CONTENTS

제1편 총 칙

제1편 총 칙

1.1 목 적

하천공사 설계실무 요령은 하천법 제27조 및 건설기술 진흥법 제44조의 규정과 관련하여 하천공사를 위한 설계도서 작성에 필요한 일반적인 설계 기준과 방법을 제시함에 있다.

1.2 적용범위

가. 본 요령은 하천, 하천시설물, 하천과 관련된 구조물 등 하천관련 사업의 조사, 계획 및 설계에 관련되는 기술과 방법을 명시한 것이며, 하천법에 의한 하천공사 설계에 적용한다.

나. 본 요령은 국가기준인 하천설계기준의 하위기술기준이며, 여기에서 제시하지 않은 사항은 기타 관련 기준을 따른다.

다. 본 요령을 활용함에 있어, 본 요령의 내용과 각종 법규, 설계기준, 시방서, 지침, 편람 등 상위 규정의 내용과 상충되는 경우, 상위 규정의 내용을 적용한다.

1.3 적용방법

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

나. 하천의 특성, 공사기간 및 현장조건 등을 감안하여 가장 합리적인 공법을 채택 적용한다.

다. 본 요령은 관계법령 및 방침 등의 변경에 따라 수시로 보완 및 개정할 계획이므로 향후 여건 변동에 따라 적절히 조정하여 적용하여야 한다.

1.4 관련 법령과 기준

가. 법률

- 하천법, 하천법 시행령 및 시행규칙
- 하천의 구조·시설 기준에 관한 규칙

나. 국가기준

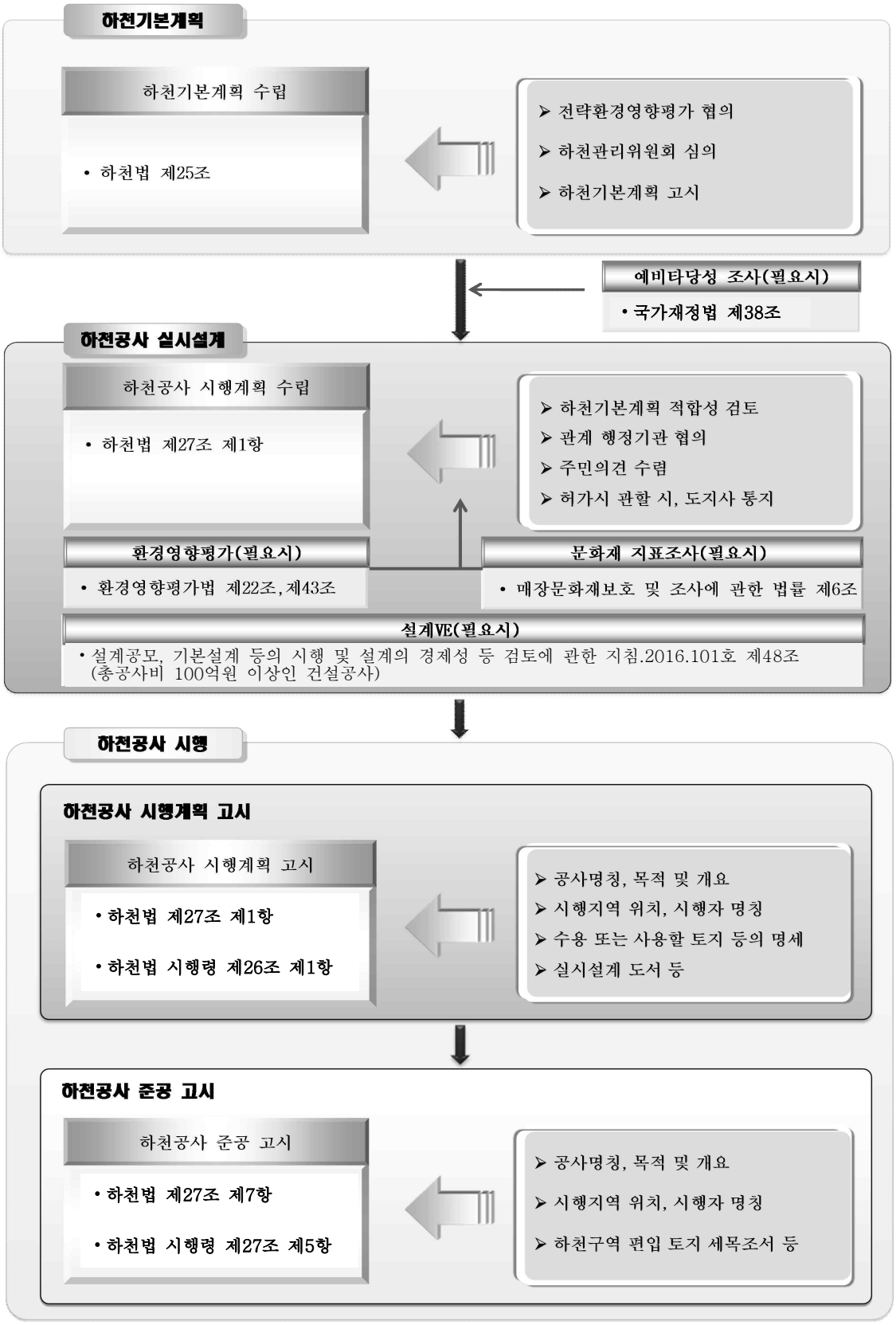
- 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
- 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2016, 국토교통부)
- 댐설계기준(KDS 54 00 00)(2016, 국토교통부)

다. 관련지침

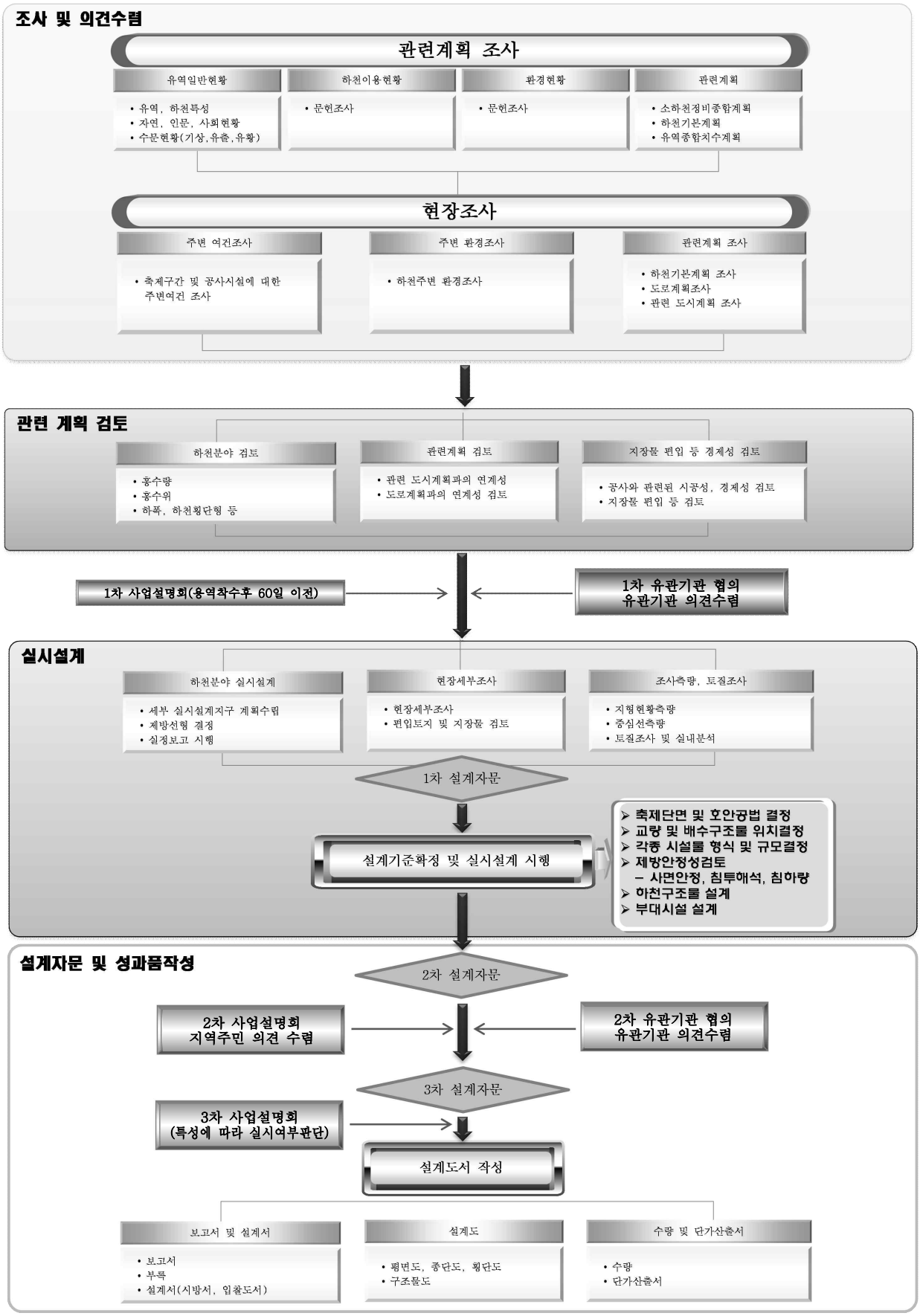
- 자연친화적 하천관리에 관한 통합지침

1.5 설계일반절차

■ 하천공사 흐름도



■ 실시설계 흐름도


조사 및 의견수렴
관련계획 조사
유역일반현황
• 유역, 하천특성
• 자연, 인문, 사회현황
• 수문현황(기상,유출,유황)
하천이용현황
• 문헌조사
환경현황
• 문헌조사
관련계획
• 소하천정비종합계획
• 하천기본계획
• 유역종합치수계획
현장조사
주변 여건조사
• 축제구간 및 공사시설에 대한 주변여건 조사
주변 환경조사
• 하천주변 환경조사
관련계획 조사
• 하천기본계획 조사
• 도로계획조사
• 관련 도시계획 조사
관련 계획 검토
하천분야 검토
• 홍수량
• 홍수위
• 하폭, 하천횡단형 등
관련계획 검토
• 관련 도시계획과의 연계성
• 도로계획과의 연계성 검토
지장물 편입 등 경제성 검토
• 공사와 관련된 시공성, 경제성 검토
• 지장물 편입 등 검토
1차 사업설명회(용역착수후 60일 이전)
1차 유관기관 협의
유관기관 의견수렴
실시설계
하천분야 실시설계
• 세부 실시설계지구 계획수립
• 제방선형 결정
• 실정보고 시행
현장세부조사
• 현장세부조사
• 편입토지 및 지장물 검토
조사측량, 토질조사
• 지형현황측량
• 중심선측량
• 토질조사 및 실내분석
1차 설계자문
설계기준확정 및 실시설계 시행
➢ 축제단면 및 호안공법 결정
➢ 교량 및 배수구조물 위치결정
➢ 각종 시설물 형식 및 규모결정
➢ 제방안정성검토
– 사면안정, 침투해석, 침하량
➢ 하천구조물 설계
➢ 부대시설 설계
설계자문 및 성과품작성
2차 설계자문
2차 사업설명회
지역주민 의견 수렴
2차 유관기관 협의
유관기관 의견수렴
3차 설계자문
3차 사업설명회
(특성에 따라 실시여부판단)
설계도서 작성
보고서 및 설계서
• 보고서
• 부록
• 설계서(시방서, 입찰도서)
설계도
• 평면도, 종단도, 횡단도
• 구조물도
수량 및 단가산출서
• 수량
• 단가산출서

1.6 설계일반사항

1.6.1 사전조사

사업구간에 대한 하천기본계획, 타당성조사, 기본설계에서 실시한 조사업무의 자료를 모두 설계에 활용할 수 있도록 검토하여야 하며, 재검토가 필요하다고 판단될 때는 이를 발주청에 보고하고 승인을 득한 후 실시하도록 한다. ('하천분야 건설공사의 설계도서 작성기준(2013)' 참조)

가. 관련계획 조사 및 검토(필요시)

타당성 조사 및 기본설계에서 검토한 관련계획과 함께 목적시설물에 대한 주요 지침 및 해외사례 등도 조사하고 필요한 경우 관계기관과 협의한다.

나. 현지조사 및 답사

1) 사업구간에 대하여 하천현황, 지형·지물, 식생, 용·배수, 토지이용현황 등을 파악한다. 또한 측량, 토질 및 지질조사 등을 실시하는 경우 조사계획을 작성하여 발주청에 제출하여야 한다.
2) 현지답사를 실시하여 실시설계에 필요한 정확한 현황을 파악하고 사진 또는 비디오(Video) 등을 이용하여 과업수행에 유용한 자료를 작성한다.

다. 하천환경 조사(필요시)

1) 하천의 수질 및 유량, 오염원, 오염부하량 등 하천환경을 조사한다.
2) 하천의 생물상, 생물 서식처 등 하천생태 현황을 조사한다.

라. 측 량

1) 전 단계 용역에서 기 수행된 측량자료를 조사하여 측량성과의 활용 가능성 여부를 검토한다.
2) 측량을 실시하기 전에 측량 작업계획서를 작성하여 국토지리정보원의 승인을 받아야 하고, 측량작업이 완료되었을 때에는 측량성과에 대해 공공측량성과심사를 받아야 한다.
3) 사업시행에 필요한 삼각측량, 지형측량, 중심선측량, 수준측량, 종·횡단측량, 용지측량 등을 수행할 수 있다. 대규모 면적에 대한 지형측량은 항공사진측량, 항공레이저측량 및 무인항공기 체계(UAV, Unmanned Aerial Vehicle System)측량 등을 활용 할 수 있다.
4) 종단 측량은 40m 간격으로 실시하되, 사업 목적에 따라 발주청과 협의하여 조정할 수 있다.
5) 측량은「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」과 공공측량 작업규정, 하천설계기준, 발주청이 별도로 정한 기준에 의거하여 시행하도록 한다.
6) 측량기기는 조사에 적정한 것으로 사용하여야 하며, 수시로 점검 및 보정을 받은 것이어야 한다.
7) 측량완료 후에는 야장, 원도 등을 체계적으로 정리 제출하여야 하며, 측량도 작성에는 축척과 각

종 측점 등이 기재되어야 한다.

마. 지질 및 지반조사

1) 지반조사 및 시험은 기존 자료 등을 검토하여 이를 최대한 이용해서 경제적이고 효율적으로 실시하여야 하며, 검토 내용을 보고서에 수록하여야 한다.
2) 지반조사는 하천설계기준 및 구조물 기초설계기준에 따라 실시하여야 하며, 발주청에 제출한 세부조사 시행계획서에 따라야 한다.
3) 시추조사의 위치 변경이나 시추 개소수의 증감이 필요한 경우에는 발주청과 사전 협의 후 승인을 받아 시행하여야 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) 지층변화에 따른 시추심도의 변경 및 암반층의 시추심도는 구조물 기초설계에 필요한 심도 등을 고려하여 결정되어야 하므로, 세부조사 시행계획서에 이에 관한 내용이 포함되어야 하며, 시추중에 예측치 못했던 지층이 있는 경우에는 발주청과 협의한 후 작업을 실시하여야 한다.
6) 자연시료채취는 채취 가능한 위치에 대하여 KS F 2317 규정에 의하고 샘플은 지반상태에 가장 알맞은 것을 사용하여야 한다.
7) 조사 및 시험 항목은 하천설계기준 및 발주청의 과업지시서에 따라 시행하고 추가로 필요한 항목은 발주청과 협의하여 수행한다.
8) 특히 점성토는 흐트러지지 않는 시료를 채취하여 흙의 전단강도시험과 압밀시험 등을 실시, 흙의 공학적 특성을 파악하여 구조물 기초설계에 차질이 없도록 하여야 한다.
9) 지반조사의 결과를 정리하여 지질 및 지반조사보고서를 작성하여야 한다.
10) 지반조사 시에는 안전사고, 환경오염, 교통 혼잡, 민원 등의 발생에 유의하여야 한다.
11) 지반조사가 완료된 지점의 폐공처리는 발주청 보고 및 승인 후 처리한다.

바. 재료원 및 사토장 조사

재료원(토취장, 골재원 등), 사토장은 매장량, 생산가능량(현재, 장래) 등을 검토하여 공사기간까지 사용할 수 있는 후보지를 선정, 제시한다.

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 한다.

나) 사토 가능량을 조사하여 명시한다.

사. 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.

아. 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.

자. 문화재 조사(필요시)

1) 문화재 등 매장물 및 유적조사를 위한 지표조사는 문화재보호법에 따라 문화재조사 전문기관에 의뢰, 수행하여야 한다.

2) 새로운 매장문화재를 발견한 때에는 문화재보호법에 따라 조치하여야 한다.

1.6.2 의견수렴

가. 목 적

하천공사시 직접적인 이해관계의 발생이 예상되는 지역주민, 관계부처, 지자체, 외부단체(환경등)등 과의 사회적 갈등에 대하여 계획 및 설계단계에서 다양한 의견수렴 절차를 마련·시행함으로써 갈등요인을 해소하고 공사시행에 원활을 기함은 물론, 국가 공공사업에 대한 대국민 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, 외부단체(환경등)등 과 다양한 의견을 수렴하여 실시설계에 반영하고, 사업추진 현황 등의 정보를 공개하여 갈등해소와 추진사업을 홍보함으로써 지역주민과 공감대를 형성한다.

2) 공사 단계

공사와 직접적인 이해관계가 있는 지역주민, 해당 지자체 등 에게 사업설명회 등을 통하여 편입용지, 용지보상 등의 많은 갈등을 해소한다.

