파랑이 발생하는 장소

다) 급류하천

마) 고조의 영향을 받는 하구부 구간

바) 굴곡이 심한 만곡부의 외측안

2) 저수호안의 비탈덮기의 높이는 현재의 고수부지 높이 또는 고수부지 계획고로 한다.

3) 비탈덮기의 양단부 및 비탈덮기 재료가 상이한 경계부 등은 활동과 배면토사의 유출이 발생하지 않도록 보강해야 한다.

4) 비탈덮기의 경사는 비탈덮기 구조와 높이에 따라 다음의 값을 기준으로 한다.

< 비탈덮기 구조와 높이에 따른 비탈경사 >

(표 2.1-1)

비탈덮기의 구조		비탈덮기 연직높이(m)	최소 비탈경사
식 생 공		사면안정 규모	1 : 2.0
돌 쌓 기 콘크리트블록쌓기	찰 쌓 기	3 이상 ~ 5 미만	1 : 0.5
		3 미만	1 : 0.3
	메 쌓 기	3 미만	1 : 1.0
돌 붙 임 콘크리트블록붙임	찰 붙 임	-	1 : 1.5
	메 붙 임	3 미만	1 : 2.0
콘크리트 방틀		-	1 : 1.5
돌망태 붙임 콘크리트붙임		3 이상	1 : 2.0
		3 미만	1 : 1.5

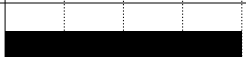
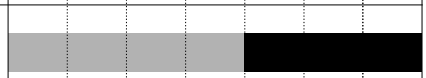
5) 비탈덮기는 설치장소의 수리조건(유속 및 소류력), 환경성, 경제성, 시공성 등을 종합적으로 고려하여 적절한 공법을 선정하여야 한다. 비탈덮기 공법은 다음과 같이 유속 및 소류력에 의해 개략적인 적용 가능공법을 선정한 후, 필요한 경우 '제1편 총칙' 절차에 따라 결정한다.

가) 유속에 의한 방법

대상구간의 대표유속을 산정한 후, 다음 표와 같은 호안공법과 설계유속 관계를 이용하여 비탈덮기 공법을 선정하는 방법으로, 후술하는 허용소류력 방법과 함께 보편적으로 이용되고 있다.

< 호안공법 설계유속 관계표(비탈경사 1:2) >

(표 2.1-2)

공 법	설계유속(m/s) 2 3 4 5 6 7	적 용 조 건 등
평 떼		○평수에는 침수되지 않고 활착하기까지 유수에 잠기지 않는 부분에 적용 ○평수위 이하에는 모듬돌, 나무울타리, 바구니계 밑다짐공을 조합하여 사용
지오텍스타일		○복토를 행하여 떼의 확실한 활착을 도모 ○연결부대책(상하류단, 제방비탈기슭, 호안머리부)을 확실하게 수행
블 록 매 트		○자갈이 많은 하천 및 수충부에는 채택되지 않음 ○연결부대책(상하류단, 제방비탈기슭, 호안머리부)을 확실하게 수행
통 나 무 격 자		○간벌재가 있는 경우 이를 활용함
섶가지 비탈 방 틀 공		○호박돌이 적은 하천에 적용
나 무 말 뚝 울 타 리 공		○호박돌이 적은 하천에 적용 ○간벌재가 있는 경우 이를 활용함
식생망태(롤형)		○연결부 대책을 확실하게 수행 ○식생의 조기복구를 위해 충진재는 현지발생 표토를 이용
바 구 니 매 트 (평 깔 기)		○강한 산성 또는 염분농도가 높은 장소, 사람머리 크기의 호박돌이 있는 경우에는 적용하지 않음
연 결 블 록 +사석환경형 연결블록+사석		○연결부대책(상하류단, 제방비탈기슭, 호안머리부)을 확실하게 수행 ○연결재로 강선을 사용하는 경우 강한 산성 또는 염분농도가 높은 장소에는 적용하지 않음
자연석(메붙임)		○메붙임 호안의 높이는 3m 이내에 적용 ○찰붙임은 높이 5m 이내에 적용 ○해당 하천에 자연석이 있는 경우 이를 활용
자연석(찰붙임)		
환경보전형 블 록		○환경측면의 평가 및 경제성의 검토가 필요함
콘크리트 블록 깔 기		○다른 호안공법이 사용될 수 없는 경우 호안 높이 5m 이내에 적용

주) 자료출처 : 자연형 하천공법 재해특성 분석에 관한 연구(2000, 행정자치부)

범례 ■ 적용가능 범위

▒ 기본적으로 사용하지 않음.(다른 호안공법으로 시공할 수 없는 경우에 사용)

1) 표의 적용범위는 시공실적 등으로부터 구한 지표임. 따라서, 시설의 재방피해현황 등에 따라 그 재방의 피해원인에 대한 대책을 강구하여 표의 범위 외에도 가설공법 적용이 가능한 경우가 있음.

2) 표에 관계없이 설계유속에 적용할 수 있는 합리적인 공법은 적극적으로 채용하는 것이 좋음.

< 호안공법 설계유속 관계표(비탈경사1:1.0) >

(표 2.1-3)

공 법	설계유속 (m/s) 2 3 4 5 6 7	적 용 조 건 등
통 나 무 격 자		○호안높이 5m 이내에 적용 ○간벌재가 있는 경우 이를 활용
나 무 말 뚝 울 타 리		○호안높이 5m 이내에 적용 ○호박돌이 적은 하천에 적용 ○간벌재가 있는 경우 이를 활용
식 생 망 태		○호안높이 5m 이내에 적용 ○연결부대책을 확실하게 수행
바구니매트(다단) 바 구 니 틀 (다 단)		○호안높이 5m 이내에 적용 ○강한 산성 또는 염분농도가 높은 장소, 사람머리 크기의 호박돌이 있는 구간에는 적용하지 않음
연 결 블 록 + 사 석 환 경 형 연 결 블 록 + 사 석		○호안높이 5m 이내에 적용 ○비탈방향 활동방지 조치를 확실하게 수행 ○연결부대책(상하류단, 제방비탈기슭, 호안머리부)을 확실하게 수행
보 강 토 공 법		○호안높이 5m 이내에 적용 ○평수위 이하에 사용하는 경우 토사흡출대책이 필요
연 결 자 연 석 (메 쌓 기)		○호안높이 5m 이내에 적용 ○지보공 확보, 어긋남 대책을 확실하게 수행하여 유속, 토압에 대해 안전성을 확보함
식 생 콘 크 리 트 옹 벽		○호안높이 5m 이내에 적용 ○뒷버팀 길이를 충분히 확보할 수 있으며, 유속은 고려하지 않아도 적용할 수 있음
자 연 석 (찰 쌓 기)		○호안높이 5m 이내에 적용 ○해당 하천에 자연석이 있는 경우 이를 활용 ○찰붙임은 깊은 줄눈으로 하는 등 다공질 수제가 확보될 수 있도록 시공
환 경 보 전 형 블 록		○호안높이 5m 이내에 적용 ○공법개발도중에 있어 경제성 검토가 필요
콘 크 리 트 블 록 쌓 기		○다른 호안공법을 사용할 수 없는 경우 호안 높이 5m 이내에 적용 ○수제부분에 모듬돌 등을 병용함

주) 범례 ■ 적용가능 범위

▒ 기본적으로 사용하지 않음.(다른 호안공법으로 시공할 수 없는 경우에 사용)

1) 표의 적용범위는 시공실적 등으로부터 구한 지표임. 따라서, 시설의 재방피해현황 등에 따라 그 재방의 피해원인에 대한 대책을 강구하여 표의 범위 외에도 가설공법 적용이 가능한 경우가 있음.

2) 표에 관계없이 설계유속에 적용할 수 있는 합리적인 공법은 적극적으로 채용하는 것이 좋음.

〈 자연형 호안의 수리적 특성 〉

(표 2.1-4)

호 안 종 류	하상경사	대표유속(m/s)	비탈경사	유선과의 관계	비고
자연원형하안(자연식생)	완류	2 이하	1:2 이하	직선부, 사수부	
인위적식생하상(갈대류식재)	완류	2 이하	1:2 이하	직선부, 사수부	
사석호안	중류~급류	3 이상	1:0.5 ~ 1:1.5	수충부, 직선부	
나무방틀+자연석호안	완류~급류	2 이상	1:2.0 이하	수충부, 직선부	
식생매트호안	완류~중류	2 ~ 3	1:1.5 ~ 1:2.0	직선부, 사수부	
인조석호안(연결블록)	완류~중류	3 이상	1:1.5 이하	수충, 직선, 사수부	

주) 자료출처 : 자연형 하천공법 재해특성 분석에 관한 연구(2000, 행정자치부)

나) 소류력에 의한 방법

대상구간의 소류력을 산정하고, 다음 표와 같은 호안공법과 허용소류력 관계를 이용하여 비탈덮기 공법을 선정하는 방법이다.

〈 호안의 종류별 허용소류력 〉

(표 2.1-5)

구 분	호 안 공		
	재료별	제품종류	허용소류력(N/㎡)
고수호안	식생	줄떼	20
		종자살포(Seed Spary)	20
		식생매트	80
	석재	돌붙임	230 ~ 800
		돌쌓기	600
	블록형	환경식생블록	500
	망태형	타원형 돌망태	200
		친환경매트리스	400
		매트리스형 돌망태	200 ~ 300
저수호안	식생	식생롤 + 갈대매트	70
		침수방틀 + 윗가지덮기	60 ~ 200
	석재	스톤매트리스	800
		스톤네트	800
		돌쌓기	600

주) 자료출처 : 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)

〈 식생호안의 허용소류력 〉

(표 2.1-6) (단위 : N/㎡)

호안의 종류	시공직후	시공 후 1년	시공 후 2년	시공 후 3년	비 고
초본류(목초류)	10	30	30	30	
버드나무가지덮기	51	153	306	306	
돌붓기 및 버드나무삽목	77	102	306	357	

주) 자료출처 : 국내여건에 맞는 자연형하천공법개발 2권(1999, 환경부. 건설기술연구원)

다) 등급에 의한 방법 [1)]

호안설계에 관한 국내연구 결과로써 대상구간의 하상경사와 유속, 하도의 만곡도, 비탈덮기 경사와 높이 등 5가지 요소를 바탕으로 호안공법을 선정하는 방법이며, 호안의 강도에 따라 5개 등급으로 분류하여 적용 가능한 공법을 결정하는 방법이다. 호안공법 종류는 아래와 같이 식생호안, 매트호안, 식생+보강호안, 매트+보강호안, 블록호안, 방틀호안, 돌망태, 메쌓기, 메붙임, 찰쌓기, 찰붙임으로 구분된다.

〈 호안등급 결정 방법 〉

(표 2.1-7)

하상경사	비탈경사	유속	비탈높이	유선형태	등급
완류	1:2보다 완만	2m/s 이하	2～3.9m 이하		①
		2～3m/s 이하	2m 이하		①
			2～3.9m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
		3m/s 이상	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2～3.9m 이하	직선/사수부	③
	1:2～1:1.5	2～3m/s 이하	2m 이하		①
			2～3.9m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
		3m/s 이상	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2～3.9m 이하	직선/사수부	③
	1:1.5～1:0.3	2～3m/s 이하	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2～3.9m 이하	직선/사수부	③
		3m/s 이상	2m 이하	직선/사수부	③
			2～3.9m 이하	직선/사수부	④
				수충부	⑤
			4m 이상		⑤

1) 에코리버 21 기술보고서, 2011

(표 2.1-7) 계 속

하상경사	비탈경사	유속	비탈높이	유선형태	등급
중류	1:2~1:1.5	2~3m/s	2m 이하		①
			2~3.9m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
		3m/s 이상	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	③
	1:1.5~1:0.3	2~3m/s 이하	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	③
		3m/s 이상	2m 이하	직선/사수부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	④
				수충부	⑤
			4m 이상		⑤
급류	1:2보다 완만	2~3m/s 이하	2m 이하		①
			2~3.9m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
		3m/s 이상	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	③
	1:2~1:1.5	2~3m/s 이하	2m 이하	사수부	①
				직선부	②
				수충부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	③
		3m/s 이상	2m 이하	직선/사수부	③
			2~3.9m 이하	직선/사수부	④
				수충부	⑤
			4m 이상		⑤
	1:1.5~1:0.3				⑤

〈 등급별 호안공법 〉

(표 2.1-8)

구 분	공 법
등급 1	식생, 매트
등급 2	식생+(사석, 돌망태, 방틀, 블록) 매트+(사석, 돌망태, 방틀, 블록)
등급 3	돌망태, 메쌓기, 메붙임
등급 4	유공, 무공 블록
등급 5	방틀, 찰쌓기, 찰붙임

〈 호안공법 선정 요소 〉

(표 2.1-9)

요 소	구분	조 건	설명
하상경사	급류	1/400 보다 급경사 구간	하천 전체에 발생하는 홍수시의 응력을 평가하는 지표
	중류	1/400~1/1,000 정도의 경사구간	
	완류	1/1,000 보다 완경사 구간	
비탈경사	완경사	1:2 정도 이하	비탈면의 기본형상을 나타내는 인자
	표준경사	1:2.0 ~ 1:1.5	
	급경사	1:1.5 ~ 1:0.3	
	직립	1:0.3 ~ 직립	
유 속	1.0m/s 이하	완류구간	해당 구간의 유속을 파악하고 그 외력에 대응할 수 있는 호안이 채택
	1.0~2.0m/s	중완류구간	
	2.0~3.0m/s	중급류구간	
	3.0m/s 이상	급류구간	
비탈높이	2.0m 이하	비교적 고저차가 적음	비탈면의 안정성과 관련되는 인자
	2.0~3.9m	비교적 고저차가 큼	
	4.0m 이상	고저차가 커서 대책이 필요함	
유선형태	수충부	평균유속보다 큰 유속 발생구간	홍수류의 유선을 고려하여, 대상하안에 미치는 흐름의 영향을 평가하고 분류
	직선부	평균유속 발생구간	
	사수부	만곡내측 등 홍수 시에도 큰 유속을 받지 않는 구간	

나. 비탈멈춤(기초)

1) 비탈멈춤은 비탈덮기 종류, 비탈덮기 하중, 하천의 경사, 수충 및 하상세굴 등을 고려하여 비탈덮기를 충분히 지지할 수 있는 구조이어야 한다.
2) 일반적으로 지반이 양호할 때에는 직접기초로 하고, 지반이 연약하거나 감조하천과 같이 수심이 깊은 경우에는 자립이 가능한 말뚝이나 널말뚝 등의 형식을 적용한다.
3) 기초와 밑다짐의 병행시는 밑다짐이 이동함에 따라 기초가 파괴될 우려가 있으므로 분리하여야 한다.
4) 기초의 상단고는 중소하천인 경우 계획하상고(현 하상고가 계획하상고 보다 낮은 경우에는 현 하상고)에서 0.5m 이상, 대하천인 경우에는 1.0m 이상 깊게 설치하고, 다음과 같은 곳에서는 더 깊게 하여야 한다.
   가) 수충부로서 홍수시 세굴이 예상되는 곳
   나) 보 및 낙차공, 교량 등의 상 · 하류
   다) 첩수로, 방수로 등 하상저하가 예상되는 곳
   라) 홍수시 일시적인 세굴 깊이가 1.0m 이상인 곳
   마) 단면급확대 또는 축소로 인해 유속이 급변하는 구간
   바) 일시적인 방류가 시행되는 댐 직하류 영향 구간

5) 계획하상고가 정해져 있지 않은 경우에는 현재의 하상고에 (표 2.1-10)의 홍수시 일시적 세굴 깊이를 더하여 결정한다.

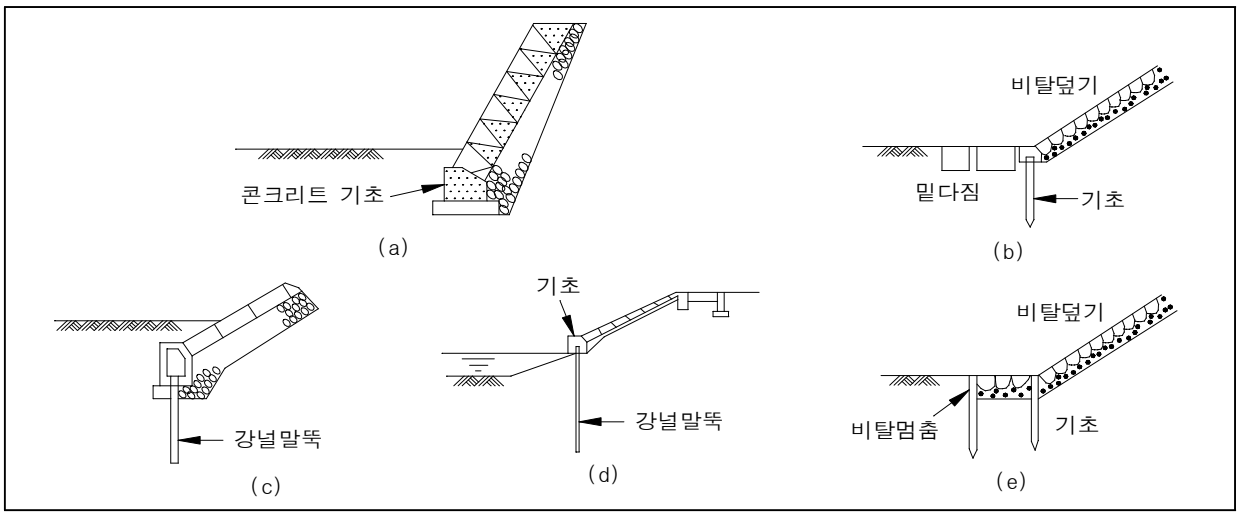
< 홍수시 일시적 세굴깊이 >

(표 2.1-10)

하 상 재 료	홍수시 하안의 유속			비 고
	3m/s 이상	2 ~ 3m/s 미만	2m/s 미만	
조약돌 이상의 입경	1.0m	0.5m	-	
자갈 정도의 입경	1.5m	1.0m	0.5m	
잔자갈 정도의 입경	-	1.5m	1.0m	

주) 1. 조약돌:100mm<d<150mm, 자갈:20mm<d<75mm, 잔자갈:2mm<d<15mm
2. 자료출처 : 하천설계기준해설(2019. 한국수자원학회,한국하천협회)

6) 기초의 형상은 비탈덮기의 하중을 충분히 지지할 수 있는 사다리꼴 단면으로 하고, 폭과 두께는 비탈덮기의 종류, 경사, 하상특성에 따라 결정하되 최소 50cm 이상으로 한다.



(그림 2.1-3) **< 비탈멈춤 예시도 >**

다. 밑다짐

1) 밑다짐은 하상세굴이 우려되고 비탈덮기 및 기초부분 보호가 필요한 구간에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 다음 조건을 만족해야 한다.

가) 소류력에 견딜 것

나) 하상변화에 대해 순응성(굴요성)을 가질 것

다) 시공이 용이할 것

라) 내구성이 좋을 것

2) 하천 합류부나 하폭이 넓은 구간, 만곡 내측구간 등의 퇴적구간은 현지조사, 하상변동조사 및 분석, 피해이력조사 등을 통하여 설치 여부를 결정할 수 있다.

3) 밑다짐의 폭은 다음 값을 기준으로 한다

< 홍수시 단면 평균 유속에 따른 밑다짐 폭 >

(표 2.1-11)

구 분	홍수시 단면평균 유속		
	2m/s 미만	2 ~ 4m/s 미만	4m/s 이상
밑 다 짐 폭	2 ~ 10m	4 ~ 12m	6m 이상

주) 자료출처 : 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

4) 밑다짐의 상단높이는 계획하상고 이하로 하고, 현 하상고가 계획하상고 보다 낮을 경우에는 현 하상고 이하로 한다. 단, 사석공(부설)인 경우 예외로 한다.

5) 사석부설의 사면경사는 재료의 안식각에 의하여 안정성이 확보될 수 있도록 한다.

6) 하도 전면을 사석 밑다짐으로 설치시 건천이 될 수 있으므로, 이를 고려하여 밑다짐 공법과 폭을 결정하여야 하며, 하안방어선 확보 등을 위해서는 고수부지 조성 또는 수제 등을 설치할 수 있다.

라. 호안머리 및 호안머리보호공

1) 호안머리

호안머리는 비탈덮기의 종류에 따라 설치 규모, 재질 등을 결정한다.

가) 호안머리의 재료는 잡석 또는 호박돌, 콘크리트(18MPa 이상)로 한다.

나) 호안머리의 두께에 따라 굵은골재 최대치수를 감안하여 재료를 결정한다.

다) 콘크리트로 된 호안머리는 굳기 전에 5m 정도 간격으로 줄눈을 설치한다.

라) 콘크리트로 된 호안머리의 폭은 제체에 최소한 10㎝ 이상 근입하고, 별도의 토공(터파기, 되메우기)을 계상한다.

마) 호안머리공은 현장 타설 및 부설을 원칙으로 하며, 비탈면의 경사 및 비탈덮기 두께에 따라 수량을 계상하여 적용하고, 호안머리 두께는 10㎝ 이상이어야 한다.

2) 호안머리보호공

가) 저수호안 비탈덮기 상단의 높이는 고수부지의 높이와 같게 하고 호안머리 보호공을 병행 설치함을 원칙으로 하되, 용도에 따라 호안머리공과 일체의 구조로 이루어질 수 있다.

나) 호안머리 보호공은 저수호안의 상단부와 고수부지의 접합을 확실하게 하고 저수호안이 유수에 의해 이면에서 파괴하지 않도록 보호하는 것이다. 하안의 토질, 높이, 유황 등에 따라 다르지만 일반적으로 망태공, 연결콘크리트, 블록, 전석, 잡석 등을 1.5~2.0 m 정도의 폭으로 설치한다.

다) 홍수시 수중에 위치하게 되므로 호안머리를 세굴과 침식으로부터 보호하는 기능을 지니고 있는바 굴요성이 있는 제품 및 공법이 적용되어야 한다.

라) 호안머리보호공은 친수하천 조성을 위한 산책로, 자전거도로 등 다양한 활용방안이 강구될 수 있으나 유수 흐름에 저해되는 가드레일, 가로등, 벤치 등의 설치는 지양해야 한다.

마) 호안머리 보호공이 돌망태일 경우는 유수의 흐름방향으로 설치하여야 하고, 마감공과는 밀착하되 일체구조로 되어서는 안 된다.

바) 콘크리트 구조일 경우는 그 폭을 충분히(1.5m 이상) 확보하고, 세굴을 감안하여 직립구조(종대공)의 벽체를 1.0m 이상 근입하여 설치한 다음 사석, 잡석 등의 채움재로 되메움 하여야 한다.

사) 저수로 호안부의 평면계획에서는 흐름특성을 반영하여 수충부의 경우 상대적으로 기울기를 급하게, 비수충부인 경우 완경사면을 조성한다.



(그림 2.1-4) **〈 호안머리공 및 호안머리보호공 예시 〉**

마. 토목섬유(필터, 매트)

호안의 파괴는 홍수시 유수에 의한 홍수 후 잔류수 유출시 비탈덮기 및 밑다짐의 배면 토사흡출에 따른 공동발생에 기인한다. 미 · 세립토의 유출을 방지하고 잔류수를 원활히 배수시키기 위하여 비탈덮기용 부직포(필터)를 설치하고, 밑다짐 배면, 세굴방지용으로 설치되는 구조물(사석 등)에는 직포 또는 복합포 설치를 원칙으로 하며, 환경을 고려한 식생대 구간의 경우 필요하다면 식생용 필터를 배면에 설치할 수 있다.

2.1.5 비탈덮기 종류 및 특징

가. 식생

비수충 구간에 주로 적용하고 떼붙임을 비롯하여 주로 식물재를 활용하는 비탈덮기로서 장기적 경제성 및 유지관리에 유리하나 단기적(활착기간) 유실대책이 필요하다. 식재수종 선정시 해당 하천 및 수계에서 서식하는 재래종을 원칙으로 하며, 식생조건(위치, 토양, 지하수위, 저수위 및 홍수위) 및 식생의 특징을 고려하여 수종을 선택한다. 저수로부, 제방비탈면에서 홍수위 상·하부를 구분하여 식생을 선정한다.

나. 식생매트

비수충 구간에 주로 적용하고 천연재료(야자섬유, 코코넛, 황마, 옥수수, 대나무 등) 및 합성섬유재료(PE, PP, PET, PLA 등)를 활용하여 종자와 비료 등을 매트류에 부착시키거나 매트 부설 후 살포(Seeding)하여 비탈면을 피복하는 공법이다. 식재수종 선정시 해당 하천 및 수계에서 서식하는 재래종을 원칙으로 하며, 식생조건(위치, 토양, 지하수위, 저수위 및 홍수위, 조수유입 여부 등) 및 식생의 특징을 고려하여 수종을 선택한다.

또한, 현장 적용시 부착면이 고르게 접합될 수 있도록 하여야 하며 하안 및 상단부는 부력 및 유수에 의한 세굴을 고려하여 고정방법을 검토하여야 한다. 식생매트를 설치할 경우 홍수위 상·하부를 구분하여 호안의 기능에 문제가 없도록 충분한 검토를 실시한 후 두께 및 인장강도 등을 고려하여 선정한다.



(그림 2.1-5) **〈 떼붙임, 식생매트 〉**

다. 돌망태

내구성이 보강된 철선 및 섬유계 등을 사용하여 망태를 만들고(기성제품 이용), 그 속에 일정 크기의 석재(채움재)를 채운 것으로서 타원형, 이불형, 거북형 및 매트리스형, 주머니형 등이 있다. 순응성(굴요성)이 뛰어나 비탈덮기와 밑다짐 등으로 이용되고 있다.

또한, 식생활착이 기대되는 구간에 대해서는 돌망태 설치 후에 상시수위선 이상에 대해 일정량(최소 10cm)의 복토를 함으로써, 식생의 발아를 촉진시킬 수 있다. 또한, 망태 특유의 순응성(굴요성)을 이용한 옹벽형 돌망태를 설치할 경우에는 비탈덮기와 비탈멈춤(기초), 밑다짐의 기능을 동시에 발휘할 수 있다. 다만 양서파충류가 이동하는 중요한 생태통로 기능의 구간은 충분한 복토를 실시한다.

1) 타원형 : 몸통과 뚜껑으로 구성되며 타원형의 몸통에 돌을 채워 설치하는 공법
2) 사각형 : 사각틀망, 덮게망, 사각링, 직봉으로 구성되며 사각 틀을 설치장소에 조립하고 돌을 채운 후 상면뚜껑을 덮어 결속하는 공법으로 타원형과는 달리 몸체를 결속하고, 돌채움 시 기계시공이 가능한 공법
3) 매트리스형 : 사각틀망, 덮게망, 사각링, 직봉으로 구성되며 사각형 돌망태와 시공방법은 같으며 망눈의 형태 및 망의 제작방법에 따라 구별되며 다양한 규격의 시공이 가능한 공법
4) 거북형 : 사각 및 원호형의 조합체로서 하안의 조도를 증가시키는 역할이 고려된 공법으로 형틀을 고정시킨 후 몸통망, 뚜껑으로 구성된 철망태속에 돌을 채워 설치하는 공법
5) 옹벽형 : 육면체의 철망태속에 돌을 채워 옹벽구조물 같이 설치하는 공법
6) 주머니형 : 하천에서 호안밑다짐, 교량의 교각 보호, 하상보호 등을 위하여 철선이나 강화섬유 등으로 된 주머니형 망태 내부에 돌을 채워 설치하는 공법



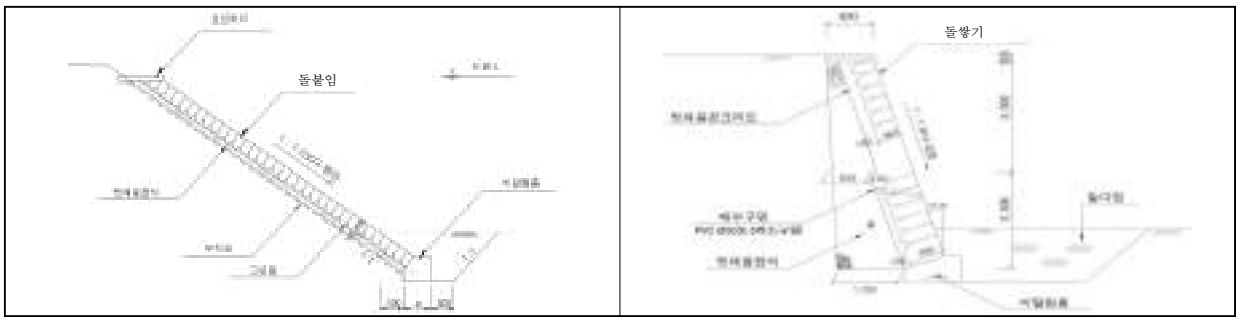
(그림 2.1-6) **〈 타원형, 매트리스형 돌망태 〉**

라. 돌붙임, 돌쌓기(석축)

가능한 완경사의 돌붙임을 적용하는 것을 원칙으로 하나 사용되는 돌의 종류(깬돌, 깬잡석, 야면석 및 견치석) 및 시공방법(메쌓기, 찰쌓기)등을 고려하여 대상하천의 주변 환경 및 시공성, 경제성, 재료 구득의 용이성 등을 검토하여 적용하여야 하며 통수능 및 하상의 폭을 확보할 필요가 있는 등의 부득이한 경우에는 돌쌓기(석축)를 적용할 수 있으며 이때 최소비탈경사는 1:0.3으로 한다.

또한, 산지와 연결되는 호안이나 제내측에 생태적으로 양호한 공간이 위치할 경우에는 양서파충류, 작은 동물의 이동을 돕기 위한 생태통로를 일정간격으로 설치한다.

1) 돌붙임 : 비탈경사가 1:1.0보다 완만한 경우에 비탈사면으로의 돌출이 거의 없이 깬돌, 깬잡석, 조약돌 및 야면석 또는 사석(발파석)등을 사용하는 공법을 칭하며 규격의 단위는 뒷길이(㎝)를 기준으로 한다.
2) 돌쌓기 : 비탈경사가 1:1.0보다 급한 경우에 비탈사면으로의 돌출이 거의 없이 깬돌, 깬잡석, 견치돌, 큰조약돌 및 야면석 또는 사석(발파석)등을 사용하는 공법을 칭하며 규격의 단위는 뒷길이(㎝)를 기준으로 한다.
3) 전석쌓기 : 비탈경사가 1:0.3보다 완만한 지역에 친수환경 조성 및 하천미관을 고려하여 비탈사면으로의 돌출여부와 관계없이 시공하는 방법을 통칭하며 가능한 큰 규격의 석재(0.3~0.5㎥ 내외)를 사용한다.



(그림 2.1-7) **< 돌붙임 및 돌쌓기 >**



(그림 2.1-8) **< 돌붙임, 돌쌓기, 전석쌓기 >**

마. 콘크리트 블록

콘크리트 블록공은 토사의 유출이 생기더라도 블록이 침하하여 공동이 커지는 것을 막고

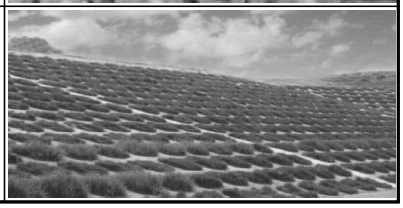
보수도 용이한 장점을 가지고 있어 가장 많이 이용되고 있는 공법이나 미관, 추이대(ecotone) 단절 등의 생태계를 훼손시키므로 가능한 한 친수성, 생태계, 경관을 고려한 자연형 호안을 적용한다.



(그림 2.1-9) **〈 콘크리트블록 예시도 〉**

〈 콘크리트 호안블록 형상별 분류 〉

(표 2.1-12)

형상별	공 법	비 고
무 공 콘크리트 호안블록	호안블록 구멍이 없어 배면토사 유출방지는 탁월하나 환경적으로 불리한 블록	
유 공 콘크리트 호안블록	블록에 다공성 구멍을 설치 또는 블록표면에 요철을 많이 두어 식생활착이 가능하도록 한 블록(환경호안블록이라고도 함)	

〈 콘크리트 호안블록 크기별 분류 〉

(표 2.1-13)

크기별	규 격	비 고
소형	호안블록의 1개당 면적이 0.5㎡ 미만인 블록	
대형	호안블록의 1개당 면적이 0.5㎡ 이상인 블록	

1) 무공 콘트리트 호안블럭 : 시공이 간단하고 가격이 저렴하며 와이어메쉬 등으로 연결하거나 인터록킹 방식으로 시공하여 유수에 의한 유실을 방지할 수 있는 장점이 있으나 환경적으로 불리하여 최근 사용을 기피한다.

2) 유공 콘크리트 호안블럭 : 석재 및 자연재의 구입이 어려운 지역에 대하여 자연경관 창출 및 친수환경 조성을 위하여 환경블록 호안을 적용할 수 있다. 그 종류는 다음과 같으며 적용시 주변 환경 및 하천의 이용도, 경제성, 시공성 등을 고려하여야 할 것이다.

최근에 개발된 환경 호안블록의 경우 아래의 기능(친수, 생태계, 경관, 식생)을 대부분 만족하는 제품들이 많이 생산되고 있어 기능별 분류는 큰 의미는 없으나, 각 기능별로 나열하면 다음과 같다.

가) 친수/하천 이용 호안 : 물가에 쉽게 접근할 수 있으며 고수부지 등의 하천공간을 편리하게 이용할 수 있도록 제작된 호안으로 완경사호안, 계단호안, 관람석호안 등이 있다.

나) 생태계 보전 호안 : 어류 및 곤충 등 수중생물의 산란과 생육, 홍수시 대피장소 제공 등을 고려하여 블록을 쌓아 설치한 어소블록 호안 등이 있다.

다) 경관 보전 호안 : 주변 환경과의 조화, 외견상의 아름다움 등을 고려하여 설치되는 호안으로 녹화호안, 조경호안 등이 있다.

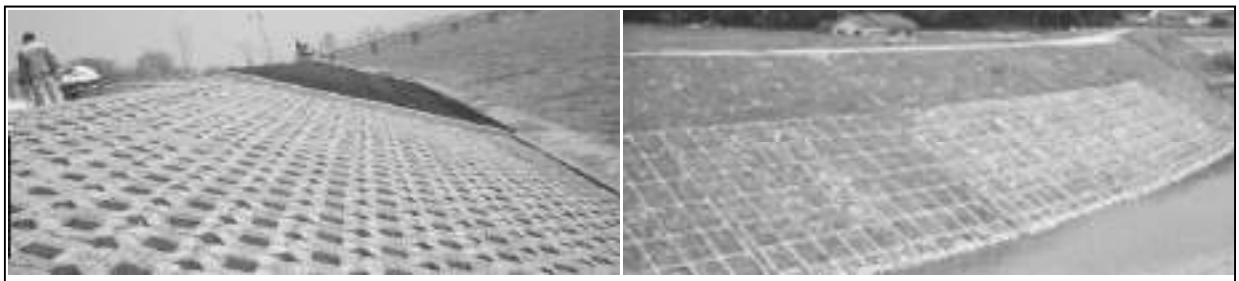
라) 식생 호안 : 식생활착 공간을 조성하여 자연 또는 인공적으로 식생의 성장을 유도할 수 있는 호안으로 사각틀 환경블록, 벌집형 블록 등이 있다.

바. 점토 또는 황토 블록

콘크리트 호안제품 등의 하천환경의 위해성을 보완하기 위한 점토, 황토 등의 자연재료를 이용한 블록제품으로서 식생이 양호하여 양서파충류 등의 이동이 자유로우며 미관, 경관성이 좋고, 공법목적에 따른 다양한 제품생산이 가능하다.

사. 비탈 방틀공

비탈위에 철근콘크리트, 목재, 플라스틱 등의 재료로 방틀을 짜고, 바닥에 토사흡출방지를 위한 콘크리트타설 또는 부직포를 설치하며, 수리조건을 고려하여 식생토나 깬잡석, 조약돌 등을 채우는 공법으로 경관성, 환경성, 안정성에 따라 채움 방법을 조정할 수 있다.



점토, 황토블록 | 비탈방틀공

(그림 2.1-10) **< 점토, 황토블록, 비탈방틀공 예시도 >**

아. 목재방틀공

방부 처리된 목재를 격자형으로 연결 후 각재를 쌓아 올리는 공법으로 하천의 치수기능 유지, 제방의 세굴방지, 어소 기능, 하천변 친수공간조성이 가능하다.

방틀은 서로 결속하는 것을 원칙으로 하며, 시공시 미관을 고려하여 배치에 유의하여 밀착시공을 해야 하며 곡선부 및 이음부 등 밀착이 어려운 곳에는 모르타르 또는 돌쌓기 틈메우기를 하고 수충부 등에서는 찰쌓기로 할 수 있다.

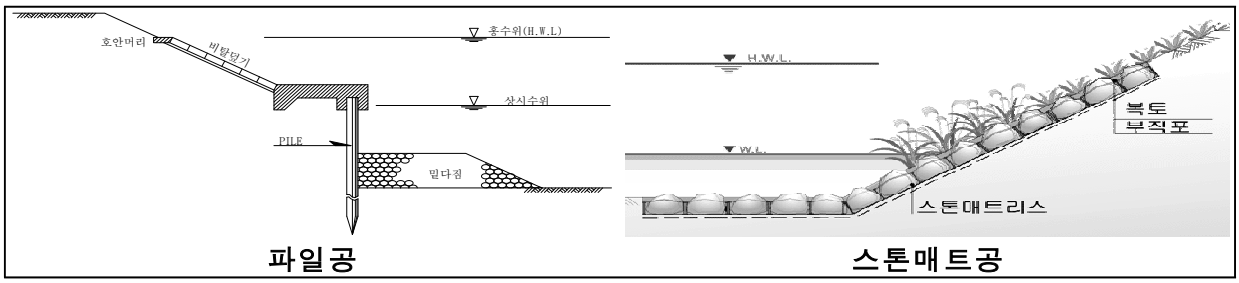
자. 파일공

파일공은 조석의 영향을 많이 받아 상시수위의 변화가 많은 하류부 구간이나 세굴현상이

빈번한 수충부 구간에 많이 설치되며 비탈덮기와 기초의 기능을 동시에 발휘할 수 있다.

차. 스톤매트공

철망을 깔고 자연석을 포설 또는 고정시킨 후 로프망을 덮고, 고정물로 철망과 로프망을 연결하여 자연석을 고정시키는 방법과 철망을 깔고 자연석을 천공하여 앵커를 이용하여 철망과 자연석을 고정시키는 방법이 있다. 사석의 공극을 기존의 흙을 채움으로써 식생 지반을 조성할 수 있는 친환경적인 공법이다.



(그림 2.1-11) **< 파일공, 스톤매트공 예시도 >**

카. 복합형 호안

경질성호안, 연질성호안의 2가지 이상의 조합으로 이루어진 복합형 호안을 말한다.

기성제품의 호안과 천연자재(토사, 돌, 친환경부재)를 이용하여 생태가 복원될 수 있는 여건을 조성하여 초본류(갈대, 부들, 물억새 등)와 목본류(갯버들, 고리버들 등)를 현장 여건에 따라 자유롭게 선택 식재할 수 있고 토사유실을 방지하는 표면 친환경부재가 식물의 활착 기능을 발휘하여 자연의 생태를 복원하는 공법이다. 복합형 호안설치시 접합부분이 취약할 수 있으므로 몰탈 등의 보강을 통해 연결강도를 확보하여야 한다.

타. 기타 호안

이외의 특수호안이나 신공법의 호안은 유사호안형태와 실증연구결과 및 특징과 장·단점을 면밀히 파악하고 적정성을 충분히 검토하여 적용한다.

2.2 수량 산출 요령

2.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.	호안				
1.1	비탈덮기				
1.1.1	타원형 돌망태		㎡		
1.1.2	사각형, 매트리스형 돌망태		㎡		
1.1.3	상자형 돌망태		㎥		
1.1.4	돌붙임, 돌쌓기		㎡		
1.1.5	환경생태 블록		㎡		
1..2	호안머리		㎡		
1.3	비탈멈춤(기초)				
1.3.1	돌붙임	메붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		
1.3.2	돌쌓기(석축)	찰붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		
1.3.3	콘크리트 블록		㎡		
1.4	밑다짐				
1.4.1	콘크리트 블록		㎡		
1.4.2	사석공		㎥		
1.4.3	매트리스형 돌망태		㎡		
1.4.4	주머니형 돌망태		㎡, ㎥		
1.5	배면(필터) 매트		㎡		
1.6	자연석(전석및발파석) 쌓기		㎡		
1.7	식물재 호안 설치		㎡		
1.8	호박돌 붙임		㎡		
1.9	윗가지 호안 설치		㎡		
1.10	식생매트 설치		㎡		
1.11	식생포대 설치		㎡		
1.12	방틀 설치		㎡		

2.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증

재료(제품)명	규 격	할증(%)기준	비 고
타원형 돌망태 채움돌	100㎜~200㎜	5	H=0.45m
사각 돌망태 채움돌	100㎜~200㎜	5	H=0.40m
매트리스형 돌망태 채움돌	80㎜~150㎜ 100㎜~250㎜	5 5	H=0.30m H=0.50m
옹벽형 돌망태 채움돌	150㎜~300㎜	5	H=1.00m
주머니형 돌망태 채움돌	150㎜~300㎜	5	
사 석	30kg/개 이상	10 20	일반하천(or보통지반) 감조하천(or연약지반)
잡 석	뒷채움, 기초	4	
전 석	0.3~0.5㎥	10	
돌붙임 및 쌓기돌	깬 잡 석	-	
모르타르	레미탈 1:3	3	호안머리
콘크리트	레미콘	3 2	무 근 철 근
장방형 블록	40×20×12	5	A×0.98×1.05
장대형 블록	70×20×20	5	A×0.99×1.05
환경호안블록(유공,무공)	소형(200×400 이하)	5	A×0.98×1.05
환경호안블록(유공,무공)	중형(500×500 이하)	5	A×0.99×1.05
환경호안블록(유공,무공)	대형(500×500 이상)	5	A×0.99×1.05
필터, 매트	300 ~ 1,000 kg/㎡	15	
돌망태 및 GABION 류	매트리스, 옹벽 등	3	
섬유질 호안 류	코이어롤, 야자섬유 등	5	

2.2.3 비탈덮기

가. 타원형 돌망태(㎡)

1) 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.
2) 면적산출시 단위길이는 사사오입하여 m 단위로 산출하고, 자재의 몸통길이는 최소 3.0m 부터 m 단위로 제품을 조합하여 사용하게 하고, 길이별 몸통 개수를 합산하여 몸통 및 뚜껑의 자재수량은 별도로 산출한다.
3) 기성품(공장제품)의 사용을 원칙으로 하고, 자재의 할증은 3%로 한다.
4) 채움재는 100㎜ ~ 200㎜(H=0.45m) 내외의 돌로 사용하고, 현장 내 헐기 유용 이외의 하상채취는 원칙적으로 금하며 2개 이상의 허가된 석산 또는 골재원의 견적에 의해 비교한 후 적용한다.
5) 채움재의 구입할증은 5%를 가산한다.
6) 망태의 구입비는 현장 도착도이며, 설치장소를 기준하여 100m 이내에 도착하는 것으로 하며 돌망태 설치 시 소운반(L=50m)은 경운기 등으로 별도 계상한다.
7) 망태돌의 채움과 설치는 인력으로 계상한다.

나. 사각형 돌망태, 매트리스형 돌망태(㎡)

1) 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.
2) 면적산출 시 단위길이는 사사오입하여 0.5m 단위로 산출하고, 자재의 몸통길이는 최소 3.0m부터 0.5m 단위로 제품을 조합하여 사용하게 하고, 길이별 몸통 개수를 합산하여 자재수량을 별도로 산출한다.
3) 채움재는 80㎜ ~150㎜(H=0.3m), 100㎜ ~ 200㎜(H=0.4m), 100㎜ ~ 250㎜(H=0.5m) 내외의 돌로 사용하고, 현장 내 헐기유용 이외의 하상채취는 원칙적으로 금하며 2개 이상의 허가된 석산 또는 골재원의 견적에 의해 비교한 후 적용한다.
4) 채움재의 구입할증은 5%를 가산한다.
5) 망태의 구입비는 현장 도착도이며, 설치장소를 기준하여 100m 이내에 도착하는 것으로 하고, 망태의 설치 시 소운반(L=50m)은 경운기 등으로 별도 계상한다.
6) 망태의 설치는 인력으로 계상하고, 망태돌의 채움은 기계(굴삭기)와 인력을 각각 90%, 10% 비율로 계상한다.

다. 상자형 돌망태(㎥)

1) 옹벽형 돌망태의 경우 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 체적(㎥)으로 산출한다.

라. 돌붙임, 돌쌓기(㎡)

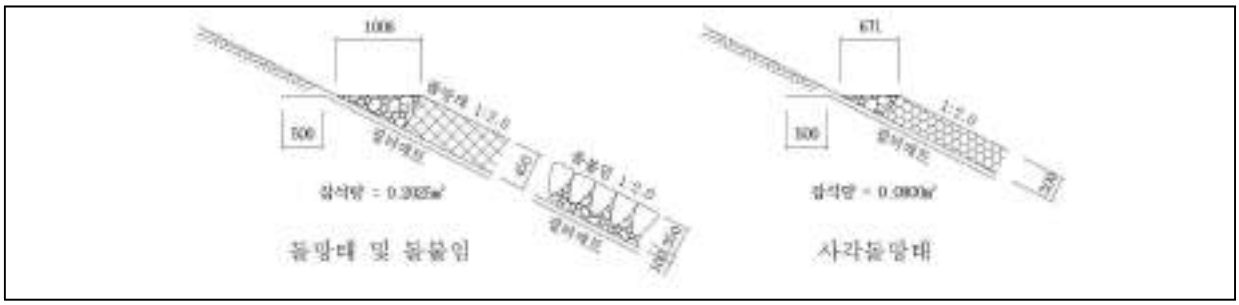
1) 돌붙임과 돌쌓기 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.

마. 환경생태 블록(㎡)

1) 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.
2) 면적산출 시 단위길이는 사사오입하여 0.5m 단위로 산출하되, 제품의 특성에 맞춰 단위길이를 결정한다.
3) 제품의 구입비는 현장 도착도이며, 설치장소를 기준하여 100m 이내에 도착하는 것으로 하고, 블록의 설치 시 소운반(L=50m)은 경운기 등으로 별도 계상한다.

2.2.4 호안머리

1) 돌붙임(메붙임), 돌망태 호안의 호안머리 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 설치 단면적과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.
2) 호안머리보호공의 콘크리트 강도는 그 기능 및 규모에 따라 결정하여야 하며 철근콘크리트일 경우 $f_{ck} = 21MPa$ 이상으로 하고, 무근콘크리트일 경우는 $f_{ck} = 18MPa$ 이상 강도를 원칙으로 하며 비탈멈춤(기초)공도 이에 따른다.

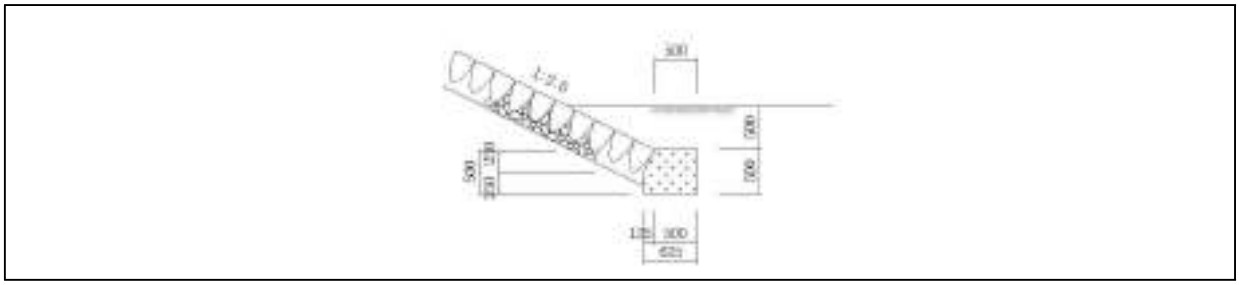


(그림 2.1-12) **< 돌망태 및 돌붙임, 사각돌망태 호안머리 >**

2.2.5 비탈멈춤(기초)

가. 돌붙임(㎡)

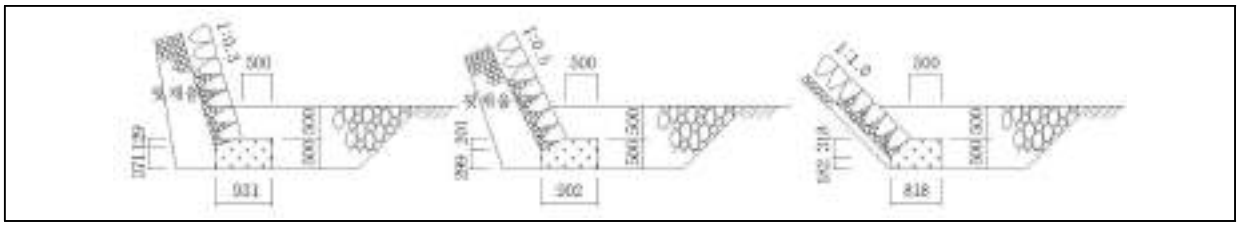
돌붙임 호안의 비탈멈춤 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 비탈길이의 면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.



(그림 2.1-13) **< 돌붙임 비탈멈춤(기초) 예 >**

나. 돌쌓기(석축)(㎥)

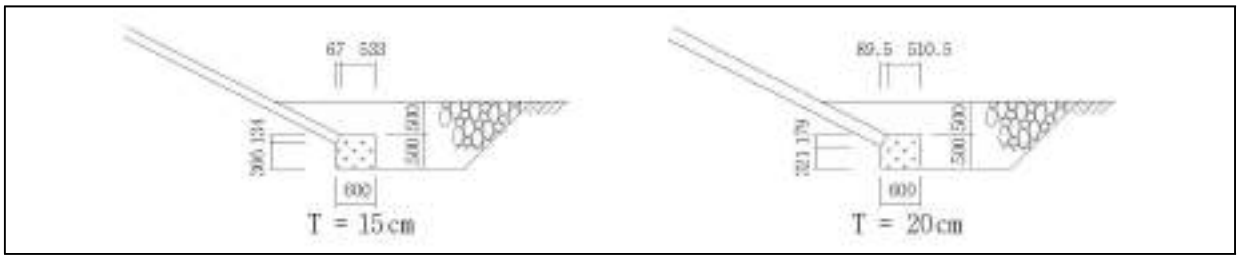
돌쌓기 호안의 비탈멈춤 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 비탈길이의 면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.



(그림 2.1-14) **< 돌쌓기 비탈멈춤(기초) 예 >**

다. 콘크리트 블록(㎡)

콘크리트 블록 호안의 비탈멈춤 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 비탈길이의 면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.

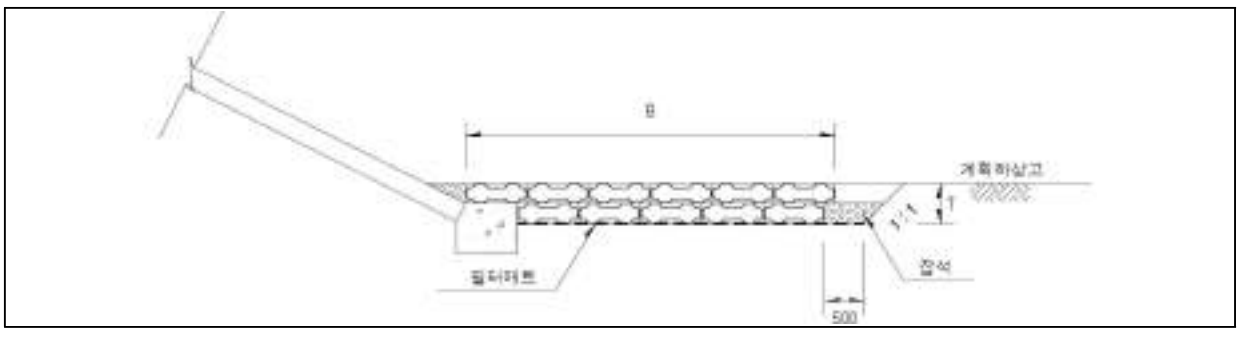


(그림 2.1-15) **< 콘크리트 블록 비탈멈춤(기초) 예 >**

2.2.6 밑다짐

가. 콘크리트 블록(㎡)

콘크리트 블록으로 밑다짐을 하는 경우의 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려된 설치 면적(㎡)으로 산출한다.



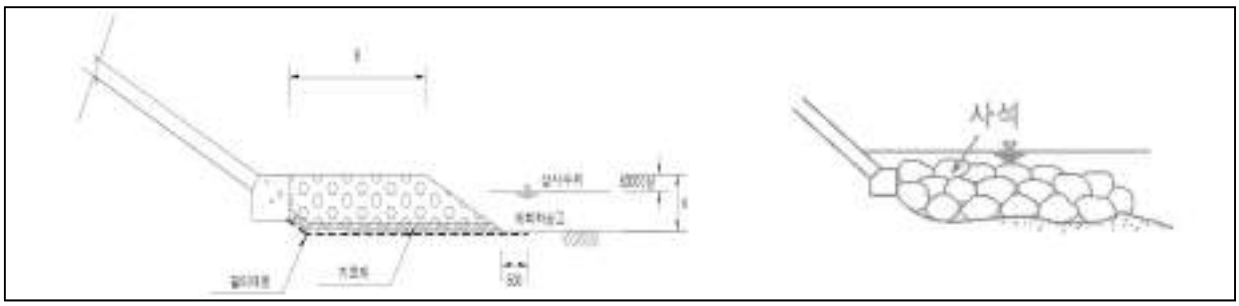
(그림 2.1-16) **< 콘크리트 블록공의 (기어형 콘크리트) 예 >**

나. 사석공(㎥)

1) 사석으로 밑다짐 시공을 하는 경우 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 설치 단면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.

2) 연약지반의 경우 연약지반을 치환하거나, 원지반을 그대로 시공할 경우 침하량 등을 감안하여 사석수량을 산출하여야 한다.

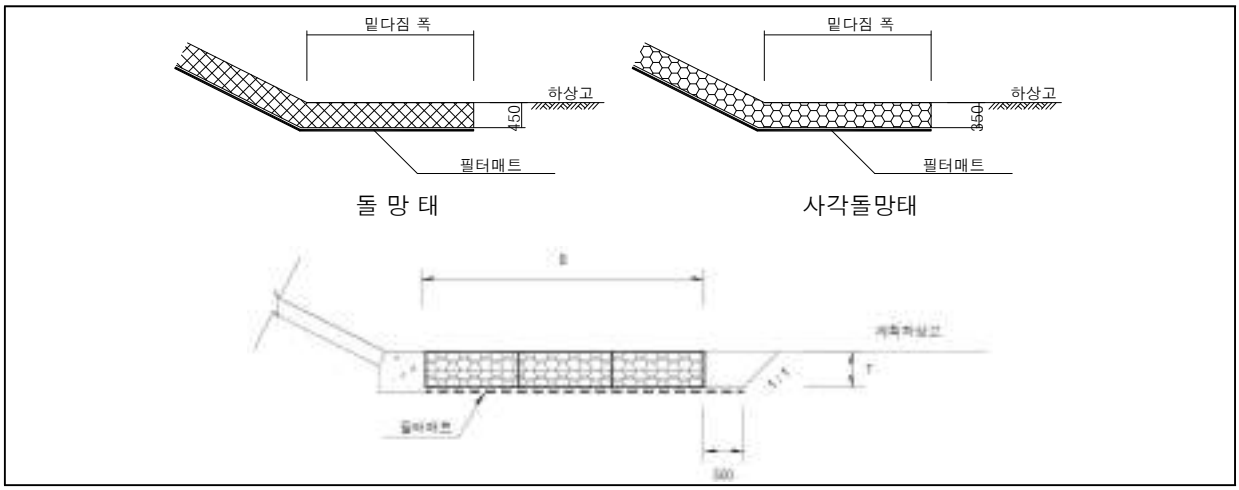
3) 사석은 계획홍수량 유하시 소류력에 저항할 수 있는 규모이어야 한다.(최소규격 30kg/개 이상)



(그림 2.1-17) < **사석부설의 예** >

다. (매트리스형) 돌망태(㎡)

(매트리스형) 돌망태로 밑다짐을 하는 경우의 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려된 설치 면적(㎡)으로 산출한다.



(그림 2.1-18) < **매트리스형 돌망태의 예** >

라. 주머니형 돌망태(㎡, ㎥)

1) 주머니형 돌망태로 밑다짐 시공을 하는 경우 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 설치 단면적과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.

2) 주머니형 돌망태로 교량의 교각보호를 위하여 시공을 하는 경우 수량은 교량의 교각 주변에 설치하는 체적(㎥)으로 산출한다.

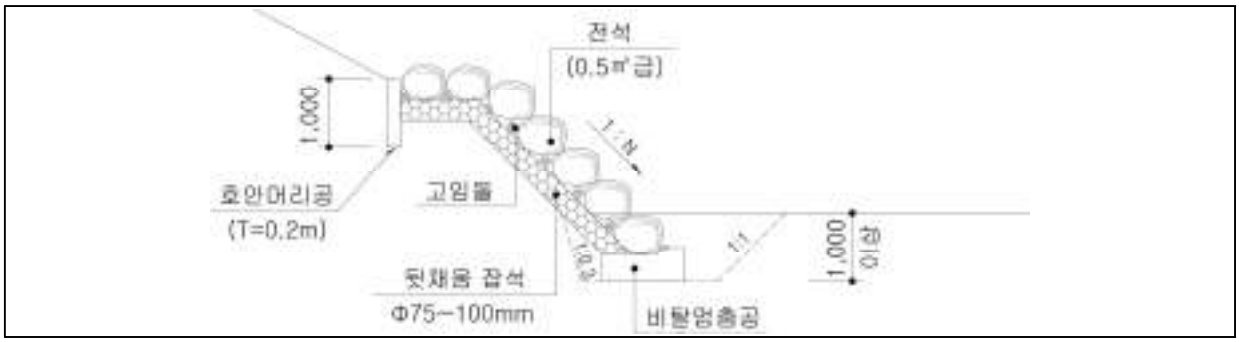
3) 하상보호를 위하여 시공을 하는 경우 수량은 설치 면적(㎡)으로 산출한다.

2.2.7 배면(필터)매트 설치

수량은 횡단면도에서 비탈길이로 산출한 후 설치연장을 곱하여 면적(㎡)으로 산출한다.

2.2.8 자연석(전석 및 발파석) 쌓기

1) 자연석(전석 및 발파석) 쌓기의 석재 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 사면경사가 1:1.0 보다 완만한 경우 비탈길이의 면적(㎡)으로, 사면경사가 1:1.0 포함하여 이 보다 급한 경우 수직거리(높이)의 면적(㎡)으로 산출한다. 단, 설치품은 모두 비탈길이(m)로 산정한다.
2) 호안머리공 및 비탈멈춤공의 수량은 별도로 산출한다.
3) 뒷채움재의 두께는 최소 20㎝를 적용하되, 토질 및 현장 여건을 고려하여 결정한다.
4) 메쌓기의 경우 토사흡출 방지를 위하여 필터매트를 설치한다.
5) 찰쌓기의 경우 배수구(Φ50㎜)를 2m 마다 설치하며, 뒷채움콘크리트 뒷면까지 설치한다.
6) 전석량 산출시 체적(㎥)계산은 '체적 = 설치면적 × 뒷길이 × 실체적률'로 구할 수 있으며, 약 70%의 평균적인 실체적률을 적용한다.
7) 전석은 구(球)로 보아 직경에 따른 비율로 공극채움량을 산정하고 0.5㎥급은 직경 d≒100cm로 가정한다.
8) 전석 쌓기 시공 시 쌓기 방법에 따라 수량의 규모 변동이 발생하므로 석재의 크기 중 가장 큰 값을 뒷길이로 산정한다.
9) 단위중량은 2.65ton/㎥로 가정한다.



(그림 2.1-19) < **자연석 쌓기의 예** >

2.2.9 식물재 호안 설치

1) 재료의 할증은 일반적으로 10% 고사율은 25%로 한다.
2) 초화류 식재 설치면적(㎡)은 부득이한 경우 이외에는 호안면적(㎡)의 50%로 보아 자생을 유도한다.
3) 살수 및 유지관리비를 계상할 수 있다.

2.2.10 호박돌 붙임

1) 호박돌 붙임의 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.
2) 호박돌을 붙인 후 발생한 공극에는 잔골재를 충분히 채워주어야 하며, 공극에 수생식물 등을

식재할 때에는 양질의 표토사로 채워주도록 하되 수생식물과 구입비 및 채움 인건비를 별도 계상할 수 있다.

3) 수생식물을 돌 사이에 식재하고자 할 때에는 통상 ㎡당 10～15본 내외로 식재토록 하여야 한다.

2.2.11 왯가지 호안 설치

1) 왯가지 호안의 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.

2) 왯가지는 맹아력이 양호한 갯버들을 채취하여야 하며 당일 채취하여 덮기를 실시하되, 하단부는 최소 30㎝ 근입 후 구부려 철선으로 고정하여야 한다.

3) 왯가지 덮기는 ㎡당 20주 이상을 실시하여 상하단 겹치도록 하여야 하며, 채취는 이른 봄에 채취하여야 한다.

2.2.12 식생매트 설치

1) (천연 및 합성)식생매트의 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.

2) 식생매트의 재료 할증은 10%로 한다.

3) 고정핀은 ㎡당 상부와 하부는 2개, 가운데 부분은 1개를 기준으로 한다.

2.2.13 식생포대 설치

1) 매트리스형 돌망태 혹은 옹벽형 돌망태의 설치를 기준으로 하되 속채움재를 석재가 아닌 현장 유용토를 사용한다.

2) 식생포대의 흙채움은 체적(㎥)으로 산출한다.

3) 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.

4) 식생포대 중 옹벽형의 경우 체적(㎥)으로 산출한다.

2.2.14 방틀 설치

1) 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정을 고려하며 설치 면적(㎡)으로 산출한다.

2) 방틀 설치로 인한 채움재(석재 등)는 체적(㎥)으로 산출한다.

3) 부직포 설치가 필요할 경우 부직포에 대한 수량은 면적(㎡)으로 산출한다.

4) 방틀설치 후 초화류 식재가 필요하다고 판단될 경우 일반적인 3본/㎡으로 한다.

2.3 단가 산출 요령

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함
본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함
단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 ‘건설공사 표준시장단가’ 및 ‘건설공사 표준품셈’에 따라 변경 적용하여야 함</td><td></td></tr>
<tr><td>2.3.1</td><td>돌망태설치
(타원형)</td><td>㎡</td><td>1) 돌 망 태
별도 계상
2) 조약돌 또는 깬잡석
- 재료 구입 및 운반은 별도 계상
<table>
<tr><td>돌망태 높 이</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td></tr>
<tr><td>조약돌 또는
깬잡석량(㎥)</td><td>0.27</td><td>0.30</td><td>0.34</td><td>0.41</td><td>0.48</td><td>0.55</td><td>0.62</td><td>0.69</td></tr>
</table>
3) 조립설치 및 돌채움(타원형)
(㎡당)
<table>
<tr><td>공종 \ 높이(cm)</td><td></td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">조립
설치</td><td>특별인부</td><td>0.013</td><td>0.014</td><td>0.016</td><td>0.019</td><td>0.024</td><td>0.030</td><td>0.035</td><td>0.040</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>0.005</td><td>0.006</td><td>0.007</td><td>0.008</td><td>0.010</td><td>0.012</td><td>0.014</td><td>0.017</td></tr>
<tr><td rowspan="2">돌채움</td><td>석 공</td><td>0.039</td><td>0.044</td><td>0.049</td><td>0.063</td><td>0.073</td><td>0.082</td><td>0.092</td><td>0.106</td></tr>
<tr><td>굴삭기(1.0㎥)</td><td>0.026</td><td>0.030</td><td>0.033</td><td>0.040</td><td>0.046</td><td>0.053</td><td>0.059</td><td>0.066</td></tr>
</table>
＊참고사항
- 본 품은 타원형 돌망태를 인력과 장비(굴삭기)를 사용하여 설치하는 품으로 소운반, 망태조립 및 설치, 망태돌 투석, 망태조임 및 마무리 품 포함됨.
- 돌망태 규격은 KSF 4601에 맞는 공장제품 구입사용</td><td>「건설공사 표준품셈」
11-2-2 타원형</td></tr>
<tr><td></td><td>돌망태설치
(사각형)</td><td>㎡</td><td>1) 돌 망 태
별도 계상
2) 조약돌 또는 깬잡석
- 재료 구입 및 운반은 별도 계상
3) 조립설치 및 돌채움(사각형)
<table>
<tr><td>공종 \ 높이</td><td></td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>90</td><td>100</td><td>120</td></tr>
<tr><td>조립
설치</td><td>특별인부
보통인부</td><td>0.019
0.005</td><td>0.021
0.005</td><td>0.026
0.007</td><td>0.040
0.010</td><td>0.044
0.011</td><td>0.053
0.013</td></tr>
<tr><td rowspan="2">돌채움</td><td>석공</td><td>0.025</td><td>0.031</td><td>0.033</td><td>0.054</td><td>0.060</td><td>0.072</td></tr>
<tr><td>굴삭기 1.0㎥</td><td>0.034</td><td>0.042</td><td>0.050</td><td>0.076</td><td>0.084</td><td>0.101</td></tr>
</table>
＊참고사항
- 본 품은 사각형 돌망태를 인력과 장비(굴삭기)를 사용하여 설치하는 품으로 소운반, 망태조립 및 설치, 망태돌 투석, 망태조임 및 마무리 품 포함됨.
- 재료량은 설계수량으로 함.
- 돌망태 규격은 KSF 4601에 맞는 공장제품 구입사용</td><td>「건설공사 표준품셈」
11-2-3 사각형</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>2.3.1</td><td>돌망태설치
(매트리스형)</td><td>㎥</td><td>1) 돌 망 태
별도 계상
2) 조약돌 또는 깬잡석
- 재료 구입 및 운반은 별도 계상
3) 조립설치 및 돌채움(매트리스형)
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>규 격</th><th>단 위</th><th>수 량</th></tr>
<tr><td rowspan="2">조립
설치</td><td>특별인부
보통인부</td><td></td><td>인
〃</td><td>0.010
0.006</td></tr>
<tr><td rowspan="3">돌채움</td><td>석 공
보통인부</td><td></td><td>인
〃</td><td>0.027
0.004</td></tr>
<tr><td>굴 삭 기</td><td>1.0㎥</td><td>시간</td><td>0.050</td></tr>
</table>
＊참고사항
- 본 품은 매트리스형 돌망태를 인력과 장비(굴삭기)를 사용하여 설치하는 품으로 소운반, 망태조립 및 설치, 망태돌 투석, 망태조임 및 마무리 품 포함됨.
- 재료량은 설계수량으로 함.
- 돌망태의 폭은 200㎝,높이 30㎝를 기준으로 함.
- 돌망태 규격은 KSF 4601에 맞는 공장제품 구입사용
- 매트리스형 돌망태 설치 후 생태복원공법 적용 시 현장 여건에 따라 복토, 각종 씨앗량 3~5g/㎡, 비료량 100g 적용</td><td>「건설공사 표준품셈」
11-2-4 매트리스형</td></tr>
<tr><td></td><td>돌망태설치
(주머니형/2ton기준)</td><td>㎥</td><td>1) 재료 : 주머니형 돌망태(2ton용) 및 채움돌
- 별도 계상(구입 및 운반) -
2) 설치 :
2-1) 인 력
- 특별인부 : 0.048인
- 보통인부 : 0.064인
2-2) 기계경비(유압식굴삭기 0.7㎥)
- Q(작업량) = 0.127hr
2-3) 기계경비(크레인 10ton)
- Q(작업량) = 0.255hr</td><td></td></tr>
<tr><td>2.3.2</td><td>돌붙임
(찰붙임)</td><td>㎡</td><td>1) 깬돌 구입 및 운반(깬돌 뒷길이 35cm 기준)
- 별도 계상 -
2) 설치
2-1) 인 력
- 보통인부 0.02인 - 석 공 0.09인
2-2) 기계경비(유압식굴삭기 0.6㎥)
- Q(작업량) = 0.20hr
3) 공극채움
- 속채움 콘크리트(무근,VIB제외) : 0.16㎥
4) 몰탈(1:3) : 0.009㎥
5) 배수파이프(P.V.C D=50mm)
- 2~3㎡당 1개소 설치, 1.2m/ea</td><td>「건설공사 표준품셈」
7-2 돌붙임</td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.2	돌붙임 (메붙임)		1) 깬돌 구입 및 운반(깬돌 뒷길이 35cm 기준) - 별도 계상 - 2) 설치 2-1) 인 력 - 보통인부 0.02인 - 석 공 0.11인 2-2) 기계경비(유압식굴삭기 0.6㎥) - Q(작업량) = 0.22hr 3) 공극채움 - 틈메우기돌 : 0.018㎥	「건설공사 표준품셈」 7-2 돌붙임
2.3.3	돌쌓기 (찰쌓기)	㎡	1) 깬돌 구입 및 운반(깬돌 뒷길이 35cm 기준) - 별도 계상(구입 및 운반) - 2) 설치 2-1) 인 력 - 보통인부 : 0.04인 - 석 공 : 0.07인 2-2) 기계경비(유압식굴삭기 0.6㎥급) - Q(작업량) = 0.29hr 3) 공극채움 - 속채움 콘크리트 : 0.16㎥/㎡ - 뒷채움 콘크리트 : 0.20㎥/㎡ 4) 모르타르(1:3) : 0.009㎥ 5) 배수파이프(P.V.C D=50mm) - 2~3㎡당 1개소 설치, 1.2m/ea	「건설공사 표준품셈」 7-1 돌쌓기
2.3.3	돌쌓기 (메쌓기)	㎡	1) 깬돌 구입 및 운반(깬돌 뒷길이 35 cm 기준) - 별도 계상(구입 및 운반) - 2) 기계90%+인력 10% 2-1) 인 력 - 보통인부 : 0.04인 - 석 공 : 0.08인 2-2) 기계경비(유압식굴삭기 0.7㎥급) - Q(작업량) = 0.36hr 3) 공극채움 - 틈메우기돌 : 0.018㎥/㎡ - 뒷채움 잡석 : 0.20㎥/㎡ - 보통인부 0.65인	「건설공사 표준품셈」 7-1 돌쌓기
2.3.4	전석쌓기 (자연석) (발파석)	㎡	1) 전석 구입 및 운반(전석 0.5㎥ 내외 기준) - 별도 계상(구입 및 운반) - 2) 인 력 - 석 공 : 0.14인 3) 기계경비(유압식굴삭기 0.7㎥급) - 작업시간 Q=0.43hr 4) 뒷채움 콘크리트 : 0.20㎥ 5) 기초콘크리트, 고임돌(별도 계상)	「건설공사 표준품셈」 7-1 돌쌓기

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.5	사석부설	㎥	1) 사석 구입 및 운반(30kg 이상) - 별도 계상 - 2) - 보통인부 : 0.004인 3) 기계경비(유압식굴삭기 1.0㎥) - 0.027 hr ※ 깬잡석을 부설하는 품으로 현장 내에서의 소운반 포함.	「건설공사 표준품셈」 11-1-1 사석부설
2.3.6	사석부설 및 고르기	㎡	1) 사석 구입 및 운반(30kg 이상) - 별도 계상 - 2) - 보통인부 : 0.006인 3) 기계경비(유압식굴삭기 1.0㎥) - 0.101 hr ※ 사석의 표면부에 대하여 돌출되않게 고르기를 할 때 적용함 ※ 현장 내에서의 소운반 포함.	「건설공사 표준품셈」 11-1-2 사석부설 및고르기
2.3.7	호안블록 (인력설치)	㎡	1) 재 료 비 - 블록 : 별도계상. 2) 매트부설 : 1.00㎡ 3) 블록붙이기(인력100%) - 특별인부 : 0.076인 - 보통인부 : 0.066인	「건설공사 표준품셈」 11-4 호안블록 붙이기
2.3.7	호안블록 (기계설치)	㎡	1) 재 료 비(호안블록) - 별도 계상 - 2) 매트부설 : 1.00㎡ 3) 블록붙이기 3-1) 인 력 - 특별인부 : 0.017인 - 보통인부 : 0.007인 3-2) 기계경비(크레인 10ton) - Q(작업량) = 0.048hr ※ 철선 시공시는 0.54kg/㎡을 별도 계상한다. ※ 장비규격은 현장 여건에 따라 결정한다.	「건설공사 표준품셈」 11-4 호안블록 붙이기

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.8	토목용섬유 부설(필터) (300g/㎡)	㎡	1) Filter mat(350g/㎡) - 별도 계상 - 2) 보통인부 0.0005인 3) 특별인부 0.0009인	건설공사 표준품셈 5-3-2 매트부설
	토목용섬유 부설(필터) (500g/㎡)	㎡	1) Filter mat(500g/㎡) - 별도 계상 - 2) 보통인부 0.0005인 3) 특별인부 0.0009인	건설공사 표준품셈 5-3-2 매트부설
	토목용섬유 부설(매트) (5~40t/㎡)	㎡	1) Filter mat(5~40t/㎡) - 별도 계상 - 2) 보통인부 0.0005인 3) 특별인부 0.0009인	건설공사 표준품셈 5-3-2 매트부설
2.3.9	돌망태 부대공/ 둑마루잡석부설 (인력)	㎥	1) 조약돌 또는 깬잡석 구입 및 운반 - 별도 계상 - 2) 보통인부 0.65인×단위수량㎥/m ※사면경사 및 망태치수별 둑마루 잡석량은 수량 산출 기준을 참고한다.	
2.3.10	호안천단 콘크리트	m	1) 레미콘(25-21-8)(무근, 진동기제외) or 레미탈(1:5) 2) 유로폼 3) 터파기(인력) : 보통인부 0.2인 4) 되메우기(인력) : 보통인부 0.1인 5) 줄눈(합판 T=12mm) ※현장 여건에 맞추어 호안TYPE별로 수량 적용한다. ※줄눈은 1m당 1개소를 설치한다.	
2.3.11	호안기초 콘크리트	m	1) 레미콘(25-21-8)(무근, 진동기제외) 2) 유로폼 3) 터파기 (기계90%+인력10%) 4) 되메우기(기계90%+인력10%) ※현장 여건에 맞추어 호안TYPE별로 수량 적용한다. ※기초지반의 여건에 따라 철근 또는 와이어메쉬를 적용할 수 있다.	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.12	씨앗뿜어 붙이기	㎡	1) 재 료 비 1-1) 종 자 : 0.025kg 1-2) 비 료 : 0.10kg 1-3) 피복제 : 0.18kg 1-4) 침식방지안정제 : 0.10kg 1-5) 색 소 : 0.002kg 2) 기계경비 2-1) 종자살포기(2500-3000ℓ) : 0.0024hr 2-2) 트 럭(4.5ton) : 0.0024hr 2-3) 펌 프(50mm) : 0.0024hr 3) 노 무 비 3-1) 조 경 공 : 0.0007인 3-2) 보통인부 : 0.0004인 ※ 트럭에 종자살포기가 장착되어 살포하는 것을 기준. ※ 살수양생 및 객토 필요시 별도 계상	「건설공사 표준품셈」 4-2-2 초화류 및 추류종자
	법면녹화 (T=5cm)	㎡	1) 재 료 비 1-1) 녹화용 활성토 : 0.05㎥ 1-2) 종 자 : 60g 2) 기계경비 2-1) 취부기(25ℓ) : 0.028hr 2-2) 공기압축기(21㎥/min) : 0.028hr 2-3) 발전기(50kW) : 0.028hr 2-4) 트럭 탑재형 크레인(5ton) : 0.028hr 2-5) 물탱크(5500ℓ) : 0.028hr 2-6) 덤프트럭(6ton) : 0.028hr 3) 노 무 비 3-1) 조 경 공 : 0.004인 3-2) 특별인부 : 0.008인 3-3) 기 계 공 : 0.004인 3-4) 보통인부 : 0.007인 4) 잡재료비 : 재료비의 3% 5) 공구손료 : 노무비의 2% ※ 본 품은 식재가 필요한 콘크리트 제품류의 호안 녹화시 사용한다. ※ 녹화용 활성토는 식생기반조성을 위해 특수 배합된 인공 토양을 말한다. ※ 수직고 20m 이상인 경우 할증률 가산함. 20~30m 20%, 30~50m 30%, 50m 이상 40% ※ 기계기구 설치 및 해체 별도 계상	「건설공사 표준품셈」 4-7 비탈면 녹화

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.13	사면복토	㎥	- 기계90%+인력10% 1) 기계경비(유압식굴삭기 0.7㎥) q = 0.7㎥, k = 1.1, f = 1/1.25 = 0.80 E = 0.9, cm = 20sec(135) Q = 3,600 × q × f × k × E / cm 2) 인 력 - 보통인부 : 0.20인 ※ 각 계수값은 제품, 현장여건에 맞춰 적용한다.	
	복토면고르기	㎡	※ 「제1장 하천제방 성토면고르기」 참조	
2.3.14	유공블록 틈 메우기	㎥	Q = 1.0㎡ × 유공율(0.2) × 블록두께(0.2) = 0.04㎥/㎡ 1) 인 력 - 보통인부 : 0.006인 ※ 각 계수값은 제품, 현장여건에 맞춰 적용한다.	
2.3.15	유공블록 틈 메우기 및 식생	㎥	Q = 1.0㎡ × 유공율(0.2) × 블록두께(0.2) = 0.04㎥/㎡ 1) 재 료 비 - 종 자 : 0.006kg - 비 료 : 0.05kg 2) 노 무 비 - 보통인부 : 0.008인 ※ 본 품은 재료의 배합품을 포함한다. ※ 각 계수값은 제품, 현장여건에 맞춰 적용한다.	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.16	식물재 호안	㎡	1) 초화류식재(양호) ㎡당 식재본수 × 1.1(재료할증) × 1.25(고사율 고려) - 조 경 공 : ㎡당 식재본수 × (0.15 / 100) × 1.25 (고사율 고려) - 보통인부 : ㎡당 식재본수 × (0.08 / 100) × 1.25 (고사율 고려) 2) 살 수 - 물값 무대 - 살수횟수 : 2개월/4일 = 15회 - 살수인부 :1인 × 15회 / 200 × 0.5 (호안면적의 50%) (인부 1인당 1일 200㎡ 살수 기준) 3) 귀화식물제거 : 유지관리 - 제초하는 시기 : 봄~가을(4~9월) 월 간격으로 실시 : 6회/년 - 보통인부 1 인 / 250㎡ × 6회 × 공사기간 × 1.0㎡ ※ 귀화식물 제거년수는 공사기간 년수로 정함	[건설공사 표준품셈] 4-2 잔디 및 초화류
2.3.17	윗가지덮기	㎡	1) 코이어롤 설치 - 생목박기(낙엽송, ∅8㎝, L=0.8m, 90% 관입) 재료비 : 1.5ea × 0.016㎥ × (길이) / (면적) 노무비 : 1.5ea × 0.016㎥ × (길이) / (면적) - 코이어롤 (∅300㎜, 네트형롤, 40kg 이상) : 1.1m × 0.21㎡/m/6,797㎡) - 잡재료비 (재료비의 3%) - 크립볼트(1/2인치) : 1.5ea × 1.05 × (길이) / (면적) - 특별인부 0.0498인 × (길이) / (면적) - 보통인부 0.0192인 × (길이) / (면적) 2) 갯버들 윗가지 덮기 - 갯버들 윗가지 채취운반(∅10 이상) 100㎡당 1인 적용 보통인부 : 0.01인 - 말뚝설치(∅35, L=0.5m), 2ea - 철선(아연도 2㎜) : 0.0812kg - 조경공 : 0.065인 - 보통인부 : 0.0975인	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.17	윗가지덮기	㎡	3) 갯버들 삽목 쏚아채취한 후 주입약으로 불필요한 그루터기를 고사시키는 과정까지 포함 - 갯버들 윗가지 채취운반(∅10 이상) - 삽목 : 2주/㎡ × 0.01인 × 1.25(고사율 고려) 4) 수생식물 - 노랑 꽃창포(2-3분열) : 5주/m × (길이) / (면적) × 1.25(고사율 고려) - 창포(2-3분열) : 5주/m × (길이) / (면적) × 1.25(고사율 고려) 5) 살수 - 식물재 도안참조 6) 귀화식물제거 : 유지관리 - 식물재 도안참조 ※ 각 계수값은 제품, 현장여건에 맞춰 적용한다.	
2.3.18	사석계단 호 안	㎡	1) 재료비 - 사석 : 0.295㎥ - 잡석(100㎜ 내외) : 0.146㎥ 2) 노무비 - 사석붙임 석공 : 0.295㎥ × 0.20인 보통인부 : 0.295㎥ × 0.16인 - 잡석채움 : 도로 부순돌 부설 품적용 보통인부 : 0.146㎥ × 021인	
2.3.19	무 늬 조 경 석 쌓 기 (20ton 이상)	ton	1) 노무비 - 조경공 : 1.040 인 2) 기계경비(유압식굴삭기 0.7㎥) Q = 0.684hr	「건설공사 표준품셈」 4-6 조경구조물

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.20	식생매트 설치	㎡	1) 재료비 - 재료비 별산 2) 노무비 2-1) 특별인부 : 0.017인 2-2) 보통인부 : 0.005인 3) 기계(굴삭기 0.6㎥) 2-1) Q(작업량) : 0.031hr	「건설공사 표준품셈」 11-3 식생매트
2.3.21	식생포대 설치	㎡	1) 재료비 - 식생포대 자재 별산 2) 식생포대 설치 - 특별인부 : 0.004인 - 보통인부 : 0.007인 3) 식생포대 고정 설치 - 보통인부 : 0.01인 4) 식생포대 흙 채움 - 굴삭기 : q = 0.7㎥, k = 1.1, f = 1/1.2 = 0.8 E = 0.90, cm = 20sec(135) Q = 3600 × q × f × k × E / cm 5) 식생포대 흙 다짐(인력10%, 기계90%) - 보통인부 : 0.11인 - 플레이트 콤팩터 1.5ton V = 1.0, W = 0.45, D = 0.1, E = 0.8 f = 1/1.2 = 0.8, N = 3회 Q = 1,000 · V · W · D · E · f/N ※ 각 계수값은 제품, 현장여건에 맞춰 적용한다.	
2.3.22	방틀설치	㎡	1) 재료비 - 방틀 자재 별산 2) 노무비 - 특별인부 : 0.13인 - 보통인부 : 0.26인 3) 장 비 - 크레인(10ton) : 0.75 hr ※ 제품 설치 형식에 따라 설치단가 조정	

제3장 하천수제

제3장 하천수제

3.1 설계 요령

3.1.1 일반사항

가. 정의

하안보호 및 물이 흐르는 방향과 유속 등을 제어하고 생태환경과 경관을 개선하기 위하여 호안 또는 하안 전면부에 설치하는 구조물

나. 적용 범위

본 장은 하천공사시 필요한 수제 설치에 대한 사전조사, 평가, 검토 등의 제반 설계에 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

마. 설계일반사항

1) 수제의 규모, 형식, 배치계획은 하도유하능력을 충분히 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.
2) 하안식생과 희귀종의 보호 또는 수생생물의 서식장소를 제공하는 등의 생태학적, 친수·환경적인 측면을 고려하여 설계하여야 한다.
3) 수제설치로 인하여 대안측에 미치는 영향이 크므로 가능한 한 수치 또는 수리모형실험 등을 실시하여 그 크기와 간격 등을 정하고 악영향이 미치지 않도록 한다.

3.1.2 사전조사

수제 설계시 조사 및 검토할 사항은 다음과 같다.

1) 대상 구간의 하도 및 수리특성
2) 경관 및 생태계 현황
3) 하상변동특성
4) 주운 등 관련계획

3.1.3 수제 계획

가. 설치 위치

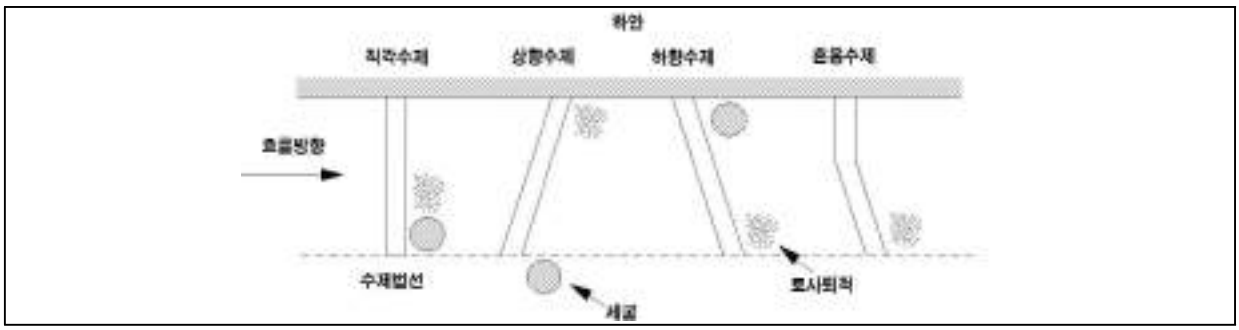
하도조건, 하천의 유황 및 기타 하천시설물과의 관계를 고려하여 치수, 이수, 하천환경 등의 목적에 맞도록 아래 항에 해당하는 장소에 대해 설치 위치를 결정한다.

1) 유속이 강해서 하상유지공만으로 하상의 유지가 곤란하거나 세굴이 심한 장소
2) 수제를 설치함으로써 하상유지공을 간소화할 수 있거나 설치하지 않아도 되는 장소
3) 급류하천이나 대하천에서 수심이 깊은 수충부
4) 국부적인 수충부에서 흐름의 방향을 유심방향으로 변환시키려는 장소
5) 흐름을 반류시키려는 장소
6) 흐름의 방향을 일정하게 고정시키려는 장소
7) 저수로를 고정시키려는 장소
8) 수제를 설치해도 치수와 이수에 지장이 없는 장소 중에서 하천의 환경을 개선하려는 장소

다만 저수로가 좁은 하천 또는 하폭이 좁은 하천에서는 수제를 설치하지 않아도 좋다.

나. 설치 방향 및 종류

1) 수제는 설치 방향에 따라 횡수제, 평행수제, 혼합형수제로 분류할 수 있다. 수제의 설치방향에 따라 세굴 및 퇴적 양상, 유향, 수심 등의 특성이 변하므로, 설치목적과 대상구간의 하도특성 등 하상상황을 고려하여 설치 방향을 결정하여야 한다.
2) 횡수제 : 하안에서 하천의 중심부로 돌출된 방향에 따라 분류하면 상류로 향한 상향수제, 하류로 향한 하향수제, 직각인 직각수제가 있다. 유수가 수제 본체를 직각으로 통과하는데 수제 하류측 하상의 세굴과 퇴적의 위치관계는 (그림 3.1-1)과 같다.



(그림 3.1-1) **< 수제 설치 방향에 따른 세굴, 퇴적 양상 >**

가) 상향수제 : 흐름방향에 직각인 수직선과 이루는 경사각은 다음과 같은 값이 적정하다.

(1) 직선부 : 10° ~ 15°

(2) 만곡부 외측부 : 5° ~ 15°

(3) 만곡부 내측부 : 0° ~ 10°

나) 하향수제 : 그 각도가 특별히 주어지지 않으나 흐름의 상황, 세굴과 퇴적의 특성 등에 따라 결정해야 하며, 더욱 합리적으로 결정하기 위해서는 수리모형실험 등을 통하여 결정하여야 한다.

다) 직각수제 : 흐름의 방향과 수제가 이루는 각도가 직각이다.

3) 평행수제 : 유수에 거의 평행하게 설치되므로 유수의 확산을 막을 수 있고 수로를 고정하는데 효과가 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 수제 기초부에 세굴이 발생하므로 장래의 유지비와 수심 증가에 따른 공사비의 증가를 충분히 검토하여야 한다.

4) 혼합형 수제(T자형 수제) : 횡수제의 경우는 앞부분이 격심한 수류의 영향을 받기 때문에 보강할 필요가 있으므로 평행수제와 조합하여 혼합형수제(L형, T형 등)로 하는 경우가 많다.

다. 수제공법 선정

1) 수제 공법의 선정시 고려사항

가) 하도의 평면형, 종·횡단형 검토

나) 유량, 유속 검토

다) 하상재료, 하상변동의 경향 등을 조사하여 결정

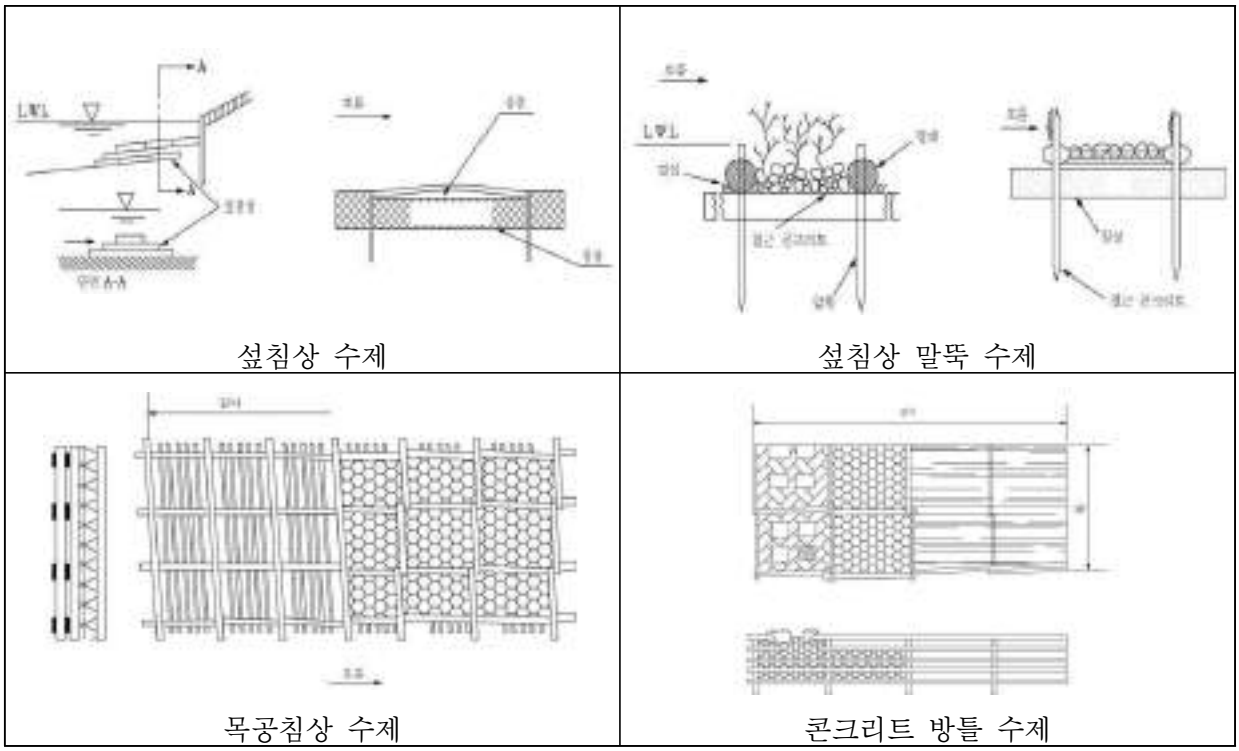
2) 수제의 재료는 안정성을 고려하여 그 지역의 여건에 맞는 것으로 선택한다.

3) 수충부 보호를 목적으로 설치하는 곳에서는 길이가 짧은 투과성 밑다짐 수제를 설치한다.

4) 수제 공법의 종류

가) 말뚝 수제 : 말뚝을 이용한 수제

나) 침상 수제 : 격자형으로 틀을 짜서 하상에 가라앉히는 방식이므로 상·하부의 격자재질에 따라 섶침상 수제, 섶침상 말뚝 수제, 목공침상 수제, 콘크리트 방틀 수제로 구분



섶침상 수제 | 섶침상 말뚝 수제

목공침상 수제 | 콘크리트 방틀 수제

(그림 3.1-2) **〈 침상 수제 예시 〉**

다) 뼈대·틀류 수제 : 방틀 종류처럼 뼈대와 틀 모양의 수제

라) 콘크리트블록 수제 : 콘크리트 블록을 이용한 수제

마) 석재 수제 : 사석 또는 전석을 서로 맞물리도록 짜 맞춘 수제

바) Point 수제(점수제) : 자연석이나 사석을 이용하여 자연하천의 돌 배치와 흡사하게 짜 맞춘 소규모 수제

5) 수제 공법의 선정

가) 수제공법 및 위치 선정, 길이, 폭, 높이 등 수제 설계와 관련한 사항은 수제 설치 시 예측되는 수제 주변의 과다 세굴 및 퇴적 등 제반 영향을 평가하여 결정한다.

나) 영향평가는 수리모형실험, 현장시험, 수치실험 등 수제 설치에 따른 수리·환경영향을 적절히 평가할 수 있는 것으로 선정하여 실시한다.

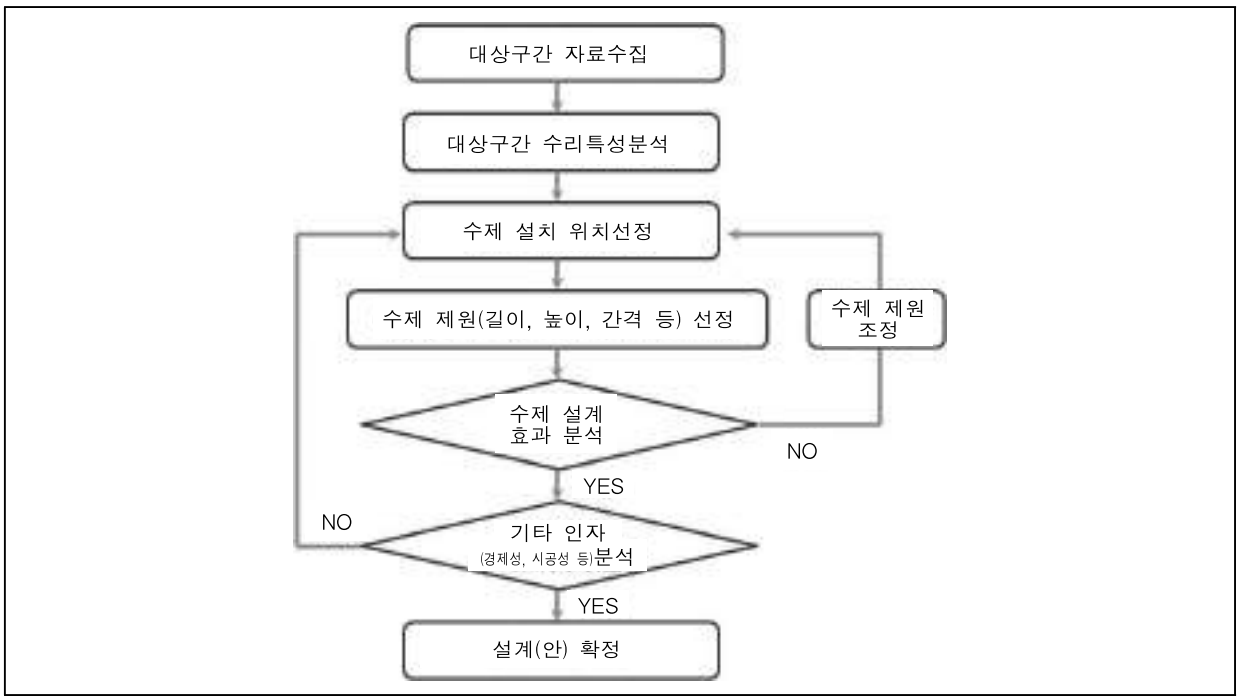
다) 수제공법 선정 시 수생동물 서식처 제공, 저수부 하안보호, 추이대 개선 등 생태계 측면도 함께 고려하여 선정한다.

라) 향후 모니터링 등을 통해 조정되어야 하며, 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

3.1.4 수제 설계

가. 수제 설계절차

일반적인 수제설계 절차는 (그림 3.1-3)과 같다.



(그림 3.1-3) **〈 수제 설계 흐름도 〉**

나. 높이 및 폭

1) 수제의 높이

가) 수제의 높이는 설치목적과 기능 및 유수에 대한 저항, 하상의 변화, 하상고 등을 고려하고 유지관리가 용이한 높이로 결정한다.

나) 평행수제는 일반적으로 저수로 법선형을 고정하거나 수정하는 저수로 공사에 많이 사용되므로 높이는 평균저수위보다 0.5m 정도 높게 설치하는 것이 가장 효과적이고 평균저수위로 하면 유지관리의 측면에서 유리하다.

※ 평균저수위 : 유황분석을 통하여 산정한 최근 10년간의 저수위를 평균한 값

다) 횡수제의 높이는 홍수시에도 월류시키지 않는 불투과 수제의 경우에는 높게 하지만 보통의 경우 하안 접속부에서 평균저수위보다 0.6 ~ 1.0m 정도 높게 하고 흐름의 중심으로 1/10 ~ 1/100 정도의 경사를 가지도록 하는 것이 적당하다.

라) 투과 수제의 경우에는 토사의 퇴적을 촉진할 수 있는 구조로 설치한다.

마) 급류하천에서는 큰돌이 유하하면서 수제를 손상시킬 위험이 있으므로 수제를 아주 낮은 구조로 하든지 그렇지 않으면 큰 돌이 넘어 갈 수 없는 높이로 하는 것이 적정하다.

바) 완류하천에서는 평균저수위와 비슷한 높이로 설치하거나 또는 0.5~1.0m 정도 높여서 설치한다.

사) 밑다짐 수제는 계획홍수위의 20~30%, 하안침식방지 수제는 계획홍수위 높이가 적정하다.

2) 수제의 폭

가) 수제의 폭은 공법의 종류, 하천상태 등에 따라 다르게 결정되나 일반적으로 유수에 의한 충격, 주변의 세굴에 견딜 수 있는 폭을 확보하여야 한다.

나) 수제의 폭은 일반적으로 대하천에서는 7 ~ 9m 정도가 적정하다.

다) 수심과 수제높이의 비가 0.1 ~ 0.4의 범위가 적당하고, 통상적으로 0.2 ~ 0.3의 범위로 한다.

다. 길이 및 간격

1) 수제의 길이

수제의 길이는 하폭, 하상경사, 수심, 그 외의 하상상황을 종합적으로 판단하여야 하며, 수치해석, 수리모형실험 또는 적정한 공식으로 산정하여 결정하되 하폭의 20%를 초과하지 않는 것이 적정하다. 단, 투과형 경사수제에서는 25% 이내가 적정하다.

가) 불투과성 수제

비월류 수제길이를 구하는 계산식은 다음과 같다.(단위 : m)

$$\ell = \mathrm{h}_{\max}\sqrt{(1+\mathrm{m}^2)} \quad \text{또는} \quad \ell \geq 8\mathrm{h}_{\mathrm{p}}$$

여기서, l 은 수제길이(m), $h_{\max}$은 최대수심(m), h_p는 수제둘레의 평균수심(m), 그리고 m은 수리실험에 의한 정수이다.

나) 투과성 수제

(1) 하폭에 대한 첫 번째 수제길이 계산식은 다음과 같다. (단위 : m)

$$\ell_1 = \frac{1}{15}B - \frac{1}{30}B$$

여기서 B는 하폭(m)을 나타낸다.

(2) i 번째 수제길이 계산식은 아래와 같다.(단위 : m)

$$\ell_i = \ell_{i-1}\ (1 + C{\cdot}P)$$

여기서, ℓ_i 는 i 번째 수제길이(m), ℓ_{i-1} (m)은 상류측 바로 위에 위치한 수제길이, C는 계수, P는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비이다.

(가) 수제가 하천횡단면을 차지하는 면적비(P)의 계산

$$P = 1 - \ (\frac{V_1}{V})$$

여기서, P는 수제가 하천횡단면을 차지하는 면적비, V_1은 수제의 갯수와는 상관없이 수제를 통과한 다음의 평균유속 (m/s), V는 수제 설치 전의 평균유속 (m/s)이다.

(나) 계수(C)의 계산

계수 C는 수제 최하류부의 유속에 영향을 받으며, 계산식은 아래와 같다.

$$C = \frac{V_b}{V(1-P)}$$

여기서, V_b는 수제 최하류부 설치구간의 평균유속(m/s), V는 수제 설치 전의 평균유속(m/s), C는 계수, P는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비이다.

(3) 수제의 길이에서 고려해야 할 점은 수제길이가 지나치게 길면 하안 및 상하류에 나쁜 영향을 가져오는 경우가 많고 수제 자체의 유지관리에도 문제가 된다. 반면, 수제길이가 너무 짧으면 수제의 기능을 충분히 발휘할 수 없으므로 길이에 대해서는 현장시험 또는 수리모형실험 등을 통한 충분한 검토가 필요하다.

다) 경사수제

(1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)에서 경사수제의 길이는 다음과 같이 계산하고 있다.

$$\ell' = \ell \times P_{tr}$$

$$P_{tr} = \frac{A_1}{A_2}$$

여기서 ℓ'는 경사수제의 길이 (m), ℓ는 수제의 밑변길이 (m), ℓ_e는 수면에 노출된 길이 (m), h_g는 수제의 높이 (m), d는 수심 (m), P_{tr}는 흐름차단 단면적비, A_1는 흐름차단 단면적(m^2), A_2는 직각수제로 가정한 단면적 (m^2)이다.

(2) 경사수제의 설치각도는 20° 이내가 적정하다.

2) 수제의 간격

수제의 간격은 길이에 비례하여 결정하며, 상류측 수제 앞부분에서의 흐름이 하류 하안에 도달하기 전에 하류측 다음 수제가 저항하도록 정해야 하고 유로경사, 유향, 사행을 고려하여 결정한다.

가) 불투과성 수제

(1) 제방을 보호하기 위한 수제간격(L) / 수제의 길이(ℓ)은 3~6범위가 적정하다.

(2) 수제의 간격은 일반적으로 Winkel식을 사용하여 다음과 같이 결정한다.(단위 : m)

$$L_{max} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\frac{B-b}{2}B = 9.36\frac{B-b}{2} \fallingdotseq 10\ell$$

여기서, L_{max}는 최대 수제간격(m), α는 수류가 수제의 앞부분에서 다음 수제의 하단부쪽으로 편위하는 각도(보통 평균값 6° 6′), B는 하폭(m), b는 저수로 폭(m), 그리고 ℓ은 수제길이(m)를 각각 나타낸다.

(3) 실제로 하류측의 수제와 하안 만곡의 영향 등을 고려하여 다음의 값을 적용한다.

$$L = (1.25 \sim 4.5)\frac{B-b}{2} = (1.25 \sim 4.5)\ell$$

여기서, L은 수제간격(m)이고, B, b, ℓ은 식 Lmax에 나타낸 것과 같다. 또한 Tominaga에 의해 제안된 완류하천에서의 직선부, 만곡부에 따른 경험식을 이용하기도 한다.

(가) 직선부 L = (1.7 ~ 2.3) ℓ (단위 : m)

(나) 만곡부의 외측 L = (1.4 ~ 1.8) ℓ (단위 : m)

(다) 만곡부의 내측 L = (2.8 ~ 3.6) ℓ (단위 : m)

나) 투과성 수제

수제수리모형실험에 따른 수제간격 L(m)은 다음 식에 따른다.

$$L = C \cdot k \cdot \ell \cdot P\cos\delta = C \cdot k \cdot \ell \{1-(\frac{V_1}{V})\} \cos\delta$$

여기서, C는 계수, k는 수제형태와 하상저항에 따른 계수(하상이 단단한 경우 k = 10이고, 하상이 모래인 경우 k=4이다.), ℓ은 수제길이(m), P는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비, δ는 수류와 하천이 이루는 각도, V_1은 수제 하류부의 평균유속 (m/s), V는 수제 설치 전의 평균유속 (m/s)이다.

라. 투과율

1) 투과수제는 주변의 과다세굴 및 퇴적 등을 고려하여 수제의 형상에 따라 적정한 투과율을 갖도록 해야한다.

2) 투과율은 수제 설치로 인해 유수가 투과하는 표면적(A1) / 전체표면적(A2)의 백분율을 말하며, 수제와 부유물 또는 다른 재료들의 걸림 등에 의한 것도 고려하여야 한다.

3) 투과율은 40% 이내가 적정하며, 60%를 초과하지 않도록 한다.

3.2 수량 산출 요령

3.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.	수제				
1.1	말뚝 수제	ϕ150mm 이상, H=3.0m ~ H=3.5m	ea		
1.2	침상 수제				
1)	섶침상 수제		㎡		
2)	섶침상 말뚝 수제		㎡		
3)	목공침상 수제		㎡		
4)	콘크리트 방틀 수제		㎡		
1.3	뼈대, 틀류 수제				
1)	옹벽형 돌망태설치	1.0m×1.0m×1.0m	㎥		
2)	주머니형 돌망태설치	2.0ton	㎥		
1.4	콘크리트블록 수제		㎡		
1)	연결형콘크리트블록 설치		㎡		
2)	테트라포트 설치	0.5ton ~ 2.0ton	ea		
1.5	석재 수제		㎥		

3.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증

재료(제품)명	규 격	할증(%)기준	비 고
원주말목	ϕ150㎜ 이상	5	H=3m
옹벽형 돌망태 채움돌	150㎜~300㎜	5	H=1m
주머니형 돌망태 채움돌	200㎜~300㎜	5	
사 석	30~100kg/개	15 20	일반하천(or보통지반) 감조하천(or연약지반)
잡 석	뒷채움, 기초	4	
콘크리트블록	대형(1,000×1,000 이상)	5	
테트라 포트	0.5ton ~ 2.0ton	-	
매트(복합포)	15 t/m	15	
돌망태 및 GABION 류	매트리스, 옹벽 등	3	
섬유질 호안 류	코이어롤, 야자섬유 등	5	

3.2.3 수제 수량 산출

가. 말뚝 수제(ea)

1) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 ea로 계산한다.

2) 원주말뚝은 (방부)원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은ϕ150mm 이상 × H(3.0~3.5m)으로 사용한다.

3) 기성품(공장제품)의 사용을 원칙으로 하고, 자재의 할증은 5%로 한다.

나. 침상 수제(㎡)

1) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 면적(㎡)으로 계산한다.
2) 섶가지는 맹아력이 양호한 갯버들을 채취하여야 하며 당일 채취하여 덮기을 실시하되, 하단부는 최소 30㎝ 근입 후 구부려 철선으로 고정하여야 한다.
3) 섶가지 덮기는 ㎡당 20주 이상을 실시하여 상하단 겹치도록 하여야 하며, 채취는 이른 봄에 채취하여야 한다.
4) 침상의 격자 크기는 유속 및 소류력에 맞도록 사용하여 홍수시 유실이 되지 않도록 하여야 하며, 1m를 넘지 않도록 한다.
5) 목재, 콘크리트 등 격자틀 구성시 접합부 이음을 단단히 고정시킨다.
6) 기성품(공장제품)의 사용을 원칙으로 하고, 자재의 할증은 5%로 한다.

다. 뼈대, 틀류 수제

1) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 면적(㎡)으로 계산한다.
2) 뼈대 및 틀의 크기는 유속 및 소류력에 맞도록 사용하여 홍수시 유실이 되지 않도록 하여야 하며, 1m를 넘지 않도록 한다.
3) 뼈대 및 틀류 설치로 인한 채움재(석재 등)는 체적(㎥)으로 산출한다.
4) 방틀의 경우 제2편 하천치수시설 제2장 하천호안 2.2.14 방틀설치의 수량 산출에 따른다.
5) 옹벽형 돌망태의 경우 제2편 하천치수시설 제2장 하천호안 2.2.3 비탈덮기의 수량 산출에 따른다.
6) 주머니형 돌망태의 경우 제2편 하천치수시설 제2장 하천호안 2.2.6 밑다짐의 수량 산출에 따른다.
7) 기성품(공장제품)의 사용을 원칙으로 하고, 자재의 할증은 5 %로 한다

라. 콘크리트 블록 수제

1) 연결형 콘크리트 블록의 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 면적(㎡)으로 계산한다.
2) 테트라포트를 이용한 수제 설치는 수량을 ea 단위로 산출한다.
3) 제품의 구입은 현장 도착도이며, 설치장소를 기준하여 100m 이내에 도착하는 것으로 하고, 블록의 설치 시 소운반(L=50m)은 크레인으로 별도 계상한다.

마. 석재 수제

1) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.
2) 사석 및 전석을 서로 맞물리도록 잘 짜맞추어 석재 수제의 안정성을 높인다.
3) 석재를 이용한 수제의 경우 제2편 하천치수시설 제2장 하천호안 2.2.6 밑다짐의 수량 산출에 따른다.
4) 석재를 안정성을 확보하기 위하여 말뚝박기와 함께 시공하기도 한다.

3.2.4 복합포(매트) 설치

하상의 부분 침하 및 연약지반 등의 사유로 복합포 설치가 필요한 경우 수량은 도면에서 설치 길이 및 연장을 산출하여 면적(㎡)으로 산출한다.

3.3 단가 산출 요령

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>☐ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함
본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함
단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 ‘건설공사 표준시장단가’ 및 ‘건설공사 표준품셈’에 따라 변경 적용하여야 함</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.1</td><td>나무말뚝 설치</td><td>ea</td><td>인력
1. 말뚝 항타(75% 관입률)
- 관 입 률 : 관입길이 / 말뚝길이
- 보통인부 : 0.22 인/ea
※ 주 : 1.0 : 보통 토사
0.65 : 관입률 75%에 대한 계수</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.2</td><td>침상 설치</td><td>㎡</td><td>인력
1. 버드나무윗가지(φ10×L120) : 1㎡
2. 대나무(φ35) : 1.8m
3. 코이어로프(φ10) : 2.5m
조경공 : 0.065인
보통인부 : 0.0975인</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.3</td><td>방틀설치</td><td>㎡</td><td>※「제2편 하천치수시설 - 제2장 하천호안 2.3.22 방틀설치」 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.4</td><td>옹벽형 돌망태설치
주머니형 돌망태설치</td><td>㎡
㎡</td><td>※「제2편 하천치수시설 - 제2장 하천호안 2.3.1 돌망태설치(사각형)」 참조
※「제2편 하천치수시설 - 제2장 하천호안 2.3.1 돌망태설치(주머니형)」 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.5</td><td>연결형 콘크리트 블록설치</td><td>㎡</td><td>※「제2편 하천치수시설 - 제2장 하천호안 2.3.7 호안블록」 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.6</td><td>테트라포트 설치</td><td>ea</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>2톤 미만</th></tr>
<tr><td rowspan="2">작업량
(개 / 일)</td><td>충적</td><td>22~28</td></tr>
<tr><td>난적</td><td>26~34</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>1</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>2~4</td></tr>
</table>
주) ① 1일 작업량은 현장조건에 따라 증감
② 차량 및 선박, 부장장비의 손료 및 운전경비는 별도 계상
※「건설공사 표준품셈 - 제7장 항만공사」중 ‘소파블록 거치’ 참조 (2톤 미만, 수상 거치)</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.7</td><td>석재 수재</td><td>㎥</td><td>※「제2편 하천치수시설 - 제2장 하천호안 2.3.5~6 사석부설 및 사석고르기」 참조</td><td></td></tr>
</table>

제4장 하천 하상유지시설

제4장 하천 하상유지시설

4.1 설계 요령

4.1.1 일반사항

가. 정의

- 하상유지시설 : 하상의 안정과 하천의 종단·횡단 형상을 유지하기 위하여 하천 바닥에 설치하는 구조물
- 낙차공: 하상경사를 완화하기 위하여 보통 50 cm 이상의 낙차를 둔 하상유지시설
- 완경사낙차공: 하상의 경사를 완만하게 하기 위하여 하류측 경사를 1:10~1:20 정도로 완만하게 설치하며 주로 돌과 목재를 이용한 시설
- 대공(帶工, 띠공): 하상의 저하가 심한 경우에 하상이 계획하상고 이하가 되지 않도록 하기 위해 설치하며, 낙차가 없거나 매우 작은(보통 50 cm 미만) 하상유지시설

나. 적용범위

본 장은 하상의 안정화를 위하여 하도를 횡단하여 설치하는 시설물과 관련된 사전조사, 토공, 구조물 등 하상유지시설의 제반설계에 적용한다.

다. 적용기준

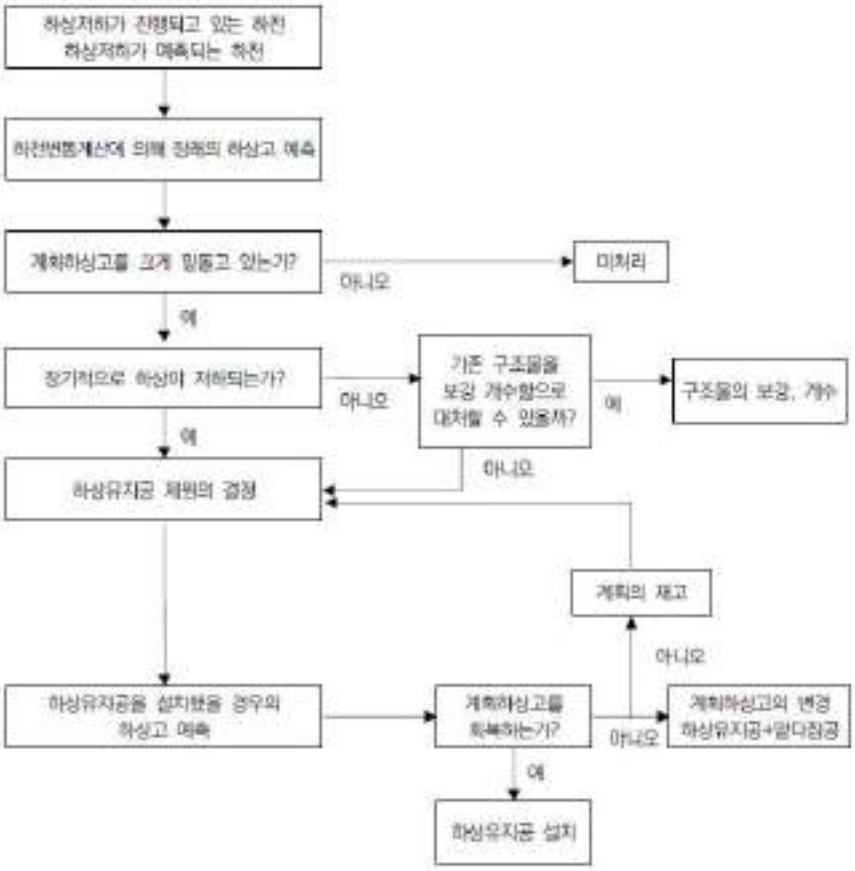
1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 농업생산기반시설 설계기준(취입보편)(KDS 67 15 05)(2018, 농림축산식품부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)
3) 감천 수해복구사업 실시설계(2013, 국토교통부 부산지방국토관리청)

마. 설계 일반사항

1) 사전조사 : 설계 내실화 및 경제적인 설계가 되도록 사전조사를 실시한다.
2) 토공 : 하상에서 실시되는 토공은 육상과 수중으로 구분하고, 하천수 유입을 방지하기 위한 가물막이는 유수소통에 지장이 없게 계획하되 홍수기를 피하여 공정계획을 수립한다.
3) 하상유지시설 : 하상안정화를 위해 설치되는 낙차공은 경사형, 연직형, 다단형, 자연형 등이 있으며, 대공은 콘크리트 블록, 돌망태 등으로 형식을 구분할 수 있으며 설치되는 시설은 홍수시 유실 방지를 위해 견고하게 설치한다.



(그림 4.1-1) **〈 하상유지시설의 계획절차 〉**

4.1.2 사전조사

하상안정화시설 설치를 위한 사전조사는 하천설계기준(KDS 51 00 00)를 참고하여 실시한다.

4.1.3 하상유지시설 계획

가. 낙차공

1) 낙차공은 일정 구간의 경사가 급하여 유수의 에너지가 집중되는 지점을 설정하여 상·하류 하도의 하상경사를 조절함으로써 집중된 에너지를 완화할 수 있게 설치한다.

2) 본류의 하상준설로 지류에 침식과 세굴이 상류로 이동되는 것을 방지할 수 있도록 낙차공을 설치한다.

3) 낙차공의 설치 위치는 하도의 평면형상과 낙차공 설치 이후 유황 변화 등을 검토하여 결정하여야 하는데, 최소한 다음 사항을 고려하여 설치 위치를 설정할 필요가 있다.

가) 낙차공의 위치는 설치목적, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 고려하여 가장 유리한 지점을 선정한다.

나) 낙차공의 상·하류에서 큰 규모의 국부 세굴이 발생하지 않도록 가능한 지형 및 하도형태 변화가 적은 직선 하도에 설치한다.

다) 하천의 사행되는 구간에 낙차공을 설치할 경우에는 가능한 횡단형상이 사각형 단면이 되는 지점에 설치한다.

라) 제방 선형과 저수로 선형이 다름에 따라 발생하는 편향류가 일어나지 않도록 이들의 선형이 평행을 이루는 지점에 설치한다.

마) 만곡부에는 가급적 설치하지 않아야 하며, 부득이 설치할 경우에는 만곡부 하류에 설치하는 것이 유리하다.

바) 상·하류의 영향이 작은 지점에 설치한다.

사) 기초지반이 양호한 지점에 설치한다.

아) 구조상 안정하고 공사비가 적은 지점에 설치한다.

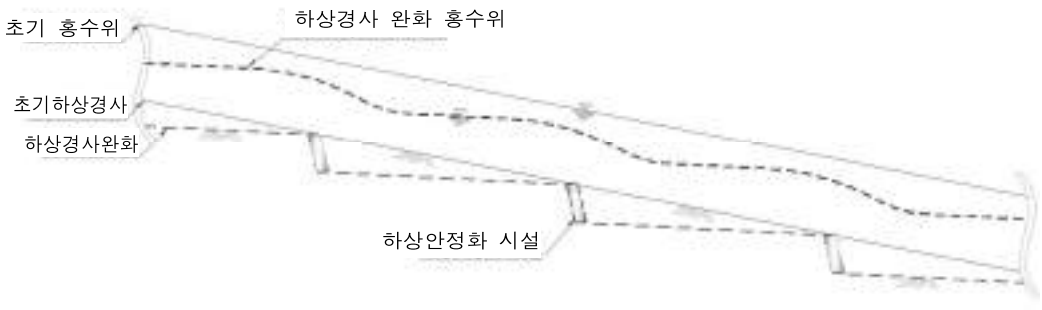
자) 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점에 설치한다.

차) 유지관리가 용이한 지점에 설치한다.

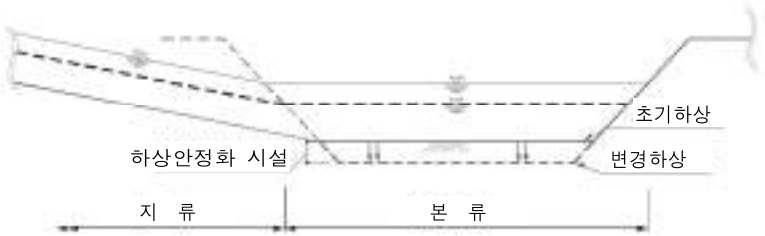
4) 낙차공 및 부속물(어도 등)의 횡단형상은 하천흐름 방향을 기준으로 수직으로 계획하는 것을 원칙으로 하고, 홍수 흐름과 경사지게 설치될 경우에는 와류에 의해 시설이 유실 될 수 있으므로 낙차공 유실방지를 위한 대책을 강구하여야 한다.

5) 하상준설로 발생한 본류와 지류의 단차지점에 낙차공을 설치하여 지류의 하상세굴을 방지할 수 있도록 한다.

6) 하상유지시설의 폭, 하류측 비탈면 경사 및 상류측 비탈면 경사는 수리 현상, 하상세굴, 낙차의 높이를 고려하여 결정한다. 또한 하상세굴을 방지하고 안정하상고와 안정하상경사를 유지할 수 있도록 설치하여야 한다.



본류의 하상안정화



본류의 하상저하가 지류에 미치는 영향

(그림 4.1-2) **< 하상유지시설(낙차공)의 역할 >**

나. 대공

1) 대공(또는 띠공)은 하상재료 이동이 활발한 하천에서 지속적인 하상 저하나 국소 세굴로부터 교각 및 호안 등의 하천구조물을 안전하게 유지하고, 흐름의 집중을 방지해서 안정하도를 유도하기 위해서 설치하는 하상안정화시설이다

2) 흐름의 집중을 방지해서 안정하도를 유도하기 위해서 설치하는 시설로 교각 보호 등을 위해서 하상에 설치되는 블록, 돌망태계열 등 소류력에 강한 공법으로 설치한다.

3) 대공 천단은 수평으로 하고, 대공 위의 흐름을 균등화해서 유수 집중을 억제하여 하상저하나 세굴 현상의 저감 효과를 위해 설치한다.

4) 천단고는 일반적으로 기존 하상고와 동일하게 설정하나, 흐름 면적을 보다 넓게 확보할 필요가 있을 경우에는 하상고 이하로 설치할 수 있다.



(그림 4.1-3) **〈 대공 설치 사례 (일본) 〉**

4.1.4 하상유지시설 설계

하상유지시설(하상안정화시설)의 설계는 사전조사에 의한 위치결정, 시설 및 형식 결정, 낙차공설계 등의 순으로 진행되며 설계흐름은 다음과 같다.

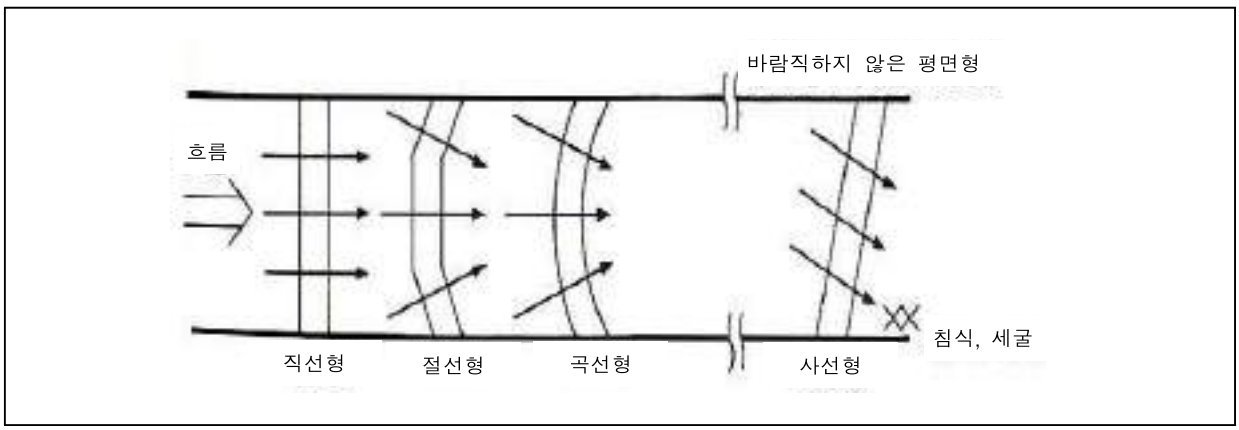
사전 조사	토질 및 지반조사, 하상변동조사, 지하매설물 조사 등 수행
⇩	
위치 검토	상위계획 검토, 직·사행 구간 검토, 경제성, 시공성 등 검토
⇩	
시설 검토	현장 및 상위계획 조사에 의한 목적에 맞는 시설(낙차공, 대공)결정
⇩	
형식 결정	낙차공 : 경사형, 다단형, 연직형
⇩	
차수벽 검토	침투수 및 하상변동을 고려한 차수벽 검토
⇩	
토 공	육상, 용수, 수중 구분에 의한 토공량 산정
⇩	
낙차공 설치	본체, 물받이, 바닥보호시설, 측면보호시설 등에 대한 제원 검토

(그림 4.1-4) **〈 하상유지시설 설계 흐름도 〉**

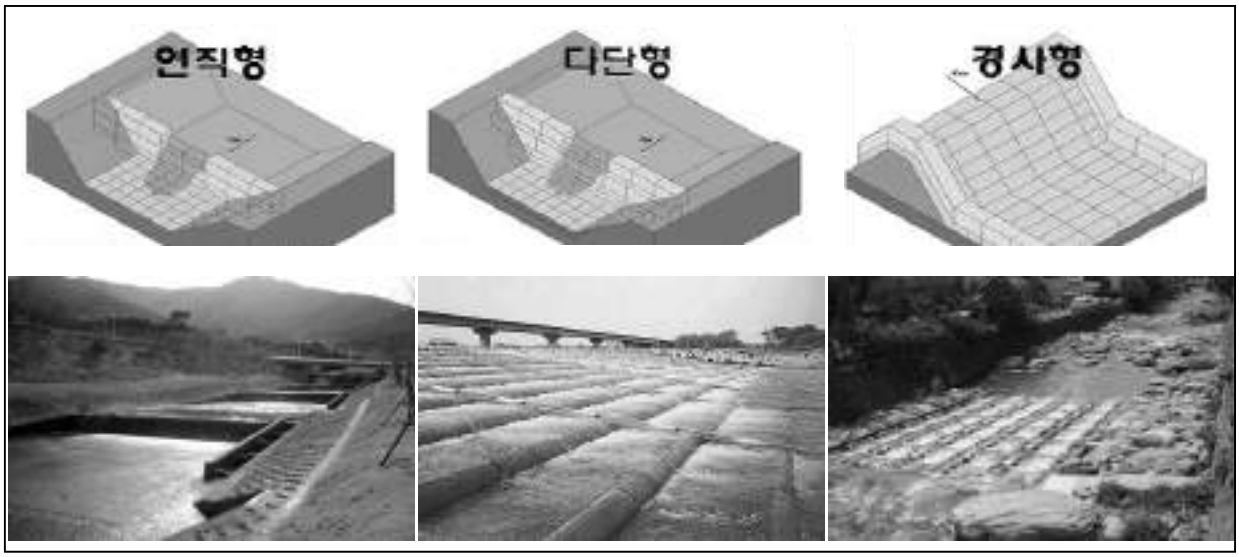
가. 콘크리트 낙차공

1) 낙차공의 형식

낙차공은 평면형에 따라 직선형, 절선형, 곡선형, 사선형으로 나눌 수 있으며, 종단형에 따라서는 연직형, 다단형, 경사형으로 구분할 수 있다. 또한 구조 형식에 따라서는 콘크리트 구조와 굴요성 구조로 나눌 수 있다. 낙차공 형태와 구조의 선정은 해당 하천의 하도 특성, 하천환경, 구조물 안정성, 경제성 등을 고려하여 단일형 또는 조합형으로 결정할 수 있다.



(그림 4.1-5) 〈 **낙차공의 평면형상** 〉

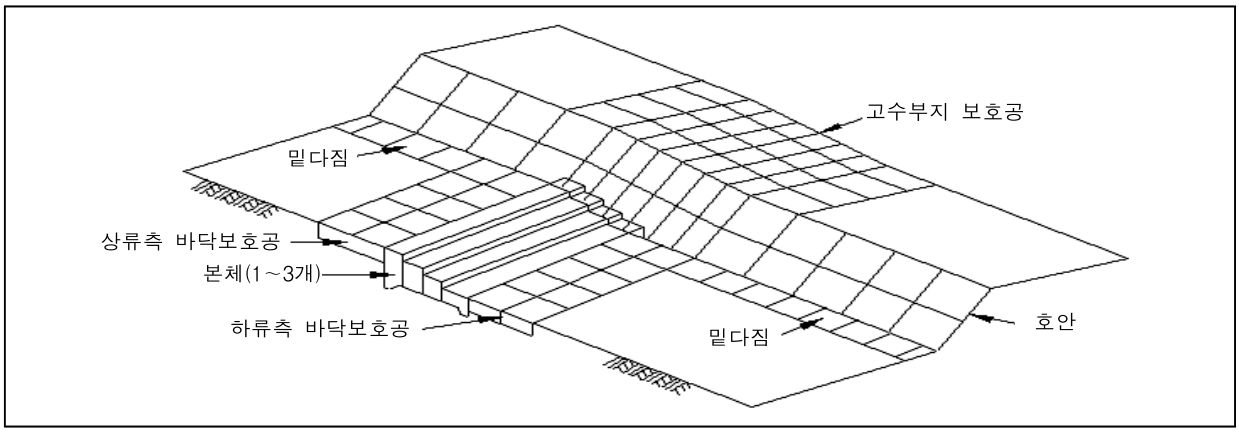


(그림 4.1-6) 〈 **낙차공의 종단형상** 〉

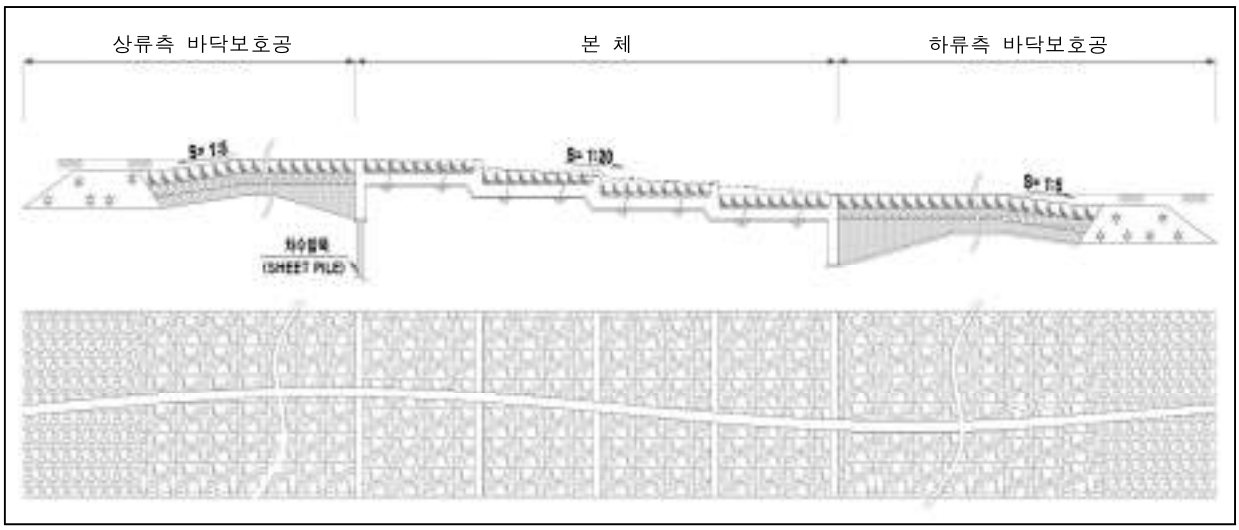
2) 콘크리트 낙차공 설계

가) 일반사항

(1) 낙차공은 50㎝ 이상의 낙차에 적용하며, 경사형 낙차공 비탈경사는 1:10 ~ 1:20 정도로 완만하게 설치하여 지류의 유수가 점진적으로 변화하도록 유도한다. 특히, 하상경사가 급한 하천의 경우 규모가 너무 크지 않도록 1:10 정도의 경사를 고려한다.



(그림 4.1-7) **〈 낙차공 설치 단면도 〉**



(그림 4.1-8) **〈 다단형 낙차공 설치도 (감천) 〉**



(그림 4.1-9) **〈 다단형 낙차공 설치 전경 (감천) 〉**

(2) 낙차공은 일반적으로 본체, 물받이, 바닥보호공 등으로 구성되며 이때 물받이와 바닥보호공은 계획하상고에 설치해야 한다.

(3) 본체와 물받이는 일체형의 구조로 설치하고, 기능상 본체와 물받이로 구분한다.

(4) 기존 하상유지공의 재 설치 시 기존 구조물은 완전제거를 원칙으로 한다.

(5) 낙차공의 제원결정은 '제3편 제1장 하천보' 를 참고하여 결정한다.

(6) 낙차공 설치지점이 유수로 인해 공사에 지장이 예상되는 경우에는 가물막이를 설치할 수 있으며, 가물막이 설치 기준은 '제7편 제1장 하천 가시설 설계' 를 참고한다.

(7) 가물막이는 현장 여건을 고려하여 강널말뚝으로 설치할 수 있다.

(8) 낙차공은 일률적인 철근콘크리트 구조를 지양하고 현장 여건에 맞는 철근 또는 무근 구조의 낙차공으로 설계한다.

나) 본체

(1) 낙차공 본체는 상류 하도의 하상고를 유지하기 위해서 설치한다.

(2) 낙차공은 설치 후 전도, 활동, 침하 검토를 실시하여 안정하게 설계한다.

(3) 본체의 낙차는 치수, 구조적 안정성, 현장 여건에 부합하도록 결정하되 1m 이내로 하는 것을 원칙으로 한다. 부득이 한 경우에는 다단 낙차공으로 계획하며 1단의 낙차는 1m 이내로 한다.

(4) 본체의 상단폭은 콘크리트 또는 석재 구조일 경우에는 1m 이상으로 하고 상류측 비탈면 경사는 수직~1:0.5, 하류측 비탈경사는 1:0.5보다 완만하게 한다.

다) 물받이

(1) 물받이는 도수를 발생시켜 유수의 세력을 완화시키는 목적으로 설치한다.

(2) 콘크리트 블록 및 석재, 목재 등과 같은 자연재료도 가능하지만 유수의 난류현상 및 빠른 유속이 발생하므로 본체와 일체 구조를 표준으로 한다.

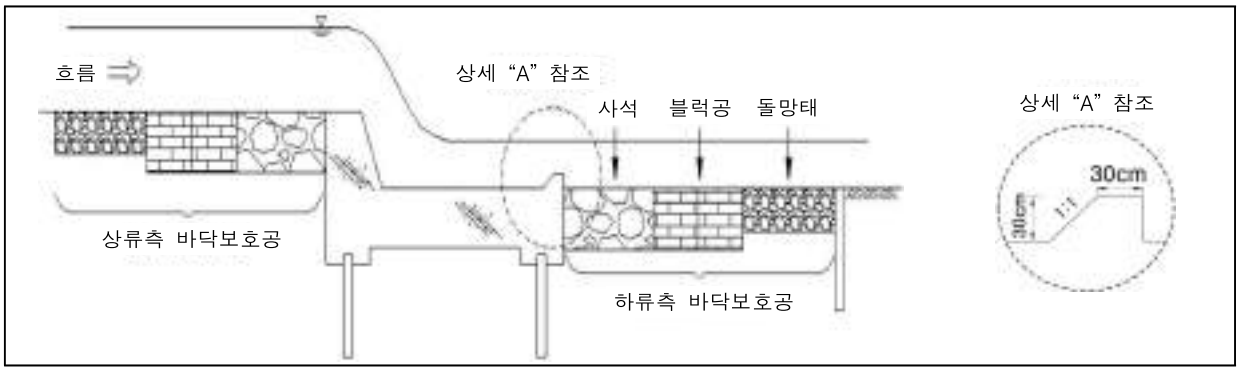
(3) 물받이는 본체를 월류하는 유수의 침식작용 및 양압력에 견딜 수 있도록 설계한다.

(4) 물받이는 세굴을 방지할 수 있는 길이로 결정하고, 상류 흐름인 완경사 하천에서는 낙차의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3 정도로 할 수 있으나 블라이(Bligh) 공식, 국립건설시험소 공식, 랜드(Rand)식 등과 도수현상을 고려하여 산정한다.('제3편 제1장 하천보' 참조)

(5) 물받이의 두께는 양압력에 견딜 수 있는 중량을 가지도록 설계하되 일정한 간격으로 배수구(weep hole)를 설치하여 물받이에 작용하는 양압력을 저감할 수 있게 하며, 최소두께는 35 ㎝ 이상으로 한다.

(6) 물받이 하류 단부에는 세굴방지를 위하여 턱(Sill)을 설치할 수 있으며, 설치 시에는 동절기 결빙과 하절기 수질오염을 방지하기 위하여 유속이 느린 물받이 좌우안 끝부분에 폭 50㎝의 배수구를 설치한다.

(7) 물받이 하단부 콘크리트 차수벽은 계획하상고 밑으로 충분히 근입하여 세굴로부터 안전하게 본체를 보호한다.



(그림 4.1-10) **< 하상유지시설의 물받이 턱(sill) 설치도 >**

라) 감세공

(1) 감세공은 본체 하류에 고유속의 방류수가 갖는 높은 에너지에 의하여 본체, 물받이, 바닥보호공 등 구조물이 파괴 또는 세굴되는 것을 방지하기 위해 설치한다.

(2) 감세공 형식은 하류수위와 도수위의 관계, 지형 및 지질조건 등을 검토하여 소요 공사비를 감안한 기술적 판단에 의해 결정하나 특이조건 등 현상해석이 곤란할 경우 모형실험 등 수리적 해석을 수행하여 설계를 확장한다.

(3) 보 등 구조물의 높이가 댐에 비해 현저히 낮을 경우, 감세공 형식은 정수지형(stilling basin)으로 설치하고, 조건에 맞는 다양한 블록형식을 채택한다.

(4) 정수지형(stilling basin) 형식의 블록 구성은 슈트블록(chute block), 배플피어(baffle pier), 엔드실(end sill)로 이루어지며, 물받이 구간 내에서 도수를 발생시키기 위해 정류벽(baffle)을 채택하며, 다음의 ① 정류벽 형상, ② 정류벽 높이 및 배열, ③ 정류벽 이격거리, ④ 정류벽 배치 요소를 고려하여 정류벽을 설치한다.

마) 정류벽

정류벽은 수류력을 효과적으로 감세시킬수 있는 형상으로 결정하여야 하며, 수리현상을 검토하여야 한다. 높이 및 이격거리는 다음사항을 고려하고, 정류벽의 높이, 배열, 이격거리 및 배치는 한국건설기술연구원(2016)의 '다방향 흐름 감세 장치 개발'을 참고할 수 있다.

(1) 정류벽의 높이는 구조물 본체 및 물받이의 안정성에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 결정하며, 정류벽의 배열은 물받이 길이, 유속의 영향 등을 고려하여 결정한다.

(2) 정류벽의 이격거리는 물받이 길이를 고려하여 결정하며, 물받이의 폭과 길이, 수심을 고려하여 정류벽의 배치를 결정한다.

바) 바닥 보호공

(1) 상류측 바닥보호공은 낙차공 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 낙차공 본체를 보호하기 위해 설치하며, 길이는 계획홍수위 발생시 상류 바닥보호공 지점에서의 수심보다 길게 한다.

(2) 하류측 바닥보호공은 하류하상의 국부세굴을 방지하고, 하류하상의 변동에 따른 본체 및 물받

이를 보호하고, 하류 하도의 하상저하시 구조물과 하상의 표고차를 줄이는 기능을 수행할 수 있도록 돌망태, 블록공, 사석 등 굴요성 구조로 설계한다.

(3) 가능한 조도계수가 서로 다른 재료의 바닥보호공을 사용해 유속을 서서히 감소시키고, 바닥보호공은 재료를 연결하여 흐름에 저항할 수 있도록 설치한다.

(4) 하류 바닥보호공의 길이산정은 블라이(Bligh)식 및 국립건설시험소공식, 랜드(Rand)식 등을 참조하되 계획홍수위시 하류 바닥보호공 지점에서의 수심 3~5배 이상의 길이로 한다

(5) 바닥보호공은 물받이와 같이 장래의 하상변동량을 고려하여 설치한다.

(6) 유속 및 낙차에 의한 토사흡출을 방지하기 위하여 부직포를 설치한 후 바닥보호공을 설치한다.

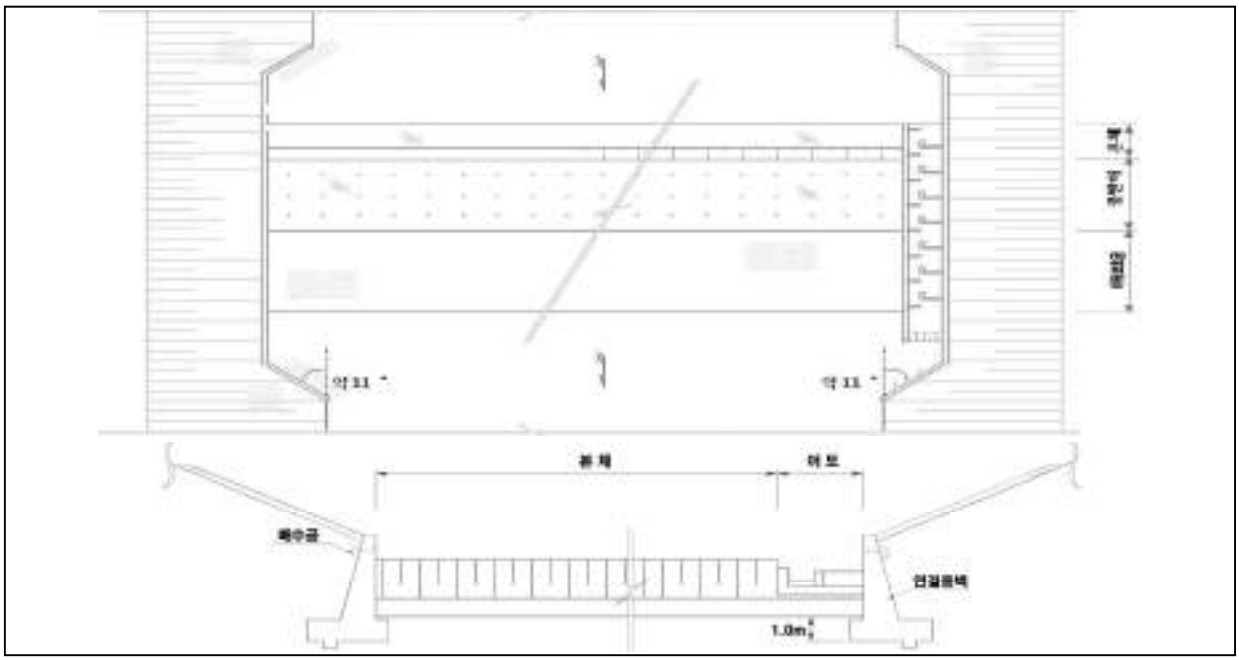
사) 측면 보호공

(1) 연결호안

(가) 연결호안의 상류측은 본체의 상류끝에서 10m 혹은 바닥보호공의 상류끝에서 5m 이상 설치하고, 하류측은 물받이의 하류끝 15m 혹은 바닥보호공 하류끝 5m 이상 설치한다.

(나) 굴요성 낙차공은 그 자체가 바닥보호공으로 간주됨으로 낙차공 상·하류 끝에서 5ｍ 이상을 설치한다.

(2) 연결옹벽 및 밑다짐



(그림 4.1-11) **< 하상유지시설의 연결옹벽 설치도 >**

(가) 연결옹벽은 물받이를 포함한 낙차공 본체와 그 상하류에 설치하여 호안과 접속한다.

(나) 연결옹벽의 설치는 본체와 물받이까지이나 바닥보호공이 설치되므로 옹벽은 그 이상으로 길게 설치하여 세굴 또는 침식을 방지한다.

(다) 연결옹벽 전면에는 세굴방지를 위한 밑다짐을 설치할 수 있다.

(라) 연결옹벽은 상류에 확대부, 하류에 축소부가 설치되어 급확대와 급축소에 의한 와류의 최소화를 위하여 변화 구간은 약 11° 보다 완만하게 설치하여 완만한 확대 및 축소가 되게 한다

(마) 낙차공 하류구간은 홍수가 집중되므로 세굴을 방지하기 위한 밑다짐을 설치한다.

(바) 연결옹벽은 홍수시 옹벽유실을 방지하기 위하여 중량이 큰 중력식 또는 반중력식 옹벽을 적용한다.

(사) 연결옹벽 배면 상단의 세굴을 방지하기 위한 시설을 별도로 설계할 수 있다.

(아) 연결옹벽이 설치되는 경우에는 낙상을 방지하기 위해 상단에 난간을 설치할 수 있다.

(자) 연결옹벽과 낙차공은 일체가 되게 설치한다.

(차) 연결옹벽에 의한 와류발생으로 하상세굴이 우려되는 경우에는 대안으로 페이싱(facing, 낙차공 구간에 옹벽대신 기존 비탈경사와 호안공법 유지)을 설치 할 수 있으나 본체와의 연결 부분은 탈락이 없게 설치하여야 한다.

아) 고수부지 보호공

(1) 고수부지 보호공은 바닥보호공과 같이 세굴에 변화하고 유수를 감세할 수 있는 구조의 공법을 선정한다.(낙차공 바닥보호공 설치 기준 참고)

(2) 고수부지 보호공은 식생이 활착하여 주변 환경과 조화를 이룰수 있는 공법을 선정한다.

(3) 낙차공 주변은 사람의 접근이 많은 점을 고려하여 친수성을 증대시키기 위한 시설을 설치할 수 있다.

(4) 낙차공으로 인해 고수부지가 2단으로 조성되는 경우는 사면을 완경사로 계획하여 와류로 인한 세굴을 방지한다.

(5) 고수부지 보호공의 폭은 10 m 이상을 표준으로 하며 고수부지 보호공을 설치하지 않는 범위가 제방의 비탈끝까지 대략 15 m 이내가 될 때에는 제방의 비탈 끝까지 연속해서 설치한다.

나. 자연형 하상보호시설

1) 자연형 하상보호시설은 콘크리트 낙차공 대신 하천에서 설치하는 구조물로 하상의 경사를 완만하게 하여 유수가 점진적으로 변화하도록 한다.

2) 자연형 하상보호시설의 종류에는 자연형, 블록형 등이 있으며, 어종, 하도 및 수리특성 등을 검토하여 현장 여건에 적합한 방법으로 설치한다.

3) 유속을 적게 하고 수심을 크게 하는 동시에 어류의 이동에 지장이 없는 시설이며 주로 돌과 지주목재를 이용하여 설치한다.

4) 하상보호시설 저면에 설치하는 차수벽은 침투유로장을 산정하여 적정한 근입깊이가 될 수 있게 한다.

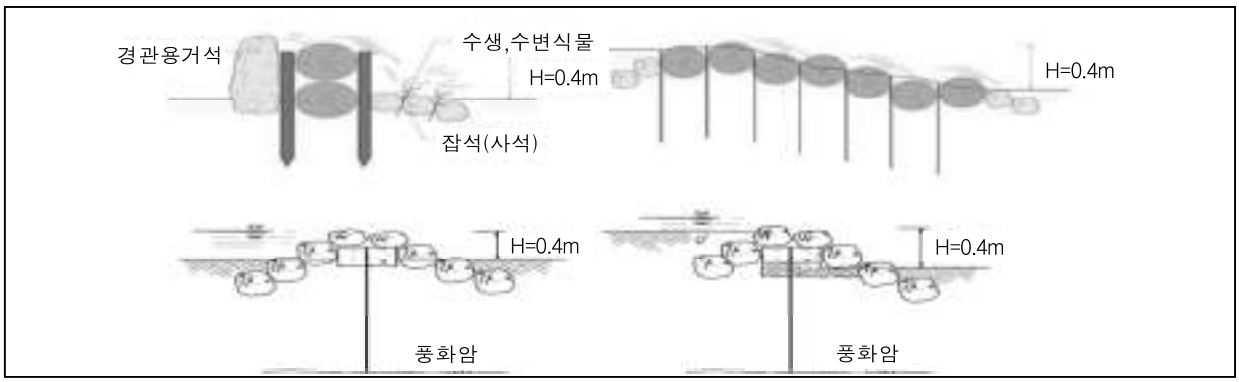
5) 자연형 하상보호시설은 취수보나 낙차공을 여울형으로 개량할 경우와 터파기를 하지 않고도 항타가 가능한 지반에서 적용할 수 있으며, 폭기 작용이 커 자정력이 커지고, 여울 기능을 가지는 수생태계에 유리한 형식으로 한다.

6) 자연형 하상안정화시설은 '하천 생태계를 위한 자연하상 복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)' 및 '제4편 하천환경시설' 의 내용을 참고하여 설치할 수 있다.

7) 자연재료를 이용한 자연형 하상보호시설 설계시 유수가 하상보호시설 본체 하부로 유출되어 건천화 되지 않도록 유의한다.

8) 어도 겸용으로 자연형 낙차공 계획시 갈수시에도 어도부에 최소 소요수심이 확보되어 어류가 소상될 수 있도록 계획하여야 한다. 전면형 어도는 지양하며, 갈수시에도 일정 소유 수심이 확보될 수 있도록 어도폭을 결정하여 적용하여야 한다.

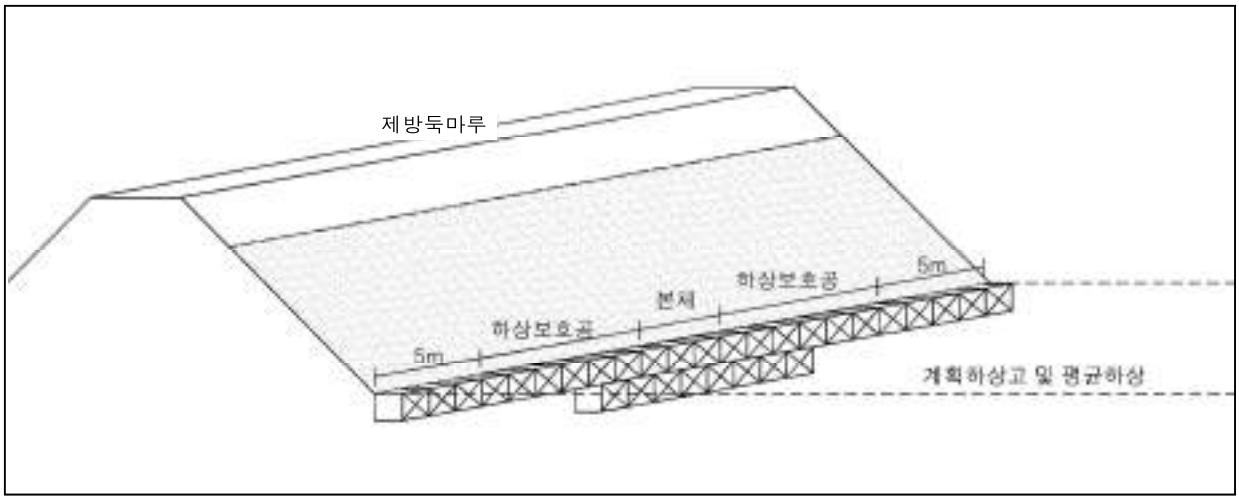
9) 과대한 크기가 되지 않도록 경제성을 고려하여 1 / 20 획일적인 경사보다는 1 / 10이상의 완경사로 설치후 어도부만 1/20 경사로 설치하는 계획을 고려하여야 한다.



(그림 4.1-12) **〈 자연형 하상보호시설 〉**

다. 대공

1) 대공은 50㎝ 미만의 낙차에 적용하며, 하상변동에 쉽게 대응할 수 있도록 콘크리트 블록 등 굴요성 구조로 설치한다.



(그림 4.1-13) **〈 대공 설치 형상 〉**

2) 대공은 평면형은 직선형이 바람직하나 목적이나 기능에 따라 곡선형이나 절선형으로 할수 있다. 이때에는 하도 중앙으로 흐름이 집중하여 세굴이 발생할 수 있으므로 이를 설계 시 고려한다.

3) 대공이 설치되는 하도는 일반적으로 하상에 기복이 있는 경우이므로 일반적으로 대공 천단고는 하상고와 동일하게 종단적, 황단적으로 돌출부가 없는 안전한 형상의 공법을 선정하여 완만한 경사로 설치한다.

4) 모든 구간에서 세굴현상을 저감시키기 위해서는 대공을 군(群)으로 설치할 수 있다.

5) 대공 본체의 형식은 콘크리트 구조와 굴요성이 있는 콘크리트 블록 등을 이용한 소규모 구조로 하여 하상 변동의 상황에 따라 변형되어 보강할 수 있어야 하며, 소류력에 대해서도 안정하게 설치해야 한다.

6) 대공은 구조적으로는 본체와 하상보호공의 구분이 없으므로 종단적으로 블록 부설 범위의 중앙부에는 수평이 되는 구간을 설치하고 길이는 일반적으로 4~6m 정도로 한다.

7) 대공의 상·하류 하상과 이어진 완충구간으로 굴요성 있는 구조의 콘크리트 블록 및 돌망태 공 등의 공법에 대한 적합성 검토 후 설치한다.

8) 대공 설치에 따른 호안 부설 범위는 대공 상·하류의 하상보호공으로부터 다시 5m 정도 길게 한다.

4.1.5 기초 및 차수벽 설계

낙차공의 기초 및 차수벽 설계는 '제7편 제4장 하천차수설계'를 참고하여 설치한다.

4.2 수량 산출 요령

4.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1	하상유지시설				
1.1	토공사				
1.1.1	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
1.1.2	벌 목	흉고직경(10㎝~50㎝)	본		
1.1.3	벌개제근		㎡		
1.1.4	터 파 기				
1.1.5	터파기(육상 0~3m)	인력	㎥		
1.1.6	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		
1.1.7	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		
1.1.8	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		
1.1.9	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		
1.1.10	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		
1.1.11	되메우기	인력	㎥		
1.1.12	되메우기	기계	㎥		
1.1.13	잔토처리		㎥		
1.2	콘크리트 타설				
1.2.1	콘크리트 타설	철근	㎥		
1.2.2	콘크리트 타설	무근	㎥		
1.2.3	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.4	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50㎥/일 미만	㎥		
1.2.5	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50~100㎥/일	㎥		
1.2.6	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 100㎥/일 이상	㎥		
1.2.7	합판거푸집(매우복잡)	0～7m	㎡		
1.2.8	합판거푸집(복잡)	0～7m	㎡		
1.2.9	합판거푸집(보통)	0～7m	㎡		
1.2.10	합판거푸집(간단)	0～7m	㎡		
1.2.11	합판거푸집(폼타이,1회)	0～7m	㎡		
1.2.12	합판거푸집(폼타이,3회)	0～7m	㎡		
1.2.13	합판거푸집(폼타이,4회)	0～7m	㎡		
1.2.14	합판거푸집(폼타이,6회)	0～7m	㎡		
1.2.15	무늬거푸집	0～7m	㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.16	유로폼	0~7m	㎡		
1.2.17	강관비계(3개월)		㎡		
1.3	철근가공조립				
1.3.1	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
1.3.2	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
1.3.3	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
1.3.4	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
1.3.5	철근 조립	(간단)	ton		
1.3.6	철근 조립	(보통)	ton		
1.3.7	철근 조립	(복잡)	ton		
1.3.8	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.3.9	잡철물제작설치 (난간)	(간단)	ton		
1.3.10	스페이서 설치	(바닥)	m		
1.3.11	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.3.12	잡석부설		㎥		
1.3.13	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
1.3.14	수팽창지수재 설치		m		
1.3.15	다웰바	D25	개		
1.3.16	스티로폼	T = 20 mm	㎡		
1.3.17	충진제	씰링(20mm × 25mm)	m		
1.3.18	P.V.C PIPE		m		
1.4	바닥보호공 (대공)				
1.4.1	필터매트 부설	하천호안용 350g/㎡	㎡		
1.4.2	필터매트 부설	하천호안용 500g/㎡	㎡		
1.4.3	토목용 섬유 부설	5~40 ton/m	㎡		
1.4.4	이불형 돌망태 설치		㎡		
1.4.5	타원형 돌망태 설치		㎡		
1.4.6	매트리스형 돌망태 설치		㎡		
1.4.7	매트리스형 돌망태 설치		㎡		
1.4.8	주머니형 돌망태 설치		㎥		
1.4.9	사석부설	30㎏ 이상	㎥		
1.4.10	블럭부설		㎡		

4.2.2 일반사항

하상유지시설의 수량은 토공(터파기), 하상유지 시설, 측면보호공(옹벽 등), 바닥보호공 등으로 구성되며, 단가 산출을 고려하여 산출한다.

1) 토공은 현장 여건을 고려하여 산출한다.

2) 하상유지 시설 수량은 거푸집, 콘크리트 타설, 철근 등으로 산출된다.

3) 측면 보호공에는 옹벽, 페이싱(facing) 등이 있다

4) 바닥 보호공은 돌망태, 사석, 블록 등을 사용하여 설치한다.

5) 공종별 단위, 규격은 일원화하되 현장 여건이 상이한 경우에는 다르게 할 수 있다

6) 수량의 규격이 조합으로 산출되는 경우에는 각 공종의 비율을 명기한다.

7) 콘크리트 강도 및 합판거푸집은 아래표를 기준으로 수량을 산출한다.

〈 콘크리트 〉

(표 4.2-1)

설계기준강도	적용대상 구조물
24 MPa	배수통문(구체, 날개벽, 차수벽, 조작대, 관리교), 옹벽, 낙차공, 보, 대공 등 주요구조물
21 MPa	배수통관(기초, 날개벽, 차수벽, Surround) 반중력식옹벽, 도로포장(천단, 부체), 배수로, 맨홀, 집수정 등 간단구조물
18 MPa	중력식 옹벽, 세굴방지 기초콘크리트, 버림 콘크리트 등 무근구조물

주) 자료출처 : 제7편 하천공통설계

〈 합판거푸집 〉

(표 4.2-2)

구 분	전용회수	유 형
제물치장	1~2회	제물치장 콘크리트
소규모/ 매우복잡	2회	가로보 등 소규모로 산재되어 있는 구조 교대, 교각, 수문관의 본체 등 매우 복잡한 구조
복잡	3회	교대, 교각, 파라펫트, 날개벽 등 복잡한 벽체 구조
보통	4회	측구, 수로, 우물통 등 일반적인 벽체구조, 교량 슬래브
간단	6회	수문 또는 관의기초, 호안 및 보호공의 기초 등

주) 자료출처 : 2022년 상반기 건설공사 표준시장단가 적용공종 및 단가(2022. 1, 국토교통부)

4.2.3 토공

가. 터파기

1) 터파기의 육상과 수중의 구분은 지하수위로 기준하며 지하수위 이하에 물푸기가 반영되는 경우는 용수터파기로 설계한다.

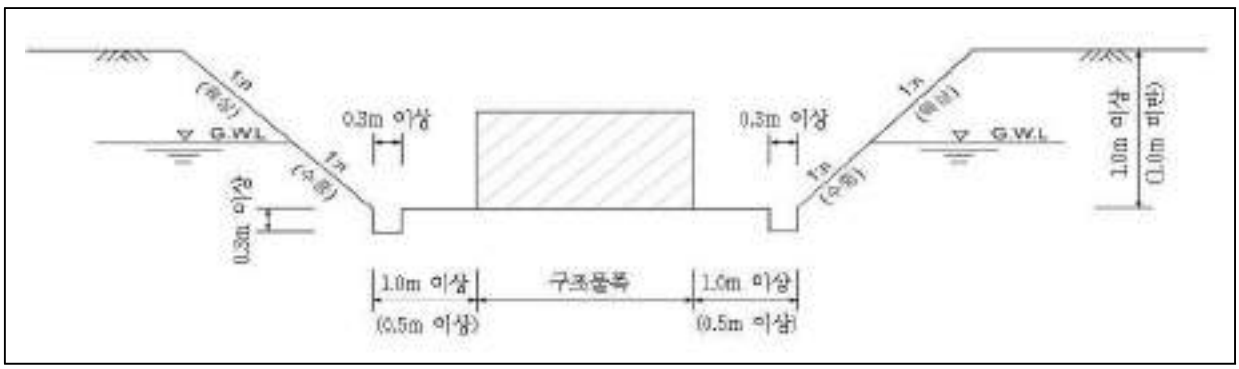
2) 육상터파기는 비탈경사는 지층별 사면안정성을 고려하여 결정하되 아래표를 참고한다.

〈 육상터파기 비탈경사 〉

(표 4.2-3)

지반의 종류	경 사	비 고
토 사	1 : 1.0	
풍 화 암	1 : 0.5	
발 파 암	1 : 0.3	

3) 터파기는 작업 공간 확보를 위한 여유폭과 유입 지하수 유집을 위한 수로를 설치한다.



4) 하천수 유입 방지를 위한 가물막이를 설치할 수 있으며, 높이는 기준수위보다 60㎝ 높게 설치하고 유수에 의한 가물막이 비탈면 침식방지를 위해 보호공을 설치할 수 있다.(기준수위: '제2편 치수시설 제5장 하상정리' 의 준설방법 결정기준의 기준수위 참조)

5) 터파기시 유입수의 처리는 유입유량을 고려하여 물푸기를 계상할 수 있다.

6) 터파기는 육상, 용수, 수중 터파기로 구분하여 산출한다.

7) 터파기는 인력(10%)과 기계(90%)의 조합으로 구성한다.

나. 되메우기

1) 되메우기는 다짐기준에 따라 수량을 산출한다.

다. 잔토처리

1) 잔토는 토성치가 성토재로 적합할 경우 성토재로 유용하는 수량으로 산출한다.

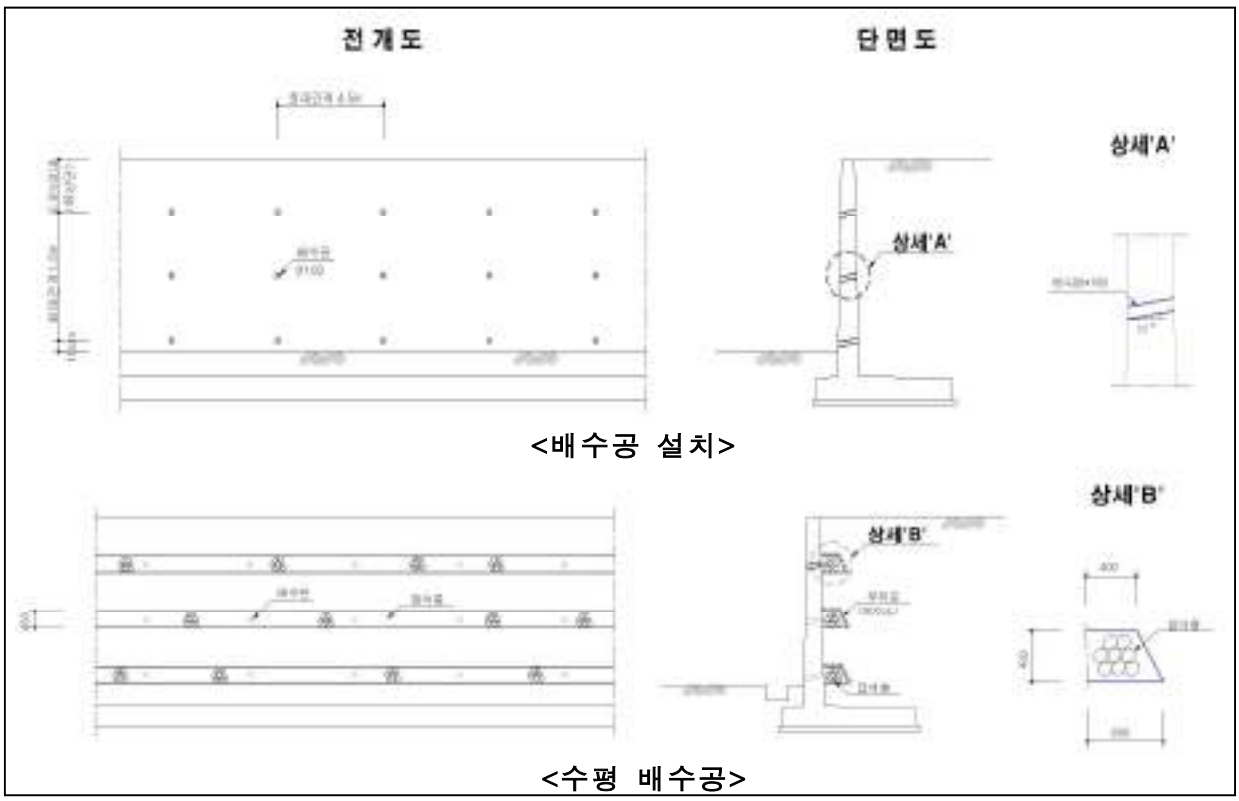
2) 성토재 사용이 어려운 잔토는 외부 반출을 하되, 하천 유지관리에 문제가 없는 소량일 경우에는 하상포설로 수량을 산정한다.

4.2.4 하상유지시설

1) 하상유지시설은 본체, 물받이로 구분되나 일체형 구조이므로 수량을 같이 산출한다.
2) 하상유지시설은 거푸집 3회를 기준하여 수량을 산출한다.
3) 철근가공조립은 보통구조로 수량을 산정한다
4) 콘크리트 타설은 24 MPa을 기준하고, 작업여건을 고려하여 콘크리트와 펌프차 타설로 구분하여 수량을 산출한다.
5) 신축이음은 20m 간격으로 설치한다.

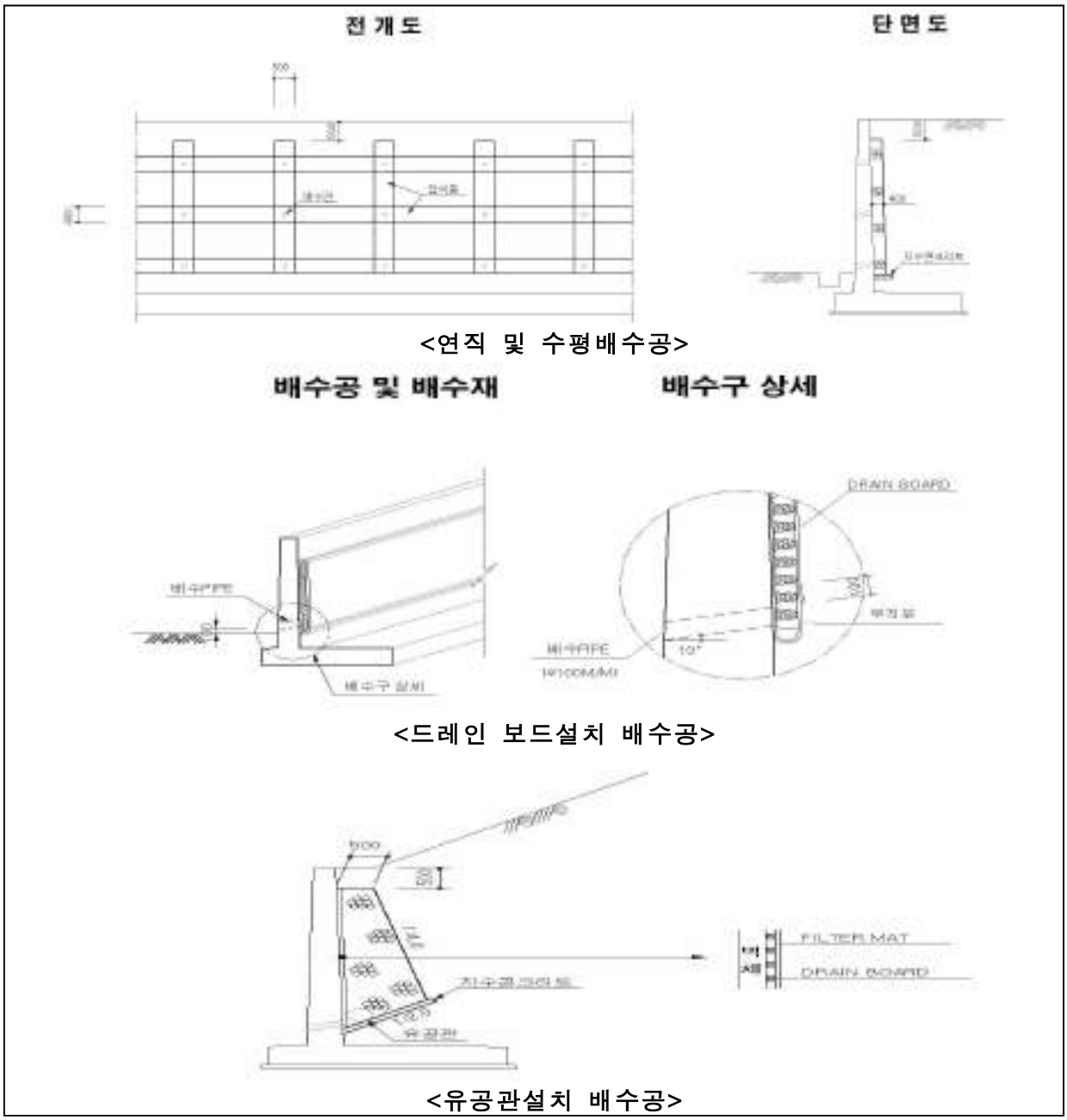
4.2.5 측면 보호공 (옹벽공)

1) 철근가공조립은 복잡구조로 수량을 산출한다
2) 합판 거푸집은 버림은 6회, 기초 4회, 상부는 3회를 기준하여 수량을 산출한다.
3) 콘크리트 타설 24MPa을 기준하고, 작업여건을 고려하여 콘크리트와 펌프차 타설로 구분하여 수량을 산출한다.
4) 비계의 높이기준은 옹벽 기초상단과 옹벽 상단고에서 50㎝를 제외한 기준으로 2.0m 이상부터 수량을 산출하고 산출기준은 구조물과 간격은 50㎝ 유지, 설치폭은 목재는 1m, 강관은 1.2m이다.
5) 뒷채움은 양질의 재료로 수량을 산출하고, 배수시설은 PVC PIPE(D=100m/m)이며 배수공의 종류 및 설치간격은 다음과 같이 산출한다.



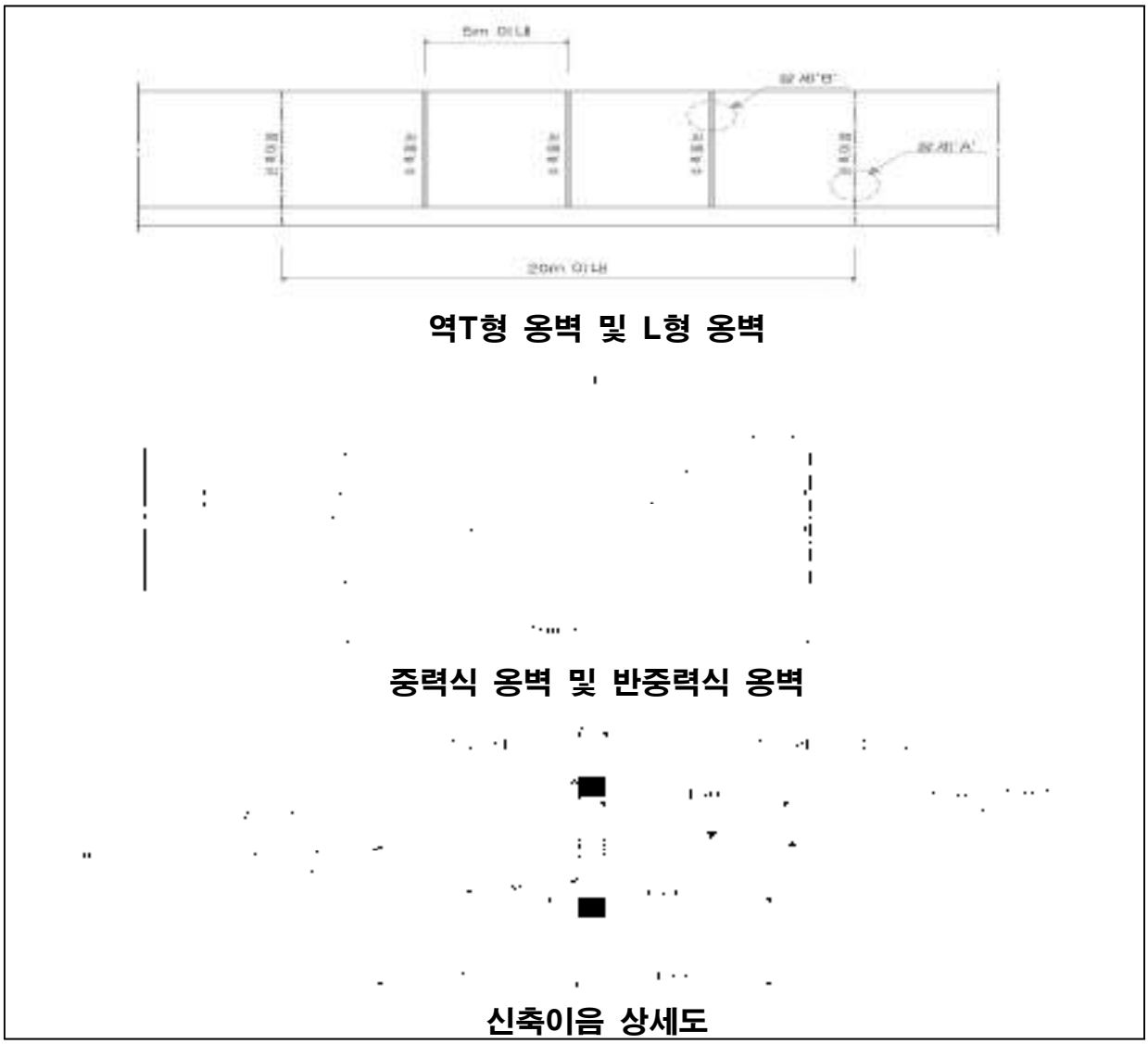
<배수공 설치>

<수평 배수공>



(그림 4.2-1) **〈 측면 보호공 배수공 설치 사례 〉**

6) 신축이음은 10 ~ 20m 간격으로 설치하고 스치로폴(T=20mm), 다웰바(C.T.C 500, ϕ25mm), 필요시 지수벽 등의 설치수량을 산출한다.



(그림 4.2-2) **< 신축이음 설치 사례 >**

7) 난간은 옹벽상단에서 낙상을 방지하기 위해 설치하고, 스테인레스 재질의 높이는 120 ㎝를 기준으로 수량을 산출한다.

8) 스페이서는 벽체, 슬래브로 구분하여 철근간격에 따라 적용하고, 벽체는 스페이서, 슬래브는 체어블럭으로 구분하여 산출한다.

4.2.6 바닥 보호공

1) 바닥보호공은 돌망태, 사석, 블록 등으로 면적(㎡)으로 수량을 산출한다.

2) 바닥보호공 저면에 토립자 반출을 방지하는 위해 설치하는 필터매트(부직포 등)는 500g/㎡ 이상으로 수량을 산출한다.

4.3 단가 산출 요령

가. 토공사

토공사의 단가 산출은 ‘제2편 제1장 하천제방’ 및 ‘제2편 제7장 하천통문’ 의 단가 산출 요령에 준한다.

나. 콘크리트 타설

콘크리트 타설의 단가 산출은 ‘제2편 제7장 하천통문’ 의 단가 산출 요령에 준한다.

다. 철근가공조립

철근가공조립의 단가 산출은 ‘제2편 제7장 하천통문’ 의 단가 산출 요령에 준한다.

라. 바닥보호공

바닥보호공의 단가 산출은 ‘제2편 제2장 하천호안’ 의 단가 산출 요령에 준한다.

제5장 하천하상정리

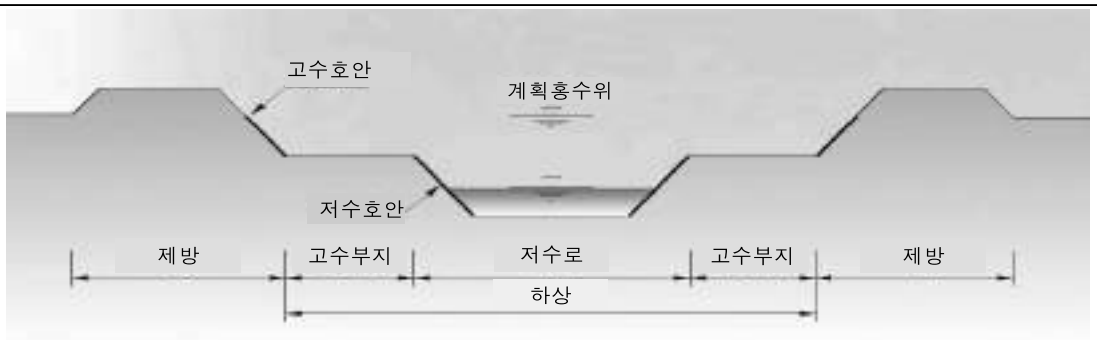
제5장 하천하상정리

5.1 설계 요령

5.1.1 일반사항

가. 정의

하상정리(하상퇴적토 준설)란 하천 상류로부터 내려온 이송물이 하상에 침전되어 형성된 퇴적토를 준설함으로써 하천의 치수, 이수, 수질개선, 친수공간 등의 기능 향상을 위해 하상단면 및 저수로 평면을 정리하는 공사를 의미한다.



(그림 5.1-1) **〈 표준단면도 〉**

나. 적용범위

하도의 통수단면적 확보 및 저수로·고수부지 정비, 하상 오염토 처리 등과 관련된 제반 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 23)(2023, 환경부)

4) 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 05 00)(2020, 해양수산부)

4) 하수도 설계기준(KDS 61 00 00)(2019, 환경부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2) 항만 및 어항 설계기준해설(2018, 해양수산부)

마. 설계일반사항

1) 준설은 하천고유의 하천 환경이 최대한 보전될 수 있고, 계획홍수량이 원활하게 소통될 수 있도록 퇴적구간을 중심으로 계획한다.

2) 준설은 하천기본계획 및 관련 상위계획에 제시된 방안을 기준으로 하되, 하천기본계획에 제시된 계획하상고 등 계획 사항과 현지 여건을 비교 검토하여 변경이 필요한 경우 발주처와 협의 후 이를 변경할 수 있다.
3) 하폭이 급확대, 급축소 되거나 하상이 종단적으로 급변하여 유속과 수위의 변화가 현저한 지점에 대해서는 수리현상을 고려하여 준설설계를 수행한다.
4) 준설토는 해당 공사에 적합여부를 판단하여 우선 유용하고, 외부 반출시에는 골재자원으로의 활용여부를 판단하여 골재와 공공사업 제공 등으로 구분하여 처리한다.
5) 하도의 장기간 퇴적 등으로 통수단면이 증가하여 치수상 불리한 경우 하도정비를 통해 치수안정성을 확보하여야 한다. 육역화(토사 및 부유물의 의한 퇴적, 식생성장으로 생성 후 확대되어가는 과정)로 인한 치수상 문제가 발생하지 않도록 상류의 토지이용의 변화, 보, 낙차공 등의 하도횡단시설 설치, 하도단위의 변화(제방축제, 교량, 준설) 등이 발생시 이를 고려한 하도계획을 수립토록 한다.
6) 육역화 및 하도퇴적으로 인해 식생이 활착된 습지형태를 띄고 있더라도, 이는 사수역의 확대, 통수단면의 부족, 흐름방향의 변경, 시설물 훼손, 생태계 왜곡, 유목의 증대를 일으켜 하도의 치수 및 생태환경 변화에 영향을 끼칠수 있으므로, 정비를 통해 본래의 하도기능을 유지할 수 있도록 하여야 한다.
7) 하천식생화로 인한 홍수류 에너지완화, 생태계보전, 서식환경 조성상의 순기능은 있으나, 하상고 상승, 유속저하 및 퇴적으로 인한 수위상승, 육역화 유도, 유하능력 감소 등의 치수상의 문제점도 있다. 퇴적 및 하도식생화에 대해서는 과거 횡단면도와 퇴적경향 비교 및 경년 하도변화, 모니터링 결과, 하도유지관리계획, 수리수문사항 변화 등을 고려하여 정비계획을 수립하고, 또는 하도준설 유지관리계획을 수립하여 치수상 안정성이 매년 유지될 수 있도록 하여야한다.

바. 용어정의

1) 저수위 (LWL: Low Water Level) : 1년을 통하여 275일은 이보다 저하하지 않는 하천수위를 말한다.
2) 평수위 (OWL: Ordinary Water Level) : 1년을 통하여 185일은 이보다 저하하지 않는 하천수위를 말한다.
3) 준설기준수위 : 육상준설, 가물막이준설, 수중준설 등 준설방법 결정 기준이 되는 수위로써 저수위와 평수위 범위내에서 현장 여건을 고려하여 결정한다.
4) 준설토 : 하천, 저수지, 해양 바닥에서 준설한 토사 또는 암석 등을 총칭한다.
5) 골재 : 하천, 산림, 공유수면이나 그 밖의 지상·지하 등에 부존하는 암석(쇄석용에 한정), 모래 또는 자갈로서 건설공사의 기초재료로 쓰이는 것을 말한다.
6) 사토 : 자원으로 이용가치가 낮은 준설토로서 골재자원으로 이용하고 남아 버리는 준설토(불용토 등)를 말한다.
7) 오니토 : 하천이나 호소 등에서 오염물질이 침전된 토사를 말한다.

8) 2차오염 : 1차 오염물질(오염원으로부터 직접 나온 물질)이 다른 화학반응을 통해 새로운 오염물질이 되어 오염시키는 것을 말한다.

9) 홀수 : 수면에서 배의 최하부까지 수직거리를 말한다.

10) 체적변화비 : 원지반 체적에 대한 준설 후의 체적비를 말한다.

11) 투기장 : 펌프준설선을 이용한 수중준설 후 함수비가 높은 토사를 함수비를 낮추어 적치장, 사토장으로 운반하기 전 임시로 모아 놓은 장소를 말한다.

5.1.2 사전조사

하상퇴적토 준설을 위한 사전조사는 하천설계기준(KDS 51 00 00)를 참고하여 실시한다.

5.1.3 퇴적토 준설 계획

가. 준설방법 결정

1) 준설방법 결정기준인 일제관측수위는 측량시기에 따라 편차가 발생 할 수 있어 공사비가 과다, 과소로 산정될 수 있으므로 설계자별 주관적 요소를 배제할 수 있는 새로운 준설기준수위의 결정이 필요하다.

2) 준설방법은 육상준설, 가물막이준설, 수중준설로 구분할 수 있으며, 준설구간의 하천유황별 수위를 고려하여 결정한 준설기준수위에 따라 적절한 준설방법을 정하여야 한다.

3) 준설기준수위는 저수위 ~ 평수위(유황분석의 저수량, 평수량에 의한 수위) 범위에서 현장 여건을 고려하여 결정한다.

4) 준설지역이 댐, 보 등에 의한 담수구역인 경우에는 상시 만수위 및 관리수위를 준설기준수위로 한다.

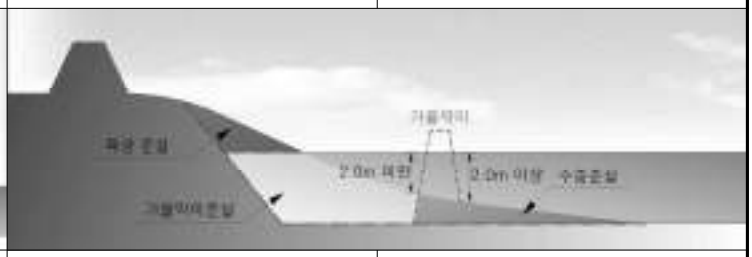
5) 수해복구공사 등과 같은 시급한 공사인 경우에는 공사기간 등을 검토하여 평수위보다 높은 수위를 준설기준수위로 결정할 수 있다.

6) 설계에 적용된 준설기준수위와 공사시 관측된 수위가 달라 공사비의 증감이 크게 발생하는 경우에는 준설기준수위 변경에 따른 정산이 가능하며, 정산은 공사시 관측된 평균수위(홍수기인 6월 ~ 9월을 제외한 일제관측수위의 평균수위)와 준설기준수위와 비교 검토하여 발주청과 협의하여 결정한다.

7) 준설기준수위에 따른 준설방법, 적용구간, 적용장비 조합은 다음표와 같다.

〈 준설 기준수위에 따른 준설방법 〉

(표 5.1-1)

구 분		준설 기준수위 이상구간	준설 기준수위 이하 수심 2m 미만 구간	준설 기준수위 이하 수심 2m 이상 구간
준설방법		육상 준설	가물막이 준설	수중 준설
적용구간				
장비	준설	불도저, 굴삭기, 로더 리퍼, 셔블계굴삭기	불도저, 굴삭기, 로더 리퍼, 셔블계굴삭기	펌프준설선(점토질, 모래질토사) 그래브준설선, 굴삭기준설선 등 (모든 토사)
	적재	불도저, 굴삭기, 로더 리퍼, 셔블계굴삭기	불도저, 굴삭기, 로더 리퍼, 셔블계굴삭기	-
	운반	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어	배송관, 토운선 등

나. 제방방어선 및 하안방어선

1) 제방방어선

가) 제방방어선은 한번의 홍수로 인해 침식될 가능성이 있는 고수부지 폭을 하천의 길이방향으로 연결한 선이며 주로 치수를 목적으로 하는 선이다

나) 퇴적토가 준설되는 지역은 인접한 제방을 포함한 하천시설물 및 기타 시설물의 피해가 없도록 제방 앞비탈 기슭으로부터 최소한의 거리를 이격하거나 보강 대책을 수립하여 준설계획을 수립한다.

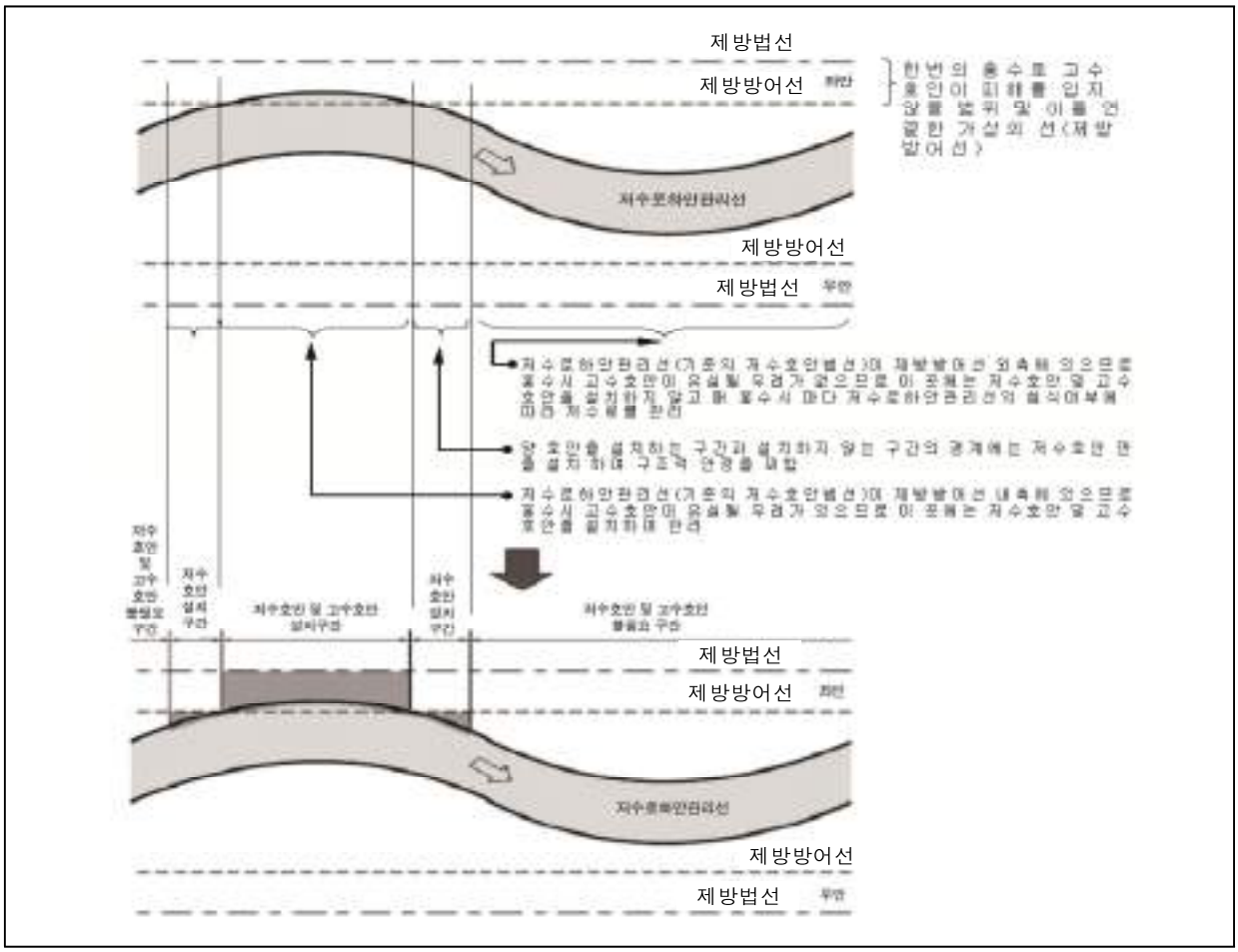
다) 제방의 안전성을 확보를 위한 제방방어선의 최소 이격거리는 육상준설시 이격거리 검토 방법에서 결정된 거리 이상으로 한다.(5.1.4 퇴적토 준설설계, 라. 육상준설 (21) ~ (23) 참고)

라) 제방 앞비탈 기슭까지 불가피하게 준설이 필요하거나 최소 이격거리를 확보하기 어려운 경우, 제방 및 호안 등 하천시설물의 안전성 확보를 위한 보강 대책을 수립하여야 한다.

2) 하안방어선

가) 하안방어선이란 제방 안전성과 저수로의 안전성을 확보하기 위해서 조치(하안침식방지공, 즉 호안)를 강구할 필요가 있을 때 계획하는 선을 말한다.

나) 저수로 하안관리선(저수로 선형)이 최소한의 제방방어선을 지키지 못하거나 수충 등으로 침식이 예상되는 지역에는 호안설치 등으로 비탈면 침식 방지를 위한 보강 대책을 수립한다.



(그림 5.1-2) **< 제방방어선과 하안방어선 >**

5.1.4 퇴적토 준설 설계

하상 퇴적토 준설은 하천기본계획에 제시된 계획하상고 및 대상구간의 하도 특성과 준설토의 특성 등을 고려하여 경제적인 설계가 되도록 한다.

가. 일반사항

1) 준설의 목적에 따라 저수용량 확보(이수적 목적)를 위한 준설, 하도 내 통수능력 증대를 통한 홍수위험도 저감(치수적 목적)을 위한 준설, 골재확보를 위한 준설, 수질개선을 위한 준설(오니토 준설 등), 생태복원 및 친수공간조성을 위한 준설 등이 있다.

2) 준설의 계획 및 설계 시에는 자연조건, 지반조건을 사전에 충분히 조사하고, 준설목적, 준설토량, 공사기간, 투기조건 및 장소와 공사지역의 여건 등을 감안하여 경제적이고 효과적인 준설방법, 준설장비를 선정한다.

3) 준설은 육상과 수중작업 등에 의한 공사이므로 선체 및 기타 공사 장비의 안전성이 확보되고 작업능률을 향상시켜야 하며, 시공에도 정밀도를 요구하고 있기 때문에 지형, 지반 및 기타 자연조건에 대한 영향을 충분히 조사한다.

4) 준설은 하천 종방향으로는 하류에서 상류로 수립하여, 상류보다 하류의 통수능이 작아 나타나는 문제를 해소하여야 하며, 횡방향은 유심부에서 제방쪽으로 준설 계획을 수립하되 유수와 접하는 구간은 작은 둑 또는 일부 퇴적토를 존치하여 공사중 탁수에 의한 문제를 최소화 하여야 한다.

5) 하도 내에 설치된 취수시설, 교량 등이 준설로 인해 기능장애가 예측될 경우에는 관리기관과 사전협의하여 시설보강 방법을 결정하고 비용을 계상한다.

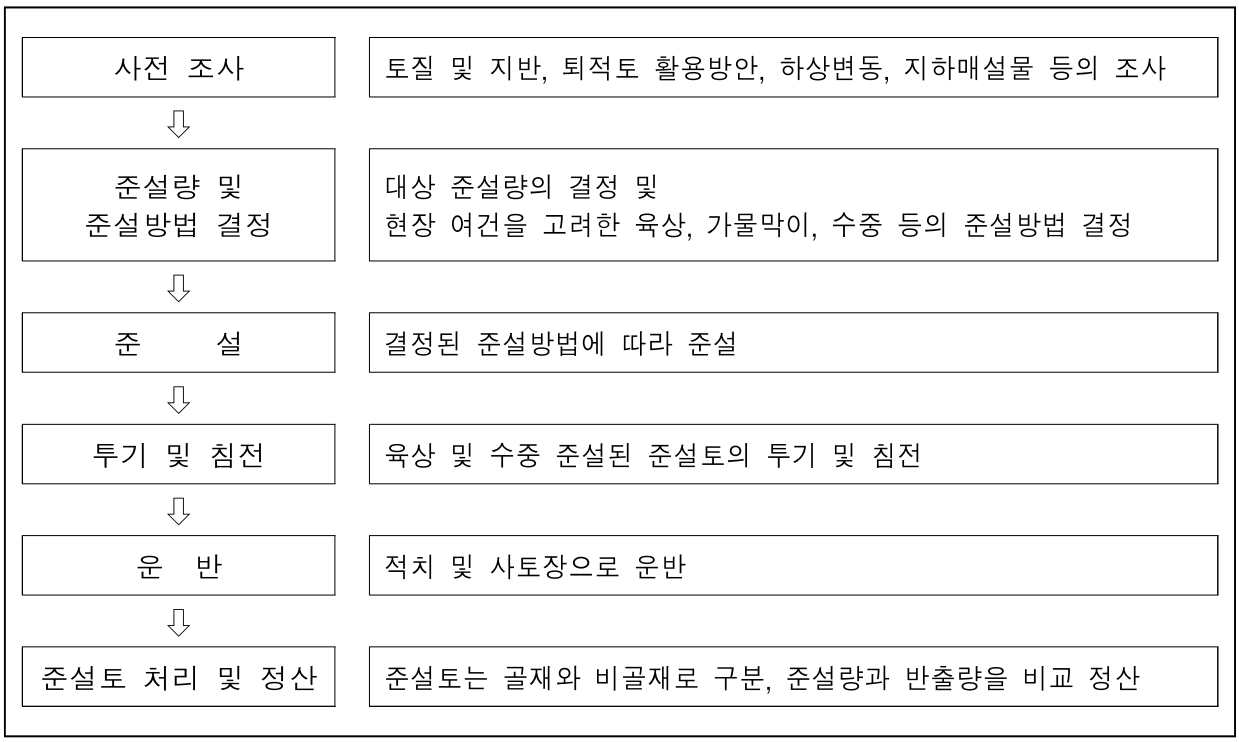
6) 준설로 인한 하천 연안의 지하수위 변동이 예상 될 경우에는, 지하수위를 준설공사 전후로 관측하여 지하수위 변동에 따른 민원에 예방하고, 지하수 관측과 관련된 방법, 수량, 비용 등은 발주청과 협의하여 결정한다.

7) 준설은 퇴적토를 제거하여 통수능을 확보하기 위한 공사이므로 준설토는 하도 밖으로 반출하되, 부득이 반출이 어려워 하도내 가적치 할 경우에는 강우예보를 확인하여 강우 전에 가적치토는 반출하는 공정계획 및 설계도서를 작성한다.

8) 준설시 본류 및 지류에 기 설치된 시설물에 대한 영향을 검토하고, 영향이 예측되는 경우에는 하상안정화시설 등과 같은 대책을 강구한다.

9) 준설설계 대상지역은 환경영향평가 자료를 참고하여 환경부 및 환경부 산하기관에서 관리하고 있는 습지, 생태자연도 등급 등의 지정 관리 여부를 조사하여 설계의 기초자료로 이용한다.
(참고 : 국립생태원 습지센터, 환경공간정보서비스)

10) 하상 퇴적토 준설 설계흐름도는 다음과 같다.



(그림 5.1-3) **< 하상퇴적토 준설 설계 흐름도 >**

나. 가도 설계

1) 준설과 준설토 반출을 위한 가도는 지반조사 및 현장조사를 참고하여 지반 지지력을 검토하고, 투입장비의 접지압과 비교하여 장비의 주행 가능 여부를 검토한다
2) 현장조사시 육안판단에 의해 투입장비의 주행이 어렵다고 판단 될 경우에는 지반지지력 확인을 위한 별도의 조사를 발주청과 협의하여 실시한다
3) 투입장비의 주행이 어려운 지역은 투입장비의 주행성 확보 및 적정한 주행속도 유지를 위해 양질토, 잡석 등의 포설재를 반영할 수 있다.
4) 가도가 홍수 또는 침하 등에 의해 유실이 예상될 경우에는 공사시 정산할 수 있게 한다.
5) 가도와 가물막이를 공용으로 사용하는 경우에는 '마. 가물막이(가체절) 준설' 의 가물막이 설치 기준을 참고하고, 다짐은 제방 다짐을 기준한다.
6) 준설토 운반을 위해 운반장비가 주행하는 공사장 외부 도로는 최단거리 노선으로 검토하고, 공사차량에 의한 포장 훼손을 고려하여 재포장비용을 반영할 수 있다.

다. 준설 단면설계

1) 평면설계

가) 하도 평면형은 현재 하도 형상과 물길을 고려하여 계획한다.

나) 대상 구간내 평면선형은 보트, 유람선 등의 운항이 될 경우에 운항에 지장을 초래하지 않도록 계획하고, 필요한 경우 저수로부 보강계획을 수립한다.

다) 평면계획 수립시 고수부지 형성에 따른 저수로부의 자연스러움을 위하여 완만한 사행이 형성될 수 있게 한다.

라) 저수로 평면계획을 수립하는데 있어 급한 사행의 저수로 선형 설정은 지양하고, 자연상태에서의 저수로 평면형과 제방보호를 위해 필요한 경우 고수부지 폭, 저수로 안정도 등을 종합적으로 고려한다.

마) 저수로 선형은 현 하도를 중심으로 결정하며, 현 하천의 유심선 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 완만한 사행의 선형을 결정한다.

바) 고수부지 및 저수로는 가급적 비대칭으로 하고, 저수로부의 사행을 조성할 경우에는 사행형태를 고착화시키지 않고 자연스러운 하천이 유지할 수 있도록 한다.

2) 횡단설계

가) 토량계산 시 횡단면 간격은 가능하면 좁게하여 토량계산의 정밀도를 높여야 하나 계산이 복잡해지므로 보통 20m 간격으로 시행 한다.

나) 기복이 심하거나 사행 구간은 평면 형상에 따라 정밀을 요할 경우 간격을 조밀하게 시행할 수 있다.

3) 종단설계

가) 하상의 종단경사는 안정하상이 유지될 수 있도록 가급적 완만하게 조성하고, 하천기본계획의 종단계획을 기준으로 한다.

나) 계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단면 등을 고려하여 결정한다.

다) 준설되는 지역은 상·하류의 하상과 단차가 발생하지 않게 종단적으로 완만하게 설계한다.

라. 육상준설

1) 육상준설은 준설기준수위 이상에 위치한 퇴적토 준설구간으로, 준설장비는 현장 여건과 (표 5.1-1) 참고하여 선정한다.



(그림 5.1-4) 〈 **육상준설** 〉

2) 계획횡단면은 하천기본계획 및 관련 상위계획에 제시된 횡단계획을 기준으로 하되 현지 여건에 따라 변경할 수 있다. 준설단면의 비탈경사는 준설구간 내 자연사면의 비탈경사 또는 사면 안정성 검토를 통하여 정할 수 있다.

3) 계획 횡단면은 각 측점별로 작성하되, 치수 · 이수 · 환경측면을 고려해 홍수 및 비홍수시 유량의 계획횡단면을 검토하며, 하천환경관리 계획의 하천공간 지구지정에 따른 구역특성을 감안하여 계획한다.

4) 저수로 수로폭은 현재의 하도상태를 중심으로 설정하며, 고수부지 높이(침수빈도)는 치수목적을 위한 퇴적토 준설인 경우에는 1~2년 빈도, 고수부지를 활용한 친수공간 조성인 경우는 2~10년 빈도의 홍수량에 침수되지 않도록 하여, 하천 홍수터 이용에 대한 요구 및 하천환경에 대한 관심 증대를 충분히 반영한다.

5) 하천의 경관, 친수활동, 생태계회복 등을 위해 수위유지시설이 설치되었거나, 설치계획이 있는 경우에는 관리수위를 반영하여 고수부지 높이를 결정한다.

6) 하상변동억제가 필요한 경우에는 하상안정화 시설, 준설, 수제, 하상재료의 포설(grain feeding) 등의 공법적용을 검토하고, 하도상황에 적합한 방법을 채택한다.

7) 기존 고수부지에 샛강, 웅덩이, 하도습지 등이 조성되어 있을 경우 이를 최대한 보존한다.

8) 운반 장비는 덤프트럭, 벨트식 컨베이어 등 현장 여건을 고려하여 선정하고, 지정된 임시 야적장 또는 적치장(사토장)으로 운반하도록 설계한다.

9) 장비의 효율과 최적의 운반경로를 검토, 계획하여 경제적인 준설이 되게 한다.

10) 준설장비의 기름유출과 오탁수 유입이 예상되는 지역은 수질오염 예방을 위해 오탁방지막 또는 토사를 이용한 둑을 설치한다.

11) 준설이 실시되는 고수부지 내 풀과 수목이 있어 제거가 필요한 경우에는 표토제거 및 벌개제근을 반영하고, 부산물은 관련법에 의한 폐기물처리를 설계에 반영한다.

12) 육상준설의 준설심이 깊어 하천 복류수가 유입될 경우에는 시공성 향상을 위하여 물푸기를 반영할 수 있다.

13) 육상준설은 집토후 상차 또는 직상차 등 현장 여건을 고려하여 경제적인 설계가 될 수 있게 한다.

14) 육상준설에 투입되는 장비는 경제성, 시공성 등으로 고려하여 결정한다.

15) 준설토가 외부 골재자원으로 활용 될 경우에는 상차까지만 반영하되, 발주청과 협의하여 변경할수 있다.

16) 준설토의 외부 반출시 에는 부대시설인 가도개설, 세륜시설 등을 설계에 반영한다.

17) 육상준설은 함수비가 낮은 준설토를 육상에서 직접 굴착하므로 공기가 단축되어 경제적이나 일반적으로 비우기시(10월 ~ 다음해 5월)에 작업이 집중되는 여건을 고려하여 공정계획을 수립한다.

18) 퇴적토 준설시 하천기본계획에서 제시된 계획하상고를 기준으로 하되 계획하상은 유심부로 경사지게 계획하여 제방 앞비탈 기슭 부위에 물고임 현상이 없게 한다.

19) 횡단면은 제방방어선과 하안방어선을 고려하여 작성하고 하안방어선이 필요한 구간은 침식방지대책을 수립한다.

20) 퇴적토 준설의 횡단형은 갈수기 수생태계를 보전을 위한 최소한의 수심확보를 위하여 저수부와 고수부를 구분하여 복단면으로 하되, 유량이 풍부한 지역의 횡단형은 단단면으로 할 수 있다.

21) 준설시 제방 안전성 확보를 위한 앞비탈 기슭으로부터 최소이격거리는 제방과 준설의 비탈경사면의 사면안정 검토시 최소안전율에 대한 원호와 준설사면의 포락 등을 종합적으로 고려하여 검토된 영향범위 이상으로 한다.

22) 준설구간에 연약지반이 분포할 경우 제방 및 준설의 비탈경사면의 슬라이딩 방지를 위한 검토를 실시하여 충분한 이격거리를 확보할 수 있도록 한다.

23) 준설로 인해 침투류가 발생 될 경우에는 침투발생 방지대책 또는 준설범위 조정 등의 방안을 수립한다.

24) 준설단면과 제방이 최소 이격거리의 확보가 곤란한 경우에는 제방 안전성 확보를 위한 대책을 수립한다.

마. 가물막이(가체절) 준설

1) 가물막이 준설은 준설 기준수위 이하 수심이 2m 미만 구간에 유심부측으로 가물막이를 설치하여 준설한다.



(그림 5.1-5) **< 가물막이 준설 >**

2) 가물막이 준설은 준설장비는 현장 여건과 (표 5.1-1) 참고하여 선정한다.

3) 가물막이의 축제고는 준설 기준수위에 여유고 60cm를 더하여 결정한다. 또한 둑마루 폭은 인력 및 장비운용에 필요한 작업 공간 등을 고려하여 결정하고, 비탈경사는 가물막이 재료에 따른 안전성을 검토하여 결정한다.

4) 가물막이 준설은 홍수기(6월 ~ 9월)외 기간에 주 공정계획을 수립하되 가물막이 유실시 보완방법은 발주청과 협의하고, 재료는 하상토를 기준하여 설계도서를 작성한다.

5) 가물막이 외측의 비탈면이 유수에 의해 침식이 예상될 경우에는 비탈면 보호공을 설치할 수 있다.

6) 가물막이 준설은 초기에 가둬진 유량 및 가물막이 침투유량을 검토하여 필요한 경우 배수를 위한 물푸기를 반영할 수 있다.

7) 가물막이 준설의 연장이 긴 경우에는 현장을 여건을 고려한 적정 연장의 블록 단위 준설계획을 수립하고, 중간의 가도개설을 설계에 반영한다.

8) 가물막이 준설은 수중의 퇴적토를 준설하므로 외부 반출전에 임시 야적하여 함수비를 낮추어 낙수로 인한 민원을 예방한다.

바. 수중준설

수중준설은 준설 기준수위 이하 수심이 2m 이상인 구간으로 준설장비는 현장 여건과 (표 5.1-1) 참고하여 선정한다.

1) 수중준설 설계

가) 준설토는 자연 상태의 체적(㎥)으로 표시하고, 준설단면의 횡단측량은 20m 간격으로 실시하여 토사, 골재, 오니토 등으로 구분하여 설계도서를 작성한다.



(그림 5.1-6) 〈 수중준설 〉

나) 하천기본계획 내 종단계획 사항을 기준으로 계획을 수립하되 하천의 안정하상 및 수리학적으로 유리한 계획이 될 수 있도록 완만한 종단경사가 되게 준설 계획고를 결정한다

다) 수중준설은 흡입식(펌프식), 기계식 등의 준설선을 이용하여 배송관과 토운선으로 투기장(임시야적장)으로 투기(집토)한 다음 적치장 및 사토장으로 운반하도록 계획한다.

라) 흡입식 공법은 준설토를 흡입한 후 배송관을 이용하여 투기장으로 직접 투기한다.

마) 기계식 공법(그래브, 버킷, 디퍼, 굴삭기 등)은 주로 토운선을 이용하여 임시 야적장으로 운반한다.

바) 준설된 하상고의 확인은 음향 측심기와 DGPS(Differential Global Positioning System)로 하되 간격은 발주처와 협의하여 결정한다.

사) 준설시 하상에 돌출된 기반암 파쇄는 선박운항과 홍수소통 등에 대한 영향을 검토하여 하천의 이용 및 관리에 지장을 초래할 경우에만 제거한다.

아) 수중 준설토는 외부 반출 전에 임시 야적하여 함수비를 낮추어 낙수로 인한 민원을 예방한다.

자) 오니토 준설기준은 「하천공사 표준시방서(KCS 51 60 23)(2023, 환경부)」의 오니토 항목별 기준인 T-N, T-P, COD, 강열감량, 황화물의 5개 항목 중 준설지역의 여건을 감안하여 설정하며, 표의 기준항목을 2~3개 이상 초과할 경우 오니토로 판정하여 준설계획을 수립한다.

차) 오니토 준설시에는 물속에 포함된 퇴적오니 비율을 고려하여 오탁 발생을 최소화 할 수 있도록 되도록 오니전용 준설선을 이용하고, 또한 하류의 생태 및 유수이용 등을 감안하여 오탁수 유출에 의한 피해를 최소화 할 수 있는 공법을 채택하며, 오탁방지막 설치 등 수질보호 대책 등을 설계에 반영한다.