다. 의견수렴 방법

1) 실시설계 단계

■ 주민의견수렴 대상공사 및 횟수

ㅇ 추정공사금액 100억 원 이하 : 1회 (중간단계이전)

ㅇ 추정공사금액 100억 원 이상 : 2회 (초기, 중간, 마무리단계중 선택)

ㅇ 재해복구사업 등 긴급한 사업은 사업특성 및 사업기간에 따라 횟수를 조정할 수 있다.

가) 초기단계 의견수렴

(가) 사업설명회 개최 시기

- 사업설명회 및 의견수렴은 용역착공 후 60일 이전 또는 초기 자문회의 개최 이전에 시행하여야 한다.
- 사업설명회에는 지역주민 및 NGO 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍사무소 등 관계기관에 (표 1.6-1)『서식1』의 내용을 포함한 협조공문을 회의개최 10일전 까지 발송하여야 한다.

(나) 초기단계 사업설명회 내용

- 개최목적

- 해당 계획안의 개요(사업목적, 사업개요, 용역기간 등)
- 의견수렴 결과에 대한 향후 조치계획
- 기타 필요한 사항

(다) 초기단계 사업설명회시 의견수렴 방법

- 사업설명회시는 서면으로 의견을 제시할 수 있도록 주민의견수렴 양식을 (표 1.6-2)『서식 2 의견수렴 양식』에 의거 배포하여야 한다.
- 사업설명회 및 의견수렴은 발주처에서 주관하고 다음 사항을 기록·관리하여야 한다.
  · 일시 및 장소
  · 참석자 현황
  · 의견수렴 결과
  · 의견 반영 내용 및 미반영 사유
  · 설명회 사진
  · 참석자명단 (표 1.6-3)『서식3 참석자 명단』

(라) 의견수렴 후 조치사항

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

나) 중간단계 의견수렴

(가) 사업설명회 개최 시기

- 중간단계의 사업설명회 및 의견수렴은 전체 과업기간의 중간 또는 2차 자문회의개최 이전에 시행하여야 한다.
- 사업설명회에는 지역주민 및 NGO 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍사무소 등 관계기관에 (표 1.6-1)『서식1』의 내용을 포함한 협조공문을 회의개최 10일전 까지 발송하여야 한다.

(나) 사업설명회 내용

- 초기단계 사업설명회 내용을 포함하여 설명하여야 한다.
- '초기단계의 사업설명회' 시 지역주민, NGO 등이 제출한 각종 의견 중 미반영 의견에 대한 사유를 설명한다.
- 하천조사 측량 결과와 재료원 조사 결과
- 제방법선 및 호안공법, 배수구조물 등 시설물에 대한 계획 등

(다) 사업설명회시 의견수렴 방법

- 중간단계 사업설명회 의견수렴 방식은 초기단계 의견수렴방식에 준하여 시행한다.
  · 주민의견수렴 양식을 (표 1.6-2)『서식 2 의견수렴 양식』에 의거 배포

- 사업설명회 및 의견수렴은 발주처에서 주관하고 그 결과 다음 사항을 기록·관리하여야 한다.
  · 일시 및 장소
  · 참석자 현황
  · 의견 반영 내용 및 미반영 사유
  · 설명회 사진
  · 참석자명단 (표 1.6-3)『서식3 참석자 명단』

(라) 의견수렴 후 조치사항

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

다) 마무리단계 의견수렴

(가) 사업설명회 개최 시기

- 용역준공 60일전에 마무리단계 의견수렴을 실시하여야 한다.
- 사업설명회에는 지역주민 및 NGO 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍사무소 등 관계기관에 (표 1.6-1)『서식1』의 내용을 포함한 협조공문을 회의개최 10일전 까지 발송하여야 한다.
- 마무리단계의 사업설명회 및 의견수렴은 마무리 자문회의개최 이전에 시행하여야 한다.

(나) 사업설명회 내용

- '초기 또는 중간단계의 사업설명회' 시 지역주민, NGO 등이 제출한 각종 의견 중 미반영 의견에 대한 사유를 설명한다.
- 사업설명회시 주민이 열람할 수 있도록 설계도서를 비치하여야 한다.
- 하천정비계획, 편입토지 및 보상계획 등 설계 전반에 관한 사항

(다) 사업설명회시 의견수렴 방법

- 마무리단계 사업설명회 의견수렴 방식은 초기단계 의견수렴방식에 준하여 시행한다.
  · 주민의견수렴 양식을 (표 1.6-2)『서식 2 의견수렴 양식』에 의거 배포

(라) 의견수렴 후 조치사항

- 의견수렴 등에서 제시된 의견을 검토하여 타당하다고 인정되는 경우에는 해당 설계에 반영하여야 한다.

2) 공사 단계

(가) 사업설명회 개최 시기

- 사업설명회 및 의견수렴은 공사착공 후 60일 이내에 시행하여야 한다.
- 사업설명회에 지역주민 및 NGO 등이 참석할 수 있도록 해당 시·군청, 읍사무소 등 관계기관에 협조공문을 (표 1.6-1)『서식1』의 내용을 포함하여 회의개최 10일전에 발송하여야 한다.

(나) 사업설명회 내용

- 사업설명회시 주민 및 NGO 등이 열람할 수 있도록 하천기본계획서, 설계도서 등을 비치하여야 한다.
- 사업설명회시 다음의 내용을 포함하여야 한다.
  · 개최목적
  · 의견수렴결과에 대한 향후 조치계획
  · 사업계획의 개요
    ① 사업의 목적
    ② 위치
    ③ 공사기간
    ⑤ 설계도서는 설명회 장소에 비치하여야 한다.
  · 기타 필요한 사항

(다) 사업설명회시 의견수렴 방법

- 사업설명회시 서면으로 의견을 제시할 수 있도록 주민의견수렴 양식을 (표 1.6-2)『서식 2 의견수렴 양식』에 의거 배포하여야 한다.
- 사업설명회 및 의견수렴은 발주처에서 주관하고 그 결과 다음 사항을 기록 관리하여야 한다.
  · 일시 및 장소
  · 참석자 현황
  · 의견수렴 결과 (의견 반영 내용 및 미반영 사유)
  · 설명회 사진
  · 참석자 명단 등 (표 1.6-3)『서식3 참석자 명단』

(라) 의견수렴 후 조치사항

- 의견수렴 등에서 제시된 의견을 검토하여 타당하다고 인정되는 경우에는 해당 설계에 반영하여야 한다.
- 의견이 미반영 된 경우 그 사유를 의견수렴 조치계획에 기술하여 제출하여야 한다.

< 서 식 1 - 설명회[공청회] 개최 알림 (예) >

(표 1.6-1)

○○지구(용역)사업 설명회 개최 알림

1. 개최목적 :

2. 개최일시 : ○년 ○월 ○일 ○시

3. 개최장소 : ○○사무소

4. 사업개요

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

5. 사업계획 열람 장소 :

6. 문의사항 연락처 : 000(TEL:000 -000-0000)

○년 ○월 ○일

○○의 장

< 서 식 2 - 의견수렴양식 (예) >

(표 1.6-2)

『○ ○ 지구』의 견 서

의견제출자 : (인)

의 견 내 용	비 고

< 서 식 3 - 참석자 명단 (예) >

(표 1.6-3)

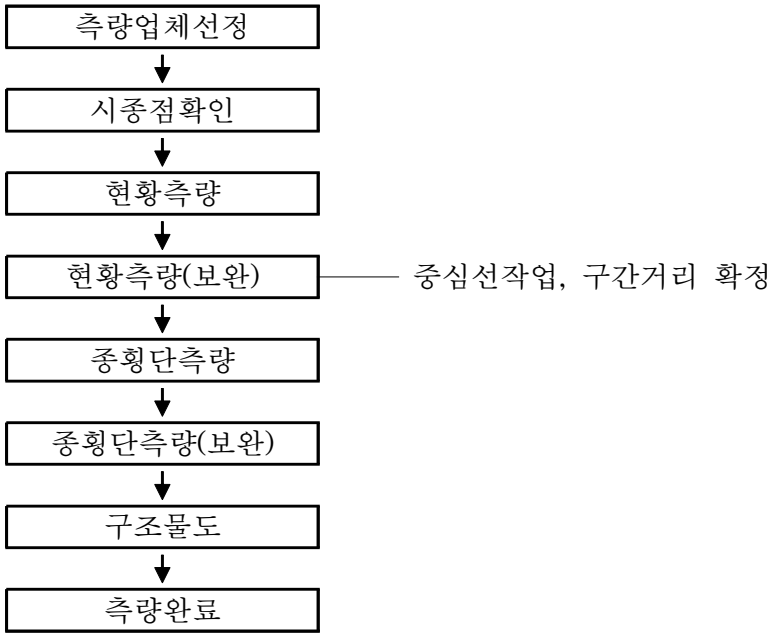
『○ ○ 지 구』 설 명 회

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

1.6.3 공공측량절차

가. 일반사항

하천공사설계를 위한 측량을 시행할 경우 관련법에 의거 공공측량에 관한 제반 규정을 준수하여야 한다. 본 장에서는 공공측량 시행시 행정절차 및 업무흐름을 수록하였으며, 일반적인 하천측량 절차는 다음 그림과 같다.



(그림 1.6-1) **< 측량흐름도 >**

나. 참고문헌 및 관련사이트

- 공간정보산업협회(https://www.kasm.or.kr)
- 국토지리정보원(https://www.ngii.go.kr)
- 공공측량 제도의 이해(2017.01, 국토교통부 국토지리정보원)

다. 공공측량 관련규정

- 공간정보의 구축 및 관리등에 관한 법률 제17조 및 제18조
- 영상지도 제작에 관한 작업규정
- 항공레이저측량 작업규정

라. 공공측량에서 제외되는 측량

- 국지적 측량
- 고도의 정확도가 필요하지 않은 측량
- 순수 학술연구나 군사 활동을 위한 측량

마. 공공측량 행정절차

공공측량 작업계획서 검토 요청
(공공측량을 하기 3일 전)

○ 공문(시행자 → 국토지리정보원)
- 공공측량 작업계획서는 첨부하지 않고, 공공측량 관리시스템에 입력

* 『공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률』 제17조 및 같은법 시행규칙 제21조에 따라 국토지리정보원에서는 공공측량시행자가 공공측량작업계획서를 공공측량*을 실시하기 3일전에 국토지리정보원장에게 제출하는'공공측량계획서 사전제출제도'를 운영

⇩

공공측량
관리시스템(https://bsn.ngii.go.kr)
회원가입 및 개인인증서 등록

○ 사용가능 인증서 : 개인 범용인증서, 무료인증서 (은행, 우체국, 증권사 등)

⇩

공공측량 관리시스템
공공측량 작업계획서 입력

○ 공공측량 작업계획서 입력(시행자)
- 기본정보, 측량방법, 측량기계, 사용할 측량성과, 준용규정, 작업위치도, 측량결과물, 참여기술자 등

⇩

공공측량 작업계획서
검토 및 결과 알림

○ 공문(국토지리정보원 → 시행자)

⇩

작업계획서에 따라 측량 실시

○ 작업계획서 변경사유 발생시 변경계획서 검토요청

⇩

측량 성과물에 대한
공공측량 성과심사요청

○ 공문(시행자 → 공간정보산업협회)

⇩

공공측량 성과심사 및 결과 알림
(접수일부터 20일 이내)

○ 공문(공간정보산업협회 → 시행자, 국토지리정보원)

⇩

공공측량 성과 고시

○ 국토지리정보원 홈페이지, 공공측량관리시스템

1.7 설계도서 작성요령

1.7.1 설계 도면

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

2) 설계도면의 작성은 한국산업규격 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 표기하여야 한다.

1.7.2 수량 산출

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(水切, 水拔)

라) 이음줄눈의 간격

마) 포장공종의 1개소당 0.1㎡ 이하의 구조물 자리

바) 강(鋼) 구조물의 리벳 구멍

사) 철근 콘크리트 중의 철근

아) 조약돌 중의 말뚝 체적 및 책동목(柵胴木)

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) 절토(切土)량은 자연 상태의 설계도의 양으로 한다.

1.7.3 재료 및 자재의 단가

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

> □ 표준시장단가 적용기준 개정(계약예규, 2016.1.1., 기획재정부)
> - 100억 원 미만 사업은 표준시장단가 적용을 배제
> - 100억 원 이상 사업은 표준시장단가 적용 (국토교통부 공고 제2016-1755호, 2017.1월부터)

2) 건설재료 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 자재단가에 운반비가 포함되어 있지 않은 경우 구입 장소로부터 현장까지의 운반비를 계상할 수 있다.

1.7.4 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 한국산업규격표시품과 동등 이상의 성능이 있다고 확인된 자재를 우선한다.

3) 관급자재는 '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.

1.7.5 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.

1.7.6 발생재의 처리

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

1.7.7 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.

1.8 하천공사 완료후 하천시설관리대장 보완 작성 등

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

2) 보완 작성에 필요한 경비는 ‘수자원개발 표준품셈’ 에 의해 계상한다.

단위 : 1km당, 인

구 분	하천시설 관리대장	하천시설 관리대장도면	하천시설 관리대장전산화	비 고
기술사	0.40	0.58	-	
특급기술사	0.40	2.51	0.20	
고급기술자	4.53	5.40	0.25	
중급기술자	6.46	9.21	0.80	
초급기술자	6.84	6.99	2.70	
중급기술자	5.16	-	1.95	

1.9 특정 공법·자재 설계적용

1) 기술자문위원회에 심의 요청시 4개에 대한 특정공법·자재 선정사유를 제출하고 위원회 심의시 적정성 여부를 검토한다.

① 심의 요청 전 사업부서 준비사항	• 적용 가능한 특정공법 중 우수한 공법 4개 이상 선정 → 4개 미만일 경우에는 있는 수 만큼 선정
② 특정공법 심의 요청	• 「특정공법 심의 요청서」작성 제출
③ 위원회 구성	• 위원 선정 및 공개 → 외부위원 과반수 이상, 전체 5명 이상 • 심의운영계획 문서로 통보
④ 심의 및 공법선정 • **심의자료 발표** • **공법 선정**	• 참석자 등록, 청렴서약서, 제척 및 기피신청서, 위원 접촉 신고서 제출 • 심의요청 부서 특정공법 심의자료 발표 • 심의 및 특정공법 선정 → 1차: 참여위원 상호 토의 후 과반 수 이상 추천(○) 공법이 있을 경우 추천공법을 선정(위원별 추천사유서 작성) → 2차: 1차 심의결과 과반수이상 추천 공법이 없을 경우, 다 추천(多 推薦) 2개의 공법 중에서 2차 선택(○)후 과반수 이상 득표한 공법을 선정(위원별 추천사유서 작성)
⑤ 심의결과 공개	• 평가결과 공개 → 공개요청이 있을 시 심의자료 공개

(그림 1.9-1) **< 특정공법 심의절차 >**

CONTENTS

제2편 치수시설

제1장 제 방

제1장 제 방

1.1 설계요령

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.

- 완성제방 : 완성제방이란 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 제방공사 설계에 적용한다.

다. 적용기준

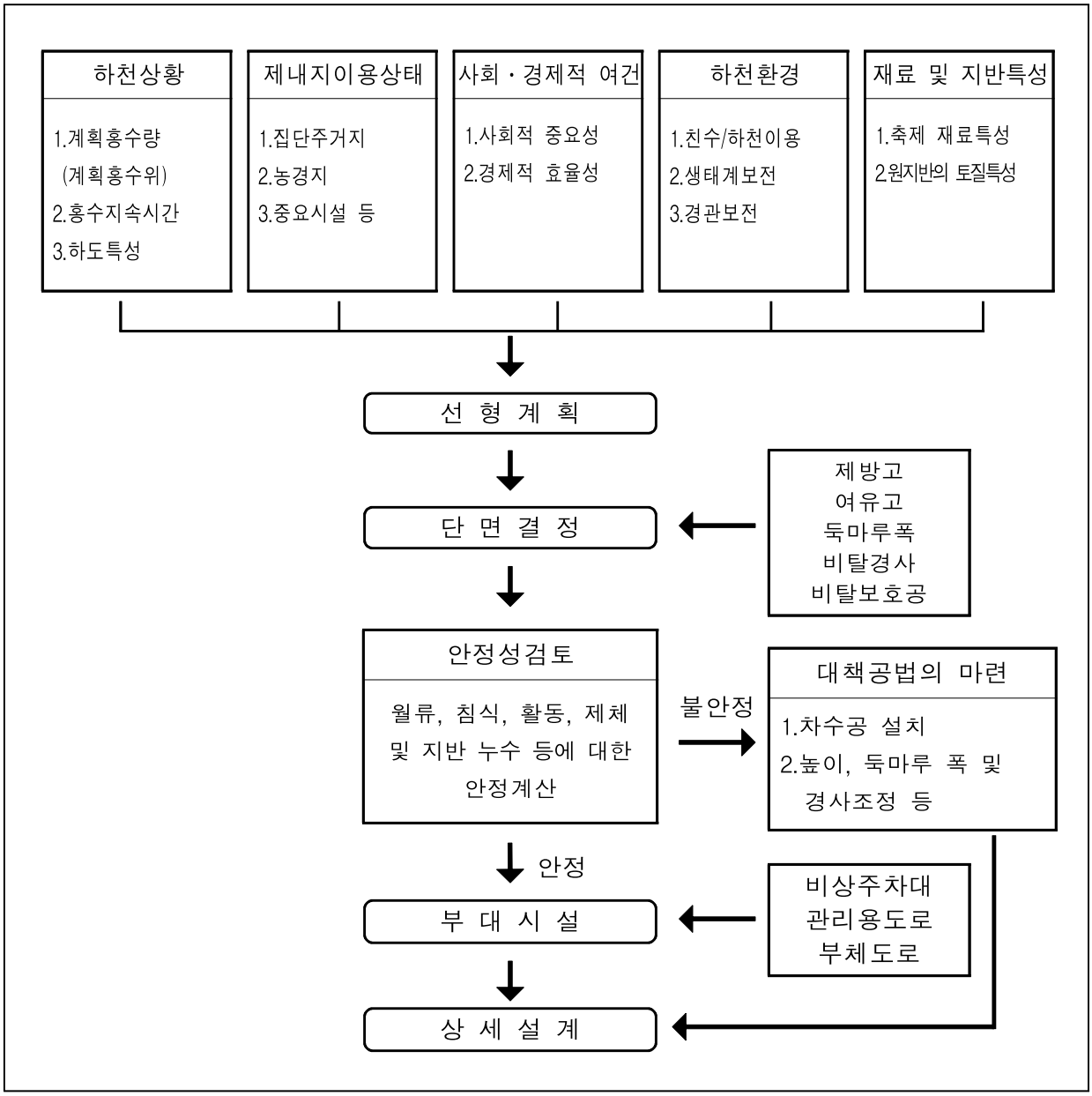
1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 05)(2016, 국토교통부)
3) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(행정자치부령 제43호, 2015)
4) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부령 제223호, 2015)
5) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(농도편)(2007, 농림축산식품부)
6) 시 · 군계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙(국토교통부령 제199호, 2015)

라. 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 >**

마. 참고문헌

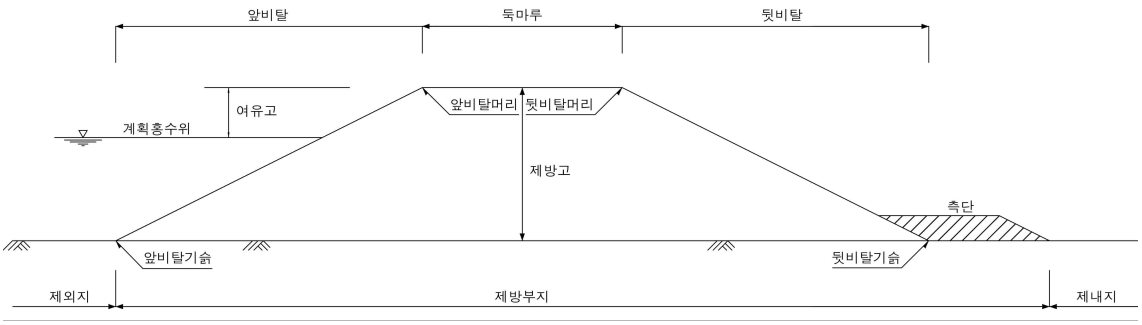
1) 하천설계기준 개선방안 마련을 위한 연구(2013, 국토교통부)

2) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)

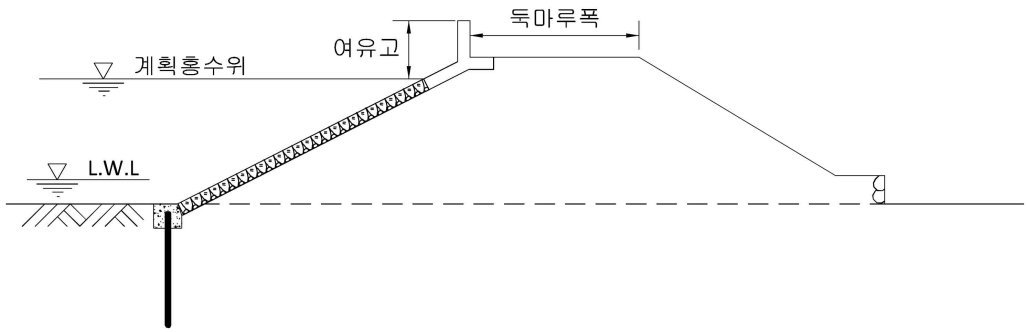
바. 제방의 구조와 종류

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 제방의 붕괴 방지를 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.

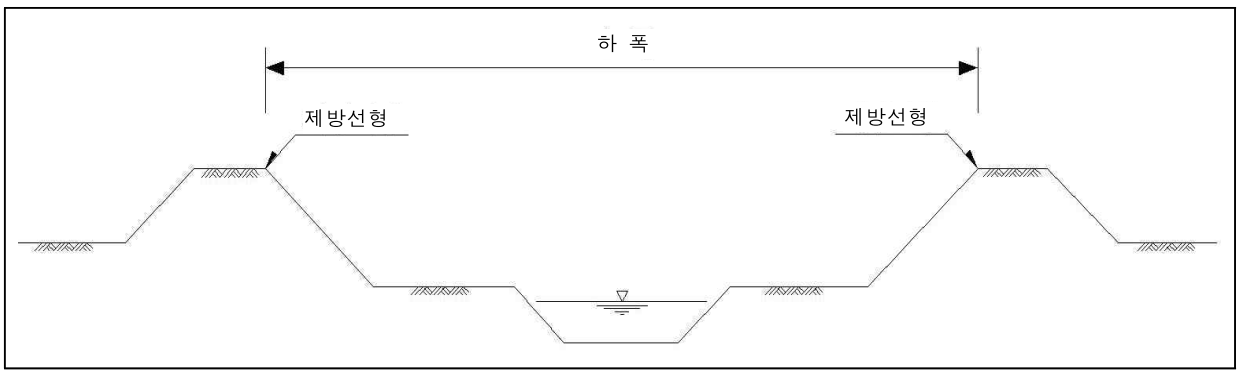
2) 제방의 조사는 설계 대상구간의 토질 상황의 개요를 파악하고, 제방의 설계와 관련된 토질조사의 계획입안을 위해 실시하는 것으로, 기존의 시추조사를 포함한 토질조사자료 (시추주상도, 지층단면도, 토질시험 결과 등)를 기초로, 제방의 제체 및 기초 지반의 토질 특성에 대해서 조사한다. 토질조사에서는 제체 및 기초 지반의 토질 특성 개요를 파악하기 위한 탄성파 탐사, 전기비저항 탐사 등의 비파괴 조사를 실시할 수 있다.

3) 사전조사는 본 요령 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 및 '하천설계기준·해설 (2009. 국토해양부)의 23.2 조사 일반' 을 참고하여 실시한다.

1.1.3 제방 계획

가. 축제평면형

제방선형은 다음 (그림 1.1-3)과 같이 제방의 앞비탈머리를 따라 하천의 길이방향으로 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 곡선형태가 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 도류제를 설치한다.

나. 축제종단형

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 낮아지지 않도록 하여야 한다.

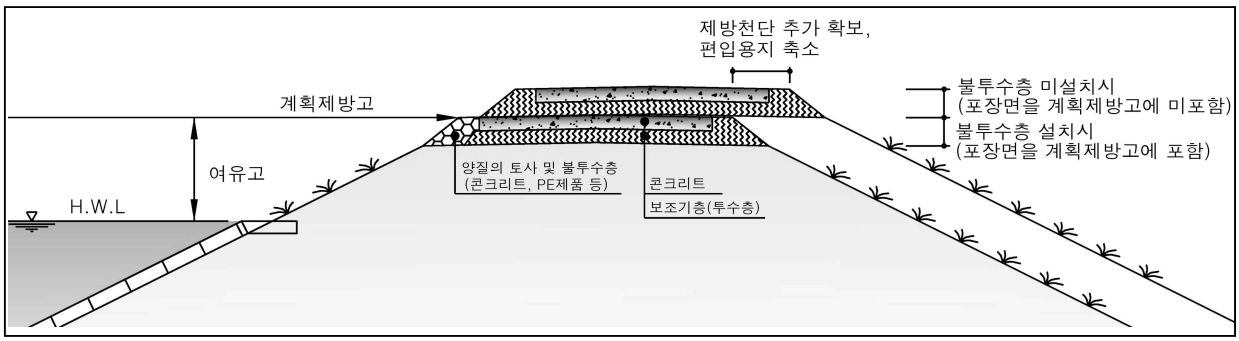
3) 배수영향구간은 본류의 계획제방고와 지류의 배수영향이 끝나는 지점의 계획제방고를 직선으로 연결하여 계획하되 본류의 계획제방고보다 낮아서는 안 된다. 다만, 현지 여건상 적용이 곤란한 경우 발주처와 협의하여 현지 여건에 맞추어 종단계획을 수립할 수 있다.

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 둑마루폭은 (표 1.1-2)를 참조하여 포장층 상단폭을 기준으로 결정 한다.(그림 1.1-4 참조)

한편, 여유고는 계획홍수량 별로 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(2009, 국토해양부)

2) 기존제방의 여유고가 전부 또는 일부구간에서 상기 표에서 제시하고 있는 최소여유고 이상 확보된 경우, 개수계획 수립시 기존에 확보되어 있는 여유고를 낮추지 않도록 하여야 한다.

3) 본류의 배수영향을 받는 지류의 제방(배수제방)은 본류의 여유고 기준에 준하여 계획을 수립하여야 한다.

4) 제방고는 대안측 제방고 보다 낮지 않도록 계획하여야 한다.

나. 둑마루폭

1) 둑마루폭은 (표 1.1-2)을 기준으로 하되 제방 및 제내지의 중요도, 도로 이용 여부 등을 고려하여 상향 조정할 수 있으며, 계획홍수위가 제내지반고보다 낮아 치수상 지장이 없는 구간은 예외로 할 수 있다.

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

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

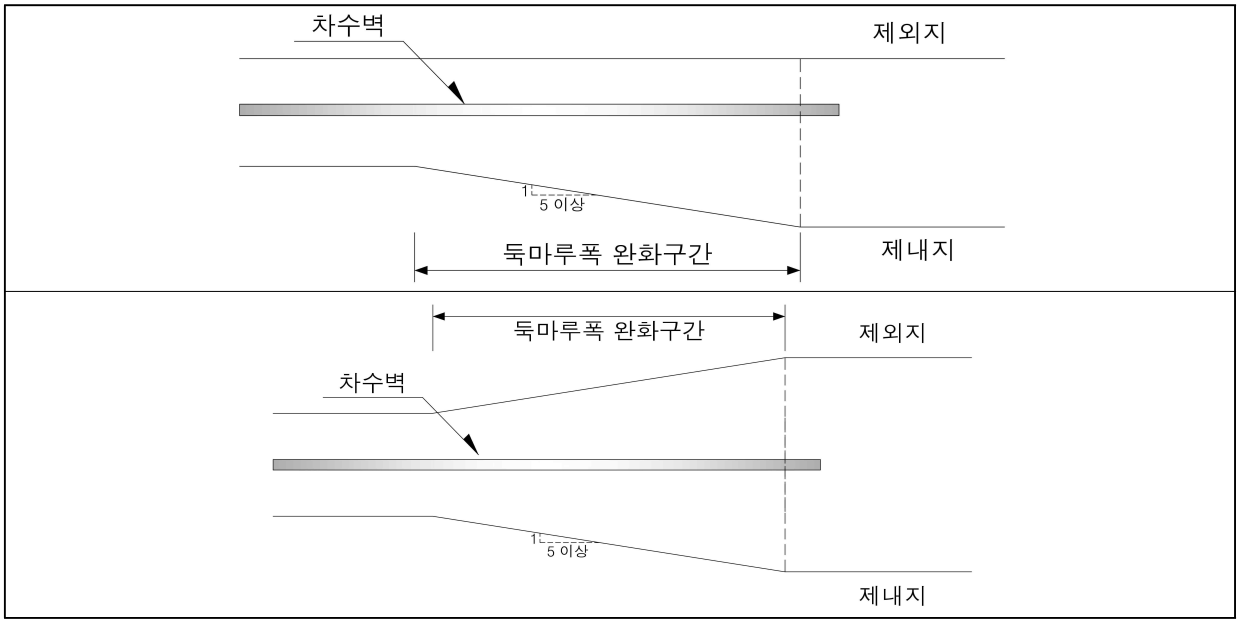
< 계획홍수량에 따른 둑마루폭 >

(표 1.1-2)

계획홍수량(㎥/s)	둑마루폭(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(2009, 국토해양부)

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



(그림 1.1-5) **< 둑마루폭 완화구간 예 >**

다. 비탈경사

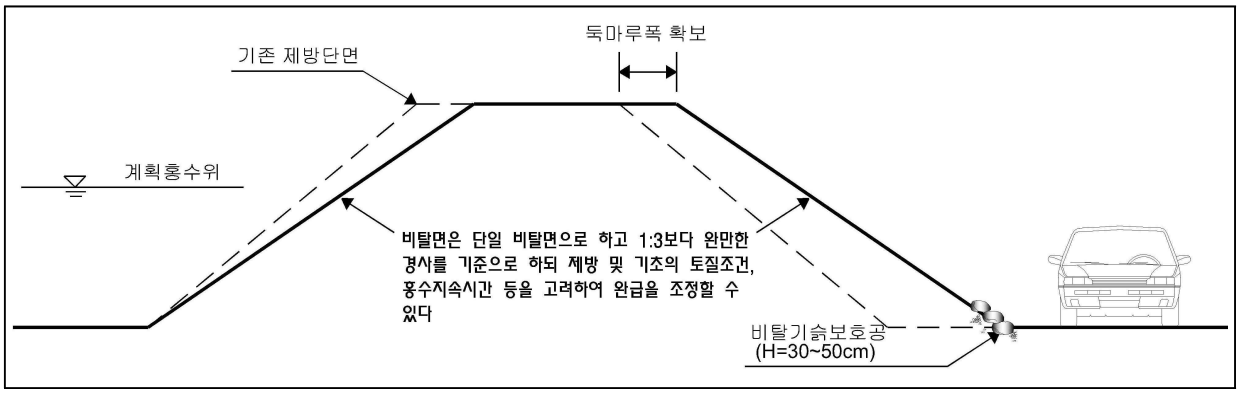
1) 제방의 비탈경사는 하천유수의 침투에 대한 안정성, 하천의 접근성, 하천생태적인 측면 등을 고려하여 1:3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 제방고와 제내지 지반고와의 차이가 0.6m 미만인 구간과 교행공간의 뒷비탈 경사는 예외로 한다.

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 1:3으로 설치할 때는 앞비탈기슭에서 앞비탈머리 방향으로 비탈면을 계획한다. 이때 기존제방의 둑마루폭이 감소될 수 있으며, 감소되는 둑마루폭은 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 게비온옹벽, L형다이크, 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 설치하여 한다. 특히 제외측의 경우 홍수시 국부 세굴의 원인이 되므로 유수의 흐름에 지장이 없도록 변화구간을 충분히 설치하여야 한다.

라. 둑마루 표면의 마무리

1) 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.

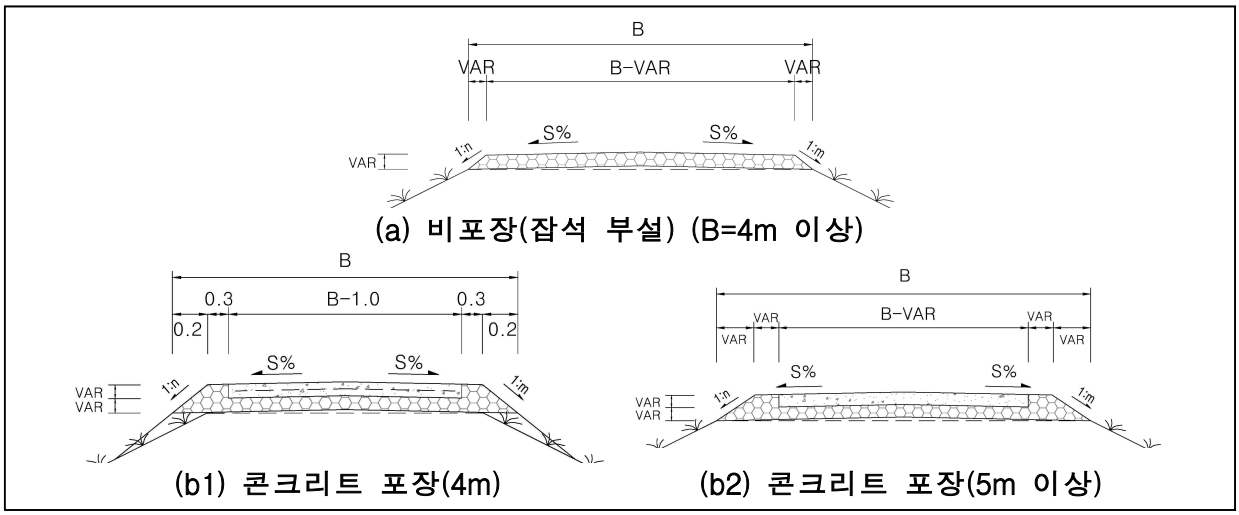
2) 둑마루 표면은 1% ~ 2%의 횡단경사를 두어야 하며, 둑마루폭에 따른 시공성을 감안하여 조정할 수 있다.

3) 하천유지관리를 위한 제방 둑마루의 유효 폭은 최소한 4m 이상이 바람직하다.

4) 둑마루 표면의 다짐은 잡석(사리부설)은 비다짐, 보조기층재(SB-2)는 도로의 보조기층 다짐에 준한다.

5) 포장층이 계획제방고내에 포함될 경우 제외측 일부를 제방 성토재료와 동일 혹은 그 이상의 양질의 토사나 불투수층 재료로 수밀성을 확보하여야 한다.