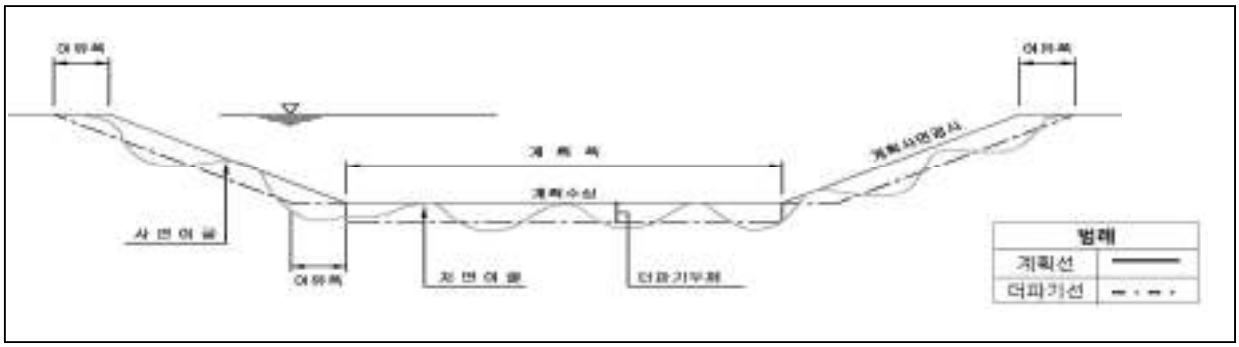
2) 준설량 산정

가) 더파기(여굴)

(1) 하천의 수중준설은 해양준설과 조건과 목적이 다를 수 있으므로 해양준설의 더파기 기준을 동일하게 적용하는데 무리가 있다. 따라서 하천준설 시 주운수심 유지를 포함한 준설은 안정성 측면에서 중요도가 더 크므로 더파기를 적용하고, 그 외 수중준설인 경우에는 더파기를 고려하지 않는다. 다만, 더파기를 고려하여야 하는 특별한 사유가 있는 경우 예외로 한다.

(2) 수중준설은 준설선을 투입하여 준설하기 때문에 파랑, 바람, 준설선의 기계 성능 등에 의해 계획하상고까지 굴착하더라도 굴착면에 기복이 생겨서 계획하상고를 유지하기 어렵기 때문에 그림과 같이 기복의 크기만큼 더 준설하여 계획하상고를 확보하여야 하며, 더 준설되는 깊이를 더파기 두께라 한다.

(3) 더파기는 토질별, 투입 준설선 종류별로 차이가 있으며, 더파기량은 준설토량에 가산한다



(그림 5.1-7) **〈 더파기 단면 〉**

〈 더파기 두께 기준 〉

(표 5.1-2)

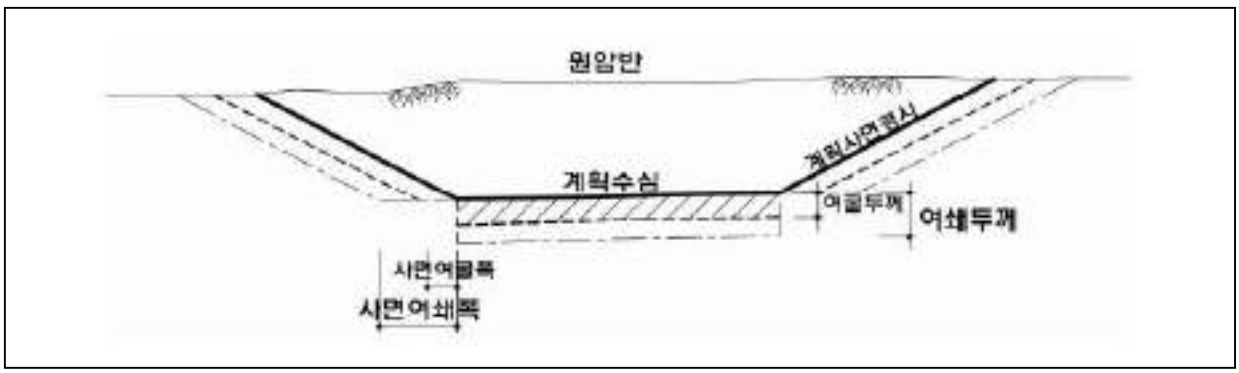
토 질	선 종	수심별 더파기 두께(m)		
		5.5m 미만	5.5 ~9.0m 미만	9.0m 이상
점토질 토사 및 사질 토사	펌프 준설선	0.6	0.7	1.0
	그래브 준설선	0.5		0.6
암 반	그래브 준설선	0.5		

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

나) 더깨기(여쇄)

(1) 수중준설에서 암반준설은 단단한 암석을 파쇄한 후 계획준설고까지 준설한 후 더파기 외에 여분으로 쇄암할 필요가 있으나, 선박운항과 홍수소통 등에 대한 영향을 검토하여 하천의 이용 및 관리에 지장을 초래할 경우에만 제거한다.

(2) 더깨기(암반) 기준은 아래 그림 및 표와 같으나 준설량은 더파기(여굴, 표 5.1-2 기준)량만 포함시킨다.



(그림 5.1-8) **〈 암반 더깨기 단면 〉**

‹ 암반 더깨기 기준 ›

(표 5.1-3)

구 분	여쇄 두께	사면여쇄 폭(한쪽)
암 반	0.8m(저면여굴 두께 0.5m 포함)	2.0m(사면여굴 폭 1.0m 포함)

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

다) 여유 폭

수중준설은 수중작업이기 때문에 작업원의 육안 확인으로 시공할 수가 없으므로 기상조건과 준설토의 특성상 예측되지 않는 사면붕괴 등 계획준설 폭을 확보하려면 어느 정도의 여유 폭을 준설토량에 가산하여 설계한다.

‹ 여유폭 기준 ›

(표 5.1-4)

토질	준설 방법	여유 폭(m)
보통토사	펌프 준설선	6.5
	그래브 준설선	4.0
암 반	그래브 준설선	2.0

주) 상기 표 값에서 한쪽 준설 폭 및 유지준설일 경우는 본 표 값의 1/2을 적용한다.
주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

라) 준설 경사면

(1) 준설경사면은 준설공사 후 사면안정이 유지될 수 있도록 토질조건, 준설방법 등에 따른 준설경사 기준으로 설계한다.

(2) 수중준설에 의한 준설경사면은 아래 표와 같이 적용하고, 준설구역 및 비탈경사면에 기존 구조물이 있을 경우에는 준설로 인한 영향을 검토하여 준설범위를 조정하거나 보강대책을 수립 한다.

‹ 준설경사면 기준 ›

(표 5.1-5)

구 분	토 질	비탈경사
일반준설	점토질 토사	1 : 5 ~ 1 : 1.5
	사질토사	1 : 3 ~ 1 : 1.5
특수준설	자 갈 / 암 반	1 : 1.5 ~ 1 : 1

주) 상위계획에서 제시된 경우는 해당 상위계획에 준한다.
주) 자료출처 : 항만 및 어항 설계기준해설(2017, 해양수산부)

마) 유보율 및 유실률

(1) 유실률이란 펌프준설선을 이용한 수중준설에서 배송관을 통해 투기장으로 이동된 준설토가 부유되어 투기장 외부로 일부가 유출되는 것을 유실이라 하며, 준설토량에 대한 유실토량의 백분율을 유실률이라 한다.

(2) 유보율이란 유실된 부유토사를 제외한 투기장에 쌓인 것을 유보량이라 하고, 준설토량에 대한 유보량의 백분율을 유보율이라 한다.

(3) 펌프준설선으로 송토하여 매립하는 경우의 유보율과 유실률은 아래표와 같다.

(4) 펌프준설의 실제 준설량은 유실되고 남은 유보량을 유보율로 나누어{유보량/(1-유실률)} 산정한다.

〈 토질별 유보율 〉

(표 5.1-6)

토질별	유보율(%)
점토 및 점토질 실트	70 이하
모래질 실트	70 ~ 95

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

〈 입경별 유실률 〉

(표 5.1-7)

입 경(mm)	유실률(%)	입 경(mm)	유실률(%)
1.2 이상	없 음	0.3 ~ 0.15	20 ~ 27
1.2 ~ 0.5	5 ~ 8	0.15 ~ 0.075	30 ~ 35
0.6 ~ 0.3	10 ~ 15	0.075 이하	30 ~ 100

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

(5) 하천 준설시 해안 매립지와 같이 유보율이 100%에 근접할 수 있도록 투기장 및 침사지(침전조) 설계 관련 최신기술을 반영한다.

(6) 유실률 확인을 위한 준설토량과 유보량(투기장에 남은량)은 시공시 측량자료를 이용하여 검토하고, 설계시와 유실률이 상이할 경우 정산하여야 하며, 유실률 확인을 위한 측량시기 및 비용은 발주청과 협의하여 결정한다.

‹ (참고) 토질입경분포에 의한 유실률 평가 ›

구 분	입경별 중량 백분율(%)						비고
	1.2 이상	1.2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.3	0.3 ~ 0.15	0.15 ~ 0.075	0.075 이하	
RB-1	28	14	18	23.3	15.0	1.7	
RB-2	56	18	15	6.0	3.5	1.5	
RB-3	95	2	0	0.9	1.2	0.9	
RB-4	81	2	2	2.6	2.0	10.4	
RB-6	70	3	6	5.5	1.4	14.1	
RB-7	45	13	11	8.7	4.4	17.9	
RB-8	67	13	9	4.9	2.2	3.9	
RB-9	66	18	6	2.2	0.3	7.5	
RB-10	54	16	13	3.7	2.7	10.6	
RB-11	74	7	5	3.5	1.0	9.5	
RB-12	84	3	2	1.7	1.0	8.3	
RB-13	54	9	12	14.6	5.9	4.5	
RB-14	37	22	14	6.4	7.2	13.4	
RB-15	73	5	4	3.9	1.4	12.7	
RB-16	68	6	6	2.8	3.3	13.9	
RB-17	51	13	0	15.3	5.3	15.4	
RB-18	27	20	18	12.7	6.2	16.1	
RB-19	76	4	4	1.2	1.8	13.0	
RB-20	54	11	11	4.6	5.2	14.2	
RB-21	66	14	10	4.4	3.0	2.6	
RB-22	27	5	15	25.8	9.1	18.1	
평균입경	59.7	10.4	8.6	7.4	4.0	10.0	
입경별 유실률 (%)	0.0	6.5	12.5	18.5	32.5	65.0	
유실률(%)	10.92						

※ 한강살리기 사업 한강3공구 설계적용 예

3) 준설선 선정

가) 준설장비의 선정 및 공법의 선택은 퇴적물의 양, 하도의 조건 및 오염퇴적물 준설시 하천에 미치는 영향 등을 고려하여 신중히 선정한다.

나) 준설선은 토질, 토량, 공사기간, 기상, 지리적 조건, 준설 깊이, 수심, 준설토 처리방법, 준설선단의 조합, 준설선 확보 가능 여부, 준설선 대피 및 계류방법, 투기장 설치 위치 등을 고려하여 경제적이고 능률적이며 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 형식을 선정한다.

〈 토질별 준설 선종 〉

(표 5.1-8)

토 질			적 용 선 종			
분 류	상 태	N치	펌프	그래브	디퍼(굴삭기)	쇄암
점토질토사	연니	4 미만	P	G	-	-
	연질	4~10 미만				
	보통질	10~20 미만				
	경질	20~30 미만				
	최경질	30~40 미만		(G)	D	쇄
	극경질	40~50 미만				
모래질토사	연질	10 미만	P	G	-	-
	보통질	10~20 미만				
	경질	20~30 미만				
	최경질	30~40 미만		(G)	D	쇄
	극경질	40~50 미만				
자갈섞인 점토질토사	연질	30 미만	-	(G)		
	경질	30 이상	-	(G)	D	쇄
자갈섞인 모래질토사	연질	30 미만	-	(G)		
	경질	30 이상	-	D	D	쇄
암 반	연질	40~50 미만	-	(G)	D	쇄
	약간연질	50~60 미만				
	보통질	-				
	경질	-				
	최경질	-				
자 갈	느슨한것	-	-	G	-	-
	다져진것	-			D	

주) 1. P : 펌프 준설선, G : 그래브 준설선. D : 디퍼 준설선, 쇄 : 쇄암선
2. (G) : 쇄암 또는 발파후의 준설적용선종

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

4) 준설선의 종류

수중준설의 준설선 종류로는 그래브 준설선(Grab dredger), 버킷 준설선(Bucket dredger), 펌프 준설선(Cutter suction dredger 및 Trailing suction hopper dredger), 디퍼 준설선(Dipper dredger), 굴삭기 준설선(Backhoe dredger) 등이 있다.

가) 그래브 준설선(Grab dredger)

그래브 준설선은 그래브 버킷(grab bucket)의 용량으로 규격을 표시하며, 그래브 버킷 종류는 경량 버킷(light bucket), 중량 버킷(heavy duty bucket), 초중량 버킷(ultra heave bucket)으로 구분하고 있다. 경량 버킷은 이토, 점토, 모래층의 준설에 적합하고, 중량 버킷은 다져진 모래, 단단한 점토층의 준설에 적합하며, 초중량 버킷은 다져진 모래, 단단한 점토, 부식암층의 준설에 적합하고, 때로는 사력층, 전석층, 결(절리)이 많은 연암층의 준설용으로 사용하고 있다. 그래브 준설선은 장소가 협소하거나 소규모 준설, 심도가 깊은 곳 등에 일반적으로 투입되고 있으며, 기초굴착용으로도 많이 투입된다. 그래브 준설선으로 준설할 때 운반은 거의가 토운선에 적재하여 예인선으로 투기장까지 운반하여 투기한다.

나) 버킷 준설선(Bucket dredger)

버킷 라인에 여러 개의 버킷을 연결 부착하여 버킷 라인을 준설계획위치 하상에 내려놓고 회전시키면서 준설토사를 연속적으로 준설하는 준설장비이다. 버킷 준설선은 준설능력이 비교적 크기 때문에 대규모이고 광범위한 준설에 적합하며, 그래브 준설선에 비하여 준설면의 평탄성이 좋게 시공된다.

다) 펌프 준설선(Pump dredger)

펌프 준설선에는 준설선 자체에 추진 장치가 있는 자항(自航) 펌프 준설선(trailing suction hopper dredger)과 추진 장치가 없는 비항(非航) 펌프 준설선(cutter suction dredger)이 있다.

(1) 자항 펌프 준설선(Trailing suction hopper dredger)

자항 펌프 준설선은 드래그해드(draghead, trailing head, suction head)를 준설위치에 내려 서서히 항행하면서 준설하는 트레일링 형(trailing type)과 앵커를 고정시키고 앵커 로프(anchor rope)를 조정하면서 준설하는 무어드 형(moored type)이 있으나, 특수한 조건 이외의 경우는 준설선의 특성상 거의가 트레일링 형이 투입되고 있다.

자항 펌프 준설선은 호퍼용량으로 규격을 표시하며, 소형은 750㎥급이 있고, 최근 준설선이 대형화 되고 있어 대형으로는 12,000㎥급, 20,000㎥급이 있고, 초대형은 33,000㎥급이 있다. 33,000㎥급은 준설심도 80m도 가능하다.

(2) 비항 펌프 준설선(Cutter suction dredger)

비항 펌프 준설선은 일반적으로 선단부에 커터(cutter)가 장착된 래더(ladder)를 계획 준설 위치에 내린 후, 커터모터로 커터를 회전시켜 준설토사를 물과 함께 펌프로 흡입하여 송토관(送

土管: discharge pipe line)을 통하여 투기장에 투기하는 방식의 준설선이다. 비항 펌프 준설선의 규격은 저 준설 및 모래 채취용으로 300HP급의 소형이 있고, 보통은 10,000HP급이 많이 활용되고 있으며, 최근 대형화하여 20,000HP까지 다양하게 투입되고 있다. 커터의 모양은 개방형(opentype)과 폐쇄형(closed type)이 있다. 비항 펌프 준설선은 준설량이 대량이고 광범위한 장소에 적합하며, 특히 매립을 겸한 준설일 때 많이 활용되고 있으며, 투기장 거리가 먼 경우에는 중계 펌프(booster pump station)를 설치하여 연계하여 사용하는 경우도 있다.



(그림 5.1-9) **〈 펌프준설선의 주요 명칭 〉**

라) 디퍼 준설선(Dipper dredger)

단단한 토질이나 암반을 파쇄한 후 준설을 하기 위하여 선단부에 디퍼 버킷(dipper bucket)을 장착한 붐을 준설 위치에 내려 바깥으로 밀어 퍼올리는 방식으로 전진하면서 준설하는 장비이다. 준설 시 강력한 힘을 요하므로 선체를 세 개의 스퍼드로 고정시킨다. 디퍼 준설선의 규격은 2.3㎥급(350HP), 4.0㎥급(1,000HP) 등으로 표시되고, 디퍼 준설선은 단단한 토질의 준설이나 쇄암선에 의한 파쇄암 또는 발파암을 토운선에 적재하여 예인선으로 투기장까지 운반하여 투기한다.

마) 굴삭기 준설선(Backhoe dredger)

디퍼 준설선과 유사하여 동 종류로 분류되며, 굴삭기버킷의 장착방향이 디퍼준설선과 반대로 작동하여 안쪽으로 끌어당기며 퍼 올리는 방식으로 준설한다. 따라서 준설구역을 후진하면서 이동하게 된다. 굴삭기준설은 준설바닥과 비탈면의 마무리공사에 정밀도가 높고 수심이 얕은 준설에 효율적이고 경제성이 있으나, 수심이 10.0m 이상 깊어지면 준설은 어렵다. 굴삭기 준설선은 버킷의 용량으로 규격을 표시하며, 0.7㎥급에서 5.0㎥급까지 다양하다.

바) 그 외의 준설선

(1) 버킷 휠 준설선(Bucket wheel dredger)

버킷 휠 준설선(bucket wheel dredger) 선단부에 버킷 휠을 장착한 래더로 휠을 준설위치에 내린후, 회전시키면서 준설토사를 준설하고 이를 연결된 흡입관과 래더펌프(ladder pump)에 의하여 메인 펌프(dredger pump)에서 흡입하여 송토관으로 사토장에 배송하는 준설선으로 펌프 준설선의 커터 대신 버킷 휠을 장착한 형태이며, 준설시를 위한 선체 고정용 스퍼드(spud) 2개가 있다.

(2) 오니준설선

해저 오니를 준설하기 위하여 고함니율로 오탁발생을 최소화 할 수 있도록 개발된 각종 오니 전용 준설선이 있다. 이들은 대부분 별도의 굴착력을 필요로 하지 않으므로 펌프준설선의 커터대신 오탁확산을 막는 장치, 오니를 크게 교란시키지 않고 석션헤드로 흡입할 수 있게 하는 장치들이 장착되어 준설대상지역의 여건에 따라 적절히 선택하여 사용할 수 있다. 준설된 오니는 고화방법으로 벽돌(오니케이크)모양의 고체형상으로 하여 필요한 현장에 재활용하는 기술이 개발되고 있다.

사) 선종별 준설심도

준설선의 선종별 준설심도는 다음과 같다.

〈 선종별 준설심도 〉

(표 5.1-9)

선 종	규 격	최소준설심도(m)	최대준설심도(m)
1) 그래브 준설선	그래브 용량		
소 형	3㎥ 이하	1	제한 없음
중 형	3 ~ 6㎥	1.5	제한 없음
대 형	6㎥ 이상	2	제한 없음
2) 버킷 준설선	버킷 용량		
소 형	0.3㎥ 이하	5	12
중 형	0.3㎥ ~ 0.6㎥	7.5	19
대 형	0.6㎥ 이상	10	40
3) 펌프 준설선(자항선)	호퍼용량		
소 형	1,500㎥ 이하	5	15
중 형	1,500 ~ 4,000㎥	7	20
대 형	4,000㎥ 이상	9	35/80
4) 펌프 준설선(비항선)	송토관 직경		
소 형	400㎜ 이하	1	9
중 형	400 ~ 800㎜	1.5	17
대 형	800㎜ 이상	2	30
5) 디퍼 또는 굴삭기 준설선	버킷 용량		
소 형	2㎥ 이하	2	8
중 형	2 ~ 5㎥	2.5	11
대 형	5㎥ 이상	3	25

주) 자료출처 : 항만건설공사 설계실무요령 (2020, 해양수산부)

< 준설선의 종류 >

(표 5.1-10)

구 분	그래브 준설선	버킷 준설선
사 진		
공 법	바지(barge) 위에 크레인의 운전장비를 탑재하여 그래이브 버킷을 매달아 조립한 장비로 물속의 단단한 토양이나 돌덩이 등을 파 올려 토운선에 담는다.	버킷 래더준설선은 30~70개의 연속된 버킷으로 굴착하는 것으로 대형준설에 속하며 경토질이나 풍화암층 정도의 단단한 토층까지 작업이 가능하고 작업이 연속되기 때문에 그래브선이나 디퍼 준설선보다 효율적이다. 특히 모래나 자갈 채굴에 유용하다.
장 점	•협소한 구역 준설에 적합하다. •소규모 준설공사에 적합하다. •기계장치가 비교적 간단하며 건조비가 적다. •준설가능심도를 비교적 쉽게 증가시킬 수 있다. •크레인, 항타, 쇄압 작업을 겸용 할 수 있다. •굴착반력은 버킷이 받음으로 선체에는 영향을 미치지 않는다.	•준설능력이 크며, 대규모 공사에 적합하다. •준설단가가 비교적 싸다. •준설 굴착 후 요철이 비교적 평탄하다. •풍랑, 조류 등에 대하여 내력이 강하다. •비교적 광범위한 구역 준설에 알맞고 선형에따라 경토질 준설이 가능하다.
단 점	•마력 당 준설능력이 적다. •아주 굳은 경토질에 부적당하다. •준설단가가 타선에 비해 비교적 비싸다. •작업 중 요철부가 생기므로 계획수심을 비교적 고르게 준설이 곤란하다. •전진거리가 앵커의 각에 의해 결정됨으로 불확실하다.	•작업할 때 앵커와이어의 길이가 너무 길어 넓은 수면을 요하며 선박 항행에 지장이 생길 수 있다. •앵커가 무겁고 이동시간이 많이 걸린다. •작동과 닻 내림(Anchoring), 이동에 시간이 걸리므로 소량준설은 부적합하다.
작 업 요 소	•준 설 능 력 : 작 다 •준 설 단 가 : 비교적 고가 •토 운 선 : 필 요 •준설 후 굴곡 : 크 다 •최대 토질조건: 자갈섞인 토사 •작업점유수면 : 작 다 •건 조 비 : 보 통 •적 용 성 : 협소한 장소의 연질토사에 적합	•준 설 능 력 : 보 통 •준 설 단 가 : 비교적 저가 •토 운 선 : 필 요 •준설 후 굴곡 : 보 통 •최대 토질조건: 보통암반 •작업점유수면 : 크 다 •건 조 비 : 보 통 •적 용 성 : 사토거리가 먼곳에 유리

(표 5.1-10) 계 속

구 분	펌프 준설선	디퍼 준설선
사 진		
공 법	펌프에 의해서 하천의 토사를 흡입하고 이것을 관으로 수송하는 준설선이고, 연니에서 경질토까지 각종 토질에 적용 가능하다. 준설토를 이용한 매립지의 조성 등에는 가장 일반적으로 이용되고 있다.	바지위에 파워 셔블장치를 탑재한 작업선으로 용량이 1~8㎥인 디퍼(주걱)를 장착하여 토사를 굴착하는 비자항식 준설선으로 굴착력이 크다. 최근 대형 굴삭기를 디퍼선에 제작하여 10~20m 까지 준설이 가능해졌다.
장 점	•배송관으로 직송할 수 있어 준설과 매립을 동시에 할수 있다. •공정이 연속적이며 준설능력이 크다. •준설단가가 타선형보다 저렴하다. •건조비가 비교적 적게 든다.	•굴착력이 강하여 경토질 준설에 적합하다. •스퍼드로 작업하므로 닻 내림(Anchoring)하는데 소요되는 부속선이 필요 없으며 작업점유 면적이 적어 선박의 입출항에 장애가 적다. •기계고장이 비교적 적다.
단 점	•암반이나 경질토에 부적당하다. (장비의 대형화로 일부 가능하다.)	•굴착력이 강해 선체의 건조비가 그래브선에 비해 많이 든다. •준설단가가 비싸다. •운전조종사의 숙련을 필요로 한다.
작업 요소	•준 설 능 력 : 크 다 •준 설 단 가 : 저 가 •토 운 선 : 불 필 요 •준설 후 굴곡 : 크 다 •최대 토질조건: 모래질 토사 •작업점유수면 : 작 다 •건 조 비 : 보 통 •적 용 성 : 연질, 사질토사에 적합	•준 설 능 력 : 작 다 •준 설 단 가 : 고 가 •토 운 선 : 필 요 •준설 후 굴곡 : 크 다 •최대 토질조건: 보통암반 •작업점유수면 : 작 다 •건 조 비 : 보 통 •적 용 성 : 협소한 장소의 연질토사에 적합

5) 배송관

가) 수상관

(1) 파이프 라인은 준설선의 전진작업이 쉽도록 설치한다.

(2) 수상관은 통상 'S형' 또는 'U형' 으로 설치하며 고정앵커는 수상관, 육상관 연결부에 하여 본선이 전진하여도 육상 파이프가 끌리지 않도록 한다.

(3) 파이프 1개에 고무슬리브 1개, 부함 1조씩 조립한다.

(4) 수상관 앵커의 설치간격은 510㎜ 파이프용에는 50m 내외 710㎜ 이상에는 50~100m 간격으로 설치하나 급류가 흐르는 곳은 더 촘촘히 앵커를 설치한다.

(5) 부동관과 고정관의 경사가 심한 곳은 구조물에 의한 배송관 시설을 한다.(잔교 등)

나) 육상관

(1) 직선이고 수평이 좋으며 낙차와 커브로 인한 엘보 수를 적게 하여 최단 거리로 한다.

(2) 커브나 엘보관은 준설토사의 배송속도를 줄이는 원인이 되므로 되도록 적게 한다.

(3) 'Y형' 관은 토출하려는 투기장(pond)의 위치나 지역의 변경이 예상되는 지역에 적용한다.

(4) 육상관이 새로 추가 증설될 때 준설작업을 중지하지 않고 'Y형' 관을 사용하여 한쪽은 준설작업관으로 사용하고 또 다른 쪽은 관을 연결하여 교대로 사용한다.

(5) 510㎜ 파이프에 있어 관내압력 $5kg_f/cm^2$ 일시 수압에 지탱하는 필요한 관두께는 약 1㎜ 이다.

(6) 관을 연결하였을 때 관의 아래 부분이 토사가 제일 많이 접촉하는 관계로 하단부가 먼저 마모된다. 그러므로 일정기간 사용한 후 상하를 회전시켜 관의 국부적 마모를 피하게 시방서를 작성한다.

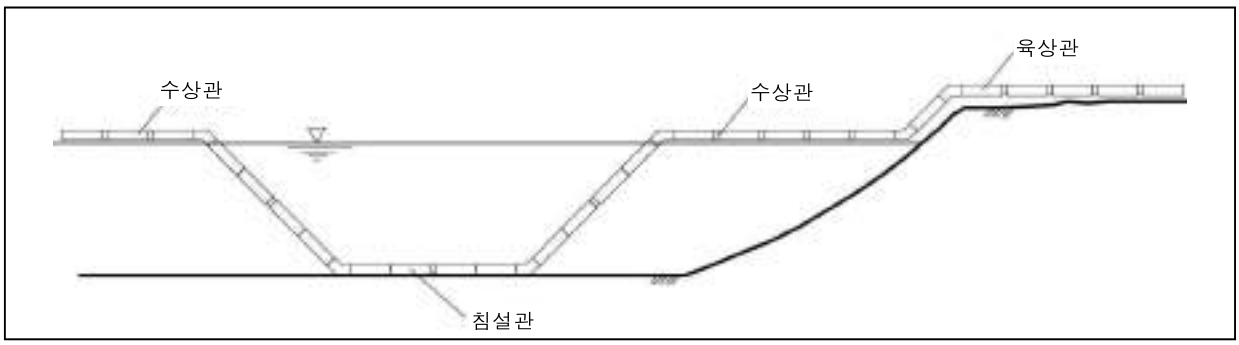
다) 침설관

(1) 수상 교통량이 많은 곳, 투기장까지 거리가 멀어 수상관 부함이 부족할 시 설치한다.

(2) 파이프 2개에 고무슬리브 1개씩 연결한다.

(3) 침설관을 고르게 놓기 위해서 침설관이 하상에 닿게 정지작업을 한다.

(4) 침설관을 설치할 때에 처음 시작점과 목표물까지 정확한 거리를 도면에서 측정한다.



(그림 5.1-10) **〈 배송관의 구분 〉**

6) 기타 장비

가) 토운선

강재 선박으로서 자항식과 비자항식으로 구분되나, 보통은 예선(끌배)이 끌게 되어 있다

나) 양묘선(앵커바지선)

중량물 운반, 앵커 닻 설치, 배송관 이동 등을 수행하는 선박

다) 예선(끌배)

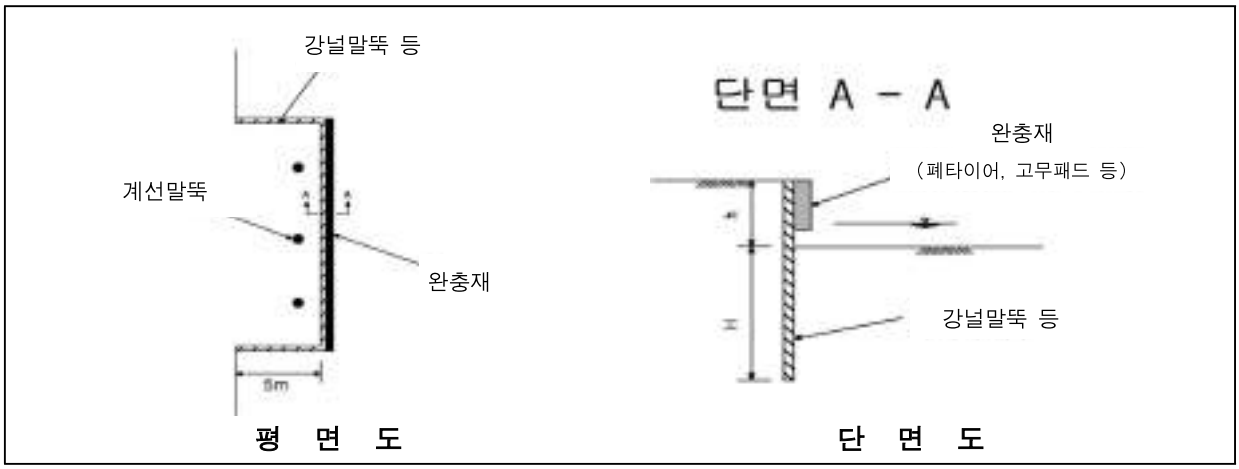
준설선과 준설선 외의 부속선을 끌고 가는 선박

라) 임시 접안시설

(1) 닻 놓기에 양호한 토질과 홀수를 고려한 수심을 가지고 접근성이 양호한 곳을 대상지로 선정한다.

(2) 임시 시설물이므로 해체 시 재사용이 가능한 재료로 접안시설을 제작한다.

(3) 준설선단을 계획한 후 접안 시설의 크기를 계산한다.



(그림 5.1-11) **< 임시접안시설 예시도 >**



(그림 5.1-12) **< 접안시설 전경 >**

7) 준설토 투기 및 침전

가) 투기장

(1) 투기장은 준설 후 함수비가 높은 토사를 함수비를 낮추어 적치장, 사토장으로 운반하기 전 임시적인 장소이다.

(2) 일반적으로 고수부지가 넓은 경우에는 제외지에 설치하되 홍수시를 대비한 계획을 설계에 반영하고, 제내지에 설치할 경우에는 투기에 의한 외부 피해방지 대책을 수립하여 설치한다.

(3) 투기장의 위치 및 설치 규모, 간격은 펌프준설선의 작업범위를 고려하여 선정한다.

(4) 투기장은 준설토 함수율을 낮추기 위한 배수시간을 고려하여 2개소 이상을 설치하고, 투기장과 적치(사토)장으로 운반이 원활이 이루어지도록 한다.

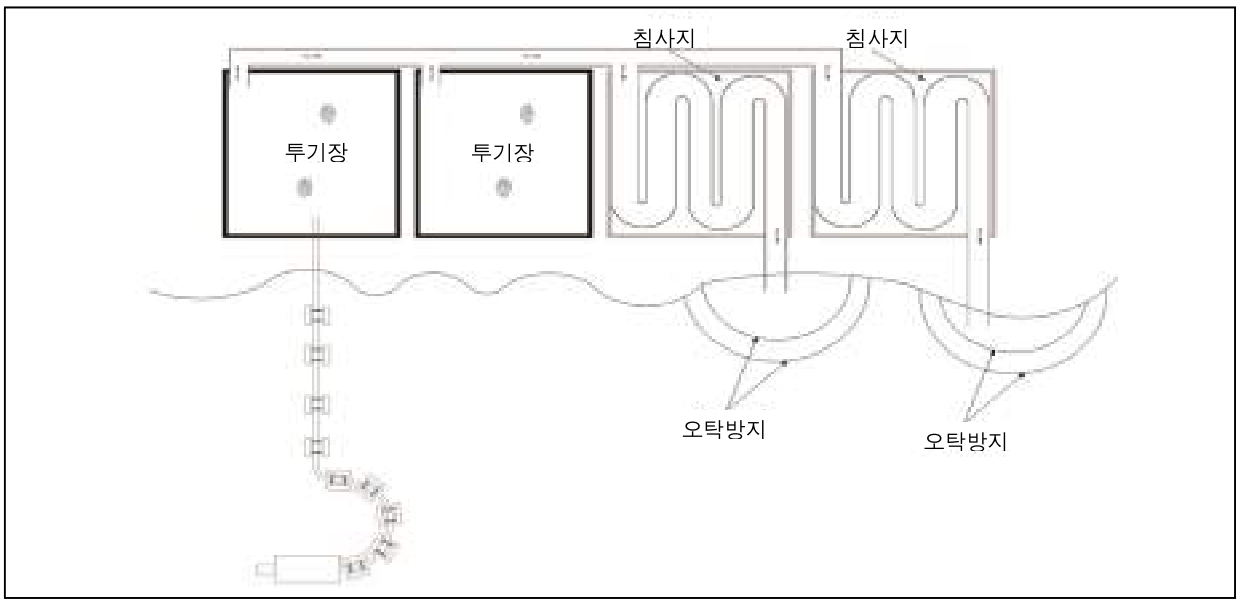
(5) 투기장 후보지의 여건을 고려하여 필요시 표토제거 및 벌개제근을 할 수 있다.

(6) 유출구는 현장 여건에 따라 1곳 이상을 설치할 수 있다.

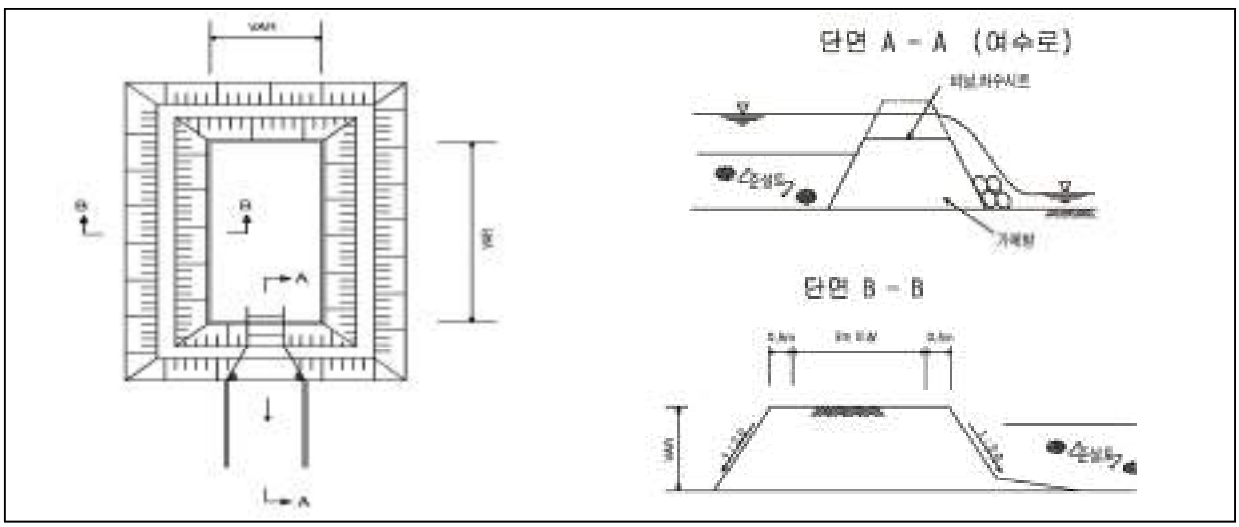
(7) 투기장의 크기는 준설량 투기시 체적변화비가 1 이상이고, 투기장의 위치가 하천주변이므로 침하를 예상하여 충분한 크기로 계획한다.

(8) 유출구, 유입부의 유속변화로 인하여 유출수의 탁도가 높아지지 않도록 하고, 유출수의 낙차로 인해 유출구 바닥이 세굴 되지 않도록 한다.

(9) 여수로의 유실을 방지하기 위해 비닐 및 차수시트 등을 포설하여야 한다.



(그림 5.1-13) **〈 펌프준설의 준설토 투기장 모식도 〉**



(그림 5.1-14) **〈 투기장 예시도 〉**

나) 이동식 투기장

투기장 확보가 곤란한 경우 이동식 투기장을 설치하여 준설토의 함수비를 낮출 수 있다.

〈 이동식 투기장 〉

(표 5.1-11)

사 진	
공 법	물과 준설토를 분리하는 장치로 투기장 조성이 어려운 현장에 적용.
장 점	•준설토 분리 및 탈수를 통해 바로 운반이 가능하여 공기가 단축된다. •협소한 공간에서도 시공이 가능하며, 골재의 재활용이 가능하다.
단 점	•미세한 준설토의 분리에는 효율이 떨어진다.

다) 침사지

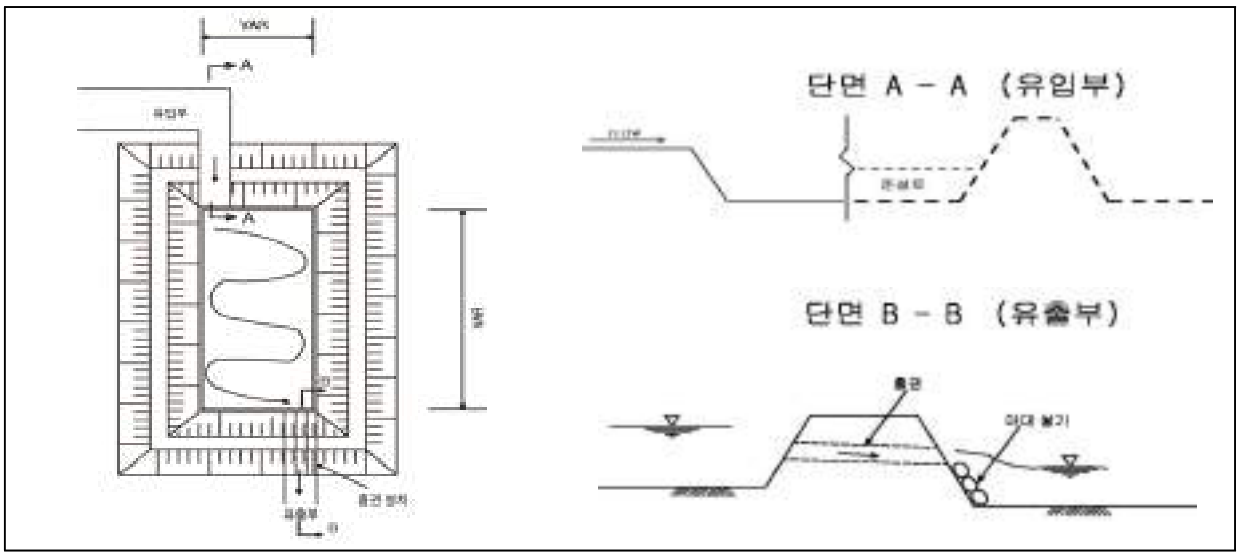
(1) 투기장에서 침전되지 않은 작은 입자가 이동하여 하천에 재 유입되지 않도록 침전작용을 유도하는 축조물이다.

(2) 일반적으로 고수부지가 넓은 경우에는 제외지에 설치하고, 제내지에 설치할 경우에는 투기에 의한 외부 피해방지 대책을 수립하여 설치한다.

(3) 부유물질이 침강할 수 있는 충분한 시간을 주기 위하여 침사지내 유로를 최대한 길게 계획하고, 현장 여건이 가능하면 2개소 이상 설치하여 작업 효율을 극대화 한다.

(4) 침사지 규모는 퇴적토의 토질시험시 침전이 필요한 토질의 구성율과 침전시간, 침전토 반출시간 등을 고려하여 결정한다.

(5) 침사지의 바닥경사는 유입구 방향이 낮게 경사 1/100 ~ 1/50로 한다.



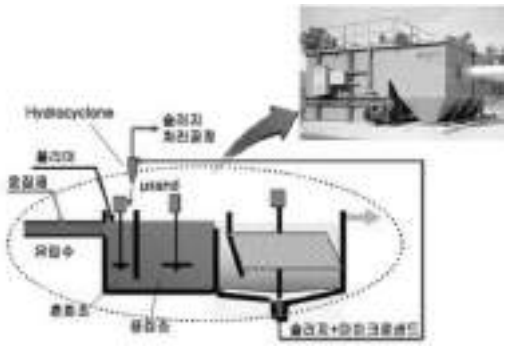
(그림 5.1-15) **〈 침사지 예시도 〉**

라) 이동식 침전조

침사지 확보가 곤란한 경우 이동식 침전조를 설치하여 인위적으로 부유물을 침강시켜 하천에 재유입 되지 않도록 한다.

〈 이동식 침전조 〉

(표 5.1-12)

구 분	Go-Filter 공법	Actiflo 공법
사 진		
처리효율	• SS 기준 90% 이상	• SS 기준 85% 이상
장 점	• 대용량의 오탁수 처리 가능 : 처리 용량 150ton/hr ~ 450ton/hr • 조립식 침전조 및 응집제 주입-교반 컨테이너 사용을 통해 현장 이동 및 적용성이 높음 (현장 굴삭기 장비로 이동가능) • 친환경 무독성 응집제 사용을 통해 처리수 내 응집제 잔류 독성 없음 • 발생 슬러지의 별도 폐기물 처리 필요 없음 • sludge contact 응집을 통한 높은 처리 효율 확보	• 슬러지 재반송 및 경사판 침전지 적용을 통해 안정된 처리 효율 확보 • 대용량의 오탁수 처리 가능
단 점	• 높은 처리 효율 확보를 위해 적정 응집제 주입량 조절이 필요함 • 처리 시설 부지 필요	• 대규모 시설로써, 시설의 이동 및 시공이 어려움 • 별도의 Micro sand 회수 시설의 설치가 필요함 • 화학적 응집제 사용하여 처리수 내 응집제 잔류 독성 우려 • 발생 슬러지 폐기물 처리 필요 • 높은 처리 효율 확보를 위해 적정 응집제 주입량 조절이 필요함

마) 응집제의 종류 및 특성

(1) 응집 침전 처리 공법 적용시 사용되는 응집제의 종류별로 잔류 독성 유무에 대해서 확인한다.

(2) 부유 토사 처리시 다량으로 발생하는 침전된 슬러지를 처리하기 위해 응집제의 기본적인 성상과 위해도에 대해 사전에 확인한다.

(3) 사전에 Jar test(응집제 적정 투여량 산정을 위한 테스트)를 통해 해당 현장에 적정한 응집제와 그 주입량을 결정하여 잔류 응집제가 하천으로 유입되지 않도록 해야 한다.

(4) 응집제에 대한 기준량은 업체별 제시량을 적용하여 설계하되 시공시 Jar test를 수행한 결과에 따라 정산할 수 있게 한다.

< 응집제의 종류 및 특성 >

(표 5.1-13)

응집제 종류		화학 성분	잔류 독성도 (방류수 안전도)	슬러지 처분
금속 계열 응집제	Alum	Aluminum Sulfate	높음	폐기물 처리
	PAC	Polyaluminum Chloride	낮음	폐기물 처리
	철염	Ferric chloride	높음	폐기물 처리
폴리머 계열 응집제	음이온 PAM	Anionic Polyacrylamide	높음	폐기물 처리
	양이온 PAM	Cationic Polyacrylamide	매우 높음	폐기물 처리
	키토산	Chitosan Acetate	낮음	일반 매립 처분 퇴비화

※ 응집제 사용 사례(현장 탁도 실험은 10,000NTU 까지만 수행함)

낙동강 하구(1, 3공구) 및 서낙동강 수계(41, 42공구) 지역은 유입탁도가 1,000 ~ 30,000NTU로 환경영향평가에서 권고하고 있는 방류수 기준인 50NTU를 크게 상회하여 응집제를 이용한 침전후 탈수와 고결과정을 거쳐 인근 매립지의 성토용으로 준설토를 활용하였다.

현장 유입탁도는 30,000NTU까지 발생하였으나 현장실험은 1,000NTU~10,000NTU에 대해서만 실험하였고, 방류탁도 50NTU이하로 낮추기 위한 유입탁도별 응집제 주입량은 아래표와 같다.

수계	공구	유입탁도 (NTU)	응 집 제			
			황산알루미늄 (17%)		폴리염화 알루미늄 (10%)	
			주입량(㎎/L)	방류탁도(NTU)	주입량(㎎/L)	방류탁도(NTU)
낙동강	1	1,000	8.1	35.7	12.0	27.4
		5,000	30.3	29.9	32.0	24.9
		10,000	121.2	27.2	160	33.4
	3	1,000	60	43.5	70	36.1
		5,000	180	38.2	200	47.2
		10,000	280	35.7	400	23.2
서낙동강	41	1,000	8.1	35.7	12.0	27.4
		5,000	30.3	29.9	32.0	24.9
		10,000	121.2	27.2	160.0	33.4
	42	1,000	8.1	33.9	8.0	17.5
		5,000	24.2	46.7	24.0	36.5
		10,000	162.0	37.4	200.0	42.3

5.1.5 준설토 처리 및 정산

가. 준설토의 골재 조사

1) 준설이 시행될 예정지역은 필요시 토질실험에 의한 골재자원조사를 검토할 수 있다.

2) 골재자원은 잔골재와 굵은골재로 구분되며 골재 분류기준은 '도로공사 표준시방서(KDS 44 00 00),(2023, 국토교통부)' 와 '골재 표준시방서(KCS 44 55 15),(2023, 국토교통부)' 를 참고하여 판정한다.

- 잔골재

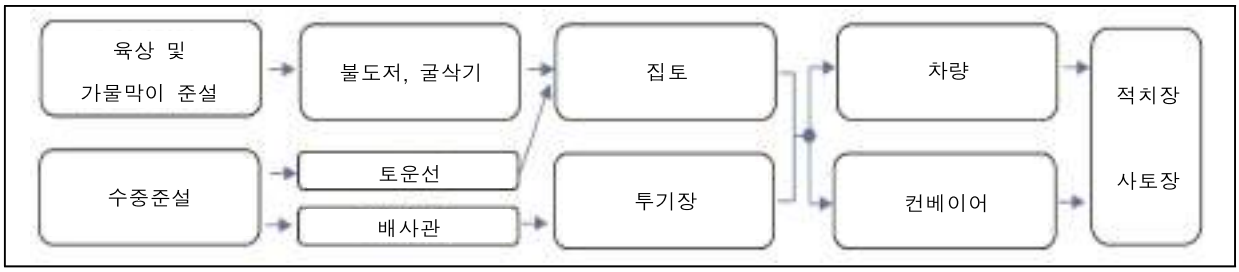
  콘크리트용 잔골재란 5㎜체를 다 통과하고, 0.08㎜체에 다 남는 골재 또는 10㎜체를 전부 통과하고 5㎜체를 거의 다 통과하며, 0.08㎜체에 거의 다 남는 골재를 말한다.

- 굵은골재

  콘크리트용 굵은골재란 5㎜체에 다 남거나 또는 거의 다 남는 골재를 말한다

나. 준설토의 처리

1) 준설토 처리 공정은 다음과 같다



(그림 5.1-16) **〈 준설토 처리 공정 〉**

2) 준설토는 해당 공사 및 공공사업에 우선 사용한다.

3) 준설토는 골재와 비골재로 구분하여 활용방안을 마련할 수 있다.

4) 골재자원으로 이용이 가능한 준설토의 매각은 국가하천은 '물품관리법' , 지방하천은 '공유재산 및 물품관리법(공유재산법)' 을 준수하여 처리하되, 매각조건은 발주청과 협의하여 적용한다.

5) 준설토는 준설, 상차, 운반, 적치 등 일련의 과정이 철저하게 관리가 될 수 있게 설계한다.

6) 준설토는 함수비를 낮추어 외부로 반출하되, 준설토량(㎥), 적치토량(㎥), 건조단위중량(ton/㎥), 습윤단위중량(ton/㎥), 토량환산계수(f), 반출된 준설토 총중량(ton) 등의 자료를 이용하여 공사 관계자간 협의하여 합리적인 정산이 될 수 있게 한다.

7) 준설토 반출을 위해 투입되는 운반 장비는 위치 추적이 가능한 장비를 장착 할 수 있으며, 장비를 장착할 경우에는 비용을 공사비에 계상한다.

8) 적치장의 적치량 및 준설단면 등의 확인 측량비는 공사비에 계상한다.

9) 준설토는 공공사업에 우선 유용하고, 사토량 중 일부를 사유지 성토에 사용하는 경우 사전에 해당 지자체 및 관계인과 협의하여 민원을 방지할 수 있게 한다.

10) 준설토 처리를 위한 사토장은 관련 지자체, 토석정보공유시스템(https://www.tocycle.com) 등을

확인하여 확보하고, 확보가 어려울 경우에는 발주청과 협의하여 적정한 운반거리(현장 내 운반, 도로 운반, 사토장 내 운반 포함)를 적용하되 공사시 정산할 수 있게 한다.

5.1.6 수생태 환경 관리

가. 수질오염 방지

1) 준설공사로 인하여 하천의 환경기능에 지장이 없도록 계획한다.

2) 준설작업 시 발생되는 2차 오염 확산방지를 위하여 수질관리는 철저하게 시행되어야 한다. 수질관리는 준설구역과 취수장 등과 같은 시설을 고려하여 계획하고, 준설 전·후의 수질을 비교·분석하도록 계획한다.

3) 수중준설의 경우에는 수질 모니터링 계획을 수립하여 반영한다.

4) 저니질 관리기준

가) 기 준설지역과 미 준설지역을 선정하여 준설 기간중 연속적으로 저니질의 함량을 비교분석하며, '오니토의 항목별 기준'으로 판정한다.

나) 오니토 준설기준은 오니토 항목별 기준(하천공사 표준시방서KCS 51 60 23 (2023, 환경부)의 T-N, T-P, COD, 강열감량, 황화물의 5개 항목 중 준설지역의 여건을 감안하여 설정하며, 표의 기준 항목을 2~3개 이상 초과할 경우 오니토로 판정하여 준설계획을 수립한다.

5) 2차 오염방지대책

준설공사 중 오탁확산 방지를 위하여 아래 사항에 대한 대책을 수립하여 반영한다.

가) 오탁방지막 형식 및 설치방법

나) 투기장 및 침전조의 설치규모 및 여수토 처리공법

다) 응집, 고결제의 종류와 사용법

라) 준설공법 및 시공속도의 결정

마) 환경영향평가 및 폐기물처리 관리법에 따른 오니토 처리

6) 퇴적토 준설공사로 인한 환경피해 등의 예방은 환경영향평가 협의 결과에 따른다.

나. 취수원등 보호

준설공사 지역내에 취수원, 상수원보호구역 등이 포함되어 있어 준설 공사 중에 수량 확보 및 수질을 특별히 관리하여야 하는 경우, 이에 대한 대책을 수립하여 물 관리 및 사용에 지장이 없도록 함은 물론 민원이 발생되지 않도록 해당지역에 대한 관련자료를 충분히 참고하여 필요한 대책을 수립한다.

다. 오염 퇴적물(오니토) 처리

오염 퇴적물(오니토)은 다음과 같이 처리한다.

1) 오염퇴적물(오니토)은 토양환경보전법상 외부 반출에 해당하는 오염토를 제외 하고는 우선적으로 재활용(건축·토목공사의 성토재, 농지·저지대·연약지반 복토재 등)가능 여부를 검토하여 최대한 재활용 하도록 한다.

2) 재활용이 곤란한 경우 토양환경보전법 및 폐기처리물관리법에 따라 처리하는 것으로 계획한다.

5.2 수량 산출 요령

5.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1	하천하상정리공				
1.1	육상준설공				
1.1.1	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
1.1.2	벌개제근	흉고직경(10㎝~50㎝)	㎡		
1.1.3	벌목		㎡		
1.1.4	육상 준설		㎥		
1.1.5	준설토 적재		㎥		
1.1.6	준설토 운반		㎥		
1.2	가물막이 준설				
1.2.1	가물막이 준설		㎥		
1.2.2	가물막이		㎥		
1.2.3	물푸기		hr		
1.3	수중준설				
1.3.1	펌프 준설				
1)	펌프 준설	895kW, 배송관 1,000m N=10 이하(모래질토사),	㎥		
2)	준설토 정리		㎥		필요시
3)	수상관 부설 및 철거	ϕ 610mm, 800m	식		
4)	육상관 부설 및 해체	ϕ 610mm, 200m	식		
1.3.2	그래브 준설				
1)	그래브 준설	0.65㎥ ~ 3.0㎥	㎥		
2)	운반 및 투기	크렘셀	㎥		
3)	운반 및 투기	펌프	㎥		
1.3.3	투기장				
	투기장 설치 및 헐기		식		
1.3.4	침사지				
	침사지 설치 및 철거		식		
1.3.5	접안시설				
1)	접안시설 흙 채움		㎥		
2)	sheet pile 항타 및 인발		m		
3)	콘크리트 포장		㎡		
4)	계선주 설치 및 철거				
5)	방충시설 성치 및 철거				
1.3.6	부대공				
1)	장비 및 자재 운반		식		
2)	자동세륜시설		식		
3)	축중계 설치		식		
4)	살수차		hr		
5)	가도설치		m		

5.2.2 일반사항

하상 퇴적토 준설 수량은 준설방법에 따라 육상준설, 가물막이(가체절)준설, 수중준설 등으로 구분하여 산출한다.

1) 준설토는 자연 상태의 체적(㎥)으로 표시한다.
2) 준설토는 20m 간격의 횡단측량에 의한 양단면 평균법으로 산출한다.
3) 준설토는 토사, 골재, 오염퇴적물(오니토) 등으로 구분하여 산출한다.
4) 준설토는 유용지역별로 구분하여 산출한다.
5) 현장 여건을 고려한 규격으로 구분하여 수량을 산출한다
6) 규격은 규모를 명기하여 단가 산출시 참조 할 수 있게 한다
7) 공종별 단위, 규격은 일원화하되 현장 여건이 상이한 경우에는 다르게 할 수 있다
8) 수량의 규격이 조합으로 산출되는 경우에는 각 공종의 비율을 명기한다.

5.2.3 육상준설

1) 준설 기준수위보다 높은 지역의 퇴적토를 대상으로 육상준설 수량을 산출한다.
2) 현장 여건에 따라 표토제거, 벌개제근, 벌목 등의 수량을 산출한다.(제방편 참조)
3) 육상준설은 집토(필요시), 상차, 운반, 사토장정리 등의 현장 여건을 고려한 규격의 수량으로 산출한다.
4) 준설사면의 포락등이 예상되어 제방 안전성 확보가 어려울 경우에는 호안계획을 수립하고 호안수량을 산출한다.
5) 준설사면의 초화류 발화가 필요한 경우에는 씨앗이 부착된 호안, 시드스프레이(seed spray) 등의 호안수량을 산출한다.
6) 준설토 반출을 위해 가도와 가도포장이 필요할 경우 관련 수량을 산출한다.

5.2.4 가물막이 준설

1) 준설 기준수위 이하 수심 2m 미만인 지역의 퇴적토를 대상으로 가물막이준설 수량을 산출한다.
2) 가물막이 수량은 토공, 호안 등을 포함하여 산정한다.
3) 물푸기가 필요한 구간은 물푸기 수량을 산출한다.

5.2.5 수중준설

가. 적용기준

1) 준설 기준수위 이하 수심 2m 이상인 지역의 퇴적토를 대상으로 수중준설 수량을 산출한다.
2) 토질 상태에 따라 흡입식(펌프식) 준설선과 기계식(그래브, 버킷, 디퍼, 굴삭기) 준설선 규격을 구분하여 수량을 산출한다.

3) 수중준설 장비는 많이 보급되어 임대가 용이한 펌프식 또는 그래브 등을 반영하여 수량을 산출하되, 현장 여건으로 반영이 어려운 경우에는 적합한 장비로 수량을 산출한다.

(건설공사 표준품셈 2011년부터 디퍼, 버킷 준설선 삭제)

4) 더파기 두께는 설계 요령 (표 5.1 - 2)를 기준한다.

5) 여유폭은 설계 요령 (표 5.1 - 4)를 기준한다.

6) 준설 경사면은 설계 요령 (표 5.1 - 5)를 기준한다.

7) 토질별 준설선의 선정은 설계 요령 (표 5.1 - 8)를 기준한다.

8) 준설선의 선종별 준설심도는 설계 요령 (표 5.1 - 9)를 기준한다.

9) 펌프준설의 유보율과 유실률는 설계 요령 (표 5.1 - 6 ~ 7)을 기준한다.

10)) 선단 조합은 아래표를 기준한다.

준설선		부속선단 및 부속기계 기구			
선종	규격(kW)	예선(kW)	배송관(mm)	양묘선(kW)	연락선(kW)
비항펌프선	224	119 ~ 134	310	7.5 ~ 37.3	29.8
	448	187	510	37.3 ~ 74.6	29.8
	746	261	610	89.5	29.8
	895	261	610	89.5	29.8
	1,492	336	710	89.5	29.8
	1,641	336	710	89.5	29.8
	2,462	373	710	149.2	29.8
	2,984	373 ~ 597	710	149.2	29.8
	3,282	597	710	149.2	29.8
	4,476 ~ 8,952	597~1,492	760	186.5 이상	29.8
	14,920	746 : 1척 1,790 : 1척			29.8
선종	규격(㎥)	예선(kW)	토운선(㎥)	양묘선(kW)	연락선(kW)
그래브준설선	0.65	-	척수와 용량은 작업조건에 따라 조정	7.5	29.8
	1.00	-		7.5	29.8
	1.55	-		7.5	29.8
	3.00	119	60	7.5	29.8
	5.00	119	60	7.5	29.8
	6.00	119	60, 100	22.4	29.8
	7.50	119	60, 100	22.4	29.8
	12.50 ~ 25.0	134	200	37.3	29.8
		187	300		
		336	500 이상		

주) 자료출처 : 건설공사 표준품셈(2023. 국토교통부, 제7장 항만공사, 7-1-3)

11) 수중준설의 적용장비는 토질, 준설심도 등의 현장 여건을 반영하여 최적의 선단 조합으로 구성한다.

나. 펌프식 준설

1) 펌프식 준설은 비항준선설, 예선, 양묘선, 연락선, 배송관으로 구성된다.

2) 준설토의 규격은 토질 N치와 배사거리를 수상관, 육상관 거리를 명기하여 작성한다.
(예시:펌프=895kW, N=10 이하(모래질토사), 배송거리:1,000m(수상관 : 900m, 육상관 : 100m))

3) 펌프식 준설선의 규모결정은 현장 여건을 고려하여 기준하되 '건설공사 표준품셈 제8장 건설기계, 8-2-32 펌프식 준설선' 을 참고하여 결정한다

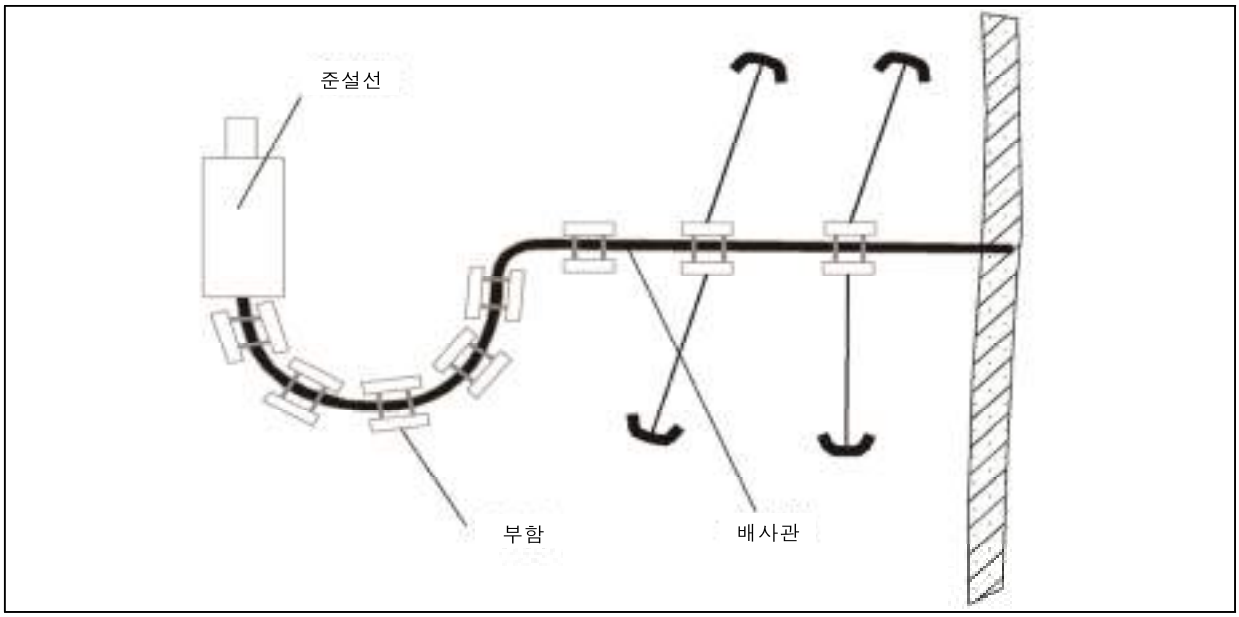
4) 배송관은 수상관, 육상관, 침설관으로 구분되어 설치되나 하천 펌프준설의 배송관 설치는 수상관, 육상관으로 이루어진다.

5) 배송관은 관경 200㎜~300㎜는 5.5m, 350㎜~860㎜는 6.0m가 1본이다.

6) 배송관 띄우개(부함)은 직경에 따라 4.5m ~ 5.0m가 1본이고, 수량은 수상관 1본당 부함 1본을 적용한다.

7) 고무슬리브는 관경에 따라 1.0m~1.9m가 있으며, 수량은 육상관은 5본당 1본, 수상관은 각 본당 1본을 적용한다.

8) 고무 슬리브는 수상관 본수 - 1로 산출한다



(그림 5.2-1) **〈 배송관(수상관) 설치도 〉**

다. 그래브 준설

1) 그래브준설은 그래브준설선, 예선, 양묘선, 연락선, 토운선으로 구성된다.

2) 준설토의 규격은 토질 N치와 버킷용량을 명기하여 작성한다.
(예시 : 버킷용량=3.0㎥, N=10 이하(모래질토사))

3) 예인선 대수는 준설시간, 준설토투하 시간, 이동시간을 고려하여 결정한다.

4) 토운선 대수는 (예인선 대수 + 1)으로 산출한다.

5) 준설토 투하를 위한 방법은 현장 여건으로 고려하여 크렘셀 투하와 펌프 투하로 검토하여 경제적인 방법으로 결정한다.

라. 투기장

1) 필요시 표토제거, 벌개제근, 벌목 등을 할 수 있다. (하천제방편 참조)

2) 투기장은 축조 및 헐기로 구분하여 적용한다. (하천공통설계편 가물막이 참조)

3) 유출수로는 터파기를 기준하여 적용한다.

마. 침전지

1) 필요시 표토제거, 벌개제근, 벌목 등을 할수 있다. (하천제방편 참조)

2) 침전지는 축조 및 헐기로 구분하여 적용한다. (하천공통설계편 가물막이 참조)

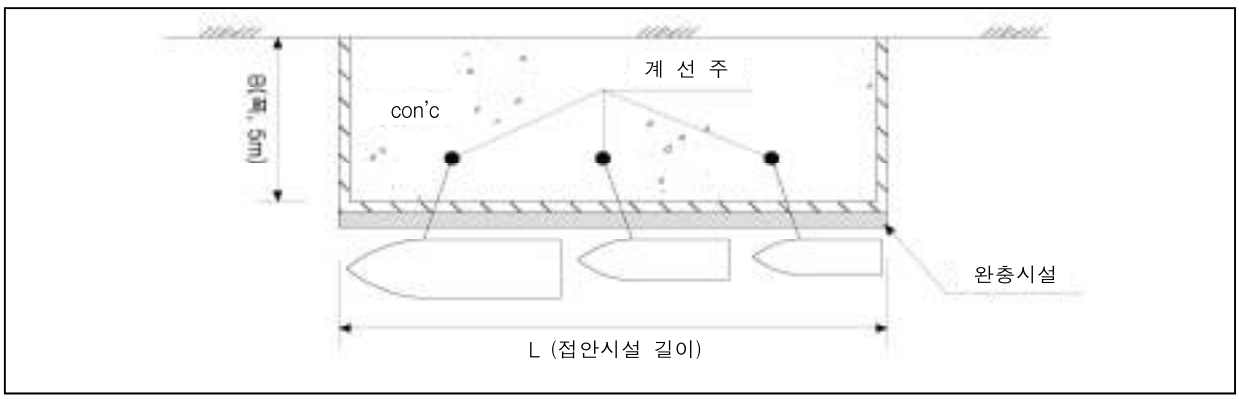
3) 유출 배수구는 흄관 또는 토사 측구의 유량 및 현지 여건에 맞추어 설치한다.

4) 유출 배수구 주변에 오탁방지막을 설치한다.

바. 접안시설

1) 접안시설은 펌프선(그래브선), 예선, 양묘선 길이의 합과 폭은 5m의 규모로 설치한다.

(예 : 펌프선(1,492kW, 45m), 예선(336kW, 20m), 양묘선(89.5kW, 15m)



(그림 5.2-2) **< 접안시설 >**

2) 접안시설 설치

가) 접안시설 설치지역은 지층이 쉬트파일(Sheet-pile) 설치가 적합한 지역에 설치한다

나) 쉬트파일은 토질 조건, 지층의 두께, 현장 상황, 접안시설의 높이 등을 고려하여 규격 및 항타 심도를 결정한다.

다) 접안시설은 임시시설로 쉬트파일에 대한 인발을 적용한다.

3) 콘크리트 포장(제방 관리용도로 및 접근로 참조)

가) 포장하부는 토사로 채워 지반을 견고히 하고, 채움흙은 하상토를 기준으로 한다

나) 콘크리트 포장은 제방의 둑마루포장을 기준한다.

다) 접안시설은 임시시설로 철거시 무근콘크리트 깨기로 수량을 산출한다

라) 수량 산출에서 인력, 기계로 구분하지 않고 단가 산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.

마) 무근콘크리트 깨기는 폐기물처리를 위한 수량을 산출한다.(단위중량은 2.3 KN/㎥)

바) 포장하부의 채움 토사처리는 무대로 처리한다.

4) 계선주 설치 및 철거

가) 계선주는 준설선, 예선, 양묘선의 대수와 동일하게 산출한다.

5) 완충시설(고무완충재) 설치

가) 완충시설의 설치 및 철거로 구분하고 단위는 개로 산출한다.

나) 완충시설은 쉬트파일 2본 당 1개로 산출하며, 준설선 등의 접안면에 적용한다.

5.2.6 준설토 운반

1) 준설토 운반은 적재와 준설토 운반으로 구분하여 산출한다.

2) 적재 및 운반장비는 현장 여건을 고려하여 경제적인 장비로 결정한다.

5.2.7 장비 및 자재 운반

가) 장비운반

1) 장비운반으로 육상준설장비, 수중준설장비로 구분하여 산출한다.

2) 육상준설용 장비는 투입대수를 산출한다.

3) 하천 준설을 위한 장비의 운반은 운반경로와 운반거리를 산출한다.

4) 준설선 운반은 육상운반을 적용하고, 현장 여건에 따라 수상운반도 적용할 수 있다.

5) 운반거리는 최단 거리의 광역시, 도청을 기준으로 산출하고, 시공시 정산 할 수 있게 설계도서를 작성한다.

나) 자재운반

1) 펌프준설에 사용되는 배송관, 부함, 고무슬리브는 현장도착도를 적용하되, 현장도착도가 없는 경우에는 운반비를 적용할 수 있게 수량을 산출한다.

5.3 단가 산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 **본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함** **본 단가 산출의 작업효율은 보통으로 현장여건에 따라 변경가능** **단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈' 에 따라 변경 적용하여야 함**	
5.3.1	펌프준설 (모래질 토사 N = 10)	㎥	2.3.1 펌프준설 (모래질 토사, N=10) 가. 펌프준설선(895kW, 1,200HP), 배송거리:L=1,000m L1 = 100m(육상관), L2 = 900m(수상관) q = 242 ㎥ E(작업효율) = E1 × E2 × E3 × E4 = bo = 895 × 0.8 = 716 kW $Q = \frac{q \times bo \times E}{746} = \frac{242 \times 716 \times E}{746}$ = ㎥/hr 노무비 : ÷ Q = 재료비 : ÷ Q = 경 비 : ÷ Q = 나. 예선 (261kW, 본선의 작업위치이동 및 조정 등 작업) L(예선의 이동길이) = 900m t = 30분 (본선의 작업위치이동 및 조정 30분으로 가정) c1 = 15분 (접·이안) E = 0.8 (항내 주행효율) H = 15hr (모선작업시간) $T = (\frac{L \times 2}{9.3} + \frac{c1+t}{60.}) \div 0.8 = (\frac{0.9 \times 2}{9.3} + \frac{15+30}{60}) \div 0.8 = 1.18$ hr c = T÷ H = 1.18 ÷ 15 = 0.078 (실운전 가동률) 노무비 : ÷ Q = 재료비 : ÷ Q × 0.078 = 경 비 : ÷ Q × 0.078 = 다. 양묘선(89.5kW : PUMP) 1) 본선 위치조정(앙카이동) T1 = 4 회 / 일 × 10 분 ÷ 60 = 0.66 hr 2) 배송관, 부함, 죠인트, 위치조정 및 유지관리 (1km당 20분, 2회/일) t = 20 분 n = 2회/일 L = 900m (육상배송거리 제외) $T2 = (\frac{0.9 \times 2}{12.9} + \frac{15 + 20 \times 0.9}{60}) \times 2 \div 0.8 = 1.72$ 3) 본선 시간당 취업시간 c = (T1 + T2)÷ H = (0.66 + 1.72) ÷ 15 = 0.158 (실운전 가동률)	「건설공사 표준품셈」 8-2-31 펌프식 준설선

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.1	펌프준설 (모래질 토사 N = 10)	㎥	노무비: ÷ Q = 재료비: ÷ Q x 0.158 = 경 비: ÷ Q x 0.158 = 4) 소 계 경 비: 1) + 2) + 3) = 라 . 부설자재 손료 1) 배송관 (Φ610×6m, J = 1.3 m (고무슬리브길이) (육상관은 배송관 5본당 1개, 수상관은 1본당 1개의 고무슬리브 설치로 가정함) - 육상관 개수 n1 = L1 ÷ (6m + J/5 본) = 100 ÷ (6 + 1.3/5) ≒ 16 본 - 수상관 개수 n2 = L2 ÷(6m + J) = 900 ÷ (6 + 1.3) ≒ 124 본 N = n1 + n2 = 16 + 124 = 140 본 경 비: ÷ Q × 140 = 2) 배송관띄우개(부함, Φ1,200×4.5m) (수상관 개소당 부함 1개소 설치) 경 비 : ÷Q × 124 = 3) 고무 슬리브(Φ610×1300mm) N = (n1÷5본) + n2 + 1 = (16÷5) + 124 + 1 = 128 개 경 비: ÷ Q × 128 = 4) 소 계 경 비: 1) + 2) + 3) = 마 . 연락선 (29.8kW, N = 3회/일) (출퇴근 : 2회, 업무연락 준설위치 및 투기장 확인 1회) $T = \left(\frac{L\times 2}{12.9} + \frac{c1}{60}\right)\div E\times N = \left(\frac{0.9\times 2}{12.9} + \frac{15}{60}\right)\div 0.8\times 3$ = 1.46hr c = T ÷ H = 1.46 ÷ 15. = 0.097(실운전 가동률) 노무비: ÷ Q × 0.097 = 재료비: ÷ Q × 0.097 = 경 비: ÷ Q × 0.097 = 바 . 합 계 노무비 : 가 + 나 + 다 + 라 + 마 = 재료비 : 가 + 나 + 다 + 라 + 마 = 경 비 : 가 + 나 + 다 + 라 + 마 =	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.2	배송관부설 및 철거 (φ610mm×6m)	식	2.3.2 배송관 부설 및 철거(Φ610㎜ x 6m) L1 = 100 m(육상관) L2 = 900 m (수상관) J = 1.3 m(고무슬리브길이) L=(L1 + L2)÷1,000=(100+900) = 1.0km 가. 육상관 부설 및 철거 (육상관은 배송관 5본당 1개, 수상관은 1본당 1개의 고무슬리브 설치로 가정함) - 육상관 수량 n1 = L1 ÷(6+J/5본) = 100 ÷ (6+1.3/5) ≒ 16 본 1) 배송관 (직관) 부설(Φ610mm×6.0m) ① 조력인부 배관공(수도) : 인건비×0.08인×16 = 보통인부 : 인건비×0.04인×16 = ② 트럭 탑재형 크레인(10ton) Q = 0.38hr / 개소 노무비 : × 0.38 × 16 = 재료비 : × 0.38 × 16 = 경 비 : × 0.38 × 16 = ③ 소계 노무비 : ① + ② = 재료비 : ① + ② = 경 비 : ① + ② = 2) 배송관 (직관) 철거 (접합비의 70% 적용) 부설 노무비 : ③ x 0.7 = 부설 재료비 : ③ x 0.7 = 부설 경 비 : ③ x 0.7 = 3) 고무슬리브 접합 (Φ610mm×1.3m) n11 = n1 ÷ 5 - 1 = 16 ÷ 5 - 1 ≒ 3 본(고무슬리브 개수) ① 조력인부 배관공(수도) : 인건비×0.08인×n11 = 보통인부 : 인건비×0.04인×n11 = ② 트럭 탑재형 크레인(10ton) Q = 0.30hr / 개소 노무비: × 0.30× n11 = 재료비: × 0.30× n11 = 경 비: × 0.30× n11 = ③ 소 계 노무비 : ① + ② = 재료비 : ① + ② = 경 비 : ① + ② = 4) 고무슬리브 철거 (Φ610mm×1.3m, 접합비의 70% 적용) 접합 노무비 : ③ x 0.7 = 접합 재료비 : ③ x 0.7 = 접합 경 비 : ③ x 0.7 =	「건설공사 표준품셈」 7-4-1펌프준설선 배송관 부설

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.2	배송관부설 및 철거	식	나. 수상관 부설 및 철거 (수상관은 1본당 1개의 고무슬리브를 설치) n2 = L2÷(6+J) = 900÷(6+1.3) ≒ 124 본 (수상관 개수) 1) 배송관 접합(직관, Φ610mm×6.0m) ① 조력인부 배관공(수도):인건비 ×0.08인×124 = 보통인부: 인건비 0.04인×124 = ② 트럭 탑재형 크레인 (10ton) Q=0.38 hr/개소 노무비: × 0.38 × 124 = 재료비: × 0.38 × 124 = 경 비: × 0.38 × 124 = ③ 소계 노무비: ① + ② = 재료비: ① + ② = 경 비: ① + ② = 2) 배송관 철거(직관, Φ610mm×6.0m, 접합비의 70% 적용) 부설 노무비 : ③ x 0.7 = 부설 재료비 : ③ x 0.7 = 부설 경 비 : ③ x 0.7 = 3) 고무슬리브 접합 (Φ610mm×1.3) n21 = n2 + 1 = 124 + 1 = 125 본 (고무슬리브 개수) ① 조력인부 배관공(수도):인건비×0.08인×125 = 보통인부: 인건비×0.04인×125 = ② 트럭 탑재형 크레인(10ton) Q = 0.30 hr/개소 노무비: ×0.30×125 = 재료비: ×0.30×125 = 경 비: ×0.30×125 = ③ 소 계 노무비 : ① + ② = 재료비 : ① + ② = 경 비 : ① + ② = 4) 고무슬리브 철거 (Φ610mm×1.3m, 접합비의 70% 적용) 접합 노무비 : ③ x 0.7 = 접합 재료비 : ③ x 0.7 = 접합 경 비 : ③ x 0.7 =	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.2	배송관부설 및 철거	식	5) 부함 접합 (Φ1200mm×4.5m) n22 = n2 ÷ 1 = 124 ÷ 1 = 124 본 (부함 개수) ① 조력인부 특별인부: 인건비×0.03인×124 = 보통인부: 인건비×0.02인×124 = ② 트럭 탑재형 크레인(10ton) Q = 0.06 hr/본 노무비: ×0.06×124 = 재료비: ×0.06×124 = 경 비: ×0.06×124 = ③ 소 계 노무비: ① + ② = 재료비: ① + ② = 경 비: ① + ② = 6) 부함 철거 (Φ00mm×5m, 접합비의 70% 적용) 접합 노무비 : ③ x 0.7 = 접합 재료비 : ③ x 0.7 = 접합 경 비 : ③ x 0.7 = 7) 배송관 진수 및 철거 (진수 및 철거 2회 적용) (배송관1본 + 고무슬리브 1본 + 부함1본 = 1set) ① 조력인부 보통인부 : 인건비×0.04×124×2회 = ② 트럭 탑재형 크레인(10ton) Q = 0.18hr/set 노무비: × 0.18 × 124 × 2회 = 재료비: × 0.18 × 124 × 2회 = 경 비: × 0.18 × 124 × 2회 = ③ 소 계 노무비: ① + ② = 재료비: ① + ② = 경 비: ① + ② = 8) 계 노무비: 1) + 2) + 3) +4) +5) +6) +7) = 재료비: 1) + 2) + 3) +4) +5) +6) +7) = 경 비: 1) + 2) + 3) +4) +5) +6) +7) =	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.2	배송관부설 및 철거	식	다. 선박 및 부대시설 가동시간 - 배송관 반입은 현장도착 기준 - 수상관의 수상운반은 1회당 1.0km씩 해상운반 기준 N1 = (L2)÷1,000 = (900)÷1,000.= 0.9 ≒1 (운반횟수) L2 = 900m (수상관 길이) t1 = 15 분 (접·이안시간) V1 = (5.5 + 9.3) / 2 = 7.4 km/hr(예인속력), E = 0.8 {항내} 운반시간 (T1) $T1 = (\frac{0.9\times2}{7.4} + \frac{15}{60}) \times 1 \div 0.8 = 0.61$ - 고정앙카는 365m당 1개소의 앙카를 설치를 원칙으로 하고 앙카설치 시간은 개소당 20분으로 계산 (6m(배송관길이+1.3 m{고무슬리브길이})×50본 = 365 m) N2 = 900 ÷ 365 ≒ 2개소 (설치개소) t2 = 20분/개소 {앙카 개소당 설치 시간} 앙카 총 설치 시간(T2) $T2 = (2\times \frac{20}{60}) \div 0.8 = 0.83$ 총 가동시간 (T, hr) T = T1 + T2 = 0.61 + 0.83 = 1.44 1) 양묘선 (89.5kW) 노무비 : × 1.44 = 재료비 : × 1.44 = 경 비 : × 1.44 = 2) 대선 (100ton) 노무비 : × 1.44 = 경 비 : × 1.44 = 3) 예선 (261kW) 노무비 : × 1.44 = 재료비 : × 1.44 = 경 비 : × 1.44 = 4) 소 계 노무비: 1) + 2) + 3) = 재료비: 1) + 2) + 3) = 경 비: 1) + 2) + 3) = 라 . 합 계 노무비: 가 + 나 + 다 = 재료비: 가 + 나 + 다 = 경 비: 가 + 나 + 다 =	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.3	그래브준설 (모래질 토사 N = 10)	㎥	가. 그래브준설선 (3.0㎥) q = 3.0 ㎥, k = 0.95, f = 0.9, 수심(H1) : 5m E(작업효율) = E1× E2 = 0.85 × 0.95 = 0.80 Cm = 77초 + ((H1 - 10) × 2) = 77 Q = (3,600.× q × k × f × E) / Cm = (3,600 × 3 × 0.95 × 0.9 × 0.80) / 77 = 95.93 ㎥/hr 노무비 : ÷ 95.93 = 재료비 : ÷ 95.93 = 경 비 : ÷ 95.93 = 나. 예선(119kW, 본선의 작업위치이동 및 조정 등 작업) L(예선의 이동길이) = 900m t = 30분 (1일 1회, 30분/회) c1 = 15분 (접·이안) E = 0.8 (항내) H = 15hr (모선작업시간) $T = (\frac{L\times 2}{9.3} + \frac{c1+t}{60}) \div 0.8 = (\frac{0.9\times 2}{9.3} + \frac{15+30}{60}) \div 0.8 = 1.18$ hr c = T ÷ H = 1.18 ÷ 15 = 0.078 (실운전 가동률) 노무비 : ÷ Q = 재료비 : ÷ Q × 0.078 = 경 비 : ÷ Q × 0.078 = 다 . 양묘선 (7.5kW) ◎ 본선위치 조정 (앵커이동) t1 = 4회 / 1일 × 10분 ÷ 60분 ÷ 15hr = 0.044 hr ◎ 본선까지 왕복시간 L = 0.9 km V3 = 12.9 km/hr $t2 = (\frac{L}{V3} \times 2 + \frac{c1}{60}) \div 0.8 \div 15hr$ $= (\frac{0.9}{12.9} \times 2 + \frac{15}{60}) \div 0.8 \div 15hr = 0.032$ c = t1 + t2 = 0.044 + 0.032 = 0.076 hr Q = 모선 1hr 작업량 노무비 : ÷ Q = 재료비 : ÷ Q × 0.076 = 경 비 : ÷ Q × 0.076 = 라. 연락선 (29.8kW, N = 3회/일) (출퇴근 : 2회, 업무연락 준설위치 및 투기장 확인 1회)	「건설공사 표준품셈」 8-2-32 그래브 준설선

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.3	그래브준설 (모래질 토사 N = 10)	㎥	$T = (\frac{L\times 2}{12.9} + \frac{c1}{60}) \div E \times N = (\frac{0.9\times 2}{12.9} + \frac{15}{60}) \div 0.8 \times 3$ = 1.46 hr c = T ÷ H = 1.46 ÷ 15 = 0.097(실운전 가동률) 노무비: ÷ Q × 0.097 = 재료비: ÷ Q × 0.097 = 경 비: ÷ Q × 0.097 = 마 . 소 계 노무비: 가 + 나 + 다 + 라 = 재료비: 가 + 나 + 다 + 라 = 경 비: 가 + 나 + 다 + 라 =	
5.3.4	준설토 운반 및 투하 (굴삭기 투하) (모래질)	㎥	가 . 해상운반(준설구역~투기장 : L = 0.9 km, 예선 : 119kW) q (그래브 준설능력) = 95.93 ㎥/hr, B = 60㎥ f = 1, L = 0.9 Km V = (9.3 + 5.5)/2 = 7.4 km/hr q1 = 125.05 ㎥/hr(투하능력) 적하시간 : t = (B ÷ q1) × 60 = 28.78분 - 예선 척수산출 N1 = q × ((c1 + t) / 60 + 2 × L / V) / (B×f) =95.93×((15+28.78)/60+2×0.9/7.4)/(60×1) = 1.55 ≒ 2척 - 예안선 손료 Q = q / T = 125.05 / 1.55 = 80.67 ㎥/hr 노무비 : ÷ 80.67 = 재료비 : ÷ 80.67 = 경 비 : ÷ 80.67 = 나 . 토운선 (60㎥) N1 = 2척 (예선소요 척수), N = N1 + 1 = 3 q (그래브 준설량) = 95.93 ㎥/hr - ㎥당 단가산출 환산 Q = 1 / N × q = 1/3 × 95.93 = 31.97 노무비 : ÷ 31.97 = 경 비 : ÷ 31.97 =	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
5.3.4	준설토 운반 및 투하 (굴삭기 투하) (모래질)	㎥	다. 준설토 투하(타이어굴삭기(1.0㎥) + 트럭 15t) 1) 투하(상차 타이어 백호 1.0㎥) q = 1.0 ㎥, K = 1.1, f = 1÷1.25(사질토 L), E = 0.75 Cm = 19 초 Q = (3,600.× q × K× f× E) / Cm = (3,600.× 1.0 × 1.1 × 0.8 × 0.75) / 19 = 125.05 ㎥/hr 노무비 : ÷ 125.05 = 재료비 : ÷ 125.05 = 경 비 : ÷ 125.05 = 2) 운반 (트럭 15ton, 0.1km) L = 0.1㎞, E = 0.90, γt = 1.70t/㎥ f = 1 / 1.25 q = (15 / 1.70) × 1.25 = 11.02 n = 11.02 / (1.0×1.1)=10.01회 t1 = (19 × 10.01) / (60 × 0.75) = 4.22분 t2 = (0.1/V1 + 0.1/V2) × 60 = 분 t3 = 0.50분, t4 = 0.15분, t5 = 0.50분 Cm = 4.23 + t2 + 0.50 + 0.15 + 0.50 = 분 Q = 60 × 11.02 × 0.80 × 0.90 / Cm= ㎥/hr 재료비 : / Q × {(Cm-t1)/Cm} = 노무비 : / Q = 경 비 : / Q = 라 . 합 계 노무비 : 가 + 나 + 다 = 재료비 : 가 + 나 + 다 = 경 비 : 가 + 나 + 다 =	
5.3.5	준설토정리	㎥	2.3.2 준설토 정리(사질토, 필요시 적용) 가 . 정 리(무한궤도 불도저 32ton) L = 20 m V1 = 52 m/분 V2 = 58 m/분 qo = 5.5e = 0.96 E = 0.6 - 0.1 = 0.5 q = qo × e = 5.5 × 0.96 = 5.28 f = 1 ÷ 1.3 = 0.77 t = 0.25 분 $Cm = \frac{L}{V1} + \frac{L}{V2} + t = 0.98$분 $Q = \frac{60\times q\times f\times E}{Cm} = \frac{60\times 5.28\times 0.77\times 0.65}{0.98} = 161.79$ ㎥/hr 노무비 : ÷ 161.79 = 재료비 : ÷ 161.79 = 경 비 : ÷ 161.79 =	[건설공사 표준품셈] 8-2-1 불도저

제6장 하천수문

제6장 하천수문

6.1 설계 요령

6.1.1 일반사항

가. 정의

1) 하천수문 : 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 개폐문을 가진 구조물로서 제방의 기능을 가지고 있는 것을 말한다.

나. 적용범위

본 설계 요령은 하천수문의 신설 및 보강공사를 위한 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 25)(2023, 환경부)
3) 소하천 설계기준(2020, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 하천시설물 표준도(2015, 국토교통부)
3) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)
4) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)

마. 용어의 정의

1) 하천수문은 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 개폐문을 가진 구조물이며, 제방의 기능을 가지지 않는 “보”와 구분한다. 수위와 유량을 조절하기 위해 수로에 설치한 제수문(制水門)도 수문의 일종이다.
2) 갑문(통선문)은 수위차가 있는 하천 또는 수로에서 선박을 다니게 상류 및 하류 2개의 문비실과 그 중간에 갑실 및 록게이트(lock gate)로 이루어져 있는 구조물이다.



(a) 수문 (b) 갑문(통선문)

(그림 6.1-1) **〈 수문과 갑문(통선문) 〉**

바. 설계 일반사항

1) 하천수문 계획홍수위(고조구간에서는 계획고수위) 이하의 유수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.

2) 하천수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다.

3) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.

4) 하천수문의 설치방향은 수문개방 시 원활한 배제가 가능한 방향으로 설치하고, 최대한 간단한 구조가 되도록 계획하며, 그 외 사항은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 에서 제시된 하천수문 일반사항을 참고하여 계획한다.

5) 수문명칭 명기시 하천기본계획 및 시설물정보관리종합시스템(FMS)의 명칭을 고려하여 명기토록 한다. 또한 명칭 적용시 하천설계기준 시설구분 및 시설정의를 고려하여 수문, 통문, 통관, 암거를 명확하게 구분하여 명기하도록 한다.

사. 시설물의 구성

1) 하천수문의 종류

수문의 분류에는 다양한 방법이 있으나, 본 설계실무 요령에서는 설치목적, 구조, 형상에 따라 다음과 같이 분류하였다.

가) 설치목적에 의한 분류 : 수위유지 수문, 역수문, 역조수문, 유량조절 수문

(1) 수위유지수문 : 관개용수, 공업용수 또는 생활용수를 취수하거나 수위를 유지하여 수면경관 확보와 수상활동에 이용하기 위해 설치하는 수문이다.

(2) 역수문 : 보통 지류의 하류부에 설치되며 본류의 역류를 방지하고 지류 자체의 과대한 치수시설을 하지 않고 그 범람을 방지하기 위해 설치하는 수문이다.

(3) 역조수문 : 하천의 감조부에서 염수피해를 방지하기 위해 본류 또는 지류를 횡단해서 설치하는 수문이다. 일반적으로 하구부에 설치되므로 규모가 크다. 따라서 홍수소통에도 큰 지장이 없도록 하는 동시에 간·만조 때에 그 목적을 충분히 달성할 수 있도록 설계하고 있다.

(4) 유량조절수문 : 본류의 중·상류에서 지류의 분류량을 조절하기 위해 설치하는 수문이다.

나) 형식에 의한 분류 : 단경간 수문, 다경간 수문

(1) 단경간수문 : 통수단면이 하나인 수문이다.

(2) 다경간수문 : 통수단면이 여러 개인 수문이다. 일반적으로 규모가 크고 각 경간의 길이가 같은 것과 다른 것이 있다.

다) 구조에 의한 분류 : 슬루스 게이트(sluice gate), 로울링 게이트(rolling gate), 테인터 게이트

(tainter gate), 드럼 게이트(drum gate), 전도식 수문, 고무튜브식 수문

(1) 슬루스 게이트(Sluice gate) : 문틀 홈에 문짝을 끼워 인양하는 것으로 개폐 시 마찰력을 줄이기 위해 문짝 측면에 롤러(roller)를 설치한 것도 있다.

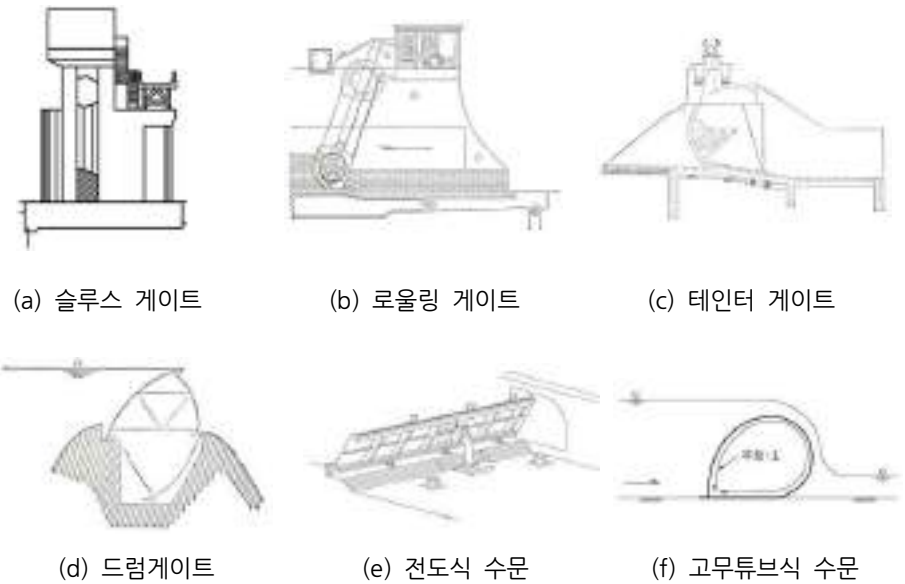
(2) 로울링 게이트(Rolling gate) : 긴 원통에 날개(wing) 또는 날개판(shield)을 붙혀 조작실에서 체인을 감아올리면서 개폐하는 문짝으로 강성이 커서 얼음이나 유목 등이 흘러오는 하천에 사용할 수 있다.

(3) 테인터 게이트(Tainter gate) : 강철로 만든 부채꼴형(弧形)의 문짝과 트러스(truss)형 다리, 핀으로 구성되어 있으며, 문짝에 받는 수압의 합력이 항상 중심축에 집중되게 하고 개폐 시 회전마찰력에 의해 저항력을 적게 만든 문짝

(4) 드럼 게이트(Drum gate) : 문짝 중앙부에 수평회전축, 문짝 아래에는 문짝방을 만들어 상류부의 물을 넣고, 빼면서 개폐하는 문짝

(5) 전도식수문 : 문짝과 바닥판 또는 문기둥을 힌지(hinge)로 연결하고 유압기 등을 이용하여 기복(起伏) 기능을 하도록 제작된 수문이다. 문짝 높이(H)와 길이(L)의 비(H/L)가 작은 경우에 적용한다. 문짝의 양끝을 지지하는 토크축식, 가로빔 중간부를 방패처럼 지지하는 배면지지식, 문짝을 회전하여 개폐하는 회전식이 있다.

(6) 고무튜브식수문 : 합성고무(나이론과 고무의 복합체)에 공기 또는 물을 주입하여 타원형 단면을 형성하고 바닥판에 고정시켜 팽창 또는 수축에 의해 기복 기능을 하도록 한 수문이다. 또한 철재문짝에 힌지(hinge)를 설치하고 문짝 하단에 설치된 고무튜브에 공기를 팽창시켜 기복하는 방식인 S&R(steel & rubber)식 수문도 있다.



(a) 슬루스 게이트 (b) 로울링 게이트 (c) 테인터 게이트

(d) 드럼게이트 (e) 전도식 수문 (f) 고무튜브식 수문

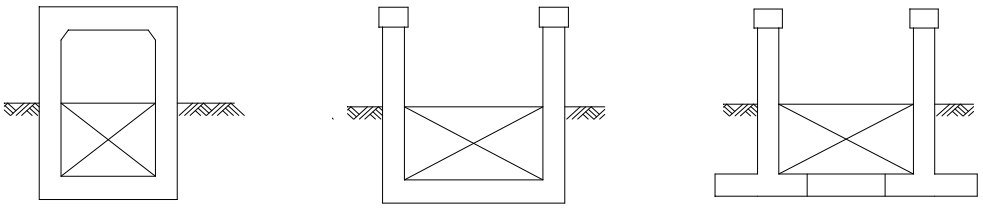
(그림 6.1-2) 〈 수문과 갑문(통선문) 〉

라) 형상에 의한 분류 : 사각형 수문, U자형 수문, 역T자형 수문

(1) 사각형수문 : BOX 모양으로 소규모 수문에 많이 사용하며, 구조적으로 가장 안전하다.

(2) U자형수문 : 바닥판과 문기둥이 U자로 연결된 구조로 중규모 수문에 많이 사용한다.

(3) 역T자형수문 : 바닥판과 문기둥이 분리된 구조로 폭이 넓은 대규모 수문에 많이 사용한다.

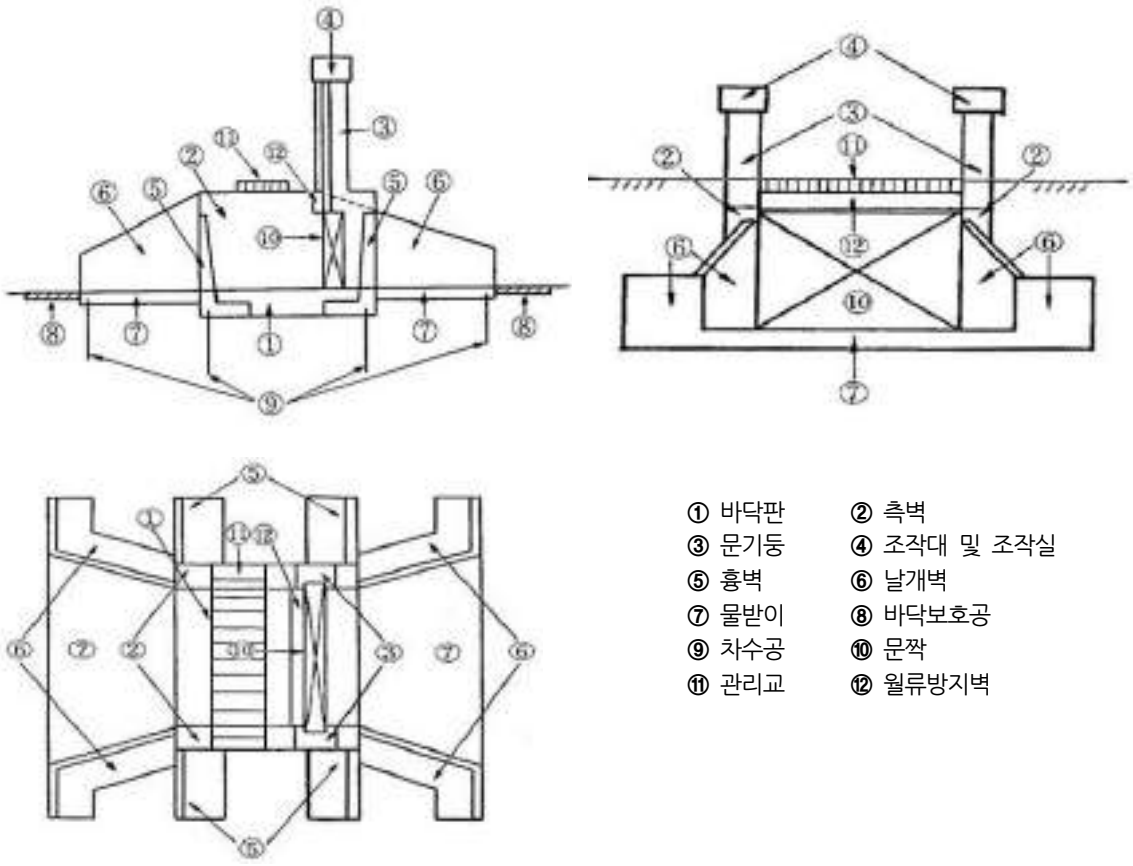


(a) 사각형 수문　　(b) U자형 수문　　(C) 역 T자형 수문

(그림 6.1-3) **〈 수문 본체의 형식 〉**

2) 하천수문의 구조

수문의 기본구조는 본체, 문기둥 및 조작대, 흉벽, 날개벽, 연결호안, 바닥보호공, 차수공, 문짝 및 개폐장치 등으로 구성되며, 필요시 배사구, 어도, 갑문(통선문) 등도 설치된다.



① 바닥판　② 측벽
③ 문기둥　④ 조작대 및 조작실
⑤ 흉벽　⑥ 날개벽
⑦ 물받이　⑧ 바닥보호공
⑨ 차수공　⑩ 문짝
⑪ 관리교　⑫ 월류방지벽

(그림 6.1-4) **〈 수문의 기본구조 〉**

6.1.2 사전조사

수문 설계를 위한 사전조사는 하천설계기준(KDS 51 00 00)를 참고하여 실시한다.

6.1.3 수문(水門) 계획

가. 계획

1) 수문(水門) 계획 절차

수문 계획을 위한 일반적인 절차는 다음과 같다.

사전 조사	설치 필요성, 하상변동, 치수안전성, 시설물 제원 및 상태 등 조사
⇩	
설치위치 검토	상위계획 검토, 수리검토, 현황 검토, 경제성, 시공성 등 검토
⇩	
형식 검토	설치목적, 구조와 기능, 평면형상, 설치재료
⇩	
형식 결정	본체, 문기둥, 문틀 및 문짝, 흉벽 및 날개벽, 연결호안 및 바닥보호공, 차수공, 수밀공 및 개폐장치 등에 대한 제원 검토

(그림 6.1-5) **< 수문 계획 흐름도 >**

2) 설치위치

가) 수문의 설치 위치는 기초지반 및 양안이 암반으로 된 곳이 가장 좋으나, 그런 곳이 많지 않으므로 수충부나 연약지반은 피하고 하상과 양안부가 안정된 지점을 선정한다.

나) 하도가 직선부이고, 하폭이 급변하지 않으며, 유수에 의한 세굴과 퇴적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정한다.

다) 계획유량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점을 선정한다.

라) 교량, 보 등의 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.

마) 전기 인입이 쉽고, 조작 및 유지관리가 편리한 곳이 좋다.

3) 형식선정

수문(水門)의 형식선정은 설치 목적과 그 목적을 이루기 위해 요구되는 수리학적인 기능을 명확하게 하여 설치목적에 가장 합리적인 방식을 선정하여야 한다.

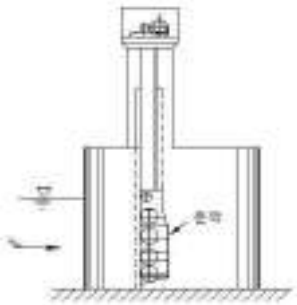
가) 문짝(Gate)

(1) 일반적으로 수문(Floodgate)의 문짝(Gate)는 강구조로 설계하는 것이 원칙이며, 이용되는 문짝(Gate)의 종류를 분류하면 다음과 같다.

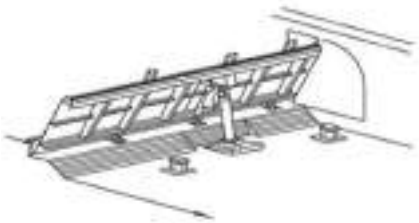
〈 문짝 분류 〉

(표 6.1-1)

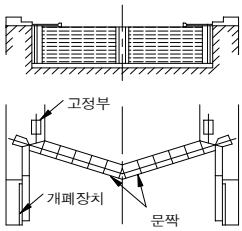
종 류		재 료	개 폐 방 식	특 징
인양식	· 슬라이드 · 롤러	강재, 목재	· Wire Rope Chain식 · Spindle식 · Rack식 · 유압실린더식	조작이 확실
전도식	· 고무튜브 · 철판&고무튜브	강재, 고무	공기주입식	불완전개폐 가능성 있음.
	· 가로빔 · 토우크축	강재	유압식	
회전식	· Mitre 문짝 · 상하회전 · 좌우회전	강재	· 유압식 · Wire Rope식	불완전개폐 가능성 있음.



(a) 인양식

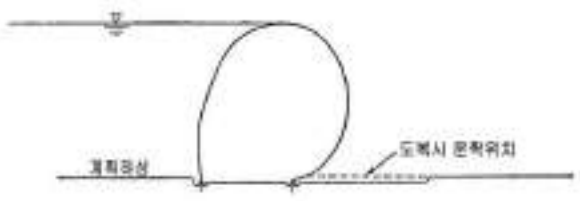


(b) 전도식(가로빔식)

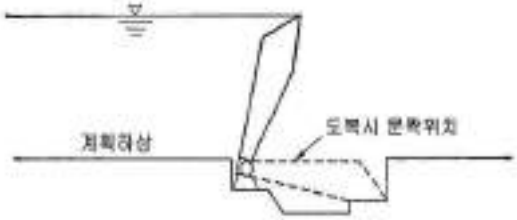


(c) 회전식(Mitre 문짝)

(그림 6.1-6) 〈 문짝의 형태 〉



(a)고무튜브식



(b) 가로빔식

(그림 6.1-7) 〈 전도식 수문의 도복 시 문짝 위치 〉

(2) 형식과 적용규모

치수, 이수 혹은 통운 등의 시설계획에 있어서 수문 설비에 요구되는 전체 규모는 그 목적(최대 방류량, 최대 통행선박치수 등)에 따라 결정한다.

< 경간규모에 따른 대표적인 형식 >

(표 6.1-2)

치수규모	규 모	게이트(Gate) 형식	비고
경간	5m 미만	슬라이드게이트 롤러게이트 기복게이트	- 소경간 또는 수위 밸런스 조작 등에 따른 개폐하중이 작은 경우는 슬라이드 게이트 사용이 많다. - 정확한 유량 조절을 하기 위해서는 기복 게이트의 사용이 많다. - 경간이 작은(1/5 이하) 경우는 플레이트 거더 구조보다 쉘 구조가 유리할 경우가 많다. - 트러스 보강형식은 제작이 어려워 최근에는 채용되지 않고 있다. - 통선이 있는 경우에는 전폐시 수면 위에 구조물을 남기지 않는 라이징 섹터게이트나 중앙부 수면에서 높이가 큰 바이저 게이트가 유리하다.
	5m 이상 ~ 20m 미만	롤러게이트 기복게이트	
	20m 이상	쉘 구조 롤러게이트 기복게이트 트러스보강 롤러게이트 라이징 섹터게이트 바이저게이트	

< 취수량에 따른 대표적인 형식 >

(표 6.1-3)

치수규모	규 모	게이트(Gate) 형식	비고
선택 취수량	1㎥/s 미만	다 공 식 다 관 식	다공식, 다관식은 구조는 단순하지만 정확한 취수위치 설정은 불가능하다.
	1㎥/s 이상 ~ 10㎥/s 미만	다 공 식 원형 다단식 직선 다단식	
	10㎥/s 이상	반원형 다단식 원형 다단식 직선 다단식	

(3) 수문은 문짝 형식에 따라 성능이 달라지므로 목표성능을 확보할 수 있는 문짝을 선정하여야 하며, 문짝 선정시 검토할 항목 및 내용은 다음과 같다.

〈 문짝 검토항목 및 내용 〉

(표 6.1-4)

형식 선정 조건	검 토 항 목	비고
건설비용, 유지관리 비용	-초기 투자비용과 유지관리용	Total Life Cost의 파악
운용목적	-담수/이수/염해방지/방조/통선 -상용/비상용/수리용	
운용방법	-보통 사용상태 : 개/폐/중간개도 -조작의 제약 : 빈도/시간 -유량 조절기능의 여부 -운용기간제한의 유무(동계조작 등) -조작방식 : 수동/자동	개폐속도 동결방지장치
수리기능	-유수차단기능여부 -방류조건 : 공중/수중/관로 내 -수위유지기능여부 -유량 조절의 유량과 정도 -지수성능의 중요도 -개수로류/관로류 -고수심/저수심 -고속류제어/고압제어 -감세여부와 감세효과	공기 공급 유량계와 최소개도변화
운용 시 안정성	-수리적 진동 및 소음 -전개상태에서의 바람 영향 -하상세굴	소소한 개도방류, 수맥진동 주위 주민의 유무
조작시의 문짝이동 형태	-상하이동 및 수평이동 -회전이동(수평축/연직축)	각 형태의 작동 확실성
규모, 치수	-경간을 넘는 규모	
구조특성	-사용재료 -스킨플래이트의 배치와 형태, 보강구조 -평면구조/곡면구조 -수압하중의 토목구조의 전달방법	내식성, 내후성, 경제성
사용동력	-상용동력원/비상용동력원	사용전원/자가발전/엔진/인력
자연조건	-수질 : 하천수/해수/기수역(汽水域) -해일의 유무 -모래/진흙 유무 -결빙 유무(동계조작) -유송작물(유목, 쓰레기 등)	해일, 고조, 동결방지장치
유지관리	-유지관리의 용이한 정도, 빈도	
주위 환경 영향	-형태, 색조, 제한높이 -진동/소음 : 방류수/동력원 -방류수 : 저수온/담수/유목, 쓰레기	

나) 개폐장치

(1) 개폐장치는 확실한 동작이 요구되며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 한다. 또한 유지관리의 편리성이 있어야 한다.

(2) 개폐장치는 문짝의 종류, 크기, 사용목적, 사용빈도 및 설치장소를 충분히 고려하여 결정한다.

(3) 개폐장치는 예상되는 전 하중에 대하여 안전, 수밀성이 확보되어야 하며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 한다.

(4) 유지관리의 편의성을 확보하여야 한다.

(5) 개폐장치의 형식 및 구조는 사용조건과 설치조건에 적합하도록 선정한다.

(6) 폐장치는 전력 및 전동기에 의한 것으로 하고 예비 전력설비를 설치한다.

(7) 개폐속도는 유량제어성이 좋고 전동기 용량이 작으며 경제적인 0.3m/min을 표준으로 한다.

〈 개폐장치 분류 〉

(표 6.1-5)

문짝의 종류	규 모	개 폐 장 치 의 형 식			
		Wire Rope Chain 방식	Spindle 방식	Rack 방식	유압 방식
롤러형 문짝	대 형	○	×	×	△
	중 형	○	×	△	○
	소 형	×	○	○	△
슬라이드형 문짝	대 형	×	×	×	×
	중 형	△	×	△	△
	소 형	×	○	○	×

주) ○ : 채택하여 이용하기에 적당한 형식
△ : 경우에 따라 채택하여 이용하는 것이 가능한 형식
× : 채택하여 이용하기에 부적절한 형식

〈 수문 개폐속도 기준 〉

(표 6.1-6)

설치목적	개폐속도	비고
일반적인 수문	0.3m/min	
소용량 방류 수문	0.05~0.1m/min	
긴급차단을 위한 수문	0.6~2.0m/min	
기타	0.3~2.0m/min	

6.1.4 수문 설계

가. 일반사항

1) 수문은 계획홍수위 이하 수위의 유수 작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.

2) 취수, 수위유지, 역류 방지를 위하여 설치하는 수문은 계획홍수위 이하 수위의 유수작용에 대하여 안전하고, 시공 및 유지관리가 편리한 구조가 되도록 설계하여야 한다.

3) 수문에 접한 하상, 고수부지 등의 세굴방지와 하천환경을 고려하여 설계하여야 한다.

4) 수문의 개폐문짝은 수밀성(물의 침투, 흡수 및 투과를 막는 성질을 말한다.)을 갖춘 구조로 하며, 필요한 경우에는 개폐문짝의 조작과 보호를 위한 조작실을 설치할 수 있다.

5) 시설규모가 크고, 치수적으로 매우 중요한 곳 및 해수의 영향구간에 설치되는 수문은 조작과 유지관리를 고려하여 필요시 2중 개폐시설 또는 예비문짝(스톱로그, stop log)을 설치하여야 한다.

6) 일반적으로 수문의 본체는 문짝 및 개폐장치를 제외하고 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

가) 수리설계

수문설계에 이용되는 수리인자로는 유량계수, 수리력, 유체관련 진동 등이 있다. 유량계수는 수심이나 수문면적에서 적절한 수문 형식의 선정 등의 전체계획에 필요하며, 수리력은 수문에 작용하는 각종 하중으로 기본설계시 사용된다. 유체관련 진동은 각종 수문설계시 상세설계에 이용된다.

(1) 유량계수

수문의 유량, 수심, 방수구의 면적 및 월류 수심 등은 이론식을 이용하여 산정한다. 그러나 관성에 따른 축류가 발생할 때는 흐름의 단면적 감소 등이 발생하여 수문별로 실제 유량계수를 산출하는 것이 곤란하다. 따라서 실제의 유량을 얻기 위해서는 이론 유량을 보정하는 것이 필요하며, 이것을 산정하는 것이 유량계수이다. 유량 계수는 게이트 형식이나 수위, 온도, 압력 등을 변화시켜 수리실험에 의해 구하거나 경험공식 등을 이용하여 산정한다.

(2) 유출

수문의 대표적인 유출에는 월류와 하단방류로 구분되므로 유출부 설계시 이를 고려하여 설계하여야 한다.

(3) 월류

월류 형식에는 완전월류, 불완전월류, 잠수월류 등으로 구분되므로 이를 고려하여 적용하여야 한다.

(4) 하단방류

하단방류 형식에는 자유유출, 잠수유출 등으로 구분되므로 이를 고려하여 적용하여야 한다.

(5) 수리력

게이트에 작용하는 수리력에는 정상적으로 작용하는 수리력과 시간에 따라 변동하는 수리력이 있으므로 이를 고려하여 설계하여야 한다.

(6) 양압력

하구부 근처에 설치되는 게이트는 하류측으로의 물결에 따른 큰 양압력을 받기 때문에 상단비의 저면판을 트러스구조나 격자구조, 구멍난 판구조로 하여 적당한 공기구멍을 게이트 상부에 설치함으로써 파도가 가진 에너지가 게이트 내 공기의 내부에너지 등으로 치환되므로 입사파에 의한 양압력을 감소시켜 없앨 수 있다.

(7) 진동

게이트는 강도상 충분한 강성을 확보하여 설계되지만, 게이트 자체가 진동하는 자유도를 갖기 때문에 미소(微小) 개도로 방류하거나 월류상태에 따른 게이트 본체가 수류와 연성되어 격렬한 진동을 일으키는 경우가 있다. 게이트 자체의 진동이 일어나지 않는 경우도 월류수막과 수막배후 공동의 공동공조가 일어날 때 등, 그에 따라 발생하는 공기의 소밀파가 주위의 민가에 저주파 소음공해로 발생할 수 있으므로 이를 고려하여 설계하여야 한다.

(8) 급기

고압게이트 하류와 같이 상류가 닫혀 있는 터널 안을 개수로 흐름이 고속으로 흘러내릴 때 흐름과 대기의 상호작용에 따라 캐비테이션으로 주위 구조물의 손상 및 그에 따른 진동, 기압저하에 따른 조작실 각 기구의 손상 및 인체에 미치는 악영향, 진동 및 공기류에 따른 소음 등이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위한 대용량 방류설비로서 예비게이트 하류측에 설치되는 부 공기관, 주 게이트 하류측의 주 공기관 및 주기관 등을 적용하여 설계하도록 한다.

(9) 유량조절용 고압수문의 수리

주 게이트·밸브에서 방류수 감세방식으로는 홍수토용의 대규모 감세공을 겸용해 대기중 또는 수중에서 수류를 감세지에 돌입시켜 분류 확산함으로써 유입에너지를 감세하는 방식과 전용의 공중방류 방식 또는 수중방류 방식의 감세공을 설치해 감세하는 방식이 있으므로 이를 고려하여 설계하여야 한다.

(10) 수리실험 (필요시)

수리모형실험은 실제 발생될 수리현상을 모형으로 재현하는 것으로, 실물의 수리기능이나 수리특성에 대해 미리 설계에 반영하는 것을 목적으로 한다. 방류시험은 시설 완성 후의 시험담수·방류시 등에 응력, 진동, 압력 등 각각의 계측 및 유황관찰을 통해 설계시 상정한 상황과의 차이를 검토하여 그 기능성 및 안전성 등을 확인하는 데 그 목적이 있다.

나) 구조설계

(1) 수문의 설계 시에는 각 부분별로 다음사항을 고려하여 설계한다.

- 작용하중에 대한 충분한 내력을 가지며 안전할 것
- 설치목적에 적합하고 충분한 기능을 발휘함과 동시에 경제적일 것

- 환경이나 경관에 적합할 것
- 점검 및 정비가 용이하고 안전할 것

(2) 수문의 구조설계에서 검토사항으로는 설계기준, 설계하중, 방식, 마모 등이 있다.

- 설계기준 : 관련 법규, 기준, 매뉴얼
- 설계하중 : 설계수위, 하중, 개폐하중, 개폐속도
- 방식(부식)
- 마모

다) 개폐 시스템설계

게이트를 움직이기 위한 동력 전달방법으로는 크게 기계식과 액압식, 공압식이 있다.

(1) 기계식 개폐장치 : 와이어로프 힌지식, 래크식, 스핀들식

(2) 액압식 개폐장치 : 유압식, 수압식

(3) 공압식 개폐장치

라) 경관설계

수문은 하천에 설치되는 대형구조물로 산간부에 설치되는 댐과 달리 사람과 인접한 장소에 설치되는 경우가 많다. 따라서 수문을 설계 할 때는 수문의 기능을 유지하는 범위 내에서 자연과 조화를 고려하여 게이트 형식, 개폐장치실, 관리교 등을 설계한다.

나. 단면 및 설계유속

1) 수문의 단면은 계획유량과 유하물이 흐를 수 있는 충분한 단면적을 확보하여야 한다.

2) 수문의 설치연장(W)은 계획홍수위를 변경하지 않는 상태에서 해당 하천의 기존 통수단면적이 수문 설치 시 통수단면적과 비교하여 1.3배 미만인 경우에는 양안 측벽의 내측은 해당하천의 계획홍수위와 제방과의 교점으로 한다. 또한 1.3배 이상인 경우에는 1.3배되는 곳까지 수문의 설치 연장을 축소할 수 있다(그림 6.1-8 참조).

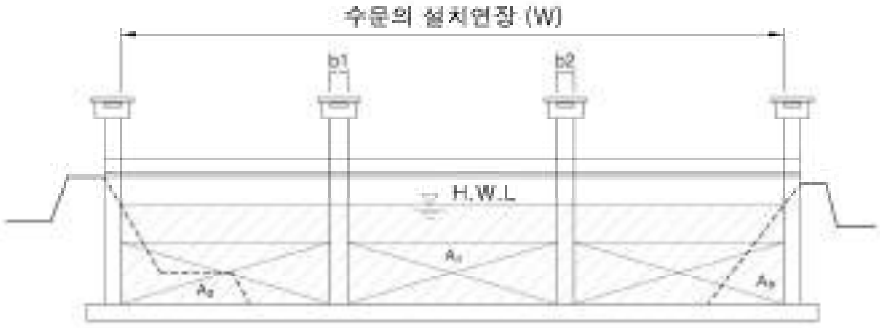
3) 수문의 경간장(인접한 문기둥의 중심간 거리를 말한다.)은 하천상황, 지형상황, 계획홍수량, 경제성, 시공성 등을 고려하여 결정하되 표 6.1-7 값으로 한다. 단, 산간협착부 또는 하천상황 및 지형상황이 치수상 지장이 없는 경우에는 이 기준을 따르지 않아도 된다.

〈 계획홍수량에 따른 경간장 〉

(표 6.1-7)

계획홍수량 (㎥/s)	경간장 (m)	
	일반구간	배사 및 통선구간
500 미만	15 이상	12.5 이상
500 이상 2,000 미만	20 이상	12.5 이상
2,000 이상 4,000 미만	30 이상	15 이상
4,000 이상	40 이상	20 이상

4) 표 6.1-7에서 수문의 설치연장(W)이 30 m 미만인 경우 2경간 이내에서 경간장을 12.5 m 이상으로 설치할 수 있다. 또한 문짝의 높이가 2 m 이하인 경우에는 문짝의 높이와 가로길이 비가 1/10값 (15 m 미만인 경우 15 m) 이상으로 설치할 수 있다. 그 외 사항은 '하천설계기준 · 해설(2019, 한국수자원학회, 하천협회)'에서 제시된 하천수문 '4.2.4 단면'을 참고하여 계획한다.



기존 통수단면적 : A_1, 수문설치 시 통수단면적 : $A_1 + A_2 + A_3$

(그림 6.1-8) **〈 통수단면적 산정 예 〉**

다. 수문 설계

1) 본체

가) 수문의 본체는 바닥판, 측벽, 문기둥, 조작대, 조작실, 관리교, 월류방지벽, 흉벽, 날개벽 등으로 구성되며 일반적으로 수문의 본체는 문짝을 제외하고 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

나) 형식은 기초지반, 공사비, 시공성을 고려하여 결정하며, 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다.

(1) 수문 본체의 형식은 <그림 6.1-3>과 같이 소규모일 경우에는 사각형, 대규모일 경우에는 역T자형, 중규모일 경우일 때는 U자형으로 하고 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정한다.

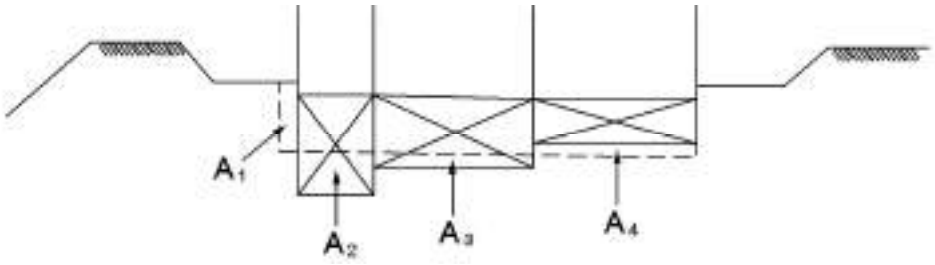
2) 바닥고

가) 수문의 바닥높이는 설치목적에 따라 결정하지만 현하상고와 계획하상고를 고려하여 유수소통과 퇴사로 인한 문짝 개폐에 지장이 없도록 결정하여야 한다.

(1) 수문의 바닥이 너무 낮으면 토사가 침전하여 유효단면적이 감소하고, 너무 높으면 통수능력이 감소하므로 현재 하상고와 장래의 하천정비계획 등을 검토하여 설치 후에 그 기능이 충분히 유지될 수 있도록 바닥고를 결정한다.

(2) 하폭이 넓고 하상이 동일하지 않은 하천에서 수문의 턱을 하상의 가장 낮은 곳에 맞추어 동일 표고로 설치하면 하상보다 깊은 턱을 가진 부분이 생기므로 토사 퇴적으로 문짝 개폐가 어려울

수 있다. 따라서 유하단면을 축소하지 않는 범위 내에서 경간을 분할하여 자연하천의 횡단형과 가급적 비슷하게 <그림 6.1-9> 턱 높이를 결정하는 것이 좋다.



단, $A_2 + A_3 \geq A_1 + A_4$ 이어야함.

(그림 6.1-9) **< 수문 턱 높이 결정 >**

3) 바닥판

가) 수문의 바닥판은 상부 하중을 지지하고 문짝의 수밀성 확보와 물받이 역할을 할 수 있는 구조로 한다.

(1) 바닥판이 받는 하중은 측벽 또는 문기둥의 하중과 문짝 하중이 있다. 본체의 형식이 상자형은 BOX 모양으로 구조적으로 가장 안전하고, 역T자형은 측벽 또는 문기둥의 기초와 중간 바닥판이 분리되어 작용하고, U자형은 중간 바닥판이 없어 모두 본체 바닥판에 작용한다.

(2) 바닥판의 기초는 부등침하가 발생하지 않아야 한다. 또한 바닥판과 문짝 사이와 측벽 및 문기둥 기초와 중간바닥판 사이에는 수밀성이 확보되어야 한다.

(3) 바닥판은 물받이 역할도 하므로 양압력 및 유수에 안전한 구조로 하여야 한다.

(4) 바닥판의 두께는 양압력에 대응하고, 하중을 지지하는 것 외에도 문틀을 설치할 수 있는 충분한 두께를 가져야 한다.

4) 측벽

가) 측벽은 측면 토압과 문짝을 지지하고 상부하중 및 수압을 안전하게 바닥판에 전달하는 구조로 한다.

(1) 측벽은 문짝을 닫았을 때 문짝을 지지하고 관리교를 지지하는 문기둥의 아래 부분을 말하며, 중간부와 양단부로 구분된다. 측벽의 단면적은 홍수와 지진 시의 지지력, 전도, 활동 등에 대해 안전한 구조로 설계하여야 한다.

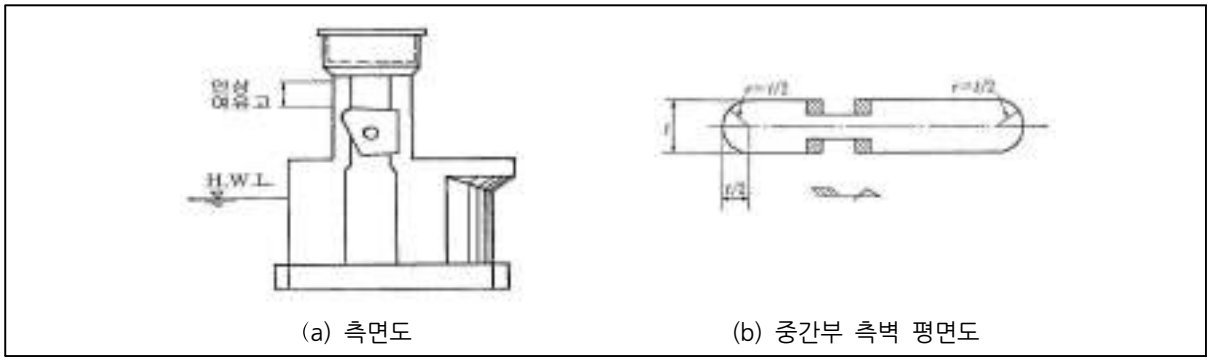
(2) 측벽의 상단고는 관리교 설치조건 등을 고려하여 일반적으로 계획제방고까지로 하고 있으나 관리교 슬래브 두께를 감안하면 더 높게 하여야 한다.

(3) 측벽은 지지력, 전도, 활동에 안전하고, 문기둥 폭, 문틀설치 등을 감안한 충분한 두께를 가져야 한다. 측벽으로 인한 하폭저해률(측벽 설치 폭이 하폭에 차지하는 비율)은 전체 하폭의 10%를 초과하지 않아야 한다.

(4) 중간부 측벽의 상·하단은 물 흐름을 원활하게 하는 형상(반원형, 방추형, 삼각형 등)으로 한다.

(5) 측벽의 길이는 문틀, 문기둥 폭, 관리교 폭 등을 감안하여 설치한다. 측벽의 길이는 바닥판의

길이와 같게 하지만 필요에 따라서는 길이가 짧은 경우도 있다.



(a) 측면도 (b) 중간부 측벽 평면도

(그림 6.1-10) **〈 측벽 및 문기둥 〉**

5) 문기둥

가) 문기둥은 물 흐름의 지장을 적게 받는 형상으로 하고, 문짝을 지지하고 상부하중 및 수압을 안전하게 바닥판에 전달하는 구조로 한다.

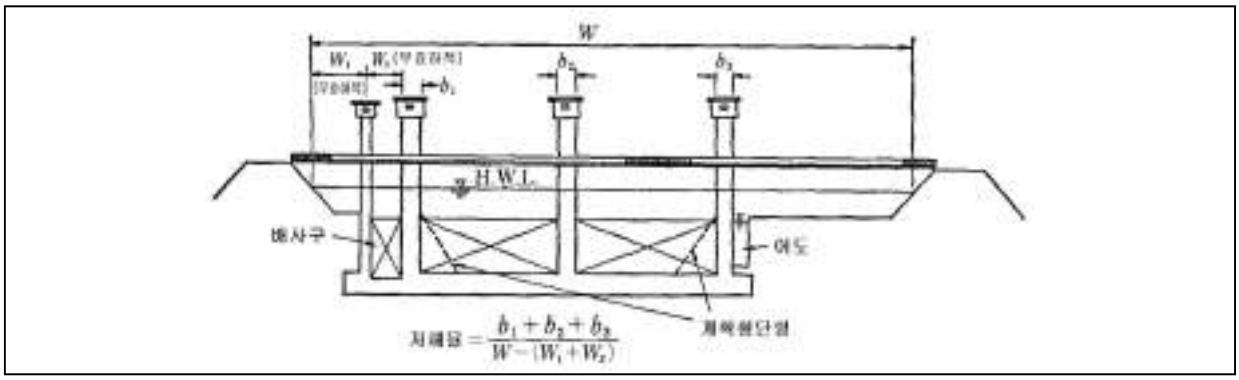
(1) 문기둥의 형상은 유수의 저항을 적게 받도록 양쪽 끝부분을 반원형, 삼각형, 또는 방추형 등으로 한다. 또한 문짝을 닫았을 때 문짝을 지지하고 관리교 및 상부하중을 지지하고 홍수와 지진시의 지지력, 전도, 활동 등에 대해 안전한 구조로 설계하여야 한다.

나) 문기둥의 두께는 관리교의 폭, 문짝의 치수, 조작실의 규모를 고려하여 결정하고, 문기둥에 의한 저해률(문기둥 설치 폭이 수문 설치연장에 차지하는 비율)은 수문 설치연장의 10 %를 초과하지 않아야 한다.

(1) 문기둥의 두께와 폭은 관리교의 폭, 문짝의 치수, 조작실의 규모를 고려하여 결정하는데 문기둥의 전체 두께가 계획홍수가 흐를 때 수문 설치연장(W)의 10%를 초과 할 경우에는 배수효과에 따른 상류측 수위를 분석하여 필요한 경우 수문의 설치연장을 확장 할 필요가 있다.

다) 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.

(1) 문짝의 여유고는 문짝의 제작 설치사양과 유지관리를 고려하여 정한다. 문짝관리에 필요한 높이는 문짝의 크기, 인상여유고 외에 활차 등의 부속품 높이와 개폐속도 등을 고려하여 약 1 m 이상으로 하는 것이 좋다.



(그림 6.1-11) **〈 수문의 문기둥에 의한 저해율 산정방법 〉**

6) 조작대 및 조작실

가) 문기둥 상부에는 개폐장치, 조작반 등을 설치하기 위한 조작대를 설치하여야 하고, 원칙적으로 조작실도 설치한다.

(1) 구조상 조작대가 필요 없는 유압실린더식과 전도식 등을 제외한 인양식은 개폐장치 등을 설치·조작하기 위한 조작대를 설치하여야 한다. 또한 악천후에서도 조작반 등을 보호하고 확실하게 문짝을 조작할 수 있는 상태를 유지하기 위해 조작실을 설치하는 것을 원칙으로 한다.

나) 조작실은 개폐장치 설치와 조작에 필요한 충분한 여유 공간을 확보하고 주변경관과 조화로워야 한다.

(1) 조작대와 조작실은 개폐장치, 조작반, 비품비치, 조작인 대기, 보수를 위한 기계의 반출입 등을 위한 충분한 공간이 있어야 하고, 형상이나 색채가 주변경관과 조화로워야 한다.

7) 관리교

가) 수문에는 원칙적으로 관리교를 설치한다. 단, 전도식수문 및 소형수문과 같이 관리교 설치가 필요 없다고 인정되는 경우는 예외로 한다.

(1) 관리교의 폭은 접속하는 도로의 교통량과 중요성, 수문관리 및 수방활동 시 교통량 등을 고려하여 결정한다.

나) 관리교의 폭은 수문의 유지관리와 연결도로의 폭을 고려하여 결정한다.

다) 관리교의 높이는 계획홍수위에 홍수량에 따른 제방여유고 기준 값을 더한 높이 이상으로 한다.

(1) 관리교의 슬래브 하단높이는 KDS 51 50 05(하천제방)에서 규정한 계획홍수위에 제방여유고 기준 값을 더한 높이 이상으로 설치하여야 한다.

라) 관리교는 설계하중에 안전한 구조로 하여야 한다.

(1) 관리교의 하중은 일반도로와 겸하여 사용할 경우에는 KDS 24 00 00(교량설계기준)에 따라야 한다. 관리교를 문짝 및 개폐시설의 조립과 제방관리용 등의 사용 여부에 따라 달라진다. 대형문짝의 수리는 비홍수기에 시행하므로 관리교 위에서 크레인에 의해 조립, 설치하는 것은 비경제적일 수 있다. 따라서 수문의 완성 후 점검, 부품교체, 보수에 필요한 정도의 하중만 고려하는 것이 바람직하다. 스톱로그(stop log)의 설치 및 철거에 필요한 하중은 고려하는 것이 좋다.

(2) 내진설계 대상 수문에서 관리교는 지진력에 안전하고, 지진 시 낙교(落橋)가 되지 않는 구조로 하여야 한다.

8) 월류방지벽

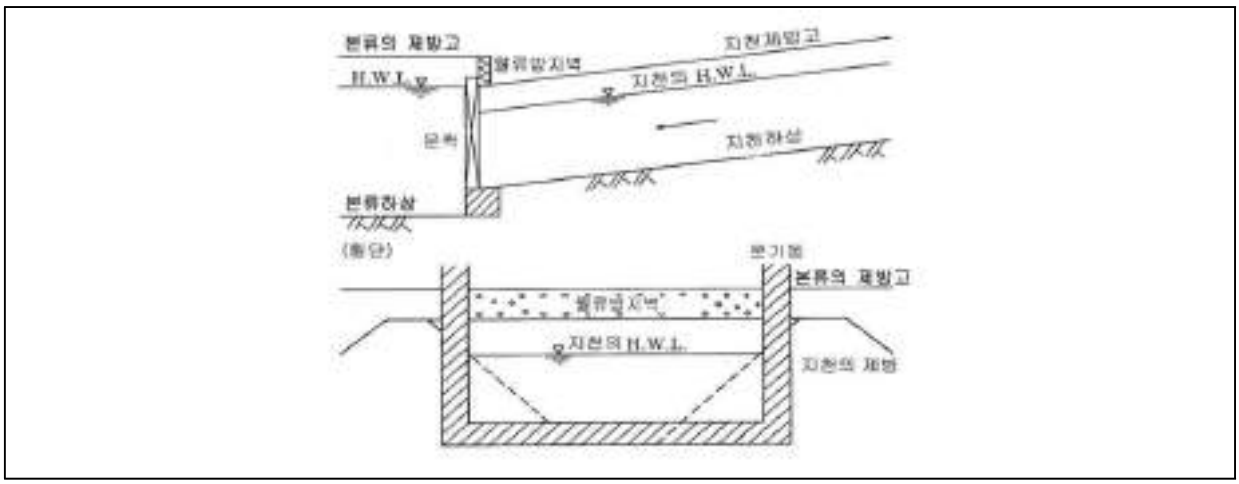
가) 수문 설치 시 해당 하천의 계획홍수위가 본류 하천의 계획홍수위 또는 계획고조위보다 낮은 경우에는 역류방지를 위한 월류방지벽을 설치하여야 한다.

(1) 수문에서는 문짝을 닫았을 때 역류방지를 위한 월류방지벽의 높이가 제방고 역할을 할 수 있어야 하고, 수압 및 외력에 견딜 수 있는 구조로 하여야 한다.

나) 문짝을 열었을 때 문짝의 하단고는 수문이 접한 계획제방고 이상으로 하고, 문짝을 닫았을 때 문짝의 상단고 또는 월류방지벽의 상단 높이는 수문이 접한 계획제방고 이상으로 한다.

(1) 문짝을 열었을 때 문짝의 하단고는 유하물 걸림 등을 방지하기 위해 교량하부에서 확보하여야 하는 정도의 여유고가 필요하며, 문짝을 닫았을 때 월류방지벽의 상단고는 제방과 같은 규모의 높이가 필요하다.

(2) 선박통행이 있을 경우에는 항행에 지장을 주므로 선박의 규모를 고려하여 높이를 설정하는 것이 필요하다.



(그림 6.1-12) **〈 수문의 월류방지벽 설치 사례 〉**

9) 흉벽 및 날개벽

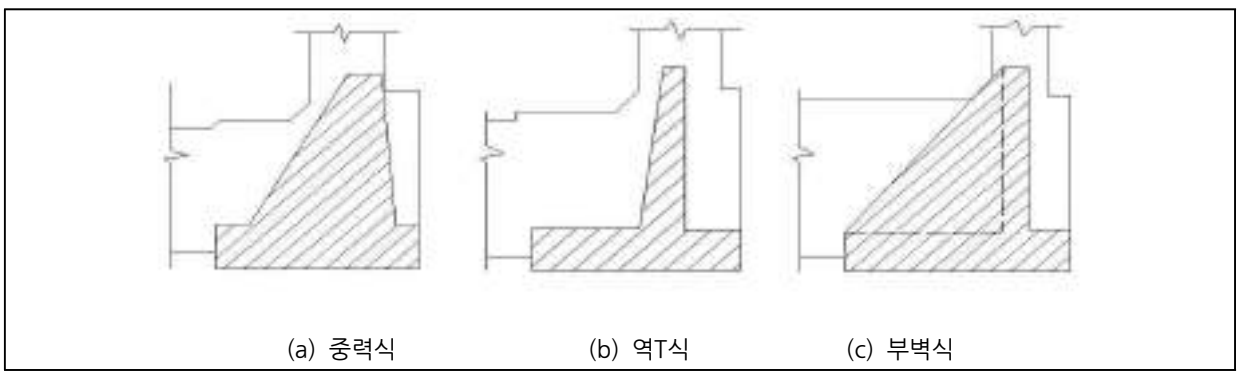
가) 흉벽은 본체와 일체된 구조로 하고 수문의 본체와 제방 내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계해야 한다.

(1) 흉벽은 침투길이를 길게하여 본체와 제방 사이의 흙 입자의 이동 및 유출을 방지하고 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 일시적으로 방지하기 위해 설치하는 것이다.

(2) 구조 형식은 <그림 6.1-13>과 같이 중력식, 역T식, 부벽식 등이 있으나 역T식이 일반적이다.

(3) 흉벽은 본체와 일체구조로 설치하고 토압 등에 대해 자립이 가능하도록 하는 것이 좋다.

(4) 흉벽 상단은 계획제방단면 내로 하는 것이 원칙이지만 필요시 시공단면 내로 할 수 있다.

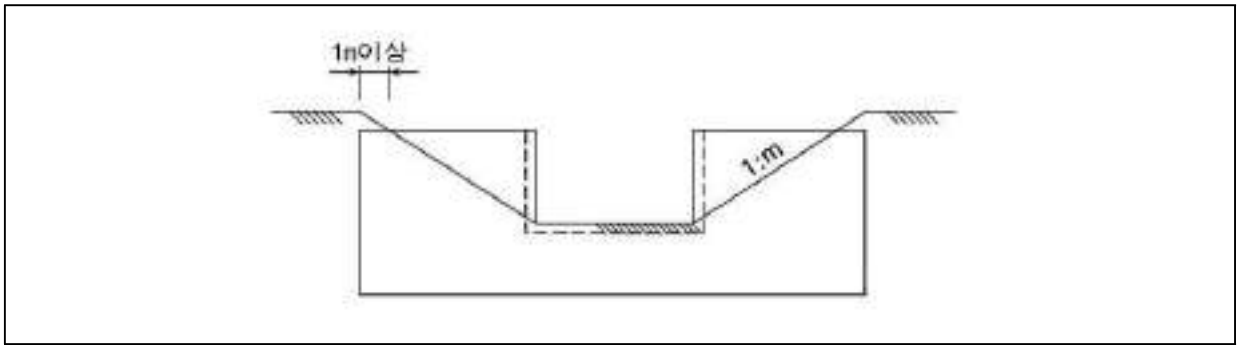


(그림 6.1-13) **〈 흉벽의 구조형식 〉**

나) 날개벽을 본체와 분리 설치할 경우 연결부는 수밀성을 확보할 수 있는 구조로 한다.

(1) 날개벽은 원칙적으로 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 하는데, 연결부에는 지수판 및 신축재를 이용하여 구조상 변위가 발생하여도 수밀성이 확보되어야 한다.

(2) 날개벽 단부는 <그림 6.1-14>와 같이 접합부 수로의 비탈사면에 1 m 이상 감입하고 세굴로부터 날개벽 보호를 위해 지수벽을 설치하는 것이 바람직하다.



(그림 6.1-14) **< 날개벽단부 설치 사례 >**

10) 연결호안 및 바닥보호공

가) 연결호안은 유수작용으로부터 제방 및 하안을 보호하는 역할을 하고, 구조적으로 안전하며 하천환경을 고려해서 설계되어야 한다.

나) 연결호안의 설치 폭은 구조물 양끝을 기준으로 20 m 이상 혹은 굴착 폭 중 큰 범위 이상으로 하며, 관리교 아랫부분의 경우에는 관리교 끝단에서 45°이상으로 설치한다.

(1) 하천에 구조물을 설치하면 수위 및 유속의 변화로 제방, 하안, 고수부지 등의 보호시설이 필요하다. 연결호안의 설치범위는 구조물의 양 끝에서 20 m 이상으로 하고, 식생의 서식이 어려운 관리교 아래에도 관리교 끝단에서 45° 이상까지 호안을 설치하는 것으로 한다. 연결호안의 형식 및 종류는 KDS 51 50 10(하천호안)을 참고하면 된다.

다) 세굴이 예상되는 수문의 유입부와 유출부에서 바닥보호공을 설치하여야 한다 <그림 6.1-15>. 또한 바닥보호공은 수문 본체의 안전을 유지하기 위해 필요한 길이와 구조를 가져야 하고 하천환경을 고려해서 설계하여야 한다.

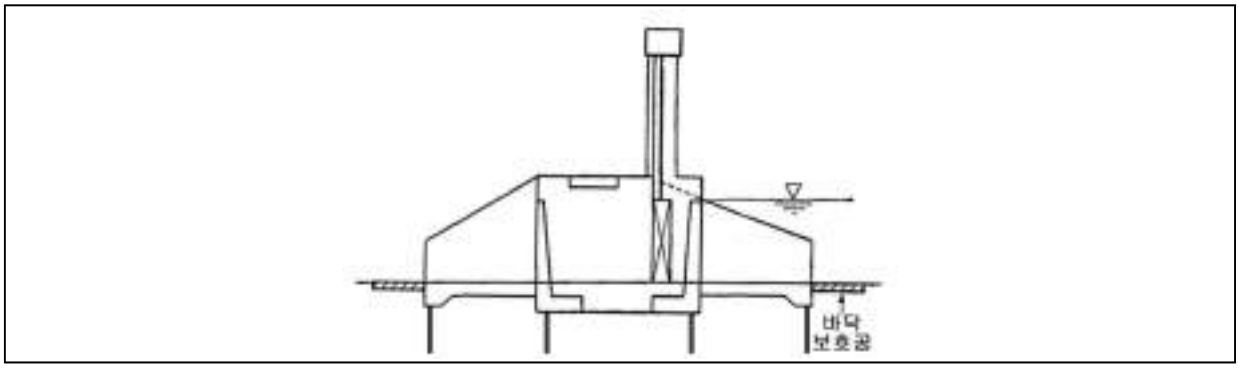
(1) 유입부와 유출부의 물받이와 하상의 접합부에는 이질적인 재료에 의한 세굴이 발생할 위험이 있다. 따라서 하상이 암반 등으로 되어 있지 않는 수문의 유입부와 유출부의 날개벽 끝에는 기준그림 <그림 6.1-15>과 같이 충분한 길이의 바닥보호공을 설치하여야 한다.

라) 필요시 고수부지의 세굴을 방지하기 위한 보호공을 설치할 수 있다.

(1) 수문을 저수로부에만 설치할 경우 유수에 의해 고수부지 세굴이 발생할 수 있다. 이 경우 고수부지 세굴방지를 위한 보호공 설치가 필요하다.

(2) 바닥보호공은 유수력에 안전하고 굴요성이 있어야 하며 하천환경을 고려하고 KDS 51 50 20 (하천하상유지시설)의 규정을 참조하여 설치하면 된다.

(3) 유지관리를 위해 제방 둑마루에서 고수부지까지 계단 또는 사다리를 설치하는 것이 바람직하다.



(그림 6.1-15) **〈 수문의 바닥보호공 설치 사례 〉**

11) 차수공

가) 제방과의 접촉면을 따라 발생하는 침투수의 침투경로를 길게 하고 수문 하부의 토사유동과 세굴에 의한 토사흡출을 방지하기 위해 적절한 차수공을 설치해야 한다.

(1) 차수공은 내·외측 수위 차에 의한 침투수를 감소시키고, 수문 하부, 측면을 통한 토사유동과 세굴에 의한 토사흡출을 방지하기 위해 설치한다. 그 재료는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선택하며 그 깊이, 길이, 설치위치는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 검토하여 결정하는 것이 바람직하다.

(2) 수문의 차수공은 표준적인 계산방법이 없으므로 다음의 블라이(Bligh, 1910)식 또는 레인(Lane, 1935)식 등을 이용하여 수문 하부와 측면부에 대해 수직과 수평방향의 침투로 길이를 산정할 수 있으며, 과거 사례 등을 고려하여 필요한 길이를 결정하고 본체와 이탈되지 않게 설치하는 것이 좋다.

◎ 블라이식

$$L \geq C\,\Delta H$$

여기서 L 는 침투로의 길이 (m), C 는 지반의 종류에 따른 계수 (해설표 6.1-8 참조), ΔH 는 상하류의 수두차 (m)이다.

◎ 레인식

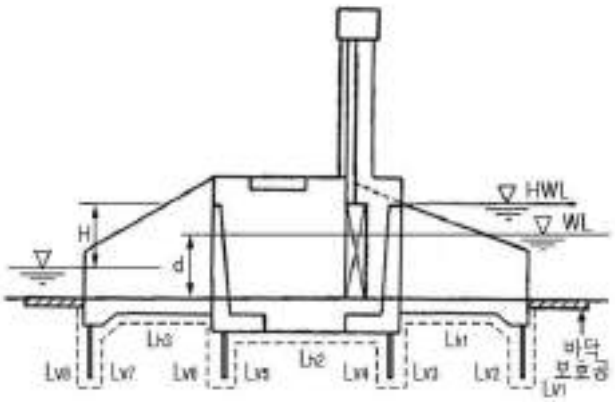
$$C = \frac{L}{\triangle H} \text{ 와 } \frac{L}{d} \text{ 중 큰 값 적용,} \qquad L = \frac{\Sigma L_h}{3} + \Sigma L_v$$

여기서 C 는 가중침투로비 (해설표 6.1-8 참조), L 는 가중침투로 길이 (m), d는 물받이공 상단에서 최대수위까지 높이(갈수시), $\triangle H$ 는 상하류 수위차(홍수시), ΣL_h 는 최단거리의 유선을 따라 수평거리의 합 = $L_{h1} + L_{h2}$, ΣL_v는 최단거리의 유선을 따라 수직거리의 합 = $L_{v1} + L_{v2}$ 이다.

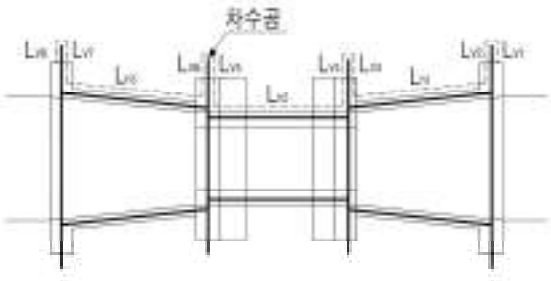
〈 레인의 가중 삼투로비 및 블라이 C 값 〉

(표 6.1-8)

흙의 종류	Lane 가중침투로 비	Bligh C 값
매우가는 모래, 실트 (0.05～0.1㎜)	8.5	18
가는 모래 (0.1～0.25㎜)	7.0	15
중간 모래 (0.25～0.5㎜)	6.0	-
굵은 모래 (0.5～1.0㎜)	5.0	12
가는 자갈	4.0	-
중간 자갈	3.5	-
자갈과 모래 혼합	-	9
연약～중간 점토	2.0～3.0	-
호박돌 자갈과 모래	-	4~6
단단한 점토	1.8	-
견고한 지반	1.6	-



(a) 수문하부 침투로



(b) 수문측면 침투로

(그림 6.1-16) **< 차수공의 배치 및 침투경로 >**

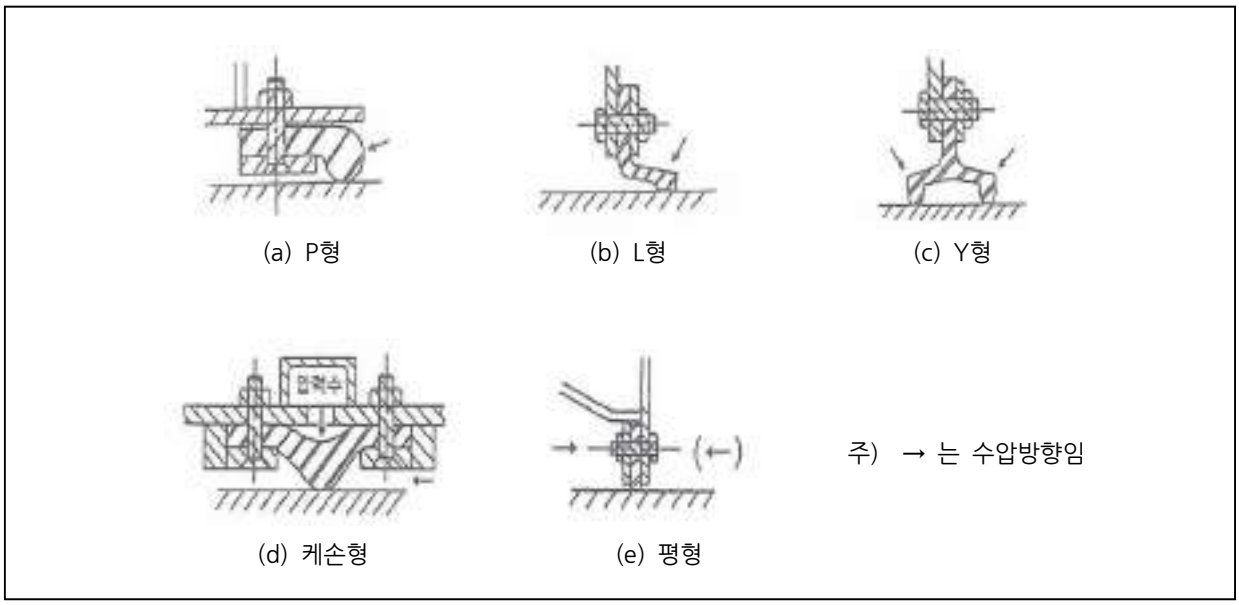
(3) 차수공은 강널말뚝을 많이 사용하고 있으며 본체와 이탈되지 않게 설치하여야 한다. 또한 부등침하나 토압에 의한 변위가 발생 시 구조물에 손상을 주므로 변위를 흡수하기 위해 필요할 경우에는 수평방향으로 가동성을 가지는 강널판 구조로 하는 것이 좋다.

(4) 그 외 사항은 '제7편 하천공통설계 제4장 차수설계'를 참조한다.

12) 수밀공

가) 문짝의 수밀재는 수밀성이 좋고 내구성이 크고 유해한 진동과 공동현상(cavitation)을 일으키지 않는 구조로 하고 교체 및 교정이 용이해야 한다.

(1) 문짝의 수밀부는 주로 스테인레스 강판, 동합금판, 고무 등으로 설치한다. 수밀부는 일반적으로 고무가 많이 사용되고 있으며 수밀을 유지할 수 있는 적절한 형상을 가지고 있어야 한다. 수밀고무의 형상은 P형, L형, Y형, 케손형, 평형 등이 있다.



(그림 6.1-17) **〈 수밀부 형상 〉**

13) 부속시설 및 설비

가) 어도 및 통문(통선문)의 설계는 KDS 51 40 10(하천어도) 및 KDS 51 40 20(내륙주운시설)의 규정에 따른다.

나) 수문에는 조작 및 유지관리를 위해 필요시 부속설비를 설치한다.

라. 수문의 안전성

1) 수문은 하중, 전도, 활동, 기초지지력에 대한 소정의 안전성을 확보하여야 하며, 내진설계 대상 수문은 지진에 대한 소정의 안전성도 확보하여야 한다.

2) 수문설계의 주된 하중으로는 자중, 자동차하중, 토압, 정수압, 양압력, 지진시 관성력, 동수압, 온도하중, 잔류수압, 풍하중, 설하중 등이 있다.

3) 수문설계 시 정수압 하중에 대한 수위조건은 계획홍수위(감조구간에서는 계획고조위)와 수문바닥고 또는 저수위(LWL)로 한다.

〈 수문 설계의 수위조건 〉

(표 6.1-9)

구분	설계수위	
	외수위	내수위
반배수제(Semiback levee)에 의한 지천 처리방식으로 설치된 수문	외수의 계획홍수위 (감조구간에서는 계획고조위)	수문의 바닥고 또는 내수의 저수위(LWL)
자기류제에 의한 지천 처리방식으로 설치된 수문	외수의 계획홍수위 (감조구간에서는 계획고조위)	수문의 바닥고 또는 내수의 저수위(LWL)
분류점 등에 설치되는 수문	외수의 계획홍수위 (감조구간에서는 계획고조위)	수문의 바닥고

4) 수문의 설계에 이용하는 하중은 수문의 위치와 규모, 문짝, 측벽, 문기둥의 형식등을 고려하여 해당 주된 하중에 대해 검토해야 한다.

가) 자중 : 수문 재료의 단위체적 중량으로 구한다.

나) 자동차하중 : 도로교 설계기준에 따라 표준트럭하중(DB 하중) 또는 차로하중(DL 하중)을 적용한다.

다) 토압: 평상시와 지진시에 대해 계산한다.

라) 정수압: 수문 내·외측 수위에 대해 문짝의 조작을 감안하여 수위를 조합하여 검토한다. 여기서 정수압은 해설표 6.1-9의 수위조건으로 한다.

마) 퇴적토압: 퇴적토의 연직력은 수중중량을 취하고, 수평력은 다음 식으로 구한다.

$$P_e = C_e W_1 d$$

여기서 P_e는 수평방향 토압 (kN/㎡), C_e는 퇴적토압계수 (0.4 ~ 0.6), W_1는 퇴적토의 수중단위중량 (kN/㎥), d는: 퇴적토의 깊이 (m)이다.

바) 양압력: 수문 조작조건 중 내·외측 수위차가 최대수위일 때의 양압력을 적용한다.

사) 지진시 관성력: 지진 시의 관성력은 수평방향에 대한 것만 고려한다.

아) 지진시 동수압: 수문에 작용하는 지진시 저류수의 임의수심에 대한 정수압은 수문에 수직으로 작용하는 것으로 한다. 과거 사례에서 지진과 홍수가 동시에 작용하지 않는바, 일반구간에서는 지진시 관성력과 동수압은 평수위 조건으로 하고, 해수영향구간에서는 삭망평균조위 및 파랑의 영향을 고려하여 검토한다.

자) 온도하중: 온도의 변화를 ±15℃로 하고, 팽창계수는 강재 12×10^{-6}, 콘크리트 10×10^{-6}으로 한다.

차) 파압(波壓): 파압은 바람과 지진에 의한 파랑고를 고려하여 구한다.

카) 잔류수압: 잔류수압은 수문의 조작에 의한 수위조합 조건에 따라 결정한다.

타) 풍하중: 풍하중은 3 kN/㎡으로 한다.

파) 설하중: 강설량을 고려하여 설정하고, 지진특성에 따라 증감할 수 있다.

6.2 수량 산출 요령

6.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.0	수 문				
1.1	토공사				
1.1.1	터 파 기				
1)	터파기(육상 0~3m)	인력	㎥		
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		
1.1.2	되메우기				
1)	되메우기	인력	㎥		
2)	되메우기	기계	㎥		
1.1.3	비탈면보호공				
1)	줄 떼		㎡		
2)	평 떼		㎡		
1.1.4	씨앗뿜어뿌리기(Seed Spray)	성토면	㎡		
1.1.5	거적덮기		㎡		
1.1.6	잔토처리		㎥		
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.2	콘크리트 펌프카				
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50～100㎥/일	㎥		
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0~7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0~7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0~7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0~7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0~7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0~7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0~7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0~7m	㎡		
⑨	무늬거푸집	0~7m	㎡		
2)	유로폼	0~7m	㎡		
1.2.4	철 근				
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
5)	철근 조립	(간단)	ton		
6)	철근 조립	(보통)	ton		
7)	철근 조립	(복잡)	ton		
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		
1.2.7	잡철물제작설치(난간)	(간단)	ton		
1.2.8	스페이서 설치				
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.2.9	모르타르				
1)	모르타르(1:2)		㎥		
2)	모르타르(1:3)		㎥		
3)	모르타르(1:4)		㎥		
1.2.10	잡석부설		㎥		

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
2)	수팽창지수재 설치		m		
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		
1.2.13	P.V.C PIPE		m		
1.2.14	수문				
1)	문비		식		
2)	문틀		식		
3)	개폐장치		식		
1.3	부대공사				
1.3.1	가물막이		㎥		
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.3.2	물푸기		hr		
1.3.3	기존구조물 철거				
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
3)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
4)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
5)	석축 헐기		㎡		
6)	기존호안블록 헐기		㎡		
7)	돌망태 헐기		㎡		
1.3.4	운반공				
1)	중기 운반		식		
2)	철근 운반		ton		
3)	시멘트 운반		40kg/대		
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
5)	골재 운반		㎥		
1.3.5	가설사무실 설치		㎡		
1.3.6	세륜시설 설치		개소		
1.3.7	오탁방지막 설치		식		
1.3.8	축중기 설치		조		
1.3.9	시공측량비		개소		

6.2.2 일반사항

1) 수량 산출은 공정 순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공사

나) 구조물공사

다) 부대공사

2) 수량 산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다.

※ 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출

3) 유용토 및 공제토

가) 유용토

구조물공 및 기타 등의 잔토 유용

※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리

4) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출 집계한다.

5) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

6) 수량 산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

6.2.3 구조물공사

가. 수문 설치(식)

1) 수문은 설치목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성 등을 종합 고려하여 형식을 결정한다.

2) 수문은 특성에 따라 설치 및 자재에 대해 견적을 원칙으로 한다.

6.3 단가 산출 요령

가. 토공사 및 부대공사

토공사의 단가 산출은 '제2편 제1장 하천제방 및 제7장 하천통문'의 단가 산출 요령에 준한다.

나. 수문

수문에 관한 단가 산출에 있어 일반공정 단가는 건설공사 표준품셈 적용을 원칙으로 하고, 수문구입 및 설치단가는 전문업체에 의한 견적 단가를 적용한다

제7장 하천통문

제7장 하천통문

7.1 설계 요령

7.1.1 일반사항

가. 정의

통문이란 사각형 단면으로 제방을 관통하여 설치하고 그 끝단 또는 중간에 개폐 문짝을 설치한 구조물을 말하며, 구조 형식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

1) 통문 : 사각형 단면으로 제방을 관통하여 설치하고 그 끝단 또는 중간에 개폐문짝을 설치한 구조물
2) 통관 : 원형 단면으로 제방을 관통하여 설치하고 그 끝단에 개폐문짝을 설치한 구조물
3) 육갑문 : 제방을 관통하여 평상시에는 통행로로 이용하고 홍수 시에는 문짝을 닫아 제방 역할을 하는 구조물
4) 암거 : 통문과 통관의 형태를 갖고 있으나 제내지가 높아 개폐문짝을 설치하지 않는 구조물



통문	통관	육갑문	암거

(그림 7.1-1) **< 하천통문 사례 >**

나. 적용범위

본 설계 요령은 하천 제방에 설치되는 하천통문 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 26)(2023, 환경부)
3) 하수도 설계기준(KDS 61 00 00)(2019, 환경부)
4) 소하천 설계기준(2020, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 하천시설물 표준도(2023, 환경부)
3) 도로설계편람(2022. 국토교통부)
4) 국도건설공사 설계실무 요령(2021. 국토교통부)

마. 설계일반사항

1) 하천통문 계획홍수위 이하의 유수작용에 대하여 안전한 구조로 설계 한다.
2) 하천통문 유출부 하상 혹은 고수부지 등의 세굴을 방지 할 수 있는 구조가 되도록 설계한다.
3) 설계홍수량을 안전하게 통수시킬 수 있는 규모로 하천통문 단면을 결정한다.
4) 제체를 통과하는 하천통문은 제방안전에 지장을 줄 우려가 많으므로 하천통문의 설치지역을 최소화 한다.
5) 수문명칭 명기시 하천기본계획 및 시설물정보관리종합시스템(FMS)의 명칭을 고려하여 명기토록 한다. 또한 명칭 적용시 하천설계기준 시설구분 및 시설정의를 고려하여 수문, 통문, 통관, 암거를 명확하게 구분하여 명기하도록 한다.
6) 하천통문 유지관리를 위해 제내·외측 비탈면에 점검계단을 설치할 수 있으며, 유지관리시 관리자의 안전확보를 위해 안전고리 결속을 위한 고정시설을 설치할 수 있다.

7.1.2 사전조사

하천통문 설치를 위한 사전조사는 하천설계기준(KDS 51 00 00)를 참고하여 실시한다.

7.1.3 하천통문 계획

가. 기본 방향

1) 하천통문은 기존 수로의 배수체계를 고려하여 계획한다.
2) 하천통문의 단면은 유출량을 계산하여 결정하되, 가급적 상·하류의 기존 수로규모를 고려하여 계획하고, 가능한 련수를 최소화하여 계획하는 것이 구조물 유지관리상 유리하다.
3) 하천통문은 제방에 직각으로 최대한 간단한 구조물로 설치하되, 본류 방류하천 및 유입수로의 방향등을 고려하여 원활한 내수배제가 가능한 형태로 계획하는 것이 바람직하다.
4) 하천통문의 유출부와 저수로까지의 연결수로는 하상변동이 심한 곳에 계획되므로 수로 비탈면 및 수로바닥 보호를 위한 적절한 대책을 수립한다.
5) 하천통문으로 유입되는 제내지측 배수로가 인근 산지 또는 습지대와 인접하여 생태통로 기능으로서 중요한 구간일 때에는 배수로를 생태통로 기능을 갖는 구조로 계획하는 것이 바람직하다.
6) 본류로 유입되는 지류가 하천법을 적용받는 하천일 경우, 지류 하구부에 수문을 설치하는 것은 가급적 지양하고 배수제방을 설치한다. 그러나, 염해 및 배수제방 설치에 따른 과다한 공사비, 편입토지가 발생할 경우에는 수문이 설치되는 자기류제방 및 반배수제방을 발주처와 협의하여 검토한다.
7) 기존 하천통문을 보강하는 경우, 지반의 부등침하, 콘크리트의 노후 및 균열, 이음 부분의 변형, 암거 및 날개벽 접속부의 변형 등을 조사하여 적절한 보강대책을 수립한다.

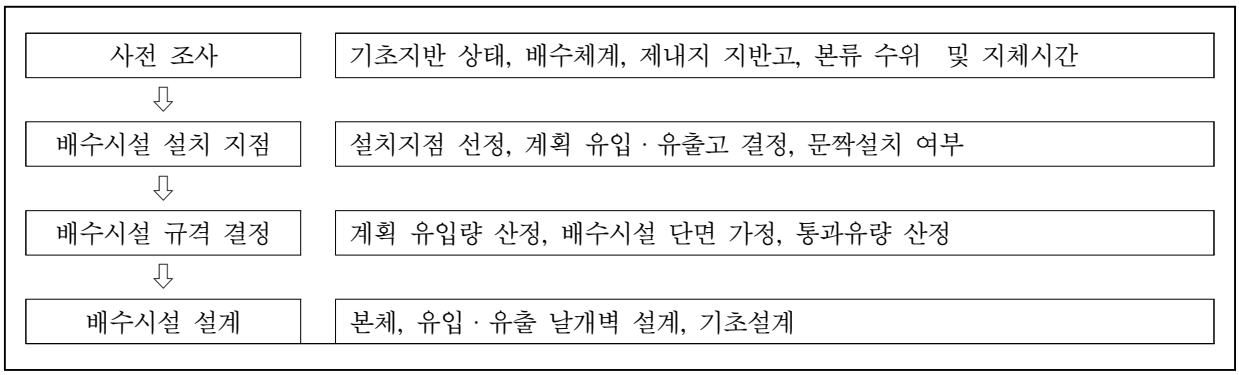
8) 기존 배수구조물 설치지점에 하천통문을 재 설치할 경우에는 기존 구조물을 완전히 제거한 후 설치한다.

9) 배수펌프장의 방류관로에 연결되는 배수통문의 유출부에는 날개벽을 설치한다.

10) 배수펌프장 토출수조와 방류관로 사이는 진동절연구조로 계획하여 펌프 운전으로 인한 제방에 미치는 영향을 최소화 한다.

나. 하천통문 계획

하천통문 계획 및 설계 절차는 다음과 같다.



(그림 7.1-2) **< 하천통문 계획 및 설계 절차 >**

1) 설치위치

가) 수충부나 연약지반은 피하고, 본류하상이 안정된 지점에 설치한다.

나) 고수부지가 넓은 지점은 홍수로 인한 토사 퇴적으로 수로 또는 통(문)관이 매몰되는 등 유지관리가 어려우므로 가급적 피한다.

다) 하폭이 급변하지 않고, 유수에 의한 세굴과 퇴적 등이 적은 지점에 설치한다.

라) 낙차공, 보, 교량 등의 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.

마) 제내지측 배수가 목적이므로 제내지반 중에서 가장 낮은 지점을 선택한다.

2) 하천통문 바닥고 결정

가) 하천통문의 바닥고는 연결되는 방류하천의 계획 하상고, 유입수로 바닥 표고, 장래의 하천개수계획 등을 검토하여 개수후에도 그 기능이 충분히 유지될 수 있도록 결정한다.

나) 유출부 바닥고는 연결수로 등 방류하천의 현재 혹은 계획하상고등을 검토하여 결정한 후, 본체 내 통과유속이 제 기준 범위 내에 적합하도록 유입부 바닥고를 결정한다.

3) 하천통문 기초설계

가) 하천통문의 설치위치는 일반적으로 배수지역 하류부 제내지의 지반고가 낮은 곳으로 지반이 좋지 않은 경우가 많기 때문에 구조물의 침하 또는 제방의 침하에 의한 균열발생, 구조물 기초부의 연약지반과 관련된 제반 문제에 대한 대책을 충분히 검토한다.

나) 하천통문의 기초형식은 직접기초를 원칙으로 한다.

다) 연약지반상 계획되는 하천통문은 우선적으로 직접기초 적용가능성(지지력, 침하량 만족)을 검토한 후 만족하지 못할 경우 얕은기초, 깊은기초(말뚝기초+차수공)순으로 구조물 기초를 계획한다. 부득이 말뚝기초를 사용하는 경우 반드시 구조물의 부등침하, 공동발생, 파이핑(piping), 히빙(heaving), 측방유동, 부마찰력 등에 대한 안정성을 검토하고 필요시 보강한다.

(‘제7편 하천공통설계 제2장 하천지반설계’ 참고)

라) 배수구조물은 다음과 같이 제체누수에 대해 취약한 경우 적절한 보강대책을 강구한다.

- 제체토사와 중량 및 강성 등의 차이로 인하여 다짐 밀착이 어려운 경우
- 연약지반에 말뚝기초가 설치되어 구조물 하단부와 주변부 사이의 상대적 침하차로 공동이 발생할 우려가 있는 경우

7.1.4 하천통문 규모 결정

가. 내수배제유량 결정

- 하천통문 은 비교적 유역면적이 작은 소유역의 홍수를 배제하기 위하여 설치되는 구조물로 하천통문의 본체인 암거 및 통관 단면적은 내수배제유량을 안전하게 통과시킬 수 있는 규모로 한다.
- 암거 및 통관 단면결정을 위하여 대상 배수유역으로부터 유출되는 내수배제유량을 우선 결정한다.

1) 유역면적

유역면적은 배수시설 설치지점의 배수유역 경계를 따라 결정하되, 우수하수도 관망 구역은 그 관망으로 유입되는 전체 구역을 배수유역으로 하여 결정한다.

2) 설계빈도

설계빈도는 하천기본계획에서 제시한 기준 ‘하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)’의 주요 수공구조물의 설계빈도, 방재성능목표기준, 유사지역에서 기 적용된 빈도, 비용-편익 분석 등 시설물의 중요도 사회적·경제적 여건 등을 고려하여 결정한다.

3) 강우강도

대상유역의 하천기본계획에서 제시한 강우강도식을 적용할 수 있으며, 필요시 대상지역의 IDF 곡선을 이용하거나 인근 관측소 기상자료를 분석하여 산정된 강우강도식을 적용한다.

4) 유출계수

가) 유출계수(C)는 장래개발계획을 고려한 배수유역내의 유역형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등에 따라 결정하며, 일반적으로 ‘하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)’에서 제시한 유출계수를 일반적으로 적용한다.

나) 배수유역 내에 2가지 이상의 토지이용을 하는 경우에는 면적평균 유출계수를 적용한다.

5) 내수배제시간

가) 일반적으로 제내지 농경지(답)인 경우에는 허용침수시간을 24시간(허용담수심 30㎝ 이내) 이내로 하나, 최근 2모작이나 시설농업등이 발달하여 침수를 허용하지 않는 경우가 많다.

나) 따라서, 내수배제시간에 대해서는 제내지 토지이용상태 및 장래 도시화등을 고려하여 신중하게 결정하여야 한다.

다) 주거지, 산업단지, 단위면적당 생산성이 높은 고속득 작물재배를 위한 시설농업등 내수침수로 인한 큰 피해가 예상되는 지역에서는 즉시 내수배제를 적용한다.

6) 내수배제유량 산정

가) 홍수량은 유역의 유출특성에 따라 소규모 · 중규모 · 대규모 유역을 구분하여 각 유출특성에 적합한 홍수량 계산방법으로 산정한다.

나) 소규모유역의 홍수량계산은 합리식이 많이 이용되고 있으며, 중규모 및 대규모 유역에서는 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 을 참고로 한다.

다) 합리식은 다음과 같다.

$$Q_p = \frac{1}{3.6} C \times I \times A$$

여기서 Q_p : 첨두유출량(㎥/s),
C : 유출계수,
I : 홍수도달시간(내수배제시간)을 강우지속시간으로 하는 강우강도(mm/hr),
A : 유역면적(㎢)

합리식에 사용하는 홍수도달시간은 강수가 유역의 최원점에서 수로 또는 하천에 도달하는 유입시간과 수로 또는 하천을 흘러 홍수량 산정지점까지 도달하는 유하시간의 합이다. 자연하천유역 및 도시하천 유역에서 도달시간 산정방법은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 을 참고한다.

나. 하천통문 통수능 결정

1) 규모결정 기준

가) 하천통문 규모는 내수배제유량에 최소 20% 이상의 여유를 고려하여 결정한다.

나) 하천통문은 유지관리 등을 고려하여 배수관은 내경 0.8m 이상(가능하면 1m 이상), 배수암거는 1.5m×1.5m(폭 x 높이) 이상으로 한다.

다) 수리적 특성과 유하물 등에 의한 막힘등을 고려하여 암거단면은 정방형(폭 : 높이=1 : 1) 혹은 장방형(폭 : 높이=2 :1 이내)으로 정한다.

라) 지천의 수면폭(계획홍수위와 비탈경사가 접하는 교차점 사이의 폭)이 4m 이하인 경우에는 가능한 1련으로 계획한다.

2) 계획 배수시설 통수능 검토

가) 하천통문의 통수량은 통수단면적에 평균유속을 곱하여 산정한다,

나) 하천통문 내의 최소유속은 1m/s 이상, 최대유속은 3.5m/s 이하로 하고, 일반적으로 토사의 침전방지 및 세굴 등을 고려하여 2~3m/s를 표준으로 한다.

다) 하천통문 단면 결정시 가정유속과 계산유속이 적정오차 범위안에 들수 있게 시산법에 의하여 결정하며, 유속이 최대·최소유속 범위를 초과할 경우에는 배수시설의 경사를 조정하여 재산정한다.

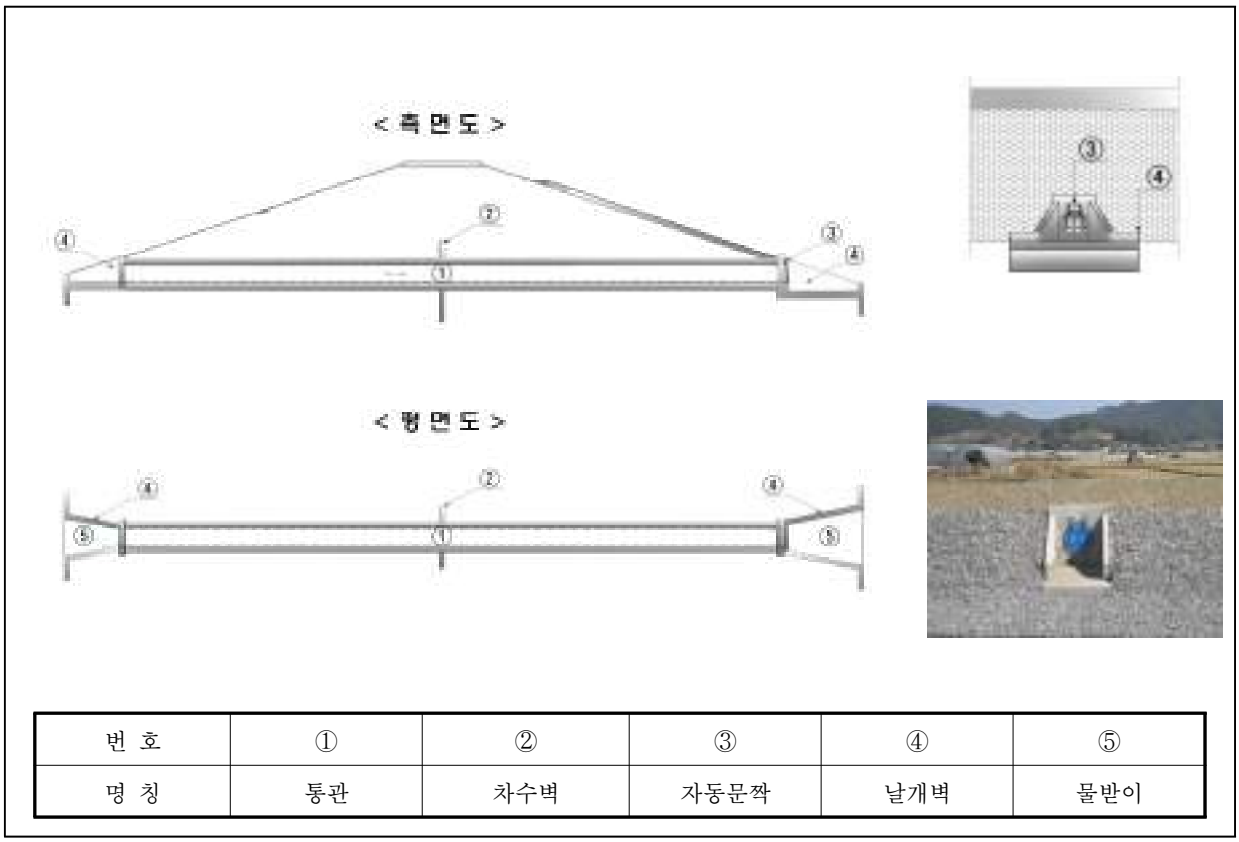
라) 하천통문 내측 마모 및 유출구측 세굴 방지를 위하여 유속이 3.5m/s 이내가 되도록 배수시설의 경사를 조정하되, 부득이 그 이상의 유속이 발생할 경우에는 유속저감시설 혹은 유출부 세굴방지 대책을 마련한다.

마) 하천통문의 단면은 제내지 배수를 고려하여 결정하며, 일반적으로 통수단면의 유효높이는 유입부의 지반고보다 낮고, 폭은 유입수로의 계획홍수위의 수면 폭 정도로 결정한다.

7.1.5 하천통문 단면설계

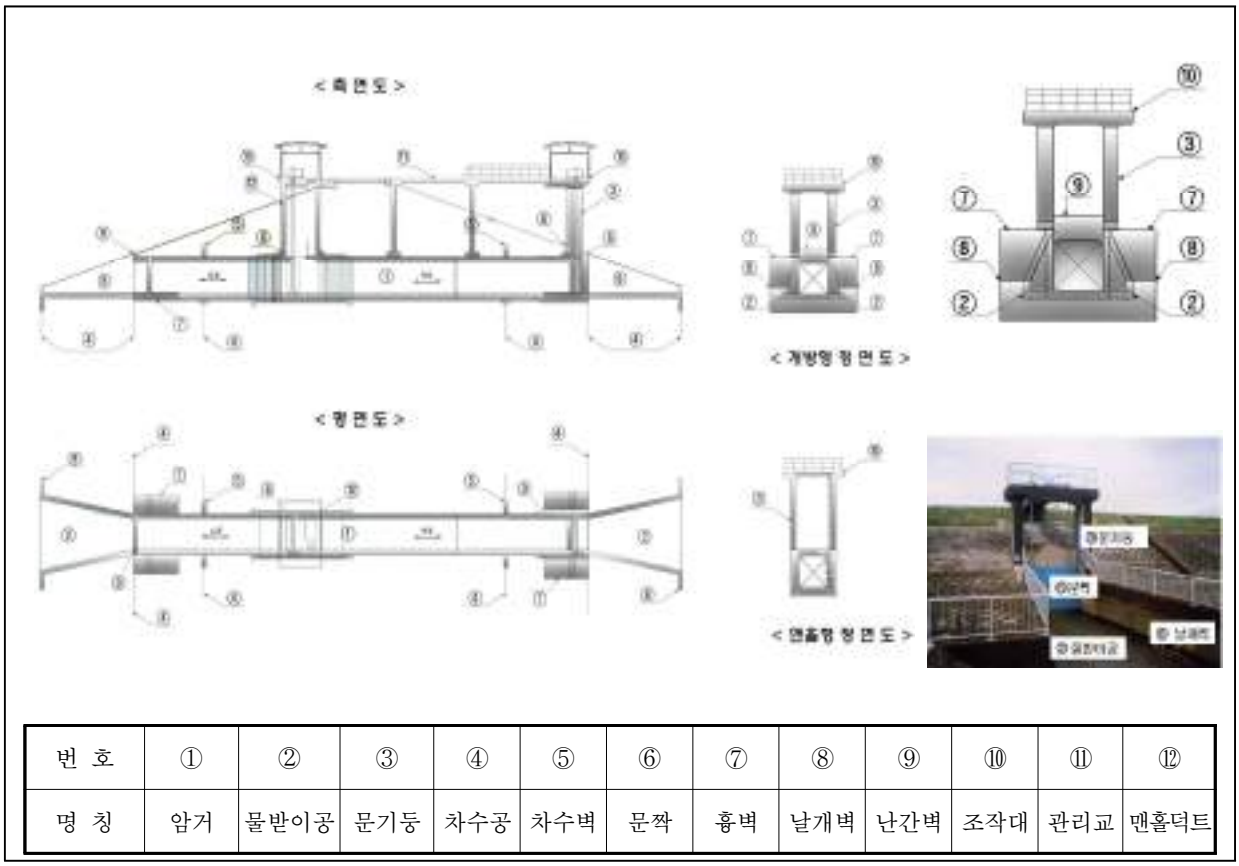
가. 하천통문 구조

통관은 유입부, 본체, 유출부, 차수벽, 문짝으로 구성되어 있으며, 통문은 유입부, 암거본체, 유출부, 문기둥 및 조작대, 차수벽, 차수공, 흉벽, 문짝, 관리교, 조작실로 구성되어 있다.



번 호	①	②	③	④	⑤
명 칭	통관	차수벽	자동문짝	날개벽	물받이

(그림 7.1-3) **〈 자동수문형 배수통관 〉**



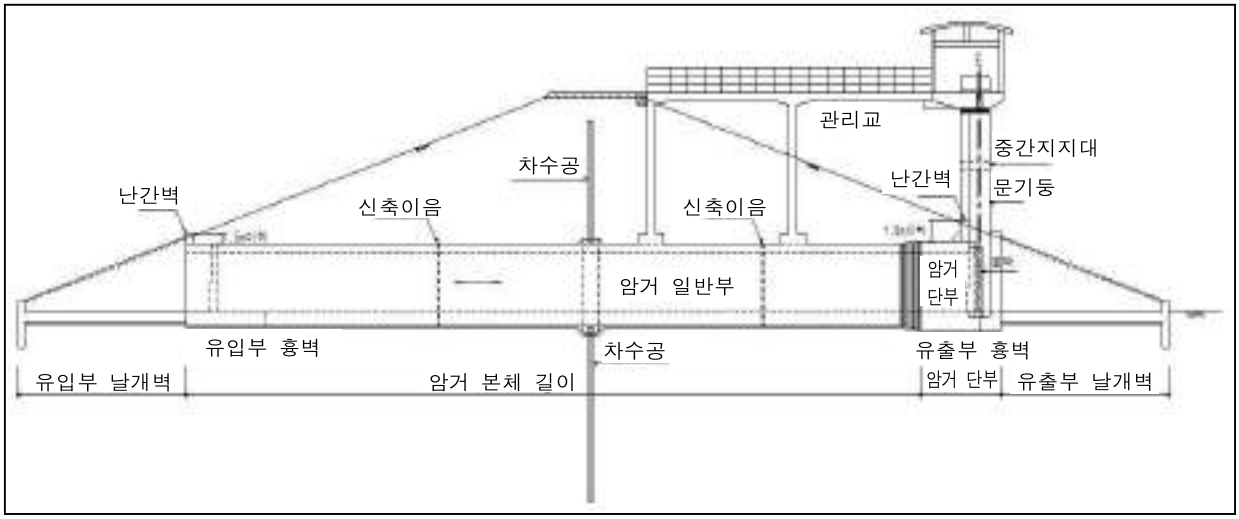
번 호	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
명 칭	암거	물받이공	문기둥	차수공	차수벽	문짝	흉벽	날개벽	난간벽	조작대	관리교	맨홀덕트

(그림 7.1-4) **< 배수통문 일반도 >**

나. 배수암거

1) 암거본체 길이

배수시설 본체는 계획 제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지로 계획 하여야 하나, 바닥높이와 통수단면 등의 이유로 계획제방 단면 내에 설치하게 된다. 이 경우 배수시설 본체의 길이가 짧아지면 날개벽이 높아져 구조적으로 불리하므로 유입·유출구측 본체 상부슬래브 상단에서 난간벽 상단까지의 높이는 1.5m 이하가 되도록 본체길이를 결정한다.



(그림 7.1-5) **< 배수시설의 암거본체 길이 >**

2) 암거본체 이음

가) 암거 길이가 30m 이상이 되는 경우는 반드시 부등침하에 대한 구조검토를 시행하여야 하며, 이음을 설치할 필요가 있는 경우는 종방향 구조계산을 실시하여 설치하도록 한다.

나) 암거길이가 30m 이상인 경우에는 15~20m 이내 간격으로 신축이음을 설치할 수 있다.

다) 신축이음 위치는 배수구조물 일반도에 표기하며, 신축이음부의 수밀성을 확보하기 위해 보호공(Surround)을 설치한다.

라) 이음은 배수시설의 구조형식 및 지반의 잔류 침하분포 등을 검토해서 적절한 위치에 설치한다.

마) 이음은 제체 중앙부 부근을 피하여 설치하여야 하므로 최소 2개소 이상 설치하되, 이음간격 및 이음의 안전성을 고려해서 설치위치를 결정한다.

바) 이음의 기능

(1) 본체의 수밀성을 확보해야 한다.

(2) 기초지반의 부등침하, 지진, 콘크리트의 수축 등의 영향으로부터 본체의 손상을 방지한다.

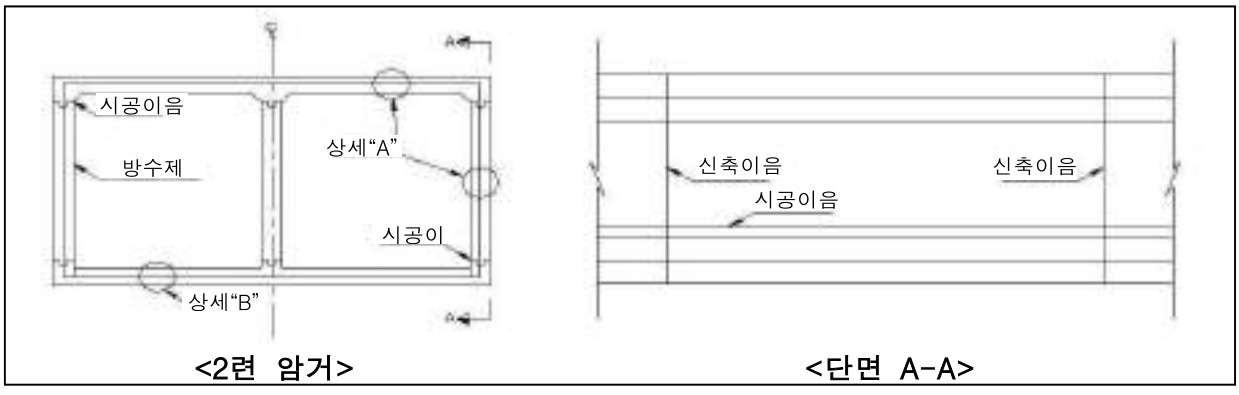
사) 신축이음은 접하는 양쪽 부분을 절연하고 구조적으로 안전하여야 하며, 신축 및 방수가 원활하도록 반드시 이음재, 지수판 등을 계획한다.

아) 완전히 절연시킨 신축이음의 바닥슬래브는 지반침하에 의해 신축이음에 턱이 생길 위험이 있으므로 장부 또는 홈을 만들거나 다웰바(Dowel bar)를 사용하는 것이 좋다.

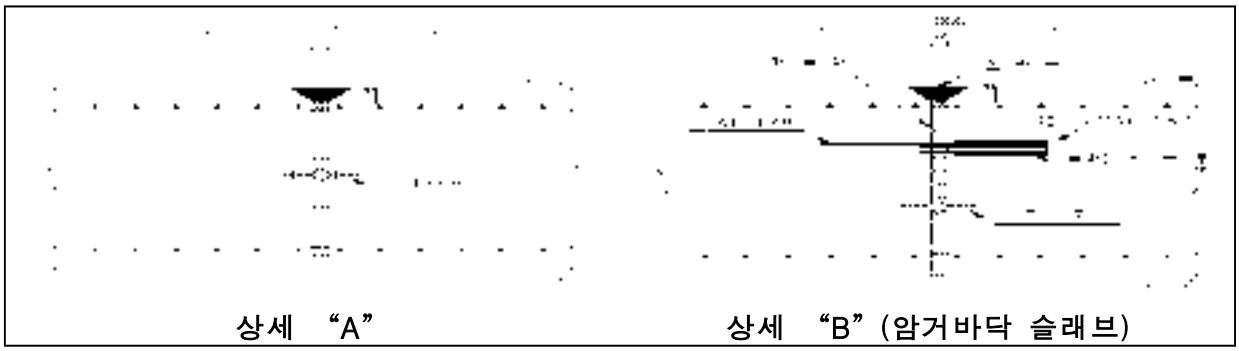
자) 신축이음의 설치는 암거상단의 토피두께, 차륜하중의 재하형태, 부등침하의 가능성 등을 충분히 고려하여 결정한다.

차) 시공이음은 시공의 편의 및 콘크리트 타설 능력 등을 고려하여 결정하며, 이음부가 방수 취약부가 되지 않도록 유의한다.

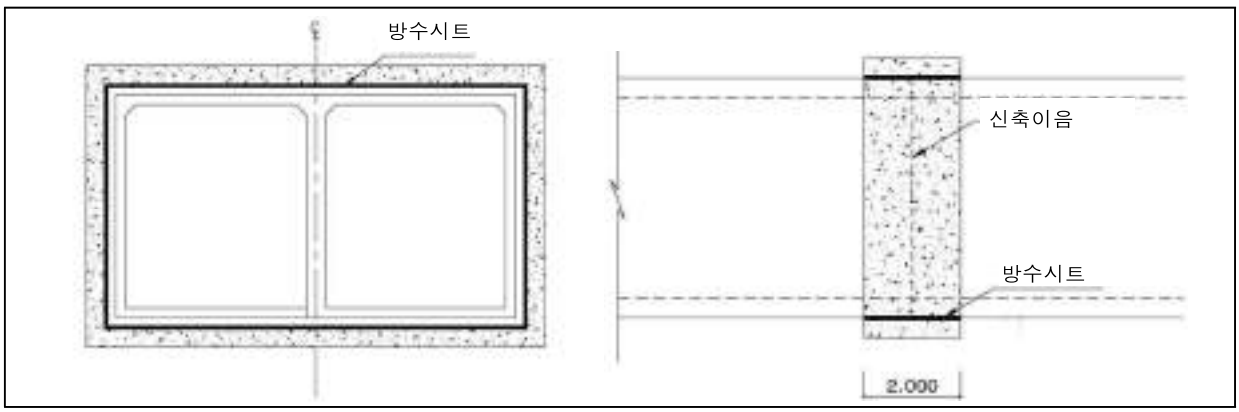
카) 신축이음 및 시공이음은 구조적으로 안전하고 그 기능을 만족하는 어떤 형태도 가능하며, 다음은 신축이음의 일반적인 예시도이다.



(그림 7.1-6) **< 신축이음 일반(예시)도 >**



(그림 7.1-7) **〈 신축이음 일반(예시)도의 상세 “A”, “B” 〉**



(그림 7.1-8) **〈 신축이음부 보강방안(예시)도 〉**

다. 배수(통)관

1) 일반사항

가) 일반적으로 배수(통)관은 흄관을 사용한다.

나) 흄관의 접합은 소켓식을 사용한다.

다) 연결부분인 경우 소켓접합으로 인한 피복두께의 부족여부를 검토하여 충분한 피복을 확보하여야 하며, 피복이 부족할 경우 접합부 보호를 위해 적절히 보강한다.

라) 배수(통)관 주변은 제체토사와 중량 및 강성 등의 차이로 인하여 다짐밀착이 어려운 경우 제체누수에 대해 취약할 수 있으므로 적절한 보강대책을 강구한다.

2) 배수(통)관 단면설계

가) 방류지점의 계획하상고 및 저수위를 검토하여 배수기능이 유지될 수 있도록 유출구 바닥고를 결정한다.

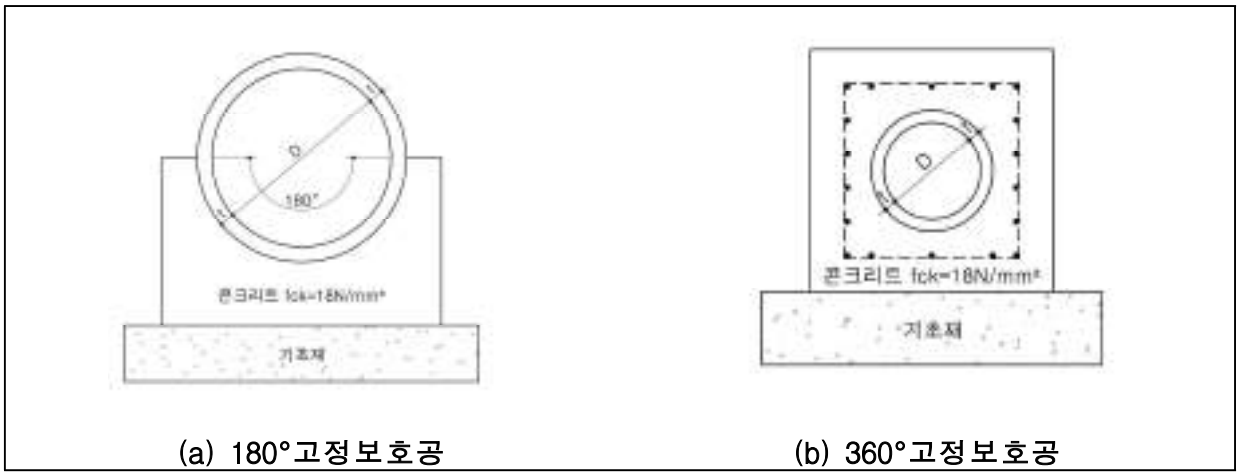
나) 날개벽과 배수(통)관 보호공은 철근배근을 원칙으로 하고 본체와 분리된 구조체로 설계한다.

3) 배수(통)관 보호공 형식

가) 하천제방에 매설하는 관의 보호공 형식에는 180° 또는 360° 고정보호공이 있다.

나) 배수(통)관 보호공 형식은 토질 및 하중(토피, 상재하중)조건, 매설형식을 고려한 구조계산(관체의 저항 휨모멘트와 관 매설후에 발생하는 최대 휨모멘트의 비인 안전율이 1.1 이상)을 통해 180° 및 360° 고정보호공 형식을 결정하되,

다) 국가하천 제방을 관통하여 매설되는 배수(통)관 보호공은 제체 침하, 이음부 누수, 다짐밀착 불량에 따른 제체누수 및 하천관리용 중차량 통행 등을 고려하여 360° 고정보호공을 적용할 수 있으며, 필요시 차수시설을 설치할 수 있다.



(a) 180°고정보호공 (b) 360°고정보호공

(그림 7.1-9) **〈 고정보호공 〉**

라. 날개벽

1) 일반사항

가) 날개벽은 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 한다.

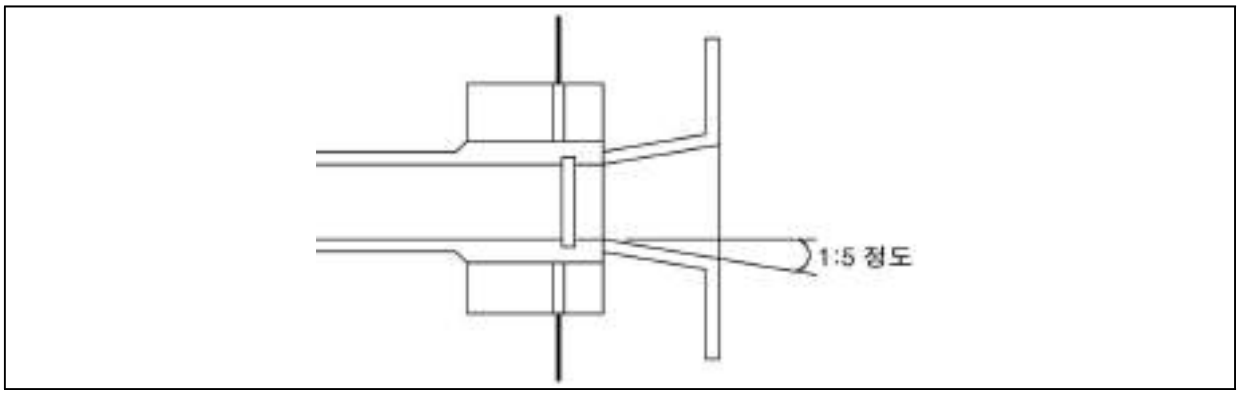
나) 날개벽은 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계한다.

다) 날개벽은 배수시설의 입·출구부에 설치되어 유수의 소통을 원활하게 해야 한다. 또한, 제방 등 기타 하천 시설물에 악영향을 미치지 말아야 한다.

라) 2련 이상의 폭이 넓은 배수시설은 역T형 옹벽식 날개벽을 적용하며, 폭이 좁은 1련의 배수시설은 U형 옹벽식 날개벽을 적용한다.

2) 날개벽의 축소 및 확대각

유입부 날개벽의 축소 및 유출부 날개벽의 확대각은 너무 클 경우 수로 폭이 커져 유속이 급하게 변화되어 토사 퇴적 또는 세굴 되는 등 불합리한 점이 발생될 소지가 있다. 이에 수리적 손실을 최소화하기 위해 날개벽의 축소 및 확대각은 1:5정도로 축소 및 확대시키는 것으로 계획한다. 다만, 날개벽 설치 주변 제방형상 등을 감안할 때 1:5로 날개벽 축소 및 확대가 곤란할 경우에는 예외로 한다.



(그림 7.1-10) **〈 날개벽의 축소 및 확대각 〉**

3) 난간벽

가) 난간벽은 배수시설 끝단 상부의 토사 유출 방지를 위해 설치하는 낮은 벽을 말하며, 상단 폭(두께)은 0.3m로 한다.

나) 난간벽의 높이는 유입 · 유출부에서 1.5m 이하로 하되, 유입부 날개벽에서는 0.3m 이상, 유출부 날개벽에서는 0.5m 이상으로 한다.

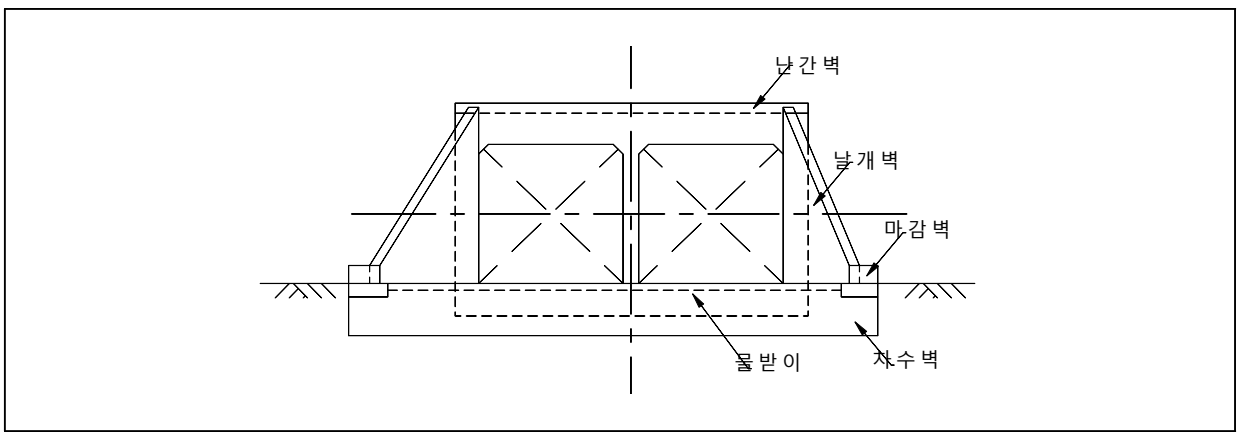
4) 날개벽 높이

가) 날개벽의 높이는 제방비탈면에 따라 변화되며, 시점부에서 최대이고 종점부에는 높이 0.5m의 마감벽을 설치한다. 단, 유입수로와 유출부 고수부지 높이에 따라 조정 할 수 있다.

나) 날개벽의 상단은 호안설치와 토사 흘러내림을 고려하여 제방의 비탈면보다 최소 0.1m 높게 한다.

5) 물받이

배수시설 입·출구 양측에 역T형 옹벽이 설치되며, 옹벽 사이의 바닥에는 최소두께 0.2m 이상의 물받이를 설치한다.



(그림 7.1-11) **〈 날개벽 정면도 〉**

6) 지수벽

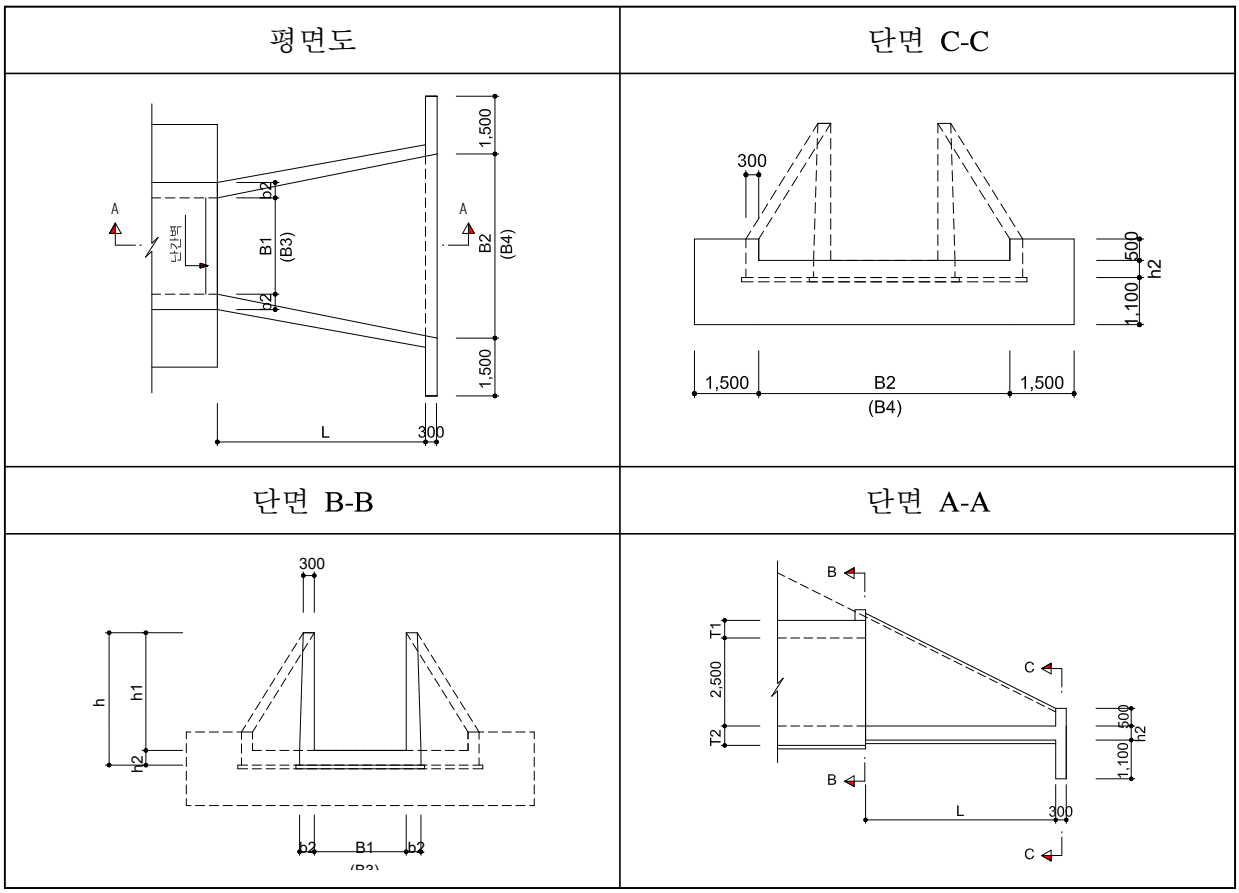
가) 지수벽은 유입·유출부 날개벽 종점부의 마감벽 및 물받이 하부에 설치한다.

나) 지수벽은 깊이 1.5m, 두께 0.3m이며, 길이는 양측 마감벽 사이 전체에 설치한다.

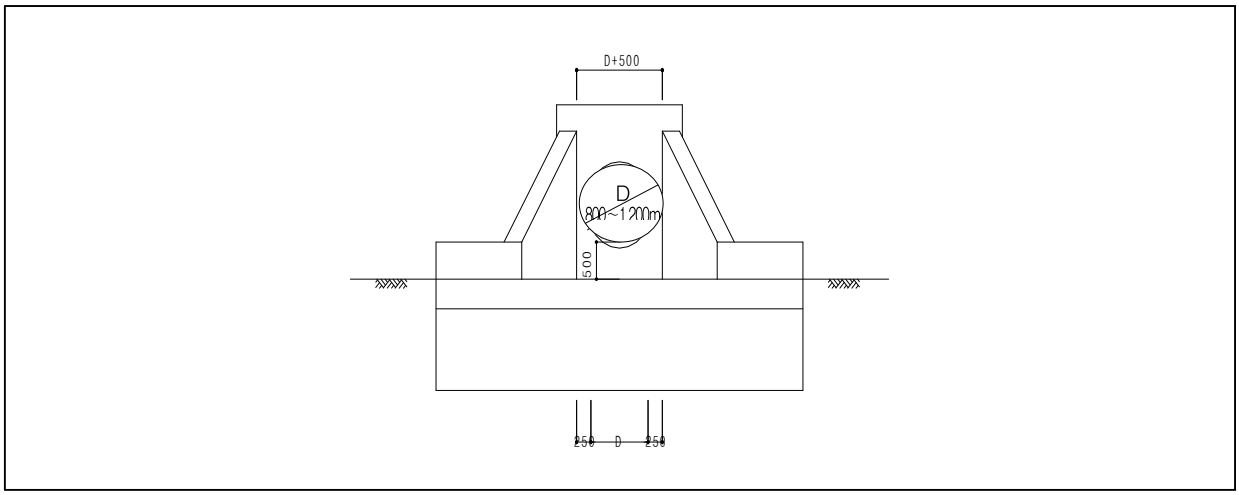
7) U형 날개벽

가) U형 날개벽은 비교적 폭이 작은 배수통관과 1련 배수통문에 적용하며 측벽과 물받이를 일체로 한다.

나) 배수통관의 유출부는 자동문짝 설치를 위한 턱을 0.5m 이상을 두며, 폭은 양쪽으로 각각 0.25m 이상 여유폭을 둔다.



(그림 7.1-12) **< U형 날개벽 및 물받이 >**



(그림 7.1-13) **< 배수통관 자동문짝 설치에 따른 여유 >**

마. 조작대 및 개폐장치

1) 문짝

가) 인양식 문짝

(1) 문짝의 크기는 일반적으로 문짝면적이 1.0㎡ 이하인 것은 소형, 1.0~5.0㎡인 것은 중형, 5.0㎡ 이상인 것을 대형으로 구분된다.

(2) 일반적으로 하천제방에 설치되는 배수시설에는 소형, 중형 규모의 문짝이 주로 사용된다.

(3) 하천제방 배수시설에 적용되는 일반적인 인양식 문짝에는 슬라이드형과 롤러형이 있다.

(4) 인양식 문짝은 다음과 같은 조건을 고려하여 사용해야 한다.

- 문짝의 구조는 강구조로 하며, 4변 고정 강판으로 한다.
- 문짝은 녹 등에 의한 노화를 방지할 수 있는 재질로 선정한다.
- 문짝의 개폐장치는 문짝의 개폐를 확실하게 할 수 있는 구조로 한다.

(5) 치수상 중요한 하천에서는 문짝개폐를 확실하게 할 수 있는 인양식 문짝을 사용한다.

(6) 배수시설 문짝은 구조물 제원, 본류 홍수위, 제내지 지반고등을 종합적으로 검토하여 반영하되, 제내지 지반고가 본류 홍수위보다 높아 역류에 의한 제내지 침수가 발생하지 않는 경우에는 주변 지형여건을 고려하여 문짝을 설치하지 않을 수 있다.

나) 자동문짝(Flap Gate)

(1) 계획홍수위가 제내측 지반고보다 높아 역류의 위험성이 있고, 배수유역이 소유역이며 민가가 없는 경우에 설치한다.

(2) 하천수위가 높게 지속되는 하류(합류부) 지역이면서, 제내지 측 유역면적이 넓거나 민가 등이 있는 경우에는 자동문짝 설치를 제한하고 인양식 문짝으로 계획한다.

(3) 자동문짝은 개폐가 불확실하므로 제내지가 대단위 주거지역 등으로 토지이용의 고도화 지역 또는 해면과 접하는 지역은 염해방지를 위하여 발주처와 협의하여 이중화 수문으로 인양식 문짝을 추가 설치하는 방안을 검토할 수 있다.

(4) 자동문짝을 적용할 수 있는 지역은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 에서 제시된 제한적인 지역으로 하되 발주처와 협의하여 결정할 수 있다.

2) 개폐장치

가) 개폐장치는 문짝의 종류, 사용목적, 사용빈도 및 설치장소를 충분히 고려하여 결정하되 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 를 참고하여 형식을 선정한다.

나) 일반적인 개폐장치로는 와이어로프체인(Wire Rope Chain) 방식, 스핀들(Spindle) 방식, 랙크(Rack) 방식, 유압방식이 있다.

다) 문짝 개폐장치 설계 시 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문' 을 참고한다.

3) 조작대 형식

가) 조작대 형식에는 개방형과 맨홀형이 있다.

나) 맨홀형 조작대인 경우 제체 내에 구조물이 설치되기 때문에 제체누수의 원인이 될 수 있으므로 이에 대한 검토 후 필요한 시설을 계획한다.

다) 개방형과 맨홀형의 장 · 단점을 비교하면 다음과 같다.