6) 보조기층재 하면부의 기존제방의 확장 층은 양질의 토사로 충분한 다짐을 통해 안전성을 확보하여야 한다.(그림 1.1-7의 b1 참조)

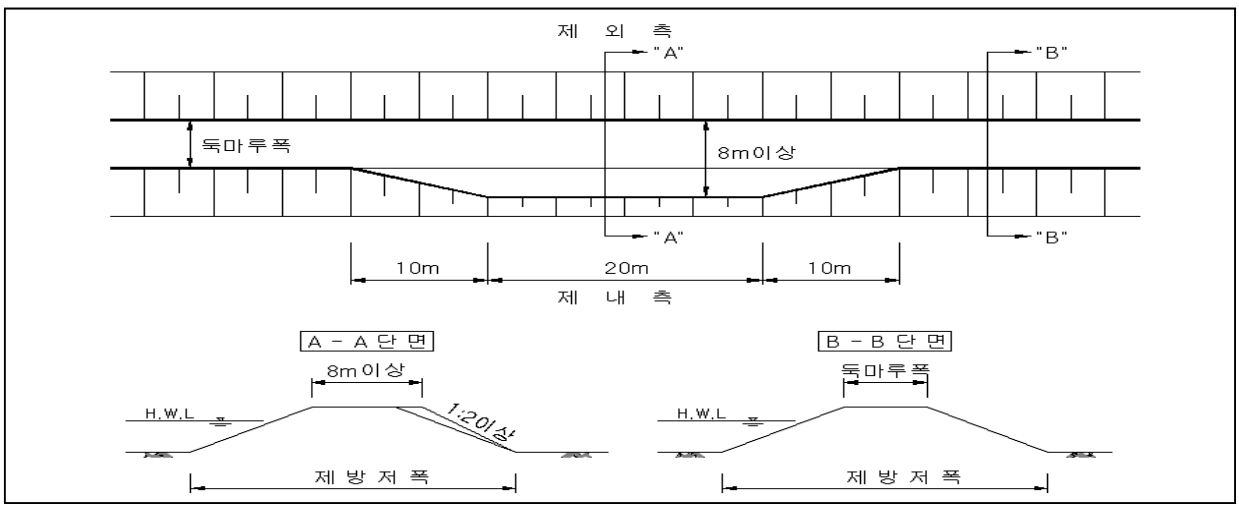


(그림 1.1-7) **< 둑마루 포장 >**

마. 교행공간

제방의 유지관리와 긴급방재활동 등을 위하여 자동차가 교행할 수 있도록 약 300m마다 교행할 수 있는 공간을 확보하여야 하며, 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 또는 도로인 경우에는 필히 교행공간을 시·종점부에 설치하여 접속부의 보강역할 및 방재용 차량의 회차 등이 가능하도록 한다.

3) 교행공간은 가능한 배수암거, 교량, 부체도로 등의 위치에 계획하여, 제방과 구조물접속부에

대한 보강 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.

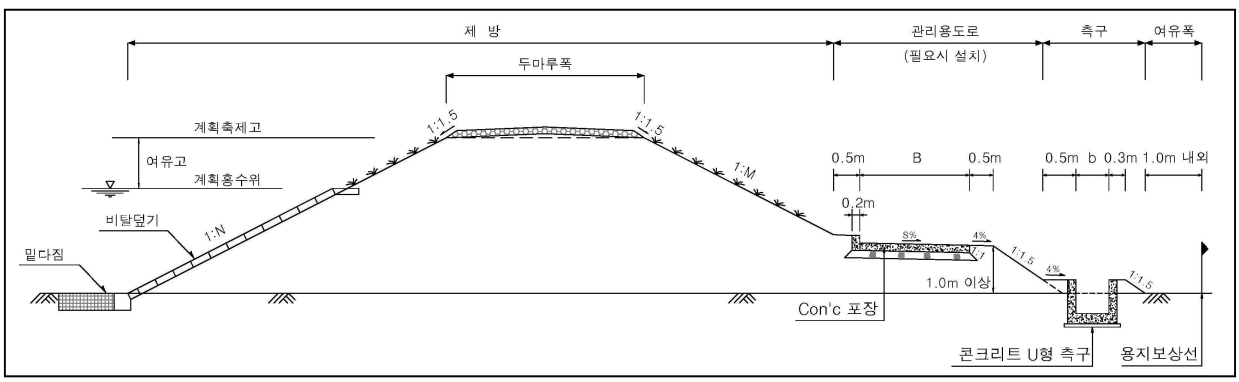
3) 관리용도로는 홍수시 제방의 응급복구용 도로로서 제내측 기존도로에서 제방까지 자동차 및 중장비 등이 신속히 접근할 수 있도록 하는 접근도로를 설치하여야 한다. 만약 기존의 접근도로가 소정의 규격('농어촌 도로의 구조·시설에 관한 규칙' 참조)을 확보하고 있지 않을 경우 별도의 접근도로 계획을 수립하여야 한다.

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

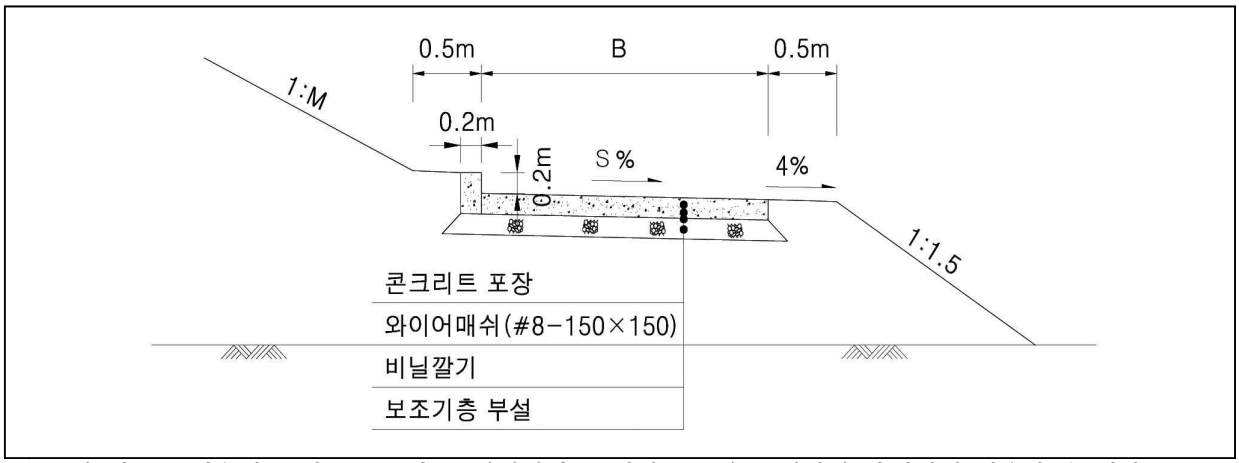
5) 접근도로를 설치하는 경우 제방 길이 방향으로 약 2㎞마다 1개소를 설치하고, 2㎞ 이하의 짧은 구간에서는 최소 1개소를 설치한다. 이때 접근도로에서 제방 둑마루부까지 차량이 진입할 수 있도록 완경사의 부체도로를 병행 설치하여야 한다.

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.



(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 >**

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

9) 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 제1호 가목 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)공법 중에서 토질 및 현지식생여건 등을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

< 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

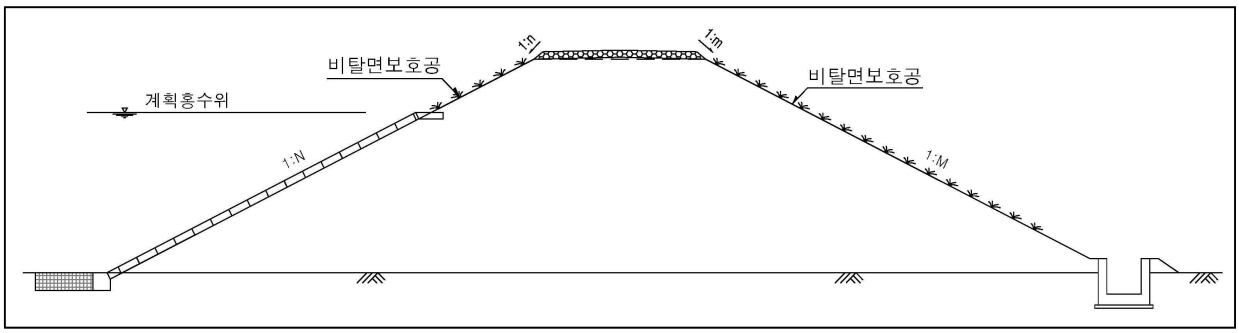
< 축제 재료에 따른 비탈면보호공 (침식방지를 고려할 경우) >

(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	

3) 다만, 도로겸용제방의 경우 측구 및 도수로 등을 이용하여 별도의 비탈면 배수로 계획을 반영한 경우에는 줄떼나 거적떼만 설치할 수 있다.

4) 제방의 성토비탈면은 사면다짐을 시행하여 안정을 도모하여야 한다.



(그림 1.1-11) **< 둑마루 비탈면 보호공 설치 예시도 >**

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(2009, 국토해양부)

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)

누수의 종 류	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 연약토사치환 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	총 침하기준 10㎝ 이하

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

1.1.6 토량변화율

1) 토량변화율은 공사비에 영향이 큰 인자로, 토질시험값을 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(2017, 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(2017, 국토교통부)

4) 수량산출시 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.

2) 투수계수가 $k=1.0\times10^{-3}$ ㎝/s 이하 이어야 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.

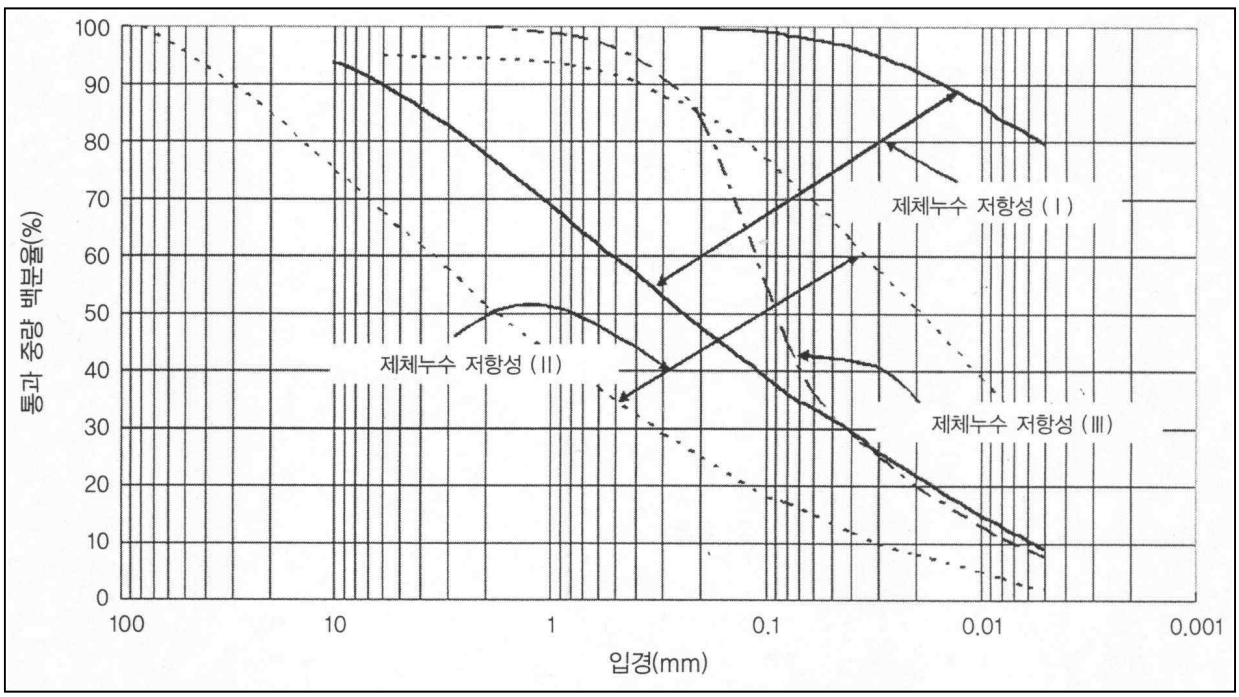
10) 축제재료는 적절한 입도분포 확보 및 누수에 대한 저항성을 높이기 위하여 <표 1.1-12>의 구분 Ⅰ,Ⅱ 이상의 재료를 사용하여야 한다. 각 재료별 입도분포곡선은 <그림 1.1-12>과 같다.

11) 정규 제체단면이외에 관리용도로, 비상주차대, 부체도로 등 추가단면은 제체안정에 문제가 없다면 확대된 추가단면에 대해서는 하상토 등을 사용할 수 있다.

< 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	
시공층 두 께	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(2009, 국토해양부)

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% 일때는 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	다짐 두께 (㎝)	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(2009, 국토해양부)

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.

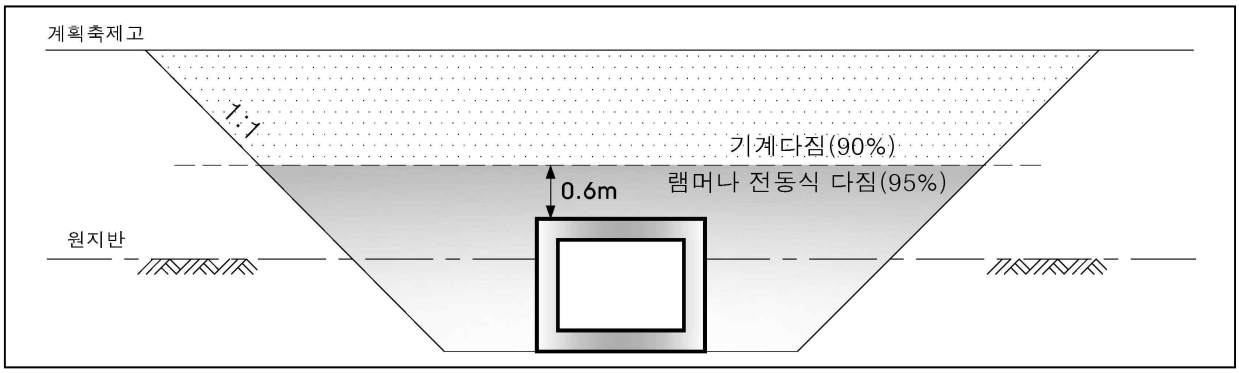
7) 흙쌓기의 시공에 있어서는 전체가 균일한 다짐이 되도록 하고, 비탈면은 규정 다짐률 이상으로 다지도록 한다.

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 '제2장 하천지반설계, 2.1.5 연약지반 설계' 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(23.3.2 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) 대체 할 경우 계획제방고에 포장층을 포함 할 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)

일반도로	도로의 종류
주간선도로	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 구분		설계속도(㎞/h)			
		지방지역			도시지역
		평 지	구릉지	산 지	
일반도로	주간선도로	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 차선폭 >

(표 1.1-17)

설계속도(km/h)	차로의 최소 폭(m)		
	지방지역	도시지역	소형차도로
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 대형농기계 대 대형농기계가 통행할 수 있도록 기본폭을 4.5m로 하고, 교차시의 일정간격 0.5m를 합하여 5.0m 이상의 차로폭을 원칙으로 한다. 다만, 지형상황 등을 고려하여 부득이 하다고 인정하는 경우에는 리도의 차선폭을 4m 이상으로 할 수 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(2011. 11, 국토교통부)' 의 설계요령 등을 참조하여 결정하고 대부분 콘크리트 포장으로 설치되는 농어촌도로용의 경우 '농업생산기반정비사업 계획설계기준(농도편)' 에서 제시하는 계획교통량에 따른 콘크리트 포장의 두께결정인 (표 1.1-19)를 참조한다. 더 자세한 사항은 '농업생간기반정비사업 계획설계기준(농도편)' 을 참고 한다.

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.

< 계획교통량에 따른 콘크리트 포장 두께 >

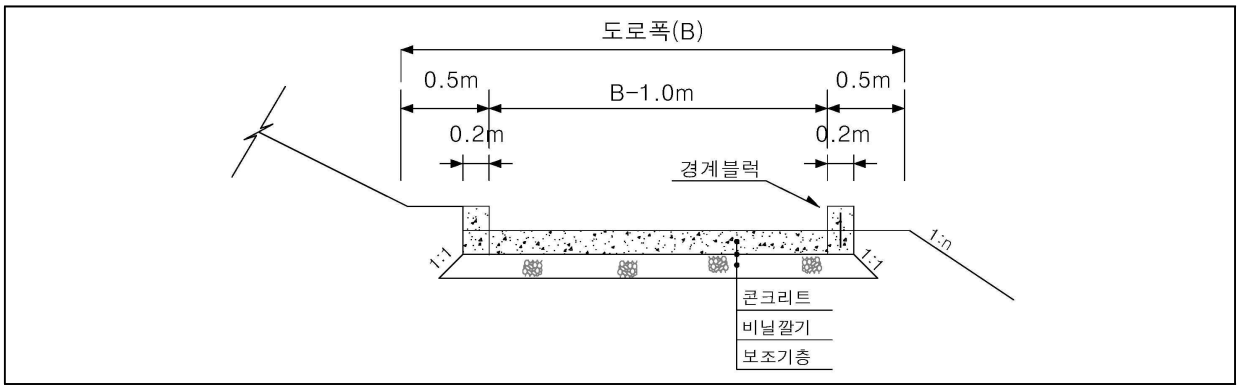
(표 1.1-19)

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

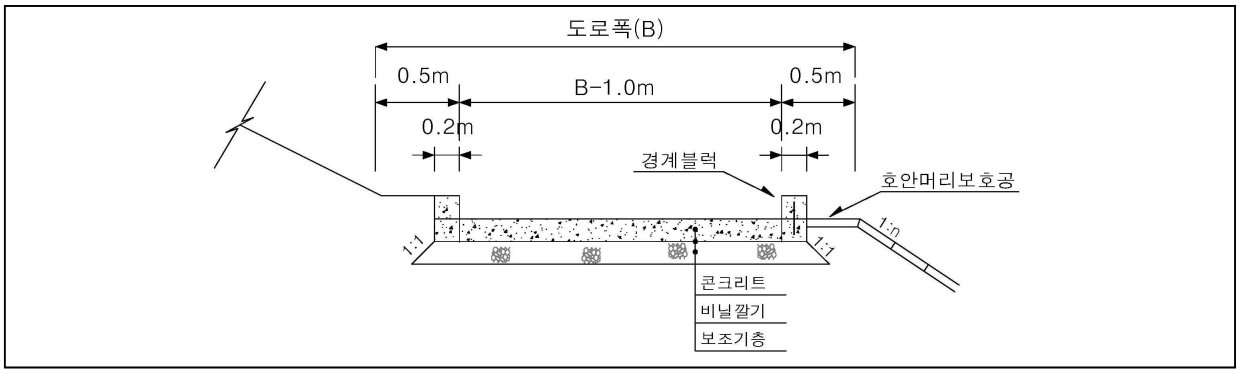
주) 1.교통량이 1000대 이상인 경우는 "도로포장 구조 설계 요령(2011. 11, 국토교통부)"에 의한다.
2. ( )내는 Ⅱ- 2, Ⅲ교통에서 설계기준 휨강도를 40kg_f/cm^2로 한 경우이다.
3. 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(농도편)

1.1.12 부체도로

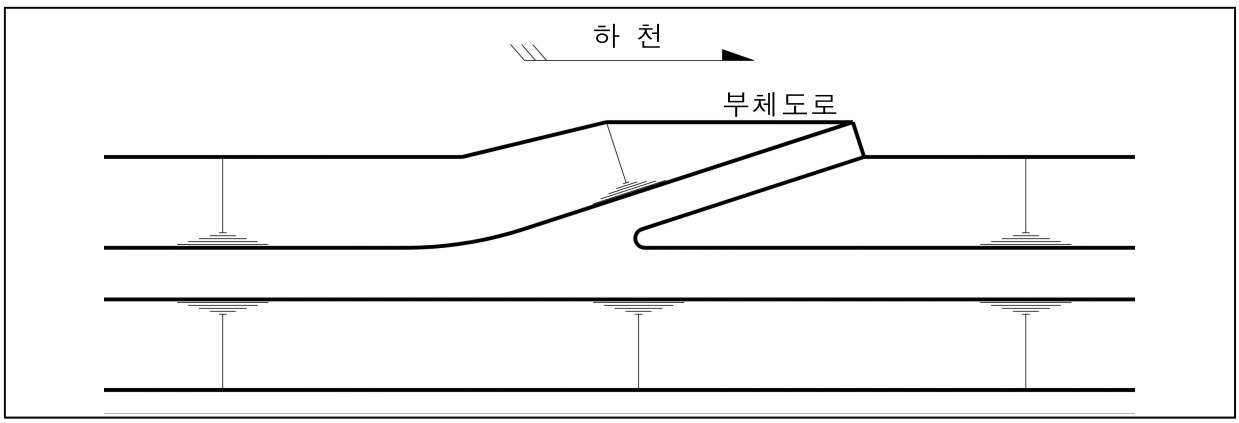
1) 부체도로 폭(B)은 4m를 기준으로 하되 현지 여건에 따라 축소 또는 확대 할 수 있다. 교량에 연결되는 경우에는 차량의 운행 및 회전에 지장이 없도록 하고, 필요시 둑마루 접속부에 원활한 교행을 위하여 대기공간을 계획할 수도 있다.
2) 종단경사는 10% 이내로 계획하되 부득이한 경우 최대 14%로 할 수 있다.
3) 제외측, 제내측 포장은 콘크리트포장으로 하며 포장두께 결정은 상기의 '1.1.11 도로겸용 제방'의 포장 두께의 결정을 참고한다.
4) 콘크리트포장($f_{ck28} = 210kg_f/cm^2$)에 5m 간격으로 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 분리막을 설치한다.(비닐깔기)
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 연결 시켜주어야 하나, 인근에 포장부가 없는 경우 부체도로부 끝단에서 1m(제외지 동일) 까지 포장을 할 수 있다.



(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(Flood wall)

제방은 보통 토사로 축조하지만 용지확보, 제내지측의 토지 이용상태 등으로 인해 흙으로 제방 보강하는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 콘크리트 옹벽, 널말뚝, 부력이나 동력을 이용한 가동형 등을 이용한 안전성을 충분히 갖춘 홍수방어벽 형식의 특수한 구조로 설치 할 수 있다.

1) 홍수방어벽을 설치하는 제방의 흉벽하단(벽면하단)은 계획홍수위 이상이 바람직하다. 단, 현지 여건상 부득이 계획홍수위 이하에 하단부가 위치할 경우에는 하단 기초부에 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.

1.1.14 대규격제방(대제방, Super Levee)

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) 대도시 하천 특정구간에 치수목적과 더불어 단지이용을 목적으로 축조하는 제방을 대규격제방이라 한다. 대규격제방은 대부분의 토지가 일반적인 목적으로 이용되도록 계획홍수량을 초과하는 규모의 유량에 대해서도 유실, 붕괴 등에 견딜 수 있는 안전한 구조로 설계한다.

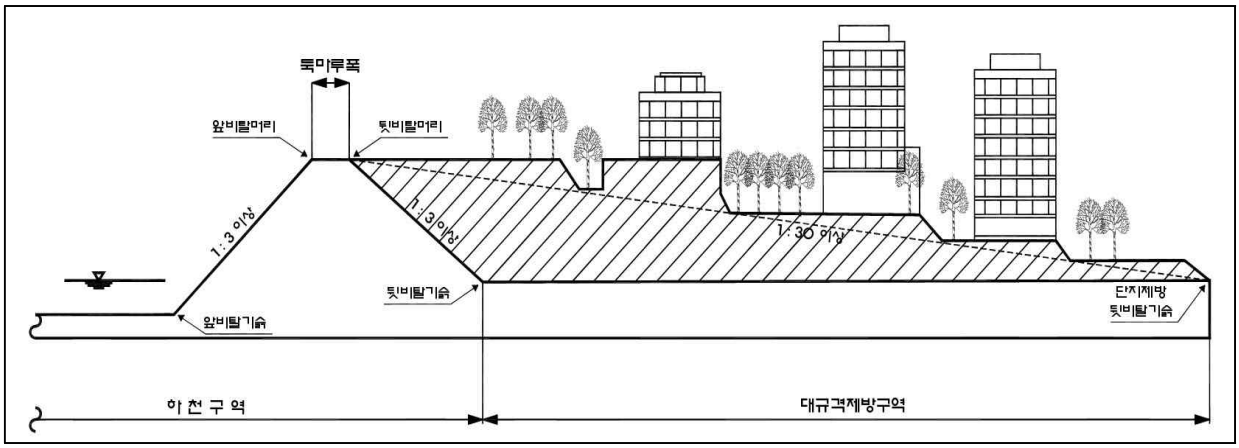
2) 대규격제방의 축조는 제내측 비탈경사 1/30 이내로, 토제에 의한 성토구조를 원칙으로 한다.

3) 앞비탈은 일반제방구간의 앞비탈기슭부터 앞비탈머리까지를 정의하며, 경사는 1:3 혹은 이보다 완만한 경사로 한다.

4) 둑마루폭은 일반제방구간의 앞비탈머리부터 뒷비탈머리까지를 정의하며, 폭은 최소 4m 이상으로 규정한다.

5) 일반제방 뒷비탈 : 일반제방구간의 뒷비탈머리부터 일반제방 뒷비탈기슭까지로 정의하며, 경사는 1:3 혹은 이보다 완만한 경사를 이루도록 한다.

6) 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 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)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 4 m 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 수량산출 요령

1.2.1 수량산출내역

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

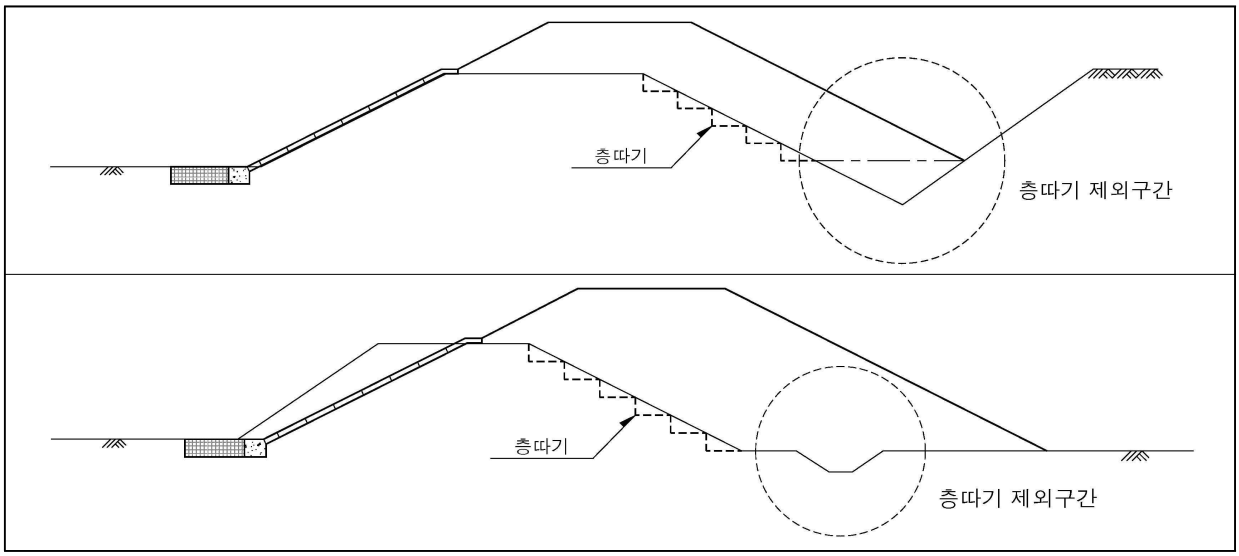
1) 제방 저면 및 토사유용구간 중 산림지 또는 임목지를 대상으로 한다.(조경수는 보상처리)
2) 벌목하여야 할 수목은 정확한 현장조사를 실시하여 수량을 산출한다.
3) 흙쌓기 높이가 1.5m 이상인 구간에 있는 수목이나 그루터기는 지표면에 바짝 붙도록 잘라 잔존높이가 지표면에서 15㎝ 이하로 되도록 하여야 한다.
4) 나무높이가 다양한 경우 나무높이는 평균높이(5~8m)로 한다.

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)

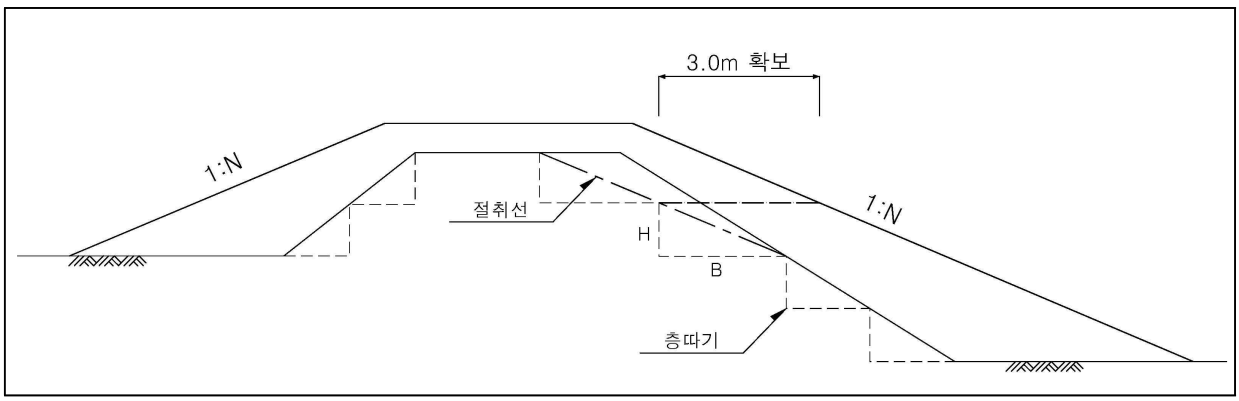
1.2.5 층따기

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) 수량은 비탈길이로 산출하며 다짐폭 3.0m 확보를 위해 직고높이는 1.0m로 한다. 단, 소규모 제방 및 현장 여건을 고려하여 최소 0.5m 이상으로 계획 할 수 있다.

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

6) ㎥당 층따기 최소수량은 횡단면도에서 단위면적으로 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 둑마루폭 4m 미만의 축제공사 및 확장저폭 4m 미만의 보축공사는 19톤 불도저 사용)

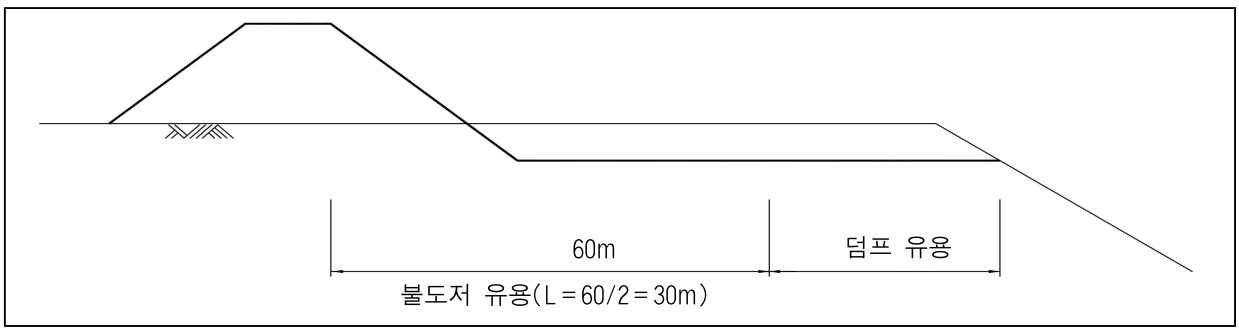
< 작업량별 적용장비(예) >

(표 1.2-1)

장 비 / 작 업 량	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.

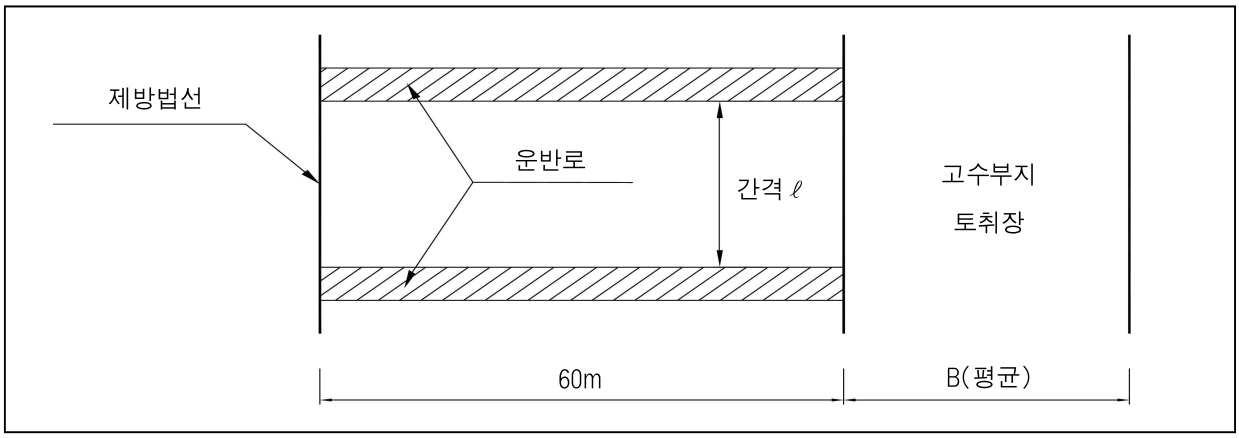


(그림 1.2-3) **< 불도저 운반 범위 >**

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

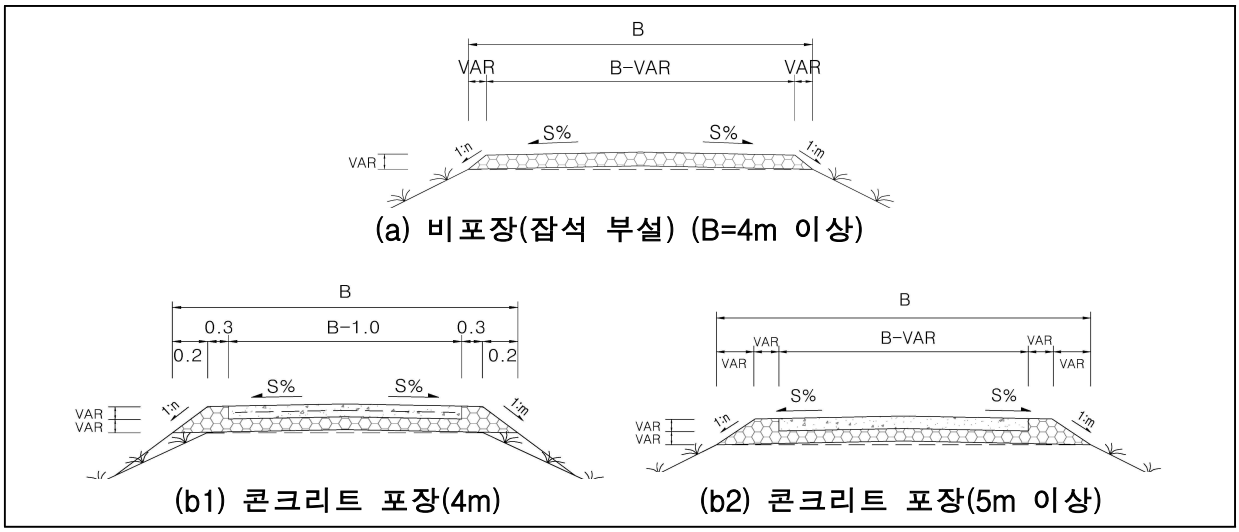
비탈면 다짐은 비탈길이로 산출하되 비탈경사가 1:4 보다 급한 성토면에만 적용한다. (측구 제외)

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 둑마루폭에 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.