구분	개방형	맨홀형
형식		

(그림 7.1-14) **< 조작대 형식 >**

< 조작대 형식 구분 >

(표 7.1-1)

구 분	개 방 형 조 작 대	맨 홀 형 조 작 대
문짝 위치	• 배수통문 유출부	• 배수통문 중간부
문짝 조작	• 문짝 조작 시 관리교를 통하여 접근할 수 있으며, 하천수위가 높을 경우 불안감을 줄 수 있음	• 문짝 조작이 둑마루에서 이루어지므로 불안감이 적음
유수흐름	• 조작대 구조물이 유출부에 돌출되어 유수에 방해가 됨 • 조작대 기둥, 관리교 교각 및 랙크바에 부유물이 걸릴 수 있음	• 구조물이 제방 경사면의 상단부에 돌출되어 있음으로 유수 방해나 부유물 걸림이 적음
문짝교체 및 유지보수	• 대하천 등 높은 제방에서 관리교가 긴 경우, 권양기 위치가 둑마루에서 먼 거리에 있어 문짝 및 권양기 교체 또는 보수시 대형크레인 장비가 필요 • 문짝 도장 비용이 소요	• 제방높이와 상관없이 둑마루에서 작은 용량의 크레인으로 문짝 및 권양기 교체가 가능 • 문짝 교체시 권양기까지 철거 후 재설치하여야 함
점검 및 유지관리	• 문짝 및 권양기가 외부에 노출되어 있어 점검이 쉬움 • 점검 동선이 길어 점검시간 많이 소요	• 문짝이 내부에 있어 평상시 눈에 잘 띄지 않고 점검이 불편함 • 점검 동선이 짧아 점검시간 절약

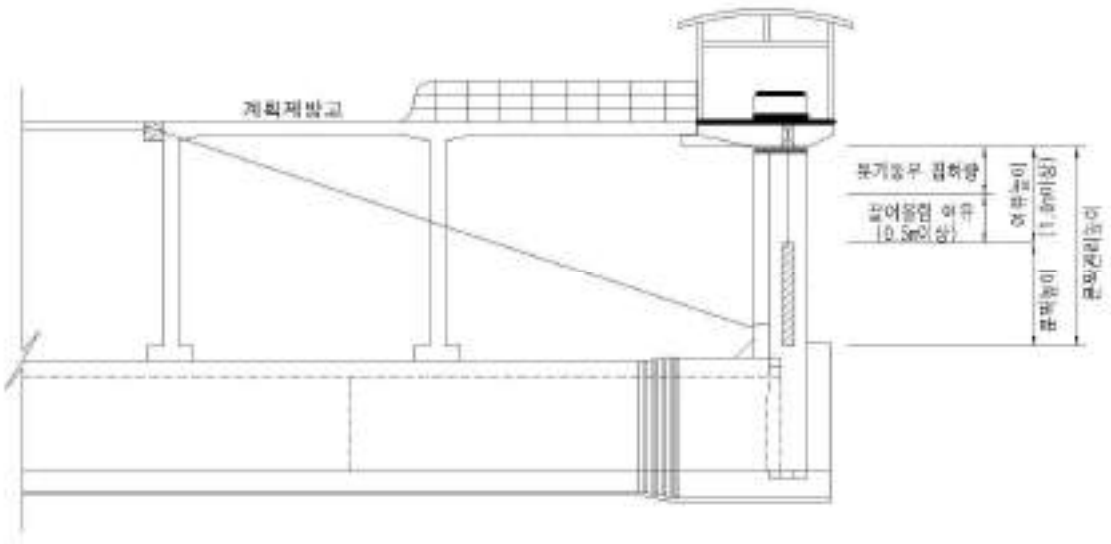
4) 문기둥

가) 개방식

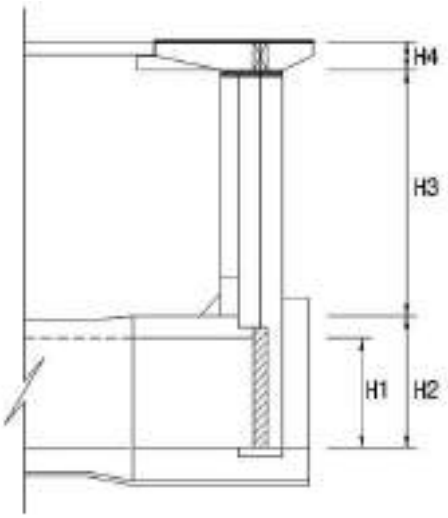
(1) 문짝의 설치 혹은 제거시 금구(金具, 쇠붙이로 만든 손잡이, 문고리) 등의 부속품 부착과 승강 높이 0.5m 이상의 끌어올림 여유와 문기둥부의 침하 높이등을 고려하여 여유높이 1.0m 이상을 두어야 한다.

(2) 문틀 높이는 암거 내측 높이에 0.5m 이상을 더한 높이로 한다.

(3) 문짝관리 높이는 문짝높이와 여유높이(1.0m 이상)를 더한 높이이다.



(a) 문기둥 및 조작대 높이 결정 개념도



H_1 : 암거 내측 높이

H_2 : 문틀높이 , H_1+0.5m 이상

H_3 : 문짝관리 높이,

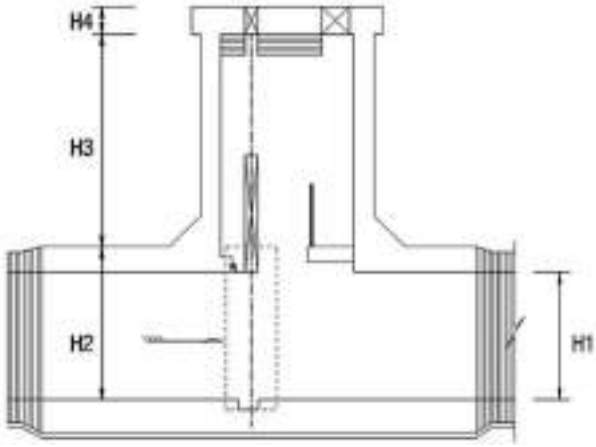
문짝높이 + 여유높이(1.0m 이상)

H_4 : 조작대 두께

(b) 문기둥 및 조작대의 최소치수

(그림 7.1-15) **< 문기둥의 최소치수(개방형) >**

나) 맨홀식



H_1 : 암거 내측 높이

H_2 : 문틀높이 , H_1+0.5m 이상

H_3 : 문짝관리 높이,
문짝높이 + 여유높이(1.0m 이상)

H_4 : 조작대 두께

(그림 7.1-16) **〈 문기둥의 최소치수(맨홀형) 〉**

(1) 문틀 높이는 암거 내측 높이에 0.5m 이상을 더한 높이로 한다.

(2) 문짝관리 높이는 문짝높이와 여유높이(1.0m 이상)를 더한 높이이다.

(3) 맨홀식 문기둥의 내부에는 조작대를 통하여 진입할 수 있는 안전망이 포함된 점검용 사다리를 설치한다.

5) 관리교

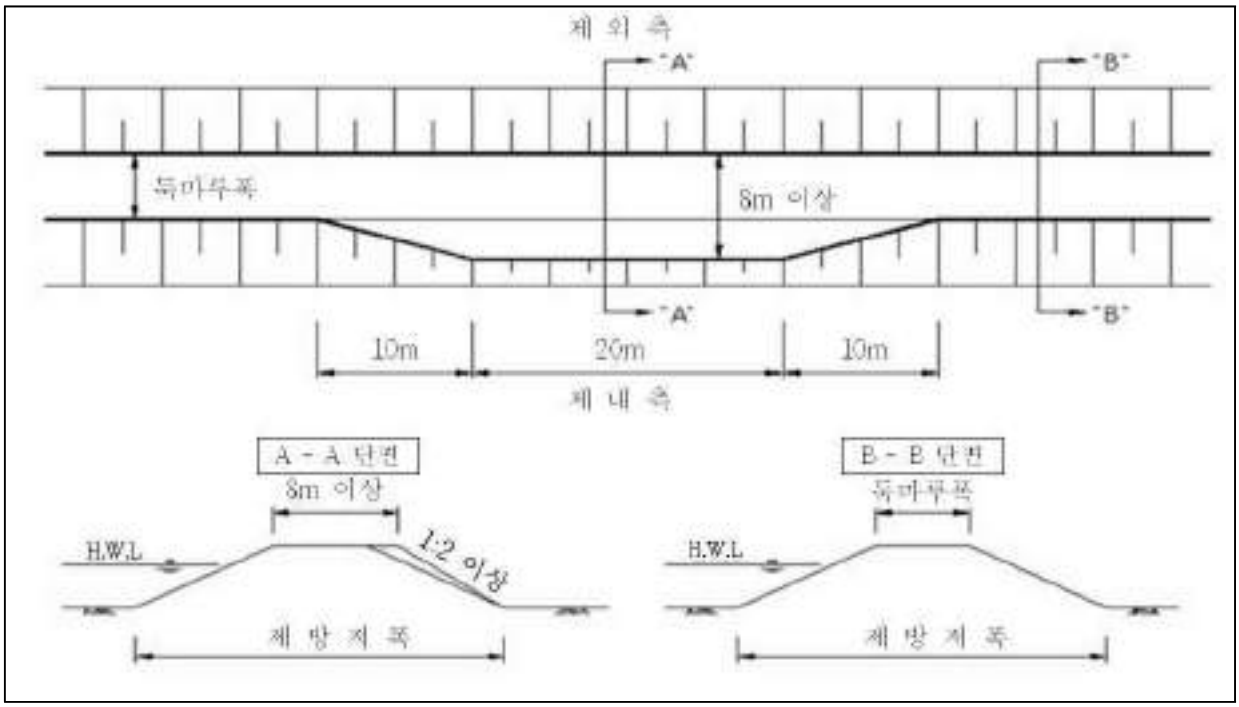
가) 권양대와 제방을 연결하는 관리교는 유하물 걸림 방지 및 시공성등을 감안하여 단경간으로 설치하는 것이 바람직하나, 교각 설치가 불가피할 경우에는 경간수를 최소화 한다.

나) 관리교는 철근콘크리트 구조를 원칙으로 하되, I형빔 등을 이용하여 경간장을 길게 하여 경간수를 최소화하는 구조로 계획할 수 있다.

다) 추락방지를 위해 높이 1.2m 이상의 난간을 설치하며, 관리교 진입부에 출입문을 설치하여 일반인의 출입을 통제할 수 있게 한다.

라) 관리교의 상단은 둑마루와 같거나 약간 높게 하며, 하단은 계획홍수위에 여유고와 지반침하 등을 고려하여 정한다.

마) 배수통문을 설치하는 경우에는 문짝의 설치, 조작, 점검 및 통행을 위하여 둑마루에 점검공간을 설치할 수 있다. 이 점검공간은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 에서 제시된 제방의 유지관리와 긴급 방재활동 등을 위한 자동차 교행공간과 연계하여 설치한다. 그 규모는 폭 8m, 길이 20m, 진 · 출입 길이는 각각 10m로 한다.



(그림 7.1-17) **〈 점검공간 〉**

6) 배수시설 조작실

가) 권양기를 보호하기 위한 조작실은 시공성, 경제성 및 유지관리 등을 고려하여 발주처와 협의 후 필요시 설치할 수 있다.

나) 안전사고 등을 방지하기 위하여 조작실 내 · 외부에 보안등 · 조명등을 발주처와 협의하여 설치할 수 있다.

다) 배수시설에 적용되는 조작실은 일반적으로 아래와 같다.



조립식(중,소형) 캐노피식 (중,소형) 하우스식(대형)

(그림 7.1-18) **〈 하천통문 조작실 설치 예 〉**

7) 하천통문 안내판

하천 배수시설물의 효율적인 관리를 위하여 배수시설 안내판을 설치하여 관련제원 확인 및

비상시 관계자와 긴급연락이 가능하게 한다. 한편, 가능한 배수시설의 제외지 측에 목자판 또는 수위계를 설치하여 수위를 관측한다.

바. 차수시설

차수시설은 암거본체와 제방과의 접촉면을 따라 발생되는 암거 축방향 침투류의 영향을 억제하기 위하여 설치한다. 차수시설은 토질조건, 제방단면형상, 수두차, 침투경로 등을 종합적으로 검토해서 결정하며, 차수공과 차수벽으로 구분될 수 있다.

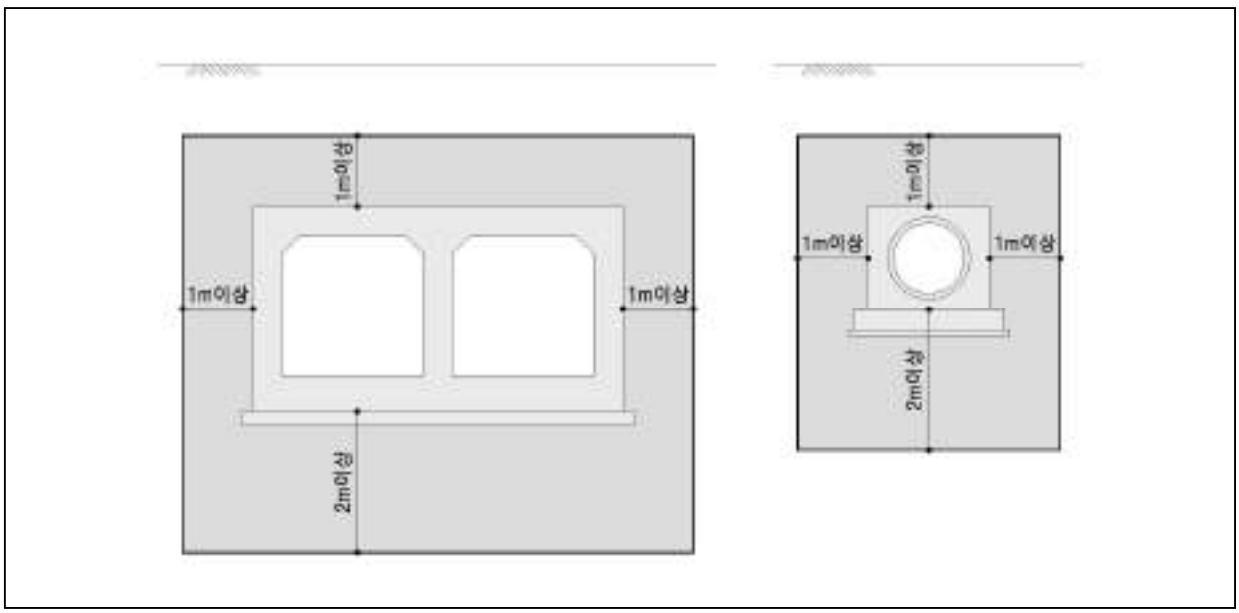
1) 차수공

배수구조물에 계획되는 차수공은 '제7편 하천공통설계 제4장 하천차수설계'을 참조한다.

2) 차수벽

가) 제방을 횡단하는 구조물과 토사의 접촉부는 제체누수의 원인을 제공하기 때문에 제내지 지반이 본류 계획홍수위 보다 높은 굴입하도, 불투성 지반위에 콘크리트로 설치한 제방 등 침투우려가 없다고 확인된 경우를 제외하고는 제방 횡단 구조물에 중앙차수벽을 발주처와 협의 후 설치한다.

나) 배수시설 주변의 파이핑 방지를 위한 콘크리트 차수벽은 상부 폭 1.0m 이상, 하부 폭 2.0m 이상, 두께 0.35m 이상의 규모로 설치하되, 본체와 일체로 계획한다.



(그림 7.1-19) **< 하천통문 차수벽 설치 기준 >**

다) 차수벽 하부는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 쉬트파일(sheet pile)도 가능하다.

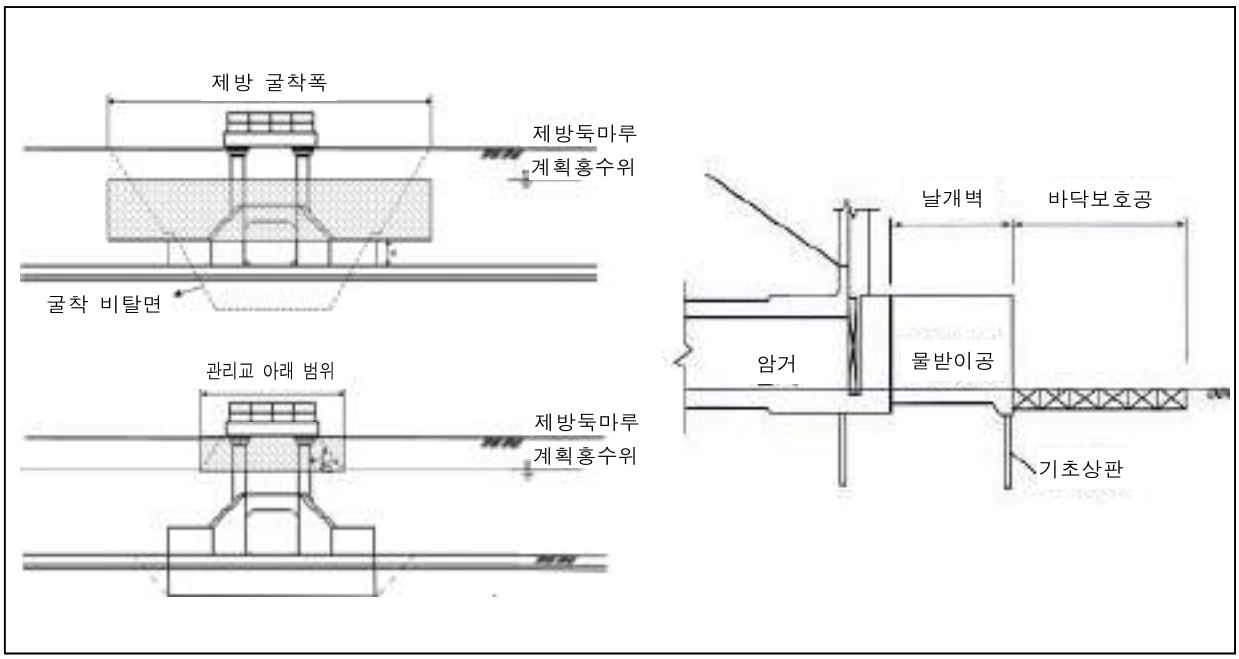
라) 제방단면이 크고, 암거의 길이가 30m 이상인 경우에는 차수벽을 신축이음 주변에 2개 이상 설치한다.

사. 연결호안

1) 배수시설 연결호안의 설치 폭은 날개벽 양끝을 기준으로 20m 이상 혹은 굴착 폭(터파기 폭)중 큰 범위 이상으로 한다.

2) 관리교 아랫부분의 여유고 구간인 경우에는 관리교 끝단에서 45° 이상으로 연결호안을 설치한다.(‘(그림 7.1-20) 연결호안 설치 사례’ 참조)

3) 고수부지 세굴을 방지하기 위해 필요시 고수부지 보호공을 설치할 수 있으며, 유출로 인한 저수부 보호를 위해 저수호안을 설치할 수 있다.



(그림 7.1-20) **‹ 연결호안 설치 사례 ›**

(그림 7.1-21) **‹ 바닥보호공 설치 사례 ›**

아. 바닥보호공

1) 바닥보호공은 배수시설 유입수로와 방류하천 접합부에서 하상침식이 발생될 우려가 있는 경우에 계획하되, ‘하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)’ 의 ‘하천하상유지시설’ 에 대한 바닥보호공 규정을 참고하여 설계한다.((그림 7.1-21) ‘바닥보호공 설치 사례’ 참조)

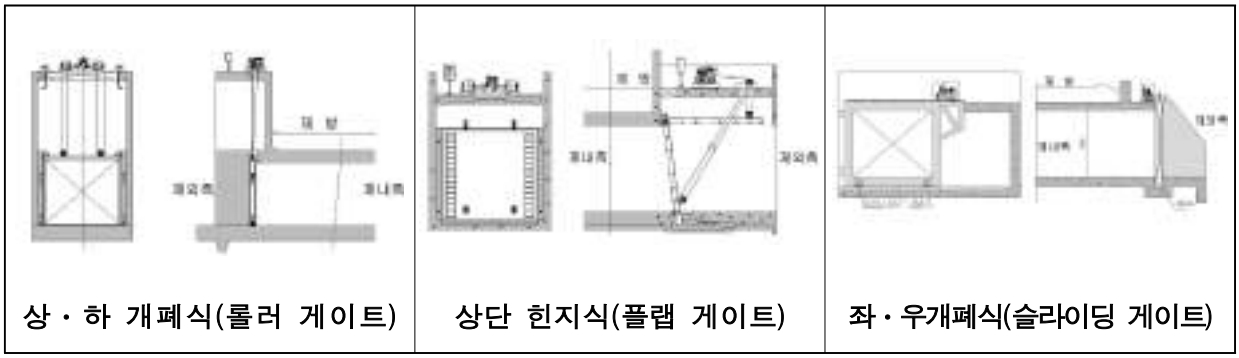
2) 유출부 날개벽 하류측 바닥보호공은 홍수시 하류하상의 변동에 따른 배수시설 본체, 날개벽 및 물받이를 보호하고 하상저하로 배수시설과 하상의 표고차를 줄이는 기능을 수행할 수 있도록 돌망태, 블럭공, 사석등 굴요성(屈撓性, 구부리기 쉬운 성질) 구조로 설계한다.

3) 유출부 바닥보호공의 길이는 본류 계획홍수위 수심, 배수시설 설치지점 상·하류 호안밑다짐공 길이 등을 고려하여 결정한다.

4) 바닥보호공 저면에는 유속 및 낙차에 의한 토사흡출을 방지하기 위하여 부직포를 설치한다.

자. 육갑(수)문

1) 제방하부를 관통하는 교통로(인도, 차도 등)로 이용하기 위하여 설치되는 수문으로 홍수시 수문 폐쇄로 본류역류에 따른 제내측 침수를 방지하기 위해 설치한다.
2) 일반적으로 수문작동 고장 등을 감안하여 이중 수문 형태로 계획한다.
3) 수문개폐는 자동개폐 장치를 이용하나 정전 등 비상 상황을 고려하여 인력으로도 작동할 수 있도록 한다.
4) 육갑(수)문의 형식은 상·하 개폐식(롤러 게이트), 상단 힌지식(플랩 게이트), 좌·우 개폐식(슬라이딩 게이트)등이 있으며, 현지 여건에 적합한 형식을 적용한다.
5) 문짝 및 개폐장치형식 선정 등은 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문' 편을 참고한다.



상・하 개폐식(롤러 게이트) | 상단 힌지식(플랩 게이트) | 좌・우개폐식(슬라이딩 게이트)

(그림 7.1-22) **〈 육갑(수)문 형식 〉**

7.2 수량 산출 요령

7.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수량	비 고
1.	배수시설				
1.1	토공				
1.1.1	터파기(육상 0~2m)	(토사, 인력10%+기계90%)	㎥		
1.1.2	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		
1.1.3	잔토처리		㎥		
1.2	배수 구조물공				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
4)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50㎥/일 미만	㎥		
5)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50～100㎥/일	㎥		
6)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 100㎥/일 이상	㎥		
1.2.2	거푸집				
1)	합판거푸집	0~7m	㎡		
2)	원형거푸집	0~7m	㎡		
3)	유로폼	0~7m	㎡		
1.2.3	비계	강관비계(3개월)	㎡		
1.2.4	동바리	강관동바리(3개월)	공/㎥		
1.2.5	철근가공조립				
1)	철근가공조립	간단	ton		
2)	철근가공조립	보통	ton		
3)	철근가공조립	복잡	ton		
4)	철근가공조립	매우복잡	ton		
5)	철근조립	간단	ton		
6)	철근조립	보통	ton		
7)	철근조립	복잡	ton		
8)	철근조립	매우복잡	ton		
1.2.6	잡철물 제작 설치	간단	ton		난간
1.2.7	스페이서				
1)	스페이서	바닥	㎡		
2)	스페이서	벽체	㎡		
1.2.8	시공이음				
1)	시공이음면정리		㎡		
2)	수팽창성지수제		m		
1.2.9	신축이음				
1)	다웰바		ea		
2)	스티로폼		㎡		
3)	충진제		m		
1.2.10	도교 제작 및 설치				
1)	앵커볼트 설치		ea		
2)	용접	FILLET용접	m		
3)	용접	V-형용접	m		
4)	외부도장	공장-내후성중방식	㎡		
5)	용접교 제작		ton		
1.2.11	수문설치		식		
1.2.12	흄관접합 및 부설	소켓식, 고무링 접합	m		

7.2.2 일반사항

1) 수량 산출은 '제1편 총칙'에 준한다.

2) 수량 산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공공

나) 배수구조물공

다) 부대공

3) 수량 산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다.

※ 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

4) 유용토 및 공제토

가) 유용토

배수구조물, 부대공 등의 잔토 유용

※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리

나) 공제토

구체, 날개벽은 공제

5) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출 집계한다.

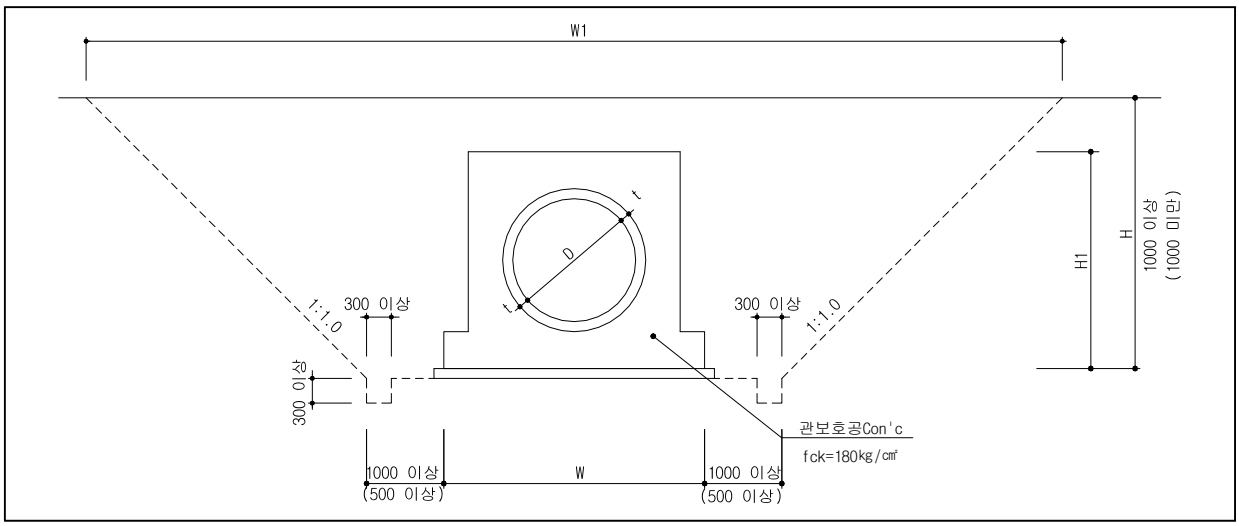
6) 수문설치에 관한 수량 산출내역은 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문'에 준한다.

7) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

7.2.3 배수관공

1) 배수통관의 터파기 및 되메우기

■ 터 파 기



(그림 7.2-1) 〈 **터파기** 〉

- 터 파 기 : (W+2.0+W1) ÷ 2 × H × 연장

(H : 배수구조물 횡단도상의 H의 평균치)

- 되메우기 : 터파기 - 〔H1 × W〕 × 연장

- 유 용 토 : 터파기 - 되메우기 (수중터파기일 경우 유용토 80%)

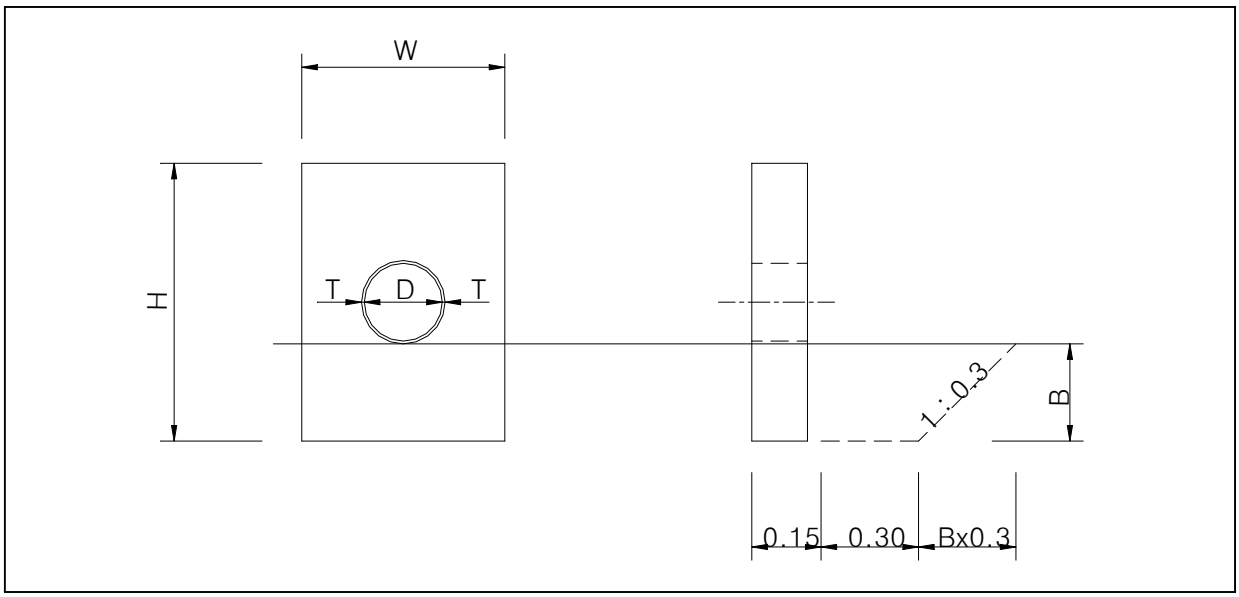
2) 배수통관의 기초콘크리트는 25-21-150(80), 관이음 모르타르는 1:2, 기초거푸집은 합판(거친마감)으로 한다.

3) 흄관 연장은 배수구조물 횡단도상의 연장에서 단위 m로 절상하되, 3% 할증한 연장으로 한다.

※ 배수관 시공연장과 흄관 구입본수 구분(2.5m/1본)

4) 배수통관 날개벽 및 면벽수량은 표준도의 단위수량을 참조하여 개소별로 산출한다.

5) 배수통관 날개벽의 콘크리트는 25-21-150(80)으로 하고, 배수통관의 날개벽 거푸집은 합판(매끈한마감), 면벽은 합판(보통마감)으로 한다.



(그림 7.2-2) **〈 면벽공 단위물량 〉**

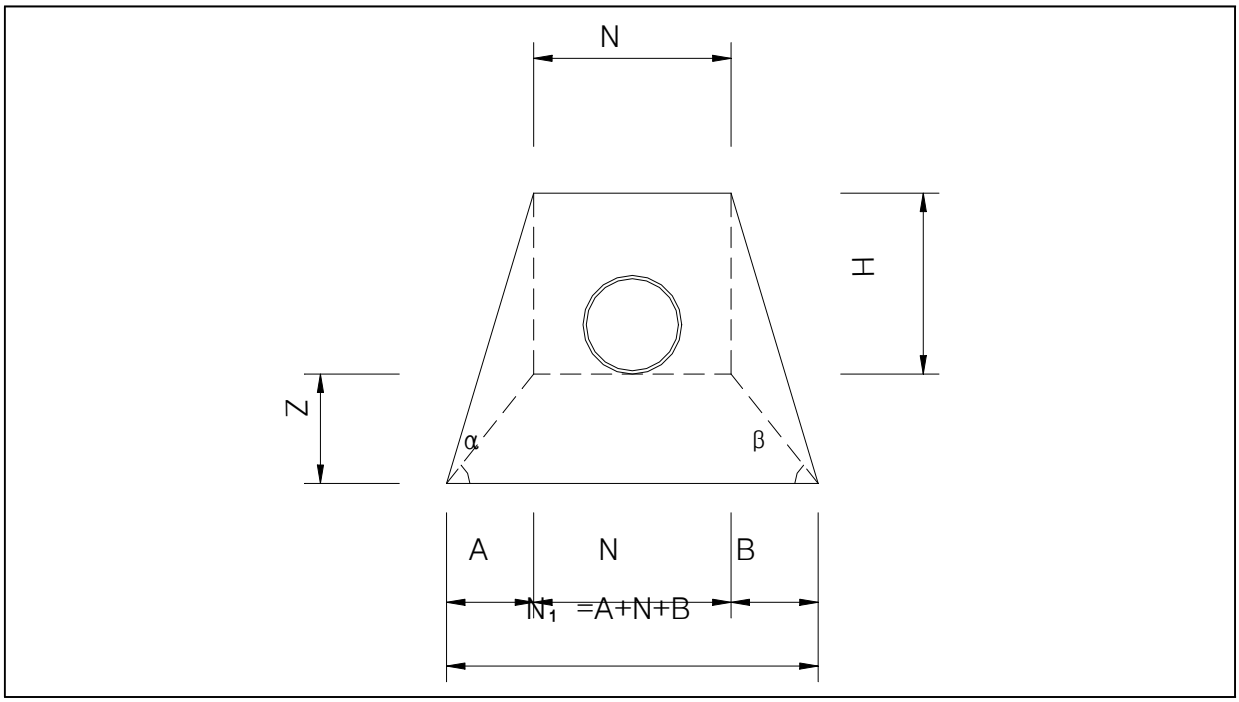
① 터 파 기 $(0.9 + B \times 0.3) \times B \times W \times \frac{1}{2}$

② 되메우기 $(0.6 + B \times 0.3) \times B \times W \times \frac{1}{2}$

③ 유 용 토 (터파기 - 되메우기)

④ 거 푸 집 $2 \times (H \times 0.15) + 2 \times [W \times H - \pi \times (\frac{(D + 2T)}{2})^2 \times \frac{1}{4}]$

⑤ 콘크리트 $H \times 0.15 \times W - 0.15 \times \pi \times (\frac{(D \times 2T)}{2})^2 \times \frac{1}{4}$



(그림 7.2-3) **〈 배수관 날개벽 수량 〉**

$H = D + T + (0.2m)$

$Z = H \times S$ (S=구배)

$$A = \frac{Z}{\tan \alpha}, \quad B = \frac{Z}{\tan \beta}$$

① 호안공제 $\dfrac{N+N_1}{2} \times H \times \sqrt{(1+S)^2}$

② 공제토 $\dfrac{H \times Z \times N}{2} + \dfrac{H \times Z \times (A+B)}{2} \times \dfrac{1}{3} = \dfrac{H \times Z \times (3N+A+B)}{6}$

7.2.4 배수문공

1) 구체 콘크리트(㎥)

〈 적용대상 구조물 설계기준강도 〉

(표 7.2-1)

설계기준강도	적용대상 구조물
24MPa	배수통문의 구체, 날개벽, 차수벽, 조작대, 관리교, 배수통관 날개벽등 주요구조물
21MPa	배수통관의 기초, 차수벽, 보호공, 반중력식옹벽, 도로포장(천단, 부체), 배수로, 맨홀, 집수정 등 간단구조물
18MPa	중력식 옹벽, 세굴방지 기초콘크리트, 버림 콘크리트 등 무근구조물

주) 상기 기준은 지역특성을 감안하여 구조계산 및 장비사용 등의 특성에 따라 조정 적용할 수 있다.
주) 자료출처 : 제7편 구조 및 지반설계 인용

2) 거 푸 집(㎡)

수직고 7m 이상인 경우에는 7m를 초과하는 3m 증가마다 수량에서 10% 할증 처리한다.

가) 합판거푸집

〈 합판거푸집 구분 〉

(표 7.2-2)

구 분	내 용	비 고
1회	1회 사용후 환수가 불가능한 구조	
3회	T형보, 난간, 교각, 교대, 배수구조물의 본체, 슬래브, 교대, 교각, 옹벽, 파라펫트, 날개벽 등 약간 복잡하거나 복잡한 구조 (견고하고 미려한 시공이 요구되는 경우)	매끈한 마감
4회	측구, 수로, 확대기초, 우물통 등 비교적 간단한 구조 (안전하고 견고한 기능제공이 요구되는 경우)	보통 마감
6회	수문 또는 관의 기초등 극히 간단한 구조 (외관과 전혀 관계 없는 경우)	거친 마감

주) 자료출처 : 2023년 하반기 건설공사 표준시장단가 적용공종 및 단가(2023. 국토교통부, 한국건설기술연구원)

나) 원형거푸집

- 목재 2~3회(매끈한 마감) 사용을 기준으로 한다.
- 폼타이(Form Tie) 사용할 때 횟수는 10회로 한다.

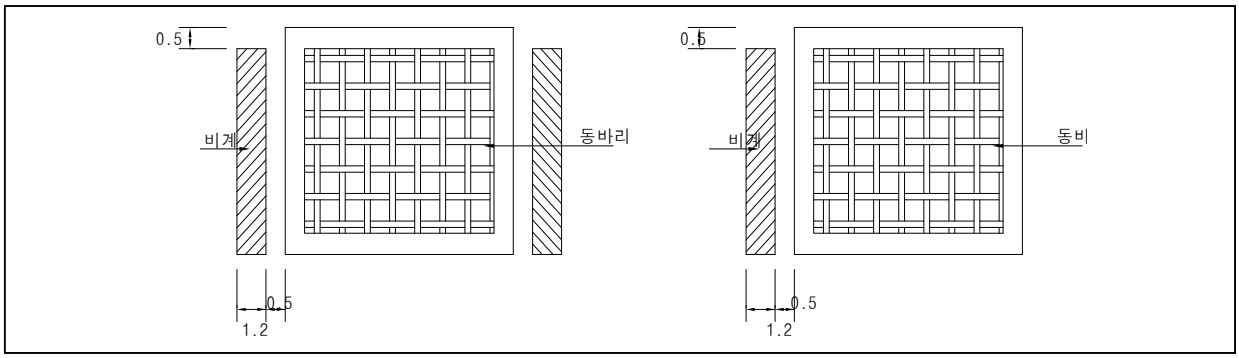
3) 철근가공조립

일반적으로 철근수량 산정시 철근가공과 조립을 동시에 산정하나, 철근가공이 필요 없을 경우에는 구분하여 수량을 산출한다.

- 간단 : 중력식 옹벽, 측구, 간단한 기초 등
- 보통 : 수문, 반중력식 옹벽, 교대 등
- 복잡 : 교량의 슬래브, 암거, 우물통, 부벽식 옹벽 등
- 매우복잡 : 기둥형 교대, 교각, 지하철, 터널 등

4) 동바리(㎥/공) 및 비계(㎡)

가) 동 바 리



(그림 7.2-4) **〈 동바리 및 비계 〉**

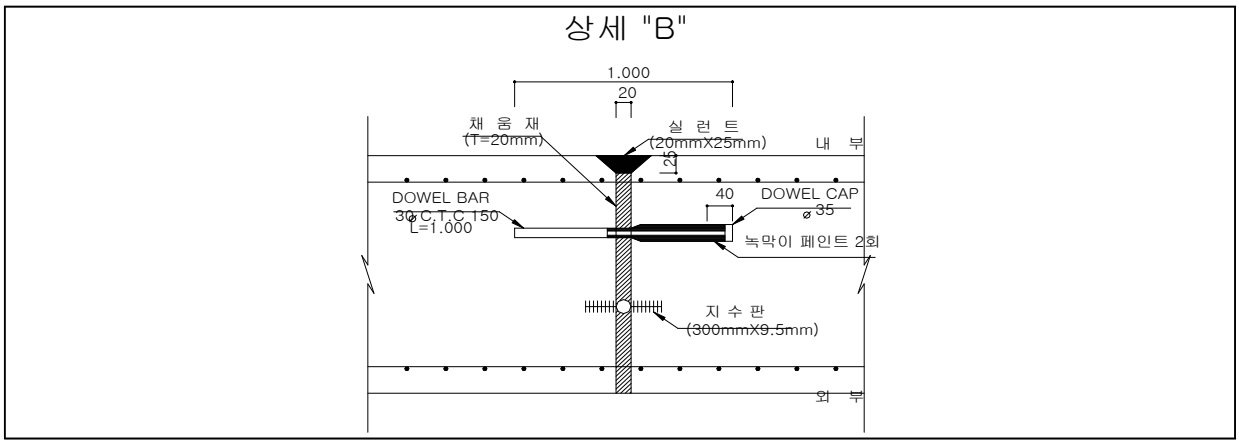
나) 비　　계

H = 2.0m 이상일 경우 설치한다.

- 강관 : 1.2m, 목재 : 1.0m
- 암거 구체 기초상단부터 계상

5) 신축이음 및 지수판(m)

원칙적으로 죠인트를 두지 않고 균열방지용 배력철근을 고려할 수도 있고, 신축이음을 둘 경우에 간격은 15~20m 정도로 신축 및 방수가 원활하도록 필요에 따라 이음재, 지수판 등을 설치한다.



(그림 7.2-5) **〈 신축이음 및 지수판 〉**

6) 스페이서

가) 스페이서는 벽체, 슬래브로 구분하여 철근간격에 따라 적용하여 산출한다.

나) 벽체는 스페이서, 슬래브는 체어블럭으로 구분하여 산출한다.

7.3 단가 산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가 기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
1. 가.	**터파기** 터파기 (육상 1m이하)	㎥	터파기(토사, 인력10% +기계90%) ◎ 설계조건 : 보통토사 1) 인력(10%) 보통인부 : 0.20인×0.1 2) 기계(90%), 굴삭기 0.7㎥ q_0=0.7, K=0.9, f=1/1.25, E=0.6-0.05, Cm=20sec(135°) Q = 3600×q_0×K×f×E/Cm = ㎥/hr 재료비·노무비·경비/Q×0.9 ※ 협소한 장소나 용수터파기시 인력품의 50% 가산 ※ 수중터파기는 인력품의 2배 적용 ※ 기계터파기 각 계수값은 현장조건에 맞게 적용	「건설공사 표준품셈」 3-1-2 터파기 「건설공사 표준품셈」 8-2-3 굴삭기
2. 가.	**되메우기** 되메우기 및 다짐 (육상 0~2m)	㎥	되메우기 및 다짐(인력10% +기계90%) 1) 인력(10%) 보통인부 : 0.11인×0.1 2) 기계(90%), 굴삭기 0.7㎥ q_0=0.7, K=1.1, f=0.725, E=0.65 Cm=20sec(135°) Q = 3600×q_0×K×f×E/Cm = ㎥/hr 재료비·노무비·경비/Q×0.9 3) 다짐(램머 80kg) A=0.28×0.33, N=36,000, H=0.15, f=1.0, E=0.5, P=57 Q = A×N×H×f×E/P = ㎥/hr ※ 각 계수값은 현장조건에 맞게 적용	「건설공사 표준품셈」 3-2-3 인력 흙 다지기 「건설공사 표준품셈」 8-2-3 굴삭기 「건설공사 표준품셈」 8-2-11 램머

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
3.	**잔토처리**			
가.	잔토처리	㎥	잔토처리(소운반 고르기) 1) 노무비 보통인부 : 0.20인	「건설공사 표준품셈」 3-1-2 인력굴착
4.	**콘크리트타설**			
가.	레미콘타설 (철근)	㎥	철근콘크리트 타설 1) 자재비 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.01 2) 노무비 콘크리트공 : 0.15인 보통인부 : 0.15인 3) 진동기 손료 적용	「건설공사 표준품셈」 6-1-1 콘크리트타설
나.	레미콘타설 (무근)	㎥	무근콘크리트 타설 1) 자재비 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.02 2) 노무비 콘크리트공 : 0.13인 보통인부 : 0.13인 3) 진동기 손료 적용	「건설공사 표준품셈」 6-1-1 콘크리트타설
다.	레미콘타설(기계) (소형)	㎥	소형구조물 1) 자재비 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.02(철근, 무근에 따라 할증 적용 고려) 2) 노무비 콘크리트공 : 0.24인 보통인부 : 0.94인 3) 진동기 손료 적용	「건설공사 표준품셈」 6-1-1 콘크리트타설

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>라.</td><td>펌프차타설</td><td>㎥</td><td>철근구조물(붐타설)
1) 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.01
2) 인력편성
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="2">작 업 조</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>무근콘크리트</th><th>철근콘크리트</th></tr>
<tr><td>콘크리트공</td><td>인</td><td>3</td><td>4</td><td>타설/진동기/면정리</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>2</td><td>2</td><td>배관타설 : 1인 추가</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>1</td><td>1</td><td>현장정리/보조</td></tr>
<tr><td>콘크리트펌프차</td><td>대</td><td>1대(80㎥/hr 이상)</td><td></td><td>시공조건에 따른 규격 선정</td></tr>
</table>
3) 일일시공량(일당)
<table>
<tr><th rowspan="2">슬럼프</th><th colspan="2">기준 시공량(㎥)</th></tr>
<tr><th>무근구조물</th><th>철근구조물</th></tr>
<tr><td>8~12㎝</td><td>130</td><td>125</td></tr>
<tr><td>15㎝</td><td>135</td><td>130</td></tr>
<tr><td>18㎝이상</td><td>145</td><td>140</td></tr>
</table>
- 시공량(㎥) : 기준시공량 ×f1 ×f2
가. 시설유형(f1)
<table>
<tr><th>유형</th><th>Type-Ⅰ</th><th>Type-Ⅱ</th><th>Type-Ⅲ</th><th>Type-Ⅳ</th></tr>
<tr><td>f1</td><td>1.4</td><td>1.0</td><td>0.8</td><td>0.3</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>구분</th><th>적용기준</th></tr>
<tr><td>Type-Ⅰ</td><td>매트기초 등 펌프차 작업에 제약이 없는 시설물</td></tr>
<tr><td>Type-Ⅱ</td><td>벽, 기둥, 보, 슬라브, 교대, 교각 등 펌프차 작업에 큰 지장이 없어 일반적인 시공이 가능한 시설물</td></tr>
<tr><td>Type-Ⅲ</td><td>옹벽, 줄기초, 슬래브 없는(월거더wall girder)구조의 기둥과 보 등 펌프차 작업에 제약을 받는 타설부위가 좁거나 깊은 시설물</td></tr>
<tr><td>Type-Ⅳ</td><td>절·성토부 비탈면에 시공되는 구조물 등 펌프차 작업에 제약이 매우 큰 시설물</td></tr>
</table>
나. 현장조건(f2)
<table>
<tr><th>유형</th><th>Type-Ⅰ</th><th>Type-Ⅱ</th><th>Type-Ⅲ</th></tr>
<tr><td>f2</td><td>1.2</td><td>1.0</td><td>0.8</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>구분</th><th>적용기준</th></tr>
<tr><td>Type-Ⅰ</td><td>대기공간이 충분히 넓어 믹서트럭 2대가 병렬로 타설준비가 가능하여 지속적인 타설을 수행하는 경우</td></tr>
<tr><td>Type-Ⅱ</td><td>믹스트럭이 1대씩 직렬로 대기하며 순차적으로 타설준비하여 타설하는 일반적인 경우</td></tr>
<tr><td>Type-Ⅲ</td><td>믹서트럭의 대기공간이 매우 협소하고 진출입 길이가 길어 연속적인 타설이 어려운경우</td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
6-1-4 콘크리트
펌프차타설</td></tr>
<tr><td>5.
가.</td><td>거푸집
합판거푸집
(0~7m)</td><td>㎡</td><td>거푸집
1) 자재수량(㎡당)
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th rowspan="2">단위</th><th>수량</th><th colspan="5">1회 사용 자재비의 %</th></tr>
<tr><th>1회</th><th>2회</th><th>3회</th><th>4회</th><th>5회</th><th>6회</th></tr>
<tr><td>합판</td><td>㎡</td><td>1.03</td><td rowspan="2">55.0%</td><td rowspan="2">44.3%</td><td rowspan="2">38.0%</td><td rowspan="2">35.0%</td><td rowspan="2">32.7%</td></tr>
<tr><td>각재</td><td>㎥</td><td>0.038</td></tr>
<tr><td>소모자재(박리재 등)</td><td>주자재 비의 %</td><td>4.0%</td><td>7.0%</td><td>8.0%</td><td>9.0%</td><td>10.0%</td><td>11.0%</td></tr>
</table>
2) 설치 및 해체(일당)
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th rowspan="2">단위</th><th rowspan="2">수량</th><th colspan="5">1회 사용 자재비의 %</th></tr>
<tr><th>재물치장</th><th>매우복잡</th><th>복잡</th><th>보통</th><th>간단</th></tr>
<tr><td>형틀목공</td><td>인</td><td>5</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">25</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">45</td><td rowspan="2">50</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>2</td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
6-3-1 합판거푸집</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>나.</td><td>유로폼(벽)</td><td>㎡</td><td>유로폼(벽)
1) 재료비(10㎡당)
<table>
<tr><th>구분</th><th>규격</th><th>단위</th><th>수량</th></tr>
<tr><td>패널</td><td>600×1,200㎜</td><td>매</td><td>0.89</td></tr>
<tr><td>내부패널</td><td>(200+200)×1,200㎜</td><td>매</td><td>0.03</td></tr>
<tr><td>부자재
(웨지핀,
플랫타이,
강관파이프, 후쿠)</td><td>주자재비의</td><td>%</td><td>설치 유형에 따라 다음 주자재비의 다음 요율을 적용한다.
<table>
<tr><td>구분</td><td>간단</td><td>보통</td><td>복잡</td></tr>
<tr><td>요율</td><td>24%</td><td>52%</td><td>79%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>소모자재(박리재등)</td><td>주자재비의</td><td>%</td><td>5%</td></tr>
</table>
2) 설치 및 해체(일당)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">단위</th><th rowspan="2">수량</th><th colspan="3">시공량(㎡)</th></tr>
<tr><th>복잡</th><th>보통</th><th>간단</th></tr>
<tr><td>형틀목공</td><td>인</td><td>4</td><td rowspan="2">25</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">40</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>1</td></tr>
<tr><td>비고</td><td colspan="5">현장여건(고소작업, 거푸집 적재공간 협소 등)에 따라 상시적인 크레인을 활용한 시공이 필요한 경우 해당 장비를 작업조에 추가하여 계상하고, 시공량은 감하지 않는다.
본 품은 수직고 7m까지 적용하며, 양중장비를 활용하지 않고 수직고가 7m를 초과하는 경우 매 3m마다 시공량을 8%까지 감한다.</td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
6-3-3 유로폼</td></tr>
<tr><td>6.</td><td>비계</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>강관비계</td><td>㎡</td><td>강관비계 3개월, H=10m 이하 까지
1) 재료비
강관(48.6×2.4mm, 손율 6%) : 3.99m × 0.06
이음철물(공기에 따른 손율 12%) : 0.5개 × 0.12
조임철물(직교·자재, 손율 12%) : 2.08개 × 0.12
받침철물(손율 9%) : 0.04개 × 0.09
철물(앵커용, 손율 100%) : 0.04개 × 1.0
2) 노무비
비 계 공 : 0.05인
보통인부 : 0.02인
3) 공구손료 : 노무비의 5%</td><td>「건설공사 표준품셈」
2-7-1 구조물비계</td></tr>
<tr><td>7.</td><td>동바리</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>강관동바리
설치 및 해체</td><td>10공
㎥</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="3">수 량</th></tr>
<tr><th>2.5m이하</th><th>2.5m초과~3.5m이하</th><th>3.5m초과~4.2m이하</th></tr>
<tr><td>형틀목공</td><td>인</td><td>0.54</td><td>0.58</td><td>0.63</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.21</td><td>0.23</td><td>0.25</td></tr>
<tr><td>비고</td><td colspan="4">- 수평연결재가 필요한 경우는 다음과 같이 계상한다.
<table>
<tr><td>구 분</td><td>규 격</td><td>단위</td><td>수량</td></tr>
<tr><td>형틀목공</td><td>설치, 해체</td><td>인</td><td>0.02</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>설치, 해체</td><td>인</td><td>0.01</td></tr>
</table>
- 설치간격에 따른 요율은 다음 기준을 적용한다.
<table>
<tr><td>설치간격</td><td>0.6m이하</td><td>0.6m초과~0.8m이하</td><td>0.8m초과</td></tr>
<tr><td>요율(%)</td><td>120%</td><td>100%</td><td>90%</td></tr>
</table></td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
2-6-1 강관 동바리 설치 및 해체</td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
8.	**철근가공조립**		철근가공조립/철근조립	
가.	철근가공조립 철근조립	ton	철근 적용범위(토목)	「건설공사 표준품셈」 6-2 철근

구분		적용기준
Type-Ⅰ	Ⅰ-1	철근가공 및 조립 작업이 일반적인 토목시설(반중력식 옹벽, L형옹벽, 교량슬래브, 매트기초, 수문 등)
	Ⅰ-2	특정위치에서 철근의 가공 및 조립이 반복되는 경우(빔제작, 철근망 등)
Type-Ⅱ	Ⅱ-1	철근가공 및 조립 작업이 복잡한 토목시설(라멘교, 교대, 암거, 지하차도, 부벽식 옹벽 등) Type-Ⅰ 시설에서 직경13㎜이하 철근이 전 철근중량의 50%이상인 경우
	Ⅱ-2	콘크리트대비 소향의 철근이 사용되는 경우(측구/개거, 중력식옹벽, 일체형 중앙분리대 등)
Type-Ⅲ	Ⅲ	철근가공 및 조립 작업이 매우 복잡한 토목시설(교각, 구주식 교대 등) 특수 구조시설물에서 철근직경 35㎜를 초과하여 인력에 의한 단독시공이 어려운 경우(플랜트, 원자력 발전소 등)

1) 현장가공(일당)

구 분	단위	수량	1회 사용 자재비의 %		
			Type-Ⅰ	Type-Ⅱ	Type-Ⅲ
철 근 공	인	3	4.5	4.0	3.5
보통인부	인	1			

2) 현장조립(일당)

유 형		인력(인)		시공량(Ton)
		철근공	보통인부	
Type-Ⅰ	Ⅰ-1	6	2	3.4
	Ⅰ-2	4	1	2.2
Type-Ⅱ	Ⅱ-1	5	2	2.6
	Ⅱ-2	2	1	1.1
Type-Ⅲ	Ⅲ	5	2	2.4

간격재, 결속선 등 소모재료 재료비는 별도 계상하며, 결속선의 표준 사용량은 다음을 참고한다.

구분	Type-Ⅰ	Type-Ⅱ	Type-Ⅲ
사용량(kg)	6.5	8.0	9.5

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>잡철물제작설치</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>잡철물 제작 및 설치</td><td>ton</td><td>잡철물 제작 및 설치
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="2">제품 설치</th><th colspan="2">규격철물 설치</th><th colspan="2">현장제작 설치</th></tr>
<tr><th>일반철재</th><th>경량철재</th><th>일반철재</th><th>경량철재</th><th>일반철재</th><th>경량철재</th></tr>
<tr><td>철 공</td><td>인</td><td>2.85</td><td>3.71</td><td>7.05</td><td>9.17</td><td>12.38</td><td>16.09</td></tr>
<tr><td>용접공</td><td>인</td><td>1.04</td><td>1.35</td><td>2.57</td><td>3.34</td><td>3.38</td><td>4.39</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.78</td><td>1.01</td><td>1.92</td><td>2.50</td><td>4.50</td><td>5.85</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.52</td><td>0.68</td><td>1.28</td><td>1.66</td><td>2.25</td><td>2.93</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="7">관로뚜껑, Sole Plate 등 용접, 부속자재 연결 작업 없이 기성제품을 단순 설치만하는 경우 제품설치 품의 10%를 감한다.
트러스, 원형, 곡선 등의 부재와 같이 구조나 형태가 복잡한 경우, 또는 절단, 절곡, 용접 개소가 과다하게 발생하는 경우 본 품의 30%를 가산한다.</td></tr>
</table>
[주] ① 본 품은 철판, 앵글, 파이프 등 철재류를 활용한 잡철물의 현장 제작 및 설치에 대한 기준이다.
② 제품 설치는 맨홀사다리 등 제작된 제품을 반입하여 설치하는 기준이다.
③ 규격철물 설치는 일정규격으로 1차 제작된 철물을 반입하여 조립하고 설치하는 기준이다.
④ 현장제작 설치는 구조틀, 배관지지대 등 각관, 형강 등 원자재를 반입하여 현장조건에 맞게 제작하고 설치하는 기준이다.
⑤ 주문제작에 의해 공장가공을 요하는 대형부재(강재거푸집, 라이닝폼 등) 및 특수철물(조형물 등)의 제작·설치는 별도 계상한다.
⑥ 잡철물 설치를 위한 장비(크레인 등) 및 비계매기는 필요한 경우 별도 계상한다.
⑦ 공구손료 및 경장비(절단기, 용접기 등)의 기계경비 및 잡재료비(용접봉, 볼트 등)는 인력품의 요율로 다음을 적용한다.
<table>
<tr><th>구분</th><th>일반철재</th><th>경량철재</th></tr>
<tr><td>공구손료 및 경장비의 기계경비</td><td>5%</td><td>4%</td></tr>
<tr><td>잡재료비</td><td>3%</td><td>2%</td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
(건축)8-3-1 잡철물 제작 및 설치</td></tr>
<tr><td>10.</td><td>스페이서</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>스페이서
(바닥)</td><td>㎡</td><td>스페이서 설치 바닥
1) 재료비
스페이서(t=120mm) : 2.0ea
2) 설치비
재료비의 5%</td><td></td></tr>
<tr><td>나.</td><td>스페이서
(벽체)</td><td>㎡</td><td>스페이서 설치 벽체/㎡
1) 재료비
스페이서(t=150mm) : 4.0ea
2) 설치비
재료비의 5%</td><td></td></tr>
<tr><td>11.</td><td>시공이음</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>시공이음면 정리</td><td>㎡</td><td>시공이음면 정리(콘크리트 치핑)
<table>
<tr><th>구분</th><th>단위</th><th>수량</th></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.12</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.02</td></tr>
</table>
[주] ① 본 품은 소형치핑장비(소형브레이커, 치핑기)를 활용한 인력에 의한 작업 기준이다.
② 본 품에는 치핑, 청소 및 정리품을 포함한다.
③ 벽체, 천장 등 치핑을 위한 가시설물이 필요한 경우는 별도 계상한다.
④ 공구손료 및 경장비(소형브레이커, 치핑기 등)의 기계경비는 인력품의 8%로 계상한다.
⑤ 대형 장비(굴삭기 등)를 활용한 기계치핑의 경우는 별도 계상한다.</td><td>「건설공사 표준품셈」
(토목)6-1-6
콘크리트치핑</td></tr>
<tr><td>나.</td><td>수팽창지수제</td><td>m</td><td>수팽창지수제
1) 재료비
수팽창 고무지수판 : 1.0m×1.05
2) 설치비 : 재료비의 5%</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>12.</td><td>신축이음</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>신축이음</td><td>m</td><td>신축이음
1) 다웰바 설치(EA당)
<table><tr><th>구분</th><th>단위</th><th>수량</th></tr><tr><td>형틀목공</td><td>인</td><td>0.043</td></tr><tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.009</td></tr></table>[주] ① 본 품은 콘크리트 구조물의 신축이음부 설치를 기준한 것이다.
② 다웰바의 설치 간격은 150㎜를 기준한 것이다.
③ 녹막이 페인트 작업은 '[건축부문] 11-2-6 녹막이페인트칠'을 따른다.
2) 채움재 설치(㎡당)
<table><tr><th>구분</th><th>단위</th><th>수량</th></tr><tr><td>형틀목공</td><td>인</td><td>0.029</td></tr><tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.006</td></tr></table>[주] ① 본 품은 콘크리트 구조물의 신축이음부 설치를 기준한 것이다.
② 채움재(발포폴리스티렌)는 두께 20㎜를 기준한 것이다.
3) 실링 마감(m당)
<table><tr><th>구분</th><th>단위</th><th>수량</th></tr><tr><td>방수공</td><td>인</td><td>0.021</td></tr><tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.004</td></tr></table>[주] ① 본 품은 콘크리트 구조물의 신축이음부 마감을 기준한 것이다.
② 본 품은 V컷팅, 프라이머 바름, 백업재 삽입, 실링재 주입 작업이 포함된 것이다.
③ 공구손료는 인력품의 1%를 계상한다.</td><td>「건설공사 표준품셈」
(토목)6-3-10 신축이음</td></tr>
<tr><td>나.</td><td>지수판 설치</td><td>m</td><td>지수판설치
1) 재료비
PVC지수판(200×5t) : 1.04m
PVC용접봉 : 0.042kg
철선(#8) : 0.21kg
2) 노무비
특별인부 : 0.151인
보통인부 : 0.116인
3) 공구손료 및 경장비(PVC용접기 등) 기계경비는 인력품의 3%계상</td><td>「건설공사 표준품셈」
6-3-9 지수판설치</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>13.</td><td>도교 제작 및 설치</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>앵커볼트 설치</td><td>ea</td><td>앵커볼트 설치
1) 재료비
앵커볼트 : 1ea×1.03
2) 노무비
<table><tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="6">수 량</th></tr><tr><th>Φ16이하</th><th>Φ20이하</th><th>Φ24이하</th><th>Φ28이하</th><th>Φ32이하</th><th>Φ40이하</th></tr><tr><td>철골공</td><td>인</td><td>0.05</td><td>0.08</td><td>0.12</td><td>0.16</td><td>0.20</td><td>0.23</td></tr><tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.02</td><td>0.03</td><td>0.05</td><td>0.06</td><td>0.07</td><td>0.09</td></tr></table></td><td>「건설공사 표준품셈」
(건축)1-2-6 앵커볼트설치</td></tr>
<tr><td>나.</td><td>전기용접
(fillet 횡향)</td><td>m</td><td>전기용접(t=6mm), fillet 횡향
1) 재료비
용접봉 : 0.4kg
2) 노무비
용접공 : 0.026인
특별인부 : 0.008인
3) 경비
전력비 : 2.65kWh
기구손료 : 노무비의 5%</td><td>「건설공사 표준품셈」
13-2-4 강판 전기아크용접</td></tr>
<tr><td>다.</td><td>전기용접
(V-형 횡향)</td><td>m</td><td>전기용접(t=6mm), V-형 횡향
1) 재료비
용접봉 : 0.6kg
2) 노무비
용접공 : 0.052인
특별인부 : 0.016인
3) 경비
전력비 : 2.50kWh
기구손료 : 노무비의 5%</td><td>「건설공사 표준품셈」
13-2-4 강판 전기아크용접</td></tr>
<tr><td>라.</td><td>강교외부도장</td><td>㎡</td><td>강교외부도장(공장도장)
1) 소재 표면처리
도장공 : 0.011인
철구(shot ball) : 0.127kg
무기질아연말샵프라이머(도막두께 20㎛) : 0.157ℓ
2) 제품 표면처리
도장공 : 0.031인
철편(Grit) : 0.245kg
3) 도장
도료(ℓ) : $\frac{\text{도막두께}(\mu)}{\text{고형분용적비}(\%)\times 10}\times\frac{1}{1-\text{손실율}(\%)/100}$
희석재(ℓ) : 도료사용량의 25%
도장공 : 0.02인 × 횟수
공구손료 : 인력품의 5%</td><td>「건설공사 표준품셈」
5-2 강교도장</td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
마.	용접교 제작	ton	용접교 제작(단순플레이트거더) 1) 자재비(운반비 별도계상) 수량산출에 따름 2) 노무비 철판공 : 1.02인 용접공 : 1.62인 철 공 : 0.97인	「건설공사 표준품셈」 5-1-1 강교제작
14.	**흄관접합 및 부설**			
가.	흄관접합 및 부설(Φ800)	m	흄관접합(소켓식, 고무링 접합) 및 부설 1) 재료비 및 하차비 별도계상 2) 접합 및 부설 배관공 : 0.71인/2.5m 보통인부 : 0.29인/2.5m 트럭탑재형 크레인(10ton) : 0.76hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 6-6-1 원심력 철근 콘트리트관 부설 및 접합
나.	흄관접합 및 부설(Φ1000)	m	흄관접합(소켓식, 고무링 접합) 및 부설 1) 재료비 및 하차비 별도계상 2) 접합 및 부설 배관공 : 0.91인/2.5m 보통인부 : 0.37인/2.5m 트럭탑재형 크레인(15ton) : 0.96hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 6-6-2 원심력 철근 콘트리트관 부설 및 접합
다.	흄관접합 및 부설(Φ1200)	m	흄관접합(소켓식, 고무링 접합) 및 부설 1) 재료비 및 하차비 별도계상 2) 접합 및 부설 배관공 : 1.11인/2.5m 보통인부 : 0.45인/2.5m 트럭탑재형 크레인(15ton) : 1.16hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 6-6-2 원심력 철근 콘트리트관 부설 및 접합

제8장 내수배제시설

제8장 내수배제시설

8.1 설계 요령

8.1.1 일반사항

가. 정의

내수배제시설은 유역 내 강우 발생 시 내수가 하천으로의 유입이 원활하게 이루어지도록 함으로써 하천의 외수위가 상승하여도 강우에 의한 내수 침수피해가 발생하지 않도록 설치되는 시설물로 정의할 수 있다.

나. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 농업생산기반시설 설계기준(KDS 67 00 00)(2022, 농림축산식품부)
4) 하수도 설계기준(KDS 61 00 00)(2022, 환경부)

다. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 재해예방을 위한 고지배수로 운영관리 지침(2021, 행정안전부)
3) 배수펌프장 관리 및 운영지침(2008, 소방방재청)
4) 빗물펌프장·수문 유지관리 및 설계 요령(2008, 서울시)
5) 농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(제2편 배수개선)(2011, 한국농어촌공사)
6) 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준(2018, 행정안전부)
7) 지방자치단체 우수유출저감대책 세부수립 기준(2018, 행정안전부)

라. 적용범위

본 설계 요령은 제내지의 물을 하천으로 강제 배제하기 위하여 설치하는 배수펌프장과 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 하천수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 우수유출저감시설, 고지지역의 홍수량을 하천으로 자연배수하기 위하여 설치하는 고지배수로 설치계획에 대하여 적용한다.

1) 배수펌프장

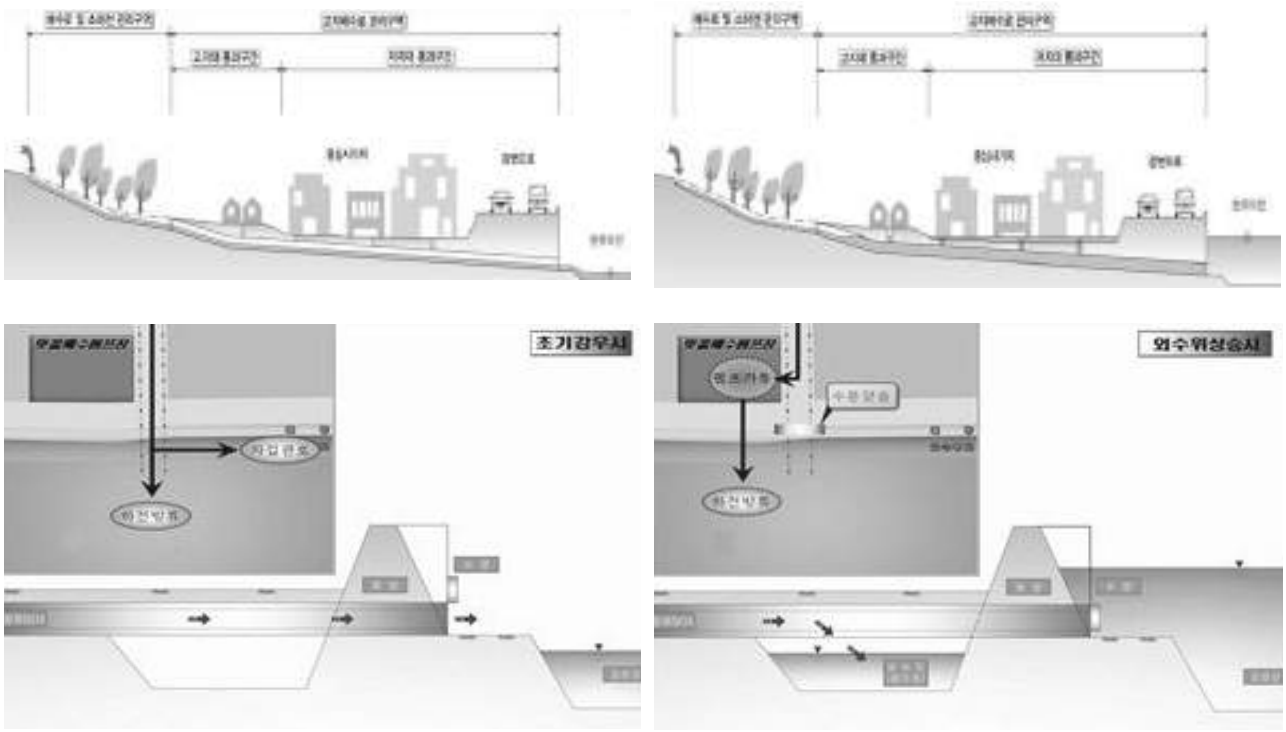
배수펌프장은 유역 내 하천 홍수위보다 낮은 저지대의 내수를 강제배수하기 위해 설치하는 내수배제용 배수펌프장과 하천의 홍수량을 일부 또는 전부를 본류 하천으로 강제배제하기 위해 설치하는 하천수배제용 배수펌프장(유수지 포함)으로 구분할 수 있다.

가) 내수배제용 배수펌프장

홍수시 하천의 외수위가 상승하여 제내측 저지대 우수의 자연배수가 어려운 경우 펌프 기계설비에 의해 우수를 강제배제토록 하는 배수펌프장(유수지 포함) 설치계획에 대하여 적용한다.

나) 하천수배제용 배수펌프장

본류 하천의 계획홍수위가 지류하천의 홍수위 보다 높게 발생하고, 지역여건상 지류하천 제방을 본류 하천 계획제방고 높이만큼 축제하기 곤란한 경우, 지류하천 제방을 등류수심에 여유고를 고려하여 설치하고, 지류하천 종점부에 배수문과 배수펌프장을 설치한다. 본류 하천의 홍수위가 지류하천의 등류수심보다 낮을 경우 배수문을 열어 자연배수하고, 본류하천의 계획홍수위가 증가하여 지류하천의 등류수심보다 높아질 경우 배수문을 닫고 펌프 기계설비에 의해 지류하천 홍수량을 강제배제토록 하는 배수펌프장(유수지 포함) 설치계획에 대하여 적용한다.

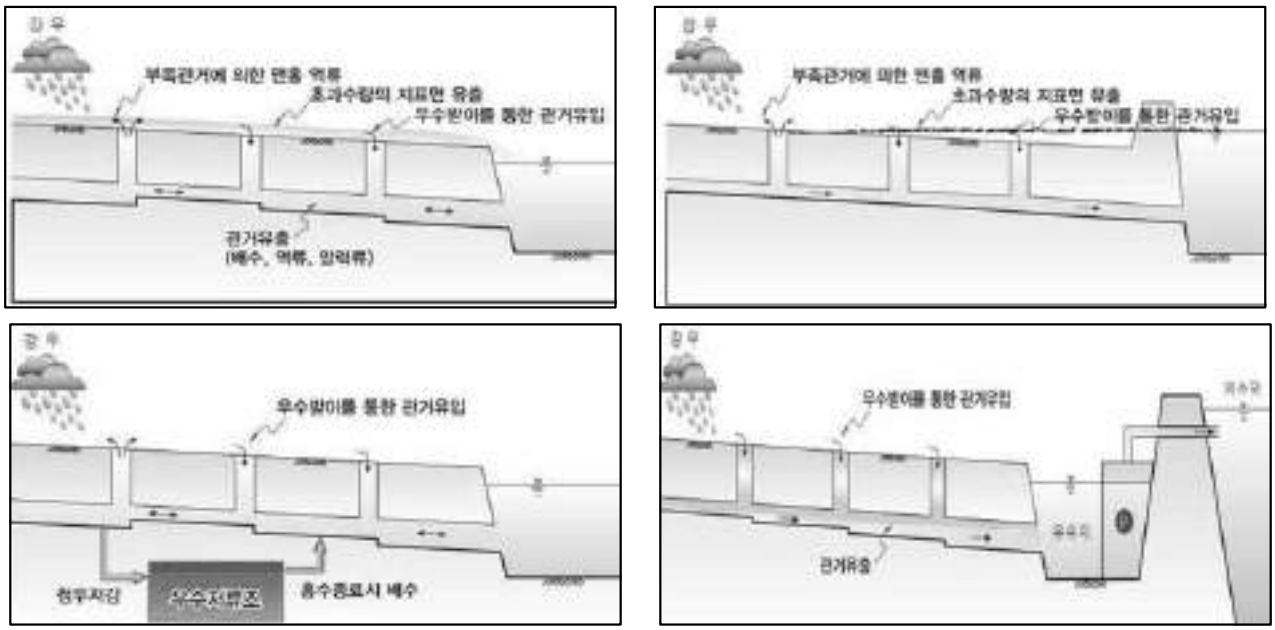


<자연방류시 모식도> <외수위 상승시 배수펌프장 운영 모식도>

(그림 8.1-1) **〈 자연방류 및 외수위 상승에 따른 배수펌프장 운영 모식도 〉**

2) 우수유출저감시설

우수유출저감시설은 본래의 유역이 가지고 있던 저류능력을 적정하게 유지토록하기 위해서 첨두유출량 및 총 유출량을 저감시켜 하류하천에 홍수부담을 감소시키는 시설로 우수저류시설과 우수침투시설로 구분할 수 있다.



<우수유출저감시설 모식도> <배수펌프장 모식도>

(그림 8.1-2) **〈 우수유출저감시설 및 배수펌프장 운영 모식도 〉**

가) 우수저류시설

빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥외수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등의 일체의 시설을 말하며 저류기간에 따라 일시저류시설과 상시저류시설로 구분하기도 하며 장소에 따라 지구 외 저류와 지구내 저류로 구분한다.

나) 우수침투시설

지표면 아래로의 우수 침투를 활성화시키고 불포화층 내에서의 저류효과 및 첨두유출량의 감소와 총 유출량의 저감을 도모하기 위한 시설로서 침투시설에는 침투트렌치, 침투측구, 침투통, 투수성 포장, 도로침투관, 공극저류시설 등이 있다.



저류시설 설치조감도 침투시설 설치조감도

주) 자료출처 : 지방자치단체 우수유출저감대책 세부수립 기준(2018, 행정안전부)

(그림 8.1-3) **〈 저류시설 및 침투시설 설치조감도 〉**

3) 고지배수로

하천의 계획홍수위보다 높은 지역의 홍수유출량이 저지대를 통과하여 하천으로 방류되고 있는 유역의 경우 고지지역의 유출량과 저지대의 유출량을 모두 강제배수할 경우 배수펌프장 용량이 증가하게 되므로, 배수펌프장 용량 저감을 위해 고지지역의 홍수유출량을 하천으로 자연배수하기 위하여 별도로 설치하는 배수로 설치계획에 대하여 적용한다.

마. 설계일반사항

내수배제 계획은 사업대상지역의 배수체계 등 현지 여건을 충분히 고려하여 가급적 자연배수방식을 적용한 내수배제 계획이 수립되도록 하여야 하나, 이를 적용하기 어려운 경우 강제배수방식 또는 자연배수방식과 강제배수방식을 혼용한 혼합방식을 적용할 수 있다.

1) 배수펌프 및 유수지

유역내 우수의 강제배수를 위한 배수펌프는 펌프 운영의 효율성을 고려하여 유수지를 설치하는 것을 기본으로 한다.

가) 배수펌프장의 위치는 다음과 같이 사업대상지역의 지형조건, 기초지반의 지질조건, 동력확보 등의 입지조건 등을 고려하여 결정한다.

(1) 유역 내 우수를 합리적으로 집수가 가능한 지점

(2) 배수펌프장 및 유수지의 위치는 접근과 관리가 용이하고 배수 효율을 높이기 위하여 가급적 방류하천에 가까운 지점

(3) 펌프의 운전시 진동에 의한 제방의 안전성을 고려하여 제방의 비탈기슭에서 5m 이상 이격하여 설치

(4) 배수펌프장의 기초지반 상태는 펌프장의 본체 기초공의 시공시 공사비에 미치는 영향이 크므로 기초처리 방법을 충분히 검토하여 결정

(5) 주변경관과 조화가 이루어질 수 있도록 함

(6) 배수펌프장 및 유수지, 기타 부대시설의 설치에 필요한 공간을 충분히 확보할 수 있는 지점

나) 배수펌프장은 일반적으로 저지대에 설치되므로 강우에 의한 침수로 그 기능이 정지되지 않도록 계획하여야 하며, 펌프실, 관리실, 전기설비 등은 계획내수위에 여유고(h=1m)를 더한 높이보다 높은 위치에 설치하여야 한다.

다) 배수펌프 시설의 정전사고를 고려하여 2회선 수전을 원칙으로 한다.

라) 방류하천의 수위가 상승하기 전에 저지대의 초기우수를 자연배제 시키기 위한 배수문을 설치하여 펌프의 가동을 최소화할 수 있도록 한다.

마) 초기우수의 자연배제를 위한 배수문은 방류하천의 수위가 상승할 경우 외수의 역류를 차단하는 수문을 설치하여야 한다.

바) 수문의 구조 및 설계는 ‘제2편 하천치수시설 제6장 하천수문’에 따른다.

2) 우수유출저감시설

우수유출저감대책은 현재 또는 향후 예상되는 배수구역내 우수의 초과 유출량 중 현재 발생하는 초과 유출량 및 이상기후로 발생하는 초과 유출량은 공공부문에서 지역외 저류시설의 형태로 분담토록 하며, 불투수면적 증가로 인한 초과 유출량 증가분은 개발 당사자가 지역내 저류 또는 침투시설을 설치하여 분담토록 수립되어야 한다.

가) 목표연도내 강우증가와 불투수면적 증가로 인하여 발생하는 우수유출 증가량이 1차적인 우수유출 목표저감량이 될 수 있으며, 이 중 하도의 용량부족으로 더 이상 부담할 수 없는 유출증가량을 우수유출저감시설을 통하여 저감하여야 하는 목표 저감량으로 결정하여야 한다.

나) 배수구역별 목표저감량으로부터 산출된 우수유출목표 저감량은 전체 배수구역에서 요구되는 저감량이며, 치수 및 개발계획과 연계하여 최적의 위치, 개수를 선정하여 우수유출저감시설을 배분하여 설치하여야 한다.

다) 지역외 우수유출저감시설은 해당지역 외에서 발생하는 초과유출량을 저류할 수 있는 기능을 수행하여야 하므로 배수구역내에서 향후 발생가능한 초과유출량 중 공공부문에서 분담하여야 할 부분(현시점 초과유출량 및 향후 강우증가 추이에 따른 초과유출량)을 목표저감량으로 하여, 최소한의 비용으로 최대한의 효과를 얻을 수 있는 적정위치, 규모 등을 선정할 수 있도록 계획하여야 한다.

라) 지역내 우수유출저감시설은 개발 등으로 인한 불투수면적증가로 증가되는 우수유출량을 해당지역내에서 저류하기위한 시설로 침투시설 또는 저류시설의 형태로 개발지역내 설치되어야 한다.

마) 지역외 우수유출저감시설의 위치 선정은 다음 사항을 우선 고려하여야 한다.

(1) 설치지점의 부지면적을 고려한 충분한 저류용량확보가 가능한 지역

(2) 설치시 저감효과가 우수하며, 침수피해 저감효과가 있는 지점

(3) 현지여건상 시공 및 교통처리에 큰 문제가 없는 지점

바) 지역외 우수유출저감시설의 계획은 가급적 다음과 같은 지역을 피하여 설치하도록 한다.

(1) 지대가 주변보다 높은지역

(2) 설치지점의 대상유역 면적이 매우 협소하여 설치효과가 미미한 지역

(3) 사유지의 편입이 많이 필요한 지역

3) 고지배수로

고지배수로는 방류하천의 계획홍수위보다 높은 지역에 위치한 유역에서 발생하는 우수에 대하여 자연배수방식에 따라 하천으로 방류할 수 있는 배수로로써 유출부에 수문을 설치하지 않는다.

가) 고지배수로는 계획홍수위보다 높은 상류유역의 우수를 자연배수방식에 따라 하천으로 방류하기 위한 시설물이므로 저지대 구간에서 주변지역의 우수관로 등이 고지배수로에 연결되지 않도록 하여야 한다.

나) 고지배수로내의 하천수가 역류하여 맨홀을 통해 저지대에 침수피해 발생 우려가 있으므로 유지관리를 위한 맨홀을 설치할 경우 체결형 압력맨홀을 설치하여 하천수의 역류를 방지하여야 한다.

다) 고지배수로 유입부는 상류에서 발생되는 유송잡목 등의 이물질에 의한 막힘 등으로 유수흐름에 지장이 없도록 토석류 및 유송잡목의 차단시설물에 대하여 검토하여야 한다.

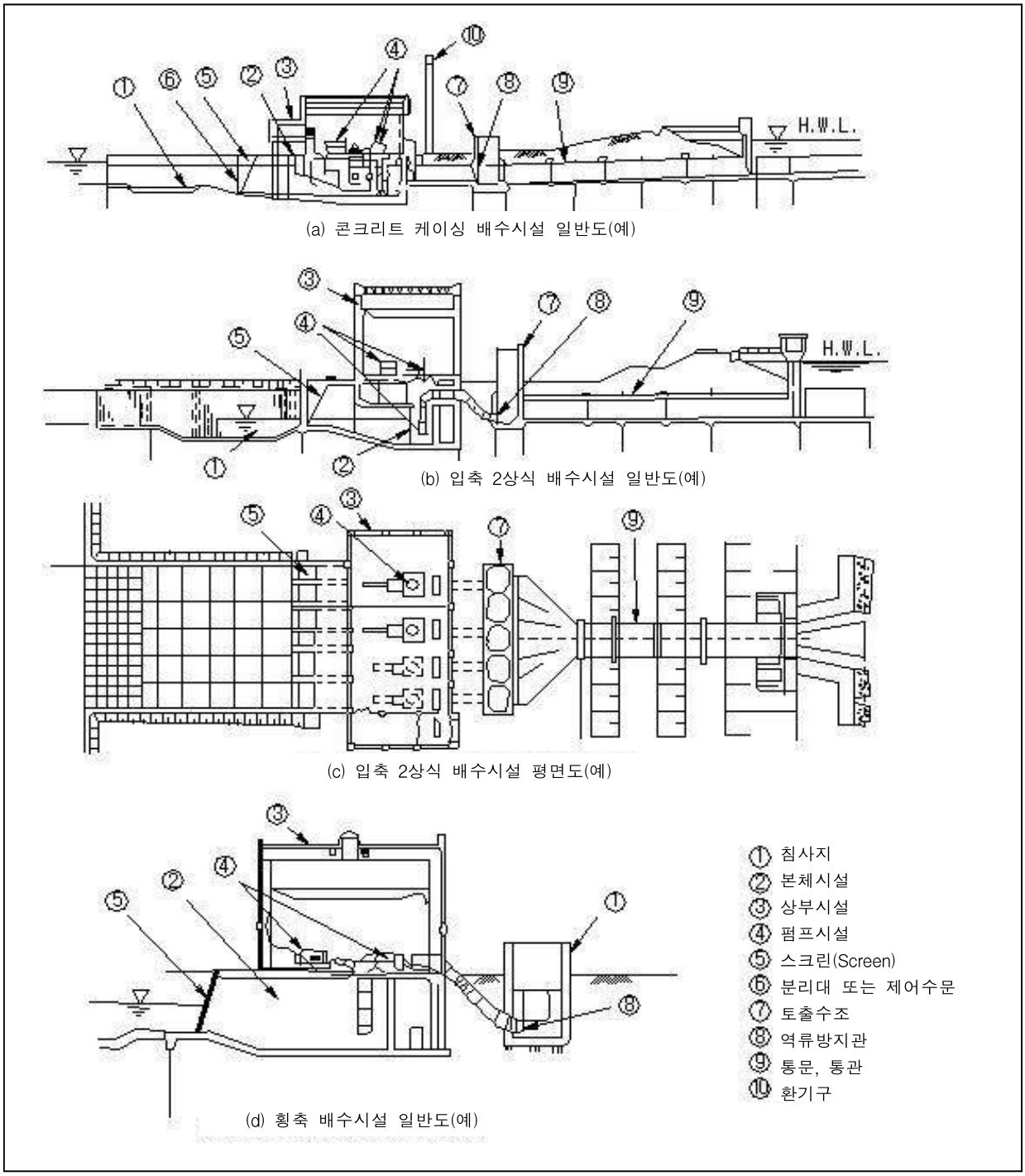
8.1.2 사전조사

내수배제시설 설계시 검토 및 조사할 사항은 다음과 같다.

1) 상위 계획 및 관련계획 검토
2) 하천 및 배수계통조사, 과거피해현황조사 및 분석, 현황조사
3) 펌프장(유수지), 우수유출저감시설, 고지배수로 예정 지역 내 지장물, 자산현황, 사회인문조사
4) 측량(지형, 종단, 횡단)
5) 토질 및 지질

8.1.3 배수펌프

유역 내의 우수를 일시적으로 저류하여 펌프설비에 의해 강제 배수하는 방식으로 저지대의 침수피해를 방지하기 위한 시설물로써 배수펌프, 흡수정, 유수지, 스크린, 제진기, 토출수조 등으로 구성된다.



(그림 8.1-4) **< 배수펌프장의 주요시설 명칭 (예시도) >**

가. 시설물 규모

배수펌프장의 설계빈도는 하천설계기준에서 제시된 설계빈도와 대상지역의 중요도, 토지이용현황, 하천계획빈도, 장래개발계획 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

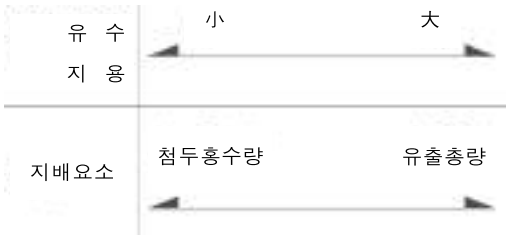
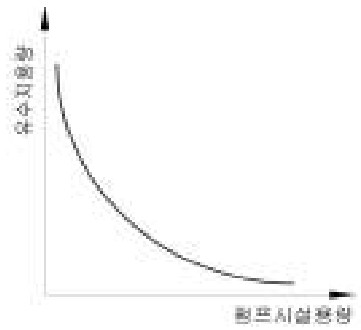
〈 주요 수공구조물의 설계빈도 〉

(표 8.1-1)

구조물 종류		설계빈도
배수시설	배수로*	30년 이상
	방수로	30년 이상
	배수제	30년 이상
	배수문	30년 이상
	배수펌프	30년 이상
	유수지 및 저류지	30년 이상

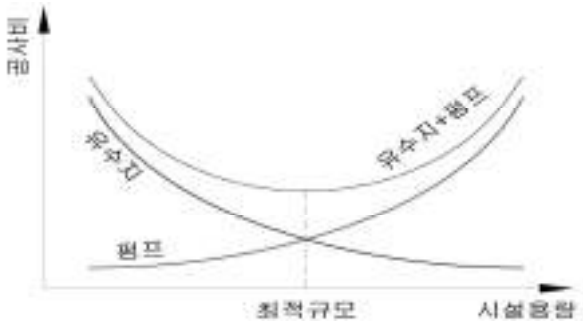
주) 배수로의 설계빈도는 30년 이상을 적용하되, 지역별 방재성능목표 설정기준(2022, 행정안전부)를 참고하여 조정할 수 있다.

유수지를 수반하는 배수펌프장의 시설용량 결정시 가장 중요한 요소는 유수지 저류용량의 규모이며, 이는 유수지의 유효저류용량이 크면 클수록 유수지의 저류효과로 인한 강제 펌프량의 감소로 이어지고 이와 반대로 유수지의 용량이 아주 적어 저류효과를 기대할 수 없는 경우 아래 그림과 같이 첨두유출량에 대응하는 펌프의 시설용량을 필요로 하게 된다.

유수지 용량에 의한 시설용량의 지배요소	유수지 용량과 시설용량 관계
	

(그림 8.1-5) 〈 유수지 용량-시설용량 관계 〉

따라서 펌프의 시설용량 규모는 아래 그림과 같이 유수지용량 - 펌프계획배수량 관계에 대해 각각의 공사비를 합친 총 공사비의 관계를 도시하여 최적의 규모를 적용하여야 하나, 이상강우로 인한 강우량의 증가 추세를 감안할 때 향후 시설물 확장 시 개발계획으로 인한 추가 부지 확보가 어렵고 높은 용지보상비를 감안하여 가급적 유수지 용량을 최대로 하고 펌프시설용량을 결정하되, 침수현황과 관로현황 등 현지 여건을 충분히 고려하여 강수의 유수지 유입이 원활하도록 유수지 규모를 결정한다.



(그림 8.1-6) **〈 공사비-시설용량 관계 〉**

나. 배수펌프의 대수 및 구경

1) 펌프의 설치대수는 계획 배제량을 기본으로 해서 결정하되 다음 사항을 고려하여 결정한다.

가) 계획 우수량을 기준으로 하여 최고 효율점 부근에서 운전되도록 대수를 선정한다.

나) 유지관리상 가능한 적게 하고 동일용량의 것으로 한다.

다) 펌프용량이 클수록 효율이 높으므로 가능한 대용량의 것으로 한다.

라) 유량의 변화가 현저한 경우는 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치하거나 동일용량의 펌프회전수를 제어한다.

마) 펌프의 설치대수는 2대 이상 10대 이하를 표준으로 하며, 예비 1대(10% 이상의 예비용량 범위내)를 설치하여 펌프기기의 오작동 및 고장에 대하여 대비할 수 있도록 한다.

바) 배수유역 내 강제배수 총 토출량에 따른 펌프설치 대수는 입지여건을 충분히 고려하여야 한다.

2) 펌프의 흡입 구경은 토출량과 펌프 흡입구의 유속에 의해 결정된다.

$$D = 146\frac{\sqrt{Q}}{V}\ (V = 1.5 \sim 3.0 m/\sec)$$

여기서 D = 흡입구경(㎜)
V = 흡입구 유속(m/sec)
Q = 펌프대당 토출량(㎥/min)

〈 펌프의 표준구경과 배출량 〉

(표 8.1-2)

표준구경 (㎜)	배출량 (㎥/min)	표준구경 (㎜)	배출량 (㎥/min)	표준구경 (㎜)	배출량 (㎥/min)
400	12~23	1,000	115~150	2,000	480~600
500	23~36	1,200	150~200	2,200	600~740
600	36~50	1,350	200~255	2,400	740~850
700	50~70	1,500	255~325	2,600	850~1,000
800	70~90	1,650	325~400	2,800	1,000~1,150
900	90~115	1,800	400~480		

주) 자료출처 : 농업생산기반시설 설계기준(양배수장편(KDS 67 30 05))(2018, 농림축산식품부)

3) 흡수정 내부의 우수를 완전히 배수하여 흡수정 내 악취제거 및 펌프의 부식방지를 위한 지배수 펌프를 설치토록 한다.

다. 펌프의 양정 및 동력산출

1) 펌프 양정은 펌프흡입부와 토출부의 실수두 차이인 실양정고와 펌프흡입으로부터 토출까지 관로속에서 발생되는 여러 가지의 손실수두의 합으로써 이루어진다. 즉 전양정 H는 다음 식으로 결정된다.

$$H = Ha + \triangle H$$

여기서, Ha : 실 양 정

△H : 손실양정

2) 실양정은 배출수위와 흡입수위와의 차이로써 하천의 계획홍수위와 유수지 LWL와의 차이를 실양정고로 결정하되 토출배관의 표고가 하천의 계획홍수위보다 높을 경우 토출배관의 표고와 유수지 LWL와의 차이를 실양정고로 하며, 계획실양정은 실양정고의 70~80% 범위로 한다.

3) 공동현상(캐비테이션)은 펌프의 임펠러 부분에 발생하기 쉽고 유체의 흐름에 따라 이동하다가 높은 압력구역에 도달하면 기포가 급격히 파괴되는 현상을 유발하여 펌프의 성능을 저하시킴과 동시에 진동 및 소음을 수반하며 이와 같은 상태가 장기간 지속되면 펌프내부의 재료를 침식시키고 펌프의 수명을 단축시키는 결과를 초래하게 된다. 따라서 공동현상에 대한 안정성 여부를 판단하는 조건으로 유효흡입수두(NPSH av)와 펌프의 비교회전수로 결정되는 필요유효흡입수두(NPSH req)를 비교하여 유효흡입수두가 필요유효흡입수두에 대하여 갖는 여유를 검토하여야 하며 일반적으로 유효흡입수두가 필요유효흡입수두의 1.3배이상 확보되어야 한다.

가) 필요흡입수두 NPSH 추정계산(NPSH req)

$$- \text{NPSHreq} = \left(\frac{N \times Q^{1/2}}{S}\right)^{4/3}$$

여기서, S : 흡입비속도(축류펌프=1,200, 사류펌프=1,300)

N : 펌프회전수(rpm)

Q : 배출량(㎥/min)

나) 유효흡입수두 NPSH 계산(NPSH av)

$$- \text{NPSHav} = \frac{P_S}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} \pm h_s - h_L$$

여기서, P_S : 대기압 수두(10.33m) P_v : 물의 포화증기압

h_s : 흡수면에서 펌프기준면까지 높이 h_L : 흡수 손실(m)

4) 펌프동력은 펌프를 가동하는데 필요한 원동기의 출력을 말하며 동력계산은 아래와 같다.

가) $$P_m = \frac{0.163 \times \gamma \times Q \times H}{\eta} \times (1 + \alpha)$$

여기서, P_m : 원동기 소요동력(kW) Q : 유 량 (㎥/min)

H : 배수펌프의 전양정(m) η : 펌프효율(%)

α : 여유율(A의 경우 양정 변화가 적은 경우, B의 경우 양정 변화가 많은 경우)

전동기 종류 / 펌프형식	전동기		내연기관	
	A의 경우	B의 경우	A의 경우	B의 경우
사류펌프	0.15	0.20	0.25	0.30
축류펌프	0.20	0.25	0.30	0.35
원심펌프	0.10	0.15	0.15	0.20

〈 펌프효율 〉

(표 8.1-3)

저 양 정 펌 프							고 양 정 펌 프		
구경 (㎜)	횡 축(%)		입 축(%)		수 중(%)		구경 (㎜)	원심 (%)	입축 사류(%)
	사류	축류	사류	축류	사류	축류			
600	80	77	79	76	78	76	200	66	
700	81	79	80	77	79	77	250	69	
800	82	80	81	79	80	78	300	72	70
900	82	80	82	79	81	79	350	75	72
1,000	84	82	83	81	82	80	400	77	74
1,200	85	83	84	82	83	81	450	79	75
1,350	85	83	84	82	83.5	81.5	500	81	78
1,500	86	83	85	83	84	82	600	83	80
1,650	86	84	85	83	84.5	82.5	700	84	81
1,800	86	84	86	83	-	-	800	84	82
2,000	86	84	86	83	-	-	900	85	83
2,200	-	-	87	85	-	-	1,000	86	-
2,400	-	-	87	85	-	-	1,200	87	-
2,600	-	-	88	86	-	-	-	-	-
2,800	-	-	88	86	-	-	-	-	-

주) 농업생산기반시설 설계기준(펌프설계(KDS 67 30 20))(2022, 농림축산식품부)

라. 펌프형식

1) 펌프의 형식은 사류형, 축류형, 와권형 등으로 분류되며, 저양정의 양·배수펌프에는 원칙적으로 사류형, 축류형을 사용한다.

2) 축류형식은 펌프의 축형식을 나타내는데 횡축형, 입축형, 사축형 등으로 분류되며, 원칙적으로 횡축형, 입축형을 사용한다.

3) 펌프의 형식은 토출량, 전양정 등에 의하여 선정되며, 전양정에 따른 개략적인 선정범위는 아래 (표 8.1-4)와 같다.

4) 펌프형식 선정과 관련하여 타 설계기준에 제시 사항을 참고할 수 있다.

가) 양정고가 1.0m ~ 9.0m인 경우 저양정, 9.0m 이상은 고양정이며, 저양정에서 양정고가 1.0m ~ 4.0m정도에서는 축류펌프의 적용이 적합하며, 4.0m 이상인 경우 사류펌프의 적용이 적합하다.

나) 양정고가 3.0m 이하에서는 수문일체형 펌프를 검토하여 적용할 수 있다.

〈 펌프 기종 및 형식 〉

(표 8.1-4)

축 형 식 / 기 종 형 식	횡 축	입 축(수중포함)
축 류	3m 이하	8m 이하
사 류	7m 이하	20m 이하

주) 하천설계기준해설(2019,한국수자원학회,하천협회)

마. 흡수정

1) 흡수정의 유효용적은 계획우수량, 펌프용량, 대수등을 충분히 고려하여 정하여야 하며, 충분한 용량이 아니면 흡입수위의 잦은 변동으로 펌프의 빈번한 기동조작 등으로 기기의 소모 및 고장을 유발할 수 있음으로 흡수정 용량은 총 펌프 토출량의 최소 5분이상 용량을 확보하도록 한다.

2) 흡수정 설치 시 아래사항을 고려하여 설치토록 한다.

가) 흡입부에 와류가 발생하지 않고 흡입관에 공기가 들어가지 않도록 하여야 한다.

나) 유로는 급격한 확대나 방향전환을 하지 않으며, 사류를 일으키지 않도록 하여야 한다.

다) 수조내의 흐름은 자연상태의 흐름형이 되도록 하고 흐름이 각 펌프에 균등하게 흡입되도록 하여야 한다.

라) 흡입수조에서 유입구의 유속은 가능한 한 0.7m/s 이하로 하며, 흡수정 흡입구로의 접근 유속은 약 0.3m/s 이하가 되도록 한다.

마) 흡입관과 흡수정의 바닥면 사이에 충분한 여유를 확보하여 흡입관 주변의 우수 유입이 원활하게 유입되도록 한다.

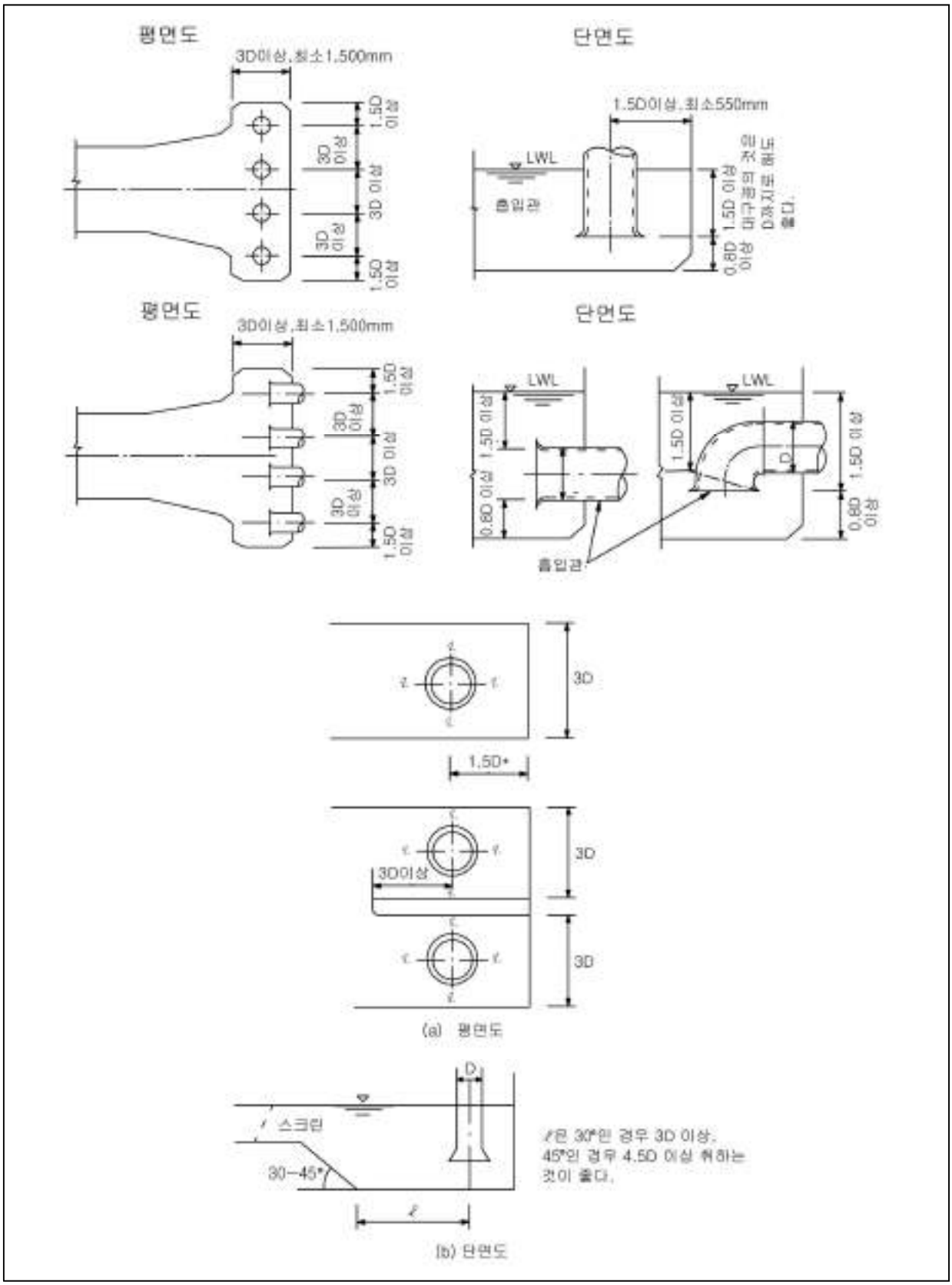
3) 연직흡입관과 흡수정의 형상은 아래 그림에 제시된 치수를 표준으로 한다.

4) 흡수정의 폭은 펌프구경의 3배 이상으로 하여야 한다.

5) 두 대 이상의 펌프를 설치하는 경우 각 펌프의 흡입조건이 대등하게 되고, 흡입부내의 난기류를 방지하기 위해 정류벽을 설치하여야 한다.

6) 흡수정내에는 L.W.L 이하의 우수를 배제하고 건조시켜 악취를 제거하고 펌프의 부식을 방지하기 위해 재배수펌프(수중펌프)를 설치한다.

7) 흡수정에는 유입된 토사가 퇴적되어 펌프가동에 지장을 초래하지 않도록 비우기에 완전히 준설 한다.



(그림 8.1-7) **〈 흡입정과 흡입관 〉**

바. 토출수조

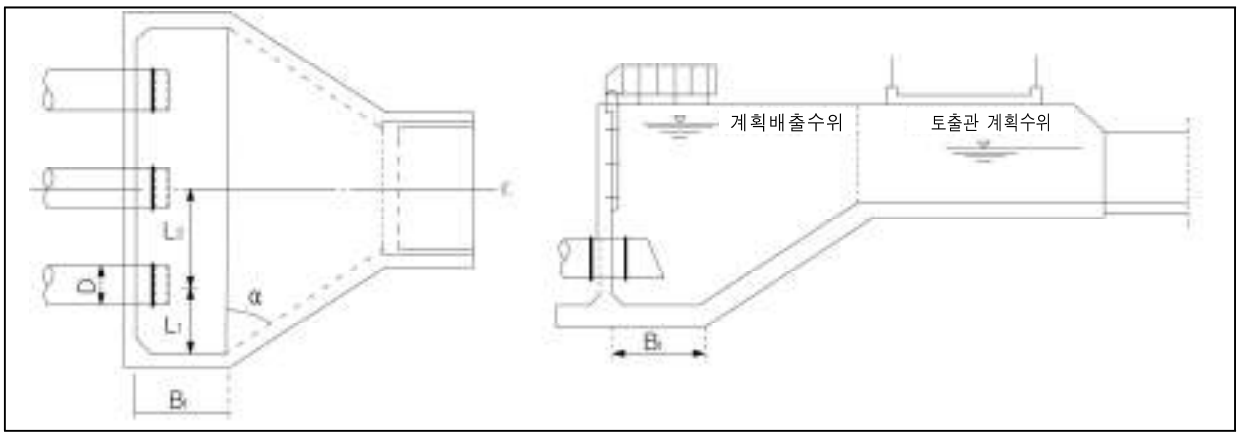
1) 토출수조는 본체구조물과 분리하여 배출관으로부터 방출되는 수류가 감쇠되도록 하며, 방류하천으로 수류가 원활히 배출될 수 있도록 한다.
2) 토출수조는 철근콘크리트 구조를 원칙으로 한다.
3) 토출수조의 상단 높이는 토출수조 내에서 발생할 가능성이 있는 최고 수위에 대하여 안전한 높이이어야 한다.
4) 토출BOX는 펌프의 총 토출량에 대하여 원할한 배제가 가능한 규모를 갖도록 한다.
5) 펌프 토출량을 방류하천으로 유출시 토출BOX 유출부 하단에 하상보호공을 설치하여 유수 방류에 따른 파손 및 세굴을 최소화하도록 한다.
6) 토출암거 되메우기시 다짐도는 '제7편 하천공통설계 제3장 구조물설계'에 따른다.

〈 토출수조의 규격 〉

(표 8.1-5)

구 분	B1	L1	L2	관체상단	수조바닥
기 준	2.5D 이상	1.25D 이상	2.5D 이상	· 최저 배출수위 보다 0.3m 이상 낮게	· 배출관 하단 보다 0.3~0.6m 낮게

주) 농업생산기반시설 설계기준(양배수장 구조설계(KDS 67 30 25))(2022, 농림축산식품부)



(그림 8.1-8) < **토출수조의 구조** 〉

사. 밸브

1) 펌프 구동 중 고장, 정전등의 사유로 펌프기동이 중단될시 역류를 방지하기 위하여 펌프 토출관로에는 토출밸브와 체크밸브를 설치하는 것을 원칙으로 한다.
2) 배수펌프장의 경우 양정, 구경, 펌프장내 면적, 경제성 등을 고려하여 토출밸브로서는 Butter fly형을 역류방지용으로는 Flap형을 사용한다.
3) 역지밸브는 유체를 수송하는 시스템에서 오직 한 방향으로 유동을 유지하여야할 필요가 있는 경우

또는 수력 조건에 의해 역류가 되는 것을 방지하는 역할을 한다.

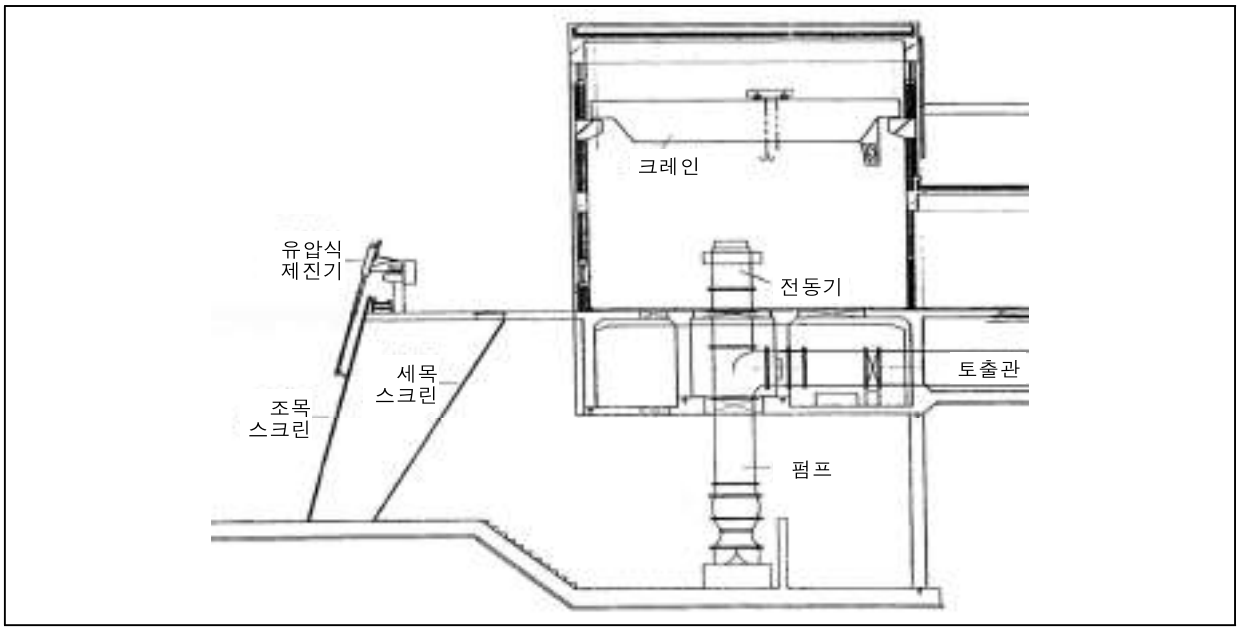
4) 플랩밸브는 토출구 끝에 위치하여 자중에 의해서만 열리고 닫히는 기능으로 외수위가 높을 경우 수압으로 수문을 밀착시켜 내수로 들어오는 물을 차단하여 역류를 방지하는 역할을 한다.

5) 버터플라이밸브는 유체의 흐름속에 디스크가 회전하면서 유체의 흐름을 개폐하거나 유량을 조절하는 역할을 한다.

아. 스크린 및 제진기

스크린 및 제진기설비는 배수펌프 전단에 설치하며, 펌프 운전 중에 우수 유입에 따른 협잡물 등에 의해 펌프 임펠러 손상 및 배관의 막힘 등을 방지하기 위하여 설치한다.

1) 스크린의 경사각도는 기계식 제진방식인 경우 70° 전후로 하고, 수동식 제진방식인 경우 45° ~ 60° 이내로 한다.



(그림 8.1-9) **< 스크린 및 제진기 적용 예 >**

< 스크린 설치각의 표준 >

(표 8.1-6)

구 분	수 동	기계식 제진방식	비 고
설 치 각	45° ~ 60° 이내	70° 전후	

주) 농업생산기반시설 설계기준(양배수장 부대설비설계(KDS 67 30 30))(2022, 농림축산식품부)

2) 스크린의 재질은 부식등에 강한 내식성 재료를 사용하고, 두께는 최소 9㎜ 이상으로 한다.

3) 스크린 바의 간격은 조목스크린은 60~150㎜, 세목스크린은 25~50㎜의 간격을 유지하도록 하며, 펌프구경별 스크린의 유효간격은 아래 표를 참조한다.

4) 스크린의 표준 유효간격은 펌프구경이 3,000㎜ 미만인 경우에는 펌프구경의 1/10 ~ 1/30을 표준으로 하며, 펌프구경이 3,000㎜ 이상인 경우에는 펌프구경의 1/35 ~ 1/40을 표준으로 한다.

〈 스크린의 유효간격 〉

(표 8.1-7)

펌프구경 (㎜)	스크린 유효목폭(㎜)	펌프구경 (㎜)	스크린 유효목폭(㎜)	펌프구경 (㎜)	스크린 유효목폭(㎜)
200	20	600	60	1,200	80
250	25	700	60	1,350	80
300	30	800	60	1,500	90
350	35	900	70	1,650	90
400	40	1,000	70	1,800	100
500	50	1,100	70	2,000이상	100

주) 농업생산기반시설 설계기준(양배수장 부대설비설계(KDS 67 30 30))(2022, 농림축산식품부)

5) 조목 스크린에는 제진기를 설치함을 표준으로 하며, 협착물의 발생량은 아래 공식에 따른다.

$$V = K \times Q$$

여기서, V : 추정협착물 발생량(㎥/hr)
Q : 배수량(㎥/s)
K : 계수(0.2 ~ 0.25)

6) 제진기의 기종 및 규모는 유입수로의 폭, 유입되는 협잡물의 양, 설치여건, 경제성, 유지관리 등을 고려하여 합리적으로 선정한다.

7) 일반적으로 국내에서 사용되는 제진기는 로타리식과 유압식, 링크식 제진기가 있으며 제진기에 의해 수거된 협잡물의 반출을 의한 밸트 콘베이어 등의 설치가 필요하다.

자. 천정크레인

1) 천정크레인은 펌프설비의 형식과 규모, 유지관리 등을 고려하여 적정한 형식과 용량을 결정한다.

2) 천장크레인의 선정은 정격하중을 기초로 하여 크레인형식을 선정할 필요가 있다. 그러나 펌프설비에 따라서는 건물의 보에 훅크 등을 설치하여 천장크레인을 필요로 하지 않는 경우나 건물에 I-빔을 설치해서 여기에 체인블록 등을설치하는 형식도 있다.

〈 천정크레인 형식 〉

(표 8.1-8)

정격하중	천정크레인형식		비 고
	수동식	전동식	
5tf 이하	수동식 체인블록형	-	
7.5tf, 10tf	수동식 트롤리형	전동식(저속형) 더블레일호이스트형	
13tf, 15tf, 20ton	-	전동식(저속형) 더블레일호이스트형	
25tf	-	전동식(저속형) 트롤리형	

주) 농업생산기반시설 설계기준(양배수장 부대설비설계(KDS 67 30 30))(2022, 농림축산식품부)

3) 전동식 트롤리형은 펌프의 분해, 조립, 설치용으로 주로 사용하는 점을 감안하여 특별한 경우를 제외하고는 저속형을 표준으로 한다.

4) 천정크레인의 정격하중은 펌프의 분해, 조립, 설치 시 발생하는 최대하중량을 기준으로 하여 결정한다.

5) 천정크레인의 설치는 자재 반입구, 밸브, 디젤기관 및 최외곽에 설치되는 펌프 등이 충분히 크레인 후크의 작업범위 내에 위치하도록 설치하고, 크레인 거더에 위치하는 점검용 보도와 천정크레인까지의 이격거리는 최소 작업공간을 확보 한다.

8.1.4 유수지

1) 유수지는 집중호우로 인하여 급증하는 제내지의 내수나 저지대의 우수를 일시적으로 저수하는 시설로 하천으로 우수를 내 보내기 쉬운 하천변이나 저지대에 주거환경이 저해되지 않는 곳에 설치한다.

2) 유수지의 용량산정은 배수유역에서 유수지로 유입되는 누가 유입 수문 곡선을 구한 뒤 누가 유입량과 누가 펌프 배출량곡선을 이용한 계산결과로부터 유수지 용량을 산정한다.

3) '8.1.3 배수펌프의 가.시설물 규모' 에서 언급한 바와 같이 유수지 용량은 최근의 이상강우로 인한 강우량의 증가 추세를 감안하여 향후 시설물 확장계획 시 용지보상비 증가 및 현장 여건을 고려하여 가급적 유수지 용량을 최대로 하여 결정한다.

4) 계획저수위(LWL)는 유수지의 바닥이 아닌 펌프 최초 가동이 가능한 흡수정 유입량을 기준으로 산정한 수위로 결정한다.

5) 내수배제 배수펌프장의 유수지의 계획홍수위는 내수침수가 발생되는 지역의 최저지반고 보다 1m 이상 낮게 계획하며 수리학적으로 동수경사가 지반위로 상승되지 않도록 설정하고, 하천수배제 배수펌프장은 지류하천의 계획홍수위를 유수지 계획홍수위로 설정한다.

6) 유수지는 유효저류용량의 증대를 위한 콘크리트 구조물은 가급적 지양하도록 하고 친환경적 설계기법을 고려한 유수지를 설치토록 하며, 유수지의 수심이 깊은 경우 안전을 고려하여 휀스설치 등을 검토한다.

7) 평상시 부유물 등의 제거와 유지관리를 위한 장비진입로를 검토한다.

8) 홍수시에 계획된 유효저류용량의 저류를 위하여 유수지 바닥은 지하수나 불명수로 고인물이 없도록 도수로를 개설하며 한쪽으로 집수하고 배수하여 유수지 바닥이 항상 건조한 상태가 유지되도록 한다.

9) 도수로의 규모는 오수차집 및 유수지 건조 상태 유지를 위해 최대 오수 발생량과 초기강우 규모를 담당할 수 있도록 결정하며, 청소 및 유지관리가 용이한 구조로 한다.

10) 유수지의 비탈면보호를 위한 호안설치 시 친환경적 호안공법의 적용을 검토한다.

11) 유수지 외곽으로는 휀스를 설치하여 외부인 접근이나 사고를 방지하도록 한다.

12) 복개 유수지는 복개구조물 기둥이 차지하는 용량만큼 유수지의 저류용량이 감소됨으로 계획시 이를 고려 용량을 산정한다.

13) 복개 유수지의 복개 높이는 유수지의 계획홍수위에서 1m이상 유지하도록 한다.

14) 복개 유수지 내부 준설작업에 필요한 공간(기둥간격 5.0m, 높이 3.0m 이상)을 확보 하도록 한다.



(그림 8.1-10) **< 아산시 가덕 배수펌프장 유수지 전경 (예시) >**

8.1.5 우수유출저감시설

가. 목표설정

1) 전 지역 및 배수구역별 우수저류량 목표 설정

가) 우수유출 목표저감량을 지역외 저류시설(off-site)과 지역내 저류시설(on-site)을 통해 분담하기 위한 목표를 설정한다.

나) 침투시설 설치를 활성화하기 위해 목표저감량 전량을 저류하는 것을 지양하고 최대 약 90% 분담하는 것을 권장한다.

다) 배수구역별 획일적으로 저류시설 90% 이상 설치하는 것보다 지역특성을 고려(도심지는 침투시설 적극 권장, 비도심지는 저류시설 적극 권장)하여 설치하며, 전체적으로 저류시설 90% 이상 설치하는 것을 권장한다.

2) 전 지역 및 배수구역별 우수침투량 목표 설정

가) 우수유출 목표저감량을 투수성포장, 침투트렌치 등 침투시설을 통해 분담하기 위한 목표를 설정한다.

나) 침투시설은 우수유출저감 이외에 도시내 지하수 함양, 도시의 미관조성 및 환경개선, 도시경관 개선 등에 효과가 있으므로 우수유출 목표저감량에 최소한 5~10% 분담하는 것을 권장한다.

다) 배수구역별 획일적으로 침투시설을 최소 5~10% 설치하는 것보다 지역특성을 고려(도심지는 침투시설 적극 권장, 비도심지는 저류시설 적극 권장)하여 설치하며, 전체적으로 침투시설을 최소 5~10% 설치하는 것을 권장한다.

나. 우수유출저감시설의 종류

1) 저류시설

가) 저류시설은 우수를 유수지 및 하천으로 유입되기 전에 일시적으로 저장시켜 대상지역의 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 시설을 의미하며, 설치 장소에 따라 지역외 저류(off-site)와 지역내 저류(on-site)로 구분된다.

나) 지역외 저류(off-site)시설은 유역출구에 설치된 침사지겸 저류지, 영구저류지 등에 유출수를 저장하는 대규모 저류방식으로 연결 형식에 따라 하도내(On Line)저류시설, 하도외(Off Line)저류시설로 구분된다.

다) 지역내 저류(on-site)시설은 대상지역에 내린 강우가 우수관거, 유수지, 하천 및 지역외 저류시설 등으로 유입되기 전에 강우발생지점인 토지이용 시설(건물, 주차장, 운동장, 차도, 녹지 등) 내에서 빗물을 일시적으로 저류시켜 유출을 저감하는 시설로서, 단지내 저류시설, 주차장 저류, 건축물 저류 등이 있다.

2) 침투시설

가) 침투시설은 우수를 지하로 침투시켜 저류 및 지연시키는 시설로서 크게 기존의 투수가능 지역(공원, 녹지 등)의 침투율을 증진시키는 방법과 보도, 주차장 등 기존의 불투수면에 대해 침투능력을 부여하는 방법으로 나뉜다.

나) 침투시설에는 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성포장 등이 있다.

<우수유출저감시설 종류>

(표 8.1-9)

분류		우수유출저감시설
저류시설	지역외 저류 (off-site) 시설	• 전용 저류시설 - 지하저류시설, 건식저류지, 하수도간선저류 등 • 겸용 저류시설 - 다목적유수지, 연못저류, 습지 등
	지역내 저류 (on-site) 시설	• 유역 저류시설 - 침수형 저류시설 : 단지내저류, 주차장저류, 공원저류, 운동장저류 - 전용 저류시설 : 쇄석공극 저류시설 • 건축물 저류 - 지하저류조, 저류탱크, 지붕저류, 옥상녹화, 식생수로 • 기타 - 저류형화단
침투시설		• 침투통 • 침투트렌치 • 투수성 보도블록 • 침투측구 • 투수성포장

주) 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준(2018, 행정안전부)

다. 우수유출저감시설의 배치 및 규모계획

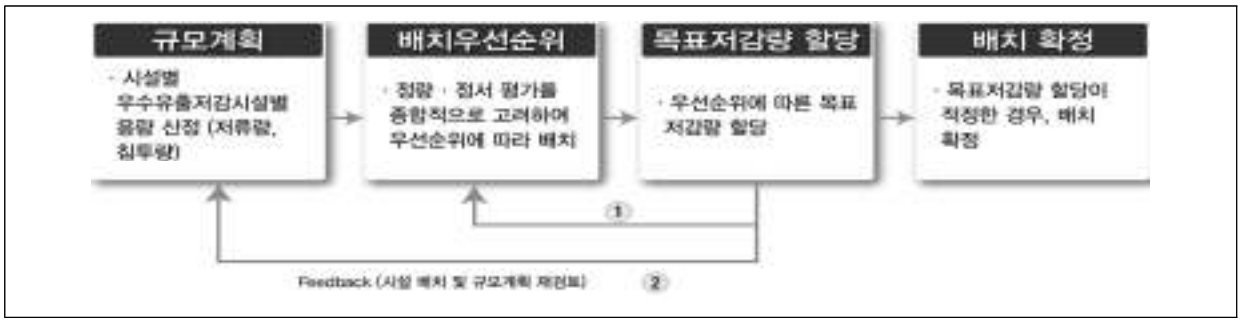
1) 배치 및 규모계획 절차

가) 시설별 우수유출저감시설의 저류량, 침투량 등의 용량을 산정한다.

나) 배치우선순위 설정을 위한 정량·정성 평가를 실시하고, 결과를 종합하여 우수유출저감시설의 우선순위에 따라 배치한다.

다) 배치우선순위에 따른 우수유출저감시설의 목표저감량을 할당하고, 필요시 시설 배치 및 규모계획의 재검토를 실시한다.

라) 목표저감량 할당이 적정한 경우, 배치 확정 및 우수유출저감시설 설계를 실시하도록 한다.



(그림 8.1-11) **〈 우수유출저감시설의 배치 및 규모계획 절차 〉**

2) 배치 및 규모계획 절차별 세부내용

가) 규모계획

(1) 저류시설

(가) 시설 내 현장여건 등을 고려하여 저류시설 및 침투시설의 용량을 극대화하도록 하고, 침투시설의 용량은 목표저감량의 최소 5~10% 저감할 수 있도록 규모계획을 권장한다.

(나) 현장여건, 지하시설물 현황, 시설물의 내력 등을 고려하여 면적(폭 × 길이)과 깊이를 결정하여 저류량을 산정한다.

(다) 침투시설 5~10% 분담에 따른 저류시설의 안정적 용량 확보를 위해 여유고를 확보한다.

〈 저류시설의 저류량 산정 및 여유고 규모〉

(표 8.1-10)

분류	내용	
저류량	저류량(m^3) = B × L × H 여기서, B : 폭(m), L : 길이(m), H : 깊이(m)	
여유고	댐식·굴착식 저류시설	· 1.0m 이상 여유고 확보
	지하저류시설	· 0.6m 이상 여유고 확보

(2) 침투시설

(가) 침투시설의 규모는 계획내 토지이용 여건, 토양 및 토질 조건, 지하시설물 현황 등을 고려하여 집수면적*을 결정하고, 최소설계침투강도(10㎜/hr)를 고려하여 설계침투량을 산정한다.

* 집수면적은 침투시설로 우수가 모이는 면적

$$\text{설계침투량}(m^3/hr) = \text{집수면적}(ha) \times \text{설계침투강도}(mm/hr) \times 10$$

주) 자료 : 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준(2018, 행정안전부)

(나) 설계침투량 산정 후 각 침투시설별 침투량은 "우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준(2018, 행정안전부)"에 제시되어 있는 침투시설종류와 해당 제품의 제원에 따른 침투량 산정공식에 따라 산정한다.

(다) 설계침투량 계산 시 최소설계침투강도 10㎜/hr를 만족하도록 설치되어야 하므로, 설계침투강도는 10㎜/hr로 가정하여 계산한다.

(라) 침투시설 배치시 대상지역의 토양 형태를 고려해야 한다.

나) 배치우선순위

(1) 지역외 저류(off-site)시설, 공공시설, 유휴지·불모지, 민간건축물 순으로 배치하며, 가급적 공공시설 중심으로 배치한다.

(가) 지자체내 현장여건, 유출특성을 고려하여 지역외 저류(off-site)시설 배치를 우선적으로 검토한다.

(나) 지자체내 기반시설(교통시설, 공원시설, 공공·체육문화시설)의 위치 및 우수유출저감시설 설치가능성 등을 활용하여 배치하며, 특히 공공시설 배치를 우선적으로 검토한다.

(다) 지자체내에 유휴지·불모지 등이 있는 경우 활용가능성 여부를 검토하여 배치한다.

(라) 지자체내 민간건축물의 우수유출저감시설 배치는 시설장과의 협의를 통해 배치한다.

(2) 지자체내 공공시설의 시설별 배치우선순위는 정량·정성 평가를 통해 결정한다.

(가) 정량적평가는 우수유출저감시설의 저류량(m^3), 침투량(m^3/hr) 등의 시설능력을 평가하고 정성적평가는 우수유출저감시설의 시공의 용이성, 설계변경의 용이성에 대해 평가한다.

(나) 정량적평가는 저류량의 순위와 침투량의 순위를 정하고 정성적평가의 시공의 용이성과 설계변경의 용이성에 대해 상(1)·중(2)·하(3)로 표시하면, 정량적평가의 순위와 정성적평가의 상·중·하로 표시된 지수를 더하여 총합을 계산한다.

(다) 계산된 총합이 작은 순으로 최종순위가 정해진다.

(라) 최종순위가 같을 경우 정성적평가의 총합이 낮은 시설을 우선시 한다.

다) 목표저감량 할당

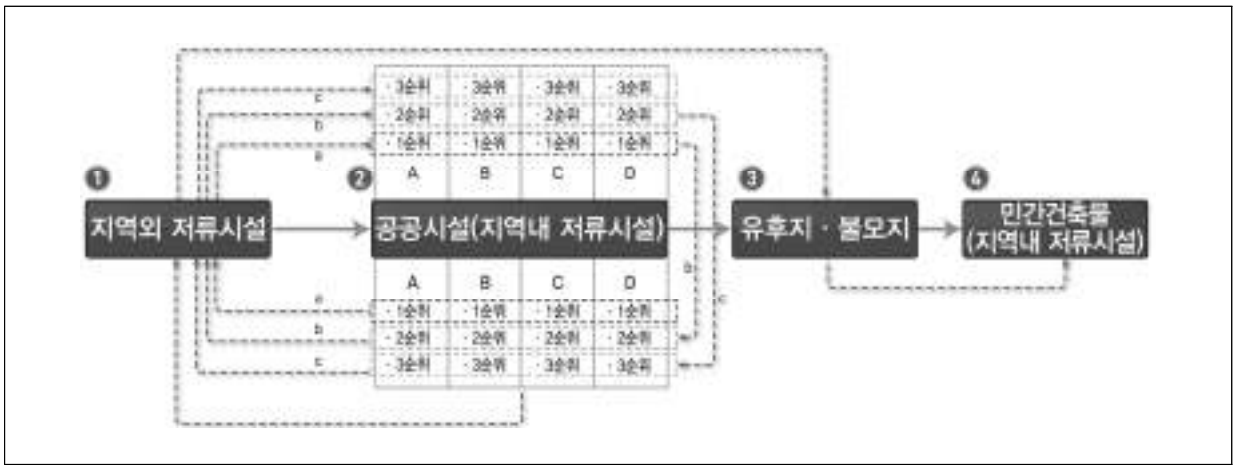
(1) 배치우선순위를 고려하여 지역외 저류(off-site)시설에 우선적으로 목표저감량을 할당한다.

(2) 공공시설은 특정시설의 과도한 부하를 줄이고 시설별 균등한 분배를 위해 각 시설의 1순위를 우선적으로 목표저감량을 할당하며, 용량 부족시 2순위, 3순위 등에 할당한다.

(3) 공공시설 설치 외에 유휴지 및 불모지 등이 있는 경우 목표저감 할당을 위한 활용여부를 검토한다.

(4) 지역외 저류(off-site)시설, 공공시설 및 유휴지·불모지에 대한 검토에도 불구하고 목표저감량 확보가 되지 않는 경우, 일정규모 이상의 민간건축물에 대해 목표저감량 할당을 검토한다.

(5) 목표저감량 할당에 대한 재검토를 실시하여 침투시설의 비율이 목표저감량의 5~10%가 되도록 재검토 및 수정토록 한다.



(그림 8.1-12) **〈 목표저감량 할당 방법 및 절차 〉**

라) 배치 확정

(1) 목표저감량을 배치우선순위에 따라 할당된 결과에 대해 적정성(목표저감량 할당, 침투시설 권장비율 등)을 검토하여 배치 및 규모계획을 확정한다.

라. 계획빈도 결정(지역외 저류시설)

지역외 우수유출저감시설의 규모계획을 위해서는 해당 배수구역의 계획강우빈도와 계획방류빈도를 결정하여야 하고, 계획된 저감시설에 대해서는 첨두홍수량 저감효과산정을 실시하여 설치 효과를 확인하여야 한다.

1) 저감시설 설치지점에 대한 여러 현장여건 등을 고려할 때 앞서 우수유출저감시설기본계획에서 설정한 계획빈도에 해당하는 계획홍수량 전량을 저감시키기는 불가능 하다. 따라서, 현지여건을 고려한 적정규모의 결정(목표저감량)이 우선되어야 한다.

2) 하천설계기준에서는 유수지나 저류지 설치와 같은 내수배제계획시 설계빈도를 30년 빈도 이상으로 하는 것을 원칙으로 하고 있다.

3) 저감시설이 우수지선관거에 직접연결시 기존 지선관거의 설계빈도에 맞추어 그 이하로 계획방류빈도를 결정하여야 하며, 하천의 경우에는 해당 하천의 계획빈도 내에서 적정한 방류규모로 결정하여야 한다.

4) 하천정비 기본계획이 완료된 하천변에 설치되어 하천의 홍수량의 일부를 직접적으로 저감시키는 천변저류시설에 대해서는 대상 하천의 설계빈도를 계획빈도로 결정하도록 한다.

<저감시설 및 조절부 규모결정 기준 결정사항>

(표 8.1-11)

저감시설 규모	용량	· 대상수문곡선 : 최소 30년 빈도 · 목표저감빈도 : 연결 관거
	여유고	· 저감시설 계획홍수위에서 1m 이상 여유고 확보(지하저류조 예외), 하천수위의 영향을 받는 경우, 해당 하천의 여유고를 고려하여 확보
On Line 저감시설 조절부	상시방류구 (주여수로)	· 목표조절율 : 수문곡선, 저감빈도
Off Line 저감시설 조절부	횡월류웨어	· 목표조절율 : 수문곡선, 저감빈도

마. 펌프 및 월류부 계획(지역외 저류시설)

1) 펌프설비

가) 펌프의 설치대수는 우수저류량을 제한시간내에 안정적으로 배제할 수 있도록 계획해야하며, 용도별 건설비의 대소 및 유지관리 등 다음사항을 고려하여 결정하여야 한다.

(1) 펌프는 가능한 한 최고 효율점 부근에서 운전하도록 대수 및 용량을 결정한다.

(2) 펌프의 설치대수는 유지관리가 편리하도록 가능한 한 대수를 적게 하고 동일용량의 것으로 한다.

(3) 펌프는 용량이 클수록 효율이 높으므로 가능한 대용량의 것으로 한다.

(4) 유량의 변화가 현저한 경우는 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치하거나 동일용량의 펌프회전수를 제어한다.

(5) 펌프의 설치대수는 2대 이상 10대 이하를 기준으로 한다.

(6) 안전하고 확실하게 운전이 가능하고, 특히 조작이나 취급이 용이해야 한다.

나) 펌프대수는 계획배수량의 시간적 변동과 펌프의 성능을 고려하여 선정하되, 펌프는 용량이 클수록 효율이 높으므로 유량의 시간적 변동에 대처할 수 있는 유수지나 저류조가 있을 경우에는 펌프대수를 적게 하고 대용량의 펌프를 사용하도록 한다.

다) 펌프구경의 경우 펌프제작회사에 따라 동일 토출량을 배출시킬 수 있는 구경이 다를 수도 있으므로 발주시 계획 토출량에 의거 펌프제작사와 협의하여 결정하도록 한다.

라) 펌프의 형식은 펌프기종에 따른 특성, 배수조건(토출량, 전양정 등) 및 캐비테이션의 안전성여부 검토를 실시한 후 선정하도록 한다.

2) 월류부설비

가) 월류부 설비는 「하수도시설기준(2022, 환경부)」에서 제시한 직사각형거의 통수능(90%) 기준에 만족하는 홍수저감능력을 발휘하는 횡월류웨어 규모를 참고한다.

나) 횡월류웨어의 규모를 결정하기 위한 유량계수는 보편적으로 사용되는 De Marchi(1934) 경험식 등을 이용한다.

바. 사업효과분석

배수구역에 적용된 우수유출저감대책의 목표저감량을 적절하게 할당하고, 우수유출저감시설의 규모계획이 적정한가를 검증하기 위해 효과분석을 실시한다.

1) 우수유출저감시설 적용에 따른 홍수량 산정

가) 배수구역에 우수유출저감시설을 적용하고, 목표저감량 산정에서 사용한 방법과 동일하게 설정하여 대상지역 내 홍수량을 산정한다.

나) 홍수량 산정은 도시유출모형(SWMM 등)이나 우수유출저감시설 적용이 가능한 모형을 사용하도록 한다.

2) 첨두유출 저감효과분석

가) 첨두유출 저감효과분석은 우수유출저감시설 설치 전·후의 첨두유출에 대한 첨두유출량과 첨두유출 도달시간 및 총유출량을 비교한다.

나) 첨두유출 저감효과 분석결과는 도표나 그림으로 제시한다.

다) 우수유출저감시설 설치 지점 및 하류단의 유역출구점 등을 선정하여 지점별 저감효과를 제시한다.

8.1.6 고지배수로

가. 고지배수로의 구성

고지배수로 시설은 상류 산지유역의 홍수유출량을 하천으로 직접 자연배수시키는 고지배수로와 고지배수로 좌우에 설치하여 저지대의 배수관로를 연결하여 저지대 홍수유출량을 배수펌프장으로 연결시키는 유도관로, 고지배수로 유지관리를 위해 설치한 압력식 맨홀, 고지배수로 유입부에 토사를 미리 침전시켜 고지배수로 내에 토사퇴적을 저감시키는 침사지, 상류 산지유역의 산사태 및 토사유실로 인한 고지배수로 내에 토석류 유입을 저감시키기위한 사방댐 등을 포함하고 있다.

1) 고지배수로

고지배수로는 홍수시 산지유역 등 고지대의 우수를 하천으로 직접방류시키기 위해 설치한 배수로이며, 유입수가 고지배수로에 유입되면 수두차에 의해 직접 하천으로 자연배수되게 함으로써 하류 유역의 홍수피해를 예방하고, 펌프장의 시설용량을 감소시켜주는 시설물이다.

(가) 압력관로 방식

상류유역에서 고지배수로에 유입된 유출수가 수두차에 의해 자연방류되는 압력식 배수로 형태이므로 저지대에서 배수관로를 연결하거나 일반맨홀을 설치할 경우 이곳을 통해 상류 유출수와 하천수가 역류될 수 있으므로 고지배수로 관리구간을 설정하여 관리하여야 하며, 고지배수로 좌우에 유도관로를 설치하여 저지대에서 배수관로를 고지배수로에 직접 연결할 수 없도록 하여야 한다.

또한, 고지배수로 유입부는 대부분 산지유역의 종점부에 위치하고, 저지대 도심지를 관통하여 하천에 연결하는 배수암거의 형태로 설치되고 있으므로 홍수시 토사퇴적과 유목걸림 등이 발생할 수 있고, 도로공사중 도로배수관·통신관·전선·가스관·수도관 등을 고지배수로를 통과하여 매설할 수 있으므로 홍수기전에 일제조사 등을 통해 점검 및 사전조치가 필요한 시설이다.

(나) 우회배수 방식

상류 산지유역에서 산비탈면 하단부를 따라 암거형태 등의 고지배수로가 설치되어 저지대 도심지를 우회하여 방류하천으로 자연배수되는 형태로, 관로 주변 여건에 따라 유입잡목 등이 유입되지 않도록 관리가 필요하다.

(다) 유역분기식 수로터널 방식

상류 산지유역에서 발생되는 유출수를 도심지를 관통하지 않고 인근 산, 언덕 등을 관통하는 고지배수로에 유입 수두차에 의해 방류하천으로 자연방류되는 압력식 배수로 형태로 터널관로에 대한 시공 후 유지관리 계획을 별도로 수립하여 관리하여야 한다.

2) 저지대 유도관로

고지배수로는 본류하천의 수위가 증가하여도 상류유역의 홍수유출량을 수두(압력)차에 의해 하천으로 자연방류하는 시설이므로 저지대의 배수로를 고지배수로에 연결할 경우, 이곳을 통해 상류 홍수유출량과 하천수가 역류될 수 있으므로 고지배수로 좌우에 유도관로를 설치하여 저지대의 배수관로를 고지배수로에 직접 연결하지 않고, 좌우에 설치된 유도관로에 연결할 수 있도록 하여야 한다.

고지배수로 좌우에 설치한 유도관로는 배수펌프장으로 연결하여 하천수위가 낮을 때는 배수관로를 통해 하천으로 자연배수하고, 하천수위가 높을 때는 펌프가동을 통해 강제배수하여야 한다.

3) 맨홀

고지배수로는 상류유역의 홍수유출량을 수두(압력)차에 의해 하천으로 자연방류하는 시설이므로 저지대에 일반맨홀을 설치할 경우, 이곳을 통해 상류 홍수유출량과 하천수가 역류될 수 있으므로 고지배수로에 압력식 맨홀을 설치하여야 한다. 단, 압력시 맨홀 cover 조작이 쉽고, 녹이 발생하지 않는 재질의 제품을 사용한다.

4) 우수토실

방류하천의 계획홍수위보다 높은 고지대에서 합류식하수관거가 고지배수로에 연결될 경우 고지배수로 말단부에 우수토실을 설치하여 평상시 오수는 하수종말처리장으로 송수하여 처리하여 방류하고, 홍수시에는 하천으로 직접방류될 수 있도록 하기 위하여 우수토실을 설치할 수 있다.

5) 사방댐

산사태 및 토사유실이 우려될 경우 사방댐 등의 사방시설을 설치하여 고지배수로로 유출토사와 유송잡물이 유입되는 것을 차단하여야 한다.

6) 침사지

집중호우시 상류 산지유역에서 발생되는 유출토사 등은 고지배수로내로 유입되어 관로내의 만곡부 등에서 걸리거나 퇴적되어 통수단면을 잠식하게 된다. 따라서 이러한 유출토사와 유목 등을 고지배수로에 유입되기 전에 인위적으로 침전시켜 고지배수로내로 유입되는 것을 억제하거나 저감시키기 위해 침사지를 설치한다.

나. 설계일반사항

1) 고지배수로의 계획규모는 하천기본계획에 제시된 계획홍수량을 기본으로 결정하고 하천기본계획이 미 수립 되었을 경우 (표 8.1-1)을 적용한 설계빈도를 기준으로 결정한다.
2) 고지배수로는 대상유역에 대하여 상류측 고지유역의 홍수조절효과로 하류측 저지대 유역의 홍수피해 저감효과를 기대할 수 있는 지점에 설치한다.
3) 고지배수로는 상류측 고지유역의 우수에 대하여 자연배제를 위한 시설물임을 감안할 때 방류하천(수역)의 계획홍수위시 자연배수가 가능한 높이에 설치한다.
4) 고지배수로는 수두차에 의한 고지유역의 우수를 배제하는 시설로 말단부에 별도의 수문은 설치하지 않는다.
5) 유역분기에 따른 고지배수로의 설치 시 기존 수로에 대한 건천화가 발생되지 않도록 검토하여야 한다.
6) 분류방식은 자연분류 또는 고정웨어 및 수문 등의 구조물을 이용할 수 있다.
7) 만곡부의 수충부등 유수의 흐름이 불안정하거나 유속이 급한 구간에 고지배수로 유입부 설치 시에는 유입이 원활하지 않을 수 있음으로 지양하여야 한다.

8) 고지대의 우수를 유하시키는 고지배수로는 저지대 통과구간에서 압력시 배수관로의 형태가 일반적으로 저지대 지역에서 배수관로를 연결시키면 이곳을 통해 월류 피해 및 고지배수로의 기능이 상실될 수 있음으로 고지배수로 관리구간을 설정하여 관리하여야 한다.

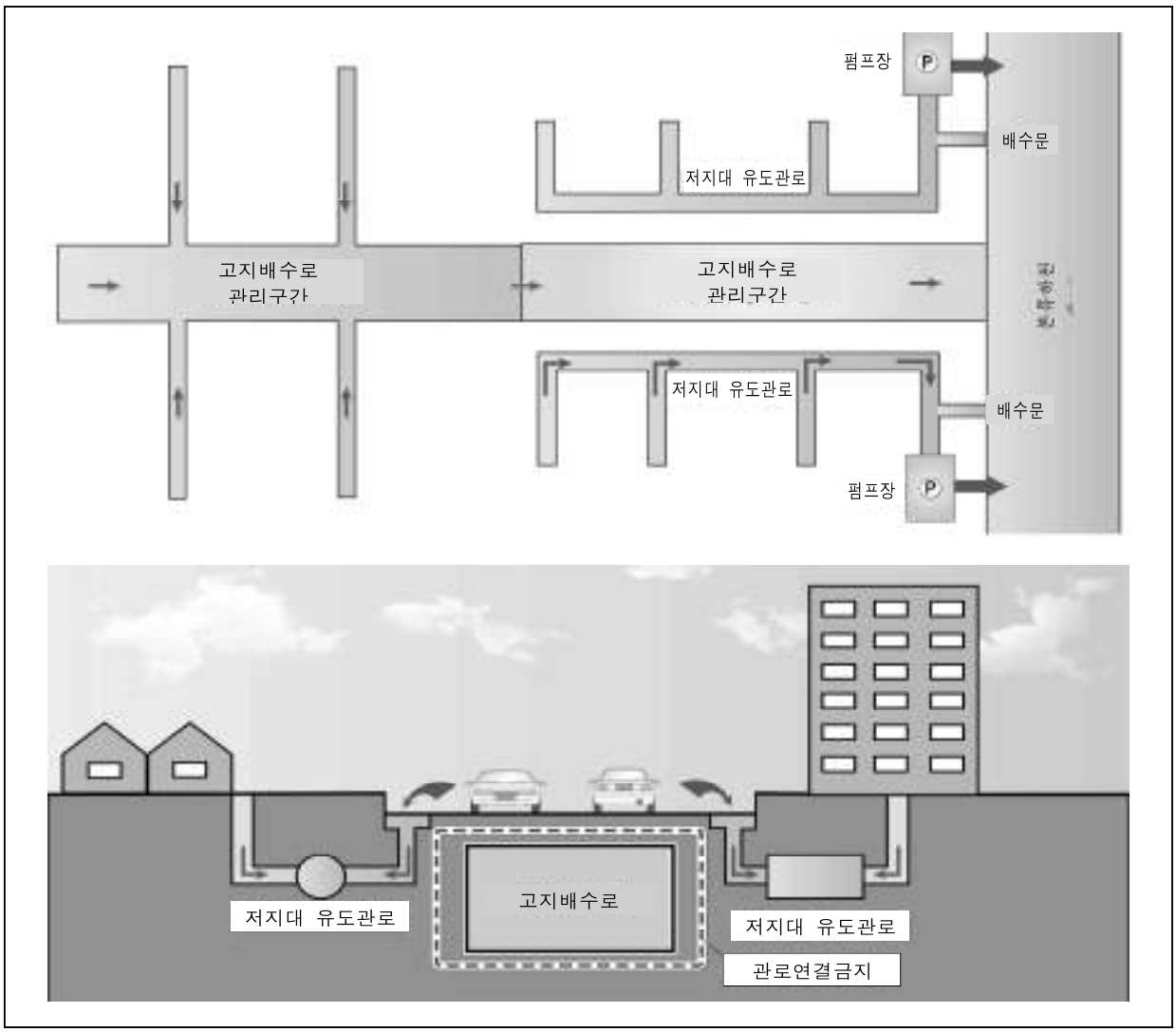
9) 고지배수로 유입부는 대부분 산지유역의 종점부에 위치하여 홍수시 토사퇴적과 유목걸림 등이 발생할 수 있음으로 유입부에는 사방시설(사방댐, 침사지등)을 설치하도록 한다.

10) 고지배수로는 하류측 저지대 유역의 배수체계와 완전 분리된 배수체계로 설치한다.

11) 수로의 종단경사는 역경사 및 사이펀이 발생되지 않도록 하여야 하며, 부득이 사이펀이 발생되는 경우에는 토사제거 등 이물질을 제거하기 위한 맨홀 또는 관리구를 설치한다.

12) 고지배수로 유지관리를 위한 맨홀은 일반맨홀이 아닌 압력식 맨홀로 설치하여 저지대 지역에서의 역류를 방지하도록 하여야 하며 압력식 맨홀은 뚜껑 조작이 쉽고, 부식이 발생하지 않는 재질의 제품을 사용하여야 한다.

13) 고지배수로는 상류유역에 대한 우수를 방류하천으로 유출시키는 시설물로써 빠른 유속에 의한 세굴에 안정하도록 유출부에 세굴방지공의 설치를 검토하여야 한다.



(그림 8.1-13) **< 고지배수로 설치 모식도 >**

14) 고지배수로의 경우 대부분 지하구조물로써 타 방재시설에 비해 확장 등 재설치 여건이 불리한 점을 고려하여 하류 저지대의 홍수방어목표를 고려하되 계획홍수를 초과하는 홍수에 대해서도 일정 기능이상 저감효과를 가질 수 있도록 충분한 규모로 계획한다.

15) 하류 저지대 강제 및 자연배제시설과의 조화를 통해 경제적이며, 시공성 등이 우수한 규모로 계획하여야 하며, 고지배수로 노선의 경우 지하지장물 등의 구조물 저촉, 개착여건, 주변 토지이용, 현장여건, 하류방류조건, 주민의견, 사회경제적 특성, 지형특성 및 고지배수로 경사 여건 등을 종합적으로 검토하여 최적의 노선을 선정토록 하여야 한다.

16) 홍수방어계획의 최적방법을 결정하고자 할때에는 공학적 타당성 및 경제성을 조사하여 결정하는 것이 기본이며 이를 위해 지형-수문학적 요인, 기상학적 요인, 사회-경제학적 요인, 홍수방어능력 요인등으로 세분하여 조사한 후 이를 종합적으로 분석하여 결정한다.

17) 고지배수로 계획을 수립하고자 할 때는 유역특성, 유역 배수체계, 홍수피해 발생원인분석, 기존 방재시설에 대한 성능평가, 제약사항 등 모든 여건에 대해 조사 및 검토를 수행하는 기초조사 사업을 시행한다.

18) 수리수문분석 및 침수시뮬레이션시 장래 토지이용계획 및 각종 개발계획 등을 고려하여 지형분석을 수행하고, 기왕피해 강우 및 목표빈도 강우발생시의 설치전·후를 분석하여 사업효과를 검증하여야 한다.

19) 유입유출부에 부유물 및 이송잡물, 토사유입 등을 방지할 수 있는 시설을 설치하고, 시설제원 및 경고 알림시설, 수방시설을 설치하여 안전사고를 방지토록하여야 한다.

20) 지방하천, 소하천, 하수관거 등으로 지정관리되고 있는 경우 분류기능을 부여하여 평상시와 비상시를 구분 운영할 수 있도록하며, 원활한 관리가 이루어질 수 있도록 운영매뉴얼 등을 작성토록 한다.

다. 구간별 설계고려사항

1) 고지배수로 저지대 통과구간

고지배수로 시설 중 저지대 통과구간은 고지배수로 주변의 지반고가 방류하천의 계획홍수위 보단 낮은 구간을 의미하며, 이 구간에는 저지대의 배수관로를 고지배수로에 연결하거나 고지배수로 상부에 관리용 일반맨홀을 설치하지 않아야 한다. 하천수위가 증가하여 저지대 지반고 보다 높아질 경우 고지배수로내의 하천수가 배수로와 맨홀을 통해 역류하여 침수피해를 가중시키게 된다. 따라서, 저지대를 통과하는 고지배수로 측면에는 유도관로를 매설하고, 저지대 배수관로를 유도관로에 연결하고, 유도관로는 빗물펌프장으로 연결하여 하천의 수위가 상승할 경우 펌프를 가동하여 강제배수하여야 한다. 또한 본 구간에서 고지배수로 유지관리를 위해 맨홀을 설치할 경우 체결형 압력맨홀을 설치하여 하천수의 역류를 방지하여야 한다.

2) 고지배수로 고지대 통과구간

고지배수로 시설중 고지대 통과구간은 고지배수로 주변의 지반고가 배수관거의 손실수두를 고려한 방류하천의 계획홍수위와 보단 높은 구간을 의미하며, 이 구간에는 주변지역의 배수관로를 고지배수로에 연결하거나 고지배수로 상부에 관리용 일반맨홀을 설치하여도 된다. 방류하천수위가 계획홍수위 까지 증가하여도 주변지역의 지반고 보다 낮기 때문에 압력차에 의해 홍수유출량은 고지배수로를 통해 방류하천으로 방류된다.

3) 고지배수로 상류구간

홍수시 고지배수로를 통해 홍수유출량을 원활하게 배수토록 하기 위해서 고지배수로 상류구간은 벌목 및 벌개제근된 이후 방치된 잡목들을 제거하거나, 산사태 우려지역, 토사유실이 우려되는 공사구간에 대한 점검 및 정비가 필요하다.

따라서, 고지배수로 관리자는 고지배수로 상류구간을 소하천 관리자, 하수도 관리자, 배수로 관리자, 산림 관리자 등의 관계기관과 협의하여 홍수기 전・중・후에 지속적으로 관리하여야 한다.

라. 고지배수로의 수리수문

1) 유역 홍수분담을 통해 조절하고자 하는 대상 유역에 대한 유역분석, 강우량분석, 확률강우량 산정 및 적정성검토, 강우강도식 유도, 설계강우 시간분포, 유효우량 산정, 도달시간 산정, 홍수량 산정 등의 수문학적 분석과 함께 고지배수로 설치 제원을 고려한 수리학적 분석을 실시하여 소요 배제량 이상이 유하되는지를 확인하여야 한다.

2) 또한 토사유출이 우려되는 지역에 대해서는 토사유출해석을 실시하여 이에대한 저감대책을 수립하여야 한다.

3) 단면은 각 단면형의 수심에 따른 유속 및 유량 수리특성을 고려하여 정한다.

4) 유속은 저유속인 경우 고지배수로내 토사 퇴적 및 유송잡물의 침전로 인해 통수능 부족과 준설 등의 유지관리가 요구되고, 고유속인 경우 수충부 손상, 내용연수 감소 등을 유발하므로 이를 고려한 종단계획을 수립하고, 하류방향 흐름에 따라 규모가 작아지지 않도록 하며, 경사는 점차 작아지도록 고려하여야 한다.

마. 고지배수로의 설계

1) 종류

고지배수로의 자재기준은 내압과 외압에 대하여 충분히 견딜 수 있는 구조 및 재질이어야 하고 내구성 및 내식성을 갖추어야 한다.

가) 제품화된 철근콘크리트 직사각형거(정사각형거 포함)

나) 현장타설 철근콘크리트관

다) 관

(1) 철근콘크리트관에는 원심력철근콘크리트관(흄관)

(2) 도관

(3) 합성수지관

(4) 덕타일(ductile)주철관

(5) 파형강관 등

라) 개수로 (상류구간)

(1) 토사수로

(2) 콘크리트 수로

2) 단면

고지배수로의 단면은 단면형상에 따른 수리적 특성을 고려하여 선정하되 유지관리를 위해 직사각형을 우선적으로 고려하되, 배제량에 따라 원형관거를 적용할 수 있으며 최소 규격은 유지관리성을 고려하여 1,000㎜이상을 원칙으로 한다.

3) 매설위치

가) 매설위치는 공공도로상에 매설하는 것을 기본으로 하되, 매설위치 및 깊이는 고지배수로의 수리사항과 지반여건, 지장매설물, 매설방법 등을 고려하여야 한다.

나) 도로상 설치될 경우 교통처리대책, 안전대책 등을 수립하여야 하며, 가시설의 경우 이에대한 안전대책 및 주변 보안건물에 대한 안전성도 고려하여야 한다.

다) 매설시 시설을 저촉할 경우 관리기관과의 사전협의를 거쳐야 하며, 점용 및 인허가가 필요할 경우 이에대한 협의를 우선 시행토록 한다.

라) 고지배수로가 제방을 관통하여 설치되고, 유출부가 제외측에 설치될 경우 제방부에 대한 처리대책 및 유출부 설치계획 등에 대해 하천관리청과 협의하여야 한다.

마) 고지배수로를 사유지내에 매설하는 경우에는 토지소유자와 협의하여야 한다.

바) 기존 우수관과의 교차 저촉시 이에대한 이설 대책을 수립하여야 하며, 지장물 등에 대해서도 이설협의를 사전에 진행토록 하여야 한다.

사) 충분한 흙두께를 두도록 하며, 노면하중, 노반두께 및 다른 매설물의 관계, 동결심도, 기타 도로점용조건을 고려하여 적절한 흙두께로 결정한다. 최소두께는 1m 이상을 원칙으로 하되, 현장여건을 고려하여 매설두께를 결정한다.

아) 고지배수로 매설 및 주변 지장물 위치를 정확하게 설계도면과 선형계산서에 수록하여 향후 보수보강 등의 유지관리시 활용될 수 있도록 하여야한다.

4) 고지배수로 유입구조

가) 고지배수로 유입방식에 따라 직렬식 구조와 분류식 구조로 구분할 수 있다.

나) 직렬식인 경우 상류 유출수가 고지배수로내로 모두 들어가기 때문에 입구 구조에 분리시설이 필요치 않다. 분류식 구조의 경우 기존 배수체계의 시설을 이용후 초과하는 유량에 대해 유입되도록 하는 구조로써 횡월류 위어, 수문, 가동시설 그리고 여수로와 같은 분리시설을 통해서 저류시설로 유입시키는 구조이다.

다) 기존 소하천, 하수관로 등으로 활용되는 경우 평상시/홍수시를 구분 운영할 수 있는 분류식 구조로 설치할 수 있으며, 소하천의 경우 분수로 형태로 활용할 경우 필요시 소하천정비종합계획의 변경후 사업을 시행하여야 한다.

5) 고지배수로 유출부

가) 유출부 설치시 하천의 흐름에 지장이 없도록 설치하여야 한다.

나) 유속으로 인한 하상의 세굴을 방지하기 위한 하상보호공을 설치하여야 한다.

다) 고유속의 유출이 발생되므로 이에대한 안전대책 등을 고려하고, 산책로, 자전거도로 등의 친수시설의 경우 우회를 통해 안전성을 확보하여야 한다.

라) 유출부 설계와 관련하여 하천설계기준 하천통문(KDS 51 50 30)편을 참고하도록 한다.

6) 부대공

가) 고지배수로의 원활한 기능 부여 및 유지관리성을 위해 부유물 및 쓰레기 차단장치, 침사지 등을 설치할 수 있다.

나) CCTV 등의 모니터링 시설과 원격 수문제어장치 등을 설치하여 감시와 관리가 이루어 지도록 하여야 한다.

다) 매설과 관련된 가시설 계획과 물푸기, 가도 등의 임시시설을 계획하여야 하며, 각종 표지판, 환경저감시설 등을 설치하여야 한다.

8.2 수량 산출 요령

8.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.0	내수배제시설				
1.1	배수펌프				
1.1.1	토 공				
1)	터 파 기	(용수/토사)	㎥		제7장하천통문편 참조
2)	터 파 기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
3)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
4)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
5)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
1.2.2	구조물공				
1)	콘크리트 타설				
2)	콘크리트 타설	(철 근)	㎥		제7장하천통문편 참조
3)	콘크리트 타설	(무 근)	㎥		제7장하천통문편 참조
4)	콘크리트 타설	(소 형)	㎥		제7장하천통문편 참조
5)	콘크리트 펌프차 붐타설	철근 50㎥ 미만	㎥		
6)	콘크리트 펌프차 붐타설	철근 50~100㎥	㎥		
7)	콘크리트 펌프차 붐타설	철근 100~300㎥	㎥		
8)	콘크리트 펌프차 붐타설	철근 300㎥ 이상	㎥		
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집	3회	㎡		제7장하천통문편 참조
2)	합판거푸집	4회	㎡		제7장하천통문편 참조
3)	합판거푸집	6회	㎡		제7장하천통문편 참조
1.2.4	비 계				
	강관비계	(3개월)	㎡		제7장하천통문편 참조
1.2.5	동바리				
	강관동바리	(3개월)	공/㎥		제7장하천통문편 참조
1.2.6	철근가공 및 조립				
1)	철근가공 및조립	(간 단)	ton		제7장하천통문편 참조
2)	철근가공 및 조립	(보 통)	ton		제7장하천통문편 참조
3)	철근가공 및 조립	(복 잡)	ton		제7장하천통문편 참조
4)	철근조립	(간 단)	ton		제7장하천통문편 참조
5)	철근조립	(보 통)	ton		제7장하천통문편 참조
6)	철근조립	(복 잡)	ton		제7장하천통문편 참조

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2	유수지				
1.2.1	토 공				
1)	흙깍기		㎥		제1장제방편 참조
2)	흙쌓기		㎥		제1장제방편 참조
3)	터 파 기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
4)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
5)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
6)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
1.2.2	면고르기				
1)	성토면고르기		㎡		제1장제방편 참조
2)	절토면고르기		㎡		제1장제방편 참조
1.2.3	비탈보호공				
1)	줄 떼		㎡		제1장제방편 참조
2)	평 떼		㎡		제1장제방편 참조
3)	거적떼		㎡		제1장제방편 참조
4)	돌망태		㎡		제2장호안편 참조
5)	돌붙임	찰붙임	㎡		제2장호안편 참조
6)	돌붙임	메붙임	㎡		제2장호안편 참조
7)	돌쌓기	찰쌓기	㎡		제2장호안편 참조
8)	돌쌓기	메쌓기	㎡		제2장호안편 참조
9)	전석붙임	찰붙임	㎡		제2장호안편 참조
10)	전석붙임	메붙임	㎡		제2장호안편 참조
11)	전석쌓기	찰쌓기	㎡		제2장호안편 참조
12)	전석쌓기	메쌓기	㎡		제2장호안편 참조
13)	호안블럭		㎡		제2장호안편 참조
1.2.4	필터매트 부설	350g/㎡	㎡		제2장호안편 참조
1.2.5	사석부설		㎥		
1.2.6	휀스설치		m		
12.2.7	포 장 공				
1)	콘크리트 타설	(무 근)	㎡		제1장제방편 참조

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
2)	합판거푸집	6회	㎡		제1장제방편 참조
3)	와이어매쉬	#8-150×150	㎡		제1장제방편 참조
4)	줄 눈	콘크리트 컷팅	m		제1장제방편 참조
5)	비닐깔기		㎡		제1장제방편 참조
6)	보조기층부설 및 다짐	보조기층재(t=20㎝)	㎥		제1장제방편 참조
1.3	고지수로				
1.3.1	토 공				
1)	터 파 기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
2)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
3)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장하천통문편 참조
4)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장하천통문편 참조
1.3.2	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	(철 근)	㎥		제7장하천통문편 참조
2)	콘크리트 타설	(무 근)	㎥		제7장하천통문편 참조
1.3.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집	3회	㎡		제7장하천통문편 참조
2)	합판거푸집	4회	㎡		제7장하천통문편 참조
3)	합판거푸집	6회	㎡		제7장하천통문편 참조
1.3.4	철근가공 및 조립				
1)	철근가공 및 조립	(간 단)	ton		제7장하천통문편 참조
2)	철근가공 및 조립	(보 통)	ton		제7장하천통문편 참조
3)	철근가공 및 조립	(복 잡)	ton		제7장하천통문편 참조
4)	철근 조립	(간 단)	ton		제7장하천통문편 참조
5)	철근 조립	(보 통)	ton		제7장하천통문편 참조
6)	철근 조립	(복 잡)	ton		제7장하천통문편 참조

제9장 하천저류시설

제9장 하천저류시설

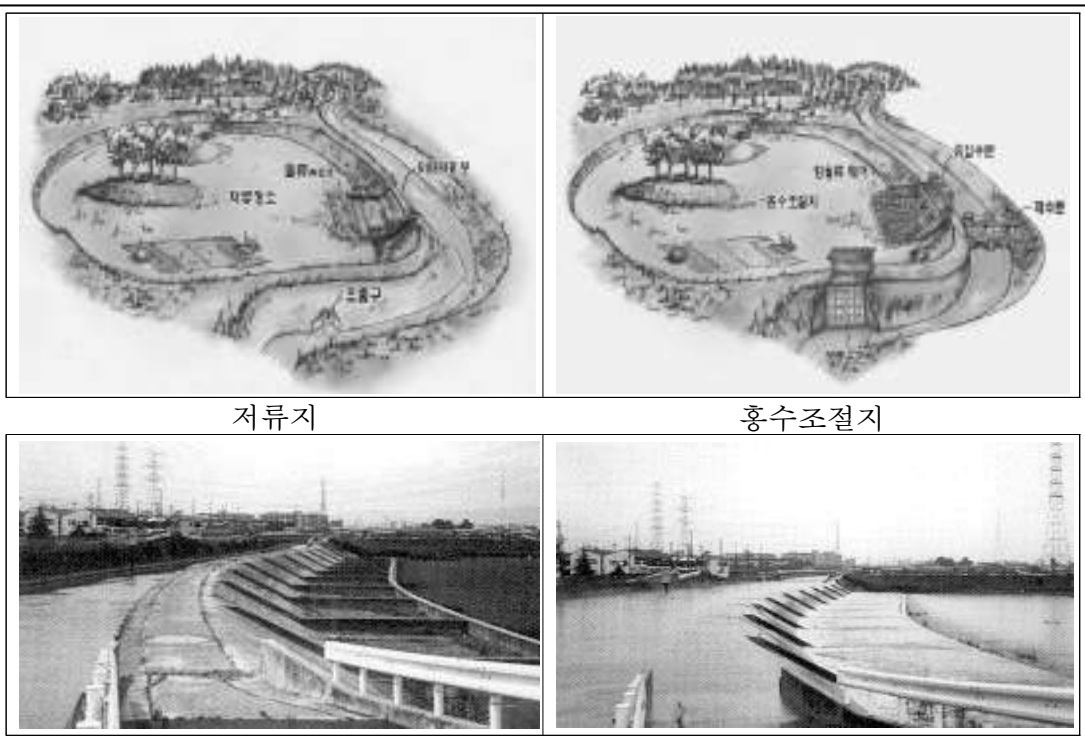
9.1 설계 요령

9.1.1 일반사항

가. 정의

저류시설은 홍수의 일정부분을 일시적으로 저류 또는 지체시켜 하류하천 수위 저감, 하도 홍수부담을 경감하고 상류지역의 홍수위를 저감함으로써 치수안전성을 증대하기 위한 시설이다.

저류시설은 홍수저감을 위해 서로 다른 구조형식으로 계획할 수 있으며, 이러한 구조형식은 크게 저류지, 홍수조절지 등으로 분류할 수 있다. 또한 저류시설은 일반적으로 유입부, 저류공간, 유출부로 구성되며, 각 부의 구조형태는 다양한 형식을 적용할 수 있다.



저류지 홍수조절지

저류지 평상시 저류지 월류시

(그림 9.1-1) **< 저류시설 개념도 및 사진 >**

1) 저류시설 : 강우시 유출되는 우수를 임의 유역지점에 집수·저류하고 하류하천의 수위를 저감시키기 위한 시설물

2) 저류지 : 하천의 홍수량을 일시 저류할 수 있는 기능을 가진 시설 중 하천변에 설치한 시설로써 상부가 열린 형태의 저류공간을 갖는 시설

3) 지하저류지(저류조) : 저류시설 중 상부가 닫힌 형태의 저류공간을 갖는 시설

4) 홍수조절지 : 조절지 하류 하도에 제수문을 설치하여 하천의 홍수를 저류 또는 지체시켜 하류 홍수량을 경감시키는 조절지(저류공간)를 포함한 시설

5) 조절지(저류공간) : 저류시설 내에 하도 또는 수로의 홍수를 유입시켜 저류하는 공간
6) 유입부 : 일정규모 이상의 홍수발생시 홍수의 일부를 저류시키기 위해 저류공간으로 유입시키기 위한 시설(비조절식 : 월류제 또는 웨어, 조절식 : 수문 또는 가동보)
7) 유출부 : 저류공간내 저류된 우수를 홍수후 본류 하도 및 수로로 유출시키기 위한 시설
8) 주위제(周圍堤) : 홍수를 저류하는 조절지의 주위를 둘러싸는 제방
9) 제수문 : 홍수조절지의 시설물 중 본류를 횡단하여 설치된 구조물로 수문 조작을 통해 홍수량 조절이 가능한 시설
10) 유출수문 : 홍수조절지의 시설물 중 수문조작을 통해 홍수조절지내 조절지의 수위조절을 하는 시설을 말하거나, 저류지의 시설물 중 수문조작을 통해 저류지내 수위조절을 하는 시설

나. 적용범위

본 장은 홍수방어 및 조절계획의 일환으로 설치되는 홍수조절지 및 강변저류지 설계에 적용하며, 유수지 등 기타저류시설 및 우수유출저감시설은 제2편 하천치수시설 제8장 내수배제시설의 기준에 따른다.

본 저류지 설계 요령에 '제2편 제6장 수문' 설계 요령을 조합하여 홍수조절지 설계 요령으로 활용할 수 있다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 댐설계기준(KDS 54 00 00)(2018, 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 강변저류지 조성 가이드라인(2011, 이코리버21)
3) 건설성하천사방시설기준(안)(1997, 일본하천협회)

마. 설계일반사항

1) 저류시설은 하천기본계획에서 계획한 내용을 토대로 설계하되, 상위 계획 수립시와 현지 여건 변화가 있는 경우 발주처와 협의하여 상위 계획의 적정성을 검토한다.
2) 대상지역의 측량 및 지질조사 등 기초조사를 실시하고 해당 지역의 지질조건, 수리조건 등에 적합한 형식의 시설물을 설계한다.
3) 저류시설은 구조적으로 안전하고 주변 지형과 조화를 이루도록 설계한다.
4) 저류시설의 담수공간은 가능한 홍수저감 목표 달성에 지장이 없는 범위 내에서 다목적 공간으로 활용할 수 있도록 설계한다.

5) 저류시설은 경제적이고 유지관리가 용이하도록 설계한다.

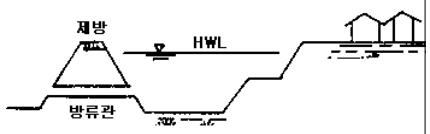
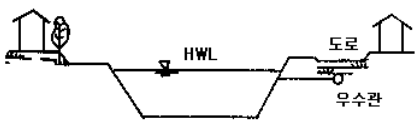
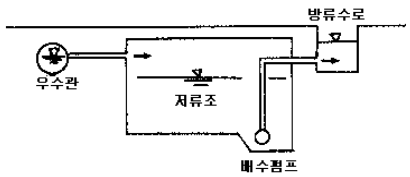
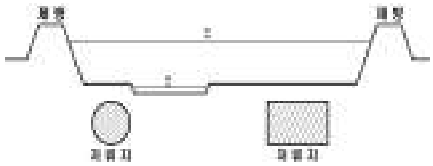
바. 저류시설 형식 분류

1) 구조형식에 따른 분류

저류시설은 구조형식에 따라 저류지와 홍수조절지로 크게 분류할 수 있으며, 형식별 특성은 다음과 같다.

< 구조형식에 따른 저류시설 분류 및 특성>

(표 9.1-1)

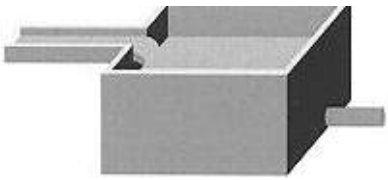
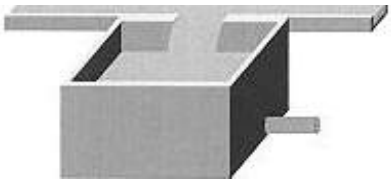
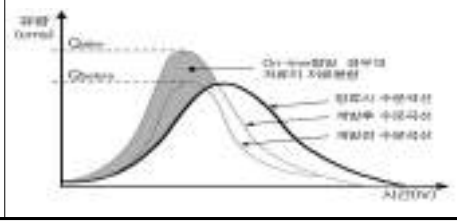
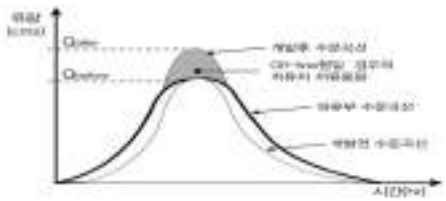
구 분		구조의 개념	특 성
저류지	제방(댐)식		· 제방(댐)을 설치하여 저류하는 형식 · 평상시 저류공간의 다목적 활용이 가능
	굴착식		· 평탄한 지역을 굴착하여 우수를 저류하는 형식 · 제방식에 비해 일반적으로 저류용량이 소규모
	지 하 매설식		· 지하저류지(저류조)에 우수 저류하는 형식 · 지하화 후 상부공간은 건축 등 다목적 이용이 가능
			· 하천지하공간을 저류지로 이용하므로 부지 선정에 유리 · 민원발생 최소
홍수조절지		저류지 하류부의 본류하도에 횡단 수문을 추가 설치	· 수문 제어를 통하여 홍수를 저류하는 형식

2) 저류방식에 따른 분류

저류시설은 저류방식에 따라 다음과 같이 하도내(On-Line) 저류시설과 하도외(Off-Line) 저류시설로 분류한다. 하도내 저류시설은 모든 규모의 홍수를 대상으로 첨두홍수량 저감 및 첨두홍수 발생시간을 지체시킬 수 있으며, 일반적으로 댐과 같은 대규모 저류시설에 적용한다. 하도외 저류시설은 홍수량의 일부를 유입시설(웨어, 수문 등)을 통해 저류공간으로 유입시켜 첨두홍수량을 저감시킬 수 있으며, 유입시설의 높이에 따라 조절가능 홍수규모(빈도)가 결정되고 하도내 저류시설에 비해 상대적으로 소규모 저류시설에 적용한다.

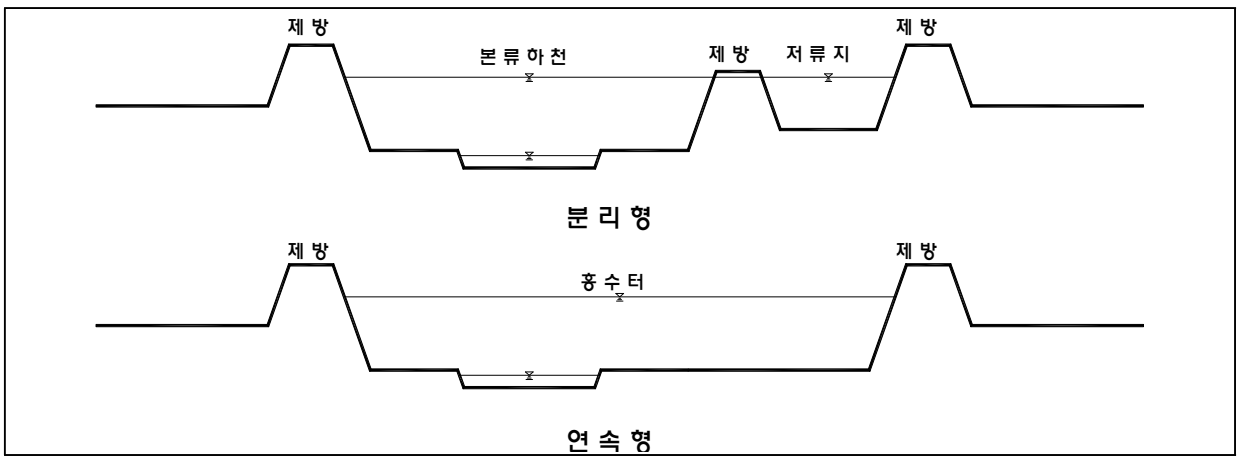
〈 저류방식에 따른 저류시설 분류 〉

(표 9.1-2)

구 분	하도내(On-Line) 저류시설	하도외(Off-Line) 저류시설
저류방식	· 관거 또는 하도 내 저류시설 설치 · 첨두홍수량 저감 및 첨두발생시간 지체 · 다양한 빈도 홍수에 대한 유출저감기능	· 하도 외 저류시설 설치 · 첨두홍수량의 저감 · 저빈도 홍수에 대한 저감효과 미흡
개념도		
수문곡선		

3) 공간특성에 따른 분류

저류지는 하천과 저류공간의 연속성 여부에 따라 분리형, 연속형으로 분류한다. 분리형 저류지는 하천과 저류공간이 제방에 의해 분리되어 있는 형식이고, 연속형은 저류공간이 하천 폭이 확대된 형태이다.



(그림 9.1-2) **〈 분리형 및 연속형(홍수터) 저류지 횡단예시도 〉**

4) 기능에 따른 분류

저류지는 그 주된 기능에 따라 홍수관리 저류지, 통합형 저류지, 생태보전 저류지로 분류할 수 있다.(English Nature Research Report, 2004) 홍수관리 저류지는 홍수관리가 우선이고 생태기능은 부수적으로 고려하는 형식이다. 통합적 저류지는 홍수관리와 생태기능이 동등하게 고려되는 형식이며, 생태보전 저류지는 생태기능이 우선이고 홍수관리는 부수적으로 고려하는 형식이다.

9.1.2 사전조사

저류시설 설계시 다음 사항을 조사한다.

1) 하천 및 배수계통 현황

2) 저류지 예정 지역내 자산현황, 사회인문현황, 과거피해현황 조사

3) 조절지(저류공간) 지형 및 종·횡단측량

4) 조절지(저류공간) 지반조사(지하수위, 연약지반 등)

9.1.3 저류시설 계획

본 절은 상위 계획인 유역종합치수계획 또는 하천기본계획 수립시와 수문량, 홍수저감목표 변화 등 제반 여건변화로 인하여 저류시설 계획을 재검토할 경우 적용한다.

가. 기본방향

저류시설 설치계획 수립시 설치 타당성, 대상부지 선정, 형식선정, 시설규모 등 다음 사항들을 종합적으로 검토한다.

< 저류시설 계획수립시 검토 사항 >

(표 9.1-3)

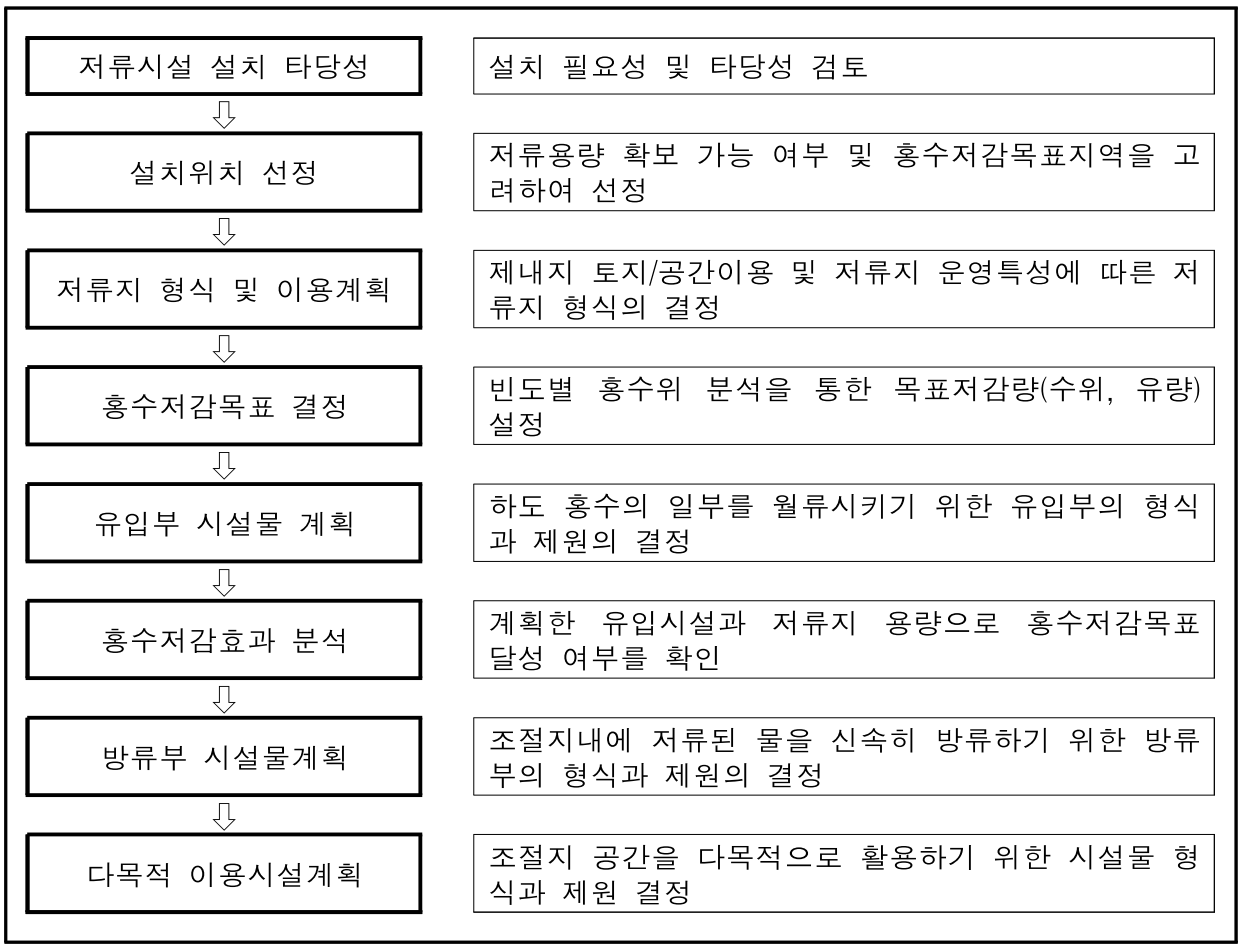
구 분	계획수립시 검토사항
설 치 타당성	· 해당 배수유역의 홍수 및 하도특성 · 종합적인 검토를 통한 저류시설의 설치 필요성, 저류시설 규모 및 형식 검토 : 저감효과 대비 공사비가 크므로 충분한 저감효과 확보 여부 검토 : 대안설정이 어려운 지역적 여건 등을 충분히 검토 후 설치 타당성 확보 · 설치 목적별 사업효과 및 다목적 활용방안
대 상 부 지 선 정	· 설치 목적 및 효과를 고려한 시설 위치 결정 (홍수저감목표지역을 고려한 위치 선정) · 홍수피해 취약지역에 대한 홍수조절효과가 확실한 지점 · 충분한 저류공간 확보 가능 지점 · 저류시설 시공성, 경제성, 민원, 보상 등 고려 · 치수외 이수, 자연환경 보전 등을 종합적으로 고려 · 대상부지의 확보여건 및 배수체계를 고려하여 단일 저류시설 또는 다수 저류지군 검토 : 홍수조절용량, 저감효과, 지형 및 지질조건, 수몰지역의 분포상황, 경제성 등 고려
형 식 선 정	· 대상부지 위치에 따른 형식 검토 (On-site, Off-site형식) · 구조형식에 따른 구분 : 하천 또는 수로변 저류지 : 지하공간 활용(개수로, 관수로) 또는 상부 덮힌 형태의 저류조 : 본류하도 또는 수로의 제어를 통한 홍수조절지
홍 수 조 절 계 획	· 홍수저감 목표 설정 및 저류시설 규모 검토 : 하도 및 수로의 홍수소통능력을 고려한 홍수저감 목표 설정 · 저류공간을 최대한 활용하여 홍수저감 목표를 달성할 수 있도록 계획

(표 9.1-3) 계 속

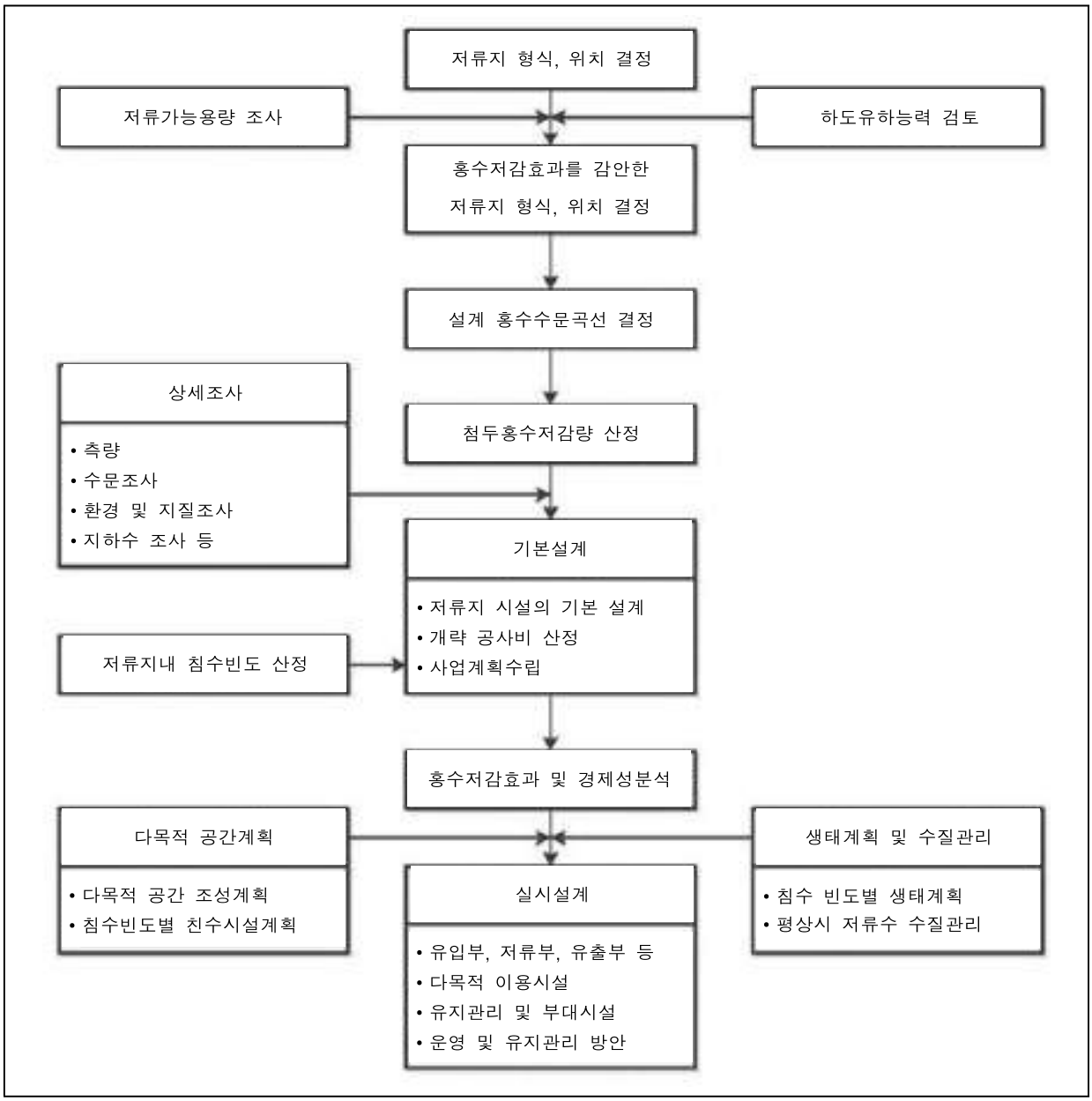
구 분	계획수립시 검토사항
유입부 계 획	· 하도 및 수로의 지형 및 지역여건을 고려한 유입부 형식 검토 : 비조절식(웨어, 월류제) 또는 조절식(수문, 가동보) · 목표첨두홍수 저감을 위한 유입부 규모 검토
방류부 계 획	· 저류된 우수의 본류 하도 및 수로 수위 저하후 신속한 방류를 위한 시설계획 : 저류용량의 신속한 방류를 통해 저류공간 재확보
다목적 활 용	· 해당유역의 지형, 하천 특성등 고려 유역 물수급 등 이수측면 고려시 다목적 저류시설 방안 검토 · 저류시설의 형식에 따라 비홍수기시 홍수조절외 다목적 공간 활용방안 검토 : 저류시설 본연의 목적 달성에 문제가 없는 범위내 활용방안 강구
유 지 관 리 계 획	· 상시 저류기능을 발휘할 수 있도록 유지관리계획 수립 · 운영관리계획 수립(홍수조절지 또는 조절식 유입부) : 내·외수위 조건에 따른 조작기준 · 모니터링 계획 수립 : 저류시설 저감효과의 정량적 검토 및 운영관리계획 보완 · 상시 및 홍수기별 유지관리 및 점검계획 수립

나. 저류시설 계획 절차

저류시설 계획을 위한 일반적인 절차와 설계 흐름도는 다음과 같다.



(그림 9.1-3) **〈 저류시설 계획 절차 〉**



(그림 9.1-4) **〈 저류시설 설계 흐름도 〉**

1) 저류시설 설치 타당성

가) 해당 배수유역의 홍수 및 하도특성으로 인해 홍수의 하도 부담이 가중되어 홍수의 유역분담이 필요한 지역에 우선 설치한다.

나) 저류시설 계획은 저감효과에 비해 공사비가 높은 치수대책이므로, 설치 계획시에는 종합적인 검토를 통해 대안설정이 어려운 지역적 여건 등 제반사항을 충분히 검토하여 저류시설 설치 타당성을 확보한다.

2) 대상부지 선정

가) 저류지는 홍수저감 목표지역의 홍수량 저감 효과가 확실하고 홍수량 저감용량의 확보가 가능한 지점을 선정한다.

나) 충분한 저류시설 공간의 확보가 가능하고 시공성, 경제성이 높은 지점을 선정한다. 지하저류지(저류조)는 구조물 설치 등 상대적으로 공사비가 증가하므로 경제성을 고려하여 상부 개방형 저류지가 가능한 지점을 우선적으로 검토 선정한다.

다) 지형, 배수계통, 토지이용, 용지취득 및 교통 여건 등 복합적인 제약요인으로 충분한 저감효과 발휘를 위한 부지선정이 곤란한 경우, 다수의 후보지를 대상으로 복합적으로 비교 검토하여 선정한다.

라) 필요한 홍수저감 효과를 얻기 위하여 단일 또는 여러 지점에 계획할 수 있다. 다만 다수의 저류시설군으로 계획시에는 각 시설의 저감효과에 대한 연계검토 및 통합 운영계획 수립을 한다.

마) 저류지는 아래의 표와 같이 설치 위치에 따라 기대되는 효과가 다르며, 홍수저감 목적에 부합되도록 적절한 위치에 설치한다.

< 저류지 위치에 따른 홍수저감효과 >

(표 9.1-4)

저류지 설치위치	홍수저감효과
홍수저감목표지역 상류측	홍수저감목표지역의 첨두홍수량 저감 하류지역 홍수부담경감에 따른 홍수위 저하
홍수저감목표지역 하류측	홍수저감목표지역의 첨두홍수량 저감을 기대할 수 없으나, 하류지역 홍수저감으로 인한 수위저하로 상류지역 배수영향 축소
홍수저감목표지역 상하류측	홍수저감목표지역의 첨두홍수량과 첨두홍수위 저감

3) 저류시설 형식 선정

가) 대상부지 선정 위치에 따라 유역내 저류시설(On-Site) 또는 유역외 저류시설(Off-Site)로 할 것인지 검토한다.

나) 저류시설 형식은 용지 취득의 용이성, 사업비, 시설물 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

다) 저류시설은 상대적으로 공사비가 저렴하고 유지관리가 용이한 상부 개방형 저류지를 우선적으로 검토한다. 입지 및 지형적 요인에 따라 저류지의 계획이 어려운 경우에는 지하저류지(지하하천)를 대안으로 검토한다.

라) 계획빈도 외 다양한 빈도 홍수에 대한 저감효과를 기대할 수 있어 수리적으로 유리한 방식인 On-line형식 저류시설을 우선적으로 검토한다.

마) 동일한 저감효과를 가지기 위한 시설면적이 큰 On-line형식의 저류시설 설치가 곤란한 여건에서는 상대적으로 적은 면적으로 첨두홍수를 저감하는 Off-line형식의 저류시설을 검토한다.

바) 저류지와 본류 하도에 수문을 설치하는 홍수조절지 방식도 병행 검토하여 최적의 형식을 결정한다.

4) 홍수조절계획

가) 홍수저감 목표 설정

(1) 홍수저감 목표는 홍수저감 목표지역의 안전도와 하도통수능력 등을 고려하여 결정한다.

(2) 일반적으로 계획하도의 하도통수능을 초과하는 홍수량 분담 또는 홍수저감 목표지역의 첨두홍수량 저감 등을 목표로 설정한다.

(3) 홍수저감 목표는 유역종합치수계획, 하천기본계획 등 기본계획 단계에서 결정한다.

나) 조절개시 홍수량 또는 홍수위

(1) 조절개시 홍수량(홍수위)은 월류제 등에서 조절지로 유입이 시작되는 홍수량 또는 홍수위로써 홍수조절 목적, 홍수 유출 특성, 저류용량 등을 고려해서 계획한 효과를 얻을 수 있도록 결정한다.

(2) 조절개시 홍수량을 고빈도 홍수량 규모로 크게 설정하면 계획홍수량 규모에 대한 조절효과는 크지만 중소규모 홍수량에 대해서는 조절효과를 충분히 발휘할 수 없는 단점이 있다.

(3) 반대로 조절개시 홍수량을 저빈도 홍수량 규모로 작게 설정하면 중소규모 홍수량에 대해서는 충분한 조절효과가 있지만, 계획홍수량 규모에 대한 조절효과가 감소하기 때문에 조절의 목적, 홍수 유출의 특성, 조절지의 용량 등을 고려해서 확실한 효과를 얻을 수 있도록 결정한다.

(4) 조절개시 홍수량은 월류부의 높이에 따라 결정되므로, 월류부에 가동보 또는 가동수문과 같은 조절식 유입 시설물(가동수문 또는 가동보 등)을 설치할 경우 조절개시 홍수량을 가변적으로 운용할 수 있는 장점이 있다.

다) 유입부 계획

(1) 저류지 유입부는 홍수저감 목표를 달성하기 위하여 충분한 시설규모(물넘이 폭 및 수심)를 갖도록 계획한다.

(2) 저류지 유입부는 지반조건, 현지 여건, 경제성 등을 고려하여 하도 또는 수로에서의 비조절식(횡월류(橫越流) 방식의 월류제) 또는 조절식(수문, 가동보) 등으로 계획할 수 있다.

(3) 유입부는 수리적 안전성 측면에서 유리한 비조절방식(웨어)을 채택하는 것을 원칙으로 하고 충분한 월류부의 설치가 어려운 경우 상대적으로 적은 부지에서 조절량 증대가 가능한 조절방식(수문, 가동보)의 적용을 검토한다.

(4) 유입부는 안정적인 홍수의 유입을 위해 하도 또는 수로가 평면 및 종단적으로 변화가 큰 지점(만곡, 급확, 급축)과 유속이 빠른 구간에서의 설치는 피하여야 한다. 불가피하게 이러한 지점에 설치가 필요할 경우 유입부에서의 안정적인 홍수유입을 위해 가급적 직선구간에서 유속을 저감할 수 있는 시설을 설치하여 홍수의 원활한 유입이 가능하도록 한다.

(5) 비조절 방식의 유입부(월류제, 웨어) 계획시 고려할 사항은 다음과 같다.

(가) 월류부의 높이 및 길이

① 월류부의 높이와 길이는 조절개시 유량, 홍수조절효과, 조절후 홍수수문곡선 형태를 지배하기 때문에 조절의 목적을 고려해서 결정하여야 한다.

② 월류부의 높이와 길이는 저류시설 계획저류용량을 효율적으로 이용하여 홍수저감목표를 달성할 수 있도록 정하여야 한다.

③ 월류부의 높이는 조절개시 홍수량을 고려하여 결정하고 결정된 높이에 따른 목표저감효과를 발휘하기 위한 월류부의 길이는 저류지 홍수추적과정을 통하여 결정한다. 다만 월류부의 소요길이를 확보하기 어려운 경우 월류부의 높이를 조절하여 홍수저감효과를 만족하는 최적 조합의 시설 규모로 결정하여야 한다.

- 월류부 높이가 낮으면 첨두홍수 발생 전에 월류유량의 합이 최대저류용량을 초과하는 경우가 발생할 수 있으며, 월류고가 높으면 최대저류용량을 비효율적으로 사용하게 되므로 홍수저감효과를 최대로 얻지 못하는 경우가 발생할 수 있다.
- 월류부 연장이 길면 월류유량이 증가하므로 월류유량의 합이 조기에 최대저류용량에 이를 수 있고, 연장이 작을 경우 월류고가 높은 경우와 같이 최대저류용량을 비효율적으로 사용하는 경우가 발생 할 수 있다.
- 월류부 높이와 연장은 월류유량의 합과 최대저류용량이 근접하여 계획저류공간을 최대한 활용할 수 있도록 정한다.

④ 저류지 다목적 이용계획 수립시에는 저류시설 내용적 곡선을 작성하고 이에 따른 저류용량에 따른 수위 분석을 통해 공간 계획에 활용한다.

⑤ 위와 같이 월류제 높이와 길이는 월류량 및 홍수조절효과, 다목적 활용 등과 밀접한 관계가 있으므로, 홍수저감목표를 달성하면서 다목적으로 활용할 수 있는 규모로 결정한다.

⑥ 월류제 높이와 길이 등 주요 제원은 유입부 유향 및 유속을 검토할 수 있도록 저류시설 및 하도(수로)를 포함 수치 또는 수리모형실험 등을 복합적으로 검토하여 결정한다.

(나) 감세공

① 유입부 물넘이 하류단에는 월류수의 흐름을 완화하기 위한 감세시설(감세공, 감세지, 부언제 등)과 세굴방지를 위한 바닥보호공을 계획한다.

② 감세시설 형식과 규모, 바닥보호공 및 유입부 주변 호안 설치범위와 적용 공법 등은 수치 또는 수리모형실험을 실시하여 결정한다.

(6) 조절 방식의 유입부(수문, 가동보) 계획시 고려할 사항은 다음과 같다.

(가) 조절 방식에 따른 홍수유입은 조작제어 조건에 따라 설정된 수위에 따라 개폐되어 저류공간으로 홍수를 유입·방류하도록 한다.

(나) 유량조절용 유입시설은 하도(수로)와 저류공간에 구성한 수위감지장치를 통해 설정수위에 도달하면 유입시설(수문, 가동보)이 조작되도록 구성한 제어반에 의해 자동운전 되도록 하고, 비상시 수동 조작이 가능한 방식으로 계획한다.

라) 저류공간 계획

(1) 대상지역의 지형 및 종·횡단 측량을 실시하여 표고별 저류용량 곡선을 작성하고 홍수조절효과 분석에 활용한다.

(2) 저류시설 평면계획은 부지 확보 지점의 지역적 여건, 용지 점용, 유지관리 편의성 등을 고려하여 결정한다.

(3) 저류시설 깊이는 토질조건, 지하수위, 주변 건물 및 시설의 안전성, 시공중·후 안전대책, 경제성, 민원 등 다양한 조건들을 고려하여 결정한다.

(4) 저류용량이 클수록 홍수저감효과는 크지만 기존의 홍수터 또는 하천변의 공간을 활용하는 특성 때문에 저류용량의 크기는 제한적이다. 따라서 단일 저류지로 홍수저감 목표를 달성할 수 있는 계획저류용량 확보가 어려운 경우 복수의 저류지를 계획할 수 있다.

(5) 계획저류용량 추가 확보 방안으로 대상지역 준설을 고려할 수 있다. 준설시 기존 하천시설물 및 구조물의 안정성, 주변지역의 배수체계, 지하수 유입 차단대책 등을 검토한다.

5) 홍수저감효과

가) 월류부를 통한 횡월류량은 월류형 웨어 유량 공식을 적용하여 산정할 수 있다.

$$Q = CLH^{3/2}$$

여기서 Q : 월류량(㎥/s)

C : 유량계수

L : 웨어마루의 유효길이(m)

H : 접근속도수두를 포함한 총수두(m)

상기 식에서 횡월류 웨어 유량계수(C)는 웨어 형상, 하도흐름, 횡월류 웨어와 하도 폭의 비 등에 의해 결정되며, 경험식마다 큰 차이를 보이므로 수리모형실험을 통하여 결정하는 것을 추천한다. 부득이한 경우 다양한 경험공식 중 웨어형상, 본류 하도특성, 본류 및 저류지 흐름특성 등을 고려한 적절한 공식을 채택, 적용할 수 있다.

나) 저류지에 의한 홍수저감 및 조절효과를 분석 및 평가 방법은 다양하며, 다음과 같은 모형이 일반적으로 많이 사용된다.

(1) 1차원 하도 모형과 저류지 수심-저류량 관계식 적용 모형

(2) 1차원 하도 부정류 모형-월류제 모형-2차원 저류지 유동모형의 연계모형

(3) 3차원 유동모형

다) 저류지 홍수저감효과 분석은 상기한 방법으로 수행 가능하나, 저류지 유입부, 유출부 등 상세 설계를 위해서는 1-2차원 연계모형이나 3차원 유동모형을 적용하는 것이 좋다.

6) 유출부 계획

가) 저류시설 유출부 시설은 유입시설을 통해 월류시켜 저류한 범람수를 본류 수위(하도 또는 수로)가 하강한 후 본류로 배제하는 시설을 말하며, 배제하는 방식에 따라 그 구조가 달라진다.

나) 배제방식으로는 자연배제, 강제배제 또는 두 가지 혼합방식을 취할 수 있으며, 계획 저류지 현장 여건에 따라 적절한 배제방식을 선정한다.

다) 일반적으로 저류지는 홍수시 하천유량 일부를 인위적으로 월류시켜 저류하는 것이 주된 목적이고, 평상시에는 비워두거나 친수공간 등으로 활용토록 계획하고 있는 점, 유지·보수 등 경제적 측면 등을 종합적으로 고려할 때 강제배제 방식보다 자연배제 방식이 유리하다. 따라서 강제배제 방식보다 자연배제 방식을 우선적으로 검토한다.

라) 현지 여건 및 다목적 활용 계획에 따라 부득이 강제배수 방식을 채택할 경우에도 배수통문 등 자연배제 시설을 추가하는 혼합방식을 적극 검토한다.

마) 배수시설 규모는 담수된 홍수의 배제시간을 고려하여 결정하여야 한다. 배제시간은 저류용량, 방류하천의 수리특성, 배제시간에 따른 시설물 규모와 공사비, 담수지속시간에 따른 본류 제방 및 주위제의 제체 안정성, 방류하천의 홍수위 지속시간, 저류지 다목적 공간 활용에 따른 시설물 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

바) 위의 사항 외의 유출부 계획은 하천설계기준 ‘내수배제 및 우수유출저감계획’(KDS 51 14 30), ‘하천보’(KDS 51 40 05), ‘수문’(KDS 51 50 25) 편을 따른다.

7) 다목적 이용계획

가) 저류시설을 비홍수기시 홍수조절 외의 다목적 공간으로 활용하는 방안을 적극 검토한다.

나) 저류시설의 저류공간은 계획된 홍수조절 목표에 문제가 없는 범위 내에서 활용되어야 한다.

다) 다목적 생태습지 및 친수공간 조성 시 하천으로부터 일정량의 유량 확보가 필요할 수 있으며, 이때 평수기 하천 수위 및 유속 등을 고려하여 수문, 관로 등의 취수시설을 설치할 수 있다.

라) 저류시설의 다목적 이용을 위한 공간계획시 안전성, 입지성, 환경성, 경제성 등을 종합적으로 고려한다.

마) 저류시설 유형(생태형, 운동시설형, 식행피복형, 지하매설형, 복합형 등)을 고려하여 다목적 공간 활용 계획을 수립하고, 저류시설의 저류 유형에 따른 공간 이용 유형을 참고하여 다양한 시설을 도입할 수 있다.

바) 다목적 이용 시설 도입시 ‘도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙’, ‘건축법’, ‘도시공원 및 녹지 등에 관한 법률’, ‘하천점용허가 세부기준’ 등 관련 제도에 적합성 여부를 검토한다.

〈 다목적 저류시설 유형 〉

(표 9.1-5)

유 형	다목적 활용방안
생태형	· 하천 인근 등 지하수위가 높은 곳에 못, 습지와 생태도랑 등으로 구성 · 기존 자연지형을 최대한 유지하면서 산책로 및 벤치 등의 휴게시설 위주로 조성하는 자연형 공원에 적합한 유형
운동시설형	· 지하수위가 낮은 곳에 운동장과 체육시설 위주로 구성 · 저류가 가능한 지형을 인위적으로 조성하고, 운동시설, 편의시설(벤치 등) 등을 설치하는 조성형 공원에 적합한 유형
식생피복형	· 지하수위가 낮은 곳에 식생피복을 통해 시설 구성 · 운동시설형과 같이 지형을 인위적으로 조성하나 별도의 시설 조성이 없이 단순히 식생을 피복하는 유형
지하매설형	· 지하 저류시설물 설치후 지상은 운동장, 잔디밭, 건축물 등으로 활용 · 지상에 저류시설 설치가 어려워 지하공간을 활용하는 유형
복합형	· 습지와 못 그리고 운동장 등을 복합적으로 설치

주) 자료출처 : 재해저감형 저류공원 가이드북(2014, 국토교통부)

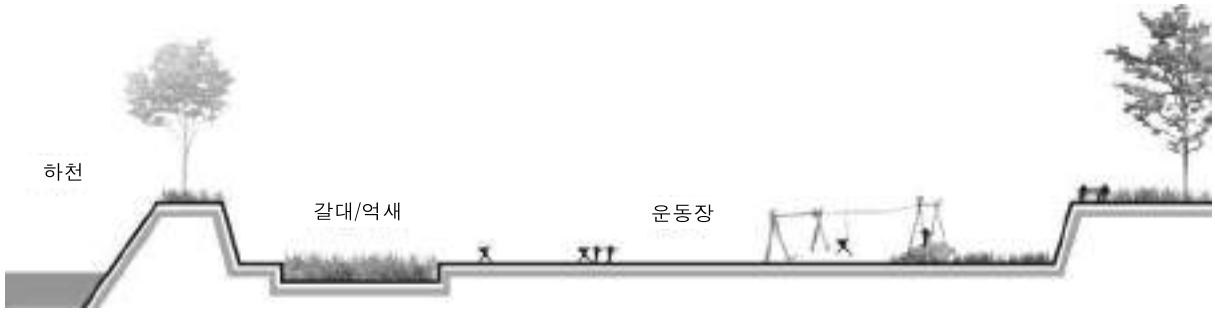
〈 유형별 도입가능 시설 〉

(표 9.1-6)

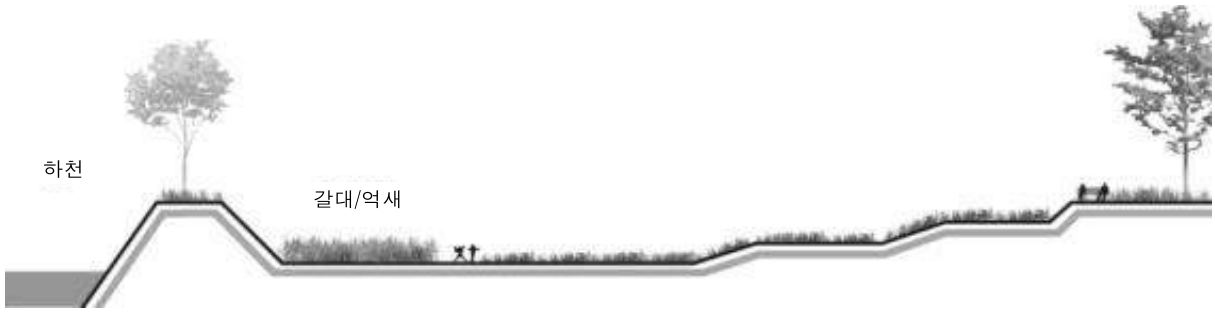
저류유형	이용방안	유형구분		도입 가능 시설
일시저류	일반적으로 지역민을 위한 비수익성 시설	공원시설	기능형	주차장, 자전거도로, 산책로 등으로 활용
			활동형	농구장, 테니스장 등 근린체육시설, 수변활동시설 등
			휴게형	휴게소, 야유회장, 잔디광장, 전망대 등
			교육/문화형	도서관, 박물관, 전시장, 야외음악당, 학습원 등
	공원시설과 유사한 근린생활시설로 활용	주제시설	위락형	유원지, 오토캠핑장, 야영장, 이벤트장, 공연장, 경량항공기 이착륙장 등
			체육시설형	축구장, 야구장, 육상경기장 등
			민자유치형	상설전시장, X-GAME장, 번지점프장 등 복합운동시설 등
상시저류	습지로 조성	습지시설	보전형	생태습지, 생태연못, 동식물서식처, 야생화단지 등
			학습형	관찰원, 관찰습지, 자연학습장 등



생태형 개념도



운동시설형 개념도



식생피복형 개념도



지하매설형 개념도

(그림 9.1-5) **< 다목적 저류지 개념도 >**



<주거단지 이용>
·동경 묘쇼지가와(妙正寺川) 다목적 저류지
·유수지 일부에 필로티 구조의 공공임대주택 건설



<체육공원 이용>
·성동구 자양 저류지
·평상시 체육시설로 이용



<생태공원 이용>
·서울 신정3지구 저류지
·평상시 생태공원으로 이용



<신재생에너지단지형>
·미국 나파밸리(Napa Valley)포도주 양조장 관개 연못
·일정수심 내에서 태양광발전단지로 이용

(그림 9.1-6) **< 저류지 다목적 이용사례 >**

8) 수치 및 수리모형 실험

가) 저류시설 계획 및 설계시 유입부 또는 유출부 시설의 주요 제원은 수치 또는 수리모형실험을 통하여 정하는 것이 좋다. 저류시설 계획 단계에서는 수치해석을 통하여 개략적인 저류시설계획과 홍수조절효과 분석을 시행할 수 있으며, 저류시설 공사를 위한 실시설계 단계에서는 수치 및 수리모형실험을 실시하여 저류시설 주요 제원을 결정할 수 있다.

나) 수치 및 수리모형실험시 다음과 같은 사항이 포함되도록 하고, 시설물 설치 계획에 따라 필요한 사항을 발주처와 협의하여 가감 시행한다.