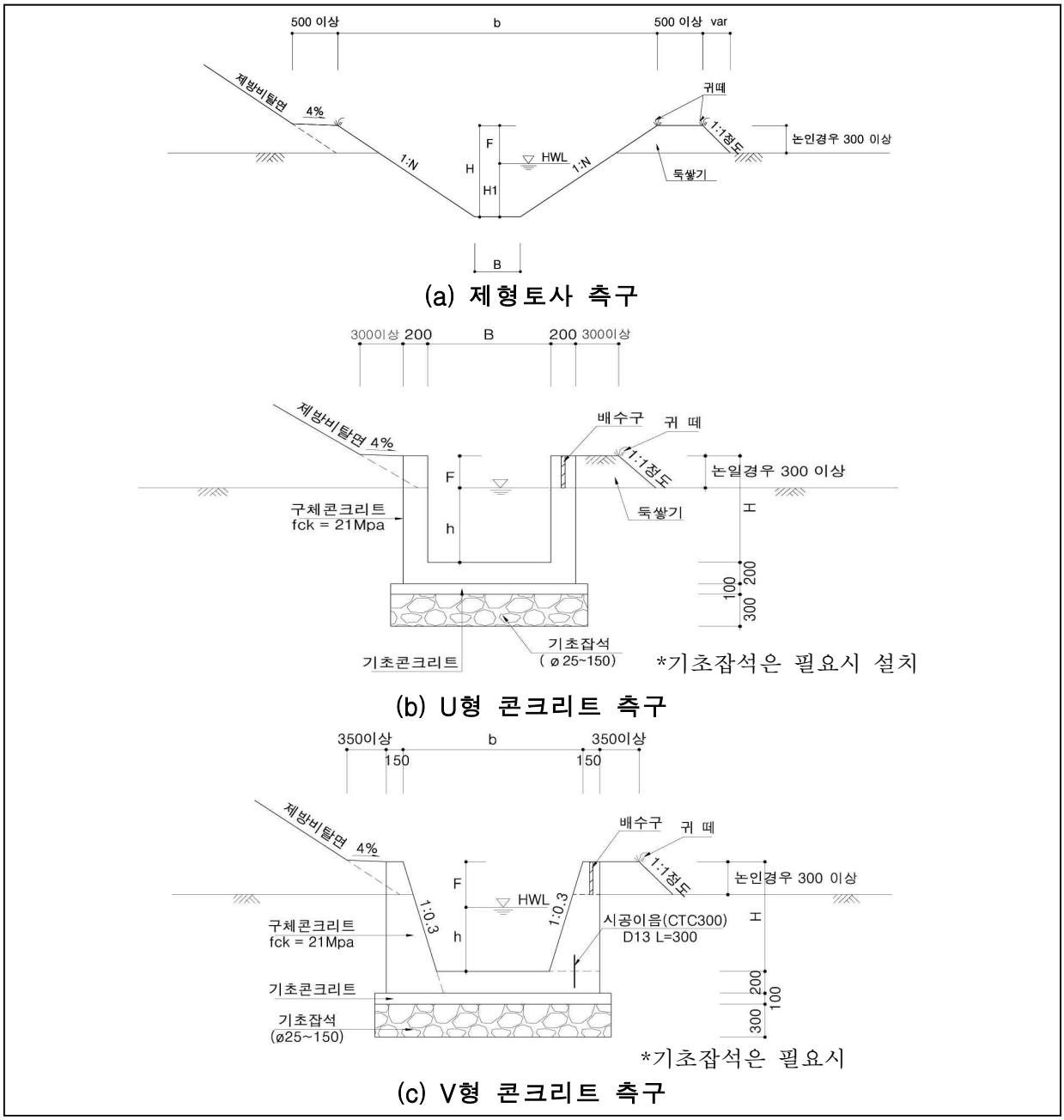
2) 수평규준틀은 200m 간격으로 설치한다.

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.



(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 둑마루 뿐만이 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 단가산출 요령

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 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 배수시설 콘크리트 타설(무근)」 참조	
나	합판거푸집 (6회)	㎡	※「7장 배수시설 집(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	

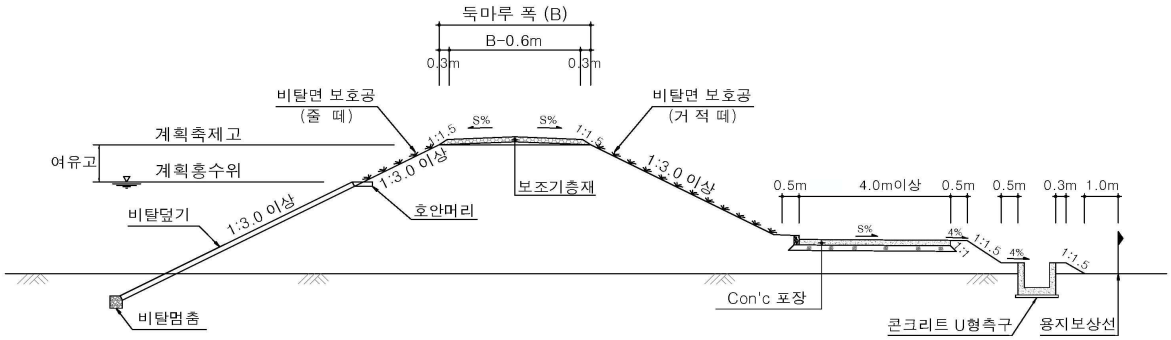
번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
마	침하판	개소	1. 1인치 Pipe 1)철판(0.9×0.9×0.1): 63.59 kg 2)강관(D=1"): 1.0m 3)고철 4)용접비(fillet용접 T=5m/m): 0.0798m 2. 지지발이붙은 D=150m/m pipe 1)강관(D=150m/m): 1.0m 2)원형봉강(D=16m/m , L=120cm 3ea): 1.58kg×1.2m×3ea 3)Steel Plate(D=250 T=4m/m 3ea): 1.54kg×3ea 4)고철 5)용접비(fillet용접 T=5m/m): 0.9m	
바	침하측정및 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 1 (축제)

NONE SCALE



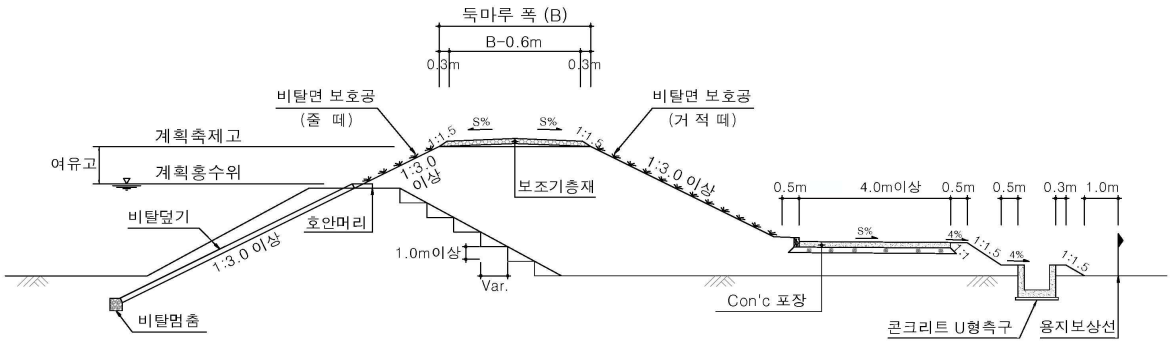
NOTE

1. 비탈경사는 1:3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 지형적인 어려움 등 불가피한 경우 제방특성 등을 검토하여 경사를 1:3 보다 급하게 설치할수 있다.
2. 더돋기는 연약지반의 경우에만 고려하며 표준단면에 계산치를 높이에 비례하여 전단면에 점선으로 표시한다.
3. 제내측 비탈끝에는 토사측구(축제공 참조) 또는 콘크리트측구(구조물공 참조)를 계획하되 가능한한 콘크리트측구로 계획한다.

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport	축제공 예시도	도면명	도면번호	일련번호
		축제공 표준단면도1	L-O-01	L-01

축제공 표준단면도 2 (제내축보, 절토)

NONE SCALE



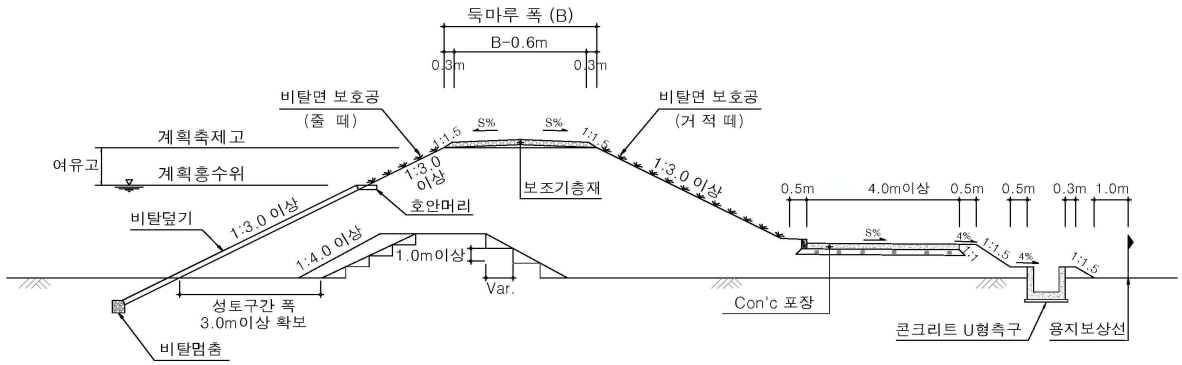
NOTE

1. 비탈경사는 1:3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 지형적인 어려움 등 불가피한 경우 제방특성 등을 검토하여 경사를 1:3 보다 급하게 설치할수 있다.
2. 더돋기는 연약지반의 경우에만 고려하며 표준단면에 계산치를 높이에 비례하여 전단면에 점선으로 표시한다.
3. 제내측 비탈끝에는 토사측구(축제공 참조) 또는 콘크리트측구(구조물공 참조)를 계획하되 가능한한 콘크리트측구로 계획한다.
4. 층따기는 축제저면 층 비탈경사가 1:4 보다 급한 구간 및 제내·외측 비탈면을 대상으로 한다.

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport	축제공 예시도	도면명	도면번호	일련번호
		축제공 표준단면도2	L-O-01	L-02

축제공 표준단면도 3 (제외축보)

NONE SCALE



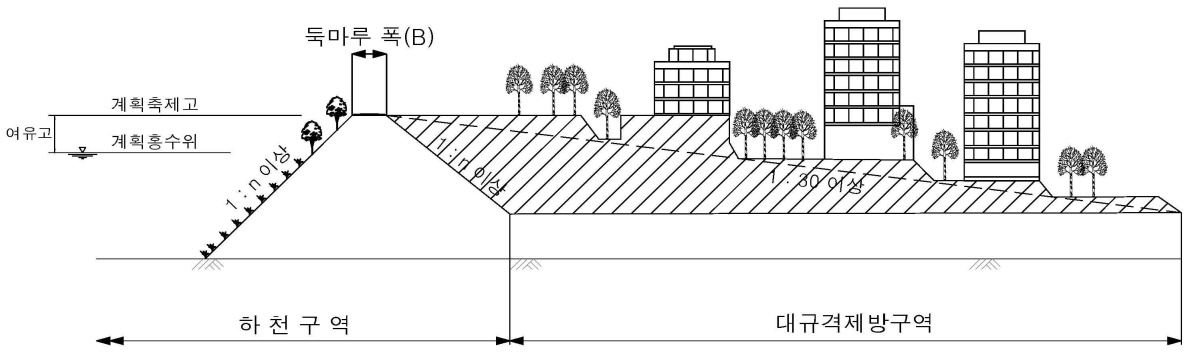
NOTE

1. 비탈경사는 1:3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 지형적인 어려움 등 불가피한 경우 제방특성 등을 검토하여 경사를 1:3 보다 급하게 설치할수 있다.
2. 더돋기는 연약지반의 경우에만 고려하며 표준단면에 계산치를 높이에 비례하여 전단면에 점선으로 표시한다.
3. 제내측 비탈끝에는 토사측구(축제공 참조) 또는 콘크리트측구(구조물공 참조)를 계획하되 가능한한 콘크리트측구로 계획한다.
4. 층따기는 축제저면 중 비탈경사가 1:4 보다 급한 구간 및 제내·외측 비탈면을 대상으로 한다.

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport	축제공 예시도	도면명	도면번호	일련번호
		축제공 표준단면도3	L-O-01	L-03

축제공 표준단면도 4 (대규격제방)

NONE SCALE



NOTE

1. 대규격제방 제내측 비탈경사는 1:30 이내로, 토제에 의한 성토구조를 원칙으로 한다.
2. 대규격제방은 대부분의 토지가 일반적인 목적으로 이용되도록 계획홍수량을 초과하는 규모의 유량에 대해서도 유실, 붕괴 등에 견딜 수 있는 안전한 구조로 설계한다.

국토교통부 Ministry of Land, Infrastructure and Transport	축제공 예시도	도면명	도면번호	일련번호
		축제공 표준단면도4	L-O-01	L-04

제2장 하상정리

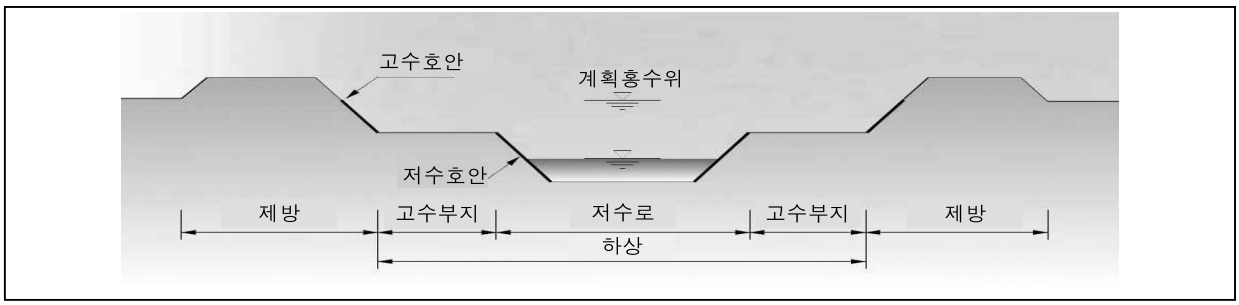
제2장 하상정리

2.1 설계요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

하상정리(하상퇴적토 준설)란 하천 상류로부터 내려온 이송물이 하상에 침전되어 형성된 퇴적토를 준설함으로써 하천의 치수, 이수, 수질개선, 친수공간 등의 기능 향상을 위한 공사를 의미한다.



(그림 2.1-1) **< 표준단면도 >**

나. 적용범위

하상정리의 사전조사, 준설, 준설토 처리 등과 관련된 제반 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 23)(2016, 국토교통부)
3) 항만 및 어항설계기준 · 해설(2014, 해양수산부)
4) 하수도시설 기준(2011, 환경부, 한국상하수도협회)

라. 설계일반사항

1) 준설은 하천고유의 하천 환경을 최대한 보전될 수 있고, 계획홍수량이 원활하게 소통될 수 있도록 퇴적구간을 중심으로 계획한다.
2) 준설은 하천기본계획 및 관련 상위계획에 제시된 방안을 기준으로 하되, 하천기본계획에 제시된 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.

마. 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 준설토를 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) 흘수 : 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.

바. 참고문헌

1) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)

2.1.2 사전조사

하상퇴적토 준설을 위한 사전조사는 '제1편 총칙 1.6.1 사전조사'를 참고하여 실시한다.

2.1.3 퇴적토 준설 계획

가. 준설방법 결정

1) 4대강 사업시 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.

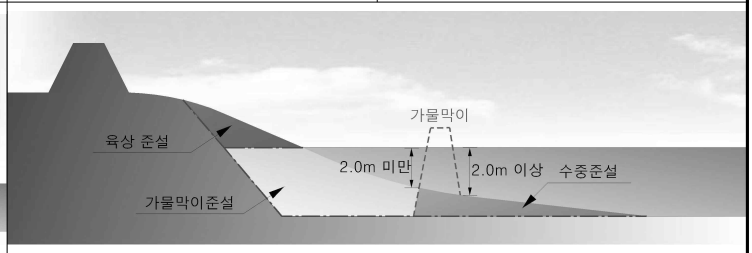
5) 수해복구공사 등과 같은 시급한 공사인 경우에는 공사기간 등을 검토하여 평수위보다 높은 수위를 준설기준수위로 결정할 수 있다.

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 2.1-1)

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 앞비탈기슭으로부터 최소한의 거리를 이격하거나 보강 대책을 수립하여 준설계획을 수립한다.