(1) 저류시설 유입부

(가) 월류부 : 본류 수위에 따른 월류능력 검토

(나) 하도(수로) 및 월류부 유황 검토 : 하도 및 월류부 접근 유속 및 유황 검토

(다) 감세지 규모 검토 : 감세지 배후 유속 및 유황 검토

(2) 저류공간

(가) 조절지내 유속 분포 및 유황 검토

(3) 저류시설 유출부

(가) 유출수문 방류능력 검토

① 유출수문 개도수위별 방류능력 검토

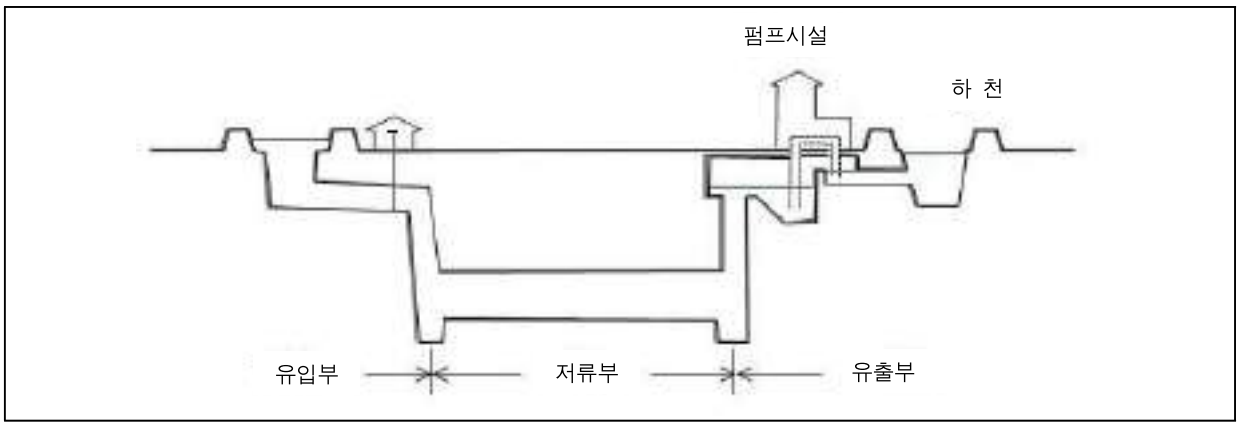
② 본류하천과 저류지 수위차에 따른 방류능력 검토

(나) 유출수문 유입부 접근유속 및 유황 검토

(다) 배수문 바닥보호공 안정성 검토

9.1.4 저류시설 설계

저류시설은 일반적으로 유입부, 저류부(지하하천의 경우 수로부), 유출부로 구성된다. 본 절의 설계 요령에서는 횡월류제 방식의 저류지 설계 요령을 먼저 제시하고, 각 구성부의 끝에 아래와 같은 지하저류지(지하하천) 설계 요령을 제시하였다.



(그림 9.1-7) **< 지하저류지(지하하천) 개념도 >**

가. 유입부

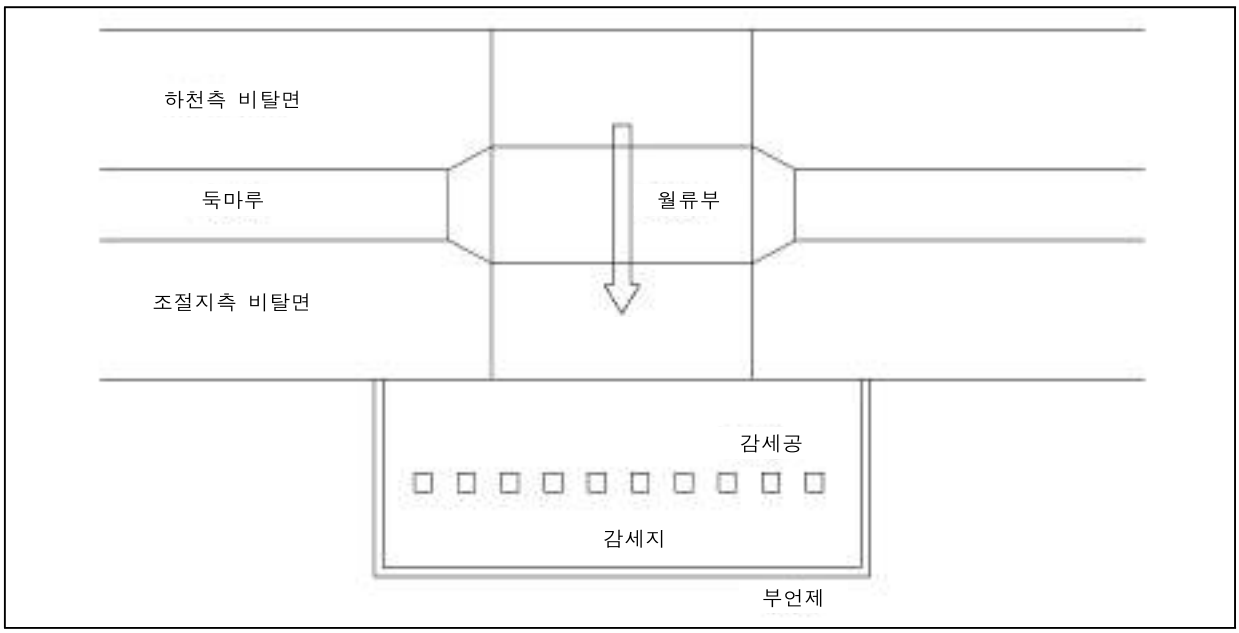
저류시설 유입부는 대상지역의 제반 여건에 따라 비조절식(월류제, 웨어) 또는 조절식(수문, 가동보)형식 등을 계획할 수 있으나, 본 설계 요령에서는 수리적 안전성 측면에서 유리하며 유지관리가 상대적으로 용이한 비조절방식(월류제)을 대상으로 설계 요령을 제시한다. 수문설치 방식의 설계는 '제3편 하천이수시설 제1장 하천보', 제2편 하천치수시설 제6장 하천수문, 제7장 하천통문'을 기준으로 한다.

1) 월류제

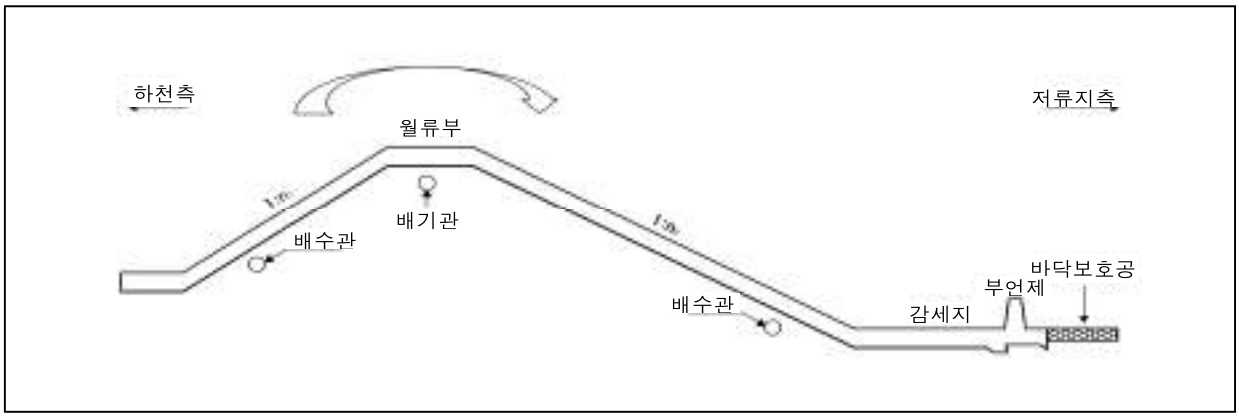
가) 횡월류 방식의 저류지 월류부는 다음 그림과 같이 월류제, 감세시설(감세지, 감세공, 부언제(endsill)), 바닥보호공 등으로 구성된다.

나) 월류제의 형식은 콘크리트중력식, 콘크리트월(wall)식, 토사제방의 표면을 콘크리트나 아스팔트 등의 재료로 피복하는 형식 등이 있으며, 계획지점의 기초지반, 재료구득 등 제반 여건에 따라 적절한 형식을 선정한다.

다) 월류제는 계획한 홍수조절효과를 충분히 발휘할 수 있는 월류고와 연장, 단면형을 가져야 하며 구조적으로 안전하여야 한다. 하천기본계획 등의 상위 계획과 여건 변화가 있는 경우, 월류제와 그 부속시설의 제원은 수치 및 수리모형실험 등을 통하여 규모의 적정성을 재검토 한다.



(그림 9.1-8) **< 월류제 평면 예시도 >**



(그림 9.1-9) **< 월류제 횡단면 예시도 >**

라) 토제의 표면을 덮는 월류제는 다음 사항을 고려한다.

(1) 월류제 둑마루 폭은 시설물 유지관리 및 수방활동, 관리용 차량 통행 등을 위해 본류 제방의 둑마루 폭 이상으로 한다.

(2) 월류제 앞비탈 비탈경사(n_1)는 1:3 이하의 완경사로 할 수 있으며, 하천측으로 심하게 돌출되어 홍수소통 및 시설물의 안전성에 문제가 발생되지 않도록 상하류 비월류 구간 제방의 비탈경사를 감안하여 결정한다.

(3) 조절지측의 뒷비탈 경사(n_2)도 1:3 이하의 완경사로 할 수 있으며, 월류시 급격한 수리현상을 예방하고 월류수가 안정적으로 유입 될 수 있도록 수치 및 수리모형실험을 통해 적절한 비탈경사를 따로 정할 수 있다.

(4) 월류부와 비월류부의 종단경사는 차량 및 자전거 통행 등을 고려하여 5% 정도로 완만하게 설치한다.

2) 비탈덮기

가) 월류제 구간은 월류수에 의한 제방 유실 방지를 위하여 둑마루와 비탈덮기를 하여야 하며, 재료는 아스팔트, 콘크리트, 콘크리트블록, 돌망태 등을 이용할 수 있다.

나) 비탈덮기 재료는 구조적 안정성, 유지관리 편리성, 경제성 등을 고려하여 정한다.

다) 비탈덮기공은 양압력 외에 유수에 의한 부압, 유수 등에 의한 충격력 등의 외력에 대해서도 안전한 두께로 하여야 하며, 월류제 둑마루를 아스팔트 또는 콘크리트로 피복할 경우 둑마루 이용차량 특성을 고려하여 피복(포장)두께를 정한다.

라) 콘크리트로 비탈덮기를 하는 경우 건조수축 및 온도변화 등에 의한 영향을 감소하기 위하여 수축 또는 신축 줄눈을 설치하고, 필요시 시공이음을 둘 수 있다.

마) 콘크리트 블록, 돌망태 등으로 시공하는 경우 관리차량의 통행을 위한 평탄성 확보, 잡초제거 등 유지관리 측면에서 콘크리트 또는 아스팔트로 피복하는 것보다 불리하므로 둑마루 부분은 아스팔트 또는 콘크리트로 피복하는 방법이 좋다.

바) 앞비탈 및 뒷비탈 기슭은 세굴로 인한 침식으로부터 월류제를 보호하기 위하여 밑다짐과 같은 형식의 보호공을 설치한다. 단, 저류지측 뒷비탈 기슭은 감세지와 일체로 설치할 경우에는 예외로 한다.

3) 배기관 및 배수관

가) 월류제가 아스팔트나 콘크리트로 피복되어 있을 경우 홍수시 제체내 공기가 압축되어 양압력이 작용하게 되며, 적절한 배기시설이 없을 경우 월류제 피복재가 파괴될 수 있다. 이러한 현상을 방지하기 위해 월류제 상단부 비탈면이나 둑마루에 유공관 등을 이용하여 배기관을 설치할 수 있다.

나) 반대로 홍수 이후 하천 및 저류지 수위가 내려가면 제체내부와 외측간 수위 하강속도 차이로 수위차가 발생하며, 이로 인한 수압으로 비탈덮기가 파괴될 수 있다. 이러한 현상을 방지하기 위해 월류제 앞비탈 또는 뒷비탈 기슭 근처에 유공관을 이용하여 배수관을 설치할 수 있다.

다) 배기관은 월류제 둑마루에 구멍을 내고 자갈이나 유공콘크리트 등으로 채우는 방식을 적용할 수 있으며, 배기공은 지름 150 ㎜ 크기로 1 ㎡당 1개소 정도 설치한다.

라) 배수관은 월류제 비탈덮기 기초 상단 또는 감세지 바닥고로부터 적당한 높이에 설치할 수 있으며, 배수관이 퇴적으로 매몰되지 않도록 하상변동특성을 고려하여 설치 높이를 정한다.

4) 감세시설 및 바닥보호공

가) 감세시설 및 바닥보호공 설계는 '제3편 하천이수시설 제1장 하천보' 편을 기준으로 한다.

나) 저류지내 수위와 도수 후의 수심이 비슷한 경우에는 정수지형(stilling basin) 감세공을 채택하는 것이 좋으며, 이 형식의 감세방법은 수리학적으로 가장 안전한 것으로 알려져 있다.

다) 수치 및 수리모형실험을 통하여 감세시설의 필요성, 현지 여건에 적합한 감세시설 형식과 규모, 바닥보호공 설치범위 및 적정 공법 등을 정한다.

5) 지하저류지 유입시설

가) 유입시설은 유수가 원활하게 유입될 수 있는 형상으로 한다.

나) 유사 및 유목 등의 유입을 차단 또는 저감할 수 있는 구조로 한다. 유사량이 많은 하천 또는 유사 입경이 굵은 하천에서는 침사지를 설치하고, 유목의 유출 우려가 있는 하천에서는 스크린을 설치한다.

다) 유입 유수의 낙하시 에너지를 감세할 수 있는 시설이 필요하며, 감세시설의 형식은 부지의 제약, 흐름의 상황, 공기의 혼입, 감세효과를 종합적으로 판단하여 결정하는 것이 바람직하다.

라) 관수로(압력관) 방식의 경우에는 공기혼입량을 최대한 줄이는 형상으로 한다. 터널 본체로 유입된 공기로 인해 압력변동, 수두손실 등의 현상이 발생하기 때문에 모형실험 등에 의해 유입시설의 적절한 형상을 검토할 필요가 있다.

나. 저류부

1) 주위제

가) 조절지 주변지역 지반고가 저류지 최대담수위에 여유고를 더한 값보다 낮은 구간은 주위제를 설치한다.

나) 주위제의 제방고는 월류부 구간 최상류 지점의 본류하천 제방고를 기준으로 한다.

다) 주위제 제방단면은 본류하천의 제방단면과 동일한 규모를 기준으로 하되, 월류수의 저류기간에 따른 제체의 침투, 누수, 사면 및 지반안정 등 주위제 제체의 안정성 분석을 토대로 제방규모를 다르게 결정할 수 있다.

라) 주위제의 축제 재료와 다짐 기준은 ‘제2편 하천치수시설 제1장 하천제방’ 을 기준으로 한다.

마) 위의 사항 외 주위제 설계는 ‘제2편 하천치수시설 제1장 하천제방’ 을 기준으로 한다.

2) 주위제 호안

가) 저류지 주위제는 하천제방과 같이 유수에 의한 침식으로 유실 피해가 우려되므로 최대 담수위까지 호안을 설치한다. 저류지 내측은 가급적 식생의 자연적 천이를 유도하거나 떼붙임 등의 식생공을 적용하고, 내측의 최대 담수위 이상구간과 저류지 바깥쪽은 식생의 자연적 천이를 유도하거나 거적덮기 등을 적용할 수 있다.

나) 저류지 월류부와 유출부는 월류 및 배수시 급격한 수리현상이 발생되므로 침식에 저항할 수 있는 적절한 호안공법을 적용한다.

다) 주위제 호안의 설치 범위와 적용 공법 등은 수치모형 실험을 통하여 저류지내 수리특성을 분석하고, 이를 참고하여 결정하도록 한다.

라) 위의 사항 외의 저류지 호안 설계는 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'을 기준으로 한다.

3) 저류공간

가) 자연배제가 가능하도록 저류지 바닥고를 결정하여야 하며, 대상지역 굴착으로 저류지를 조성하는 경우 사업대상지역 인근 지하수위를 검토하여, 지하수 유입으로 인한 저류 공간 축소가 발생하지 않도록 굴착 깊이를 지하수위 이상으로 하거나 차수대책 등을 검토한다.

나) 저류공간 단면은 활용 용도에 따라 단단면과 복단면으로 구분할 수 있다. 단단면 저류시설은 필요면적을 최소로 한다는 장점이 있는 반면에, 토사 퇴적부가 광범위하여 관리공간이 넓은 단점과 저류공간의 공간활용 측면에서 불리한 점이 있으므로 지형여건상 부득이한 경우를 제외하고 복단면으로 한다.

다) 친수 등 다목적 공간활용을 목적으로 하지 않는 저류지의 저류공간의 경우 저류지내 잔류 오탁수로 인해 악취 등이 발생할 수 있으므로 별도의 잔류 오탁수 배제시설을 설치하는 등 대책을 마련하여야 한다.

라) 주변지역의 배수를 위해 필요시 적절한 배수시설물을 계획하여야 한다. 배수시설 설계는 '제2편 치수시설 제7장 하천통문'을 기준으로 한다.

4) 지하저류지 저류시설(수로 본체)

가) 수로 본체는 가능한 한 자유수면을 가진 개수로 단면으로 하되, 부득이하게 관수로로 할 경우 수치 및 수리실험 등에 의한 검토를 할 필요가 있다.

나) 암거 또는 터널 등 수로 본체의 내측은 전단면 콘크리트, 라이닝 혹은 이와 유사한 구조로 한다.

다) 수로 단면은 지질조건, 지하수위 및 수리조건, 안전성, 시공성 등을 충분히 검토하여 유수소통에 지장이 없도록 한다.

라) 설계유량 소통에 필요한 단면적은 동수경사선, 펌프규모(양정) 및 펌프 급정지시 서징(surging) 현상 등을 고려하여 결정한다.

마) 수로내의 설계유속은 내부의 마모 손상, 토사퇴적, 유지관리 등을 고려하여 안전한 유속으로 결정한다.

바) 수로 본체의 내측은 유수 및 토사 등에 의한 마모 대책으로 콘크리트 두께를 두껍게 하거나 표면을 내마모성의 재질로 할 수 있다.

사) 마모대책은 토사유입 상황, 유속, 수질, 터널본체의 규모, 시공방법, 유지관리 등을 고려하여 결정한다.

다. 유출부

1) 저류지의 저류수 배제는 상황에 따라 자연상태의 우수 배제보다 높은 수위차에 의해 이루어 질 수 있다. 따라서 저류지 유출부 설계시에는 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문 제7장 하천통문'에 따른 일반적인 배수시설보다 빠른 유속이 발생할 수 있다는 점을 고려하여야 한다.
2) 유출수문의 유입부와 유출부는 와류 현상이 발생하므로 접속되는 제방의 침식이 예상된다. 따라서 와류로 인한 급격한 수리현상이 발생되는 구간은 침식에 저항할 수 있는 견고한 호안 설치가 필요하며, 그 범위는 수치 및 수리모형실험을 통하여 결정할 수 있다.
3) 유출수문의 유입부와 유출부 바닥은 빠른 유속이 발생되므로 침식방지를 위한 바닥보호공을 설치하여야 하며, 그 범위는 수치 및 수리모형실험을 통하여 결정할 수 있다. 유출부 바닥 선단에는 유속 감세를 위한 턱을 설치할 수 있다.
4) 저류수 배제시 복잡한 수리현상에 의해 본류 하천의 시설물 피해 또는 하상세굴 등이 발생할 수도 있으므로 이에 대한 보강 대책도 함께 수립한다.
5) 지하저류지의 강제 배수시설은 일반적으로 배수펌프시설과 같은 구조이므로 '제2편 제8장 내수배제시설'에 준한다.
6) 위의 사항 외의 유출부 설계는 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문 제7장 하천통문'을 기준으로 한다.

라. 다목적 공간 활용 검토

1) 저류시설의 저류공간은 홍수조절목표에 지장이 없는 범위 내에서 다목적 공간으로 활용할 수 있으며, 대상지역의 여건에 따라 다양한 용도의 공간으로 조성할 수 있다.
2) 조절지 공간은 샛강, 생태서식처 등의 친환경적인 공간과 공원 및 주제시설 등의 친수공간으로 조성할 수 있으며, 수요조사 및 자문 등을 통하여 해당 지역에 적합한 공간으로 조성한다.
3) 조절지내 도입시설은 제방 비탈기슭으로부터 5m 이상 거리를 두어야 한다. 단, 하천관리상 지장이 없는 경우 예외로 한다.
4) 다목적 도입 시설은 홍수의 유입 및 유출시 지장이 없는 구조로 하여야 하며, 시설 도입 및 수목으로 인해 설계 저류량보다 작아지는 경우에는 대체용량을 확보하여야 한다.
5) 다목적 시설의 구조는 유지관리측면을 고려하여 정하고, 침수 후 유지관리가 곤란한 시설의 설치는 피해야 한다.
6) 담수시 유지관리가 어려운 시설은 침수빈도, 담수심, 담수시간 등을 고려하여 설치한다.
7) 산책로는 저류지 관리용 도로와 겸용하게 하고, 조절지내 하천수 유입시 대피로의 기능도 갖도록 한다.
8) 저류지 퇴적토 준설 및 운반, 각종 시설물 유지관리를 위하여 관리용 도로를 설치할 수 있다. 관리용 도로는 콘크리트 포장을 원칙으로 하고, 친수공간으로의 활용 및 경관 개선 등을 위하여 필요시 적절한 구조로 변경할 수 있다.

9) 저류지의 다목적 이용을 위한 시설 설계시 ‘제4편 하천환경시설’을 기준으로 한다. 본 실무요령에서 정하지 않은 사항은 관련 기준에 따르되, 저류지는 홍수조절을 위한 치수시설임을 고려하여 관련기준보다 안전을 우선적으로 배려하여 시설물을 설치하도록 한다.

마. 안전 및 관리 시설

1) 저류지 내에는 안전 및 관리시설을 설치할 수 있으며, 다목적 시설로 이용시 이용자 동선을 고려하여 적절한 장소에 설치한다.

2) 안전시설은 주의 간판, 대피소, 대피로, 침입방지 시설, 수변접근 안전시설 등이 있으며, 저류지 활용 목적 및 용도에 맞는 시설을 가감하여 설치한다.

3) 제방과 저류지 바닥의 표고차가 큰 경우 조절지로 진입하는 진입로의 종단경사는 가급적 완만하게 설치하는 것이 좋으며, 제방 부체도로의 종단경사를 기준으로 한다. 진입로 입구에는 저류시 안전을 위한 안내판 및 차단봉 등을 설치한다.

4) 관리시설로는 관리사옥, 수위계, 우량계, 경보시설, 영상감시시설, 홍보시설 등이 있으며, 저류지 활용 목적 및 용도에 맞는 시설을 가감, 선정하여 적절한 장소에 설치한다.

5) 지하저류지의 유입부 및 유출부에는 외부인 출입을 차단할 수 있는 시설, 점검 및 유지관리에 필요한 유입수 차단시설, 자재 반입로 등을 설치할 수 있다. 또한 홍수이후 터널내 잔류수 배제를 위한 유지관리용 펌프를 설치할 수 있으며, 잔류오탁수 등에 의해 악취 등이 발생할 우려가 있으므로 환기 및 탈취설비 설치도 고려하여야 한다.

9.2 수량 산출 요령

9.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1	저류지				
1.1	월류제				
1.1.1	축제공				
1)	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
2)	벌개제근		㎡		
3)	층따기		㎥		
4)	성토면고르기	인력	㎡		
5)	절토면고르기	토사	㎡		
		리핑암	㎡		
		발파암	㎡		
6)	흙 운 반		㎥		
①	불도저운반		㎥		
②	덤프운반		㎥		
③	순성토운반		㎥		
7)	흙쌓기	다짐도 90%	㎥		
		다짐도 95%	㎥		
		비다짐	㎥		
8)	사토		㎥		
9)	쌓기비탈면다짐		㎡		
10)	더돋기		㎥		
11)	둑마루표면 마무리	잡석 또는 보조기층재	㎥		
12)	토공 규준틀				
①	비탈규준틀		개		
②	수평규준틀		개		
③	제방선형표시 깃발		개		
13)	연약지반 처리공				
①	침하토 성토 및 다짐		㎥		
②	과재성토		㎥		
③	과재성토 제거		㎥		
④	치환토		㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.1.2	월류제 피복공				
1)	콘크리트 타설		㎥		
2)	거푸집/거친마감	0~7m	㎡		
3)	와이어매쉬	#8-150×150	m		
4)	줄 눈	판재(200×15)	㎡		
5)	비닐깔기		㎡		
6)	보조기층포설 및 다짐		㎥		
7)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
8)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
9)	철근 조립	(간단)	ton		
10)	철근 조립	(보통)	ton		
11)	스페이서 설치	(바닥)	㎡		
12)	시공이음				
①	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
②	수팽창지수재 설치		m		
13)	신축이음				
①	다웰바	D25	ea		
②	스티로폼	T = 20 mm	㎡		
③	충진제	씰링(20mm x 25mm)	m		
1.1.3	배기관 및 배수관				
1)	콘크리트 유공관 접합	∅150mm	m		
2)	배수관 설치 (Weep hole)	∅100mm, PVC	m		
3)	배기관 설치 (수직관)	∅150mm, STS관	개소		
4)	잡석부설		㎥		
5)	필터매트 부설	호안용 500g/㎡	㎡		
1.1.4	감세시설공				
1)	터 파 기				
①	터파기(육상 0~2m)	(인력)	㎥		
②	터파기(육상 0~2m)	(인력10%+기계90%)	㎥		
2)	되메우기				
①	되메우기	(인력)	㎥		
②	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		
3)	콘크리트 타설				
①	콘크리트 타설	철근	㎥		
②	콘크리트 타설	무근	㎥		
③	콘크리트 타설	소형	㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
4)	콘크리트 펌프카				
①	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근50㎥/D 미만	㎥		
②	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근50～100㎥/D	㎥		
③	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근100㎥/D 이상	㎥		
5)	거 푸 집				
①	합판거푸집(1회)	0～7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0～7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0～7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0～7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0～7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,2회)	0～7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,3회)	0～7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,4회)	0～7m	㎡		
⑨	합판거푸집(폼타이, 6회)	0～7m	㎡		
6)	철 근				
①	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
②	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
③	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
④	철근 조립	(간단)	ton		
⑤	철근 조립	(보통)	ton		
⑥	철근 조립	(복잡)	ton		
7)	스페이서 설치				
①	스페이서 설치	(바닥)	m		
②	스페이서 설치	(벽체)	m		
8)	잡석부설		㎥		
9)	사석부설 (바닥보호공)	30kg 이상	㎥		
10)	사석고르기		㎡		
1.2	저류공간				
1.2.1	주위제 축제공				
1)	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
2)	벌개제근		㎡		
3)	층따기		㎥		
4)	성토면고르기	인력	㎡		
5)	절토면고르기	토사	㎡		
		리핑암	㎡		
		발파암	㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
6)	흙 운 반		㎥		
①	불도저운반		㎥		
②	덤프운반		㎥		
③	순성토운반		㎥		
7)	흙쌓기	다짐도 90%	㎥		
		다짐도 95%	㎥		
		비다짐	㎥		
8)	사토		㎥		
9)	쌓기비탈면다짐		㎡		
10)	더돋기		㎥		
11)	둑마루표면 마무리	잡석 또는 보조기층재	㎥		
12)	토공 규준틀				
①	비탈규준틀		개		
②	수평규준틀		개		
③	제방선형표시 깃발		개		
13)	연약지반 처리공				
①	침하토 성토 및 다짐		㎥		
②	과재성토		㎥		
③	과재성토 제거		㎥		
④	치환토		㎥		
1.2.2	저류공간 조성공				
1)	표토제거		㎡		
2)	벌개제근		㎡		
3)	벌목		㎡		
4)	육상 준설	불도저 (타이어 33ton)	㎥		
		불도저 (무한궤도 32ton)	㎥		
5)	준설토 적재	굴삭기 1.0㎥	㎥		
		로우더 (무한궤도2,87㎥)	㎥		
		로우더 (타이어5.0㎥)	㎥		
6)	준설토 운반	덤프 15ton	㎥		
		덤프 24ton	㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.3	주위제 호안공				
1)	줄 떼		㎡		
2)	평 떼		㎡		
3)	씨앗뿜어뿌리기 (Seed Spray)	성토면	㎡		
4)	거적덮기		㎡		
5)	식생매트		㎡		
6)	이불형 돌망태설치	H=40㎝	㎡		
7)	타원형 돌망태설치	H=45㎝	㎡		
8)	매트리스형 돌망태설치	H=30㎝	㎡		
		H=50㎝	㎡		
9)	옹벽형 돌망태설치	H=5m 이하	㎥		
10)	주머니형 돌망태설치	2ton	㎥		
11)	돌붙임				
①	돌붙임	찰붙임(뒷길이25~45㎝)	㎡		
②	돌붙임	메붙임(뒷길이 25~45㎝)	㎡		
12)	자연석(전석및발파석)쌓기		㎡		
13)	호안블록				
①	장방형블록 설치	400×250×120㎜	㎡		
②	조립형환경블록설치	소형(400×400×100~250)	㎡		
③	조립형환경블록설치	대형(100×100×100~300)	㎡		
④	결속형환경블록설치	대형(100×100×100~300)	㎡		
14)	토목섬유				
①	필터매트 부설	하천호안용 350g/㎡	㎡		
②	필터매트 부설	하천호안용 500g/㎡	㎡		
③	토목용 섬유부설	5~40 ton/m	㎡		
15)	천단잡석 부설	인력	㎥		
16)	호안천단		m		
17)	호안기초		m		
18)	복토				
①	사면복토	장비+인력	㎥		
②	복토면고르기	인력	㎡		
19)	유공블록 틈메우기		㎥		
20)	유공블록 틈메우기 및 식생	인력	㎥		
21)	식물재호안		㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.4	주변배수 처리공(통관)				
1)	터 파 기				
①	터파기(육상 0~2m)	(인력)	㎥		
②	터파기(육상 0~2m)	(인력10%+기계90%)	㎥		
2)	되메우기				
①	되메우기	(인력)	㎥		
②	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		
3)	콘크리트 타설	철근	㎥		
		무근	㎥		
		소형	㎥		
4)	거 푸 집				
①	합판거푸집(1회)	0～7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0～7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0～7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0～7m	㎡		
5)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
		(보통)	ton		
		(복잡)	ton		
6)	철근 조립	(간단)	ton		
		(보통)	ton		
		(복잡)	ton		
7)	스페이서 설치	(바닥)	m		
		(벽체)	m		
8)	흄관접합 및 부설				
①	흄관접합 및 부설 (칼라식)	∅600mm	m		
		∅800mm	m		
		∅1,000mm	m		
		∅1,200mm	m		
②	흄관접합 및 부설 (소켓식)	∅600mm	m		
		∅800mm	m		
		∅1,00mm	m		
		∅1,200mm	m		
9)	모르타르				
①	모르타르(1:2)		㎥		
②	모르타르(1:3)		㎥		
③	모르타르(1:4)		㎥		
10)	잡석부설		㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.3	유출부				
1.3.1	구조물공				
1)	터 파 기				
①	터파기(육상 0~2m)	(인력)	㎥		
②	터파기(육상 0~2m)	(인력10%+기계90%)	㎥		
2)	되메우기				
①	되메우기	(인력)	㎥		
②	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		
3)	콘크리트 타설				
①	콘크리트 타설	철근	㎥		
②	콘크리트 타설	무근	㎥		
③	콘크리트 타설	소형	㎥		
4)	콘크리트 펌프카				
①	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근50㎥/D 미만	㎥		
②	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근50～100㎥/D	㎥		
③	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근100㎥/D 이상	㎥		
5)	철 근				
①	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
②	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
③	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
④	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
⑤	철근 조립	(간단)	ton		
⑥	철근 조립	(보통)	ton		
⑦	철근 조립	(복잡)	ton		
⑧	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
6)	잡철물제작설치	(간단)	ton		
7)	스페이서 설치	(바닥)	m		
		(벽체)	m		
8)	잡석부설		㎥		
9)	시공이음				
①	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
②	수팽창지수재 설치		m		
10)	신축이음				
11)	다웰바	D25	ea		
12)	스티로폼	T = 20 mm	㎡		
13)	충진제	씰링(20mm x 25mm)	m		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.3.2	유출입부 바닥보호공				
1)	사석부설 (바닥보호공)	30kg 이상	㎥		
2)	사석고르기		㎥		
3)	토목용 섬유부설	5~40ton/m	㎡		
4)	이불형 돌망태설치	H=40㎝	㎡		
5)	타원형 돌망태설치	H=45㎝	㎡		
6)	매트리스형 돌망태설치	H=50㎝	㎡		
1.4	다목적 활용공간 조성	필요시			
1.4.1	유지관리용 도로				
1)	무근콘크리트 타설		㎥		
2)	거푸집/거친마감	0~7m	㎡		
3)	와이어매쉬	#8-150×150	㎡		
4)	줄 눈	판재(200×15)	m		
5)	비닐깔기		㎡		
6)	보조기층포설 및 다짐	20cm	㎥		
1.4.2	산책로 포장		㎡		
1.4.3	식재	교・관목	주		조경공
		초화류	㎡		조경공
1.4.4	성토	하도습지부 / 하중주	㎥		조경공
1.5	안전시설 및 관리시설공				
1.5.1	안전시설				
1)	안내간판		개소		
2)	대피소 및 대피로 안내판		개소		
3)	진입금지 시설		개소		
4)	차단시설		개소		
1.5.2	관리시설				
1)	관리사옥		식		
2)	계측기설치				
①	수위계		개소		
②	유량계		개소		
3)	영상감시 시설		개소		
4)	홍보시설		식		

9.2.2 일반사항

1) 수량 산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.
   가) 월류제
   나) 저류부
   다) 유출부
   라) 다목적 활용공간 조성공(필요시)
   마) 안전 및 관리시설공
2) 공종별 수량 산출시 아래와 같이 관련 공종 산출요령을 기준한다.
   가) 월류제 및 주위제 수량 산출은 '제2편 하천치수시설 제1장 하천제방'에 준한다.
   나) 월류제 및 저류부 호안에 관한 수량 산출은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'에 준한다.
   다) 유입 및 유출부 구조물에 관한 수량 산출은 '제7편 하천공통설계 제3장 하천구조설계', '제3편 하천이수시설 제1장 하천보', 제2편 하천치수시설 제4장 하천하상유지시설, 제6장 하천수문, 제7장 하천통문'에 준한다.
   라) 저류지 활용공간 조성에 관한 수량 산출은 '제4편 하천환경시설'에 준한다.
3) 수량 산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다. 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.
4) 유용토 및 공제토
   가) 유용토
      구조물공 및 기타 등의 잔토 유용
      ※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리
   나) 공제토
      (1) 유입부 및 유출부 : 구체, 날개벽 공제
      (2) 옹벽공 : 본체
      (3) 기 타 등
5) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출하여 집계한다.
6) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

9.3 단가 산출 요령

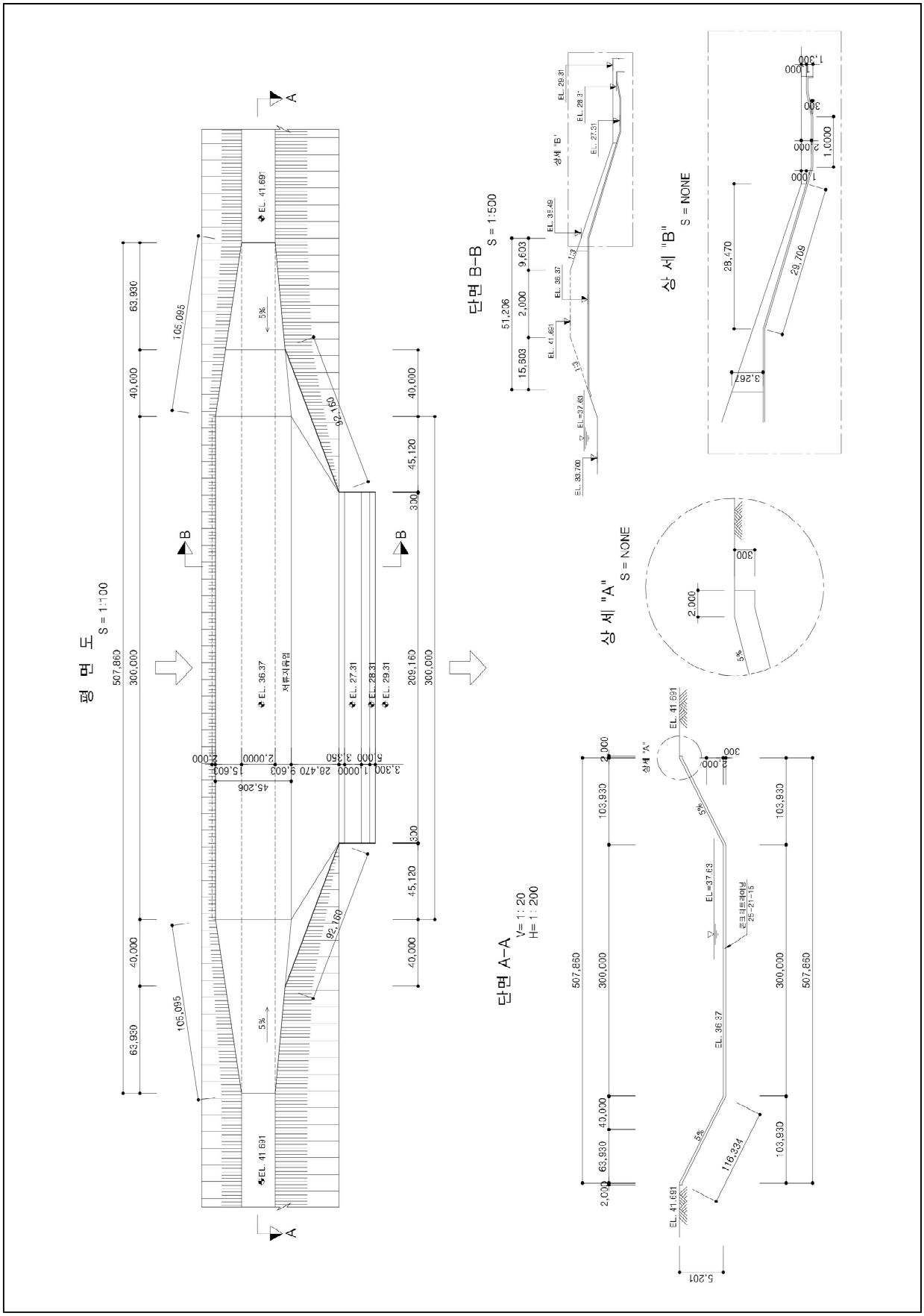
1) 월류제 및 주위제에 관한 단가 산출은 '제2편 하천치수시설 제1장 하천제방'에 준한다.
2) 월류제 및 주위제 호안에 관한 단가 산출은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'에 준한다.
3) 유입 및 유출부 구조물에 관한 단가 산출은 '제7편 하천공통설계 제3장 하천구조설계', '제3편 하천이수시설 제1장 하천보', 제2편 하천치수시설 제4장 하천하상유지시설, 제6장 하천수문, 제7장 하천통문'에 준한다.
4) 저류지 활용 공간 조성에 관한 단가 산출은 '제4편 하천환경시설'에 준한다.

9.4 저류지 예시도면

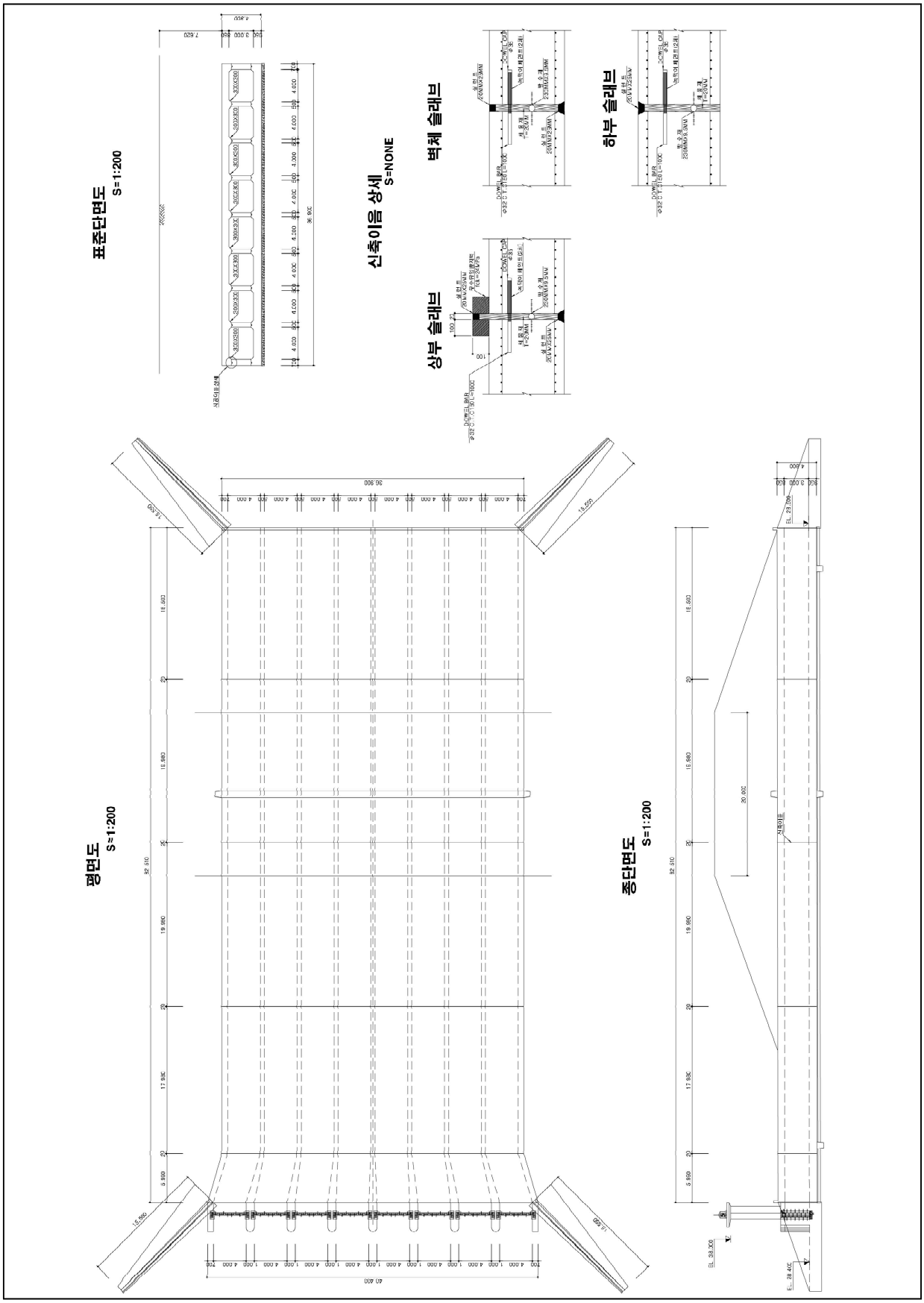
□ 계획평면 예시도



□ 유입부 예시도


평 면 도
S = 1:100
단면 B-B
S = 1:500
상 세 "B"
S = NONE
상 세 "A"
S = NONE
단면 A-A
V= 1:20
H= 1:200
EL. 41.691
EL. 36.37
EL. 27.31
EL. 28.31
EL. 29.31
EL. 33.700
EL. 41.691
EL=37.63
EL. 36.37
EL. 41.691
저류지유입
콘크리트라이닝
25-21-15
507,860
300,000
63,930
40,000
45,120
209,160
92,160
105,095
116,334
5,201
3,267
28,470
29,709
1,0000
2,000
300
5%
1:3

□ 유출부 예시도


표준단면도
S=1:200
신축이음 상세
S=NONE
벽체 슬래브
하부 슬래브
상부 슬래브
평면도
S=1:200
종단면도
S=1:200

제10장 하천사방시설

제10장 하천사방시설

10.1 설계 요령

10.1.1 일반사항

가. 정의

하천사방시설은 하천 공사시 유역에서 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지하기 위하여 유송된 모래와 자갈(砂礫) 등을 저류 및 제어하는 시설로 사방댐, 유로공 등의 제반 시설을 총칭한다.

1) 사방댐 : 유역의 상류지역 또는 단지개발에 따른 토사유입 예상지역에 시공하여 유송된 모래와 자갈(砂礫) 등을 저류 또는 조절하는 댐
2) 호안 : 유수(流水)가 하안(河岸)의 침식, 붕괴를 일으키는 장소에 횡방향 침식을 방지하기 위하여 하안에 따라 유수 방향으로 설치된 시설
3) 하상유지시설 : 종방향 침식을 방지하고 하상을 안정시킴으로써 하상 퇴적물의 재이동, 하안의 붕괴 등을 방지하며 호안 공작물의 기초를 보호할 목적으로 설치하는 시설
4) 유로공 : 유로의 변경에 의한 난류방지 및 종단기울기의 규제에 의한 종방향 및 횡방향 침식을 방지하고 하상을 안정적으로 고정시키는 목적으로 설치하는 시설
5) 침사지 : 개발지역에서 침식되어 유송되는 토사를 자연 또는 강제로 침전·퇴적시킬 목적으로 만든 저류시설물
6) 생산토사량(토양유실량) : 비바람에 의해 지표면의 표토가 침식되거나 산지 붕괴 등에 의해 새로이 만들어져 흐름과 중력 등에 의해 하류로 이동이 가능한 토사의 양
7) 토사유출량(유사유출량) : 유역의 생산 토사가 흐름에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유사의 양
8) 허용 토사유출량 : 계획기준점으로부터 하류 하천 등에 대해 큰 재해문제를 유발하지 않으면서 필요한 토사의 양으로써 유송되어야 할 양
9) 초과 토사유출량 : 사방계획 등에서 토사처리계획의 대상이 되는 양으로 계획기준점별로 토사유출량에서 허용 토사유출량을 뺀 양

나. 적용범위

본 설계 요령은 하천 공사시 유역에서 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지하는 사방시설의 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2022, 환경부)
3) 댐 설계기준(KDS 54 00 00)(2018, 국토교통부)
4) 소하천 설계기준(2020, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 사방기술교본(2022, 산림청)
3) 사방사업의 설계・시공 세부기준(2019, 산림청)

마. 설계일반사항

1) 사방시설은 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지할 수 있고, 자체 붕괴로 인한 피해를 최소화하는 구조물이어야 한다.
2) 사방시설은 각종 수리, 수문량, 지형, 하도, 하천 생태와 주변 환경 등의 변화를 고려하여 계획여야 한다.
3) 사방시설은 계획 토사량을 억제하고 유수에 안전하며 자연 생태계 환경을 보호할 수 있는 구조로 한다.
4) 사방시설 계획 수립시에는 토사의 유출 형태, 보전 대상지역, 지형, 하상 경사, 초과 토사유출량과 입경, 하도의 황폐 상황, 사방시설의 토사포착 기능 등을 고려하여 유출억제 토사량을 각 사방시설에 합리적으로 배분한다.
5) 사방시설 설계는 주변 지형 및 하도와 안전하게 조화를 이루며, 발생 토사량을 효과적으로 저감할 수 있도록 설계한다.
6) 하상유지시설은 종단침식 방지를 통해 하상 안정, 하상 퇴적물 유출 방지, 그리고 공작물 기초 보호가 이루어지도록 설계한다.
7) 유로공은 하상유지시설과 호안을 동시에 설치한다.
8) 침사지는 필요에 따라 토석류 발생을 방지하는 공사와 병행하여야 한다.
9) 사방시설은 주변 환경과 조화를 이루고, 자연 환경을 보호할 수 있도록 최대한 고려해야 한다.

10.1.2 사전조사

사방시설 설계시 조사할 사항은 다음과 같다.

1) 대상유역 수문특성, 유사특성(생산토사량, 토사유출량) 및 하상변동조사
2) 대상 하천 및 인근 소하천과 계류의 급경사지・산사태 및 토사재해위험지구 현황

3) 과거의 재해 및 토사유출현황, 지형현황, 식생상황, 하도의 조절능력 등

4) 시설 계획 예정 지점의 지형 및 지질・지반 상황

5) 예상되는 모래・토석류・유송잡물 등의 저류 및 차단 효과의 크기

6) 이수 및 하천환경관리 계획

7) 기타 관련 계획

10.1.3 하천사방시설 계획 및 설계

가. 사방댐

1) 사방댐의 분류

가) 사용목적에 따른 분류 : 산기슭 고정댐, 종침식 방지댐, 하상 퇴적물 유출 방지댐, 토석류 대책댐, 토사 조절댐, 유목 및 부유물 방지댐 등이 있다.

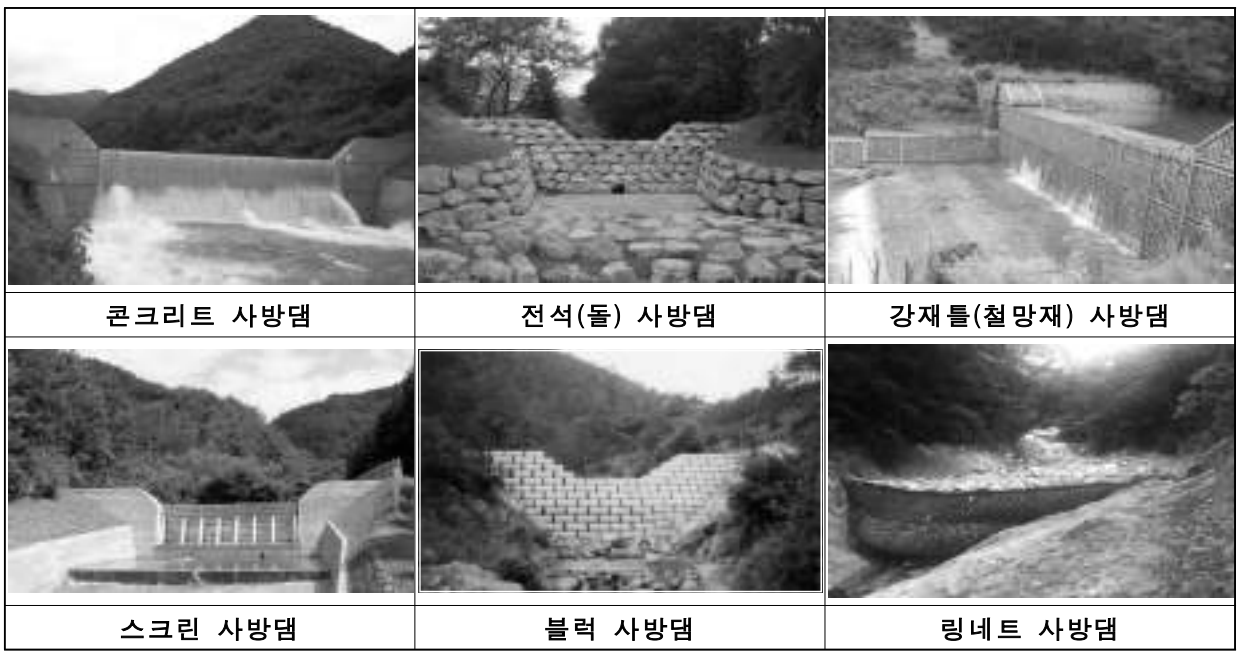
나) 유형에 따른 분류

(1) 중력식 사방댐(불투과형) : 토석차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(콘크리트 사방댐・전석사방댐・블록사방댐)

(2) 버팀식 사방댐(투과형) : 유목차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(버트레스・스크린・슬리트)

(3) 복합식 사방댐(일부투과형) : 토석・유목의 동시 차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(다기능 사방댐・빔크린 사방댐・콘크린 사방댐)

다) 사용하는 재료에 따른 분류 : 콘크리트, 전석(돌), 강재틀(철망재), 스크린, 블럭, 링네트 사방댐 등



(그림 10.1-1) **< 재료에 따른 사방댐의 종류 >**

라) 사방댐의 구조 및 각 부분의 명칭은 다음과 같다.



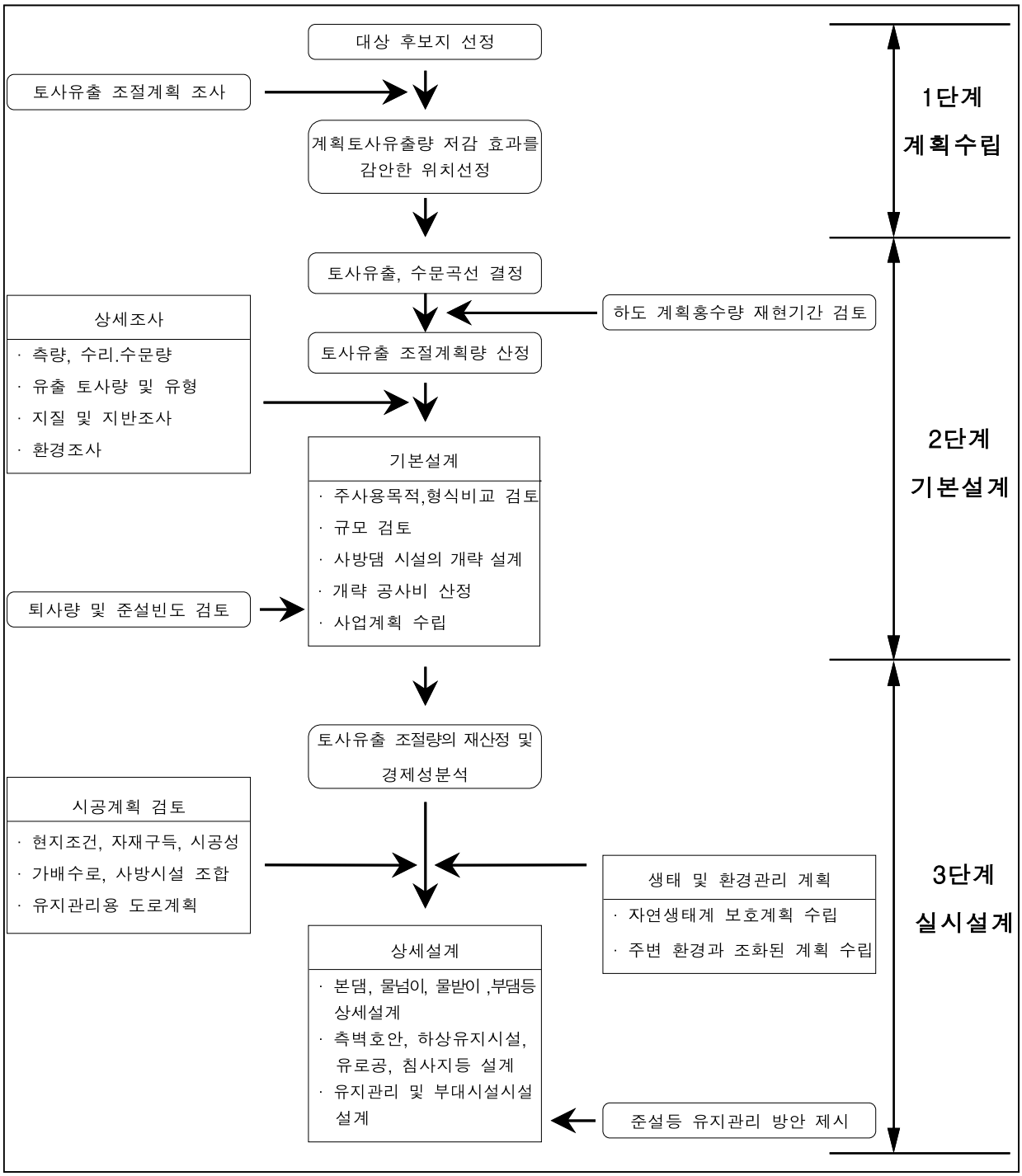
(그림 10.1-2) **〈 사방댐의 구조 및 명칭 〉**

2) 설계 절차

사방댐 계획을 위한 일반적인 절차는 다음과 같다.

대상지구 현황조사	대상 유역의 수문 및 유사특성, 급경사지, 산사태 및 토사재해위험지구 현황을 면밀히 조사
⇩	
지형 및 지질조사	대상지구 지형 및 지질조사를 통해 부지의 목적에 대한 적합성, 안전성, 경제성을 파악의 기초자료 제공
⇩	
토사유출 조절계획 수립	대상지역 사방기본계획 및 유사 조절계획 등을 검토하여 토사유출 조절계획량설정 (관련기관인 산림청, 지자체와 협의 후 시행)
⇩	
위치 선정	토사유출 계획조절량 확보가능성, 경제성, 안전성, 환경성 등을 종합검토 하여 선정
⇩	
규모 및 형식결정	계획규모는 사방기본계획 및 유사조절계획에 준하고, 형식은 사용목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성 등을 종합 고려하여 결정
⇩	
토사유출 계획조절 효과 분석	계획한 형식 및 규모로 토사유출 계획조절량이 확보되는지 검토
⇩	
부대시설 계획	사방댐 부대시설물 형식과 제원 결정
⇩	
유지관리 계획	향후 준설 등 유지관리계획 제시

(그림 10.1-3) **〈 사방댐 계획 절차 〉**



(그림 10.1-4) **< 사방댐 설계 흐름도 >**

가) 자연 친화성, 경제성 및 안전성의 각 요소를 고려하여 댐 형식의 선정에 필요한 개략계산을 한 후 댐 형식을 결정한다.

나) 설계 순서는 댐 형식 결정, 물넘이와 본체, 기초, 그리고 댐 마루 등의 순서로 설계한다. 물넘이는 댐 하류 하상 세굴을 방지하고, 댐 기초의 안정 및 양안 붕괴가 되지 않도록 충분히 고려하고, 낙하 월류수와 부유사의 충돌 및 양압력에 안전하여야 한다.

다) 댐 마루, 바닥보호 시설, 부댐, 물받이, 측벽 호안, 배수암거(물빼기구멍) 등의 부속물을 설계한

다. 바닥보호시설은 부댐 수직벽 하류의 하상 세굴을 방지할 수 있도록 설계한다. 또한 측벽 호안은 물넘이에서 떨어지는 유수에 의해 댐과 부댐, 수직벽 사이에서 발생할 수 있는 측방 침식을 방지할 수 있도록 설계한다.

3) 형식 결정

사방댐 형식은 댐 설치 위치의 지형, 지질을 파악하고 설치목적, 자연친화성, 경제성, 안전성 등의 각 요소를 고려하여 댐 형식을 결정한다.

가) 사방댐의 형식과 구조는 설치 목적(토석차단・유목차단・저수) 및 사용재료(콘크리트, 전석, 견치석, 철강재, 철망재, 블럭, 링네트 등)에 따라 결정한다.

나) 설치 목적에 따라 산기슭 고정댐, 종침식 방지댐, 하상 퇴적물 유출 방지댐, 토석류 대책댐, 토사 조절댐, 유목 및 부유물 방지댐 등으로 형식을 결정한다.

(1) 산기슭 고정댐은 산기슭의 하상을 상승시키고, 이를 고정해서 산중턱의 붕괴예방 및 확대방지를 도모하고 토사발생을 억제하는 것을 목적으로 한다.

(2) 종침식 방지댐은 하도의 종침식을 방지해서 토사발생을 억제하는 것을 목적으로 하며 종침식 구역의 하류에 계획한다. 높이는 그 퇴사구역에 종침식구역이 포함되도록 정한다.

(3) 하상퇴적물 유출방지댐은 하상에 퇴적된 불안정한 토사 유출을 방지하는 것을 목적으로 하며 하상퇴적물의 직하류에 설치하는데, 댐높이는 퇴사면내에 하상퇴적물이 포함되도록 정한다.

(4) 토석류 대책댐은 토석류를 억제하는 것을 목적으로 하며 토석류의 억제, 완화 등의 목적에 따라 위치 및 높이를 정한다. 그리고 토석류의 억제를 위해서는 계획 토석류의 30%가 퇴적될 수 있도록 댐의 규모를 정한다.

(5) 토사 조절댐은 토사를 퇴적시켜 유출 토사량을 조절하는 것을 목적으로 하며, 계획 조절량이 가장 효과적으로 확보되고 또한 조정기능이 유효하게 발휘되도록, 위치, 높이, 형상 및 수를 정한다.

(6) 유목 및 부유물 방지댐은 홍수소통이나 수공구조물에 걸쳐 피해를 일으킬 수 있는 유목이나 부유물의 제거를 목적으로 하며 유목 및 부유물 방지댐은 계획 유목과 부유물을 가장 잘 차단할 수 있도록 위치, 높이, 형상 등을 정한다.

다) 사용 재료형태에 따라 투과형, 일부투과형 및 불투과형으로 형식을 결정한다.

(1) 투과형 사방댐은 유목차단을 주목적으로 하고, 토사가 하류지역으로 이동할 수 있는 자유로운 형태로, 평상시에는 어류, 양서류 등이 상・하류의 소통이 원활히 이루어질 수 있도록 만든 구조로 버트레스・스크린・슬리트댐 등이 포함된다.

(2) 일부 투과형 사방댐은 토석・유목의 동시 차단을 주목적으로 하는 경우에 설치하고, 본체의 횡단 구조가 일부 개방되어 있는 형태로 산지 재해예방 기능을 유지하면서 평상시에 수생동물의 상・하류간의 이동이 약간 어려운 구조로 다기능 사방댐・빔크린 사방댐・콘크린 사방

댐 등이 포함된다.

(3) 불투과형 사방댐은 가장 일반적인 사방댐의 형태로 토석차단을 주목적으로 하는 경우에 설치하고, 본체의 횡단구조가 평상시에도 상류의 토사 및 수생동물의 상·하류간의 이동이 불가한 형태의 구조로 콘크리트 사방댐·전석 사방댐·블록 사방댐 등이 있다.

4) 위치와 높이

가) 사방댐의 위치

(1) 일반적으로 월류수에 의한 하류 비탈끝의 세굴 및 양안침식에 의한 파괴방지를 위하여 하상 및 양안에 암반이 있고 공사비의 절감을 위하여 상류부의 폭이 넓은 협착부 지점이 좋다.

(2) 하상에 암반이 없는 경우는 그 하상의 상황에 따라서 물받이, 또는 부댐을 계획하여 하류의 비탈끝을 보호하여야 한다. 이 경우, 침투수의 파이핑에 의한 물받이의 파괴, 부댐의 수직벽 직하류의 세굴 등을 충분히 고려하여 계획한다.

(3) 댐을 계획하는 경우, 일반적으로 지천의 합류점 부근에서는 양쪽 지류의 기초댐으로서의 역할을 할 수 있도록 합류점의 하류부에 댐 위치를 선정한다.

(4) 특수목적을 가지고 시설하는 경우에는 그 목적 달성에 가장 적합한 장소에 계획한다.

나) 계단식 댐군(群)의 위치선정

(1) 계단식 댐군에서는 한 댐의 계획퇴사선이 원래의 하상과 접하는 점을 상류댐의 계획위치로 한다.

(2) 종방향 침식 또는 횡방향 침식이 현저한 구역 또는 하안붕괴구역이 긴 경우에는 계단식의 댐군을 계획한다. 이 경우 댐의 퇴사선은 계획경사(현 하상경사의 1/2)를 사용한다. 종단도에 있어서 최하류 댐으로부터 시작하여 순차적으로 계획경사선을 그어 나가면 계획위치는 자연히 정해지나, 댐 지점으로서 적합성 및 기초근입 등을 고려할 필요가 있다.

다) 댐 높이

(1) 댐 높이는 계류의 사방기본계획으로부터 설정한다.

(2) 댐 높이는 지반 및 암반조사를 실시하여 결정하는데, 여기서 암반조사란 지질의 조건, 투수성, 지지력, 단층의 유무, 주향(走向, strike), 절리(節理, joint) 등을 조사하는 것을 말한다.

(3) 사방댐의 규모(길이·높이·폭)는 과거의 재해, 계획 대상지역의 중요도, 사업효과와 계류의 폭과 기울기, 집수구역의 넓이, 토석유출 예상량, 시공목적, 지반상황, 시공지점의 상태와 주변경관 등을 고려하여 결정한다.

5) 방향

가) 사방댐 : 사방댐은 물넘이 중심점에서 계획장소 하류의 유심선(流心線)에 직각 방향으로 설치한다.

나) 계단식 댐 : 계단식의 댐군에 있어서 각 댐의 방향은 각 댐의 물넘이부의 중심선(물넘이 마루의 하류단)에서 계획지점 하류의 유심선에 직각 방향으로 설치하며, 각 댐의 물넘이 중심점은 직상류댐의 물넘이 중심점에서 유심선상으로 정한다.

6) 퇴사량의 계산

가) 사방댐 설계시 기본 자료로 활용하기 위하여 생산토사량(토양유실량)과 토사유출량(유사유출량), 허용 토사유출량 및 초과 토사유출량을 조사한다.

나) 생산토사량(토양유실량) 조사는 주로 지표면에서 침식되어 유실되는 토사량 조사를 위주로 하며, 필요시 산지붕괴 조사를 수행한다.

(1) 조사는 강우, 토양, 유역의 지형, 지질, 식생, 토지 이용 방법 등의 특성을 이용하여 경험적으로나 수학적으로 실시할 수 있다.

(2) 유역의 토양유실량 추정 공식 중 비교적 널리 쓰이는 공식으로 1960년 미국에서 Wischmeier와 Smith가 개발한 범용토양유실공식(USLE)이 있다. 이 방법은 원래 배수면적 1ha 미만의 소규모 경작지의 토양유실량 추정을 위해 개발되었으나, 일반 산림지나 특히 개발사업으로 인한 가속화된 유실량 추정에도 확대 적용되고 있다.

범용토양유실공식(Revised Universal Soil Equation, RUSLE방법) 기본식은 다음과 같다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot VM$$

여기서, A : 강우침식인자 R의 해당기간 중 단위면적당 토양침식량(tonnes/ha)

R : 강우침식인자(10^7J /ha · ㎜/hr)

K : 토양침식인자(tonnes/ha/R)

LS : 지형(경사면길이, 경사도) 인자(무차원)

VM : 토양침식조절인자(무차원)

(3) 범용토양유실공식 또는 다른 모형으로 추정된 결과들이 매우 큰 차이가 나는 경우에는 모형의 적용 과정 등을 재검토하여 필요시 수정·보완한다.

다) 유역에서 유실된 토사가 하류 한 지점을 지나는 토사유출량은 생산토사량(토양유실량)에 적절한 유사 전달률을 곱하여 추정할 수 있다.

라) 계획 퇴사경사는 현 하상경사의 1/2로 한다. 단 하상경사가 급하고 토사유출의 입경이 크며 토사유출가 다량인 경우에는 2/3 ~ 3/4 정도를 적용하는 경우가 있다.

마) 사방댐의 계획퇴사량은 댐지점 상류의 횡단도에 의하여 산출한다.

바) 사방댐의 퇴사량 계산시 유역특성을 고려하여 토사와 토석을 포함하여 산정한다.

7) 구조

가) 물넘이

(1) 댐의 물넘이는 계획유량이 충분히 흐를 수 있는 단면을 가져야 하며, 댐상류와 하류의 지형, 지질, 하안 상태 및 유수의 방향 등을 고려해서 그 위치를 정한다. 계획유량의 규모는 중요도에 따라 다르게 설정하되, 통상 연초과확률 1/100 정도 또는 기왕 최대 중 큰 값으로 한다.

(2) 물넘이 폭은 현 하도 폭을 고려하여 정한다.

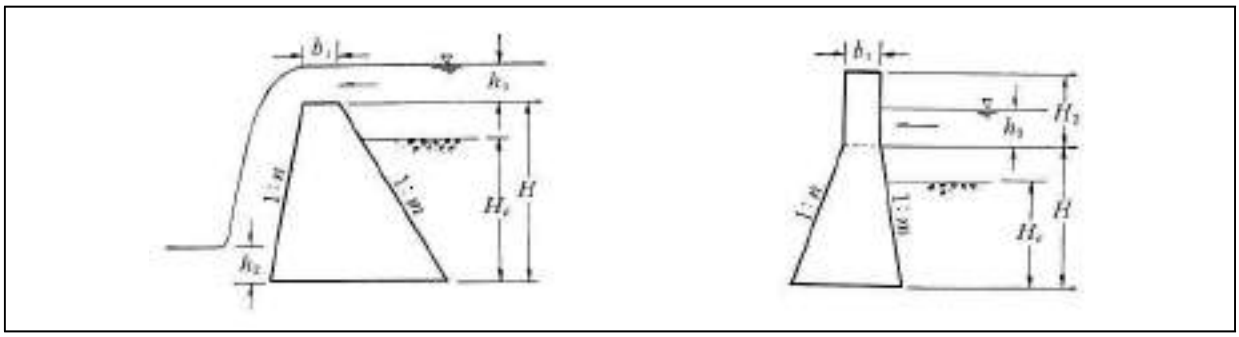
(3) 물넘이의 형상은 역사다리꼴을 기본으로 한다.

(4) 물넘이 양옆의 기울기는 1:1을 표준으로 하되, 현지 여건에 따라 그 이상 또는 그 이하로 하거나 안전시설물을 설치할 수 있다.

나) 댐 비탈경사

(1) 댐 몸체 하류면의 기울기는 원칙적으로 사방댐 단면에 의해 결정하되, 댐의 유효고 및 떠내려올 토석의 최대 크기, 저수되는 물의 깊이, 상류 측의 기울기 등을 고려하여 결정한다.

(2) 댐 몸체 하류면 비탈은 월류되는 자갈에 의한 손상을 피하도록 하여야 하는데, (그림 10.1-5)와 같이 하류면 비탈경사는 돌, 콘크리트댐에서는 1 : 0.2 ~ 0.6, 흙댐에서는 1 : 1.5 ~ 2.0 이상으로 완만하게 한다.



(그림 10.1-5) **< 물넘이 구조와 비탈경사(좌: 월류부, 우:비월류부) >**

(3) 댐 몸체 상류면의 기울기는 전석댐, 콘크리트사방댐의 경우 수직으로 하거나 1 : 0.1 ~ 0.2로 하되, 현지의 저사선(貯沙線, 모래나 토석류가 퇴적되어 이루어진 선) 등을 참고하여 토석이 많이 퇴적 되는 계류에서는 급하게, 세굴이 심한 계류에서는 완만하게 한다.

다) 기초 및 안정성

(1) 댐의 기초는 소요의 지지력과 전단 마찰 저항력을 가지며 침투수 등에 의해 파괴되지 않도록 하고, 필요에 따라 차수벽 등으로 보강한다.

(2) 산사태 지역 또는 연약지반 등에 부득이 댐을 계획할 경우는 지반의 지지력에 적합한 형식 또는 구조를 선정하여야 한다.

(3) 댐 시설재료는 사방댐의 설치 목적과 입지를 고려하여 선택하되, 전도・활동・내부응력 및 지

반지지력 등 외력에 대한 안정을 갖도록 설치한다.

(4) 파괴에 대한 안정조건(응력도)은 댐 몸체의 각 부분을 구성하는 재료의 허용 응력도를 초과하지 않아야 한다.

(5) 기초지반의 지지력에 대한 안정 조건은 사방댐 밑에 발생하는 최대응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

라) 댐 마루

(1) 댐 마루는 홍수를 월류 시키지 않게 하고 충분히 견고하여야 한다.

(2) 댐 마루에는 토석류 대책댐에서는 하상경사 정도, 기타의 댐에서는 상류의 계획퇴사 경사 또는 그 이상의 경사를 두며, 특히 굴곡부에 축조하는 사방댐 요안(凹岸)의 마루높이는 철안(凸岸)의 마루높이보다 높게 계획한다.

(3) 댐 마루는 계획홍수위에 여유고를 더한 안전한 높이 이상으로 해야 한다.

(4) 암반인 경우는 1~2m, 토사인 경우는 2~3m를 양안에 넣어야 한다. 특히 상류부의 댐으로 토석류 등의 큰 충격력이 예상되는 경우에는 댐 마루의 두께를 증가시키는 것을 검토하여야 한다.

마) 배수암거(물빼기구멍)

(1) 사방댐에서 배수 목적은 시공중의 유수전환, 퇴사후 침투수를 배제하여 수압 경감, 홍수량과 유사량 조절 등이다.

(2) 배수암거의 단면형상은 원형이나 정방형으로서 내경은 200～400㎜ 정도이다.

(3) 배수암거는 물넘이 높이로부터 2.5m 이상 아래에 설치한다. 수평으로 2개 이상 설치할 경우에는 횡축으로 2.0m 이상 떨어져 설치한다.

(4) 사방댐 관리을 위하여 댐몸체를 관통하는 배수암거(물빼기구멍)와 물을 제어하는 밸브를 설치할 수 있다. 다만, 저수기능이 필요한 사방댐에는 배수암거(물빼기구멍)를 설치하지 아니한다.

(5) 상류 보조댐을 설치하는 경우에 본댐의 배수암거(물빼기구멍)는 상류 보조댐의 기초보다 낮은 위치에 설치한다.

(6) 물방석에 고인 물을 제어하기 위한 시설을 설치할 수 있다.

바) 물받이

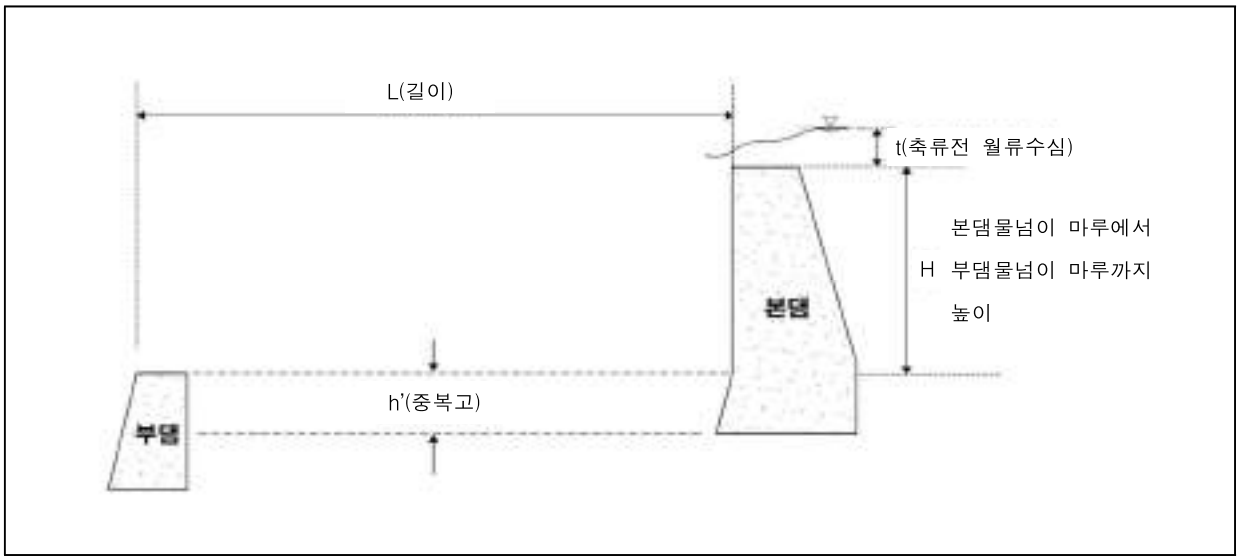
(1) 물받이는 본댐 하류면의 세굴을 방지하기 위하여 설치한다.

(2) 물받이 길이(L)는 다음 공식에 의하여 산출한다.((그림 10.1-6) 참조)

$$L=(1.5\sim2.0)(H+t)-nH$$

여기서 H는 본댐 물넘이 마루에서 부댐 물넘이 마루까지 높이(m),

t는 축류전 월류수심, n은 댐하류면 비탈경사(1.5~2.0)이다.



(그림 10.1-6) **< 물받이 길이 >**

(3) 물받이 두께는 보통 0.5~1.5 m로서 댐 높이가 5m일 때는 0.5~1.0m, 10m일 때는 1.5m로 한다.

(4) 방수로에 넘어 떨어진 물과 토석·유목의 충격으로 계류 바닥이 손상되지 않도록 하기 위하여 댐 몸체 하류면에 접속하여 적정 두께의 물받이를 설치한다.

(5) 사방댐의 상류에서 큰 토석이 떠내려 올 것으로 예상되는 경우에는 물방석이나 보조댐도 함께 설치한다.

(6) 물받이는 댐 본체·측벽과 분리되도록 설치하며, 물받이의 길이는 유효고의 1.5~3배를 기준으로 한다.

(7) 물받이는 바닥이 암석일 경우 설치하지 아니할 수 있다.

사) 끝 돌림

(1) 댐 몸체 하류면의 하단에 있는 흙이 파이지 않도록 하기 위하여 설치한다.

(2) 물받이 끝돌림의 밑넣기 깊이는 1m 이상으로 하되, 가급적 암반까지 깊게 파야 한다.

아) 측벽

(1) 물받이 부분의 양쪽 기슭이 침식될 우려가 있거나, 물받이 부분에서 물 흐름을 바로 잡을 필요가 있을 경우에 측벽(옹벽구조물, 호안)을 설치한다.

(2) 측벽의 높이는 방수로의 위치·높이, 물이 흐르는 방향 등을 고려하여 홍수량을 안전하게 유출시킬 수 있도록 방수로 깊이와 같은 높이 또는 그 이상으로 하여야 한다.

(3) 측벽의 마루 높이는 원칙적으로 보조댐의 어께 높이와 같게 한다.

(4) 양쪽 기슭이 암반으로 형성되어 있어서 피해발생 우려가 없을 경우에는 측벽을 설치하지 아니할 수 있다.

자) 부댐 및 보조댐

(1) 본댐과 부댐은 종단적으로 중복되어야 하며, 중복높이는 본댐 높이의 1/3~1/4 정도를 표준으로 한다.

(2) 계류의 특성에 따라 사방댐의 상류 또는 인근의 소계류에 본댐의 기능을 보조할 수 있는 소형 사방댐을 추가로 설치할 수 있다.

(3) 임도를 횡단하는 계류의 상단부 50m 내외의 지점에는 토석과 유목을 동시에 차단하는 사방댐을 소형으로 설치할 수 있다. 다만, 현지 여건상 부득이한 경우에는 그러지 아니한다.

8) 마루폭(마루두께)

가) 사방댐의 마루폭은 토사유출 등의 충격에 견디고, 또 물넘이부에서는 통과사력의 마모 등에도 견딜 수 있는 폭으로 할 필요가 있다. 이를 위해서 중력식 콘크리트댐의 마루폭은 일반적으로 (표10.1-1)을 이용하고 있다. 그러나 아치식 콘크리트댐에서는 구조상으로 필요하게 되는 제정부의 두께에서 마루폭을 정하는 경우도 있다.

〈 사방댐의 마루폭 〉

(표 10.1-1)

마루폭(m)	1.5～2.5	3.0～4.0
하상구성재료	모래 섞인 자갈～옥석섞인 자갈	옥석～전석
토사유출형태	토사유출량이 비교적 적은 지구 ～ 상시토사유출의 유출이 많은 지구	소규모 토석류 발생지구 ～ 대규모 토석류 상습지구

나) 중력식 사방댐의 마루폭은 유속, 떠내려 올 토석의 최대크기, 월류하는 물의 깊이, 상류 쪽의 기울기 등을 고려하여 결정하여야 하며, 대체로 다음 두께를 표준으로 한다.

(1) 떠내려 올 토석의 크기가 작은 계류에서 0.8m 이상

(2) 일반 계류에서는 1.5m 이상

(3) 홍수로 큰 토석이 떠내려 올 위험성이 있는 곳에서는 2.0m 이상

(4) 상류에서 산사태가 발생할 경우 토석이 대량 떠내려 올 위험성이 있거나, 산사태로 측압을 받게 될 위험성이 있는 곳에서는 2.0～3.0m 내외

9) 단면계산

가) 사방댐의 단면계산은 'KDS 54 00 00 댐 설계기준'과 동일한 방법으로 한다.

나) 사방댐에 작용하는 외력에는 수압, 퇴사압, 양압력 등이 있으나 댐의 형식, 목적별 분류 등에 따라 각각 취하여야 할 값이 다르므로, 그 댐의 설계조건에 따라 외력을 선택할 필요가 있다.

다) 중력식댐의 안정은 일반댐과 같이 전도, 활동 및 지반의 지지력에 대하여 검토하며, 안정조건을 만족시켜야 한다. 아치(arch)댐의 하도시공 단면은 수직의 U자형이 좋고 시공장소는 양안 및 하상 모두 양질의 견고한 암반이어야 한다. 특히, 댐 상부의 암반 상황은 경시되기 쉬우므로 충분한 조사가 필요하다.

라) 필댐의 안정은 일반 필댐의 안정검토 방법에 따라 검토한다.

나. 호안

1) 위치

호안 위치는 사방시설이 설치될 하도에서 수류 또는 유로의 만곡에 의해 수충부 또는 오목부(요부, 凹部) 하안 산중턱의 붕괴 증대 또는 붕괴의 위험이 있는 경우에 호안을 계획한다.

2) 종류 선택

호안 종류는 돌쌓기 호안, 콘크리트 호안, 또는 콘크리트블록 호안을 계획하되 유실에 안전한 호안을 채택한다.

3) 호안머리 높이

호안머리 높이는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이로 하는데, 특히 급경사 계류의 경우는 충분한 여유고를 둔다.

4) 하상 및 마루경사

가) 하상경사는 호안의 둑마루, 기초의 종단경사 및 기초 깊이를 결정하는 중대한 요소이므로 본 기준 '제2편 치수시설 제4장 하상유지시설' 의 하상경사에 준한다. 마루경사는 하상경사, 지형, 지질, 그리고 대상 유량을 고려하여 설정한다.

나) 호안 법선은 하상경사, 흐름 방향, 홍수기 흐름 양상을 고려하여 정한다.

다) 호안의 상하류단은 원칙적으로 견고한 지반에 설치한다.

라) 호안의 기초 깊이(근입 깊이)는 홍수시 일어날 것으로 판단되는 하상 세굴, 기존 세굴 양상을 고려하여 정한다.

다. 하상유지시설

1) 일반사항

가) 사방시설에서 하상유지시설의 계획에 관한 일반사항은 '제2편 치수시설 제4장 하상유지시설' 에 준한다.

나) 하상유지시설(또는 바닥보호공)은 종단침식 방지를 통한 하상 안정, 하상퇴적물 유출 방지, 산기슭 고정, 그리고 호안 등의 공작물 기초 보호가 가능하도록 설계하고, 또한 안전성 및 장래의 유지관리 등을 고려한다.

2) 위 치

하상유지시설의 위치는 하상 저하의 위험, 합류점, 공작물 하류, 하안 붕괴 등을 고려하여 설정한다.

3) 방향

하상유지시설의 방향은 하류부의 흐름에 최대한 직각에 가깝게 설치한다.

4) 높이

낙차공의 높이는 5m 미만으로 하고 물받이 및 수직벽을 설치하는 경우도 총 낙차를 3.5~4.5m까지 한도로 한다. 대공은 단독 낙차공의 상류 및 계단식 낙차공의 간격이 크고 동시에 종방향침식이 일어나거나, 그와 같은 위험성이 있을 경우에 계획한다.

5) 하상경사

하도의 하상경사는 유량, 유속, 수심과 하상의 저항력 등을 고려하여 결정한다.

라. 유로공(계류보전공)

1) 계획조건

가) 하상유지시설과 호안을 동시에 설치하며, 유로공 계획구역의 상류에는 사방댐 또는 하상유지시설을 설치한다.

나) 유로공 계획에 고려하는 유량은 토사함유율이 감소된 홍수류를 대상으로 한다.

다) 횡단구조물은 적게 설정하며, 구조물의 바닥높이는 계획홍수위에 대한 여유고에 0.5m를 더한 높이로 한다.

라) 경사변화가 있는 경우는 그 절점(折點)에 하상보호공을 계획하고 띠공(帶工)에 의해서 경사 변화가 없도록 한다.

2) 설계 순서

가) 유로공 설계시 하도 상류부의 황폐상황(침식, 산사태, 토석류 등의 발생 여부)을 검토하여야 한다.

나) 상류부가 황폐되어 있는 경우에는 아래와 같이 실시한다.

(1) 사방공사 미시공 : 유로공의 착수에는 시기가 빠르다.

(2) 사방공사 시공중 : 상류의 사방시설에서 계획토사유출에 대해서 50% 이상 저감(토사생산억제, 토사유출억제, 조절량 포함)이 완료된 후에 유로공을 실시한다.

(3) 사방공사 완료 : 유로공의 시행이 가능한 단계이다.

다) 상류부 황폐가 비교적 적은 경우: 하류부의 굴곡 및 난류가 심하고 침식이 현저한 경우는 유로공의 계획을 필요로 하는 경우가 많으나, 이 경우에는 앞으로의 황폐에 대비하기 위하여 상류의 사방공사가 계획토사유출량에 대하여 50% 이상 저감이 완료된 후에 유로공을 계획한다.

3) 법선

가) 유로공의 법선은 가능한 한 매끄럽게 설계하도록 하며 심한 만곡(灣曲)을 피한다.

나) 토지이용상 곡선부를 설치하는 경우에는 곡선반경과 계획하폭의 비를 10~20 이상, 만곡도를 60° 이상으로 한다. 어떤 경우에도 곡선반경과 계획하폭의 비를 5 이상으로 한다.

4) 하상경사

가) 유로공에 의하여 하상경사를 변화시키는 경우에는 상류로부터 하류부로 향하여 점차 완경사로 계획한다.

나) 경사 변화 지점에서는 해당 지점 상·하류의 소류력이 50% 이상 변화하지 않도록 경사를 결정한다.

5) 구조

구조는 곡류부, 댐과의 접속, 이행부, 굴착방식, 중복 높이 등을 고려하여야 한다.

6) 유로공의 종단형

종단형은 하상경사, 종단경사, 계획 하상고, 그리고 지류 종단경사를 검토하여 설정한다.

7) 유로공의 계획단면

계획단면은 복단면으로 하나, 유지가 어려우면 단단면으로 한다.

8) 유로공의 호안

호안은 기본적으로 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안' 에 준하여 설계한다.

9) 유로공의 바닥보호공

가) 유로공의 바닥보호공은 '제2편 하천치수시설 제4장 하천하상유지시설' 에 준해서 설계한다.

나) 안정된 계획하상을 유지하기 위해 유로공의 계획단면, 종단형을 검토하여 바닥보호공의 위치를 선정한다.

다) 유로공의 계획하상고와 유로공 상·하류단에서 하상고를 안정화하기 위해 낙차공으로 바닥보호공을 설치한다.

마. 침사지

1) 설계일반

가) 침사지는 토석류 발생을 방지할 수 있는 사방공사 등을 시행한 후 침사지를 계획한다.

나) 침사지의 계획퇴사량은 필요에 따라 제거 또는 준설하여 퇴사 기능을 유지할 수 있도록 한다.

다) 침사지는 그 기능에 따라 간이침사지, 임시침사지, 영구침사지 등으로 구분할 수 있다. 간이침사지는 현장에서 임시로 축조한 침사지로서, 둑 높이 1.5m 이하의 소규모로 하루 이내의 침사 목적으로 사용한다. 임시침사지는 공사 전 기간 동안 사용할 목적으로 만든 것으로, 일반적으

로 개발계획 단계에서 명시하며 간이침사지 보다 높은 설계기준을 요한다. 영구침사지는 공사기간 중에는 침사지 역할을, 공사 후에는 경관, 위락, 저류, 지하수 함양 등의 기능을 한다.

라) 침사지의 위치는 개발 지역의 직하류에 위치, 공사용 장비 이동에 장애가 없는 위치, 준설 활동이 용이한 위치 등을 고려하여 계획한다.

마) 침사지는 완전 저류와 흐름 저류 등 두 가지 개념으로 구분할 수 있으며, 완전저류는 소규모 배수 구역에 적합하고, 흐름저류는 큰 재현기간 호우를 대상으로 하며 비교적 큰 배수 구역에 적합하다.

2) 설계순서

가) 침사지의 설계 순서는 필요성, 설계 개념, 위치와 형태, 배수구역 특성, 둑 높이, 기타 부속시설을 고려하여 결정한다.

나) 침사지의 설계 순서는 다음과 같다.

(1) 필요성 확인

(2) 설계개념 선정

(3) 침사지 형태 선정

(4) 침사지 위치 선정

(5) 배수구역의 특성 파악

(6) 퇴적유사량(부피) 결정

(7) 침사지 둑의 높이 결정

(8) 주여수로 크기 결정

(9) 비상여수로 폭의 결정

(10) 둑과 여수로의 보호 장치 결정

3) 침사지 설계

가) 개요

침사지는 산지 혹은 개발지역에서 침식되어 유송되는 토사를 자연 또는 강제로 침전·퇴적시킬 목적으로 만든 저류시설물이다. 강우에 의한 토사 유출로 하천의 토사퇴적이 발생하므로 이에 따른 일시적 주변하천 수질 및 수중생태계에 경미한 영향을 미칠 우려가 있는 지역에 대해서 침사지 설치가 필요하다. 즉, 개발중 홍수 및 토사 유출량이 크게 증가하는 지역에는 침사지겸 저류지를 설치함으로써 증가되는 홍수 및 토사유출량을 저감할 수 있도록 계획을 수립한다.

나) 침사지 겸 저류지의 구성 요소

수많은 형상의 침사지 겸 저류지가 가능하지만 대부분의 침사지 겸 저류지는 유입조절부, 침전부, 퇴사저류부, 유출조절부의 기본적인 4가지로 구성되며, 모식도는 다음 (그림 10.1-7)과 같다.

(1) 유입조절부(Inlet control zone)

유입조절부의 목적은 유입되는 흐름을 가로막거나 차집하여 침사지 겸 저류지내의 측방향으로 분포시키는 것으로, 단기순환(short circuiting)을 최소화하여 침전부를 충분히 활용하는데 그 목적이 있다. 수중소단 또는 웨어, 배플, 또는 실트휀스 등의 특수한 시설물에 의해서 측방흐름 분포가 가능하게 된다.

(2) 침전부

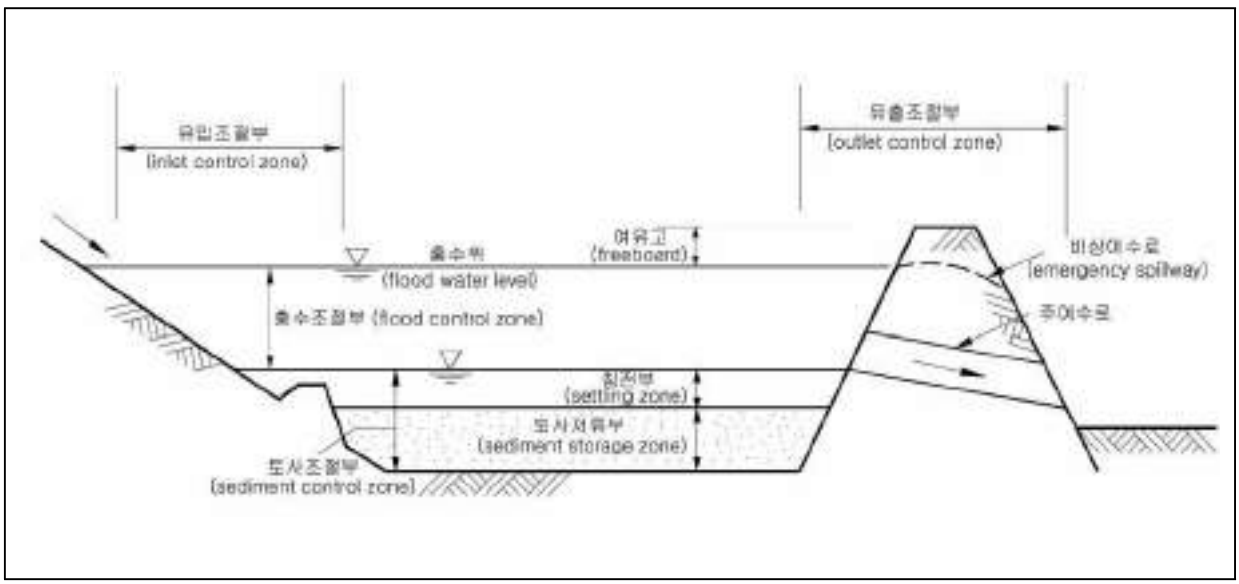
침사지 요소중에서 수심이 낮고 상대적으로 흐름특성이 상류(常流)영역에 해당하는 침전부에서 입자의 침전이 이루어지며, 침전효율을 높이기 위해 일반적으로 침전부는 좁고 긴 수로의 형태를 유지하면서, 좁은 양단의 입·출구를 가지도록 한다. 이때, 침전부의 계획면적은 설계유량, 퇴적대상 토사 입경과 함께 침사지 설계시 포착효율을 결정짓는 인자가 된다.

(3) 퇴사저류부(Sediment storage zone)

퇴사저류부는 침전부의 아래에 위치하며 침전된 토사들을 저장하고 있는 기능을 한다. 저류부의 크기는 유입토사량과 침사지의 포착효율, 준설주기 등에 따라 결정된다.

(4) 유출조절부(Outlet control zone)

침사지 수위 및 유출량을 조절하는 역할을 한다. 여기에는 관수로, 위어, 침투조 등 각종 유출시설물이 위치한다. 이러한 시설물 등은 침사지 내 유속을 조절하여 침전된 유사가 재 부유되지 않도록 한다. 또한 여기에는 비상여수로가 설치되어 이상 호우시 안전하게 홍수량을 배제할 수 있도록 한다.



(그림 10.1-7) **< 침사지 예시도 >**

다) 침사지 겸 저류지의 규모결정

침사지 겸 저류지의 적정규모는 저류지 홍수추적을 통해 목표 홍수저감량을 저감 가능한가를 검토하여 결정한다. 저류지 홍수추적은 기지의 수문곡선으로부터 저류지의 저류량에 의하여 임의의 시간을 통과하는 동안에 하류지점의 유출수문곡선을 결정하는 과정이다.

저류지의 홍수추적시 고려해야할 제한 조건은 다음과 같다.

- 방류시 목표 홍수저감량을 저감할 수 있는 규모로 결정 할 것
- 침사지와 겸용이 되도록 상류의 토사유입량을 고려할 것

임시저류지의 방류형태는 지형적인 여건 및 시설물의 유지관리, 구조적인 안정성 등을 감안하여 단면 결정해야 하며, 설계수문곡선을 사용하며, Puls 방법과 수정 Puls 방법에 의한 저류지 홍수추적, 웨어공식, 오리피스 공식과 관수로 공식에 의하여 수위별 방류량을 결정하여야 한다.

침사지 겸 저류지의 규모와 방류시설의 규모는 반비례 관계를 가지며, 홍수조절겸용인 침사지 겸 저류지의 용량 결정시에는 침사지 겸 저류지의 용량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간(critical duration)을 적용하여야 하므로 시행착오법으로 최적 조합을 채택하여야 한다.

라) 홍수조절부 용량 결정 방법

홍수조절부의 용량은 토사조절부의 수면적을 가정하고 이에 따른 토사조절부의 높이를 결정한 다음, 침사지의 나머지 공간을 활용한 저수지추적을 통하여 결정하게 된다.

이와 같은 저수지 추적은 저수지로 들어오는 유입수문곡선을 저수지에서 나가는 유출수문곡선으로 전환하는 절차이며, 구체적인 추적방법은 연속방정식에 변형한 다음과 같은 방정식을 이용하는 수정 Puls 방법을 이용하여 수행하게 된다.

$$I - O = \frac{ds}{dt}, \frac{I_1 + I_2}{2}\triangle t - \frac{O_1 + O_2}{2}\triangle t = S_2 - S_1$$

여기서 I_1 : 시간 △t의 시점에 있어서 유입량(㎥/sec)

I_2 : 시간 △t의 종점에 있어서 유입량(㎥/sec)

O_1 : 시간 △t의 시점에 있어서 방류량(㎥/sec)

O_2 : 시간 △t의 종점에 있어서 방류량(㎥/sec)

S_1 : 시간 △t의 시점에 있어서 저류량(㎥/sec)

S_2 : 시간 △t의 종점에 있어서 저류량(㎥/sec)

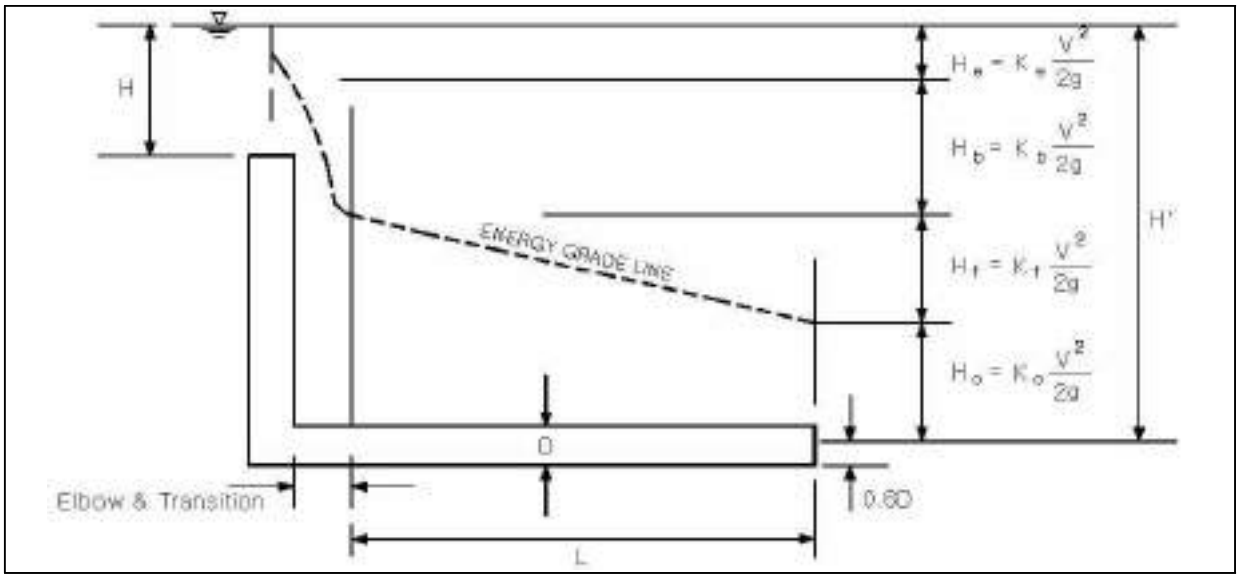
△t : 홍수추적시간

저수지 추적에는 수위-면적-저류량 관계곡선 및 수위-방류량 관계곡선 등의 자료가 필요하며, 실제 저수지추적에서는 저류량-방류량 관계곡선 형태로 사용된다.

수위-면적-저류량 관계곡선은 가정한 토사조절부의 소요수면적(폭 및 길이 결정 포함)과 사면

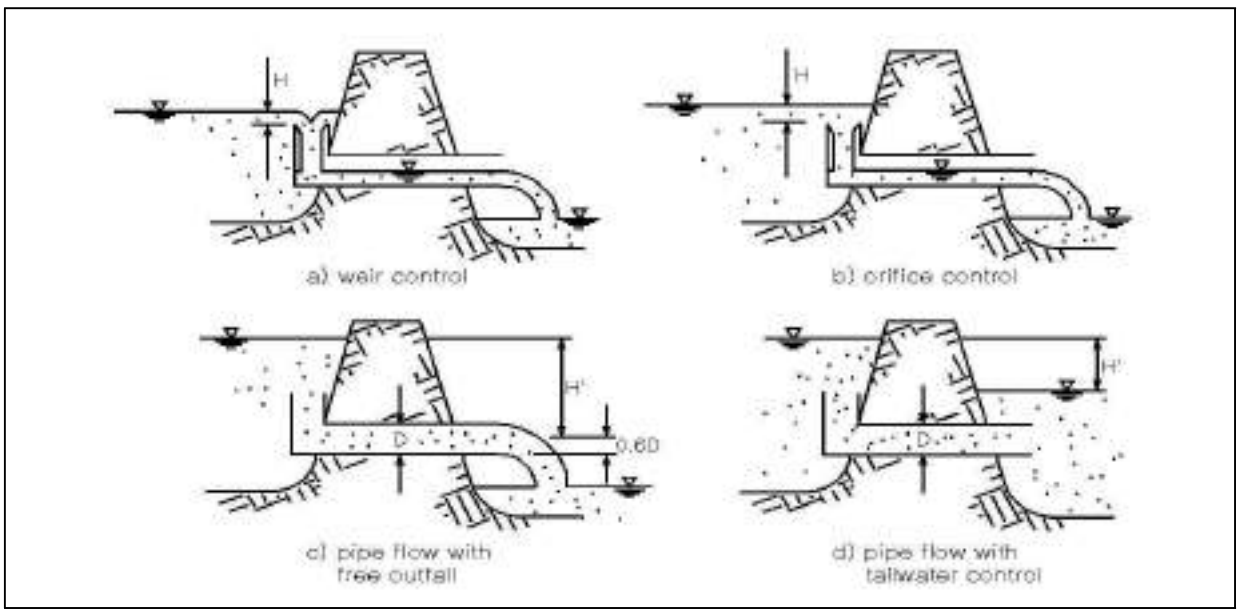
경사를 적용하고 평균단면적법으로 작성한다. 수위-방류량 관계곡선은 연직관, 오리피스 등과 같은 설치하는 방류시설의 종류에 따라 작성하는 방법이 달라진다.

방류시설로 많이 사용되는 연직관의 경우 상단을 가정한 토사조절부 상단에 위치시키게 되며, 연직관의 에너지 손실을 나타내면 다음 (그림 10.1-8)과 같다.



(그림 10.1-8) **< 연직관 에너지 손실 >**

또한 연직관의 흐름조건은 (그림 10.1-9)과 같이 웨어흐름, 오리피스 흐름, 관수로흐름(자유낙하), 관수로흐름(하류통제) 등으로 구분된다.



(그림 10.1-9) **< 연직관의 흐름조건 분류 >**

따라서 연직관의 수위-방류량 관계곡선은 다음과 같은 웨어공식, 오리피스공식, 관수로공식 등을 이용하여 다음과 같이 작성한 후 결정하게 된다.

$$Q = C_w L_w H^{3/2} \quad : \text{웨어 공식} \qquad (6.4)$$

$$Q = C_o A_o \sqrt{2gH} \quad : \text{오리피스 공식} \qquad (6.5)$$

$$Q = \frac{A_p \sqrt{2gH'}}{\sqrt{K_e + K_b + K_f + K_o}} \quad : \text{관수로 공식} \qquad (6.6)$$

여기서, Q : 방류량(m^3/s)

C_w : 웨어 유량계수(1.7)

L_w : 웨어길이로 연직관로의 윤변(m)

H : 저수지수위에서 연직관 상단까지 깊이로 웨어 또는 오리피스 흐름의 수두(m)

C_o : 오리피스 유량계수(0.6)

A_o : 오리피스 단면적으로 연직관로의 단면적(㎡)

g : 중력가속도(9.8 m/s^2)

H' : 저수지수위에서 수평관로의 유출부 중심선(0.6D)까지의 수두(m)
하류통제의 경우 하류부 수위까지의 수두(m)

A_p : 관수로 단면적으로 수평관로의 단면적(㎡)을 적용

K_e : 입구부 손실계수(0.5)

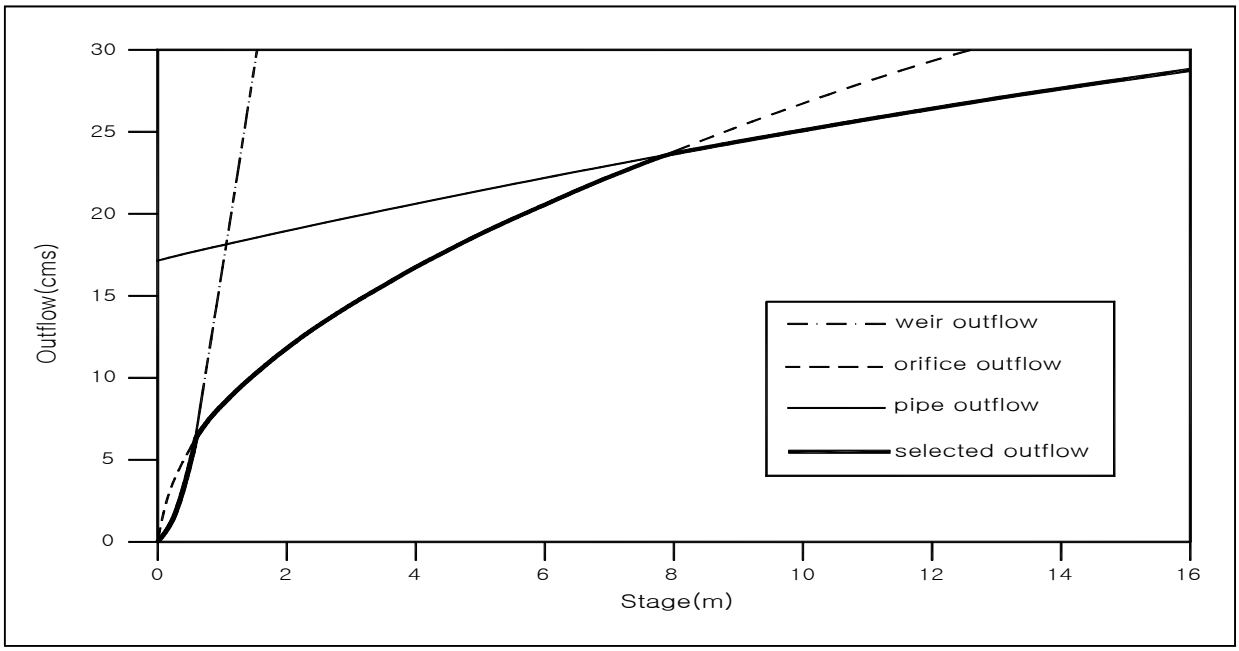
K_b : 만곡부 손실계수(콘크리트관 0.15, 주름관 0.5)

K_f : 마찰 손실계수(원형관의 경우 $124.5n^2L/D^{4/3}$, 사각형관의 경우 $19.6n^2L/R^{4/3}$로 산정)
n은 Manning 조도계수, D는 수평관로의 직경(m)
L은 수평관로의 길이(m), R은 경심(m)

K_o : 출구부 손실계수(1.0)

침사지 규모와 방류시설 규모는 반비례 관계를 가지며, 홍수조절 겸용 침사지의 용량 결정시에는 침사지의 용량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간을 적용하여야 하므로 시행착오법으로 최적 조합을 채택하게 된다.

추가적으로 방류구로부터 방류되는 부분에는 세굴의 발생이 예상되므로 감세공 또는 세굴방지공을 설치하여 세굴을 방지하도록 하여야 한다. 또한, 침사지에 퇴적된 토사의 용이한 제거를 위해서는 저류된 물이 없도록 침사지를 관리하는 것이 필요하며 따라서 방류시설의 턱 높이 이하에 저류된 물은 침사지 바닥에 배수관 등을 설치하여 배수시켜야 한다.



(그림 10.1-10) **< 연직관의 수위-방류량 관계곡선 >**

4) 퇴적유사량 산정

퇴적(침전) 유사량은 유역의 토양손실량, 유사전달률, 침사지 포착률 및 침사지 내 퇴적토 단위중량을 감안하여 결정한다.

5) 침사지 둑과 여수로

가) 침사지의 둑 높이는 침사지 및 여수로 형태에 따라 결정한다.

나) 주여수로는 침사지의 저류공간에 저류된 홍수량을 천천히 배수시켜 홍수조절 및 침전효과를 도모할 수 있어야 한다. 비상여수로는 설계강우 이상의 호우에 대비한 것으로 보통 침사지의 양옆에 설치한다.

10.2 수량 산출 요령

10.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	하천사방시설				
1.1	토공사				
1.1.1	표토제거	답구간(t=0.2m)	㎡		
		답외구간(t=0.2m)	㎡		
1.1.2	벌 목	흉고직경(10㎝~50㎝)	본		
1.1.3	벌개제근		㎡		
1.1.4	작업도개설		식		
1.1.5	터 파 기				
1)	터파기(육상 0~2m)	(인력)	㎥		
2)	터파기(육상 0~2m)	(인력10%+기계90%)	㎥		
1.1.6	되메우기				
1)	되메우기	(인력)	㎥		
2)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		
1.1.7	면고르기				
1)	성토면고르기	인력	㎡		
2)	절토면고르기	토사	㎡		
		리핑암	㎡		
		발파암	㎡		
1.1.8	비탈면보호공				
1)	줄 떼		㎡		
2)	평 떼		㎡		
1.1.9	씨앗뿜어뿌리기 (Seed Spray)	성토면	㎡		
1.1.10	거적덮기		㎡		
1.1.11	식생매트		㎡		
1.1.12	흙 운 반		㎥		
1)	불도저운반		㎥		
2)	덤프운반		㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.1.13	순성토		㎥		
1.1.14	흙쌓기	다짐도 90%	㎥		
		다짐도 95%	㎥		
		비다짐	㎥		
1.1.15	사 토		㎥		
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.2	콘크리트 펌프카				
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50㎥/일 미만	㎥		
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 50~100㎥/일	㎥		
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15,철근 100㎥/일 이상	㎥		
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0~7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0~7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0~7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0~7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0~7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,2회)	0~7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,3회)	0~7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,4회)	0~7m	㎡		
⑨	합판거푸집(폼타이,6회)	0~7m	㎡		
2)	무늬거푸집	0~7m	㎡		
3)	유로폼	0~7m	㎡		
1.2.4	강관비계(3개월)		㎡		
1.2.5	강관동바리(3개월)		공/㎥		

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.2.6	철 근				
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
5)	철근 조립	(간단)	ton		
6)	철근 조립	(보통)	ton		
7)	철근 조립	(복잡)	ton		
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.2.7	잡철물제작설치	(간단)	ton		
1.2.8	스페이서 설치				
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.2.9	모르타르				
1)	모르타르(1:2)		㎥		
2)	모르타르(1:3)		㎥		
3)	모르타르(1:4)		㎥		
1.2.10	잡석부설		㎥		
1.2.12	시공이음		m		
1.2.13	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
1.2.14	수팽창지수재 설치		m		
1.2.15	신축이음		m		
1.2.16	다웰바	D25	개		
1.2.17	스티로폼	T = 20mm	㎡		
1.2.18	충진제	씰링(20mm x 25mm)	m		
1.2.19	배수밸브설치		개		
1.2.20	생태통로	파형강관	m		
1.2.21	P.V.C PIPE		m		
1.2.22	휀스설치	H = 1.2m	m		
1.2.23	사방댐 자재				
1)	콘크리트		㎥		
2)	전석(돌)		㎥		
3)	강재틀(철망재)		ton, ea		
4)	스크린(버트레스/슬릿댐)		ton, ea		
5)	블 럭		㎡		
6)	링네트		㎡, ea		

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.3	호안공사				
1.3.1	돌망태				
1)	이불형 돌망태설치	H=40㎝	㎡		
2)	타원형 돌망태설치	H=45㎝	㎡		
3)	매트리스형 돌망태설치	H=30㎝	㎡		
4)	매트리스형 돌망태설치	H=50㎝	㎡		
5)	옹벽형 돌망태설치	H=5m 이하	㎥		
6)	주머니형 돌망태설치	2ton	㎥		
1.3.2	돌붙임				
1)	돌붙임	찰붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎡		
2)	돌붙임	메붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎡		
1.3.3	돌쌓기				
1)	돌쌓기(석축)	찰쌓기	㎡		
2)	돌쌓기(석축)	메쌓기	㎡		
3)	밑돌 및 천단 돌쌓기		m		
4)	큰돌쌓기	찰쌓기	㎡		
5)	큰돌쌓기	메쌓기	㎡		
6)	큰돌붙이기	메붙이기	㎡		
7)	큰돌붙이기	찰붙이기	㎡		
8)	막돌쌓기	막돌	㎡		
1.3.4	자연석(전석및발파석)쌓기		㎡		
1.3.5	식생토낭		㎡		
1.3.6	사석부설	30㎏ 이상	㎥		
1.3.7	사석고르기		㎡		
1.3.8	호안블록				
1)	장방형블록 설치	400×250×120㎜	㎡		
2)	조립형환경블록설치	소형(400×400×100~250)	㎡		
3)	조립형환경블록설치	대형(100×100×100~300)	㎡		
4)	결속형환경블록설치	대형(100×100×100~300)	㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.3.9	토목섬유				
1)	필터매트 부설	하천호안용 350g/㎡	㎡		
2)	필터매트 부설	하천호안용 500g/㎡	㎡		
3)	토목용 섬유부설	5~40 ton/m	㎡		
1.3.10	천단잡석 부설	인력	㎥		
1.3.11	호안천단		m		
1.3.12	호안기초		m		
1.4	부대공사				
1.4.1	가도설치				
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.4.2	가물막이		㎥		
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.4.3	누구막이				
1)	돌누구막이		개소		
2)	떼누구막이		개소		
3)	골막이		개소		
1.4.3	산복수로공				
1)	돌수로공		m		
2)	떼수로공		개소		
3)	속도랑공		m		
1.4.4	물푸기		h		
1.4.5	운반공				
1)	인력 운반		㎥		
2)	모노레일 운반		개소		
3)	덤프트럭 운반		ton		
4)	중기 운반		식		
5)	철근 운반		ton		
6)	시멘트 운반		40kg/대		
7)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
8)	골재 운반		㎥		
1.4.6	가설사무실 설치		식		

10.2.2 수량 산출방법

가. 일반사항

1) 제방 계획에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제1장 하천제방' 에 준한다.

2) 호안 계획에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안' 에 준한다.

3) 하상유지시설에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제4장 하천 하상유지시설' 에 준한다.

4) 기타 구조물에 관한 수량 산출 내역은 '제3편 하천이수시설 제1장 하천 보' , 제7편 하천공통설계 제3장 하천구조설계' 에 준한다.

나. 토공사

1) 벌목(본)

가) 제거 대상목 흉고 직경을 아래 규격별로 구분하여 산출한다.

10㎝ 이하, 12～14㎝, 16～18㎝, 20～22㎝, 24～26㎝, 28～30㎝, 32～34㎝, 36～38㎝, 40～42㎝, 44～46㎝, 48～50㎝

나) 벌목지 임내정리는 생산물(㎥)을 아래 물량 단위로 구분하여 산출한다.

10㎥ 미만, 10㎥ 이상, 15㎥ 이상, 20㎥ 이상, 25㎥ 이상, 30㎥ 이상, 35㎥ 이상, 40㎥ 이상, 45㎥ 이상, 50㎥ 이상

2) 작업도개설(식)

사방사업에서 작업도는 중기, 자재, 인부 등을 임도 또는 기간도로에서 작업지까지 끌어오는 길로서, 사방사업의 저비용 고효율의 목적으로 산지에 개설하는 도로이다. 우리나라 산지 특성상 70% 이상 경사지에서는 설치가 불가능하여 가선이나 모노레일, 헬기 등으로 검토해야하며 작업도의 절토 기울기 1 : 0.3으로 토사, 암을 구분할 필요가 없다. 성토면은 1 : 1.2 이하로 계획하며, 성토는 무대처리하고 운반성토는 특별한 경우를 제외하고는 처리하지 않으며, 계곡부 통과시 임시 배수관은 반영할 수 있다.

다. 구조물공사

1) 배수밸브 설치(개소)

가) 사방댐 관리을 위하여 댐몸체를 관통하는 배수암거(물빼기구멍)와 물을 제어하는 밸브를 설치할 수 있다.

나) 저수기능이 필요한 사방댐에는 배수암거(물빼기구멍)를 설치하지 아니한다.

2) 사방댐 자재(식)

가) 사방댐의 자재는 사방댐의 사용목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성등을 종합 고려하여 결정한다.

나) 자재의 종류는 콘크리트, 전석(돌), 강재틀(철망재), 스크린(버트레스, 슬릿댐), 블록, 링네트 등이 있다.

(1) 콘크리트(㎥)

(2) 전석(돌)(㎥)

(3) 강재틀(철망재) (ton, ea)

- 강재틀(철망재) 사방댐은 각형 강관, H형강, L형강 등의 강재를 사용하여 형성된 틀 구조에 스크린을 설치하고 내부를 호박돌과 같은 내부채움재로 채우는 형태

(4) 스크린(버트레스, 슬릿댐) (ton, ea)

- 버트레스댐은 기초 및 양안 마루부는 콘크리트구조를 이루고, 본체 및 방수로 하단부는 H-Beam과 각형강관을 제작하고, 규격화된 형태의 철강구조를 현장조립
- 슬릿댐은 철근콘크리트 또는 원통형철강재 기둥을 빗살모양으로 세워 홍수시 급격한 유목 및 토사의 유출을 방지하고 평상시에는 퇴적된 토사를 서서히 유하시키는 기능을 가짐

(5) 블록(㎡, ea)

(6) 링네트(㎡, ea)

- 계곡부에 링네트, 로프 앵커류, 브레이크링, 콘크리트 지지구조물 등으로 구성하여 토석·유목의 동시 차단을 주목적으로 설치

라. 호안공사

1) 밑돌 및 천단 돌쌓기(m)

가) 돌쌓기 시 밑돌과 천단돌을 오각으로 면을 쌓을때 돌쌓기 기초, 천단돌쌓기 작업에서 석공이 돌을 다듬어 면을 맞추어 쌓는 경우에 적용하며 연장(m)으로 산출한다.

나) 돌쌓기의 높이는 3m 이하에 적용한다.

2) 큰돌쌓기, 큰돌붙이기, 막돌쌓기(㎡)

큰돌쌓기, 큰돌붙이기, 막돌쌓기 수량은 전개도 수량에 의하고, 곡선부 보정이 고려되어야 하며 비탈길이의 면적(㎡)으로 산출한다.

3) 식생토낭(㎡)

식생토낭 규격은 50㎝ x 100㎝(속채움규격 80㎝×40㎝×20㎝) 1㎡당 6.25ea와 42㎝ x 82㎝(속채움규격 67㎝×36㎝×15㎝) 1㎡당 10ea를 기준으로 산출한다.

마. 부대공사

1) 누구막이

가) 돌누구막이(개소)

(1) 돌을 재료로 할 때 최대 사면적 3㎡ 내외로 상류에 직각으로 축설하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

(2) 비탈면적은 (상장+하장)/2 × 비탈구배로 계산한다.

(3) 총체적의 계산은 비탈면적 × 뒤메움자갈 평균 두께(천단에서 높이의 1/2 + 축석길이)로 계산한다.

(4) 평균두께 계산은 총체적 ÷ 비탈면적 = m로 계산한다.

(5) 뒤메움자갈의 체적(㎥)은 비탈면적 × (뒤메움자갈 평균 두께 + 돌체적 평균길이)로 계산한다.

나) 떼누구막이(개소)

(1) 떼를 재료로 할 때 최대 사면적 2㎡ 내외로 상류에 직각으로 축설하고 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

(2) 머리떼는 상장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.

(3) 바닥떼는 하장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.

(4) 정면떼는 (상장+하장)/2 × 높이로 산출한다.

(5) 양기슭바닥떼는 누구막이 측면의 길이에 0.2를 곱하고 2개소를 곱하여 산출한다.

다) 골막이(개소)

(1) 상류,하류에 직각으로 축설하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

(2) 물받침이 필요한 지역은 별도 계상한다.

2) 산복수로공

가) 돌수로공, 떼수로공(m, 개소당)

(1) 돌쌓기면적(윤주)의 계산은 현지지형을 정밀 조사하여 결정하고,

호형횡단면윤주(P)=상폭(S)+8H(높이)^2 /3S 공식에 의한다.

(2) 바닥파기는 호형횡단면적 2H(높이)^3 /3S(상폭)+2H(높이)·S(상폭)/3 공식에 의거 산출한다.

나) 속도랑공(m)

(1) 바닥파기의 깊이는 2m 이내로 산출한다.

3) 운반공

가) 인력 운반(㎥)

(1) 토사 운반(㎥)

100m 이내에 적용하며 1회 운반량은 보통 토사 25kg 기준으로 산출한다.

(2) 돌 지게 운반(㎥)

인력 돌쌓기 1,000m 이내 거리의 돌은 깬돌 25kg 기준으로 하며, 응용하여 적용할 수 있다. (단, 75kg 정도는 품의 50% 할증 가능하나 100kg 이상은 적용 불가)

(3) 기타 임업자재 운반(㎥)

200m 이내의 운반에 적용하여 산출한다.

나) 모노레일 운반(개소)

블록 및 제 자재는 운반차량의 적하단위, 재적중량 및 운반자재의 형태 치수를 고려하여 재적량을 검토하여 산출한다.

다) 덤프트럭 운반(ton)

산악지형 등 작업환경이 어려운 곳의 현지 여건을 감안하여 작업효율성을 높이기 위한 방안으로 4륜 1톤 덤프트럭을 적용하여 산출한다.

제11장 하천하구시설

제11장 하천하구시설

11.1 설계 요령

11.1.1 일반사항

가. 정의

하구시설은 하천과 바다와의 경계지역에서 두 영역의 영향으로 발생하는 자연재해 방지 및 효율적인 수자원 이용을 위해 설치하는 시설을 총칭한다.

나. 적용범위

하구시설은 하굿둑, 배수문, 갑문(통선문), 하구제방, 하구호안, 하구도류제 등의 설치계획에 대하여 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 00 00)(2020, 해양수산부)
4) 해면간척 방조제 설계(KDS 67 65 20, 농림축산식품부)
5) 해면간척 용배수 설계(KDS 67 65 30, 농림축산식품부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(제4편 간척)(2011, 한국농어촌공사)

마. 설계일반사항

하구시설 계획은 하천과 바다, 양쪽의 조건을 고려하여 시설의 안정성과 기능성을 평가하고 태풍, 해일, 풍랑 등으로 인한 자연재해와 부근의 수역, 시설, 지형, 해수유동, 침수 및 배수, 기타 환경에 미치는 영향을 충분히 감안한다.

하구수역은 하천의 담수와 해수가 혼합·희석되고, 조석의 영향을 받는 지역으로서 하구수역의 상류경계는 주로 조석이 영향을 미치는 경계(감조역) 또는 염분의 희석이 감지되는 경계(기수역)에 따라 결정되는 것이 일반적이다.

1) 하굿둑

가) 하구역에서 홍수범람의 피해를 줄이고 필요한 양질의 수자원을 확보하며 하구에 발달한 간석지를 개발하기 위하여 설치한다.

나) 하굿둑의 구조 및 규모 결정은 '해면간척 방조제 설계(KDS 67 65 20, 농림축산식품부)', '해면간척 용배수 설계(KDS 67 65 30, 농림축산식품부)' 을 참조한다.

2) 배수문

배수문은 하굿둑 축조 후 유역으로부터 유출되는 물의 배제와 최종 체결기간 중 발생하는 내·외수위차와 최대유속을 저하시키기 위하여 설치한다.

3) 갑문(통선문)

갑문은 수위가 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위하여 설치한다.

4) 하구제방 및 호안

가) 하구제방과 호안은 배후의 토사가 홍수류, 바람, 조위, 파랑, 표사 등에 의한 파괴 또는 유실을 방지 할 수 있게 유의하여 설계한다.

나) 하구제방과 호안에 대한 일반적인 설계규정은 '제2편 하천치수시설 제1장 하천제방 및 제2장 하천호안' 과 '항만 및 어항 설계기준해설(2020, 해양수산부) 호안' 에 따른다.

5) 하구도류제

가) 하구도류제는 파랑, 조석류 등에 의한 하구 내 표사 퇴적을 억제하기 위해서 축조하는 제방이다.

나) 하구도류제에 관한 일반적인 설계규정은 '항만 및 어항 설계기준해설(2020, 해양수산부) 연안보전시설 도류제' 에 따른다.

11.1.2 사전조사

하구시설 설치를 위한 사전조사는 하천설계기준(KDS 51 00 00)를 참고하여 실시한다.

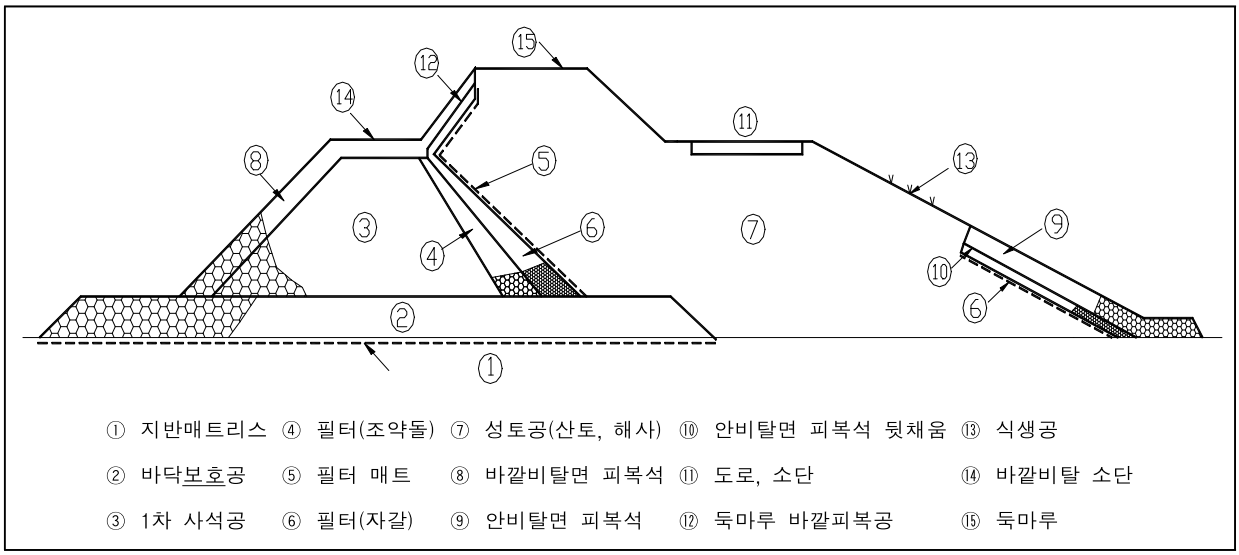
11.1.3 하천하구시설 계획 및 설계

가. 하굿둑

바닷물의 침입을 막기 위하여 하구역에 쌓은 둑을 말하며, 하구언(河口堰)이라고도 한다. 썰물 때 물이 빠져나가는 것을 방지하고, 밀물 때 바닷물이 강으로 흘러 들어오는 것을 막아 가뭄이 들면 둑의 문을 닫고 유입 수량이 많아지면 문을 개방하는 식의 수량 조절이 가능하다.

1) 하굿둑 구조

하굿둑 구조는 축조재료 및 물막이구간, 해상조건, 기초지반의 토질, 축조공법에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 성토공, 사석공 피복공, 기초공, 필터공, 바닥보호공으로 구분된다.



(그림 11.1-1) **〈 하굿둑 구조 및 명칭 〉**

가) 피복공이 안전하여도 피복공의 높이가 높고, 파랑의 영향이 심한 곳은 파에 의한 피복석 공극 사이로 작은 입자가 흡출되어 변형을 일으킬 수 있으므로 비탈면 경사를 완만하게 하는 등 이에 대한 고려가 필요하다.

나) 피복공 계획시 침윤선을 검토하여 침윤선이 안 비탈면 피복공 내로 통과하도록 계획하는 것이 파이핑(Piping)에 유리하다.

다) 하굿둑 형식은 구조, 축조재료 등에 따라 분류하거나 바깥쪽 비탈경사에 따라 경사형과 직립형으로 분류하며, 장소와 목적에 따라서 두형식의 장·단점을 절충한 혼성형이 있다.

라) 형식 결정 시 경제성 측면은 약간 불리하더라도 주행 시 경관 확보 등을 우선하여 도로를 둑마루에 계획하는 경우도 있다.

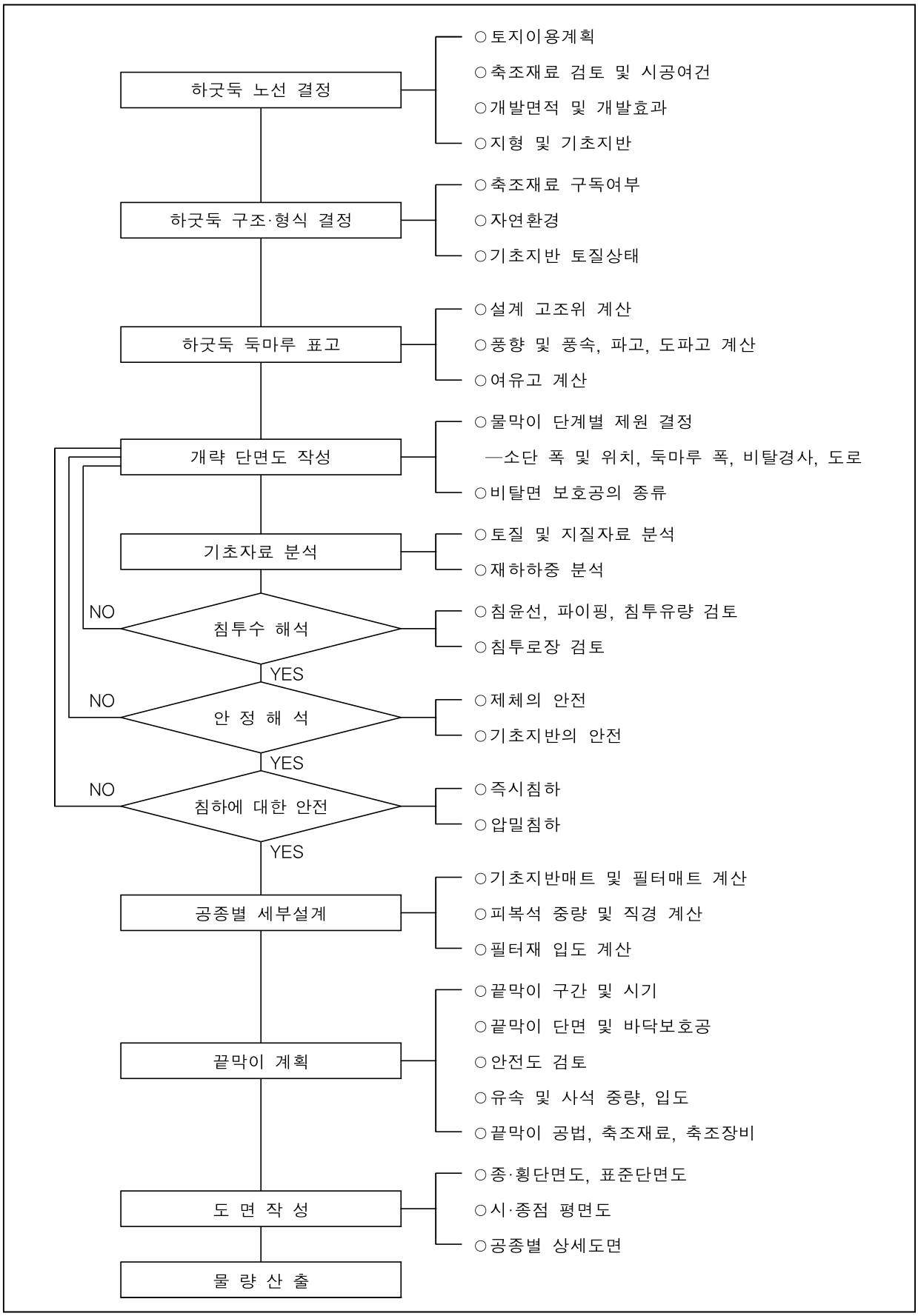
2) 둑마루 표고 결정

가) 하굿둑의 둑마루 표고는 파랑의 영향으로부터 시설물을 안전하게 보호할 수 있도록 충분한 높이로 설치하여 내부에 피해가 발생되지 않도록 한다.

나) 하굿둑의 둑마루 표고는 설계조위에 파랑의 처오름 높이(Run up)와 여유높이(1.0m 전후)를 더한 값으로 하고, 기초지반 또는 제체의 침하가 장기간 계속되는 곳에서는 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산한다.

※ 둑마루 표고 = 설계조위 + 파고(또는 처오름 높이 중 큰값) + 여유고

다) 파랑, 파력, 조석의 결정은 '항만 및 어항설계기준(2014, 해양수산부)' 에 따른다.



(그림 11.1-2) **< 하굿둑 설계 흐름도 >**

3) 둑마루 폭

가) 둑마루 폭 결정은 하굿둑의 설치목적과 규모, 둑마루의 시공재료, 하굿둑의 형식 등에 따라 다음과 같이 정하고 있다.

(1) 경사형이고 파라펫(Parapet)이 있을 경우 파라펫을 제외한 둑마루 넓이는 3m 이상으로 한다.

(2) 경사형이고 파라펫이 없는 경우 월파가 허용되는 경우 4m 이상으로 한다.

나) 완경사형인 일반적인 하굿둑에 대한 둑마루 폭은 규정되어 있지 않아, 설계시 설계사례 및 미개척국식를 참고하여 하굿둑 둑마루 폭을 약 4m로 적용하고 있다. 미개척국(USBR)의 둑마루 폭 계산식은 다음과 같다.

$$b = 3.6 \cdot H^{\frac{1}{3}}$$

여기서, H = 제 고(m)

b = 둑마루 폭(m)

4) 비탈 기울기

가) 바깥비탈 기울기

(1) 바깥쪽 비탈 기울기는 제체의 안정, 기초지반의 토질, 피복공의 재료와 구조, 하굿둑 단면에서의 수심과 파고, 시공성 등을 고려하여 결정한다.

(2) <표 11.1-1>의 기울기 기준이 절대적인 값은 아니며, 침투수 및 안전도 검토 시 변경될 수 있으며, 단면 가정 시 이용한다.

(3) 바깥비탈 기울기가 1:1.5 ~ 1:2.0 정도인 것은 파랑의 처오름(도파고 : Run up) 높이가 크므로 주의해야 하며, 풍파가 큰 해안에서는 바깥비탈에 넓은 소단을 설치하거나 기울기를 완만하게 하는 것이 좋다.

< 바깥비탈 기울기 >

(표 11.1-1)

형 식	비탈기울기
점토 피복식	1 : 3.0 이상
아스팔트 피복식	1 : 3.0 이상
사석식	1 : 2.0 이상
돌붙임식	1 : 1.0 이상
콘크리트 블록 붙임식	1 : 1.0 이상
콘크리트 피복식	1 : 1.0 이상
돌쌓기식	0.3 ~ 1.0
반중력식	0.5 정도
부벽식	0.5 정도
이형블록식	1 : 1.5 이상

주) 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)

나) 안비탈 기울기

(1) 안비탈 기울기는 제체 토질, 기초지반, 피복공의 종류 등을 고려하여 결정해야 하나 일반적으

로 재료별 비탈기울기는 아래와 같다.

(2) 안비탈 기울기는 재료별 최소치를 규정한 것으로 제체의 침투수 및 안전을 검토해 보면 규정한 값보다 완만하게 나타날 수 있다.

< 안비탈 기울기 >

(표 11.1-2)

형 식	비탈기울기
점토피복식	1 : 2 ~ 1 : 3
아스팔트 피복식	1 : 2 ~ 1 : 3
돌붙임식 (사석식)	1 : 2 ~ 1 : 6
콘크리트블록 붙임식	1 : 1 ~ 1 : 3
콘크리트 피복식	1 : 1 ~ 1 : 3
돌쌓기식	0 : 3 ~ 1 : 0

주) 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)

5) 소 단

소단의 설치 목적은 제체의 안전성 확보 및 제체 하중을 연약지반에 분산시키는 역할, 침투로 장의 확대, 파랑의 감쇄를 위하여 설치한다.

가) 바깥소단은 시공 중의 운반로 역할과 단면 완성 후에는 파랑을 효율적으로 감쇄시킬 수 있는 넓이로 한다.

$$\text{바깥소단의 넓이} = \frac{L}{4} \text{ 또는 } 4H$$

여기서, L : 파장(m), H: 파고(m)

나) 제고가 5m 이상인 경우 또는 필요한 경우 5m 이하라도 넓이 1.5m 이상의 소단을 만든다.

다) 내측소단은 '농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)'에 구체적인 언급이 없으므로 '농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(2011, 한국농어촌공사)' 제7장 내부개답을 참조한다.

6) 1차 사석단면

끝막이 구간 및 수심이 깊어 성토재로 완성단면을 형성할 수 없을 경우에 시공성을 위하여 1차 사석단면을 계획한다.

가) 계획표고

계획표고 = 대조평균만조위 + 여유고(1m 내·외)

나) 사석단면 폭

사석단면의 폭은 시공장비의 능력 및 장비의 종류에 따라 차이가 있을 수 있으나, 물막이 공사에 맞추어 계획한다. 시공차량의 왕복 교차 및 끝막이시 1대 부리기를 할 경우 7m로 계획하고 있다.

다) 비탈면 경사

바깥 및 안쪽비탈 모두 1:1.0로 계획하면 사면의 안전성 및 시공성에도 큰 문제는 없으나, 안전도는 검토한다.

7) 바닥보호공

가) 바닥보호공은 파력을 감쇄하고 파랑 및 조류에 의한 세굴을 방지하여 피복공과 기초공을 보호한다.

나) 바닥보호공은 바깥비탈 피복공의 비탈 끝 기초공 앞면에 설치하며 단독으로 침하될 수 있도록 피복공이나 기초공과 떼어놓는다.

8) 최종물막이

가) 최종물막이(끝막이)는 하굿둑의 축조에 있어서 수리학적으로 위험요소가 많으므로 최적의 공법을 적용하여 시공토록 한다.

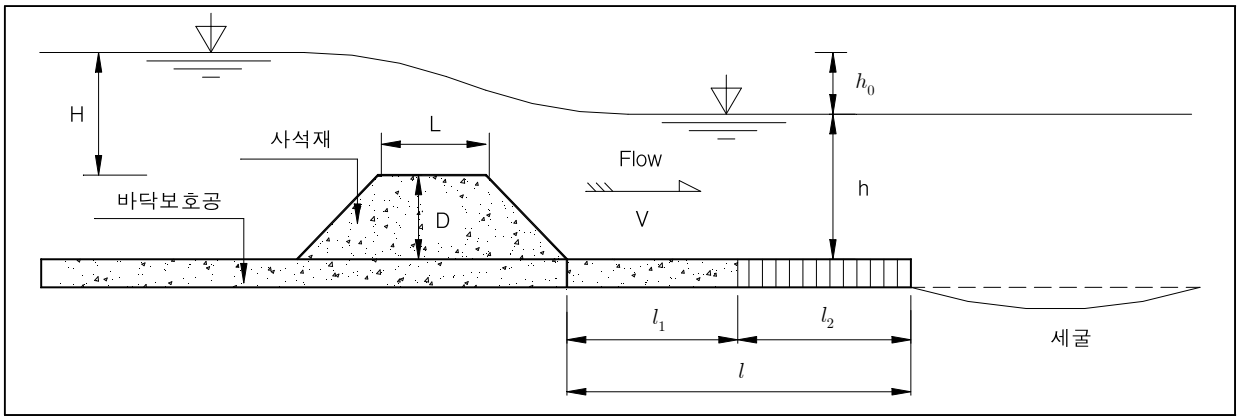
나) 최종물막이(끝막이) 단면

(1) 상고공의 축조표고

상고공 축조표고는 조석, 지반의 조건 등을 고려하여 끝물막이 구간의 유속과 끝막이 시공물량 등 여러가지 인자들이 있어 획일적으로 결정하기는 어려우나 다음 범위 내에서 결정할 수 있다.

(가) 최대유속발생 표고보다 최소 1m 이하(표고별 유속계산)

(나) 대조평균저조위(L.W.O.S.T) 이하



(그림 11.1-3) **< 바닥보호공 횡단면 >**

(2) 바닥보호공의 폭

바닥보호공 폭 및 세굴 깊이를 결정하는 공식은 Bligh, Spaagaren, Delft공대 실험식 등이 있으나, 각각의 식은 적용범위가 명시되어 있으므로 적용 시 유의해야 한다.

(가) Bligh 공식

하상에 보 설치 시 많이 이용되는 공식으로 상·하류의 수위차와 기초지반에 따른 토질별 계수 및 제체의 단위폭당 유량에 의하여 폭을 결정한다. (그림 11.1-3 참조)

$$l = 0.67C\sqrt{D \cdot q}, \quad l_1 = 0.61C\sqrt{D}, \quad l_2 = l - l_1$$

여기서, L : 바닥보호공의 폭(m)

C : Bligh 계수

q : 단위 폭당 유량(㎥/s)

① 완전 월류시($H_a < H/3$ 일 때)

$$q = 1.7CH^{3/2} = 1.53H^{3/2}$$

② 불완전 월류시($H_a \geqq H/3$ 일 때)

$$q = 4.43(H-H_a)\sqrt{H}$$

(나) Spaagaren 공식

① 적용공식 : '간척백서'(한국농어촌공사, 2009) p587 참조

② 적용범위

- 제체 구배가 1:5 이내이며, 바닥보호공의 길이가 $L \geqq 7D$ 일 때
- 바닥보호공의 상태는 거친 상태임

(다) Delft공대 실험식

① 적용공식 : '간척백서'(한국농어촌공사, 2009) p589 참조

② 적용범위

- 바닥보호공의 길이가 $L \geqq 5H$ 일 때

다) 최종물막이 구간의 연장 및 유속계산은 '해면간척 방조제 설계(KDS 67 65 20, 농림축산식품부)'의 규정에 준한다.

나. 배수(갑)문

1) 배수문

내·외수위 관계가 자연배수로 충분한 경우에는 배수구만 있으면 충분하나, 외수위가 내수위보다 일시적으로 또는 항상 높으면 배수문을 설치하여 외수위 역류를 방지할 수 있으며, 수해구역 홍수를 배제하기 위하여 바다로 보내는 최종 배수시설이다.

가) 배수문 위치 결정

(1) 가능한 넓은 지배면적을 갖은 곳 및 배수구역 내 가장 낮은 곳이나 그 부근을 선정한다.

(2) 풍파나 조류 등에 의해 문짝작동 및 파손 우려가 없는 지점을 선정한다.

(3) 유수에 의한 세굴과 토적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정한다.

(4) 연약지반 및 암반의 균열과 절리가 있는 곳은 피하고 하상이 안정된 지점을 선정한다.

(5) 자재반입이 유리하며, 기초 터파기량이 최소인 지점을 선정한다.

(6) 주변 환경에 큰 피해를 주지 않으면서 유지관리가 편리한 지점을 선정한다.

나) 수문의 구조 및 설계는 '제2편 하천치수시설 제6장 하천수문'에 따른다.

2) 갑문(통선문)

갑문은 수위가 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치한다.

가) 갑문의 규모 및 형상

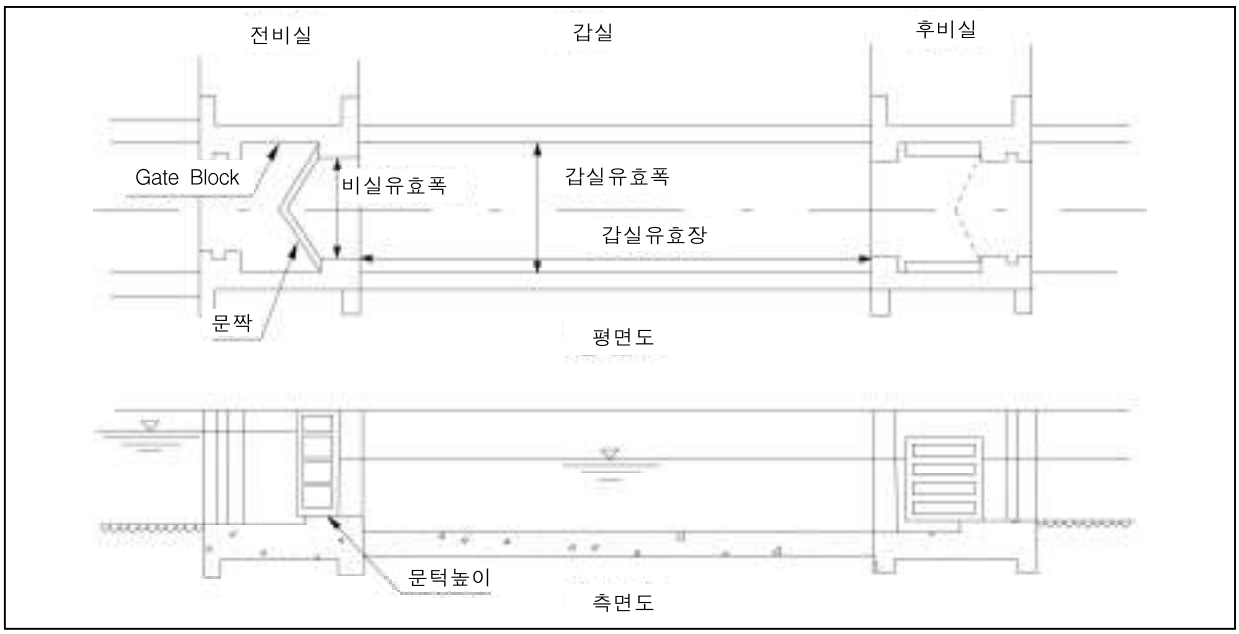
(1) 갑문은 설치위치의 자연 상황, 통항선박의 주요치수 및 척수에 따라서 선박의 출입 시에 안전하고 원활하게 조선할 수 있도록 적절한 형상으로 한다.

(2) 갑실의 규모는 다음의 표준치수의 산정식에 따라서 적절히 설정하도록 한다. 이 경우에 다음 각 호에 나타낸 여유수심, 여유 폭 및 여유 장은 통항선박의 동요를 감안한 적절한 수치로 한다.

① 유효수심 = 통행선박의 흘수 + 여유수심

② 유효 폭 = 통행선박의 폭 + 여유 폭

③ 유효 장 = 통행선박의 길이 × 1대열(隊列)의 척수 + 여유 장



(그림 11.1-4) **〈 갑문의 형상 〉**

나) 갑문의 높이와 폭 결정

(1) 배수갑문 규모결정을 위하여 유역으로부터 유입되는 홍수량을 계획 설계기준에 맞게 배제하기 위해서는 필요저수량 확보가 가능하고 배수갑문 터파기량, 취부배수로 굴착 등을 검토하여 관리수위와 Sill표고(사수위)를 결정한다.

(2) 준설이나 복토를 실시하여 최저 지반 계획고를 변경하는 비교안을 검토하여 경제적인 단면으로 결정한다.

다) 갑문의 구조 및 설계는 '농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(2011, 한국농어촌공사) 제4편 간척 제5장 배수갑문' 에 따른다.

다. 하구제방 및 하구호안

하구제방과 호안은 하구의 육지측의 비탈면을 둘러싸서, 배후의 토사가 파랑이나 흐름에 의해 붕괴되거나 하구의 토사가 침식되는 것을 방지하는 시설이다.

1) 기준선의 결정

파랑이 제방에서 부딪혀서 반사파나 사면을 따라 흐르는 흐름에 의해 제방의 비탈기슭은 한층 더 침식되므로 비탈기슭이 세굴 되는 경우가 많다. 따라서 보통 파랑의 작용이 미치지 않는 해빈(바닷가) 뒤쪽에 기준선을 정하는 것이 좋다.

2) 단면의 결정

가) 비탈면을 계단형 또는 1:3 ~ 1:4의 완경사로 하여 반사파를 줄이는 것이 좋다.

나) 비탈기슭에 내습파고 크기 정도의 세굴이 일어날 수도 있다는 것을 고려하여 기초의 근입깊이를 충분히 한다.

다) 호안은 배후지의 보전이 이루어지도록, 그리고 호안 및 배후의 토지이용에 지장이 없도록 월파량, 고조시의 조위차 등을 감안한 적절한 마루높이를 갖도록 한다.

3) 하구호안의 종류

하구호안에는 중력식 호안, 널말뚝식 호안, 강널말뚝 셀(cell)식 호안, 사석식 호안, 소파블록 피복호안 등이 있으며, 염해에 안전한 공법을 선정한다.

라. 하구도류제

하구도류제는 하구 부분에서 유로가 토사의 퇴적으로 인하여 교란되지 않도록 흐름의 방향을 조정하여 유도하거나 파랑, 조석류 등에 의한 하구 내 표사 퇴적을 억제하기 위해서 축조하는 제방이다.

1) 하구도류제의 주요기능

가) 하구도류제는 연안표사를 저지하는 방사제적 기능

나) 하천류를 유도하여 흐름을 안정시키며 하천류의 소류력을 증가시켜 수심을 유지하는 기능

다) 하천수 유출시의 유량을 지장 없이 방출할 수 있는 기능

2) 하구도류제의 배치

가) 하구도류제는 해당 지역의 연안표사의 특성, 하천의 고수위시 및 저수위시의 소류력 등에 따라서 소요의 기능을 발휘하도록 적절히 배치한다.

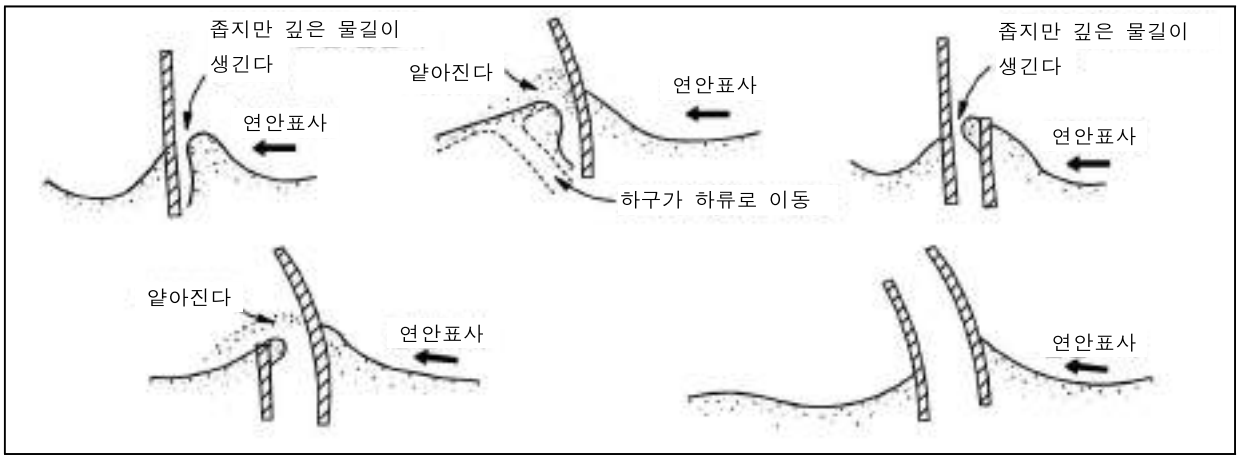
나) 하구도류제의 배치형식에는 연안표사의 방향과의 관계에 따라 아래와 같은 종류가 있다.

(1) 하구수심의 유지를 위해서는 1개의 도류제는 효과가 약하고, 2개의 평행한 도류제를 연장하는 것이 가장 바람직하다.

(2) 길이가 다른 2개의 하구도류제를 설치하는 경우 일반적으로 표사의 하류측 도류제를 길게 하는 편이 효과적이다.

(3) 하구도류제의 길이는 표사 이동이 심한 장소를 벗어날 때까지로 하는데, 대체로 정선으로부터 심해파 파장의 1/2 혹은 안정된 파곡(trough) 부근까지로 한다.

(4) 하구도류제의 연장은 돌제에 비하여 일반적으로 길고 파랑의 작용도 크므로 두부나 측면의 세굴에 대한 배려가 필요하다. 또, 도류제의 하천 측면은 하천류의 세굴작용을 받는다는 것을 고려한다.



(그림 11.1-5) **< 하구도류제 배치의 종류 >**

(5) 표사의 상류측 도류제를 하류측으로 굽히는 것은 도류제 내로 표사가 침입하는 것을 방지하고, 아울러 연안 표사를 원만하게 하류 측으로 통과시키는 의미를 갖는다.

3) 하구도류제의 선단수심

가) 하구도류제 선단수심은 도류제 근방의 항로의 수심보다 더 깊게 한다.

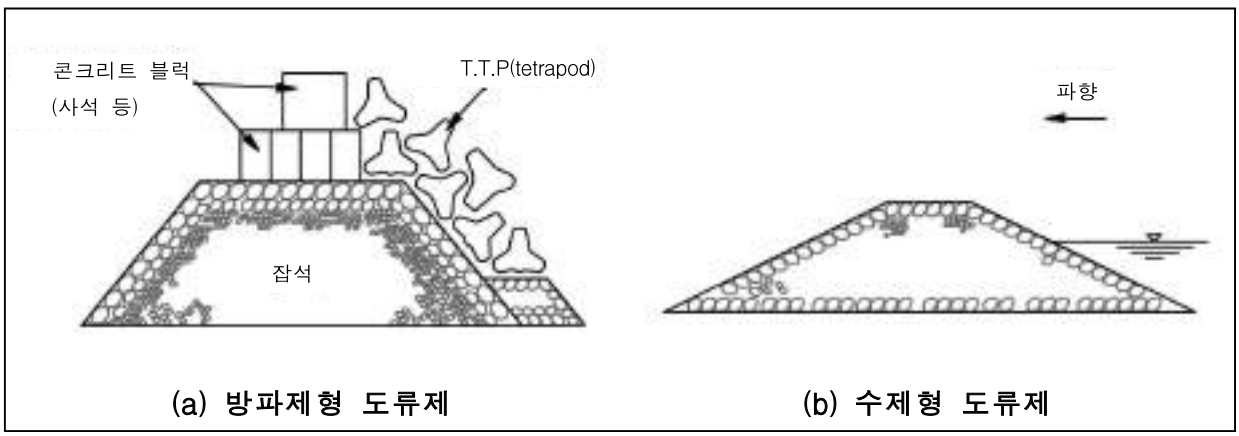
나) 하구도류제 선단부는 파의 쇄파한계 수심보다 더 깊은 곳에 배치한다.

4) 하구도류제의 구조

가) 하구도류제는 불투과 구조로 하고, 도류제에 작용하는 파랑 및 하천의 흐름에 의한 세굴의 영향 등을 적절히 감안하여 구조의 안정을 확보하도록 한다.

나) 하구도류제의 구조로서는 제방형, 방파제형, 내파구조의 하천 수제형 등이 있는데, 파랑, 표사, 하천규모 등의 조건을 고려해서 도류제에 적합한 구조를 채용한다.

다) 하구도류제의 마루높이는 파랑의 처오름 높이를 표준으로 하는데, 처오름 높이의 추산은 파랑해석에 근거를 둔다.



(a) 방파제형 도류제 (b) 수제형 도류제

(그림 11.1-6) **< 하구도류제의 형식 >**

11.2 수량 산출 요령

11.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	하구시설				
1.1	하굿둑 및 하구제방				
1.1.1	연약지반 처리공				
1)	과재성토		㎥		하천지반설계참조
2)	과재성토 제거		㎥		〃
3)	치환토		㎥		〃
4)	침하판		ea		〃
5)	침하측정봉 및 보호관		m		〃
6)	경사계 설치		ea		〃
7)	간극수압계 설치		ea		〃
8)	수위측정기 설치		ea		〃
9)	층별 침하계 설치		ea		〃
10)	P.P 매트 부설	(3 tonf/m, 5 tonf/m)	㎡		〃
11)	P.E.T 매트 부설	(20 tonf/m, 30 tonf/m)	㎡		〃
12)	샌드매트 부설		㎥		〃
1.1.2	토 공				
1)	흙깍기		㎥		제방편 참조
2)	흙쌓기		㎥		〃
3)	터파기		㎥		통문편 참조
4)	터파기		㎥		〃
5)	되메우기		㎥		〃
6)	수평규준틀		ea		제방편 참조
7)	비탈면규준틀		ea		〃
1.1.3	피 복 공				
1)	사석 쌓기		㎥		
2)	사석 고르기		㎡		
3)	피복석 쌓기	0.1~1.0㎥	㎥		
4)	피복석 고르기		㎡		
5)	필터석(막자갈) 쌓기	Ø100mm아하	㎥		
6)	필터석(막자갈) 고르기		㎡		
7)	저면필터매트	(10 tonf/m, 15 tonf/m)	㎡		
8)	사면매트	(5 tonf/m)	㎡		
1.1.4	비탈면 안정공				
1)	줄 떼		㎡		제방편 참조
2)	평 떼		㎡		〃
3)	식생매트		㎡		호안편 참조

제 3 편

하천이수시설

제1장 하천 보

제1장 하천 보

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

보는 각종 용수의 취수, 주운 및 친수활동 등을 위하여 수위 또는 유량을 조절하거나 바닷물의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단 방향으로 설치하는 시설 중 흐르는 물의 월류를 허용하는 시설로 정의된다.

1) 일반적으로 보는 하천의 수위를 조절하는 시설이나 최근에는 유량을 조절하여 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위한 보가 설치되고 있어 댐과의 구별이 명확하지 않다. 따라서 일반적으로 다음과 같은 조건을 만족하는 경우 보라고 할 수 있다.

가) 기초지반에서 고정보 마루까지의 높이가 15m 미만인 경우

나) 유수 저류에 의한 유량조절을 목적으로 하지 않은 경우

다) 양끝부분을 제방이나 하안에 고정시키는 경우

2) 고정보와 낙차공은 형태가 비슷하여 쉽게 구별할 수 없으나, 낙차공은 치수목적 시설로써 하상안정을 위해 설치되는 시설이며, 고정보(이수목적 시설)보다 낮게 설치되는 것이 일반적이다.

3) 보와 수문(Floodgate)의 구분은 제방의 기능을 갖고 있는가 여부에 따라 결정된다. 제방의 기능을 가지는 것은 수문(Floodgate)이며 그렇지 않은 것은 보이다.

나. 적용범위

본 설계요령은 수위를 높여 수위(심)를 유지하거나, 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치되는 보 설계에 적용한다. 다만, 국가하천의 다목적보와 같이 대규모 하천에 설치되는 대규모 보에 대해서는 댐 또는 하굿둑 기준을 참고하는 등 상향 적용할 필요가 있다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

3) 농업생산기반시설 설계기준(KDS 67 15 05)(2018, 농림축산식품부)

4) 소하천 설계기준(2018. 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)

3) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)

4) 농업생산기반 정비사업 조사 · 설계 실무요령(2000, 한국농어촌공사)

마. 설계일반사항

1) 보는 계획홍수위 이하 수위의 유수작용에 대하여 안전한 구조로 계획되어야 하며, 특히 보 월류시 다양한 수위 조건에 대해서 안전한 구조로 설계하여야 한다.

2) 보는 계획홍수위 이하 수위의 홍수 유하를 방해하지 않고 부근의 하안 및 하천시설물의 구조에 심각한 지장을 초래하지 않아야 한다. 또한 보에 접속되는 하상 및 고수부지의 세굴방지에 대하여 고려되어야 한다.

3) 보 설치 시 평면형상 및 설치 방향은 홍수시 유수의 방향을 고려하여 결정하고, 보의 계획담수위 등은 하천특성을 고려하여 신중히 검토하여야 한다.

4) 계획홍수량이 크고 하상경사가 급하거나 하상재료의 입경이 굵은 하천구간에서는 가동보 설치는 신중히 검토하여야 한다.

5) 보의 계획담수위가 제방의 원지반고보다 높을 때는 제방으로부터의 누수대책과 제방의 습윤화 방지대책을 수립하여야 한다.

6) 보 높이는 2.0m 이내가 일반적이다. 높이가 2.0m 초과시 치수적 안전성, 환경적 측면을 종합적으로 고려하여 적정한 설치 높이를 결정하여야 하며, 필요시 수치 또는 수리모형실험을 통하여 높이를 결정할 수 있다.

7) 가동보 자동 운영에 따른 갑작스러운 방류로 인하여 피해가 우려되는 보 하류부 구간에는 홍수예보시설을 설치할 수 있다.

1.1.2 사전조사

보 설계를 위한 사전조사는 ‘하천설계기준(KDS 51 00 00)’의 조사편을 참고하여 실시한다.

1.1.3 보 계획

가. 보의 종류

보의 종류는 설치목적, 구조와 기능, 평면형상, 설치재료, 보의 형식에 따라 분류한다.

1) 설치목적에 따른 분류

보는 설치 목적에 따라 취수보, 분류보, 방조보 및 유량조절 보로 분류한다.

〈 설치목적에 따른 분류 〉

(표 1.1-1)

구 분	내 용
취수보	하천의 수위를 조절하여 생활용수, 공업용수, 발전용수 등을 취수하기 위하여 설치하는 보
분류보	하천의 홍수를 조절하고 수위를 유지하기 위해 하천의 분류점 부근에 설치하여 유량을 조절 또는 분류함으로써 수위를 조절하는 보
방조보	하구 또는 감조구간에 설치하여 조수의 역류를 방지하고 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위하여 설치하는 보로서 하구둑을 포함한다.
유량조절 보	하천의 유량(유황)을 조절하는 보

2) 구조와 기능에 따른 분류

보는 구조와 기능에 따라 고정보 및 가동보로 분류한다.

〈 구조와 기능에 따른 분류 〉

(표 1.1-2)

구 분	내 용
고정보	문짝이 설치되지 않고 보 본체와 부대시설로 이루어지는 보
가동보	문짝에 의해서 수위의 조절이 가능한 보로 크게 배사구와 배수구로 이루어진다.

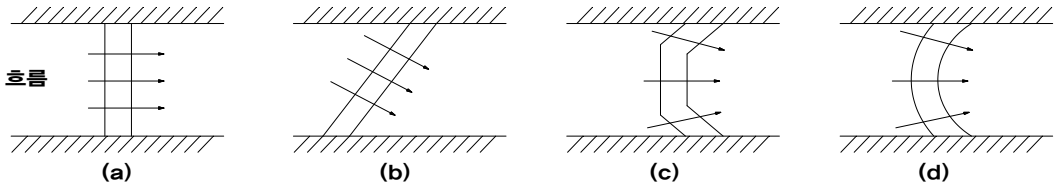
3) 평면형상에 따른 분류

평면형상에 따라 직선형, 경사형, 굴절형, 원호형으로 분류한다.

〈 평면형상에 따른 분류 〉

(표 1.1-3)

구 분	내 용
직선형 (a)	유수방향에 직각으로 설치하는 것으로 보 하류를 변화시키지 않아 하도 유지가 용이하고 공사비가 저렴하다. 기초지반 등의 특수한 사정이 없는 한 일반적으로 많이 채택하는 형식이다.
경사형 (b)	평면형상은 일직선이나 유수방향과 경사지게 설치하는 형식으로 하류에서 유수방향과 월류의 방향을 일치시키고자 할 때를 제외하고 원칙적으로 사용하지 않는다.
굴절형 (c)	절선(꺾은선)형식으로 월류하는 유수를 유심부로 모으는 형태로서 보 하류에 세굴에 대한 고려가 필요하나 제방보호에는 효과적이다.
원호형 (d)	아치형식으로 보 자체의 강도는 크지만 굴절형과 같은 단점이 있다.



4) 보의 형식에 따른 분류

기초형식은 고정형(fixed type) 및 부상형(floating type)이 있고, 구조형식에 따라 전하폭을 고정보로 하는 형식, 하천의 전하폭을 가동보로 하는 형식, 그리고 일부 구간은 고정보로 하고 나머지 구간은 가동보로 하는 복합형식으로 구분한다.

5) 설치재료에 따른 분류

설치재료에 따라 자연형 보, 콘크리트보로 분류할 수 있다.

나. 보 설계 절차

보 설계를 위한 일반적인 절차는 다음과 같다.

사 전 조 사	현장조사, 토질 및 지반조사, 기존시설물 제원 및 상태, 주민의견, 하상변동조사, 치수안전성, 지하매설물 등의 조사를 수행하고 관계기관과 협의
⇩	
위 치 검 토	상위계획 검토, 설치목적, 환경성, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 검토
⇩	
규 모 결 정	수혜면적 및 취수량, 분류량, 목표수심 등을 고려하여 결정
⇩	
형 식 결 정	설치 위치에 적합한 형식(고정보, 가동보, 자연형보, 복합형보 등) 결정
⇩	
보 설 계	본체 및 부대시설(어도 포함) 설계

(그림 1.1-1) **〈 보 설계 흐름도 〉**

1) 취수보 설계흐름

가) 도상계획 및 답사 → 나) 현지조사 → 다) 취수보 설계 → 라) 도면 수량산출 순으로 한다.

가) 도상계획 및 답사

도상계획, 관계기관 협의, 유역 및 하천 상황, 오염원, 수혜가능 지역 등의 자료수집 및 현황을 조사한다.

나) 현지조사

도상검토, 하천 수리·수문 조사, 지형 및 지질조사, 수리권, 기타 조사, 자연환경조사 등을 검토 및 정리한다.

다) 취수보 설계

수혜면적 및 단위용수량 산정, 주(보조)수원공 검토, 취수방식, 구조형식 선정, 보마루표고 결정, 급수가능면적 결정, 하천 홍수위 검토, 보 단면 결정, 물받이 설계, 부대시설 설계(기초, 어도, 감세지, 기타), 구조계산(하중, 안정계산) 등을 검토하고 취수보를 설계한다.

라) 도면 및 수량 산출

다. 보 형식 선정

1) 보의 구조 형식 선정 시에는 수위변동, 저류부의 퇴적, 수질개선, 생물 및 미생물의 이동, 식생보전, 하천의 자정능력 증대 등을 고려한다.
2) 자연친화적인 재료를 사용하고 완경사 저수위 낙차보, 경사형 등을 우선하여 계획한다.
3) 중규모 이상의 하천에서는 유량조절이 가능한 가동보 및 복합형보를 우선 고려한다.
4) 기존 고정보를 가동보로 개량 시에는 가동보를 설치하는 절개구간을 홍수시에 대비하여 양안으로부터 충분이 이격하여 설치한다.
5) 기존 보를 재설치 할 경우 기존 구조물을 철거 후 재설치하여야 한다.
6) 가동보 계획시 설치목적, 경제성, 유지관리, 운영방법, 수리적 기능, 치수안전성, 사용동력, 자연조건, 환경영향 등을 복합적으로 고려한다.
7) 보 설치로 인하여 수위가 급변 할 경우에는 가동보 설치를 검토하고 치수안전성, 시공성, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

라. 설치위치 선정

보의 위치는 설치목적, 환경성, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 고려하여 가장 유리한 지점을 선정한다.

1) 용수공급지로 도수하는데 필요한 취수위가 확보되고, 유수의 주된 흐름이 취수구에 가까워야 하며 하안이 안정되어 있고, 하천수로가 직선 상태로 유속의 변화가 적어 유수에 의한 하상변화가 적은 지점
2) 상 · 하류의 영향이 적은 지점
3) 기초지반이 양호한 지점
4) 구조상 안전하고 공사비가 적은 지점
5) 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점
6) 용수공급지까지 도수(導水)하는데 필요한 취수위가 확보되는 지점
7) 유수의 주된 흐름이 취수구와 근접한 지점
8) 하안 침식에 대해 안전한 지점
9) 직선수로와 같이 유속의 변화가 적어 하상변동이 적은 지점
10) 유지관리가 용이한 지점
11) 보로 인해 상류측 수위가 상승하여 하상에 여러 가지 역효과가 발생될 수 있으므로 그 영향을 검토해야 하며, 만곡부에는 보를 설치하지 않아야 한다. 부득이 설치할 경우에는 만곡부 하류에 보를 설치하는 것이 유리하다.

마. 보마루 표고결정

1) 보마루 표고는 하천의 계획단면적을 충분히 확보하고 각종 소요 용수량을 지장 없이 취수할 수 있도록 취수구 수위 또는 보의 목적에 따른 수위를 근거로 결정한다.

2) 보마루 표고는 홍수시 홍수소통에 지장이 없고 하천의 계획단면적이 확보되도록 설치해야 하며 다음 식에 의해 보마루 표고를 결정할 수 있다.

보마루 표고 = 계획취수위 - ((갈수량 - 취수량)의 월류수심) + 여유고

3) 보의 물받이 표고는 원칙적으로 계획하상고와 일치시킨다.

4) 하천유량이 적은 경우에는 월류수심은 무시하고, 여유고는 10~15㎝ 정도를 적용한다.

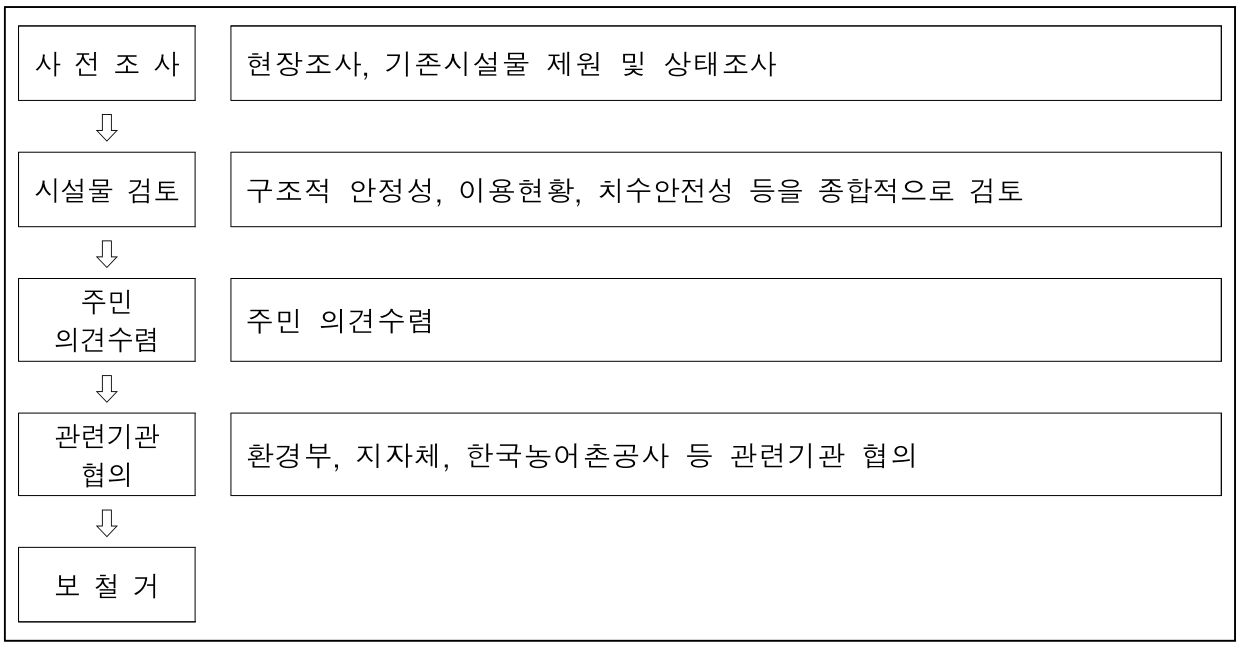
5) 복합형보에서는 가동보와 고정보의 마루표고를 동일하게 하는 것이 원칙이나, 경우에 따라서는 고정보의 보마루 표고를 높게 할 수 있다.

6) 수질 보전측면에서 햇볕 투과심을 고려하여 평균 담수심이 2m 이내가 되도록 계획하는 것이 바람직하다.

바. 보 철거

보의 기능 및 용도가 상실된 경우 보 철거를 검토할 수 있으며, 철거시 사전조사 및 시설물 검토, 주민의견수렴, 관리기관 협의 등의 절차를 거쳐야 한다. 또한 어도가 설치된 경우에는 수산연구기관의 장에게 어도 철거 계획을 협의하여야 한다.

일반적인 보 철거 흐름은 다음과 같다.

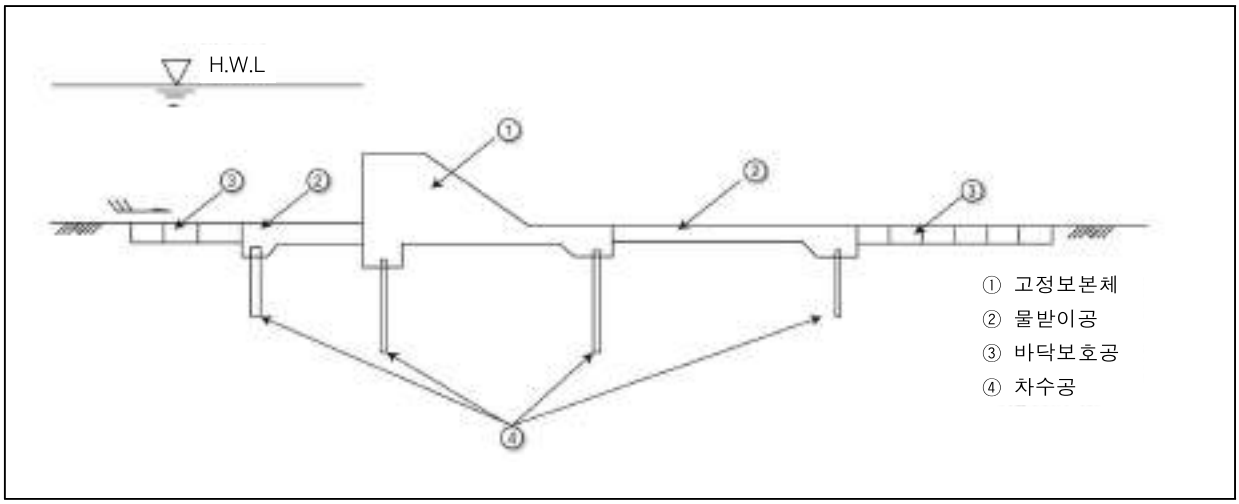


(그림 1.1-2) **< 보 철거 흐름도 >**

1.1.4 고정보 설계

가. 고정보

고정보는 평면형에 따라 직선형, 사선형, 절선형, 곡선형으로 나눌 수 있으며, 구조형식에 따라서는 콘크리트 구조와 굴요성 구조로 나눌 수 있다. 고정보의 형태와 구조의 선정은 해당 하천의 하도특성, 하천환경, 구조적 안정성, 경제성 등을 고려하여 선정한다. 고정보는 수문이 설치되지 않고 본체, 물받이공, 바닥보호공, 차수공 등으로 이루어지는 보를 의미한다.



(그림 1.1-3) **< 고정보의 구조(측면도) >**

1) 단면결정

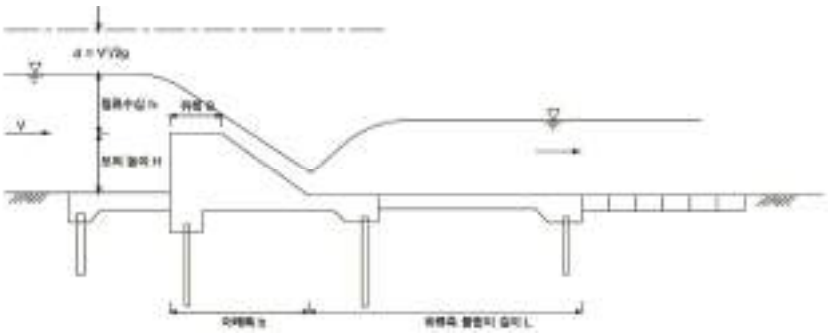
가) 고정보의 본체는 콘크리트 구조를 원칙으로 하되 자연재료를 활용한 다양한 구조를 채택할 수 있다.

나) 고정보의 안전을 검토하기 위해서 보의 상·하류 수위차에 의한 침투수의 침투길이, 외력에 의한 본체의 전도(안전율 1.5~2.0 이상), 활동(안전율 1.5 이상), 침하(허용지지력 이하) 등을 검토하여 기준 안전율이 확보되도록 설계한다.

다) 차수공은 계획하상고 밑으로 1.5m 이상 깊게 설치한다.

라) 본체는 제형단면을 원칙으로 하나 완경사의 본체를 계획하여 유수의 수면형을 완화시킬 수 있다.

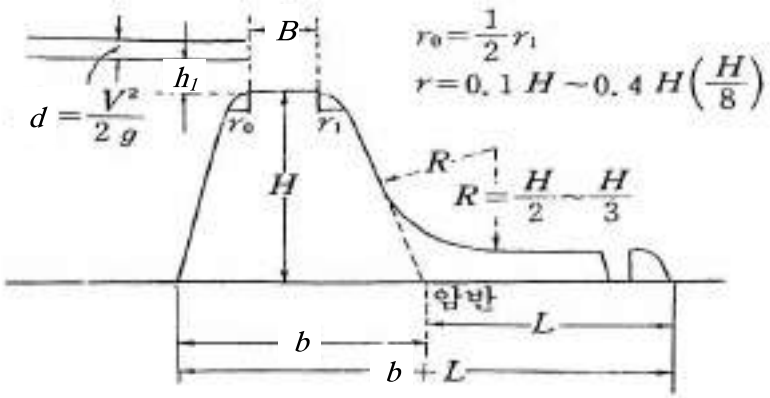
마) 고정보의 단면결정은 블라이(Bligh)공식을 이용하여 기본단면을 설정하고 자중, 토압, 수압, 양압력, 지진력 등을 고려하여 최종 단면을 결정한다.

고정보의 단면결정공식	블라이(Bligh) 공식 위 폭 $B=\frac{h_1}{\sqrt{\gamma}}$ 아래폭 $b=\frac{(H+h_1+d)}{\sqrt{\gamma}}$ 여기서 γ : 콘크리트의 비중(보통 2.30) h_1 : 보 정상의 최대 월류심(m) d : 접근유속 수두(m) H : 보의 높이(m)
고정보의 단면	

(그림 1.1-4) **〈 고정보의 단면 기준 〉**

바) 보 마루 단면을 곡선으로 계획하는 경우에는 아래식을 이용하여 산정하고, 반지름 구간은 여분으로 본다.

$$B=\left(\frac{h_1+d}{\sqrt{r}}\right)+r_0+r_1$$



(그림 1.1-5) **〈 보 마루 반지름 산정도 〉**

나. 물받이

1) 물받이는 도수를 발생시켜 유수의 세력을 완화시키는 목적으로 설치한다.

2) 콘크리트 블록 및 석재, 목재 등과 같은 자연재료도 가능하지만 유수의 난류현상 및 빠른 유속이 발생하므로 본체와 일체가 된 철근콘크리트 구조를 표준으로 하고 무근 구조도 할 수 있다.

3) 물받이는 본체를 월류하는 유수의 침식작용 및 양압력에 견딜 수 있도록 설계한다.

4) 물받이 길이는 세굴을 방지할 수 있는 길이로 결정하기 위해 상류 흐름인 완경사 하천에서는 낙차

의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3정도로 할 수 있으나 Bligh 공식, 국립건설시험소 공식, Rand 공식 등과 도수현상을 고려한 길이를 산정한다.

5) 상 · 하류의 수위차가 4.0m 이상 이거나 세굴의 우려가 예상되는 하천에 보를 계획하는 경우에는 수리모형실험을 통하여 치수상의 안전성 확보 및 세굴발생 여부 등을 검토하는 것을 원칙으로 한다. 다만 중요도가 떨어지고 수위차가 크지 않는 경우에는 신뢰성 있는 수리모형으로 대체 할 수 있다.

6) 물받이 하단부 콘크리트 key는 계획하상 밑으로 1.5m 이상을 두어 세굴(역행침식)로부터 본체를 보호한다.

7) 물받이 하류 단부에는 세굴방지를 위하여 턱(Sill)을 설치할 수 있으며, 동절기 결빙과 하절기 수질오염을 방지하기 위하여 유속이 느린 물받이 양 측단에 폭 50㎝의 배수구를 설치한다.

8) 물받이에서는 도수를 발생시켜 수세를 감소시키는 역할을 한다. 물받이의 파괴는 일반적으로 물받이 길이의 부족으로 인해서 발생하는 경우가 많으므로 충분한 길이를 갖도록 계획한다.

< 고정보의 물받이 길이 산정 공식 >

(표 1.1-4)

<table>
<tr><th colspan="3">하류측 물받이 길이</th></tr>
<tr><th>블라이(Bligh) 공식</th><th>국립건설시험소 공식</th><th>Rand 공식</th></tr>
<tr>
<td>$L_1 = 0.6 \cdot Cf \cdot \sqrt{H_a}$
L_1 : 하류측 물받이 길이(m)
H_a : 하류측 물받이 상단에서 보마루까지의 높이(m)
C: 블라이계수
f : 안전율(고정보 1.0, 가동보 1.5)</td>
<td>$L_1 = 4.05 H_a^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325}$
L_1 : 물받이 길이(m)
H_a : 보마루부터 상단표고까지 높이(m)
q : 단위폭당 유량$(m^3/s/m)$
D_{50} : 하상토사의 중앙입경 (D_{50}은 50% 통과입경)</td>
<td>$L_1 = 4.3(\frac{h_c}{H_a})^{0.81} \cdot H_a$
L_1 : 물받이 길이(m)
hc : 월류부 한계수심(m)
Ha : 하류측 물받이 상단에서 보마루까지의 높이(m)</td>
</tr>
<tr><td colspan="3">여기서 H_a는 다양한 상하류 수위조건 중 가장 불리한 조건을 적용</td></tr>
</table>

하상토의 상태	블라이계수(C)
극미립사 또는 이토 (0.1~0.005㎜)	18
가는 모래 (0.25~0.1㎜)	15
굵은 모래 (1.00~0.5㎜)	12
자갈과 모래의 혼합	9
호박돌 자갈	4~6

1) 물받이의 두께

가) 상류측 물받이 두께

- 상류측 물받이는 월류하는 물에 의하여 소용돌이가 발생하여 하상의 세굴을 막기 위해 설치된다. 물받이 두께는 하류측 물받이 두께의 1/2~1/3 정도로 한다.

나) 하류측 물받이 두께

- 물받이의 두께는 양압력에 견딜 수 있는 중량을 가지도록 설계하되 일정한 간격으로 배수구(weep hole)를 설치하여 물받이에 작용하는 양압력을 저감할 수 있게 하며, 최소두께는 35cm 이상으로 한다.
- 하류측 물받이 두께는 아래 식을 이용하여 산정하고 하류측 물받이 상판에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도 할 수 있다.

< 하류측 물받이 두께 >

(표 1.1-5)

하류측 물받이 두께	
$T = \frac{4 \cdot (\Delta h - h_f)}{3 \cdot (\gamma - 1)}$ $h_f = \frac{\Delta h}{L} L'$	여기서 T : 물받이 두께(m) γ : 물받이 재료의 비중 Δh : 상하류의 수위차(m) h_f : 손실수두(m) L : 총 삼투로 길이(m) L' : 임의점까지 삼투로 길이(m)

다. 감세지(정수지)

감세지는 큰 낙차로 인해 발생하는 운동에너지를 빨리 감세하여 위치에너지로 바꾸어 하상세굴을 방지하는 시설로 보의 하류단에 설치된다.

1) 감세지 형식에는 크게 플립버킷형(flip bucket), 정수지형(stilling basin), 잠수버킷형(submerged bucket) 세 가지가 있으며, 다음의 요소를 고려하여 감세지 형식을 결정한다.

- 감세지의 수리특성
- 보와 감세지의 위치관계(거리, 상 · 하류의 수위 차)
- 감세지 부근의 지형, 지질, 수리특성(하류수위, 유황 등)
- 하류하천 하도상황 및 하도특성

2) 보에서 적용가능한 감세지로는 정수지형이며, 물받이를 하상보다 낮게 하여 정수지를 만드는 형식이다.

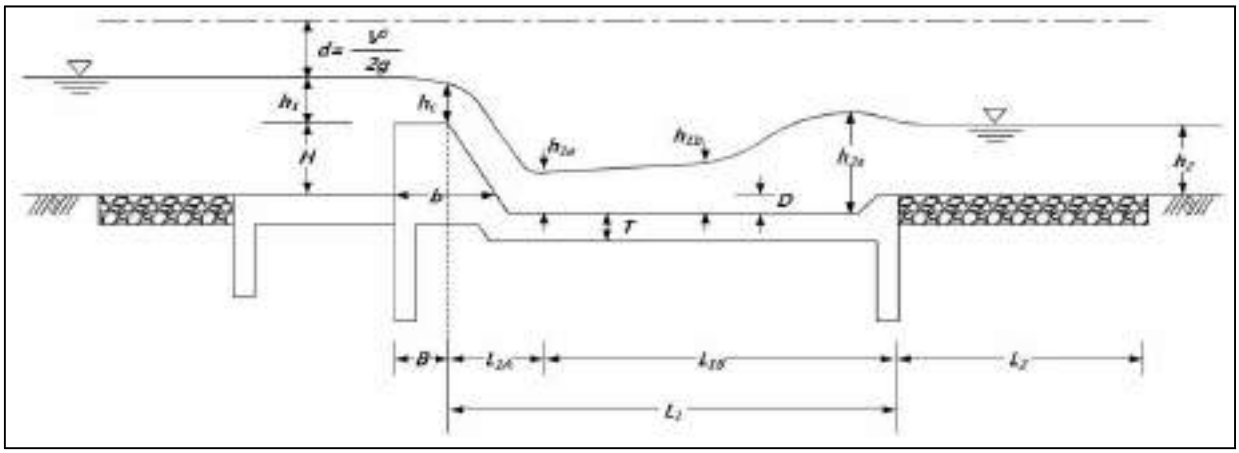
3) 감세지 깊이결정

가) 고유속 흐름에 의한 보 하류측 물받이 길이가 과다하게 산정되는 경우, 보 하단에 감세지를 설치하여 물받이 규모를 적정하게 조정할 수 있다.

나) 감세지 깊이는 일반적으로 고정보에서 계산된 월류낙하수심(h_{1a})과 하류 하천의 수심(h_2)의 차를 이용하여 산정한다.

$$D = h_2 - h_{1a}$$

여기서, D : 감세지 깊이(m), h_{1a} : 월류낙하수심(m), h_2 : 하류 하천의 수심(m)

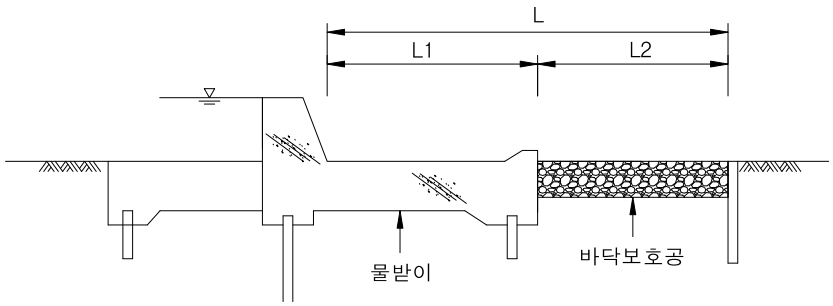


(그림 1.1-6) **< 감세지 설치 단면도 >**

라. 바닥보호공

1) 상류측 바닥보호공은 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 보를 보호하기 위해 설치하며, 길이는 계획홍수량 유하시의 수심 이상의 길이를 확보하여야 한다.

바닥보호공



바닥보호공 길이결정

□ 블라이(Bligh) 공식

$$L_2 = 0.66C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{\frac{1}{2}} - L_1$$

L_2: 바닥보호공길이(m)

f: 안전율(가동보:1.5, 고정보:1.0)

□ 국립건설시험소 공식

$L_2 = \alpha\ q^a H^b D_{50}^c$, H≤2m

L_2 : 바닥보호공 길이(m)

q : 단위폭당 유량(㎥/s/m)

H : 하상유지공 높이(m)

D_{50} : 하상토사의 중앙입경(㎜)

α, a, b, c는 계수

구분	α	a	b	c
상류측	2.9055	0.7099	0.4237	(-)0.2207
하류측	4.1506	0.6075	0.3797	(-)0.1678

(그림 1.1-7) **< 고정보의 바닥보호공 길이 산정 공식 >**

2) 사용재료로는 일반적으로 콘크리트 블록, 사석, 돌망태 등을 사용하며, 가능하면 조도가 다른 2종류 이상의 재료를 사용하여 유속을 서서히 감소시켜 흐름을 원활하게 하는 것이 바람직하다.

3) 하류측 바닥보호공의 길이는 하류측 하천의 계획홍수시 수심의 최소 3~5배 정도 확보하는 것이 바람직하다. 그러나 하상으로부터 세굴 한계선인 하부 암반까지 토사층의 두께가 얇을 경우 토사층 두께의 6배 정도로 할 수 있으며, 토사층이 두꺼울 경우 추정 세굴심의 6~8배 정도로 할 수도 있다.

4) 바닥보호공 길이는 bligh 공식, 국립건설시험소의 경험공식을 이용하여 길이를 산정할 수 있으나, 이는 오랫동안 사용된 경험공식으로 길이를 정하는데 참고하고 수리모형실험 또는 수치해석 등을 활용하여 정확성을 높일 수 있다.

5) 바닥보호공에 사용되는 재료들은 활동 및 박리에 대한 안정을 검토하여야 하며, 사석의 최소사석입경은 Isbash식으로 부터 결정할 수 있다. Isbash식 외에 Isbash식을 개선한 Pilarczyk식(1995), Escarameia와 May식(1992), Mynord식(1993) 등을 이용하여 사석의 입경을 결정할 수 있다.

< 사석입경 산정공식 >

(표 1.1-6)

Isbash (1935)	$D_{\min} = \left(\frac{U_c}{E}\right)^2 \left[\frac{\rho}{2g(\rho_s - \rho)}\right]$ 여기서 U_c : 사석 주변의 유속으로서, 설계시에는 수심평균 유속 E : 무차원 매개변수로서 1.2(돌출된 경우 0.86) ρ_s와 ρ : 모래와 물의 밀도
Pilarczyk (1995)	$D_{n50} = \frac{\varnothing}{s-1} \frac{0.035}{\Psi_{cr}} K_T K_h K_s^{-1} \frac{U_d^2}{2g}$ 여기서 D_{n50} : 사석의 평균입경(m), $\varnothing$: 사석의 수중안식 계수(0.5~1.5) Ψ_{cr} : 안정계수(사석:0.035) s : 사석의 상대 밀도(2.65) K_T : 난류계수, K_h : 속도분포계수 K_s : 경사계수 = $\cos\theta$ x$(1-(\tan\theta/\tan\varnothing)^2)^{0.5}$ U_d : 평균유속(m/s), g : 중력가속도(m/s^2)
Escrameia와 May (1992)	$D_{n50} = C\frac{U_b^2}{2g(s-1)}$ 여기서 D_{n50} : 상당입경(equivalent cube)으로 D_{n50}=0.909D_{50} U_b : 0.1d에서 측정한 평균유속(m/s), s : 비중 C : 0.1d에서의 난류강도(turbulence intensity, TI:u_{rms}/U_b)

〈 사석입경 산정공식 〉

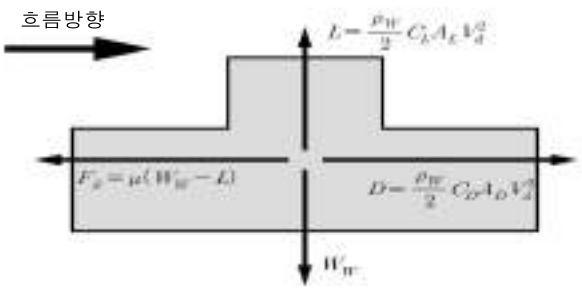
(표 1.1-6)(계속)

Maynord식 (1993)	$D_{30} = S_f C_s C_v C_T [(\frac{1}{(s-1)})^{0.5} \frac{U_d}{\sqrt{K_l g y}}]^{2.5}$ 여기서 S_f : 안정계수, C_s : 안정계수, C_v : 유속 분포 계수 s : 사석의 상대 밀도(2.65), U_d : 평균유속(m/s) g : 중력가속도(9.8m/s^2), K_l : 경사보정계수 y : 수심(m)

6) 콘크리트블록의 경우 아래의 식을 이용하여 작용하는 힘에 대한 활동검토를 할 수 있다.

$$\mu(W_w - L) \geqq f_s D$$

여기서 W_w : 바닥보호공 재료의 수중중량
L : 재료가 받는 양력
D : 재료가 받는 항력
μ : 마찰계수(=0.65)
f_s : 안전율(일반적으로 1.3)



(그림 1.1-8) 〈 블록의 힘의 균형에 대한 개념도 〉

7) 유속 및 낙차에 의한 토사흡출을 방지하기 위하여 부직포를 설치한 후 바닥보호공을 설치한다.

8) 돌망태계열로 설치 시 망태의 거동(말림현상)을 억제하기 위해 별도의 가로·세로보강을 할 수 있다.

9) 블록은 개체로서 흐름에 저항할 경우 약할 수 있으므로, 블록 간 연결되는 구조로 하여 전체 블록으로 흐름에 저항할 수 있도록 하는 것이 좋다.

10) 바닥보호공 저면의 하상입자의 흡출에 의한 파손을 방지하기 위해 필터층 설치 등 필요한 조치를 취하여야 한다. 특히 물받이 접합부 등 흐름의 변화가 크거나 고유속이 발생하는 부분에서는 토사 흡출의 우려가 크므로 블록 아래에 기초바닥을 만들거나 물받이 접합부 등에 격벽을 설치하는 등 충분히 보강하여야 한다.

11) 바닥보호공 하부는 필터층(전석층, 자갈층 등)으로 설치한다. 필터층 대신 필터매트로 설치할 수 있으나, 찢어짐에 의한 기능상실, 블록과 지반 사이의 마찰계수 저하로 활동 등 피해가 발생할 수 있으므로 채택 시 주의하여야 한다.

12) 바닥보호공 선단부에는 소상어류의 휴게와 대피를 위하여 웅덩이를 설치한다.

1.1.5 가동보 설계

가. 가동보

가동보는 문짝(gate)에 의해서 수위조절이 가능한 보로 크게 배사구와 배수구로 이루어진다.

1) 가동보 형식 분류

가동보는 전동방식에 따라 유압식, 공압식, 기계식 가동보가 있으며 그 외에 수압식, 무동력 가동보 등이 있다.

2) 가동보의 높이

가동보를 세웠을 때 높이는 치수상 안전성 확보를 위하여 보 지점의 계획하상고와 계획홍수위의 중간값보다 낮아야 한다.

3) 경간길이 및 가동부

가동보의 경간길이는 보 본체의 중심선간의 거리이며, 아래 표의 값 이상으로 결정하는 것이 바람직하다.

〈 계획홍수량과 경간길이 〉

(표 1.1-7)

계획홍수량(㎥/s)	경간길이(m)	배사 및 통선구간 경간길이(m)
500 미만	15	12.5
500 이상 ~ 2,000 미만	20	12.5
2,000 이상 ~ 4,000 미만	30	15
4,000 이상	40	20

가) 보의 가동부 전체길이가 30m 미만인 보에서 계획홍수량이 500㎥/s 미만일 경우에는 가동부의 경간길이를 12.5m 이상으로 할 수 있으며 단, 하폭이 12.5m 이하인 경우에는 그 하천의 홍수시 수면폭 이상으로 한다.

나) 높이가 2m 이하이고 가동보가 전도식인 경우에는 가)에 해당하는 경우를 제외하고 문짝의 종길이와 횡길이의 비를 1/10 이상 (15m 미만일 경우는 15m)으로 할 수 있다.

다) 배사구의 기능을 가진 가동부에 있어서 계획홍수량이 2,000㎥/s 이상인 경우는 위의 표에서 제시한 값의 1/2 이상(15m 미만일 경우는 15m)으로 할 수 있다. 그리고 계획홍수량이 2,000㎥/s 이하인 경우는 경간길이를 12.5m까지 할 수 있다. 단, 보의 전체길이를 평균한 경간길이는 위

의 표의 값보다 작아서는 안 된다.

라) 경간길이가 40m 이상일 경우는 유심부 이외에 설치되는 관리교 교각의 경간길이는 25m 이상으로 할 수 있다. 단, 이경우에 가동보의 평균경간길이는 위의 표의 값보다 작아서는 안 된다.

4) 관리교

가) 가동보 운영을 위한 운영시설은 제내지에 설치하는 것을 우선적으로 고려하여 부득이 설치시에는 '제2편 제7장 하천통문'을 참조한다.

나. 물받이, 감세지 및 바닥보호공

1) 가동보의 물받이와 상판과의 연결부는 수밀성을 확보하고 부등침하에 대응 가능한 구조로 설계한다.

2) 가동보의 물받이와 바닥보호공은 고정보와 같은 방법으로 설계하되 그 길이는 가동보의 개폐조건, 적용공식의 안전율 등을 고려하여 결정한다. 필요에 따라 가동보의 개폐조건을 고려하여 부정류 해석을 통한 물받이와 바닥보호공 길이 및 보호공의 규모를 설계할 수 있다.

다. 기타시설

1) 가동보를 설치할 경우에는 문짝이 기립하는 동안에도 하류측으로 하천유지에 필요한 유량을 보낼 수 있는 유지유량 공급시설을 설치하여야 한다.

2) 보에는 조작 및 유지관리를 위해 필요시 부속설비를 설치한다.

1.1.6 자연형 보 설계

가. 자연형 보

자연형 보는 보의 본체 및 물받이를 나무, 돌 등과 같은 자연재료를 사용하여 해당 하천의 특성에 따라 다양한 형상으로 계획하여, 수중생물 등과 같은 하천 생태계의 보전을 위한 서식처 및 이동경로를 조성하고, 하천 수변 식생과 하천경관의 보전 및 향상을 도모하여야 한다.

1) 설계 일반사항

가) 해당 하천에 관하여 다음과 같은 사항을 조사하고 하천생태계의 특성을 분석한다.

- 하천의 수리・수문・수질・형태를 조사하여 보의 계획시 하상변동을 분석한다.
- 생태계의 조사를 통하여 하천 생태계의 구조 및 기능을 분석하고 하천 경관 특성을 분석한다.

나) 해당 하천에 대해 하천 수량, 수질, 생태계, 경관 등 하천 환경을 평가한다.

다) 해당하천에 관한 조사・분석・평가의 결과를 자연형 보의 설계내용에 반영한다.

라) 보는 상・하류에 퇴적과 침식의 원인이 되므로 해당하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면으로 계획하여야 한다.

마) 하천에서 어류, 미생물의 이동이 단절되지 않고, 수생생물이 잘 서식할 수 있는 환경을 조성할

수 있도록 계획하여야 한다.

바) 하천생태계의 기반이 되는 것은 물과 하상재료이며, 하천생태계는 수질, 흐름의 상태(유속, 수심)와 하상재료의 종류에 의하여 많은 영향을 받는다.

사) 이송되는 물, 얼음 또는 유사를 무리 없이 통과시켜야 하며, 갈수기에는 가능한 한 깊은 수심이, 홍수기에는 낮은 수심이 유지되어질 수 있어야 한다.

아) 유량이 통과될 때 최대 한계소류력 및 한계유속을 넘어서는 안 된다.

자) 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

2) 설계방향

가) 수리적 안정성은 수위 계산을 통하여 홍수위에 대한 영향을 파악한다. 이를 통해 자연형 보의 형태, 재료 등을 결정한다.

나) 자연형 보의 형상 설계에서 중요한 변수인 보의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하천의 경사, 저수시의 웅덩이의 수심 등에 따라 결정한다.

다) 홍수시의 통수능을 계산하여 통수능에 문제가 있을 경우에는 보의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보하도록 설계한다.

라) 자연형 보의 조성에 사용되는 재료는 일반적으로 다양한 크기의 돌을 사용할 수 있으며, 가장 큰소류력을 받는 하상보호공의 정상부에는 계획홍수량이 흐르는 조건에서 떠내려가지 않는 크기의 거석을 사용한다. 하상보호공의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아서 폭기작용 등을 유도하고, 홍수시 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다

마) 자연재료를 이용한 자연형 보 설계시 유수가 보 하부로 유출되어 건천화 되지 않도록 유의한다.

바) 어도 겸용으로 자연형 보 계획시 갈수시에도 어도부에 최소 소요수심이 확보되어 어류가 소상될 수 있도록 계획하여야 한다. 전면형 어도는 지양하며, 갈수시에도 일정 소유 수심이 확보될 수 있도록 어도폭을 결정하여 적용하여야 한다.

사) 규모가 과대할 경우 경제성을 고려하여 1 / 20 획일적인 경사는 지양하고 자연형 보는 완경사(1/10이상)로 설치후 어도부만을 1/20 경사로 설치하는 계획을 고려하여야 한다.

1.1.7 부대시설

1) 보를 설치할 때는 필요에 따라 취수구, 배사구, 침사지, 어도, 갑문, 관리교, 수문조작 및 유지관리 시설 등을 설치한다.

2) 가동보는 필요에 따라 조작을 위한 관리교 등의 관리시설을 설치한다.

3) 가동보 및 배사구가 있는 고정보에서 수문조작에 의한 하류측 수위변동이 뚜렷한 구간에서는 경보시설을 설치할 필요가 있다.

4) 보 설치 시 가물막이는 하천 유로부의 1/2씩 설치하는 것을 원칙으로 하되 보 형식 및 현장 여

건을 고려하여 계획한다. 가물막이는 '제7편 제1장 하천 가시설 설계'를 기준으로 한다.

5) 터파기시 유입수의 처리는 '제6편 제4장 하천기타시설'을 기준으로 한다.

6) 보의 기초 및 차수벽 설계는 '제7편 제4장 하천차수설계'를 기준으로 한다.

7) 어도 출구부에는 유목 유입 방지 및 조류·천적 방호시설 설치를 고려하여야 한다.

가. 취수구

1) 취수구는 계획용수량을 안정적으로 취수할 수 있고 취수량 조절이 가능하며, 토사나 부유물이 유입되지 않고 쉽게 제거할 수 있도록 유지관리가 용이한 구조로 설계한다.

2) 하천수위보다 위에 있지 않게 취수구 높이를 결정한다.

3) 원칙적으로 양안 취수는 피한다.

4) 취수유속은 0.6~1.0m/s 정도를 표준으로 한다.

5) 지형이 허용될 경우는 취수정을 설치하여 취수한다.

6) 취수구의 턱 높이는 유사유입을 최소화 할 수 있도록 기왕최대 갈수위에서 0.4H(H : 수심)되는 지점에 취수구 턱으로 설치한다.

7) 취수구 폭(b)는 다음 식으로 구한다.

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

여기서 Q : 계획최대 취수량(㎥/s)
H : 취수수심(m)
V : 취수유속(m/s)

8) 취수구는 취수량을 제어하는 문짝을 설치하고 수문은 조작이 편리한 구조로 선정한다.

9) 취수구 문짝 조작대는 홍수시 영향을 고려하여 유수와 평행(제방과 평행)하게 설치한다.

나. 배사구 및 침사지

1) 배사구의 규모 및 설치위치는 평상시에 보 상류에서는 토사가 퇴적되지 않고, 보 하류로 토사를 원활하게 공급할 수 있도록 결정한다.

2) 배사구는 토사를 배제하고 취수를 용이하게 하기 위하여 취수구보다 일반적으로 0.5~1.0m 정도 낮게 하는 것이 바람직하며, 배사구 수로가 긴 경우는 경사를 두어 원활한 유사배제가 될 수 있도록 한다.

3) 배사구는 취수시 유수를 저류할 수 있도록 설치하되 유량의 규모를 고려하여 수문, 스톱로그(stop log) 등을 고려한다.

4) 배사구 수문의 관리교는 홍수에 견딜 수 있게 면밀히 검토하고 관리교로 인한 홍수소통의 지장이 없게 유수와 평행한 단경간 구조로 설계한다.

5) 하천의 흐름에 따라서 취수되는 물과 함께 토사가 유입되어 수로에 퇴적되고, 용수의 공급을

막으면, 농경지에 유입되어 지장을 주기도 하는데 이와 같은 유입토사를 침전시켜 배제하기 위해 침사지를 설치 할 수 있다.

6) 침사도랑의 바닥기울기는 지형에 따라 다르지만 지금까지의 사례에 비추어 1/20 ~ 1/70으로 하고 관개용 침사지에서는 1/50 내외를 표준으로 한다.

7) 침사지에 침전된 토사를 자연배사 할 때는 침사도랑의 바닥기울기, 침사도랑 말단에서 배사관까지의 이동부, 배사관 입구와의 높이차 및 배사관 연결각은 물론 배사유량과 배사관의 단면형과의 관계가 적정하여야 한다.

8) 침사지에서 침사도랑의 최소길이는 다음 식으로 결정한다.

$$L = k\frac{H}{V_g}u$$

여기서 L : 침사도랑 길이(m)
k : 안전계수(1.5 ~2.0)
H : 침사도랑의 평균수심(m)
u : 침사도랑의 평균유속(m/s)
V_g : 최소침전입경의 한계침강속도(m/s)

9) 침사지의 폭은 수심 H, 유속 V, 취수량 Q에 의하여 B=Q/(H · V)(m)로 결정한다.

다. 측면 보호공

측면보호공 설계는 '제2편 제4장 하천하상유지시설'을 기준으로 한다.

라. 차수시설

1) 보를 투수성 지반에 설치 할 때는 파이핑(piping) 현상이 일어나지 않도록 충분한 투수로 길이를 확보해야 하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수벽을 설치하여야 한다.

2) 투수로의 길이는 일반적으로 다음의 블라이공식을 사용하여 결정한다.

$$\ell \geq C \cdot \Delta H$$

여기서 ℓ : 투수로의 길이(m)
C : Bligh 계수
ΔH : 상하류의 수위차(m)

3) 차수벽은 원칙적으로 콘크리트, 강철 널말뚝, 케이슨 등을 사용하여 설치하고 상하류의 수위차에 의해 생기는 침투수의 동수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계해야 한다.

4) 차수벽은 상판, 물받이 하부, 제방에 보가 연결되는 부분 및 상하류 접속옹벽의 저판하부에 설치한다.

5) 기타 보에 계획되는 차수공은 '제7편 제4장 하천차수설계'을 참조한다.

마. 관리교

1) 가동보 운영을 위한 운영시설은 제내지에 설치하는 것을 우선적으로 고려하고 부득이 설치 시에는 '제2편 제7장 하천통문'을 참조한다.

1.2 수량 산출 요령

1.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.0	보				
1.1	토공사				
1.1.1	터 파 기				
1)	터파기(육상 0~3m)	인력	㎥		
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		
1.1.2	되메우기				
1)	되메우기	인력	㎥		
2)	되메우기	기계	㎥		
1.1.3	비탈면보호공				
1)	줄 떼		㎡		
2)	평 떼		㎡		
1.1.4	씨앗뿜어뿌리기(Seed Spray)	성토면	㎡		
1.1.5	거적덮기		㎡		
1.1.6	잔토처리		㎥		
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.2	콘크리트 펌프카				
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50~100㎥/일	㎥		
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0~7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0~7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0~7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0~7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0~7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0~7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0~7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0~7m	㎡		
⑨	무늬거푸집	0~7m	㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
2)	유로폼	0~7m	㎡		
1.2.4	철 근				
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
5)	철근 조립	(간단)	ton		
6)	철근 조립	(보통)	ton		
7)	철근 조립	(복잡)	ton		
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		
1.2.7	잡철물제작설치 (난간)	(간단)	ton		
1.2.8	스페이서 설치				
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.2.9	모르타르				
1)	모르타르(1:2)		㎥		
2)	모르타르(1:3)		㎥		
3)	모르타르(1:4)		㎥		
1.2.10	잡석부설		㎥		
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
2)	수팽창지수재 설치		m		
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		
1.2.13	P.V.C PIPE		m		
1.2.14	가동보 제작 및 설치				
1)	슬라이드형 가동보		식		
2)	회전식 가동보		식		
3)	전도식 가동보		식		
4)	하단배출식 가동보		식		
5)	고무보		식		
1.2.15	취입수문 제작 및 설치		식		
1)	문비		식		
2)	문틀		식		
3)	개폐장치		식		
1.2.16	취수관 부설				
1)	흄관접합 및 부설(칼라식)	∅600, 800, 1000, 1200㎜	m		
2)	흄관접합 및 부설(소켓식)	∅600, 800, 1000, 1200㎜	m		
1.2.17	배사구 제작 및 설치		식		
1.3	연결호안 및 바닥보호공사				
1.3.1	비탈덮기				
1)	타원형 돌망태		㎡		

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
2)	사각형, 매트리스형 돌망태		㎡		
3)	상자형 돌망태		㎥		
4)	돌붙임, 돌쌓기		㎡		
5)	환경생태 블록		㎡		
1.3.2	호안머리				
1.3.3	비탈멈춤(기초)				
1)	돌붙임	메붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		
2)	돌쌓기(석축)	찰붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		
3)	콘크리트 블록		㎡		
1.3.4	밑다짐				
1)	콘크리트 블록		㎡		
2)	사석공		㎥		
3)	(매트리스형) 돌망태		㎡		
4)	주머니형 돌망태		㎡,㎥		
1.3.5	배면(필터) 매트		㎡		
1.3.6	자연석(전석및발파석) 쌓기		㎡		
1.3.7	식물재 호안 설치		㎡		
1.3.8	호박돌 붙임		㎡		
1.3.9	왯가지 호안 설치		㎡		
1.3.10	식생매트 설치		㎡		
1.3.11	식생포대 설치		㎡		
1.3.12	방틀 설치		m		
1.4	부대공사				
1.4.1	가물막이		㎥		
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.4.2	물푸기		hr		
1.4.3	기존구조물 철거				
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
3)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
4)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
5)	석축 헐기		㎡		
6)	기존호안블록 헐기		㎡		
7)	돌망태 헐기		㎡		
1.4.4	운반공				
1)	중기 운반		식		
2)	철근 운반		ton		
3)	시멘트 운반		40kg/대		
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
5)	골재 운반		㎥		
1.4.5	가설사무실 설치		식		
1.4.6	세륜시설 설치		개소		
1.4.7	오탁방지막 설치		식		
1.4.8	축중기 설치		조		
1.4.9	시공측량비		개소		

1.2.2 일반사항

1) 수량산출은 공정 순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공사

나) 구조물공사

다) 연결호안 및 바닥보호공사

라) 부대공사

2) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다.

※ 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

3) 유용토 및 공제토

가) 유용토

구조물공 및 기타 등의 잔토 유용

※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리

나) 공 제 토

(1) 보 : 보본체, 물받이, 차수벽 등 공제

(2) 바닥보호공 : 본체

(3) 연결호안공 : 옹벽, 연결호안 등 공제

(4) 기 타 등

4) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출 집계한다.

5) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

1.2.3 토공사

토공사에 관한 수량산출내역은 '제2편 제1장 하천제방' 에 준한다.

1.2.4 구조물공사

가. 가동보 제작 및 설치(식)

1) 가동보는 가동보의 사용목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성 등을 종합 고려하여 형식을 결정한다.

2) 가동보 형식의 종류는 회전식, 전도식, 고무보, 슬라이드형 가동보, 하단배출식 가동보 등이 있으며 개별 보 특성에 따라 설치 및 자재는 현장 여건이 고려된 견적을 원칙으로 한다.

나. 취입수문 제작 및 설치(식)

1) 취입수문은 계획취수용량이 통과할 수 있는 적절한 크기의 취수관 및 취입수문을 선정한다.

2) 취입수문은 취수관의 크기에 따라 문틀과 문짝, 권양기로 구성되어지며, 권양기가 포함된 일체식 수문 등이 개별 취입수문의 특성과 일치되도록 계획되어야 하며 설치 및 자재는 견적을 원칙으로 한다.

다. 배사구 제작 및 설치(식)

1) 배사구는 보 구조물에 있어 쌓여진 토사를 배출시키는 시설로 토사의 배출, 시설물의 유지관리 등을 고려하여 적정규모로 계획되어야 하며, 개별 보 구조물의 특성과 일치되도록 계획되어야 한다. 판재 또는 철재를 사용하여 제작 및 설치를 원칙으로 하며, 제품 이용시 ea로 수량산출 할 수 있다.

1.2.5 연결호안 및 바닥보호공사

1) 연결호안 공사에 관한 수량산출내역은 '제2편 제2장 하천호안' 에 준한다.

2) 바닥보호공사에 관한 수량산출내역은 '제2편 제4장 하천 하상유지시설' 에 준한다.

1.2.6 부대공사

1) 부대공사에 관한 수량산출내역은 '제6편 제4장 하천기타시설' 에 준한다.

1.3 단가 산출 요령

1) 제방 계획에 관한 단가산출은 '제2편 제1장 하천제방' 에 준한다.

2) 호안 계획에 관한 단가산출은 '제2편 제2장 하천호안' 에 준한다.

3) 하상유지시설에 관한 단가산출은 '제2편 제4장 하천 하상유지시설' 에 준한다.

4) 구조물에 관한 단가산출은 '제7편 제3장 하천구조설계' 에 준한다.

5) 기타 및 부대시설에 관한 단가산출은 '제6편 제4장 하천기타시설' 에 준한다.

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ **본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함** **본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함** **단가 기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈' 에 따라 변경 적용하여야 함**	
1.3.1	가동보 제작 및 설치	식	■ 견적을 기준(세부내역 수록) ■ 가동보의 자재, 가동보의 설치, 가동보의 운반으로 구성되어야 하며, 현장설치의 경우 가동보의 운반은 제외	
1.3.2	조립식 어도블럭 설치	ea	어도블럭(3ton 급)/개 1) 재료-어도블럭 : 별도계상(구입 및 운반) 2) 설치(중량구조물 3,000~3,500kg 적용) ① 인력 - 특별인부(인) : 0.15, 보통인부(인) : 0.53 ② 기계-트럭 크레인 10ton -크레인 운전(시간) Q=1.67hr	「건설공사 표준품셈」 6-7 조립식 구조물 설치공
1.3.3	취입수문 제작 및 설치	식	■ 견적을 기준(세부내역 수록) ■ 취입수문의 자재, 취입수문의 설치, 취입수문의 운반으로 구성되어야 하며, 현장설치의 경우 취입수문의 운반은 제외, 설치비용 없을 경우 재료비의 5%를 계상	
1.3.4	배사구 제작 및 설치	개소	1) 재료-강판 : 2) 제작설치(잡철물 제작 및 설치 적용 품셈 8-3(건축)) ① 노무비 철공 : 3.28인, 용접공 : 0.90인, 특별인부 : 1.19인, 보통인부 : 0.60인 ② 공구손료 및 경장비의 기계경비 인건비의 5% ③ 잡재료비 인건비의 3%	※잡철물제작설치 (현장제작 설치-일반철재) ※하천시설물예시도 참조

제2장 하천어도

제2장 하천어도

2.1 설계 요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

하천을 가로막는 수리시설물에 의하여 이동이 차단 또는 억제된 경우에 물고기를 포함한 동물의 회유를 목적으로 만들어진 수로 또는 장치를 총칭한다.

나. 적용범위

본 설계요령은 하천에 설치되는 보, 수문, 하상유지시설 등오로 인하여 어류의 이동이 곤란한 또는 불가능하게 될 경우 이를 해소할 수 있도록 하는 하천어도에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 농업생산기반시설 설계기준(KDS 67 15 05)(2018, 농림축산식품부)
4) 소하천 설계기준(2018, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)
3) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)
4) 농업생산기반 정비사업 조사 · 설계 실무요령(2000, 한국농어촌공사)

마. 설계일반사항

어도계획은 어류를 비롯한 수생동물의 이동에 미치는 영향을 최소화하는 것을 기본으로 계획하여야 한다.

1) 어도를 설치하려는 자는 어도에 관한 실시설계를 완료하기 전에 어도시설 설치협의서에 수산연구기관의 장과 미리 협의하여야 한다.
   - 어도시설 설치계획서
   - 어도의 설계도
   - 환경영향평가서 사본
2) 지방하천 또는 소하천에 어도를 설치하려는 자가 어도설계 기준(해양수산부장관이 정하여 고시)

에 맞게 어도를 설치하는 경우에는 협의를 생략할 수 있다.

- 어도설계기준상 “「내수면어업법시행규칙」제21조제1항의 규정에 의한 “어도설계기준“은 건설기술진흥법 제44조의 규정에 의하여 국토교통부장관이 정한 “하천설계기준“을 준용한다.” 로 설명되고 있다.

3) 어도설치가 면제되는 댐

- 댐 높이가 20ｍ 이상이거나 총 저수용량이 3천만㎥ 이상인 댐

4) 어도설치를 아니할 수 있는 경우(내수면어업법 시행규칙 제20조)

- 어류의 서식이 현저히 적고 그 사유의 개선이 어려운 경우
- 하천의 수질이 어류의 서식에 적합하지 않고 개선이 어려운 경우
- 평수기에 하천의 유량이 극히 적어 건천이 자주 발생하는 경우

5) 여울형태의 어도설치 시 고려사항

- 하천설계기준(KDS 51 40 10)(2018, 국토교통부)에서 제시하는 어도의 기본제원(수심, 경간, 폭, 유속 등)을 적용하여야 한다.
- 부득이 친수·경관적인 측면에서 여울 또는 돌붙임 등의 비표준형식의 어도를 계획 하더라도 전면형태가 아닌 일정구간은 반드시 표준형식의 어도를 병행하여 설치하는 것이 바람직하다.
- 큰 물고기가 수심이 낮아 소상 또는 회유가 곤란하지 않게 설치한다.
- 어도내의 유속을 검토하여 유영력이 약한 어종도 무리없이 소상할 수 있도록 계획한다.
- 갈수기 또는 유량이 적을 때 여울 틈 등에서 수온상승 및 용존산소 고갈로 물고기가 폐사가 되지 않도록 설치한다.

6) 하천사업 시행에 따른 어도의 설치 또는 철거 등의 사유 발생 시에는 그 결과를 통보(국가어도정보시스템)하여 종합적인 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

2.1.2. 사전조사

가. 조사 및 계획 일반

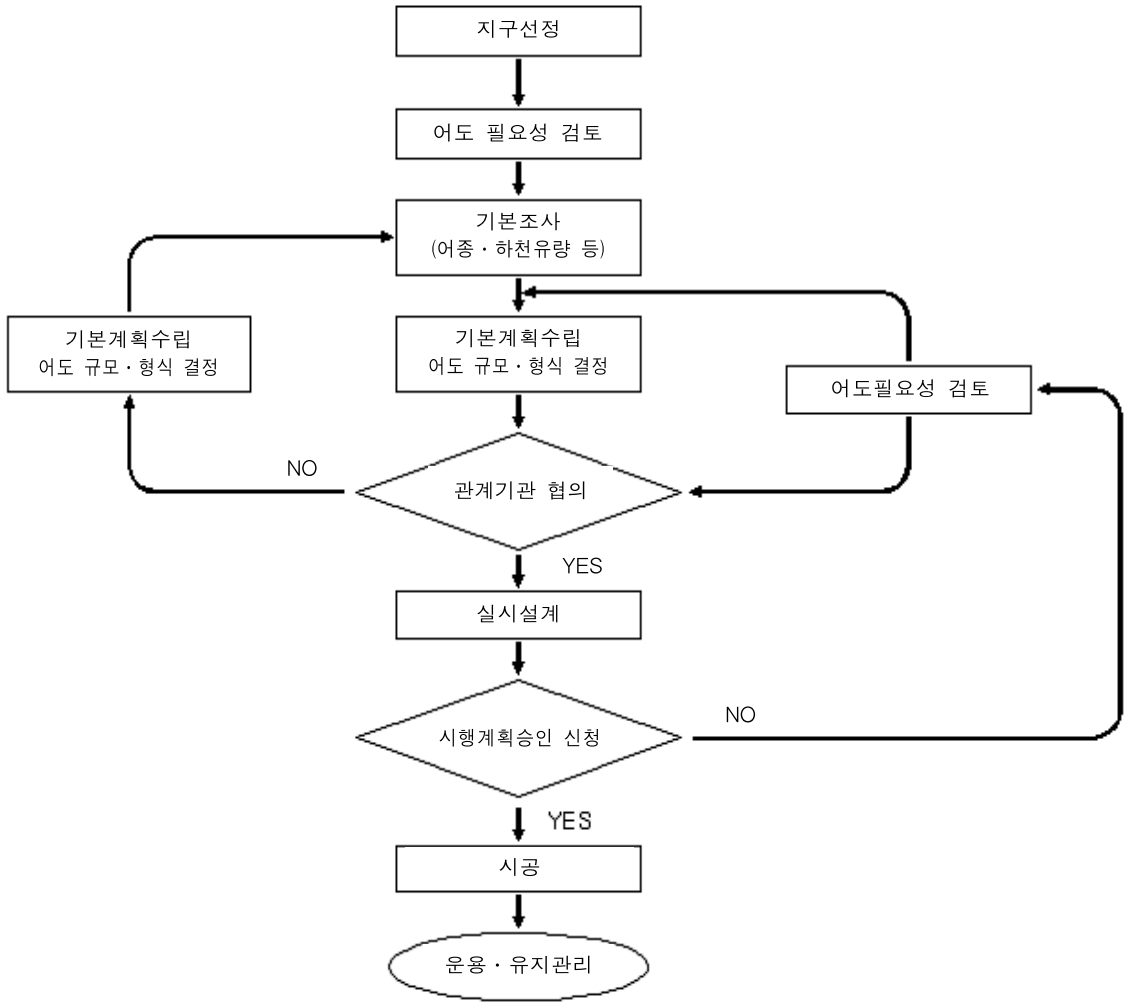
1) 어도 계획시 고려사항은 우선 수리시설물 자체의 필요성 검토가 선행되어야 한다.

2) 어도는 어류의 진입, 회유가 용이하여야 하며, 구조의 견고하고 유지관리가 쉬운 조건이어야 한다.

3) 하천에 서식하는 대상 동물을 선정하고, 회유 시기를 고려하여 설계하여야 한다.

2.1.3 어도 계획

어도 설계를 위한 일반적인 절차는 다음과 같다.



***관계기관 : 국립수산과학원 중앙내수면 연구소**
***관련법 : 내수면어업법 시행규칙 제21조(어도의 설치를 위한 협의 등)**
[시행 2021.4.22.] [해양수산부령 제481호, 2021.4.22., 일부개정]

(그림 1.1-9) **〈 어도 설계 흐름도 〉**

1) 어도 기초 설계

가) 어도의 위치는 유수소통장애 및 퇴적을 고려하여 하천의 유심과 연결되는 위치에 설치하며 하천상류의 계곡부에서 홍수시 큰 돌이 유하할 우려가 있는 경우에는 유심을 피하여 설치한다. 어도의 입구와 출구의 결정은 아래사항을 검토하여 결정하도록 한다.

(1) 어도의 입구

- 물고기의 주 이동로를 고려하여 어도 입구를 유심에 연결한다.
- 수리시설물이 하천의 직각 방향이 아니라면 수리시설물의 상류부 가장자리 쪽에 설치한다.
- 수리시설물의 방류구(배수구)를 유인수로로 활용 여부를 검토한다.
- 수리시설물 하부와 어도 입구의 연결을 우선 고려하고 방류유속이 빠른 경우에는 떨어뜨린다.
- 어류 이동경로를 사전 조사하여 입구위치를 결정한다.

- 어도 선단부에는 소상어류의 휴식 및 대피를 위하여 웅덩이를 설치할 수 있다.

(2) 어도의 출구

- 상류 퇴적지역은 피하도록 한다.
- 취수구 및 배사문 인근은 피하도록 한다.
- 어도 출구의 유입유속을 감쇄하기 위한 구조로 설치한다.

나) 어도 내의 유속은 0.5~1.0m/s 정도의 유속분포를 갖도록 조성하며, 정온역이 형성되도록 한다. 어도의 유속측정 위치로 풀형식 어도는 물이 월류되는 격벽 상단 중앙의 중간수심에서 측정하고, 수로형식 어도는 유로가 좁아지는 격벽 사이에서 측정한다.

다) 어도 유량의 결정은 하천의 유량, 취수조건, 대상 물고기의 종류 등을 고려하여 결정하고, 갈수기 취수잔량이 어도로 유출되는 유량으로 산정한다.

라) 어도의 입구와 출구는 하천수위의 시간적 변동성을 고려하여 다음과 같이 설치한다.

(1) 어도 입구 : 물이 흘러나가는 지점

현재 하천수위와 장래 하상변화를 고려하여 하상의 지면 아래 세굴심 이하로 충분히 근입하여 격벽을 설치함.

(2) 어도 출구 : 수리시설물에서 어도로 물이 유입되는 지점

어도 내 수심과 유속이 수위변동에 의하여 결정되므로 출구부는 어도의 형식에 따라 구조를 설정함.

2) 어도형식의 선정

어도의 형식 선정은 어종의 다양성, 대상어종의 유영력, 수리시설물의 길이, 어도의 유량, 수리시설물의 상하류 낙차, 상류 수위 변동폭, 공사비, 유지관리비, 휴식 풀의 필요성 등을 고려하여 선정한다.

가) 어도의 형식은 크게 풀형식, 수로형식, 조작형식, 기타로 구분한다.

나) 어도의 형식선정은 이용 어종의 다양성을 고려한 상황별 어도 선정기준표에 의해 어도형식을 선정한다.

다) 고려사항별 세부기준에 따라 각각의 어도형식별 배점을 합산하여 가장 높은 점수의 어도 형식을 선정한다.

〈 어도의 종류 및 주요특징 〉

(표 2.1-1)

어도 형식의 구분		주요 특징
풀형식 (Pool Type)	- 계단식(계단형, 노치형, 노치+잠공형, 잠공형) - 버티컬슬롯식(Vertical Slot) - 아이스하버식(Ice Harbor)	풀이 계단식으로 연속되어 있음
수로형식 (Channel Type)	- 도벽식 - 인공하도식 - 데닐식(Denil)	낙차가 없이 연속된 유로형상
조작형식 (Operation Type)	- 갑문식(Lock Gate) : (갑문형, 볼랜드형) - 리프트(Lift)/엘리베이터식 - 트럭식(Truck)	시설이 인위적인 조작으로 작동
기타형식	- 암거식(Culvert) - 혼합식(병용식) - 복합식(Hybrid)	

〈 상황별 어도 선정 기준표 〉

(표 2.1-2)

고려 사항 \ 어도 형식		도벽식	계단식	아이스 하버식	버티컬 슬롯식
이용어종의 다양성		1	2	3	3
대상어종의 유영력	강한 어종	4	3	3	2
	약한 어종	1	3	4	1
수리시설물의 길이	10m 이하	4	3	1	1
	10 ~ 100m	2	3	3	2
	100m 이상	1	3	4	3
어도의 유량	부족할 때	3	2	2	3
	충분할 때	2	3	4	4
수리시설물의 상하류 낙차 (수위차)	1m 이하	4	3	2	2
	1 ~ 5m	1	3	4	3
	5 ~ 20m	1	2	3	2
상류 수위변동폭	클 때	3	1	2	4
	적을 때	2	3	4	2
어도의 공사비		4	3	3	2
어도의 유지관리비		4	3	3	2
휴식 Pool의 필요성		2	3	4	2

2.1.4 어도 설계

1) 어도 세부 설계

가) 어도의 폭은 하천에서 용수를 제외한 갈수량을 어도로만 유하시킬 때 월류수심을 10㎝(버티컬 슬롯식 및 도벽식 어도는 20㎝)가 되도록 설정한다. 어도의 폭은 하천과 유로의 규모 및 유량을 고려하여 선정하고 어도의 형식별로 어도 내부의 수심과 유하 수량에 따라 조성하는 것을 기본으로 하며, 제시된 기본형의 어도 폭을 크게 하는 것보다는 기본형의 어도를 2~3개 설치하는 것이 바람직하며 물고기가 유영할 때 꼬리치는 폭이 체장의 1/2 정도이므로 어도의 최소 폭은 최대 소상어 체장의 1/2 이상이면 가능하다.

나) 어도의 길이는 수리시설물의 높이와 어도 경사도에 의해서 결정하며, 신축 및 시공이음을 설치하여 구조물의 균열을 방지한다.

다) 어도의 높이는 어도의 출구 수위와 입구의 수위차로, 설치하는 수리구조물 상류의 수위와 하류 하상에서의 수위에 따라 결정한다.

라) 어도의 경사도는 아래 항목에 따라 결정한다.

- 경사도는 1/20 보다 완만한 경사를 기본으로 하고, 버티컬슬롯식은 1/25 보다 완만하게 한다.
- 기울기는 어도의 입구와 출구의 높이 차이(h)와 어도의 길이(ℓ)의 비(h/ℓ)로 계산한다.
- 어도의 경사도는 평균경사도가 아니며 가장 급한 곳의 경사가 1/20 보다 완만하도록 설계한다.
- 계단식과 아이스하버식 어도에서 격벽간의 낙차는 10㎝를 넘지 않도록 한다. 이것은 어도 입구부에서의 최종 격벽과 수리구조물 하류의 하상수위와의 낙차에도 적용된다.

마) 어도 내부수심은 수로형식 어도에서는 격벽사이의 최소 수심이 0.2m 이상으로 설계하고, 풀형식 어도의 격벽 간격과 깊이는 물고기의 도약에 충분하도록 간격 2.0m, 깊이 0.7m 이상으로 설계한다. 단 하천이 협소한 구간에 대해서는 현장 여건에 따라 조정할 수 있다.

바) 어도의 입구 위치는 어류 유인에 유리한 셋백식(setback, 어도의 입구를 보의 위치까지 끌어들인 어도)을 우선적으로 적용하되, 지형 및 수리 특성에 따른 유인 효율을 고려하여 위치를 결정한다.

사) 어도 출구부의 첫 번째 격벽은 어도 내부의 격벽과 동일한 구조로 하며, 언체 상류면에 접하도록 설계한다. 어도 출구부에는 각낙을 설치하지 못하도록 설계한다.

아) 어도의 연장이 바닥보호공 전방으로 과다하게 돌출된 경우에는 어류의 유도를 위하여 바닥보호공 턱 밑에 어도 본체에 연결되는 보조어도를 설치한다. 또한 보조어도와 어도본체 사이에는 풀로서 연결한다.

자) 어도의 외벽은 소상어류의 최대 도약 높이 이상으로 해야 한다.

차) 자연형 보 또는 경사형 낙차공을 1/20으로 설치하여 어도로 활용하는 경우 갈수시 월류수심(10

㎝, 버티컬슬롯식 및 도벽식 어도는 20㎝)이 확보될 수 있도록 하여야하며, 갈수시에도 흐름이 유도될 수 있도록 하고, 항상 건천화 되지 않도록 하여야 한다. 또한 어도의 이용효율(어류의 소상률)를 고려하여 하천특성에 맞는 어도형식을 결정하여야 한다.

2.1.5 어도의 이용효율 평가

1) 어도의 이용효율 평가는 어류의 회유뿐만 아니라 하천환경변화를 고려하여야 한다.
2) 관측 시기는 어류가 주로 회유하는 3~10월을 기준으로 하되, 산란기에는 추가 조사한다.
3) 어류채집을 위한 어망은 치어까지 모두 채집이 가능하도록 그물코가 5 ㎜보다 작은 것을 사용하고, 어도 출구 전체에 설치하여 24시간 동안 포집하여야 한다.
4) 어도의 이용효율 평가를 위한 어류 모니터링 방법은 주변 환경 및 조건 등을 고려하여 투망, 족대, 정치망, 자망, 통발 및 꼬리표 등 중 선택적으로 선정한다.
5) 어류에 부착된 꼬리표를 통한 어도의 이용효율 평가 시 유인효율과 이동효율을 분리하여 평가하고, 각각의 효율을 극대화 할 수 있는 관리 방안을 마련한다.
6) 장기하상변동에 따른 어도 주변의 수리특성 변화를 분석하여 어도의 이용효율이 저하되지 않도록 관리한다.

2.2 수량 산출 요령

2.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.0	어도				
1.1	토공사				
1.1.1	터 파 기				
1)	터파기(육상 0~3m)	인력	㎥		
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		
1.1.2	되메우기				
1)	되메우기	인력	㎥		
2)	되메우기	기계	㎥		
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.2	콘크리트 펌프카				
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50～100㎥/일	㎥		
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0～7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0～7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0～7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0～7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0～7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0～7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0～7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0～7m	㎡		
⑨	무늬거푸집	0～7m	㎡		
2)	유로폼	0～7m	㎡		
1.2.4	철 근				
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
5)	철근 조립	(간단)	ton		
6)	철근 조립	(보통)	ton		
7)	철근 조립	(복잡)	ton		
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		
1.2.7	잡철물제작설치 (난간)	(간단)	ton		
1.2.8	스페이서 설치				
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.2.9	모르타르				
1)	모르타르(1:2)		㎥		
2)	모르타르(1:3)		㎥		
3)	모르타르(1:4)		㎥		
1.2.10	잡석부설		㎥		
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
2)	수팽창지수재 설치		m		
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		
1.2.13	P.V.C PIPE		m		
1.3	어도 설치				
1.3.1	조립식 어도블럭 설치		식		
1.3.2	어도 현장 설치		식		
1.4	부대공사				
1.4.1	가물막이		㎥		
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.4.2	물푸기		hr		
1.4.3	운반공				
1)	중기 운반		식		
2)	철근 운반		ton		
3)	시멘트 운반		40kg/대		
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
5)	골재 운반		㎥		
1.4.4	가설사무실 설치		식		
1.4.5	세륜시설 설치		개소		
1.4.6	오탁방지막 설치		식		
1.4.7	축중기 설치		조		
1.4.8	시공측량비		개소		

2.2.2 일반사항

1) 수량산출은 공정 순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공사

나) 구조물공사

다) 연결호안 및 바닥보호공사

라) 부대공사

2) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다.

※ 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

3) 유용토 및 공제토

가) 유용토

구조물공 및 기타 등의 잔토 유용

※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리

나) 공 제 토

4) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출 집계한다.

5) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

2.2.3 토공사

토공사에 관한 수량산출내역은 '제2편 제1장 하천제방' 에 준한다.

2.2.4 구조물공사

1) 조립식 어도블럭 설치(식)

가) 어도는 풀형식, 수로형식, 조작형식, 기타형식에 따라 구분되며, 어종의 다양성, 대상어종의 유영력, 수리시설물의 길이, 어도의 유량, 수리시설물의 상하류 낙차, 상류 수위 변동폭, 공사비, 유지관리비, 휴식 풀의 필요성 등을 종합 고려하여 형식을 결정한다.

나) 조립식 어도의 설치는 개별 보 구조물의 특성에 따르고, 조립식 어도 블록은 갯수로 수량을 산정하여 설치한다.

2.2.5 부대공사

1) 부대공사에 관한 수량산출내역은 '제7편 제1장 하천 가시설 설계 및 제6편 제4장 하천기타시설' 에 준한다.

2.3 단가 산출 요령

1) 구조물에 관한 단가산출은 ‘제7편 제3장 하천구조설계’에 준한다.

2) 기타 및 부대시설에 관한 단가 산출은 ‘제7편 제1장 하천 가시설 설계 및 제6편 제4장 하천기타시설’에 준한다.

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 **본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함** **단가 기준은 사업 적용시점 기준의 최신 ‘건설공사 표준시장단가’ 및 ‘건설공사 표준품셈’에 따라 변경 적용하여야 함**	
2.3.1	조립식 어도블럭 설치	ea	어도블럭(3ton 급)/개 1) 재료-어도블럭 : 별도계상(구입 및 운반) 2) 설치(중량구조물 3,000~3,500kg 적용) ① 인력 - 특별인부(인) : 0.15, 보통인부(인) : 0.53 ② 기계-트럭 크레인 10ton -크레인 운전(시간) Q=1.67hr	「건설공사 표준품셈」 6-7 조립식 구조물 설치공

제3장 하천취수시설

제3장 하천취수시설

3.1 설계 요령

3.1.1 일반사항

가. 정의

하천취수시설은 발전용, 농업용수 및 생활용수 등의 취수를 위해 하천에 설치되는 취수용보 및 양수장 등의 유입부에 설치되어 취수를 용이하게 할 목적으로 설치되는 시설물을 총칭한다.

나. 적용범위

본 설계요령은 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 하천에서 취수하여 용수를 공급하는 취수시설에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 상수도 설계기준(KDS 57 45 00)(2017, 환경부)
4) 소하천 설계기준(2018, 행정안전부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)
3) 농업생산기반 정비사업 조사 · 설계 실무요령(2000, 한국농어촌공사)

마. 설계 일반사항

1) 모든 취수시설은 기능과 유지관리가 용이하도록 설계한다.
2) 하천 지표수 및 복류수 취수지점은 다음의 각 항을 고려하여 선정한다.
   - 지반이 견고한 지점
   - 유속이 빠르지 않는 지점
   - 수질오염의 염려가 없는 지점
   - 장래의 하천개수에 지장이 없는 지점
3) 취수시설은 하상변동이 적은 지점으로 설치위치를 결정한다.

3.1.2 사전조사

취수시설의 기능과 유지관리가 용이할도록 설계하기 위한 관련조사를 하기 위하여 계획 수립하고, 시행하여야 한다.

3.1.3 취수시설 계획

가. 취수시설의 분류

1) 취수탑에 의한 방법
2) 취수암거에 의한 방법
3) 취수관로에 의한 방법

나. 계획 일반

취수하고자 하는 하천수의 양과 질을 적절히 공급하기 위하여 다음과 같은 기능을 가지고 있어야 한다.

1) 적정한 양의 용수를 취수하기 위해서는 수문을 설치하여 적당량의 물을 도수할 수 있도록 하여야 하며, 또한 유량 측정장치를 설치하여 유량의 측정이 가능하여야 한다.
2) 용수의 목적에 부합되는 수질의 물을 도수하기 위하여, 하천의 취수지점을 적절히 선정하여야 하며, 또한 취수시설내에 하천의 유사와 부유물의 유입을 방지하기 위한 시설을 설치하여야 한다.

3.1.4 취수탑 설계

가. 취수탑의 위치

취수탑은 홍수 시나 갈수 시에도 항상 일정한 용수를 취수하기 위한 목적으로 설치하는 취수시설이므로 계획홍수위 및 갈수위를 고려하여, 하천의 수심변동이 작은 유심부에 설치하며 지반이 견고한 지점에 설치한다.

1) 교량, 보 등과 같은 하천시설물이 설치되어 있는 장소는 홍수시 유수흐름이 복잡하게 거동하거나 와류에 의한 하상변동이 예상되므로 취수탑의 설치위치를 일정한 거리로 유지하거나, 인근에 설치할시는 면밀한 대책을 수립하여야 한다.
2) 저수지나 호소에 취수탑을 설치할 경우에는 수질을 고려하여 위치를 정한다. 또한 지반이 견고한 지점에 설치하여 유수 및 파랑에 의한 충격과 세굴에 대한 안정된 구조를 가지도록 하여야 한다.

나. 취수탑의 구조

1) 취수탑의 형태 및 구조는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.
   가) 취수탑은 유수, 유목, 파랑 등에 의한 충격에 견딜수 있는 구조이어야 하므로 철근콘크리트로 시공하는 것이 가장 좋으며 경우에 따라서는 벽돌쌓기나 석재 쌓기에 의할 수도 있다.

나) 취수탑의 단면형상은 좁고 긴 타원형과 같이 유선형으로 함으로써 하천유수에 의한 와류 발생을 최소한으로 줄여 취수탑 저부의 세굴침식을 방지토록 할 뿐 아니라 동수압 및 빙압을 줄일 수 있는 형상으로 하여 취수탑의 구조적 안정에 도움이 되도록 하여야 한다.

다) 취수탑의 크기는 소요 취수량의 취수에 적합한 범위내에서 최소의 크기를 선택함으로써 홍수소통에 지장이 없도록 하여야 한다. 일반적으로 취수탑의 크기는 취수구의 크기와 개수, 개폐조작 방법에 따라 정하며, 취수펌프를 탑위에 설치하는 경우는 펌프의 크기, 대수 및 전기설비 등이 점유하는 면적과 유지관리 및 보수에 필요한 간격을 고려하여 취수탑의 소요 단면적을 결정하여야 한다.

라) 취수탑의 높이는 취수탑의 상부에 통상 위치하는 원동기와 조작관리실을 홍수로부터 방호할 수 있도록 충분히 높아야 하므로 취수지점에서의 계획홍수위와 제방 여유고를 고려하여 만들어야 하며 통상 원동기와 조작관리실의 밑면 높이를 계획제방고보다 높게 설정한다.

2) 취수탑 중에는 우물의 지하 용출수를 퍼 올리는 것과 마찬가지로 취수탑의 바닥면 또는 측면에서 하천의 복류수를 직접 취수하는 방식이 있다. 이 경우에는 하상 재료가 필터가 되기 때문에 주위의 하상 재료를 흡수함으로써 오랜 시간이 지나면 하상저하를 일으키고 나아가 부근의 하천시설물에 지장을 줄 수도 있다. 또한 직접 취수방식은 하상 재료를 필터로 해서 취수하는 방식이기 때문에 취수탑의 단면은 상당한 크기를 필요로 하게 되고 이것이 문제가 될 수도 있다. 그러므로 취수탑의 취수방식으로는 취수탑의 측면에 설치한 취수구에서 하천의 지표수를 취수하는 방식이 가장 바람직하다. 복류수를 취수하는 경우에도 취수탑의 선단 매설부 측면에서 집수암거를 연장하여 취수하는 방식을 취해, 취수에 따른 하상재료 흡수가 없는 구조로 하는 동시에 취수탑에 의한 하도 저해의 정도를 최소한으로 하도록 한다.

3) 취수탑은 어류가 잘못 유입되거나 흡수되는 것을 방지할 수 있는 구조로 한다. 방지책으로는 다음의 4가지 방법 및 그 조합이다.

가) 취수구로 진입을 물리적으로 배제하는 방법

나) 취수구로 진입을 억제 혹은 방해하는 방법

다) 취수구로 들어 온 어류를 기계적으로 포획하여 안전한 장소로 이동시키는 방법

라) 취수구로 접근한 어류를 유도 등으로 방향 전환시키는 방법

다. 취수탑의 취수구

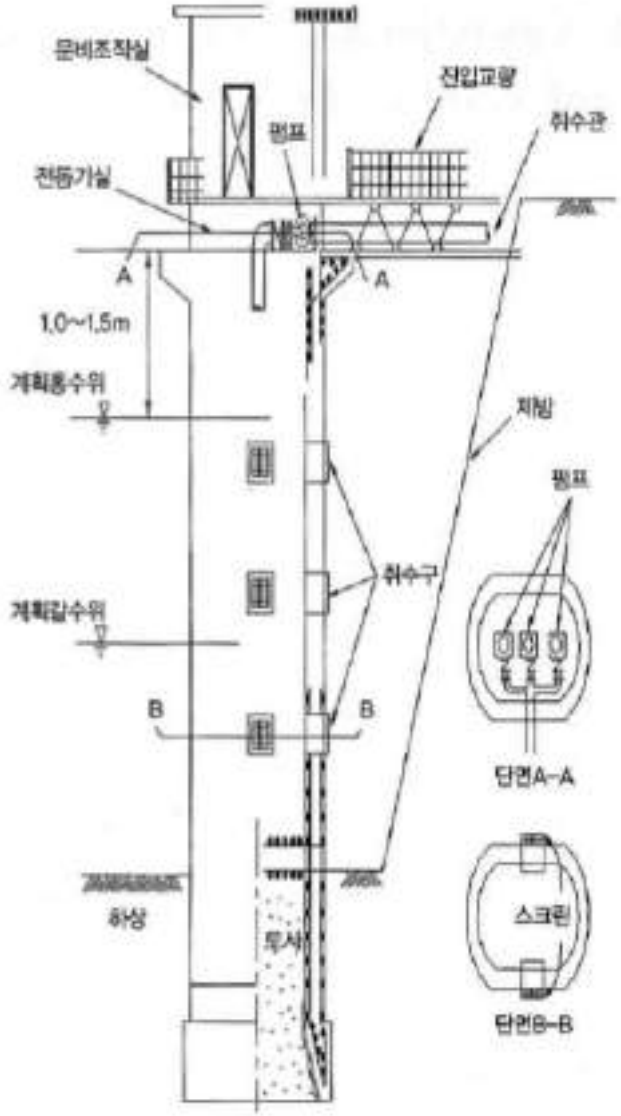
1) 취수탑의 취수구 위치 및 구조는 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다.

가) 계획갈수위의 경우에도 지장없이 계획취수량을 취수할 수 있어야 하며 하천수위의 변화가 심한 경우에도 취수가 가능하여야 하므로 각각 상이한 높이에 여러개의 취수구를 설치할 수 있다. 그러나 취수구를 너무 많이 만들 경우 취수탑의 강도에 영향을 미칠 수가 있으므로 주의를 요한다.

나) 취수량의 조절을 위하여 제수문이나 제수변을 설치하여야 한다.

다) 수면의 결빙 우려가 있을 경우에는 취수에 지장을 주지 않도록 특별한 방법을 강구하여야 한다.

2) 날개수제 등과 같은 수제를 설치하여 최저 취수구 부근에서의 하상퇴적을 방지한다.



(그림 3.1-1) **〈 취수탑의 구조 〉**

라. 취수탑의 부대설비

1) 취수탑에는 제수문 혹은 제수변의 문비조작실, 전등시설, 취수탑 접근교량, 수위표 및 피뢰침을 설치하여야 한다.

2) 취수탑 접근교량의 하단고는 계획홍수위 및 여유고가 확보되어야 한다.

마. 취수탑의 연결호안

1) 고수부지 보호공의 구조는 일반적으로 연결블록 등으로 유수 작용에 따른 고수부지의 세굴을 방지하는 동시에 주변 경관과의 조화, 하천의 생태계 보전 등 하천환경을 고려한 구조로 하며, 흙을

덮는 복토를 기본으로 한다. 또한 호안의 구조는 유수의 변화에 따라 발생하는 하안 또는 제방의 세굴을 방지하는 동시에 주변 경관과의 조화, 하천의 생태계 보전 등 하천환경을 고려한다. 호안의 구조는 각 하천에서 하천의 특성을 바탕으로 한 창의적 고안이 요망된다.

2) 취수탑은 대부분의 경우 저수로 부분에 설치된다. 이런 이유에서 저수로가 하안 또는 제방에 접근해 있는 구간에 있어서는 취수탑을 하안 또는 제방에 접근하여 설치하도록 하고 있는데, 그 설치 위치의 여하에 따라서는 유목과 같은 유하물 등으로 홍수 유하에 지장을 줄 수도 있다.

3) 유수의 변화가 제방에 미치는 영향도 크다. 치수상의 측면에서 보면 취수탑을 하안 또는 제방에 접근해서 설치하는 것은 바람직하지 않다. 하안 또는 제방에 설치하는 호안은 밑다짐공을 설치하는 동시에 일반적인 호안의 강도보다 견고한 것으로 한다.

4) 취수탑의 설치에 따라 유수변화의 영향이 하안 또는 제방에 미치는 범위는 취수탑을 기준으로 해서 유심선과 직각방향으로 상류 및 하류에 각각 2 : 1 각도의 범위로 하안 또는 제방에 설치해야할 호안의 범위를 정하고 있다. 취수탑의 상류끝 및 하류끝에서 상류측 및 하류측으로 각각 취수탑과 제방과의 거리 1/2 이상으로 설치한다고 한 것은 이상과 같은 취지에 근거한 것이다

5) 취수탑은 하안 또는 제방에 미치는 영향이 크기 때문에 원칙적으로 수충부에 설치해서는 안되지만, 부득이하게 수충부에 설치할 때는 밑다짐공을 설치한다. 호안의 구조에 대해 충분히 배려하는 동시에 시공범위에 대해서도 기준치인 취수탑과 제방과의 거리 L/2 이상 시공하도록 한다.

6) 취수탑의 설치 위치가 하안 또는 제방에서 상당히 떨어져 있어 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우 호안을 설치할 필요는 없다. 하천 폭이 상당히 넓은 구간이 사수역으로 간주하는 개소에 취수탑이 설치되는 경우에도 일반적으로 호안을 설치할 필요가 없다.

3.1.5 집수암거 설계

가. 집수암거의 설치 계획

1) 취수탑에 의한 취수방식으로는 취수탑 측면에 설치한 취수구에서 지표수를 취수하는 방식이 바람직하고, 집수암거에 의한 취수방식은 지표수 취수가 부적당하거나 아주 곤란한 경우에 한한다. 소량의 취수를 위해 대규모의 보 등의 시설의 설치가 요구되지만 사회적 경제적 타당성의 관점에서 지표수 취수가 부적당한 경우가 있다.

2) 또한 보를 설치할 때 유수단면적의 확보를 위한 하폭의 확장이 지형 조건에 의하여 곤란하거나, 유로가 불안정해서 지표수 취수가 물리적으로 곤란한 경우가 있다. 이런 경우에는 보 또는 취수탑을 이용한 지표수 취수방식과 복류수 취수방식을 비교・검토하여 지표수 취수가 부적당하거나 아주 곤란한 경우, 하천 관리상 지장이 없는 범위 내에서 복류수 취수방식을 선정한다.

나. 집수암거의 설치 위치

집수암거의 설치위치로 다음과 같은 장소는 피하도록 한다.

1) 수충부 및 지천과의 합류부
2) 하상변동이 많은 장소
3) 보, 교량 등과 같은 하천시설과 인접된 장소

다. 집수암거의 설치 기준

1) 집수암거의 설치깊이는 계획하상고 및 현하상고를 고려하여 하상저하나 세굴에 유의하여 충분한 깊이로 한다.
2) 집수암거는 수평 또는 1/500 이하의 완만한 경사로 매설되며 관내의 유속은 집수암거 유출단에서 1 m/s 이하가 되도록 계획하여야 한다.
3) 집수암거의 유공부는 제방으로부터 치수상 지장이 없는 거리를 확보하여 설치한다.
4) 집수암거의 집수공의 직경은 10 ~ 20 mm로 하며, 집수공의 수는 관거 표면적 1 ㎡당 20 ~ 30개 정도로 한다.

라. 집수암거의 구조

1) 집수암거는 단단한 재질로 만들어진 유공관으로 그 단면형은 원형 혹은 장방형으로 한다.
2) 집수암거의 직경은 600 mm 이상으로 하여야 한다.
3) 집수암거의 매설방향은 통상 복류수 흐름방향에 직각이 되도록 하여야 한다.
4) 집수암거의 매설 깊이는 복류수대에 대한 양수시험 결과에 따라 정하여야 하며 집수공으로의 복류수 유입속도가 3 cm/s 이하가 되도록 하여야 한다.

마. 집수암거의 부대시설

접합정과 맨홀은 다음 사항을 고려한다.

1) 집수암거의 종점, 분기점 혹은 합류점 등 필요한 장소에는 접합정을 설치하여야 한다.
2) 접합정의 내경은 1m이상이 되어야 하며 철근콘크리트로 시공하되 수밀구조로 하여야 한다.
3) 집수암거의 연장이 긴 경우나 지관을 많이 갖는 경우에는 그 시점이나 접합부 또는 중간의 적절한 위치에 맨홀을 설치한다.

3.1.6 취수관로 설계

가. 취수관로의 취수구

1) 취수구의 크기는 하천의 경우 유입속도가 15~20cm/s, 저수지나 호수의 경우 1~2m/s가 되도록 정한다.

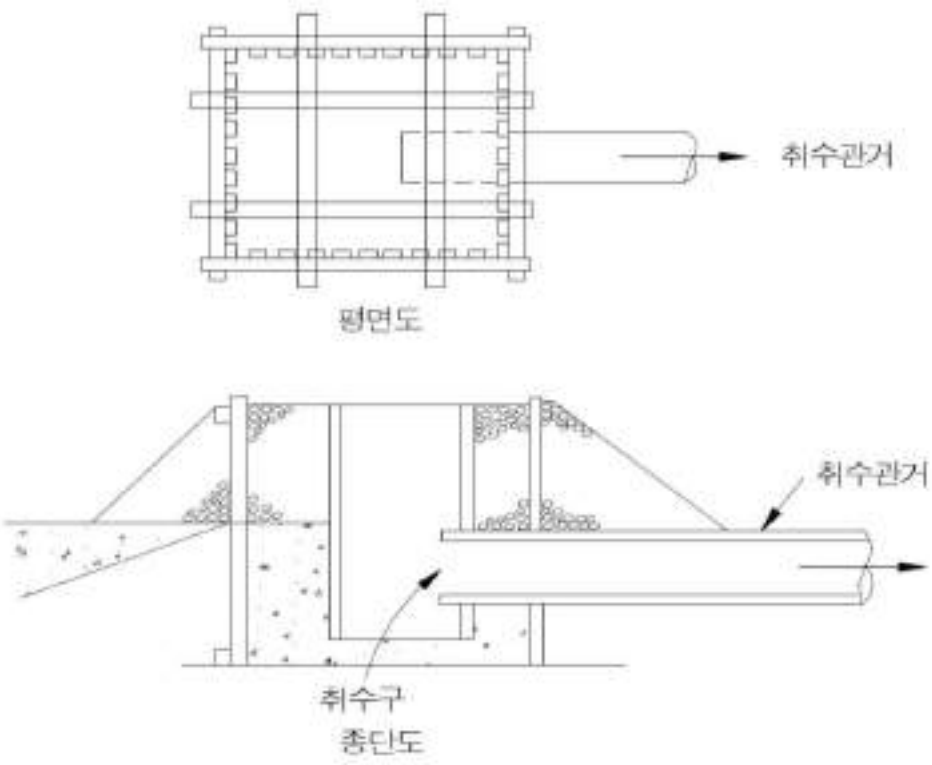
2) 취수위가 최저갈수위보다 0.3m 정도 낮게 되도록 취수구의 바닥 높이를 정하고 장래의 하상변동을 고려하여 약 0.3m의 여유고를 가지도록 한다.

나. 취수관로

1) 취수관로가 제방을 횡단하는 경우는 관계기관과 협의하여 그 매설깊이, 길이 및 매설공법을 결정하여야 한다.
2) 제방을 횡단하는 취수관로는 충분한 보호공을 설치하여야 한다.
3) 하상세굴의 위험이 있는 제외지에서는 취수관로 주위의 하상을 보강하여 취수관거를 보호하여야 한다.
4) 취수관로내의 유속이 0.6~1.0m/sec가 되도록 취수관거의 크기를 정한다.

다. 취수틀(Intake Cribs)

1) 취수틀은 하천수위의 변동이 작은 경우에 취수관거를 보호하기 위하여 설치하는 구조물이다.
2) 매몰과 유실의 우려가 없는 지점에 설치하여, 주운로(舟運路)에 근접한 경우 운항선박의 흘수심 이하의 지점에 설치하여야 한다.
3) 취수구의 주위는 각재나 콘크리트 블록으로 보호하여 그 주위를 견고한 목재틀이나 철근콘크리트 틀로 다시 보호한다. 틀의 내외부는 석축이나 콘크리트 말뚝으로 보호한다.
4) 취수구의 크기는 유입속도를 고려하여 결정한다.



(그림 3.1-2) **〈 취수틀의 구조 〉**

3.1.7 취수문 및 스크린

가. 취수문

1) 취수문은 취수로로 유입되는 취수량의 조절을 위해 설치하는 것으로 다음 사항을 고려하여 설계 시공하여야 한다.

가) 지반이 견고한 하안에 설치하여야 한다.

나) 문비에서의 유속은 0.8 m/s, 취수수심은 최저 갈수 시 0.5~1.0 m 정도가 되도록 한다.

다) 문비실은 철근콘크리트 혹은 그에 준하는 구조로 한다.

라) 문비나 물빈지는 수밀성이 보장되도록 하여야 한다.

2) 홍수 시에 취수구를 통해 유입하는 토사의 제거를 위해 취수구와 취수문 사이에 시설을 두어 유사가 도수로로 유입되는 것을 방지할 수 있도록 하며 침전된 모래를 쉽게 제거할 수 있는 구조로 하여야 한다.

3) 추운 지방에서는 적설, 결빙 등에 의해 수문의 개폐가 지장을 받지 않도록 하여야 한다.

나. 스크린

1) 스크린은 취수로 및 취수관거에 의해 용수를 취수할 경우 부유물(협잡물, 유목, 유빙 등)이 취수구로 유입되는 것을 방지하기 위해 설치한다.

2) 설치 위치는 취수구 전면 혹은 상류측에 설치한다.

3) 부유물 제거가 용이하도록 1/10정도 경사로 설치하며 기계식 혹은 수동식 제진기를 설치한다.

3.1.8 침사지

가. 침사지의 설치

침사지는 가능하면 취수구에 가까운 제내지에 설치하며 도수관로의 길이를 짧게 하여 유지관리가 용이하도록 한다. 그러나 부지의 확보, 유지관리, 배사조건 등에 따라 제외지의 고수부지에 설치할 수밖에 없는 경우에는 수류에 지장을 주어서는 안 되며 배사를 위해서는 각별한 주의를 요한다.

나. 침사지의 길이

침사지내에서의 와류 발생을 방지하기 위하여 침사지의 유입부는 단면이 점차 확대되는 모양으로, 유출부의 단면은 점차 축소되는 형태로 한다.

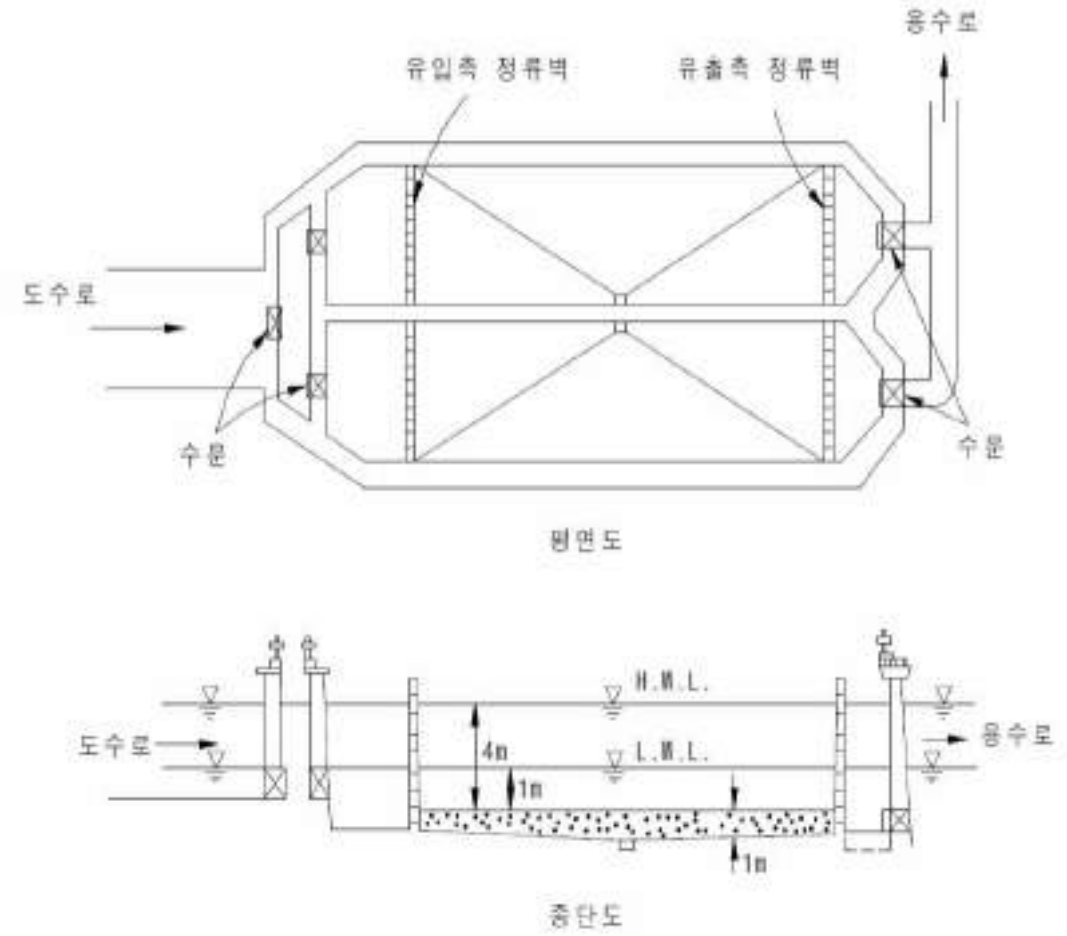
1) 침사지는 장방형으로 흐름방향의 길이가 폭의 3~8배 정도로 하여 소요 직경의 토사를 침전시킬 수 있도록 하며, 침사지의 길이는 다음 식에 의해 결정한다.

$$L = k\,(h/u)\,V$$

여기서, L은 침사지의 길이(m), k는 안전율(1.5~2.0), h는 유효수심(m), u는 모래의 침강속도(cm/s), V는 침사지내 흐름의 평균속도(cm/s)이다.

2) 침전지에서 제거대상 모래의 직경은 0.1~0.2mm정도를 표준으로 한다.

3) 침사지 설치형태는 아래 그림과 같다.



(그림 3.1-3) **< 침사지의 설치형태(정류벽을 설치할 경우) >**

3.1.9 취수펌프

가. 취수펌프의 설치

1) 취수펌프장은 하안 및 하천시설물의 구조에 큰 지장을 주지 않는 구조로 한다.

2) 취수펌프장의 펌프실 및 부속시설은 철근콘크리트 구조 또는 이에 준하는 구조로 한다.

3) 하천의 수위가 송수지점보다 낮을 경우 또는 취수탑을 설치하여 취수할 경우 취수펌프를 설치하며 취수펌프를 설치할 때에는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

가) 취수펌프의 용량은 도수관을 통해 도수정으로 유입되는 물이 소요 취수량을 충족시킬 수 있도록 충분히 크게 계획하며 흡입수두도 고려하여야 한다.

나) 자연적인 하상저하와 하천개수계획, 다기능 보 등 하천시설물의 운영에 의한 하천수위의 저하를 고려하여 취수펌프의 양수기능을 항상 유지할 수 있도록 충분히 낮은 위치에 설치하도록 하여야 한다.

다) 펌프의 가동 시 발생하는 연속적인 진동으로 인해 하천 내에 설치되어 있는 구조물이 영향을 받을 수 있으므로, 가능하면 제방단면 내에 설치하지 말고 제방에 영향을 주지 않는 지점에 설치하도록 한다.

라) 펌프가 제방을 통과하는 경우 진동을 최소화하는 시설을 강구하여야 한다.

마) 취수펌프는 펌프의 종류, 특성, 효율, 양정 등에 따라 선정 및 설치방법이 다르며 경제성, 시공성 및 유지관리를 통합 검토 후 선정하여야 한다.

나. 유하물 배제시설

취수펌프장에는 토사, 잡목, 유하물 등의 배제를 위하여 필요한 경우 침사지, 스크린, 유하물 등의 배제시설을 설치한다.

3.2 수량 산출 요령

3.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.0	취수문				
1.1	토공사				
1.1.1	터 파 기				
1)	터파기(육상 0~3m)	인력	㎥		
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		
1.1.2	되메우기				
1)	되메우기	인력	㎥		
2)	되메우기	기계	㎥		
1.1.3	비탈면보호공				
1)	줄 떼		㎡		
2)	평 떼		㎡		
1.1.4	씨앗뿜어뿌리기(Seed Spray)	성토면	㎡		
1.1.5	거적덮기		㎡		
1.1.6	잔토처리		㎥		
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		
1.2.2	콘크리트 펌프카				
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50~100㎥/일	㎥		
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0～7m	㎡		
②	합판거푸집(매끈한마감)	0～7m	㎡		
③	합판거푸집(보통마감)	0～7m	㎡		
④	합판거푸집(거친마감)	0～7m	㎡		
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0～7m	㎡		
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0～7m	㎡		
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0～7m	㎡		
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0～7m	㎡		
⑨	무늬거푸집	0～7m	㎡		
2)	유로폼	0～7m	㎡		
1.2.4	철 근				
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		
5)	철근 조립	(간단)	ton		
6)	철근 조립	(보통)	ton		
7)	철근 조립	(복잡)	ton		
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		
1.2.7	잡철물제작설치(난간)	(간단)	ton		
1.2.8	스페이서 설치				
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		
1.2.9	모르타르				
1)	모르타르(1:2)		㎥		
2)	모르타르(1:3)		㎥		
3)	모르타르(1:4)		㎥		
1.2.10	잡석부설		㎥		

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		
2)	수팽창지수재 설치		m		
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		
1.2.13	P.V.C PIPE		m		
1.2.14	수문				
1)	문비		식		
2)	문틀		식		
3)	개폐장치		식		
1.3	부대공사				
1.3.1	가물막이		㎥		
1)	흙운반 및 다짐		㎥		
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		
3)	마대쌓기		㎡		
1.3.2	물푸기		hr		
1.3.3	기존구조물 철거				
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
3)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
4)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
5)	석축 헐기		㎡		
6)	기존호안블록 헐기		㎡		
7)	돌망태 헐기		㎡		
1.3.4	운반공				
1)	중기 운반		식		
2)	철근 운반		ton		
3)	시멘트 운반		40kg/대		
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
5)	골재 운반		㎥		
1.3.5	가설사무실 설치		㎡		
1.3.6	세륜시설 설치		개소		
1.3.7	오탁방지막 설치		식		
1.3.8	축중기 설치		조		
1.3.9	시공측량비		개소		

3.2.2 일반사항

1) 수량산출은 공정 순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공사

나) 구조물공사

다) 부대공사

2) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다.

※ 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

3) 유용토 및 공제토

가) 유용토

구조물공 및 기타 등의 잔토 유용

※ 단, 기타 공정상 토공 완료 후 시공하므로 현장 유용이 불가능한 소구조물은 잔토처리

4) 콘크리트 수량은 무근, 철근 콘크리트로 구분 산출 집계한다.

5) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

6) 수량산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

3.2.3 구조물공사

1) 취수문 설치(식)

가) 취수문은 설치목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성 등을 종합 고려하여 형식을 결정한다.

나) 취수문은 특성에 따라 설치 및 자재에 대해 견적을 원칙으로 한다.

3.3 단가 산출 요령

1) 하천취수시설에 관한 단가 산출에 있어 일반공정 단가는 건설공사 표준품셈 적용을 원칙으로 하고, 수문 구입 및 설치단가는 전문업체에 의한 견적 단가를 적용한다.

2) 기타 하천 토목공사에 관한 단가 산출 기준은 ‘제3편 하천이수시설 및 제2편 하천치수시설’에 준한다.

제4장 하천주운시설

제4장 하천 주운시설

4.1 설계 요령

4.1.1 일반사항

가. 정의

1) 주운

선박으로 화물을 수송하거나 교통하는 일

2) 주운시설

하천에서 선박이 다니거나 정박할 수 있도록 설치한 주운수로 및 갑문시설 일체

3) 주운수로

선박이 다닐 수 있도록 수심이 유지될 수 있는 수로

4) 주운갑문

수위차가 있는 운하, 하천 또는 수로간에 수위 조정을 통해 선박을 원활하게 지나가게 하는 위한 구조물

5) 주운댐

선박의 운항이 가능하도록 수심을 유지하기 위해 갑문시설을 갖춘 댐

6) 건선거

선박을 지지하고 배의 바닥을 보기 위하여 물을 뺄 수 있는 시설.

7) 박지

항내와 항외에 작종 선박이 정박 대기하거나 수리 및 하역을 할 수 있는 지역.

8) 선회장

선박이 부두에 접안 또는 이안하는 경우 항행을 위하여 방향을 바꾸거나 회전할 때 필요한 수역.

9) 천소

수심이 얕은 해저 및 하도의 튀어나온 부분으로 항해에 방해가 되는 곳.

나. 적용 범위

본 장은 하천에 계획되는 주운시설, 운하화한 주운수로(이하 준운하 주운수로라고 한다.), 운하 주운수로 중 주운수로, 주운댐, 갑문, 기타시설에 대한 설계에 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

3) 댐설계기준(KDS 54 00 00)(2018, 국토교통부)

4) 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 00 00)(2018, 해양수산부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2) 항만 및 어항 설계기준해설(2018, 해양수산부)

3) 주요 내륙운하에 대한 유럽협정, ECC/TRANS/120-19, UN-ECC/내륙수송위원회, 1996.

4) 라인강의 콘테이너 바지선 높이, PIANC Bulletin, 1995-1997, pp. 22-24.

5) 주운수로 제원 지침서(Guidelines for the Dimension of Navigable Waterways)

6) 물류혁명과 국토개조 전략(1996. 세종연구원)

마. 설계일반사항

1) 주운을 위한 수심, 수로폭, 갑문의 규모에 대한 일반적인 고려 조건은 장래에 예측 가능한 화물의 종류와 양, 그리고 수로연결에 사용될 선박(바지선)과 예인선의 종류와 규모 및 다른 수로의 개발정도 등에 의해서 결정된다.

2) 주운시설은 선박의 원활한 운영과 정박을 위하여 적정 규모의 폭과 수심이 확보되도록 하며, 선박 운항 시 충분한 시야가 확보되도록 한다.

3) 주운수로는 파랑 및 홍수에 안전하게 설치한다.

4) 설계 시 고려 사항

가) 홍수위

나) 배수(排水)

다) 취수시설

라) 환경 및 생태계

마) 위락시설

바) 수력발전

4.1.2 사전조사

하천주운시설 설계시 하천설계기준(KDS 51 00 00) 조사사항 외에 다음 사항을 추가 조사한다.

① 홍수위	② 배수(排水)	③ 취수시설
④ 환경 및 생태계	⑤ 위락시설	⑥ 수력발전

4.1.3 하천 주운 계획

가. 주운계획 절차

하천주운수로는 자연하천을 이용하거나, 필요에 따라서는 기존의 수로를 갑문과 댐의 건설을 통해서 개량하거나 운하건설을 통해서 건설한다. 계획 및 설계를 위한 일반적인 절차는 다음 (표 4.1-1)과 같다.

< 하천주운계획 및 설계 절차 >

(표 4.1-1)

기본 계획	기존수로 평가, 수송밀도(물동량) 분석 및 대상선박 결정	· 기존수로에 대한 평가는 수리학적 평가, 환경평가, 기존시설물에 대한 평가, 기타 수로와 관련된 평가/주운 대상노선의 물동량, 주운가능 물동량 및 장래 예측 물동량을 분석하여 대상선박 결정, 수로규모 및 시설물 규모를 결정하는데 기초자료로 이용
	⇩	
	대안계획 및 경제성 평가	· 평가 대안 중 사회적인 영향을 고려하여 가장 좋은 계획(안)을 선정/주운수로 개발로 발생하는 손익계산은 화물운송으로 절약되는 손익을 계획 시점에서의 할인율로 계산
	⇩	
	주운수로 계획	· 편향각을 고려한 항로 폭(수로 규모)과 선단 구성, 최소 수심, 설계 유속, 선박 형태 및 적재된 화물 형태를 기초한 교량 형하고 결정 등
	⇩	
	주운갑문 계획	· 갑문의 필요성, 위치 및 형식 결정 · 갑문의 규격, 수문 방식, 운영 기준 결정
	⇩	
	주운댐 계획	· 주운댐의 필요성, 위치 및 형식 결정 · 주운댐의 규모, 홍수 소통 저해 여부 검토
	⇩	
상세 설계	주운수로 설계	· 수심 확보 및 하상유지를 위한 준설, 항주파를 고려한 호안 계획 등
	⇩	
	부속시설 및 기타시설	· 주운댐, 갑문시설(갑문벽, 갑실, 수문 및 조작장치, 수위조절시설 등)을 포함한 주운에 필요한 부속시설 및 각종 부대시설(접안시설, 터미널, 선회장, 항행보조시설 등)설계

나. 대상선박 검토

1) 대상선박의 선정

가) 주운수로의 대상선박을 특정한 경우 특정선박의 주요치수로 수로를 계획한다.

나) 대상선박이 특정하지 않은 경우 통계자료 등에 의하여 정해진 적절한 주요 치수를 적용한다.

다) 대상선박의 일반적 주요 치수는 '항만 및 어항 설계기준(2018. 해양수산부)'에 제시된 주요 치수를 따른다.

2) 대상 선박 주요 치수 결정 시 고려사항

가) 대상 선박이란 항만시설에 사용하는 것으로 예정된 선박 중 톤수가 최대인 것으로 규정한다.

나) 대상선박을 사전에 특정할 수 없을 경우에는 각 선종을 통용하는 톤수(총톤수 또는 재하중량 톤수)를 대표로 나타낸다.

다) 선박의 톤수에 대한 정의

(1) 총톤수(gross tonnage)

「선박톤수의 측정에 관한 규칙(2013. 3. 24)」에 의거 국제총톤수에 산식에 의하여 산정된 계수를 곱하여 얻는 값에 용적톤을 붙인 것으로 선박의 밀폐된 내부 총용적.

(2) 재화중량톤수(dead weight tonnage)

화물을 실을 수 있는 선박 내부의 용적을 톤 단위로 나타낸 수

(3) 배수톤수(displacement tonnage)

선체가 수면에 잠겨 있는 부분의 용적과 같은 물의 중량을 말함. 즉 선체가 밀어낸 물의 무게를 톤 단위로 나타낸 수

라) 선박의 마스트 높이는 동일 종류, 동일 톤수의 선박에 있어서도 약간 차이가 있기 때문에 주운수로를 횡단하는 교량 등의 설계에서는 대상 선박의 마스트 높이에 대한 분석을 하여야 한다.

마) 대상 선박에 상관관계를 적용할 수 있도록 재화중량톤수(DWT)를 대표 지표로 한 선종에 대해서는 총톤수(GT)와의 관계식은 아래와 같으며 각 선종에 대한 (표 4.1-2~4)의 톤 수 범위 내에서 적용 가능하다. 본 설계실무요령에 없는 선박에 대해서는 KDS 64 10 10 설계조건 4.설계편'에 제시되어 있는 바 이를 준용한다.

- 화물선GT = 0.529DWT
- 컨테이너선GT = 0.882DWT
- 유조선GT = 0.535DWT
- RO/RO선(Roll on/Roll off Ship)GT = 1.780DWT
- 자동차전용선GT = 2.721DWT

- LPG선GT = 0.845DWT
- LNG선GT = 1.370DWT
- 여객선GT = 8.939DWT
- 중거리페리GT = 2.146DWT
- 장거리페리GT = 2.352DWT

여기서, GT : 총톤수, DWT : 재화중량톤수

〈 화물선의 일반적인 주요 치수 〉

(표 4.1-2)

톤 수	전장 (Loa)	수선간장 (Lpp)	형폭 (B)	만재흘수 (d)
(DWT)	(m)	(m)	(m)	(m)
1,000	67	61	10.7	3.8
2,000	82	75	13.1	4.8
3,000	92	85	14.7	5.5
5,000	107	99	17.0	6.4
10,000	132	123	20.7	8.1
12,000	139	130	21.8	8.6
18,000	156	147	24.4	9.8
20,000	177	-	27.1	9.9
30,000	182	171	28.3	10.5
40,000	198	187	30.7	11.5
50,000	216	-	31.5	12.4
55,000	217	206	32.3	12.8
70,000	233	222	32.3	13.8
90,000	251	239	38.7	15.0
100,000	256	-	39.3	15.1
120,000	274	261	42.0	16.5
150,000	292	279	44.7	17.7

〈 대상선박을 특정할 수 없는 경우 소형화물선 일반적인 주요 치수 〉

(표 4.1-3)

재화중량톤수(DWT)	전장(L)	형폭(B)	만재흘수(d)
500톤	53m	9.4m	3.3m
700톤	58m	9.5m	3.3m

< 어선의 표준 선형 >

(표 4.1-4)

선종	톤수 (GT)	표준 선형 (m)						선석의 치수	
		길 이 (m)	폭 (m)	선 심 (m)	전 장 (m)	전 폭 (m)	만재 흘수 (m)	선석 길이 (m)	선석 수심 (m)
일 반 어 선	1	5.5	1.7	0.7	7.2	2.0	0.6	10	1.0
	3	7.3	2.2	1.0	9.3	2.5	0.8	15	1.5
	5	9.6	2.9	1.1	12.1	3.3	0.9	15	1.5
	8	12.1	3.5	1.2	15.7	4.0	1.0	20	1.5
	10	14.1	3.9	1.4	17.8	4.5	1.1	25	1.5
	13	15.2	4.1	1.5	19.2	4.7	1.3	25	2.0
	15	16.3	4.3	1.6	20.5	4.9	1.3	25	2.0
	20	17.5	4.5	1.8	22.1	5.1	1.5	30	2.0
	30	20.6	4.8	2.0	25.1	5.4	1.7	30	2.5
	50	23.0	5.2	2.4	27.8	5.9	2.1	35	3.0
	60	26.9	5.6	2.6	32.5	6.3	2.5	40	3.0
	70	27.0	6.2	2.8	32.7	7.0	2.6	40	3.5
	100	29.3	6.3	3.1	35.5	7.1	2.7	45	3.5
	120	31.6	6.5	3.2	37.3	7.3	3.1	45	4.0
	200	35.9	7.0	4.2	41.5	7.9	3.2	50	5.0
	300	45.0	8.3	5.1	50.4	8.7	4.2	60	6.0
	350	46.9	8.7	5.4	52.5	9.1	4.3	65	6.0
	420	48.9	8.8	5.5	54.8	9.2	4.3	70	6.0
	500	51.5	9.1	5.7	57.7	9.6	4.3	70	6.5
양 식 어 선	1	5.7	1.8	0.6	7.4	2.0	0.6	10	1.0
	3	6.9	2.2	0.9	8.8	2.5	0.7	15	1.0
	5	10.1	3.6	1.0	12.7	4.2	0.8	15	1.5
	8	11.8	4.3	1.1	15.3	4.9	0.8	20	1.5
	10	13.9	4.4	1.3	17.5	5.0	1.0	25	1.5
	13	15.4	4.5	1.4	19.4	5.2	1.3	25	1.5
	15	16.1	4.6	1.5	20.2	5.3	1.3	25	2.0
	20	17.5	4.7	1.7	22.1	5.3	1.5	30	2.0
	30	20.0	4.8	2.08	24.4	5.4	1.8	30	2.5

주) 어선의 표준선형 및 선석치수는 이용어선 현황을 조사하여 이용어선이 안전하고 원활하게 이용할 수 있도록 정하여야 하며, 특정의 대상어선이 없을 경우에는 참고 표 (4.1-3)을 참조하여 정한다.

다. 주운수로

1) 주운수로의 크기

가) 주운수로의 크기는 운행되는 선박의 수에 기초한 수송밀도를 기준으로 결정한다.

나) 수로 단면적 비율을 홀수와 수심의 비율 및 선박의 가동성을 고려한다.

다) 대상선박에 따른 항로수 검토

주운수로의 설계기준은 목적 시설물인 대상선박 규모로 검토하고 안전하고 효율적인 운항을 위한 적정 수로폭은 수로의 구성, 예인선의 규모, 그리고 계획된 운항 모드(일방향 또는 양방향 운항)에 따라 결정한다.

< 주운 항로수(수로규모) 결정기준 >

(표 4.1-5)

수송밀도(선박수/년)	항로수	수송밀도(선박수/년)	항로수
1,000 미만	1	5,000 ~ 20,000 미만	3
1,000-5,000 미만	2	20,000 이상	3 이상

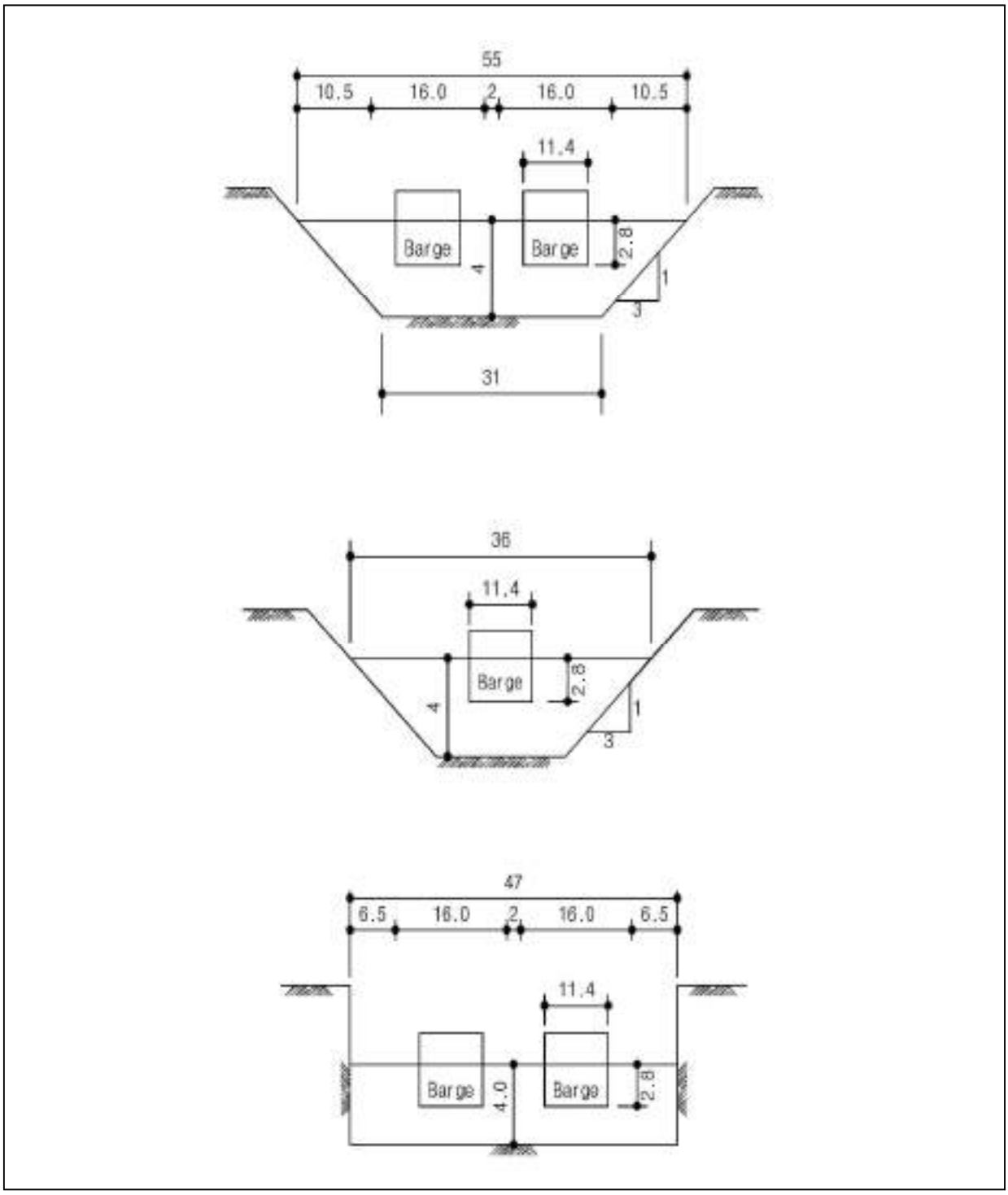
2) (직선수로) 주운수로의 크기

가) 안전하고 효율적인 운항을 위한 적정 수로 폭은 수로의 구성, 선박의 규모 그리고 계획된 운항모드(일방향 또는 양방향 운항)에 따라 결정한다.

나) 운항 횟수가 비교적 적은 구간에서는 그 구간이 상대적으로 직선적이고 시계가 좋으며 통과로가 제공된다면 일방향 운항이 적절하다.

다) 대상 선박에 따른 수로폭

주운 관련 매뉴얼 'COE Manual EM 110-2-1611(1980, 미국육군공병단)' 에서는 직선구간에 대한 최소 수로 폭을 (표 4.1-6)과 같이 제안하였고, Daggert와 Show는 수로폭과 선단구성에 관해 (표 4.1-7)과 같이 추천하였다.



(그림 4.1-1) **< 직선구간에서의 최소수로 여유공간 예시 (단위: m) >**

< 주운 권장 수로폭 >

(표 4.1-6)

예인선단의 폭(m)	수 로 폭(m)	
	양방통행	일방통행
33	91	56
21	70	46
15	58	40

< 수로폭과 선단구성 >

(표 4.1-7) (단위: m)

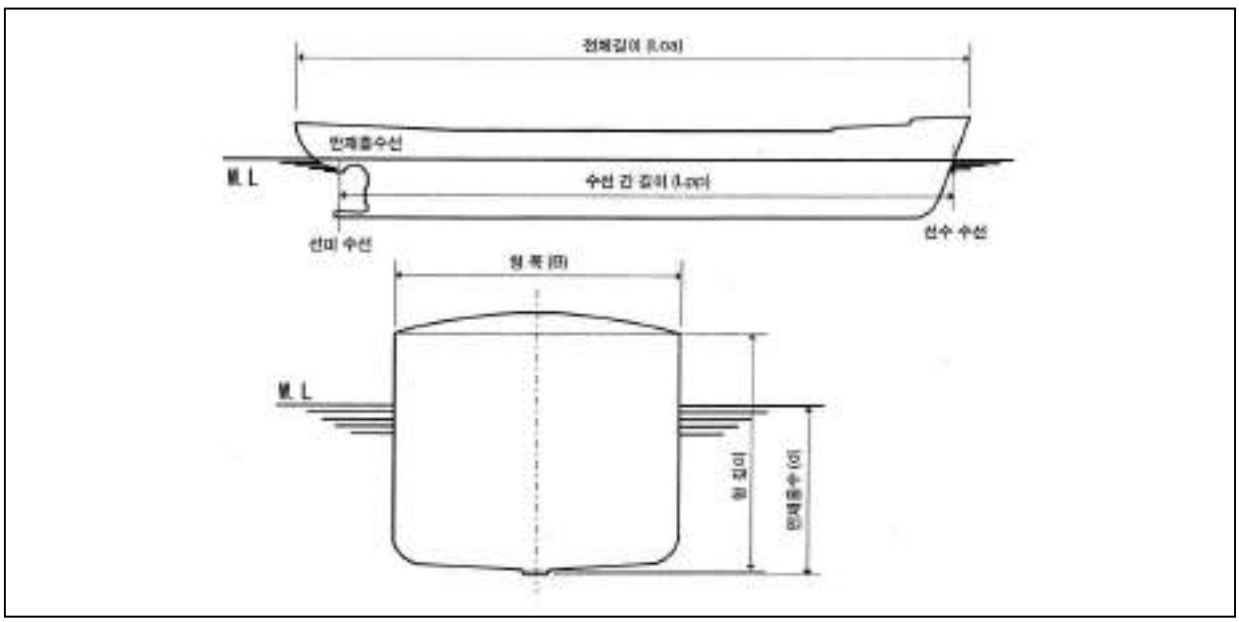
추천수로폭	바지수	바지규모		예선길이	예인선단	
		폭	길이		폭	길이
45	1	15.0	90.0	30.0	15.0	120.0
	2	10.5	58.5	30.0	10.5	147.0
60	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	7.8	52.5	30.0	23.4	82.5
67.5	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	10.5	58.5	*	21.0	117.0
	5	7.8	52.5	*	23.4	105.0
75	6	10.5	58.5	34.5	21.0	210.0
	10	7.8	52.5	*	23.4	210.0
	2	15.0	90.0	30	15.0	210.0
75	8	10.5	58.5	*	31.5	175.5
	10	7.8	52.5	*	31.5	157.5
	4	15.0	72.0	34.5	30.0	178.5
	8	10.5	60.0	*	31.5	180.0
90	11	10.5	58.5	*	31.5	234.0
	11	10.5	60.0	*	31.5	240.0
	14	7.8	52.5	*	31.2	210.0
	4	15.0	90.0	37.5	30.0	217.5
120	15	10.5	58.5	45.0	31.5	337.5
	15	10.5	60.0	45.0	31.5	345.0
	22	7.8	52.5	45.0	31.2	360.0
	8	15.0	75.0	45.0	30.0	345.0
150	18	10.5	58.5	48.0	31.5	399.0
	18	10.5	60.0	48.0	31.5	408.0
	8	15.0	90.0	48.0	30.0	408.0
	10	15.0	72.0	48.0	30.0	408.0
	8	15.0	75.0	48.0	30.0	348.0

주) * 예선이 선단길이를 좌우하지 않을 경우

〈 항로폭 설계기준 (왕복항로기준) 검토 〉

(표 4.1-8) (Ls : 길이(수선간장), B : 선박폭)

구 분		산정기준	비 고
대한민국 및 일본 항만시설물 설계기준에 의한 방법	운항이 많지 않은 경우	1.0×Ls	
	항로의 길이가 비교적 긴 경우	1.5×Ls	
	운항이 많은 경우	1.5×Ls	
	운항이 많고 동시에 항로가 긴 경우	2.0×Ls	
	어선 또는 500GT 이하의 선박	5B~8B	
항로폭에 관한 연구사례에 의한 방법	혼다 케이노스케	7.2B~8.2B	
	이와이 아키라	8.0B~10.0B	
	United Nations Conference On Trande And Development	7.0B+30.0m	
	IAPA, IMPA, IALA	4.2B+14.2B	
	Gregory P.Tsinker	6.2B~9.0B	
NAFAC DM26에 의한 방법		3.2B1+2.2B2	B1은 선수폭 B2는 선미폭
4.5B1+3.5B2		160.0	
PIANC Rule에 의한 방법		8.0B~10.0B	
US Army Corps of Engineers에 의한 방법 (선박속도 0.5노트 이하시)		$4.0(\frac{B1+B2}{2})$	〃
경인운하 기본계획 (네덜란드 주운수로 폭원기준)		5B	



(그림 4.1-2) 〈 선박의 주요치수 〉

라) 주운 수로폭 결정

최종적인 수로폭은 대상박의 주요치수, 주운 항로수, 선단구성 등을 종합적으로 고려하여야 하며, 국내 사례가 많지 않으므로 관련기준 및 외국 사례 등을 충분히 검토하여 결정한다.

3) (곡선수로) 선형 및 주운수로의 크기

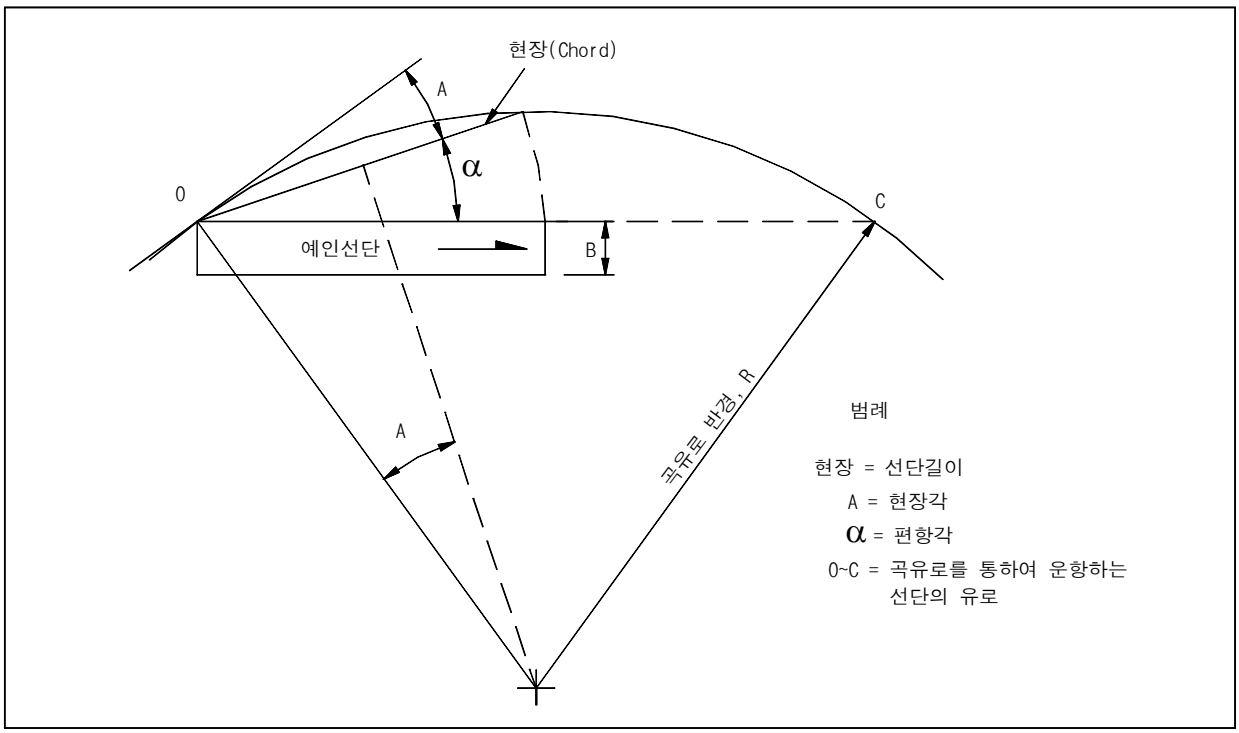
가) 곡선부에서는 흐름 방향 변화로 유동 및 속도의 불규형이 발생하여 직선구간보다 상대적으로 운항이 어려우므로 경제성을 고려하여 필요한 구간에서만 사용한다.

나) 곡선구간에서는 직선구간 보다 상대적으로 넓은 수로폭을 필요로 하므로 편항각을 고려하여 수로폭을 결정한다. 이는 예인선단이 곡류부를 통과할 때 곡선구간 접선에 대해서 예인선단의 중심축이 적당한 경사각(傾斜角)을 이루어 운항을 해야 하기 때문이다. 이러한 각을 편항각(drift angle 또는 deflection angle)이라 한다.

다) 편향각은 수로의 곡률반경, 선박의 속도, 동력, 형상, 풍력, 화물적재 여부, 그리고 흐름의 형태에 따라서 변하지만, 여러 변화 인자 중 선폭, 선단길이, 여유폭에 의한 경험공식으로 곡선부 주운 수로폭을 결정한다.

라) 하류를 향한 편항차각이 상류를 향한 편항차각 보다 크므로 일방향 운항수로의 규모는 하류를 향한 운항에서 필요로 하는 수로폭을 기준으로 계획한다.

마) 예인선의 동력이 클수록 조정력이 크게 되기 때문에 편항차각이 줄어들 수 있어서 수로폭을 줄일 수 있다. 조정력이 큰 예인선(예로서 독립적으로 구동하는 스크류, 특수한 방향타 제어장치, 또는 추가적인 조타장치를 가진 예인선 등) 역시 작은 수로폭을 필요로 한다.



(그림 4.1-3) **< 만곡수로에서의 편향각 >**

바) 곡류부에서의 편향차각과 수로폭을 결정하기 위한 세 가지 방법

(1) Bouwmeester의 공식

· 양방통행에 대한 설계수로폭 산정 공식(Bouwmeester와 De Ruiter)

$$W = 2(L\sin\alpha + B) + C$$

여기서, W는 수로폭, L은 선단길이, α는 편향각, B는 선폭, C는 바람직한 총 여유폭

(2) 미국육군공병단 수리시험소 공식

· 1970년대에 수행한 연구를 기초로 곡률반경이 350m~3,000m 사이의 곡선구간에서 안전 운항에 필요한 수로폭의 영향인자를 확정

(가) 하류를 향한 일방향 운행

$$W = (\sin\alpha_d \times L_1) + W_1 + 2C$$

(나) 양방향 운행

$$W = (\sin\alpha_u \times L_1) + W_1 + (\sin\alpha_d \times L_2) + W_2 + 2C + C_t$$

여기서,
- W : 수로폭(m)
- α_d : 하류로 향한 예인운항에서의 최대 편향각
- α_u : 상류로 향한 예인운항에서의 최대 편향각
- $L_{1,2}$: 예인선단의 길이(m)
- $W_{1,2}$: 예인선단의 폭(m)
- C : 예인선단과 수로폭 사이의 여유폭(m)
- C_t : 교차하는 예인선단간의 여유폭(m)

(3) INSA 공식

$$W = 2a\left\{\frac{4R^2 - (L^2 + B^2)}{4R^2 - a^2}\right\}^{1/2} + 2C$$

여기서, R은 수로의 곡률반경, $a = L\sin\alpha + B\cos\alpha$

· 편향각에 대한 경험식

$$\alpha = \tan^{-1}\left\{\frac{L}{2R - (L^2/2R + B)}\right\}$$

4.1.4 주운수로 설계

가. 수심 및 유속

1) 최소수심

주운수로의 최소수심은 흘수심, 교통량, 조석, 물의 밀도, 여유수심을 감안하여 결정하고 수량확보가 전제되어야 한다.

선박의 항행에 필요한 수심은 선박의 흘수심 뿐만 아니라 운항속도, 저항 및 기동성 등에 크게 영향을 미치므로 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다. 주운수로 제원 지침서(Guidelines for the Dimension of Navigable Waterways)에 따른 수로 제원은 일반 단면일 때 만재흘수의 1.4배, 제한단면과 일방향 통항일 경우 만재흘수의 1.3배 수심을 요구한다. 설계수심 D의 여러 요소의 함수로 결정 시 다음과 같은 내용을 고려하여 결정한다.

$$D = f(\text{흘수심, 교통량, } squat\text{, 조석, 물의 밀도, 여유수심})$$

여기서, squat(혹은 singage, 함몰)은 선박의 운항으로 인한 여유수심 감소를 의미한다.

2) 유속

가) 주운댐에 의해서 형성된 수로에서는 유속이 자연하천에서의 유속보다 훨씬 느리며 댐 상류부의 수위는 재해를 방지할 수 있도록 설정해야 한다.

나) 갑문에 인접한 상하부에는 일정길이의 유도벽이나 보호벽을 설치하여 재해를 일으킬 수 있는 유속 발생을 억제해야 한다.

다) 갑문은 자연하천의 유심선을 따라 설치하는 것이 경제적이지만 급한 굴곡부와 갑문 구조물이 흐름의 상당량을 편향시킬 수 있는 위치는 반드시 피해야 한다.

나. 주운수로 선형

주운수로는 하천을 이용하는 부속적 시설이므로 기존 하천의 자연 선형을 가급적 유지하여야 하며, 주운계획으로 변경이 불가피 한 경우에는 곡률반경 검토에 있어서 중심선은 선형계획 평면도를 적용하며, 선박운항을 위한 선형, 곡률반경 및 흘수심에 대한 검토 등은 국내외 설계기준에 대한 검토 등을 시행하여야 한다.

다. 주운수로 단면 결정

1) 주운수로 단면 결정전 기존하천의 기하학적 특성 및 수리적 특성을 검토하여 주운계획으로 인한 수리적 교란 등을 최소화 하여야 하며, 추가적인 피해 우려가 있으면 그에 대한 별도의 대책을 강구하여야 한다.

2) 주운수로 단면은 주운수로의 연계성을 확보토록 계획하고, 주운수로의 대상선박 등이 운항할 수 있게 주운수로 저폭 및 주운수심 계획한다.

3) 한편 제방고, 여유고, 비탈경사, 둑마루폭 등은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' 의 관련 내용을 준용하고 기타 주운수로 단면 결정과 관련 사항은 '항만 및 어항 설계기준해설(2018, 해양수산부), 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 10 10) 설계조건 4.설계 편' 에 제시되어 있는 바 이를 준용한다.

라. 항주파 검토

1) 항주파 개요

항주파(Ship induced wave)는 선박의 항행으로 인하여 발생되는 파랑으로 항적파라고도 불리고 있다. 항주파는 선박이 크고 선속이 빠를수록 파고가 커지며, 발생지점으로부터 주위로 전파되어 갈수록 점차 에너지가 감소되고 결국 소멸된다. 따라서 주운수로 설계에서는 주운 수로 내 선박 운항에 의한 항주파의 영향 등을 검토하여 호안계획(호안 천단고)에 반영해야 한다.

2) 항주파의 파고 산정

일본 해난방지협회 항주파연구위원회는 항주파의 파고 추산식으로 다음과 같이 제안하고 있다.

$$H_0 = (\frac{L_s}{100})^{(1/3)} \sqrt{\frac{E_{HPW}}{1620 Ls V_K}}$$

여기서, H_0 : 항주파의 특성파고 (m), 또는 배가 만적항해속력으로 달리고 있을 때 항적중심선에서 100m 거리에서 관측되는 최대파고

L_s : 배의 길이 (m)

V_K : 만적항해속력(V_K =1.946V , V= 배의 항해속도(m/s))

E_{HPW} : 조파마력 (W)

조파마력 E_{HPW}는 다음과 같이 산정된다.

$$E_{HPW} = E_{HP} - E_{HPE}$$

$$E_{HP} = 0.6 S_{HPm}$$

$$E_{HPE} = \frac{1}{2} \rho S V_0^3 C_F$$

$$S = 2.5 \sqrt{\nabla L_s}$$

$$C_F = 0.075 / (\log \frac{V_0 L_s}{\nu} - 2)^2$$

여기서,

S_{HPm} : 연속최대 축마력 (W)

ρ_0 : 주운수로(액체) 밀도 (kg/㎥), ρ_0 = 1,030 (kg/㎥)

V_0 : 만재항행속도 (m/s), V_0 = 0.514V, V= 배의 항해속도(m/s)

C_F : 마찰저항계수, ν : 물의 동점성계수 (㎡/s), $\nu \fallingdotseq 1.2 \times 10$(㎡/s)

∇ : 배의 만재배수량 (㎥)

식에서는 조파저항에 의해 소비되는 마력이 항주파의 전파에너지와 같다고 간주하여 계수 값을 선형시험 데이터 등에서 평균적으로 정한 것이다.

특성파고는 배의 특유한 값이지만, 중·대형선에선 $H_0 \fallingdotseq 1.0 \sim 2.0$m 이다. 또한 예선(曳船)이 전속력으로 항행하고 있을 때도 비교적 큰 파도를 발생시킨다. 관측점이 항적중심선에서 S 만큼 떨어져있는 경우에는 $S^{-1/3}$ 으로 쇠퇴한다고 간주하고, 속력을 떨어뜨려 항행하고 있을 때의 파고는 속력의 3승에 비례하는 것으로 간주된다. 따라서 항주파의 최대파고 Hmax는 아래와 같이 산정된다.

$$H\max = H_0 (\frac{100}{S})^{(1/3)} (\frac{V_k}{V_K})^3$$

여기서, Hmax : 임의관측점의 항주파 최대파고 (m)

H_0 : 특성파고, 약 1.0 ~ 2.0m

S : 관측점에서 항적중심선까지의 거리 (m)

V_k : 배의 실제 항행속도 (m/s), V_K : 만적항해속도 (m/s)

마. 피복재 안정질량 검토

파력을 받는 경사면의 표면에 피복하는 사석 또는 인공블록의 안정중량은 적절한 수리모형실험 또는 다음의 경험식으로 산정하는 것을 표준으로 한다.

$$M = \frac{\rho_r \times H^3}{N_s^3 \times (S_r - 1)^3}$$

여기서, M : 사석 또는 블록의 안정에 필요한 최소질량 (t)

ρ_r : 사석 또는 블록의 밀도 (t/㎥)

H : 안정 계산에 사용하는 파고 (m)

N_s : 피복재의 형상, 경사, 피해율 등에 의해서 정해지는 계수 (안정수)

S_r : 사석 또는 블록의 주운수로(액체) 대한 비중 (ρ_r/ρ)

〈 항주파 관련 공식 〉

(표 4.1-9)

허드슨 공식	반데미어 공식
$M = \frac{\rho_r \times H^3}{N_s^3 \times (S_r - 1)^3}$	$M = \frac{\rho_r \times H^3}{N_s^3 \times (S_r - 1)^3}$
($N_s^3 = K_D \cdot \cot\alpha$)	($N_s = \max(N_{spl}, N_{ssr})$

허드슨 공식에서는 안정수(N_s) 대신에 $K_D \cdot \cot\alpha$ 를 사용하였으며, 반데미어 공식에서는 파의 유형(쇄파 및 쇄기파)에 대한 안정계수 값을 적용하여 산정하였다.(항만 및 어항 설계기

준·해설(2018, 해양수산부) 제2편 설계조건 4장 파랑 참조)

여기서 α : 사면이 수평면과 이루는 각°

K_D : 주로 피복재의 형상 또는 피해율 등에 의해서 결정되어지는 정수
파의 유형(쇄파 또는 비쇄파)에 따라 매끈하고 둥근 사석은 1.2~2.4
거칠고 모가 있는 사석은 2.0~4.0

N_{spl} : 쇄파(plunging breakers)에 대한 안정계수, 6.2 ; 반데미어 표준값

N_{ssr} : 쇄기파(surging breakers) 에 대한 안정계수, 1.0 ; 반데미어 표준값

바. 항주파를 고려한 호안마루 높이 및 밑다짐 규모 결정

1) 호안마루 높이는 하천기본계획의 계획홍수위와 '항만 및 어항 설계기준·해설(2018, 해양수산부)' 에 의거 방파제 마루높이 산정에 의한 방법, 파랑의 처오름 높이에 의한 방법 및 허용 월파량에 의한 방법으로 소요 호안마루 높이를 각각 산정하여 비교·검토한 후, 적정성을 판단한다.
2) 밑다짐의 규모는 계획홍수위 수리특성에 의해 산정한 방법과 파랑에 의한 피복재의 안정질량 산정 방법으로 소요 규모를 각각 산정하여 비교·검토한 후, 적정성을 판단한다.
3) 하천을 이용한 주운수로의 경우 항주파에 의한 영향은 운항가능 최고수위(N.H.W.L)를 고려하여 결정한다.

4.1.5 주운갑문 설계

가. 갑문의 설치위치 선정

갑문은 설치 목적에 따라 주운댐 등에 의한 상·하류의 수위단차가 발생하거나, 하구둑의 경우 해수 유입을 차단할 경우로 구분되며, 설치 위치는 자연 상황, 통항선박의 주요치수 및 척수에 따라서 선박의 출입에 안전하고 원활하게 조선할 수 있도록 적절히 선정하여야 하며, 설치목적인 수위단차를 조정할 수 있어야 한다.

1) 지질 및 지형적 측면 : 하천경사, 제방높이, 하천 지류, 하도 단면적, 기초 재료, 제방 재료, 누수 여건
2) 수리학적 측면 : 배수조건, 하상, 최저유량, 유량변동, 최고수위, 최저수위, 유사

나. 갑문의 규모와 형상

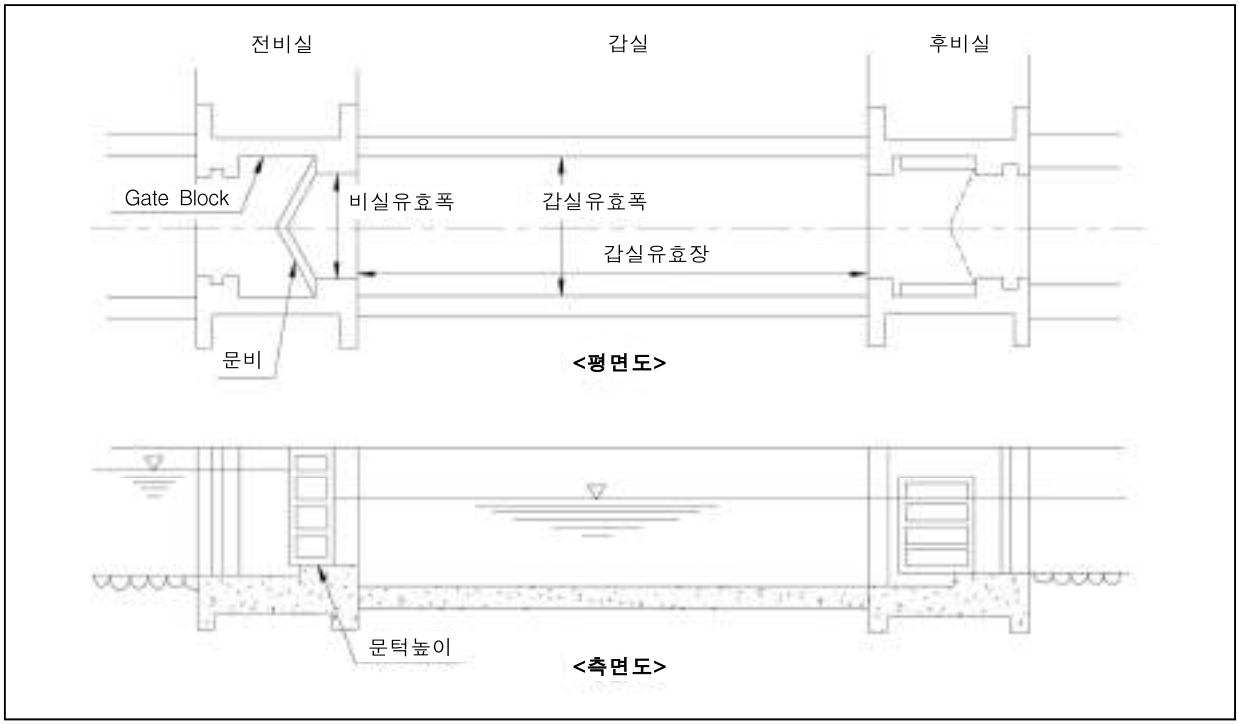
1) 갑문의 크기는 주운수로에 의한 예상 교통량과 형태에 대한 경제적인 분석, 예인장비의 형식, 수로의 수송밀도 및 선단규모에 따라서 갑문규모를 결정한다.
2) 갑실의 규모는 다음의 표준치수의 산정식에 따라서 적절히 설정하도록 한다. 이 경우에 다음 각

호에 나타낸 여유수심, 여유 폭 및 여유 장은 통항선박의 동요를 감안한 적절한 수치로 한다.

가) 유효수심 = 통행선박의 흘수 + 여유수심

나) 유효 폭 = 통행선박의 폭 + 여유 폭

다) 유효 장 = 통행선박의 길이 × 1대열(隊列)의 척수 + 여유 장



(그림 4.1-4) **〈 갑문의 각부 명칭 〉**

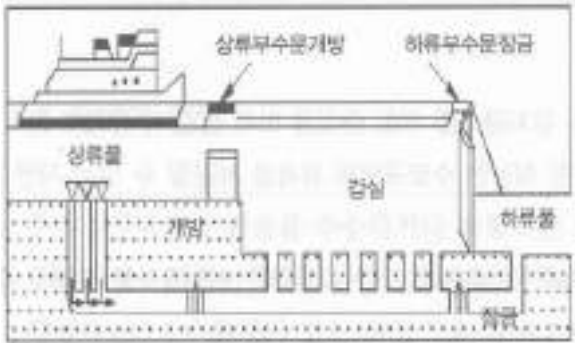
다. 갑문의 구조와 형식 결정

1) 갑문은 통선문으로도 불리며 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치한다.

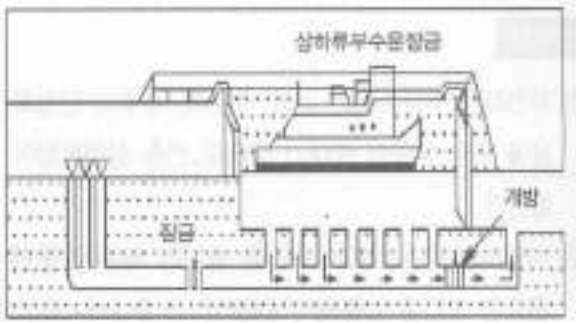
2) 갑문의 종류는 중력식 콘크리트 갑문, 건선거(乾船渠)철근콘크리트 갑문, 강널말뚝 갑문, 특수갑문 등이 있으며, 갑문 방식은 그 지역의 지반상태와 비용에 따라 결정한다. 범위는 하상유지시설에 의한 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지를 원칙으로 한다.

3) 갑문 시설(문비, 갑실, 취·배수장치, 유도제, 관리시설 등)의 구조와 형식 결정은 '항만 및 어항 설계기준해설(2018, 해양수산부), 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 45 50) 갑문시설 4.설계 편'을 따른다.

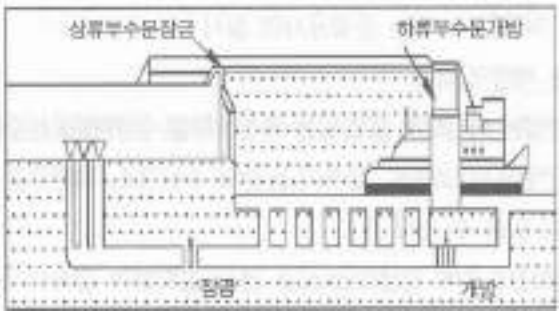
4) 주운갑문 관련 실시설계 등 세부 사항은 본 설계요령 '제2편 하천치수시설 - 제11장 하구시설' 및 '제3편 하천이수시설 - 제1장 하천보' 내용을 준용한다.



그림a : 상류풀 수위까지 물을 채운후 선단이 집입



그림b : 하류풀 수위까지 갑실수위를 저하시킴



그림c : 하류풀 수위까지 갑실수위를 저하시킨후 선단이 갑실을 떠남

(그림 4.1-5) **〈 갑문의 구성과 운전방법 〉**

라. 주운댐 필요 시 관련 설계기준 인용

1) 설계의 수리적 규모결정 사항은 '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)', '댐 설계기준 (2016. 국토교통부)' 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

2) 주운댐 관련 실시설계 등 세부 사항은 본 설계요령 '제2편 하천치수시설 - 제11장 하천하구시설' 및 '제3편 하천이수시설 - 제1장 하천 보' 내용을 준용한다.

마. 계류 및 접안시설

1) 계류 및 접안시설의 설계는 '항만 및 어항 설계기준·해설(2018, 해양수산부), 계류시설 설계일반, KDS 64 55 50 계류부대시설 편' 을 따른다.

2) 소규모 여객시설 및 기타 부대시설의 설계는 '항만 및 어항 설계기준·해설(2018, 해양수산부), KDS 부대기타시설 편' 을 따른다.

4.2 수량 산출 요령

4.2.1 수량 산출 내역

가. 수량 산출 내역

1) 주운 굴착 및 유지에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제5장 하천하상정리'에 준한다.
2) 호안 계획에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'에 준한다.
3) 주운갑문 및 부대시설에 관한 수량 산출 내역은 '제2편 하천치수시설 제11장 하천하구시설'에 준한다.

나. 일반사항

1) 수량 산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.
2) 수량 산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다. 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.
3) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

4.3 단가 산출 요령

1) 주운 굴착 및 유지에 관한 단가 산출 기준은 '제2편 하천치수시설 제5장 하천하상정리'에 준한다.
2) 호안 계획에 관한 단가 산출 기준은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'에 준하는 것을 원칙으로 하되 필요시 표준품셈 또는 표준시장단가를 적용한다.
3) 주운갑문 및 부대시설에 관한 단가 산출 기준은 '제2편 하천치수시설 제11장 하천하구시설'에 준한다.

제 4 편

하천환경시설

제1장 하천정화시설

제1장 하천정화시설

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

1) 하천정화시설 : 하천에 유입되는 오염수나 하천 내 오염수의 수질을 개선하여 하천의 자정능력을 증대시키는 시설물을 하천정화시설이라고 한다.

나. 적용 범위

본 장은 하천공사시 필요한 하천정화시설 설치에 대한 사전조사, 평가, 검토 등의 제반 설계에 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 조경 설계기준(KDS 34 00 00)(2018, 국토교통부)
4) 조경공사 표준시방서(KCS 34 00 00)(2018, 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 비점오염저감시설의 설치 및 관리 · 운영 매뉴얼(2020, 환경부)
3) 비점오염관리 업무편람(2006, 환경부)
4) 생태하천 조성계획 · 설계요령(2009, 국토해양부)
5) 생태하천 복원사업 업무추진 지침(2021, 환경부)
6) 생태하천 복원사업 기술지침서(2014, 환경부)
7) 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침(2010, 환경부)

마. 설계일반사항

1) 하천으로 유입되는 오염물질의 양이 하천의 자정능력을 초과함으로써 하천환경의 기능이 약화되거나 상실된 하천을 원래의 상태로 회복시킬 수 있도록 설계한다.
2) 하천정화시설 계획은 하천 내에 한정하지 않고 유역관리 차원에서 시행하는 것을 고려하여 설계한다.
3) 하천의 전반적인 수질개선을 위해 하수, 산업폐수, 축산폐수 등 점오염원 관리, 도로, 임야, 농경지 등 비점오염원 관리, 오염된 하천수를 직접 정화하는 방법 등으로 구분하여 계획한다.

4) 하천에서 수질을 개선하기 위한 방법은 '자연형 수질정화시설' 설치를 원칙으로 하고, 가급적 수질개선을 위한 물리적·화학적·생물학적 처리공법 또는 수처리 설비를 적용하는 수처리시설의 도입은 지양한다.

5) 불가피하게 하천으로 유입되는 생활오수 등 점오염원 성격의 수질오염원 유입을 차단하기 위해 도입되는 수처리 시설은 하천시설물과 별도의 시설로 규정하여야 한다.

6) 이 경우 하수관거 월류수 처리시설 등 해당 시설의 기준에 적합하도록 하여야 하고, 하천구역 외측에 시설을 설치한다.

1.1.2 사전조사

하천정화시설 설계시 조사 및 검토할 사항은 다음과 같다.

1) 하천의 수리, 수문 현황

2) 수역 및 수변공간의 물리, 화학적 오염현황

3) 경관 및 생태계 현황

4) 점 오염원, 비점오염원 현황

5) 하수도정비기본계획, 오염총량관리 기본계획 및 시행계획 등 관련 계획

1.1.3 하천정화시설

하천정화시설은 하천이 본래 가지고 있는 정상적인 정화기능이 여러 가지 원인물질(무기물, 유기물(유해물질을 포함))의 유입으로 감소·소실되는 경우, 인위적인 방법을 활용하여 정화기능을 회복·증대시키는 시설이다.

하천정화시설은 정화원리에 따라 물리적방법, 생물학적 방법, 화학적 방법으로 구분할 수 있으며, 하도, 고수부지, 유수지 등 설치위치에 따라 적정한 정화방법을 선정하여 설치한다.

〈 하천정화시설의 정화 원리에 따른 분류 〉

(표 1.1-1)

구 분	하천의 특성
물리적방법	• 침전(고무둑, 고정둑) • 여과(사여과, 마이크로 스트레이너, CDS 등) • 흐름이나 낙차에 의한 산소의 용해(포기, 자동수문 등) • 희석(정화용수 도입) • 하천퇴적물 제거(준설)
물리+생물학적방법	• 침전+생물산화(접촉산화) • 여과+생물산화(인공습지 등)
생물학적방법	• 생물산화(접촉산화법, 접촉산화수로, 박층류법, 산화지법 등) • 식물체 이용(수초재배섬, 갈대밭 등)
물리+화학+생물학적 방법	• 여과+흡착+생물산화

< 하천정화기법과 시설의 구분 >

(표 1.1-2)

구분	처리방법	설치장소		
		하도	고수부지	유수지
물리적 방법	준설	○		
	마이크로스트레이너 (Micro-strainer)	○	○	○
	토양침투법	○	○	○
	DCF법	○	○	○
	보	○		
	정화용수 도입(도수)	○		
	유수보전수로(이중수로)	○		
	수중포기	○	○	○
	박층류	○		
생물학적 방법	식물정화		○	○
	접촉산화	○	○	○
물리+생물학적 방법	무포기식 자갈접촉산화		○	○
	포기식 자갈접촉산화		○	○
	산화지(라군)		○	○
	토양침투		○	○
화학적 방법	중화처리	○	○	○

하천정화공법의 선정시 하천의 유량, 수질, 수리특성, 공간에 대한 정보 등을 사전에 검토하여야 하며, (표 1.1-3) 하천정화시설 선정시 고려사항을 토대로 관련사항을 종합적으로 검토한다.

〈 하천정화시설 선정시 고려사항 〉

(표 1.1-3)

구 분	내 용	세부 내용
유량 정보	• 하천 본류, 지류 등 대상지점과 처리 유량 등을 결정함 • 본류를 보전할 목적으로 지천을 처리하는 경우는 본류 수질에 대한 지천 유입량의 기여율을 고려함 • 유량 조건은 갈수량이 기본이 되나 이 경우 극히 엄격한 조건이 되기 때문에 일차적으로는 저수량 조건으로 기여율을 산정한 후 양을 결정함	• 유입수량에 대한 자료(단, 도시배수가 유입하는 경우 최대, 최소, 평균 유량 등) • 대상 하천의 유량 자료(평수, 저수, 갈수 시 유량)
수질 정보	• 정화하려고 하는 대상수의 수질특성(정화의 난이도, 수질 성상 등) 파악 • 처리방법을 선택하기 위한 기초 정보 수집	• 유입수질에 대한 자료(BOD5, SS, 침전가능물질, DO, pH, T-N, T-P 등) • 방류천(하천)의 수질(BOD5, SS, 침전가능물질, DO, pH, T-N, T-P 등)
수리 특성	• 하천에 따라서는 유량변화에 의해 하천공간이 침식되기도 하고 하상구조, 하천관리시설이 현저히 영향을 받는 경우가 있으므로 유량변화에 의한 수위 혹은 침수 등 예상 가능한 정보 수집	
공간 정보	• 하천에 있어서 대상수의 수질정화를 어떤 수준까지 할 것인가에 대해서는 양, 수질, 하천규모, 하상구조, 하천공간 및 고수부지의 이용상태 등의 구조적·형상적 정보 수집	• 하천의 종단·횡단 형상 자료 • 고수부지 현황 자료(정비계획, 점용 등 자료도 포함) • 하천관리시설 자료(분포, 상태) • 하안 형상 자료, 하안 구조 자료 • 제내지 시가지, 경관 자료 • 고수부지 식생 자료

가. 자갈접촉산화

1) 유입수량 변동이 적고 토사의 유출이 적을 경우 설치하는 공법으로 자체 분해 기능이 높지 않아 쉽게 유하, 침전된 유기물 등에 의하여 표면의 공극이 막히는 특성이 있으므로 이에 주의 하여야 한다.

2) 표면을 식생으로 처리할 경우 식물의 뿌리를 통한 산소공급과 물 흐름의 발생으로 하부의 자갈층이 지속적인 물질분해기능을 유지할 수 있다.

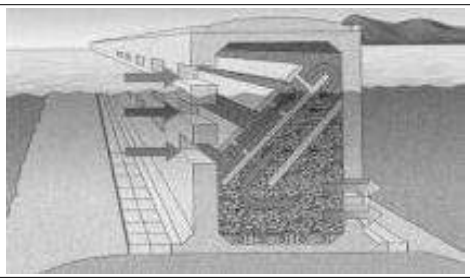
3) 정화원리는 수조 속 자갈(직경 10~20㎝)의 크고 작은 공간에 의해 고체와 액체로 분리되고, 자갈 표면에 발생한 미생물에 의한 생물산화 과정으로 정화된다.

4) 자갈 사이에 집적된 유기물이 혐기 분해된 후 다음 자갈 사이에 집적되는 현상이 반복되면서 집적된 유기물은 분해된다. 따라서 자갈 접촉산화조 길이를 길게 하면 직접 가능한 공간을 충분히 확보하고, 효율을 높일 수 있다.

5) 자갈접촉산화시설은 오염부하량이 큰 곳에는 적용할 수 없으므로 BOD 30mg/L 까지 적용한다.

〈 자갈접촉산화법 적용 사례 〉

(표 1.1-4)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">자갈접촉산화법(장치형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="2">양재천, 학의천, 남천 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td>전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td>장점</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td><td rowspan="2">• 자갈 사이의 공간거리가 짧아 침전효과 우수
• 수중 부유물과 자갈의 전기적 성질을 이용한 흡착현상으로 부유물 제거 가능
• 자갈표면 생물막의 유기물 산화분해 효과(유기물 감소)</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td>단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>여재(자갈ϕ75~150mm)
송풍기, 콤프레셔</td><td rowspan="2">• 하천수의 쓰레기 등으로 인한 시설 기능 저하
• 강우에 의한 하천수위 증가 및 하천수질 변동 우려</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>상류 : 1/300이상
중류 : 1/500 내외
하류 : 1/1000 내외</td></tr>
<tr><td colspan="3">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 일정크기의 표면적과 공극률을 갖는 친자연형 소재(자갈, 쇄석)와 소정이 형상으로 가공된 인공의 접촉재를 이용하여 오염된 하천수를 정화하는 기술임
• 정화대상 하천의 BOD는 20~30mg/L 이하일 것(자갈층 접촉산화는 유입수 중에 포함되는 수mg/L의 산소를 이용하여 정화되므로, BOD가 20~30mg/L이상의 하천수를 대상으로 하면 탱크 내에서 DO가 없어져 처리상태가 약화됨)
• 정화대상 하천수중에 DO가 존재할 것(탱크 내를 유하함에 따라 DO농도가 낮아지므로 정화대상 하천수의 DO농도가 낮으면 유하중에 DO가 없어져 탱크 내가 혐기화되고, 부착생물막의 박리, 포집된 고형물로부터 발생하는 슬러지의 혐기성 분해에 의해 부유물질이 유출되어 수질이 악화될 뿐만 아니라 처리수에서 냄새(황화수소 냄새)가 발생하거나, 때로는 방류방향의 하상에서 백색의 유황세균류가 발생하여 경관을 해치는 경우가 발생함)</td></tr>
</table>

나. 인공습지

1) 배수면적에 대해 현장에 시설을 조성할 수 있는 여유면적 등 현장조건을 고려하여 규모를 결정한다.

2) 저류지의 토양특성(배수성)에 따라 저류용량이 달라질 수도 있으므로 배수성이 양호한 저류지에 대해서는 규모를 작게 하고 배수성이 불량한 저류지에 대해서는 범람 위험을 예방하기 위해 여유 있는 용량을 확보하여야 한다.

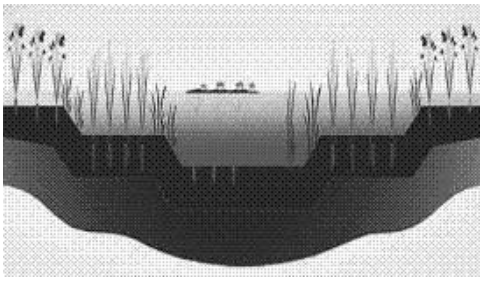
3) 저류지 전단에 침사지를 설치하여 토사에 의한 저류지의 급속한 용량축소를 최소화하기 위해 작은 규모의 웅덩이를 설치한다.

4) 침사지는 비교적 침강속도가 빠른 부유입자의 침전을 유도하는 시설이므로 침사지 내 유속이 해당 기준에 맞게 적정하게 유지하도록 하고 체류시간 및 저류지의 깊이는 현장에 설치 가능한 면적 등 현장조건을 고려하여 설치하도록 한다.

5) 저류지의 입지여건이 자연적인 지형여건을 고려해야 되는 바, 인위적인 콘크리트 구조물보다는 토사제방 구조로 설치하는 것이 바람직하며 유출수의 오염도가 심각하고 유출량이 소량일 경우에는 콘크리트 구조물의 설치도 고려할 수 있다.

< 인공습지(자연형) 적용 사례 >

(표 1.1-5)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="3">인공습지(자연형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="3">탄천 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td colspan="2">장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>3,715㎥/d</td><td colspan="2" rowspan="3">• 건설비용이 적고, 유지관리비가 저렴함
• 일관성 있고, 신뢰성이 높으며, 운영이 용이
• 에너지 소모가 적고, 경관이 좋음</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부, 사수부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td colspan="2">단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>관찰데크, 횃대, 목교</td><td colspan="2" rowspan="2">• 습지 조성을 위한 소요면적 많음
• 동절기 처리요율 감소</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>상류 : 1/700~840
중하류 :1/1,310~1,660</td></tr>
<tr><td colspan="4">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 자연습지의 생물서식처를 그대로 적용하여 하천의 오염물질을 정화하는 인위적인 시설
• 유지관리가 용이하며, 건설비, 유지관리비가 적어야 함
• 홍수 등의 범람에 지장이 없어야 함</td></tr>
</table>

다. 끈상접촉산화

1) 홍수의 영향을 받지 않는 공정을 선택하여야 한다.

2) 수로에 직접 설치할 경우는 상류로부터 토사유입이 적은 지역과 과도한 부유물질 유입 우려가 없는 지역을 선택하여야 한다.

3) 하천과 인접한 고수부지 또는 제내지에 설치할 경우는 펌프를 이용한 압송도 고려할 수 있다.

4) 관련 설계 기준에 준하여 체류시간을 검토하고 설치는 수로 내의 유하 단면 전체에 한다.

5) 끈상 미생물접촉재는 흐름에 평행하게 수평, 수직방향으로 일정한 간격을 유지하여 설치한다.

< 끈상접촉산화법(장치형) 적용 사례 >

(표 1.1-6)

<table>
<tr><td colspan="2">구분</td><td colspan="2">끈상접촉산화법(장치형)</td></tr>
<tr><td colspan="2">적용사례</td><td colspan="2">경안천, 산본천, 안양천 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td colspan="2">장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>20,000㎥/d</td><td rowspan="3">• 수질정화와 생물막 체적감소를 동시에 수행함
• 폐색문제 적고, 오염물의 부하 변동에 강함</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td colspan="2">단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>나일론 미생물접촉재
송풍기, 콤프레셔</td><td rowspan="2">• 유지관리비 소요
• 정화에 따라 발생하는 슬러지 처리필요</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>1/429</td></tr>
<tr><td colspan="4">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 미생물 막의 표면적을 증대시킨 끈상접촉재를 충진한 처리시설에 오염된 하천수를 유입시켜 접촉재에 부착된 미생물에 의해 오염물질을 분해하는 생물학적 처리공법으로 자갈접촉산화법의 문제점을 보완한 방식임
• 미생물 접촉재를 설치하는 구조물의 재질을 사용하여 부식에 의한 내구성 저하를 방지
• 처리효율을 높이기 위하여 접촉폭기조를 단계별로 분할하여 Plug flow type으로 구성</td></tr>
</table>

라. 인공식물섬(부유습지)

1) 유량이 많고 변동량도 많은 하천에서보다 오염물질의 발생원 근처에 설치하는 것이 좋다.

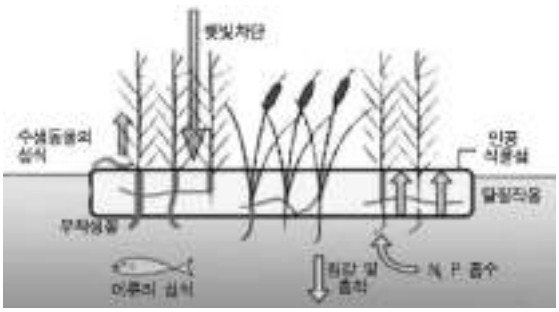
2) 식물의 안정적인 성장을 위해 식생기반재는 사용조건에 따라 일부지역에서 배수불량 등의 원인이 될 수 있으므로 실시 이전에 충분한 식생기반재 조사가 선행되어야 한다.

3) 인공식물섬의 고정은 시설 특징이 따라 육상고정, 수중 고정닻, 와이어로프 등을 이용하여 고정한다.

4) 고정 장치는 식물섬의 크기, 수심 등 여건에 따라 와이어로프, 닻, 콘크리트 기둥, H빔, 육상곡주, 클립볼트 등을 이용하며, 수위변동을 고려하여야 한다.

〈 인공식물섬(부유습지) 적용사례 〉

(표 1.1-7)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">인공식물섬(장치형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="2">진천 백곡 저수지</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td>전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td>장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>-</td><td rowspan="3">• 식물뿌리에 의한 질소, 인 제거 가능
• 어류, 양서류, 파충류 등 생물서식처 제공 및 종다양성 확보 가능</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td>단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>부체 : 폴리에틸렌폼, 다공성 부력재
식생 : 천연섬유매트</td><td rowspan="2">• 식재수종에 따라 식물의 성장속도가 저하될 수 있음
• 고농도 오염물 처리 시 효율 저하</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="3">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 호소 연안대에서 이루어지는 수질정화와 생태복원효과를 호소 주변이나 중앙에서도 이루어질 수 있도록 하는 기술
• 평판형 부체는 현장여건을 고려하여 적정한 재질을 사용하여 제작하여야 함
• 평판형 부체에 적정 개수의 구멍을 뚫어 수생식물의 뿌리가 수중으로 뻗어 나갈 수 있도록 해야 함</td></tr>
</table>

1.1.4 비점오염저감시설

1) 비점오염저감시설을 설치하는 경우에는 설치지역의 유역 특성, 토지이용 특성, 지역 사회의 수인가능성(불쾌감, 선호도 등), 비용 적정성, 유지·관리 용이성, 안정성 등을 종합적으로 고려하여 가장 적합한 시설을 설치한다.

2) 시설을 설치한 후 처리효과를 확인하기 위한 시료채취나 유량측정이 가능한 구조로 설치하여야 한다.

3) 침수를 방지할 수 있도록 구조물을 배치하는 등 시설의 안정성을 확보한다.

4) 강우가 시설 설계유량 이상으로 유입되는 것에 대비하여 우회시설을 설치하여야 한다.

5) 비점오염저감시설 설치시 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼(2020.10, 환경부)」을 따르며, 설치되는 지역의 지형적 특성, 기상 조건, 그 밖에 천재지변이나 화재, 돌발적인 사고 등 불가항력의 사유로 시설 유형별 기준을 준수하기 어렵다고 유역환경청장 또는 지방환경청장이 인정하는 경우에는 기준보다 완화된 기준을 적용할 수 있다.

6) 비점오염저감시설은 시설 유형별로 적절한 체류시간을 갖도록 하여야한다.

7) 비점오염저감시설의 설계규모 및 용량은 다음의 기준에 따라 초기 우수를 충분히 처리할 수 있도록 설계하여야 한다.

가. 저류시설

1) 자연형 저류지는 지반을 절토·성토하여 설치하는 등 경사면의 안전도와 누수를 방지하기 위하여 제반 토목공사 기준에 따라 조성하여야 한다.

2) 저류지 계획 최대수위를 고려하여 제방 여유고의 안정성을 고려하여 0.6 m 이상이 되도록 설계한다.

3) 강우유출수가 유입되거나 유출될 때에 시설의 침식이 일어나지 않도록 유입·유출구 아래에 웅덩이를 설치하거나 사석을 깔아야 한다.

4) 저류지의 호안은 침식되지 아니하도록 식생도입 등의 방법으로 경사면을 보호하여야 한다.

5) 처리효율을 높이기 위하여 길이 대 폭의 비율을 최소 1.5:1 이상이 되도록 하여야 한다.

6) 저류시설에 물이 항상 있는 연못 등의 저류지에서는 조류 및 박테리아 등의 미생물에 의하여 용해성 수질오염 물질을 효과적으로 제거될 수 있도록 하여야 한다.

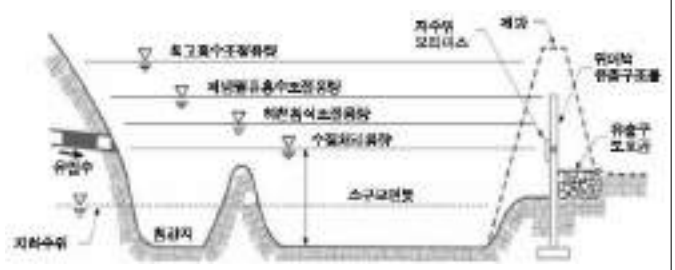
7) 수위가 변동하는 저류지에서는 침전효율을 높이기 위하여 유출수가 수위별로 유출될 수 있도록 하고 유출지점에서 소류력이 작아지도록 설계한다.

8) 저류지의 부유물질이 저류지 밖으로 유출하지 아니하도록 여과망, 여과쇄석 등을 설치하여야 한다.

9) 저류지는 퇴적토 및 침전물의 준설이 쉬운 구조로 하며, 준설을 위한 장비 진입도로 등을 만들어야 한다.

〈 저류시설(자연형) 적용사례 〉

(표 1.1-8)

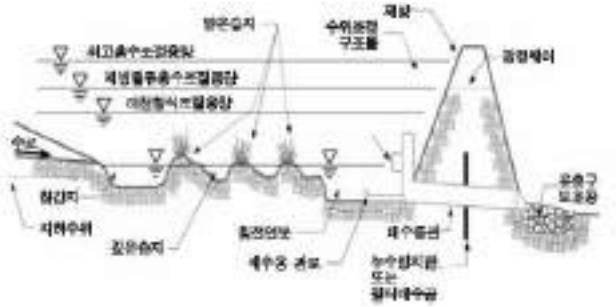
<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="3">저류시설(자연형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="3">고막원천, 덕산천 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td colspan="2">장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>-</td><td colspan="2" rowspan="3">• 저비용 고효율의 강우유출수 관리 능력 있음
• 강우유출수의 토사를 추가적으로 처리 가능
• 비점오염저감기능과 방재 기능을 동시에 가짐</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td colspan="2">단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>자연재료, 제방, 위어</td><td colspan="2" rowspan="2">• 악취, 해충 우려
• 하절기 조류 번성하여 공공수역으로 배출 우려</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="4">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 저류지는 지반을 절토, 성토하여 설치하는 등 비탈면의 안전도와 누수를 방지하기 위한 토목공사 기준을 따라 조성해야 함
• 저류지는 계획최대수위를 고려하여 제방의 여유고가 0.6m이상 되도록 설계해야 함
• 강우유출수가 유입되거나 유출될 때 시설의 침식이 일어나지 않도록 유입, 유출구 아래에 웅덩이를 설치하거나 사석을 깔아야 함</td></tr>
</table>

나. 인공습지

1) 인공습지의 유입구에서 유출구까지의 유로는 최대한 길게 하고, 길이 대 폭의 비율은 최소 2:1 이상으로 한다.
2) 다양한 생태환경을 조성하기 위하여 인공습지 전체 면적 중 50%는 얕은 습지(0~0.3 m), 30%는 깊은 습지(0.3~1.0 m), 20%는 깊은 못(1~2m)으로 구성한다.
3) 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5% 이상 1.0% 이하의 범위를 초과하지 아니하도록 한다.
4) 물이 습지의 표면 전체에 분포할 수 있도록 적당한 수심을 유지하고, 물 이동이 원활하도록 습지의 형상 등을 설계하며, 유량과 수위를 정기적으로 점검한다.
5) 습지는 생태계의 상호작용 및 먹이사슬로 수질정화가 촉진되도록 정수식물, 침수식물, 부엽식물 등의 수생식물과 조류, 박테리아 등의 미생물, 소형 어패류 도입 다양성이 높은 수중생태계를 조성하여야 한다.
6) 습지에는 물이 연중 항상 있을 수 있도록 유량공급대책을 마련하여야 한다.
7) 생물의 서식공간을 창출하기 위하여 5종~7종 정도의 다양한 식물을 심어 생물 다양성을 증가시킨다.
8) 부유성 물질이 습지에서 최종 방류되기 전에 하류수역으로 유출되지 않도록 출구 부분에 자갈쇄석, 여과망 등을 설치한다.

〈 인공습지(자연형) 적용사례 〉

(표 1.1-9)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="3">인공습지(자연형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="3">풍락저수지 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td colspan="2">장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>5,000㎥/d
(초기강우 2,500㎥/100분)</td><td colspan="2" rowspan="3">• 건설비용이 적고, 유지관리비가 저렴
• 일관성 있고, 신뢰성 높으며, 운영이 용이
• 에너지 소요가 적고, 경관이 좋음</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>수충부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td colspan="2">단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>식재, 자갈, 쇄석, 배수관</td><td colspan="2" rowspan="2">• 습지 조성을 위한 소요면적 많음
• 동절기 처리효율 감소함</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="4">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 인공습지 유입구에서 유출구까지는 최대한 길게 하고, 길이:폭 비율은 2:1 이상으로 함
• 다양한 생태환경 조성을 위해 인공습지 전체 면적 중 50%는 얕은 습지(0~0.3m), 30%는 깊은 습지(0.3~1.0m), 20%는 깊은 못(1.0~2.0m)으로 구성함
• 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5% 이상, 1.0% 이하의 범위를 초과하지 않도록 함</td></tr>
</table>

다. 침투시설

1) 침전물로 인하여 토양의 공극이 막히지 아니하는 구조로 설계한다.

2) 침투시설 하층 토양의 침투율은 시간당 13 mm 이상이어야 하며, 동절기에 동결로 기능이 저하되지 아니하는 지역에 설치한다.

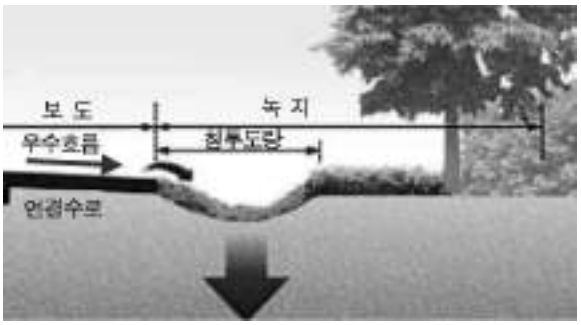
3) 지하수 오염을 방지하기 위하여 최고 지하수위 또는 기반암으로부터 수직으로 최소 1.2 m 이상의 거리를 두도록 한다.

4) 침투도랑, 침투저류조는 초과유량의 우회시설을 설치한다.

5) 침투저류조 등은 비상 시 배수를 위하여 암거 등 비상배수시설을 설치한다.

〈 침투시설(자연형) 적용사례 〉

(표 1.1-10)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">침투시설(자연형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="2">용인시 전대리 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td>전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td>장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>94㎥/d(초기유출 60분/일)</td><td rowspan="3">• 초기강우에 의한 오염원 저감 가능
• 배수를 위한 우회로 불필요함</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>중류, 완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>사수부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td>단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>콩자갈, 보호섬유, 모래</td><td rowspan="2">• 인 제거는 어려움
• 침전물로 인한 공극 폐색 우려 있음</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="3">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 석회암 지대 존재할 경우 침투우수에 의한 하부지층 침식 우려 있으므로 설치 지양
• 침투시설 하층 토양의 침투율은 시간당 13mm 이상이어야 하며, 동절기에 동결로 인한 기능 저하 없는 지역에 설치하여야 함
• 지하수 오염 방지를 위해 최고 지하수위 또는 기반암으로부터 수직으로 최소 1.2m 이상 이격해야 함</td></tr>
</table>

라. 식생수로형 시설

1) 배수로 등으로 유입되는 비점오염원이 포함된 우수를 수로에 활착된 식물을 이용하여 수질을 정화하는 시설이다.

2) 식생수로의 경사를 5% 이하로 완만하게 조성하여 식물, 토양, 미생물에 의한 여과, 흡착, 분해 등 수질개선 효과를 유도한다.

3) 홍수시 토사퇴적에 의한 매몰 등에 의해 시설물 훼손되지 않는 장소에 설치하여야 한다.

4) 정수식물을 활착시켜 수질개선을 유도한다.

5) 저수로가 유수에 의한 침식되는 것을 방지하기 위한 호안을 설치할 수 있다.

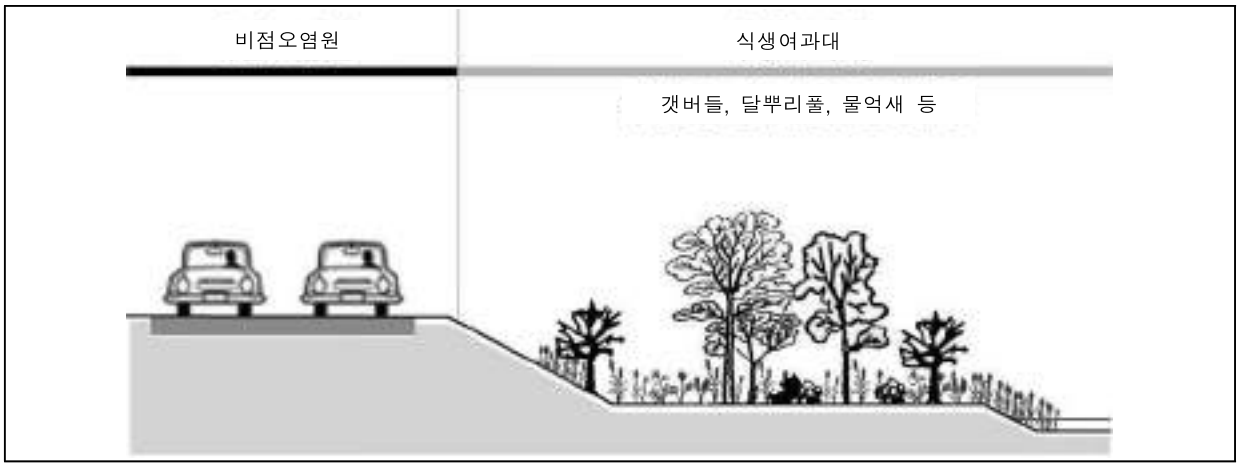
< 식생수로형 시설(자연형) 적용사례 >

(표1.1-11)

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="3">식생수로형 시설(자연형)</td></tr>
<tr><td>적용사례</td><td colspan="3">용인시 전대리 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">전경사진</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">수리학적 특성</td><td colspan="2">장점</td></tr>
<tr><td>설계유량</td><td>420㎥/d(초기유출 60분/일)</td><td colspan="2" rowspan="3">• 토양 및 식생을 이용하여 수질을 개선
• 투수성 토양인은 지하수 재충전 기능 있음
• 홍수억제 기능 있음</td></tr>
<tr><td>하상경사</td><td>중류, 완류</td></tr>
<tr><td>유선과의 관계</td><td>사수부</td></tr>
<tr><td colspan="2">특성</td><td colspan="2">단점</td></tr>
<tr><td>재료</td><td>자갈, 돌망태, 배수관</td><td colspan="2" rowspan="2">• 물이 항상 고여 있는 경우 악취, 해충 우려
• 식생 유지관리 어려움</td></tr>
<tr><td>평균 경사</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="4">적용성, 유의사항, 유지관리</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 계획된 강우유출수를 적절히 처리하기 위해 길이방향 경사가 5% 이하로 유지
• 식생수로는 10년 빈도 강우에 대해 안전하도록 최소 15cm의 여유고 갖도록 설계하며, 2년 빈도의 강우시 발생하는 최대유속이 저어진 토양과 식생조건에서 침식을 일으키지 않도록 계획
• 수로 바닥에 고랑이 생기는 것을 방지하기 위해 개수로 바닥의 폭은 2.5m보다 넓어서는 안 되며, 수로는 대부분의 경우 적당한 비탈경사(1:3보다 완만)로 설계하고, 비탈경사면는 1:2보다 급하면 안 됨</td></tr>
</table>

마. 식생여과대형

1) 식생여과대(V.F.S : Vegetation Filter Strip)는 비점오염원이 포함된 우수가 일정 폭을 가진 식물군락을 통과하면서 식물, 토양, 식물 뿌리부의 미생물 등에 의하여 수질정화 기능을 하는 좁고 긴 식생대를 말한다.
2) 하천에서 식생여과대(V.F.S)는 추이대 기능을 갖고 있으며 물 가장자리로 내부역의 주변을 완충하는 효과가 있어, 여과대의 기능이 있고, 다양한 생물종의 분포가 가능한 장소이다.
3) 제내지에 하천으로 유입되는 비점오염원이 분포할 경우 하천 수질 부하를 저감하기 위하여 하천 길이 방향으로 긴 식생대를 설치할 수 있다.
4) 고수부지, 제방사면 등에 초본류, 목본류 등 다양한 식물종을 구성된 식생대를 길게 조성함으로써 횡적 여과 기능을 통해 비점오염원이 하천으로 직접 유입되는 것을 방지할 수 있다.



(그림 1.1-1) **< 식생여과대 모식도 >**

바. 여과형 시설

1) 시설의 제거효율, 공사비 및 유지관리비용 등을 고려하여 저장용량, 체류시간, 여과재 등을 결정하여야 한다.
2) 여과재 통과수량을 고려하여 여과 면적과 여과 깊이 등을 설계한다.

사. 와류형 시설

1) 입자성 수질오염물질을 효과적으로 분리하기 위하여 와류가 충분히 형성될 수 있도록 체류시간을 고려하여 설계한다.
2) 입자성 수질오염물질의 침전율을 높일 수 있도록 수면적 부하율을 최대한 낮추어야 한다.
3) 슬러지 준설을 위한 장비의 반입 등이 가능한 구조로 설계한다.

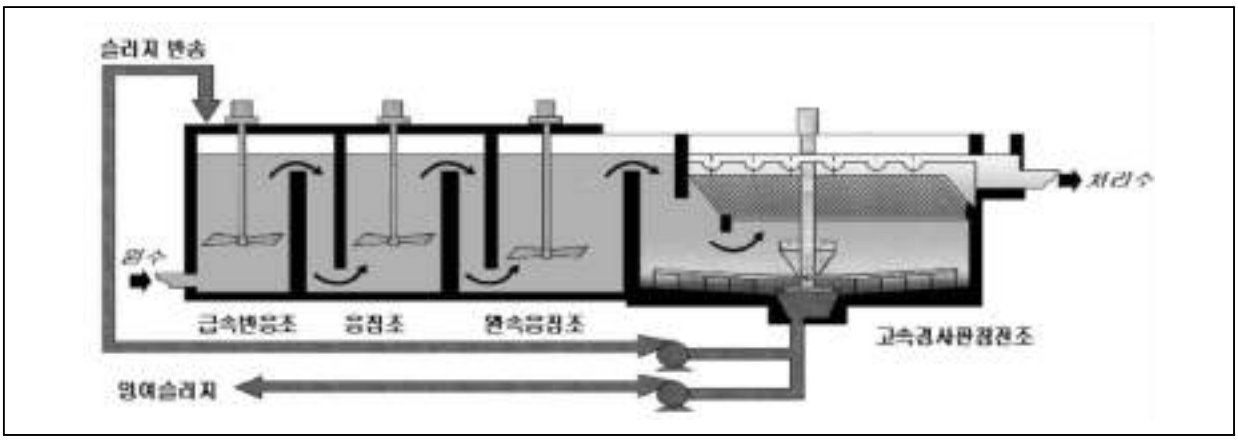
아. 스크린형 시설

1) 제거대상 물질의 종류에 따라 적정한 크기의 망을 설치하여야 한다.

2) 슬러지의 준설을 위한 장비의 반입 등이 가능한 구조로 설계한다.

자. 응집, 침전처리형 시설

1) 도시 우수유출수의 고형물을 응집하기 위해 응집재(폴리머, 알루미나, 염화제2철)를 사용하여 응집과정을 거친 후 침강시설에 의한 침전을 통해 오염물질을 제거한다.
2) 단시간에 발생하는 유량을 차집하기 위하여 저감시설 앞 단에 저류조를 설치할 수 있다.
3) 응집, 침전시간 단축 및 효율을 고려하여 규모 및 시설용량을 결정한다.
4) 약품, 전기, 인건비 등 유지관리비를 최소화 할 수 있도록 계획한다.



(그림 1.1-2) **< 응집, 침전처리형 시설 공정 개념도 >**

차. 수질정화 시설의 식재

1) 식재식물은 수질정화 효능이 있는 수생식물 종을 선정하며, 식물 공급, 관리 용이성, 지역자생 여부 등을 고려하여 갈대, 물억새, 줄 등 현지 자생종을 활용하여 식재할 수 있다.
2) 수질정화기능 외에 경관과 수생생물 서식처 제공 등의 기능을 고려하여 어리연꽃류, 수련류, 창포류 등 보다 다양한 식생을 도입할 수 있다.
3) 주변의 자연생태적 경관 및 특성을 고려하여 수생식물을 선정한다.
4) 식재시 이입종의 침입, 초기의 안정적 정착을 고려하여 식물의 간격을 조정할 수 있다.
5) 수생식물의 생태적 특성을 고려하여 토양의 토성에 적정하도록 설계한다.
6) 현지 유량의 계절적 특성이나 생태적 특성을 고려하고 환경공학적 측면에서 호안 등과의 관계를 고려하여 설계한다.
7) 식재면적은 수리·수문적 특성, 토양, 지질, 식물 등 생태적 특성에 따라 달리 조정할 수 있다.

1.2 수량 산출 요령

하천환경시설 수량산출은 하천 제방, 하천 호안, 하천복원시설 등의 기준을 따른다.

제2장 하천 복원공간 및 시설

제2장 하천 복원공간 및 시설

2.1 설계 요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

하천복원(Stream Restoration)은 치수사업, 기타 다른 목적의 하천사업이나, 하천의 구조와 기능을 교란 받기 이전의 원래 상태에 가깝게 회복시키는 과정으로서, 이를 통하여 생태 건강성, 생물다양성, 휴양, 홍수 방재, 경관 개선 등 자연상태에 가깝게 되돌리는 것을 말한다.

자연기반해법(Nature-based solution)이란 생태계를 보호하고 지속가능하게 활용, 관리, 복원해 기후변화 등 사회문제를 효과적, 유연하게 해결하는 것이며, 탄소 중립(기후변화 완화), 홍수 위험경감, 생물다양성 및 생태계서비스 증진 방안이 될 것이다. 또한 자연기반해법의 적용을 위해서 사회적 문제 명확화, 공간 규모에 따른 적정 디자인 생물다양성 증진, 경제성 확인, 포용적 거버너스 구축, 시너지 트레이드 오프를 고려해 균형있는 목표 설정, 적응적 관리 등 표준이 필요하다. 자연기반해법을 기반으로한 하천정비설계기법이 제시되어 있지 않으나, 이를 고려한 설계방향 설정을 통해 생태계를 보호하고 생물다양성을 증진하도록 하는 것이 필요하다.

나. 적용범위

본 장은 하천공사에서 하천복원 설계시 조사, 계획 및 하천 복원시설 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 조경 설계기준((KDS 34 00 00)(2018, 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천복원 통합매뉴얼(2011, 국토해양부)
2) 생태하천복원 조사, 평가 및 매뉴얼(2014, 환경부)
3) 생태하천복원 사후관리 매뉴얼(2014, 환경부)
4) 하천복원 가이드라인(2002, 환경부)
5) 제2차 물환경관리 기본계획(2016, 환경부)
6) 생태하천 복원 가이드북(川生人生)(Ⅳ)(2011, 환경부,한국환경공단)

7) 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준 조사계획 수립연구 최종보고서(2007, 환경부)
8) 비점오염저감시설의 설치 및 관리・운영 매뉴얼(2020, 환경부)
9) 도시생태축 복원사업 가이드라인(2021, 환경부)
10) 수생태건강성 회복을 위한 하천복원 길라잡이(2014, 환경부)
11) 하천점용허가 세부기준(2023, 환경부)
12) 하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준(2007, 건설교통부)
13) 생태하천복원사업 업무추진 지침(2021, 환경부)
14) 생태통로 설치 및 관리지침(2010, 환경부)
15) 생태하천 복원사업 기술지침서(2014, 환경부)
16) 생태통로 설치 및 관리지침(2010, 환경부)
17) 생태하천 조성계획 설계요령(2009, 국토해양부)
18) 자연친화적 하천관리에 관한 통합지침(2009, 국토해양부)

마. 용어 정의

1) 하천 전이대(추이대): 서로 다른 생태계가 만나는 곳으로 외부의 교란이 내부로 전달되는 것을 여과하는 완충대의 역할을 수행하며, 하천에서는 추이대로서 수생생태계와 육상생태계가 바뀌는 이행부로서 생물서식처 또는 이동통로 기능을 갖는 곳을 말한다.
2) 서식처(Habitat): 한 생물체가 사는 곳과 생물적, 무생물적 그 주변. 보통 먹이와 피난처 등 생식조건을 포함하며 서식지라고도 한다.
3) 비탈면 더돋기: 홍수내력 증대 또는 기능증진, 경관개선, 친수성 증대 등을 위해 하천의 급경사면을 토사로 더 성토하는 공사를 말한다.
4) 하중도와 하중주 : 하도내 침식과 퇴적작용에 의해 형성된 고정된 섬을 하중도라 하고, 고정되지 않고 자연적으로 변모하는 사주를 하중주라 한다.
5) 여울 : 폭기 작용을 통하여 용존산소량을 증가시키고, 유속을 빠르게 하여 부착 조류 등으로 특정 수생식물의 먹이를 제공하며, 하상안정에도 기여하는 시설
6) 소(웅덩이) : 유속을 느리게 하여 부유물 및 오염물의 침전작용, 흡착작용 및 산화 분해작용을 유도하고 어류 등 수생생물의 서식처를 제공하는 시설
7) 징검다리 여울 : 큰돌과 작은돌을 교대로 배치하여 징검다리로서의 기능과 경관 측면에서 친수성 향상, 폭기에 의한 산소량의 증가 등 다양한 목적으로 계획할 수 있다.
8) 하천 회랑(stream corridor): 하천에서의 생물서식처와 하천의 물리적 기능(길이, 넓이, 깊이)이 결합하여 형성된 경관생태측면의 하천통로
9) 습지 : 습지보전법에 따르면 내륙습지로 “육지 또는 섬 안에 있는 호 또는 소와 하구 등의 지역” 을 말함.
10) 육역화 : 평상시에는 하천수의 영향을 받지 않는 공간에 대해 수생생물들의 서식처이자 피난처

로 이용되며, 웅덩이나 하도습지 등은 흐름이 있는 하도와는 달리 정수역을 형성하므로 양서류, 곤충 등의 하천의 생물상에 다양성을 줌.

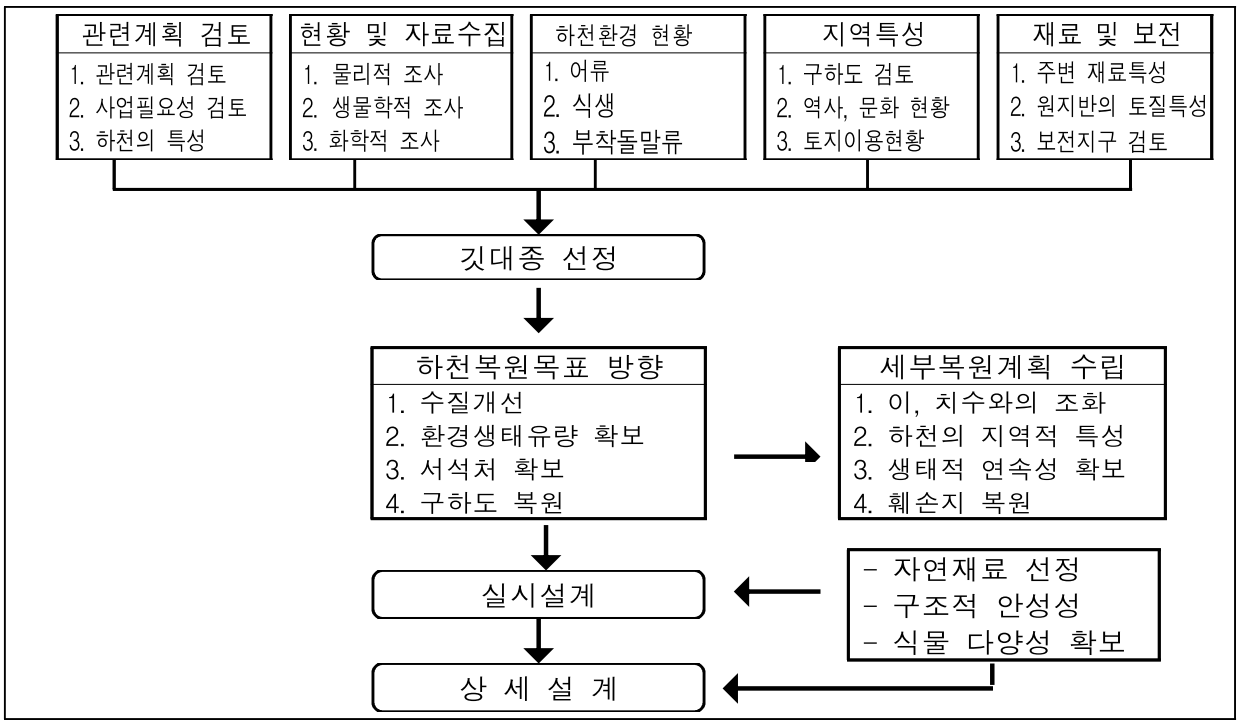
11) 깃대종(목표어종) : 하천특성지역의 생태, 지리, 문화 사회적 특성을 반영하는 상징적인으로 보호해야 할 필요성을 인정하는 종

12) 참조하천 : 대상하천과 유사한 물리적, 지형학적, 생태적 특성이 유사하여 비교의 척도로 적용하기에 가능한 하천

13) 자연기반해법(Nature-based Solution, NBS) : 토지이용 및 기후변화 등으로 야기된 수자원, 가뭄·홍수, 도시침수, 수질 및 수생태계, 도시 열섬화 등의 문제를 자연을 기반으로 한 기법을 활용하여 해결하기 위한 전략

바. 설계일반사항

1) 하천복원설계는 하도와 제내지 상황, 토지이용현황, 하천환경, 수생태 건강성 등을 종합적으로 고려하여 깃대종을 결정한 후 결정된 목표종에 대해 서식환경을 확보할 수 있도록 하천의 지형적 조건, 하천 폭, 유량, 유속, 수질개선 등이 조정되도록 설계하여야 한다.



(그림 2.1-1) **< 하천복원 설계 절차 >**

사. 생태하천복원 설계시 고려사항

1) 관련법 및 관련규정에 준하여 설계 및 시공을 하되, 기본적으로 하천의 치수 및 이수 안정성을 고려하여야 한다.

2) 하천의 지형적 조건에 따라 사용한 구조물과 크기가 정해진 자재을 붙여가는 방법으로는 생태하천복원구간을 적정하게 선정하여야 한다.

3) 생태하천복원사업에서는 생물의 서식·생육 환경과 경관을 배려하기 때문에 현지 상황에 맞춘 유연하고 세심한 시공하여야 한다.
4) 생태하천복원은 하천 최상류에서 하류까지, 본류로 유입되는 지천 및 그 지천으로 유입되는 실개천까지 통합적인 연계성을 고려하여야 한다.
5) 하천생태계의 온전성 회복·달성을 위해서 상징적 기능을 담당할 수 있는 깃대종 등 생물종 복원 중심의 하천사업으로서 추진되어야 한다.
6) 자연재료를 활용하는 경우가 많은데, 대상지 주변에서 재료를 구하기 어려운 경우는 생물의 다양성을 확보할 수 있는 재료 선정에 고려해야 한다.
7) 하천 식생대의 복원방안은 식생군락의 자연발생 유도와 훼손된 식생군락의 복원으로 구분하며, 하천환경의 보전 및 복원을 위한 바람직한 수종을 선정하여야 한다.
8) 하천변에서 서식하고 있는 생물의 다양성 증가를 위한 서식지(서식처)관리와 새로운 종의 방사에 의한 서식처 복원을 위해서는 하천변에 서식할 수 있는 장소를 만들어 주어야 한다.
9) 생태하천복원의 기후변화 적응 측면에서 물순환 건전화, 유역오염원 관리, 물 재이용 등 기후변화 극복전략과 대책과 수생태계, 생태공간 창출등 통합 물관리 실현을 위해 물분야에 자연기반해법(Nature-based Solution, NBS)의 적극적 활용방안으로 추진하여야 한다.

아. 하천복원 시설물의 구성

1) 하천의 자연성을 확보하는 현 지형의 인위적 훼손을 최소화 하여야 한다.
2) 먹이사슬 등 생물종의 생태적 지위를 고려한 서식환경을 보전하여야 한다.
3) 다양한 생태적 공간 기능을 부여할 수 있도록 표준단면 형식은 지양하여야 한다.
4) 현지 자생 식물 종 중 다년생 식재를 활용한 기법과 자생식물을 유도하는 기법으로 활용하여야 한다.
5) 해당구간 및 상・하류의 서식구조를 반영하여 적정한 서식처를 복원조성하여야 한다.
6) 수리특성을 고려한 하천 구간별 복원시설을 하여야 한다.
7) 환경친화적인 자연소재를 적극 활용 하여야 한다.

2.1.2 조사

하천복원 설계시 조사 및 검토할 사항은 다음과 같다.

가. 복원을 위해 과거 서식지 조사
나. 대상 구간의 수생태계 환경 조사
다. 수질 및 수량(갈수기) 조사
라. 구하도 특성 조사
마. 법정 보호종 및 보전구간 관련계획

2.1.3 하천 복원공간 설치 기준

가. 생물 서식지

1) 하천구간으로서 통상 하폭의10~15배정도이며, 만곡하도는 대표적인 대규모 서식지(서식처)로 이곳에서는 수온이나 수질 등은 균일해야 한다.
2) 여울, 웅덩이, 천수역, 샛강과 같은 하천경사, 길이, 형태가 국부적으로 달라지는 곳으로 통상하폭 정도의 크기로 해야 한다.
3) 수심, 유속, 피난처(Cover)등 서식지(서식처)의 물리적 조건이 전체적으로 균일한 곳으로, 물고기들이 먹이 포식이나 산란을 위해 이용하는 작은 구역과 비슷한 크기로서, 통나무 걸린 곳,강턱깎인 곳, 하도중앙의 자갈사주, 큰 바위 뒤 등은 개별적인 소규모 서식지(서식처)로서 물고기들에게 모두 양호한 피난처겸 서식지(서식처)가 되어야 한다.
4) 웅덩이 바닥에 쌓인 생물 먹이원의 공급에 의한 나뭇잎더미, 자갈바닥, 하상퇴적토 등은 개별적 생물들에게 먹이원과 피난처가 되어 한다.

나. 추이대 및 저수호안

1) 하천의 생물다양성이 가장 풍부한 지역으로 호안 조성시 사용하는 재료의 선정에 신중을 기하여야한다. 저수호안 보호를 위하여 사용하는 재료 중 아연도금 철망이나 방부목의 사용은 지속적인 환경부하를 나타내므로 가능한 한 사용을 배제하는 것이 좋으며, 다공성 블럭의 경우도 시멘트의 독성이 제거되고 중성화(pH8이하)된 제품을 사용하여야 한다.
2) 좌우 비대칭형으로 조성하고, 급단락이 발생하지 않도록 완만한 형태를 유지하며, 사주부와는자연스러운연결이이뤄지도록한다.
3) 획일적으로 평탄한 복단면 형태는 지양하며, 저수로에서 제방까지 완만한 경사로 연결되도록 조성하여 구간별로 다양한 추이대가 조성되도록 유도한다.

다. 습지

1) 홍수터 부지를 홍수조절 및 저류공간으로 확보하여 평상시에는 생태 서식지(서식처)로 활용하고, 홍수시에는 홍수터로 재해예방을 우선으로 해야 한다.
2) 지면이 물에 잠기지 않으며 땅속에 도랑이나 침투가 용이한 바닥층을 설치하여 자갈이나 굵은모래속으로 유입수가 침투되어 정화효과를 고려한다.

2.1.4 계획

1) 계획수립 단계에서 설정된 복원의 목표가 기본설계에 반영되어야 하며, 또한 깃대종이 선정된 경우 이들 개체군이 성공적으로 서식할 수 있는 환경을 조성하는 방향으로 필요한 세부사업들

(예를 들면, 수질개선, 수량확보, 서식처 확보 등)을 포함하여 설계하여야 한다.

2) 하천생태계는 인위적 교란에서도 어느 정도의 회복력이 존재하며 이를 종합적 의미에서 안정성(stability)으로 계획한다.

3) 하천은 유량과 지형에 따라 흐름의 형태가 다양하며, 유수와 함께 토사와 같은 물질이 이동하는 공간이다. 같은 장소에서도 가뭄(갈수)과 홍수라는 교란에 의해 계절과 시간에 따라 항상 수위와 유속이 변동하며, 토사는 침식, 운반, 퇴적 작용을 반복하면서 바위와 자갈, 모래, 실트, 점토 등 입경에 따라 다른 운반 형태로 상류에서 하류로 유하하여 향을 미친다. 이러한 하천의 자연적 특성을 회복하도록 설계하여야 한다

4) 복원사업은 유수의 작용과 식생의 회복, 천이 등 자연현상을 기대하고 장기적인 관점에서, 즉 공사의 완료 후에도 시간이 경과하면서 생태적 구조와 기능이 개선되도록 추진하여야 한다.

2.1.5 설계

가. 여울 및 소(웅덩이)

하천 수생태 환경을 개선하기 위해 하상경사를 변화시켜 자연형 하천에 가깝도록 인위적으로 설치여울과 소에 대한 설계기준이다.

1) 설치 위치

가) 수생생물의 서식환경 요소의 적용 가능성 여부를 검토하여 다양한 흐름을 유도하고, 생태적 다양성이 확보되도록 설치위치, 설치 규모등을 결정한다.

나) 상류부는 급여울형이며 소(웅덩이) 하류부는 평여울형의 구조를 갖는다.

다) 여울과 소(웅덩이)의 구조는 시간 및 공간에 따라 주기적으로 퇴적과 침식을 반복되게 하므로 해당하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면으로 계획하여야 한다.

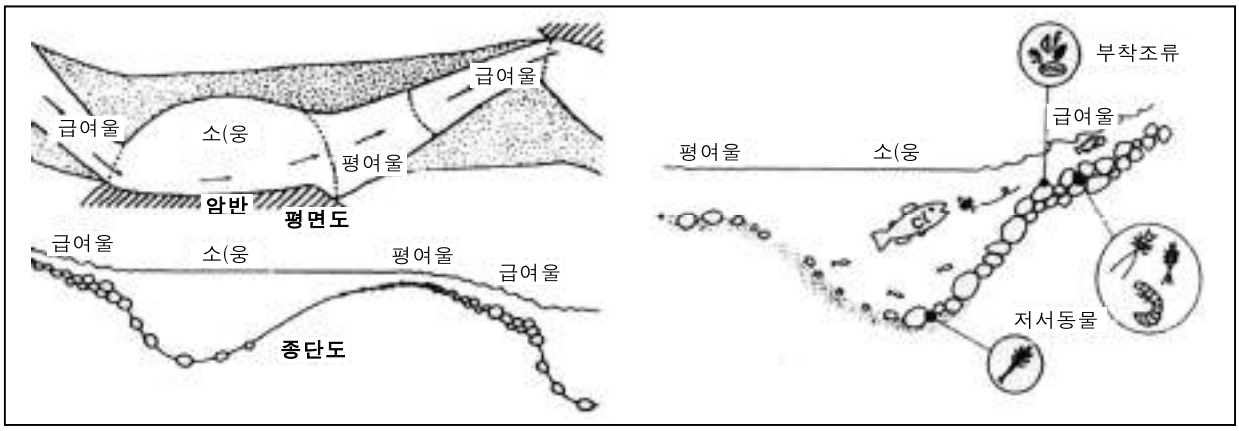
라) 하천 수생태 환경을 개선하기 위해 하상경사를 변화시켜 자연하천에 가깝도록 여울과 소에 경사 및 위치선정을 하여야 한다.

마) 저수로 만제수위에서 여울 지점에 한계류가 발생한다고 가정할 수도 있다. 홍수시의 통수능을 계산하여 통수능에 문제가 있을 경우에는 여울의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보하도록 설계한다.

2) 여울 종류

가) 평여울 : 여울 표면이 크게 물결치는 깊은 수심의 여울(폭기 발생)

나) 급여울 : 작은 물결치는 바닥이 얕은 수심의 여울



(그림 2.1-2) 〈 급여울, 평여울 〉 (그림 2.1-3) 〈여울 · 소(웅덩이) 〉

다) V자여울 : 인공여울의 한 형태로서 하상 전 부분에 설치하는 구조물이 아니고 하안 부분에서 하도 중앙까지의 일정 부분에만 설치된다, 또한, 설치목적은 적극적인 어류보호 및 서식처제공에 두어야 한다.

라) 징검다리 여울 : 큰돌과 작은돌을 교대로 배치하여 징검다리로서의 기능과 경관 측면에서 친수성 향상, 폭기에 의한 산소량의 증가 등 다양한 목적으로 계획할 수 있다.

3) 설치 방향

가) 이송되는 물, 얼음 또는 유사를 무리 없이 통과시켜야 하며, 갈수기에는 가능한 한 깊은 수심이, 홍수기에는 낮은 수심이 유지되어질 수 있어야 한다.

나) 유량이 통과될 때 한계 소류력 및 한계 유속치를 넘어서는 안된다.

다) 여울 조성에 사용되는 재료는 일반적으로 다양한 크기의 돌을 사용할 수 있으며, 가장 큰 소류력을 받는 여울 정상부에는 저수로 만제유량에서 떠내려가지 않는 크기의 거석을 사용한다. 여울의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아서 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다.

라) 설계수위 : 저수로 만제 수위를 기준으로 여울과 소의 안전성, 계획홍수위에 대한 영향 등을 검토한다.

마) 설계인자: 하폭, 여울 사이의 간격, 사행파장, 하도의 곡률반경 등이다. 곡률반경 산정시 기준선은 하도의 기하학적인 중앙선으로 한다.

바) 여울의 높이: 하상, 고수부지 표고, 하상경사, 저수시의 소의 수심 등에 의해 결정한다. 하류여울의 정상부 표고는 상류부 여울의 표고보다 낮아야 하고 계획홍수량에 따른 문제가 발생하지 않도록 높이를 조절하여야 한다.

사) 사행형 하도계획: 대상 지점의 침식과 퇴적 흔적을 조사하여 하도선형을 결정한다.

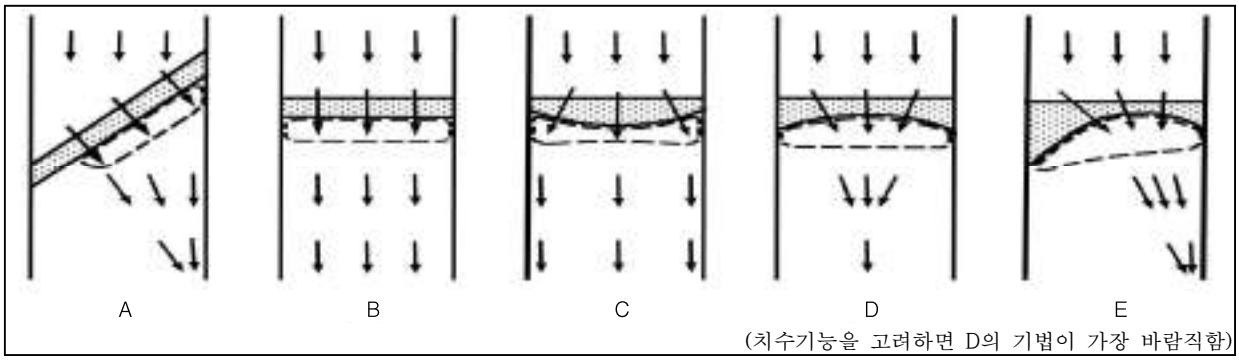
아) 하도단면 결정: 평균하폭, 평균수심을 결정하여야 하며 하도 폭은 하천회랑의 폭보다 작아야 하고 상하류 수위, 마찰저항, 시설 주변의 표고 등에 의해 결정한다.

자) 수리기하 공식에 의해 하폭, 수심, 하상 경사 등을 결정할 수 있으나 제안자에 따라 결정된 계수값에 의한 결과는 다양한 값을 나타낸다. 따라서, 적용 대상하천의 특성과 유사한 계수를 적용하고 수리계산 및 유사이동에 대한 검토가 수반되어야 한다.

차) 참조 하천 비교: 결정된 하도제원을 적용하기 전에 참조 하천을 비교하여 단면형을 계획할 수 있다. 참조 하천은 유역과 하도의 형태가 안정되어 있어야 한다.

카) 자연형 하상유지 시설은 자연하천에 가장 근접한 여울형 낙차공, 사석과 통나무(방부목) 등 다양한 형식을 고려할 수 있으며, 설치되는 사석(자연석)은 유수의 흐름에 떠내려가지 않도록 지지되어야 한다.

타) 하천설계시 저수로 등 하천공간에 자연적으로 형성된 여울과 소(웅덩이)의 경우 인위적인 훼손, 변형을 유도하는 설계를 지양하고 가급적 원형보전 되도록 설계 방안을 수립한다.

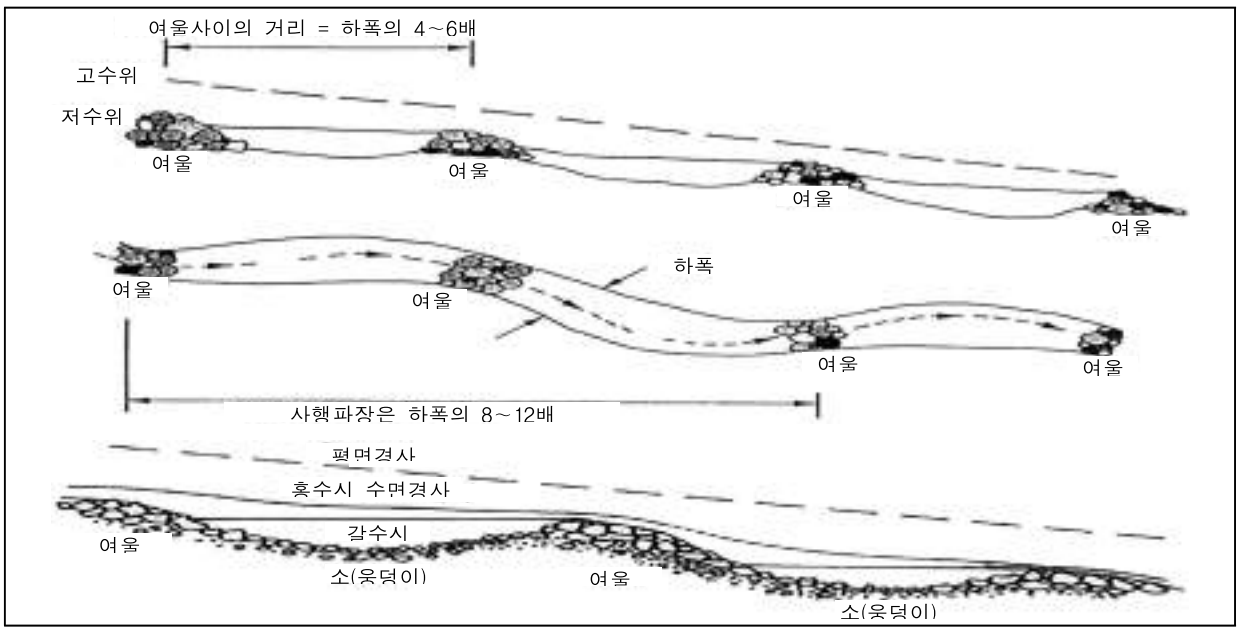


(그림 2.1-4) **〈 여울 평면형에 따른 소(웅덩이) 발생 특성 〉**

파) 취수보 또는 낙차공, 여울 등에 의해 하류에 발생하는 웅덩이는 구조물의 설치방향 및 방법에 따라 수류의 집중현상이 달라지며 이에 따라 소(웅덩이)의 형상이 결정된다.

하) 자연형 여울과 소(웅덩이)의 평면 설계에서 필요한 설계인자는 하폭, 여울 사이의 간격, 사행파장, 하도의 곡률 등이며, 하천의 하상재료와 지형학적 특성에 따라 다르지만 대체적으로 여울 사이의 간격은 하폭의 4~6배 정도이며, 사행 파장은 8~12배 정도이다.

거) 인위적으로 하도의 곡률을 조정할 경우에는 일반적으로 자연하천의 경우 곡률반경/하폭 = 2~3이 가장 적당한 것으로 알려져 있다.



(그림 2.1-5) **〈 여울과 소(웅덩이)의 종단 및 평면 구조 〉**

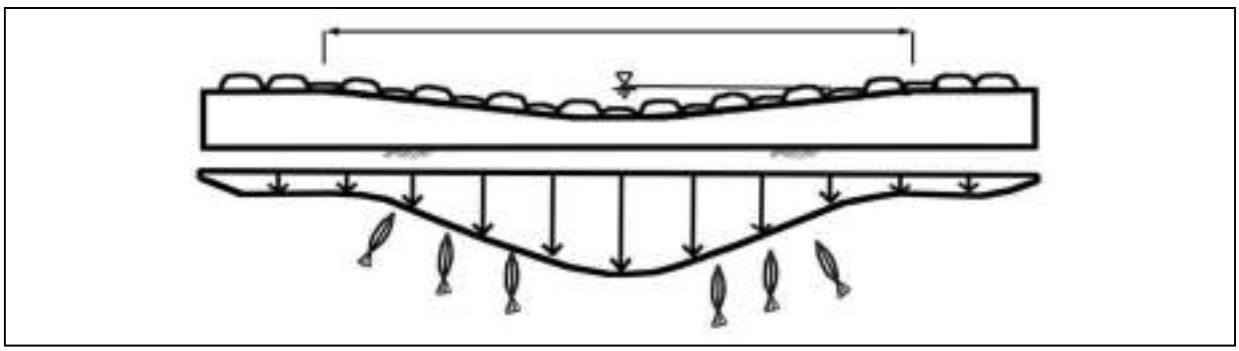
너) 여울과 소(웅덩이)의 구조는 시간 및 공간에 따라 주기적으로 퇴적과 침식을 반복되게 하므로, 현장 조사시 침식과 퇴적 흔적과 대략적인 사행특성을 파악하고, 이를 통해 제시된 기준 내에서 조정과정을 거쳐 해당 하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면계획을 한다.

더) 자연형 여울의 형상 설계에서 중요한 변수인 여울의 높이는 하상과 둔치의 표고, 하천의 경사, 저수시의 소(웅덩이) 수심 등에 따라 결정한다.

러) 여울에 적용하는 돌의 규모는 해당구간에 대한 수리검토를 시행하여 그 결과에 따라 소류력에 견딜 수 있는 규모로 한다.

머) 시설물 조성후 여울과 소(웅덩이) 구조가 유지 가능하도록 수리검토를 실시하고, 그 결과를 설계에 반영하여야 한다.

버) 하폭이 좁아 별도의 어도를 설치하지 않는 경우 수위에 따라 흐름이 발생할 수 있도록 횡단적 포물선형 여울을 설치할 수 있다.



(그림 2.1-6) **< 포물선형 여울 횡단면 예시 >**

서) 그 외 사항은 하천설계기준의 여울과 소(51 70 05) 부분을 참고한다.

나. 하중주

1) 본 항에서 다루는 하중주는 하도 내에서 자연적으로 조성되는 하중주의 보호 및 저수로 내 소규모로 설치되는 인공섬 형태의 시설물을 안정적으로 관리 및 조성하는데 목적을 둔다.

2) 하중주는 하천의 중심부 퇴적에 의해 발생하는 육역으로 하도 생물통로의 수심확보 및 조류, 포유류, 곤충 등의 서식에 있어 간섭이 적은 안전한 서식장소 역할을 한다.

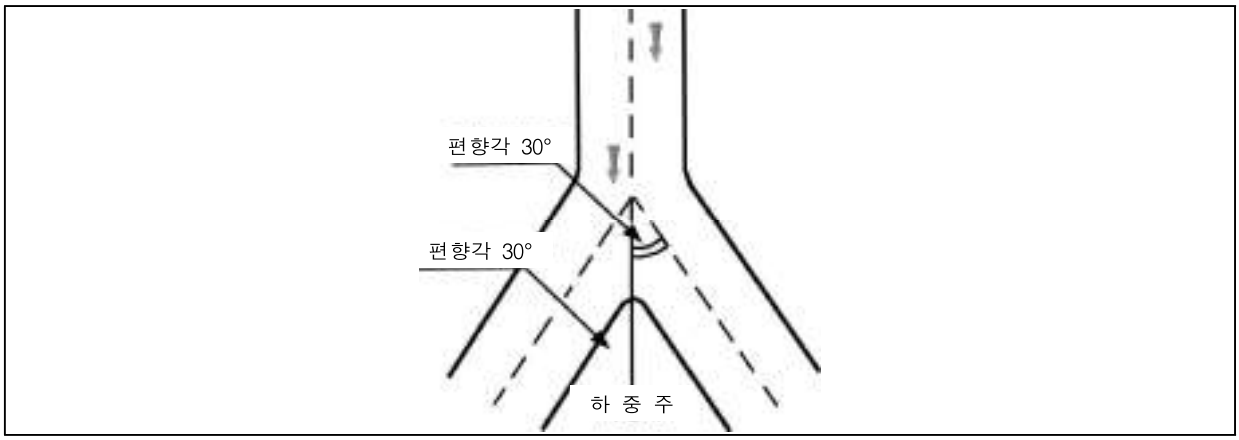
3) 하중주는 자연하천에서는 다년간 퇴적되어 변하지 않는 곳에 위치하는 것이 가장 바람직하며, 인공적으로 조성되는 하중주는 과거의 하천지형의 복원을 우선적으로 고려하고 하도특성 분석 또는 수리실험 등의 절차를 통하거나 토공사 완료 후 홍수기를 모니터링하여 변화된 지형을 고려하여 조정하는 등 신중한 위치와 형상결정이 요구된다.

4) 하중주는 하천의 고유 기능에 지장을 초래할 우려가 없는 곳에 설치하되, 하도나 하폭의 변화에 따라 위치 및 모양, 크기 등이 달라지는 특성을 고려하여 설계하고, 생물서식 공간, 환경교육 공간 기능도 고려하여 설계할 수 있다.

5) 하중주의 높이는 둔치의 평균높이를 기준으로 설계할 수 있다.

6) 하중주의 호안 설계시 수역과 육역을 연결하는 추이대 부분이 단절되지 않도록 식물 등을 사용하고, 수충부가 형성되는 상류 쪽은 소류력을 고려하여 호안의 유실 및 기초부의 세굴을 방지할 수 있는 호안재료 및 공법을 선택한다.

7) 대상 하천내 생물서식처 조성 및 하천흐름을 사행화하거나 하천의 자연성을 해치지 않는 범위에서 꼭 필요한 경우에만 시행하되 대상 하천의 환경조사에 따라 설치하여야 한다.



(그림 2.1-7) **〈 하중주 분류점 편향각 예시 〉**

다. 수생태 기능 공간

1) 일반사항

가) 수충부, 추이대의 기능을 복합적으로 갖추고 있는 다공질 공간이며, 다양한 실개천, 웅덩이, 둔덕이 반복하여 형성되는 지형이다.

나) 대부분 정화식물을 비롯하여 대형수생식물, 일년생 식물까지 다양한 식물 군락이 존재한다.

다) 수생태 기능 공간의 유형은 홍수시 범람원으로 활용되는 유형, 하천수가 항상 통과되는 유형, 독립연못 유형, 실개천 등의 수로 유형 등으로 구분할 수 있다.

라) 생물의 서식에 가장 좋은 조건을 형성하고 있는 기법으로 하천의 수세(水勢)와 밀접한 관계가 있으므로 사전에 수리실험 등에 의해 배치하거나, 계획 후 시공시 토공사를 완료하여 홍수기를 경과시킨 후 수리, 생태적 모니터링에 의해 변한 지형과 자생된 식물의 특성을 반영하여 조정하는 등 신중한 위치와 형상결정이 요망된다.

마) 수생태 기능 공간의 일종으로 비오톱(Biotop)이 있으며, 비오톱은 특정 생물종의 복원을 유리하게 하며 조성방법은 생물종의 특성과 수리특성, 생태계특성에 따라 다르다. 또한 만과 다른 점은 비오톱은 정수역으로 조성할 수도 있으나 만은 흐름이 존재하여야 한다.

바) 늪, 폐천화 공간 등은 수생태 기능 공간으로 적극 활용한다.

사) 기존의 수생태 기능 공간은 대부분 수변식물을 비롯하여 추이대(Ecotone)에서 형성되는 다양한 식물군락이 존재하며 홍수조절 효과가 있으므로 보전가치가 크며 생물의 서식처 역할을 하므로

생물종다양성 증진 기능이 크다.

아) 자연적으로 형성된 수생태 기능 공간은 가급적 원형보전 하도록 하고, 인위적인 훼손 또는 변형을 지양한다.

2) 수생태 기능 공간 설계

가) 수생태 기능 공간의 배치 및 형태를 결정함에 있어서 먼저 대상지의 지형, 수리·수문, 토지이용 및 주변 생태계 등을 종합적으로 분석한다.

나) 대상지의 지형적 잠재력을 최대한 고려하여 지형에 순응하면서, 하천의 물리적 특성인 하천미지형(微地形), 하상경사, 하상재료를 고려하여 설계하도록 한다.

다) 목표로 하는 생물의 분류군 또는 종의 생태적 특성에 따라 개방형, 폐쇄형 등의 시설 유형과 유량, 수심, 유속 등을 다양하게 설계할 수 있다.

라) 유량, 유속 등 유체학적 특성을 고려하여 자연유하가 가능한 구조가 되도록 유입부, 유출부 및 내부의 흐름 형상을 설계할 수 있다.

마) 하천의 생태적 특성에 따라 생물 서식환경의 적용성 여부를 검토하여 생태적 다양성을 확보할 수 있는 설치 위치, 형상 등을 결정할 수 있다.

바) 시설물 설치 시 수리분석, 수질 예측 등 하천 환경의 물리적 요소인 유량, 수질 조건 등이 자연적으로 형성 또는 유지될 수 있도록 현황특성에 맞도록 설계할 수 있다.

사) 수생태 기능 공간의 지속가능한 유지를 위하여 유입과 유출의 수위를 적정하게 설정하여야 하며, 인위적 고정을 최소화하고 퇴적에 의한 유입, 유출부의 폐색으로 수생태시설의 기능이 훼손될 경우에 유지관리를 시행할 수 있도록 설계할 수 있다.

아) 하천에서는 유속이 약한 곳을 선호하는 생물종이 존재하므로, 고수부지 등 넓은 구간에서 수로형 수생태 기능 공간을 도입할 수 있다.

자) 수로형 수생태 기능 공간은 생물 서식특성에 따라 서식(피난, 은신, 산란 등)할 수 있도록 조성할 수 있다.

차) 수로형 수생태 기능 공간은 본류 하도와 연하여 설치하므로 본류의 계획하상 표고와 근접하도록 하여 갈수시에 대비하여야 하며, 경사는 완경사를 유지할 수 있다.



(그림 2.1-8) **<수생태시설 조성 전·후 비교 >**

카) 수생태 기능 공간의 세부 설계시 생물서식처의 기능을 기본으로 하고 생태학습장 등 친수기능을 추가할 수 있다.

라. 저수호안

1) 일반 사항

가) 다양한 식생대가 이루어지도록 계획한다.

(1) 교란된 하천생태계의 재생을 위한 생물서식 기반환경의 복원기법을 적용한다.

(2) 생태계 복원을 목적으로 자연형으로 복원하되, 하천치수 및 생물서식 환경에 영향을 주지 않는 범위 내에서 하천 구간 특성에 따라 부분적으로 친수 및 주민휴식공간을 조성한다.

나) 좌우대칭형 단면을 최대한 지양한다.

다) 하도의 만곡형태, 수충부 여부 등을 고려하여 자연상태의 비대칭형으로 설계한다.

라) 수충부 기울기는 급경사, 비수충부는 완경사로 조성하고, 비대칭 횡단지형 구조를 통한 자연발생적인 정수식물 형성을 유도한다.

마) 주변 생태상황을 고려하여 생명재료를 우선적으로 사용하며, 의도적으로 조성하는 호안시설은 하천의 흐름에 의해 유발되는 자연형성 과정을 저해하지 않도록 한다.

바) 허용유속 등의 수리안정성을 고려하여 무생물재료를 사용할 경우에는 일반적인 콘크리트구조물 등의 사용을 최대한 지양하며, 방부목을 사용시 환경적으로 무해한 재료를 사용토록 하여야 한다.

2) 호안 설계

호안설계는 방틀계,망태계,석재계,블록계,식생계로 분류하였으며 여기서 계열별 분류 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

가) 방틀계 :목재,철근 콘크리트,강재 등을 사용하여 격자틀을 만들어 내부에 토사, 자갈,버럭 등을 채우는 공법이며, 보통 저수호안에 사용한다.

나) 망태계 :철선 등의 재료를 사용하여 망태를 짜서 그 속에 호박돌 크기의 석재를 채우는 공법으로 보통 제방의 호안비탈면 보호 및 침수공간을 조성하는 수리구조물 설치에 사용하며 저수호안과 고수호안에 적용할 수 있다.

다) 석재계 :자연석,사석 등의 자연재료를 사용하는 일반적인 공법으로 유속에 대한 저항력이 좋고 자연석 공극 사이에 식재가 가능한 공법이며 일반적으로 저수호안과 고수호안에 적용할 수 있다.

라) 블럭계 :다양한 공법들의 조합된 계열이며 하천의 법면 보호와 식재공간의 조성으로 법면 녹화가 가능한 공법이며 일반적으로 저수호안과 고수호안에 적용할 수 있다.

마) 식생계 :다양한 공법들의 조합된 계열로서 주로 비수충부구간과 고수호안에 적용할 수 있으며, 매트계열과 네트계열로 구분된다.

바) 매트형 : 토사유출방지 및 경사면의 안정과 식물의 수종을 다양하게 적용할 수 있으며 네트형에 비해 소류력 및 세굴에 대한 대응력이 있어 저수호안에 적용하기도 한다.

사) 네트형 : 경사면의 토사유출방지와 경사면의 안정 및 수변경관을 조성하는데 사용되어지며 소류력이 큰 구간에서는 유실의 우려가 있어 가급적 고수호안에 적용할 수 있다.

3) 주의 사항

가) 하천복원을 위한 생태호안 조성 시 생태적 가치를 보전하고 생태기반을 조성하며, 소류력에 안정적이고, 생태하천의 원형경관을 향상시킬 수 있는 호안으로 조성해야 한다.

나) 수심이 깊고 세굴이 많이 발생하는 지역에서 저수호안이나 기초로 사용되며, 사석의 두께(또는 중량)는 개별 하천의 허용소류력에 따라 그 개별규격을 설정하도록 한다.

다) 자연석 쌓기는 크고 작은 자연석을 서로 조화시켜 자연재해 방지에 유리하도록 쌓아야하며,석재의 노출면은 경관적 측면에서도 유리한 면이 보이도록 쌓아야 한다.

라) 살아있는 식생을 이용한 하천복원 공사는 장기적으로 경제성 및 유지관리에 유리하나, 단기적(활착기간)으로는 유실대책이 필요하며 식생위치, 지하수위, 저수위 및 홍수위와 같은 하천특성과 하천유역의 식물상을 파악하여 식물분자의 고유성을 보전하기 위하여 식생재료는 유사종으로 선택하도록 한다.

마) 유속이 느린 곳에는 정화식물을 포함하고 종자를 채취하여 재배한 것 또는 자연산을 채취한 것으로서 뗏장,분주 등의 형태로 사용한다.

바) 유속의 흐름이 거의 없는 정수역 및 이에 준하는 인공시설물 내에 사용하여 홍수에 의한 유실을 억제하도록 한다.

마. 횃대

1) 조류의 종류 및 생태환경에 따라 재료 및 형태를 조화롭게 설치 계획하는 것이 바람직하다.

2) 횃대는 경관용으로도 적용되나 가급적 일정거리인 조류 경계거리(개방시야) 확보가 필요하다.

3) 횃대의 재료는 목재, 석재 등 다양한 재료의 사용이 가능하나 가급적 자연적 재료를 도입하고, 재료의 조합 적용도 가능하다.

4) 횃대의 배치는 반드시 직선일 필요는 없으나, 유속 및 유수력에 견딜 수 있도록 견고하게 설치한다.



(그림 2.1-9) **< 횃대 예시 >**

바. 하천 복원공간 식재

1) 일반사항

가) 하천 복원공간의 식재는 하천 기반 환경 조성을 통한 자연 발생을 기본 원칙으로 하여, 수로와의 거리, 침수기간, 수위변동 등과 같은 수환경 변화에 따라 식물종, 식재 시기, 식재 위치 등을 결정한다.

나) 식재는 가급적 자생을 유도하는 기법을 위주로 유해식물 관리에 의한 효율적이고 경제적인 방법을 적용하고, 불가피한 경우에 그 하천 생태 특성에 맞는 식재를 적용한다.

다) 수목은 그늘을 형성하여 유속에 방해하는 수생식물 및 기타 녹조류 등의 왕성한 번성을 자연적으로 억제하여 준다.

라) 하천 복원공간내 수목으로 동,식물의 서식처 공간이 복원이 된다.

마) 관목 식재를 우선적으로 선택하는 것이 바람직하며, 침엽수의 잎은 물 속에서 잘 분해되지 않으므로 식재하지 않는다.

2) 도입 식재 수종

가) 도입 식재 수종은 지역의 자연조건에 적합한 것을 선택하여야 하며, 특히 대기오염물질이 발생되는 지역에서는 대기오염에 강한 수종을 식재하여야 한다

나) 해당 하천 지역 특성에 맞는 자생 식물 적용을 원칙으로 한다.

다) 식물 선정시에는 하천 제방부와 제방사면, 고수부지, 호안부, 저수로부와 같이 식재 위치에 따라 각 식물의 생육특성에 맞게 적용하여야 하며, 일반적으로 위치별 도입 가능한 식물종은 다음과 같다.



(그림 2.1-10) **< 하천의 식재 위치 구분 >**

(1) 제방부 및 제방사면(육지구역)

제방부는 대부분 이동통로로 이용하고 있어, 귀화식물이나 답압(踏壓. 인간·가축·중장비 등에 의해 가해진 압력으로 토양이 다져지는 현상)에 강한 식물들이 우점하고 있으므로, 제방부의 식재 식물은 심근성 목본류나 자생초화류 등의 식재가 적당하다. 또한, 제방 비탈면은 제방과 연결된 상부는 제방과 연결하여 심근성 목본류를 식재하고, 제방 중단과 하단은 제방의 안전성

을 위해 초본류 위주로 녹화하는 것이 바람직하다.

(2) 고수부(경수역)

평상시나 갈수시는 유수의 영향을 받지 않으나, 홍수시 수위 상승으로 인해 침수되는 제방과 호안부 사이의 평탄지로 연간 침수기간이 짧아 건조지 및 귀화 식물이 우점하고 있는 구간으로 복원 초기단계에 조기녹화용 식물 등을 고려하여 식재하고 최후에 남게 될 우점종 등을 예측하여 식재해야 한다. 따라서 토양유실이 예상되는 구간에는 침식을 완화할 수 있는 식물을 식재하여야 하며, 우리나라 하천 고수부지의 경우 기존 경작이용률이 높으므로 하천복원시 토양에 따라 적합한 식생을 도입하여야 한다. 식물종의 선정은 다양한 결정방법에 의하여 습생식물과 수생식물 등 지역에 따라 현지 여건에 적합한 식생을 도입할 수 있다.

(3) 호안부(연수역)

물과 직접 맞닿는 부분으로 유속에 지속적인 영향을 받고, 수위와 유속, 호안에 작용하는 외력으로 인해 크게 영향을 받으므로 물밑의 흙속에 뿌리를 내리고 줄기와 잎이 수면위로 올라오는 식물을 이용하는 것이 적합하다. 수생식물의 뿌리는 토심 5~20㎝에 분포하며 대형 추수식물만 그 이하에 분포하고, 대부분의 수생식물은 수심 30~50㎝내에서 서식하며 침수식물과 대형수생식물이 깊은 곳에 분포한다.

(4) 수로

최소 수심이 항상 유지되는 구간으로 물과 직접적인 영향을 받는 부분이다. 따라서 추수식물, 부유식물, 부엽식물, 침수식물 등 다양한 수생식물의 생육장소이고, 다양한 어류, 양서·파충류, 저서성대형무척추동물의 주요 서식처이다. 수생식물은 호수 바닥에 뿌리를 내리고 줄기와 잎이 수면위 또는 수면상으로 상으로 나타나는 추수식물, 부엽식물과, 뿌리를 호수 바닥에 내리지 않고 수면에 떠있는 채 생활하는 부유식물과 유속이 비교적 느리거나 없는 곳에는 수중식물의 식재가 적합하다.

3) 하천의 수목 식재

가) 하천에서 수목 식재시 나무의 구분은 다음과 같이 사용한다.

- 키 큰 나무 : 교목과 관목 구분 없이, 다 자란 후의 높이가 대략 1m 이상인 나무.
- 키 작은 나무 : 교목과 관목 구분 없이, 다 자란 후의 높이가 대략 1m 미만 또는 그 이하로 관리되는 나무.
- 교목(tree) : 대부분 하나의 곧은 줄기가 있으며, 다 자란 후의 높이가 보통 3m 이상임.
- 관목(shrub) : 대부분 여러 개의 줄기가 밑에서 갈라져 나오며, 다 자란 후의 높이가 보통 3m 미만임.

나) 수목의 식재는 하천내 수리학적 치수상 지장이 없도록 하고, 다음에 해당하는 구역에서는 수목 식재를 하지 않는 것을 원칙으로 한다.

- 제방에 위험을 미칠 우려가 있는 구역 : 수목을 식재함으로써 수위가 상승하거나 유속이 변하

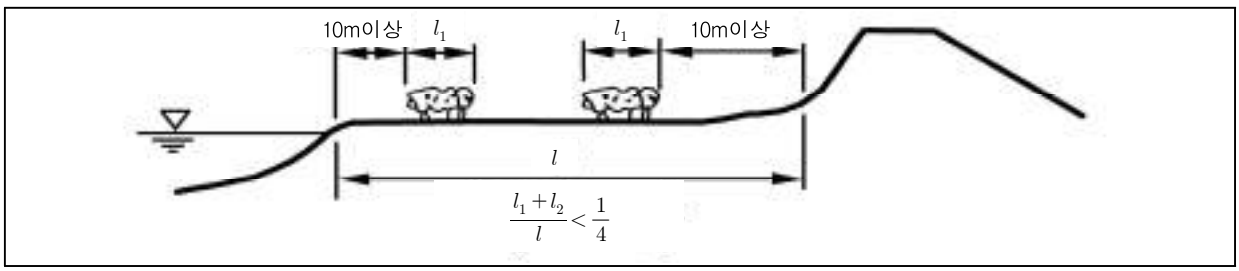
여 제방의 안전성을 해칠 우려가 있는 구역

- 하천시설 등에 영향을 줄 우려가 있는 구역 : 수목의 뿌리가 제체에 침입하여 누수를 초래하거나 호안 등의 시설을 손상할 우려가 있는 구역
- 전도 및 세굴 등의 우려가 있는 구역 : 활착한 수목이 홍수로 인해 쓰러지거나 세굴의 우려가 있는 구역
- 수목이 부러지거나 쓰러져 떠내려가 하류의 하도가 폐색될 우려가 있는 구역

4) 고수부지 수목 식재

가) 수리계산이 필요 없는 고수부지의 키 작은 수목 식재

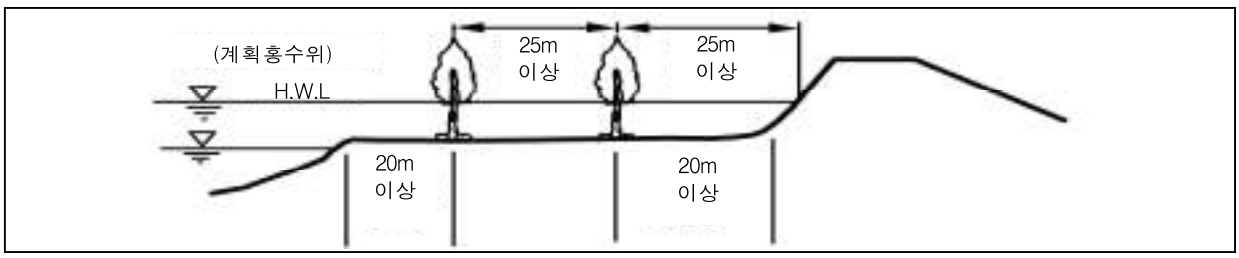
- 제방 앞비탈기슭 및 저수로 법선에서 10 m 이상 위치에 키 작은 나무를 심을 수 있다.
- 군락으로 심는 경우에는 하천 횡방향 군락의 폭(2개 이상의 군락인 경우에는 그 폭의 합)이 고수부지 폭의 4분의 1 이하로 할 것. 이 경우 열을 지어 수목을 식재(이하 “열식“이라 한다)할 때에는 하천 종방향은 100m 이하로 하고, 열식 사이의 거리는 50m 이상으로 한다.



(그림 2.1-11) **〈 고수부지에 키 작은 나무심기 〉**

나) 수리계산이 필요 없는 고수부지의 키 큰 수목 식재

- 하도의 고수부지에 키 큰 나무를 심을 경우에는 치수상 안전을 확보하여야
- 제방의 앞비탈기슭 및 저수로 법선에서 20m 이상과 제방 앞비탈면과 계획홍수위가 접하는 선에서 25m 이상 이격시킨다.
- 하천 횡방향의 나무 간격은 25m 이상 유지한다.
- 하천의 횡방향 수목간격(m) = 20 + 0.005Q(계획 홍수량)
- 나무 간격이 50m 를 넘게 되는 경우는 50m 로 한다. 이 간격 이하에서는 홍수시의 유선을 따르는 선상에만 나무를 심을 수 있다.
- 수목의 식재는 홍수의 흐름 중 흐름방향의 투영 면적이 적은 수종을 선택한다.
- 내풍성・내습성 수목으로 선정한다.

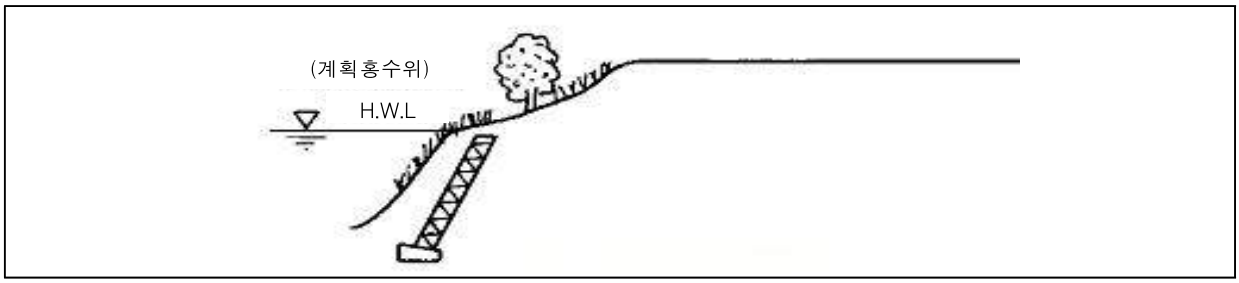


(그림 2.1-12) **〈 고수부지에 키 큰 나무심기 〉**

5) 제방 수목 식재

가) 수리계산이 필요 없는 제방 비탈면 키 작은 수목 식재

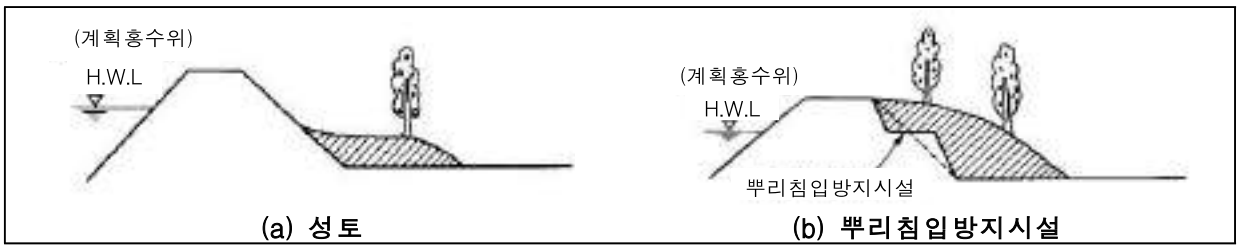
- 완경사 제방 앞비탈(하안을 포함한다)에서 수목의 식재는 자연형 호안의 일환 또는 자연재 및 선재를 이용한 비탈덮기(은제호안)인 경우에 한한다.
- 완경사 제방이 아닌 곳에서 수목의 식재는 앞비탈면의 경우 계획홍수위 이상인 비탈면에 한하며, 뒷비탈면인 경우에는 접근도로, 부체도로 등의 안전시설과 계획홍수위 이상인 비탈면에 한한다.
- 비탈면에는 수목의 뿌리가 제체에 침입하지 않도록 토목섬유 등을 이용하여 식재하여야 한다.



(그림 2.1-13) **< 비탈면에 키 작은 나무심기 >**

나) 수리계산이 필요 없는 제방측단 수목 식재

- 수목의 식재 위치는 누수발생의 우려가 없는 등 제방 보전에 지장이 없는 구간에 한한다.
- 수목의 가지, 뿌리 등이 배후 사유지, 도로 등 다른 시설물의 경계를 침해하지 않도록 한다.
- 안정측단에는 키 작은 수목을 심을 수 있다.
- 측단에 키 큰 수목을 심을 경우에는 수목의 뿌리가 성목시에도 계획제방의 제체에 침입하지 않도록 해야 한다.
- 비상용 토사의 비축을 위한 비상측단에는 수목을 식재하지 않는다.
- 측단의 성토부분에는 잔디깔기 등의 비탈면 보호공을 설치해야 한다.

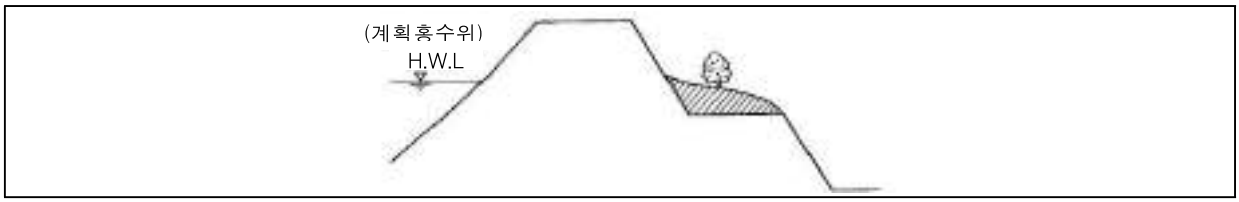


(그림 2.1-14) **< 제방측단에 나무심기 >**

다) 수리계산이 필요 없는 제방 뒷턱 수목 식재

- 수목의 식재 위치는 누수발생의 우려가 없는 등 제방의 보전에 지장이 없는 구간에 한한다.
- 수목의 가지, 뿌리 등이 배후 사유지, 도로 등 다른 시설물의 경계를 침해하지 않도록 한다.
- 수목의 뿌리가 제방 내로 들어가지 않도록 성토를 하며, 필요에 따라서 뿌리 침입방지시설을 설치하도록 한다. 이 경우 성토 또는 심은 수목이 수방활동에 지장이 없도록 유의하고 또 성토에 의하여 제방이 파괴되지 않도록 안정성을 확보해야 한다.

- 성토부분에는 잔디깔기 등의 비탈면 보호공을 설치한다.



(그림 2.1-15) **〈 제방 뒷턱에 나무심기 〉**

6) 저류지 수목 식재

가) 심은 나무가 홍수시에 유실 되지 않는 경우에 한한다.

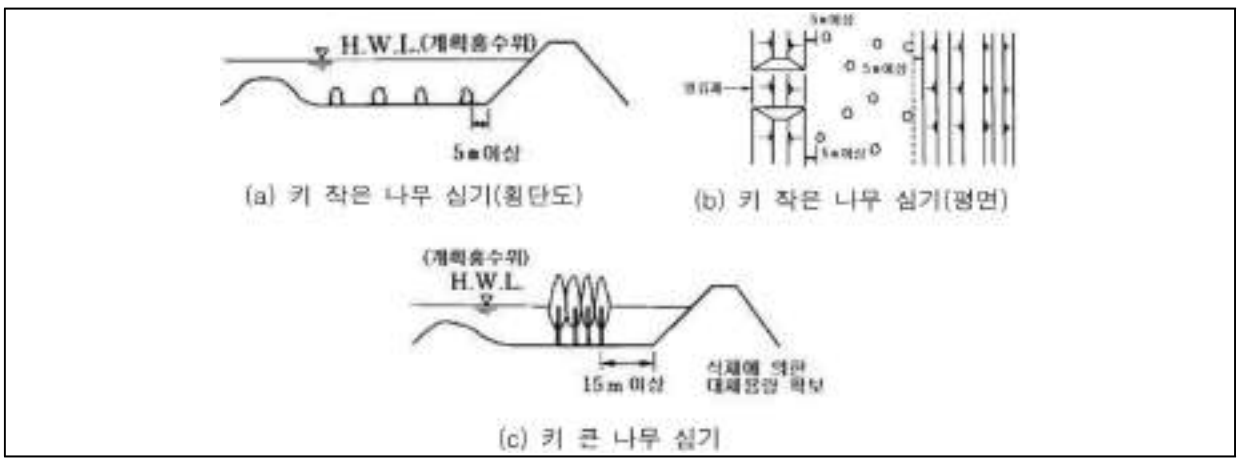
나) 심은 나무에 의해 기존 저류지의 저류량이 설계저류량보다 작아지는 경우에는 대체용량을 확보해야 한다.

다) 키 작은 나무를 심을 경우에는 제방 앞비탈기슭 월류시설 및 배수문에서 5 m 이상의 거리를 떼고 또 홍수시의 수심 유속 등을 고려하여 유출방지를 위한 조치를 강구하거나 유출되지 않을 위치를 선정한다.

라) 키 큰 나무를 심을 경우에는 제방 앞비탈기슭 월류시설 및 배수문에서 15 m 이상의 거리를 떼고 또 홍수시의 수심 유속 등을 고려하여 유출방지를 위한 조치를 강구하거나 유출되지 않을 위치를 선정한다.

마) 심을 나무의 수종은 내풍성 내윤성 수목으로 한다.

바) 기타 하천에서의 수목 식재는 '하천점용허가 세부기준', '하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준'을 준용한다.



(그림 2.1-16) **〈 저류지에 나무심기 〉**

7) 수생식물 식재

가) 식재식물은 홍수시 침수에도 오래 견딜 수 있는 수변식물을 중점적으로 선정한다.

나) 식물의 공급, 관리의 용이성, 지역자생여부 등을 고려하여 현지 자생수종 위주로 식재계획을 한다.

다) 경관과 생물 서식처 제공 등의 생태적 기능을 고려하여 다양한 식생을 도입한다.

라) 수생식물의 생태적 특성과 토양조건을 고려하여 식재계획을 수립한다.

마) 주변의 자연생태적 특성 및 경관을 고려하여야 한다.

바) 현지 유량의 계절적 특성이나 생태적 특성을 고려하고 호안 등과의 관계를 고려하여야 한다.

사) 식재면적은 수리·수문적 특성, 토양, 지질, 식물 등 생태적 특성에 따라 다르게 결정한다.

아) 수생식물의 생태적 특성은 종마다 상이하므로 각각의 생물종 특성에 적합하도록 아래 표를 참고하여 식재식물의 활용성, 식재위치, 식재방법 등을 골려하여 도입 식물종을 단독 또는 복합 식재계획을 수립할 수 있다.