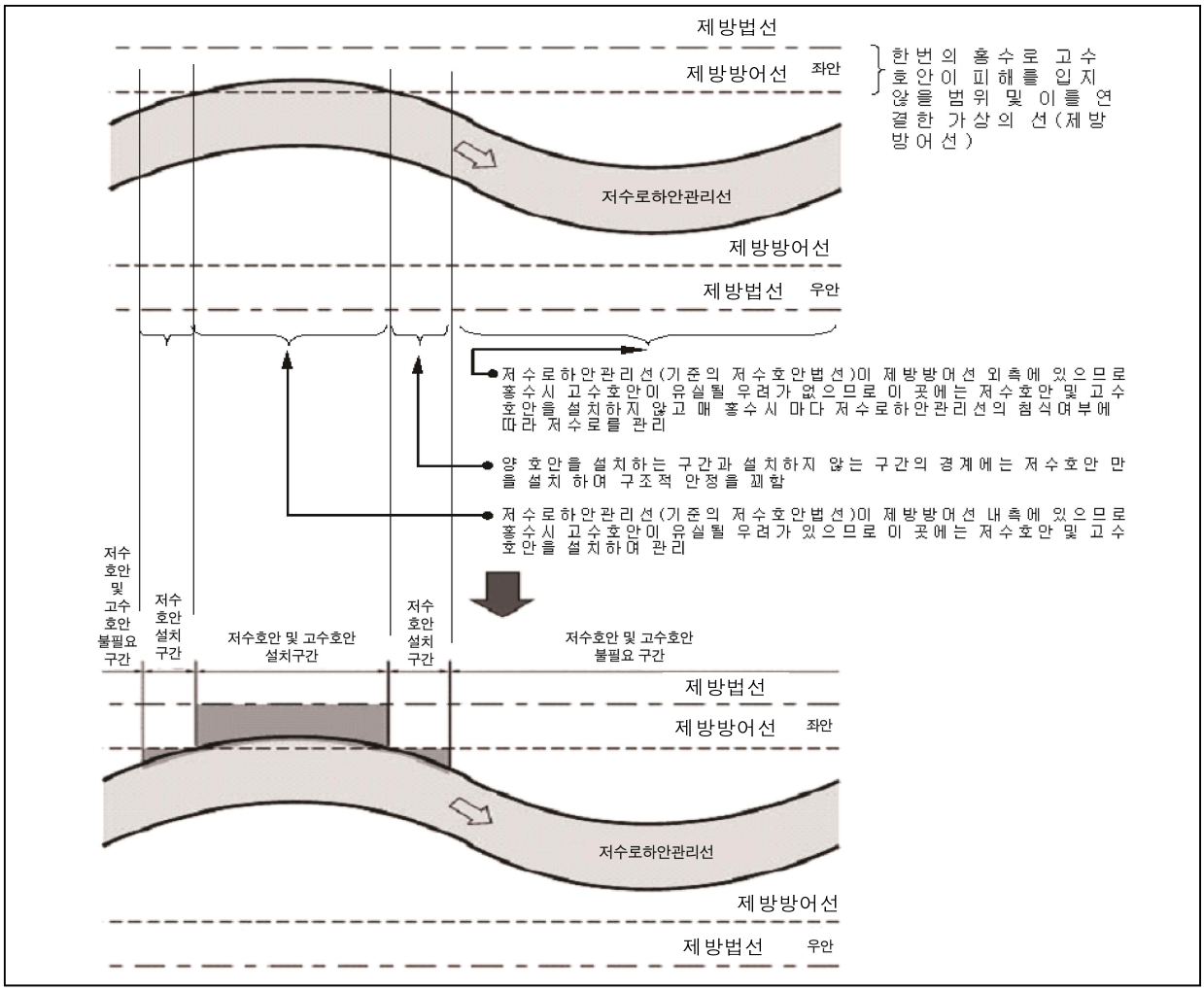
다) 제방의 안전성을 확보를 위한 제방방어선의 최소 이격거리는 육상준설시 이격거리 검토 방법에서 결정된 거리 이상으로 한다.(2.1.4 퇴적토 준설설계, 라. 육상준설 (21) ~ (23) 참고)

라) 제방 앞비탈기슭까지 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) 저수로하안관리선(저수로 선형)이 최소한의 제방방어선을 지키지 못하거나 수충 등으로 침식이 예상되는 지역에는 호안설치 등으로 비탈면 침식 방지를 위한 보강 대책을 수립한다.



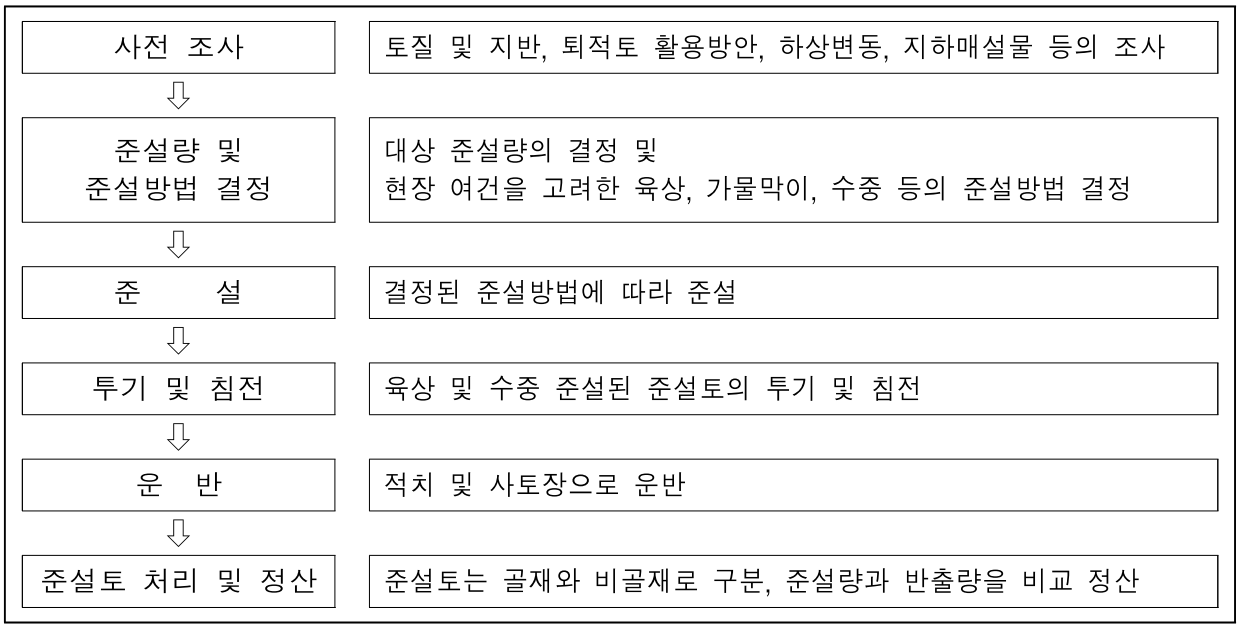
(그림 2.1-2) **< 제방방어선과 하안방어선 >**

2.1.4 퇴적토 준설 설계

하상 퇴적토 준설은 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 : 국립습지센터(https://www.wetland.go.kr), 환경지리정보서비스(https://egis.me.go.kr))
10) 하상 퇴적토 준설 설계흐름도는 다음과 같다.



(그림 2.1-3) **< 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 형성 될 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) 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 2.1-1) 참고하여 선정한다.

(그림 2.1-4) **< 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~다음년 5월)에 작업이 집중되는 여건을 고려하여 공정계획을 수립한다.

18) 퇴적토 준설시 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 검

토된 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 2.1-5) **< 가물막이 준설 >**

2) 가물막이 준설은 준설장비는 현장 여건과 (표 2.1-1) 참고하여 선정한다.

3) 가물막이의 축제고는 준설 기준수위에 여유고 60cm를 더하여 결정한다. 또한 둑마루폭은 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 2.1-1) 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 2.1-6) **< 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 오니토 항목별 기준(하천공사 표준시방서(표 3.4)(2016, 국토교통부))의 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 하류의 생태 및 유수이용 등을 감안하여 오탁수 유출에 의한 피해를 최소화 할 수 있는 공법을 채택하고, 오탁방지막 설치 등 수질보호 대책 등을 설계에 반영한다.

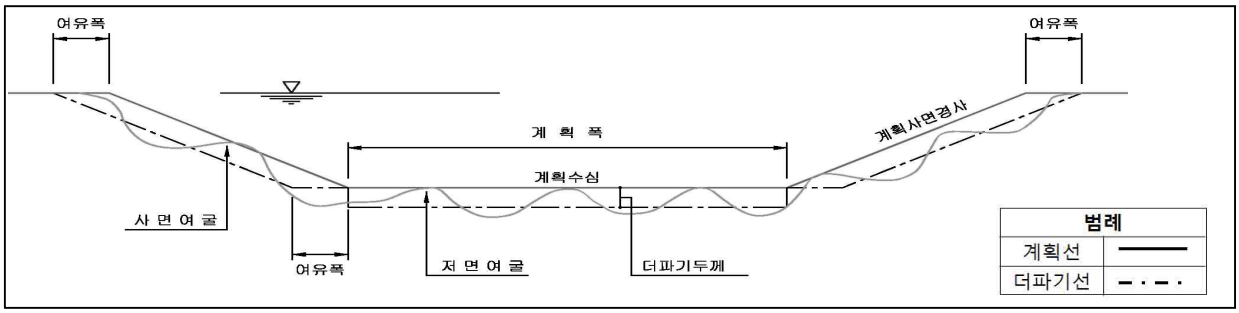
2) 준설량 산정

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 2.1-7) **< 더파기 단면 >**

< 더파기 두께 기준 >

(표 2.1-2)

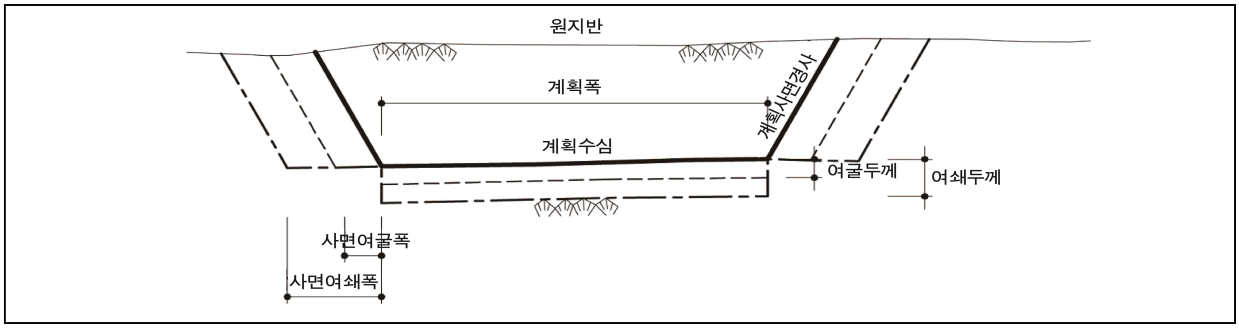
토 질	선 종	수심별 더파기 두께(m)		
		5.5m 미만	5.5 ~9.0m 미만	9.0m 이상
점토질 토사 및 사질 토사	펌프 준설선	0.6	0.7	1.0
	그래브 준설선	0.5		0.6
암 반	그래브 준설선	0.5		

주) 자료출처 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 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 기준은 아래 그림 및 표와 같으나 준설량은 더파기(여굴, 표 2.1-2 기준)량만 포함시킨다.



(그림 2.1-8) **< 암반 더깨기 단면 >**

< 암반 더깨기 기준 >

(표 2.1-3)

구 분	저면 여쇄 두께(m)	사면 여쇄 두께(m)
암 반	0.8 (저면 더파기 두께 0.5m 포함)	2.0 (사면 더파기 폭 1.0m 포함)

주) 자료출처 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 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 2.1-4)

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 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 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 수립한다.

< 준설경사면 기준 >

(표 2.1-5)

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(2014, 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 2.1-6)

토질별	유보율(%)
점토 및 점토질 실트	70 이하
모래질 실트	70 ~ 95
자 갈	95 ~ 100

주) 자료출처 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 해양수산부)

< 입경별 유실률 >

(표 2.1-7)

입 경(mm)	유실률(%)	입 경(mm)	유실률(%)
1.2 이상	없 음	0.3 ~ 0.15	20 ~ 27
1.2 ~ 0.6	5 ~ 8	0.15 ~ 0.075	30 ~ 35
0.6 ~ 0.3	10 ~ 15	0.075 이하	30 ~ 100

주) 자료출처 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 해양수산부)

(4) 하천 준설시 해안 매립지와 같이 유보율이 100%에 근접할 수 있도록 투기장 및 침사지(침전조) 설계 관련 최신기술을 반영한다.

(5) 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 (4대강사업 한강3공구 설계적용 예)

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						

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 2.1-8)

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 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 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 2.1-9) **< 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 내

린후, 회전시키면서 준설토사를 준설하고 이를 연결된 흡입관과 래더펌프(ladder pump)에 의하여 메인펌프(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(汚泥浚渫船)

해저 오니(汚泥)를 준설하기 위하여 고함니율(高含泥率)로 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(오니케익)모양의 고체형상으로 하여 필요한 현장에 재활용하는 기술이 개발되고 있다.

사) 선종별 준설심도

준설선의 선종별 준설심도는 다음과 같다.

< 선종별 준설심도 >

(표 2.1-9)

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 : 항만 및 어항 설계기준해설(2014, 해양수산부)

< 준설선의 종류 >

(표 2.1-10)

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 2.1-10) 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.

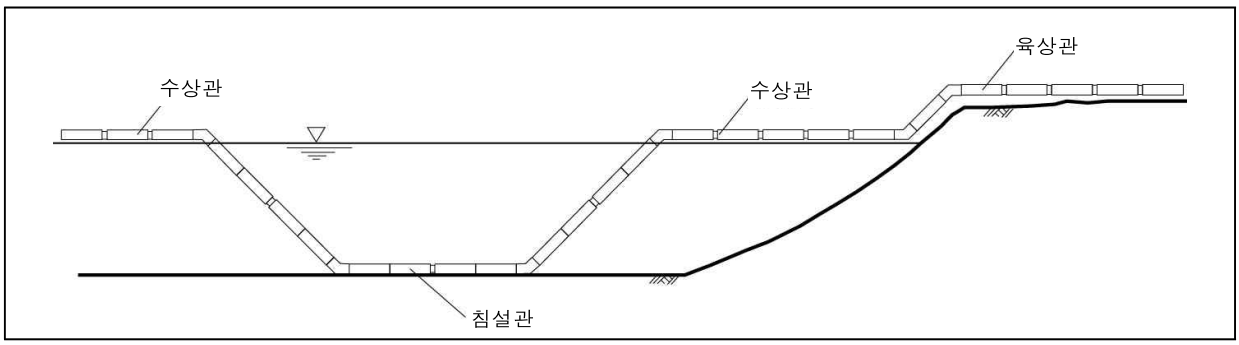
다) 침설관

(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 2.1-10) **< 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)

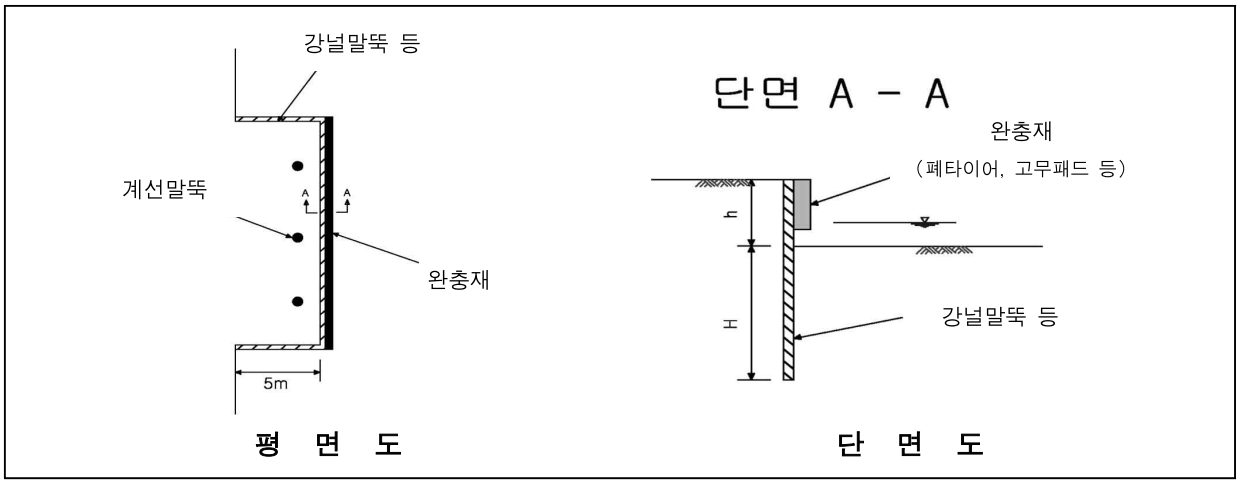
준설선과 준설선 외의 부속선을 끌고 가는 선박

라) 임시 접안시설

(1) 닻 놓기에 양호한 토질과 흘수를 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 2.1-11) **< 임시접안시설 예시도 >**

(그림 2.1-12) **< 접안시설 전경 >**

7) 준설토 투기 및 침전

가) 투기장

(1) 투기장은 준설 후 함수비가 높은 토사를 함수비를 낮추어 적치장, 사토장으로 운반하기 전 임

시적인 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.