< 수생식물의 생태적 특성(1) >

(표 2.1-1)

구분	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	수수	부엽	침수	부유		호안	생태	정화	종요종	포기심기	저하정	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
여과	갈대	Phragmites communis Trin.	1.0-3.0	8-10		대형				저하정이 발달하며, 대군락을 만든다.	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	
	줄	Zizania latifolia Turcz	1.0-2.0	8-10		대형				뿌리은 고고 횡으로는 뻗어서 군생한다.	○	○	○	○	○	○		○			○	○			
	수크령	Pennisetum alopecuroides (L.) Spreng	0.3-0.8	8-11	제방					따른 장소의 습기에 자란다. 총생하고 뿌리를 잘 내리고 줄기, 잎은 딱딱하고 강하다.	○	○	○		○			○					○	○	
	달뿌리풀	Phragmites japonica STEUD.	1.5-2.5	8-10		대형				갈대보다 조금 작은형. 지상으로 뻗어나는 줄기(포복경)가 발달하여 군생한다. 갈대보다도 급류하천에 생육한다.	○	○		○	○	○					○	○	○		
	띠	Imperata cylindrica	0.3-0.6	5-6	제방					하안의 마른 장소나 제방의 비탈면 등에 군락을 만든다. 뿌리은 희고, 땅속을 깊게 뻗는다.	○	○			○	○		○					○	○	

< 수생식물의 생태적 특성(2) >

(표 2.1-2)

구분	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	수수	부엽	침수	부유		호안	생태	정화	종요종	포기심기	저하정	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
여과	물억새	Miscanthus sacchariflorus BENTHAM	1.0-2.5	9-10	제방고수부지					조금 습한 도지에 자란다. 물이래와 유사하지만 한 줄기에서 갈라나오지 않고 1개의 줄기를 세워 큰 군락을 만든다.	○	○	○	○	○			○					○	○	
	참억새	Miscanthus sinensis Anders.	1.0-1.5	7-10	제방					마른 장소에 자란다. 큰 줄기로 되어있고 다수의 줄기를 낸다.	○	○	○		○			○					○	○	
	새	arundinella hirta Tanaka	1.0-1.2	8-10	제방					들판에 자란다. 줄기는 직립하고, 가늘고 딱딱하며 잎과 같은 털이 있다.	○	○			○			○					○	○	
	그령	Eragrostis ferruginea (Thunberg) p.Beauv.	0.3-0.8	8-10	제방					뿌리에서 많은 잎과 꽃줄이 총생한다. 길가나 제방 등에 자란다. 총생하고 줄기로 되어 뿌리 힘이 강하다. 잎과 줄기도 딱딱하고 강하다.	○	○			○			○					○	○	
	솔새	Themeda triandra	1.0-1.5	9-10	제방					들판, 산지에 자란다. 줄기는 총생하고 모기로 된다. 줄기는 주이 좁고, 갈색을 띤다.	○				○			○					○	○	

< 수생식물의 생태적 특성(3) >

(표 2.1-3)

과명	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	종묘공급	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	벼꽃이	수중	수생	고수부지	제방	
부들과	큰부들	Typha latifolia Linne	1.0-2.0	6-8		대				뿌리가 발달하고, 큰 군락을 만든다. 오탁에도 강하다.			○		○	○					○	○			
	애기부들	Typha angustifolia Sary et Chaub	1.5-2.5	7-8		대				뿌리가 발달하고 큰 군락을 만든다.	○	○	○	○	○	○					○	○			
	부들	Typha orientalis Pred	1.0-1.5	7-8		중				부들, 애기부들에 비해 작은 형의 추수식물. 뿌리가 발달하여 군락을 만든다.					○	○					○	○			
속삭풀과	속삭풀	Sparganium stoloniferum Hamilton	0.5-1.0	6-9		중				땅속줄기를 가지고 소형군락을 만든다. 달걀을 거꾸로 세운모양의 열매가 귀여.	○	○	○	○	○						○	○			
사초과	송이고랭이	Scirpus triangulatus Roys	1.0정도	8-10		중				모여 자라고, 큰 포기를 만든다.	○		○		○				○		○	○			
	세모고랭이	Scirpus triqueter Linne	0.5-1.0	7-10		중				줄기는 통수한다. 뿌리는 크고 길며, 땅속을 뻗어간다.	○		○		○				○		○	○			
	삿갓사초	Carex angulata	0.8정도	4-7		중				지하경은 굵으로 뻗고 줄기는 다수 나오고 포기로 된다.					○				○		○	○			
	매자기	Scirpus fluviatilis (Torr.) A. Gray	1.0-1.5	7-10		소				뿌리는 굵고 단단해 괴경을 만든다.			○	○	○				○		○	○			
다디풀과	흰꽃여뀌	Polygonum japonicum Meisn	0.3-0.8	8-11	수로					지하경은 굵고, 군락을 만든다.			○						○	○	○	○	○	○	
	물여뀌	Polygonum amphibium	0.5-0.7	8-10	수로					근경은 땅속에 깊게 뻗고, 가지를 나누어 증식한다.			○						○	○	○	○	○	○	

< 수생식물의 생태적 특성(4) >

(표 2.1-4)

과명	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	종묘공급	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	벼꽃이	수중	수생	고수부지	제방	
물옥잠과	물옥잠	Monochoria korsakowii Regel et Maack	0.2-0.3	8-10	△					일년생 수생식물.		○							△		○				
	부레옥잠	Eichhornia crassipes Solms-Laub.	0.3	7-9					□	일년생 수생식물.		○							○		○				
자라풀과	자라풀	Hydrocharis dubia(Bl.) Backer	0.1-0.2	8-10			□			다년생초본. 우포늪지 특산종.			○						○		○				
부처꽃과	부처꽃	Lythrum anceps (Koehne) Makino	0.5-1.0	7-8	○					다년생초본. 냇가, 저습지, 호수가에서 자생. 홍자색꽃이 아름다움.															
천남성과	창포	Acorus calamus	0.5-0.9	5-7		중				큰 지하경을 가지고, 밀생하여 소군락을 만든다.	○		○		○						○	○			
	석창포	Acorus gramineus	0.2-0.5	3-5		소				잎은 뿌리줄기에서 모여나고 뿌리줄기는 밀으로 뻗는다.	○		○		○						○	○			
본꽃과	노랑꽃창포	Iris pseudacorus	0.6-1.0	5-6		중				땅속줄기를 가지고, 군락을 만든다.			○		○				○		○	○			
물과	비수리	Cryptotaenia canadensis	0.3-1.0	8-10	제방					밭이 좋은 하천이나 제방에 자란다. 근계의 발달이 좋고 강하다.		○							○				○	○	
국화과	사철쑥	Artemisia capillaris	0.5-3.0	9-10	제방					마른 하안이나 제방에 자란다. 지하경이 발생하고, 근계의 발달이 좋다.	○							○					○	○	
	금불초	Inula britanica var. chinensis Regel	0.5	7-9	○					내한성, 내건성이 강하며, 밭이 마르는 땅지에서 자란다.			○	○	○				○				○	○	
	쑥부쟁이	Aster tataricus Linne	0.5-1.0	9-10	수변					제방 등에 잘자라며 지하경이 발생하고 근계발달도 좋고 꽃도 아름답다.			○	○				○	○				○	○	

사) 하천내 수목 식재계획을 수립할 경우 아래 표를 참고하여 우선수종과 보조수종을 식재위치를 고려하여 식재계획을 수립할 수 있다.

< 하천내 적정 식재위치>

(표 2.1-5)

자생	성상	내습성	호습성	식재 권장 수종		하천내 적정 위치
				우선수종	보조수종	
자생수종	교목	강함	매우 강함			
			강 함	버드나무, 왕버들, 능수버들, 개수양버들		고수부지 및 측단
		보 통		느릅나무, 팽나무	신나무, 귀룽나무, 곰솔, 모감주나무, 피나무	고수부지 및 측단
		약 함		느티나무, 벚나무	자귀나무, 밤나무, 소나무, 상수리나무, 참오동나무	측단
	관목 (만경)	강함	매우 강함	갯버들, 눈갯버들		저수로 비탈 및 고수부지
			강 함			
		보 통			조팝나무, 붉나무, 송악, 개나리, 찔레	뒷턱 및 측단
		약 함			싸리, 칡	뒷턱 및 측단
도입수종	교목	강함	매우 강함			
			강 함		메타세콰이어, 낙우송	고수부지 및 측단
		보 통		미류나무, 용버들, 은사시나무, 양버들, 편백		고수부지 및 측단
		약 함		은행나무, 양버즘나무, 아까시나무, 가죽나무	개잎갈나무	측단
	관목	강함	매우 강함			
			강 함			
		보 통			족제비싸리, 앵도, 무궁화, 뽕나무, 복사	뒷턱 및 측단
		약 함				

사. 수변 식물군락 조성

수변 식물군락 조성의 목적은 조류 집단서식, 곤충서식, 하천 내 무단 경작 공간의 자연적, 생태적 활용, 지구 온난화 방지에의 기여, 대기 오염물질의 정화, 친수경관 조성 등이 있으며, 조성시 다음과 같은 사항을 고려한다.

1) 수변식물 군락의 특성

수변식물 군락 식재설계시 각 군락별 물리적, 경관적, 수환경 및 생태환경적 측면을 다음 표를 참고하여 설계에 적용할 수 있다.

〈 수변식물 군락의 특성 〉

(표 2.1-6)

기 능 \ 식물군락	수변림	습지식생 군 락	추수식물 군 락	부엽식물 군 락	침수식물 군 락
Ⅰ. 수질정화와의 관계					
1. 유입되는 실트와 부유물의 거름	◎	◎	◎	◎	+
2. 유입유기물의 분해 (수중의 체표착생 미생물에 의함)		◎	◎	+	+
3. 호수로부터의 N.P흡수에 의한 식물 플랑크톤 억제			+	◎	◎
4. 차광, 저해물질 생산에 의한 식물 플랑크톤 억제			◎	◎	+
5. 저질의 산소공급에 의한 유기물의 분해 촉진		◎	◎	+	
6. 유해물질의 흡수		◎	◎		
Ⅱ. 소수의 동물군락과의 관계					
7. 어류, 새우류의 산란, 치어의 생육장소 (조장)	+		◎	◎	◎
8. 조류의 보금자리, 피난의 장소	◎	◎	◎	◎	
9. 조류의 먹이 공급	◎	◎	◎	◎	◎
10. 곤충류, 양생류의 생육장소	◎	◎	◎	◎	+
11. 패류, 저생동물의 먹이공급 (분해과정에서)	◎	+	◎	◎	◎
12. 부착생물의 착생기체화			◎	◎	◎
Ⅲ. 호안보호와의 관계					
13. 밀생군락에 의한 제파작용	◎	◎	◎	+	+
14. 밀생하는 근경의 결속작용에 의한 침식방지	◎	◎	◎		
Ⅳ. 자원의 공급					
15. 인간의 식료가 된다.			◎	◎	+
16. 생활용품의 재료공급	◎	◎	◎		
17. 가축의 먹이, 농지로의 비료공급	◎	◎	◎	◎	◎
Ⅴ. 수변 경관형성과의 관계					
18. 넓은 지역의 경관형성	◎	◎	◎	+	
19. 국부적인 경관형성	◎	◎	◎	◎	
Ⅵ. 마이너스의 역할					
20. 밀생 대군락에 의한 항행장해			+	◎	◎
21. 밀생 대군락에 의한 어업의 장해			+	◎	◎
22. 대향의 식물 고사에 의한 일시적, 국소적인 수질악화			+	◎	◎

주) ◎는 명백하게 그 기능이 있는 것을, +는 다소 있는 것을 의미한다.

2) 조성기법

가) 가급적 기존의 수림 및 수풀군락을 보전한다.

나) 기존의 수림대와 생태적으로 연계되는 수종을 선택한다.

다) 폐천부지 또는 유휴지를 적극 활용한다.

라) 천변의 습한 부분은 수풀군락, 제방부지 및 인근 토지를 확보한다.

마) 기존 저습지의 건지부분은 수림대로 활용한다.

바) 본류 및 지류가 상호 단절되지 않도록 구성되어야 한다.

사) 생물의 은폐장소가 필요한 부분에 조성한다.

아) 주변택지 및 도로의 경계부에 조성한다.

자) 하천의 친수기능과 연계시킨다.

3) 야생조류에 좋은 식물

하천 복원공간에 야생조류를 유인하기 위해 적용되는 조류의 먹이가 될 수 있는 열매, 잎 등이 제공되는 식물의 예는 아래 표를 참고하여 선별적으로 설계에 적용할 수 있다.

< 야생조류에 좋은 식물 >

(표 2.1-7)

구 분	식 물 종
풀	여귀, 왕싱아, 쇠비름, 명아주, 계요등, 뱀딸기, 기장, 수크령, 강아지풀
나 무	꽝꽝나무, 주목, 산초나무, 사철나무, 댕댕이덩굴, 까마귀밥여름나무, 멀구슬나무, 노간주나무, 벚나무, 쥐똥나무, 화살나무, 좀작살나무, 개머루, 청가시덩굴, 팥배나무

주) 하천내 홍수위 이하에는 1년초 식물은 자생을 유도하고 식재하지 말 것

아. 폐천 및 구하도 복원

1) 일반사항

가) 폐천 및 구하도는 충적하천의 발달과정에서 자연적으로 발생하거나 또는 제방 축조 등 인위적인 공사에 의해 발생된 과거 물이 흘렀던 하도 흔적을 말한다.

나) 폐천 및 구하도 복원은 과거 자연하천의 물 흐름을 유도하여 인간과 생태계가 공존함과 더불어 치수안전성을 증진시키는 형태로 복원할 수 있다.

2) 복원 방향

가) 폐천 및 구하도의 생태적 특성을 고려한 복원 방안을 수립한다.

나) 복원 대상의 범위는 생물서식공간의 확대, 서식지 다양화를 위하여 하도뿐만 아니라 주변 습지도 총체적으로 복원할 수 있도록 범위를 설정한다.

다) 폐천 복원에 따른 여울, 소 등의 대서식지 복원과 복원지내의 다양한 미서식지 복원을 포함할 수 있다.

라) 폐천 복원은 제방 축조에 따른 이동통로의 제한, 보 등의 하천 구조물에 따른 이동통로의 제한, 주변 지역과의 경관 단절성이 극복되는 방향으로 복원한다.

마) 생물의 은신처 및 공급원 기능을 유지할 수 있는 방안을 고려한다.

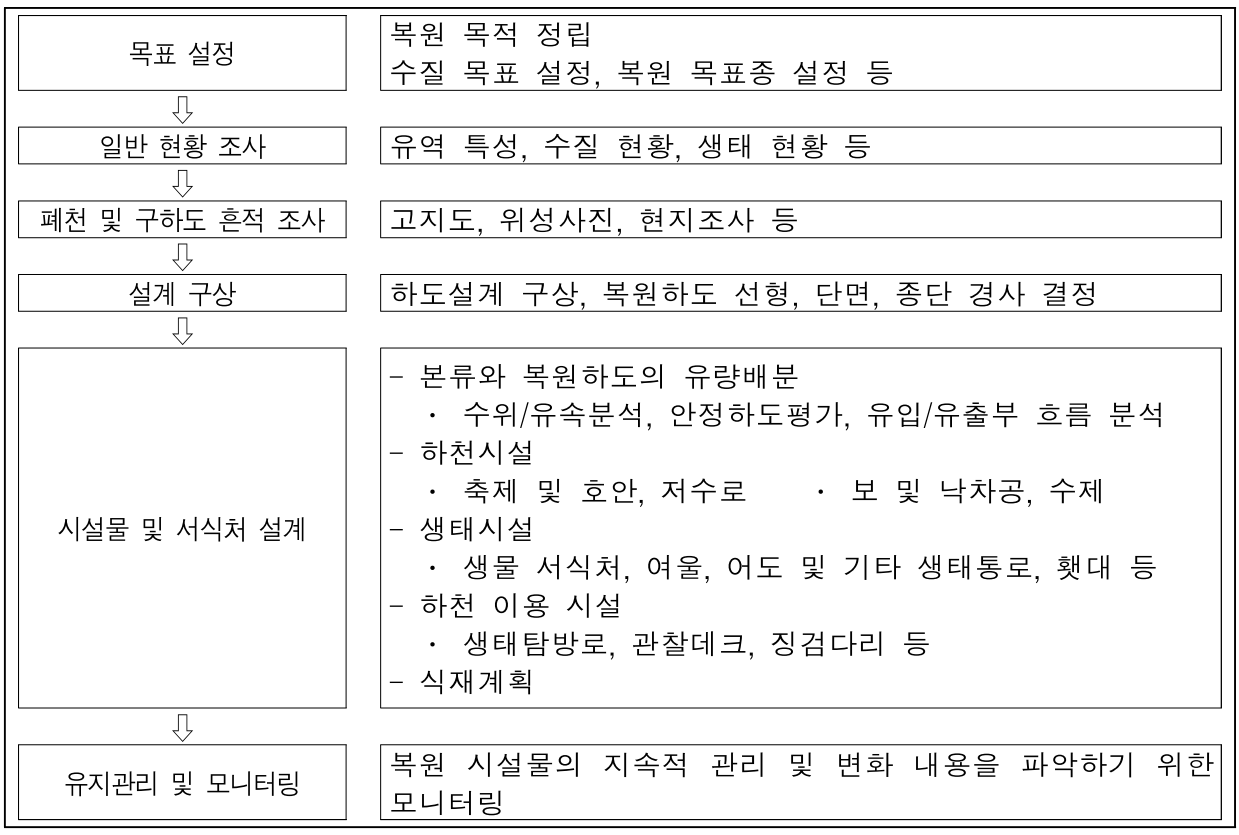
〈 폐천 · 구하도 복원 방향 〉

(표 2.1-8)

구분	복원 내용 및 방향
범위 설정	하도, 주변 습지
서식지 복원	사행 폐천 복원에 따른 여울, 소 등의 대서식지, 복원지의 다양한 미소서식지 복원
생태이동축	제방축조에 따른 이동통로의 제한 개선을 위한 횡적 생태 통로 보 등의 하천 구조물에 따른 이동통로의 제한 개선 위한 종적 생태 통로
경관 연결성	주변 경관요소와 연계
생물 다양성	생물 은신처, 홍수시 피난처, 산란지 등 본류의 생물종 공급원

3) 설계 절차

폐천 및 구하도 복원의 일반적인 설계절차는 다음과 같다.



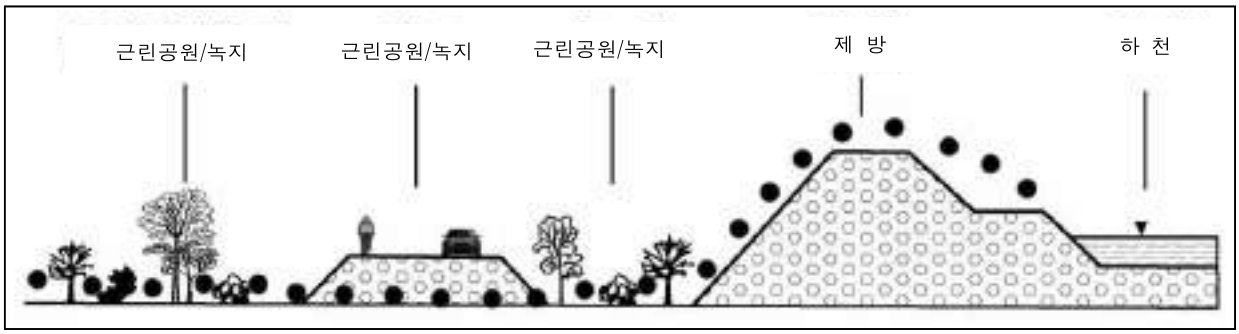
(그림 2.1-17) **〈 폐천 · 구하도 복원 설계 흐름도 〉**

자. 수제

1) 수제는 하안의 침식 및 호안의 파손방지, 저수로 법선형의 수정 및 유로의 고정, 수심 확보, 유량 확보 등을 목적으로 설치하는 시설물이다.
2) 또한 수제는 시설물이 설치됨에 따라 그 주변에 여울과 웅덩이가 교차되어 있기 때문에 다양한 생태환경 및 경관개선을 제공함으로써 생태환경 및 친수환경 시설의 기능도 한다.
3) 수제 설치 시 웅덩이 형성, 토사퇴적에 따른 수생식물 활착, 수생생물 서식 공간(은신처, 산란처 제공 등)이 형성되도록 설계한다.
4) 수제 주변에 토사가 세굴 또는 퇴적되어 형성되는 다양한 형태의 하안은 생태계의 유지에 매우 유효하기 때문에 이를 적절히 활용할 수 있도록 저수호안의 불규칙적, 비대칭적인 형태를 유도하여 생물서식환경이 다양화 될 수 있도록 설치한다.
5) 수제부 주변에서 토사 퇴적으로 식생회복, 다공질 공간을 형성을 유도할 수 있는 다양한 재질, 형상 등을 적용하여 수생생물에 필요한 물리적 환경이 조성되도록 설치한다.
6) 수제설계 관련 내용은 '제2편 하천치수시설의 제3장 하천수제' 편에 상세히 수록하였으므로 해당 내용을 참고하도록 한다.

차. 횡방향 생태통로

1) 횡방향 생태통로는 하천공사 시행으로 인하여 제외측과 제내측의 야생동물 서식지 및 이동로가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 방지하기 위해 야생동물의 이동을 돕거나 또는 생태계의 단절 완화를 목적으로 설치된 인공구조물과 자연식생 등의 생태적 공간을 의미한다.
2) 야생생물의 이동 및 생태적 연속성이 단절되지 아니하도록 「자연환경보전법」 제45조에 따라 생태통로 설치 등의 필요한 조치를 시행하여야 한다.
3) 횡방향 생태통로의 목적
   가) 야생동물이 번식 장소, 월동 장소, 휴식 장소, 먹이 장소 등 각각 다른 목적으로 이용하는 서식지들에 대해 정기적이고 규칙적인 이동을 가능하게 한다.
   나) 서로 단절되고 고립된 지역에 서식하는 야생동물들의 자유롭고 지속적인 이동을 보장하여 그들의 유전적 다양성을 유지하고 생존력을 높인다.
4) 생태통로에 사람이 이용하는 공간의 조성 여부는 대상지역의 성격에 따라서 결정하되, 기본적으로 도시지역과 도시근교 및 농촌지역에서는 필요할 경우 사람이 이용하는 공간을 도입한다. 자연지역에서는 사람이 이용하는 공간을 배제시킨다.
5) 생태통로의 설계시 주변 지역의 환경 조건을 충분히 고려하여 서식환경이 연결될 수 있도록 한다.
6) 생태통로 조성 지역과 관련된 다른 계획 혹은 상위 계획과의 연계성을 검토해야 하며, 특히 생태통로 주변의 토지이용을 고려하여야 한다.
7) 콘크리트호안, 제방포장, 급경사부, 단절된 구조물(수로) 등은 동물이동에 악영향을 초래하므로 이를 극복할 수 있도록 배려할 필요가 있다.



(그림 2.1-18) **〈 야생동물 이동동선 사례(생태이동로 연결 개념) 〉**

8) 자전거도로, 산책로 설치시에도 일정구간별로 생태유도로 및 박스형 생태통로를 설치하여 하도내 인위적인 시설로 인한 생태단절 문제를 최소화 하여야 한다.

9) 제방이 도로로 이용되며, 제내측이 산지 등 생태적 보전가치가 높은 지역의 경우 하도와의 생태연결을 위해 제방고(계획홍수위+여유고) 상단에 박스형 생태통로를 설치하고 이를 유도할 수 있는 유도로를 설치하여 로드킬 등의 사고를 방지하여야 한다.

10) 저수호안이 급경사로 설치된 경우 일정거리(100m)마다 완경사 호안 또는 완경사형 생태 경사로를 설치하여 횡방향 생태이동이 최소한이라도 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

11) 자연생태 가치가 높은구간과 추이대 연결이 필요한 구간에 대해 옹벽형 등의 급경사 호안설치를 지양하고, 완경사형 호안을 설치한다.

12) 횡방향 생태통로가 설치된 지역에 대해서는 제내·외측에 서식처 공간을 마련하며, 평상시 충분한 유량과 수심이 확보될 수 있는 공간을 조성한다.

13) 지류합류부의 경우 암거, 하상보호공, 하상유지시설(낙차공)의 단차로 지류와 본류의 생태연결로가 단절될 수 있으므로, 이를 고려하여 충분한 근입깊이로 구조물을 근입하여야하며, 지류에 어도 등의 생태통로를 설치한다.

14) 고수부지내 공원 등 면적개념의 점용시설 설치시 횡방향 생태연결성을 고려하여 설치하여야 한다.

카. 수로 횡단시설 및 탈출시설

1) 「야생생물의 보호 및 관리에 관한 법률」 제8조의2에 따라 건축물, 방음벽, 수로 등 인공구조물로 인한 충돌 추락 등의 야생동물 피해가 최소화될 수 있도록 소관 인공구조물을 설치 관리하여야 하고, 이를 위해 탈출시설, 횡단이동시설, 회피유도시설 등을 설치할 수 있다.

3) 설치 위치는 수로, 측구, 각종 콘크리트 수로관, 용·배수로 등이 주요 대상이 된다.

4) 대상 동물은 양서류와 파충류 및 소형 포유동물 등이 주요 대상이 된다.

5) 수로 설치에 따라 야생동물 이동로가 차단될 수 있으므로 동물이 수로의 물에 빠지지 않고 수로를 횡단하여 이동할 수 있도록 수로의 구조를 일부 개선하여 수로 상부를 부분적으로 덮개 형태의 시설물을 설치할 수 있다.

6) 소형동물(소형 포유류, 양서류, 파충류)이 측구, 배수로, 농수로 등에 빠질 경우에 대비해 경사로 등을 설치하여 탈출을 도와주는 시설을 설치할 수 있다.

7) 규모, 재질 및 기법

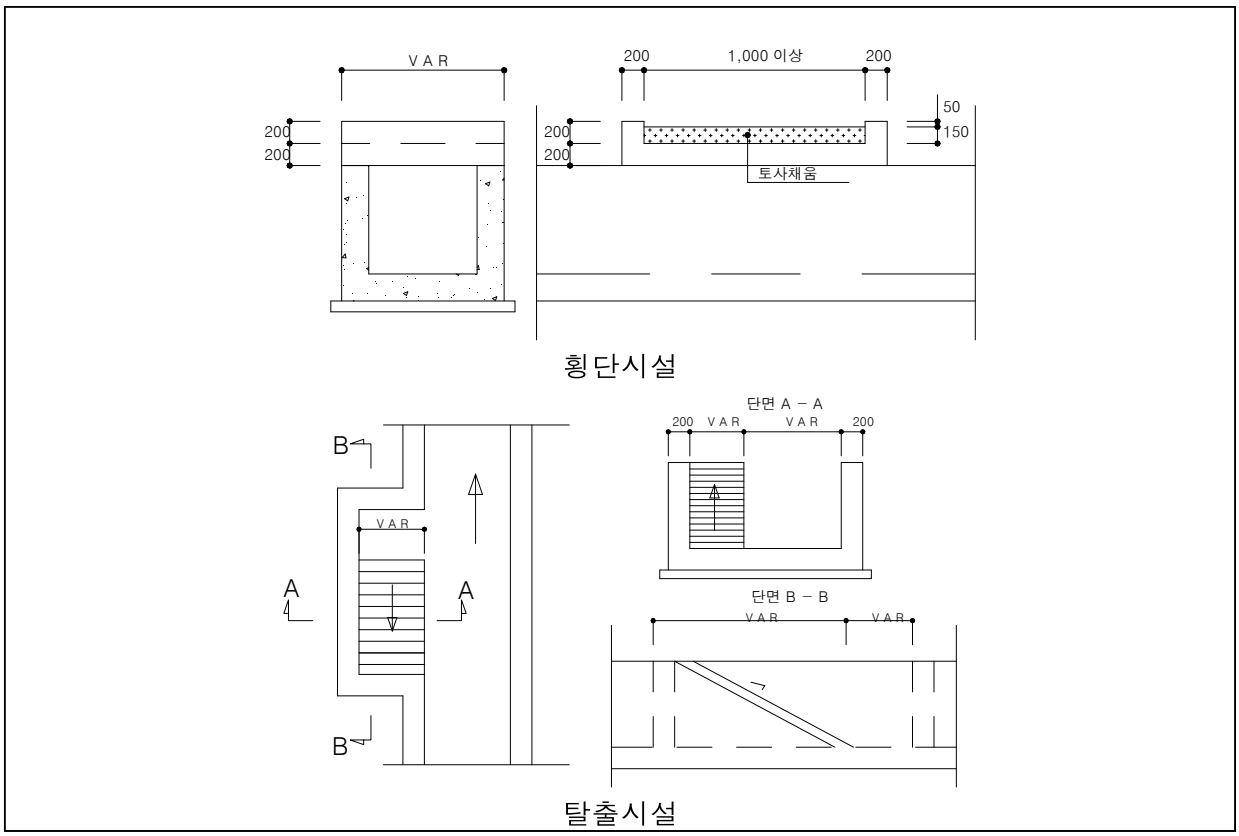
가) 수로를 횡단하기 위하여 생태통로를 설치하여야 할 지점에 수로 상부 횡단시설은 20m 간격으로, 수로 탈출시설은 생태통로 설치 및 관리 지침(2023, 환경부)에 의거하여 30m 간격으로 양서류 등의 생태이동로 설치를 검토하여야 한다. 다만, 지형상황 및 서식지분포 현황 등을 고려하여 설치간격의 조정이 필요하다고 인정하는 경우 이를 조정할 수 있다

나) 설치방향은 배수로 종·횡으로 검토하여 적정 방향으로 설치할 수 있다.

다) 소형 동물이 떨어지지 않도록 방지하거나 떨어지더라도 스스로 탈출할 수 있는 구조로 한다. 이를 위해서 경사가 완만한 탈출구를 설치하고, 태양열에 의한 복사열이 적거나 미끄럽지 않은 자연 소재의 재질을 사용하며 기울기는 최대 30° 이하로 한다.

라) 수로 탈출시설의 폭은 0.3m 이상으로 한다.

마) 고수부지에 자전거도로나 산책로로 인해 제방이나 제내측에 서식하는 양서류의 생태계 단절 우려가 있으므로 도로 구조물 아래에 통관으로 설치할 수 있다.



(그림 2.1-19) **〈 수로의 횡단시설, 탈출시설 예시도 〉**

타. 어류 이동 관련시설

1) 어도설계 관련 내용은 '제3편 하천이수시설 제2장 하천어도'를 참고한다.

2) 어류는 수역에 서식하는 생물로써 서식환경의 변화에 대응하거나 고유한 생태적 특성에 따라 서식지를 이동하기도 한다. 어류 이동 차단시설은 어류가 물 흐름에 따라 서식에 적합지 않은 장소로 이동하거나 또는 시설물에 유입되어 폐사할 수도 있으므로 이를 예방하기 위한 대책으로 설치할 수 있다.

3) 어류 이동 차단시설로는 스크린, 차단망, 기피시설 발생장치(기포, 음파, 빛 등) 등을 설치할 수 있다.

4) 하천으로 유입되는 배수로의 경사가 급해 지류로 어류 이동이 곤란할 경우 암거에 낙차를 설치하여 유속을 저감시켜 어류의 소상이 가능하도록 할 수 있다.

5) 암거의 경사부를 어류 이동이 용이하도록 계단식으로 설치할 수 있다.

파. 습지

1) 시설 개요

가) 식생정화형 습지 : 수질을 정화하기 위하여 인위적으로 조성한 습지로 주변 육상생태계와 연계된 수생태계의 복원을 도모하는 제내지에 설치되는 인공습지

나) 저류형 습지 :제외지에 저류기능을 가진 습지를 말하며 홍수터 부지를 활용하여 홍수조절 및 저류공간으로 확보하여 평상시에는 생물서식지(서식처)로 활용하고, 홍수시에는 홍수터로 이용

2) 식생정화형 습지 설계(제내지 설치)

가) 인공습지의 유입구에서 유출구까지의 유로는 최대한 길게 하고,길이 대 폭의 비율은 최소 2:1 이상으로 한다.

나) 다양한 생태환경을 조성하기 위하여 인공습지 전체 면적 중 50%는 얕은 습지(0~0.3m), 30%는 깊은 습지(0.3~1.0m),20%는 깊은 못(1~2m)으로 하는 등 전체 면적중 깊이를 다양하게 계획할 수 있도록 한다.

다) 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5% 이상 1.0% 이하의 범위를 초과하지 아니하도록 한다.

라) 물이 습지의 표면 전체에 분포할 수 있도록 적당한 수심을 유지하고, 물 이동이 원활하도록 습지의 형상 등을 설계하며, 유량과 수위를 정기적으로 점검한다.

마) 습지는 생태계의 상호작용 및 먹이사슬로 수질정화가 촉진되도록 정수식물, 침수식물, 부엽식물 등의 수생식물과 조류, 박테리아 등의 미생물, 소형 어패류 등을 포함하여 생태계를 조성할 수 있다.

바) 습지에는 물이 연중 항상 있도록 대책을 마련하여야 한다.

사) 생물의 서식공간을 창출하기 위하여 5종~7종 정도의 다양한 식물을 심어 생물다양성을 증가시킨다.

아) 부유성 물질이 습지에서 최종 방류되기 전에 하류수역으로 유출되지 아니하도록 출구부분에 자갈쇄석, 여과망 등을 설치한다.

3) 저류형 습지 설계(제외지 설치)

가) 강우유출수를 체류시킴으로써 수질을 개선하고 홍수시 피크유출을 조절하며, 연못둘레를 늪지로 조성하거나 식생을 조성하여 오염물 제거효율을 높일 수 있도록 설계한다.

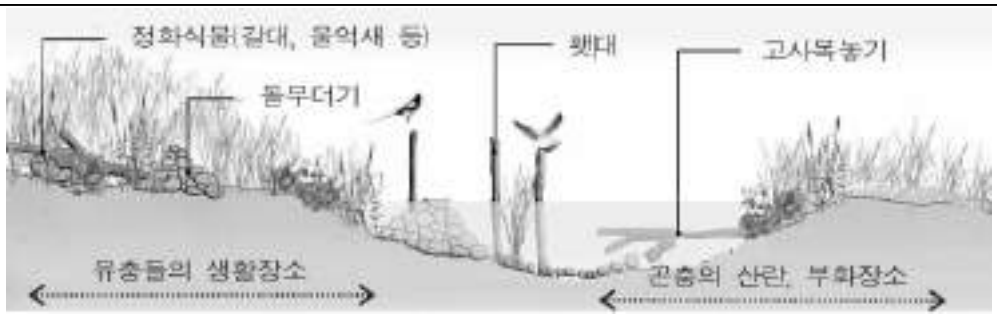
나) 저류형 습지는 유입부, V형 영구풀, 유출구, 쓰레기 유입방지 장치, 수중둑, 안전둑 등으로 구성되며, 침전촉진을 위해 식생대를 조성할 수 있다.

다) 대부분 자연적인 재료를 이용한 구조로 조성하며, 일부 유입구, 유출구와 우회수로는 콘크리트

구조물로 조성할 수 있다.

라) 저류지 유출구는 하향구배 유출관으로 연결하여 수위 30cm 아래에서 배출 되도록하여 수표면이나 바닥에서 침전물이나 부유성 물질에 의한 막힘의 위험성을 최소화 하여야 한다.

마) 저류지는 하천의 유출특성이나 치수상의 기능을 충분히 파악하여 흐름방향, 유속 등 상세한 하도 및 생태계 현황을 조사하여 설계하여야 한다.



식생정화형 습지(예시)



저류형 습지(예시)

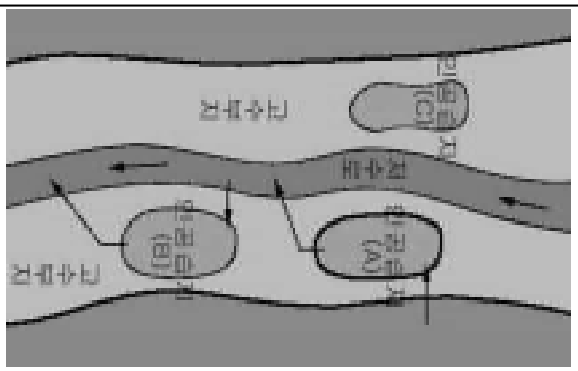
(그림 2.1-20) **〈습지 개요도 〉**

4) 하천 고수부지에 인공습지를 조성하여 수질을 정화 습지

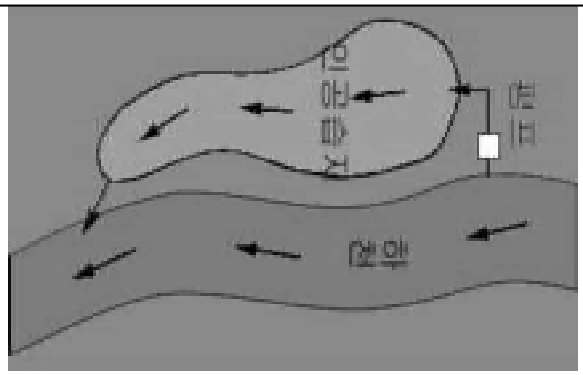
가) 인공습지(A) : 하천으로 유입되는 생활하수의 월류수, 하천주변 건물의 하수처리시설과 하수처리장의 방류수를 유입시켜 정화하는 습지이다.

나) 인공습지(B) : 저수로를 흐르는 오염 하천수를 유입시켜 정화하는 습지이다.

다) 인공습지(C) : 홍수로 수위가 올라간 후 평수위로 내려가면 습지에 하천수와 침전물이 남게되어 습지의 수위가 서서히 내려가면서 수질이 정화되는 습지로 자연습지에 가까운 형태이다.



고수부지 습지



제내지 습지

(그림 2.1-21) **〈 습지 종류 예시도 〉**

5) 주의 사항

가) 습지의 배치 및 형태를 결정함에 있어서는 먼저 대상지의 지형,수리·수문,토지이용 및 주변 생태계 등을 종합적으로 분석하고, 대상지의 지형적 잠재력을 최대한 고려하여 기존의 단순한 사각형 구조에서 탈피하여 지형에 순응하면서도 자연유하가 가능한 구조가 되도록 한다.

나) 습지의 차수방안은 차수기능이 일정 차수계수를 보장할 수 있는 자연재료 및 이와 동등한 방수재를 검토하여 재질, 내구성, 경제성, 땅깎기된 지반의 토양특성 등을 고려하여 선정한다.

다) 습지의 지형에 따라 식재토양의 일정 토심을 유지하도록 한다.

라) 습지의 토양은 실트, 자갈섞인 모래, 점토 및 모래섞인 실트로 구성되며 표토를 집토하여 보관하였다가 활용할 수 있으며, 수생식물의 생육과 수질정화 등을 고려하여 친환경적인 토양 보조재료를 필요에 따라 사용할 수 있다.

마) 습지의 내부에 부분적으로 자갈을 적용한 웅덩이와 골, 호안부분에는 배석층 등을 이용하여 정화효과와 다양한 생물서식처를 제공 할 수 있도록 한다.

바) 수질정화 효능이 있는 수생식물을 선정하며, 식물의 공급, 관리의 용이성, 지역자생 여부 등을 고려하여 식재한다.

사) 수질정화 외에 경관과 생태적 기능,어류 서식지(서식처)제공 등의 기능을 고려하여 어리연꽃류, 수련류, 창포류 등 보다 다양한 식생을 도입할 수 있다.

아) 식재시 식물의 간격은 이입종의 침입과 초기의 안정적인 정착을 고려하여 일정 비율로 한다.

자) 설계상에 계획된 식재 이전에 습지의 일정구간을 구획하여 시험 식재하여 수생식물의 초기 정착도, 수질정화능력 등을 검토하여 식재밀도를 조정할 수 있다.

차) 습지전체를 한꺼번에 식재하지 않고,계절과 기후조건을 고려하여 침강저류지,습지, 연못,침전지 등 각 부위별로 나누어 기간을 두고 식재할 수 있다.

카) 습지 주변의 자연생태적 경관 및 특성을 고려하여 수생식물을 선정하여야 한다.

타) 현지 유량의 계절적 특성이나 생태적 특성을 고려하여 식재하여야 한다.

파) 습지의 통수이후에도 수질오염 농도 및 수리·수문학적 요소 등을 감안하여 식재밀도를 조정한다.

하) 면적은 수리·수문적, 토양, 지질, 식물 등의 특성에 고려하여 결정한다.

하. 생물서식지(서식처)

1) 시설개요

가) 유수역 서식지(서식처) : 유수역은 흐름과 유사의 상호작용에 의하여 하천 미지형(微地形)이 형성되고, 다양한 생물 서식지(서식처)가 형성되는 공간

나) 정수역 서식지(서식처) : 정수역은 물의 흐름이 거의 없으며, 유수역 서식지(서식처)에 비하여 종다양성이 낮고, 연안대(Littoralzone)는 물가를 따라 수생식물이 생육하는 범위로 얕은 호소에서는 전 영역

2) 생물서식지 구분

가) 대규모 서식지(서식처)(MacroHabitat) : 하천구간으로서 통상 하폭의 10 ~ 15배 정도이며, 만곡하도는 대표적인 대규모 서식지(서식처)로 이곳에서는 수온이나 수질 등은 균일한 서식지(서식처)가 된다

나) 중규모 서식지(서식처)(MesoHabitat) : 여울, 웅덩이, 천수역, 샛강과 같은 하천경사, 길이, 형태가 국부적으로 달라지는 곳으로 통상 하폭정도의 크기를 가진다.

다) 소규모 서식지(서식처)(MicroHabitat) : 수심, 유속, 피난처(Cover) 등 서식지(서식처)의 물리적 조건이 전체적으로 균일한 곳으로, 물고기들이 먹이 포식이나 산란을 위해 이용하는 작은 구역과 비슷한 크기로서, 통나무 걸린 곳, 강턱 깎인 곳, 하도중앙의 자갈사주, 큰 바위 뒤 등은 개별적인 소규모 서식지(서식처)로서 물고기들에게 모두 양호한 피난처겸 서식지(서식처)가 된다.

라) 미소 또는 미세서식지(서식처)(SuperMicroHabitat) : 웅덩이 바닥에 쌓인 생물 먹이원의 공급에 의한 나뭇잎더미, 자갈바닥, 하상퇴적토 등은 개별적인 미세서식지(서식처)로서 생물들에게 먹이원과 피난처를 제공하게 된다.

3) 하도 내 생물 서식지 복원

가) 장기적인 모니터링을 통해 보전과 복원의 목표를 설정한다.

나) 현장조사 결과를 바탕으로 자연발생적인 형성과정을 중시한 계획과 설계가 필요하다.

다) 원래 서식하였던 그 지역의 생물종 및 개체군의 서식지(서식처)가 복원되도록 설계한다.

라) 장기적으로 인간에 의한 간섭과 교란 가능성을 고려한 서식지(서식처)가 조성되도록 한다

4) 하도내 식생 복원

가) 반안정 상태를 이루고 있는 정수식물 군락을 보존한다.

나) 야생곤충류의 서식에 유리한 식생구조를 형성한다.

5) 어류서식지 복원

가) 수질환경 개선을 전제로 다양한 서식기반을 형성한다.

나) 상·하류 어류 이동통로를 조성한다.

다) 여울과 소 등 하상 구조가 복원되도록 한다.

라) 수변 식생 그늘을 확보하여야 한다.

6) 양서류서식지 복원

가) 하천변에서 서식하고 있는 양서류의 다양성 증가를 위한 서식지(서식처)관리와 새로운 종의 방사에 의한 서식처 복원을 위해서는 하천변에 양서류가 서식할 수 있는 장소를 만들어 주어야 한다.

거. 비오톱(Biotope)

1) 하천의 형태에 따른 비오톱

가) 상류지역의 비오톱 : 야생동 · 식물의 보전 및 인간의 제한적인 이용을 위한 공간으로 조성한다.

나) 중류지역의 비오톱 : 야생동 · 식물의 보전과 인간의 적절한 이용을 위한 공간으로 조성한다.

다) 하류지역의 비오톱 : 야생동·식물의 보전과 인간의 적극적인 이용을 모두 고려한 공간으로 조성한다.

2) 하천의 거리에 따른 비오톱

가) 하천지역의 비오톱은 다양한 수심과 하천 형태를 계획하여 야생동·식물의 서식지(서식처)제공 및 인간의 쾌적한 이용을 위한 공간으로 조성한다.

나) 하천의 최대 수심지역과 다양한 수심지역 유지를 통해 가뭄 및 홍수 등의 악천후에도 야생동·식물이 유지될 수 있도록 조성한다.

다) 수변지역의 비오톱은 풍부한 환경·생태적 특성을 적극 활용하는 방향으로,하천지역과 육상지역의 원활한 연결을 위한 공간으로 조성한다.

라) 육상지역의 비오톱은 하천 주변지역의 토지이용과 연계될 수 있는 형태로 조성한다.

마) 육상지역에 인공적인 토지이용이 나타나고 있는 지역에서는 완충작용을 수행할 수 있는 공간으로 조성한다.

2.1.6 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법

가. 개 요

1) 수생태계 건강성 및 생태가치에 대한 국민적 관심과 요구가 증가되면서 국민의 기대와 국가적 물관리 정책목표 달성을 위한 사업추진이 필요하여 환경부에서 선진화 연구 추진 중에 있다.

2) 수생태계 건강성 회복을 국가 '물환경관리 기본계획'의 핵심목표로 설정하고 있다.

3) 수생태계 건강성 평가 및 기반체계 수립을 위한 생물측정망의 구축이 선행되어야 하며, 물환경 보전정책(훼손평가 및 진단, 복원, 연속성 평가 등) 기초자료를 확보하여 물환경보전법에 따른 수생태계 건강성 조사 평가가 추진되어야 한다.

4) 전국 하천의 공공수역에 대한 부착돌말류, 저서성 대형무척추동물, 어류 및 서식처에 대한 모니터링 조사결과를 통해 물환경의 건강성 생태를 종합적으로 평가되어야 하며, 환경부 연구용역에서 개선된 정책수립으로 효과적인 원인분석 및 세부 평가 방법 등 지침을 참조하여 수행하여야 한다.

나. 하천 수생태 평가 방법

1) 하천복원공간의 전체에 대하여 유량, 수질, 생물 등의 조사자료를 활용하여 유역 전 체 및 개별 하천에 대한 수생태계 훼손실태를 평가·진단하여 대상하천 복원 사업 추진의 근거자료로 활용한다.

2) 현지조사 자료에 기초한 조사결과를 근거로 해야 하며, 부착돌말류, 저서성 대형무척추동물, 어

류 및 서식처의 항목별 평가결과를 종합하여 진단한다.

3) 수생태계 건강성은 부착돌말류, 저서성 대형무척추동물, 어류, 서식 및 수변환경 지수를 이용하여 평가한다.

다. 수생태계 건강성 조사 및 평가 목적 및 대상항목

1) 부착돌말류(TDI : Trophic Diatom Index)

가) 평가 목적 : 부착돌말류를 이용하여 생물학적 질의 평가, 생물학 적질의시·공간 변화 파악 및 교란으로부터 발생되는 영향평가를 통한 하천 수생태계 건강성 평가

나) 배경 및 활용 : 하천생태계에서 부착조류 종 조성의 변화는 생태학적인 건강성에 영향을 미치는 환경 스트레스를 진단하는데 이용할 수 있으며, 생활보전에 대한 평가에 이용한다.

다) 세부항목 : 종조성, 군집구조, 밀도, 우점종, 엽록소-a, AFDM, 부착돌말지수(TDI)

2) 저서성 대형 무척추동물

가) 평가 목적 : 저서성 대형무척추동물을 이용하여 생물학적 질의 평가, 생물학적 질의 시· 공간적 변동 파악 및 환경적 교란으로부터 발생되는 영향 평가를 통한 하천 수생태계 건강성 평가

나) 배경 및 활용 : 종류가 다양하고 개체수가 풍부하여 수여의 다양한 서식처에 적응하고 수질에 특성으로 담수생태계의 환경변화를 모니터링 하는 생물군으로 활용한다.

다) 세부항목 : 종조성, 군집구조, 밀도, 우점종, 고유종, 외래종, 저서동물지수(BMI)

3) 어류

가) 평가 목적 : 하천에서의 어류의 분포, 어류상 및 어류군집 현황 파악을 통해 생물학적 질의 평가, 시·공간적 변화 파악 및 환경적 교란으로부터 발생되는 결과 평가를 통한 하천 수생태계 건강성 평가

나) 배경 및 활용 : 어류는 장기간의 환경 영향을 나타내는 생물로서, 비교적 오래 살고 이동성이 있으므로 광범위한 서식처 조건을 대표하여, 하천환경의 종합적인 평가에 이용한다.

다) 세부항목 : 종조성, 군집구조, 밀도, 어류 점종, 고유종, 외래종, 어류평가지수(FAI)

4) 수변식생

가) 평가 목적 : 식생구조 및 생물서식처의 기본 상태를 이해

나) 배경 및 활용 : 하천의 식생은 생물 다양성유지, 수문조절, 수질정화, 하안보호, 경관미 증대 등 다양하고 중요 한 기능을 수행 및 식생자료는 하천에 대한 평가, 하천 관리, 사업계획 수립과 실시, 모니터링 등에 활용한다.

다) 세부항목 : 식물상, 종분포, 법정보호종, 고유종, 희귀종, 위해우려종 등

5) 서식 및 수변환경

가) 평가 목적 : 수중 동·식물 군집의 구조와 기능에 영향을 미치는 하천의 생물서식 환경질의 평가를 통한 하천 자연성 평가

나) 배경 및 활용 : 서식지 평가가 이·화학적 수질과 생물 지수에 의한 평가를 모두 설명할 수는 없지만, 생물지수를 보완하고 설명해 주는 주요한 요인으로 작용 하기 때문에 서식 및 수변 환경의 평가가 수반되어야 한다.

다) 세부항목 : 하천 서식 및 수변환경 상태, 오염원, 수로폭과 제방폭, 수변서식환경지수(HRI)

라. 수생태계 건강성 평가방법

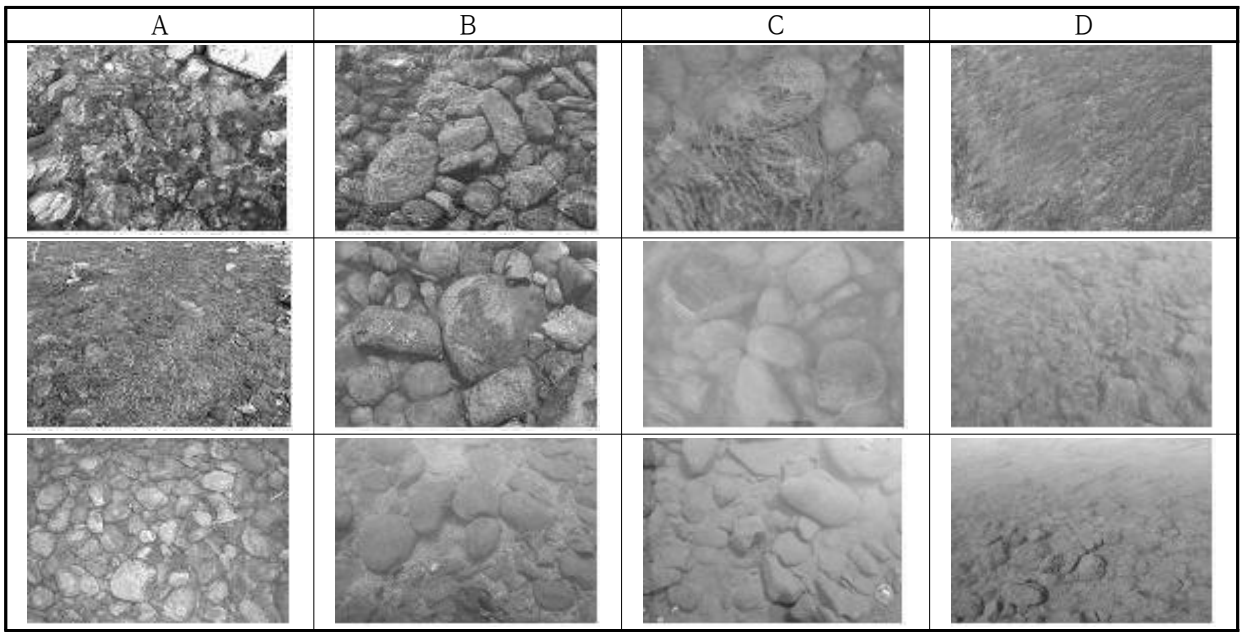
1) 부착돌말류

하천환경의 질에 대한 구분은 해당지역이나 국가의 필요에 따라 다양한 등급으로 구분한다. 본 부착돌말류 평가등급은 4단계로 구분한다. 4등급의 구분은 “A”, “B”, “C”, “D”이며, 각각의 등급은 최상, 양호, 보통, 불량의 환경상태로 규정한다.

〈 부착돌말류 평가지수 등급 〉

(표 2.1-9)

등급구분	환경상태	부착돌말지수 범위 (TDI)
A	최상	60≦ ～ ≦100
B	양호	45≦ ～ <60
C	보통	30≦ ～ <45
D	불량	0≦～ <30



(그림 2.1-22) **〈 하상의 부착돌말류 발달 상태에 따른 환경질 평가 예시 〉**

2) 저서성 대형무척추동물

가) 실제의 조사에서 선정된 지표생물군 이외의 생물종이 출현하는 경우가 있으나, 이러한 종들은 저서동물지수 산출에서는 제외한다.

나) 물환경의 생물평가에 이용되는 지표생물군은 유기물오염 평가값 및 지표가중치가 정리된 지표생물군으로 제한 한다

다) 저서동물지수(BMI)는 출현한 각 지표생물군의 유기물오염 평가값 및 지표가중치를 적용하여 아래의 식에 의거하여 산출한다.

$$BMI = \left(4 - \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i g_i} \right) \times 25$$

BMI 저서동물지수(Benthic Macroinvertebrate Index)

i 지정된 지표생물종의 일련번호(number assigned to the species)

n 출현한 지표생물종의 총수(number of species)

s_i i 지표생물종의 단위오탁지수(unit saprobic value of the species i)

h_i i 지표생물종의 출현도(frequency of the species i)

g_i i 지표생물종의 지표가중치(indicator weight value of the species i)

< 저서성 대형무척추동물 생물등급 판정 >

(표 2.1-10)

생물등급	저서동물지수 (BMI)	환경상태
A	80 ~ 100	최상
B	60 ~ 80	양호
C	45 ~ 60	보통
D	0 ~ 45	불량

3) 어류

가) 건강성 평가 모델 및 매트리스 분석(평가지침)

(1) 메트릭 1(M1): 국내종의 총 종수

- 채집된 어류 중에서 외래도입어종을 제외한 국내종의 총 종수에 대한 메트릭으로 하천차수에 영향을 받으며,수질오염 및 서식지 교란 등의 환경이 불량한 지역에서는 수가 감소하는 특성을 반영한 메트릭이다.

(2) 메트릭 2(M2): 여울성 저서종수

- 유속감소 및 하상 유기물 축적에 따라 종수가 감소되는 특성을 반영한 여울성 저서어종 수에 대한 메트릭이다.

(3) 메트릭 3(M3): 민감종수

- 높은 부유물질로 인한 서식지의 하상구조 변경, 수질 저하 및 독성 물질 등으로 인해 종의 감소가 기대되는 특성을 반영한 민감종 수에 대한 메트릭이다.

(4) 메트릭 4(M4): 내성종의 개체수 비율

- 잉어(Cyprinus carpio), 붕어(Carassius auratus) 등과 같이 수질오염에 상대풍부도가 증가하는 내성종 특성을 반영한 내성종의 개체수 비율에 대한 메트릭이다(U.S. EPA, 1993).

(5) 메트릭 5(M5): 잡식종(Omnivores)의 개체수 비율

- 서식지의 물리·화학적 질적 하강에 따라 풍부도가 증가하는 잡식종의 개체수 비율에 대한 메트릭이다(Ohio EPA, 1987).

(6) 메트릭 6(M6): 국내종의 충식종(Insectivores)의 개체수 비율

- 수중 무척추동물을 섭식하며 서식지의 물리·화학적 질적 하강에 따라 풍부도가 감소하는 국내종의 충식종 개체수 비율에 대한 메트릭으로 충식종의 개체수(잡종과 외래도입종을 제외)를 총 개체수(외래도입종을 포함한 채집된 전체 개체수)로 나누어준 메트릭이다.

(7) 메트릭 7(M7): 채집된 국내종의 총 개체수

- 채집된 국내종의 총 개체수에 대한 메트릭으로 잡종과 외래도입종을 포함하지 않으며, 개체군의 풍부도를 평가하는 항목으로 채집된 어류의 개체수를 과거의 어류상 조사 결과를 기초로 최대종풍부도선(maximum species richness line)을 이용하여 산정한 메트릭이다.

(8) 메트릭 8(M8): 비정상종(Anormalities)의 개체수 비율

- 어류의 외향적 건강상태를 대표하는 항목으로 기형(deformity), 지느러미의 손상(erosion), 피부손상(lesions) 및 종양(tumors)의 4 부류로 구분된 비정상종의 개체수 비율에 대한 메트릭이다.

나) 어류의 평가등급 산정방법(매트릭 산정법)

(1) 우리나라 하천차수(규모)에 따라 달라지는 메트릭은 M1, M2, M3, M7로서 건강성 평가 모델 및 매트리스 분석(평가지침)에 의거하여 산정한다.

(2) 나머지 메트릭(M4, M5, M6, M8)는 상대 비율에 의거하여 산정한다

(3) 어류평가지수는 최상(87.5 ~ 100, Excellent, A), 양호(56.2 ~ 87.5 미만, Good, B), 보통(25 ~ 56.2 미만, Fair, C), 불량(25 미만, Poor, D)의 4등급으로 구분한다.

다) 어류를 이용한 건강성 등급

〈 어류를 이용한 건강성 등급 〉

(표 2.1-11)

생물등급	어류평가지수 (FAI)	환경상태	지표생물군
A	87.5 ≦ ~ < 100.0	최상	금강모치, 둑중개, 미유기, 버들치, 산천어, 새미, 열목어, 참갈겨니
B	56.2 ≦ ~ < 87.5	양호	갈겨니, 감돌고기, 꺽저기, 꺽지, 꾸구리, 남방종개, 눈동자개 등
C	25.0 ≦ ~ < 56.2	보통	각시붕어, 강준치, 기름종개, 긴몰개, 납자루, 대농갱이, 동사리 등
D	0.0 ≦ ~ < 25.0	불량	가물치, 가숭어, 끄리, 누치, 눈불개, 메기, 몰개, 미꾸라지 등

4) 서식 및 수변환경

가) 하천의 생물종다양성은 기본적으로 흐름의 다양성에 의하여 결정되며, 하천 내에 발생하는 하중도 및 사주의 개수를 파악하여 물흐름의 다양성에 의한 서식처 다양성을 평가한다.

나) 서식수변환경지수(HRI) 평가등급은 10개 항목의 점수를 합산한 지수를 2로 나눈 지수값으로 책정하며, 범위는 0점부터 100점까지로 각각 25점 단위로 등급을 평가한다(단, D등급은 0점에서 25점까지로 총 26점 범위).

다) 각 조사구간별 10개 항목을 평가한 후 제시되어 있는 평가 기준을 이용하여 서식 및 수변환경의 등급 평가를 실시한다

<서식 및 수변환경 건강성 등급>

(표 2.1-12)

등급구분	환경 상태	서식수변환경지수 (HRI) 점수 범위	의미
A	최상	75 < ~ ≦ 100	전체적으로 자연성을 잘 유지하고 있으며, 서식환경 역시 양호함
B	양호	50 < ~ ≦ 75	서식환경 및 자연상태를 유지하지만 부분적으로 제한요인이 있음
C	보통	25 < ~ ≦ 50	전체적으로 자연 상태를 보이고 있으나 제한 요인이 많음
D	불량	0 ≦ ~ ≦ 25	심한 훼손으로 자연요소가 상당히 희박하며 서식환경에 제한이 큼

2.2 수량 산출 요령

2.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
2.2	하천복원시설				
2.2.1	여울 및 소(웅덩이)		m^2		
1)	차수매트 설치		m^2		
2)	채움 잡석	ϕ100 ~ 200 미만	m^3		
3)	잡석 부설	ϕ150 미만	m^3		
2.2.2	하중주				
1)	돌놓기		m^3		
2)	원주말뚝설치		EA		
3)	관목, 초화류 식재		주		
2.2.3	수생태기능 공간		m^2		
1)	횃대		개소		
2)	수제	말뚝	EA		
		석재	㎥		
3)	하천 식재	교목, 초화류	주		
4)	수변식물군락 조성		주		
5)	습지		m^2		
6)	비오톱		m^2		
2.2.4	폐천 및 구하도 복원		m^2		
2.2.5	생태통로 시설		m^2		
1)	수로 횡단시설 및 탈출시설		m		
2)	어류 이동 관련시설		개소		

2.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증

재료(제품)명		규 격	할증(%)기준	비 고
원주말목		φ150㎜ 이상	5	H=3m
옹벽형 돌망태 채움돌		150㎜~300㎜	5	H=1m
주머니형 돌망태 채움돌		200㎜~300㎜	5	
매트리스(채움돌)			5	
차수매트			15	
생태블럭(유공) 대형		1.0 x 1.0	5	
모르타르		1 : 3	3	
배수관(흄관)			3	
조립식 구조물(플륨관)			3	
전 석		03 ~ 0.5m3	10	
사 석		30~100kg/개	10 20	일반하천(or보통지반) 감조하천(or연약지반)
잡 석		뒷채움, 기초	4	
콘크리트블록		대형(1,000×1,000 이상)	5	
매트(복합포)		15 t/m	15	
돌망태 및 GABION 류		매트리스, 옹벽 등	3	
섬유질 호안 류		코이어롤, 야자섬유 등	5	
식재	교・관목		10	
	초화류		10	

2.2.3 수량 산출 방법

가. 여울 및 소

1) 다양한 크기의 돌을 사용하여 조성하는 여울의 가장 큰 소류력을 받는 정상부 및 여울 중앙부에는 저수로 만제 유량에서 떠내려가지 않는 크기의 돌을 사용한다.
2) 자연형 여울은 자연석과 통나무를 이용한 돌무덤이나 둔덕 등을 설치하여 조성할 수 있다.
3) 차수매트 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 면적(㎡)으로 계산한다.
4) 잡석부설 및 채움잡석 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.

나. 하중주 및 비오톱

1) 굴곡이 다양한 지형을 형성시켜야 하므로 대형장비 적용이 곤란함에 따라 굴삭기(0.4㎥)+ 플레이어트 콤펙터(1.5ton)을 기준으로 한다.
2) 성토후 인력과 장비의 조합으로 면고르기를 계상하여야 한다.
3) 성토 수량은 다짐상태로 산정하며 체적(㎥)으로 계산한다.
4) 하천에서 인위적으로 자연석을 채취 사용할 수 없으며 대용품으로 가공석, 석산돌을 적용할 수 있고, 돌놓기의 규격은 평균 Ø300 ~ 700㎜의 돌을 사용한다.
5) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.
6) 체적산출시 반올림하여 소수 2째자리까지 산출하고, ton으로 환산하여 자재수량을 별도로 산출한다.
7) 돌의 구입은 현장 도착을 원칙으로 한다.
8) 원주말뚝 설치는 (방부)원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은 Ø150×L3,000 ~ 3,500으로 사용한다.
9) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 ea로 계산한다.

다. 횃대

1) 횃대설치는 원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은 Ø150×L3,000 ~ 3,500으로 사용한다.
2) 횃대는 경관용으로도 적용되나 가급적 일정거리인 조류 경계거리(개방시야) 확보가 필요하다.
3) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 개소로 계산한다.

라. 식재

1) 수목 자재비 할증(3%) 적용한다.
2) 지주목 및 시비량 기준 적부토(절취 및 상차), 산정한다.
3) 잔토처리량이 정확히 산정한다.
4) 인공토량, 시비량, 멀칭재 수량 산정한다.

제 5 편

하천친수시설

제1장 하천친수시설

제1장 하천친수시설

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

본 장은 하천의 치수, 이수, 수질, 생태 등의 영향을 최소화하는 범위 내에서 친수시설물로 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)의 제시내용을 세부적으로 설계에 반영하여 이용자의 안전 확보 및 친수지구안에 친수시설을 조성하는 시설이다

나. 적용범위

1) 본 장은 하천의 치수, 이수, 수질, 생태 등의 영향을 최소화하는 범위 내에서 설치하는 친수시설 공사에 적용한다.
2) 하천의 친수시설 시공은 하천의 치수 및 통수기능의 저감요인을 고려하여 적용한다.
3) 하천구역내 보행로, 자전거도로, 생태 · 학습시설, 공원시설, 수상레저시설, 생활 체육시설, 강수욕장 및 야외수영장, 야영 및 오토캠핑장, 유어활동 및 시설 등을 범위로 한다.
4) 본 장에서 규정되지 않은 친수시설에 대하여는 본문의 내용을 참고하여 치수·이수·수질·생태·안전과 그 밖에 하천관리상 발생할 수 있는 문제가 최소화되도록 한다.

다. 적용기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
3) 조경 설계기준(KDS 34 00 00)(2018, 국토교통부)
4) 조경공사 표준시방서(KCS 34 00 00)(2018, 국토교통부)
5) 항만 및 어항 설계기준(KDS 64 00 00)(2020, 해양수산부)
6) 자전거이용시설 설치 및 관리지침(2020, 행정안전부 · 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 하천친수시설 가이드라인(2012, 국토해양부)
3) 안전인증대상 어린이제품 안전기준(산업통상자원부 고시)
4) 어린이놀이시설의 시설기준 및 기술기준(행정안전부 고시)
5) 보도 설치 및 관리 지침(2021, 국토교통부)

6) 어린이제품안전특별법

7) 조경진흥법

8) 마리나 항만의 조성 및 관리에 관한 법률

마. 용어 정의

1) 친수구역 : 국가하천의 하천구역 경계로부터 양안 2킬로미터 범위 내의 지역을 대통령령으로 정한 비율 이상 포함하여「친수구역 활용에 관한 특별법」제4조에 따라 지정된 구역을 말한다.

2) 친수구역조성사업 : 친수구역을 국가하천과 조화롭게 주거 · 상업 · 산업 · 문화 · 관광 · 레저 등의 기능을 갖추도록 조성 · 운영하는 사업을 말한다.

3) 공공시설 :「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제2조 제13호 및 같은 법 시행령 제4조에 정하는 시설을 말한다.

4) 자족시설용지 : 해당 지역의 고용창출과 경제의 활성화를 위해 필요한 용지로 대학, 연구소, 공공기관, 컨벤션시설, 종합의료시설, 문화·복지시설, 도시형공장 등 산업시설, 판매·업무·유통시설 등의 입지를 위한 용지를 말한다.

5) 하천공간 관리계획

가) 보전지구: 이용보다는 보전 중심으로 관리하는 지구로 인공적 정비와 인간의 활동은 최소화하고 자연상태로 유지하는 지구

나) 복원지구 : 직강화, 콘크리트호안, 복개 등으로 인해 파괴된 생태계, 역사·문화, 경관의 복원 또는 개선이 중점적으로 필요한 지구

다) 친수지구 : 자연과 인간이 조화를 이루는 곳으로 시민들의 접근이 용이하여 주민을 위한 휴식·레저공간 등으로 이용하는 지구

바. 설계 일반사항

1) 하천친수시설은 하천기본계획에서 치수안전성이 확보되어야 한다.

2) 친수공간 조성을 위한 지역 주민설문조사를 통해 바람직한 정비방향을 수립해야 한다.

3) 상수원 및 하천의 수질 환경에 미치는 영향이 최소화되도록 하여야 한다.

4) 개발수요를 충분히 검토하고, 계획적이며 체계적인 친수구역 조성을 통해 하천 주변의 난개발이 방지되도록 하여야 한다.

5) 하천의 적극적 활용을 통해 친수공간이 충분히 조성되고 이용될 수 있도록 하여야 한다.

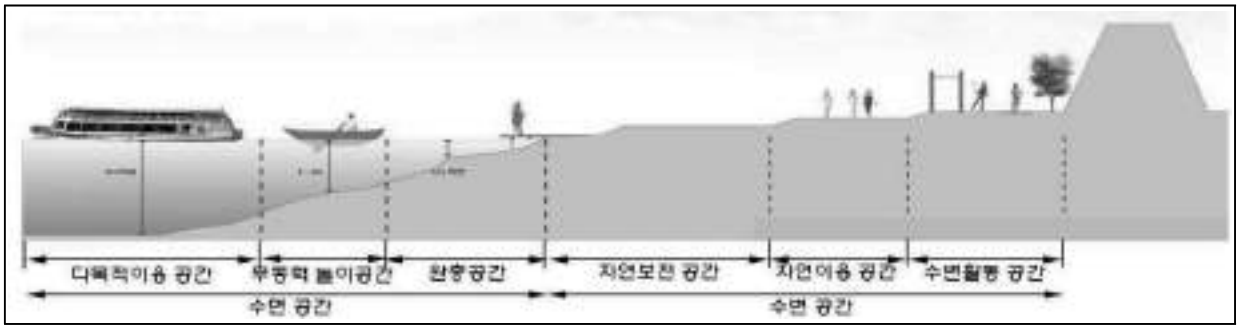
6) 공공성을 강화하고 지역정체성을 살리는 계획을 수립하여야 한다.

7) 하천공사 및 절토 사면으로 인한 재해가 발생되지 않도록 하여야 한다.

8) 신·재생에너지 적극적 도입을 통해 저탄소 녹색성장에 기여할 수 있는 방안을 모색하여야 한다.

9) 친수구역 내 수변공간의 효율적 이용과 활성화를 위하여 주변지역과 하천구역의 토지이용·교통·문화·경관·미관 등을 고려하여 통합디자인 방안을 모색하여야 한다.

사. 시설물의 구성



(그림 1.1-1) **〈 하천공간별 구분〉**

〈 하천공간별 활동유형과 도입가능 시설 〉

(표 1.1-1)

하천 어메니티 활동유형	관련시설			하천공간구분						
				저수로 및 수변			고수부지			제방
				다목적 이용 공간	무동력 놀이 공간	완충 공간	자연 보전 공간	자연 이용 공간	수변 활동 공간	
레저/스포츠	수상형	직접 이용	레포츠용선착장	◑	●	◑	○	○	○	○
			선착장부대시설	○	○	◑	◑	●	○	○
		하천 간접 이용	유람선선착장	●	◑	○	○	○	○	○
			경정장	◑	●	◑	○	○	○	○
			선착장부대시설	○	○	◑	◑	●	○	○
			수영장	○	○	○	○	◑	●	○
	육상형	대규모	육상경기장	○	○	○	○	○	●	○
			축구장	○	○	○	○	○	●	○
			테니스장	○	○	○	○	○	●	○
			야구장	○	○	○	○	○	●	○
			핸드볼장	○	○	○	○	○	●	○
			게이트볼장	○	○	○	○	○	●	○
			롤러스케이트장	○	○	○	○	○	●	○
			파크골프장	○	○	○	○	○	●	○
		소규모	국궁장	○	○	○	○	◑	●	○
			배구장	○	○	○	○	◑	●	○
			농구장	○	○	○	○	◑	●	○
			배드민턴장	○	○	○	○	◑	●	○
			족구장	○	○	○	○	◑	●	○
			씨름장	○	○	○	○	◑	●	○
			체력단련장	○	○	○	○	◑	●	●
			인공암벽	○	○	○	○	◑	●	●
		선형	자전거도로	○	○	○	○	○	●	●

하천 어메니티 활동유형		관련시설		하천공간구분						
				저수로 및 수변			고수부지			제방
				다목적 이용 공간	무동력 놀이 공간	완충 공간	자연 보전 공간	자연 이용 공간	수변 활동 공간	
이벤트		수상무대		○	◑	●	○	○	○	○
		수변광장		○	○	◑	●	○	○	○
		야외공연장		○	○	○	◑	◑	●	○
		다목적대광장		○	○	○	○	◑	●	○
		잔디광장		○	○	○	○	◑	●	○
		피크닉장		○	○	○	○	◑	●	○
		야영장		○	○	○	○	◑	●	○
근린이용	편익형	주차장		○	○	○	○	○	◑	●
		상업시설		○	○	○	○	○	◑	●
	근린형	동선	친수호안	○	○	●	○	○	○	○
			징검다리	○	○	●	○	○	○	○
			관리도로	○	○	○	◑	◑	●	●
			광장	○	○	○	◑	◑	●	◑
			보행로	○	○	○	◑	◑	●	●
			경사로	○	○	○	◑	◑	●	●
			계단	○	○	○	◑	◑	●	●
			수변접근로	○	○	●	○	○	○	○
			보도교	○	○	○	●	●	●	●
		휴게시설	파고라/그늘막	○	○	○	○	◑	●	●
			원두막	○	○	○	○	◑	●	●
			의자	○	○	○	◑	◑	●	●
			앉음벽	○	○	○	○	◑	●	●
			야외탁자/평상	○	○	○	◑	◑	●	●
			정자	○	○	○	○	○	●	●
			지압보도	○	○	○	◑	◑	●	●
		놀이시설	단위놀이시설	○	○	○	○	◑	●	◑
			복합놀이시설	○	○	○	○	○	●	◑
			주제형놀이시설	○	○	○	○	◑	●	◑
			동력놀이시설	○	○	○	○	○	●	◑
근린이용	근린형	수경시설	폭포 및 벽천	○	○	○	○	○	●	◑
			실개울	○	○	○	○	○	●	○
			연못	○	○	○	○	○	●	○
			분수	○	○	○	○	○	●	○
		관리시설	관리사무소	○	○	○	○	◑	●	●
			화장실	○	○	○	○	○	●	●
			전망대	○	○	○	○	○	◑	●
			쓰레기통	○	○	○	○	◑	●	●
			볼라드	○	○	○	○	◑	●	●

하천 어메니티 활동유형		관련시설		하천공간구분						
				저수로 및 수변			고수부지			제방
				다목적 이용 공간	무동력 놀이 공간	완충 공간	자연 보전 공간	자연 이용 공간	수변 활동 공간	
근린이용	근린형	관리시설	울타리	○	○	○	◑	◑	●	●
			자전거보관시설	○	○	○	○	○	●	●
			안전난간	○	○	◑	◑	◑	◑	●
			음수대	○	○	○	○	◑	●	●
			플랜터	○	○	○	○	◑	●	●
			수목보호덮개	○	○	○	○	◑	●	●
		안내표지시설		○	○	◑	◑	●	●	●
		환경조형시설	미술장식품	○	○	○	○	◑	●	●
			문주/열주	○	○	○	○	◑	●	●
			시비/기념비	○	○	○	○	◑	●	●
			조형벽	○	○	○	○	◑	●	●
		경관조명시설		○	○	○	○	◑	●	●
		경관식재		○	○		○	◑	●	●
체험/학습	하천이용형	하천내물놀이장		○	◑	●	○	○	○	○
	놀이/체험장	자연학습장		○	○	○	◑	●	●	○
		갈대숲체험장		○	○	○	◑	◑	●	○
		농사체험장		○	○	○	○	◑	●	○
		역사문화학습장		○	○	○	○	◑	●	○
		모래사장		○	○	●	◑	○	○	○
	관찰/감상형	방문자센터		○	○	○	◑	◑	●	●
		야외교실		○	○	○	◑	●	◑	○
		탐방로		○	○	○	◑	●	◑	○
		보드워크		○	○	◑	◑	●	◑	○
		관찰데크		○	○	◑	◑	●	●	○
		조류관찰시설		○	○	◑	◑	●	◑	●
		수중관찰시설		○	○	◑	●	○	○	○
		소동물관찰시설		○	○	◑	◑	●	◑	●
		곤충관찰시설		○	○	◑	◑	●	◑	●
		안내표지시설		○	○	◑	◑	●	●	●
자연복원		생태연못		○	○	○	●	●	●	○
		생태수로		○	○	○	●	●	●	○
		습지/저습지		○	○	◑	●	●	◑	○
		하중도		○	◑	●	○	○	○	○
		수질정화시설		○	○	●	●	◑	○	○
		식생복원		○	○	◑	●	●	●	●
		인공구조물녹화		○	○	◑	●	●	●	●
자연보전		차폐/완충시설		○	○	◑	●	●	●	●

주) ● 허용, ◑ 선택적 허용, ○ 불허

1.1.2 조사

1) 하천별・구간별로 주요 하천둔치, 기존 폐천부지, 하중도, 구하도 등에 대한 현황(연장, 면적, 평균폭, 소유권, 이용실태 등)을 조사한다.
2) 하천 내 선착장, 공원시설, 수상레저시설, 생활체육시설, 강수욕장 및 야외 수영장, 산책로, 자전거길, 야영 및 오토캠핑장, 생태학습시설 등 친수시설현황을 조사한다.
3) 하천을 이용한 지역의 주요 축제 및 문화행사를 조사한다.
4) 하천의 역사・문화 또는 심미적 가치를 갖는 자연·인공 자원, 구조물 또는 지형지물, 장소 등을 조사하여 수록할 수 있다.
5) 하천의 이용 또는 유수소통에 지장을 주는 시설 등을 조사한다.
6) 하천구역 내 특정지역 및 지구의 지정현황(개발제한구역, 상수원보호구역, 수질보전구역, 문화재보호구역 및 자연보전구역 지정현황 등)을 조사한다.
7) 하천의 유지, 관리 방재 및 순찰 등을 위해 설치된 관리용 도로 및 접근로현황을 조사한다.

1.1.3 계획

1) 시설설치에 따른 홍수소통에 지장이 없고, 수위상승 및 기존 하천시설에 미치는 영향을 최소화하여 계획하여야 한다.
2) 하천친수계획은, 사회적 약자 배려, 환경에 대한 배려, 미관설계, 친환경 포장 등 고려하여 계획하여야 한다.
3) 생태·학습시설을 함께 조성할 경우 『도시공원 및 녹지 등에 관한 법률』 시행규칙 제10조에는 공원시설의 설치·관리에 관한 안전기준이 제시되어 있으므로 공원을 관리하는 특별시장·광역시장·시장 또는 군수는 공원조성 계획·유지관리 및 이용 등 모든 단계에서 안전에 대한 적절한 대책이 수립하여야 한다.
4) 친수시설 설치시 홍수상황에 따라 일시에 철거할 수 있는 이동식 구조물로 계획하여야 한다.
5) 홍수소통에 지장이 없고, 수위상승 및 기존 하천시설에 미치는 영향의 최소화 계획하여야 한다.
6) 하천친수시설은 환경에 대한 배려, 친환경 포장, 체육시설 설치 등을고려하여 계획하여야 한다.
7) 수질오염 방지를 위해 농약, 비료 등의 사용을 금지하며, 정기적인 유지관리가 용이한 시설로 계획하여야 한다.
8) 기타 각종 놀이시설의 상세한 구성과 규격 등은 조경설계기준을 참고하여 계획하여야 한다.
9) 상수원오염 방지를 위한 『환경정책기본법』에 규정된 수질기준 준수하여야 한다.
10) 강수욕장 사주 면적 및 모래 깊이 등 시설 조성 후 모래유실방지를 위한 대책 계획하여야 한다.

11) 수영장에서 발생하는 오염물 처리시설 등 수질오염방지를 위한 대책 계획하여야 한다.

12) 이용자 수요예측 및 노약자 또는 장애인의 휠체어 통행 등을 고려하여 보행로의 폭, 위치 등을 결정을 고려하여야 한다.

13) 홍수시 수위 및 유속이 급격히 변하는 구역에서는 홍수예경보시설 및 진입차단 시설 계획하여야 한다.

14) 이용자 수요가 많은 구간에는 보행로와 그 외 도로를 분리 설치하고, 농경지, 산지구간 등 이용자 수요가 적은 구간에서는 겸용으로 계획하여야 한다.

15) 차도, 해안 등의 위험성이 있는 지역에는 난간 등 안전보호시설 설치을 고려하여야 한다.

16) 노면포장이 필요한 경우, 자연 재료 포장으로 하되, 부득이 한 경우 투수성이 높고 생태적 단절을 최소화 할 수 있는 친환경적인 재료로 사용해야 한다.

17) 자전거 도로계획은『자전거 이용 활성화에 관한 법률 제3조 및 자전거 설치 및 관리지침』준수하여야 한다.

18) 자전거 도로계획시 하천법상 하천점용에 관한 일반조건 및 하천점용허가 세부기준(2021, 환경부) 제23조 자전거도로 충족하여야 한다.

1.1.4 설계

가. 자전거도로

1) 일반사항

가) 자전거도로는 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로써 경계를 표시하거나 노면표시 등으로 안내하여 자전거의 통행에 사용하도록 된 도로를 말한다.

나) 기존도로의 이용 방안을 우선 검토하여야 한다.

다) 자전거도로는 설치되는 위치별로 자전거 이용자, 보행자의 안전을 도모할 수 있도록 한다.

라) 자전거도로는 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도하고, 하천에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 위치에 설치한다.

마) 동선 연결이 필요할 경우 콘크리트 구조물의 사용은 피하고 친환경적인 재료로 계획하고, 보전 및 복원지구에서는 하천의 생태적 기능성향상을 위하여 자연하천 보전대상에 영향을 최소화되도록 한다.

바) 계획홍수위 이하 제외지에 설치하는 경우 자전거도로 경계부의 세굴 및 유실을 방지하기 위하여 자전거도로 양측에 보호공(저수호안 머리보호공과 같은 개념)을 설치할 수 있다.

사) 하천관리용 차량이 아닌 차량의 통행을 제한할 수 있는 표지판 등 안내시설물을 설치할 수 있다.

아) 계획홍수위 이하 제외지에 설치 시 발주청과 협의토록 하며, 동결융해의 우려가 예상되는 곳과

지하수위보다 낮은 곳의 설치하지 않아야 한다.

자) 제방비탈면 또는 저수로에 호안이 설치되어 있지 않은 경우에는 제방비탈 기슭에 연접하여 설치하지 않는다.

차) 저수로에 저수호안이 설치되어 있지 않을 때에는 적정한 거리를 이격 시켜야 한다.

카) 제방의 앞비탈면 소단에 설치하는 경우 제방비탈면에 호안이 설치되어 있지 않을 때에는 원칙적으로 노면은 포장하지 않도록 하며, 울타리류도 설치하지 않는다.

타) 고수부지에 설치하는 경우에는 홍수시 고수부지의 세굴을 방지하기 위하여 도로면의 양측에 세굴방지시설을 설치해야 한다.

파) 기타 자전거 이용시설에 대한 내용은 '자전거 이용시설 설치 및 관리 지침' 및 관련규정을 준용한다.

하) 이 요령에서 정하지 않은 자전거도로 설계에 대하여는 '자전거 이용 활성화에 관한 법률' 제9조 및 '자전거 이용시설의 구조·시설기준'에 내용을 따른다.

2) 자전거도로의 종류

가) 자전거도로의 구분은 '자전거이용 활성화에 관한 법률' 제3조(자전거도로의 구분)에 의하여 다음과 같이 구분한다.

〈 자전거도로의 구분 〉

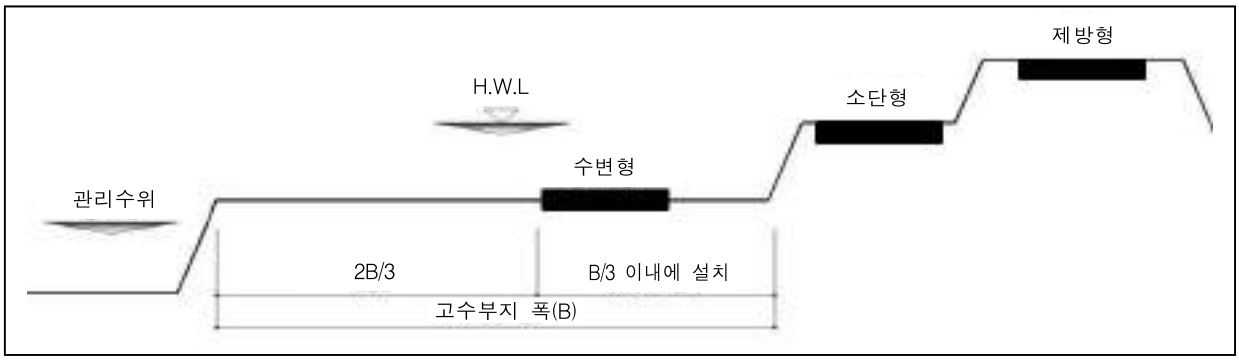
(표 1.1-2)

구 분	구분 기준
자전거 전용도로	• 자전거만이 통행할 수 있도록 분리대·연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치한 자전거도로
자전거· 보행자 겸용도로	• 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대·연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
자전거 전용차로	• 차도의 일정 부분을 자전거만 통행하도록 차선, 안전표지, 노면표시로 다른 차가 통행하는 차로와 구분한 차로
자전거 우선도로	• 자동차의 통행량이 대통령령으로 정하는 기준보다 적은 도로의 일부 구간 및 차로를 정하여 자전거와 다른 차가 상호 안전하게 통행할 수 있도록 도로에 노면표시로 설치한 자전거도로

3) 설치 위치

가) 하천에 설치되는 위치에 따라 수변형, 제방형 및 소단형으로 구분할 수 있다.

나) 제방형은 둑마루를 활용하여 설치하는 형태이고 소단형은 제방소단을 활용하는 형태이며, 수변형은 하천에 인접하여 제방경사면 하단으로부터 고수부지 폭의 1/3 이내에 조성하는 형태이다.



(그림 1.1-2) **< 하천형 자전거도로 유형 >**

4) 설계속도 및 폭

가) 설계속도 (자전거도로 설계의 기초가 되는 자전거의 속도를 말한다. 이하 같다)는 자전거도로의 구분에 따라 다음 표의 속도를 적용한다.

< 자전거도로의 설계속도 >

(표 1.1-3)

구 분	설계속도 (km/hr)
자전거전용도로	30 이상
자전거·보행자 겸용도로	20 이상

주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정자치부·국토교통부)

나) 하천에서 자전거도로의 폭은 최소 1.5m 이상을 기준으로 한다.

< 자전거 전용도로 폭 >

(표 1.1-4)

구분	도시지역	지방지역	공원 및 하천
양방향	3.0m 이상	3.0m 이상	3.0m 이상
일방향	1.5m 이상	1.5m 이상	1.5m 이상

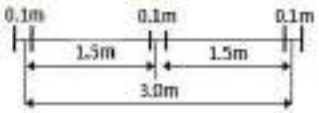
주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정자치부·국토교통부)
※ 일방향 설계 시 도로폭은 1.5m 적용. 단, 1.5m를 확보할 수 없는 부득이한 경우 최소폭 1.2m 적용.
※ 양방향 설계 시 도로폭은 3.0m 적용. 단, 3.0m를 확보할 수 없는 부득이한 경우 최소폭 2.4m 적용.

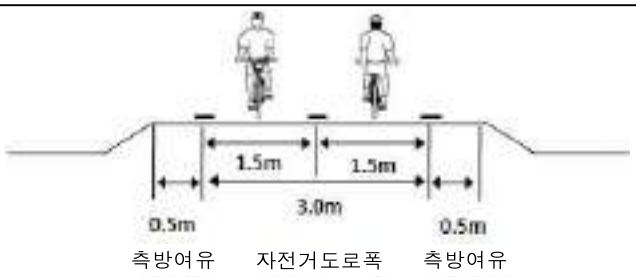
< 하천변 자전거·보행자 겸용도로 폭 >

(표 1.1-5)

분리형			비분리형
자전거도로	보도	합계	자전거·보행자 겸용도로
3.0m 이상	2.0m 이상	5.0m 이상	3.0m 이상

다) 하천에서 자전거도로의 횡단구성은 아래 내용을 준용한다.

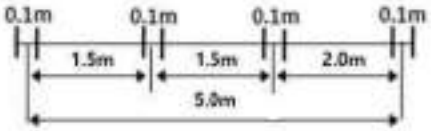


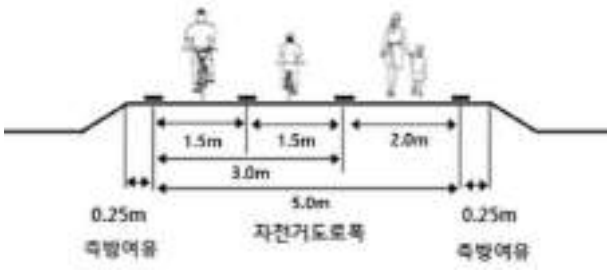


상세도	횡단구성

주) 측방여유는 최소 기준임(양방향 원칙).

(그림 1.1-3) **〈 자전거전용도로 횡단구성 〉**

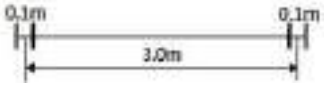


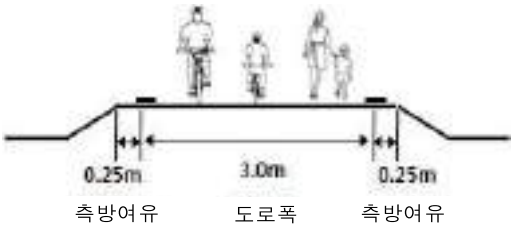


상세도	횡단구성

주) 측방여유는 최소 기준임.

(그림 1.1-4) **〈 분리형 자전거 · 보행자 겸용도로 횡단구성 〉**





상세도	횡단구성

주) 측방여유는 최소 기준임.

(그림 1.1-5) **〈 비분리형 자전거 · 보행자 겸용도로 횡단구성 〉**

라) 계획홍수위 이하 제외지에 자전거도로 설치 시 세굴에 위한 자전거도로 유실을 방지하고, 자전거도로 좌우측에서 갈대, 물억새 등과 식물의 생육에 따라 야기되는 자전거도로의 이용 불편을 해소하기 위해 현장 여건에 따라 발주청과 협의하여 자전거도로 양측에 평떼식재, 잔디블럭 설치 등 다양한 공법을 통하여 자전거도로의 훼손 방지 및 이용편의 도모를 위한 시설을 설치할 수 있다.

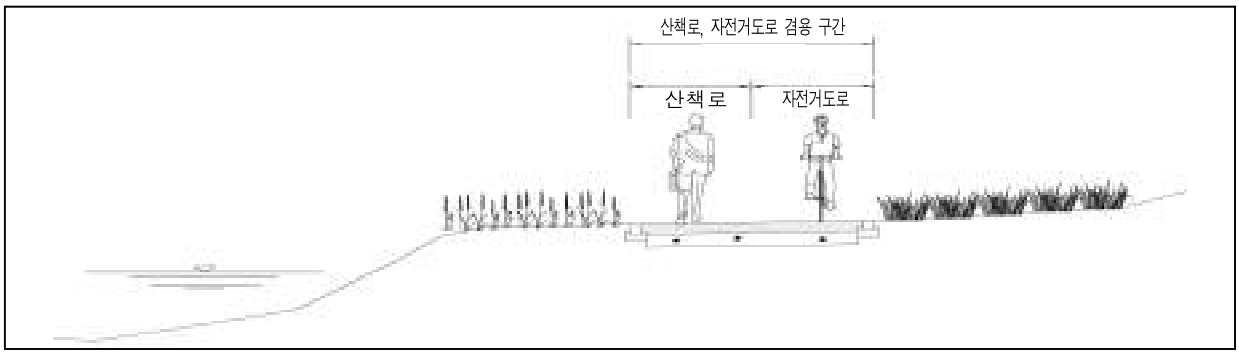
마) 계획홍수위 이하 제외지에 설치되는 자전거도로가 지류하천, 실개천, 배수펌프장 방수로 등을 횡단하는 교량구간은 난간을 설치하거나 또는 폭을 넓게 설치하여 이용자의 안전성을 확보할 수 있다.

바) 상기 교량의 경우 불가피하게 해당지점으로 다른 접근이 곤란한 경우에 한해 발주청과 협의하

여 하천관리의 효용성 확보를 위한 하천관리, 복구용 차량 또는 응급 차량 통행이 가능하도록 자전거도로 폭원보다 넓게 설치할 수 있다.

사) 자전거도로·산책로 겸용시 하천구역에서의 배치는 산책로를 저수로쪽에 배치하고, 자전거도로를 제방쪽으로 배치한다.

아) 자전거도로, 산책로 등의 설치시 유수로 인하여 주변에 세굴이 우려될 경우 보호공을 설치하여야 한다. 또한 저수호안 머리부와 자전거도로, 산책로 사이에 세굴이 발생하지 않도록 호안 머리보호공을 연결부에 설치하여 세굴로부터 보호할 수 있도록 하여야 한다.



(그림 1.1-6) **〈 자전거도로 산책로 겸용시 배치 〉**

5) 종단경사

가) 자전거도로의 종단경사에 따른 길이는 다음과 같다. 다만, 지형상황 등으로 인하여 부득이 하다고 인정하는 경우에는 제외한다.

나) 5% 초과하는 오르막경사는 자전거운전을 고려하여 지양해야 한다.

〈 자전거도로의 종단경사 〉

(표 1.1-6)

종단경사 (%)	제한길이 (m)
7	120 이하
6	170 이하
5	220 이하
4	350 이하
3	470 이하

주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정안전부·국토교통부)

6) 포장 및 배수

가) 자전거도로 포장의 종류는 아스팔트콘크리트 포장, 시멘트콘크리트포장, 기타 포장 등으로 분류할 수 있으며, 포장은 자전거이용자의 안전을 위해 충분한 미끄럼 저항성을 갖고 있어야 하며, 자전거의 주행성, 시인성, 경관, 주변 환경과의 조화 등을 충분히 고려하여 재료를 선정하여야 한다.

〈 자전거도로 포장의 종류 〉

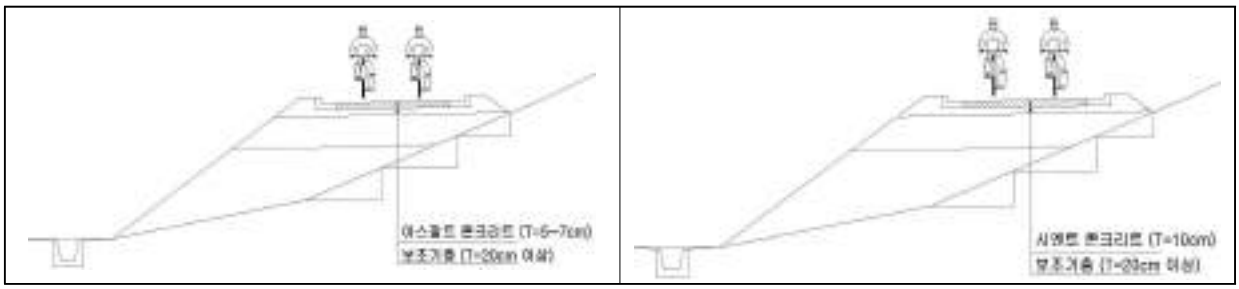
(표 1.1-7)

포장종류	표층재료에 의한 구분	사용재료
아스팔트 콘크리트 포장	가열 아스팔트 포장, 중온 아스팔트 포장, 개질 아스팔트 포장	아스팔트, 중온아스팔트, 개질 아스팔트, 천연골재, 순환골재, 안료 등
시멘트 콘크리트 포장	시멘트 콘크리트 포장, 건식배합 콘크리트 포장	시멘트, 플라이애쉬, 혼화제, 천연골재, 순환골재, 안료 등
기타 포장	흙 포장, 표면처리 포장 등	흙, 쇄석, 경화형 혼합제, 규사, 무기질계 충진재, 유기질계 충진재, 탄성고무칩, 에폭시수지, 아크릴수지 등

주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정안전부・국토교통부)

나) 자전거도로 포장 두께는 아스팔트콘크리트 5~7㎝, 시멘트콘크리트 10㎝를 기준으로 하되, 여건에 따라 조정할 수 있다. 다만, 유지관리용 차량통행이 예상되는 경우나 충분히 다져지지 않은 고수부지에 설치하는 경우에는 아스팔트콘크리트는 15㎝, 시멘트콘크리트는 20㎝, 보조기층은 20㎝ 이상을 적용할 수 있다.

다) 하천관리용 도로 기능을 겸용하여 제방 정단에 자전거도로 설치할 경우는 차량통행의 하중을 고려하여 ‘제2편 하천치수시설, 제1장 하천제방’ 편의 포장규격을 따른다.



주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2022, 행정자치부・국토교통부)

(그림 1.1-7) 〈 자전거도로 포장 단면 예시 〉

라) 홍수위 이하에 설치하는 경우 내구성 확보 및 용이한 유지관리를 위해 시멘트 콘크리트포장 또는 아스팔트 콘크리트포장을 시행한다.

마) 자전거·보행자 겸용도로는 자전거 전용도로의 포장을 따른다.

바) 투수성 포장은 골재입경이 굵고 공극이 커서, 특수한 관리를 하지 않으면 토분 충진으로 배수가 되지 않아 공극수에 의한 동결로 골재가 탈락, 박리(부스러지는 현상)되거나 전단력이 약해져 균열 파괴 우려가 크므로 고수부지 적용을 지양한다.

사) 계획홍수위 이하 제외지에 설치되는 자전거도로의 경우 동결융해심도가 일반적인 제내측 공간특성과 상이하므로 지하수위, 노상토 특성 등을 검토하여 해당 구간의 현황 특성에 적합하도록 동상방지층을 설치할 수 있다.

아) 동상방지층의 재료는 점토, 실트, 유기불순물 등을 포함하지 않는 비동결 재료를 사용한다.

자) 물이 고이는 현상을 방지하기 위해 1.5~2%의 횡단경사를 설치하고, 필요에 따라 측구, 맹암거 등의 배수시설을 설치한다.

차) 지반조사를 실시하고 자연 배수가 불량한 것으로 판단될 경우 발주청과 협의하여 해당구간에 횡배수관 등 적정 배수시설을 설치할 수 있다.

6) 안전시설

가) 자전거도로에서 노면표시는 기본구간에 100m 간격, 시·종점부 및 접속부에 표시하고, 안전표지는 도시지역 200m, 지방지역 400m 간격으로 설치한다.

〈 자전거전용도로 안전표지 및 노면표시 〉

(표 1.1-8)

구 분	설치간격		적용
	도시지역	지방지역	
자전거전용도로 표지	200m	400m	
자전거전용도로 노면표시	100m		

〈 자전거·보행자 겸용도로 전용도로 안전표지 및 노면표시 〉

(표 1.1-9)

구 분		설치간격		적용
		도시지역	지방지역	
자전거·보행자 겸용도로 표지	분리	200m	400m	
자전거·보행자 겸용도로 표지	비분리	200m	400m	
자전거·보행자 겸용도로 노면표시		100m		
분리형 자전거·보행자 겸용도로에서의 통행구간 구분 노면표시				
비분리형 자전거·보행자 겸용도로에서의 노면표시				

주) 노면표시 위치 및 문구는 관할 경찰서 협의를 통해 변경 가능

나) 고수부지에 설치되는 자전거도로에서 하도를 횡단하는 교량 등 추락의 위험이 있는 구간에는 안전난간(일반구간 1.2m, 교량 등 고가도로 구간 1.4m를 적용)을 설치하고, 측방여유는 최소 0.25 ~ 0.5m이상 확보해야 하며, 홍수시 유수의 흐름에 영향을 최소화하도록 해체가 가능한 형식 또는 전도식으로 설치할 수 있다. 또한 제방구간에 추락위험이 있는 구간에도 안전난간을 설치 할 수 있다.

나. 산책로

1) 일반사항

가) 산책로는 하천을 따라 대상구간 뿐만 아니라 인접구간과의 연계성을 고려하여 단절되지 않고 연결될 수 있도록 계획하여야 한다.

나) 이용자의 동선을 고려하여 원만한 동선유도가 가능한 위치, 수변에 접하여 산책하며 자연관찰이 가능한 장소에 배치한다.

다) 하천변에 철새 등 생물 서식지가 발달되어 있는 경우에는 수변으로부터 일정공간을 띄워 산책로를 계획한다.

라) 유입수로, 수충부, 치수상 제약이 있는 구간, 생태계 유지 공간은 제외되어야 한다.

마) 산책로 조성시 성토부의 성토재는 가능한 현장에서 발생한 양호한 토사를 사용한다.

바) 가능한 사토가 발생하지 않도록 계획하고 사토가 발생할 경우에는 그 처리대책(사토, 폐기물처리 등)을 수립하여 계획에 반영한다.

사) 산책로는 이용자의 편의를 고려하여야 하며 그 동선을 별도로 분리, 조성하여 이용 효율성을 확보한다.

아) 이용시민이 많을 경우를 대비하여 통행방향, 안전에 관한 사항 등에 관한 대책을 제시하여야 한다.

2) 산책로 포장

가) 포장재료는 하천복원 조성이란 취지에 맞는 자연친화적인 재료를 우선 선정하되 경관적으로 우수할 뿐만 아니라 이용자의 안전에도 지장을 초래하지 않으며, 가급적 자연소재를 사용하도록 한다.

나) 각 공간별 기능에 맞는 포장재를 선정하여 전체적인 공간과 조화를 이루어야 한다.

다) 재료 선정시 홍수시 침수 후 훼손되지 않고 관리가 용이하도록 경제성, 시공성, 유지보수 등을 고려하여야 한다.

라) 보행과 관리용 차량의 통행을 고려한 포장재료 및 공법으로 설계한다.

마) 산책로에는 노약자 및 장애인이 이용하기 쉽도록 조성하여야 한다.

바) 산책로는 하천생태계에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

사) 산책로의 폭은 양방향 교행이 가능하도록 설계기준상의 최소폭 이상이어야 하며 여건이 가능한 하천구역에서는 서로 분리되어 설치한다.

아) 산책로는 수변의 경관 및 친수성을 극대화 할 수 있도록 계획하되 부득이한 경우 수변공간의 이용특성에 맞게 재배치 할 수 있다.

3) 산책로 구조

가) 산책로나 자전거도로는 서로 상충하지 않도록 배치한다.

나) 수변으로만 이어질 경우 지루할 수 있으므로 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도한다.

다) 하천의 생물서식처 보전과 인위적 교란 예방을 위해 하안 가까이에 두는 것을 지양(수로변으로부터 고수부지 폭의 1/3 이상 떨어진 지점)하도록 계획한다. 다만, 고수부지 폭이 협소할 경우 하천생태계에 미치는 영향이 최소화 되도록 계획한다.

라) 장애인등의 통행이 가능한 산책로를 계획하여야 한다.

(1) 유효폭 및 활동공간

- 휠체어 사용자가 통행할 수 있도록 접근로의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.
- 휠체어 사용자가 다른 휠체어 또는 유모차 등과 교행할 수 있도록 50m마다 1.5m×1.5m 이상의 교행구역을 설치할 수 있다.
- 경사진 접근로가 연속될 경우에는 휠체어사용자가 휴식할 수 있도록 30m마다 1.5m×1.5m 이상의 수평면으로 된 쉼터를 설치할 수 있다.

(2) 기울기 등

- 근로의 기울기는 1/18 이하로 하여야 한다. 다만, 지형상 곤란한 경우에는 현지 여건에 따라 적절하게 완화할 수 있다.
- 주접근로에 단차가 있을 경우 그 높이 차이는 3㎝ 이하로 하여야 한다.
- 접근로에 안내판 등을 설치하는 경우에는 장애인 등의 통행에 지장을 주지 않도록 설치하여야 한다.
- 접근로의 바닥표면은 장애인 등이 넘어지지 아니하도록 잘 미끄러지지 않는 재질로 평탄하게 마감하여야 한다.

(3) 보행편의 설계

- 가로수가 있을 경우 지면에서 사람의 통행가능 높이까지 가지치기를 하여야 한다.
- 블록 등으로 접근로를 포장하는 경우에는 이음새의 틈이 벌어지지 않도록 하고, 면이 평탄하게 시공하여야 한다.

4) 부대시설

가) 안전시설 등 산책로의 부대시설은 자전거도로의 내용을 준용하여 적용한다.

다. 하천친수 공간계획

1) 일반사항

가) 기본적으로 하천내에 인위적인 시설은 가급적 도입하지 않고 복원 이후에 상황을 고려하여 최

소의 이용시설을 고려하여야 한다.

나) 부득이 도시하천과 같이 사람의 이용이 빈번할 수밖에 없어 방치할 경우 하천을 훼손하거나 오염이 발생되는 경우에는 적정한 이용시설을 도입하고 유지관리를 통해 방지하도록 한다.

다) 이용시설 도입 시에는 과도한 시설을 지양하고 하천변 주민들이 편안하게 쉴 수 있고, 수변공간 이용자가 정서적 안정감을 느끼며 관람할 수 있도록 계획하여야 한다.

라) 자연스런 수변경관과 친수환경 조성으로 인간과 자연이 공존하는 하천환경을 창출한다.

마) 해당 하천이 도시구간을 관통하거나 도시외곽으로 경유하게 될 경우 도시민들의 이용 빈도가 높다. 따라서 다른 구간에 비해 상대적으로 친수기능 및 공간기능에 대한 도시민의 욕구를 반영할 수 있는 시설을 도입한다.

바) 모든 시설물은 홍수 저항력 감소를 위하여 물의 유하방향으로 설치하는 것이 좋고, 사용재료도 가급적 자연친화적 재료를 활용하여 주변 경관과의 조화를 도모하는 것이 바람직하다.



(그림 1.1-8) < 친수공간 조성 예시 >

2) 하천친수 공간계획

가) 하천친수 공간은 원칙적으로 사람의 간섭을 배제하고, 이용보다는 자연의 보전을 목적으로 한 공간으로 인간에 의한 훼손이 없는 구간, 생태적으로 중요한 수생태 서식처, 여울과 웅덩이가 발달한 자연하천을 포함한다.

나) 학습공간은 하천 공간 이용자들에게 다양한 교육체험을 할 수 있도록 조성된 공간으로 학습내용은, 주로 생태계를 통한 자연학습과, 문화재를 통한 역사·문화학습을 포함하며, 다양한 야생식물보다는 야생초, 외래식물 대신에 향토식물, 인공연못 대신에 자연연못, 인공포장보다는 식물로 피복된 작은 길 등을 이용하여 자연미를 극대화시킬 수 있다.

다) 운동공간은 이용자들의 체력증진과 건강·보건과 운동을 통해 지역공동체의식을 고취시키기 위한 것으로, 인근마을의 근린시설처럼 이용되는 경우로 구분하며, 일정규모 식생이 제거된 평탄지를 필요로 하는 경우에는 가급적 인근배후지에 운동공간을 조성하고 이와 연계하는 방법을 모색할 수 있다.

(1) 제방 측에 근접한 하천부지

(2) 지역·광역 레크레이션 공간, 축구나 야구 등의 운동 공간

(3) 조깅이나 자전거 타기와 같은 부수적 활동이 가능한 공간

라) 휴게공간은 이용자들의 하천에 대한 정적인 이용을 도모하기 위한 공간으로 하천에 대한 위락적·정서적 만족감을 고취시키도록 계획할 수 있다.

마) 놀이공간은 여러 명 단위의 모임이나 행사를 위한 공간으로 사회성이 높은 공간으로 계획할 수 있다.

3) 시설물 배치계획

가) 자연생태공간은 녹지로서의 큰 의미를 지니고 있으므로, 주변 배후지의 녹지체계와 연계성을 고려하여 배치할 수 있으며, 다음 지역 중 주거지가 밀집한 지역에서는 거리를 두어 배치하고, 정보전달시설이나 보호휀스 정도만 제한적으로 설치하도록 한다.

(1) 갈대밭이 발달하여 야생동물의 은신처가 제공되는 곳

(2) 관목층이 밀집한 곳이나 주연부가 발달한 곳

(3) 수생태 서식처가 발달한 지역의 가장자리

(4) 1급수 어류 등이 서식하는 등 수질이 깨끗한 지역

나) 학습공간은 비교적 양호한 생태계가 보전되어 식생의 천이와 같은 생태계의 변화과정을 볼 수 있는 곳이므로 다음과 같은 곳을 포함할 수 있다.

(1) 침수빈도가 낮고 수질이나 유량이 양호한 곳

(2) 인공적으로 정비되지 않은 곳

(3) 조류, 어류 등 야생동물이 서식하여 관찰이 가능한 곳

(4) 야생초화류가 자생하는 곳

(5) 주변경관이 자연경관이 우세한 곳

(6) 사적지나 문화재와 인접한 곳

다) 운동공간은 주변에 주거지나 학교 등 시설이용 요구도가 많은 곳에 인접하여 배치할 수 있으며, 다음 사항을 고려하도록 한다.

(1) 접근성 고려

(2) 휴게공간이나 다른 소극적·정적 활동이 이루어지는 공간과는 인접하여 배치하지 않음

(3) 휴게공간이나 다른 소극적·정적 활동이 이루어지는 공간과 인접하여 배치하게 될 때에는 완충 지대를 조성

(4) 팀 단위로 행해지는 대규모 운동공간은 가능한 수변에서 먼 곳에 배치

(5) 대규모 운동공간은 자연상태로 면적이 확보되는 곳을 우선 고려

(6) 체력단련시설은 시설물이 많이 설치되므로 침수빈도가 낮은 곳에 배치

(7) 체력단련시설 등의 배치에 있어서는 경관적인 측면을 고려

(8) 장애자, 유년층·노년층의 접근이 용이한 곳

라) 위락공간 지역은 다음과 같은 공간에 배치하도록 계획할 수 있다.

(1) 시설이 광역적인 특성을 가지므로 접근성이 좋은 곳

(2) 양호한 수질·유량이 확보되는 곳

(3) 풍향·수심·수량의 변동이 적은 곳

(4) 경제성을 확보할 수 있는 지역에 배치

(5) 다른 기능공간과의 상충성을 고려하여 배치할 것

마) 휴게공간은 하천의 기능공간 중에서 경관적 기준이 가장 많이 고려되어야 하는 기능 공간으로 주위에 수려한 경관이 있을 경우에 경관을 조망할 수 있는 위치에 배치하도록 하며 아래의 사항을 고려하여 계획할 수 있다.

(1) 수려한 경관은 자연경관뿐만 아니라 주변의 도시의 스카이라인, 야경 등도 경관요소로 고려

(2) 휴게나 소극적 여가활동을 통해 주변의 경관을 보다 극적으로 체험하도록 유도

(3) 앉아서 주변경관을 감상하거나 강변을 산책하는 활동을 위해 주변에 경관이 수려하고 수변에 가까운 곳에 배치

(4) 여름철 오후의 그늘을 제공해줄 수 있으면 좋음. 이동식 플랜터에 교목을 식재하거나 유수에 지장이 없는 한도 내에서 제한적으로 교목을 식재하여 부분적으로는 그늘을 제공

(5) 점토질 토양이 주로 형성된 곳은 배수가 불량하므로 피하는 것이 좋음

(6) 산책로나 자전거도로는 수변으로만 이어질 경우 지루할 수 있으며 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도

(7) 도입가능 시설 : 야영장, 산책로·자전거도로, 수변전망시설

바) 놀이공간은 접근이 용이하며, 장소성·계절감이 잘 나타나며, 수질이 양호하고 유량이 풍부한 곳에 배치하도록 하며, 다목적 이용을 고려하여 계획할 수 있다.

(1) 광역시설 : 수변야외공연 장소, 다목적 대광장

(2) 근린시설 : 소규모 친수시설, 어린이 놀이공간, 다목적 소광장

사) 관찰시설은 생태·경관의 교육, 체험 목적으로 설치하며, 서식처 보호, 훼손 확산 방지를 위한 이용객 동선유도 지역, 자연지형의 개선을 위한 지역, 식생의 보호가 필요한 지역, 수생태 서식처의 관찰을 위한 지역, 식생변화 및 생장·관찰 학습을 위한 시설의 도입이 가능한 지역, 지반이 연약하여 노면보호가 필요한 지역 등에 계획할 수 있다.

4) 공간별 시설물 도입

하천친수시설물의 도입은 「하천기본계획수립지침, 2018, 국토교통부」, 「생태하천조성계획·

설계요령, 2009, 국토해양부」을 참조하여 다음과 같이 하천공간 유형별 도입 시설물을 예시로 제시하였으며, 하천관리청 및 발주처와 협의하여 공간특성에 적합하도록 친수공간을 위주로 시설물을 도입할 수 있다. 「하천복원통합매뉴얼, 2012, 국토해양부」의 하천어메니티(amenity) 활동유형에 따른 「도입제안시설 검토 및 구간별 도입시설 결정」을 참고할 수 있다.

〈 하천공간별 도입시설물 예시 〉

(표 1.1-10)

구 분	도입 시설물
특별보전지구	- 치수안정성 확보를 위한 하천공사 외 인공적 시설물 배제
일반보전지구	- 하천 생태계, 역사·문화, 경관 유지 등 보전을 위해 불가피한 하천공사 외 친수활동을 위한 시설물 최대한 배제
완충보전지구	- 하천의 생태계, 자연경관 보전이외의 인간의 친수활동을 위한 시설 설치를 원칙적 지양
친수거점지구	- 운동시설, 위락시설, 수상시설, 편익시설
근린친수지구	- 인공적 정비구역의 경우 소규모 운동시설 및 문화시설 - 자연환경이 뛰어난 부분의 경우 자연적 위락시설
복원지구	- 훼손된 하천 기능을 복원하기 위한 시설 - 적극적 이용을 위한 시설 원칙적으로 배제하고, 하천탐방로 등과 같이 최소한의 하천 교란으로 이용이 가능한 정적 시설

5) 유지관리

하천친수시설물 도입은 유지관리 대책수립, 관리주체, 특히 홍수기의 관리방안을 고려하여야 하며, 시설물의 경우 유지관리비용 절감을 위해 가급적 높은 지역에 위치하도록 하고 노후화에 따른 교체 등을 고려하여 설계한다.

라. 체육시설

1) 인구 밀집지역 및 도심지에 인접한 친수지구 내에 체육시설 설치는 이용자 수요조사 등을 거쳐 설치할 수 있다.

2) 도심지 등 인접지역주민의 이용이 많은 지역을 대상으로 하고, 만곡부에 설치시 호안 등을 설치하여 홍수피해가 없도록 설치해야 한다.

3) 접근성을 고려하며, 휴게공간처럼 소극적 · 정적 활동이 이루어지는 공간과는 인접하여 배치를 고려하여 설계한다.

4) 대규모 운동공간은 수변에서 먼 곳에 배치하고, 침수시 홍수소통에 영향이 적은 체력단련 시설은 침수빈도가 높은 곳에 배치해야 한다.

5) 체육시설 중 축구장 골대, 농구대, 테니스 지주 및 기타 보호막(휀스) 등은 홍수상황에 따라 일시

철거할 수 있는 이동식이나, 홍수소통에 지장을 초래하지 않는 전도식 등으로 설치하며, 구조물 설치시 홍수상황에 따라 일시에 철거할 수 있는 이동식 구조물로 설계한다.

6) 오염총량관리기본계획의 수립·시행 지역은 그 취수지점의 상류방향의 경우 일정범위내에서 오염을 발생시킬 수 있는 체육시설의 설치를 제한한다.

- 체육시설 규격은 발주청과 협의하여 현장 여건에 따라 적절하게 적용하며, 체육시설 설치기준을 적용할 수 있다.

마. 물놀이 시설

1) 하천 내에서 물가에 접근하여 물을 직접 만져보거나 체험할 수 있도록 친수계단을 조성하거나, 하천 좌안과 우안은 연결하는 징검다리나 여울을 설치하여 물놀이 이용시설로 활용되도록 한다.

2) 물놀이 시설은 물에 대한 접근을 인공개울을 통해 해소함으로써 하천변의 이용을 제한할 수 있으며, 20~30 ㎝의 얕은 수심이 유지되도록 하고, 모서리 처리는 라운드(round)형으로 하여 이용자의 부상을 방지하도록 한다.

바. 안내시설

1) 안내시설은 전략적 이미지 연출방식으로 전개하는 것이 바람직하며, 이용 빈도가 비교적 큰 거점 및 주요 분기점에 설치한다.

2) 안내시설은 다음 각 호의 기준으로 계획 한다.

가) 표지판의 재료는 내구성·유지관리성·경제성·시공성·미관성·환경친화성등 다양한 평가 항목을 고려하여 종합적으로 판단하여 선정한다.

나) 용도와 효용에 따라 유도표지시설, 종합안내표지시설, 해설표지시설, 도로표지시설 등으로 구분하여 각각의 기능을 최대로 발휘할 수 있도록 설계한다.

다) 기능적 효율성과 주변경관과의 조화를 고려하여 설치하고 안내시설의 식별, 판독, 주목성 등을 확보하도록 이용자의 신체적 조건을 고려한다.

라) 야간 식별이 필요한 장소에는 야광도료를 사용하고 조명시설을 부대설치하거나 조명내장형이나 조명기구 부착형 재료를 사용한다.

마) 위압감을 주지 않고 친밀감을 줄 수 있는 크기로 하며, 어린이와 장애인을 고려하여 보행 동선에서 1m 이내, 어린이를 대상으로 할 때에는 0.5m 이내가 되도록 계획 한다.

바) 야생 동·식물의 이동이 빈번한 지역과 생태계 관찰에 장애를 주는 지역에는 안내판 설치를 지양한다.

3) 안내시설 등의 규정은 「조경설계기준(KDS 34 50 20) 안내시설」 등 관련규정을 따른다.

사. 관찰시설

관찰시설 설치는 생태·미관의 교육, 체험 목적으로 설치되나, 서식처 보호, 훼손 확산 방

지를 위한 이용객 동선유도 등 꼭 필요한 장소에 다음 각 호의 기준으로 한다.

1) 하천공간의 자연환경지에 서식하는 동식물을 관찰할 수 있는 시설을 설계할 때에는 자연환경을 활용하면서 산책로, 조류 관찰시설, 안내판, 휴게시설 등의 배치를 검토하며, 고령자나 장애인의 이용도 고려하여 누구나 쉽게 이용하고 안전하게 이용할 수 있도록 배려한다.
2) 야생동물 관찰시에 관찰자가 보이면 야생 동물은 방해를 받으므로 관찰대상으로부터 관찰시설이 차폐되도록 한다.
3) 야생동물을 관찰하기 위하여 자연관찰대로 진입하는 진입부도 식재를 이용하여 상호 차폐를 하도록 한다.
4) 야생동물이 자주 출현하는 곳에 작은 규모의 야생동물 관찰소를 설치하여 근접하여 생물을 관찰할 수 있도록 설치한다.
5) 관찰시설은 자연을 이용하여 산책이나 학습을 위한 것으로, 사회적 약자의 배려를 도모하여 진행도중 추락의 위험이 없도록 안전난간을 설치하는 등 관찰 및 탐방이 가능하도록 설치한다.
6) 식물을 주체로 한 관찰 공간의 경우, 식물의 길이를 고려함과 동시에 출입을 방지하기 위한 기본구간의 데크는 그 높이를 1m 미만으로 한다.
7) 물과 접촉하거나 수생식물을 가까이 관찰할 수 있도록 지형 등을 고려한 폭을 유지하되 고령자, 장애인의 진입이 필요한 지역을 제외하고는 경사 데크는 지양한다.
8) 안전을 위한 난간의 높이는 1.2m 이상으로 하며, 장애자용 데크는 최소 1m 폭을 확보되도록 계획한다.

아. 기타 시설물

주민편의 시설인 벤치, 파고라, 펜스, 접근계단 또는 물놀이시설 등 시설물 설치는 유수소통에 지장을 초래하지 않도록 설치하여야 한다.

1.1.5 시설별 설계 고려사항

하천 구역 안에서 토지 점용, 하천시설 점용, 공작물의 신축· 개축· 변경, 토지의 굴착· 성토, 절토, 그 밖의 토지의 형질변경, 토석· 모래· 자갈의 채취 등을 하려는 자는 하천관리청의 허가를 받아야 하며 친수시설은 하천구역내에 공공의 복리를 증진하고 하천의 유지 · 관리에 지장이 없다고 인정되는 경우에 필요한 최소한의 범위에서 하천점용허가 세부기준(2021, 환경부)에 충족하여야 한다.

※ 하천점용 허가기관 : 국가하천(유역환경관리청 또는 지자체 위임), 지방하천(지자체)

가. 하천점용허가 일반기준(하천법)

1) 하천점용허가시 고려사항(하천법 제33조제3항)

가) 하천 구조·시설기준 적합여부

나) 하천기본계획에의 적합여부

다) 공작물 설치시 배수시설 설치여부

라) 타 하천시설에 미치는 영향 등

2) 하천점용허가 세부기준(환경부장관 고시)

가) 하천 유수 소통에 미치는 영향

나) 수위상승 등 하천관리에 미치는 영향

다) 물의 흐름 속도에 미치는 영향

3) 하천점용허가 처리 절차

가) 하천점용허가 흐름도



나) 하천점용허가 처리기관 및 처리기간

점용(행위)의 목적	처리기관		처리기간
	국가하천	지방하천	
토지의 점용	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	10일
하천시설의 점용	유역환경관리청	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	14일
공작물(다목적댐 및 하구둑의 경우는 제외한다)의 신축 · 개축 · 변경	점용허가:유역환경관리청 기타:특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	20일
다목적댐 및 하구둑의 신축 · 개축 · 변경	환경부	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	60일
토지의 굴착 · 성토 · 절토, 그 밖의 토지의 형질변경	점용허가:유역환경관리청 기타:특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	20일
토석 · 모래 · 자갈의 채취, 그 밖에 하천 산출물의 채취	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	20일
스케이트장 · 유선장 · 도선장의 설치	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	20일
식물의 식재	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	5일
수상레저사업목적의 물놀이 행위	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	20일
선박의 운항	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도	특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 · 특별자치도	12일

4) 하천점용허가 금지사항(하천법 제33조제4항)

가) 농약 또는 비료를 사용하는 농작물 경작행위

나) 하천 및 하천시설을 훼손할 우려가 있는 골재채취 등 행위

다) 가축의 방목 및 사육행위

라) 콘크리트 등 고정구조물 설치행위

바) 그 밖에 하천 보전 및 관리에 지장을 주는 행위

나. 공원 시설

1) 『도시공원 및 녹지 등에 관한 법률』에 의한 공원 설치 및 관리 규정에 따른다.

2) 접근이 용이하면서 수질이 양호하고 유량이 풍부한 곳에 배치하도록 하며, 다목적 이용을 고려하여야 한다.

3) 주위에 수려한 경관이 있을 경우에 경관을 조망할 수 있는 위치에 휴게공간 배치하여야 한다.

4) 인근 도시의 접근성, 공원시설 이용 요구도 조사 후 고수부지 면적, 침수빈도, 홍수시 침수심과 유속 등을 고려하여 설치 계획 수립하여야 한다.

5) 침수빈도가 높고 홍수시 유속이 빠르거나 홍수후 퇴적이 많이 발생하는 장소를 피하여 설치하여야 한다.

다. 수상레저시설

1) 수상레저안전법 제25조 해양경찰서장 또는 시장·군수·구청장은 수상레저활 동의 안전을 위하여 필요하다고 인정하면 수상레저활동 금지구역을 지정할 수 있다.

가) 평상시 수심이 깊고 유속이 빠른 구역

나) 어업권, 항로 등 기존 선박운항 구간

다) 관리수위 아래 암석, 목재, 시설 등이 다수 존재하는 구역

라) 가동보 등 대규모횡단구조물 부근 등

2) 선박계류시설 조성시 하천법상 하천점용에 관한 일반조건 및 하천점용허가 세부기준 제28조 충족하여야 한다.

3) 선착장 부대시설인 야적장 및 수상스포츠와 관련된 가건물 형태의 시설물 등은 제내지 설치에 권장한다.

라. 생활 체육시설

1) 『체육시설의 설치·이용에 관한 법률』 규정에 따른다.

2) 도심지 등 인접지역주민의 이용이 많은 지역을 대상으로 하고, 만곡부에 설치시 호안 등을 설치하여 홍수피해가 발생하지 않도록 하여야 한다.

3) 접근성을 고려하며, 휴게공간처럼 소극적 · 정적 활동이 이루어지는 공간과는 인접하여 배치하지 않는다.

4) 대규모 운동공간은 수변에서 먼 곳에 배치하고, 침수시 홍수소통에 영향이 적은 체력단련 시설은 침수빈도가 높은곳에 배치 한다.

5) 수질오염 방지를 위해 농약, 비료 등의 사용을 금지하며, 정기적인 유지관리 시행하여 한다.

6) 정식경기 개최가 아닌 근린이용만을 목적으로 경기장을 설치할 경우 규격 등은 상황에 따라 변경할 수 있으나, 안전 및 치수영향을 고려한 기준은 준수하여 한다.

마. 강수욕장 및 야외수영장

1) 『관광진흥법』에 의해 물놀이장의 안전·위생기준 규정에 따른다.

2) 이용자가 사고나 재해로부터 안전할 수 있도록 하고, 특히 수심이 깊고 유속이 빠른 장소나 위험한 장소에는 원칙적으로 시설을 설치하지 않도록 하며, 불가피한 경우 필요한 안전대책 수립하여야 한다.

3) 자연적으로 충분한 면적의 사주가 형성되어 홍수 후에도 유지될 수 있는 위치에 강수욕장 설치해야 한다.

4) 고수부지 야외수영장은 홍수시 퇴적토의 처리 등 유지관리계획을 고려하여 적정한 침수빈도의 부지에 설치해야 한다.

5) 하천수를 직접 이용할 경우, 수질 조사자료를 참고하고 하천의 수질관리대책이 수립된 지역에 설치해야 한다.

6) 『관광진흥법』 제32조의2에서 유원시설업자가 지켜야하는 안전·위생 기준을 만족해야 한다.

7) 『해수욕장 시설물 설치 및 관리 운영기준(해양수산부, 2015)』의 해수욕이 가능한 수심 1.8m 이내, 백사장의 길이와 폭 등 해수욕장 지정에 관한 평가대상 기준을 참고하여 강수욕장 설치해야 한다.

바. 보행로

1) 『도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙』등에 의해 보행로의 설치 및 관리 규정
2) 이용자 수요예측 및 노약자 또는 장애인의 휠체어 통행 등을 고려하여 보행로의 폭, 위치 등을 결정하여야 한다.
3) 홍수시 수위 및 유속이 급격히 변하는 구역에서는 홍수경보시설 및 진입차단 시설 설치해야 한다.
4) 이용자 수요가 많은 구간에는 보행로와 그 외 도로를 분리 설치하고, 농경지, 산지구간 등 이용자 수요가 적은 구간에서는 겸용으로 이용할 수 있다.
5) 차도, 해안 등의 위험성이 있는 지역에는 난간 등 안전보호시설 설치해야 한다.

사. 자전거도로

1) 자전거 도로 조성시 하천법상 하천점용에 관한 일반조건 및 하천점용허가 세부기준 제23조 충족해야 한다.
2) 자전거 도로는 산책로와 상충하지 않도록 제방도로 준용을 원칙으로 하고, 제방도로 설치가 불가능한 경우 제방법면 하단으로부터 고수부지 폭의 1/3 이내에 계획하여야 한다.
3) 하천의 생물서식처 보전과 인위적 교란 예방을 위하여 하안에 가까운 곳 설치 지양해야 한다.
4) 홍수시 수위 및 유속이 급격히 변하는 구역에서는 홍수경보시설 및 진입차단 시설 설치해야 한다.
5) 노면포장이 필요한 경우, 자연 재료 포장으로 하되, 부득이 한 경우 투수성이 높고 생태적 단절을 최소화 할 수 있는 친환경적인 재료를 우선 사용토록 한다.

아. 야영 및 오토캠핑장

1) 『도시계획시설의 결정·구조 및 설치 기준에 관한 규칙』에 의해 휴양시설로서의 야영장의 설치 및 운영 규정
2) 수심이 깊고 유속이 빠른 장소나 위험한 장소는 원칙적으로 설치하지 않고, 부득이한 경우 필요한 안전대책을 수립해야 한다.
3) 오토캠핑장의 경우 음수대, 화장실 등 편의시설이 필요하며, 고정식 시설 설치 시 계획홍수위 이상의 토지에 설치 필요 (계획홍수위 이하의 고수부지에도 최소한의 편의시설은 수리적 안전 검토 후 설치 가능)
4) 구조물 설치시 홍수상황에 따라 일시에 철거할 수 있는 이동식 구조물로 계획해야 한다.
5) 홍수시 수위 및 유속이 급격히 변하는 구역에서는 원칙적으로 설치를 지양하여야 한다.
6) 하안 경사가 급하거나 수심이 급격히 깊어져 하천에서의 실족사고 등 수변사고위험이 있는 구역

은 원칙적으로 설치를 지양하고 야영장 조성이 부득이한 경우 위험정보 안내판설치 등 위험지구 관리계획 수립이 필요하다.

7) 하천법 제46조(하천 안에서의 금지행위) 제6호에 따라 시도지사가 야영행위 또는 취사행위 금지구역으로 지정한 곳 이외의 장소에 설치해야 한다.

자. 유어활동 및 시설

1) 『하천법』(환경부),『수도법』(환경부, 상수원보호구역),『내수면어업법』(농림부),『낚시관리및육성법』 준수하여야 한다.

2) 하천법 제46조에 따라 시·도지사는 하천의 이용목적 및 수질상황 등을 고려하여 야영, 취사 및 낚시를 금지할 수 있다.

3) 하천에서의 유어활동은 기본적으로 대부분 허용되나 급격한 유속 및 수위변화 등이 예상되는 구간에서의 안전사고 예방을 위하여 대규모 하천횡단시설(보, 댐, 하구언 등)의 상하류 1km 구간은 유어활동 금지하여야 한다.

4) 유어활동이 집중되는 구간이나 시설 조성 구간에서는 홍수시 안전사고를 예방하기 위하여 홍수예경보시설 설치해야 한다.

5) 협착(狹窄)부, 만곡(彎曲)부, 수충(水衝)부, 합류되거나 갈라지는 하천의 합 · 분류부가 아닌 장소에 설치해야 한다.

차. 생태학습시설

1)『도시공원 및 녹지 등에 관한 법률』에 의한 생태교육시설의 설치 및 관리 규정에 따른다.

2) 비교적 양호한 생태계가 보전되어 식생의 천이와 같은 생태계의 변화과정을 볼 수 있으며, 침수빈도가 낮고 수질이나 유량이 양호한 곳에 설치해야 한다.

3) 시설설치 또는 조경단지 조성에 따른 홍수소통에 지장이 없고, 수위상승 및 기존 하천시설에 미치는 영향을 검토한 후 하천관리청의 점용허가를 득한 후 설치 여부가 필요하다.

4) 수질오염과 환경훼손 등에 대한 방지대책을 수립해야 한다

5) 오폐수, 쓰레기 등을 발생시키는 시설의 경우는 오염물질이 하천으로 직접 유입되지 않도록 철저한 방지대책을 수립하여야 한다.

6) 이용 수요, 역사 · 문화 · 관광 등 지역 특성을 고려하여 설치해야 한다.

7) 대중교통수단, 자전거 도로, 접근로 등을 고려하여 이용이 편리한 장소에 설치해야 한다.

1.2 수량 산출 요령

1.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.1	공원시설		식		
1.1.1	탐방로(산책로)		㎡		
	터파기		㎥		
	되메우기 및 다짐		㎥		
	잔토처리		㎥		
	원지반 다짐		㎡		
	유로폼		㎡		
	보조기층 포설 및 다짐		㎥		
	콘크리트 포설		㎥		
	흙콘크리트 포설		㎥		
	마사토 포설		㎥		
	판석 및 블럭포장		㎡		
	경계석		m		
	신축이음 설치		m		
	볼라드 설치		개소		
	안전난간 설치		m		
1.1.2	자전거 도로		㎡		
	터파기		㎥		
	되메우기 및 다짐		㎥		
	잔토처리		㎥		
	원지반 다짐		㎡		
	유로폼		㎡		
	보조기층 포설 및 다짐		㎥		
	콘크리트 포설		㎥		
	흙콘크리트 포설		㎥		
	마사토 포설		㎥		
	투수콘크리트 포장		㎡		
	경계석		m		
	신축이음 설치		m		
	볼라드 설치		개소		
	안전난간 설치		m		
1.2.	수상레저시설		식		
1.3	생활 체육시설		식		
1.4.	강수욕장 및 야외수영장		식		
1.5	야영 및 오토캠핑장		식		
1.6	유여활동 및 시설		식		
1.7.	생태, 학습시설		식		
1.8.	기타 부대공		식		

1.2.2 재료(제품)의 규격 및 할증

재료(제품)명	규 격	할증(%)기준	비 고
레미콘		2	
아스콘		2	
보조기층		15	
프라임 코팅		5	
투수콘크리트		2	
보강투수콘크리트포장		2	
보도블록포장		8	
흙콘크리트 포장		2	
화강판석포장		10	정판형
		30	부정형
경계블록		3	

1.2.3 포장

가. 일반기준

1) 본 사항은 자전거도로 및 산책로의 포장에 적용한다.

2) 산책로 및 자전거도로 설치는 주변여건 및 주민이용을 고려하여 설정하되, 하천 생태환경을 적극적으로 감안하여야 한다.

3) 산책로 및 자전거도로의 폭은 통행량을 계산하여 적합한 폭을 설계한다.

■ 통행폭의 산정기준

$P = 3600 \times Dp \times V \times W$

P : 보행자수(인/hr)　　Dp : 보행자밀도(인/㎡)

V : 보행자의 속도(m/s)　　W : 보도폭(m)

나. 콘크리트포장

1) 산출면적에 2% 할증수량을 적용한다.

2) 콘크리트 포장두께 10㎝ 이상이면 가능하나, 비상시 유지관리용 도로겸용을 고려할 경우 '제2편 하천치수시설 제1장 하천제방'의 포장 두께를 적용한다.

3) 보조기층재 포설량은 다짐수량으로 산출한다.

4) 골재 구입량 및 운반량은 포설량에 F치(L/C)를 적용하여 4% 할증 가산한다.

5) 거푸집은 거친마감(합판6회)을 적용한다.

6) 줄눈간격은 5m 간격으로 설치한다.

다. 아스콘포장

1) 산출면적에 2% 할증수량을 적용한다.

2) 아스콘 포장두께 5㎝ 이상, 보조기층재 포설두께는 20㎝ 이상으로 한다.

3) 보조기층재

※ '나. 콘크리트포장 3)'과 동일하게 적용한다.

4) 골재구입 및 운반

※ '나. 콘크리트포장 4)'와 동일하게 적용한다.

5) 산출기준 : 아스콘 5㎝, 보조기층 20㎝를 적용한다.

라. 투수콘크리트포장

1) 산출면적에 2% 할증수량을 적용한다.

2) 콘크리트 포장두께 10㎝ 이상, 보조기층재 포설두께 15㎝ 이상, 모래부설두께는 5㎝ 이상으로 한다.

3) 보조기층재

※ '나. 콘크리트포장 3)'과 동일하게 적용한다.

4) 골재구입 및 운반

※ ‘나. 콘크리트포장 4)’와 동일하게 적용한다.

5) 줄눈간격

※ ‘나. 콘크리트포장 6)’과 동일하게 적용한다.

6) 산출기준 : 투수콘 10㎝, 보조기층 15㎝, 모래 5㎝를 적용한다.

마. 보강투수콘크리트포장(세립도, 섬유보강 등)

※ ‘라. 투수콘크리트포장’과 동일하게 적용한다.

바. 보도블록포장(소형고압블록)

1) 산출면적에 8% 할증수량을 적용한다.

2) 블록두께 6㎝ 이상, 모래부설두께 3㎝ 이상, 보조기층재 포설두께 10㎝ 이상으로 한다.

3) 보조기층재

※ ‘나. 콘크리트포장 3)’과 동일하게 적용한다.

4) 골재구입 및 운반

※ ‘나. 콘크리트포장 4)’와 동일하게 적용한다.

5) 산출기준 : 모래 5㎝, 보조기층 10㎝를 적용한다.

사. 흙포장

1) 흙포장 두께는 7㎝ 이상으로 한다.

가) 산출면적에 2% 할증수량을 적용한다.

나) 보조기층재

※ ‘나. 콘크리트포장 3)’과 동일하게 적용한다.

다) 골재구입 및 운반

※ ‘나. 콘크리트포장 4)’와 동일하게 적용한다.

라) 줄눈간격

※ ‘나. 콘크리트포장 6)’과 동일하게 적용한다.

2) 산출기준 : 흙포장 7㎝, 보조기층 10㎝를 적용한다.

아. 점토(황토)블록포장

※ ‘바. 보도블럭포장(소형고압블록)’과 동일하게 적용한다.

자. 화강판석포장

1) 산출면적에 10%(정형), 30%(부정형) 할증수량을 적용한다.

2) 보조기층재

※ ‘나. 콘크리트포장 3)’과 동일하게 적용한다.

3) 골재구입 및 운반

※ '나. 콘크리트포장 4)'와 동일하게 적용한다.

4) 줄눈간격

※ '나. 콘크리트포장 6)'과 동일하게 적용한다.

5) 몰탈규격 1 : 3을 적용한다.

6) 산출기준 : 보조기층 10㎝를 적용한다.

차. 경계블록(콘크리트)

1) m 단위로 수량을 산출한다.

2) 산출연장에 3% 자재 할증수량을 적용한다.

3) 산책로 및 자전거도로를 구분하는 연석의 높이는 자전거의 페달이 닿을 위험이 있으므로 지면 돌출높이가 0.05m를 넘지 않아야 한다. 단, 차도와 구분시 보차도 경계석을 적용한다.

카. 경계블록(화강암)

1) m 단위로 수량을 산출한다.

2) 산출연장에 3% 자재 할증수량을 적용한다.

3) 거푸집 거친마감(합판6회)을 적용한다.

4) 콘크리트 기초타설 규격은 25-18-8을 적용한다.

제 6 편

하천기타시설

제1장 하천수로터널

제1장 하천수로터널

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

1) 하천수로터널

물이 흐르게 하기 위한 목적으로 건설되는 터널 형식의 하천시설을 말한다.

나. 적용 범위

본 장은 수로터널의 설계에 적용하며, 일반터널의 설계와 공통되는 사항은 “터널설계기준(KDS 27 00 00)(2018, 국토교통부)” 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준(2018, 국토교통부)
2) 댐설계기준(KDS 54 20 10)(2019, 환경부)
3) 터널설계기준(KDS 27 00 00)(2018, 국토교통부)
4) 상수도설계기준(KDS 57 00 00)(2019, 환경부)
5) 농업생산기반시설 설계기준(KDS 67 10 40)(2018, 농림축산식품부)
6) 터널공사 표준시방서(KCS 27 00 00)(2018, 국토교통부)
7) 농업생산기반시설 표준시방서(KCS 67 20 50)(2018, 농림축산식품부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 하수도 공사 시공관리 요령(2006. 한국상하수도협회)
3) 하수도 관거의 계측과 설계기준(2003. 기술경영사)
4) 상·하수도공학(2014. 성안당)
5) K-water 하수도 공사 설계지침(2012. 한국수자원공사)

마. 용어의 정의

1) 자유수면터널 : 계획유량이 자유수면을 가지고 흘러 내수압이 작용하지 않는 터널을 말하며, 무압터널이라고 함
2) 압력터널 : 계획유량이 만류되어 내수압이 작용하는 터널이라고 함

3) 터널지보재(support) : 터널공사에 있어서 굴착 후 라이닝시까지 지반압 등의 하중을 지지하여, 굴착단면을 안전하게 유지하기 위한 가설의 공작물

4) 숏크리트(shotcrete) : 시멘트, 골재, 물, 급결재 등의 재료를 압축공기에 의해 원지반에 고속분사하 여 거푸집 없이 시공하는 콘크리트

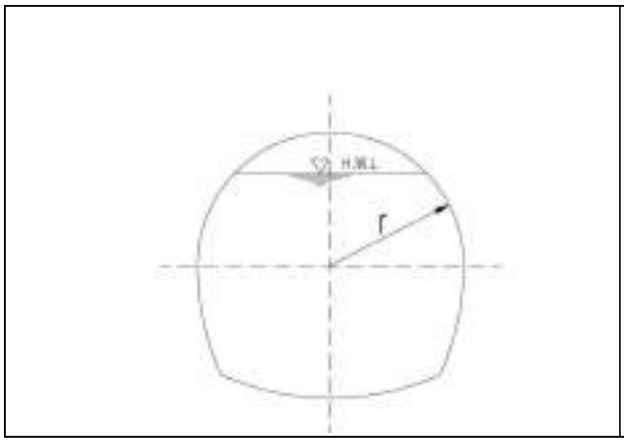
5) 록볼트(rock bolt) : 암반굴착 후 이완되어 있는 암반층과 심부의 암반층을 볼트로 연결하여 지반의 지내력을 증가시키는 공법에 이용되는 볼트

6) 라이닝(lining) : 터널내부 단면과 원지반 혹은 터널내부 단면과 지보재 사이를 무근콘크리트, 철근 콘크리트, 숏크리트 및 철관 등으로 시공하는 것

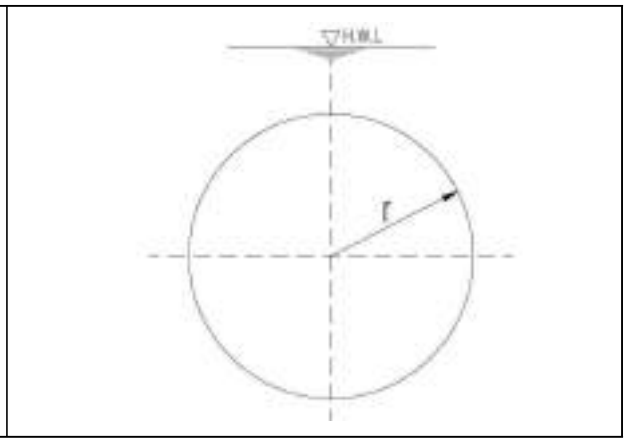
7) 그라우팅(grouting) : 라이닝에 대하여 지반압을 균등히 분포시키기 위하여 라이닝 뒷면과 원지반 사이의 공극을 모르타르 등을 사용하여 채우는 것

8) 수격압(water hammer) : 관로(管路) 안의 물의 운동상태를 급격히 변화시킴으로써 일어나는 수격작용으로 인하여 관로에 발생한 상승압력

9) 공동현상(cavitation) : 유체 속에서 압력이 낮은 곳이 생기면 물속에 포함되어 있는 기체가 물에서 빠져나와 압력이 낮은 곳에 모이는데, 이로 인해 물이 없는 빈공간이 생기는 현상



(그림 1.1-1) **〈 자유수면터널(무압터널) 〉**



(그림 1.1-2) **〈 압력터널 〉**

바. 설계 일반사항

1) 수로터널은 터널 내부로 물이 통과하거나 저장되기 때문에 수리적 특성을 고려한 설계가 필요하다.

2) 수로터널의 설계에서는 주변 환경, 지질조건 등을 정확히 파악한 후에 필요한 기능을 확보하여 안전하고 경제적인 시설이 되도록 한다.

사. 시설물의 구성

1) 종류

가) 하천수로터널은 용도별로 각종 용수공급용, 침수방지용, 홍수조절용 등으로 구분한다.

나) 수리학상으로 자유수면터널과 압력터널로 분류하고 지반공학적으로는 암반터널과 토사터널로 분류한다.

2) 구조

하천수로터널은 유입부와 유출부, 터널 본체로 구성된다.

1.1.2 조사

수로터널 설계시 다음 사항을 조사한다.

① 지역환경 ② 지하매설물 ③ 가수준점 및 가삼각점 위치

④ 시험굴착 장소 ⑤ 기타 공사에 영향을 미칠 수 있는 시설(철도, 도로 등)

1.1.3 계획

가. 계획 절차

하천수로터널은 신설하천으로 상위계획인 '하천기본계획'에서 노선, 위치선정, 설계유량 등이 결정되어야 하며, 만약 설계상 수로터널을 신설계획할 경우 하천기본계획을 변경하여 범위내에서 시행될 수 있도록 하여야 한다.

홍수저감목표 결정	빈도별 홍수위 분석을 통한 목표분담량 및 저수유량배분 결정
위치 · 노선 선정	홍수량 전환 가능여부 및 분담 홍수량 규모 검토/ 경제성을 감안한 노선 선정
수로터널 형식 선정	분담홍수 규모, 대상지역의 토지이용현황 및 지형·지질적 특성을 고려한 수로터널의 형식설정
수리특성 분석	계획한 수로규모 및 유 · 출입부 형식 및 제원으로서 원활한 홍수 소통이 달성되는지를 확인
유입부 시설물 계획	하도 분담홍수의 안정적 유입을 위한 유입부의 형식과 제원의 결정
방류부 시설물계획	신설수로(하천수로터널)의 유량을 방류하기 위한 방류부(또는 합류부)의 형식과 제원의 결정
신설하천 관리계획 수립	계획된 시설물의 지속적인 (설치목표)기능유지와 효율적 유지관리를 위한 관리계획 수립

(그림 1.1-3) **< 수로터널 계획을 위한 절차 >**

나. 홍수 분담량 검토

1) 하천수로터널의 분담홍수 규모는 소요경비와 예상피해 규모를 적절히 조화시킬 수 있도록 다음 사항을 종합적으로 고려하여 결정한다.

가) 유 · 출입부 지점의 홍수특성

나) 신설수로로의 분담 홍수량의 규모

2) 하천수로터널 분담유량의 규모결정은 하천수로터널 등의 공사비와 이 시설이 없을 경우에 예상되는 피해를 규모별로 비교하여 가장 경제적인 규모를 선택한다.

다. 노선의 선정

1) 하천수로터널 노선의 선정은 가능한 한 지형 및 지질조건이 양호한 지반을 통과하도록 한다. 특히 지질의 경계가 터널노선 부근에 있는 경우에는 주의하여야 한다.
2) 터널상부 흙의 최소두께는 터널의 구조적 안전영역의 범위가 확보되도록 하고, 기존 구조물에 근접하여 터널을 설치할 경우에는 굴착단면 직경의 2~5배 정도 이격시켜야 하나, 주변 시설물, 지질 및 지하수 상태에 대한 악영향 등 관련 조건들을 고려하여 안전상 지장이 없도록 충분히 이격시켜야 한다.
3) 선형계획은 수로의 효율성뿐만 아니라 시공성 및 경제성을 감안하여 가능한 최단거리가 되도록 노선을 선정한다.
4) 수리학적으로 곡선부의 곡률반경은 수리학적 소요반경과 기계 굴착시 기계의 회전반경 등을 종합적으로 고려하여 가급적 큰 반경을 적용토록 하되, 적어도 터널직경의 최소 10배 또는 반경 300m 이상으로 하는 것이 좋다.
5) 곡선수로에서 사류가 발생하는 경우에는 수로내의 외측과 내측벽 부근에서 사출되는 고속흐름이 서로 간섭효과를 일으켜 진동을 수반하는 복잡한 수면현상을 발생시켜 라이닝에 손상을 줄 수 있으므로 이를 고려해야 한다.

라. 갱구 위치 선정

1) 수로터널의 유·출입부 위치는 산사태의 우려가 있는 곳은 피하는 것을 원칙으로 하며, 유·출입부 근방은 토피가 얇고 강도가 약한 풍화암을 굴착할 때가 많으므로 지반압이 크게 작용하거나 사면 지층이 유·출입부를 향하는 지반이 되어 있을 경우에는 정밀 분석한 후에 결정해야 한다.
2) 저습지나 계곡에는 용출수가 많고 강우의 영향을 직접 받기 쉽다. 이러한 곳에서는 호우때 물이 집중되어 토사가 흘러 갱구를 메우는 경우가 있고 적설지대에서는 눈사태의 위험도 있으므로 저습지나 계곡에는 유·출입부의 설치를 피하여야 한다.
3) 터널 공사로 인한 유·출입부 부근의 소음이나 진동이 주변의 환경에 악영향을 미치지 않는 곳을 선정한다.

마. 터널의 최소 토피두께

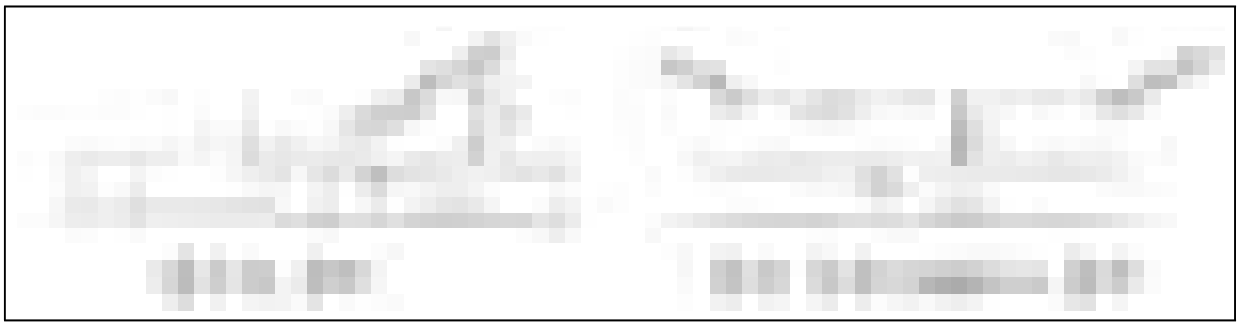
1) 하천수로터널은 굴착시 및 운용시의 안전성 확보를 위해서 최소 토피 이상의 두께가 필요하며, 표 1.1-1 를 표준으로 한다.

〈 터널의 최소 토피두께(D_c) 〉

(표 1.1-1)

구 분	암반터널	토사터널
모르타르 또는 숏크리트	$D_c = 10D_e \geq 30$m	
무근콘크리트(지보재 없음)	$D_c = 3D_e \geq 6$m	$D_c = 5D_e \geq 10$m
무근콘크리트 단면(지보재 있음)	$D_c = 2D_e \geq 4$m	$D_c = 3D_e \geq 6$m
철근콘크리트 단면(지보재 있음)	$D_c = 1D_e \geq 2$m	$D_c = 1.5D_e \geq 3$m

주) 1. D_e : 터널의 굴착단면의 직경
2. 토피의 두께는 터널본체 상부에서 지표까지의 높이



(그림 1.1-4) **〈 최소 토피두께(D_c)〉**

2) 터널의 최소 토피두께는 지질조건, 라이닝의 유무 및 라이닝의 재질에 따라 달라지며, 압력터널에서는 수리·구조적 안전성을 위해서는 내수압의 1/2 수두 이상의 암반피복두계를 유지해야 한다.

바. 터널 경사 및 단면형

1) 터널경사는 터널목적 및 기능에 따라 계획 통수량을 우선하여 결정하되 내공단면과 수압, 수격압(water hammer)과 유속의 상관관계 및 시공성(버럭 등의 운반장비의 운항성, 환기, 지하수 및 굴착용수의 배수조건 등)을 고려하여 결정한다.

2) 터널의 내공단면은 계획 통수량을 기준하여 통수단면적, 내공단면의 거칠기(roughness), 수압, 수격압 및 유속과 연계하여 결정하여야 한다.

3) 무압터널의 수로경사

수리학적·경제성 측면에서 보면 경사를 급하게 하여 단면을 축소키는 것이 경제적으로 유리하겠지만 수두손실과 시공의 곤란을 가져올 수 있으므로 여러종류의 수로경사에 대해 대응 단면을 선정해서 이를 비교·검토하여 적정한 수로경사를 정한다.

4) 압력터널의 수로경사

유속이 동수경사에 관계되므로 수로경사는 임의로 결정할 수 있으며 굴착중의 배수나 사용장비

에 따라 결정한다. 다만, 터널내에 부압이 발생하여 라이닝에 악영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 수격압을 고려한 최악의 조건에서 동수경사선 아래로 적정한 여유를 갖는 경사로 정한다.

5) 시공성 측면으로는 갱내의 용출수 처리 및 사용기계의 주행조건이 있지만 1/500~1/5,000의 범위이면 특별히 지장이 없다.

6) 수로터널의 단면형상에는 원형, 표준마제형(2r 정마제형), 3r 정마제형 및 포장형(2r, 2.4r) 등이 있다. 원형은 수리상 및 외압에 대한 라이닝의 안정성에서 가장 유리하며, 마제형은 시공면에서 유리하다.

7) 수로터널은 운영시 통상 압력터널이 되며 설계수두가 10m 이상인 경우에는 터널 단면형으로 원형이 적합하고 10m 미만은 표준마제형이 적합하다. 굴착 암반이 양호한 소단면의 경우에는 포장형이 구조적으로 적합하다.

8) 터널의 상류단에는 나팔형(가급적 실험에 의해서 결정하는 것이 좋으며, 실험곡선이 사용될 경우 방류관 단면형상에 관계없이 타원곡선을 사용할 수 있다) 유입부를 설치하여 가급적 유입손실을 작게 할 필요가 있으나(공동현상에 대한 허용 설계부압은 3N/㎠으로 한다), 유입부를 제외한 일반구간에 대해서는 동일 단면형으로 한다. 수로터널 중 댐의 가배수터널의 경우 단면적의 크기는 설계홍수량, 가물막이와 본 댐과의 높이 관계, 암석의 종류 및 시공법 등을 고려하여 결정한다.

사. 최소 시공단면

1) 하천수로터널은 터널의 분담 홍수량을 고려하여 내공단면을 결정한다. 이때 내공단면은 계획된 단면을 기준으로 하여 터널지보재의 총 두께, 현장타설 라이닝의 두께 및 허용오차, 여유공간 등을 충분히 고려하되, 구조적인 안정성과 시공성을 고려해야한다.

2) 하천수로터널의 최소단면은 통과하는 지반의 조건, 통수량, 시공상의 제약 등에 의해 결정되며, 이 중 시공상의 조건에 가장 크게 영향을 받는다.

3) 시공사의 최소단면은 터널의 지질, 길이, 시공법, 사용기계의 종류 및 사용규격에 의해 달라진다. 작은 단면의 경우에는 사용수량 보다 시공상의 제약을 고려하여 결정되나 시공성과 작업성을 고려하여 결정한다.

아. 누수방지시설

1) 단순목적 수로터널의 경우 별도의 누수방지 시설은 불필요하나, 다기능 터널의 경우 설치 목적 및 내구성 유지를 위해서 관로 누수가 없도록 계획한다.

2) 누수방지 관련 세부사항은 ‘터널공사 표준시방서(KCS 27 00 00)(2018, 국토교통부)’ 및 기타 관련 규정에 따른다.

1.1.4 설계

가. 수리 설계

1) 일반사항

하천수로터널의 수리설계에 있어서는 설계유량 외에 최다빈도유량, 최소유량 및 터널시설에 지장을 미친다고 생각되는 유량 등을 검토해야 한다.

2) 설계유량

자유수면터널의 설계유량은 터널 용도상의 분류에 따라 원칙적으로 계획하되, 배분되는 계획유량의 130 % 이상을 통수시킬 수 있는 규모로 한다.

가) 수로터널은 다른 개수로와 비교하여 통수능력 증대가 필요한 경우 대응이 곤란한 점이나, 유하물에 의한 막힘으로 인한 위험성이 증가되는 등의 불리한 점이 있으므로, 계획상 설정되는 유량에 대해 터널단면의 계획에 이용하는 설계유량을 할증할 필요가 있다.

나) 할증율은 터널형식(자유수면터널, 압력터널, 펌프를 병용하는 방식)이나 터널단면에 영향을 주는 쓰레기, 토사 등 소통장해 등의 원인에 따라 개별적으로 다르지만, 일반적으로 자유수면터널인 경우는 계획유량의 130% 이상으로 한다.

다) 압력터널 내의 유량은 단면적보다는 동수경사가 지배적이므로 설계유량은 계획유량과 동일하다고 하는 경우가 많다.

3) 허용유속

가) 하천수로터널에서 허용유속의 최대한도는 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 범위에서 결정되어야 하며, 터널 벽체의 재질에 따라 다르게 적용해야 한다.

나) 최소허용유속은 토사의 퇴적을 일으키지 않는 속도로부터 구해진다. 일반적으로 실트나 부유토사와 같이 입자가 작은 경우 0.6 m/s의 평균유속이 있으면 부유토사의 퇴적을 일으키지 않는다.

다) 최대허용유속은 수로를 형성하는 재료에 의하여 매우 다르고 불명확하므로, 경험이나 그 외의 예로부터 판단한다. 터널 내면의 재질에 의해서 표 1.1-2와 같은 제한치를 두고 있다.

라) 사용빈도가 높지 않은 방류 수로터널 내 유속이 12 ~ 15m/s 이상이면 공동현상에 의한 피해가 발생될 수 있으며 20m/s 까지는 수로의 표면을 원활하게 하거나 내구성 재질을 사용함으로써 표면손상을 방지하는 것이 가능하나, 그 이상의 유속일 경우는 공동현상에 대한 대책을 수립하여야 한다.

< 터널의 최대허용유속>

(표 1.1-2)

종 류	유속(m/s)	비고
몰탈 콘크리트	3.0	상수도 도수터널
몰탈 라이닝 쉬일드 도장	5.0	
강관, 주철관	6.0	
라이닝을 하지 않은 경우	1.0~1.5	수력발전용댐 수압터널
콘크리트 라이닝(발전수로)	6.0~9.0	
콘크리트 라이닝(가배수터널)	18.0~21.0	

마) 하천수로터널은 소정의 방류능력을 확보하고, 또 위험한 공동현상이 발생하지 않아야 한다. 공동현상의 안전에 대해서는 가급적 실험에 의해서 확인하는 것이 좋으며, 공동현상 발생을 방지하기 위해서 터널의 변화 단면적을 점변시키고 부압이 발생하기 쉬운 곳에 통기공(공기혼입장치 등)을 설치할 수 있다.

4) 여유고

개수로 흐름의 하천수로터널의 통수단면은 수리상의 안전성을 확보하기 위하여 설계유량에 대응하는 설계수면상에 여유고를 더하여 결정하며, 다음의 두 가지 식으로 계산한 값 중 큰 것으로 정한다.

$$d_1/D_1 = 0.80 \sim 0.83$$

또는, $$d_2/D_2 = 0.90 \sim 0.93$$

여기서 d_1는 설계유량에 대한 수심(m), D_1는 터널의 높이(m), 단, $(D_1 - d_1) \geq 0.30$(m)이다.

d_2는 설계유량의 130% 유량에 대한 수심(m), D_2는 터널의 높이(m)를 나타낸다.

5) 수격작용

압력터널에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용하므로 설계시 수격압을 검토하여야 한다.

가) 수격작용은 수로터널이나 연결 도수관로에서 수류의 급작스런 변화에 의해 수압이 변화되어 발생된 압력파가 상·하류로 전파되는 현상으로, 터널이나 관로 자체는 물론 펌프, 터빈, 밸브, 펌프/터빈 등의 시설물을 파손시키거나 진동·소음을 발생시킨다. 압력수로에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용한다. 이때, 수격압에 의한 압력상승이 최대가 되는 것은 반드시 전 부하차단 때라고는 볼 수 없으므로 부분차단 및 운전정지로부터 개방조건 등에 대해서도 수격압을 검토해야 한다. 특히, 펌핑 수로에서는 일반적으로 동력차단(정전등) 조건에서 가장 큰 수격압이 발생하게 됨을 유의하여야 한다.

나) 수격압의 예측은 축차계산법, 도표에 의한 방법 등 수격파의 파동방정식의 해를 구하는 방법

이 있으며, 펌프에 의한 양수로 또는 수력발전의 경우는 과도류해석(hydraulic transient analysis)을 해야 한다.

다) 하천수로터널은 유입부와 유출부의 흐름을 원활하게 하는 형태의 구조로 설계한다. 유입부인 경우 $h/D < 1.2$인 경우는 자유수면 흐름, $h/D > 1.5$인 경우는 만관류, $1.2 < h/D < 1.5$인 경우는 맥동류(slug flow)의 발생가 능성이 있으므로 하천수로터널의 안전과 원할한 흐름을 위한 설계에 유의하여야 한다(여기서, h는 유입부 수위, D는 터널직경). 특히, 자연하천과 하천수로터널과의 유출입 전환부는 원활한 흐름뿐만아니라 세굴 및 퇴적현상을 고려하여 안전한 단면으로 한다.

나. 터널 지보재

1) 터널지보재의 종류

가) 일반사항

(1) 일반적으로 터널지보재는 강지보재, 록볼트, 숏크리트, 철망 등으로 구성되어 있는 주지보재와 굴착의 용이성 및 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다.

(2) 터널지보재의 설계에 있어서는 지반의 분류 등급과 해당 터널지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써 시공시 실제 지반조건이 설계시 예측조건과 상이할 경우 적합한 지보재로 변경할 수 있도록 하여야 한다.

나) 강지보재

(1) 강지보재는 터널의 모양에 맞추어 가공하여 일정한 간격으로 세워 원지반의 지반압을 전달시켜 지반을 지지하는 것을 말한다. 따라서, 강지보재는 이음부가 적고 예상되는 외력, 기타 제조건에 대하여 유리한 형상을 가지며 시공상 편리한 것으로 한다.

(2) 강지보재의 역할

(가) 숏크리트 또는 록볼트의 지보기능이 발휘되기까지 굴착면의 안정 도모

(나) 막장면 휘폴링 등 보조공법의 반력 지지점 역할

(다) 큰 지압이 발생되는 곳에서 지보재의 강성을 증가

(라) 지표침하 등 지반변위의 억제

(3) 강지보재의 단면 형상은 강지보재의 설치 후에도 지반과 강지보재 사이의 공극에 숏크리트 타설이 용이하고, 숏크리트와 일체화되기 쉬운 것이 좋다. 또한, 큰 하중이 작용하는 경우에는 좌굴에 대하여 저항성이 큰 형상이 바람직하다. 강지보재로 사용되는 대표적인 단면 형상에는 H형, U형, 격자지보형(lattice girder) 등이 있으며, 일반적으로 H형이 주로 사용되어 왔고, 최근에는 격자지보형도 많이 사용되는 경향을 보이고 있다.

(4) 강지보재는 지지하여야 할 하중의 크기뿐만 아니라 숏크리트의 두께, 터널 단면의 크기, 시공법 등을 고려하여 적당한 강도, 강성을 가진 것을 선정한다. H형 및 U형 강지보재의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS 400을 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 한다. 또한, 격자지보형 강지보재의 재질은 소요의 강도를 충분히 발휘할 수 있는 특수강을 사용한다.

다) 록볼트

(1) 설계시 고려사항

(가) 록볼트 설계 시에는 록볼트 자체의 항복하중과 정착방법을 면밀히 검토하고, 또한, 시공성 및 시공시간 단축 등을 고려하도록 한다.

(나) 숏크리트, 강지보재 등 기타 지보재와 병용하는 경우에는 각각의 지보 효과를 고려하여 종합적인 지보 기능을 평가한 후 록볼트를 설계할 필요가 있다.

(다) 록볼트의 작용 효과를 장기적으로 기대하는 경우에는 부식되지 않는 것으로 해야 하므로 충분한 검토가 필요하며, 특히, 강산성 지반(온천, 산성 용수 등이 존재하는 지반) 및 해수의 영향을 받는 지역에서는 내부식성 재료를 사용하는 등의 대책을 강구하도록 한다.

(라) 록볼트의 작용효과 중 특히, 봉합작용이 강조되어 인장력이 발생되는 경우는 발생 축력을 검토하여 볼트의 재질 및 형상을 결정하여야 하며 소요의 인발 내력에 대해서 검토한다.

(마) 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료의 선정 등에 있어서는 그 시공성을 검토한다.

(바) 굴착으로 인한 응력개방에 따라 내공변위가 크게 발생하는 경우에는 선단정착형 또는 혼합형의 록볼트 형식으로 프리스트레스를 도입할 수 있다. 프리스트레스를 도입하는 경우에는 도입된 프리스트레스가 지속적으로 유지될 수 있는 지반조건이 좋으며 프리스트레싱에 의한 록볼트의 응력이 항복강도의 80 % 이내로 하는 것이 바람직하다.

(2) 록볼트는 지반 자체가 강도를 발휘하도록 지반을 도와주는 지보재의 일종으로 록볼트의 선정은 지반의 강도, 절리, 균열의 상태, 용수 상황, 천공경 확대의 용이성, 정착의 확실성을 고려하도록 하며, 록볼트의 재질은 작용효과, 시공성 및 현장여건을 고려하여 일반적으로 SD35 정도의 표준이형철근(직경 25 mm)을 사용한다.

(3) 록볼트의 배치는 부분적 지반의 붕괴를 방지하기 위한 랜덤 볼트(random bolt) 방식과, 규칙적으로 배치하 여 자연지반아치를 형성시키는 시스템 볼트(system bolt) 방식이 있다. 록볼트의 길이는 터널 주변의 이완영역 보다 길게 하여 불안정영역을 충분히 지지할 수 있게 한다.

라) 숏크리트

(1) 숏크리트 설계에 있어서는 그 사용 목적, 지반 조건, 시공성 등을 고려하여 배합, 강도, 두께 등을 결정할 필요가 있으나, 지보재로서 충분한 기능을 발휘하기 위하여 다음과 같은 요건을 만족시킬 수 있도록 설계한다.

(가) 작용하중에 대해 충분한 강도를 확보하도록 한다.

(나) 조기에 필요한 강도를 발휘할 수 있도록 한다.

(다) 지반과 충분한 부착성을 확보하도록 한다.

(라) 충분한 내구성을 확보하여 터널의 공용기간동안 소요의 기능을 발휘할 수 있도록 한다.

(마) 반발율(rebound) 및 분진 발생량을 최소화 한다.

(바) 평활한 굴착면을 확보하여 방수 및 배수시공이 용이하게 한다.

(2) 숏크리트의 타설 방법은 배합 및 작업방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며, 필요에 따라 강(鋼) 또는 기타 재질의 섬유(fiber)를 혼합하여 사용할 수 있다. 건식은 물 이외의 재료(시멘트, 모래, 자갈)를 압축공기로 노즐까지 보내어 노즐에서 물과 합류시켜 뿜어 붙이는 공법이고, 습식은 모든 재료를 믹서로 비빈 후 압축공기와 스크류 만으로 뿜어 붙이는 공법이다. 습식 콘크리트는 건식에 비해 분진이 거의 발생하지 않으므로 작업환경이 개선되고, 품질관리가 확실하며, 반발률 감소, 시공능력 향상으로 경제적으로 유리하다. 또한, 습식공법에 의한 기계화 시공은 건식공법보다 시공성, 환경 측면, 경제성 등에서 충분한 효과가 있다.

(3) 숏크리트는 굴착 종료 후 즉시 타설하여 굴착 주변 지반의 강도 열화를 억제해야 하기 때문에 작업능률이 좋고 부착된 콘크리트가 자중에 의해 굴착면으로부터 떨어지지 않으며, 발파 등의 진동에 견딜 수 있도록 조기에 경화시켜 강도를 발현시킬 필요가 있다. 숏크리트용 시멘트는 제1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 하며 잔골재는 입경 0.1 mm 이하의 세립물을 포함하지 않아야 하고 굵은 골재의 최대 입경은 15 mm 이하가 되도록 한다. 숏크리트의 배합은 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하며, 설계강도는 재령 1일 압축강도가 10 MPa 이상, 재령 28일 압축강도는 18 MPa 이상이 되도록 한다.

(4) 숏크리트의 설계 두께는 그 사용 목적, 지반조건, 단면의 크기 등에 따라서 결정된다. 경암에서와 같이 지반압이 전혀 작용하지 않고 암괴의 붕락 방지만을 목적으로 숏크리트를 시공하는 경우에는 설계 두께를 최소로 하는 것이 좋다. 또한, 팽창성 지반압이 큰 경우, 미고결 지반의 경우, 주변에 대한 터널 굴착 영향을 줄여야 할 필요가 있는 경우 등에는 설계 두께를 비교적 크게 할 필요가 있다. 지금까지의 숏크리트 설계 두께 적용 실적을 보면 대부분 5~25cm의 범위에 있다. 외국의 사례를 보면 이보다 훨씬 두꺼운 40~60cm를 적용한 경우도 있다. 일반적으로 수로의 경우 지보재로 사용되는 숏크리트의 최소두께는 5cm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

마) 철망

(1) 철망은 타설된 숏크리트가 자중으로 인해 박리될 가능성이 있는 경우 또는 숏크리트의 인장강도 및 전단강도를 향상시키기 위하여 사용된다. 단, 섬유보강 숏크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.

(2) 지반 조건에 따라 기대되는 철망의 효과, 시공성 등을 고려하여 철망의 종류를 선정하여야 한다. 철망은 일반적으로 KSD 7017에 규정된 용접철망을 사용하되 철망의 지름은 5㎜ 내외, 개구의 크기는 100㎜×100㎜ 또는 150㎜×150㎜인 철망을 표준으로 하나, 150㎜×150㎜ 규격의 철망이 바람직하다.

(3) 철망은 일반 철근콘크리트 구조물에서와 같이 숏크리트의 보강재로써 종·횡방향의 겹이음을 적절히 시행하여야 한다. 겹이음은 1차 철망의 경우 횡방향 2격자(200㎜ 이상), 종방향 1격자(100㎜ 이상), 2차 철망의 경우 종·횡방향 공히 2격자(200㎜ 이상)로 시행한다.

2) 터널지보재의 설치

가) 터널 시공 시 지보재는 터널의 수명기간동안 터널 주변의 응력이나 변위 상태 등과 상호 연합하여 일체로 거동하여 터널의 안정성을 영구적으로 보장해 주도록 설계되도록 한다. 즉, 지보재는 터널의 굴착으로 인하여 발생하는 새로운 응력상태에 대하여 터널 주변지반과 일체가 되어 안정된 상태에 도달하도록 설계한다.

나) 터널 주변지반의 거동이 지표 및 지중의 주변 구조물에 영향을 미칠 위험이 있는 경우에는 터널 굴착의 영향을 최소화할 수 있는 지보재의 규격과 시공순서를 결정하고, 또한, 터널 내부에서의 작업 효율성, 안정성을 고려하여 각종 지보재를 설계한다.

다. 현장타설 라이닝

1) 일반 사항

가) 현장타설라이닝은 지보재와 함께 지압, 수압, 그 밖의 외력에 대항하여 오랫동안 소정의 단면형상을 유지, 터널 내외면 간의 통수 방지, 터널 내면의 조도를 감소시켜 가능한 한 단면의 축소 혹은 수두손실의 경감 도모 등의 기능을 가져야 한다.

나) 굴착 후 암반의 강도가 크고 굴착면이 매끄럽고 견고할 경우에는 현장타설 라이닝을 하지 않을 수 있다.

다) 현장타설 라이닝에는 숏크리트, 무근 콘크리트, 철근 콘크리트, 철관 라이닝 등이 있는데, 지질조건, 시공법, 경제성 및 장래의 유지관리 등을 종합 판단하여 결정하며 일반적으로는 콘크리트 라이닝이 주로 사용된다.

라) 일반적으로 하천수로터널은 콘크리트 라이닝에 철근보강의 유무와 관계없이 내·외수압의 차이에 따라 터널 내·외부로 물이 통수된다고 가정하나, 통수가 허용되지 않는 조건에서는 철관 라이닝 또는 완전 수밀성의 철근콘크리트 라이닝을 설치하여야 한다.

마) 라이닝의 두께는 터널단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 사용재료, 시공법 등을 고려해서 결정하여야 한다.

바) 압력 수로터널은 통수와 배수의 운영과정에서 내수압의 작용이 반복되기 때문에 내·외수압의

차이에 따른 수리·구조적인 검토가 필요하다. 수리·구조적인 검토에서는 내수압이 외수압보다 큰 경우 누수에 대한 검토와 토피구속조건에 대한 검토를 수행하고 외수압이 내수압보다 큰 경우 배수공 설치 및 외수압 하중 등에 대한 검토를 수행하여야 한다.

(1) 내수압이 외수압보다 큰 경우

(가) 누수검토

① 굴착구간을 대형 보링홀로 취급하여 암반의 누수를 예측할 수 있으며, 내수압이 외수압보다 크므로 터널 내부로부터 터널 외부로의 누수량에 대한 검토가 필요하다.

② 내수압이 외수압의 2배 이상일 경우 누수량이 과다하여 지표로의 분출 발생 가능성이 있다. 이 경우는 누수량을 제어하는 방안을 검토한다.

③ 누수추정량은 구속조건이 만족되지 않을 경우 과소평가될 수 있으므로 주의를 요한다.

④ 누수량을 제어하기 위하여 차수 및 압밀 그라우팅과 철근 콘크리트 라이닝(균열조절의 최소 철근비)을 병행할 수 있으나, 토피가 적을 경우 과도한 그라우팅 주입압은 피하여야 한다. 그라우팅 주입압은 토피의 2배, 내수압의 3배 이하로 하며, 3 MPa 로 제한하되, 높은 주입압을 사용할 경우 지반 및 라이닝에 미치는 영향 등을 고려하여 결정한다.

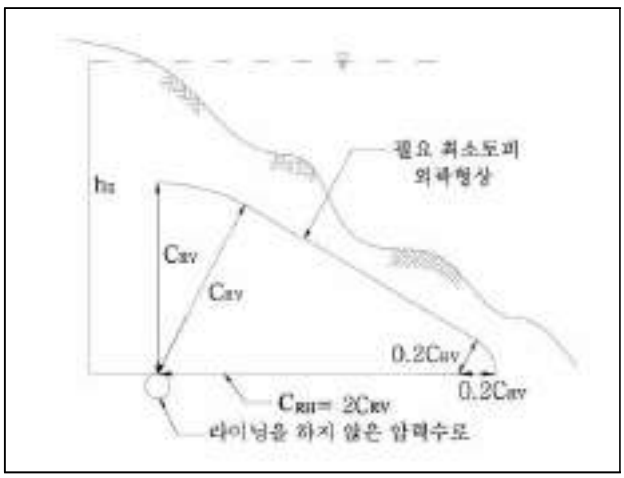
(나) 구속조건 검토

① 내수압에 대한 구속력 부족시 수압할렬이 발생하여 과다한 누수와 수압분산이 발생하여 지반파괴와 과다한 용수의 손실이 발생한다.

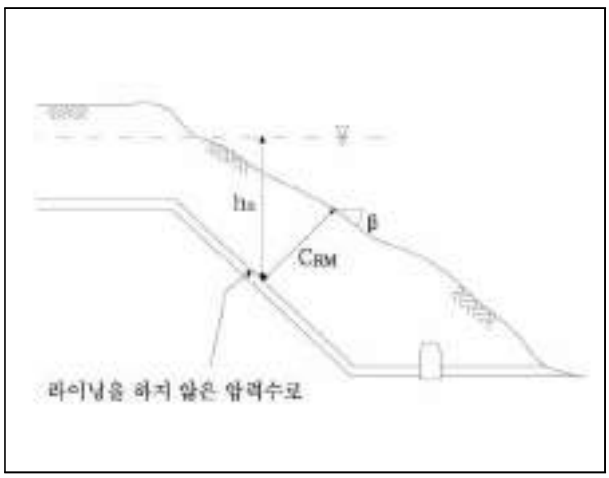
② 지반의 인장력은 고려할 수 없으므로 토압에 의한 내수압 구속조건을 검토한다.

③ 일반적으로 구속조건 검토는 스노이 마운틴즈 기준(Snowy Mountains criterion)과 노르위젼 기준 (Norwegian criterion)을 적용한다.

④ 구속조건이 만족되지 않을 경우 차수그라우팅과 철근콘크리트 라이닝을 병행하여 과다한 누수 발생을 억제하거나, 철관 라이닝을 사용하여 지반에 작용되는 내수압을 근원적으로 제거한다.



(그림 1.1-5) **<스노이 마운틴즈 기준>**



(그림 1.1-6) **<노르위젼 기준>**

⑤ 수직토피 및 최소토피 계산은 아래 식을 이용할 수 있다.

$$C_{RV} = \frac{h_s \cdot \gamma_w}{\gamma_R} \quad , \qquad C = \frac{h_s \cdot \gamma_w \cdot F}{\gamma_R \cdot \cos\beta}$$

여기서, C_{RV}는 수직토피, C_{RH}는 수평토피, h_s는 정수두, γ_w는 물의 단위중량, γ_R은 암반의 단위중량, C는 최소토피, F는 안전율(1 기준), β는 사면경사

(나) 외수압이 내수압보다 큰 경우

① 콘크리트 라이닝 균열 및 시공 이음부를 통한 지하수 유입을 검토하고, 지하수위가 높아서 외수압이 클 경우, 배수공을 설치하여 콘크리트 라이닝에 작용되는 외수압에 대한 하중을 경감시킬 수 있도록 한다.

② 지하수위 저하가 문제가 될 수 있는 지역에서는 배수공을 설치해서는 안되며, 전체 외수압을 라이닝에 지지할 수 있도록 설계한다.

③ 차수그라우팅에 의하여 지하수위의 급격한 저하를 방지할 수 있으나, 넓은 구간에 걸쳐서 많은 용출수가 발생하는 경우에는 배수시설 설치를 검토한다.

④ 구속조건은 암반의 단위중량이 물의 단위중량의 2배 이상이므로 안전율 2 이상이 예상되나, 주변지반의 종·횡단경사를 고려하여 급사면에 대한 구속력 검토가 필요하다.

⑤ 여기서, 현장타설라이닝을 하지 않은 압력수로는 숏크리트, 무근콘크리트 등 건조나 내수압에 의해 균열이 발생할 수 있는 라이닝의 압력수로도 포함된다.

2) 콘크리트 라이닝의 기능

가) 수리상의 조도계수 개선으로 통수단면의 축소가능

나) 터널주변 암반의 풍화방지 및 유수에 의한 지반열화 경감

다) 터널안정에 대한 구조적 보강으로 추가적 지보효과 기대

라) 터널의 내구성 증대

마) 굴착시 발생한 분진 및 암편의 수로내 유입방지

3) 철근 보강 시 효과

가) 콘크리트 균열에 대한 국부적 라이닝 탈락 방지

나) 운영중 예상되는 지반의 이완에 대한 지지

다) 지반의 투수성이 라이닝 투수성 보다 클 경우 내수압의 부분적 분담

라) 균열제어를 통하여 누수 조정

4) 수밀 라이닝

철근콘크리트로 수밀 라이닝을 계획한 경우 수밀성 확보를 위해 철근의 인장응력을 제한하여 변형을 제한한다. 그러나 내수압이 커짐에 따라 인장응력이 증가하여 철근콘크리트 라이닝으로는 수밀한 구조를 만들 수 없는 고수압 터널에 대해서는 철관 라이닝으로 처리하도록 한다.

5) 콘크리트 라이닝의 소요 강도

가) 지반 특성, 콘크리트 라이닝의 형상, 지보재의 종류 및 라이닝에 작용하는 하중의 유무에 따라 다르지만, 특별한 경우를 제외하고 설계기준 강도로서 재령 28일 강도가 21~24 MPa 정도를 표준으로 한다. 그러나 경우에 따라서는 그 이상인 고강도 콘크리트를 사용할 수 있다.

나) 통상 콘크리트 라이닝에는 보통 포틀랜드 시멘트를 쓰지만 수축 균열을 예방할 목적으로 고로 시멘트 및 중용열 시멘트를 쓰는 경우가 있으므로, 여러 면에서 단위 시멘트량의 적정치를 결정하지 않으면 안된다. 또한, 비배수형 터널에서는 방수 목적상 수밀 콘크리트를 사용하고, 이 경우 재령 28일 강도가 27 MPa 이상이 되도록 한다.

라. 그라우팅

1) 일반사항

그라우팅은 지압을 균등히 분포시켜 편압(偏壓)의 발생을 방지하고, 부분적으로 발생하는 라이닝의 아치부 콘크리트의 공극에 침투하여 고결강화(固結强化)하여 라이닝의 질적 향상을 도모, 원지반으로부터의 용출수를 방지하여 콘크리트 라이닝의 내구성을 높이는 등의 기능을 가져야 한다.

2) 그라우팅의 기능

가) 지압을 균등히 분포시켜 편압(偏壓)의 발생을 방지한다.

나) 원지반의 반력을 유효하게 움직이게 한다.

다) 부분적으로 발생하는 라이닝의 아치부 콘크리트의 공극에 침투하여 고결강화(固結强化)하여 라이닝의 질적 향상을 도모한다.

라) 원지반으로부터의 용출수를 방지하여 콘크리트 라이닝의 내구성을 높인다.

3) 그라우팅의 재료 : 시멘트 페이스트, 모르타르 등

4) 그라우팅 방법

가) 자유수면터널에서는 일반적으로 저압 그라우팅을, 압력터널에서는 주로 고압 그라우팅을 실시하는 것을 원칙으로 한다. 저압 그라우팅의 주입압은 0.2 MPa, 고결 후의 강도는 1 MPa으로 한다.

나) 뒷채움 그라우팅은 라이닝 후면과 암반사이의 공극을 채우기 위하여 시행한다. 그라우팅 구멍은 터널 천정의 중심선에서 20° 정도의 위치에 지그재그로 배치하며 구멍의 직경은 50㎜, 구멍 사이의 종단 간격은 4~6m를 표준으로 한다.

마. 굴착설계

1) 원지반이 본래 갖고 있는 지지력을 최대로 보존할 수 있는 굴착방식(Open TBM, Shield TBM, NATM공법 등)을 채택해야 한다.

2) 굴착방식은 인력(소형기구 이용), 기계 및 발파에 의한 굴착으로 나눌 수 있으며, 지반조건, 지하

수 유입의 상태, 경제성 등을 고려하여 가장 적합한 방법을 선정하여야 한다.

3) 인력(소형기구 이용)굴착은 주변 여건상 발파가 곤란하거나 지반이 연약한 소단면 굴착에만 적용한다.

4) 기계 및 발파굴착의 세부 사항은 '터널공사 표준시방서(2018, 국토교통부)' 및 기타 관련 규정에 따른다.

바. 부대시설 설계

1) 부대시설로서 배수시설, 안전시설, 계측설비, 유지관리시설 등의 설치를 고려하여야 한다.

2) 배수시설 : 유지관리상 단수하여 수로터널을 빈 상태로 만드는 경우를 고려하여 배수조, 배수구 등을 설치한다.

3) 안전시설 : 터널 출입구에는 유지관리상의 안전을 위하여 사다리, 가드레일, 울타리 등을 설치한다.

4) 계측설비: 시공 중 혹은 시공 후의 내공변위(內空變位), 터널천정의 침하 등을 계측하기 위한 설비를 설치한다.

5) 하천수로터널의 본선길이가 15㎞ 이상일 경우 운영 중 필요한 유지관리시설을 검토하고 설계에 반영한다.

1.2 수량 산출 요령

1.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.	수로터널				
1.1	굴 착				
1.1.1	전단면굴착		㎥		
1.1.2	반단면굴착				
1)	반단면굴착	(상부굴착)	㎥		
2)	반단면굴착	(하부굴착)	㎥		
1.2	버럭처리				
1.2.1	전단면버럭처리		㎥		
1.2.2	반단면버럭처리				
1)	버럭처리	(상부버럭처리)	㎥		
2)	버럭처리	(하부버럭처리)	㎥		
1.2.3	숏크리트 버럭처리		㎥		
1.3	강지보공	규격별 산정	조		
1.4	숏크리트공	규격별 산정	㎥		
1.5	록볼트공	규격별 산정	조		
1.6	라이닝 콘크리트				
1.6.1	강재동바리 및 거푸집	규격별 산정	조		
1.6.2	원형거푸집	규격별 산정	㎡		
1.6.3	강관동바리	규격별 산정	공/㎥		
1.6.4	콘크리트타설	규격별 산정	㎥		
1.6.5	철근가공조립	(매우 복잡)	ton		
1.6.6	라이닝 신축이음	(T=20mm)	m		
1.6.7	배면그라우팅		㎥		
1.7	방 수 공				
1.7.1	FILTER CONCRETE	(방수공)	㎥		
1.7.2	PVC PIPE	(고무링 ø100mm)	m		
1.7.3	방수막 및 부직포	(부직포+시트)	㎡		
1.7.4	방수쉬트 부착형 앵커		개소		
1.8	배 수 공		식		
1.9	부대시설공		식		
1.10	계 측		식		
1.11	자재 운반		식		
1.12	자재대		식		

1.2.2 일반사항

1) 수량산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.
2) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다. 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.
3) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.
4) 수로터널에 관한 수량산출내역은 '국도건설공사 설계실무 요령(국토교통부)' 제2편 공종별 설계요령 제6장 터널공 참조에 준한다.

1.2.3 수로터널

가. 수로터널 굴착

굴착총량 = 설계굴착량 + 여굴량

1) 전단면 굴착 : 굴착여건 양호(Type1), 불량(Type2)
2) 반단면 굴착 : 굴착여건 양호(Type3), 불량(Type4)
3) 보강단면 : Type5, 확폭단면 : Type6

※ 여굴량 (버럭처리에는 포함되나 굴착비에는 포함되지 않음)

〈 단면별 여굴량 및 여굴두께 〉

(표 1.2-1)

구 분	여 굴 량		
	여 굴 량 (cm)		굴 진 장 (m)
	측벽부	아치부	
전단면 (Type 1)	10	10	3.5
전단면 (Type 2)	10	15	2.0
반단면 (Type 3)	10	15	상 1.5 , 하 3.0
반단면 (Type 4)	15	20	1.0

구 분	아 치 부	측 벽 부	비 고
여굴두께(cm)	15 - 20	10 - 15	※ 품셈기준

주) 아치부는 곡선반경(R)이 형성하는 상부 원곡선부로 함

나. 버럭처리

숏크리트 리바운드량 + 굴착총량 = 버럭처리

※ 숏크리트 리바운드량

- 측벽부 : 숏크리트량× $\left[\frac{1}{(1-0.10)}-1\right]$(10% 적용)
- 아치부 : 숏크리트량× $\left[\frac{1}{(1-0.15)}-1\right]$(15% 적용)

※ 발생된 리바운드 숏크리트는 건설폐기물로 분류되므로 폐기물처리법에 의하여 분리발주하여 처리하는 것을 원칙으로 하나, 순성토 등 현장 여건 및 경제성 등을 고려하여 발생현장에서 재활용이 가능하며, 이때 재활용 용도에 따라 품질이 확보되어야 한다.

다. 지보공

1) 강섬유

- 직 경 : Φ0.5㎜, 길 이 : 30㎜ (용도에 따라 규격 상이)
- 사용량 : 37㎏/㎥ 이상

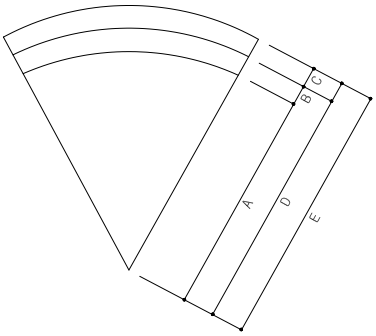
2) 강지보공 : 표준단면별도 산출

3) 숏크리트공 (여굴량 및 리바운드량 포함)

〈 숏크리트 두께 및 적용두께 〉

(표 1.2-2)

구 분	숏크리트 두께(㎝)		적용두께(㎝)	
	측 벽 부	아 치 부	측 벽 부	아 치 부
일반구간	5	5	10	10
취약구간	8	8	13	15.5



A : 라이닝 내공 반경
B : 라이닝 두께
C : 숏크리트 두께
D : (여굴포함 라이닝 외곽선반경) : A+B+여굴두께/2
E : (여굴포함 숏크리트 외곽선반경) : C+D+여굴두께/2

숏크리트총량 = $[\text{총굴착} - \pi \times \frac{\theta}{360} \times D^2 \times 1/(1-0.13 \text{ or } 0.10)]$

라. 록 볼트공

※ Pregrouting : 터널 연장의 10%로 계산 (개소당 보강가능 영역 6.0m)

(예) 터널연장 100m시 : 100×0.1×1/6 = ( ) 개소

마. 방수공

개착부도 굴착부와 동일한 방수막 및 부직포 사용하되, 제반여건에 따라 변경 적용할 수 있다.

바. 배수공

- 용수처리 : 30m 마다 1개소로 가정하여 산출한다.(개소당 50m) (누수지점 유도 배수공)
- 맹암거(파형아연도 유공강관 Φ300)는 부직포 부착하도록 산출한다.
- 비닐깔기 (L) = a+0.1(m)로 산출한다.

사. 콘크리트 라이닝 (여굴량 포함)

〈 라이닝 두께 및 적용두께 〉

(표 1.2-3)

구 분	라이닝 두께(㎝)		적용두께(㎝)	
	측 벽 부(2차선)	아 치 부(2차선)	측 벽 부(2차선)	아 치 부(2차선)
기본단면	30	30	35	35

아. 부대시설공

- 물푸기 : 터널을 역경사로 굴착시 실시

  총 굴착기간에 걸쳐 300m 마다 1개소씩 설치(1일 1시간 양수)

- 간이 오·폐수 처리시설 : 터널 입·출구부 설치

자. 계　　측

1) 측정간격

〈 지반별 측정간격 〉

(표 1.2-4)

조 건 / 지 반	갱 구 부 근	2D이하의 토피 (D:터널굴착폭)	시공초기단계	어느 정도 시공이 진행된 단계
경암지반(단층의 파쇄대 제외)	10m	10m	20m	50m
연암지반(큰소성지압 발생없음)	10m	10m	20m	30m
연암지반(큰소성 지압 발생)	10m	10m	20m	30m
토 사 지 반	10m	10m	10~20m	20m

주) 1. 시공의 초기단계로는 긴 터널에서 200m 정도의 시공이 진행된 단계
2. 지질이 양호하고 균질한 경우는 표준간격을 넓힌다.
3. 지질변화가 심한 경우는 표준간격을 좁힌다.

2) 측정빈도(D : 터널굴착폭)

〈 측정빈도 〉

(표 1.2-5)

측정빈도	변위속도	막장으로부터의 거리
1~2회 / 일	10㎜/일 이상	0 ~ 1D
1회 / 일	10 ~ 5㎜/일	1D ~ 2D
1회 / 2일	5 ~ 1㎜/일	2D ~ 5D
1회 / 주	1㎜/일 이하	5D 이상

주) 구조물 현황과 지질, 현장 여건별에 따라 발주청과 협의하여 적용

차. 수량산출을 위한 좌표계산

'국도건설공사 설계실무 요령(국토교통부)' 제2편 공종별 설계요령 제6장 터널공 참조

1.3 단가 산출 요령

1) 터널 및 관련 부대시설공에 관련한 단가 산출 기준은 '국도건설공사 설계실무 요령(국토교통부) 제3편 단가 산출요령 제6장 터널공'에 준한다.

2) 기타 구조물에 관한 단가 산출 기준은 '제7편 하천공통설계'에 준한다.

제2장 하천교량

제2장 하천교량

2.1 설계 요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

1) 국부세굴(local Scour)

교각, 교대, 수제, 제방 등 흐름의 장애물 주위에서 국부적으로 발생하는 세굴

2) 세굴방호공(scour protection)

교량의 교대 또는 교각주변으로 발생하는 국부세굴을 방지하기 위하여 하상 또는 하안을 직접적으로 보호하는 대책

나. 적용 범위

본 설계실무요령은 하천에 설치되는 교량의 교각 및 교대의 보호시설에 적용하는 것을 원칙으로 하되 하천에 설치되는 기타 시설(송유관, 차집관로, 역사이펀 등)을 보호하기 위한 시설에도 적용할 수 있다.

다. 적용 기준

1) 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 도로교 설계기준(KDS 44 10 00)(2018, 국토교통부)
3) 철도설계기준(KDS 47 00 00)(2018, 국토교통부)
4) 공통공사 표준시방서(KCS 10 00 00)(2018, 국토교통부)
5) 지반 설계기준(KDS 11 50 05)(2018. 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(2021, 행정안전부)

마. 설계일반사항

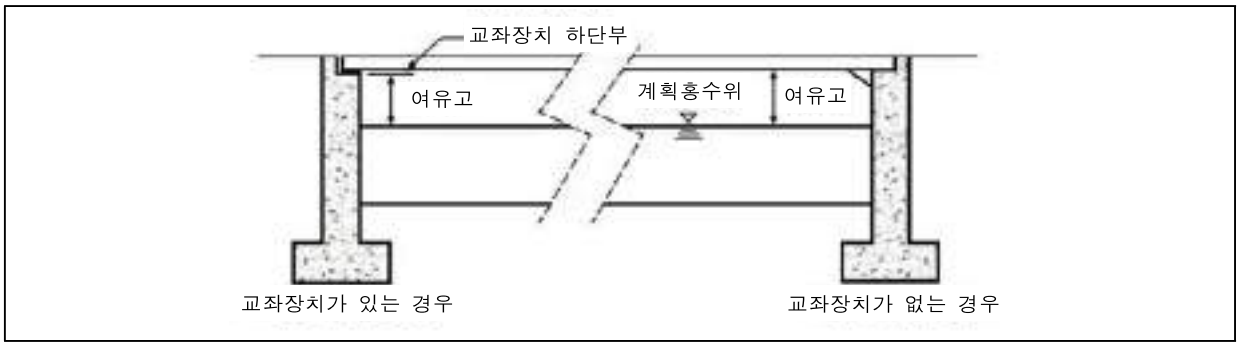
하천을 횡단하여 설치되는 교량은 제방과 접속되어 농기계의 통행, 평상 시의 하천순시, 홍수 시의 방재활동 등 통행이 원활하도록 현장 여건을 고려하여 교량 설계 시 가각정리를 검토해 반영해야 한다.

교량의 수문학적 설계빈도는 하천기본계획의 계획빈도를 따르며, 기본계획이 미 수립된 경우에는 하천설계기준의 하천중요도에 따른 계획규모를 참고하여 결정한다. 또한, 교량의 세굴평가 시 적용하는 수문량은 하천설계기준에서 제안된 홍수사상 결정 기준에 따른다.

2.1.2 계획

가. 교량 형하고

1) 교량의 높이는 충분한 형하고(여유고)를 확보하여 제방의 안전에 영향을 미치지 않도록 결정해야 하며, 이때 형하고는 계획홍수량에 따른 제방의 여유고를 적용한다. 여기서, 교량의 형하고는 하천의 계획홍수위로부터 교각이나 교대에서 교량 상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단까지의 높이이다. 교좌장치가 콘크리트에 묻혀 있는 경우에는 콘크리트 상단까지 높이를 뜻하고, 교대와 교각이 여러 개 일 경우 이들 중 가장 낮은 곳의 높이를 말한다.

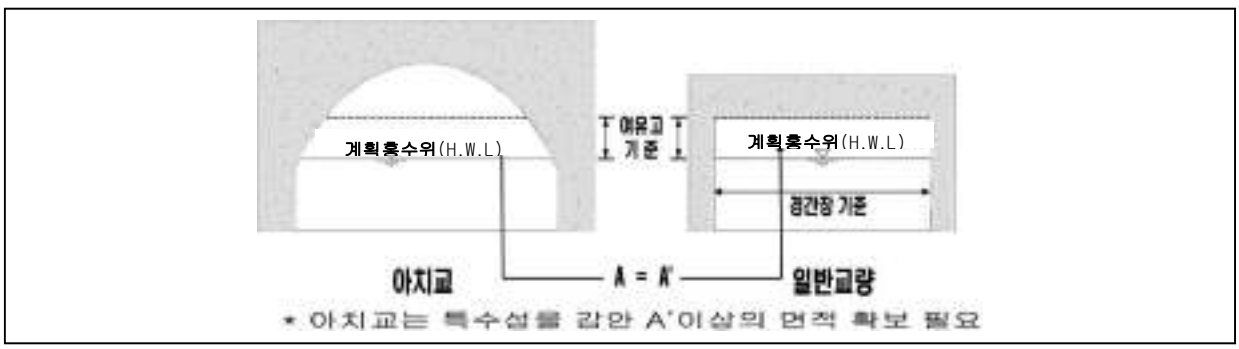


(그림 2.1-1) **< 교량의 형하여유고 >**

2) 교좌장치가 없는 교량(라멘교 포함)의 형하고는 하천의 계획홍수위로부터 상부 슬래브 하단까지의 높이로 한다. 단, 라멘교의 경우 상부 슬래브 헌치가 홍수소통에 영향을 미치는 경우 상부 슬래브 헌치 하단까지의 높이로 한다.

3) 아치교는 구조적 특성 때문에 여유고 기준이 불명확하므로 여유고 구간의 단면적 조건을 검토하여 여유고 규정의 만족 여부를 결정한다. 아치교의 1개 경간에서 계획홍수위와 교량여유고 사이의 면적이 일반 교량 최소경간장 조건에서의 면적보다 작지 않도록 경간장을 조정하여 최소 여유면적을 확보할 수 있도록 한다.

4) 종방향 교량의 경우 경간장은 횡단교량 설치기준을 준용하여 수리적 교란이 최소가 되도록 계획해야 하고 교량 설치에 따른 수위상승, 유속변화 및 수리영향 범위 등을 검토하여 필요 시 대책을 수립하여야 한다.



(그림 2.1-2) **< 아치교의 여유고 특성 >**

5) 주운수로 횡단 교량

가) 최고수위(N.H.W.L) 검토

주운수로에서는 선박의 항행이 가능한 최대수심과 선박의 규모 및 수송특성을 고려하여 교량의 형하고 높이가 결정되며, 여기서 최대수심은 운항최고수위시 수심을 말하며 치수적 관점에서 제한될 수 있다.

나) 주운수로 형하고 결정

수로를 통한 수송에도 콘테이너가 도입됨에 따라 콘테이너는 운항가능 최고수위(N.H.W.L)에서의 교량 형하고 설정에 결정적 요인이 되고 있다. 대상 선박별에 대한 기본 치수는 '항만 및 어항 설계기준·해설 제2편 설계조건(2020, 해양수산부)' 을 참조한다.

< 콘테이너 수송 선박을 위한 교량 형하고 >

(표 2.1-1)

콘테이너 층수	수면에서의 평균높이(m) (50% 초과 가능성)	추천 교량 형하고(m)	
		①EEC	②PIANC
2층	-	5.25	-
3층	7.20	7.00	7.50
4층	9.30	9.10	9.60

주) 자료출처 : 1. 주요 내륙운하에 대한 유럽협정, ECC/TRANS/120-19, UN-ECC/내륙수송위원회, 1996.
2. 라인강의 콘테이너 바지선 높이, PIANC Bulletin, 1995-1997, pp. 22-24.

< 선박의 마스터 높이 >

(표 2.1-2)

선형(총톤수)	수면에서의 마스트높이(공선시)	적 요
50톤이하	7～8	부선은 제외
50～500tf	7～18	
500～1,000tf	15～26	
1,000～5,000tf	20～35	
5,000～10,000tf	30～45	
10,000이상	30～50	대형유조선포함
대형여객선	50～65	

주) 1. 선박의 마스트 높이는 선박의 종류에 따라서 차가 크므로 항로를 횡단하는 교량이 있는 경우에는 그 항만을 출입하는 선박 중 최대 마스트 높이를 조사하여 정해야 한다. 만일 항로를 횡단하는 고압선이 있는 경우에는 충분한 여유를 둔다.
2. 마스트높이가 특히 높은 선박의 예는 표 (2.1.3)과 같다.

< 마스터 높이의 실례 >

(표 2.1-3)

선 종	선 명	톤수 (톤)	선저로부터 마스트높이 (m)	만재흘수 (m)	경흘수 (m)	공선시 수면에서 높이(m)
여객선	Queen Mary	81,237	72.3	11.6	9.3	63
	Cambernia	45,000	64.0	9.7	7.0	57
	Carornia	34,183	67.3	9.4	7.1	60
	Arcadia	26,665	56.9	9.1	7.0	50
	Iberia	29,614	56.9	9.1	6.8	50
	Orsova	28,790	51.2	9.4	6.8	44
	Orcades	28,396	57.6	9.1	7.0	51
화물선	Himalaya	27,955	56.7	9.1	7.0	50
	Oronsay	27,632	56.9	9.4	6.8	50
	Cheesan	24,261	59.4	8.8	6.6	50
	Neradamaru	10,193	40.5	9.4	2.5	38
범 선	Nipponmaru	2,300	54.0	6.0		48
	Kaiomaru	2,300	54.0	6.0		48
작업선	2,000t해상크레인		직립시 95.3		2.7	92.6
			경사시 76.3			73.6
	3,000t해상크레인		직립시 85.8		3.6	82.2
			경사시 43.8			40.2

주) 수면에서의 마스트 높이는 트림(Trim), 진동 등에 의해서 다소 변동한다.

6) 교량 점검용 영구시설물인 교각, 교대나 형간의 유지관리를 위한 통로나 시설물이 설치되는 경우에는 계획홍수위 이상으로 설치하는 것을 원칙으로 하고, 그렇지 못한 경우에는 홍수 시 유목 등의 걸림으로 인해 국부적인 수위상승을 일으키므로, 유지관리 시설물로 인한 수위상승 효과를 면밀히 검토하여 이에 따른 인접호안의 강화방안 등을 반드시 강구하도록 한다.

7) 주변 여건상 부득이 교량계획고를 제방보다 낮게 해야 할 경우에는 제방 및 교량의 안전과 치수에 문제가 없는지 여부를 정밀하게 분석·검토한 후 발주처와 협의하여 신중하게 결정하되, 계획홍수위 저하를 위한 다양한 방법 등을 우선적으로 검토하여야 한다.

나. 경간장

1) 교량의 길이는 하천폭 이상이어야 하고, 하도 내 설치되는 교각 갯수는 최소화한다.

2) 교량지점은 계획제방고 이상으로 제방이 축조되므로 제외측 성토로 인한 통수단면 감소가 없게 충분한 경간장을 유지토록 한다.

3) 경간장은 산간 협착부라든지 그 외 하천의 상황, 지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 한다. 단, 그 값이 50m를 넘는 경우에는 50m로 할 수 있다. 만약, 최소 경간장이 50m일 때 부정적인 수리영향이 예상될 때에는 경간장을 70m로 한다.

$$L = 20 + 0.005Q$$

여기서, L : 경간장(m), Q : 계획홍수량(㎥/sec)

4) 다음의 각 항목에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 큰 지장을 줄 우려가 없다고 인정될 때에는 3)항의 규정에 관계없이 다음 각 호에서 제시하는 값 이상으로 할 수 있다.

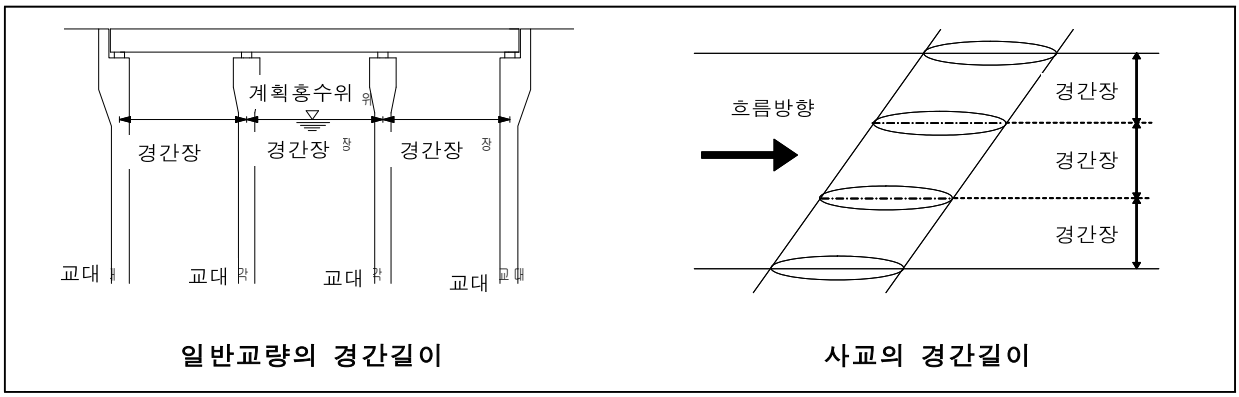
가) 계획홍수량이 500㎥/s 미만이고 하천폭이 30m 미만인 하천의 경우 12.5m 이상

나) 계획홍수량이 500㎥/s 미만이고 하천폭이 30m 이상인 하천의 경우 15.0m 이상

다) 계획홍수량이 500㎥/s ~ 2,000㎥/s인 하천일 경우 20 m 이상

라) 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

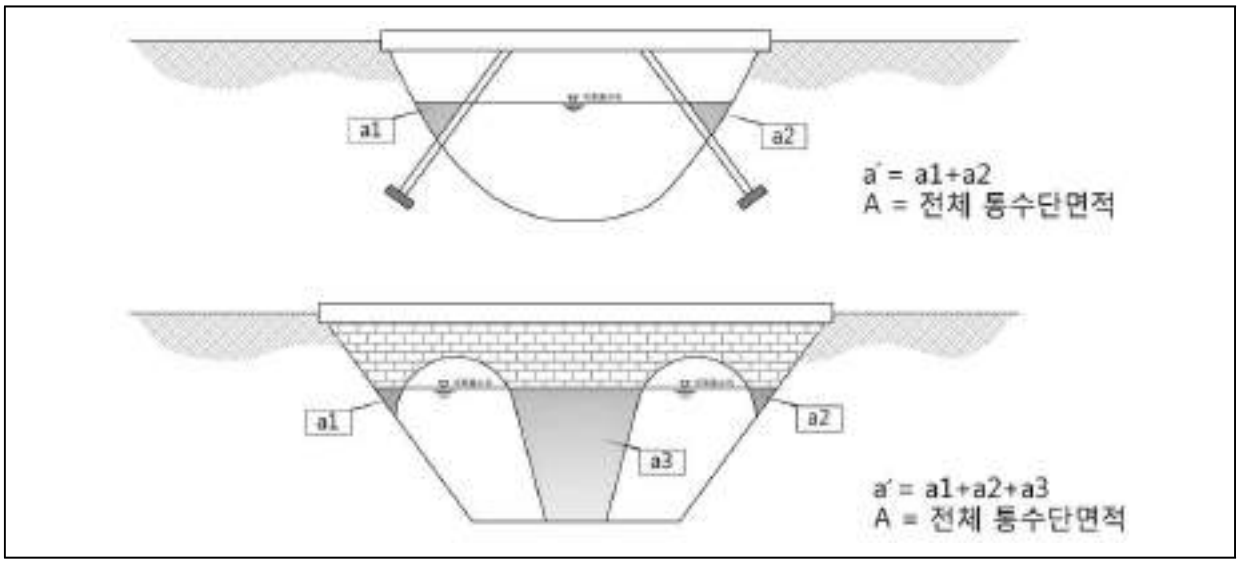
5) 단, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 3), 4)에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우, 치수에 지장이 없다면 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.



(그림 2.1-3) **< 교량 경간장 기준 >**

6) 3)항에서 산정된 경간장이 25 m를 넘는 경우에는 유심부 이외의 부분은 25 m이상으로 할 수 있다. 단, 이 경우에는 교량의 경간장 평균값은 규정된 경간장보다 길어야 한다.

7) 일반적인 형식의 교량이 아닌 아치형, 경사 지주형 라멘교(diagonal brace rahmen) 등의 경간장은 해당 교량의 교대 및 교각에 의해 잠식된 하도의 점유 단면적(a')은 계획홍수량을 통과시키는 하도 단면적(A) 대비 잠식된 점유 비율(a'/A×100)은 5%이내로 한다.



(그림 2.1-4) **< 교량 형식에 따른 전체 통수단면적 >**

다. 세굴량 산정 및 평가

1) 개요

가) 교량 등의 하천구조물 설치 시 본 절의 기준을 적용하여 단기간 국부세굴을 포함한 각종 세굴에 대하여 평가하고 안전대책을 강구하여야 한다.

나) 세굴평가의 적용범위는 제방 및 하상 안전에 영향을 미칠 수 있는 하천내 설치된 교량의 교대 및 교각 시설물에 적용하는 것을 원칙으로 하되 기타 하천내 시설물 설계 시에도 참조하여 적용할 수 있다.

다) 세굴평가는 조석의 유무에 따라 실시하며 조석의 영향을 받지 않는 하천과 하구언 등 조석의 영향을 받는 지역 내 교량 등 하천시설물을 구분하여 평가하여야 하며, '하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)', '하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)' KDS 51 90 10 하천교량 내용을 참조한다.

2) 세굴량 산정 및 평가

가) 조석의 영향이 없는 경우의 세굴량 산정

(1) 홍수 사상 선정

교량 설치에 따른 세굴 검토를 위한 빈도는 홍수량에 따른다. 만약, 500년 빈도 홍수량을 결정하기 어려운 경우에는 100년 빈도 홍수량의 1.7배 유량과 하천의 빈도별 홍수량을 회귀분석하여 산정한 500년 추정 홍수량 중 작은 값을 사용한다.

(2) 수면형 결정

(가) 최대 세굴을 발생시킨다고 판단되는 유량에 대한 수면형을 결정한다.

(나) 수면곡선 수치모형은 국내·외에서 널리 이용되는 모형을 선택한다(Hec-RAS, WSPRO, FastTABS 등).

(3) 세굴량 산정

(가) 세굴량은 하상 상승 및 하상저하, 수축세굴, 국부세굴로 구분하여 산정하고 이를 합한 것으로 한다.

(나) 설치되는 교각의 폭이 3m 이상이고 홍수 시 수심이 9m 이상이거나 홍수시 유속이 3m/s 이상일 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정한다. 또한 공식을 사용하는 경우일지라도 공식 적용에 어려움이 있거나 계산 결과에 대하여 불확실성이 큰 경우에는 세굴 실험을 통해 세굴량을 산정하도록 한다.

(다) 단면 수축세굴은 Laursen 공식을 사용하되 흐름입사각이 교각이나 교대의 설치방향과 일치하지 않는 경우는 흐름 입사각에 대해 보정을 해야 한다.

$$y_s = y_2 - y_1, \quad \frac{y_2}{y_1} = \left[\frac{Q_2}{Q_1}\right]^{6/7}\left[\frac{W_1}{W_2}\right]^{k}\left[\frac{n_2}{n_1}\right]_2^{k}$$

여기서, y_s는 수축세굴심(m), y_1은 상류부 주수로의 평균수심(m), y_2는 수축단면의 평균수심(m), Q_1은 토사를 운송하는 상류부 수로의 유량(㎥/s), Q_2는 수축부 수로의 유량(㎥/s), W_1은 상류부 수로의 폭(m), W_2는 수축부 수로의 폭(m), n_1은 상류부 수로의 조도계수, n_2는 수축부 수로의 조도계수, k_1, k_2는 계수

(라) 국부세굴공식을 이용하여 교각주위내 세굴량을 산정하는 경우 CSU 공식을 적용하되 불확실성을 감안하여 최소한 2개 이상의 세굴공식 적용 결과를 비교·검토하여 적정성을 평가하며 CSU 공식 이외에 국부세굴공식은 Froehlich공식, Laursen공식, Melville공식, Neill공식 등이 있다.

나) 조석의 영향이 있는 경우의 세굴량 산정

(1) 수로 반응의 잠재력

(가) 구조물 설치 지점에 대해서는 조석 영향 규모, 횡단부 장기 안정성 및 변화에 대해 수로의 반응을 정성적으로 평가한다.

(나) 조석 영향 규모는 하천구조물 설치 지점에서 조석 변동이 수리학적으로 얼마나 많은 영향을 미칠 것인가를 평가하고 조석 변동의 영향을 무시할 수 있을 것으로 판단되면 조석의 영향을 받지 않은 경우처럼 평가하고 그렇지 않은 경우는 동적인 조석류 관계를 이용해야 한다.

(다) 횡단부의 장기 안정성 및 변화는 조석, 폭풍해일, 홍수에 대해 검토한다. 만약 횡단부에 대한 주요 위험 요인에 따라 100년 빈도, 500년 빈도 조석, 폭풍해일, 홍수에 대해 평가하고 위험요인이 명확하지 않으면 홍수, 조석·폭풍해일 2가지 경우에 분석한 후 세굴량을 결정한다.

(2) 수리학적 특성 산정

수리모형실험이나 부정류를 모의할 수 있는 모형을 사용하여야 하며 지형조건이나 수류현상을 감안하여 적절한 모형을 선정한다.

(3) 수면형 산정

수면형은 설계호우와 폭풍해일을 감안하여 비수축수로 미 수축수로로 구분하여 수면형을 산정한다.

(4) 세굴량 산정

(가) 100년 빈도 홍수량이 2,000㎥/s이하인 경우는 아래의 세굴산정 공식을 사용하여 산정하고 100년 빈도 홍수량이 2,000㎥/s이상인 경우는 수리모형실험을 통해 세굴량을 산정하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 수리모형실험이 어려울 경우 아래의 세굴산정 공식을 적용하여 산정하되 설계에 적용시 신중을 기해야 한다.

(나) 조석이나 폭풍·해일에 영향을 받는 경우 세굴량 산정 방법은 비수축소로, 수축 수로로 구분하여 산정한다.

① 비수축 수로

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A_C} \ , \quad Q_{\max} = 3.14\frac{V}{T}$$

여기서, Q_{max}는 조석주기에서의 최대유량(㎥/s), V는 고조위와 저조위 사이의 물의 용적(㎥), T는 조석주기, V_{max}는 Q_{max}일 때의 최대평균유속(m/s), A_c는 평균조위에서의 횡단면적(㎡)

② 수축 수로

$$V_{\max} = C_d(2g\Delta H)^{1/2} \ , \quad Q_{\max} = A_C \cdot V_{\max}$$

여기서, V_{max}는 유입구에서의 최대유속(m/s), Q_{max}는 유입구에서의 최대유량(㎥/s), Cd는 유량계수, g는 중력가속도(m/s²) △H는 유입구 혹은 수로의 만과 해양측 사이의 최대수면 표고차(m), A_c는 평균조위에서의 횡단면적(㎡)

라. 비탈면 이격거리

1) 계획하폭 내 교대 설치는 원칙적으로 금지하여 이상홍수시 수위상승에 의한 와류로부터 제체를 보호할 수 있게 한다. 즉, 교대 설치로 인한 하폭의 종방향 변화를 최소화하여 와류을 억제할 수 있도록 계획하여야 한다.

2) 교각 위치는 제방의 제외지측 비탈끝으로부터 10m 이상 떨어져야 한다. 단, 계획홍수량이 500㎥/s 미만인 하천에서는 5m 이상 이격하여야 하며, 부득이 제방단면과 인접하여 설치하거나 제방 정규단면에 교대 또는 교각을 설치할 경우에는 제방의 구조적 안전성이 확보될 수 있도록 충분한 검토와 대책을 강구해야 한다.

마. 교량접속도로

1) 교량 종방향으로 접속되는 도로 종구배는 도로등급에 맞는 설계기준을 적용하여 검토해야 한다.

2) 접속도로의 성토부 비탈경사는 1 : 1.5 보다 완만하게 하며 세부사항은 '교량설계기준(KDS 24 00 00)(2018, 국토교통부)' 에 따른다.

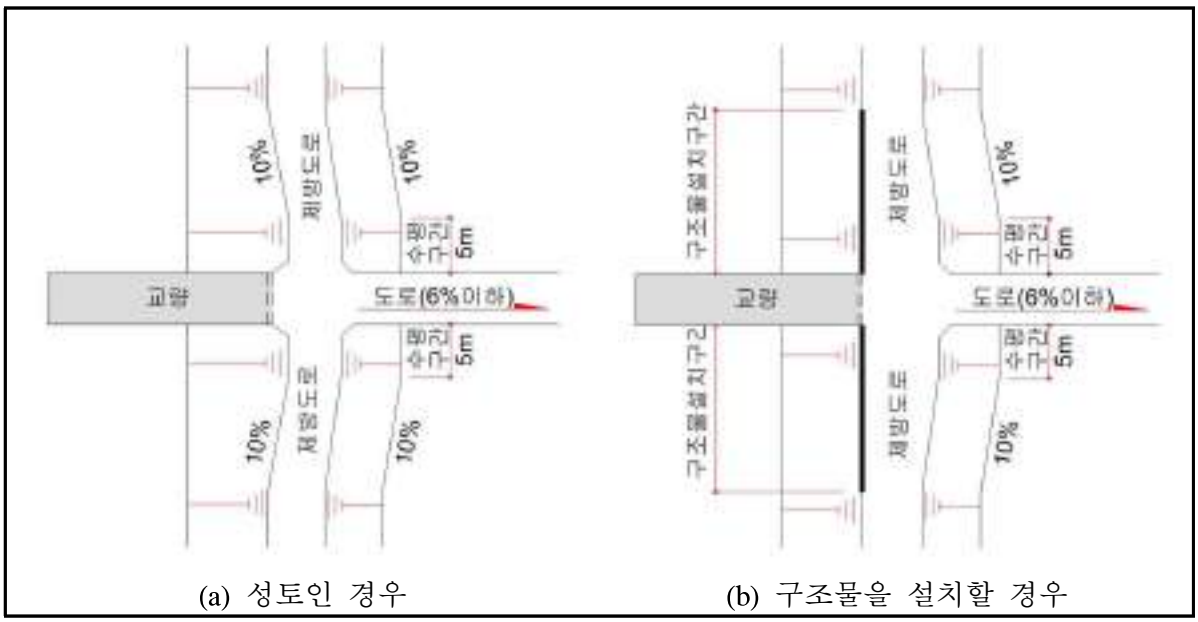
3) 교량과 접속되는 횡방향 접속도로는 진출입차의 원활한 통행이 될 수 있도록 도로등급에 맞는 설계기준을 검토해 최소 회전반경을 확보할 수 있도록 해야 한다.

4) 접속도로의 포장은 도로설계기준을 준용한다.

바. 제방 둑마루 연결도로

1) 교량과 제방 둑마루 연결도로의 폭은 원칙적으로 제방 둑마루 폭 이상으로 하고 비탈경사는 제방의 비탈경사와 같거나 완만하게 한다. 토지 편입과 지장물 이전 등에 따라 어쩔 수 없는 경우에는 구조물(흙막이 벽, 직립식 사면보강재 등)로 보강한다.

2) 교량에서 제방쪽으로 연결도로의 도로종단경사는 하천 관리용 차량 등의 시계 확보 및 교통안전을 고려해서 교량 폭의 양끝단에서 5m 정도를 수평구간을 확보하고 해당지점으로부터 평면적으로 10%이하로 연결한다.



(그림 2.1-5) **< 제방 둑마루 연결도로 >**

3) 교량과 접하는 연결도로에는 차량 추락방지를 위해 방호책(난간, 옹벽 등)을 설치하고 이로인해 도로 유효폭(또는 둑마루폭)이 좁아지지 않도록 하여야 하며 교량접합부에는 차량 회전을 고려하여 가각부(일반적으로 45 °)을 설치한다. 또한, 날개벽의 높이는 미끄럼 방지를 위해 연결도로고보다 30cm이상 높게 설치하고 그 위에 난간 또는 가드레일을 설치하는 것을 원칙으로 한다.

4) 교량 종방향 접속도로의 경우 시계가 불량하여 사고 우려가 있으니 도로 설계속도에 맞춰 종단경사를 확보하되 도로등급이 없는 현황도로의 경우에는 종단경사를 6% 이하로 완만하게 접속시키도록 한다. 특히, 연결도로 없이 횡단교량만 설치하고 제방도로로 연결하는 경우는 교량을 통과한 차량의 추락방지를 위해 교량에서 잘 보이는 제방도로면에 안전보호 시설(방호벽, 가드레일, 방향표지판 등)을 설치한다.

사. 가도 및 가교공

1) 가설교량은 공사용 작업장과 자재 및 장비운반 등 직접공사 시공을 위한 공사용 교량과 도로교통을 우회시키기 위해 하천 내에 설치되는 임시교량으로 구분되며, 가교 형식은 교통량 및 수리영향을 고려하여 결정한다.
2) 공사용 교량은 그 성격상 저수로 부분에 잠수교 형태로 설치되는 경우가 많고, 일반적으로 소경간으로 설치되므로 어느 정도 치수적 악영향은 불가피하다. 따라서, 홍수기간 외에 가설하는 것을 원칙으로 하고 부득이 홍수기에 가설되는 경우는 가도에 의한 2차 피해를 방지하기 위하여 즉시 해체가 가능한 공법을 검토 반영한다.
3) 공사용 가교가 우회로 기능으로 철거가 불가피할 경우에는 홍수시 유실되지 않도록 치수상 조치를 취해야 하며, 가교에 의한 수리영향 검토를 실시하여 치수적 대책을 강구하여야 한다.
4) 공사용 가도의 계획고 선정은 수위특성(평수위, 갈수위 등)을 조사하여 기준수위를 결정하여 여유고를 고려하여 결정한다.
5) 기타 관련사항은 ‘교량설계기준(KDS 24 00 00)(2018, 국토교통부) 을 참조한다.

아. 교량배수 및 비점오염저감시설

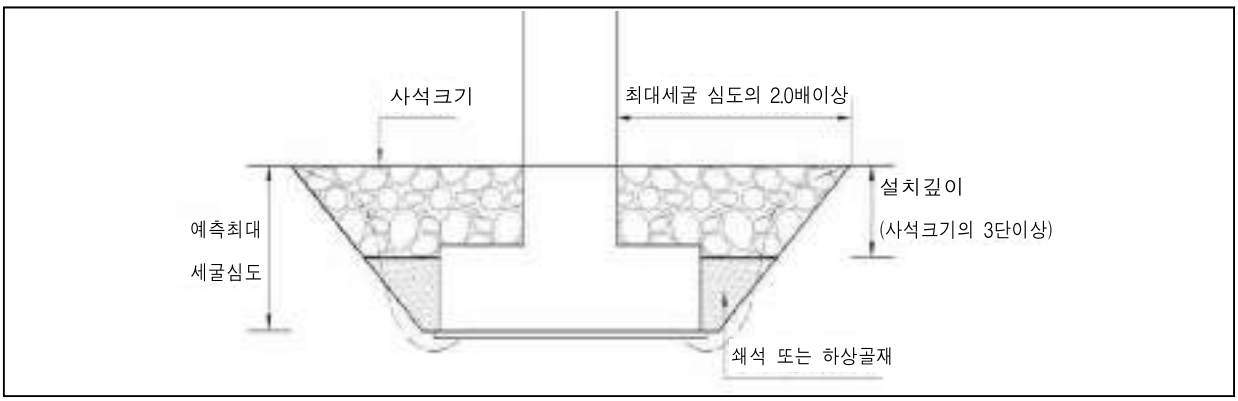
1) 교량배수 시설기준은 ‘국도건설공사 설계실무 요령(2016, 국토교통부)’에 따른다.
2) 교량의 공용 시 초기강우에 의해 발생하는 비점오염물질을 처리하기 위해 설치하는 비점오염저감시설의 설치위치, 규모, 형식 등은 환경영향평가 결과를 설계에 반영하되 우수 배제 시 하천시설물의 파손, 하도내 세굴 등이 발생할 수 있으므로 고수부지 및 하도에 직접 낙하시켜 배제하는 계획은 지양토록 한다.

2.1.3 설계

가. 일반사항

1) 교량 등의 하천구조물에서 세굴로 인한 손상과 파괴로부터 교각 및 교대를 보호하기 위한 세굴보호공 적용시에는 하도특성, 현장여건 등으로 고려해야 한다.
2) 세굴보호공은 사석보호공, 블록공법, Gabion공법, 스톤매트리스공법 등이 있으며, 현장의 적용성, 재료 구득의 용이성, 경제성 등으로 종합적으로 고려하여 선정한다.
3) 세굴보호공은 동일 교량에서 다수의 교각이 설치될 경우 자재(사석, 블록 등)의 크기는 교각별로 산정하여 교각별로 적용하는 것을 원칙으로 하되, 현장 여건을 고려하여 교각별 자재의 크기 중 최대치를 적용할 수 있다.
4) 세굴보호공의 마무리면은 계획하상면과 동일하게 계획토록 한다.
5) 세굴보호공의 붕괴를 최소화하기 위하여 시공될 보호공 하단부의 토사 이동 우려가 있는 구간은

필터층(전석층, 토목섬유층 등)을 두어야 한다. 필터층 필요 여부는 ‘KDS 51 90 10 하천교량 4.2 세굴평가’를 적용한다.



(그림 2.1-6) **〈 세굴방호공 모식도 〉**

6) 세굴보호공 설계시 기초가 위치하는 지반특성을 고려해야 하고 기초가 토사지반에 위치한 경우(말뚝기초)에는 상기의 5)항을 적용할 수 있다.

7) 하상이 토사지반이 아닌 연·경암 지반의 경우에는 기초 하면의 세굴은 발생치 않으므로 세굴보호공은 불필요하나, 장기적인 국부 세굴을 고려하여 기초를 암반에 0.3m 이상 근입시키고, 암반 되메우기 부분은 콘크리트를 타설(3종, h=0.3m 이상)한다. 기초 되메우기 부분에 약간의 토사층이 있는 경우에는 원지반이 흐트러진 상태가 되므로 유수에 저항할 수 있도록 사석 채움으로 대체한다.

8) 세굴보호공 계획 시 가급적 교각을 중심으로 하천 종방향(특히 교각 하류부)을 횡방향보다 길게 하여야 한다.

나. 사석 크기 및 포설 규모 결정

교각세굴보호를 위한 사석의 크기는 하천설계기준에서 제시한 Isbash 공식 및 Richardson 공식 중 큰 것을 사용하거나 공학적으로 검증 받은 국내 공식 또는 직접 현장실험을 수행한 결과를 사용한다.

1) 사석의 크기

사석의 크기 산정 결과가 30㎏보다 작을 경우는 30㎏를 적용토록 한다.

가) Isbash 공식

$$V_0 = C\sqrt{2gD_u\left(\frac{r_s - r}{r}\right)}\ \sqrt{\cos\beta - \sin\beta}$$

여기서, V_0 : 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/s),
C : Isbash 계수(0.86~1.20)
g : 중력가속도 (m/s^2)

D_u : 사석의 크기(m)
rs : 사석의 단위중량(t/㎥)
r : 물의 단위중량(t/㎥)
β : 흐름 입사각도

나) Richardson 공식

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g\left(\frac{r_s - r}{r}\right)}$$

여기서, D_{50} : 사석의 중앙입경(m)
K : 교각형상계수(원형교각 : 1.5, 사각형교각 : 1.7)
V : 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/s)
g : 중력가속도(m/sec^2)
rs : 사석의 단위중량(t/㎥)
r : 물의 단위 중량(t/㎥)

2) 사석보호공의 포설 규모

사석보호공 포설 규모은 2개 이상의 공식을 적용 검토하여 적적성을 확보하되 포설반경은 세굴심의 2배 이상, 보호공의 부설 높이는 사석 직경의 3배 이상 설치토록 한다(그림 2.1-6 세굴보호공 모식도 참조).

< 세굴반경 예측식 >

(표 2.1-4)

구 분	예측공식	비 고
실험식	$b_s = 3.57\,d_s + 5.125$, 일반적으로 $b_s = 3.57\,d_s + b$	한강교량하부보호공사 (1997, 서울특별시)
HEC-18	$b_s = d_s(k + \cot\theta)$, 약식 $b_s = 2.8\,d_s + b$	
도로공사설계기준	$b_s = 2\,d_s$	
여기서, b_s : 세굴반경, d_s: 국부세굴심, b : 교각 폭, k : 세굴공의 바닥폭(일반적으로 세굴심과 같음), θ : 하상물질의 안식각(30° ~44°)		

다. 블록 보호공 크기 및 포설 규모 결정

1) 블록의 크기

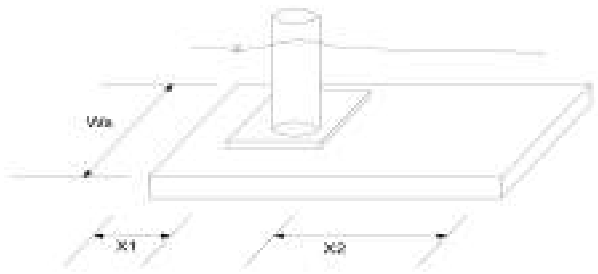
교각세굴보호를 위한 블록의 크기는 '1) 사석의 크기'에서 산정된 규모 이상이여야 한다.

2) 블록보호공의 포설 규모

블록등 기성 제품을 사용하는 경우에는 현재 실무에서 적용하고 있는 '한강 교량 기초 수리모형실험(1998, 서울특별시)'의 결과를 인용할 수 있으며 별도의 수리모형실험을 수행한 결과를 사용한다.

〈 세굴방지 부설범위 산정식 〉

(표 2.1-5)

	$W_S = 2.5d_s + b,\ X_1 = 1.25d_s,\ X_2 = 3d_s$ (한강교량기초 수리모형실험(1998, 서울특별시)) 여기서, Ws : 매트의 폭, X1 : 매트의 상류측 길이, X2 : 매트의 하류측 길이, ds : 세굴깊이, b : 교각 직경

주) 교각 기초부 노출구간에 대해서는 교각 직경이 아닌 기초부 규격으로 매트폭 결정

라. 교량기초 보강공

1) 준설 등 하상변동시 각 교량은 안전성 검토를 통하여 도로교 설계 기준 및 철도교 설계기준 등에서 요구하는 수준 이상의 안전성을 확보하도록 조치하여야 한다.
2) 준설 시공전 충분한 안정의 확보를 확인한 후 준설 등 시공되어야 한다.
3) 보강 및 개축의 필요시 교각 및 기초의 규모, 지지층 지반정수, 수심, 근입심도, 시공가능성, 경제성 등을 함께 고려하여 적정공법을 선정하여야 한다.
4) 세굴방지공으로 안전성이 충분히 확보된 경우라도, 하상정리면은 시공 정밀도 및 지지층의 변성을 고려하여 기초 뭍힘 깊이를 기초하부 지지면으로부터 최소한 0.5m 이상 확보하여야 한다.
5) 하부구조를 전부 또는 일부 개축하는 경우 각 시공 단계별로 현장 여건을 고려하여 시공중 안전성 확보여부를 확인하여야 하고, 필요시 소정의 절차(발주처 등 관계기관 협의)를 거쳐 보완하여야 한다.
6) 기존 기초 저면의 지지층을 기초의 일부로 활용하고자 할 경우, 수중 노출에 따른 지반정수가 변성되지 않도록 보호조치를 하여야 한다.
7) 파일 기초에서 기존 기초파일이 수중에 노출될 경우 부식, 부유물 충돌에 따른 훼손 등으로부터 보호시설의 설치를 원칙으로 한다.
8) 수중노출된 파일을 보호하기 위하여 콘크리트 채움등 확대기초의 규모를 키울 경우, 파일의 부담 증가에 대한 안정이 검토되어야 한다.
9) 하부구조를 보강 및 개축한 경우 반드시 세굴방지공을 계획하고 재시공하여야 한다.
10) 시공시 각 교각에 대하여 규모, 심도, 지지층 지반정수 등에 대하여 설계조건 결과와 비교 확인하고, 상이 할 경우 설계변경 및 전문가 검토등 적절한 조치를 취함으로써 구조물 안정을 확보하여야 한다.
11) 교량기초 보호공법은 상하부 구조형식, 하중, 수리 및 지층조건 등이 상이하므로 현장별로 안전성을 검토하여 적정공법을 적용하여야 한다.
    - 얕은 굴착시 보강공사 미적용(세굴방지공 적용)
    - 중간 굴착시 단면확대공 적용
    - 깊은 굴착시 단면확대공 또는 하부개축공 적용

2.2 수량 산출 요령

2.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	교량				
1.1	교량 및 부대시설공				
1.2	세굴방호공				
1.2.1	사석채움	현장암 유용	㎥		
		구입운반	㎥		
1.2.2	사석부설	30kg 이상	㎥		
1.2.3	사석면고르기		㎡		
1.2.4	세굴방지용 블록설치		ea		

2.2.2 일반사항

1) 교량 및 관련 부대시설공에 관한 수량산출내역은 '국도건설공사 설계실무 요령'에 준한다.

2) 기초 및 지하시설물 보호에 관한 수량산출내역은 '제2편 하천치수시설 제2장 하천호안'에 준한다.

4) 수량산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

5) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다. 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

6) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

2.2.3 사석 및 세굴방지용 블록

1) 사석품질기준은 하천공사 표준시방서를 참고한다.

2) 설치물량과 관련해서 사석부설은 ㎥ 단위로 계산하고 세굴방지용 블록은 ea 단위로 계산한다. 그리고 자재물량에 대해서는 사석부설은 ㎥ 또는 ton 단위로 계산하고 세굴방지용 블록은 ea단위로 한다.

3) 사석 자재물량을 ton 단위로 적용할 때에는 수량산출시 적용한 사석 비중(또는 단위중량)과 시방서에 제시되는 사석의 비중(또는 단위중량)이 동일하도록 한다.

2.3 단가 산출 요령

1) 교량 및 관련 부대시설공에 관련한 단가 산출 기준은 '국도건설공사 설계실무 요령, Ⅱ.공종별설계 4장 교량공'에 준한다.

2) 사석 및 세굴방지용 블록 설치와 관련된 단가 산출 기준은 '제2편 하천치수시설, 제2장 하천호안'에 준한다.

제3장 하천수문조사시설

제3장 하천수문조사시설

3.1 설계 요령

3.1.1 일반사항

가. 정의

1) 수문(水文)조사

하천 · 호수 · 늪의 수위, 유량, 유사량 및 하천유역의 강수량, 증발산량, 토양수분 함유량에 관하여 과학적인 방법으로 관찰 · 측정 · 조사 · 분석하는 것을 말한다. 다만, 「기상관측표준화법」 등 기상 관계 법률에 따른 기상관측은 제외한다.

2) 수문조사시설

물의 순환에 관한 자료를 수집하기 위한 시설 및 홍수발생 예보를 위한 시설을 말한다.

3) 기준수위표

하천의 수위를 관측하기 위해 설치한 표척을 말한다.

4) 영점(零點)표고 검정수준점

기준수위표의 영점을 결정하기 위하여 국토지리정보원고시 제2019-133호(2019.05.21. 일부개정)의 ‘수준측량 작업규정’에 따라 1등 수준점(불가피한 경우 2등 수준점)을 기점으로 2등 수준측량에 의하여 수위관측소 인근에 설치한 수위표 전용 수준점을 말한다.

5) 수위-유량 관계 곡선

한정된 횟수의 관측유량과 동일 시점의 수위와의 관계를 회귀분석하여 결정된 곡선을 말한다.

나. 적용범위

본 설계실무 요령은 하천에 설치되는 수문조사시설(수위표 등) 설치 및 유지·관리 업무에 대하여 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

2) 2차 수문조사 기본계획(2021, 환경부)

라. 참고문헌

1) 수문조사시설의 설치환경 및 유지・관리와 수문자료의 품질관리기준(2018, 환경부고시 제2018-94호)

2) 수문(水文)자료의 공인 및 저장・배포・활용 기준(2018, 환경부고시 제2018-93호)

3) 수문(水文)조사 업무규정(2018, 환경부훈령 제1344호)

4) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

마. 설계 일반사항

1) 이·치수계획을 수립하기 위해서는 장기간의 수문조사 자료가 필요하므로 지역여건 및 계획 목적에 맞는 수문조사를 실시한다.

2) 수문조사는 장기수문관측과 단기수문관측으로 나눌 수 있으며, 장기수문관측을 위해서는 영구적인 관측시설을 설치하여야 한다. 단 모니터링을 위한 수문조사, 소유역의 무계측유역의 경우는 수문모형에 의한 유출량의 검증 및 적합성 검토를 위하여 단기수문관측을 할 수 있다.

3) 수문관측소의 설치방법, 관측방법, 자료의 관리에 관한 상세한 내용은 '수문(水文)조사 업무규정(2018, 환경부훈령 제1344호)', '수문조사시설의 설치환경 및 유지·관리와 수문자료의 품질관리 기기준(2018, 환경부고시 제2018-94호)'을 준용한다.

4) 하천 유역에는 수위관측소들이 설치되어 있어 이들 자료를 수집하여 활용하는 것이 일반적이나 사업목적상 수위관측이 꼭 필요한 곳이나 사업지구 내 수위관측소가 없는 경우 수위관측소를 설치 운영한다. 이때 관할 홍수통제소와 사전 협의하고, 사업으로 인해 수문조사시설의 이설이 필요한 경우도 동일하다.

5) 장기간의 수위관측 자료는 하천 유출량 산정, 유황분석, 하천유사량 산정 등의 기초자료로 이·치수계획에서 가장 중요한 자료이다.

6) 수위관측소가 운영되고 있는 지점에서는 보통 유량, 유사량 및 수질측정을 병행하게 되며 수위-유량관계 곡선식 작성을 통한 유출량을 산정하며 유량-유사량관계식을 유도하여 유출량에 따른 유사량을 모의할 수 있도록 한다. 또한 BOD, T-N, T-P, SS 등의 수질측정 농도자료를 부하량으로 환산하기 위해서도 수위 자료가 필요하다.

7) 이와 같은 유량, 유사량, 수질항목 등은 동시 수위관측자료를 필요로 하기 때문에 장기유출량 산정, 유사퇴적량의 산정, 수질예측 등 장기적인 이수계획을 수립하기 위해서는 수위관측소의 운영이 필요하다.

3.1.2 강수량 관측

가. 관측소의 배치

1) 강수 계측망은 다우지역이나 과우지역에 치우쳐 배치하지 말고 한 유역에 내리는 지역적 분포를 대표할 수 있도록 계획하여야 한다.

2) 강수량 관측소는 전체 수계를 고려하여 효과적인 관측망이 구성될 수 있도록 하고 조사 대상 지역의 강수발생 상황이 균일하게 나타나도록 구역을 분할한다. 분할된 각 구역에 1개 관측소를 배치하되 평면 배치와 표고차를 고려하여 관측망을 구성한다. 균일한 강수 발생 상황 구역으로

분할하기 어려울 때는 조사 대상 구역을 대략 50㎢ 구역으로 분할하여 각 구역마다 1개 관측소를 설치한다.

3) 홍수예보 등을 위한 자료를 수집하기 위해서는 그 관측 밀도를 높게 하여야 한다. 즉, 댐이 설치된 유역과 같이 중요한 구역에서는 관측소를 기준밀도보다 더 조밀하게 배치하고, 도시하천 등에서는 50㎢ 당 2개 관측소 이상을 설치한다.

4) 어떤 면적에 걸친 강수량을 결정하고 분석하기 위해 설치되는 관측지점 수는 관측목적, 대상 유역면적의 크기, 강수형태, 지형, 유역의 방향성, 그리고 계절 등을 고려하여 결정한다.

5) 통상 관측지점은 경제개발과 환경문제에 균형을 맞출 수 있을 정도의 규모로 수자원을 개발하고 관리하는데 심각한 결함이 발생하지 않도록 한다. 관측지역에서 비교적 정확한 등우선도를 그릴 수 있도록 분포시키는 것이 바람직하며 세계기상기구에서 제안된 최소한의 강수 관측 밀도는 (표 3.1-1)과 같다.

6) (표 3.1-1)의 관측밀도는 다양한 지형을 갖는 나라들의 평균적인 기준으로서 우리나라와 같이 지형 및 해양 기후의 영향을 받는 지역에서는 보다 정확한 강수 관측을 위해 밀도가 더 높고 자기화 된 관측 장비를 설치하여야 한다.

< 세계기상기구에서 추천한 강수 밀도(WMO, 2008) >

(표 3.1-1)

지 역	최소관측밀도(㎢/관측소)	
	보통 우량계	자기 우량계
해안 지역	900	9,000
산지	250	2,500
내륙 평원	575	5,750
구릉지/파상 지역	575	5,750
작은 섬 지역	25	250
도시 지역	-	10~20
극 지역/건조 지역	10,000	100,000

나. 설치장소의 선정

1) 설치장소는 원칙적으로 현지답사를 실시하여 아래 조건이 만족될 수 있도록 후보지점별로 비교분석한 후 구체적인 설치장소를 결정한다.

가) 사방 약 10 m 이상 넓이의 평활하게 개방된 토지로서 바람방향의 변화가 적은 곳

나) 물이 고일 염려가 없는 곳

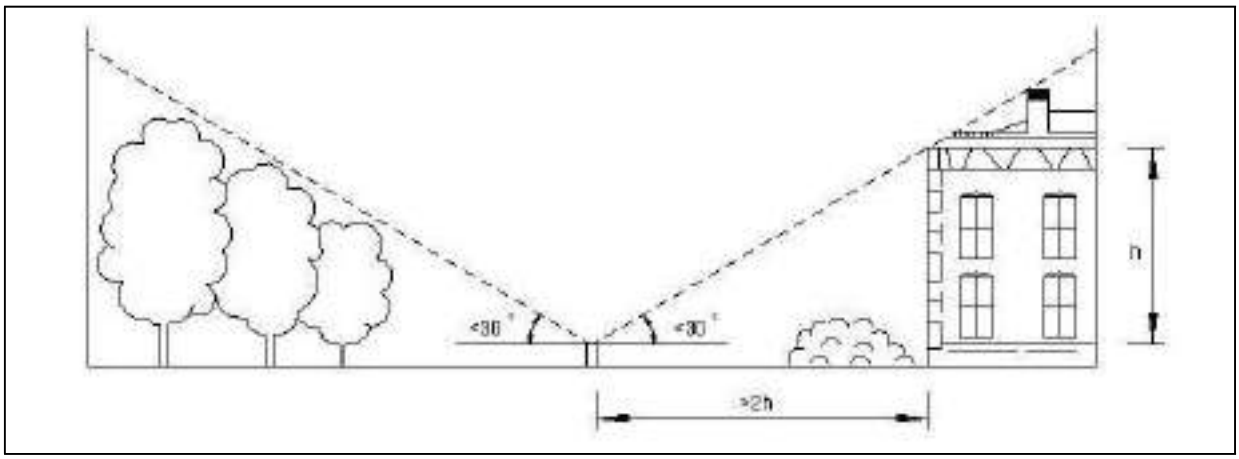
다) 관측이 편리하고 인근에서 지속적인 관측원을 고용하기 쉬운 곳

라) 인접 관측소 지점과 적절한 거리를 유지하는 곳

2) 설치장소는 유지관리가 쉽고 장기간 계속해서 관측이 가능한 안전한 장소이어야 하며, 관측 부지 및 관측원의 확보가 쉬운 지점을 택한다. 관측지점은 급경사 지대를 피하고 지형 붕괴 등의 영향을 받지 않는 지점으로 한다.

3) 가까운 주변에 건물이 있거나 커다란 수목이 있는 경우에는 바람의 영향으로 인해 강수량 관측치가 영향을 받는다. 기상청의 지상기상관측지침에 따르면 이 영향 범위에 대해서는 정설이 없으나 지면이 평탄하고 기류가 수평이 되어야 하므로 장애물이 없는 600㎡ 이상의 평지를 만들어 그 안에 설치하도록 하고, 건물과 수목의 높이를 고려하여 충분히 떨어진 장소에 계기를 설치하도록 한다.

4) 이상적인 관측을 위하여 관측지점의 노출 및 개방 정도는 인접한 장애물, 즉 수목, 장벽, 또는 다른 독립 물체에 의하여 발생한 바람의 난류와 와류에 의하여 영향을 받지 않도록 결정한다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 관측기기에서 장애물까지의 이격거리가 (그림 3.1-1)과 같아야 한다. 세계기상기구에 따르면 이격거리가 장애물의 높이보다 최소한 2배 이상이어야 하며, 관측소에서 바라본 주변 물체의 각도는 30～45° 이내의 범위에 들어오도록 해야 한다.



(그림 3.1-1) **〈 강수관측 지점 선정을 위한 장애물의 범위 〉**

5) 관측기기 주변의 지표면은 잔디 등으로 초지를 형성하여 빗방울이 튀지 않도록 한다. 반면에 과도하게 사방으로 노출된 지역에서는 잔디로 피복한 지형을 축조하여 설치하는 것이 바람직하다.

6) 요지(凹地) 등으로 주변의 물이 흘러들어 오거나 배수가 불량하여 물이 고이게 되는 장소는 우량계에 물방울이 튀어 들어갈 수 있으므로 피해야 한다. 호우 시에는 평상시에 예상하지 못했던 방향에서 빗물이 흘러들어 오는 경우가 있으므로 관측소는 그 주위지 반보다 약간 높게 하고 좋은 배수로를 만들어야 한다.

7) 관측소 근처에 수목, 공장 등에 의한 먼지나 티끌에 의해 수수구가 막힐 염려가 없고, 또한 관측

과 순회 점검 시 통행이 쉽고 안전하여야 하며 통신 연락도 용이해야 한다. 전화나 감시용 장치(CCTV)가 설치되는 곳은 홍수예보 등을 위한 통보에 편리한 곳이어야 한다.

8) 기상조사를 위해서는 설치 예정지점의 기상상황을 미리 근처 관측소의 자료나 탐문 등 을 통해 파악한다. 조사 항목은 강우량 외에 기온, 적설, 풍향, 풍속 등을 고려한다. 또한 그 지역 사회에서 오랫동안 살아온 지역주민들로부터 호우 시 관측지점의 침수 가능성 등 관측에 지장을 초래할 내용을 탐문 조사하면 관측소 선정에 참고가 된다. 특히 도시지역에서는 관측의 편리만을 고려하여 건물의 옥상에 관측기를 설치하는 등 설치장소를 임의로 결정하는 일이 없도록 한다.

9) 관측기기를 보호하기 위하여 특별히 시설 전체에 대한 보호망이 필요하고, 관측지점에 따라 사정이 여의치 않을 경우라도 관측지점의 위치 변동은 최소한으로 줄여야 한다. 위치를 변동할 경우는 그 변동 사항을 명확히 기록하여 향후 각종 수문 분석에 이용되도록 하여야 한다.

다. 관측 설비

1) 측정기계

가) 강수량 관측용 계기는 기상법, 기상측기 검정규정, 그리고 수문조사 업무규정에 합격한 것이라야 한다.

나) 기상법, 기상측기 검정규정, 그리고 수문조사업무규정에 적합한 강수량 관측용 계기는 다양한 종류가 있으나, 보통 사용하고 있는 계기는 보통우량계, 자기우량계, 보통설량계, 자기설량계 등이 있다.

2) 수수구

가) 우량계의 수수구(受水口) 직경은 20 cm를 표준으로 하며 수수구는 반드시 수평으로 설치한다. 수수구의 높이는 계기의 종류에 따라 높이가 정해져 있으므로, 해당 기준에 크게 벗어나서는 안 된다.

나) 우량계의 수수구 내경은 보통 20±0.6 cm로 되어있으나 산지와 같은 곳에 설치하는 장기관측용 우량계 수수구의 내경은 10 cm가 사용되기도 하며, 그밖에 14.14 cm를 사용하는 경우도 있다.

다) 산지의 경사면에 설치하는 우량계일지라도 수수구는 항상 수평으로 설치한다. 수수구의 높이는 낮을수록 좋으나, 계기의 구조(특히 배수방식)와 강우 시 지면에서 빗방울이 튀겨 들어가는 것을 방지하는 측면에서 결정한다.

라) 보통우량계 수수구의 높이는 지상 20 cm이다. 그러나 보통우량계를 포함한 수수구의 높이는 현지여건이나 우량계의 종류에 따라 조정할 수 있다. 또한 지면에서 빗물이 튀어 들어가는 것을 방지하기 위해 수수구의 주위 사방 1 m에 잔디를 심고 짧게 깎아주는 것이 좋다. 그리고 바람의 영향이 현저하다고 생각되는 관측소에는 수수구에 바람막이(wind shields)를 설치할 필요가 있다. 한냉지에서는 적설깊이 및 배수의 동결에 유의하여 수수

구의 높이를 결정한다.

마) 적설관측은 바람과 지형지물의 영향을 받기 쉬우므로 우량관측의 경우보다 관측에 더 많은 장애가 생긴다. 강설계에는 바람방지기를 설치하여 바람의 영향을 줄이고, 특히 눈이 많이 내리는 지방에서는 수수구가 강설에 의하여 완전히 묻혀버릴 염려가 있으므로 항상 적설면보다 1 m 정도 높게 설치한다.

3) 기록장치의 위치

가) 자기용 기록장치는 원칙적으로 옥내에 설치하여야 한다. 그러나 부득이 옥외에 설치하여야 할 경우에는 견고한 기초에 설치한다.

나) 기록장치를 설치할 때에는 동파되지 않고, 수수구에 고인물이 증발되지 않도록 유의하여야 한다.

다) 바람, 비, 흙의 동결 등에 의하여 기울어지지 않게 견고한 기초를 할 필요가 있으며, 계기를 수평으로 설치한다.

4) 보통우량계의 병설 및 표지

가) 원칙적으로 자기우량계에는 보통우량계, 자기설량계에는 보통설량계를 각각 병행하여 동시에 설치하여야 한다.

나) 최근의 무인 관측시스템처럼 기본적으로 보통우량계를 병설하고, 자기우량계를 병설하거나 인접지점에 위치하도록 하여 관측 자료의 신뢰성 증대와 결측 자료의 보완이 가능하도록 하여야 한다.

다) 관측소에는 관측소명, 수계, 하천명, 설치자명, 설치년월일, 관측소 소재지, 위도, 경도, 표고, 관측소번호, 관측목적, 그리고 관측원 이름을 기록한 표지판을 설치하고 필요한 경우에는 주위에 울타리 등을 설치하여야 한다.

5) 관측소 대장

가) 관측소 관리기관은 강수량 관측소 대장 및 위치도를 작성하여 보관한다.

나) 관측소 대장에는 관측원, 관측소 위치, 시설평면도, 시설구조도 등의 도면이 작성되어 있어야 하며 관측소의 모든 변화를 알기 위하여 기종(器種), 영점표고, 관측 위치 등이 변경되는 경우에는 그 사항을 기록하여 두어야 한다. 또한 주변 식생에 현저한 변화가 있는 경우에도 그 내용을 대장에 기입한다.

다) 관측소 대장에 기록해야 할 세부항목은 관측소명, 수계, 하천명, 설치자명, 관측개시 연월일, 관측소 소재지, 위도, 경도, 표고, 관측소번호, 관측소 사진, 관측원, 기종, 원부보관장소, 관측기록 및 관측기록 발송부처 등이다. 위치도는 1:5,000~1:50,000 축척의 지형도를 이용하여 관측소의 위치 등을 표시한다.

3.1.3 수위 관측

가. 수위관측 개요

1) 수위란 수면의 높이를 기준면에서 측정한 것을 말하며, 하천의 수위는 유량의 변화나 하상의 변동에 따라서 변화한다. 또한 하구에 설치된 수위관측 시설은 조석의 유무에 따라 수위에 영향을 미치며, 저수지나 호소의 경우는 바람의 영향에 따라 수위에 영향을 미칠 수 있다.

2) 홍수예보시스템에 의해서 관리되는 수위관측소에서의 수위는 매 10분 마다 관측되고 있으며 홍수시 수위관측은 홍수예보에 중요한 정보를 제공한다. 또한 갈수시에는 수자원 이수관리에 사용된다.

3) 상류와 하류에서 순간관측시간의 상호관계를 뚜렷이 하기 위해 수위는 기준면에서 측량한 값으로 한다. 이를 위해 수위관측소에는 영점표고 검정수준점을 설치하고 수위표의 영점표고를 정확히 측량하여 기록하고 관리하여야 한다.

4) 수위관측은 수면의 높이를 보통수위표(목자판)에 의해 직접 읽는 보통관측과 자기수위계에 의한 자기관측으로 분류된다. 자기관측소에서는 자기수위계와 함께 보통수위표를 설치하는 것이 원칙이다.

나. 수위계 및 관측시설

수위계에는 연중 계속하여 수위를 관측하는 자기수위계와 보통수위표가 있고, 홍수 등 특정시기에 수위를 관측하는 가(假)수위표(보조수위표)가 있다.

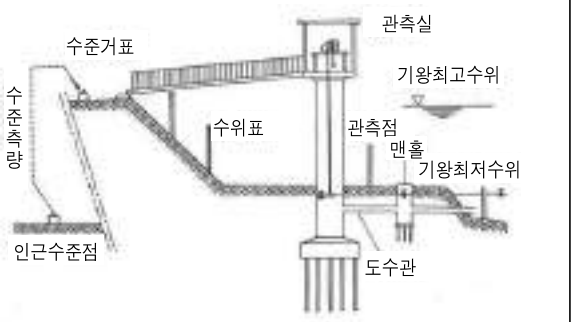
1) 자기수위계

자기수위계는 직접수위계와 간접수위계로 크게 분류된다. 직접수위계는 바늘식, 부자식, 추선식 수위계(wire weight gauge) 등이 있으며, 간접수위계는 수위에 비례하는 압력, 전기 및 기타 신호를 출력시키는 장치로 압력식, 음파식, 광파식 수위계 등이 있다.

한편 자기수위계는 견고한 기초위에 설치하거나 교량의 교각 등에 매달아 설치하며 자기수위계 기기가 설치되어 있는 주요부는 침수가 되지 않도록 하여야 한다.

가) 부자식 수위계

부자식 수위계는 부자를 수면에 띄워 수위의 변화에 따라 강선으로 연결된 부자의 상승·하강으로 측정되어지는 설비이다.



(그림 3.1-2) **〈 부자식 수위관측소 〉**



(그림 3.1-3) **〈 괴산 수위관측소 〉**

나) 음파식 수위계

음파를 유도하는 도파관 상부에 음파발신기를 설치하여 수면으로 부터의 반사파를 측정하여 수심을 측정하는 설비이다.

다) 리드식 수위계

수중에 측정주를 세워 그 속에 자석이 붙은 부자와 일정 간격으로 줄이은 리드 스위치를 배치한다. 수면의 상하에 따라서 자석이 상하로 움직이므로 그 자력선에 영향을 받은 리드 스위치가 작동된 상태(ON)로 된다. ON 스위치 위치를 검식하여 수위를 측정하는 장치이다.

라) 압력식 수위계

수위의 변화에 따라 수주에 설치된 수압부가 받는 수압의 변화를 기계적으로 측정 또는 감압 소자에 의하여 전기신호로 변환, 수심을 측정하는 장치이다.

마) 기포식 수위계

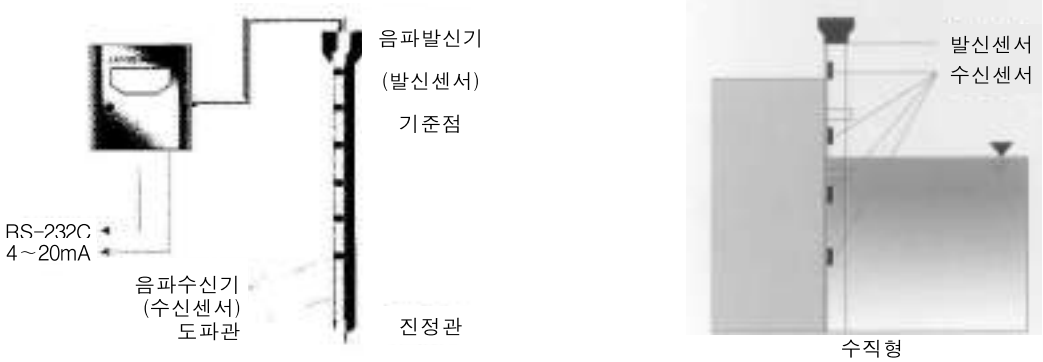
수위와 수압이 비례하는 원리를 응용하여 수주압 측정관에 채워진 물을 배출하는데 필요한 압축 기체의 압력을 측정하여 수위로 환산하는 방법으로 측정하는 장치이다.

바) 초음파식 수위계

고정형 초음파유속계(ADVM, Acoustic Doppler Velocity Meter)는 초음파 송수파기를 수면의 연직상방에 달아 초음파가 수면에 부딪혀 돌아올 때까지의 시간을 측정, 수면과 초음파 송수파기와의 거리를 측정하는 것으로 수면과 전혀 접촉하지 않는 방법으로 측정하는 장치이다.



(그림 3.1-4) **< 초음파수위계 및 관측국사(한강대교) >**



(그림 3.1-5) **< 초음파 수위계 측정원리 및 설치방법 >**

< 수위계 종류에 따른 특징 및 고려사항 >

(표 3.1-2)

방 식	특 징	고려사항
부자식	- 가장 널리 사용되는 방식 - 원리가 단순하고 기계식으로 작동하여 고장시 대응 용이 - 부자와 추, 도르레, 철선을 사용 - 관측정을 설치하여 정수면 형성	- 대하천 설치 시 비용이 고가 - 토사가 많이 쌓이는 곳은 유지 관리 곤란 - 각 구성부분 사이의 마찰, 철선의 미끄러짐 현상으로 오차 발생
압력식 (기포식)	- 관측정 설치 비용이 너무 과다한 장소에 설치 - 하상이 모래로 되어 있어 토사에 의한 도수구 막힘이 빈번한 장소에 설치 가능 - 정수역학 이론 이용(압력은 수심에 비례) - 압력 전달 방법으로 가스 사용 가능	- 온도 변화, 물에 용해된 물질에 의해 물의 밀도가 변하는 경우 그 영향을 보정해야 함 - 가스를 사용하는 경우 가스의 weight 변화 고려 필요 - 기온, 기압, 고도, 물의 밀도에 따라 오차 발생 - 고장시 대응 곤란
음파식	- 토사가 많이 쌓이는 장소에도 설치가능(수면과 접촉할 필요없음) - 부유물, 얼음 등이 도수관에 충격을 자주 가하는 장소에 설치 가능 - 적은 비용으로 손쉽게 음파변환기 설치 가능 - 실시간 원격 관측 가능 - 관측정(stilling well)이 필요없음 - 측정범위 : 10m, 오차 : ±30mm	- 기온의 영향 민감 - 동절기 서리, 결빙으로 인한 오차(전열기 사용 필요) - 물결에 의한 오차(평균으로 해결) - 고장시 대응 곤란

2) 보통수위표(목자판)

수위표에는 연중 계속하여 수위를 관측하는 보통수위표와 홍수기 등 특정시기에 수위를 관측하는 보조수위표가 있다. 수위관측은 보통수위표(또는 목자판)에서 읽은 값을 기준으로 하고 자기수위계 값이 보통수위표 값과 다르면 자기수위계 값을 수정한 후 수정내역(수정일시, 사유 등)을 기록하여야 한다.

가) 규격

(1) 목자판 수위표의 재질은 물에 잘 부식되지 않는 재질(예: 스테인레스, 알류미늄, 에나멜 철판 또는 강화 플라스틱판)에 눈금판 눈금단위는 1㎝ 로 표기하고 야간이나 홍수시에도 확인이 가능하도록 10㎝ 및 1m 단위도 같이 표시하여 콘크리트 또는 목재지주에 부착, 관측자가 읽기 쉽게 제작되어야 한다.

(2) 목자판 표준규격

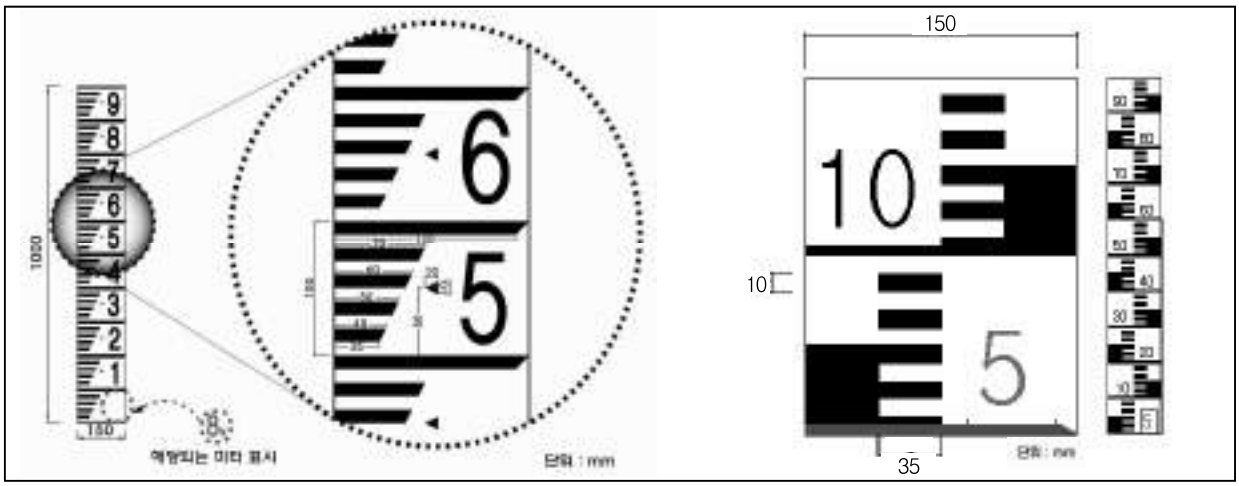
- 목자판의 규격은 넓이 15~16㎝, 두께 2~3㎝, 길이 1~2m, 흑색(m 단위는 적색)으로 도장한다. (최근 도입된 금속판의 경우에는 두께 및 길이를 현지의 설치여건을 고려하여 변경할 수 있다)
- 표면은 방부제를 도장하여 부식을 방지하며, 페인트를 사용시 3회 이상 도장한다.

나) 목자판 설치

(1) 기둥은 콘크리트 말뚝 또는 철강재 말뚝을 사용해서 견고하게 고정하며, 너무 길지 않는 것이 좋다.

(2) 수위표 최고눈금은 제방이 없는 경우 계획홍수위 및 기왕최고수위보다 1m 이상, 제방이 있는 경우 50㎝ 이상 높게 한다.

(3) 수위표 영점은 최저수위보다 1m 이상 낮게 하고 영점표고검정수준점에 의해 영점표고를 측량하여야 한다.



(그림 3.1-6) **< 보통수위표 목자판 규격 >**

3) 보조수위표 설치

가) 홍수시 홍수예보 업무를 돕고 수문자료를 보충하기 위하여 이미 설치되어 있는 수위표 지점 사이의 중요지점 또는 지류의 중요지점에 설치하여 주로 홍수시 관측을 실시한다.

나) 유량측정을 실시하는 수위계 지점의 수면경사를 구하기 위해 현지 여건을 고려하여 상하류 지점간의 수위차가 30~50㎝ 정도가 되도록 기설 수위계 지점 상·하류 약 1㎞ 내외지점에 보조수위표(일명 가수위표)를 설치한다.

다) 유량측정시마다 수위를 관측하여 수면경사법에 의한 유량을 산정하여 실측한 유량과 비교·검토하여 유량분석자료로 활용한다.

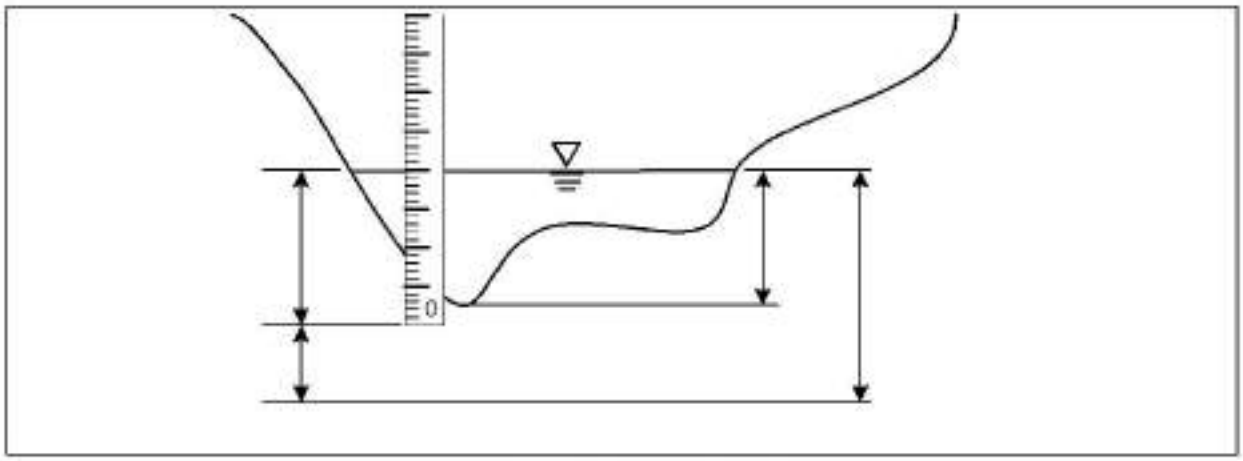
4) 수위표 영점표고

가) 수위표 영점표고는 최대갈수위 이하로 결정하며, 하상굴착계획이 있는 경우에는 그 영향을 고려해서 설치한다.

(1) 수위가 영점수위 이하(마이너스 수위, 負値)로 표시되는 것을 피하기 위해서다.

(2) 하상저하 등으로 (-)치가 나오는 경우는 (-)치로 읽든가 새로 더 낮추어서 설치하든가 해야 한다. 이러한 착오를 없애기 위해서 수위관측소를 설치할 때는 영점표고를 1m 정도 내려서 설치하는 것이 좋다.

나) 수위계 영점표고는 일관성 있고 원활한 수위자료 관측과 수문분석을 위해서는 특별한 사유가 없는 한 수위관측소의 영점표고는 변경하지 않는 것으로 하며, 영점을 변경할 경우에는 나중에도 확실히 알 수 있도록, 변경깊이, 변경년월일, 변경사유, 변경내역 등을 관측소 대장에 정확히 기입해 두어야 한다.



(그림 3.1-7) **< 수위관측소 수위 측정 기준 >**

5) (관측)기록부

기록방식은 관측기기 종류에 알맞은 방식을 쓴다. 자기기록지에 아날로그 방식을 사용하거나 디지털 방식으로 수치를 기록하는 방식도 있다. 자기기록 외에 반도체 메모리 등의 기록장치에 의한 기록도 있다.

디지털 기록방식은 전원이 반드시 필요하므로 중요한 관측소에서는 아날로그 기록방식과 병행하여야 하며 동시에 낙뢰나 정전 등에 대한 대책을 강구하여야 한다.

6) 관측시설

수위관측시설은 수위계와 통신시설 등을 보관하고 운영하는 관측국사, 하천의 물을 이끄는 도수관, 수위계의 부자가 위치하는 관측정, 표고의 기준이 되는 영점표고검정수준점, 하천의 수위를 눈으로 직접 읽을 수 있는 보통수위표(目字板), 기타 표식 및 보안시설 등으로 이루어져 있다.

7) 관측소 배치

하천관리, 하천구조물 시공과 관련하여 하천 구간내의 필요한 장소에 하천 수위를 측정할 수 있도록 수위관측소를 설치한다. 특히, 주요 지류 또는 과천의 분·합류 전후, 보, 수문 등의 상하류에 수위관측소를 설치하여 하천수위의 변화 양상을 측정한다. 수위관측소는 다음과 같은 장소를 조사하여 설치한다.

가) 유로 및 하상 변동이 적은 장소

나) 유로 만곡이 없는 장소

다) 접근이 용이한 장소

라) 갈수시에도 물이 마르지 않는 장소

마) 유량측정 병행 지점의 경우 유량측정이 용이한 장소

다. 수위 관측

관측방식에는 보통관측, 자기관측 시스템에 의한 관측이 있다.

1) 보통관측

수위표를 목측으로 정해진 시각에 매일 관측한다. 그러나 동절기에 어둠과 추위 때문에 정확도가 저하될 수 있고 관측소 접근에 위험 등이 예상되면 수위변화 양상을 판단하여 관측시각을 변경해도 좋다. 관측 결과에는 다음 사항을 정확히 기입한다.

가) 관측소명

나) 년, 월, 일, 시간(분단위 까지)

다) 수위(m 단위로 소숫점 이하 2자리까지)

라) 관측자명

2) 자기관측

자기관측이란 기록기를 가진 계기에 의한 관측을 말한다.

3.1.4 유량 측정

하천의 유량측정은 수자원의 효율적인 관리 및 배분과 강우-유출관계를 규명하기 위한 기초 작업이며, 장기간에 걸쳐 관측된 신뢰성 있는 유량자료의 획득은 대단히 중요하다.

유량측정을 장기간 연속적으로 관측하는 것은 강수관측이나 수위관측과 같이 기술적, 경제적으로 어려운 일이다. 따라서, 한정된 횟수의 관측유량과 그 시점의 하천수위와의 관계인 수위-유량관계곡선을 작성해 두면, 이후에는 관측된 수위로부터 유량을 측정하지 않고도 유량을 환산할 수 있다.

수위관측과 더불어 유량측정을 실시하여 개략적인 평 · 갈수량을 추정하고 이수계획수립에 활용한다. 평 · 갈수 유량측정은 보통 1일 2회 측정하며 10회 이상 측정하여 저수위에 대한 수위-유량곡선식 작성에 적용한다. 홍수량은 매시 관측을 통하여 홍수수문곡선을 얻어야 한다. 여기서 중요한 점은 첨두홍수량을 정확히 측정해야 하므로 홍수시 민감한 수위변화에 대비 하여 측정계획을 철저히 수립해야 한다.

유량 측정과 관련된 상세내용(관측시기 및 관측장비, 측정방법, 측정성과 분석 등)은 '하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)' 과 '수문(水文)조사 업무규정(2018, 환경부훈령 제1344호)', '수문조사시설의 설치환경 및 유지·관리와 수문자료의 품질관리기기준(2018, 환경부고시 제2018-94호)' 의 관련 규정에 따른다.

3.1.5 유사량 측정

유사량 측정은 이론적으로 소류사(掃流沙)와 부유사(浮遊沙)를 합산한 값으로 정의된다. 그러나 측정장비의 특성으로 측정된 소류사와 부유사를 단순히 합산하지 않고 별도의 식을 이용하여 보정한다.

소류사의 측정이 부유사 측정보다 어렵고 정확도도 낮기 때문에 일반적으로 부유사만 측정하고 하천의 부유사 농도, 하상토의 입경분포, 수심 에너지경사 등을 이용하여 총 유사량을 구한다.

유사량 측정과 관련된 상세내용(관측시기 및 관측장비, 측정방법, 측정성과 분석 등)은 '하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)' 과 '수문(水文)조사 업무규정(2018, 환경부훈령 제1344호)', '수문조사시설의 설치환경 및 유지·관리와 수문자료의 품질관리기기준(2018, 환경부고시 제2018-94호)' 의 관련 규정에 따른다.

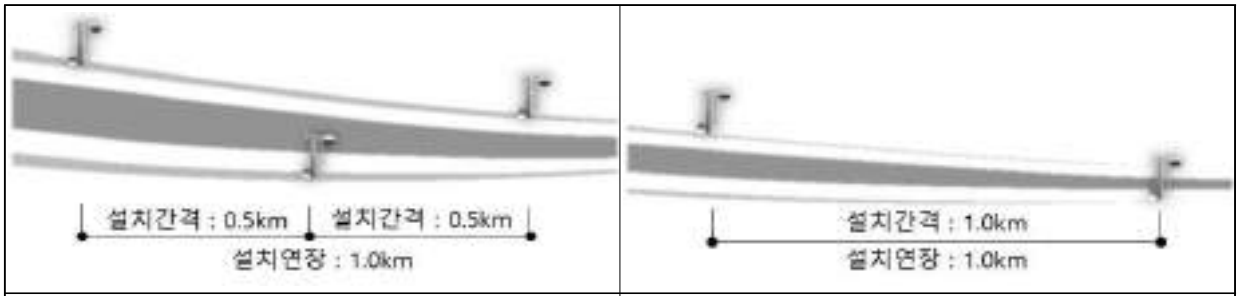
3.1.6 하천 실시간 모니터링

하천 실시간 모니터링은 CCTV 등 현장설비 및 통합관리시스템을 구축하여, 재난 발생시 침수피해, 하천수위, 하천시설물 상태 등 하천 상황을 실시간으로 모니터링 함으로써 위험상황의 전파 및 효율적인 의사결정을 지원하고, 평상시 하천구역내 불법행위 및 안전사고에 대한 감시 및 관리 기능을 위한 양질의 영상정보 확보로 대국민 서비스질을 향상시키 위한 사항으로 CCTV 등 시설물 설치시 고려사항은 다음과 같다.

가. CCTV 설치간격 및 위치

1) 설치간격

설치 간격은 하천폭, 도시화 정도, CCTV 가시거리 등을 고려하여 도심지 구간은 1km, 농경지와 산지구간은 1~2km을 원칙으로 하되, 하폭이 1km 미만인 하천의 경우 지그재그로 설치한다.



하폭 1.0km 이상	하폭 1.0km 미만

(그림 3.1-8) **< 도심지구간 CCTV 설치간격 예시도 >**

2) 설치위치 선정시 고려사항

설치 위치 선정시에는 홍수피해 우려지점 등 재해 예방이 필요한 지점, 불법 및 범죄행위 방지, 하천 환경 보전을 위해 필요한 지점을 우선 선정해야 한다. 다만, 장래 하천 제방 축제 및 보축계획을 고려하여 위치를 선정해야 하며, 기존 설치지점과의 중복 설치여부 등도 면밀히 확인 후 선정

해야 한다.

가) 현재 홍수 예보지점 및 최근(2~3년간) 피해발생 지점

나) 제방고, 교량형하고 등이 설계기준에 미달되어 피해발생 예상 지점

다) 내수배제 불량에 따른 침수피해 예상 지점

라) 다기능보, 배수펌프장, 수문, 선착장, 갑문 등 집중관리가 필요한 지점

마) 만곡부, 지류하천 합류부 등 유량이 변화되는 지점

바) 유지관리도로가 단절되어 접근이 어려운 취약구간 등

사) 이용자 밀집도가 높은 다목적광장, 체육시설 등 대규모 친수시설

아) 범죄행위, 불법경작, 쓰레기투기, 시설물 설치 등 단속 필요 지점

자) 수위 · 유량 측정, 세굴 · 퇴적 모니터링, 녹조 등 하천환경 조사가 필요하고 향후 고도화 사업과 연계할 수 있는 지점

나. 현장설비

효율적인 운영관리 및 설비 점검・정비 등 유지관리 사항을 고려하여 CCTV, 통신설비, 수전설비, 종합상황실 등으로 구분하여 구축하되, 현지여건을 고려하여 하천관리청이 결정한다. 다만, 카메라의 경우, 최소한 야간에도 촬영이 가능한 적외선(Infrared Ray)기능과 방향 및 확대/축소를 원격으로 제어할 수 있는 기능(PTZ, Pan-Tilt-Zoom)이 포함된 200만 화소 이상의 카메라를 설치토록 한다.

3.2 수량 산출 요령

3.2.1 일반사항

1) 수문조사시설에 관한 기본적인 토목 수량은 ‘국도건설공사 설계실무 요령’을 참조하여 산출한다.

2) 수량산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

3) 수량산출은 산출근거에는 소수점 2자리로 계산하여 계(計)에는 소수점 한자리까지 산출하고 이하 절사한다. 단, 강재, 철근 등은 소수점 3자리까지 산출한다.

4) 각 공종별 수량은 반드시 해당 공종의 단가 구성을 확인하여 중복 계상하지 아니한다.

3.3 단가 산출 요령

1) 수문조사시설에 관한 단가 산출에 있어 일반 공종 단가는 건설공사 표준품셈 적용을 원칙으로 하고, 관측기기 구입 및 설치단가는 전문업체에 의한 견적 단가를 적용한다.

제4장 하천기타시설

제4장 하천기타시설

4.1 설계 요령

4.1.1 일반사항

가. 정의

하천기타시설은 공종별 주된 공사를 시행함에 있어 필요한 부수적인 시설을 의미한다.

나. 적용범위

본 편의 '하천기타시설' 은 주요 공종별 주된 공사를 제외한 공통된 부수적 공정에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

4.1.2 하천기타시설

가. 가설공

1) 가설사무소

가설사무소에는 현장사무실(감리, 감독관, 공사시행자), 기자재 창고, 숙소 등을 설치할 수 있으며, 규모는 '건설공사 표준품셈' 및 현장 여건을 고려하여 결정한다.

나. 운반공

1) 운반공은 공사 현장으로 반입되는 자재 및 공사용 장비의 운반에 대한 규정으로 해당 현장의 위치와 주변 도로 여건에 따라 산정함을 원칙으로 한다.
2) 운반장비 및 운반속도는 '건설공사 표준품셈' 의 기준에 따라 도로 여건 및 적재·공차를 구별하여 각각 적용한다.
3) 중기운반의 경우 투입되는 장비에 대해 트럭트레일러의 운반 또는 자주식 운반 등으로 구분하여 장비 운반에 필요한 비용을 산출한다.
4) 자재운반은 필요한 자재에 대하여 현장으로 운반하는 비용을 말하며, 재료 및 자재단가에 운반비가 포함되는 경우 이를 포함하여 산출할 수 있다.

다. 구조물깨기공

1) 구조물깨기공은 공사 구간내의 지장물, 구조물 철거를 위한 것으로, 기존 도면이 있을 경우 도면에 의해 수량을 산출한다.
2) 적용대상은 철근콘크리트 구조물 깨기, 무근콘크리트 구조물 깨기, 석축 헐기, 기존 호안블록 헐기, 돌망태 철거, 가옥 철거 등이며, 현장 여건에 따라 필요한 항목에 대하여 추가 적용한다.
3) 돌쌓기 및 돌망태 등의 철거에 따른 자재(깬돌, 사석, 망태석 등)는 현장 내에서 재활용 할 수 있도록 검토한다.

라. 기존도로 및 시설물 유지보수

사업구간내 포함되는 기존도로 및 시설물이 중차량 통행 등 공사로 인해 파손, 기능저하가 우려될 경우 감독관과 협의하여 복구 또는 재설치 비용을 설계에 반영할 수 있다.

마. 축중기

1) 건설현장에서 덤프트럭의 과적행위를 방지하기 위하여 10톤 이상의 중량을 측정할 수 있는 축중기를 설치하여야 한다
2) 축중기 설치・운영, 적용범위, 대상현장에 대해서는 '건설현장 축중기 설치지침(국토교통부)'을 기준으로 한다.

바. 환경관리시설

1) 세륜시설 설치

가) 공사현장 외부로 작업용 차량의 출입이 있을 때 공사 현장의 출입구에 세륜시설을 설치하여야 한다.

나) 종류는 자동식 세륜시설, 수조를 이용한 세륜시설이 있고, 설치방식에 따라 이동식, 고정식 세륜시설로 구분이 되며, 공사기간, 공사규모, 주변환경 및 현장 여건 등을 고려하여 적정한 형식을 선정하도록 한다.

다) 설치목적에 의해 필요성을 인정되는 곳에 설치하며, 분진 및 먼지 등이 발생하기 쉬운 장소, 공사용 진입도로 및 공사현장과 기존도로가 만나는 곳 등에 위치시킨다.

2) 수질오염방지시설 설치

가) 오탁방지막

(1) 공사시 오염물질 유출에 의한 하천오염 방지를 위해 오탁방지막을 설치하여야 한다.

(2) 오탁방지막 설치는 '환경영향평가' 또는 '소규모 환경영향평가' 협의결과를 참조하여 결정한다.

(3) 준설선을 이용하여 공사를 시행하는 구간에 대하여는 준설선 주변에 오탁방지막을 설치하여 공사로 발생하는 오탁 부유물의 유출을 방지하여야 한다.

나) 침사지

(1) 토사의 유출을 최소화 하기위해 공사시 발생되는 절・성토면의 안정화 작업을 우선 시행하고 토사유출이 예상되는 지점에 침사지를 설치한다.

(2) 침사지 설치는 '환경영향평가' 또는 '소규모 환경영향평가' 협의결과를 참조하여 결정한다.

3) 기타 환경관리시설

공사시 환경관리를 위해 필요시 가설방음벽, 방진막, 살수, 오탁수 처리시설, 비점오염저감시설 등을 설치할 수 있다.

사. 기타

1) 시추조사비

공사시 토질조사가 필요할 경우 조사항목 및 수량을 설계도서에 명기하고 조사비를 반영한다.

2) 시공측량비

시공측량비는 시방서 기준에 의거 공사에 필요한 측량을 시행하기 위한 비용으로, 공사중 측량에 필요한 제반비용을 반영한다.

3) 계측비

건설공사 중 공사 중인 시설물과 유지관리 중인 시설물의 안전을 목적으로 지반계측을 통해 설계시의 불확실성을 확인하고 안전한 공사를 위한 계측비를 반영한다.

가) 계측계획은 KDS 11 10 15 지반계측 기준을 준수 해야한다.

나) 계측은 공사 특성 및 인근 하천시설물, 지장물 등의 현황을 고려하여 지반의 활동거동, 구조물의 거동, 수문상황 등으로 크게 구분하여 계획할 수 있도록 한다.

4) 정기안전점검비

가) 건설공사시 시공자는 공사 목적물 및 주변의 안전을 확보하기 위하여 안전점검을 실시하여야 한다.

나) 안전점검 실시 및 종합보고서 작성·관리 사항, 점검시기, 점검대상, 대가요율과 관련하여 '건설공사 안전관리 업무수행 지침(국토교통부)'을 고려하여 결정한다.

5) 시공상세도면 작성

가) 공사의 시공을 위하여 시공상세도면을 작성하는 경우에는 이에 필요한 인건비 등에 비용을 반영한다.

나) 건설공사의 진행단계별로 작성하여야 하는 시공상세도면의 목록을 공사 시방서에 명시하여야 한다.

6) 생태계보전협력금

생태계보전협력금은 자연환경보전법에 근거하여 부과 대상여부를 검토하고, 생태계훼손면적에 단위면적당 부과금액과 지역계수를 곱하여 산정한다.

7) 문화재 시·발굴 등에 대한 조사비

시공시 '문화재 지표조사' 결과를 준수하여 문화재 표본조사 및 시·발굴조사를 시행하여야 하며, 이에 대한 비용을 반영한다.

4.2 수량 산출 요령

4.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	부대공				
1.2	운반공				
1.2.1	중기 운반		식		
1.2.2	철근 운반		ton		
1.2.3	시멘트 운반		대		
1.2.4	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
1.2.5	골재 운반		㎥		
1.3	기존구조물 철거				
1.3.1	철근콘크리트 구조물 깨기				
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
1.3.2	무근콘크리트 구조물 깨기				
1)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
1.3.3	석축 헐기		㎡		
1.3.4	기존호안블록 헐기		㎡		
1.3.5	돌망태 헐기		㎡		
1.3.6	가옥 철거		동		
1.4	기타				
1.4.1	가설사무소 설치		㎡		
1.4.2	세륜세차시설 설치		개소		
1.4.3	오탁방지막 설치				
1.4.4	축중기 설치		개소		
1.4.5	시공측량비		개소		
1)	시공측량		㎞		
2)	시공측량말뚝		개소		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.5	기타				
1.5.1	시험비		식		
1.5.2	준공표석, 공사지 및 준공도 작성		식		
1.5.3	각종 표지판		개소		
1.5.4	가설사무실 부지임차료		㎡		
1.5.5	사토장 사용료		㎡		
1.5.6	교통정리비		식		
1.5.7	폐기물처리비		ton		
1)	폐콘크리트		ton		
2)	폐아스콘		ton		
3)	혼합폐기물		ton		
4)	임목폐기물		ton		
1.6.8	확인보링		개소		
1.6.9	구조물안내표지판		개소		
1.6.10	기타잡공사		식		

4.2.2 가설공

가. 가설사무소 설치

1) 현장사무실 등의 규모는 직접노무비 총금액에 따라 '건설공사 표준품셈' 에 의거하여 결정하며, 현장여건에 따라 조정할 수 있다.
2) 가설사무소 바닥은 보조기층(T=20cm)을 설치하고, 바닥콘크리트(25-18-8, T=10cm)로 설치한다.
3) 식당, 휴게실, 작업장 등은 현장여건에 따라 '건설공사 표준품셈' 에 의거하여 별도 계상할 수 있다.

4.2.3. 운반공

가. 중기 운반

1) 건설공사에 투입되는 장비에 대하여 비자주식 장비(트럭트레일러 운반) 또는 자주식 운반으로 구분하여 장비운반에 필요한 비용을 산출한다.
2) 해상·하천내 운반이 필요한 경우는 운반체계별로 육상운반과 구분하여 산출한다.

나. 철근 운반

1) 공장도 또는 공사 현장 최근 지역 하치장으로부터의 운반거리를 적용한다.
2) 운반거리에 따른 구역화물 운반비를 적용한다.
3) 상차비 및 하차비를 인도조건에 따라 적용한다.

다. 시멘트 운반

1) 공장도 또는 공사 현장 최기역레일도 중 현장실정에 따라 운반거리를 적용한다.
2) 운반거리에 따른 구역화물 운반비를 적용한다.
3) 상차비 및 하차비를 인도조건에 따라 적용한다.

라. 콘크리트 중량 구조물 운반

1) 공장으로부터 현장까지 운반거리를 적용한다.
2) 운반거리에 따른 구역화물 운반비를 적용한다.
3) 상차비 및 하차비를 인도조건에 따라 적용한다.

마. 골재 운반

1) 골재장으로부터 현장까지 운반거리를 적용한다.
2) 골재종류별 단위중량을 고려하여 적재량을 산출하고 운반거리에 따른 덤프트럭 운반비를 적용한다.
3) 현장내에서 소운반이 필요한 경우 현장 여건에 따라 추가 반영한다.

4.2.4 구조물 깨기공

가. 철근콘크리트 구조물 깨기(㎥)

1) 철거가 필요한 철근콘크리트 구조물에 대하여 수량을 산출한다.
(방호벽, 교량용중분대, 교량, 암거 및 날개벽, 옹벽, P.S.C BEAM 등)
2) 수량산출에서 인력, 기계로 구분하지 않고 단가산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.
3) T=30㎝ 이상과 T=30㎝ 미만으로 구분하여 수량산출 및 단가를 적용한다.

나. 무근콘크리트 구조물 깨기(㎥)

1) 철거가 필요한 무근 콘크리트 구조물에 대하여 수량을 산출한다.
(배수관 날개벽, 중력식 옹벽, 콘크리트 측구, 중분대, 집수정, 접안시설 등)
2) 수량산출에서 인력, 기계로 구분하지 않고 단가산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.
3) T=30㎝ 이상과 T=30㎝ 미만으로 구분하여 수량산출 및 단가를 적용한다.

다. 석축헐기(㎡)

1) 메쌓기와 찰쌓기를 구분하여 수량 산출 및 단가를 적용한다.
2) 기준높이 3.6m일때의 인력헐기를 기준으로 하되, 현장 여건에 따라 조정하여 적용할 수 있다.
3) 석축돌을 타 목적으로 유용할 때는 재활용 목적에 따라 소할비용 등을 별도로 계상한다.

라. 호안블록 헐기(㎡)

1) 호안블록 헐기 수량은 도면 또는 현장 실측을 통하여 산출한 수량을 적용한다.
2) 수량산출시 인력, 기계로 구분하지 않고 단가산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.
3) 인력은 호안블록 붙이기의 50%를 적용하고, 기계는 굴삭기 0.7㎥를 이용한 들어내기를 적용한다.

마. 돌망태 헐기(㎡)

1) 돌망태 헐기 수량은 도면 또는 현장 실측을 통하여 산출한 수량을 적용한다.
2) 수량산출시 인력, 기계로 구분하지 않고 단가산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.
3) 인력은 돌망태설치의 50%를 적용하고, 기계는 굴삭기 0.7㎥를 이용한 들어내기를 적용한다.
4) 돌망태돌을 타 목적으로 유용할 때는 재활용 목적에 따라 소할비용 등을 별도로 계상한다.

바. 가옥철거(동)

1) 공사 구간 내에 편입되는 가옥수를 조사하여 적용한다.
2) 단가산출은 가옥 1동당 굴삭기(0.7㎥)가 4hr 작업하는 것으로 산출함을 원칙으로 하고, 현장여건에 따라 적용한다.

4.2.5 환경관리시설

가. 환경관리비

1) 환경관리비 항목 : 가설방음벽, 방진망, 세륜세차시설, 살수, 침사지, 오탁방지막, 공사장 폐수처리시설, 골재덮개시설, 환경보전비, 기타 등

나. 세륜세차시설 설치

1) 수량 내역 : 세륜세차시설 설치(개소)
2) 세륜기의 기초설치 및 철거에 소요되는 비용은 사용장비에 따라 별도로 계상할 수 있다.
3) 세륜가동을 위한 전력 및 급수사항에 대해 현장여건을 고려하여 별도 계상할 수 있다.

다. 오탁방지막 설치

1) 오탁방지막 설치 면적(㎡) : 설치 연장(L) × 수직 길이(H)
2) 오탁방지막은 현장 여건에 따라 설치방법을 결정하여 적정한 강도의 자재(막체, 앵커, 로프 등)를 선정하여 적용한다.
3) 오탁방지막의 수직 길이(H)는 평균 수심의 1/2을 기준으로 하되 현장 여건에 따라 조정하여 적용한다.
4) 준설구간에 대한 오탁방지막의 설치는 부유토사의 정도에 따라 2~3중으로 설치함을 원칙으로 하고, 현장 여건에 따라 적용한다.

라. 기타

1) 공사시 환경관리를 위한 가설방음벽, 방진망, 살수 등의 시설은 공종별 소요수량을 산출하여 설계에 반영할 수 있다.

4.2.6 축중기 설치

1) 수량 내역 : 축중기 설치(개소)
2) '건설현장 축중기 설치지침'을 기준으로 설치수량, 대상현장 등을 결정하여 산출한다.

4.2.7 기타

가. 시공측량비

1) '건설공사 표준품셈'을 고려하여 외업 및 내업의 소요 인원을 산출한다.
2) 시공측량 말뚝 설치 기준

< 시공말뚝 설치기준 >

(표 4.2-1)

구 분	설 치 간 격
중 심 선	1개 / 측점당
제내지경계	1개 / 측점당
천단마무리	2개 / 측점당

나. 시험비

1) 설계수량에 의하여 적용하며 1식 단위로 산정한다.

2) 시험의 종류 및 실시 횟수는 건설기술 진흥법에 의하여 산정한다.

다. 공사준공 표석, 준공지, 준공도

1) 공사 준공지는 공사의 종류와 규모에 따라 작성 여부를 결정하며 필요시 이를 설계에 반영한다.

2) 준공도는 전산자료 등으로 작성·보존함을 원칙으로 하며, 준공표석은 공사내력이 표기된 화강암으로 제방의 시·종점 부근에 견고하게 설치하여야 하며, 필요한 경비를 설계에 반영한다.

라. 각종 표지판 설치

1) 공사안내표지판의 규격을 2.4m × 1.2m로 하여 식별이 용이하게 한다.

2) 설치위치는 공사 시·종점 및 진입지점 등에 설치하는 것을 원칙으로 하며 필요시 현장 여건에 따라 추가로 설치한다.

마. 가설사무소 부지임차료

1) 가설사무소의 설치 지점이 사유지일 때 적용한다.

2) 부지임차료의 산정은 가설사무소 설치에 따른 부지 면적(㎡)으로 한다.

3) 부지 면적(㎡) = 건축물 설치면적(㎡) × 3배

4) 부지임차료는 가설사무소의 설치지점에 대한 공시지가를 기준하여 산정한다.

부지임차료 = 부지면적(㎡) × 공시지가 × 임차기간(월)/12개월 × 10%

바. 기타 사용료

1) 사토장, 야적장, 제작장, 토취장, 가도부지 등의 토지임차가 필요한 경우 면적을 산출하여 사용기간과 공시지가의 일정비율(10%)을 고려하여 사용료를 설계에 반영할 수 있다.

2) 사토장의 경우 사용료와 함께 정지비를 설계에 반영할 수 있으며, 토취장의 경우 가급적 취토보상가격만을 지불하도록 하되, 부득이한 경우 복구비 등을 설계에 반영할 수 있다.

사. 교통정리비

1) 교통정리비는 공사 현장의 출입구에 통행을 제한할 수 있는 시설물이 설치되어 있지 않은 경우에 반영한다.

2) 교통정리 지점 개소 당 보통인부 1인을 기준하여 산출하되 공사예정공정표의 교통정리 필요 기간을 반영한다.

교통정리비 = 1인/일 × 노임 × 25일/월 × 개소수 × 기간(월)

아. 정기안전점검비

1) 수량 내역 : 정기안전점검비 1식
2) 안전점검비 요율은 정기안전점검비 요율과 초기점검 요율의 합으로 건설공사의 종류(수문, 제방, 호안 등)와 연장에 따라 다르며, '건설공사 안전관리 업무수행 지침(국토교통부)'의 안전점검 대가 요율을 적용한다.

자. 시공상세도면 작성비

1) 수량 내역 : 시공상세도면 작성 1식
2) 시공상세도면 작성을 위해 공사비 및 시설물 난이도에 따라 '엔지니어링 사업대가의 기준' 요율을 적용하여 산출한다.

차. 생태계 보전협력금

1) 수량 내역 : 생태계보전협력금 1식
2) 수량산출시 생태계훼손면적, 부과금액 및 지역계수를 고려하여 산출한다.

생태계보전협력금 = 생태계훼손면적 × 단위 면적당 부과금액 × 지역계수

카. 문화재 시발굴 조사비

1) 수량 내역 : 조사비 1식
2) '문화재지표조사' 결과를 참조하여 조사범위를 설정하며, '매장문화재 조사용역 대가의 기준'에 의거하여 산출한다.

타. 토취장 개발비

토취장을 개발하여 성토재를 수급할 필요가 있을 경우, 퇴취장 개발비 등을 공사비에 포함할 수 있다.

파. 확인보링 및 구조물 안내 표지판

단위는 개소로 산정한다.

하. 기타 잡공사

단위는 식으로 산정한다.

4.2.8 폐기물처리비

1) 공사 현장 내에서 발생되는 모든 폐기물에 대하여 종류별(폐콘크리트, 폐아스콘, 혼합폐기물, 임목폐기물 등)로 수량을 산출한다.
2) 건설현장에서 발생하는 폐기물의 처리는 '폐기물관리법' 및 '건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률'에 의한다.

제 7 편

하천공통설계

제1장 하천 가시설 설계

제1장 하천 가시설 설계

1.1 설계 요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

하천 가시설은 하천공사에서 영구 구조물의 축조를 위하여 임시로 설치하는 시설 또는 구조물을 의미한다.

나. 적용범위

하천공사에 있어 공사용가도, 가물막이 및 물푸기에 대한 공정에 적용한다.

구조물 설치를 위한 가설시설물의 설계는「가시설물 설계기준, 2022」및 해당 구조물의 설계요령과 편람에 준하고,「건설공사의 설계도서 작성기준, 2015」에 따라 다음과 같은 경우 구조검토를 하여야 한다.

1) 높이가 31미터 이상인 비계, 높이가 5미터 이상인 거푸집 및 동바리
2) 터널의 지보공 또는 높이가 2미터 이상인 흙막이 지보공
3) 공용되는 가설교량 및 노면복공
4) 그 밖에 발주청이 필요하다고 인정하는 가설구조물

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 환경부)
2) 건설공사의 설계도서 작성기준(2015, 국토교통부)
3) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)
4) 가시설물 설계기준(KDS 21 00 00)(2022, 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

1.1.2 사전조사

- 공사용가도 및 가물막이 계획을 위하여 토지이용, 교통현황 및 지형여건 등을 조사한다.
- 가도와 가물막이 높이 결정을 위한 수위특성(평수위, 갈수위 등)을 조사하여 기준수위를 결정한다.

1.1.3 가시설공 계획

가. 공사용가도

1) 공사용 가도는 공사용 기자재와 재료를 운반하기 위해 공사기간 동안 차량의 일시적인 통행이 필요하다고 여겨지는 구간에 설치하는 도로를 말한다.
2) 가도의 포장두께는 기층 10cm, 보조기층 20cm로 산출하며 현장여건을 고려하여 적용할 수 있다.
3) 도로공사장 교통관리지침(국토교통부, 2018. 11)을 참고하여 교통처리계획 및 안전시설물을 설치한다.
4) 공사용 가도가 영구적으로 이용되지 않을 경우 철거 및 유용계획을 수립하여야 한다. 또한, 공사기간, 하천특성 및 홍수기 유실 등을 종합적으로 고려하여 설치 및 철거 계획, 횟수 등을 설계에 반영하고, 공사 완료시 정산토록 한다.
5) 가교는 공사용 기자재, 토사 운반, 작업 공간 확보 및 차량 등의 이동을 위해 임시로 가설된 교량을 말하며, 공사계획을 고려한 가교 운영이 완료된 후 즉시 철거하여야 하며, 설치-철거 공정을 설계에 반영하여야 한다.

나. 가물막이

1) 가물막이는 수면 아래 부분의 공사를 육상공사로 실시하여야 할 때와 제방을 횡단하는 구조물 공사를 수행할 때 적용할 수 있다.
2) 가물막이 설치 시 공사구간 종방향측 전구간 설치는 지양하고, 공사의 진행에 따른 기간, 자재 반입 및 장비 출입 등을 고려하여 구간별로 설치하여야 한다.
3) 제방을 횡단하는 구조물에 설치하는 가물막이는 우기시 제방의 역할을 수행해야 하므로 재료 선정과 다짐에 있어 제방과 동일한 품질을 확보하여야 한다.

다. 물푸기

물푸기는 구조물 설치에 따른 터파기 공사와 제방 및 호안 공사에 따른 가물막이 설치 시 지하수의 용출과 하천수의 유입으로 인한 수중작업을 방지하기 위하여 적용한다.

1.1.4 가시설공 설계

가. 가도설치

1) 설치 폭·높이는 하도의 유수소통, 가물막이 공용사용 여부, 공사용 운용장비 종류와 교행, 회전 등의 작업여건, 기타 현장 여건 등을 고려하여 결정하여야 한다. 또한 중차량 이동을 고려하여 노체다짐을 적용하며, 경사로 및 주요시설 진입로 등에 대해서는 현장 여건을 고려하여 필요시 포장을 할 수 있다.

2) 하천 횡단시 퇴적, 유지관리, 가도높이 등을 고려하여 유수소통에 문제가 없도록 충분한 크기의 가배수관을 설치하여야 하며, 하천의 평수위에 해당하는 유량이 통과될 수 있도록 수위검토를 실시하여 가배수관의 직경 및 소요 개수를 산정 후 계획토록 한다.

3) 비탈면 유실방지를 위해 비탈면보호공을 설치할 수 있으며, 경제성, 환경성, 안정성, 시공성 및 현장 여건을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

나. 가물막이

1) 설치 폭은 차량 통행여부 등 현장 여건을 고려하여 결정한다.

2) 가물막이 설치계획고는 준설 기준수위('제2편 하천치수시설 제5장 하천하상정리' 참조)에 충분한 여유고를 더하여 결정한다. 제방 횡단 구조물의 가물막이를 부득이하게 홍수시 설치하여야 할 경우 제방고를 기준으로 한다.

3) 비탈면 유실 방지를 위해 비탈면보호공을 설치할 수 있으며, 경제성, 환경성, 안정성, 시공성 및 현장 여건을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

다. 물푸기

1) 구조물공사, 제방 및 호안공사 등 필요 공종별로 산출하여 적용한다.

2) 투수계수가 커서 물푸기 공사비가 과다할 경우에는 가물막이 비탈면 비닐덮기 방안도 고려할 수 있다.

1.2 수량 산출 요령

1.2.1 수량 산출 내역

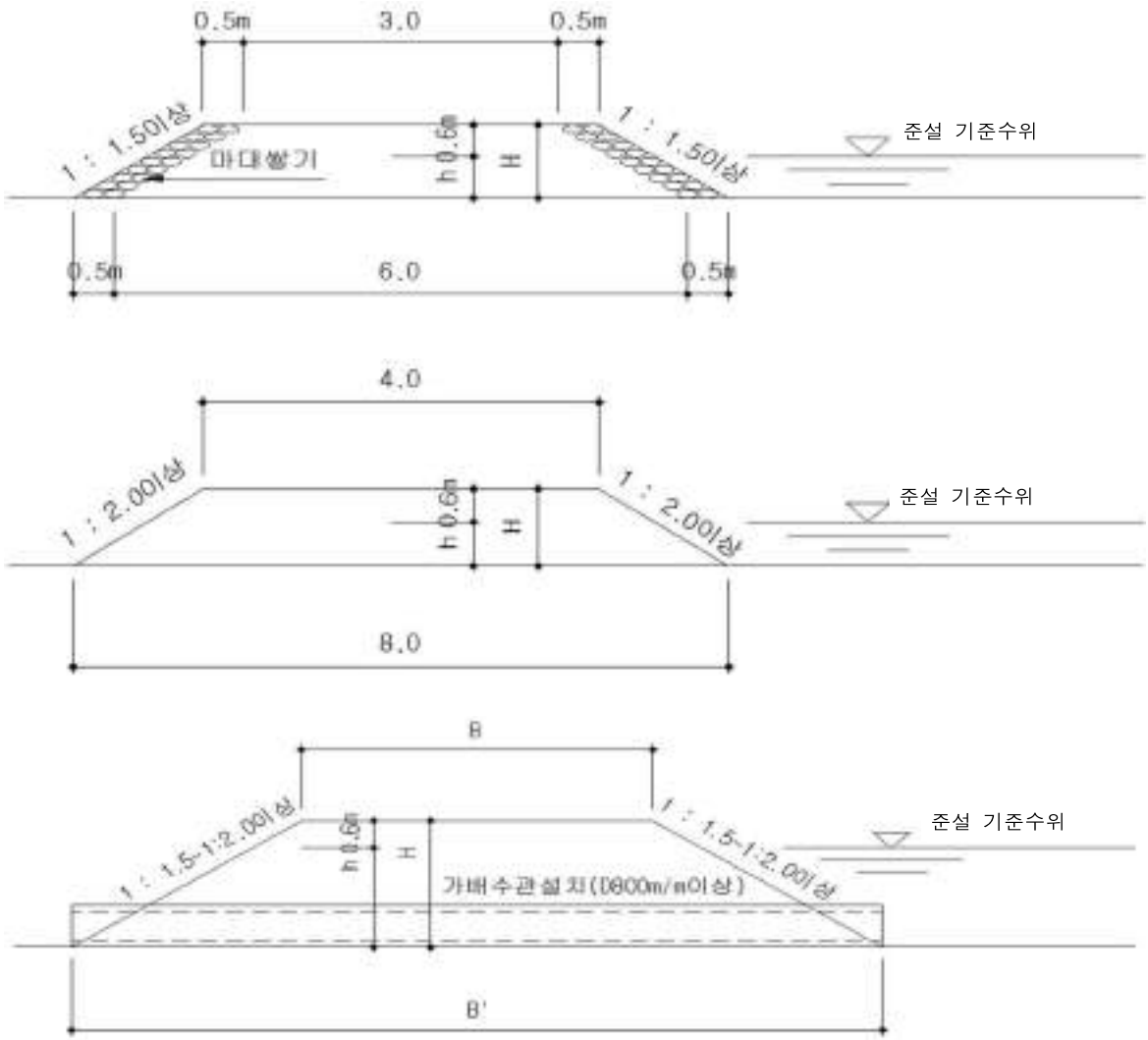
번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	하천 가시설 설계				
1.1	가도 설치				
1.1.1	흙운반 및 다짐		㎥		
1.1.2	흙쌓기 및 헐기		㎥		
1.1.3	마대쌓기		㎡		
1.2	가물막이				
1.2.1	흙운반 및 다짐		㎥		
1.2.2	흙쌓기 및 헐기		㎥		
1.2.3	마대쌓기		㎡		
1.3	물푸기		hr		

1.2.2 가도설치공

가. 가도 수량

1) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

2) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L =$ ㎡ (SLOPE=1:n)



3) 가도 설치에 사용된 토량의 유용은 순성토구간인 경우 80%를 재유용하며, 사토구간인 경우 100% 사토처리 한다.

4) 가도의 활용목적에 따라 사리부설, 콘크리트 포장 등으로 임시 포장을 적용할 수 있다.

5) 가도 철거에 따른 임시포장은 반드시 포장 깨기 및 폐기물 처리에 계상한다.

나. 공사용 가교 수량

1) 복공판 설치 면적 = $B \times L =$ ㎡

2) 철골가공조립 = H-BEAM + CHANNEL + ANGLE + PLATE+ 가드레일 = ton

3) 용접(용접구간 연장 적용) = m

4) H-PILE 항타(H-PILE 본수 적용) = 본

5) 토사 천공(토사 천공 연장 적용) = m

6) 풍화암 천공(풍화암 천공 연장 적용) = m

7) 연암 천공(연암 천공 연장 적용) = m

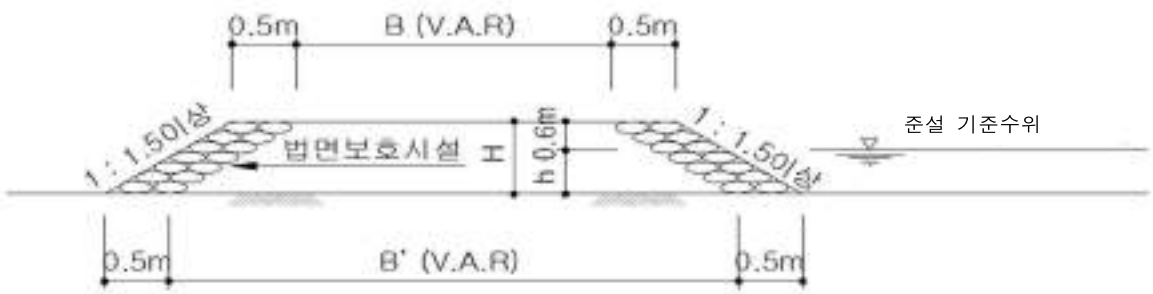
8) H-PILE 항타에 있어 지반 천공 후 항타와 직접항타를 구분하여 각각의 지층 구조에 맞는 장비를 조합하여 적용한다.

1.2.3. 가물막이

가. 수량(호안기초)

1) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

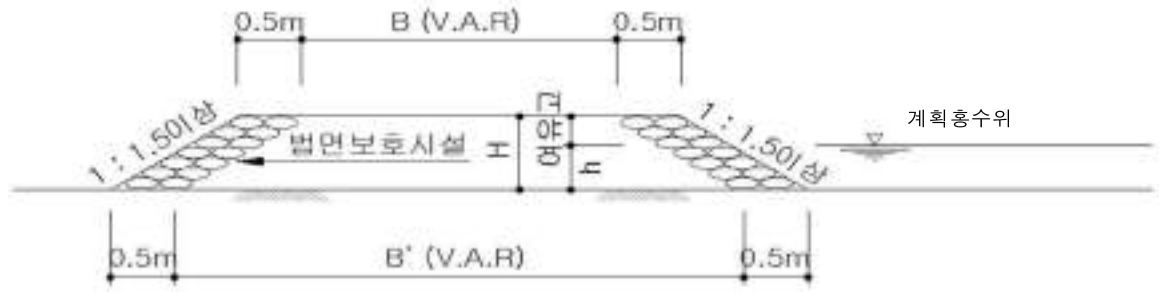
2) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L =$ ㎡ (SLOPE=1:n)



나. 수량(제방횡단 구조물)

1) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

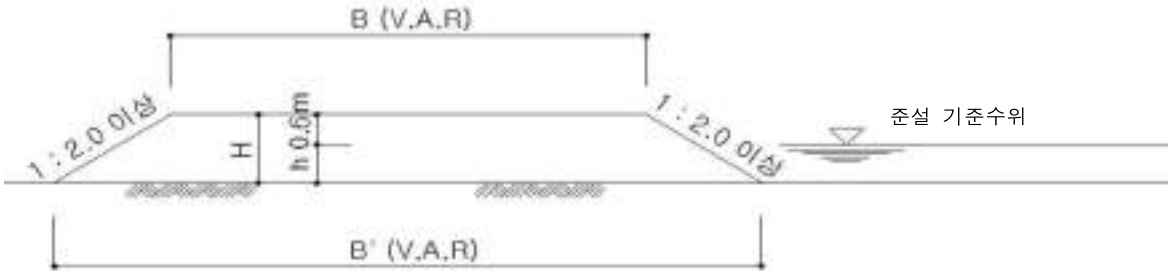
2) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L =$ ㎡ (SLOPE=1:n)



다. 수량(기타공사 : 하도정비공의 반체절 등)

1) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

2) 현장여건에 따라 법면보호시설(마대쌓기 등), 임시포장을 설계에 적용할 수 있다.



3) 가물막이 설치에 사용된 토량의 유용은 순성토구간인 경우 80% 재유용하며, 사토구간인 경우 100% 사토처리 한다.

1.2.4 물푸기공

가. 구조물공사(소요시간)

1) 구조물의 물푸기 소요시간은 터파기, 거푸집(조립,해체), 철근 조립, 콘크리트 타설 등의 소요시간을 고려하여 산출한다.

가) {터파기 수량(㎥) ÷ 터파기 장비 작업 능력(㎥/hr)} + 작업 준비시간(2hr) = hr

나) 거푸집 조립 수량(㎡) ÷ 형틀목공 작업 능력(㎡/hr) = hr

다) 철근 조립 수량(ton) ÷ 철근공 작업 능력(ton/hr) = hr

라) 콘크리트 타설 수량(㎥) ÷ 콘크리트 타설 장비 작업 능력(㎥/hr) = hr

마) 거푸집 해체 : {거푸집 조립 수량(㎡) ÷ 형틀목공 작업 능력(㎡/hr)} × 50% = hr

바) 기타 소요 공종의 경우 필요시 반영 = hr

나. 제방 및 호안공사

1) 평수위 또는 상시수위 이하에 해당하는 수량을 물푸기 대상 작업량으로 한다.

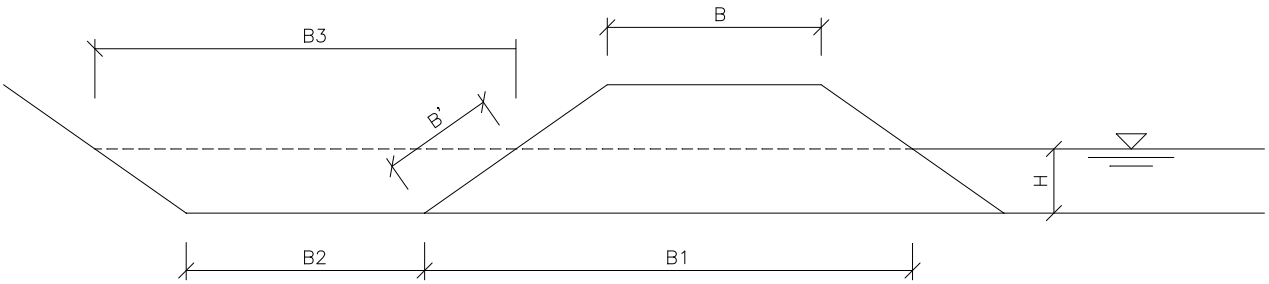
2) 제방공사 물푸기 소요 시간

가) {토공 수량(㎥) ÷ 토공 장비 작업 능력(㎥/hr)} + 작업 준비시간(2hr) = hr

3) 호안공사 물푸기 소요 시간

가) {호안공 수량(㎡) ÷ 호안공 장비 및 인력 작업 능력(㎡/hr)} = hr

다. 물푸기 수량 산출



1) 침투유량 계산

침투유량 $Q_1 = K \times i \times A$

여기서 K : 투수계수 = $1 \times 10^{-3} cm/\sec$

(토질조사 성과가 있을 경우는 해당 성과를 적용한다)

i : 동수경사 = $(\frac{H}{2}) \div B_1$

A : 침투단면적 = (B' + B2) × L (L=가물막이 종방향 연장)

2) 담수량 계산

담수량 $Q_2 = A' \times L = (B_2 + B_3) \times \frac{1}{2} \times H \times L$

3) 양수기 설치 수량 산정

가) 양수기 설치 수량 = 침투유량 Q1 ÷ 양수기 1대당 양수능력

나) 담수량 처리 = 작업 준비시간 2hr 적용

1.3 단가 산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
			□ 본 단가 산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가 산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경 가능함 단가 기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈' 에 따라 변경 적용하여야 함	
1.3.1	가도설치	㎥	1. 굴착 : 현장 여건에 따라 적용 1) 불도저 19ton q = 3.2 × 0.96 = ㎥ f , E = 현장여건에 따라 적용 L = m, V_1 = 40m/min , V_2 = 46m/min Cm = L / V_1 + L / V_2 + 0.25 = min Q = 60 × q × f × E / Cm = ㎥/hr 2) 불도저 32ton q = 5.5 × 0.96 = ㎥ f , E = 현장 여건에 따라 적용 L = m , V_1 = 40m/min , V_2 = 43m/min Cm = L / V_1 + L / V_2 + 0.25 = min Q = 60 × q × f × E / Cm = ㎥/hr 2. 적사 : 현장 여건에 따라 적용 1) 유압식 굴삭기 0.7㎥ q = 0.7㎥ f , E , K = 현장 여건에 따라 적용 Cm = 20sec (135°) Q = 3,600 × q × K × f × E / Cm= ㎥/hr 2) 유압식 굴삭기 1.0㎥ q = 1.0㎥ f , E , K = 현장 여건에 따라 적용 Cm = 21sec (135°) Q = 3,600 × q × K × f × E / Cm= ㎥/hr 3) 유압식 굴삭기 0.4㎥ q = 0.4㎥ f , E , K = 현장 여건에 따라 적용 Cm = 18sec (135°) Q =3,600 × q × K × f × E / Cm= ㎥/hr 3. 운반 (덤프트럭 24ton) : 현장 여건에 따라 적용 q = 24 / 1.6 × 1.25 = ㎥ f , E = 현장 여건에 따라 적용 n = q / (q(굴삭기) × K(굴삭기)) = 회 t_1 = Cm(굴삭기) × n / (60 × E(굴삭기)) = t_2 = (L(덤프운반거리, km) / V(현장 여건에 따라적용)) × 60 × 2 = t_3 = 0.8min , t_4 = 0.42min , t_5 = 0.5min(또는 3.77min) Cm = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = min Q = 60 × q × f × E / Cm =	[건설공사 표준품셈] 8-2-1 불도저 [건설공사 표준품셈] 8-2-3 굴삭기 [건설공사 표준품셈] 8-2-8 덤프트럭

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.1	가도설치	㎥	4. 흙쌓기 1) 부설 ※ 굴착불더저(19ton, 24ton) 참조 2) 살수 살수차(물탱크 5,500ℓ) QMC = 13%, NMC = 8% E = , V = 15km/hr t_0 (흡입준비시간) = 5min t_1 (흡입시간) = 10min t_2 (운반시간) = (1/15)×2×60 = 8min t_3 (살수시간) = 20min t_4 (살수대기시간) = 5min Cm = $t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ = 48min Ws = 1,415.92kg/㎥ Ww = 1,600kg - Ws W(QMC) = Ww/Ws×100 (13+100)×Ws = 160,000 Qw = (60×5,500×0.9)/48 = 6,187.50 L/hr Qt = Ws×(QMC-NMC)/100 = 70.79kg/㎥ Q = Qw/Qt = 87.41㎥/hr 3) 다짐 ① 진동롤러(자주식 10ton) : 사질토에 적용 V = 4km/hr, W(포설폭) = 1.9m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 6 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr ② 타이어롤러(자주식 8~15ton) : 사질토에 적용 V = 2.5km/hr, W(포설폭) = 1.8m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 4 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr ③ 양족식 롤러(자주식 19ton) : 점성토에 적용 V = 4.0km/hr, W(포설폭) = 1.8m, D(다짐두께) = 0.3m E = , f = 1.0, N(다짐횟수) = 5 Q = 1,000×V×W×D×E×f/N = ㎥/hr 5. 법면보호 : 마대쌓기 기준 1) 1.0㎡당 마대 매수 : 0.5 / 0.024 = 20.83매 (45×70) 2) 새 끼 : (0.45 × 2 + 0.7 × 4) / 100(m/Roll) 3) 마대 쌓기 및 헐기(보통인부) - 만들기 : 1인 / 61매 × 20.83매 = - 쌓기 및 헐기 : 1인 / 139매 × 20.83매 =	「건설공사 표준품셈」 8-2-1 불도저 「건설공사 표준품셈」 8-2-9 롤러

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.2	가물막이	㎥	1. 굴착 : 현장 여건에 따라 적용 ※「1.3.1 가도설치」참조 2. 적사 : 현장 여건에 따라 적용 ※「1.3.1 가도설치」참조 3. 운반 : 현장 여건에 따라 적용 ※「1.3.1 가도설치」참조 4. 흙쌓기 ※「1.3.1 가도설치」참조 5. 법면보호 : 마대쌓기 기준 ※「1.3.1 가도설치」참조	
1.3.3	물푸기	일	1. 양수기 - 구경 : 150㎜, 출력 : 15HP, 양정 : m(산출) - 유량(Q)=㎥/min 2. 양수기 설치 대수 : 배제수량 / 양수기 작업능력 (양수기, 양정고손실수두 고려) 3. 설치기간(일) : 실작업일수 1) 양수기 가동시간 산출 2) 목도 및 석치(목도운반) 3) 노무비 : 양수공 1인×일 4) 비닐pipe(Ø150㎜) : 연장 × 재료비	

제2장 하천지반설계

제2장 하천지반설계

2.1 설계 요령

2.1.1 일반사항

가. 적용범위

본 장은 하천지반설계에 적용한다.

나. 적용 기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

3) 비탈면설계기준(KDS 11 00 00)(2018, 국토교통부)

다. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2) 도로설계요령(2020, 한국도로공사)

2.1.2 제체 및 기초지반 조사

가. 일반사항

예비조사 및 현지답사 결과를 반영하여 지반조사 계획을 수립하여야 한다. 지반조사 계획 수립시 일반구간, 연약지반구간, 투수성지반구간으로 구분하여야 한다.

연약지반 구간은 일반적으로 현지 답사시 평탄한 습지대, 평탄한 논 지역, 자료에 의해 연약지반 존재가 확인되는 구간으로 설정한다. 투수성지반은 자연제방지역, 삼각주 지역 등, 옛 하도가 차단된 장소, 자료에 의해 투수성지반(사력층)의 존재가 확인되는 구간으로 설정한다.

연약지반 투수성지반에서는 주요구조물 위치에서의 시추조사결과와 사운딩조사 결과를 분석하여, 추가적으로 필요구간에서 시추조사한다.

〈 시추조사공 배치기준 〉

(표 2.1-1)

구 분	조사 항목	시추조사공 배치기준
일반구간	시추조사(NX)	구조물 위치에서 시추조사 후, 사운딩 시험 결과 분석결과에 따른 추가 시추조사를 할 수 있다.
	사운딩조사	지반분야 책임기술자 판단에 따라 적정위치에서 실시한다.
연약지반	시추조사(NX)	주요 구조물 위치에서 시추조사 후, 사운딩 시험 결과 분석결과에 따른 추가 시추조사를 실시한다.
	사운딩조사	제방계획선을 따라 50~100m 간격으로 실시한다.
투수성 지 반	시추조사(NX)	주요 구조물 위치에서 시추조사 후, 사운딩 시험 결과 분석결과에 따른 추가 시추조사를 실시한다.
	사운딩조사	계획노선을 따라 100m 간격으로 횡단방향 2개소에 대하여 실시한다.
	지하수 변동조사	· 현장투수시험 : 시추공서 투수지반을 대표하는 곳에서 실시, 최소 시추 1공당 1개소 이상 · 시추공, 인접한 민가의 우물, 관측공 등을 이용 · 관측지점의 수는 등수위곡선을 그릴 수 있는 정도

주) 자료출처 : 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

나. 제방 종단방향의 토질조사

1) 제방종단 방향의 토질조사는 설계대상 구간 전체 제체 및 기초지반의 종단적인 토질특성을 파악하는 것으로 신설제방의 경우는 기초지반과 제방성토 재료파악을 위해 토취장 재료조사가 필요하고, 기존 제방보강의 경우는 기초지반 및 제체와 토취장 조사가 수반되어야 한다.

2) 제방현황조사는 지형 및 지질특성, 과거 제방성토이력, 제방의 파괴이력, 과거의 시추조사 등에 의한 토질조결과를 확인하여 조사지점을 선정한다.

3) 투수성지반의 시추조사 지점은 침투성이 큰 토질 구간, 제방폭이 좁은 구간, 과거 침투에 의한 파괴 이력이 있는 구간 등 침투에 대해 상대적으로 취약한 곳을 중심으로 우선 선정한다.

4) 일반구간 연약지반 구간의 시추조사의 깊이는 지표면에서 계획제방고까지의 높이(H)의 3배(3H) 이상을 표준으로 최소 10m 이상의 깊이까지 함을 원칙으로 하며, 동일제방에서는 최소 1개소는 풍화암까지 확인을 하여야 한다. 다만, 풍화암 이상의 지지층이 나타날 경우에는 시추조사를 종료하여도 무방하다. 시추조사에서는 지층구성을 확인하고 표준관입시험에 의한 N치를 구하며 채취한 시료는 토질판별을 위하여 실내시험을 실시한다.

5) 토질조사 내용은 기초지반의 토질구성과 토질의 공학적 성질을 파악하기 위하여 시추조사, 표준관입시험, 토질의 물리적 시험, 사운딩조사 와 필요시 전기탐사 등의 비파괴시험, 시굴조사 등을 실시한다.

다. 제방 횡단방향의 토질조사

1) 제방 횡단방향의 토질조사는 설계대상단면의 제체 및 기초지반의 토질구성과 토질정수를 파악하는 것이다.

2) 투수층으로 의심되는 지층은 동일종단에서 횡단방향으로 2개소 이상 실시하며, 깊이는 불투수층까지를 기준으로 한다.

3) 투수성이 다른 토질이 복잡하게 분포하는 제체 및 기초지반, 제체 및 지반누수나 비탈면 활동 등 침투에 대한 제방 파괴이력을 가진 지점, 구하도 지점으로 제내지가 주변 지반보다 현저히 낮은 지점을 조사단면으로 선정한다.

4) 조사내용은 토질의 구성, 투수특성, 강도특성을 파악하기 위해 실시하며 종방향 조사와 같다.

5) 시추조사 지점의 수는 제방의 규모와 토질구성의 복잡함에 따라 다르나 일반적으로 ① 둑마루 중앙 부근, ② 앞비탈면 중앙부근, ③ 뒷비탈면 중앙부근 등 3개소 정도가 필요하고, 횡단방향 토질이 불연속적이거나 제내지의 표층에 점토층과 같이 불투수층이 분포하는 경우에는 제방비탈끝에서 약 30m 지점 범위내에서 토질의 연속성 등을 조사하여야 한다.

   단, 제방 및 기초지반의 토질구성이 횡단방향으로 균일할 경우 횡단방향 토질조사를 생략하고 종단방향 성과를 활용할 수 있다.

6) 조사목적에 따른 조사방법은 (표 2.1-2)와 같고. 토질시험 항목은 (표 2.1-3)와 같다

< 횡단방향의 조사목적에 따른 조사방법 >

(표 2.1-2)

조 사 목 적	조 사 방 법		비고
	제 체	기 초 지 반	
토질구성의 파악	시추조사, 사운딩, 전기탐사 등		
침투특성의 파악	주로 실내토질시험(입도, 실내투수)을 하나 기존제방조사의 경우는 현장투수시험을 실시함	주로 현장 투수시험, 토질시험(입도)	
강도특성의 파악	표준관입시험, 사운딩, 실내토질시험(밀도, 전단)	주로 표준관입시험, 사운딩	
재료특성의 파악	실내토질시험(다짐, 밀도, 투수, 전단)		

〈 횡단방향의 토질시험 항목 〉

(표 2.1-3)

토질시험의 항목			자갈질흙	사질토	점성토	얻어지는 정수
물리시험	토립자의 밀도시험		○	○	○	토립자의 밀도
	함수비시험		○	○	○	함수비
	입도시험		○	○	○	입경가적곡선, D10 등
	액성한계, 소성한계시험				○	액성한계, 소성한계
	습윤밀도시험		○	○	○	습윤밀도
역학시험	투수시험		○	○		포화투수계수
	삼축압축시험 또는	UU조건			○	점착력(내부마찰각)
	등체적 직접전단시험	CU조건	○	○		내부마찰각(점착력)
재료시험(신설제방)			○	○	○	최대건조밀도 등

주) UU조건은 비압밀 비배수 조건, CU조건은 압밀 비배수 조건임

2.2 안정성 검토

2.2.1 제체 침투 안정성 검토

침투 안정성 검토는 제방쌓기 단면 및 구성, 기초지반의 투수특성, 구성지층 재료의 토질특성, 홍수위 변화 및 내수위 변화, 보축 제방고가 높거나 제내지로 침투우려 등 제반요건을 고려하여 가장 취약할 것으로 예상되는 횡단을 선정하여 분석한다. 상세내용은 '제7편 하천공통설계, 제4장 하천차수설계'에 의한다.

2.2.2 제체 비탈면 안정성 검토

가. 개요

토질 공학적인 측면에서 비탈면의 안정해석은 대상 지반이 공학적으로 균질하다는 가정하에서 수행하고 있으나, 설치된 기존 제방은 홍수로 인한 범람뿐만 아니라 제외수위가 상승되면 물은 제체 및 기초지반을 통하여 침투하게 되고 최종적으로는 제내지에서 유출되는 것은 흙 구조물에서는 불가피한 현상이다. 따라서 침투해석을 통한 제체 내 침윤선의 형태와 침투압 산정결과를 반영하여 비탈면안정 검토를 수행하여야 한다.

나. 해석 방법

1) 일반적으로 토사 비탈면의 안정성 해석은 한계평형 이론을 적용하며, 비탈면 안전율이 허용안전율

이상인 비탈면은 파괴에 대해 안정하고, 변형은 허용치 이내인 것으로 판단한다.

2) 비탈면안정 해석법은 강도정수의 적용에 따라 전응력 해석법과 유효응력 해석법으로 대별할 수 있고 또한 적용이론에 따라 여러 가지 해석법으로 분류할 수 있다. 적용되는 기본이론은 한계평형, 소성, 변형이론 등이 있으나 현재 이용되는 해석이론은 한계평형이론을 기초로 하고 있는 것이 많다.

3) 비탈면에서의 안정해석은 SEEP/W에 의해 산정된 포화영역과 불포화영역에 대해 한계평형해석법으로 안전율을 산정한다.

다. 비탈면 안정 해석조건

1) 비탈면의 안정성은 시공 전, 시공 후 장시간 경과 후 등의 시간적 조건, 수위 급강하, 정상침투 등의 수위조건, 지반의 점착력, 내부마찰각, 다짐도 및 상대밀도에 관한 단위중량 등의 강도정수 등의 여러 요소에 의한 영향을 받는다.

2) 제내측 비탈면의 경우는 홍수위 지체 시, 제외측 비탈면의 경우는 홍수위로부터 수위급강하로 인해 평수위를 회복할 때의 침윤선 분포가 비탈면 안정에 영향을 미친다.

3) 제체내 침투해석 결과로부터 침윤선의 위치를 구하여 프로그램 내에서 간극수압 ($u = \gamma_w \cdot h_w$)을 산정하여 비탈면 안정해석 시 적용한다.

〈 비탈면 안전 해석조건 〉

(표 2.2-1)

해석단면	해석조건	해석방법 및 적용 설계정수	비고
제내지	홍수위시	· 최종 계획 단면에 대한 전응력해석 · 지하수위 : 정상 침투해석에 의한 침윤선	
제외지	수위강하시	· 최종 계획 단면에 대한 전응력해석 · 지하수위 : 수위변화 조건 침투해석에 의한 침윤선	

라. 비탈면 안정 검토기준

〈 제체 상태에 따른 안전율 〉

(표 2.2-2)

제체상태	간극수압 상태	안 전 율
연직붕괴(crack) 불고려 시	간극수압을 고려하지 않을 경우	2.0 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.4 이상
연직붕괴(crack) 고려 시	간극수압을 고려하지 않을 경우	1.8 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.3 이상

주) 자료출처 : 1. 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회), 2. 비탈면설계기준(KDS 11 00 00)(2018, 국토교통부)

〈 교통(상재)하중 〉

(표 2.2-3)

주 사용용도	상재하중 (kN/㎡)
일반제방	10
도로겸용 제방	12.7

주) 자료출처 : 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

마. 쌓기비탈면 안정해석

1) 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 전단강도와 전단응력 비율, 저항력과 작용하중의 비율 또는 저항모멘트와 작용모멘트의 비율로 계산한다.

2) 기준안전율은 일반 쌓기비탈면과 연약지반 쌓기비탈면으로 구분하며 안정해석방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 기준안전율은 아래표와 같다.

3) 쌓기비탈면의 지진 시 기준안전율은 KDS 11 90 00 (4.2(3))을 따른다.

〈 일반쌓기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율 〉

(표 2.2-4)

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>기준안전율</th><th>참조</th></tr>
<tr><td rowspan="3">장기</td><td>건기</td><td>FS＞1.5</td><td>•쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석</td></tr>
<tr><td>우기</td><td>FS＞1.3</td><td>•지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행
•한쪽쌓기 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석
•쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시</td></tr>
<tr><td>지진시</td><td colspan="2">•KDS 11 90 00 (4.2(3))을 적용</td></tr>
<tr><td colspan="2">단기</td><td>FS＞1.1</td><td>•1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함)
•지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토</td></tr>
</table>

< 연약지반 쌓기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율 >

(표 2.2-5)

구분		기준안전율	참조
장기	건기	FS > 1.3	•쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.2	•지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 •한쪽쌓기 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 •쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진 시	•KDS 11 90 00 (4.2(3))을 적용	
단기		FS > 1.1	•1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) •지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

2.3 연약지반 설계

2.3.1 연약지반 설계

연약지반구간에 위치하는 제방은 제체 침투류 안정성검토, 제체 비탈면 안정성검토 외에 연약지반의 물리적, 역학적 특성에 따른 경제적이고도 합리적인 연약지반 처리 및 대책공법을 제시하여야 하며 다음사항이 검토되어야 한다.

1) 연약지반의 분포현황
2) 연약지반의 물리적, 역학적 특성
3) 연약지반의 압밀침하량 검토
4) 연약지반 처리공법 검토(단계성토, 굴착치환공법 등)
5) 연약지반 현장계측계획, 침하관리 및 안정관리

2.3.2 연약지반 판정기준

1) 연약지반의 판정은 성토규모나 구조물 목적에 따라 상대적인 의미로 평가된다.
2) 연약지반에 대한 상대적인 의미의 평가란 시공성, 지반의 활동파괴, 구조물의 지지력 확보 여부, 장기적인 압밀침하 등에 대한 안정성 평가이며, 불안정한 경우는 연약지반으로 취급하여 대책을 강구하여야 한다.
3) 일반적인 의미의 연약지반은 아래와 같이 구분한다.

〈 연약지반 판단기준 〉

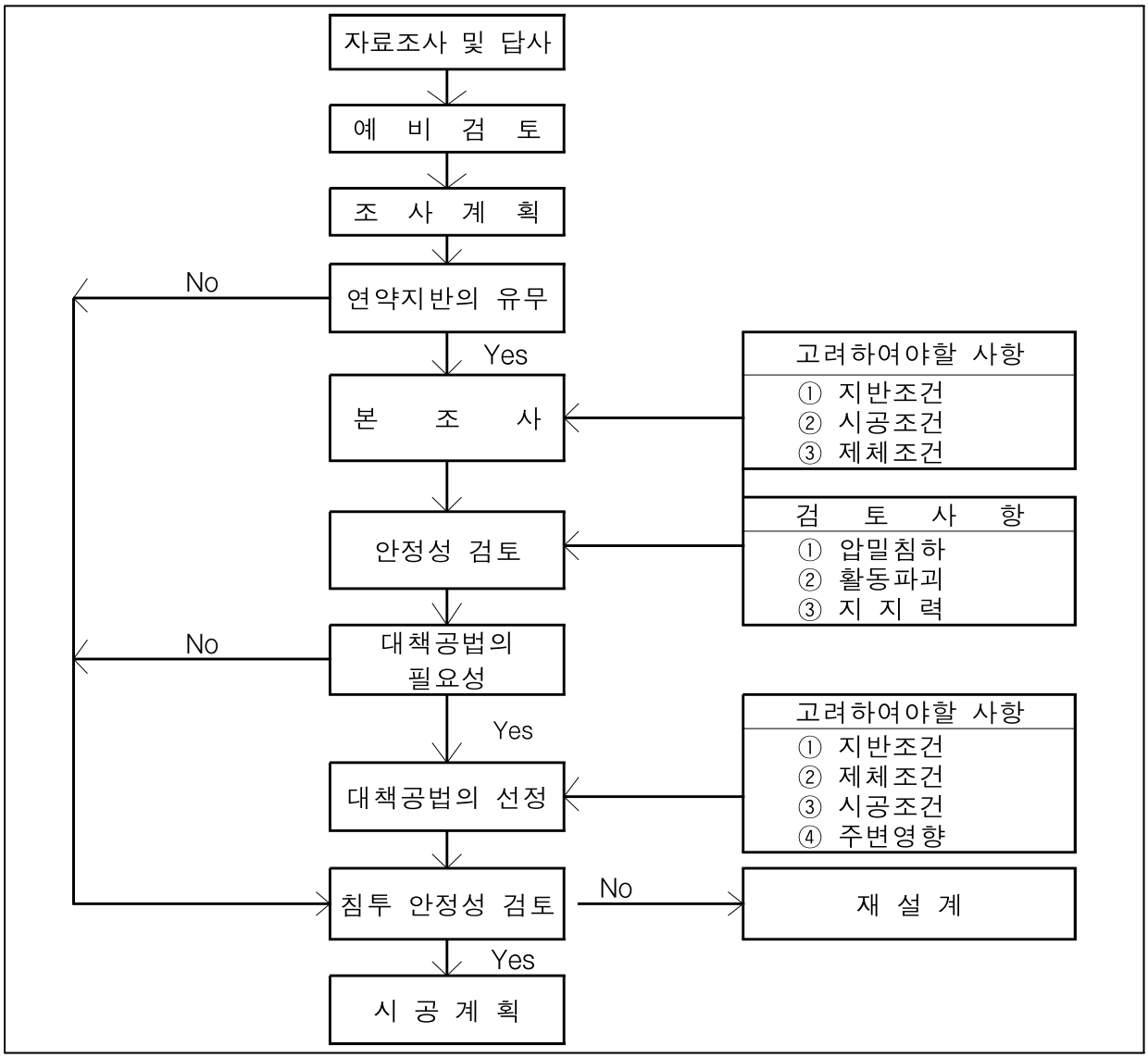
(표 2.3-1)

구 분	점 성 토, 유 기 질 토		사질토 지반
층두께	10m 미만	10m 이상	-
N치	4 이하	6 이하	10 이하
q_u(kg/㎠)	0.6 이하	1.0 이하	-
q_c(kg/㎠)	8 이하	12 이하	40 이하

주) 1. q_c : 콘지수 q_u : 일축압축강도, 2.자료출처 : 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2.3.3 연약지반 검토

연약지반검토는 일반토목공사와 동일한 방법으로 검토 후, 추가로 침투 안정성 검토를 실시한다.



(그림 2.3-1) **〈 연약지반 설계흐름도 〉**

2.3.4 허용잔류 침하량

연약지반 허용잔류 침하량 기준은 다음과 같으며 이를 반영하여야 한다.

1) 연약지반에 축조되는 제방의 침하를 검토하는 경우에는 시간효과를 고려하여 시공완료 후 발생할 침하를 예측하여 설계하는 것을 기본으로 한다.
2) 연약지반 상 허용잔류 침하량에 대한 기준은 구조물의 사용 목적 및 중요도, 공사기간, 유지관리 정도, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적용되어야 한다.
3) 제방 조건별(일반제방, 도로겸용 제방, 배수구조물이 설치된 제방)에 따른 허용잔류 침하량 기준은 다음과 같다.

〈 허용잔류 침하량 기준(제방 둑마루 기준 〉

(표 2.3-2)

대상지역	허용잔류 침하량(cm)	비 고
일반제방	총 침하기준 30.0	압밀종료시 계획고 이상이 확보 가능할 것
도로겸 제방	총 침하기준 10.0	연약지반의 지질특성상 장기침하 발생 가능
배수구조물 설치 제방	총 침하기준 10.0	교량 배수시설등 구조물은 타 시방서 기준 적용

주) 자료출처 : 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)

2.3.5 제방의 압밀침하

1) 제방침하가 발생할 경우 우선적으로 즉시침하와 장기침하로 구분하여 계산 후 장기침하량 만큼 더돋기를 우선적으로 고려하며, 장기침하방지대책으로 지하수위를 낮추어 축제지반을 건조시키거나 압밀침하를 촉진 또는 연약토사를 치환하는 방법 등의 지반개량공법을 사용한다.
2) 흙쌓기 종료시의 제체형상을 계획단면 그대로 마무리 하면 흙쌓기 완료 후 침하에 따른 폭원부족이 발생하지 않도록 침하를 고려한 폭원여유를 확보한다.

2.3.6 제방 흙쌓기 속도

연약지반에서 빈번한 급속성토에 의한 활동파괴를 방지하기 위하여, 적정공기를 확보하여야 한다. 흙쌓기 속도는 공사기간 및 제체안정에 영향을 끼치므로 (표 2.3-3)의 기준치를 참조하여 설계한다.

〈 표준적인 성토속도 〉

(표 2.3-3)

지반의 종류	흙쌓기속도	
	일	월
두터운 점토지반 및 유기질토가 두껍게 퇴적된 이탄질 지반	30㎜	0.9m
보통의 점토질 지반	50㎜	1.5m
얇은 점토질 지반 및 유기질토가 거의 끼지 않은 얇은 이탄질지반	100㎜	3.0m

주) 자료출처 : 도로설계요령(2020, 한국도로공사)

2.3.7 연약지반 대책공법의 적용 및 설계

일반토목공사와 동일하게 검토 후, 추가적으로 침투 안정성을 검토한다. 검토결과 누수에 대해 불안정한 경우 '제7편 하천공통설계, 제4장 하천차수설계' 편을 참조하여 적절한 누수방지대책을 수립하여야 한다.

1) 활동파괴에 대한 대책공법

- Sand Compaction Pile 공법
- 치환공법(부분제거)
- 압성토 공법
- Protection Pile 공법
- Pile Net 공법
- 심층 혼합처리 공법

2) 압밀침하에 대한 대책공법

- Vertical Drain 공법(Sand Drain, Board Drain, Pack Drain)
- 진동다짐 공법
- 단계성토 공법
- 진공압밀 공법

3) 활동방지 및 압밀침하에 대한 대책공법

- 치환공법(전면제거)
- Sand Compaction Pile 공법
- 경량재료 이용 공법

4) 측방유동에 대한 대책공법

- 단계성토 공법
- 경량재 뒷채움공법
- 치환공법
- Sand Compaction Pile 공법
- 약액 주입공법
- 토목섬유 보강공법

2.3.8 계측계획

일반적으로 연약지반에서의 설계는 지반의 불균일성이나, 조사 및 시험의 오차 등에 의한

불확실성이 포함되어 있다. 설계시 산정된 제체활동파괴 안전율이나 침하량 등은 설계지반조사 분석치의 평균값 또는 대표 값으로 검토된 결과이다. 통상 시공시의 실제지반조건은 설계보다 안전측 또는 위험측으로 나타난다.

시공 중에는 지속적으로 현장계측치와 설계값을 Feed Back하여 설계적정성을 확인한다. 계측치 분석을 통한 침하 및 안정관리로 합리적인 시공을 하여야한다.

1) 계측기 배치기준 및 계측빈도

설계계측계획 수립 및 시공을 위한 설계계측계획 조정시 아래사항에 유의하여야 한다.

가) 계측기의 종류, 위치, 수량 및 설치심도 등은 감독원과 협의 후 현장 여건에 따라 신축성 있게 조정한다.

나) 지반조건의 다양성으로 설계시 합리적으로 계측빈도를 정하는 것은 곤란하다. 설계계측빈도는 일반적인 계측빈도에 (표 2.3-4) 기준한 잠정적인 기준이므로, 시공시 계측을 진행하면서 발주처와 협의하여 합리적으로 조정하여야 한다.

< 계측기 종류 및 배치기준 >

(표 2.3-4)

계 측 기 명	계측목적 및 검토사항	계측기 배치원칙	규 격
지중경사계 (Inclinomter)	•쌓기비탈면부의 지반내 수평 방향의 변형량과 변형속도 측정 •쌓기중앙부의 최대침하량과 함께 분석하여 쌓기비탈면의 안정관리 •측방유동토압에 의한 교대의 안정성확인	•전단파괴가 우려되는 높은 성토지역의 좌, 우 비탈면에 설치 •현장상황에 따라 교대 전 후면 또는 측면에 설치	• 수지형가이드관 매설 • 여굴지역은 주변지반과 동일한 재료로 채움
지표 침하판	•설치지점의 전침하량 측정 •흙쌓기 속도조절, 프리로딩 제거 시기 판정	•연약지반쌓기시 100m 간격으로 흙쌓기 단면 중앙에 설치	•침하판 : 1.0m×1.0m×110㎜ 침하봉 : 25.4㎜ 보호관 : 152.4㎜
변위말뚝	•주변 지반 지표면의 융기·침하, 측방유동 등에 의한 수직 및 수평 변위량 측정 •부동말뚝에 대한 상대변위 측정으로 수직·수평변위 측정	•연약지반 쌓기시 100m 간격으로 쌓기하단 인접 지반 설치 •지표침하판, 변위말뚝, 부동말뚝은 동일횡단방향으로 설치	•변위말뚝 10×10×(100~150) [cm] •부동말뚝(측정기준점) 10×10×(100~150) [cm]

〈 계측빈도 〉

(표 2.3-5)

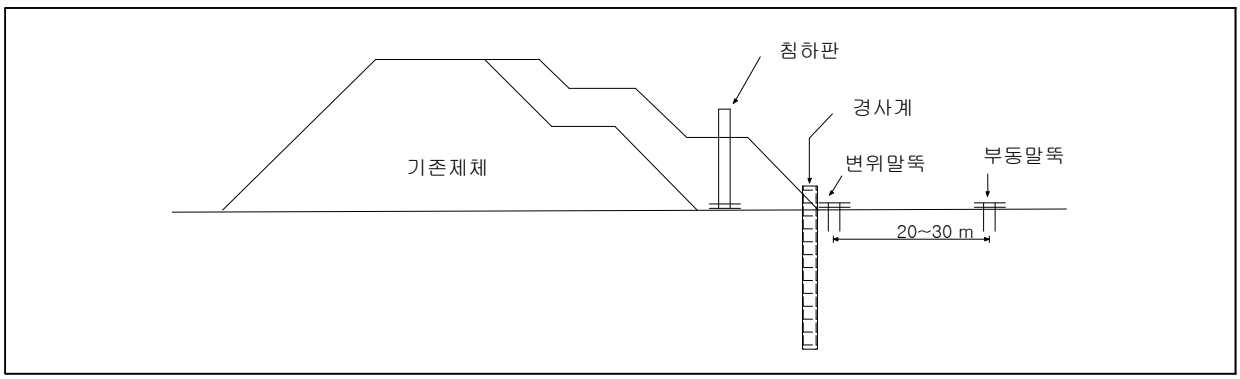
계 측 구 분	쌓기기간중	쌓 기 종 료 후		
		최초 1개월	1개월~3개월	3개월 이후
지표침하판(침하판단용)	1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월
지중 경사계(Inclinomter)	1회/1일	1회/3일	1회/1주	1회/1월
변위 말뚝	1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월

〈 계측기별 계측결과 이용 〉

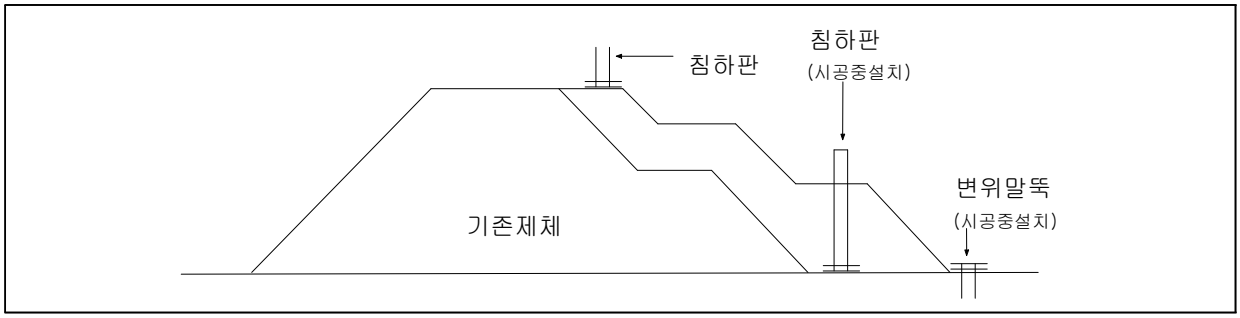
(표 2.3-6)

관 측 항 목	관측계기	데 이 터 의 이 용	비 고
지 표 침 하	지표침하판	·대상지점의 지표면 침하량(총침하량)측정 ·침하의 진행상황 파악, 재하고 및 재하시기 결정 ·쌓기고의 데이터에 의한 시공속도 조절, 안정관리	
지 중 변 위	지중경사계 (Inclinomter)	·지반내 변위의 발생 상태 측정 ·쌓기속도의 조절 등	계기를 설치할 수 없는 경우 대상 지반의 높이를 수시로 측정하여 융기 등을 체크한다.
지 표 변 위	변위말뚝	·비탈면 선단부 윈지반의 수평변위 또는 융기현상 측정	

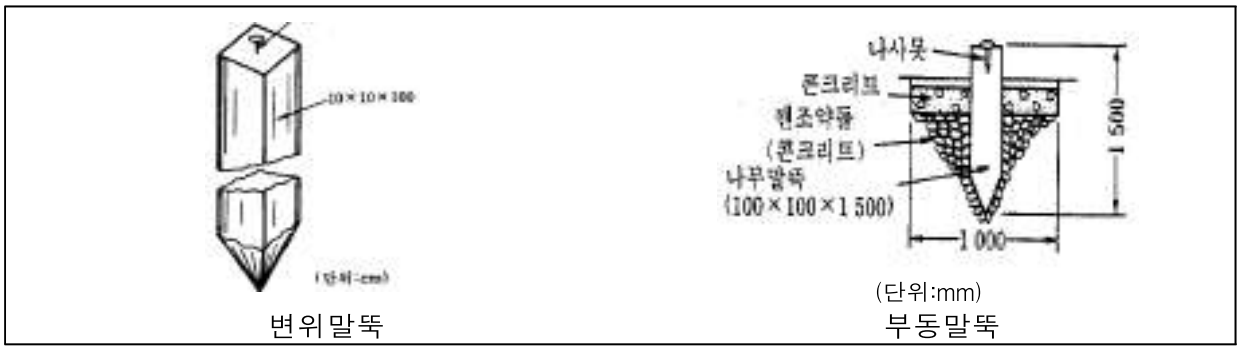
2) 계측기 배치단면 예시



(그림 2.3-2) 〈 쌓기공사 중 계측 대표단면 배치(예시) 〉



(그림 2.3-3) 〈 쌓기 완료 후 계측 대표단면 배치(예시) 〉



변위말뚝 부동말뚝

(그림 2.3-4) **< 변위·부동 말뚝 상세도 >**

2.3.9 안정관리

연약지반에서의 흙쌓기 공사의 기본적인 시공법은 흙쌓기 하중에 따라서 지반의 압밀을 진행시켜, 지반강도를 증가시키면서 점진적으로 흙을 쌓아나가는 것이다. 연약 지반에서 흙쌓기 하중의 증가와 지반강도 증가가 균형이 되도록 성토속도를 조절하는 것이 안정관리의 목적이다.

시공 중 시공진행상황과 실시간 계측결과를 비교분석하면서 아래사항을 관리한다

1) 쌓기가 계획상 시공속도로 수행되는지 여부 관리
2) 1회 쌓기 두께 준수여부 및 쌓기 속도 조절 여부
3) 쌓기작업이 부분적으로 집중되지는 않은지 관리
4) 쌓기비탈면의 급경사 여부
5) 기초지반의 변형량과 변형속도를 계속해서 상세측정, 안정성을 검토
6) 압밀진행상황 분석

1) 안정관리기법

계측결과 분석에 의해 쌓기가 안정상태에서 진행되는지를 검토하고, 불안정할 경우 그 정도에 따라 쌓기 속도의 지연, 중지 또는 일부 쌓기 제거 등의 조치를 강구하는 안정관리기법 4가지를 적용하여 안정성을 평가한다.

가) MATSUO-KAWAMURA법(松尾-川村法)

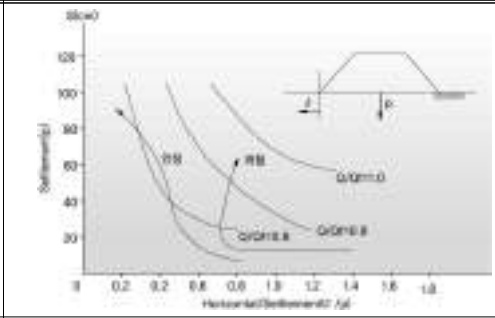
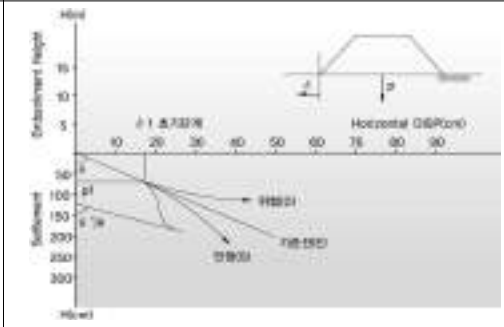
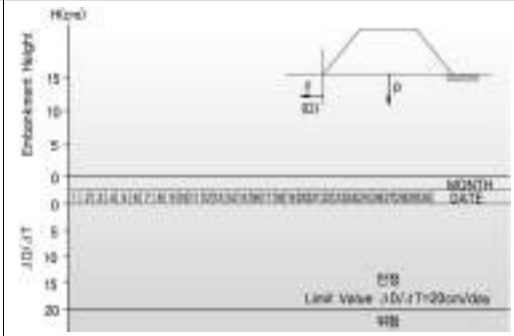
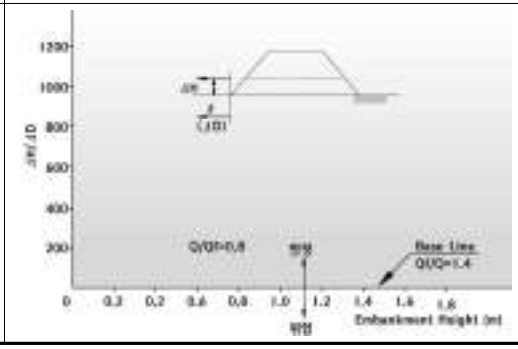
나) TOMINAGA-HASHIMOTO법(富永-橋本法)

다) KURIHARA법(栗原法)

라) Shibata-Sekiguchi 방법(紫田·關口의 방법, $q-\Delta q/\Delta \delta$ 관리법)

〈 안정관리 기법 〉

(표 2.3-7)

구 분	관리기준	
Matsuo -kawamura법		·시공중의 측정치를 P와 δ/P도상에 도시하여 파괴기준선에 근접하는지 멀어지는지에 따라 안정, 불안정을 판단하는 방법 · P/(δ/P) = 0.85 초과시 요주의
Tominaga -hashimoto법		·P와 δ을 측정 도시하여 관리하는 방법으로 쌓기하중이 적은 초기단계의 δ와 P값에 의해 기준선(E선)을 표시하여 이 E선을 기준하여 안정성을 판단하는 방법
Kurihara법		·Δδ/Δt와의 관계를 도시하여 Δδ/Δt와 관리기준치를 비교하여 안전성을 판단하는 방법 (과거 관리기준치 예는 2cm/day)
Shibata -Sekiguchi법		·ΔH/Δδ와 H(쌓기고)의 관계를 도시하여 관리하는 방법으로 각 단계에서의 계산결과가 Qf/Q 기준치인 1.4 아래에 위치할 경우 위험하다고 판단

주) 자료출처 : 한국지반공학회 지반공학 시리즈6. 연약지반 2005년

2.3.10 침하관리

쌓기공사시 시행되는 침하관리의 주된 목적은 다음과 같다.

1) 쌓기에 의한 침하량을 측정하고, 압밀 진행상황을 파악하여 각 시점에서의 압밀도 파악.

2) 연약지반 처리시 압밀 촉진 예상효과(이론식에 의한 침하량)와 실제와의 차이를 비교분석하여 차이가 있을 경우 원인을 규명하고 대책을 강구.

3) Preloading의 방치기간과 철거시기를 결정.

4) 잔류침하량의 추정과 여성토고 결정.

5) 지반개량 효과의 확인과 예상밖의 경우에 대한 원인을 규명.

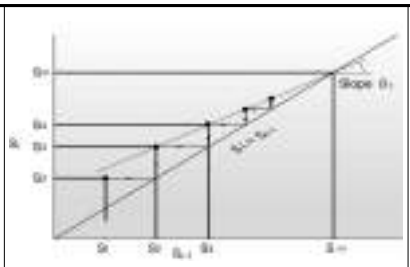
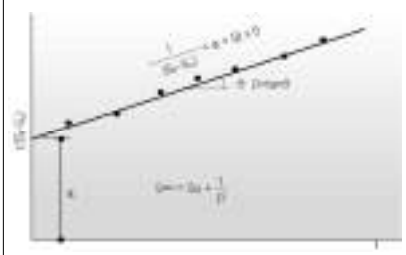
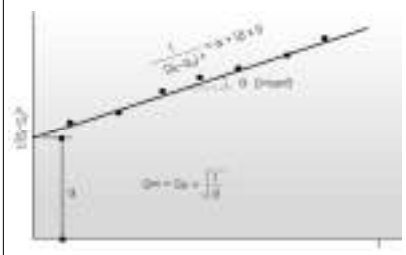
6) 부등침하량의 확인 및 그 대책 강구.

1) 최종침하량 예측

최종침하량을 예측은 쌍곡선법, Hoshino법 (√t 법), Asaoka법 중 실제 현장조건과 유사하게 해석되는 방법을 선정하여 침하관리의 주해석법으로 사용한다.

〈 침하관리 기법 〉

(표 2.3-8)

Asaoka법		·1차원 압밀방정식에 의거 하중이 일정할 때의 침하량을 나타내는 간편식 ·실측침하-시간곡선에서 동일간격의 시간(⊿t)에 대응하는 침하량 S1, S2, …, Si를 구하여 (S1, S2), (S2, S3), …, (Si-1, Si)를 도시하고 그 점들을 연결하는 직선을 구하여 침하량 계산
쌍곡선법		·침하의 평균속도가 쌍곡선적으로 감소한다는 가정하에 초기의 실측침하량에 의해 장래의 침하량을 예측하는 방법 ·쌓기종료 후 실측침하량을 기초로 시간(t)과 $t/(S_t - S_o)$를 도시하고 이 점들 중 후반부의 직선 부분을 연결하는 직선을 결정하여 침하량을 계산
Hoshino법		·유동변형을 포함한 전침하량은 시간의 평방근에 비례한다는 가정으로부터 장래의 침하량을 예측하는 방법 ·쌓기종료 후 실측침하량을 기초로 시간(t)과 $t/(S_t - S_o)^2$을 도시하고 이 점들 중 후반부의 직선 부분을 연결하여 미지수 A, K에 의해 침하량을 계산

주) 자료출처 : 한국지반공학회 지반공학 시리즈6. 연약지반 2005년

2.4 구조물 기초형식 선정

구조물 주변에서의 유로(流路) 형성은 제방붕괴의 직접적인 원인이 된다.

구조물 기초선정시 기존구조물 기초의 영향, 기초형식에 따른 지반의 강성차이, 구조물 특성상 수로 유·출입 부분의 연약한 지층 존재여부, 기존기초와 다른 기초형식 적용시 부등침하 및 균열, 제방과 구조물의 거동 차이에 따른 유로형성 가능성을 고려하여야 한다.

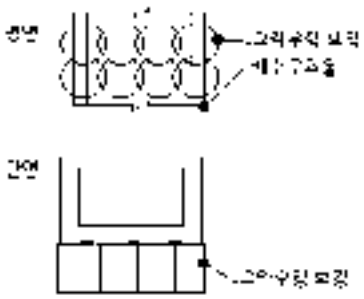
1) 제방에 설치되는 구조물의 설계 · 시공시 제외지 측으로부터 침투영향을 고려하여야 한다.
2) 제방에 설치되는 구조물 기초부, 구조물의 측벽·상부와 제체와 접하는 부분의 되메움 재료로 잡석, 자갈 등의 투수성 재료 사용을 금지한다. 실트질 또는 점토 섞인 모래 등의 다짐 및 투수관리가 양호한 양질토사를 활용하여 차수성, 지지특성이 확보되도록 다짐관리 하여야 한다.

2.4.1 얕은기초

1) 구조물에 대해 우선적으로 직접기초 적용가능성을 검토한 후 지지력 및 침하 안정성을 충족하지 못하는 경우 지반보강을 통한 얕은기초 적용 가능 여부를 확인한다.
2) 연약지반상의 구조물은 가급적 침하가 진행한 후에 시공되도록 설계되어야 한다.

〈 하천구조물 직접기초 (지반보강) 〉

(표 2.4-1)

개 념 도	내 용
	·구조물 저면지반을 불투수성 그라우팅으로 개량하여 지지력 증대, 침하층 두께 감소 등을 도모한다. ·그라우팅이 가상케이슨, 확대기초, 부상기초 등의 형식이 되도록 한다. ·그라우팅의 설치 간격이 넓은 경우 시공중 지하수 유출 등으로 작업성이 불량해질 수 있다.

2.4.2 깊은기초

구조물 하중이 말뚝을 통해 하향으로 전달되므로 구조물 저면 지반에는 접지압이 작용하지 않아, 구조물 저면에 유로가 형성된다.

1) 점성토 지반 : 주변의 제방하부에 발생한 과잉간극수압의 소산에 따른 침하의 영향으로 말뚝사이의 지반이 침하하여 구조물 저면과 지반사이의 공동이 형성되어 유로가 형성된다.
2) 사질토 지반 : 주변지반이 침하하고, 구조물 저면에 재하되는 접지압이 없으므로, 구속압이 없거나 작아 침투수의 침투압으로 토사가 쉽게 유실되어 유로가 형성된다.

하천구조물에서 깊은기초 적용시 유로형성에 따른 문제점이 발생하므로 '제7편 하천공통설계, 제4장 하천차수설계'를 참조하여 차수보강을 반영한다.

제3장 하천구조설계

제3장 하천구조설계

3.1 설계 요령

3.1.1 일반사항

가. 용어 정의

1) 허용응력 설계법(W.S.D) : 구조물을 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법으로 현재 강재, 가시설물 등 설계에 사용되고 있다.
2) 강도설계법(U.S.D) : 설계하중이 작용하여 부재가 파괴될 때 콘크리트 압력분포를 알아내어 이에 알맞도록 적합한 하중계수를 갖고 설계하는 방법으로 콘크리트 구조물의 부재는 이 규정에 따라 설계하는 것을 원칙으로 하는 설계법이다.
3) 한계상태설계법(L.S.D) : 응력중심의 허용응력설계법과 같은 탄성설계법과는 달리 확률론적 수학모델을 접목하여, 구조부재나 상세요소의 극한내력, 또는 사용성 한계, 피로강도와 같은 각종 한계상태에 바탕을 두고 극한상태의 내력을 초과하지 않는 설계법으로 현재 교량설계에만 사용되고 있다.

나. 적용범위

본 장은 하천에 설치하는 하천시설물인 이수시설, 치수시설, 환경시설 등의 설계시 허용응력 설계방법과 강도설계방법에 적용한다. 단, 한계상태설계방법를 적용하는 교량은 교량설계기준(KDS 24 00 00)의 설계요령에 따른다.

다. 적용 기준

1) 구조설계기준(KDS 14 00 00)(2021, 국토교통부)
2) 구조재료공사 표준시방서(KCS 14 00 00)(2022, 국토교통부)
3) 교량설계기준(KDS 24 00 00)(2022, 국토교통부)
4) 내진설계기준(KDS 17 00 00)(2018, 국토교통부)
5) 농어촌도로의 구조 · 시설기준에 관한 규칙(2021, 행정안전부)
6) 도로설계기준(KDS 44 00 00)(2023, 국토교통부)
7) 지반설계기준(KDS 11 00 00)(2021, 국토교통부)
8) 지반공사 표준시방서(KCS 11 00 00)(2021, 국토교통부)
9) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
10) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

라. 설계일반사항

1) 구조물은 그 목적에 적합하고 안전하며 또한 경제적이어야 한다. 그러므로 설계자는 공인된 이론, 실험결과 및 과거의 경험을 토대로 하여 구조물이 받는 각종 하중, 온도변화, 기상작용, 지진의 영향, 지반의 지지력 등에 적합하도록 사용재료, 구조물의 형태, 재료의 강도 또는 허용응력, 구조세목 등을 정하여 설계해야 한다.

2) 설계는 지나치게 경제적 효용성을 추구하기보다는 4차 산업시대에 맞추어 사용재료의 표준화 및 규격화, 시공성, 안전성 및 품질관리의 합리화, 유지관리를 위해 다음과 같은 노력이 필요하다.

가) 사용재료의 표준화 및 규격화

과거에는 시설물의 중요도에 따라 동일 구조물 내에서도 재료를 구분해서 사용하였다. 최근에는 재료별 가격 차이가 크지 않고, 본체, 흉벽, 날개벽, 조작대 등을 동시에 시공이 가능하므로 규모가 매우 큰 시설물이 아닌 경우에는 동일 구조물에서 고품질의 동일한 재질의 콘크리트와 철근 등을 사용하여 재료의 구매 및 운반, 품질관리, 시공성을 향상하고 품질을 균일하게 하는 것이 좋다.

나) 시설물 형상의 단순화

과거에는 인건비가 저렴하여 현장작업에 의한 인력시공이 많았다. 최근에는 장비를 이용한 시공의 비중이 커지고 있다. 따라서 기계화 및 시공성 향상을 위해서는 형상을 단순화해야 한다. 배수통문 및 통관의 규격을 표준화 및 규격화하면, 거푸집과 같은 가시설의 이용률이 높고, 문짝과 같은 부속시설의 제작이 쉽고, 유지관리가 편리하다. 또한 암거 본체의 경우도 공장제작 후 현장설치도 가능하므로 규격을 표준화하는 것이 좋다.

과거에는 사용재료 구하기가 어려워 구조물을 설치할 경우에 하중의 크기에 잘 부합되게 부재를 최적단면으로 설정하였으나 최근에는 시공성 향상과 형상의 단순화를 위해서 암거본체와 날개벽에서 아래쪽 헌치를 설치하지 않거나 옹벽과 통문의 날개벽을 상부에서 하단까지 동일한 두께로 설치하고, 문기둥은 머리받침대 대신 헌치를 설치하기도 한다.

또한 시설물의 부재별 최소두께의 단위를 mm~수cm에서 5cm, 10cm 단위로 한다거나 유사한 부재의 두께는 동일하게 한다.

다) 사용자 중심 건설기반

현재는 재료가 공급자의 제품생산과 판매 중심으로 되어 있으나 앞으로는 사용자의 체험과 가치중심으로 변화하므로 사용자가 원하는 다양한 맞춤형 건설기반을 만들어야 한다. 또 단순 인력 및 기계작업에서 드론과 인공지능 로봇이 측정 및 건설하므로 표준화와 자동화 기술을 개발하고 발전시켜나가야 한다.

라) 철근의 형상 및 배근의 단순화

철근 작업의 경우 현장은 좁고 악천후 등으로 인해 작업장보다 작업환경이 열악하여 작업효율

이 떨어지고 관리도 어렵다. 설계 때 철근의 곡선 또는 절곡된 형상을 직선으로 단순하게 하고 제작장에서 4~6m 단위로 가공조립 한 후 현장에서 연결하기도 한다. 이 경우 철근량은 다소 증가되나 시공성은 향상된다.

철근 피복두께도 철근 표면에서 콘크리트 표면까지를 바닥 100mm, 흙과 접하는 곳 60mm, 물과 접하는 곳 80mm와 같이 정하면 철근의 규격에 따라 부재별 피복두께가 달라지므로, 철근 중심에서 콘크리트 표면까지를 바닥 120mm, 흙과 접하는 곳 70mm, 물과 접하는 곳 100mm와 같이 일정한 치수로 단순하게 한다.

철근의 길이도 mm단위로 가공되는 것을 겹이음 등을 시방기준 이상 범위 내에서 조정하여 최종 가공된 철근 길이는 1cm 또는 10cm 단위가 되게 한다.

일본 국토교통성(2001)에서는 암거 본체와 날개벽의 경우 우리나라와 다르게 내측에 주철근, 외측에 배력철근을 배치하고 배력철근의 간격도 일정하게 하여 철근가공조립에 따른 시공성 향상을 도모하고 있다.

마) 유지관리를 위한 설계

하천시설물은 응급복구, 순찰, 점검 등 유지관리용 차량이 통행할 수 있는 폭을 확보하고 노면상태를 만들어야 한다. 또한 시설물 유지관리를 위해 연약지반에서는 침하계와 경사계 등 계측기를 매설하는 것도 하나의 방법이다.

마. 참고문헌

1) 국도건설공사 설계실무 요령(2021, 국토교통부)
2) 도로설계요령(2020, 한국도로공사)
3) 도로설계편람(2008, 국토해양부)
4) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
5) 하천시설물 표준도(2023, 환경부)

3.1.2 사용재료 및 하중

가. 주요 사용재료

1) 콘크리트와 철근

가) 시설물과 부재의 중요도에 따라 재료를 구분해 사용할 수 있으나 가능한 동일 시설물 내에서 동일한 고품질의 재료를 사용한다.

나) 콘크리트는 용도에 따라 적절한 강도를 정해 사용하되 콘크리트 최저설계기준강도는 (표 3.1-1)과 같다.

〈 구조물 콘크리트 강도기준 〉

(표 3.1-1)

최저설계기준강도(MPa)	적용대상시설
24	수문· 갑문, 보· 낙차공· 통문, 통관(날개벽, 차수벽), 역T형 및 L형 옹벽, 대공, 어도 등 중요한 시설
21	통관(기초, Surround), 반중력식옹벽, 둑마루 및 부체도로 포장, 개수로, 맨홀, 집수정 등 간단한 시설
18	중력식 옹벽, 세굴방지 채움콘크리트, 버림콘크리트 등 무근콘크리트 시설

주) 1. 상기 기준은 지역특성을 감안하여 구조계산 및 장비사용 등의 특성에 따라 조정 적용할 수 있다.
2. 교량 부분에 대한 강도기준은 구조계산에 의한 적정강도를 반영한다.
3. 구조계산 및 장비사용에 따라 골재치수와 슬럼프치(표준슬럼프치는 펌프카타설 15, 인력타설 8, 슬리폼페이퍼장비 사용은 별도 적용)는 변경될 수 있다.
4. 상기 기준을 적용할 때는 KDS 14 20 40의 환경조건에 따라 규정한 노출등급 요구조건을 고려하여야 한다.

다) 철근은 한국산업표준(KS D 3504)에 적합한 재료를 사용한다.

〈 철근 항복강도 및 콘크리트 강도 〉

(표 3.1-2)

종 류	항복강도 (MPa)	허용응력 (MPa)	사용 콘크리트강도 (MPa)
SD400	f_y = 400	f_{sa} = 180	f_{ck} = 27, 24
		f_{sa} = 160	수중 또는 지하수위 이하에 설치되는 구조물
SD300	f_y = 300	f_{sa} = 150	f_{ck} = 24, 21

주) 피복두께는 콘크리트 구조설계기준을 적용한다.

2) 강재

가) 한국산업표준(KS)에 적합한 재료를 사용하며 하천시설물에 많이 사용되는 강재는 (표 3.1-3)와 같다.

〈 강재의 종류 〉

(표 3.1-3)

강재의 종류	기호	명칭	강종
구조용 강재	KS D 3503	일반구조용 압연강재	SS235, SS275, SS315, SS410, SS450, SS550
	KS D 3515	용접구조용 압연강재	SM275, SM355, SM420, SM460
강봉	KS D 3504	철근콘크리용 봉강	일반용: SD300, SD400 용접용: SD400W, SD500W
	KS D 3505	PC강봉	SBPR, SBPD
강널말뚝	KS D 3858	냉간성형강 널말뚝	SPY 345, SPY 345W, SPY 450
	KS F 4604	열간압연강 널말뚝	일반용: SY300, SY400 용접용: SY300W, SY400W

나) 강재의 허용응력(MPa)과 탄성계수(MPa)는 「KDS 24 14 30, 강교설계기준(허용응력설계법)」을 따른다.

나. 하 중

1) 하중적용 일반사항

가) 구조물의 설계에는 시공 및 구조물 사용기간 중에 작용이 예측되는 모든 하중을 고려하고 극한상태에 따라 적절한 조합을 고려하여야 한다.

나) 설계하중은 사용하중에 하중계수를 곱하여 정한다.

다) 설계강도는 부재의 공칭강도에 강도감소계수를 곱하여 얻는다.

라) 특별한 경우 허용응력법으로 설계할 경우에는 하중계수나 강도감소계수를 적용하지 않는다.

2) 고정하중

가) 재료의 단위중량

고정하중 산출에 사용되는 재료의 단위중량은 다음 표를 사용하고 실중량이 명백한 것은 그 값을 사용한다(KDS 24 12 20, 교량 설계하중(일반설계법) 4.1.2).

< 재료의 단위중량 >

(표 3.1-4)

재 료	단위중량 (kN/㎥)	재 료	단위중량 (kN/㎥)
강, 주강, 단강	77	프리스트레스트 콘크리트	24.5
연철	76.5	인공경량골재콘크리트	15~17
주철	71	모르타르	21
목재	8	방수용아스팔트	11
도상(자갈 또는 쇄석)	19	석재	26
무근콘크리트	23	모래, 자갈, 부순돌, 흙	16~20
철근콘크리트	24.5	석탄, 탄가루	10

나) 흙의 단위중량은 다음 표를 참고한다(KDS 24 12 20, 교량 설계하중(일반설계법) 4.1.2).

< 흙의 단위중량 >

(표 3.1-5)

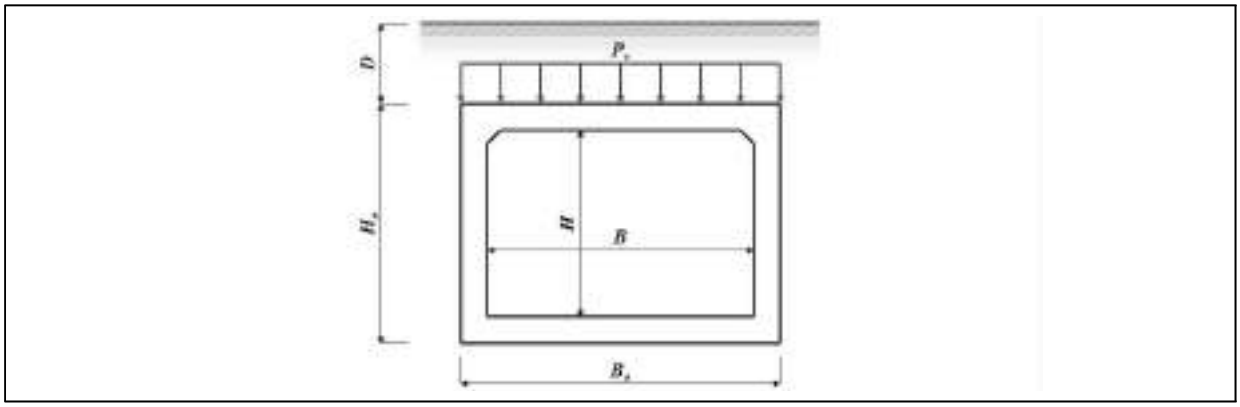
지 반	토 질	단위중량 (kN/㎥)
자연지반	모래 및 모래자갈	18(느슨) ~ 20(조밀)
	사 질 토	17(느슨) ~ 19(조밀)
	점 성 토	14(느슨) ~ 18(조밀)
성 토	모래 및 모래자갈	20
	사 질 토	19
	점 성 토	18

주) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위중량은 표의 값에서 각각 9를 뺀 값으로 한다.

3) 토피하중

토피하중은 암거 상부에 있는 토사의 중량으로 연직방향하중 성분이다. 토피하중은 기초지반상태(강성기초 여부) 조건에 따라 암거의 지지조건에 따른 계수(α)를 달리 적용할 수 있다. 본 설계요령에서는 기초지반이 양호하고 성토재료가 비슷한 강도의 흙인 경우에 성토의 침하와 더불어 암거에 상대변위가 생기지 않으므로 $\alpha = 1.0$을 적용한다.

암거의 상면에 작용하는 토피하중은 다음 식을 근거로 산출한다.



(그림 3.1-1) 〈 **토피하중** 〉

$$P_v = \alpha \cdot \gamma_t \cdot D \qquad \text{(식 3.1-1)}$$

여기서, P_v : 토피하중(kN/m^2)

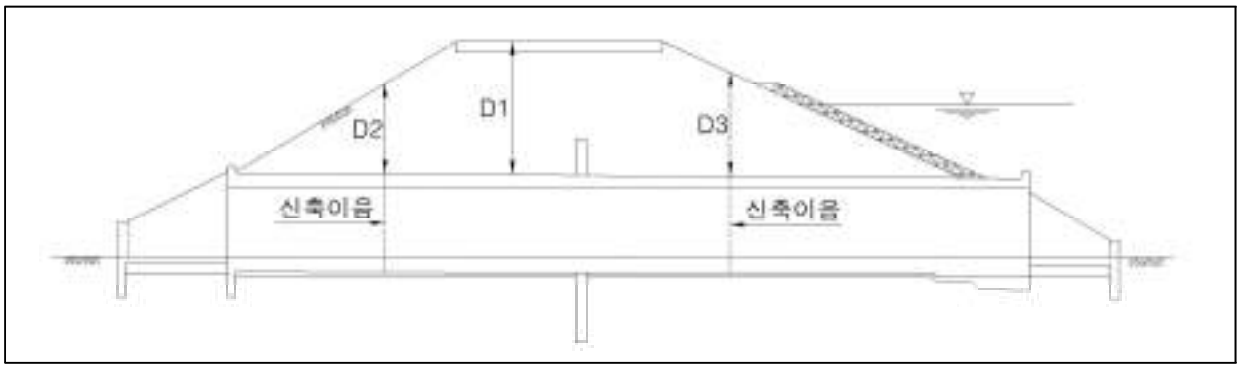
α : 암거 근입 특성에 따른 계수($\alpha = 1 + 0.2(D/B_o) \leq 1.15$)

※ 기초지반이 양호하고, 양질의 토사인 경우 $\alpha = 1.0$, 따라서 $P_v = \gamma_t \cdot D$

γ_t : 흙의 단위중량(kN/m^3)

D : 암거 상면의 토피두께(m)

종방향으로 신축이음이 설치되는 암거의 상면에 작용하는 토피하중은 신축이음을 고려하여 토피하중(D1, D2, D3)을 산정한다. 신축이음에 의하여 인접암거는 구조적으로 분리구조가 되므로 산정된 토피하중(D1, D2, D3)으로 각각의 암거를 구조 검토하여 경제적인 설계가 되도록 한다. 이때 암거상부 비탈면은 비탈경사에 의해 안정되어 있으므로 인접토피의 영향은 고려하지 않아도 된다.



(그림 3.1-2) 〈 **암거 횡단면도** 〉

4) 제방둑마루 활하중

설계에 사용하는 설계기준 자동차 하중은 도로교 설계기준에 기술된 내용을 기준으로 하는데 해당 도로의 자동차 교통상황에 따라 표준트럭하중(DB-24, DB-18, DB-13.5) 또는 이에 준하는 차로하중(DL하중)을 적용한다. 그러나 규격이 낮은 도로라 하더라도 교통량에 비해 대형차 교통량이 많을 경우, 이를 감안하여 적합한 설계기준 자동차 하중을 적용한다.

가) 지상구조물

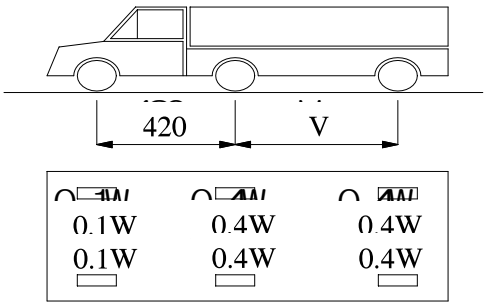
토피두께가 1m 미만인 경우는 차륜 집중하중이 배수통문 암거의 상부 슬래브에 분포하중으로 작용하기에는 토피두께가 너무 적으므로 차륜하중을 직접 재하하여 별도 검토를 수행한다. 배수통문 암거에 적용할 노면활하중 값의 기준은 토피고 3m 이상이면 활하중 등급 차이에 대한 영향이 적고, 향후 차량통행 그리고 유지보수 차량통행을 감안하여 DB-24를 기준으로 한다.

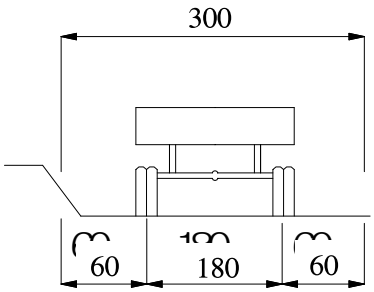
배수통문 암거 상면에 작용하는 활하중에 의한 연직하중은 다음 식으로 계산한다.

< 하중등급별 자동차 하중조건 >

(표 3.1-6)

교량등급	하중등급	총중량 1.8W(kN)	전륜하중 0.1W(kN)	후륜하중 0.4W(kN)
1 등급	DB-24	432	24	96
2 등급	DB-18	324	18	72
3 등급	DB-13.5	243	13.5	54





나) 지하구조물의 노면활하중

(1) 토피두께 1.0m≤D<4.0m인 경우

- $B_0 \leq W_\ell$인 경우

$$P_{v\ell} = \frac{2P_r(1+i)}{B \cdot W_1} = \frac{P_r(1+i)}{1.5(0.2+2H)} \qquad \text{(식 3.1- 2)}$$

- B_0 > W_ℓ인 경우

$$P_{v\ell} = \frac{2P_r(1+i)(B_o - D - 0.1)}{B_o^2} \quad \text{(식 3.1-3)}$$

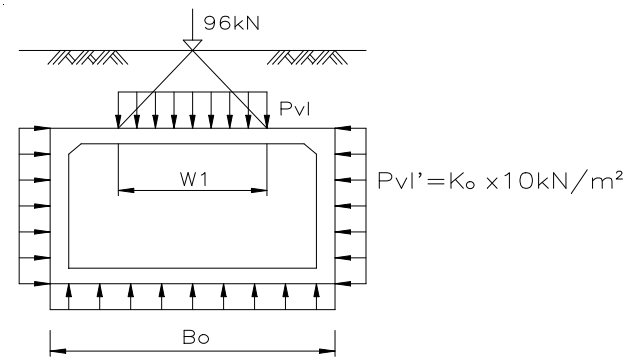
여기서, $P_{v\ell}$: 배수통문 본체 상면에 작용하는 활하중에 의한 연직하중(kN/m^2)
W_ℓ : 활하중의 종방향 분포폭($W_\ell = 2D + 0.2$ m)
B : 차량의 점유폭(B = 3.0 m)
B_o : 암거폭(m)
D : 토피두께(m)
P_r : 차륜하중(DB-24 : P_r = 96 kN)
i : 충격계수

충격계수 i의 값은 (표 3.1-7)의 값으로 한다.

< 토피두께와 충격계수 관계 >

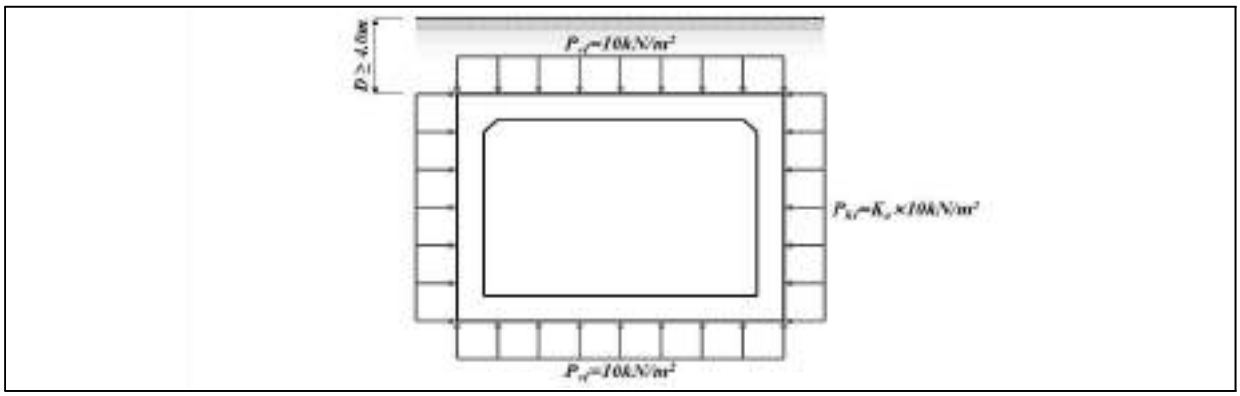
(표 3.1-7)

토피두께(D)	0.15 m ≤ D ≤ 1.0 m	1.0 m < D ≤ 2.0 m	2.0 m < D ≤ 3.0 m	3.0 m < D
충격계수(i)	0.3	0.2	0.1	0



(2) 토피두께 4m 이상인 경우(D≥4.0m)

토피두께 4.0m 이상인 경우는 차륜하중이 분포면적이 커져 계산한 분포하중이 10kN/m^2 이하가 되지만, 제방둑마루 활하중의 최소크기는 10 kN/m^2의 하중을 고려한다.



(그림 3.1-3) **< 토피두께 4.0m 이상인 경우의 활하중 >**

활하중의 영향에 의한 수평토압의 산출은 토피 두께와 관계없이 일정하게 상재하중(q)을 10 kN/m^2으로 재하하여 산출한다.

다) 군집하중

군집하중은 5×10-3 MPa의 등분포하중을 적용하고 충격은 고려하지 않는다.

5) 토 압

가) 고정벽에 작용하는 정지토압(암거, U-Type 날개벽, 흉벽 등)

(1) 정지토압은 지하 상자형 구조물 등에 적용한다.

(2) 토압이 작용하는 상자형 구조물은 전설계 토압이 작용하는 경우 및 전설계토압의 1/2이 작용하는 경우 중에서 불리한 조건의 단면적에 대하여 설계하는 것으로 한다.

(3) 정지토압 계산은 (식 3.1-4)을 이용한다.

$$P_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z + K_0 \cdot q \qquad \text{(식 3.1-4)}$$

여기서, γ : 흙의 단위중량(kN/m^3)

P_0 : 깊이 z에 대한 정지토압(kPa)

K_0 : 정지토압계수

z : 토압 P_0 가 벽면에 작용하는 깊이(m)

q : 평상시의 지표재하하중(kPa)

ϕ : 흙의 전단 저항각

정지토압계수는 $K_0 = 1 - \sin\phi$로 구하는 것을 기본으로 한다.

그러나 토질조건에 따라 보다 합리적인 공인된 경험공식 또는 경험치를 사용할 수 있다.

나) 가동벽에 작용하는 주동토압(역T형 날개벽)

(1) 옹벽구조물 등의 가동벽에는 주동토압을 적용한다.

(2) 벽면에 작용하는 토압의 분포하중으로는 Coulomb의 토압공식을 적용하여 단면설계하는 것을 원칙으로 하며 안정계산을 할 때는 Rankine 토압공식을 사용한다.

(3) 다음은 Coulomb의 주동 토압공식이다.

- 사질토 : $P_a = K_A \cdot \gamma \cdot z + K_A \cdot q$ (식 3.1-5)

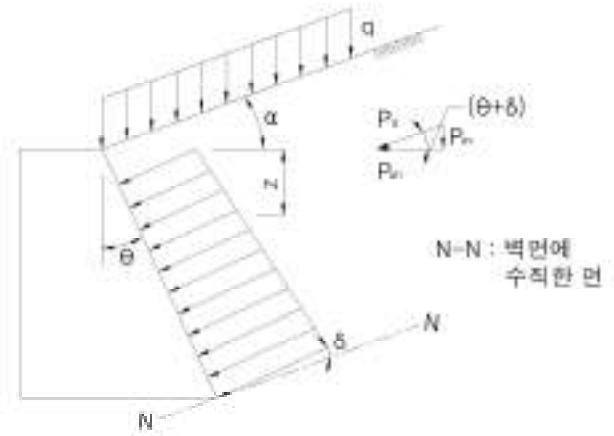
- 점성토 : $P_a = K_A \cdot \gamma \cdot z - 2\,c\,\sqrt{K_A} + K_A \cdot q$ (식 3.1-6)

여기서,

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta\,\cos(\theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta + \delta)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta)\sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$$

γ : 흙의 단위중량(kN/㎥)
P_a : 깊이 z에 대한 주동토압(kPa)
K_A : Coulomb에 의한 주동토압계수
z : 토압 P_0 가 벽면에 작용하는 깊이(m)
c : 흙의 점착력(kPa)
q : 평상시의 지표재하하중(kPa)
ϕ : 흙의 전단 저항각
α : 지표면과 수평면이 이루는 각
θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각
δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면마찰각



(그림 3.1-4) **<배면에 작용하는 주동토압>**

여기서 사용하는 각도는 반시계방향을 +로 한다.

다) 흙의 내부 마찰각과 토압작용면의 벽면마찰각

(1) 흙의 내부마찰각은 직접토질시험한 값을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 만약 직접시험을 하지 않았을 경우에는 토질공학적 근거에 입각한 관계식이나 기존의 토질시험값 또는 일반적인 경험값을 사용할 수 있다.

- 사질토의 경우 : $\phi = 25 + 3.2\sqrt{\frac{100N}{70 + Pv}}$ (식 3.1-7)

여기서, Φ : 흙의 내부마찰각

N : 표준관입시험치

Pv : 표준관입시험치를 측정할 때의 유효토압(kPa)

(2) 토압작용면의 벽면마찰각(δ)은 다음과 같다. (KDS 24 14 50, 4.2.2)

‹ 토압작용면의 벽면마찰각 ›

(표 3.1-8)

구 분	계산의 종류	마찰각의 종류	벽면마찰각(°)	
			평상시 δ	지진시 δ_E
중력식 옹벽	안정계산, 단면계산	흙과 콘크리트	$\phi/3$	0
역T형 옹벽	안정계산	없음	0	0
	단면계산	흙과 콘크리트	$\phi/3$	0

주) 여기서, ϕ : 흙의 내부마찰각(°)

6) 수위 및 수압

구조물의 수중에 있는 부분과 땅속의 지하수위 이하에 있는 부분은 정수압, 잔류수압, 양압력 등 수압을 고려한다.

가) 정수압

정수압 산정에 적용하는 지하수위는 실조사수위를 원칙으로 하되 수위의 계절적 변동 폭을 감안하여 설계책임자가 적절히 결정하고, 정수압은 다음 식으로 산출한다.

$$F = \gamma_w \cdot h \quad \text{(식 3.1-8)}$$

여기서, F : 수압(kPa)

γ_w : 물의 단위중량(kN/㎥)

h : 지하수의 깊이(m)

나) 흉벽, 날개벽에 작용하는 잔류수위

육상에 설치한 옹벽은 배수공을 설치하여 지하수위를 낮추어 구조계산 때 배면에 수위가 작용하지 않는 것으로 계산을 한다. 그러나 하천에서 수문, 보, 통문의 흉벽과 날개벽은 배수공이 하천수의 침투로를 만들 우려가 있으므로 배수공을 설치하지 않을 경우가 많다. 이 경우 앞면수위와 배면수위 간에 수위차가 발생하는 경우 수위차에 따른 잔류수위는 다음과 같이 산정한다

(1) HWL < GL 의 경우

① GWL < WL 일 때

$$RWL = (HWL - WL) \times 2/3 \quad \text{(식 3.1-9)}$$

② GWL > WL 일 때

$$RWL = (HWL - GWL) \times 2/3 \quad \text{(식 3.1-10)}$$

(2) HWL > GL 의 경우

① GWL < WL 일 때

$$RWL = (GL - WL) \times 2/3 \quad \text{(식 3.1-11)}$$

② GWL > WL 일 때

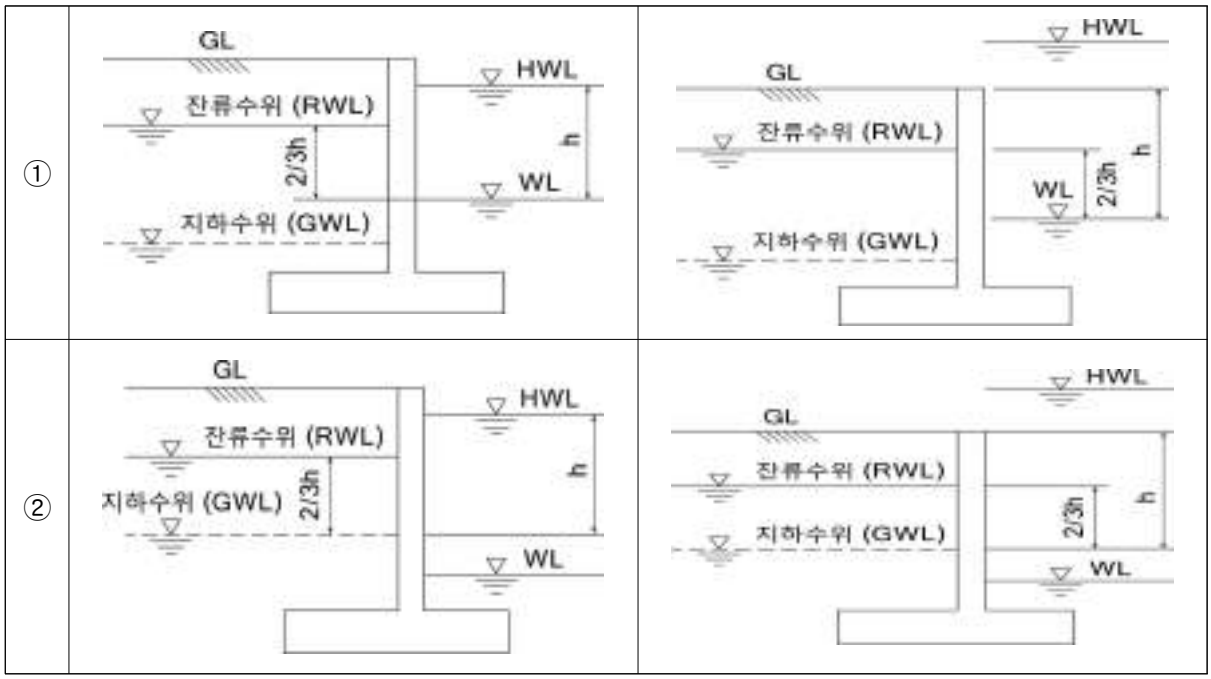
$$RWL = (GL - GWL) \times 2/3 \quad \text{(식 3.1-12)}$$

여기서 RWL: 잔류수위, HWL: 계획홍수위, GWL: 자연지하수위, WL: 전면수위, GL: 구조물 배

후의 지반고이다.

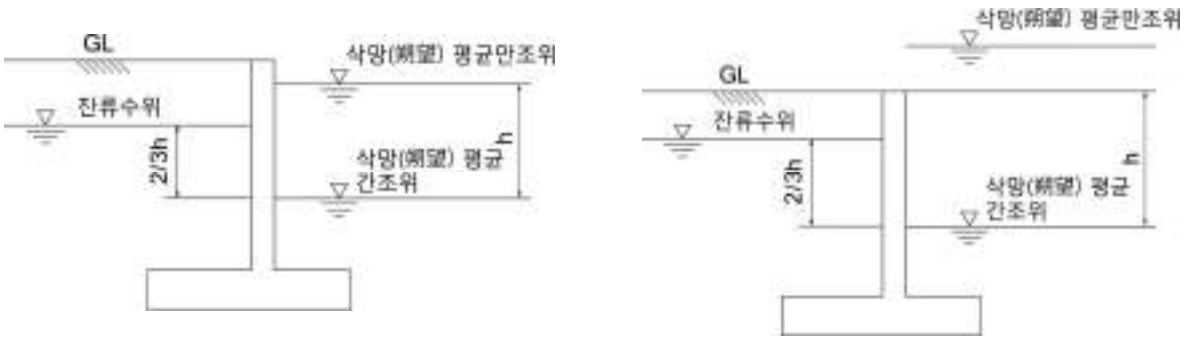
날개벽 앞면 수위는 상시에는 저수위(LWL), 지진 시에는 평수위로 한다. 지진 시에서는 잔류수위는 없는 것으로 하고, 흉벽・날개벽의 배후의 설계수위는 자연 지하수위와 평수위 중 높은 쪽의 수위로 한다.

평상시에 조위차(潮位差)의 영향을 받고 있는 감조구간(感潮区間)의 잔류수위는 상시 및 지진 시에도 앞면 조위차에 따라서 (그림 3.1-6)과 같이 정한다.



(a) HWL < GL의 경우 (b) HWL > GL의 경우

(그림 3.1-5) **〈잔류 수위의 설정방법 [상시]〉**



(a) 삭망평균만조위가 GL보다 낮은 경우 (b) 삭망평균만조위가 GL보다 높은 경우

※ 삭망 : 달과 태양이 일직선이 될 때 나타나며, 이때 지구에 작용하는 달과 태양의 인력이 증가하여 고조위가 높아지고 저조위가 낮아진다.

(그림 3.1-6) **〈감조구간의 잔류수위〉**

다) 바람에 의한 파고 및 파압

저수지 내에 생기는 바람에 의한 파고는 S.M.B법(식 3.1-13)로 구하는 것을 표준으로 한다. 이 경우에 채택하는 10분간의 평균풍속은 과거 관측자료를 토대로 설정한다. 전파고의 수위상승은 설계수위 조건으로 예상하여 정수압으로 산정하는 방법을 표준으로 한다. 단, 해당 수문 또는 보의 각 조건에 따른 설계파고가 정수압 환산보다 파압식 쪽이 큰 하중이 되는 경우는 파압식을 채택한다.

$$h_w = 0.00086\, V^{1.1}\, F^{0.45} \qquad \text{(식 3.1-13)}$$

여기서 h_w: 바람에 의한 파고(m), V: 10분간 평균풍속(m/s), F: 대안거리(m)이다.

7) 지진하중

하천시설물별 내진설계는 '제7편 공통설계 제5장 하천내진설계'에 따른다.

가) 지진력

구조물이 단순하고 기본 고유주기가 3초 미만일 경우 지진력은 등가의 정적수평력으로 하며 구조물의 중심에 작용시킨다.

$$E = K_h \cdot D \qquad \text{(식 3.1-14)}$$

여기서 $K_h = 2.5 \cdot C_a \cdot I$ (지중구조물의 내진설계 - 한국지진공학회)

E : 등가정적 지진력

K_h: 수평진도

D : 구조물의 자중과 활하중

C_a: 지진계수

Ⅰ : 위험도계수

단, 암거에 대한 지진의 영향은 암거중량과 흙의 중량이 비슷하여 암거와 주변 흙이 근사한 거동을 하게 되므로 지반이 연약하여 액상화 현상이 예상되거나 활성단층을 가로지르는 경우를 제외하고는 고려할 필요가 없다.

나) 지진시 동수압

지진시 동수압은 다음에 보이는 Westergaard의 근사식으로 산정하는 것을 표준으로 한다.

$$p_d = 0.875 \cdot W_0 \cdot K_h \cdot \sqrt{H_1 \cdot h_1} \qquad \text{(식 3.1-15)}$$

$$y = \frac{2}{5} \cdot h_1$$

여기서 p_d :수면에서 h_1 점의 동수압(t/㎡)

W_0 : 물의 단위체적중량(t/㎥)

K_h : 설계수평 진도

H_1 : 전 수심(m)

y : 작용점까지의 h_1에서의 거리(m)

단, 토중수(퇴적토사 내의 물을 포함)는 지진 시 동수압을 고려하지 않는다. 이것은 지하수 이하의 흙 속과 수면 아래 퇴적토사 등의 흙입자 사이의 물은 자유롭게 움직일 수 없으므로, 질량(흙입자 중량+물 중량)에 진도를 곱한 관성력으로 한다.

또한 동수압은 전수면에 작용한다고 간주하므로, 구조물이 상하류면(또는 좌우안) 모두 물에 접해 있는 경우에는 양면에 동수압이 작용하는 것으로 한다.

8) 양압력

가) 구조물 설계 때 지하수위가 높은 경우에는 양압력에 대한 안정성 여부를 검토한다.

나) 양압력은 구조물 및 상재토사에 의해 배제되는 물의 중량으로 연직방향으로 작용하는 것으로 보고 구조물에 가장 불리하도록 재하시킨다.

다) 수압은 정수압을 기준으로 하며, 지하수위는 실조사수위를 원칙으로 하되 수위의 계절적 변동폭을 감안하고 설계책임자가 판단하여 적절한 설계수위를 결정한다.

라) 양압력(U)은 (식 3.1-15)으로 산정하며 구조물 바닥폭(B) 전면에 균등하게 적용하는 것으로 한다.

마) U형수로 등에서 지하수위가 불명확하고, 양압력 작용 수위차(h_s)가 너무 커서 비합리적인 구조물이 될 경우에는 벽체에 물빼기공(배수공)을 설치하고, 잔류수위는 측벽높이의 1/2~2/3 정도를 취하면 안전하다.

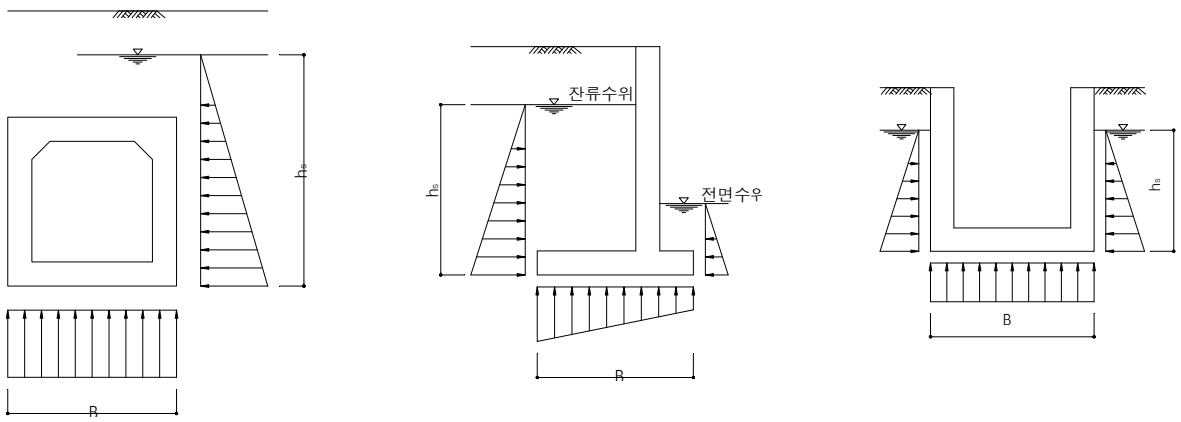
$$U = \gamma_w \cdot h_s \cdot B \qquad \text{(식 3.1-16)}$$

여기서 U : 양압력(kN)

γ_w : 물위 단위중량(kN/m^3)

h_s: 양압력이 작용하는 수위차(m)

B : 저폭(m)



(a) 암거 (b) 옹벽 (c) U형수로

(그림 3.1-7) **〈 양압력 분포도 〉**

바) 저항력

양압력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체 자중 및 상재하중과 흙과 흙의 주변마찰력의 총합으로 하며 다음과 같이 구할 수 있다.

$$R = W_1 + W_2 + F \quad \text{(식 3.1-17)}$$

여기서, R : 저항력
W_1 : 구체자중
W_2 : 상재고정하중
F : 흙과 흙과의 주변마찰력
$F = F_1 + F_2 = K_1 \cdot P_1 \cdot A_1 \cdot \tan\phi + K_2 \cdot P_2 \cdot A_2 \cdot \tan\delta$
F_1: 상재토의 마찰력
F_2: 벽체와 뒷채움토 사이의 최소마찰각
K_1, K_2: 횡토압 계수[정지토압(Ko=1－sinϕ)]
P_1, P_2: 상재토층, 벽체에 작용하는 평균 유효토압

$$P_1 = \frac{1}{2}\gamma_{sub} \cdot h_1$$

$$P_2 = \gamma_{sub} \cdot h_1 + \frac{1}{2}\gamma_{sub} \cdot h_s$$

A_1, A_2: 상재토, 벽면의 마찰접촉 면적($A_1 = 2h_1,\ A_2 = 2h_s$)
ϕ : 상재토 유효마찰각
δ : 흙 또는 흙과 벽체 사이의 유효 마찰각
γ_{sub} : 흙의 수중 단위중량(kN/m^3)

사) 안정검토

양압력에 대한 안전율(Fs)은 (식 3.1-18)으로 산정하며 양압력에 대한 안전율 부족 시에는 별도의 필요한 조치를 하여야 한다. 평상시 안전율(Fs)은 1.2 이상이어야 한다. (KDS 24 12 20 4.1.2)

공사 중 부력에 대한 안정여부 검토 시에는 공사단계별 조건 중 가장 위험한 조건으로 검토하여야 하며 안전율은 1.1 이상으로 하고 실조사수위로 적용할 수 있다.

안전율 Fs = R(저항력) / U(양압력) (식 3.1-18)

9) 유수압

유수압은 유수방향에 대한 기둥의 연직투영 면적에 작용하는 수평하중으로 하고, 작용위치는 하저면에서 0.6H로 한다.

기둥에 작용하는 유수압은 다음과 같다. (KDS 24 12 20, 4.1.2)

$$P_f = k \cdot v^2 \cdot A \quad \text{(식 3.1-19)}$$

여기서, P_f : 유수압(kN)
k : 기둥 형상에 따라 정해지는 계수(사각기둥 k=0.7, 원형기둥 k=0.4)
v : 최대유속(m/s)
하천 상황(홍수량, 하천경사 등)에 따라 변하여 일정하게 정할 수 없으나, 하천시설물 표준화 작업을 위해 5m/s로 적용
A : 문기둥의 연직투영면적(m^2)

10) 유목 등의 충돌하중

유목 및 기타의 유송물이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌력을 고려하고, 작용 높이는 수면으로 한다.

$$P_{co} = 0.1 \cdot w \cdot v \qquad \text{(식 3.1-20)}$$

여기서, P_{co} : 충돌력(kN)
w : 유송물의 중량(kN)
v : 표면유속(m/s)

11) 풍하중

풍하중은 3 kN/m^{2}으로 한다 (KDS 24 12 20, 4.1.4)

12) 건조수축의 영향

콘크리트 건조수축에 의한 영향은 콘크리트의 건조수축률 $\varepsilon_{sh} = 15 \times 10^{-5}$로 한다. 단, 축방향 철근량이 부재 콘크리트 단면적의 0.5% 미만인 경우에는 $\varepsilon_{sh} = 20 \times 10^{-5}$로 한다 (KDS 24 12 20 4.1.2)

13) 온도변화의 영향 (KDS 24 12 20, 4.1.4)

가) 콘크리트의 온도변화 범위는 지역별 평균온도를 고려하여 정한다. 보통의 경우 온도의 승강은 각각 15℃로 하고, 단면의 최소치수가 700mm 이상인 경우는 10℃로 한다.

나) 부재의 온도차에 의해 생기는 단면력을 산출하는 경우의 온도차는 5℃로 한다.

다) 철근 콘크리트의 선팽창계수는 1.0×10^{-5}로 한다.

라) 수중 또는 토중에 있는 구조물에 대해서는 온도변화의 영향을 고려하지 않는다.

14) 설하중

설(雪)하중은 눈의 단위체적 중량과 적설의 깊이를 곱하여 구한다. 눈이 많은 지방에서는 1.0~3.5kN을 적용하고, 적설이 없거나 적은 곳에서는 고려하지 않아도 좋다.

15) 권양기에 작용하는 하중

수문, 가동보, 통문에서 조작대의 상부슬래브에는 문짝개폐하중(문짝조작시설 자중, 지수부 · 수밀고무 · 퇴적이토 등의 마찰력, 부력, 월류수에 의한 상 · 하향력, 하단방류시의 상 · 하향력 등 권양기 설계상의 개폐하중)과 권양전동기의 정격용량(전동기는 정격토크에 대해 순간토크는 200~300%가 작용)을 고려하여야 한다. 조작대 상부슬래브를 설계할 때 평상시에는 설계개폐하중을 적용하고, 이상시에는 최대토크하중이 작용할 때의 허용응력을 1.5배로 한다.

16) 기타 하중

기타하중은 상기하중 이외에 시공하중, 제체내의 과잉간극수압, 풍랑에 의한 파압, 해일영향 등이 있으며, 하중을 고려할 필요가 있는 경우에는 상황에 따라 고려한다.

3.1.3 구조해석모델 및 경계조건

1) 구조해석 모델링(modeling)시 고려사항

가) 구조물의 축선은 부재 단면의 도심축으로 한다. 이때 부재 치수가 다를 때에는 안전측으로 한다.

나) 상자형 구조물은 구조형태상 박스라멘(rahmen)으로 구조해석시 2차원 뼈대구조(frame)를 적용한다.

2) 토사부에 지지되는 구조물의 경계조건

가) 구조물이 토사지반에 위치하는 경우는 저판 밑의 지지부에 지반스프링을 두어 해석하는 것을 원칙으로 하며, 이때 사용되는 지반반력계수는 각종의 조사 및 시험 결과에 의해 얻어진 변형계수 및 기초의 재하폭 등의 영향을 고려하여 정한다.

나) 스프링 경계조건을 사용하는 경우 스프링 간격은 하부 슬래브를 8등분 정도할 수 있는 간격으로 배치하되 간격이 너무 넓어지는 경우는 대략 1m 정도의 간격으로 한다.

다) 연직방향 지반반력계수 (도로교 설계기준 해설)

$$K_v = K_{vo}\left(\frac{B_v}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}} \quad \text{(식 3.1-21)}$$

여기서, K_v : 연직방향 지반반력계수(kN/㎥)

K_{vo} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 연직방향

B_v : 기초의 환산재하폭(m)으로 다음 식에서 구한다. 저면형상이 원형인 경우는 지름으로 한다.

$$B_v = \sqrt{A_V}$$

A_v : 연직방향의 재하면적(㎡)

지반반력계수(kgf/㎠)로 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우 (식 3.1-22)로 구한다.

$$K_{vo} = (1/0.3) \cdot \alpha \cdot E_O \quad \text{(식 3.1-22)}$$

여기서 E_O(지반의 변형계수)와 α(지반반력계수)는 (표 3.1-9)과 같다.

〈 E_0 와 α 값 〉

(표 3.1-9)

시험방법에 따른 변형 계수 E_0 (kN/㎡)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수 1/2	1	2
보링공 내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N치에서 E_0=2800N으로 추정한 변형계수	1	2

라) 구조물 우측 하단부에 무한강성의 수평지반 스프링을 설치하는 방법 등으로 수평방향으로 유지시킨다.

3) 하중조합 및 하중계수와 강도감소계수

가) 하중조합과 하중계수(KDS 14 20 10, 4.2.2)

구조물을 설계할 때는 아래에 제시된 하중계수와 하중조합을 모두 고려하여 해당 구조물에 작용하는 최대소요강도에 대하여 만족하도록 설계하여야 한다.

단면검토는 계수하중을 적용하고, 사용성 검토시는 사용하중을 적용하여 가장 불리한 조건에 대해 설계하여야 한다.

부등침하, 크리프, 건조수축 및 온도변화는 사용구조물의 실제상황을 고려하여 설계하여야 한다.

(1) $U = 1.4(D + F + H_v)$

(2) $U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + \alpha_H \cdot H_v + H_h) + 0.5(L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

(3) $U = 1.2D + (1.0L \text{ 또는 } 0.65W) + 1.6(L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

(4) $U = 1.2D + 1.3W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

(5) $U = 1.2(D + H_v) + 1.0E + 1.0L + 0.2S + (1.0H_h \text{ 또는 } 0.5H_h)$

(6) $U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + \alpha_H \cdot H_v) + 0.8H_h + 0.5(L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

(7) $U = 0.9(D + H_v) + 1.3W + (1.6H_h \text{ 또는 } 0.8H_h)$

(8) $U = 0.9(D + H_v) + 1.0E + (1.0H_h \text{ 또는 } 0.5H_h)$

여기서, D : 고정하중
E : 지진하중
F : 유체압력의 의한 하중
α_H : 매설깊이(h)에 따른 분산보정계수($h \leq 2$ m인 경우는 1.0, 2m < h ≤7m인 경우는 1.05-0.025h, h>7m인 경우는 0.875)
H_h : 흙, 지하수 등에 의한 수평방향 하중
H_v : 흙, 지하수 등에 의한 연직방향 하중
L : 활하중
L_r : 지붕활하중
R : 강우하중
S : 적설하중
T : 온도하중
W : 풍하중

또한, 토피두께가 1m 미만인 경우는 토피하중보다 활하중의 영향이 더 클 수 있으므로 「교량 설계기준(KDS 24 00 00)(2022,국토교통부)」의 하중계수와 하중조합에 대해서도 추가검토 비교하여야 한다.

나) 강도감소계수 (KDS 14 20 10 4.2.3)

부재나 단면의 설계강도는 강도설계법의 요구사항과 가정에 따라 계산되는 공칭강도에 강도감소계수 ϕ를 곱한 강도이고, 강도감소계수는 (표 3.1-10)와 같다.

(1) 인장 및 압축지배단면

〈 지배단면에 따른 강도감소계수 〉

(표 3.1-10)

지배단면 구분		순인장 변형률 조건	강도감소계수(ϕ)
압축지배단면	나선철근	ε_y 이하	0.70
	그 외 철근	ε_y 이하	0.65
변화구간단면	나선철근	$\varepsilon_y \sim 0.005$(또는 $2.5\varepsilon_y$)	0.70 ~ 0.85
	그 외 철근	$\varepsilon_y \sim 0.005$(또는 $2.5\varepsilon_y$)	0.65 ~ 0.85
인장지배단면		0.005 이상 ($f_y > 400$MPa인 경우 $2.5\varepsilon_y$ 이상)	0.85

(2) 전단력과 비틀림모멘트 : $\phi_v = 0.75$

(3) 콘크리트의 지압력 : $\phi_b = 0.65$

4) 처짐 및 균열제한

구조물은 외력에 대하여 안전해야 할 뿐만 아니라 사용성도 확보되어야 한다. 이러한 사용성에 문제가 되는 것으로 처짐과 균열이 있는데 이들은 사용하중 상태에서 검토한다.

가) 처짐의 제한(KDS 14 20 30 4.2.1)

철근콘크리트 부재의 처짐은 부재의 최소두께를 정하여 처짐을 간접적으로 규제한다.

보통골재로 만든 철근콘크리트 보 또는 1방향 슬래브와 같은 1방향 구조의 최소두께 또는 높이가 아래에 주어진 값보다 큰 경우에는 처짐을 계산하지 않아도 된다.

〈 처짐을 계산하지 않을 경우의 휨부재 최소두께 〉

(표 3.1-11)

부 재	최소두께 또는 높이 t(cm)			켄틸레버
	단순지지	일단연속	양단연속	
1방향 슬래브	l/20	l/24	l/28	l/10
보	l/16	l/18.5	l/21	l/8

(1) 위 표의 값은 일반콘크리트(Wc = 2,300kg/m^3)와 설계기준 항복강도 400 MPa 철근을 사용한 부재에 대한 값이며 다른 조건에 대해서는 그 값을 다음과 같이 수정한다.

(2) 1,500~2,000kg/m^3 범위의 단위체적질량을 갖는 구조용 경량콘크리트에 대해서는 계산된 h값에 (1.65-0.00031m_c)를 곱해야 하나, 1.09보다 작지 않아야 한다.

(3) fy가 400 MPa 이외인 경우는 계산된 h값에 (0.43 + fy/700)를 곱한다.

나) 균열 (KDS 14 20 20 4.2.3)

(1) 콘크리트 구조기준(KDS 14 20 00)에서는 균열 폭을 직접 산정하여 허용균열폭과 비교하는 대

신 철근의 수량 및 간격, 콘크리트 구성 재료, 그리고 철근의 최소피복 두께 등을 검토함으로써 구조물에 발생하는 균열을 제어하는 것으로 하였다.

(2) 콘크리트 인장 연단에서 가장 가까이 배치되는 철근의 중심간격 S는 아래 (식 3.1-23)과 (식 3.1-24)에 의해 계산된 값 중에서 작은 값 이하로 한다.

$$S = 375\left(\frac{k_{cr}}{f_s}\right) - 2.5C_c \qquad \text{(식 3.1-23)}$$

$$S = 300\left(\frac{k_{cr}}{f_s}\right) \qquad \text{(식 3.1-24)}$$

여기서, C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 사이의 최소두께(mm)

f_s : 사용하중 상태에서 인장연단에서 가장 가까이 위치한 철근의 응력(MPa)(근사 값으로 $\frac{2}{3}f_y$ 사용 가능)

k_{cr} : 건조환경에 노출된 경우는 280, 그 외의 환경에 노출되는 경우는 210

마. 기타사항

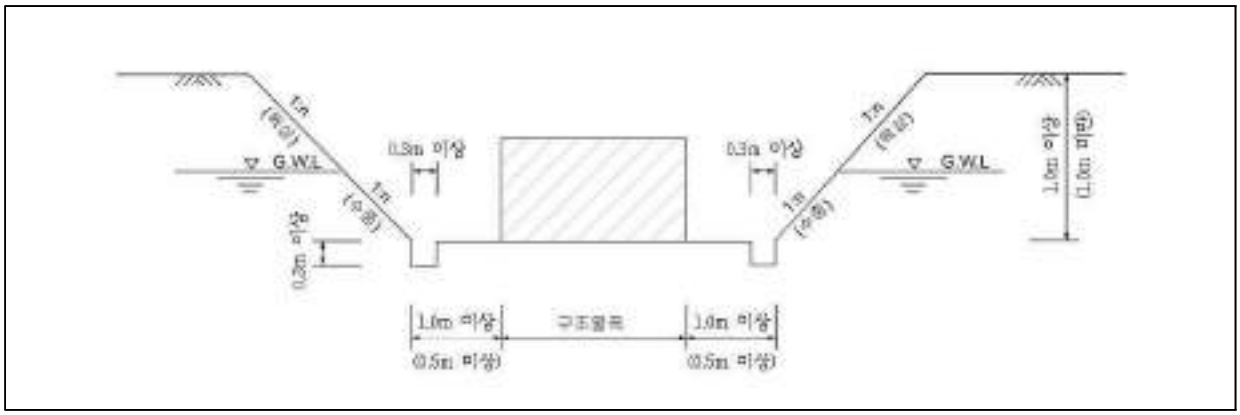
기타 구조 세목 등의 기준에 대해서는 콘크리트 구조기준 등 제 기준서에 따르며, 암거 등 시설물에 대한 설계예시 및 단면도는 하천시설물 표준도를 준용한다.

3.1.4 구조물 토공

가. 터파기

1) 터파기의 육상과 수중의 구분은 지하수위를 기준으로 하며 지하수위 이하는 수중터파기로 설계하고 물푸기를 한다.
2) 육상터파기는 지반별 비탈경사는 (표 3.1-12)을 참고하되, 터파기 비탈면의 수직고가 3m 이상인 경우는 비탈면안정성 검토에 의해 최소안전율(Fs = 1.1) 이상의 안전을 확보하여야 한다.
3) 터파기고가 높은 경우는 턱(소단)을 두어 비탈면의 안정성을 확보할 수 있다.
4) 수중터파기는 비탈면의 미끄럼(sliding) 방지를 위해 비탈경사는 지층별 토성치를 고려한 비탈면 안정성 검토에 의해 결정한다.
5) 터파기 때 수평 여유폭은 터파기고가 1m 이상이면 1m 이상, 1m 미만이면 0.5m 이상을 적용한다.
6) 지하수위 아랫부분을 터파기할 때는 바닥면에 집수를 위한 줄파기(최소규격 0.3m × 0.3m 이상)를 반영한다.
7) 터파기할 때 지하수와 하천수처리는 '제7편 제1장 하천 가시설설계' 요령에 따르며, 가물막이의 높이는 공사시 외수위보다 최소한 50㎝ 이상 높게 설치하고, 유수에 의한 비탈면 침식방지를 위해 보호공을 설치할 수 있다.

8) 터파기 때 유입수의 처리는 유입유량을 고려하여 물푸기를 계상한다.



(그림 3.1-8) **〈 구조물 터파기 표준단면 〉**

〈 지반별 육상 터파기 비탈경사 〉

(표 3.1-12)

지반의 종류	경 사	비 고
일반토사	1 : 1.0	
모래(수중)	1 : 1.5	
풍 화 암	1 : 0.5	
발 파 암	1 : 0.3	

주) 자료출처 : 국도건설공사 설계실무 요령(교량기초 터파기 수량산출요령 참고, 2016, 국토교통부)

나. 되메우기

1) 되메우기 재료는 터파기 또는 흙깎기 실시 후 발생한 토공의 토성치를 검토하여 적합성 여부를 판단하여 사용한다.
2) 구조물 뒷채움과 되메우기 재료 기준은 '제2편 하천치수시설, 제1장 하천제방'를 참조한다.
3) 되메우기 다짐기준은 '제2편 하천치수시설, 제1장 하천제방'을 참조한다.
4) 되메우기의 공정계획은 구조물의 양생기간을 고려하여 수립한다.
5) 구조물 상단고를 기준하여 하부는 뒷채움 한층 두께를 20cm 이하로 하여 충분한 다짐이 될 수 있게 인력과 장비를 단독 또는 조합하여 적용할 수 있다.
6) 토피의 기준은 해당지역의 동결심도와 하중에 의한 구조물 영향 등을 고려하여 토피고를 결정한다.

다. 잔토처리

1) 잔토는 터파기량과 되메우기량의 차이로 토성치가 적합한 경우 성토용 재료로 유용하는 것을 원칙으로 한다.
2) 성토용으로 부적합한 잔토는 고수부지 등에 포설하여 사토하고 공사비는 순수 포설비만을 계상한다.
3) 사토량이 과다하여 고수부지 포설이 치수적으로 문제가 있을 것으로 판단될 경우는 별도의 사토처리계획을 수립한다.

제4장 하천차수설계

제4장 하천차수설계

4.1 설계 요령

4.1.1 일반사항

가. 용어 정의

1) 차수시설: 물이 새는 것을 막는 시설을 총칭하며, 통문의 하부에서 지반을 터파기하지 않고 널말뚝 등을 이용하여 벽체를 설치하는 것을 차수공이라 하고, 측벽과 같이 터파기 후 벽체를 만드는 것을 차수벽이라 구분하기도 한다.
2) 사운딩: 지반에 시험기구를 삽입, 회전, 인발하면서 그 저항치를 측정하여 지반의 특성을 조사하는 원위치 지반조사 방법을 통칭한다.
3) 슬라임(Slime): 시추, 현장타설말뚝, 심층혼합처리공, 지중연속벽 등을 시공하기 위한 지반을 굴착할 때 생기는 미세한 굴착 찌꺼기를 통칭한다.
4) 안내벽: 지하연속벽 시공시 굴착 작업전에 굴착구 양측에 설치하는 콘크리트 가설벽으로 굴착 입구 지반의 붕괴를 방지하고 굴착 기계와 철근망 삽입의 정확한 위치 유도를 목적으로 설치한다.
5) 안정액(Slurry): 액성한계보다 훨씬 많은 수분을 함유한 현탁액으로서, 지반을 굴착할 때 공벽이 붕괴되는 것을 방지할 목적으로 사용하며, 주로 소듐 몬모릴로나이트(Sodium montmorillonite)를 사용한다.
6) 오거보링: 오거를 이용하여 지반을 시추하는 것을 말하며, 주로 토사지반의 시추에 사용된다.

나. 적용범위

1) 하천시설인 제방, 보, 수문, 통문 등에 대하여 제체 및 기초지반과 구조물 하부 및 측면을 통한 누수방지를 위해 합리적이고 경제적인 설계를 도모하기 위한 것으로 하천시설의 차수시설 설계에 적용한다.
2) 본 절에 규정하지 않은 사항은 관련 설계기준과 시방서 및 지침에 따른다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2023, 환경부)

라. 참고문헌

1) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
2) CIRIA and USACE. 2013. The international levee handbook. London.

3) Giroud, J-P. 1988. Review of geotextile filter criteria. In: Proc first Indian geotextiles conference, Indian Institute of Technology, Bombay, International Geotextile Society, International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Bombay, India, 8-9 December.
4) 하천제방설계지침(2000, 일본 건설성)

4.1.2 사전조사

가. 누수의 원인 및 특성

1) 제방에서 침투류가 발생하면 제방 내에는 흙입자 사이에 수압 및 중력에 의한 침투력이 작용한다. 이것이 어느 한계를 초과하면 흙입자는 움직여서 변형 또는 이동하여 지반을 파괴하게 된다. 하천제방에서 주된 침투피해는 강우와 하천수가 침투하여 제체 내 침윤면이 상승하여 발생하는 활동파괴와 투수성 지반에서 침투압 상승에 의한 파이핑파괴이다.
2) 제방의 누수는 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있다. 제체누수는 일반적으로 하천의 외수위가 상승하여 제체내로 유수가 침투하여 제내측 비탈면에서 침투수가 유출하는 것을 말한다. 즉 침윤선이 제내지 비탈면에 도달하면 누수가 시작되고 그 양이 많으면 파이핑 현상에 의해 붕괴위험을 내포하게 된다. 누수가 발생되어 제방을 손상시킬 수 있는 곳은 다음과 같다.
   - 두더지, 들쥐 등의 천공동물이 서식하거나 발생하기 쉬운 쓰레기 버림터
   - 제내지 지반이 하상보다 낮고 습한 곳
   - 제방의 원지반이 투수층인 곳
   - 연결호안의 접속불량으로 세굴된 곳
   - 둑 자리가 구하도 또는 파괴 장소였던 곳
   - 통문, 통관 등 제방횡단시설이 가까이 있는 곳
   - 다른 곳보다 제체 단면이 작은 곳
   - 제체 토질이 불균일하고 불량한 곳
   - 저수로가 제방에 접근해 있는 곳
   - 매립된 흙막이 널판, 거푸집 등이 썩어서 공극이 발생한 곳
   - 제체가 건조 또는 지진 등에 의해 균열이 있는 곳
   - 차수벽 또는 누수 널말뚝이 부족한 곳
   - 토질조사가 불충분하여 지반 누수대책이 적절하지 못한 곳
   - 기초 잡석, 기타 시공상의 잘못 등에 의한 곳
   - 되메우기 토사의 불량 및 다짐이 불충분하여 투수성이 큰 경우

3) 제방에서 구조가 변화거나 다른 구조물과 접하는 곳인 변환부(transition)는 이질적인 재료가 접합이 잘되지 않거나 다짐 부족으로 그 틈 사이로 침투가 발생하기 쉬워 필요시 차수시설을 설치하여 침투길이를 연장하여야 한다. 변환부는 다음과 같은 곳이 해당하며, 배수통문 주변의 공동발생 개념도는 (그림 4.1-1)과 같다.

가) 제체의 구조가 변화하는 곳

(1) 구조가 서로 다른 제방이 만나는 곳(제방 단면의 변화, 본류와 지류, 기성제와 신설제)

(2) 일반제방과 특수제가 만나는 곳(홍수방지벽, 강널말뚝)

(3) 제방 구조물과 구조물들이 만나는 곳(방수로, 드레인, 배수통문, 수문, 보 등)

(4) 다른 종류의 외부침식 방지시설을 설치하는 곳(호안)

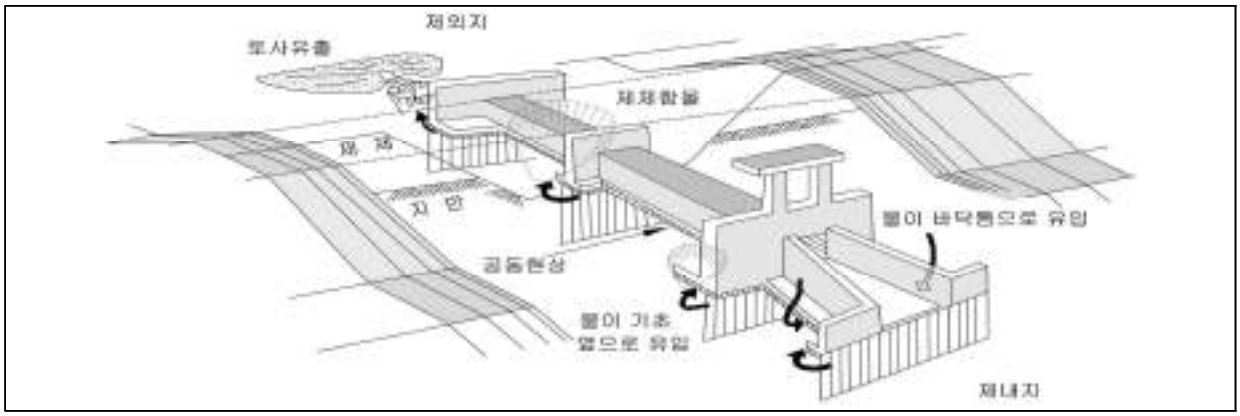
(5) 서로 다른 기초조건과의 접촉(자연조건, 인공조건)

(6) 자연지반과 인공제방과의 접촉부

나) 지중에 있지만 눈에 보이는 구조(암거, 건물, 계단, 맨홀, 철탑, 교대와 교각 등)

다) 지중에 매장된 구조물(파이프, 케이블 등)

라) 외부 구조물(도로 및 철도, 배수로, 경계벽 등)



(그림 4.1-1) **< 배수통문 주변 침하에 의한 접합부의 균열 및 공동발생 개념도 >**

나. 기본조사

차수공 설치 시 공법의 채택 여부 판단, 채택 후 설계 계획 검토, 시공 및 시공관리기준, 환경보존대책 검토, 시공효과 확인 등을 위해 다음과 같은 기본조사가 필요하다.

1) 기초 자료조사

가) 자료조사: 1/50,000~1/5,000 지형도, 하천기본계획 관련자료, 제방정비사업 이력

나) 답사: 과거 누수 발생여부, 지역주민에게 문의하여 누수 장소 및 누수상황 파악, 누수지역의 지형 및 지질상태 파악

2) 토질조사

가) 시추조사: 토질주상도, 표준관입시험, 간극수압측정, 현장투수시험(양수시험, 수위저하시험, 투수시험, 주수시험), 지하수위측정, 자갈층 및 호박돌층 입경 파악

나) 실내시험: 물리시험(비중, 함수비, 밀도, 간극비, 입도, Consisteny), 역학시험(일축압축시험, 삼축압축시험), 화학시험(PH)

3) 환경조사

공공용수역, 지하수, 우물, 농작물, 식생 및 어폐류 서식 상황

4) 주변조사 및 지하매설물

가) 인접구조물 현황 : 차수공과의 이격거리, 노후 정도, 기초형식, 건물규모, 지하실 유무, 누수 여부, 건물 사용현황 등

나) 매설물 상황 : 상수도관, 송유관, 통신케이블, 지하철, 전력케이블, 도시가스관 등에 대해 관련 기관에 비치된 자료를 입수하고, 현장 확인 및 각 기관 연락처도 조사

다) 기타 : 작업공간, 교통량 등

다. 투수계수 조사

투수계수는 침투해석에 있어 가장 중요한 인자이다. 지반조사 시 지층별 지반밀도 별로 구분하여 현장 및 실내 투수시험을 시행하되, 동일 지층 내에서도 느슨한 지층을 우선하여 시험하여야 한다. 각 제방에 대해 지층별 투수계수 시험값을 우선으로 하여 분포경향을 파악한 후 문헌값과 비교하여 시험결과의 적합성을 판단한다.

1) 투수계수 산정 절차

가) 각 제방에서 시행된 현장투수시험 및 실내투수시험 결과 확인

나) 각 제방의 매립토층(기존 제체)과 퇴적토층을 구분하여 통일분류법을 사용하여 구성성분을 구분 후 기 시행된 시험과 비교 분석

다) 분석된 토층 및 구성성분에 따른 투수계수를 문헌값과 비교

라) 현장 및 실내투수시험 결과와 문헌값을 분석하여 투수계수의 적정성 검토

마) 각 제방별 시험값, 경험값 등을 종합하여 각 시추공별 단면에 대한 적정 투수계수를 산정한다.

2) 투수계수 산정

가) 경험식(Hazen의 근사식)

$$k = C(D_{10})^2 \qquad \text{(식 4.1-1)}$$

여기서 k: 투수계수(㎝/s), D_{10}: 유효입경(㎝), C: 형상계수[(표 4.1-1) 참조]

< Hazen식의 형상계수 >

(표 4.1-1)

Sand (any or all of the following applies)
40 - 80 Very fine, well graded or with appreciable fines [(-) No.200]
80 - 120 Medium coarse, poorly graded: clean, coarse but well graded
120 - 150 Very coarse, very poorly graded, gravelly, clean

주) 자료출처 : Physical and Geotechnical Properties of Soils(Joseph E. Bowles pp.212)

나) 각종 흙에 대한 투수계수 문헌값은 다음과 같다.

< 각종 흙의 대표적 투수계수 >

(표 4.1-2)

흙 의 종 류	투수계수(㎝/S)
깨끗한 자갈	$1 \sim 10^{3}$
깨끗한 모래, 깨끗한 모래와 자갈이 섞인 흙	$10^{-3} \sim 1$
극 미립토사, 실트, 모래, 실트와 점토가 섞인 흙, 성층 있는 점토	$10^{-7} \sim 10^{-3}$
불투수층	10^{-7} 미만

주) 자료출처 : 지반공학 - 이론과 실제, 천병식, p.98

< Creager에 의한 D20과 투수계수(k)간의 상관관계 >

(표 4.1-3)

D_{20} (㎜)	k(cm/s)	토질분류	D_{20} (㎜)	k (cm/s)	토질분류
0.005	3.00×10^{-6}	점토	0.18	6.85×10^{-3}	세립모래
0.01	1.05×10^{-5}	세립실트	0.20	8.90×10^{-3}	
			0.25	1.40×10^{-2}	
0.02	4.00×10^{-5}	조립실트	0.30	2.20×10^{-2}	중립모래
0.03	8.50×10^{-5}		0.35	3.20×10^{-2}	
0.04	1.75×10^{-4}		0.40	4.50×10^{-2}	
0.05	2.80×10^{-4}		0.45	5.80×10^{-2}	
			0.50	7.50×10^{-2}	
0.06	4.60×10^{-4}	매우 세립모래	0.60	1.10×10^{-1}	조립모래
0.07	6.50×10^{-4}		0.70	1.60×10^{-1}	
0.08	9.00×10^{-4}		0.80	2.15×10^{-1}	
0.09	1.40×10^{-3}		0.90	2.80×10^{-1}	
0.10	1.75×10^{-3}		1.00	3.60×10^{-1}	
0.12	2.60×10^{-3}	세립모래	2.00	1.80	잔자갈
0.14	3.80×10^{-3}				
0.16	5.10×10^{-3}				

주) 자료출처 : 토질역학 핸드북(일본 토질공학회, 1985)

< 여러 재료에 대한 전형적인 투수계수 값(층류) >

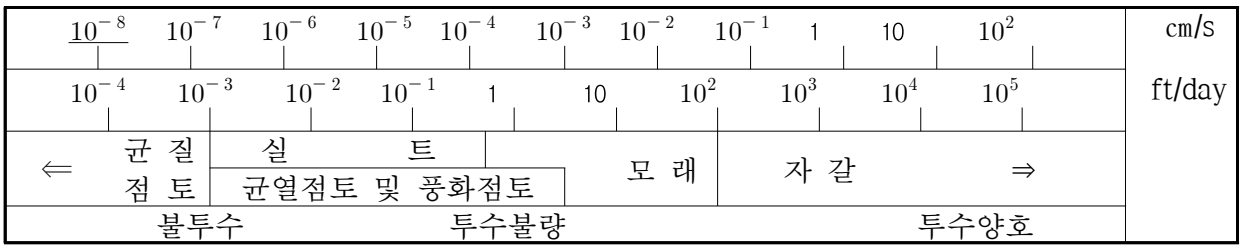
(표 4.1-4)

구 분	입자크기				유효입경		투수계수(k)		
	in		㎜		D_{20}	D_{10}	ft/년	ft/월	cm/s
	Dmax	Dmin	Dmax	Dmin	(in)	(㎜)			
균등한 조립모래	1/8	1/64	2	0.5		0.6	0.4×10^{-6}	0.4×10^{-5}	0.4
균등한 중간모래			0.5	0.25		0.3	0.1×10^{-6}	0.1×10^{-5}	0.1
깨끗하고 입도가 양호한 실트질 모래와 자갈			10	0.05		0.1	0.01×10^{-6}	0.01×10^{-5}	0.01
균등한 세립모래			0.25	0.05		0.06	4000	400	40×10^{-4}
입도양호 실트질 모래 및 자갈			5	0.01		0.02	400	40	4×10^{-4}
실트질 모래			2	0.005		0.01	100	10	10^{-4}
균등한 실트			0.05	0.005		0.006	50	5	0.5×10^{-4}
모래질 점토			1.0	0.001		0.002	5	0.5	0.05×10^{-4}
실트질 점토			0.05	0.001		0.0015	1	0.1	0.01×10^{-4}
점토(점토입자가 0~50%)			0.05	0.0005		0.0008	0.1	0.01	0.001×10^{-4}
콜로이드점토 ($-2\mu \leq 50\%$)			0.01	10Å		40Å	0.001	10^{-4}	10^{-9}

주) 자료출처 : 지반공학 핸드북 (엔지니어즈, p.85)

< 투수계수의 개략치(1) >

(표 4.1-5)



주) 자료출처 : 토질역학(김상규, p83)

< 투수계수의 개략치(2) >

(표 4.1-6)

토 질	점 토	실 트	세사	가는 모래	중간 모래	굵은 모래	작은 자갈
입경 D(㎜)	0.0 ~ 0.01	0.01 ~ 0.05	0.05 ~ 0.10	0.10 ~ 0.25	0.25 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 5.0
k (cm/s)	3.0×10^{-6}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-3}	1.5×10^{-2}	8.5×10^{-2}	3.5×10^{-1}	3.0

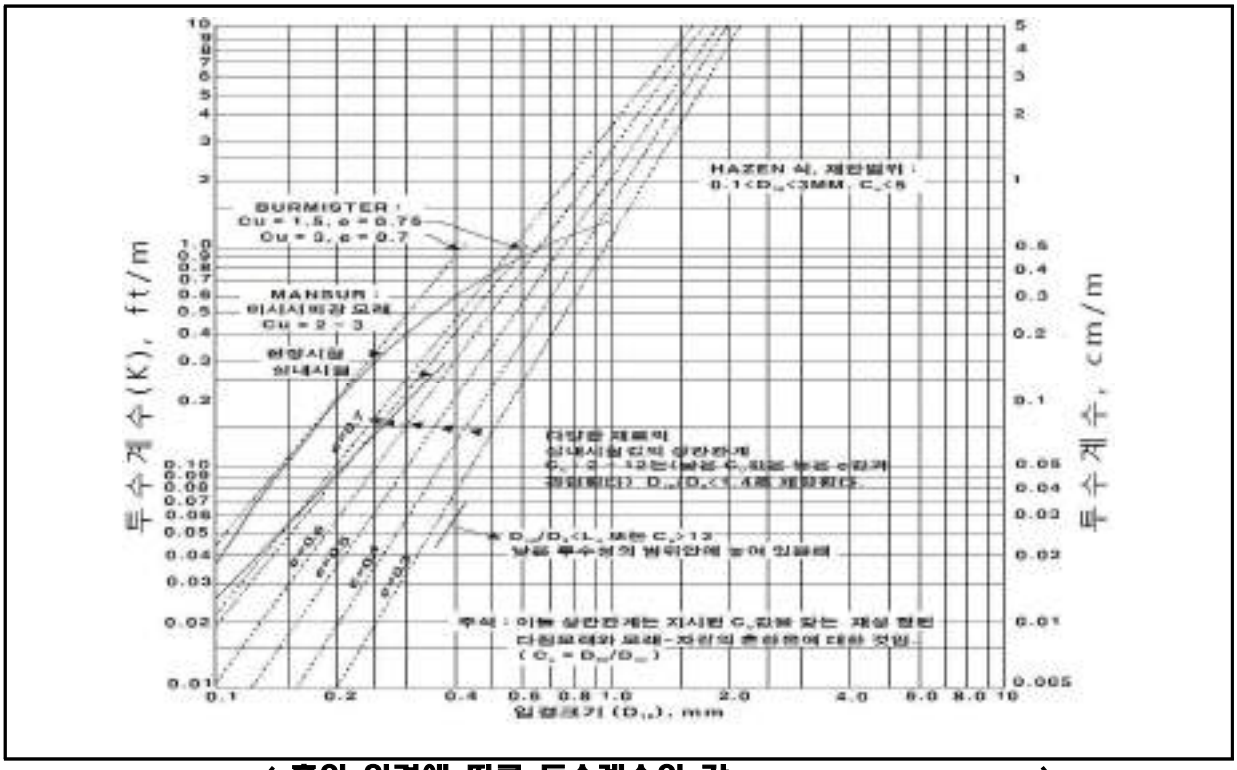
주) 자료출처 : 지반공학 핸드북(엔지니어즈, p87)

〈 모래 및 모래-자갈 혼합토의 투수계수 〉

(표 4.1-7)

Type of soil	투수계수, k (*cm/s*)
Medium to coarse gravel	Greater than 10^{-1}
Coarse to fine sand	10^{-1} to 10^{-3}
Fine sand, Silty sand	10^{-3} to 10^{-5}
Silt, Clayey silt, Silty clay	10^{-4} to 10^{-6}
Clays	10^{-7} or less

주) 자료출처 : Braja M.Das(기초공학원론, p20)



(그림 4.1-2) 〈 **흙의 입경에 따른 투수계수의 값** (NAVFAC DM7.2 - p131) 〉

〈 암과 흙의 전형적인 투수계수 〉

(표 4.1-8)

k(cm/s)		신 선 암	간극률 n (%)	파 쇄 암	흙
실제로는 불투수	10^{-10} 10^{-9} 10^{-8} 10^{-7}	간극률이 작은 암괴	0.1 ~ 0.5 0.5 ~ 5.0		풍화대 아래의 균등한 점토
배수 불량	10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3}	풍화된 화강암, 편암	5.0 ~ 30.0	점토로 충전된 절리	매우 세립한 모래 유기질과 무기질 실트 모래와 점토의 혼합물 방적토, 층이진 점토층
배수 양호	10^{-2} 10^{-1} 1.0 10 10^{2}			절리된 암반 절리가 열린 암반 파쇄가 심한 암반	깨끗한 모래, 깨끗한 모래와 자갈혼합물 깨끗한 자갈

주) 자료출처 : 지반공학 핸드북(엔지니어즈, p87)

3) 투수계수 결정

가) 제방안전성검토에 적용하는 투수계수 및 지반정수는 단면형상과 토질구성이 유사한 구간별로 모델화하고, 토층별(매립토, 퇴적토, 풍화토 등)로 구분하여 현장 토질조사와 경험치, 문헌값 등을 종합하여 적정 투수계수를 산정한다.

나) 자연스럽게 형성된 하천제방의 기초지반은 동일할 수가 없으며, 기존제체 및 보축할 성토재료도 동일하지 않다. 제방의 파괴는 가장 취약한 지점에서 발생한다. 따라서 투수계수는 평균적인 대표값을 적용하면 과소평가될 수 있으니 극한값(가장 불리한 값)을 사용하는 것이 바람직하다.

라. 주요 사항검토

1) 지형·지질에 맞는 차수공법 선정과 그 공법의 문제점, 시공성, 환경성, 경제성 분석

2) 정확한 토질정수 추정을 위한 시험자료 검토

3) 인접구조물의 특징과 노후도, 지하매설물 위치 파악으로 굴착에 따른 영향검토

4) 시공 시 소음, 진동, 분진발생, 장비투입에 따른 민원발생 검토

5) 지하수위가 높은 곳에서는 계절적 지하수위 검토

6) 설계모델선정(유한요소법 등)에 의한 프로그램 결정

7) 시공조건 검토 : 공사현장에 자재 및 장비투입과 주변 이해 당사자들에게 문제점과 대책을 이해시킴

4.1.3 계획

가. 상세 안전성평가

1) 제방에 대한 침투설계 절차

가) 기초지반의 토질구성과 제체단면 형상을 감안한 균일구간을 나누어 제방을 모형화한다.

나) 기초지반, 기성제체, 추가 성토재료에 대한 토질정수를 설정한다.

다) 외력조건 및 침투류계산

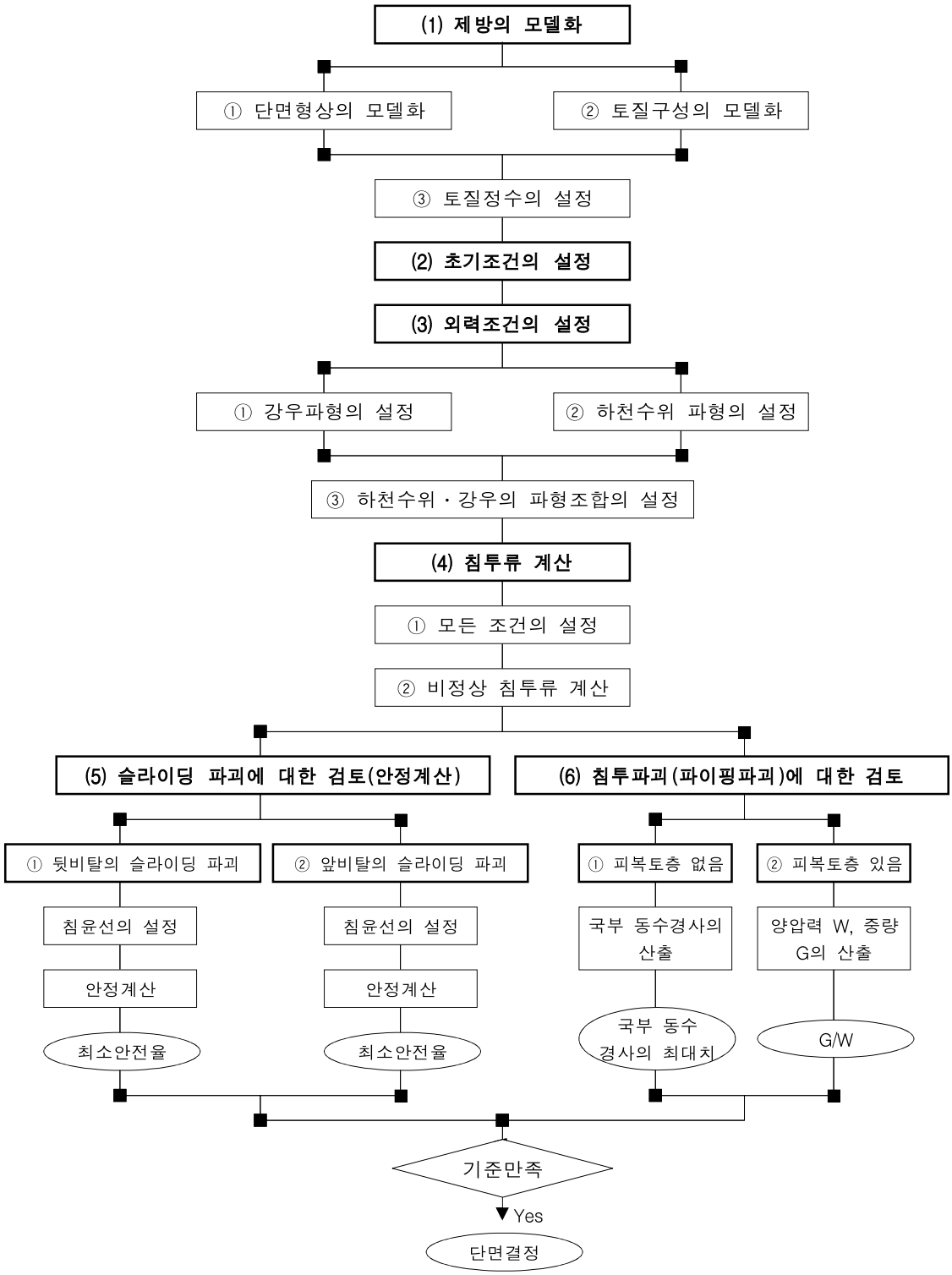
(1) 강우파형과 하천수위에 대한 홍수파형과 최저수위 조건을 설정한다.

(2) 침투해석모형 선정, 격자크기, 계산시간간격, 초기수위조건 등을 설정한다.

(3) 제방단면에 대해 정상 또는 비정상 침투해석을 통해 제체 내 형성하는 침윤선과 침윤면을 추정한다. 다음 제체와 원지반에 형성되는 유선과 등수두선을 분석한 후, 각 위치의 수두를 파악하고 이때 최대동수경사 및 한계유속 구간에 대한 파이핑 검토를 한다.

라) 상기 결과를 토대로 제내지측과 제외지측 비탈면의 안전성을 검토한다.

마) 안전성, 시공성, 환경성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적절한 대책공법을 선정하고, 합리적인 설계를 수행한다.



(그림 4.1-3) **< 침투에 대한 설계 절차 >**

2) 설계외력 조건 설정

가) 강우파형 설정

(1) 사전 강우량은 총 강우량으로 장마시기의 월강수량의 평균치인 200mm 정도를 설정한다. 사전 강우강도는 강우량이 모두 제체로 침투하도록 1㎜/hr 이상으로 한다.

(2) 홍수 시 강우량은 계획홍수량 산정에 적용한 계획강우량(총 강우량)인 300mm을 설정하고, 강우강도는 10mm/hr 정도를 표준으로 장방형파형을 설정한다(일본 建設省, 2002).

나) 하천수위파형 설정

(1) 우리나라의 하천은 홍수지속시간이 짧아 하천제방 침투해석 시 하천수위파형을 댐과 같이 정상침투상태로 설정할 경우는 과대 평가될 가능성이 있어 비정상침투상태(홍수시)로 설정한다.

(2) 비정상침투해석을 위한 홍수파형 설정은 대상지점에서 과거 발생한 여러 개의 홍수수문곡선을 분석하여 최적수위파형을 작성하여 사용하는 것이 가장 바람직하나, 대상지점의 홍수수문곡선을 구하기가 어렵다. 따라서 인근의 홍수수문곡선에 대해 기본수위파형을 작성하고, 이것을 해당지점으로 옮겨 최저수위(평수위), 계획홍수위, 지하수위, 첨두수위지속시간, 홍수지속시간 등에 맞게 적정 조정하여 사용할 수 있다.

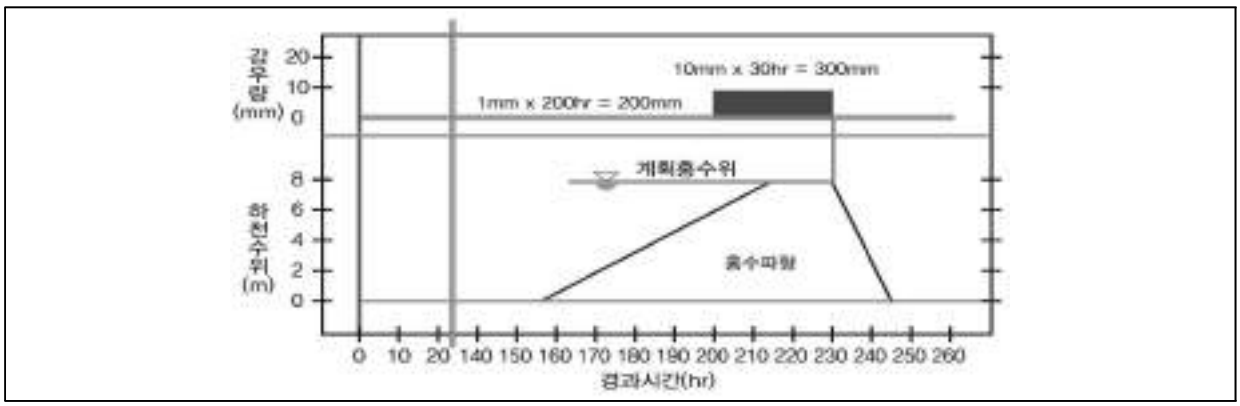
(3) 과거 홍수사상에 대한 수문곡선 자료 확보가 곤란할 경우는 계획홍수량을 사용할 때 이용되는 수문곡선을 기본으로 하여 상승 및 감수부경사, 홍수지속시간, 첨두수위지속시간, 홍수지속시간 등을 이용하여 홍수파형을 작성한다.

(4) 현재 제방의 수리적 안전한계는 계획홍수위까지 하고 있으나 침투계산시 홍수파형의 첨두수위는 건설교통부(2004), 일본(건설성, 2000), 미국(USACE, 2000) 등에서는 계획제방고까지로 하고 있어 본 요령에서도 계획제방고까지로 한다.

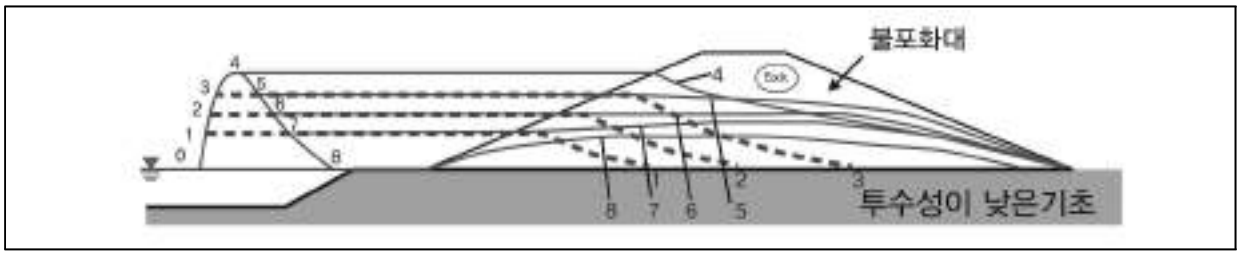
다) 하천수위파형 조합

강우와 하천수위의 홍수파형 조합은 과거의 홍수에 대해 조합의 실태 등 지역의 특성을 고려해서 적절히 설정할 필요가 있다. 적당한 자료가 없는 경우에는 (그림 4.1-4)에 나타난 것처럼 계획홍수위의 종료지점과 강우의 종료시점이 일치하도록 조합할 수 있다.

제방에서 시간에 따른 홍수상황과 제체침투 관계는 (그림 4.1-5)와 같다.



(그림 4.1-4) **<강우와 하천수위 파형의 조합 예시>**



(그림 4.1-5) **<시간별 홍수상황 및 제체침투 개념도(하천제방-우효섭 등, 2020)>**

라) 초기 지하수위 설정

초기 지하수위는 홍수기의 평균 지하수위로 설정하되 평균 지하수위인지 불명확한 경우이거나, 홍수기의 평균 지하수위가 제내지 지반면 아래 0.5m 이하 깊이에 있는 경우에는 제내지반 아래 방향 0.5m를 초기 지하수위로 설정한다.

나. 제방에서의 침투해석

1) 우리나라 하천의 경우 홍수지속시간이 짧아 홍수위를 정상상태로 해석할 경우 과대한 외력을 주게 되므로 시간에 따른 수위변화를 고려한 비정상의 포화, 불포화 해석을 원칙으로 한다.

2) 지반조건이 유일한 한 개의 토층으로 되어 있는 경우는 도해법인 유선망을 그려서 쉽게 침투해석을 할 수 있으나, 지반조건이 여러 개의 층으로 구성되어 있다면, 유선망을 작도하여 침투해석을 하는 것은 대단히 어렵다. 과거 침투해석은 정상상태에서 제체 침윤면이 제체 내부에 위치하도록 하는 Casagrande(1932)방법과 Mononobe(物部)방법에 의한 침투곡선을 작성하여 안전성을 평가하였으나, 현재는 유한요소법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 해석하는 것을 원칙으로 한다.

3) 설계시 침투류 계산은 정상 및 비정상상태의 포화 · 비포화해석을 하고, 파이핑은 한계동수경사와 한계유속에 의한 방법 등으로 판정한다.

4) 국내에서 제방 침투해석에 많이 사용되고 있는 프로그램은 Seep/W이며, 정상 및 비정상 침투해석이 가능하고 비등방성, 비균질성 토질해석도 가능하다.

5) 2차원침투해석 기본이론

흙 속을 흐르는 물의 흐름(침투)은 속도와 동수경사가 흙을 통하는 동안 변하는 특성을 가지며, 이와 같은 흐름에 관한 문제는 2차원 흐름인 경우 일반적으로 유선망을 사용하는 도해법으로 구하거나 수치해석법(유한요소법 등)을 도입하여 편미분 방정식의 해를 구할 수 있다.

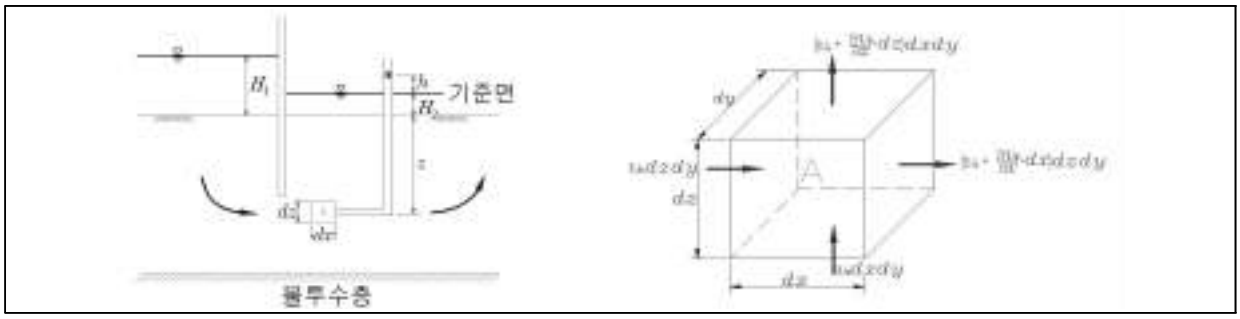
2차원 흐름에 대한 기본원리는 지중의 한 요소에 유입되는 유량($q_{\in}$) 과 유출되는 유량(q_{out})을 산정하여 연속성의 법칙에 의해서 양이 같다는 개념에서 시작되며 Darcy의 법칙 ($v_x = K_x i_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x}$, $v_z = K_z i_z = -K_z \frac{\partial h}{\partial z}$) 을 적용하여 2차 편미분 방정식을 유도할 수 있게

된다.

(그림 4.1-6)에서 한 요소(A)의 유입량 및 유출량을 고려하면

$$q_{\in}(\text{유입량}) = v_x dydz + v_z dxdy$$

$$q_{out}(\text{유출량}) = (v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot dx)dydz + (v_z + \frac{\partial v_z}{\partial z} \cdot dz)dxdy$$



(그림 4.1-6) **< 2차원 흐름의 기본원리 >**

연속성의 법칙 (유입량($q_{\in}$) = 유출량(q_{out}))을 적용하면 다음과 같은 2차 편미분 방정식이 유도된다.

$$K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

흙이 등방성($K_x = K_z$)이라면 다음과 같은 Laplace방정식이 된다.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

편미분 방정식 또는 흙의 등방성을 가정한 Laplace방정식을 풀면 투수영역 공간상의 어느 지점의 좌 표(x, z)에서의 전 수두를 구할 수 있으며 침투해석을 할 수 있다.

그러나, 지반조건이 유일한 한 개의 토층으로 되어 있는 경우는 도해법인 유선망을 그려서 쉽게 침투해석을 할 수 있으나, 지반조건이 여러 개의 층으로 구성되어 있다면, 유선망을 작도하여 침투해석을 하는 것은 대단히 어려우며 유한요소해석법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 해석한다.

가) 한계동수경사에 의한 방법

파이핑 현상을 일으키는 한계동수경사는 Terzaghi식(식 4.1-2)으로 계산한다.

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1) \qquad \text{(식 4.1-2)}$$

여기서 i_c: 한계동수경사

h: 제방의 전 수두(m)

d: 분사지점의 수두(m)

G_s: 토립자의 비중

e: 흙의 간극비

n: 흙의 간극률이다.

분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 i_c는 0.5~0.8로 본다. 침투류해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

나) 한계유속에 의한 방법

제체 및 기초의 흙입자의 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속을 다음 식으로 구하며, 흙입자는 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생된다고 본다. 실제 현장 토립자는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 침투류 해석에서 얻어지는 침투류의 실유속이 (표 4.1-9)의 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 한다.

한계유속산정방법은 Justin공식과 Schmieder의 한계유속공식(1975) 및 한계유속실용공식이 있으며, 하천설계기준에서는 Justin공식 적용을 원칙으로 하고 있다.

〈 한 계 유 속 〉

(표 4.1-9)

재료 번호	입경(㎜)	한계유속(cm/s)
1	4.0 ~ 4.8	20.0
2	2.8 ~ 3.4	17.0
3	1.0 ~ 1.2	10.0
4	0.7 ~ 0.85	8.5
5	0.4 ~ 0.7	7.0
6	0.25 ~ 0.5	4.2
7	0.11 ~ 0.25	3.5
8	0.075 ~ 0.11	2.5
9	0.044 ~ 0.075	2.0

◎ Justin공식

$$V_c = \sqrt{\frac{Wg}{A\,r_w}} = \sqrt{\frac{2}{3}\,(G_s - 1) D_{10}\,g} \qquad \text{(식 4.1-3)}$$

여기서 V_c는 한계유속 (cm/s), W는 토립자의 수중중량(g), A는 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(㎠), r_w는 물의 단위중량($gf/㎤$), G_s는 토립자의 비중, D_{10}는 10% 통과입경(유효입경)(cm), g는 중력가속도(981cm/s^2) 이다.

6) 제체 침투계산 시 안전계수는 2.0 이상으로 한다.

< 기준 안전계수 >

(표 4.1-10)

구분	기준 안전계수	적용
NAVFAC DM -7.1	2.0 이상	◎
댐설계 기준	2.0 이상	
Roy E. Hunt	3.0 이상	

다. 하천시설물 침투해석

1) 하천횡단시설에서 기초지반의 침투해석은 크립비방법도 있다. 이 방법은 블라이(Bligh, 1927)가 인도에서 댐의 상하류 수위차와 침투로길이 간 관계를 유도해서 만들어진 방법이다. 그 후 인도에서 연구된 침투로길이를 추정할 때 수평구간의 길이가 수평구간 길이의 1/3로 평가하는 레인(Lane, 1935)식이 제시되었다. 이 방법은 보(洑), 하상유지시설, 수문, 배수통문를 설계할 때 사용한다.

가) 블라이식

$$L \geq C\,\Delta H \qquad \text{(식 4.1-4)}$$

여기서 L : 침투로의 길이 (m), C: 지반의 종류에 따른 계수 (표 4.1-11 참조),

ΔH : 상·하류(혹은 유입·유출부)의 수두차 (m)이다.

나) 레인식

레인이 제안한 경험적 방법으로 하천구조물의 하부와 측면부의 가중침투로비(가중그리프비, weighted creep ratio)를 구하여 가중침투로비 계수보다 큰 경우 파이핑에 대해 안정한 것으로 판단한다(식 4.1-5 참조). 수직침투로 길이는 1, 수평침투로 길이는 1/3로 계산하여 총 침투로 길이를 산정하고 상하류의 수두차로 나누어 산정한다(식 4.1-6 참조). 단, 수평침투로 길이는 경사각이 45° 이하이어야 하고 침투류는 항상 침투저항이 작은 곳을 흐르는 것으로 산정한다. 측면부도 하부와 같은 방법으로 한다.

$$C = \frac{L}{\triangle H} \text{ 와 } \frac{L}{d} \text{ 중 큰 값 적용} \qquad \text{(식 4.1-5)}$$

$$L = \frac{\Sigma L_h}{3} + \Sigma L_v \qquad \text{(식 4.1-6)}$$

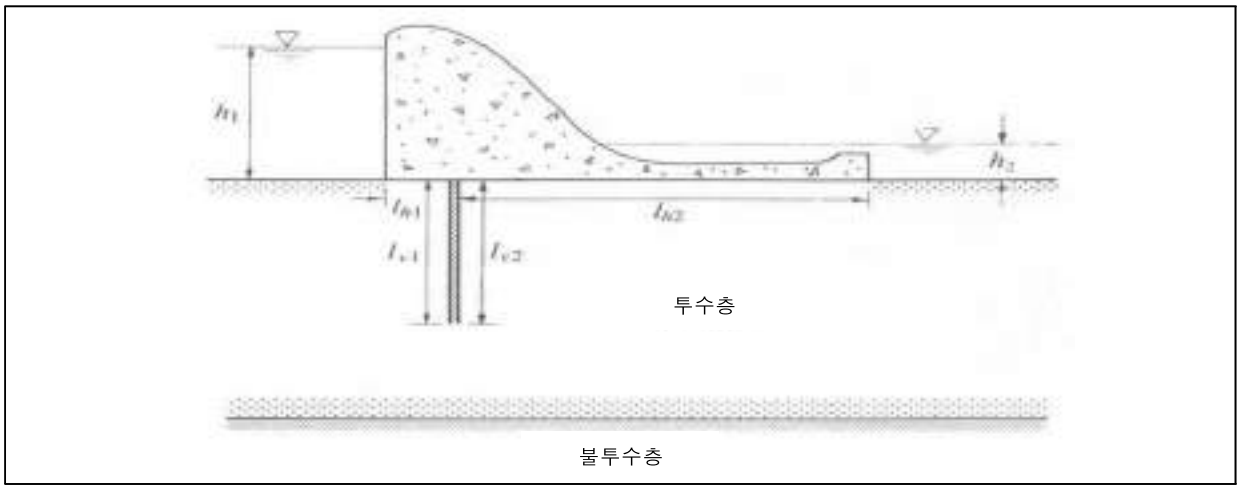
여기서 C: 가중침투로비(표 4.1-11 참조), L: 가중침투로 길이(m), d: 물받이공 상단에서 최대수위까지 높이(갈수시), $\triangle H$: 상·하류(혹은 유입·유출부) 수위차, ΣL_h: 최단거리의 유선을 따라 수평거리의 합 = $L_{h1} + L_{h2}$, ΣL_v는 최단거리의 유선을 따라 수직거리의 합 = $L_{v1} + L_{v2}$ 이다.

<레인의 가중크립프비 및 블라이 C 값>

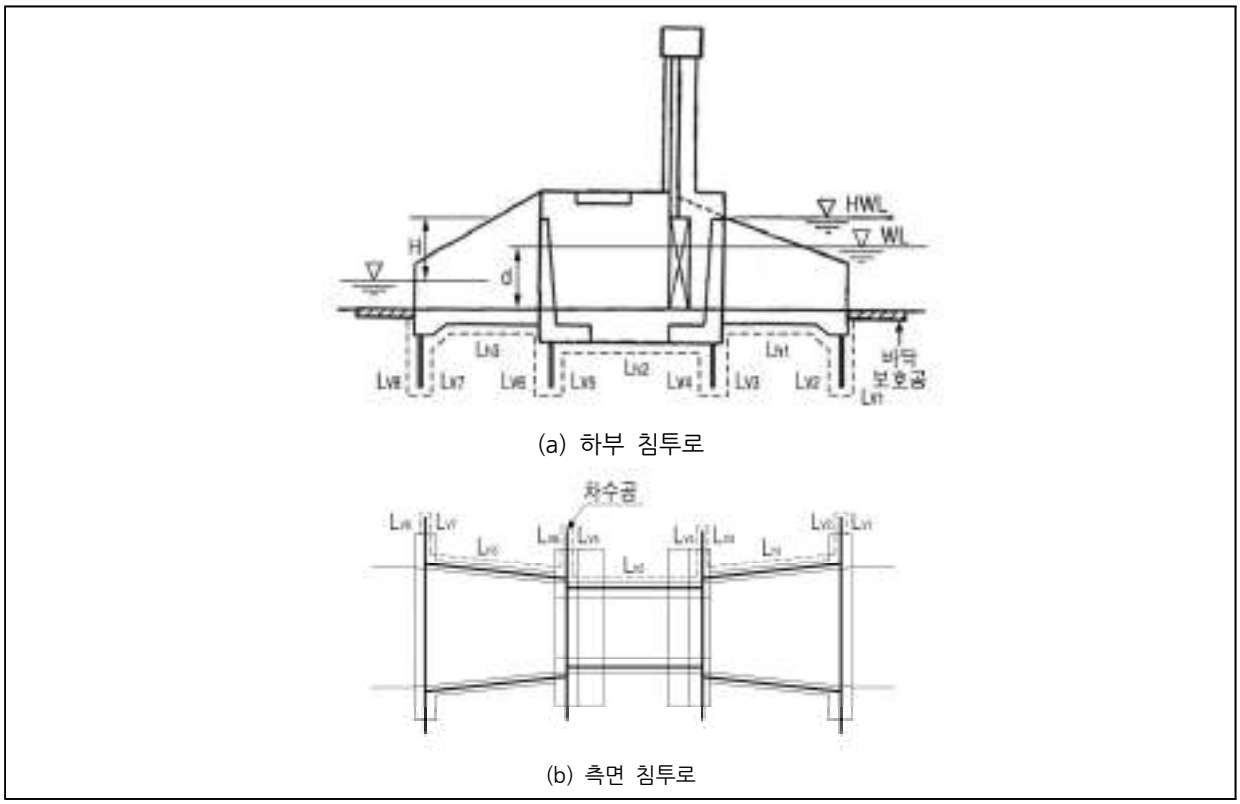
(표 4.1-11)

흙의 종류	Lane 가중침투로 비	Bligh C 값
매우가는 모래, 실트 (0.05～0.1㎜)	8.5	18
가는 모래 (0.1～0.25㎜)	7.0	15
중간 모래 (0.25～0.5㎜)	6.0	
굵은 모래 (0.5～1.0㎜)	5.0	12
가는 자갈	4.0	
중간 자갈	3.5	
자갈과 모래 혼합	-	9
연약～중간 점토	2.0～3.0	
호박돌 자갈과 모래		4~6
단단한 점토	1.8	
견고한 지반	1.6	

(주) Bligh C 값은 Bligh가 인도에서 실측하여 제안한 값으로 급류하천에서는 주의가 필요.



(그림 4.1-7) **<보에서 차수공의 배치 및 침투경로>**



(a) 하부 침투로

(b) 측면 침투로

(그림 4.1-8) **〈수문 및 배수통문에서 차수공의 배치 및 침투경로〉**

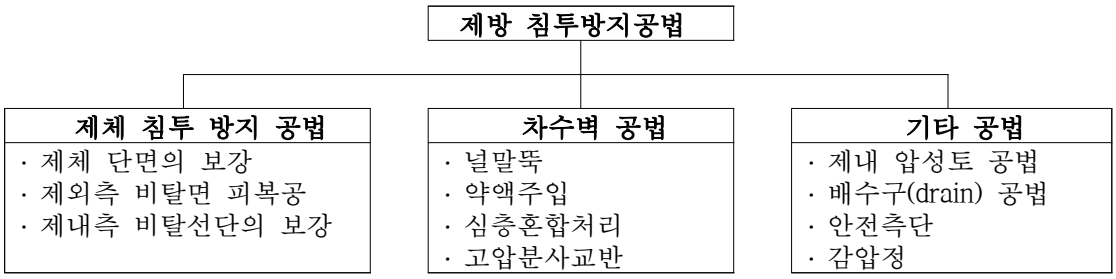
라. 침투방지공법의 선정

1) 침투방지공법의 종류

가) 하천시설에서 침투는 제방침투와 제방과 구조물주변침투로 대별된다.

나) 제방에서 침투는 제체침투와 기초지반침투가 있으며, 대부분은 제체 및 기초지반 침투가 복합적으로 발생한다. 제방의 침투에 대한 대책공법은 (그림 4.1-9)와 같다.

다) 구조물은 제방횡단시설물과 하천횡단시설물이 있다. 제방횡단시설물인 배수통문 등은 차수벽을 설치하여 침투로의 길이를 길게하거나 또는 구조물 표면을 거칠게하고 역청재를 도포하여 구조물 주변의 다짐도를 높여 침투를 어렵게하는 방법이 있다. 또한 하천횡단시설물인 보, 수문, 하상유지시설은 하상을 통한 침투방지를 위해서는 차수공을 설치하고, 구조물과 제방이 접하는 곳은 배수통문의 침투방지공법과 유사하다.



(그림 4.1-9) **〈제방의 침투방지공법〉**

2) 침투방지방법의 특성

가) 제체 및 기초지반 침투방지

- 제체침투는 제체의 침윤면이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 침윤면이 제체하부에 위치하도록 한다. 일반적으로 제체침투방지방법은 다음과 같이 생각할 수 있다.
- 침투성이 작은 제체재료를 선택하여 제체침투를 어렵게 한다.
- 제방단면을 충분히 크게 하여 침투길이를 길게 한다.
- 충분한 다짐을 하여 침투성을 줄인다.
- 앞비탈면을 난투수층 재료로 덮어 제체침투를 어렵게 한다.
- 뒷비탈기슭에 투수성 재료로 배수구를 설치하여 침윤선을 낮춘다.
- 측단 또는 차수벽을 설치하여 침투길이를 연장한다.

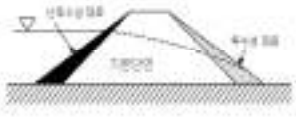
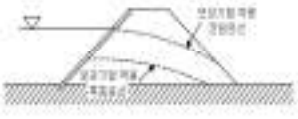
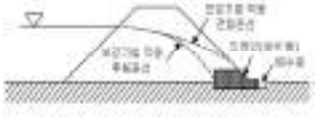
(2) 기초지반의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내측 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생하므로 적절한 대책공법을 강구 한다. 기초지반 침투방지방법은 다음과 같이 생각할 수 있다.

- 앞비탈기슭 부근에 강널말뚝 등을 설치하거나 점토로 치환한다.
- 제외지의 투수지반 표면을 투수성이 작은 재료로 피복한다(블랭킷공법)
- 제내측에 감압정(relife well)을 설치해서 침윤선을 저하한다.
- 제방의 침투수를 완전히 배제시키고자 하는 경우는 수평드레인 또는 비탈기슭에 배수구(toe drain)을 설치한다.
- 차수벽을 설치하여 침투길이를 연장한다.

(3) 대표적인 제체, 기초, 제체 및 기초 보강방법은 (표 4.1-12)~(표 4.1-15)과 같다.

< 제체침투 보강방법 >

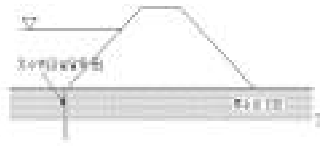
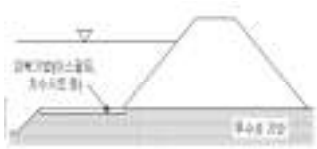
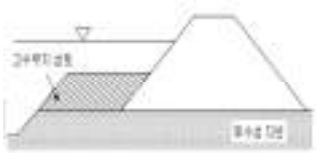
(표 4.1-12)

구분	단면확대 방법	피복 방법	드레인 방법
개요도			
원리 및 효과	·제체 단면확대로 침투길이 연장 ·비탈면을 완만하게 하여 활동파괴에 대한 안정성 증대 ·뒷비탈기슭의 기초지반 파이핑 방지	·제외지 비탈면을 난투수성 재료로 피복하여 하천수의 제체 침투를 방지	·뒷비탈기슭에 배수구를 설치하여 제체내 침투수를 신속 배수 ·제체내 침윤선을 낮추어 제방의 저항력 강화 ·비탈기슭을 전단강도가 큰 재료로 치환하여 제방 안정성 증대
설계 유의 사항	·제내·외지측 여유부지 필요 ·통수단면적 축소로 대책 필요 ·확대부의 재료는 기존 제체보다 제외지측은 난투수층 재료 적용하고, 제내지측은 투수성이 높은 재료 적용	·투수성이 높은 사질토 제방에 효과가 큼 ·차수재는 잔류수압이 작용하여 부상 및 변형이 발생할 수 있음 ·난투수성 지반인 경우 배수대책 필요	·제방의 투수계수가 10^{-3} ~ 10^{-4} cm/s에서 적용성이 우수 ·드레인 두께는 0.5 m 이상으로 설정.
기타	·완경사로 활동파괴 방지 및 환경효과	·차수재 손상에 유의	·액상화 방지 효과

주)자료출처: 제방침투 보강기법 분석(건교부/경기대, 2006)

〈 기초지반 침투 보강기법 〉

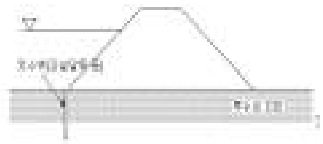
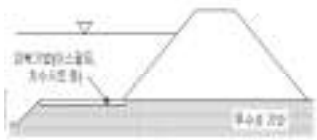
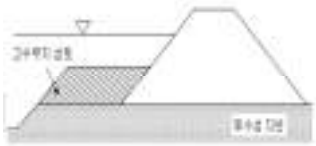
(표 4.1-13)

구분	차수벽 기법	고수부지 피복기법	고수부지 성토기법
개요도			
원리 및 효과	·차수벽 설치로 기초지반으로의 침투수 억제	·고수부지를 난투수성 재료로 피복하여 침투길이를 증대시키고, 제내지 비탈기슭의 간극수압을 감소	·고수부지를 성토하여 침투길이를 증대 ·비탈길이를 짧게 하여 활동파괴에 대한 안정성 증대
설계 유의 사항	·침투수를 차수하기 위해 차수벽 깊이를 투수층의 80~90 % 까지 관입 ·차수벽 접합부에 유의	·고수부지가 사역질로 투수성이 높은 곳에 유리 ·차수재를 지속적으로 보호할 수 있어야 함.	·통수단면적 축소에 따른 대책 필요 ·성토재는 기존 제체보다 투수성이 낮은 재료가 효과적임.
기타	·지하수 흐름 차단으로 주변환경영향 검토 필요		

주)자료출처: 제방침투 보강기법 분석(건교부/경기대, 2006)

〈기초지반 침투 보강기법〉

(표 4.1-14)

구분	차수벽 기법	고수부지 피복기법	고수부지 성토기법
개요도			
원리 및 효과	·차수벽 설치로 기초지반으로의 침투수 억제	·고수부지를 난투수성 재료로 피복하여 침투길이를 증대시키고, ·제내지 비탈기슭의 간극수압을 감소	·고수부지를 성토하여 침투길이를 증대 ·비탈길이를 짧게 하여 활동파괴에 대한 안정성 증대
설계 유의 사항	·침투수를 차수하기 위해 차수벽 깊이를 투수층의 80~90 % 까지 관입 ·차수벽 접합부에 유의	·고수부지가 사역질로 투수성이 높은 곳에 유리 ·차수재를 지속적으로 보호할 수 있어야 함.	·통수단면적 축소에 따른 대책 필요 ·성토재는 기존 제체보다 투수성이 낮은 재료가 효과적임.
기타	·지하수 흐름 차단으로 주변환경영향 검토 필요		

주)자료출처: 제방침투 보강기법 분석(건교부/경기대, 2006)

< 제체 및 기초지반 침투 보강기법 >

(표 4.1-15)

구분	제체 외 배수층 설치	제방단면 증대	차수벽 설치
개요도			
원리 및 효과	·제내지측에 수평배수층을 설치하여 제체 및 기초지반의 침투수를 신속하게 배제 ·제체내 간극수압 소산으로 제체 붕괴방지	·제방 단면확대로 침투길이 연장 ·단면 확대로 제방 비탈면 파괴방지	·차수벽에 의한 침투수 차단 및 침투길이 연장
설계 유의사항	·제방의 투수계수가 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/s에서 적용성이 우수 ·수평배수층의 두께는 0.5 m 이상 필요.	·제내지측 여유부지 필요 ·확대부의 재료는 기존 제체보다 투수성이 높은 재료 적용	·차수벽 상단 높이는 계획홍수위 이상으로 설치 ·차수벽 깊이는 투수층의 80~90 %까지 관입 ·차수벽 접합부에 유의
기타	·드레인 재료의 막힘에 유의	·연약지반에서 압성토 효과 기대	·지하수 흐름 차단으로 주변 환경 영향 검토

주)자료출처: 제방침투 보강기법 분석(건교부/경기대, 2006)

3) 침투방지공법의 선정

가) 현장조사 및 지역주민에게 문의하여 누수 장소와 그 원인을 잘 파악하고 침투에 대한 개략적인 안정성 평가를 통해 침투방지대책이 필요하다고 판단되면 상세한 침투해석을 통해 적절한 공법을 선정한다.

나) 제체누수방지공법 중에 단면확대공법은 제내지측 확장을 원칙으로 하되, 불가피한 경우 제외지측 보강을 실시할 때는 수리학적 안정성을 유지해야 하며, 하천기본계획의 범위 내에서 한다. 또한 배수구(drian)공법은 뒷비탈기슭에 배수구를 설치하여 침윤면을 낮추어 제방의 안전성을 증대한다. 배수구(drain)은 침투수압이 흙 입자에 작용하여 세립자가 조립자 사이를 빠져나갈 때 제체내부의 침식이 발생하는 것을 방지한다.

다) 지반누수방지공법으로는 제외지측 비탈면 끝단 부근에 차수시트 또는 강널말뚝설치 등을 하거나 점토치환으로 침투길이를 연장한다. 또는 고수부지를 난투수재로 피복하여 침투길이를 연장한다.

라) 제방횡단 구조물인 배수통문은 콘크리트로 제작되어 제체 토사와 중량 및 강성 등의 차이로 다짐밀착의 어렵고, 연약지반 상에 설치될 경우 말뚝기초에 의한 통문 상단부와 주변부 사이의 상대적 침하, 단차 등으로 야기된 공동에 의해 제체누수가 발생된다. 따라서 배수통문의 유지·보수는 지반의 부등 침하, 콘크리트의 열화 및 균열, 이음새 부분의 변형, 암거 및 날개벽 접속

부의 변형 등을 조사하여, 보강이 필요한 장소의 경우 적절한 대책을 강구하여야 한다.

마) 설계 시 공법선정을 위해 필요할 경우 시험시공비를 설계비에 반영하고, 차수시설이 필요하다고 선정된 구간은 추가 토질조사를 실시하여 시공시 심도 및 공법변경이 최소화 되도록 조치하여야 한다 또한 설계시 반영하지 못한 지반조사는 추가조사비와 장비선정 및 시공방법 결정을 위한 시험시공비를 공사비에 반영하여야 한다.

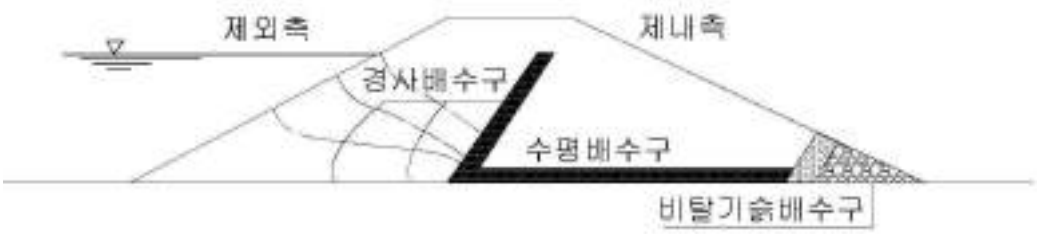
4.1.4 설계

가. 배수구(drian) 설계

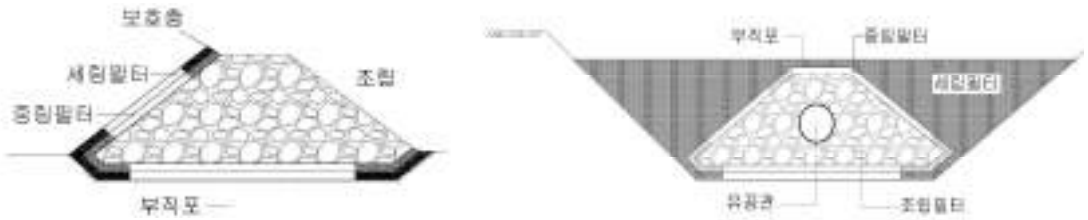
1) 배수구 종류

가) 배수구 설치는 제체 내 수직 또는 약간 경사지게 설치하는 경사배수구, 제체와 기초지반을 따라 수평으로 설치하는 수평배수구와 수평배수구를 통해 뒷비탈기슭에 설치되는 비탈기슭배수구(toe drain)로 구성되어 있다(그림 4.1-10).

나) 경사배수구는 제체 침투수를 완전 차단하기 위해 댐에서 많이 사용하나 제방에서는 침투량이 적어 거의 사용하지 않고, 수평배수구와 비탈기슭배수구 또는 비탈기슭배수구만 설치하기도 한다. 수평배수구는 제체내 침윤선을 낮추고 기초지반 침투로 인해 발생하는 상승압력으로부터 제방을 보호하고 침투수를 제내지로 배출하는 역할을 한다.



(그림 4.1-10) **<배수구의 구조>**



(a) 전면에 설치하는 방법 (b) 여러 줄로 설치하는 방법

(그림 4.1-11) **<비탈끝 드레인 설치 예시도>**

2) 배수구 설계

가) 경사배수구는 제방의 길이방향으로 전면에 대해 설치한다. 배수구의 두께는 시공시의 재료분리, 배수구 내부의 공극, 시공기계 등을 고려하여 결정한다. 또한 투수구역과 불투수구역 사이에는 투수성 응력 및 변형을 완화하기 위해 연결부를 설치한다. 이를 위해 일반적으로 사력 재료나 반투수성 재료를 사용한다.

나) 수평배수구는 브랑켓과 같이 50cm 정도 두께로 전면에 설치하는 방법과 일정한 간격을 두고 줄 모양의 도랑으로 설치하는 방법이 있다.

다) 비탈기슭배수구는 비탈기슭에 사석, 굵은 자갈, 돌망태 등을 설치하고 제체의 토립자 유입을 방지하기 위해 여러 층의 필터를 조합하여 보호층을 만든다. 보호층은 부직포, 세립필터, 중립필터, 조립필터 순으로 설치한다.

3) 배수구 필터 설계

가) 배수구에 사용되는 재료(필터)는 입경별로 분류한 골재필터와 직물 등을 이용한 토목섬유 필터, 이 둘을 합한 형태인 합성필터가 있다. 골재필터는 재설치가 쉬우며, 손상시 스스로 복구되는 장점이 있으나 입경별 분류설치와 입경기준에 따라 현장설치가 어려운 단점이 있다. 토목섬유 필터는 재료를 구하기가 쉽고 경제적인 장점이 있으나 장기적으로 기능에 대한 신뢰가 골재필터보다 떨어진다.

나) 골재필터의 투수계수는 실험을 통하여 결정하되, (식 4.1-7)의 Hazen (1930)공식으로 산정하기도 한다.

$$k = C\, d_{10}^2 \qquad \text{(식 4.1-7)}$$

여기서 k는 투수계수(cm/s), C는 계수(90～120), d_{10}은 유효입경(입경누가곡선 상의 10% 입경)이다.

다) 골재필터의 안전성은 기하학적 특성에 따라 결정한다. 하천공사표준시방서(2023, 환경부)에서는 아래와 같이 골재필터 보호층의 조건을 제시하고 있다. 제방재료와 배수구 자체가 이러한 요구를 충족시킨다면 필터보호층은 부설하지 않아도 된다. (식 4.1-8)에서 $d_{50}/D_{85} < 5$ 조건이 만족되면 흙은 필터간격을 통해 유실되거나 필터 간극이 메워지지 않는다. $5 < d_{15}/D_{15} < 20$ 조건이 만족되면 필터의 투수계수가 흙의 투수계수보다 16~25배가 되어 물은 자유롭게 배출되고 침투압과 정수압은 발생되지 않는다. $d_{50}/D_{50} < 25$의 조건은 필터와 보호받는 흙의 입도분포곡선이 서로 평행하여야 좋다는 것이다. 주의할 점은 시공할 때 재료분리가 일어나지 않아야 하고, 입자의 크기는 접착성이 없는 세립분인 0.075 mm(No.200체)의 함유율이 5% 미만이고 자갈보다 큰 75 mm 이상 입자를 포함하지 않아야 한다. 또한 골재필터의 d_{15}는 0.1mm 이상으로 한다.

$$\frac{d(\text{필터 재료})}{D_{85}(\text{필터로 보호되는 재료})} < 5 < \frac{d_{15}(\text{필터 재료})}{D_{15}(\text{필터로 보호되는 재료})} < 20 \qquad \text{(식 4.1-8)}$$

$$\frac{d_{50}(\text{필터 재료})}{D_{50}(\text{필터로 인한 보호층 재료})} < 25 \qquad \text{(식 4.1-9)}$$

또한 필터재료와 유공관의 구멍 또는 이음매 틈의 크기는 (식 4.1-10)과 같이 한다.

$$2 < \frac{d_{85}(\text{필터 재료})}{\text{유공관의 구멍 또는 틈의 크기}} \qquad \text{(식 4.1-10)}$$

토목섬유필터의 안정성 기준은 기하학적 특성에 의하여 (식 4.1-11)의 조건을 만족해야 한다.

$$D_{\min} \le O_{95} \le D_I \qquad \text{(식 4.1-11)}$$

여기서 $D_{\min}$는 미립토사(suspension)로 운반되는 최대미세입자로 Giroud 등(1998)은 $\approx$50㎛로 추정하였다. O_{95}는 토목섬유 필터의 여과개구부 크기(mm)로서, 시험값으로 알 수 있다.

D_I는 필터링 할 흙입자의 직경(mm)으로 AFNOR(1993)이 제안한 (식 4.1-12)로 추정할 수 있다. 여기서 균등계수가 $Cu < 5$ 인 경우에 C는 계수로 흙이 느슨한 상태일 경우 0.4, 조밀한 경우에는 0.6을 사용한다. D_{85b}는 흙의 85% 통과입경이다.

$$D_I = C\,D_{85b} \qquad \text{(식 4.1-12)}$$

균등계수가 $Cu > 5$ 인 비점착성 흙인 경우에는 Girond(1988)가 제안한 (식 4.1-13)으로 추정할 수 있다.

$$D_I = C_1\,Cu^{-1.7}\,d_{85b} \qquad \text{(식 4.1-13)}$$

여기서 C_1는 흙의 밀도계수로 흙이 느슨한 상태($I_D < 50\%$)일 경우는 9, 흙이 조밀한 상태($I_D > 50\%$)일 경우는 18을 사용한다.

라) 토목섬유는 시간이 지나면서 투수성이 상당히 감소하므로 투수성의 목표값은 더 높아야 한다. 또한 필터는 재료분리가 발생하지 않도록 적재, 덤핑, 다짐 시 주의하고, 특히 예상투수율이 저하되는 것을 방지하기 위해 과다짐이 되지 않아야 한다.

나. 제방 차수공 설계

1) 차수공의 종류

국내에서 하천제방공사에 사용되고 있는 차수공법은 널말뚝공법, 주입공법, 심층혼합처리공법, 고압분사교반공법, 지중연속공법 등이 사용되고 있으며 주요 공법을 소개하면 (표 4.1-16)와 같다.

< 일반적인 차수공법 비교표 >

(표 4.1-16)

구분	널말뚝공법	주입공법	심층혼합처리공법	고압분사교반공법	지중연속공법
공법개요	널말뚝의 이음부를 물리게 하여 water jet, 진동해머 등을 이용하여 지중에 타입하여 연속벽을 형성하는 방법	지반을 천공한 후 케이싱이나 rod을 이용하여 응결재와 첨가물을 주입하여 지반을 고결하는 방법	Earth auger로 지반을 천공한 후 개량재를 주입하여 강제적으로 원래 토사와 교반혼합하여 소일시멘트 연속벽체를 형성하는 방법	공기를 동반한 초고압수를 지반중에 회전분사시켜 지반을 절삭하고, 지표에 슬라임 배출과 동시에 경화재를 충진하여 원주상의 고결체를 조성하는 방법	벤토나이트 안정액으로 공벽의 안정을 유지하고 굴착후 콘크리트 연속벽체를 조성하는 방법
신뢰성	· 벽체강성 및 내구성이 우수 · 이음부에서 누수 가능성이 있음 · 길이가 긴 널말뚝 은 이음부 이탈 가능성 있음 · 기설구조물과의 접합부 지수가 어렵다(주입공법의 병용)	· 저압주입으로 주입재 침투가 용이하고, 반복주입으로 지반의 균일화 가능 · 약액주입은 알카리 용탈작용으로 영구구조물에서 신뢰도 낮음 · 토사와 시멘트의 혼합재 비중이 크므로 피압상태에서 시공가능	· 벽체강성 및 내구성이 양호 · 시공심도가 깊고 1렬 시공시 말뚝연결부가 벌어질 가능성 있음 · 토사와 시멘트의 혼합재 비중이 크므로 피압상태에서 시공 가능	· 벽체강성 및 내구성이 양호함 · 시공심도가 깊고 1렬 시공시 말뚝연결부가 벌어질 가능성 있음 · 피압상태하에서 경화재가 피압수와 같이 배출되어 지반이 굳어지지 않을 수 있음	· 벽체강성 및 내구성 우수함 · 이음부의 차수가 취약할 수 있으나 차수성에 대한 신뢰도 가장우수
	△	△	△	○	○
환경성	· 진동해머 사용으로 소음·진동 있음 · 물 오염 우려가 적음	· 소음.진동이 적음 · 수중 시공시 지하수 유동으로 물 오염 가능성 있음	· 슬라임 발생(산업 폐기물) · 수중시공시 지하수 유동으로 물 오염 가능	· 슬라임이 대량으로 배출(산업폐기물) · 수중시공시 지하수 유동으로 물 오염 가능	· 무소음 무진동이나 안정액 등 폐기물 발생량 많음
	○	△	△	△	△
장비사용성	· 작업공간이 작아 제방 위, 고수부지에서 시공 가능 · 작업폭 5 m 이상	· 작업공간이 작아 대부분 제방 위에서 시공가능 · 작업폭 3 m 이상	· 넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음 · 작업폭 8~10.5 m 이상	· 넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음 · 작업폭 7 m 이상	· 넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음 · 작업폭 8~10.5 m 이상
	○	○	△	△	△
시공성	· 길이가 길고 N50 이상의 모래층은 워터젯트 병용 타설로 시험시공에 의한 확인이 필요 · 자갈 및 호박돌층에서 시공이 곤란하며, T-4 등 보조장비 필요	· 장비가 소형으로 좁은 공간에서 작업가능 · 플랜트 설비는 소규모 · 대부분 토질에서 시공가능하며, 자갈. 호박돌층에서 시공성 높음	· 시공설비 및 플랜트 설비와 장비의 작업공간이 큼 · 자갈. 호박돌층에서 시공성 낮음	· 선행굴착과 조성공이 분리작업 되므로 시공성 좋음 · 플랜트 설비는 비교적 큼 · 자갈, 호박돌 층에서 시공가능 함	· 장비가 대형으로 넓은 작업공간 필요 · 어떤 지반이라도 시공가능하나 굴착시 공벽붕괴 가능성 있음 · 고도의 기술력이 요구됨
	△	○	△	○	△
시공실적	· 시공실적 많음 · N값이 높은 모래층에서 길이가 긴 널말뚝의 실적 적음	· 시공실적은 많음	· 실적 많음 · 30 m을 넘는 곳에서 실적은 비교적 적음	· 제방차수벽으로서 국내실적은 보통	· 제방차수벽으로서 국내실적은 적음
	○	○	○	△	×

주) 1. 신 뢰 성: 있음(○), 보통(△)
2. 환 경 성: 양호(○), 보통(△)
3. 장비사용성: 용이(○), 보통(△)
4. 시 공 성: 용이(○), 보통(△)
5. 실 적 : 많음(○), 보통(△), 적음(×)

2) 차수공법별 특성

가) 널말뚝공

(1) 널말뚝공은 공장에서 사전에 제작된 널말뚝의 이음부를 물리게 하여 진동해머, Water Jet 등을 이용하여 지중에 타입하여 연속벽(차수벽)을 형성하는 공법으로 원자재 자체가 불투수성이고 품질관리가 간단한 특성을 가지고 있어 토류벽, 차수벽 등 가시설 공법으로 많이 사용된 방법이다.

(2) 시공경험이 풍부하고 설치 후 신뢰도가 높으며 내구성이 우수하여 제체 위로 중차량으로 인한 제방보강 작업이 가능하나 시공항타 시 자갈층 및 전석층 관입이 어렵고 지하매설물 주변 시공이 불량하며 제체 균열 또는 이완이 예상될 수 있다.

(3) 널말뚝은 설치 후 여건변화로 차수벽 길이를 연장 또는 짧게 조정할 필요성이 있을 경우 타 공법에 비해 적은 경비로 시공이 가능한 장점이 있으며 완전 차수가 필요할 경우 연결부에 지수제를 도막 처리하는 방법도 국내에 개발 보급되어 있다.



(그림 4.1-12) **〈 널말뚝공법 시공 모습 〉**

나) 심층혼합처리공법

(1) 심층혼합처리공법은 Earth Auger로 지반을 천공한 후 개량제(시멘트, 벤토나이트 등)를 주입한 후 강제적으로 원래 토사와 교반혼합하여 지반강도와 지수성을 향상시킨 연속벽체를 형성하는 공법이다.

(2) 벽체 강성이 양호하며 소음, 진동이 적고 차수성도 우수하며 국내 시공경험도 풍부한 장점을 갖고 있으나 시공 장비가 대형이어서 넓은 작업공간이 필요하고 슬라임이 발생되어 환경적인 측면에서 불리하나 투수계수는 일반적으로 $1\times10^{-6}\sim10^{-7}$㎝/s를 얻을 수 있고 최근에 빠르게 보급된 공법이다.

(3) 심층혼합처리공법의 개량원리는 지반개량제와 물의 수화반응 및 수화에 따른 생성물과 흙과

의 화학반응에 의한 경화체의 형성에 있다.

(4) 각 세분류된 공법은 SCW공법을 기본으로 하고 있어 크게 볼 때 성능이나 시공성에서 유사한 공법으로 교반장비 및 시공품질관리 장치 등을 개량하였으며 첨가물로 공법개발업체에서 개발한 고화제 또는 경화제를 사용하기도 한다.

(5) 조밀한 호박돌층에서는 3축 시공이 곤란하며, 단축으로 시공할 경우는 연결부에서 결함이 발생할 가능성이 높고 공사비 증가 및 공기 연장 등 문제점이 있다. 또한 단단한 자갈층 및 호박돌층에서는 시공능력이 급격히 떨어진다.



(그림 4.1-13) **< 심층혼합처리공법 시공현황 >**



(a) 잘 설치된 사례 (b) 잘 못 설치된 사례

(그림 4.1-14) **< 심층혼합처리공법 설치 모습>**

다) 주입공법

(1) 주입공법은 개량이 필요한 대상지반에 천공한 후 케이싱이나 Rod을 이용하여 응결재인 시멘트, 점토(bentonite), 규산소다, 첨가물을 강제로 주입시켜 지반을 고결시키는 공법으로 일반적으로 Grouting이라 부른다.

(2) 국내에서의 주입공법은 초기에 댐이나 제방의 차수 및 지반보강의 목적으로 Cement Milk Grouting을 적용하였으나 70년대 후반에 LW공법이 도입되었고 80년대 초에 SGR공법이 도입되면서 용액형 그라우팅이 처음으로 도입되었다. 이후 SGR공법은 현탁액뿐만 아니라 종래의

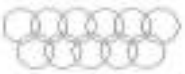
시멘트를 Micro시멘트화하여 침투효과를 증대시킬 수 있는 계기를 만들었다.

(3) 주입제의 종류에 따라 약액과 비약액으로 구분되며 차수와 지반강화를 위해 주로 사용되고 있으며 투수계수는 일반적으로 1×10^{-6}㎝/s 이하를 얻을 수 있다.

(4) 주입공법은 다음과 같이 구분된다.

- 주입형태: 충전, 맥상, 경계, 침투주입
- 주입관 설치방법: Rod 주입, Strainer 주입, 이중관 Double Packer 주입, 이중관 Rod 주입, 이중관 복합주입
- 혼합방식: 1 Shot, 1.5 Shot, 2 Shot
- 주입원리: 주입제인 현탁액과 약액을 침투만으로 흙의 간극을 채워 고결되면서 지반의 특성을 개선하는 침투주입법, 슬럼프가 대단히 적은 시멘트풀, 몰탈을 주입압에 의하여 변위를 유발하면서 지반의 체적압축 효과와 주입고결 효과를 기대하는 변위주입, 석회슬러리 또는 시멘트에 화학약품을 첨가하여 공극이 큰 지반에서 주입제가 느슨한 지반을 둘러 쌓도록 주입하는 캡슐 주입으로 구분
- 주입형식: 상향식, 하향식, 상·하향절충식

(5) 주입공은 그라우트 주입유효범위가 서로 겹치도록 배치해야 한다. 차수벽으로의 주입의 경우 복렬주입을 기본으로 한다.

단열주입		
복렬주입	정사각형	
	정삼각형	

(그림 4.1-15) **< 주입공 배치 방법>**

(6) 주입공법은 장비가 소규모로 취급이 간편할 뿐만 아니라 제체 손상 없이 시공이 가능하고, 조밀한 사력층에서도 시공이 가능하며, 특히 구조물(배수문) 주변 보강에 우수한 특성을 갖고 있으나, 국내에서 Gel Time 조절용 혼화제로 용탈에 대한 내구성에 의문이 완전 해소되지 않고 있으며, 구근이 형성되지 않음으로서 시공 후 결과물 확인이 어려워 신뢰도가 낮다.



(그림 4.1-16) **〈 주입공법 시공모습 〉**

라) 고압분사 교반공법

(1) 고압분사 교반공법은 심층 지반을 개량하는 것으로서 지반 중에 주입관을 관입하여 수평방향으로 200 kgf/㎠ 이상 고압으로 경화제(cement paste)와 Air Jet를 분사하여 주입관을 회전 인발시킴에 따라 파괴된 토립자와 경화제를 혼합 교반하여 원주상 고결체를 형성하는 공법으로 국제적으로 Jet - Grouting 공법으로 칭하고 있다.

(2) 1965년경 일본에서 CCP(chemical churing pile)공법으로 실용화하고, 여기서 Air Jet를 병행시켜 개발한 것이 JSP(jumbo special pattern)공법이고 400～700kgf/㎠ 정도의 초고압으로 직경(D=2～3m)의 고결체를 조성할 수 있게 개발한 것이 RJP(rodin jet pile)공법이다.

(3) 고압분사교반공법은 시공경험이 풍부하고 내구성이 강한 고결체를 형성함으로써 신뢰성이 높은 차수벽을 만들 수 있으나 장비가 대형이고 지하수 유동이 큰 자갈 전석층에서 적용성이 낮으며 장비가 크고 공사비가 다소 고가이다. 또한 슬라임(slime) 발생이 많아 환경적인 측면에서 불리하다.

마) 지중연속공법

(1) 지중연속공법은 벤토나이트의 안정액으로 공벽의 안정을 유지하고 굴착 후 콘크리트로 벽체를 조성하는 공법으로 1950년경 유럽에서 개발 및 실용화되었으며 유럽에서는 Concrete diaphram wall 또는 Slurry wall이라 하며 우리나라에서는 지중연속공법 또는 지하연속공법이라 한다.

(2) 건축구조물의 지하실, 차수벽, 방호벽, 호안, 흙막이벽 등 다양하게 이용되고 있으며, 굴착방식으로는 버킷식, 회전식, 충격식이 있고, 형태로는 벽식, 주열식, 조합식이 있다.

(3) 무소음 무진동으로 벽체 강성이 커서 본체의 벽체나 기초구조로 사용 가능하며, 차수성이 우수하고 어떠한 지반이라도 시공이 가능하며 주변구조물에 미치는 영향이 적은 장점을 갖고 있으나, 공사비가 고가이고 굴착시 공벽의 붕괴 가능성과 굴착토사 및 안정액 등 폐기물 발생이 많고 고도의 기술과 경험이 필요하며 이음부가 차수의 취약점이 될 수도 있는 단점을 갖고 있다.

3) 차수공 형식 결정

가) 차수공을 설계할 때는 구조물의 중요도와 기초지반의 토질조건을 충분히 고려하여 공법을 결정해야 한다.

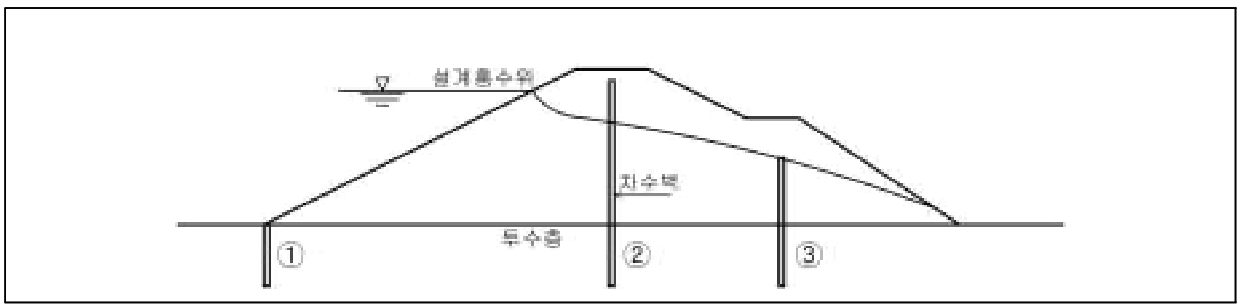
나) 기초지반이 점성토나 사질토층일 경우는 대부분의 차수공법이 시공 가능하나 사력층, 호박돌이 섞인 토층, 전석층에서는 시공성이 낮거나 불가능할 경우가 있으므로 신중하게 검토한다.

다) 차수공법 선정은 경제성, 시공성, 환경성, 제방손상 등 제반조건을 고려하여야 한다. 일반적으로 차수성은 비교적 모든 공법이 투수계수 1×10^{-6}㎝/s 이하 정도로 만족하고 있으며, 내구성은 쉬트파일공법, 지중연속공법, 고압분사교반공법, 심층혼합처리공법, 주입공법 순으로 우수하다. 시공성은 사력 및 호박돌층에서 볼 때 주입공법, 고압분사교반공법, 지중연속공법, 심층혼합처리공법, 쉬트파일공법 순으로 볼 수 있으며, 경제성은 심층혼합처리공법과 주입공법 및 쉬트파일공법이 비슷하고 고압분사교반공법, 지중연속공법 순이다. 환경성은 쉬트파일공법, 주입공법, 지중연속공법, 심층혼합처리공법, 고압분사교반공법 순으로 볼 수 있다.

라) 차수공법 선정은 제반여건을 종합적으로 고려하여 최적 공법을 선정하여야 하며, 설계시 종합적인 검토를 실시하여 소정의 목적을 만족하는 공법을 선정하되, 세분류의 공법선정은 각각의 현장특성과 조건이 다르고 공법별 고유특성 차이로 일반화되어 있지 않으므로 설계단계에서는 잠정공법을 적용한다. 세부 분류에 따른 공법선정은 시공회사가 제반현장 여건과 공법개발 회사의 능력 등을 종합적으로 고려하고 공사 시방서에서 제시하는 조건을 수용하는 범위 내에서 최적공법을 선정하여, 감독관의 승인을 득한 후 시행하는 것으로 한다.

4) 차수공 설치위치 및 설치길이

가) 제방의 횡단면상에서 차수벽을 설치할 위치는 (그림 4.1-17)에서 ①앞비탈기슭, ②둑마루부근, ③뒷턱 부근 등으로 생각할 수 있다. 3가지 설치위치 중 둑마루부에 설치하는 것이 제체 내 누수 및 기초지반을 통한 파이핑을 방지할 수 있고 비탈면의 안전성을 크게 향상하므로 바람직한 방법이다.



(그림 4.1-17) **<차수벽 설치방법>**

나) 차수공 길이는 제내지의 용수 취수에 대해서도 검토하여 지하수 취수가 가능하도록 하여야 한다.

다) 차수벽의 상단높이는 계획홍수위 이상으로 설치한다. 차수벽 상단높이를 (그림 4.1-17)의 ③과

같이 침윤선 상단에 맞추어 설치한 차수벽은 홍수가 장시간 계속되었을 때 침투압이 상승하여 침투수가 차수벽 상단을 월류하여 제체누수를 발생시킨 사례가 있었다.

라) 차수공은 파이핑에 대하여 안전율을 확보할 수 있는 깊이까지 설치한다. 일반적으로 수직차수벽은 침투 가능한 층의 85~90%를 통과해야 상승압력과 파괴흐름을 감소시킬 수 있다(CIRIA 2013). 또한 차수벽을 불투수층까지 설치하면 지하수의 흐름을 차단하여 관정에 의한 하천수의 취수와 제내지의 원활한 지하배수 등 기존의 지하수 흐름특성에 대한 악영향을 줄 수 있다. 차수벽 설치만으로 제방의 침투에 대한 안전율 확보가 어려운 경우는 침윤선을 연장하는 방법(단면확장, 압성토) 등을 함께 강구 한다.

마) 동일한 제방에서 다른 차수공법이 적용될 경우는 연결부에서 누수가 발생되지 않도록 3.0m 이상 중복되게 겹쳐 시공하여야 한다.

다. 하천제방 횡단구조물의 차수벽

1) 통문의 차수공 설치기준

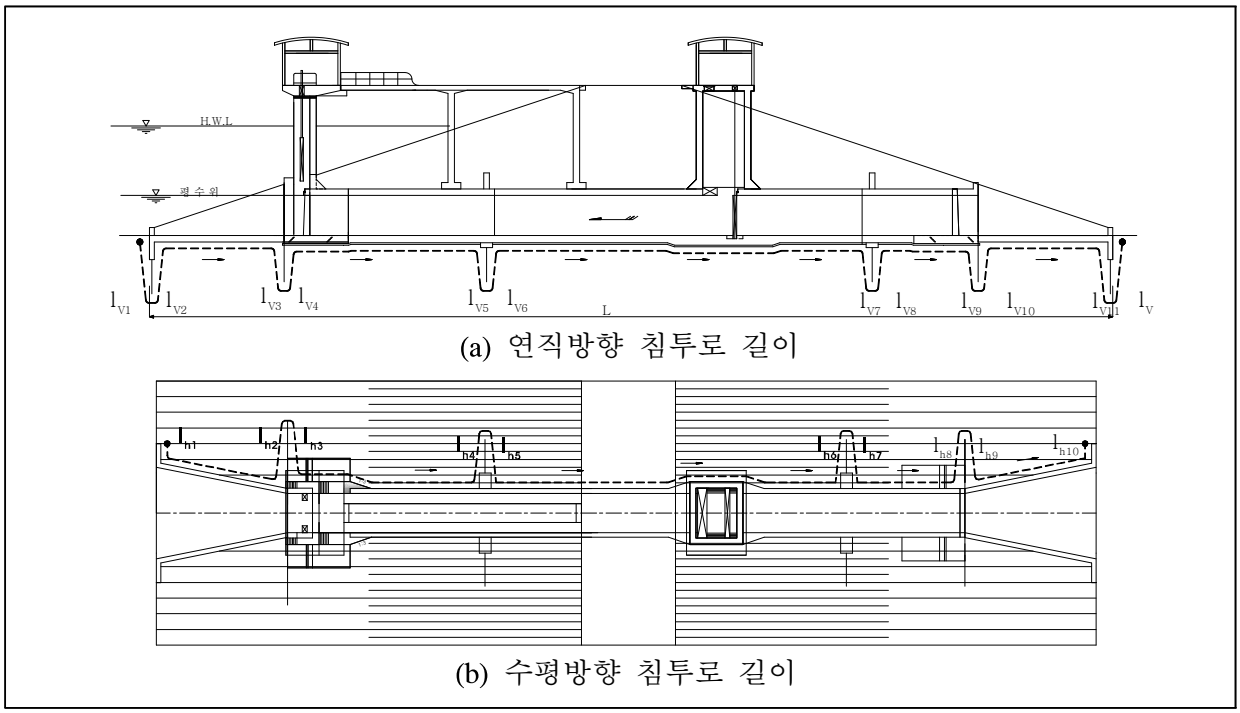
가) 통문과 통관에서 제방과 구조물의 접촉부는 침투수에 의해 파이핑이 생기는 것을 막기 위해 차수시설을 설치한다.

나) 제내지 지반이 제외측 계획홍수위보다 높은 굴입하도, 불투성 지반 위에 콘크리트로 설치한 제방 등 침투 우려가 없다고 확인된 경우를 제외한 모든 제방의 횡단구조물은 중앙차수벽을 설치하여야 한다.

다) 암거의 본체와 일체의 콘크리트 벽으로 1m 이상의 폭과 35cm 이상의 두께를 가진 차수벽을 설치해야 하며 제방단면이 크고 암거의 길이가 긴 경우에는 차수벽을 2개 이상 설치한다. 다만, 콘크리트 벽의 시공이 어려울 경우 동등이상의 차수효과를 가지는 대체공법을 적용할 수 있다

라) 개소당 길이는 설치간격의 1/2 이하로 하여야 한다. 경사지게 설치할 경우는 45° 이하로 설치하여야 한다.

마) 기초지반이 양호하고 차수공의 길이가 작을 경우는 터파기하여 콘크리트벽으로 설치가 가능하나 터파기로 인한 기초지반의 교란은 본체의 안전을 해칠 수 있다. 따라서 2m가 넘을 경우는 강널말뚝이 유리하다.



(그림 4.1-18) **<배수통문의 침투경로 길이>**

2) 신설 구조물 차수벽

가) 중앙 차수공

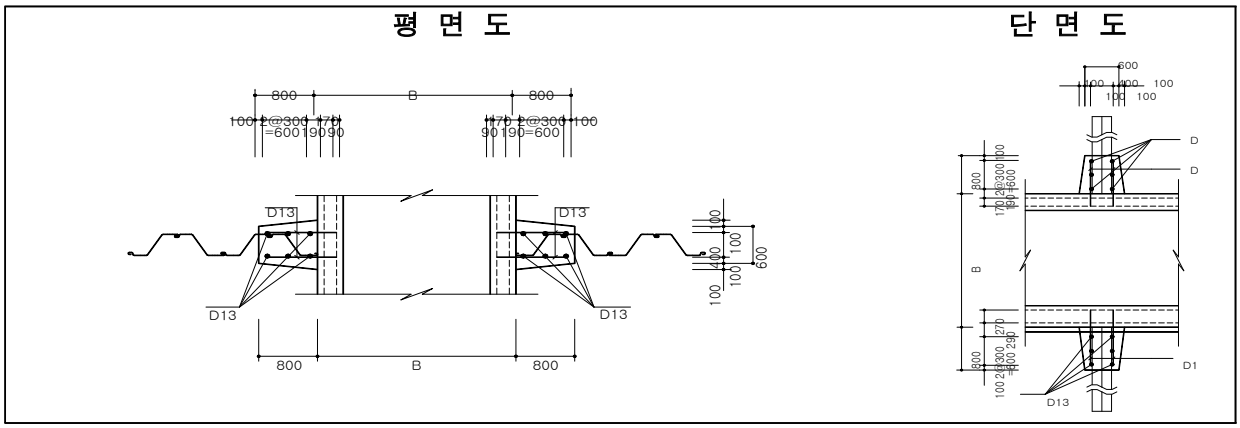
(1) 중앙차수벽은 강널말뚝(Steel Sheet Pile)을 원칙으로 하되 현지 여건을 감안하여 공법을 조정할 수 있다.

(2) 차수벽 설치폭은 구조물 설치폭에 외벽에서 좌·우측으로 각각 15m 이상 또는 터파기폭에 좌·우측 여유폭 각각 5m을 합한 길이 중 큰 값으로 한다.

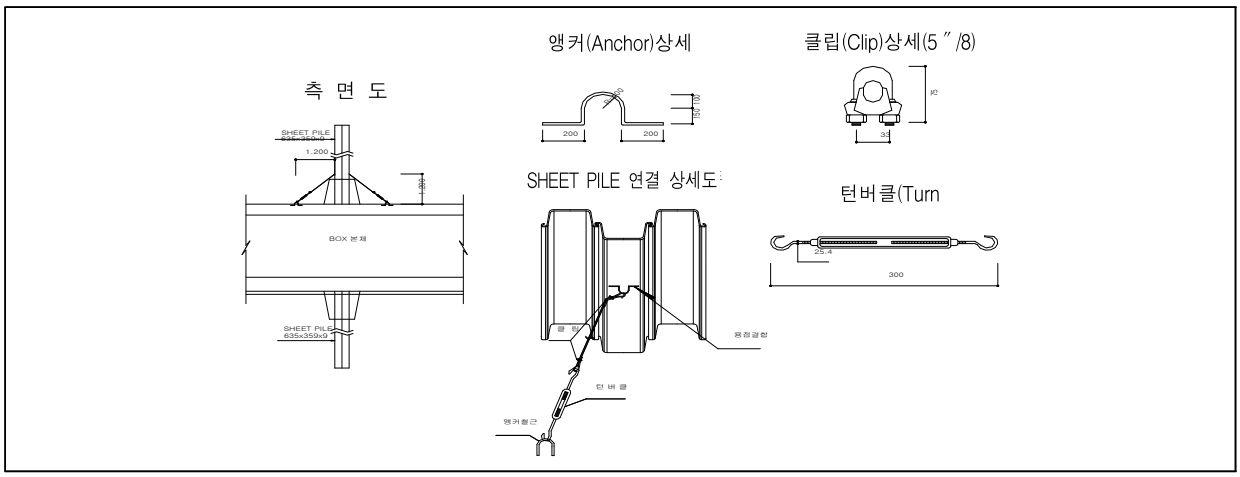
(3) 차수벽 상단은 계획홍수위 이상으로 설치한다.

(4) 구조물 중앙차수벽 설치깊이는 제방에서 차수공을 설치할 때 필요한 깊이보다 짧게 설치하여서는 안 된다. 또 제체에 차수공을 설치하지 않을 경우도 침투류 계산을 실시하여 차수벽 소요깊이를 산정하여 설치한다. 불투수층 또는 기반암이 나타날 경우는 조정하여 설치할 수 있다.

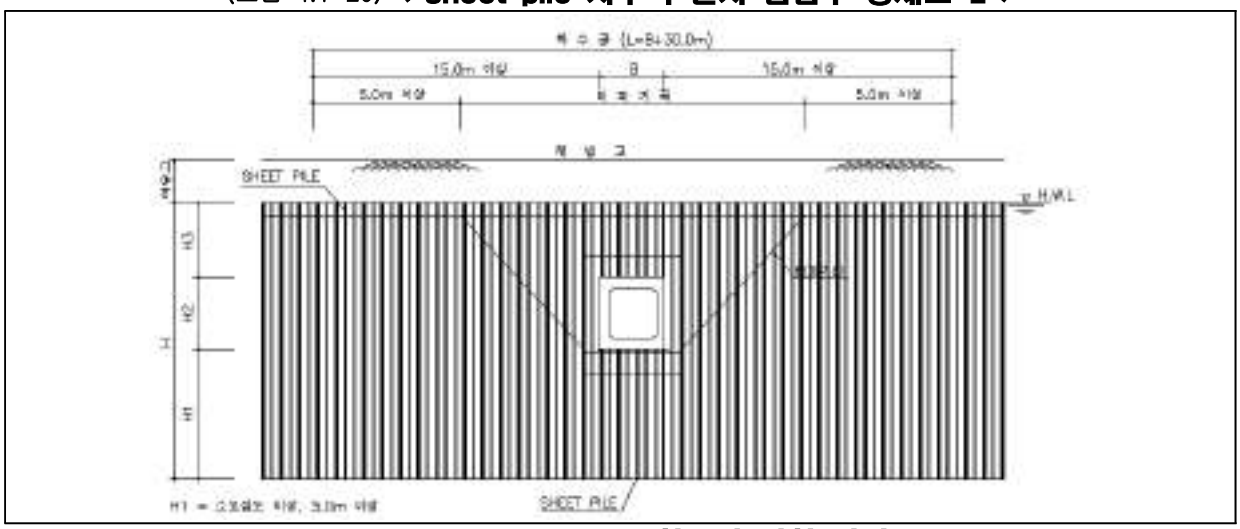
(5) 널말뚝과 구조물 외벽의 연결부는 (그림 4.1-19)과 같이 콘크리트를 타설하여 누수를 방지하여야 하며, 연결 콘크리트를 설치하지 않을 경우에는 기존 구조물 보강방법과 같이 주입공법(Grout)으로 연장 3m 이상 2렬 보강하고, 벽체를 따라 강널말뚝 중심에서 양측으로 각 3m 이상씩 보강 설치하는 것으로 한다.



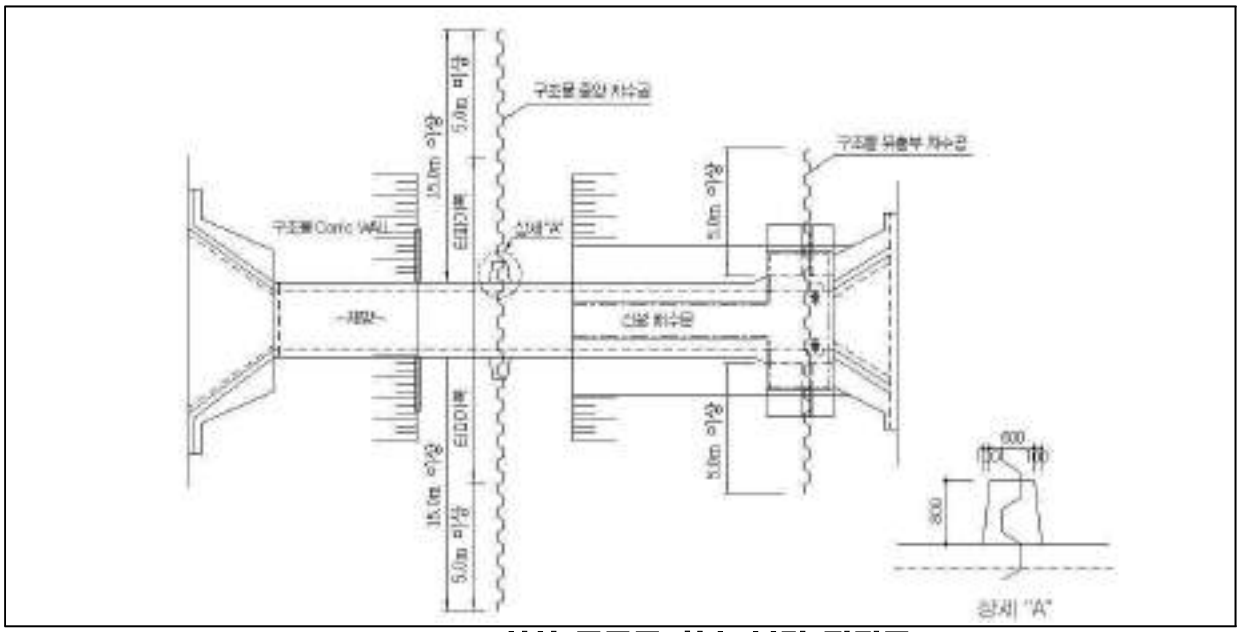
(그림 4.1-19) **〈 Sheet pile 차수벽 설치 접합부 상세도-1 〉**



(그림 4.1-20) **〈 Sheet pile 차수벽 설치 접합부 상세도-2 〉**



(그림 4.1-21) **〈 Sheet pile 차수벽 설치 단면도 〉**



(그림 4.1-22) **〈 신설 구조물 차수 보강 평면도 〉**

나) 유출부 차수공

(1) 유출부 차수벽은 강널말뚝을 원칙으로 하되 현지 여건을 감안하여 공법을 조정할 수 있다.

(2) 차수벽 설치폭은 구조물 설치폭에 권양대 외벽에서 좌·우측으로 5m 이상, 설치심도는 소요깊이까지 설치하되 불투수층 또는 기반암이 분포할 경우는 현장 여건을 감안하여 조정한다.

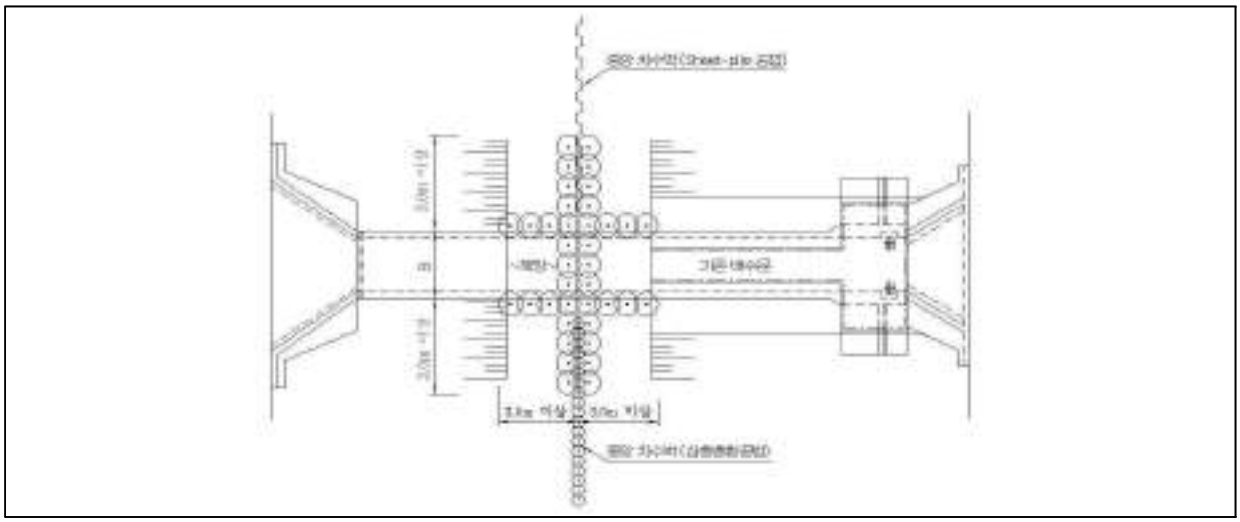
3) 기존 구조물 차수공

가) 제방과 구조물에 차수시설을 함께 설치하는 경우

(1) 제방 차수벽(Sheet Pile, 심층혼합처리공법, 주입공법 등)은 구조물에서 약 1m 떨어진 지점까지 설치한다.

(2) 차수벽 상단은 계획홍수위 이상으로 설치하고, 차수벽 설치깊이는 제방에서 차수공을 설치할 때 필요한 깊이보다 짧게 설치하여서는 안 된다. 불투수층 또는 기반암이 나타날 경우는 조정하여 설치할 수 있다.

(3) 제방 차수벽을 설치 후 구조물 외벽에서 주입공법(Grout)으로 연장 3m 이상 2렬 보강하고, 벽체를 따라 차수벽 중심에서 양측으로 각 3m 이상씩 보강 설치하는 것으로 한다.



(그림 4.1-23) **〈 제방과 구조물에 차수시설을 함께 설치하는 경우 〉**

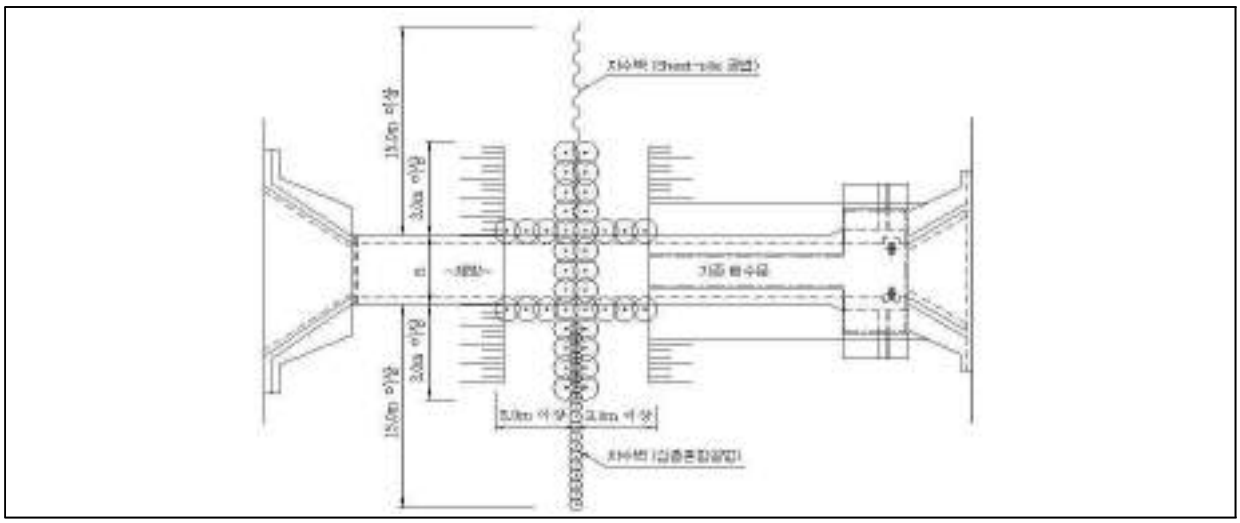
나) 제방에는 차수시설이 없으나 구조물에는 차수가 필요한 경우

(1) 차수벽 설치폭은 구조물 설치폭에 외벽에서 좌·우측으로 15m 이상 설치해야 한다.

(2) 2가지 이상 차수공법을 적용할 경우 제방측 차수벽을 구조물에서 약 1m 떨어진 지점까지 먼저 설치 후 구조물 외벽에서 주입공법(Grout)으로 연장 3m 이상 2렬 보강하고, 벽체를 따라 차수벽 중심에서 양측으로 각 3m 이상씩 보강 설치할 수도 있다.

(3) 차수벽 상단은 계획홍수위 이상으로 설치하고, 차수벽 설치깊이는 침투류 계산을 실시하여 차수벽 소요깊이를 산정하여 설치한다. 불투수층 또는 기반암이 나타날 경우는 조정하여 설치할 수 있다.

(4) 배수구조물의 하부는 철근이 손상되지 않도록 주의하여 천공한 후 주입공법 또는 고압분사 교반공법으로 설치한다.



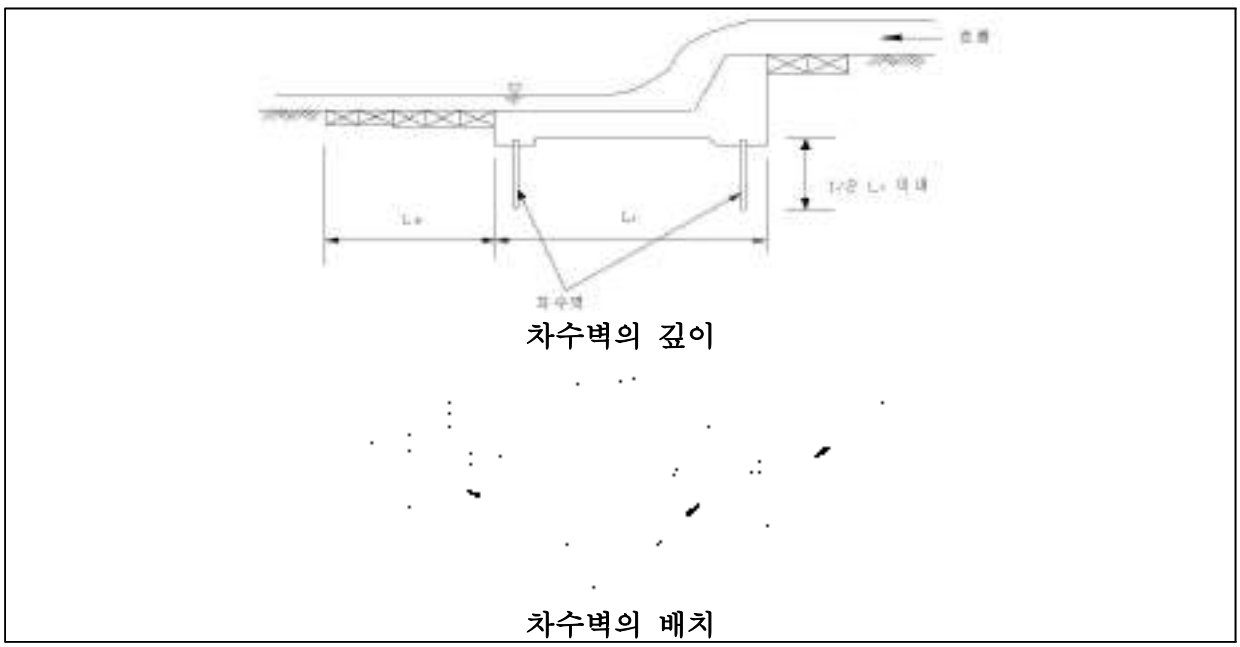
(그림 4.1-24) **〈 제방에는 차수시설이 없으나 구조물에는 차수가 필요한 경우 〉**

라. 하천횡단시설의 차수시설

1) 하상유지시설

가) 하상유지시설에는 상하류 수위차에 의해 발생하는 양압력과 파이핑 작용을 감소시키기 위해 차수시설을 설치한다. 단, 기초지반이 견고하거나, 상하류 수두차가 작아 파이핑이 발생되지 않는다고 판단될 경우는 차수시설을 설치하지 않을 수 있다.

나) 고수부지와 하안부의 지질상황에 따라서 하상유지시설의 고수부지와 하안부(측면부)에도 물이 침투하는 경우가 있다. 따라서 하상유지시설 주변의 고수부지와 양안하안부의 지질상태를 조사하여 파이핑의 가능성이 있을 때는 이것을 방지하기 위하여 하안부에도 차수벽을 설치하여야 한다.



차수벽의 깊이

차수벽의 배치

(그림 4.1-25) **< 하상유지시설에서의 차수공 >**

2) 보 및 수문의 차수시설

가) 보 및 수문을 투수성 지반에 설치할 때는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 충분한 침투 길이를 확보해야 하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수시설을 설치한다. 또한 양안 측벽이 접한 제방을 통해 침투가 일어날 수 있으므로 양쪽 측벽에도 차수시설을 설치하여야 한다.

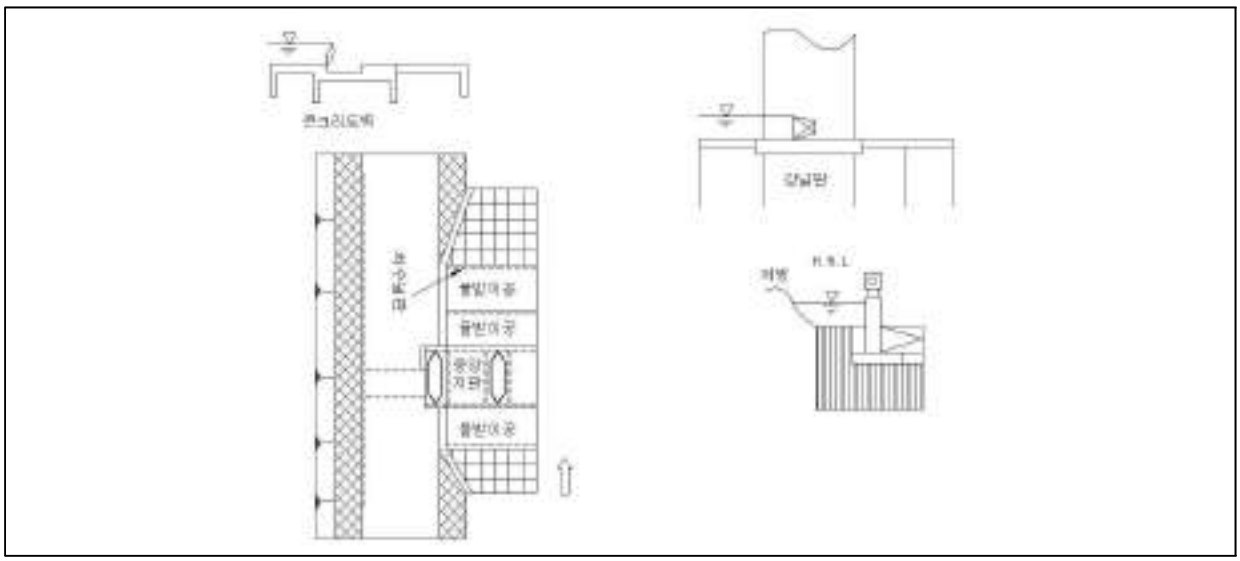
나) 차수시설은 원칙적으로 콘크리트벽, 강널말뚝, 케이슨 등을 사용하여 상하류의 수위차에 의해 생기는 침투수의 동수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계해야 한다.

다) 보 및 수문의 차수벽은 그림과 같이 각각 배치하며 그 재료는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선택하며 그 깊이, 길이, 설치위치는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 검토하여 설치한다.

라) 개소당 길이는 설치간격의 1/2 이하로 하여야 한다. 경사지게 설치할 경우에는 45° 이하로 설치하여야 한다.

마) 기초지반이 양호하고 차수공의 길이가 짧은 경우는 터파기하여 콘크리트벽으로 설치가 가능하

나 터파기로 인한 기초지반의 교란은 본체의 안전을 해칠 수 있다. 따라서 2m가 넘을 경우는 강널말뚝이 유리하다.

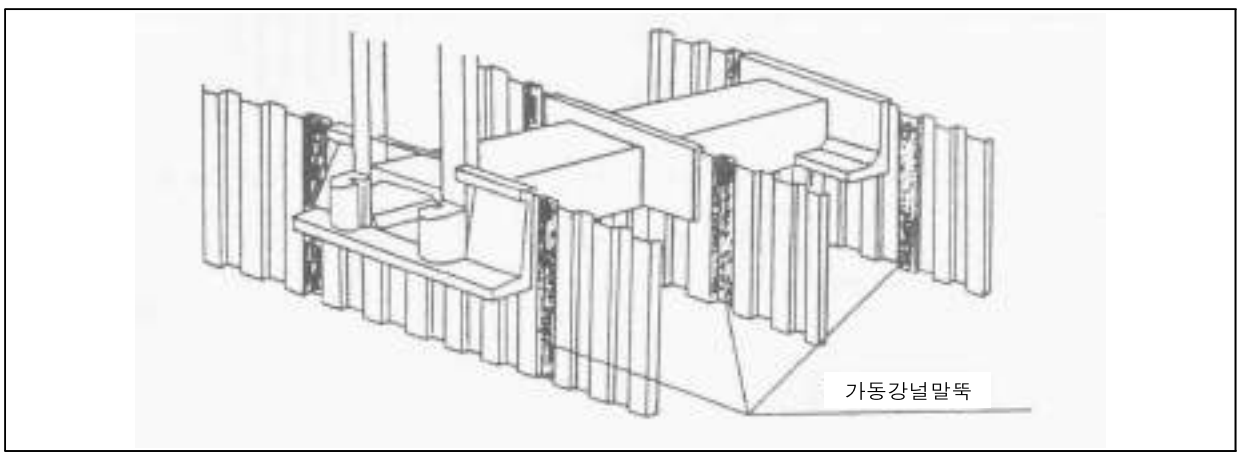


(그림 4.1-26) **< 보 및 수문에서의 차수공 >**

마. 가동강널말뚝 설치

1) 연약지반 등에 설치되는 구조물에 연결하여 차수용 강널말뚝을 설치할 경우는 부등침하나 배면 토압 등에 의해 변위가 생길 수 있다. 이 변위가 구조물에 손상을 주지 않도록 구조물과 차수강널말뚝의 접촉부근에 변위를 흡수하기 위한 가동강널말뚝을 적용하는 경우도 있다.

2) 가동강널말뚝은 흡수할 수 있는 변위량의 크기에 따라 선정하여야 하며 강관형식은 고무 형식보다 흡수변위량이 큰 곳에 사용한다.



(그림 4.1-27) **< 가동강널말뚝 설치도 >**

4.2 수량 산출 요령

4.2.1 수량 산출 내역

번 호	공 정	규 격	단 위	수 량	비 고
4	**차수시설**				
4.1	**SHEET-PILE 공법**				
4.1.1	Sheet-pile 자재		ton		
4.1.2	Sheet-pile 항타(일반)		본		
4.1.3	Sheet-pile 항타(WJ병용)		본		
4.1.4	Guide Beam 제작		회		
4.1.5	Guide Beam 이동 설치		회		
4.1.6	전도방지공		개소		
4.1.7	H-pile 항타 및 인발		본		
4.1.8	시험시공		회		
4.1.9	시험시공 확인		회		
4.2	**심층혼합처리공법**				
4.2.1	사용재료 - 시멘트		ton		
	사용재료 - 벤토나이트		kg		
4.2.2	심층혼합 천공 및 주입		㎡		
4.2.3	플랜트 조립 및 해체		회		
4.2.4	파일드라이버 조립 및 해체		회		
4.2.5	시험시공		m		
4.2.6	시험시공 시험		회		
4.2.7	검사보링		m		
4.2.8	검사시험		회		
4.2.9	이토(Slime) 처리		㎥		
4.3	**주입공법**				
4.3.1	현탄액형 주입		㎥		
4.3.2	시멘트		kg		
	규산		l		
	급결제		kg		
	중결제/완결제		kg		
	벤토나이트		kg		
4.3.3	천공		m		
4.3.4	기계기구 설치 및 해체		회		
4.3.5	플랜트 설치 및 해체		회		
4.3.6	시험시공		m		
4.3.7	시험시공 확인		회		
4.3.8	검사보링		m		
4.3.9	검사시험		회		
4.4	**고압분사 공법**				
4.4.1	천공		m		
4.4.2	천공 및 분사		m		
4.4.3	시멘트		kg		
4.4.4	기계기구 설치 및 해체		회		
4.4.5	플랜트 설치 및 해체		회		
4.4.6	시험시공		m		
4.4.7	시험시공 확인		회		
4.4.8	검사보링		m		
4.4.9	검사시험		회		
4.4.10	이토(Slime)처리		㎥		

4.2.2 STEEL SHEET-PILE 공법

가. Sheet-pile 사용재료

1) 설계시 검토한 규격의 자재를 사용하는 것으로 한다.

2) 통상적으로 토질 조건, 지층의 두께, 현장 상황, 차수벽 심도 등에 따라 다르나 널말뚝의 사용 규격을 (표 4.2-1)기준과 같이 적용함을 원칙으로 한다.

3) Sheet pile의 설치에 필요한 자재의 7% 할증을 고려하여 자재비 및 운반비를 중량(ton)으로 산출한다.

- Sheet pile의 사용 중량 = m당 단위중량 × 설치 깊이 × 본당 폭 × 설치 본수 × 1.07 = ( ) ton

〈 현장 조건별 Sheet pile 표준 규격 〉

(표 4.2-1) (단위:㎜)

현장 여건	Z형 강널말뚝 (KS D 3858)	U형 강널말뚝 (KS F4604)	비 고
N치 20 미만 차수벽 깊이 10m 이하	635×358×8 635×358.5×8.5	600×130×10.3 400×100×10.5	연약층
20≤N≤50 차수벽 깊이 10m~20m	635×359×9 635×359.5×9.5	600×180×13.4 400×150×13	일반층
N치 50 이상 차수벽 깊이 20m 이상	635×360×10 635×360.5×10.5	400×170×15.5	경질층

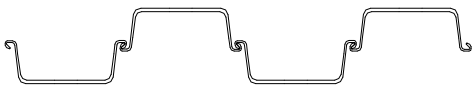
치수표(Z-TYPE)

형식	폭(mm)	높이(mm)	두께(mm)	단위중량(kg/m)
NI-XZ 80	635	358.0	8.0	64.1
NI-XZ 85	635	358.5	8.5	68.1
NI-XZ 90	635	359.0	9.0	72.1
NI-XZ 95	635	359.5	9.5	76.1
NI-XZ 100	635	360.0	10.0	80.1
NI-XZ 105	635	360.5	10.5	84.1



치수표(U-TYPE)

형식	폭(mm)	높이(mm)	두께(mm)	단위중량(kg/m)
ISP-II	400	100	10.5	48.0
ISP-III_A	400	150	13.0	60.0
ISP-IV	400	170	15.5	76.1
ISP-V_L	500	200	24.3	105.0
ISP-II_W	600	130	10.3	61.8
ISP-III_W	600	180	13.4	81.6



(그림 4.2-1) **〈 치수표 〉**

나. Sheet pile 항타방법

1) Sheet pile 항타방법은 진동해머에 의한 일반항타, Water-jet 병용 항타 및 천공+항타가 있으며, N>50이고 자갈·호박돌 최대 입경이 10㎝ 이상인 지반에서는 시공방법 결정시 시험 시공을 실시하거나 시공사례를 통해 주의하여 선정하여야 한다.

2) 토질조건별 표준 시공방법은 (표 4.2-2)과 같고 시험 시공 결과가 차이가 있는 경우는 변경 적용할 수 있다.

〈 토질조건별 표준 시공방법 〉

(표 4.2-2)

토 질 조 건		시 공 방 법	비 고
점토층, 사질층, 사력층	N<50	·디젤 및 진동햄머에 의한 일반항타	
사력층, 호박돌층, 전석층	N>50 최대입경(ϕ)<10㎝	·Water jet 병용 항타 ·Auger 천공+일반항타	
	N>50 최대입경(ϕ)<25㎝	·Water jet 병용 항타 ·천공+일반항타	
	N>50 최대입경(ϕ)>25㎝	·천공+일반항타	

주) 천공기는 T4, Barber Drill, P.R.D+Auger 등이 있다.

3) Water Jet 병용 항타시 지반조건에 따라 Water jet 펌프는 131PS(토출유량 325ℓ/분, 토출압력 150kgf/㎠)의 펌프를 1대 이상 조합하여 사용하며, 장비조합은 다음 (표 4.2-3)을 기본으로 한다.

〈 워터제트 펌프 선정 기준 〉

(표 4.2-3)

토질별	규 격	대 상 토 질	비 고
점성토	131PS ×1대	$30<$평균N$\leq 40,\ 40<N_{max}\leq 70$	
	131PS ×2대	$40<$평균N$\leq 50,\ 50<N_{max}\leq 100$	
사질토 역질토	131PS ×1대	$30<$평균N$\leq 40,\ 50<N_{max}\leq 100$	
	131PS ×2대	$40<$평균N$\leq 50,\ 100<N_{max}\leq 300$	
전석 및 혼합 자갈층	131PS ×2대	$\varnothing_{max}\leq 100,\ N_{max}\leq 100$	
	131PS ×3대	$100<\varnothing_{max}\leq 150,\ 100<N_{max}\leq 300$	
	131PS ×4대	$150<\varnothing_{max}\leq 200,\ 300<N_{max}\leq 500$	
풍화암층	131PS ×1대	$N_{max}\leq 150$	q_u=50kgf/㎠ 이하 지층대상
	131PS ×2대	$150<N_{max}\leq 300$	
	131PS ×3대	$300<N_{max}\leq 750$	

주) 위 표에서 대형워터제트를 사용할 경우 장비조합은 131PS×2대 = 250PS, 131PS×3대 = 300PS, 131PS×4대 = 444PS를 적용할 수 있다.

다. Sheet pile 항타 : 본

Sheet-Pile 시공 방법별로 구분하여 산정한다.

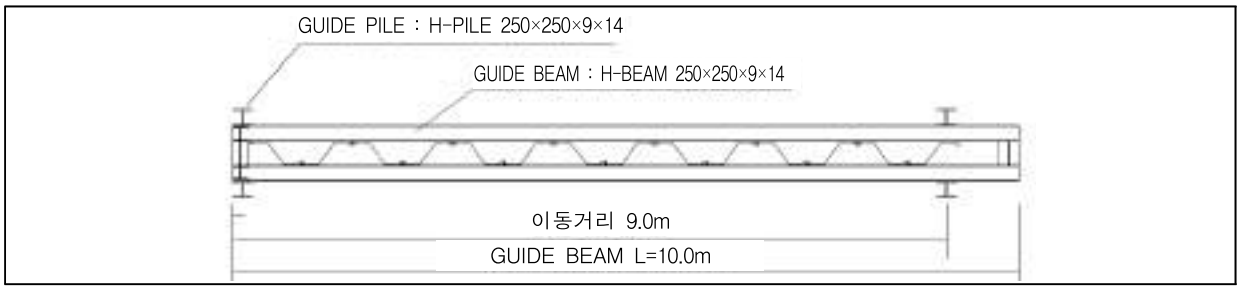
- 설치 본 수 = 설치연장 ÷ 본당 폭 = ( ) 본

라. Guide Beam 제작 : 회

1) 가이드 Beam의 제작은 길이를 10m로 하고, 1회 설치로 9m 항타하는 것을 기본으로 하며, 1회 제작 후 100회 사용을 표준으로 한다.

2) 필요시 Spacer를 사용하여 설계하여야 한다.

- Guide Beam 제작 = 설치 연장 ÷ 900m = ( )회



(그림 4.2-2) **< 가이드빔 표준도 >**

< 가이드 빔 1조(10m)당 수량 >

(표 4.2-4)

구 분	규 격	수 량	단위중량 (kg/m)	총중량 (ton)
가이드 빔	H 250×250×9×14	10m×2개=20m		
가이드 파일	H 250×250×9×14	5m×4개=20m		
간 격 재	H 250×250×9×14	0.4m×2개=0.8m 1.0m×2개=2.0m		
계		42.8m	72.4	3.099

마. Guide Beam 이동 설치 : 회

1) 가이드빔의 1회 제작 연장은 10m이고, 설치 후 1회 9m씩 이동하여 사용한다.

2) 가이드빔의 설치를 위한 터파기는 깊이는 현지반고 - (차수공 상단고 - 1.0m), 저폭 1.0m, 사면경사 1:1을 표준으로 한다.

3) 1회 이동거리는 9m로 하여 전체 설치 연장에서 9m를 나누어 횟수를 산정

- 가이드 빔 이동 설치 횟수 = Sheet pile 설치 연장 ÷ 9m = ( ) 회
- H-pile 항타 및 인발 : 본
  · 가이드빔 이동 설치 횟수 × 2회 + 2회(시점부 설치) = ( ) 본

바. 시험시공

< 시험시공 일반사항 >

(표 4.2-5)

구 분	단위	기 준	시 기	비 고
시 험 시 공	m	· 설치연장 500m마다 1회, 제방당 1회 이상	시공 전	
시 험 시 공 확 인	회	· 보링(설치깊이) · 일축압축시험(토층별) · 투수시험(토층별)	〃	
검 사 시 험	회	· 설치연장 100m마다 1회, 제방당 1회 이상 · 시공품질 검사	시공 중	

4.2.3 심층혼합 처리공법

가. 사용재료

1) 심층혼합 처리공법 설계시 토질별 배합비 및 압축강도는 (표 4.2-6)를 표준으로 산출하며, 세분류된 공법에 따라 공장 배합된 고화제를 사용할 경우 그 고화제량은 (표 4.2-6)에서 시멘트에 벤토나이트를 합한 것으로 한다.

2) 시험 시공 결과 배합비가 다를 경우는 변경하여 산출한다.

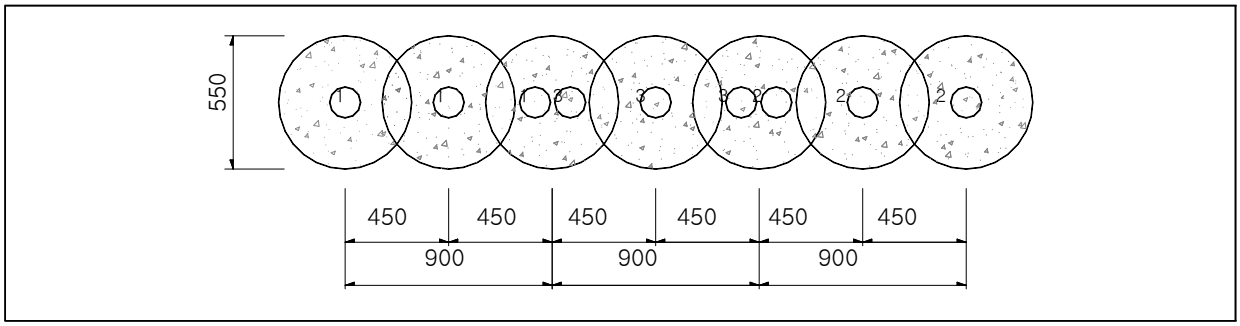
〈 토질별 표준배합비 및 압축강도 〉

(표 4.2-6) (㎥당)

토 질	배 합			압축강도 (MPa)	비 고
	시멘트(kg)	벤토나이트(kg)	물(ℓ)		
점 성 토	400	10	550	0.1 ~ 2	
사 질 토	350	20	550	2 ~ 8	
사 력 토	350	20	550	6 ~ 12	

주) 자료출처 : 건설공사 표준품셈

나. 심층혼합 천공 및 주입 : ㎡



※ ①~③은 3축 시공순서임.

(그림 4.2-3) **〈 시공방법 〉**

1) 차수벽 두께(구경)는 Φ550㎜이며 3축 시공을 기본으로 한다.

2) 구간별로 설치 연장과 심도를 곱하여 산출한 후 전체 물량을 산출한다.

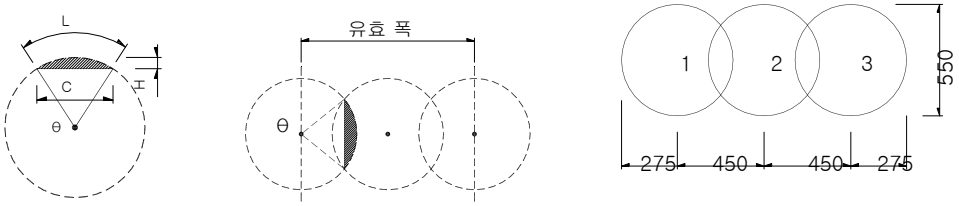
3) 시공구간의 전체 평균 심도와 토질별 평균 분포를 고려하여 수량을 산출한다.

4) 3축의 경우 시공순서에서 ①, ②번째 시공 후 ③번째 시공의 경우 ①, ②번째의 각 1개 공이 중복 시공되므로 자재는 3공(1,350㎜)에 대해 수량을 산출하고, 1회 시공 유효연장은 2공(900㎜)으로 계상하여야 한다.

5) 3축 시공시 1공씩 중복시키지 않고 연속벽을 형성하기도 하나, 이 경우 공간 접속불량의 우려가 있으므로 사용하지 않는 것으로 한다.

6) 본당 단면적

$$d = 2r = 2\times 0.275 = 0.55\,m$$



$h = r - \sqrt{(r^2-(c/2)^2} = 0.05m$

$c = 2\sqrt{(2rh-h^2)}$ $\qquad c = 2\times r\times \sin(\frac{\theta}{2}) = 0.316m$

$\theta = 2\sin^{-1}(\frac{c}{2r}) = 70°$ $\qquad L = \frac{\pi\times r\times\theta}{180°} = 0.337m$

$A = \frac{1}{2}\times[r\times L - c\times(r-h)] = 0.011㎡$

- 1공 단면적 : $\frac{\pi\times d^2}{4} = 0.238㎡$
- 1공 중복 단면적(빗금친 부분) : $0.011㎡\times 2개소 = 0.022㎡$
- 1공당 단면적 : $0.238㎡ - 0.022㎡ = 0.216㎡$
- 3축 1본당(유효 폭 = 0.9m) 단면적 : $0.216㎡\times 3공 = 0.648㎡$

7) 자재 산출 예)

- 조건 : 점토층 10%, 사질토 70%, 사력토 20%인 제방에 차수를 할 경우
  - 3축 단위면적(0.648㎡) ÷ 3축 주입 유효폭(0.90m) = 0.5832㎥/㎡
  - 점성토

    시 멘 트 SA = 400kg × 0.5832㎥/㎡ = 233.28kg/㎡

    벤토나이트 SB = 10kg × 0.5832㎥/㎡ = 5.83kg/㎡
  - 사질토, 사력토

    시 멘 트 SA = 350kg × 0.5832㎥/㎡ = 204.12kg/㎡

    벤토나이트 SB = 20kg × 0.5832㎥/㎡ = 11.66kg/㎡
  - 시멘트 총량 = 233.28kg × 0.1 + 204.12kg × 0.9 = 207.04kg/㎡ = 0.207/㎡
  - 벤토나이트 총량 = 5.83kg × 0.1 + 11.66kg × 0.9 = 11.08kg/㎡
  - (벌크)시멘트 구입 및 운반 : 2% 할증
  - 벤토나이트 구입 및 운반 : 2% 할증

다. 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사

< 시기 및 기준 >

(표 4.2-7)

구 분	단위	기 준	시 기	비고
플 랜 트 조립및해체	회	·설치연장 100m마다 1회	공사 중	
파일드라이버 조립 및 해체	회	·제방마다 1회	〃	
장 비 운 반	회	·사업지구별 1회	〃	
시 험 시 공	회	·설치연장 500m마다 1회 이상, 제방당 1회 이상	시공 전	
시 험 시 공 확 인	회	·보링(설치깊이) ·일축압축시험(토층별) ·투수시험(토층별)	〃	
검 사 보 링	m	·설치연장 100m마다 1회 ·시추기(NX) ·토질상태 : 연암	시공 30일후 준공전	품질 확인
검 사 시 험	회	·검사 보링 공수에 대한 토층별 산출 ·일축압축시험 ·투수시험	〃	〃

라. 이토(Slime) 처리

1) 이토(Slime)를 폐기물 관리법 등의 규정에 따라 처리하기 위하여 추가로 소요되는 비용과 운반비는 별도 계상한다.

2) 이토는 액성상태로 발생하므로 현장내에서 건조처리하여 성토재와 함께 사용할 수도 있다.

< 개량 체적(㎥)당 Cement paste 소요 체적 >

(표 4.2-8)

토 질	시멘트(kg)	물(㎥)	시멘트체적(㎥)	시멘트 paste 체적(㎥)
점 성 토	400	0.55	400/3,150=0.127	0.55+0.127=0.677
사질·사력토	350	0.55	350/3,150=0.111	0.55+0.111=0.661

주) 시멘트 단위중량 = 3,150kg/㎥

3) 이토 수량 산출

- 발생이토는 액성상태로 발생되므로 물을 배수시켜 고체상태로 만든 후 사토 처리한다.
- 토질별 이토발생량은 치환대상 토량에 대해 실트 및 점성토에서는 주입된 시멘트 paste의 50%, 사질·호박돌·풍화암층은 35%가 발생하는 것으로 본다.

< 개량 체적(㎥)당 이토 발생량 >

(표 4.2-9)

구 분	이 토 량(㎥)	사 토 량(㎥)
점 성 토	0.677×0.5832 = 0.395	0.50×0.5832 = 0.292
사질, 사력토, 호박돌, 풍화암	0.661×0.5832 = 0.385	0.35×0.5832 = 0.204

주) 3축 단위면적(0.648㎡) ÷ 3축 주입 유효폭(0.9m) = 0.5832㎥/㎡

4) 이토는 사용장비의 구성상 잔토처리(이토처리 및 사토처리)가 포함되어 있기 때문에 이토처리비는 계산하지 않고 사토처리비만 계산한다.

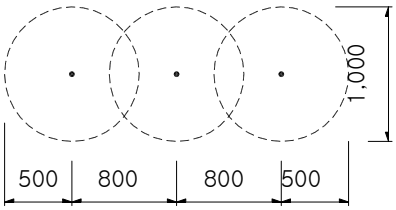
4.2.4 주입 공법

가. 주입률

주입공법에서 개량 범위를 결정하기 위해서는 굴착 깊이와 규모, 시공 방법, 지반조건, 인접 구조물과의 관계, 주입제의 침투범위 및 강도 등을 참고로 하지만 각 경우마다 조건이 상이하여 획일화된 방법은 없다. 또한 주입대상 지반의 불균일성, 주입 후 지반의 공학적 특성과 시공정도, 개량효과의 불확실성 등의 이유로 인해 정량적인 계산에 의한 방법보다는 과거의 실적과 경험에 의존하고 있다.

1) 주입공의 배치

일반적으로 차수목적에서 주입공의 배치는 주입유효경의 일부가 중첩되도록 계획하여야 하며 주입공의 유효경이 1.0m인 경우 0.8m 간격으로 배치하여 0.2m씩 중복되게 한다.



2) 주입량 산정

약액주입공법에서 주입량는 다음과 같이 산정한다.

$$Q = V \times \lambda \times (1+\beta)$$

여기서, Q : 개량체의 총주입량(㎥) V : 대상체적(㎥)

β : 손실계수(5~10%)

$$\lambda = n \times \alpha \ (\%)$$

λ : 주입률(%), n : 지반의 간극률(%), α : 충진율(%)

〈 토질별 주입률 〉

(표 4.2-10)

토질		N치	투수계수 (㎝/S)	간극률 (%)	충진율 $\alpha(1+\beta)$(%)			주입률 $n\alpha(1+\beta)$		
					주입제 종별	주입목적별		주입제 종별	주입목적별	
						강화	지수		강화	지수
사력층	느슨	4～10	10^{1}	45～35	현탁액계	95	100	현탁액계	43～48	40～50
					용 액 계	-	100	용 액 계	-	
	중간	10～30	10^{0}	35～40	현탁액계	95	-	현탁액계	33.3～38.0	-
					용 액 계	90	100	용 액 계	31.5～36.0	35～40
	조밀	30～50	10^{-1}	30～35	현탁액계	90	-	현탁액계	27.0～31.5	-
					용 액 계	90	95	용 액 계	27.0～31.5	28.5～33.3
사질토	느슨	4～10	10^{-2}	45～50	용 액 계	90～95		용 액 계	40.5～47.5	
	중간	10～30	10^{-2}～10^{-3}	35～45	용 액 계	90～92		용 액 계	35.0～45.4	
	조밀	30～50	10^{-3}～10^{-4}	35～40	용 액 계	80～85		용 액 계	28.0～34.0	
점성토	느슨	0～4	10^{-4}～10^{-5}	60～75	현탁액계	40	-	현탁액계	24～30	-
					용 액 계	45	-	용 액 계	27～34	-
	중간	4～8	10^{-4}～10^{-5}	50～60	현탁액계	30	-	현탁액계	15～18	-
					용 액 계	30	-	용 액 계	15～18	-
부식토		0～5	10^{-5}～10^{-6}	70～90	현탁액계	60		현탁액계	42～54	
					용 액 계	-	100	용 액 계	-	70～90

< 토질에 의한 주입제의 충진율·주입률의 참고치 >

(표 4.2-11)

토 질	조 건	N치	간극률(n)	충진율(a)	주입률(λ)	비 고
점 성 토	느 슨 함	0~4	60~75	30~40	19~30	
	중 간	4~8	50~60	25~30	13~20	
사 질 토	느 슨 함	4~10	45~50	75~90	35~50	
	중 간	10~30	40~45	65~75	27~35	
사 력 토	조 밀	30 이상	35~40	60~70	22~30	
	느 슨 함	4~10	45~50	90~100	42~53	
풍 화 토	중 간	10~30	35~40	90~100	33~42	
	조 밀	30 이상	30~35	90~95	28~35	
풍 화 암	중 간	10~30	40~50	60~70	25~37	
	조 밀	30 이상	30~40	60~70	20~30	
연·경암		50 이상	20	60~90	13~19	
		50 이상	15	80~100	13~16	

나. 표준배합비 및 단위수량 산출 : ㎥

1) 주입자재는 (표 4.2-12), (표 4.2-13)의 배합범위와 같이 여러가지 세분류에 따른 공법별로 차이는 있다. 설계시 자재는 각각 표준배합비에 따라 산출하고, 시험시공 결과가 있을 경우는 수정하여 산출할 수 있다.

2) 시멘트구입 및 운반 : kg(자재 할증 3%)

3) 규산나트륨 주입 : ℓ(자재 할증 2%)

4) 급결제 주입 : kg(자재 할증 2%)

5) 중(완)결제 주입 : kg(자재 할증 2%)

6) 벤토나이트 주입 : kg(자재 할증 2%)

< 약액주입 자재의 일반적 표준배합비 >

(표 4.2-12) (㎥당)

주 입 재 료	단 위	표준배합비	배합범위	비 고
시멘트	kg	300	200～335	
규산나트륨	ℓ	250	167～250	
급결제	kg	62.5	25～62.5	
중(완)결제	kg	60.0	8.33～60.0	
벤토나이트	kg	-	0～20	
물	kg	1,090	500～800	

< 비약액주입 자재의 일반적 표준배합비 >

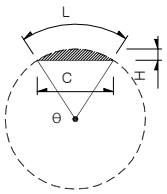
(표 4.2-13) (㎥당)

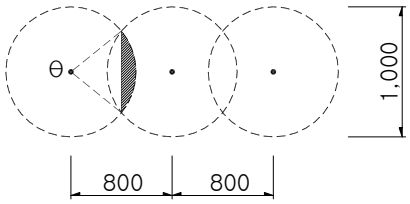
주 입 재 료	단 위	표준배합비	비 고
급결 주재료	kg	50	
초미립자 시멘트	kg	275	
유동화제	kg	2.6	
물	ℓ	890	

7) 수량산출시 위의 개량 면적은 공과 공사이 중복된 부분은 공제하고 산출한다.

8) 천공 수량이 산출되면 각 토층에 맞는 평균 N치, 추정 간극률, 추정 충진율 등에 따라 주입률의 범위를 정한다. 여기에 맞게 설치면적에 주입률을 산정하는데 손실률(β)은 10%를 고려하여 산출한다.

$$d = 2r = 2 \times 0.50m = 1.00m$$





$$h = r - \sqrt{(r^2 - (c \div 2)^2} = 0.10\,m$$

$$c = 2\sqrt{(2rh - h^2)} \qquad c = 2 \times r \times \sin(\frac{\Theta}{2}) = 0.60\,m$$

$$\Theta = 2\sin^{-1}(\frac{c}{2r}) = 74^\circ \qquad L = \frac{\pi \times r \times \theta}{180^\circ} = 0.664m$$

$$A = \frac{1}{2} \times [r \times L - c \times (r - h)] = 0.041\,㎡$$

- 1공 단면적 : $\frac{\pi \times d^2}{4} = 0.785㎡$
- 1공 중복 단면적(빗금친 부분) : $0.041㎡ \times 2개소 = 0.082㎡$
- 1공당 단면적 : $0.785㎡ - 0.082㎡ = 0.703㎡$

- 1.0m/공의 중복되는 부분 제외한 단면적(0.703㎡)에 소요되는 주입량 산정
  - 0.703㎡ × 점토층 심도(m) × 점토층 주입률 × 1.1(손실률) = ( ) ㎥
  - 0.703㎡ × 사질층 심도(m) × 사질토 주입률 × 1.1(손실률) = ( ) ㎥
  - 0.703㎡ × 사력층 심도(m) × 사력층 주입률 × 1.1(손실률) = ( ) ㎥

  소 계 = ( ) ㎥

다. 천공 : m

주입공법은 제방을 절개하지 않고 제방 둑마루에서 바로 시공할 수 있는 장점이 있다. 천공길이는 제방 둑마루(지반고)에서 개량체 상단까지는 공삭공으로서 천공은 이루어지나 약액주입은 필요 없는 부분이므로 주입공과 구분해서 산출한다. 수량산출은 전체면적에서 유효간격을 0.8m로 나누어 공수를 산출하고 심도를 토층별로 나누어 산출한다.

- 개량폭 : 1.0m, C.T.C : 0.8m
  - 공삭공 : 지반고~개량체 상단까지 해당

    천공길이 = (지반고-개량체 상단) × 차수 설치 연장 ÷ 0.8m = ( ) m
  - 주입공 : 실제 차수를 하는 구간

    주입길이 = 차수 설치 심도 × 차수 설치 연장 ÷ 0.8m = ( ) m

라. 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사

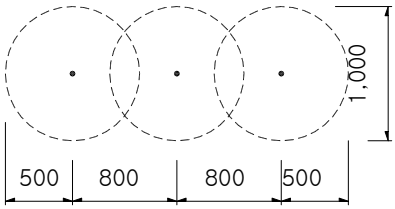
< 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사 일반사항 >

(표 4.2-14)

구 분	단위	기 준	시 기	비고
기계 기구 설치및해체	회	· 설치연장 20m마다 1회	공사 중	
플 랜 트 조립및해체	회	· 설치연장 100m마다 1회	〃	
장 비 운 반	회	· 사업지구별 1회	〃	
시 험 시 공	회	· 설치연장 500m마다 1회 이상, 제방당 1회 이상	시공 전	
시 험 시 공 확 인	회	· 보링(설치깊이) · 일축압축시험(토층별) · 투수시험(토층별)	〃	
검 사 보 링	m	· 설치연장 100m마다 1회 · 시추기(NX) · 토질상태 : 연암	시공 30일후 준공전	품질 확인
검 사 시 험	회	· 검사 보링 공수에 대한 토층별 산출 · 일축압축시험 · 투수시험	〃	〃

4.2.5 고압분사 교반공법(JSP)

가. 천공 및 분사 : m



고압분사 교반공법은 지반중에 주입관을 주입하여 200 ㎏f/㎠～700 ㎏f/㎠ 초고압으로 경화제와 Air jet을 분사하여 토립자와 경화제를 혼합 교반하여 고결체를 형성하는 공법으로 수량산출시 설치 연장을 설치 유효 폭으로 나누어 공수를 산출하고 심도를 토층별로 나누어 산출한다.

- 개량폭 : 1.0m, C.T.C : 0.8m
  - 공삭공 : 지반고～개량체 상단까지 해당

    천공길이 = (지반고-개량체 상단) × 차수 설치 연장 ÷ 0.8m = (　) m
  - 주입공 : 실제 차수를 하는 구간

    주입길이 = 차수 설치 심도 × 차수 설치 연장 ÷ 0.8m = (　) m
  - 시멘트 : ton(자재 할증 3%)

    주입공(m) × 토층별 시멘트 소요량(kg) × 1.03 ÷ 1000 = (　) t

〈 지층별 제원 〉

(표 4.2-15) (공당)

구　　분	단 위	점 토 층		모 래 층			자갈층	호박돌층	비고
		N 0～2	N 3～5	N 0～4	N 5～15	N 16～30			
유효직경	m	1.0	0.8	1.2	1.0	0.8	0.8	0.8	
로트인발속도	분/m	7	8	7	8	9	9	9	
단위분사량	ℓ/분	60	60	60	60	60	60	60	
분사량	ℓ/m	462	528	462	528	594	594	594	
시멘트량	kg/m	351	401	351	401	451	451	451	
물	ℓ	351	401	351	401	451	451	451	
굴착공간격	m	0.8～0.9	0.6～0.7	1.0～1.1	0.8～0.9	0.6～0.7	0.6～0.7	0.6～0.7	

나. 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사

< 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사 일반사항 >

(표 4.2-16)

구 분	단위	기 준	시 기	비고
기계 기구 설치및해체	회	· 제방마다 1회	공사 중	
플 랜 트 조립및해체	회	· 설치연장 100m마다 1회	〃	
장 비 운 반	회	· 사업지구별 1회	〃	
시 험 시 공	회	· 설치연장 500m마다 1회 이상	시공 전	
시 험 시 공 확 인	회	· 보링(설치깊이) · 일축압축시험(토층별) · 투수시험(토층별)	〃	
검 사 보 링	m	· 설치연장 100m마다 1회 · 시추기(NX) · 토질상태 : 연암	시공 30일후 준공전	품질 확인
검 사 시 험	회	· 검사 보링 공수에 대한 토층별 산출 · 일축압축시험 · 투수시험	〃	〃

다. 이토(Slime) 처리

1) 이토(Slime)를 폐기물 관리법 등의 규정에 따라 처리하기 위하여 추가로 소요되는 비용과 운반비는 별도 계상한다.

2) 이토는 액성상태로 발생하므로 현장내에서 건조처리하여 성토재와 함께 사용할 수도 있다.

3) 이토(Slime) : 고압분사시 천공수 + 고화제 + Plant 세척수

- 슬라임 처리량의 산출기준

$$\sum V = V_1 + V_2 + V_3$$

V_1 : 고압분사 조성에 따른 이토량
V_2 : 천공에 따른 이토량
V_3 : 플랜트 세정 배출액에 따른 이토량

$$V_1 = H \times \gamma \times q_c \times (1 + \alpha)$$

H : 고압분사 조성연장(m)
γ : 로드 인발속도(min/m)
q_c : 경화제 토출량(㎥/분)
a : 증가율(사질토 0.1, 점성토 0.3)

$$V_2 = \sum (T_2 - l_1 \times 2) \times q \times r$$

T_2 : 천공시간(분)
l_1 : 천공심도(m)
q : 천공 펌프 토출량(0.04㎥/분)
r : 이토 발생률(0.5)

$$V_3 = D_1 \times u$$

D_1 : 고압분사 조성일수(일)
u : 1일당 세정배출액량(2.0㎥/일)

제5장 하천내진설계

제5장 하천내진설계

5.1 설계 요령

하천시설의 내진설계 목표는 지진시 외수에 대해 제방의 기능(월류방지)을 유지하는 것으로 한다. 하천제방의 경우 지진에 의해 제방손상 시 복구가 용이하므로 둑마루 침하량이 외수를 방어할 수 있는 범위까지 허용한다. 그러나 지진에 의한 손상시 복구가 용이하지 않은 여타 시설물(하구둑, 보, 수문, 수로터널 등)은 전도, 활동 등에 대한 안정성을 확보하고, 부재단면설계는 보수적으로 강도설계를 원칙으로 한다. 만약 기술적, 경제적으로 가능하다면 소성설계를 할 수 있다. 또 내진설계의 4가지 성능수준을 평가하는 절차나 방법이 명확하게 정립되기 전까지는 기능수행수준의 내진설계가 곤란한 경우, 붕괴방지수준에 대한 설계만 할 수 있다.

5.1.1 일반사항

가. 정의

- 관성력(慣性力, inertial force): 지진에 의한 지반운동으로 시설물에 작용하는 힘
- 내진등급(seismic classification): 시설물의 중요도에 따라 내진설계수준을 분류한 범주. 내진II등급, 내진I등급, 내진특등급으로 구분
- 내진설계(seismic design): 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업
- 내진성능목표(seismic performance objectives): 설계지반운동에 대해 내진성능수준을 만족하도록 요구하는 내진설계의 목표
- 내진성능수준(seismic performance level): 설계지진에 대해 시설물에 요구되는 최소 성능수준. 기능수행수준, 즉시복구수준, 장기복구/인명보호수준과 붕괴방지수준으로 구분
- 동수압(hydrodynamic pressure): 유체의 동적작용에 의해 구조물에 작용하는 동적압력
- 설계지반운동(design ground motion): 내진설계를 위해 정의된 지반운동
- 액상화(liquefaction): 포화된 사질토 등에서 지진동, 발파하중 등과 같은 충격하중에 의하여, 지반내에 과잉간극수압이 발생하여, 지반의 전단강도가 상실되어 액체처럼 거동하는 현상
- 위험도계수(risk factor): 평균재현주기가 500년인 지진을 기준으로 하여, 평균재현주기가 다른 지진의 유효지반가속도를 상대적 비율로 나타낸 계수
- 응답스펙트럼(response spectrum): 지반운동에 대한 단자유도 시스템의 최대응답을 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼

- 제방고: 기초지반에서 제방 둑마루까지 높이이며, 기초지반이 경사진 경우에는 제내측의 비탈끝에서 구한 제방 높이 H_1과 제외측의 비탈끝에서 구한 제방 높이 H_2의 평균값
- 지반종류(soil profile type): 지반의 지진증폭특성을 나타내기 위해 분류하는 지반의 종류
- 지반증폭계수(site coefficient): 기반암의 스펙트럼 가속도에 대한 지표면의 스펙트럼 가속도의 증폭비율
- 지진구역계수(seismic zone factor): 지진구역 I과 II의 암반지반(S_1) 상에서 평균재현주기 500년 지진의 유효지반가속도를 중력가속도 단위로 표현한 값
- 표준설계응답스펙트럼(standard design spectrum): 설계지진에 대한 5 % 감쇠비 단자유도 시스템의 설계응답스펙트럼
- 한계상태: 내진성능을 만족할 수 있는 하천구조물 및 각 부재의 한계상태
- 허용잔류침하량: 지진으로 발생한 침하량이 제방의 기능(월류방지)을 할 수 있는 침하량

나. 적용범위

1) 본 장은 내진설계 대상 하천시설의 내진설계에 적용한다.
2) 지진·화산재해대책법에서 규정한 하천시설이 아니더라도 내진설계가 필요하다고 인정되는 하천시설에 적용할 수 있다.

다. 내진설계일반

1) 기본적인 내진설계 방법과 절차

가) 지반운동에 대한 고려사항은 다음과 같다.

(1) 일반적으로 수평2축방향과 수직방향에 관한 지반운동의 영향이 고려되어야 한다.

(2) 지반운동의 공간적 변화특성이 고려되어야 한다.

(3) 국지적인 토질조건, 지형조건이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

나) 지진을 고려한 하천시설의 입지조건의 설정은 다음과 같다.

(1) 활성단층에 극히 인접한 지역이나 활성단층이 지나가는 지역에는 보호대책을 마련하여야 한다.

(2) 액상화 가능성이 현저한 곳은 지반을 개량하여 액상화로 인한 피해를 방지하여야 한다.

다) 내진설계 시 하중에 대한 고려사항은 다음과 같다.

(1) 지진 시 하천시설에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때에는 시공절차와 방법에 따른 응력, 자중, 온도하중, 크리프 등의 영향이 적절히 고려되어야 한다.

(2) 지진 시에는 유체의 동압력뿐만 아니라 수면파의 영향도 고려하여야 한다.

라) 하천시설의 내진설계 절차는 대상시설물의 분류 및 내진등급설정, 내진성능수준 및 목표설정, 설계거동한계검토, 지반조사, 외수위와 동수압 결정, 내진설계방법을 정하고, 액상화평가, 지진해석 및 지진보호대책을 마련한다.

2) 내진성능 수준과 목표

가) KDS 17 10 00(내진설계 일반) 및 내진설계 공통적용사항(행정안전부, 2017)에서 정한 지진하중 작용 시 만족하여야 하는 내진설계 성능수준은 표 5.1-1과 같고, 내진성능 목표는 표 5.1-2와 같다.

〈 내진설계 성능수준 (내진설계기준,2018) 〉

(표 5.1-1)

성능수준	내용
기능수행수준	설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능수준을 말한다.
즉시복구수준	설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 크지 않아 단기간 내에 즉시 복구되어 원래의 기능이 회복될 수 있는 성능수준을 말한다.
장기복구/ 인명보호수준	설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 큰 손상이 발생할 수 있지만 장기간의 복구를 통하여 기능 회복이 가능하거나, 시설물에 상주하는 인원 또는 시설물을 이용하는 인원에 인명손실이 발생하지 않는 성능수준을 말한다.
붕괴방지수준	설계 지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.

〈 내진 성능 목표(내진설계기준, 2018) 〉

(표 5.1-2)

	성능수준 / 재현주기	기능수행	즉시복구	장기복구/ 인명보호	붕괴방지
설계지진	50년	내진Ⅱ등급			
	100년	내진Ⅰ등급	내진Ⅱ등급		
	200년	내진 특등급	내진Ⅰ등급	내진Ⅱ등급	
	500년		내진 특등급	내진Ⅰ등급	내진Ⅱ등급
	1,000년			내진 특등급	내진Ⅰ등급
	2,400년				내진 특등급
	4,800년				내진 특등급

3) 하천시설의 분류와 내진등급설정

가) 내진설계 대상 하천시설은 하천 설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)에 따라 하천법 제2조 3호에서 분류한 하천시설 중 다음 시설로 한다. 단, 내진설계가 필요하다고 인정되는 시설물은 그 기능, 구조형식에 따라 이 기준을 적용할 수 있다.

(1) 하구둑

(2) 높이가 5 m 이상인 국가하천의 다기능보 및 수문

(3) 통수단면적이 50 ㎡ 이상인 수로터널

(4) 위 (1), (2), (3)의 하천시설이 있는 국가하천의 제방

나) 가)의 (1)하구둑은 잠정적으로 댐 및 방조제 관리 규정에 따른다.

다) 하천시설의 내진등급은 중요도에 따라서 표와 같이 내진특등급, 내진Ⅰ등급, 내진Ⅱ등급으로 분류한다.

〈 하천시설의 내진등급 분류 〉

(표 5.1-3)

내진등급	내용
내진 특등급	지진시 매우 큰 재난이 발생하거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 매우 큰 영향을 줄 수 있는 하천시설의 등급
내진Ⅰ등급	지진시 큰 재난이 발생하거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 하천시설의 등급
내진Ⅱ등급	지진시 재난이 크지 않거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 영향이 크지 않는 하천시설의 등급

라) 하천시설의 내진등급은 댐 등에 비해 소규모이므로 내진Ⅱ등급을 적용하는 것을 기본으로 하고, 시설물의 특성을 고려하여 (표 5.1-4)와 같이 적용하며, 부재별 설계에서는 본 기준의 기본개념에 따라 시설물 관할기관과 협의하여 조정할 수 있다.

〈 하천시설별 내진등급 적용기준(하천설계기준, 2018) 〉

(표 5.1-4)

하천시설	구 분	적 용 기 준
제방 (특수제 포함)	1) 하천의 주요구간	제내지반고가 외수위보다 낮은 감조구간은 내진Ⅰ등급, 그 외는 내진Ⅱ등급
	2) 하천의 일반구간 (하천의 주요구간 외 구간)	내진Ⅱ등급
보, 수문	1) 특수시설 (H≥10m인 국가하천의 다기능보 및 수문)	내진Ⅰ등급(단, 다목적댐에 상응하는 규모가 매우 크고 파괴 시 대규모 피해가 예상되는 매우 중요한 보와 수문은 필요시 내진특등급을 적용할 수 있다.)
	2) 일반시설 (특수시설을 제외한 시설)	내진Ⅱ등급
수로터널		내진Ⅱ등급

주) 1. 하천의 “주요구간”이란 「하천의 구조·시설기준에 관한 규칙」〔별표1〕에 따른다.
- 하천의 “주요구간“이란 홍수가 발생하는 경우 인명 또는 재산상 피해가 크게 우려되는 지역을 말한다.
- 하천의 “주요구간”은 유역의 기반시설, 인구, 홍수 피해 및 경제성 등을 고려하여 하천관리청이 정한다.
2. H는 물받이 상단에서 보마루 또는 문짝을 닫았을 때 문짝 상단까지를 말한다.

4) 하천시설의 설계거동한계

가) 과거 국내·외 사례로 볼 때 지진과 홍수가 동시에 발생한 사례는 극히 적었고, 지진으로 인한 하천재해의 원인은 액상화, 해일, 구조물 파괴, 지각변동에 따른 지반침하가 주된 원인이었다.

나) 제방의 기능은 월류방지이며, 하천시설 내진설계의 기본적인 목표는 인명피해가 적고 제방과 같이 신속하게 복구가 가능한 시설물은 2차 피해를 방지하는 것을 목표로 한다. 단, 해수(海水)의 침입이 예상되는 구간의 제방은 해수피해를 방지하도록 한다. 또한 보, 수문(水門), 수로터널 등과 같이 신속한 복구가 어려운 하천시설은 시설물의 특성을 바탕으로 내진설계 성능수준을 유지하는 것으로 한다.

다) 하천시설의 내진설계는 4 가지 성능수준을 평가하는 절차나 방법이 명확하게 정립되기 전까지는 '기능수행수준' 및 '붕괴방지수준'에서 내진Ⅰ등급 및 내진Ⅱ등급의 내진성능을 갖도록 한다. 단, 다목적댐에 상응하는 시설규모가 크고 파괴 시 대규모 피해가 예상되는 시설물은 내진특등급을 적용할 수 있다.

라) 하천시설(제방)의 기능수행수준은 설계지진 시 제체의 설계허용잔류침하량을 유지하는 것으로 하고, 보, 수문, 수로터널 등은 설계지진 시 탄성거동 또는 탄성에 준하는 거동을 하여 하천시설의 기능이 상실되지 않아야 한다. 기능수행을 한다는 것은 지진 후에 기능회복을 위한 복원 없이도 지진 전과 같이 기능을 유지하여야 하는 것을 말한다. 제방의 기능수행은 지진에 의한 사면붕괴 및 액상화로 발생한 둑마루의 침하량이 제체의 설계허용잔류침하량 이내이어야 하고, 콘크리트 구조의 하천시설에서 한계상태는 각 부재의 역학특성이 탄성영역을 넘지 않아야 한다. 또한 문짝 개폐를 저해하지 않고 수밀성을 유지할 수 있어야 하고, 기초에 생기는 응력도가 허용응력도 이하이고, 전도 및 활동에 대해 안정하고, 기초변위는 허용변위 이내에 있어야 한다.

마) 하천시설(제방)의 붕괴방지수준은 설계지진 시 외수에 대해 제방의 기능(월류방지)을 유지하는 것으로 하고, 보, 수문, 수로터널 등은 구조물을 구성하고 있는 주요부재의 과도한 소성변형, 지반의 액상화, 기초의 지지력 손실로 인한 지반파괴, 기초의 파괴, 기초의 심각한 부등침하 등으로 하천시설 전체 또는 일부가 붕괴되지 않아야 하고 보수도 가능해야 한다. 붕괴방지를 수행한다는 것은 지진 시 시설물에 손상이 발생하지만 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고 인명피해를 최소화할 수 있는 것을 말한다. 제방은 지진에 의한 사면붕괴 및 액상화로 발생한 둑마루의 침하량이 내진설계 시 고려한 외수를 방어할 수 있는 범위 이내이어야 하고, 콘크리트 구조의 하천시설에서 한계상태는 구조물의 안전에 관계없는 2차 부재는 파괴되어도 주 부재의 역학특성은 탄성영역을 과도하게 넘지 않아야 한다. 또한 문짝 개폐가 가능한 허용변위각 이내이고, 구조물 내부의 수용시설에 피해를 방지할 수 있어야 한다. 제방 외 하천시설 기초에서는 액상화로 인한 피해가 발생하지 않아야 하고, 지반침하에 의한 주변시설물의 붕괴나 과도한 침하를

방지할 수 있어야 한다.

바) 하천시설의 부재별 설계거동한계는 (표 5.1-5)와 같고, 제체의 설계허용잔류침하량은 (표 5.1-6)과 같다.

< 하천시설의 설계거동한계 (하천설계기준, 2018) >

(표 5.1-5)

구분		기능수행수준	붕괴방지수준
허용되는 피해	제방	· 지진에 의한 사면붕괴 및 액상화로 발생한 둑마루의 침하량이 제체의 설계허용잔류침하량 이내	· 지진에 의한 사면붕괴 및 액상화로 발생한 둑마루의 침하량이 내진설계 시 고려한 외수를 방어할 수 있는 범위 이내
	콘크리트 시설	· 시설물의 미세한 균열 · 미세한 지반침하 · 구조물의 미세한 변형 · 탄성영역 내 · 응력 < 허용응력 · 균열허용, 항복불허	· 시설물의 미세한 균열 · 미세한 지반침하 · 구조물의 미세한 변형 · 전체 구조물의 안전에 관계없는 2차 부재 파괴 · 강도한계 · 소성변위 < 허용변위
	개폐시설	· 지진시 작용하는 수평력이 문기둥의 관성력 이내이고, 잔류변위가 허용잔류변위 이내	· 지진시 작용하는 수평력이 문기둥의 관성력 이내이고, 허용잔류변위가 문짝개폐를 방해하지 않는 허용변위각 이내
허용되지 않는 피해		· 허용범위를 초과하는 변위 · 과잉간극수압에 의한 액상화 · 편토압에 의한 시설물의 절대 위치 변화	· 구조물 내부의 수용시설에 대한 피해 · 제방 외 구조물에서 과잉간극수압에 의한 액상화 · 지반침하에 의한 주변시설물의 붕괴나 과도한 침하

< 허용잔류침하량 기준(둑마루 기준) (하천설계기준, 2018) >

(표 5.1-6)

대상지역	허용잔류침하량
일반제방	총침하량 기준 30 cm 이하
도로겸용제방	총침하량 기준 10 cm 이하
배수구조물 설치제방	총침하량 기준 10 cm 이하

사) 제방의 경우 내진설계 대상시설물인 하구둑, 보 및 수문, 수로터널과 제방이 만나는 지점은 사면붕괴 및 액상화가 허용될 경우 이들 시설이 파괴될 수 있으므로 원호활동에 대한 안전율을 확보하여야 한다. 액상화 발생 방지에 대해서는 현재까지 해당 성능수준을 만족하는지 여부를 확인하는 절차나 방법이 명확히 정립되지 않는 상태이므로 잠정적으로 KDS 17 00 00(내진설계기준)과 「기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(안)(한국시설안전공단, 2012)」 등을 참조하여 설계할 수 있다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 00 00)(2018, 국토교통부)
2) 내진설계기준(KDS 17 00 00)(2018,국토교통부)
3) 교량설계기준(KDS 24 00 00)(2022, 국토교통부)
4) 지반설계기준(KDS 11 00 00)(2021, 국토교통부)
5) 터널설계기준(KDS 27 00 00)(2018, 국토교통부)

라. 참고문헌

1) 국도설계실무 요령(2016, 국토교통부)
2) 기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(2012, 한국시설관리공단)
3) 기존시설물(제방) 내진성능평가 및 향상요령(2004, 한국시설관리공단)
4) 기존시설물 내진성능평가 요령 보완 개정연구(2021, 국토안전관리원)
5) 내진설계기준 공통적용사항(2017, 행정안전부)
6) 내진설계편람(2000, 한국도로공사)
7) 하천설계기준해설(2019, 한국수자원학회, 한국하천협회)
8) SOC시설물 내진기준 및 제도개선연구(2017, 한국지진공학회)
9) 河川堤防の耐震点検マニュアル(2016, 日本 国土交通省 水管理・国土保全局 治水課)
10) 河川堤防耐震設計點檢マニュアル·解說(1995, 日本 建設省)
11) 河川堤防設計指針(2000, 日本 建設省)
12) 河川構造物의 耐震性能照査指針 解說(2012, 日本 國土交通省)

5.1.2 지반조사

1) 하천시설의 지진시 안정성(지반의 액상화, 사면활동을 포함) 평가와 내진설계에 필요한 지반물성을 파악하기 위하여 지반조사를 실시하여야 한다. 지반조사는 기존 자료의 수집 및 현지답사에 의해 지반의 성질을 파악하는 기본조사와 현장 및 실내시험을 실시하여 표층지반의 층상구조, 지하수위, 각 지층의 역학적 성질 및 탄성파속도 등을 세밀히 평가하는 상세조사로 나누어진다.
2) 내진설계 시 지진에 대한 설계 지반운동을 결정하기 위하여 기반암을 확인하여야 한다. 기반암은 전단파속도 $V_s = 760m/s$ 이상으로 하여야 한다.
3) 지반조사의 범위는 기존자료에 의한 조사, 일반적 조사, 동역학적 지반조사로 나누어진다.
   가) 기존 자료를 수집하여 시설 부지의 개략적인 지반 상태를 파악한다. 수집할 수 있는 기존 자료는 지형도, 지질도, 지반도, 토질주상도 등이 있다. 시설에 따라 위의 자료 조사만으로 건설이 가능한 경우도 있다. 기존 자료 조사를 예비조사로 활용하는 경우, 현지답사를 통해 조사계획을

수립한다.

나) 통상 시행되는 일반적 지반조사의 항목은 아래와 같다.

(1) 지반분류 외 지층구조

(2) 지층 두께

(3) 지하수위

(4) 표준관입시험치(N값)

(5) 각 층의 전단 강도[점착력(C), 내부 마찰력]

(6) 각 층의 변형계수[탄성계수(E), 전단탄성계수(G)]

(7) 각 층의 밀도

다) 지반의 동역학적 특성조사를 통해 다음과 같은 지반정수를 얻는다.

(1) 탄성파속도[압축파속도(Vp), 전단파속도(Vs)]

(2) 동적 변형계수

(3) 감쇠비

(4) 동적 포아송비

(5) 동적 전단강도

4) 액상화 평가기준 및 평가방법은 KDS 17 00 00(내진설계기준), KDS 11 50 25(기초내진설계기준) 등에 따른다.

5) 해안 인근지반 및 경사지반에서는 액상화에 의해 지반이 수평방향으로 이동하는 측방유동이 발생할 가능성이 있다. 내진설계 시에는 측방유동에 의한 지반변위 또는 지반변형을 감안해야 한다.

5.1.3 지진해석

가. 설계지반운동 수준 및 표현방법

1) 설계지반운동은 지상구조물의 경우 구조물이 건설되기 전에 부지정지작업이 완료된 지면의 자유장 운동으로 정의되고, 지중구조물의 경우는 기반암의 자유장으로부터 산정된 대상 구조물의 위치에서 지반운동으로 정의된다.

2) 설계지반운동 수준은 지진구역계수, 위험도계수, 지반분류에 의한 지반증폭계수로부터 결정한다.

3) 설계지반운동에 대한 고려사항은 다음과 같다.

가) 설계지반운동은 수평2축방향과 수직성분으로 정의되며, 흔들림의 세기, 주파수 성분 및 지속시간의 세 가지 측면을 고려하여야 한다.

나) 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하지형이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

다) 기본적인 지진재해도는 암반지반을 기준으로 평가한다.

4) ‘유효수평지반가속도(S)’란 지진하중을 산정하기 위하여 행정구역을 기준으로 제시된 암반지반의 수평지반운동수준을 말하며, 지진구역계수(Z)에 각 재현주기의 위험도계수(I)를 곱하여 결정한다.

$$S = Z \times I$$

5) 지진구역 및 지진구역계수(Z, 재현주기 500년 기준)는 (표 5.1-7)과 같다.

‹ 지진구역 구분 및 지진구역계수(Z)(암반지반) ›

(표 5.1-7)

지진구역		행정구역	계수(Z)
Ⅰ	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원남부[1)]	
Ⅱ	도	강원북부[2)], 제주	0.07g
비고		1)강원남부: 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백 2)강원북부: 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초	

6) 위험도계수(I)는 (표 5.1-8)과 같다.

‹ 위험도계수 [I] ›

(표 5.1-8)

재현주기	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년	4,800년
위험도계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

7) 지반의 분류

가) 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 (표 5.1-9)와 같이 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6의 6종으로 분류한다. 다만, 기반암(bed rock)은 전단파속도가 760 m/s 이상인 지층으로 정의한다.

‹ 지반의 분류 ›

(표 5.1-9)

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H (m)	토층 평균전단파속도, $V_{s,soil}$ (m/s)
S_1	암반 지반	1 미만	-
S_2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S_3	얕고 연약한 지반		260 미만
S_4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S_5	깊고 연약한 지반		180 미만
S_6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반		

나) 토층의 평균전단파속도($V_{s,soil}$)는 탄성파시험 결과가 있을 경우 이를 우선적으로 적용한다.

다) 기반암 깊이와 무관하게 토층 평균전단파 속도가 120 m/s 이하인 지반은 S_5지반으로 분류한

다.

라) 지반종류 S_6은 부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반으로 다음과 같다.

(1) 액상화가 일어날 수 있는 흙, 예민비가 8 이상인 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 붕괴성 흙과 같이 지진하중 작용 시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반

(2) 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반(지층의 두께 > 3 m)

(3) 매우 높은 소성을 띤 점토지반(지층의 두께 > 7 m이고, 소성지수(PI; Plasticity Index) > 75)

(4) 층이 매우 두껍고 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토(지층의 두께 > 36 m)

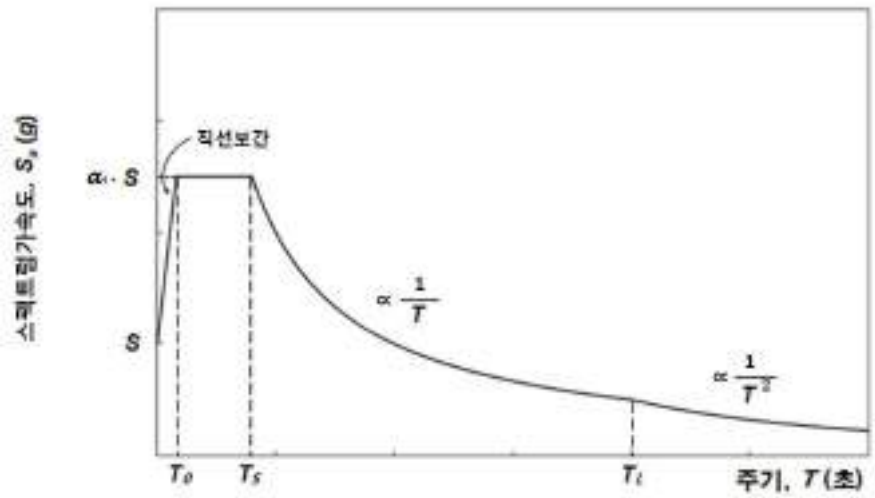
(5) 기반암이 깊이 50 m을 초과하여 존재하는 지반

8) 설계지반운동의 세기 및 진동수 성분은 응답스펙트럼으로 표현하며, 설계지반운동의 특성인 가속도 표준설계응답스펙트럼은 다음과 같이 표현한다.

가) 설계지반운동의 세기 및 진동수성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다.

나) 암반지반(S_1지반) 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 다음과 같다.

(1) 5% 감쇠비에 대한 수평 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 (그림 5.1-1) 및 (표 5.1-10)으로 정의한다.



(그림 5.1-1) **< 가속도 표준설계응답스펙트럼(암반지반) >**

< 가속도 표준설계응답스펙트럼 전이주기 >

(표 5.1-10)

구 분	α_A (단주기스펙트럼 증폭계수)	전이주기(s)		
		T_o	T_S	T_L
수 평	2.8	0.06	0.3	3

(2) 5% 감쇠비에 대한 수직설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 ①에 있는 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에

대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 0.77이다.

(3) 수평 및 수직 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼의 감쇠비(ξ, % 단위)에 따른 스펙트럼 형상은 (표 5.1-11)에 제시한 감쇠보정계수(C_D)를 표준설계응답스펙트럼에 곱해서 구할 수 있다. 단, 감쇠비가 0.5 %보다 작은 경우에는 적용하지 않으며 해당 구조물의 경우 응답이력(=시간이력)해석을 권장한다.

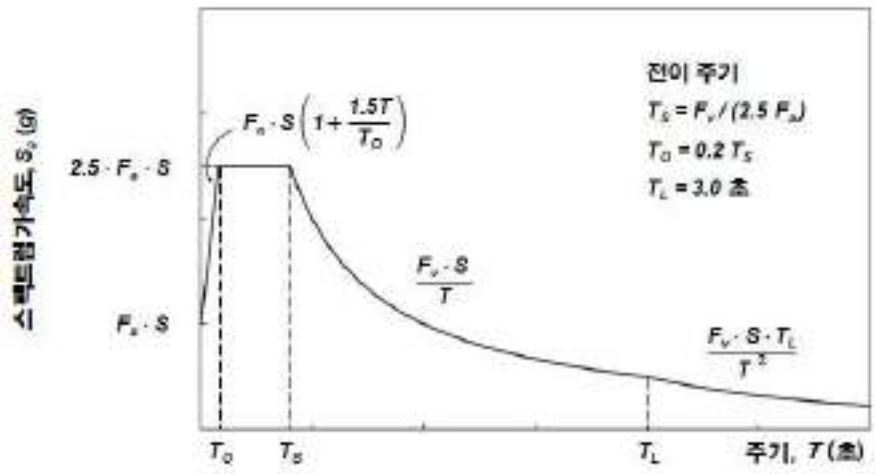
〈 감쇠보정계수(C_D) 〉

(표 5.1-11)

주기(T, s)	$T=0$	$0 \le T \le T_o$	$T_0 \le T$
C_D	모든 감쇠비에 대해서 1.0	$T=0$일 때, 1.0 $T=T_o$일 때, $\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$ 그 사이는 직선보간	$\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$

다) 토사지반(S_2~S_5지반) 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 다음과 같다.

(1) 5% 감쇠비에 대한 수평 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 (그림 5.1-2)로 정의한다.



(그림 5.1-2) **〈 가속도 표준설계응답스펙트럼(토사지반) 〉**

(2) 유효수평지반가속도(S)에 따라 단주기 지반증폭계수(F_a)와 장주기 지반증폭계수(F_v)는 (표 5.1-12)을 이용하여 결정한다. 유효수평지반가속도(S)의 값이 중간 값에 해당할 경우 직선보간하여 결정한다.

〈 지반증폭계수(F_a 및 F_v) 〉

(표 5.1-12)

지반분류	단주기 지반증폭계수, F_a			장주기 지반증폭계수, F_v		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S_2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S_3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S_4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S_5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

(3) 감쇠비에 따른 스펙트럼 형상은 해당 토사지반에 적합한 가속도 시간이력을 이용하여 공학적으로 적절한 분석과정을 통해 결정할 수 있다.

(4) 5% 감쇠비에 대한 수직설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 ①에 있는 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에 대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 공학적 판단으로 결정할 수 있다.

라) (그림 5.1-1) 및 (그림 5.1-2)에서 유효수평지반가속도(S)는 지진하중을 산정하기 위한 지반운동 수준으로 국가지진위험지도 또는 행정구역에 따라 결정한다. 다만, 국가지진위험지도를 이용하여 결정하는 경우, 행정구역에 따라 결정한 값의 80%보다 작지 않아야 한다.

마) 행정구역에 의한 방법으로 평균재현주기에 따른 유효수평지반 가속도(S)를 결정할 때는 지진구역계수(Z)에 각 평균재현주기의 위험도계수(I)를 곱하여 결정한다.

바) 시설물이 설치될 부지의 특성, 시설물의 구조특성과 설계법을 고려하여 작성된 설계응답스펙트럼이 있는 경우 이를 사용할 수 있다.

사) 설계지반운동 시간이력

(1) 지반 가속도, 속도, 변위 중 하나 이상의 이력으로 지반운동을 표현할 수 있다.

(2) 3차원 해석이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 성분으로 구성해야 한다.

(3) 설계지반운동 시간이력은 암반지반에 대해 작성된 시간이력을 사용하여 지반응답해석을 통해 결정한다.

아) 지반운동의 공간적 변화 특성을 고려하는 방법

해석 시 지반운동의 공간적 변화 특성이 응답에 큰 영향을 주는 경우에는 이를 반영해야 한다.

9) 지진해일

해안지역에 위치한 시설물에는 지진해일로 인한 추가적인 파력이 작용할 수 있으므로 설계 시 이러한 사항을 반영해야 한다.

10) 상기에 기술된 사항 외의 상세에 대해서는 KDS 17 10 00(내진설계 일반)을 따른다.

5.1.4 내진설계방법

가. 지진의 영향 종류

하천시설의 내진설계에서는 일반적으로 고려되는 사하중, 활하중, 토압, 수압, 파압, 양압력 등의 하중 외에 다음과 같은 지진으로 인한 영향이 고려되어야 한다.

1) 구조물의 자중과 적재하중 등으로 유발되는 관성력

관성력은 구조물 중량에 수평 진도를 곱한 수평력으로 한다.

2) 지진시 지반 변위 또는 변형

지진 시 지반변위는 지진시의 지반의 응답을 고려하여 적절하게 설정한다.

3) 지진시 토압

가) 지진 시 토압은 분포 하중은 지반설계기준(KDS 11 00 00)과 수정 모노노베-오카베 공식인 (식 5.1-1)으로 산출할 수 있다.

$$P_{EA} = \gamma x K_{EA} + q' K_{EA} \quad \text{(식 5.1-1)}$$

여기서 P_{EA} : 깊이 x(m)에서의 지진 시 주동토압 강도(kN/㎡)

K_{EA} : 지진 시 주동토압계수

γ : 흙의 단위 체적중량(kN/㎥)

q' : 지진시 지표재하하중(kN/㎡) 단, 지진시에 확실하게 작용하는 것으로 한정하며, 활하중은 포함하지 않는다.

나) 지하수위 상부의 흙을 대상으로 하는 경우 지진 주동토압계수는 (식 5.1-2)의 근사식으로 산출할 수 있다.

- 배면이 흙과 콘크리트인 경우

모래 및 모래 자갈 $K_{EA} = 0.21 + 0.90k_{hg}$ (식 5.1-2)

사질토 $K_{EA} = 0.24 + 1.08k_{hg}$

- 배면이 흙과 흙인 경우

모래 및 모래 자갈 $K_{EA} = 0.22 + 0.81k_{hg}$

사질토 $K_{EA} = 0.26 + 0.97k_{hg}$

여기서 K_{EA} : 지진 시 주동토압계수

k_{hg} : 지반면의 수평 진도

다) 지하수위 하부의 깊은 흙에 의한 지진 시 토압은 (식 5.1-3)의 수중의 겉보기 수평진도를 산출한 뒤 식(식 5.1-1) 및 (식 5.1-2)을 이용하여 산출한다. 또 정수압은 지진시 토압과 별도로 고려해야 한다.

$$K_{hg}' = \frac{\gamma h_1 + \gamma' h_2 + \gamma_w h_2 + q'}{\gamma h_1 + \gamma' h_2 + q'} k_{hg} \quad \text{(식 5.1-3)}$$

여기서

k_{hg}' : 수중의 겉보기 수평진도

γ : 지하수위 상부 흙의 단위체적중량(kN/㎥)

γ' : 지하수위 하부 흙의 수중의 겉보기 단위체적중량(kN/㎥)

γ_w : 물의 단위 중량(kN/㎥)

h_1 : 지하수위 상부 토층두께(m)

h_2 : 지하수위 하부 토층두께(m)

q' : 지진시의 지표재하하중(kN/㎡)

k_{hg}: 지반면의 수평진도

4) 내진설계 대상 외수위 및 동수압

가) 지진과 홍수는 동시에 발생할 가능성이 낮고 지진으로 제방손상 시 긴급복구로 2차 피해 방지가 가능하므로 내진설계 대상 외수위는 원칙적으로 평상시 최고수위로 한다. 하천에서 평상시 최고수위는 연평균수위(1년을 통하여 일평균수위의 합을 당해 연도의 일수로 나눈 수위)로 할 수 있다.

나) 하구부에서는 지진으로 인한 제방손상 시 해수침입으로 2차 피해가 발생할 수 있다. 또한 감조구간의 평상시 최고수위는 대조평균고조위(삭망평균조위) 및 파랑의 영향을 고려하여야 한다. 또한 지진 시 해일(海溢)의 소상이 예상되는 경우에는 시설물의 계획해일고를 고려하여야 한다.

다) 지진 시 동수압은 수위, 시설물의 형상, 문짝의 조작, 지진시의 응답 등을 고려하여 설정하여야 한다. 지진 시 동수압은 물(지하수는 제외)과 접하는 모든 면(시설물에 따라 물이 한쪽에 존재하는 것과 양쪽에 존재하는 경우를 고려)에서 관성력의 작용방향과 동일한 방향으로 작용하는 것으로 한다. 산정방법은 Westergaard의 식을 기본으로 하며, 공학적 시험에 의해 구해진 다른 공인된 식도 사용할 수 있다.

◎ Westergaard의 식

$$P_d = 0.875 \gamma_w k_h \sqrt{H h} \quad \text{(식 5.1-4)}$$

$$P_{dw} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2 \quad \text{(식 5.1-5)}$$

$$h_d = \frac{3}{5} H \quad \text{(식 5.1-6)}$$

여기서 P_d: 지진 시 동수압 (kN/㎡)

P_{dw}: 동수압의 합력 (kN)(단위폭),

γ_w: 물의 단위중량 (kN/㎥),

k_h: 수평진도(설계진도),

H: 설계수면에서 구조물 바닥고까지 수심 (m),

h: 수면에서 지진 시 동수압이 작용하는 점까지 수심 (m),

h_d: 수면부터 동수압 합력의 작용점까지의 거리 (m)

라) 바람에 의한 파랑고는 수면이 넓은 댐 및 하구둑 외에는 고려하지 않아도 좋다. 파랑고의 추정은 KDS 54 00 00(댐 설계기준)과 KDS 64 00 00(항만 및 어항 설계기준)을 참고한다.

5) 액상화의 영향

가) 사질 토양층이 액상화한 경우 강도 및 지지력이 저하한다. 액상화 평가 대상 사질토층은 상세한 지반조사 실내 토질시험 등을 실시하여 토질 상수를 결정하여 액상화 판정을 하는 것이 좋다.

나) 액상화 평가 대상 사질토층은 다음의 3가지 조건을 모두 만족하는 경울일 때 해당한다.

(1) 지하수위가 현재 지반면에서 10m 이내에 있고, 동시에 현재 지반면에서 20m 이내의 깊이에 존재하는 포화 토층

(2) 세립분 함유율 FC가 35% 이하의 토층이나 FC가 35%를 넘더라도 소성지수 IP가 15 이하의 토층

(3) 평균입경(D_{50})이 10mm 이하이고, 동시에 10%입경(D_{10})이 1mm 이하인 토층

다) 하천시설의 액상화 판정방법에 대해서 실무에 적용할 수 있는지 충분히 검증되지 않았으나 잠정적으로 액상화에 대한 저항률 F_L을 (식 5.1-7)에 의한 산출하고 이 값이 1.0 이하의 토층은 액상화한다고 평가할 수 있다.

$$F_L = R/L \qquad \text{(식 5.1-7)}$$

$$R = c_w R_L \qquad \text{(식 5.1-8)}$$

$$L = \gamma_d k_{hg} \sigma_v / \sigma'_v \qquad \text{(식 5.1-9)}$$

$$\gamma_d = 1.0 - 0.015x \qquad \text{(식 5.1-10)}$$

$$\sigma_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma_{t2}(x - h_w) \qquad \text{(식 5.1-11)}$$

$$\sigma'_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2}(x - h_w) \qquad \text{(식 5.1-12)}$$

$$c_w = \begin{cases} 1 & (R_L \le 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \le 0.4) \\ 2 & (0.4 < R_L) \end{cases} \qquad \text{(식 5.1-13)}$$

여기서 F_L : 액상화에 대한 저항률

R : 동적 전단 강도비

L : 지진 전단 응력비

c_w : 지진동 특성에 따른 보정계수

R_L : 반복삼축 강도비

γ_d : 지진시 전단응력비의 깊이방향 저감계수

k_{hg}: 지반면의 수평 진도
σ_v : 전상재압력 (kN/㎡)
σ'_v : 유효상재압력 (kN/㎡)
x : 지표면에서의 깊이 (m)
γ_{t1}: 지하수위 보다 얕은 흙의 단위체적 중량 (kN/㎥)
γ_{t2} : 지하수위 보다 깊은 흙의 단위체적 중량 (kN/㎥)
γ'_{t2} : 지하수위 보다 깊은 흙의 유효단위체적 중량 (kN/㎥)
h_w : 지하수위의 깊이 (m)

사질토[평균입경(D_{50}) < 2mm]의 경우

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2 \quad \text{(식 5.1-14)}$$

$$N_1 = 170 \cdot N/(\sigma'_v + 70) \quad \text{(식 5.1-15)}$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \le F_c < 10\%) \\ (F_c+40)/50 & (10\% \le F_c < 60\%) \\ F_c/20-1 & (60\% \le F_c) \end{cases} \quad \text{(식 5.1-16)}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \le F_c < 10\%) \\ (F_c-10)/18 & (10\% \le F_c) \end{cases} \quad \text{(식 5.1-17)}$$

자갈토[평균입경(D_{50}) ≥ 2mm]의 경우

$$N_a = \{1-0.36 \cdot log_{10}(D_{50}/2)\}N_1 \quad \text{(식 5.1-18)}$$

여기서, R_L : 반복 삼축 강도비
N : 표준관입시험으로부터 얻어지는 N값
N_1 : 유효 상재압 ($100KN/m^2$)상당으로 환산한 N 값
N_a : 입도의 영향을 고려한 보정 N값
c_1, c_2: 세립분 함유율에 따른 N값의 보정계수
F_c : 세립분 함유율(%)(입경 75 μm 이하 흙 입자의 통과질량 백분율)
D_{50} : 평균입경(mm)

나. 액상화의 설계

지진에 대한 기초지반 보강방법은 액상화 발생을 억제하는 방법과 액상화에 의한 기초지반 및 제체변형을 억제하는 방법 또는 두 가지를 적절히 조합하는 방법이 있다. 기초지반 및 토층구조 및 배후지 상황, 피해이력 등을 감안하여 필요한 안전성을 확보할 수 있는 보강방법을 선정한다.

1) 적용방법

가) 기초 및 지반은 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토한다.

나) 설계지진 규모는 지진구역 Ⅰ, Ⅱ 모두 규모 6.5를 적용한다.

다) 액상화 발생 가능성은 대상 현장 지반의 진동저항전단응력비를 지진에 의해 발생되는 진동전단응력비로 나눈 안전율로 평가한다.

라) 진동전단응력비는 구조물의 내진등급을 고려하여 부지응답해석을 수행하여 결정하고, 진동저항전단응력비는 현장시험 결과(N값, q_c값, V_s 값 등)를 이용하여 결정한다.

마) 액상화에 대한 안전율은 1.0을 적용한다. 안전율이 1.0 미만이면 액상화에 따른 기초 및 지반 안전성을 평가하고, 1.0 이상이면 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

바) 액상화에 따른 기초 및 지반 안전성 평가는 시설물의 유형, 기초의 형식, 지반의 특성을 고려한다.

사) 액상화로 인해 시설물이 성능수준을 만족하지 못할 때는 대책공법을 적용한다.

2) 액상화 평가방법

가) 액상화의 발생을 억제하는 공법

(1) 억제성토공법: 억제 성토 하중에 의해 지반에 작용하는 상재 하중을 늘려, 액상화를 억제한다. 또, 활동에 대해서도 성토 하중이 저항 측에 작용해 안정화된다.

(2) 다짐공법: 충진제 삽입 및 진동 다짐을 통해 액상화층을 다져 액상화 발생을 억제한다.

(3) 배수공법: 뒤비탈면이 드래인 등에 의해 지진 시에 지하수가 배수되어 과잉 간극 수압의 상승을 억제함으로써 액상화 발생을 억제한다.

나) 액상화에 의한 제체나 지반의 변형을 억제하는 공법

(1) 고화공법: 심층혼합처리나 약액주입으로 지반을 고화시킴으로써 제체 비탈의 측방변위를 억제한다.

(2) 널말뚝공법: 널판 또는 강널판의 강성에 의해 액상화층의 측방변위를 억제한다.

다. 토사제방 내진설계

1) 토사제방의 지진해석은 다음 기준에 따른다.

가) 토사제방의 지진해석은 설계에서 등가정적해석 또는 동적수치해석을 한다.

나) 동적수치해석 결과에서 지진으로 인하여 설계거동한계를 초과하는 변형이 발생하지 않아야 한다.

다) 제방의 내진성 평가는 제방 파괴에 의한 2차 피해의 가능성을 판단하기 위해 지진후의 제방 변형량을 평가한다.

라) 제방의 내진설계 대상은 하구둑, 다기능보 및 수문, 수로터널과 접해 있는 제방이다. 이들 제방은 붕괴방지 지진시 사면붕괴 및 액상화를 허용하되 외수방어가 가능한 수준까지를 허용한다. 단, 하구둑 등이 만나는 제방 지점은 사면붕괴 및 액상화를 허용하지 않는다. 이때, 하구둑 등과 접해 있는 제방은 하구둑 등이 설치된 하천지점의 좌우안의 제방 전체를 말하며, 하구둑 등이 만나는 제방 지점은 하구둑 등이 제방과 만나는 지점의 상하류 일정구간을 말한다. 여기서 일정구간이란 상하류 각각 하구둑 등의 본체 높이 또는 제방고의 3배 이내를 말하며, 본체

높이는 문짝조작실 등과 같이 제방 위로 돌출된 구조부재는 제외한 구조물의 높이를 말한다.

2) 현재 제방의 변형량을 평가하는 실용적인 방법이 확립되어 있지 않다. 따라서 잠정적으로 원호활동법에 의한 사면안전을 계산하여 지진 시 안전율을 산정하고 (표 5.1-13) 제방 둑마루의 침하량과 지진 시 안전율과의 관계를 이용하여 추정한다. 여기서 지진시 안전율(F_{sd})은 제내측 및 제외측 각각에 대해 관성력만을 고려한 안전율($F_{sd}(kh)$)과 과잉간극수압만을 고려한 안전율($F_{sd}(\triangle\mu)$)을 원호활동법으로 구하고 그 중 작은 안전율을 적용한다. 이때, 설계진도는 제방규격에 따른 보정계수를 제방폭/제방높이 비율에 따라 취할 수 있다. 제방폭/제방높이가 10 이하를 기준으로 11~20 사이이면 90%를, 20 이상이면 80%를 취할 수 있다.

< 제방 둑마루의 침하량과 지진시 안전율 관계(하천설계기준해설, 2019) >

(표 5.1-13)

지진시 안전율(F_{sd})		침하량(상한 값)
관성력만을 고려한 안전율 ($F_{sd}(kh)$)	과잉간극수압만을 고려한 안전율 ($F_{sd}(\triangle\mu)$)	
$1.0 < F_{sd}$		0
$0.8 < F_{sd} \leq 1.0$		제방높이 × 0.25
$F_{sd} \leq 0.8$	$0.6 \leq F_{sd} \leq 0.8$	제방높이 × 0.50
-	$F_{sd} \leq 0.6$	제방높이 × 0.75

3) 토사제방의 내진성능 향상공법

토사제방의 내진성능향상을 위한 공법은 (표 5.1-14)와 같다.

< 토사제방의 내진성능향상을 위한 공법 >

(표 5.1-14)

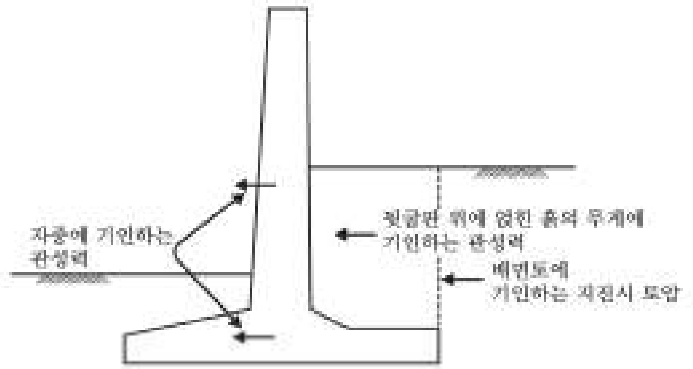
구분		세부공법
지반 물성치 개량	치환공법	치환공법
	현장다짐공법	진동다짐(vibro flotation)공법
	현장보강공법	다짐말뚝(compaction pile)공법
간극 수압 조절	배수공법	그라우팅(groutiong)공법
	차수공법	블랑킷(blanket)공법, 아스팔트 차수공법 등
제체 형상 변화	제방증고공법	덧쌓기공법
	압성토공법	압성토공법

라. 특수제방 내진설계

1) 옹벽형 특수제

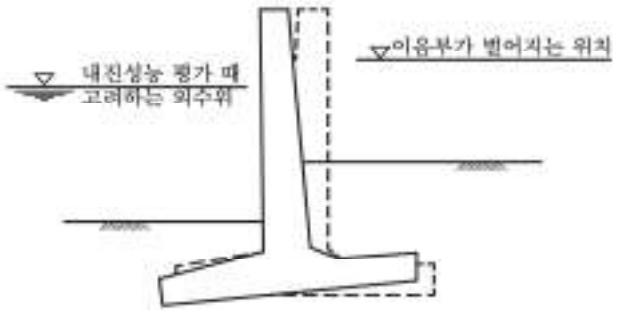
가) 옹벽형 특수제의 콘크리트 구체 및 돌쌓기에 대한 지진해석 및 설계는 KDS 11 50 25(기초 내진설계기준), KDS 14 20 80(콘크리트 내진설계기준), 관련 「구조물기초설계기준」 및 「콘크리트설계기준」과 「기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(안)(한국시설안전공단, 2012)」 등을 참조하여 적용할 수 있다. 또한 토사제방의 침하량에 대한 허용기준도 만족해야 한다.

나) 콘크리트 옹벽식 특수제 조사에서 상정하는 하중을 (그림 5.1-3)에 나타낸다.



(그림 5.1-3) **〈 콘크리트 옹벽식 특수제 구체의 조사에서 상정하는 하중 〉**

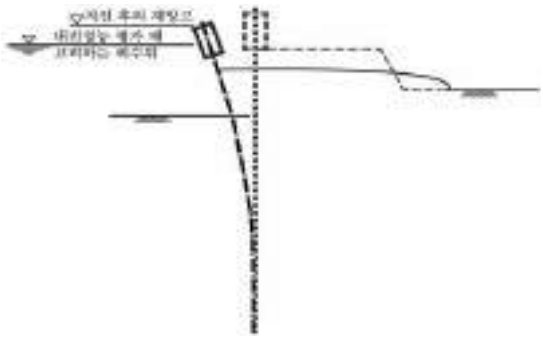
다) 콘크리트 옹벽식 특수제는 지진시 전도, 활동 등에 안정해야하고, 구조부재의 내력이 구체에 작용하는 관성력보다 커야 한다. 외수위가 제내지보다 높으면서 지진시 전도, 활동 등에 불안정한 경우는 이음부의 벌어지는 위치가 외수위보다 낮지 않아야 한다. 이 경우 벌어지는 위치를 파악하기 위해서는 지반과 구조물이 포함된 모델에 대한 동적소성해석이 필요하다.



(그림 5.1-4) **〈 콘크리트 옹벽식 특수제 줄눈의 벌어지는 위치와 내진성능 평가 때 고려하는 외수위 〉**

2) 강널말뚝형 특수제

가) 강널말뚝형 특수제는 말뚝의 변형에 따른 제방고가 외수위 이상이어야 하고, 말뚝에 생기는 응력도가 허용응력 이하이어야 한다. KDS 64 17 00(항만내진설계기준), 등을 참조한다. 액상화에 따른 지반변형은 토사제방의 기준에 따르며 토사제방의 침하량에 대한 허용기준을 만족해야 한다. 이 경우 지반과 구조물이 포함된 모델에 대한 동적소성해석이 필요하다.



(그림 5.1-5) **〈 자립식 널말뚝 특수제의 지진 후 제방고와 내진성능조사에서 고려하는 외수위〉**

마. 수문 및 보 내진설계

1) 수문 및 보의 내진 성능평가는 각 부재의 한계상태를 적절히 평가하여 대처한다. 내진성능평가방법은 구조물의 지진 거동을 동역학적으로 해석하는 동적해석법과 지진의 영향을 정역학적으로 해석하는 정적해석법으로 대별된다.

2) 기능수행 평가

가) 수문 및 보는 전도, 활동 등에 대한 구조물 전체 안정성을 확보하고 부재단면설계는 보수적으로 강도설계를 원칙으로 하고, 만약 기술적, 경제적으로 가능하다면 소성설계를 할 수 있다. 이때, 보, 수문에서는 지진 시 관성력이 문기둥 및 보기둥(측벽)의 내력 범위 내에 있어야 하고, 소성설계를 할 때는 문기둥 및 보기둥(측벽)의 잔류변위가 문짝의 개폐를 결정하는 허용잔류변위 이하이어야 한다. 이러한 요구사항은 수류방향과 수류직각방향에서 모두 만족되어야 한다. 보수적인 강도설계방법은 콘크리트구조설계기준, 「기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(안)(한국시설안전공단, 2012)」, 하천사방기술기준(일본항만협회, 1997) 등을 참조할 수 있다.

나) 수문 및 보의 한계상태는 지진 후에도 지진 전과 같은 기능을 유지할 수 있도록 한다. 내진성능에 대해 각 부재의 역학특성이 탄성영역을 넘지 않는 한계상태로 한다.

3) 붕괴방지 평가

가) 수문 및 보의 붕괴방지 평가는 경제적인 내진설계를 위해서 소성설계를 실시할 수 있으며 이때, 보, 수문에서는 지진 시 관성력이 문기둥 및 보기둥(측벽)의 내력 범위 내에 있어야하고, 문기둥 및 보기둥(측벽)의 잔류변위가 문짝의 개폐를 결정하는 허용잔류변위 이하이어야 한다. 이러한 요구사항은 수류방향과 수류직각방향에서 모두 만족되어야 한다. 설계방법은 「기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(안)(한국시설안전공단, 2012)」 등을 참조할 수 있다.

나) 지진 시 작용하는 수평력과 문기둥 및 보기둥(측벽)의 수평내력 평가와 문기둥 및 보기둥(측벽)의 허용잔류변위가 문짝의 개폐를 방해하지 않는 변형각 이내인지는 다음과 같이 평가한다.

$$k_h \, W \leq P_a \qquad \text{(식 5.1-19)}$$

$$\sigma_R \leq \sigma_{Ra} \qquad \text{(식 5.1-20)}$$

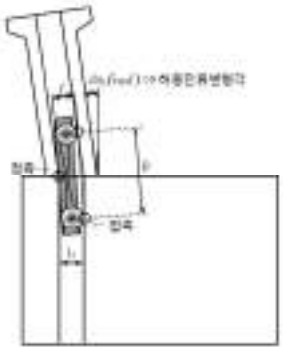
여기서 k_h : 수평진도

W : 문기둥 및 보기둥(측벽)의 자중 및 상부하중 (N)

P_a : 문기둥 및 보기둥(측벽)의 수평내력 (N)

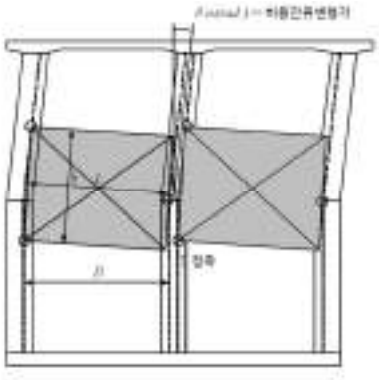
σ_R : 문기둥 및 보기둥(측벽)의 잔류변위 (mm)

σ_{Ra} : 문기둥 및 보기둥(측벽)의 허용잔류변위로 문기둥 및 보기둥(측벽)의 문짝 개폐를 방해하지 않는 잔류변위 (mm)이며, 문기둥 및 보기둥(측벽) 하단에서 상부구조의 관성력의 작용점 높이까지의 1/100로 한다. 단, 본 기준에서 내진대상으로 하는 중요한 보, 수문의 경우 잔류변위는 문짝의 개폐를 방해하지 않는 변형각에 기초해 설정할 수 있으며 이를 위해서는 (그림 5.1-6)을 참조한다.



$$\theta R_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{h^2 - 4b^2}{-4bt + h\sqrt{h^2 + 4t^2 - 4b^2)}}\right)$$

h: 로울러 간격(또는 문짝높이)
t: 로울러 지름(또는 문짝두께)
b: 문틀 폭



$$\theta R_a = 2\cos^{-1}\left(\frac{h^2 - 4B^2}{-4BL + h\sqrt{h^2 + 4L^2 - 4B^2)}}\right)$$

h: 문짝 높이
L: 문짝 폭(또는 사이드 로울러 간격)
B: 문기둥의 문틀 간 폭(문틀 사이 간격)

(그림 5.1-6) **< 문짝의 잔류변위각 산정 사례 >**

다) 보 및 수문의 문기둥 및 보기둥(측벽) 바닥 구조부재에서 휨모멘트 및 전단력에 대한 부재가 필요한 두께를 가지고 있는지를 조사한다. 조사방법은 바닥에 생기는 응력도가 항복응력도 이하임을 조사한다.

라) 보 및 수문의 전도, 활동 등의 안정성평가도 필요하며 이를 위해 「기존시설물(수문) 내진성능평가 및 향상요령(안)(한국시설안전공단, 2012)」, 하천사방기술기준(일본항만협회, 1997) 등을 참조할 수 있다. 또 높이가 5m 이상인 국가하천의 다기능보와 수문의 안정성은 댐에 준하여 확보하여야 하며 이를 위해 전도, 활동 등에 대한 안전율 등은 댐 내진설계기준(2022, 환경부)을 준용할 수 있다.

참 여 진

■ 환경부

수자원정책관	김구범
하천계획과장	신태상
사무관	김기정
담 당	성기준

연 구 진

■ 주관연구기관 / 한국수자원학회, 한국하천협회

연구책임자	세종대학교	배덕효
간 사	㈜한국종합기술	김광기
연구수행자	㈜헥코리아	권동식
	동부엔지니어링㈜	권용덕
	㈜도화엔지니어링	김태식
	㈜삼안	문용주
	㈜이산	박진원
	㈜KG엔지니어링종합건축사사무소	서정필
	㈜경호엔지니어링종합건축사사무소	송태민
	동부엔지니어링㈜	이병복
	㈜이산	이상횡
	㈜도화엔지니어링	이승우
	동부엔지니어링㈜	이승희
	㈜도화엔지니어링	임경진
	㈜KG엔지니어링종합건축사사무소	정선진
	㈜이산	조동호
	㈜삼안	홍창오
	동부엔지니어링㈜	황종훈

자 문 위 원

수자원분야	상지대학교	김상호
수자원분야	한국건설기술연구원	김지성
수자원분야	인하대학교	김형수
수자원분야	㈜동부엔지니어링	박기환
수자원분야	환경부	서정원
수자원분야	㈜삼안	송석근
수자원분야	㈜건화	윤여승
수자원분야	한국건설기술연구원	이동섭
수자원분야	㈜이산	이상열
수자원분야	국토연구원	이상은
수자원분야	홍익대학교	이승오
수자원분야	㈜도화엔지니어링	전세진
수자원분야	연세대학교	최성욱
토질분야	㈜도화엔지니어링	차달성
구조분야	충남대학교	신경준
환경분야	㈔복원생태학회	김성환
환경분야	엔솔파트너스	김재구
환경분야	㈜삼안	한승완
시공분야	㈜삼안	왕영표
시공분야	㈜도화엔지니어링	정원우