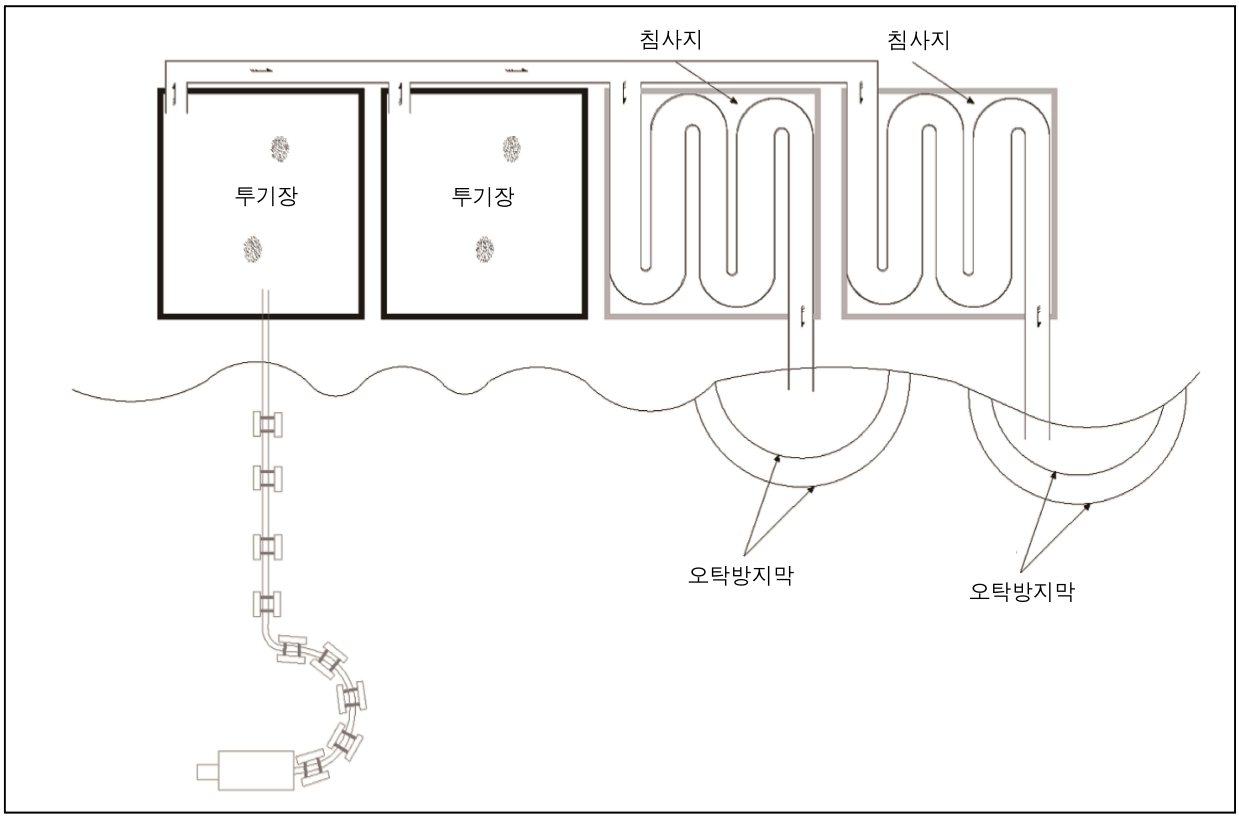
(5) 투기장 후보지의 여건을 고려하여 필요시 표토제거 및 벌개제근을 할 수 있다.

(6) 유출구는 현장 여건에 따라 1곳 이상을 설치할 수 있다.

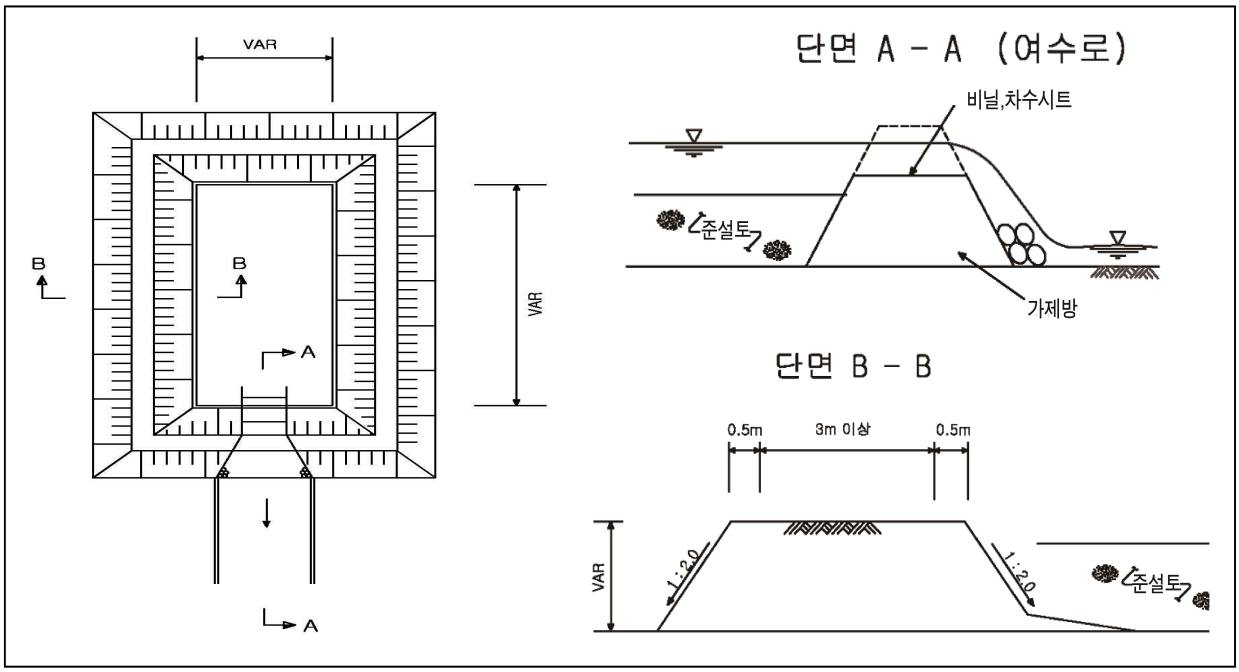
(7) 투기장의 크기는 준설량 투기시 체적변화비가 1 이상이고, 투기장의 위치가 하천주변이므로 침하를 예상하여 충분한 크기로 계획한다.

(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 2.1-13) **< 펌프준설의 준설토 투기장 모식도 >**



(그림 2.1-14) **< 투기장 예시도 >**

나) 이동식 투기장

투기장 확보가 곤란한 경우 이동식 투기장을 설치하여 준설토의 함수비를 낮출 수 있다.

< 이동식 투기장 >

(표 2.1-11)

구 분	준설토 분리장치
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

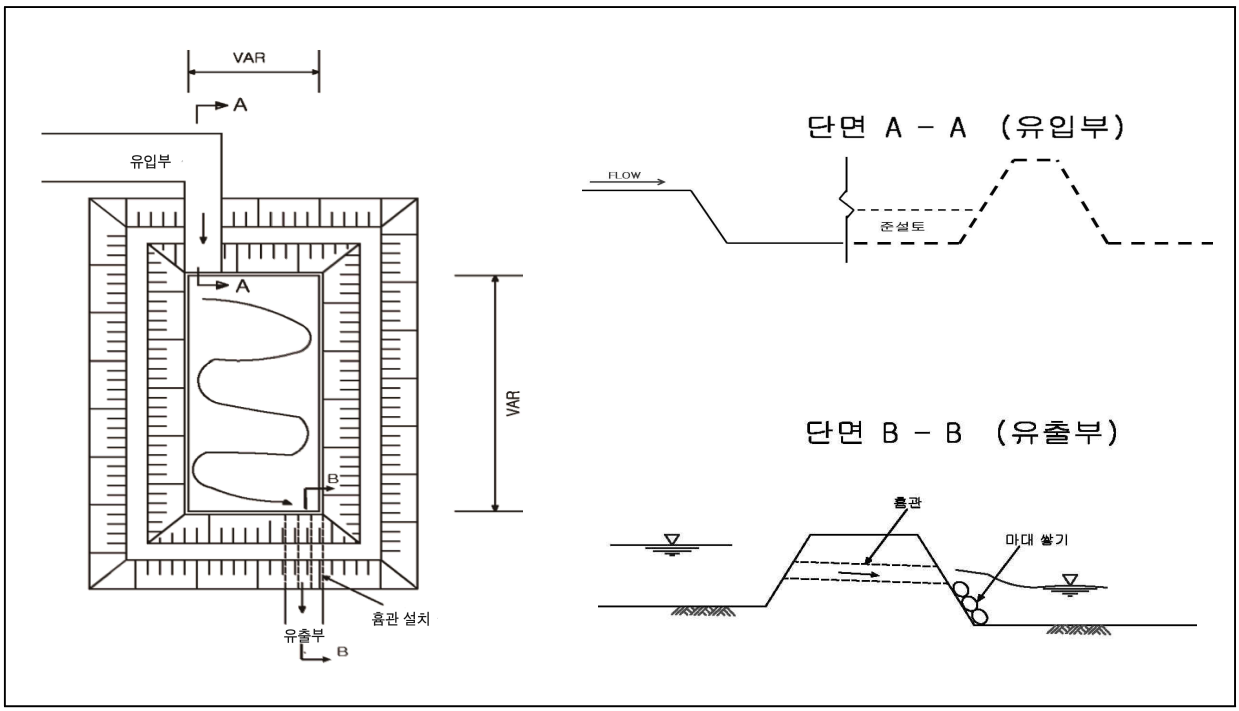
유도하는 축조물이다.

(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 반출 시간 등을 고려하여 결정한다.

(5) 침사지의 바닥경사는 유입구 방향이 낮게 경사 1/100 ~ 1/50로 한다.



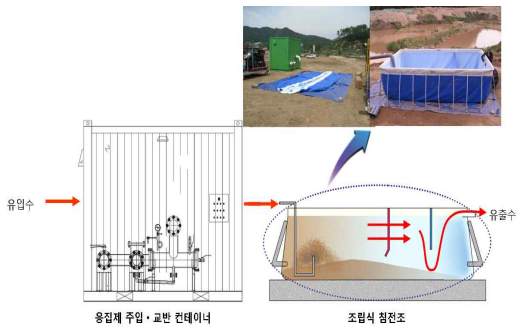
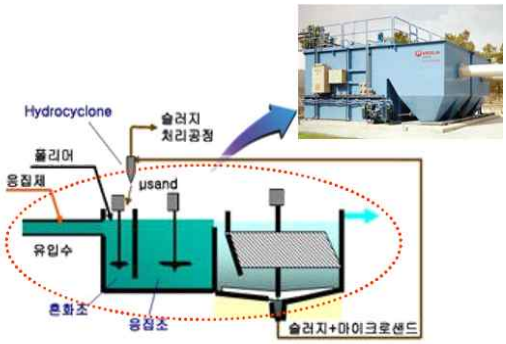
(그림 2.1-15) **< 침사지 예시도 >**

라) 이동식 침전조

침사지 확보가 곤란한 경우 이동식 침전조를 설치하여 인위적으로 부유물을 침강시켜 하천에 재유입 되지 않도록 한다.

< 이동식 침전조 >

(표 2.1-12)

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 2.1-13)

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)

4대강 사업시 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

2.1.5 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, 15-3 골재(2016, 국토교통부)' 와 '골재자원조사 및 산출물 작성지침, <표 1.26> 잔골재 품질규격(2010, 국토해양부, 한국수자원공사)' 를 참고하여 판정한다.

- 잔골재

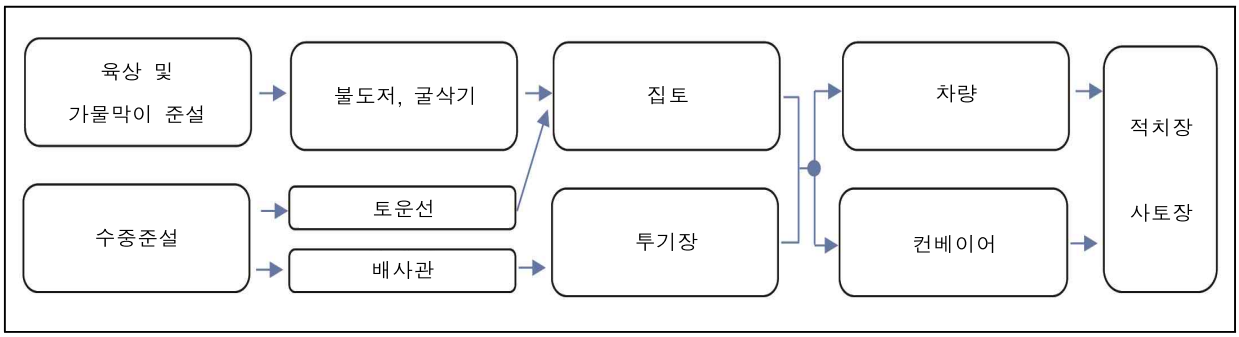
  콘크리트용 잔골재란 5㎜체를 다 통과하고, 0.08㎜체에 다 남는 골재 또는 10㎜체를 전부 통과하고 5㎜체를 거의 다 통과하며, 0.08㎜체에 거의 다 남는 골재를 말한다.

- 굵은골재

  콘크리트용 굵은골재란 5㎜체에 다 남거나 또는 거의 다 남는 골재를 말한다

나. 준설토의 처리

1) 준설토 처리 공정은 다음과 같다



(그림 2.1-16) **< 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 공사관계자간 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.

2.1.6 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 표준시방서(표 3.4)(2016, 국토교통부))의 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.

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 참고

하여 필요한 대책을 수립한다.

다. 오니토 처리

오니토는 우선적으로 재활용(건축·토목공사의 성토재, 농지·저지대·연약지반 복토재 등)가능 여부를 검토하여 최대한 재활용 하도록 하고, 재활용이 곤란한 경우 폐기물관리법에 따라 처리하는 것으로 계획한다.

2.2 수량산출 요령

2.2.1 수량산출내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1	하상정리공				
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		

2.2.2 일반사항

하상 퇴적토 준설 수량은 준설방법에 따라 육상준설, 가물막이(가체절)준설, 수중준설 등으로 구분하여 산출한다.

1) 준설토은 자연 상태의 체적(㎥)으로 표시한다.
2) 준설토은 20m 간격의 횡단측량에 의한 양단면 평균법으로 산출한다.
3) 준설토는 토사, 골재, 오니토 등으로 구분하여 산출한다.
4) 준설토는 유용지역별로 구분하여 산출한다.
5) 현장 여건을 고려한 규격으로 구분하여 수량을 산출한다
6) 규격은 규모를 명기하여 단가산출시 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.

2.2.3 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.

2.2.4 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.

2.2.5 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 설계요령 (표 2.1 - 2)를 기준한다.

5) 여유폭은 설계요령 (표 2.1 - 4)를 기준한다.

6) 준설 경사면은 설계요령 (표 2.1 - 5)를 기준한다.

7) 토질별 준설선의 선정은 설계요령 (표 2.1 - 8)를 기준한다.

8) 준설선의 선종별 준설심도는 설계요령 (표 2.1 - 9)를 기준한다.

9) 펌프준설의 유보율과 유실률는 설계요령 (표 2.1 - 6 ~ 7)을 기준한다.

10)) 선단 조합은 아래표를 기준한다.

<table>
<tr><th colspan="2">준설선</th><th colspan="4">준설선 부속선단 및 부속기계 기구</th></tr>
<tr><th>선종</th><th>규격(kW)</th><th>예선(kW)</th><th>배송관(mm)</th><th>양묘선(kW)</th><th>연락선(kW)</th></tr>
<tr><td rowspan="12">비항
펌프선</td><td>224</td><td>119 ~ 134</td><td>310</td><td>7.5 ~ 37.3</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>448</td><td>187</td><td>510</td><td>37.3 ~ 74.6</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>746</td><td>261</td><td>610</td><td>89.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>895</td><td>261</td><td>610</td><td>89.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>1,492</td><td>336</td><td>710</td><td>89.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>1,641</td><td>336</td><td>710</td><td>89.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>2,462</td><td>373</td><td>710</td><td>149.2</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>2,984</td><td>373 ~ 597</td><td>710</td><td>149.2</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>3,282</td><td>597</td><td>710</td><td>149.2</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>4,476 ~ 8,952</td><td>597~1,492</td><td rowspan="2">760</td><td rowspan="2">186.5 이상</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>14,920</td><td>746 : 1척
1,790 : 1척</td><td>29.8</td></tr>
<tr><th>선종</th><th>규격(㎥)</th><th>예선(kW)</th><th>토운선(㎥)</th><th>양묘선(kW)</th><th>연락선(kW)</th></tr>
<tr><td rowspan="10">그래브
준설선</td><td>0.65</td><td>-</td><td rowspan="3">척수와 용량은
작업조건에
따라 조정</td><td>7.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>1.00</td><td>-</td><td>7.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>1.55</td><td>-</td><td>7.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>3.00</td><td>119</td><td>60</td><td>7.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>5.00</td><td>119</td><td>60</td><td>7.5</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>6.00</td><td>119</td><td>60, 100</td><td>22.4</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td>7.50</td><td>119</td><td>60, 100</td><td>22.4</td><td>29.8</td></tr>
<tr><td rowspan="3">12.50 ~ 25.0</td><td>134</td><td>200</td><td rowspan="3">37.3</td><td rowspan="3">29.8</td></tr>
<tr><td>187</td><td>300</td></tr>
<tr><td>336</td><td>500 이상</td></tr>
</table>

주) 자료출처 : 건설공사 표준품셈(2017. 국토교통부, 제12장 항만), 항만 설계품셈(배송관)

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 기계화 시공, 8-34 펌프식 준설선' 을 참고하여 결정한다

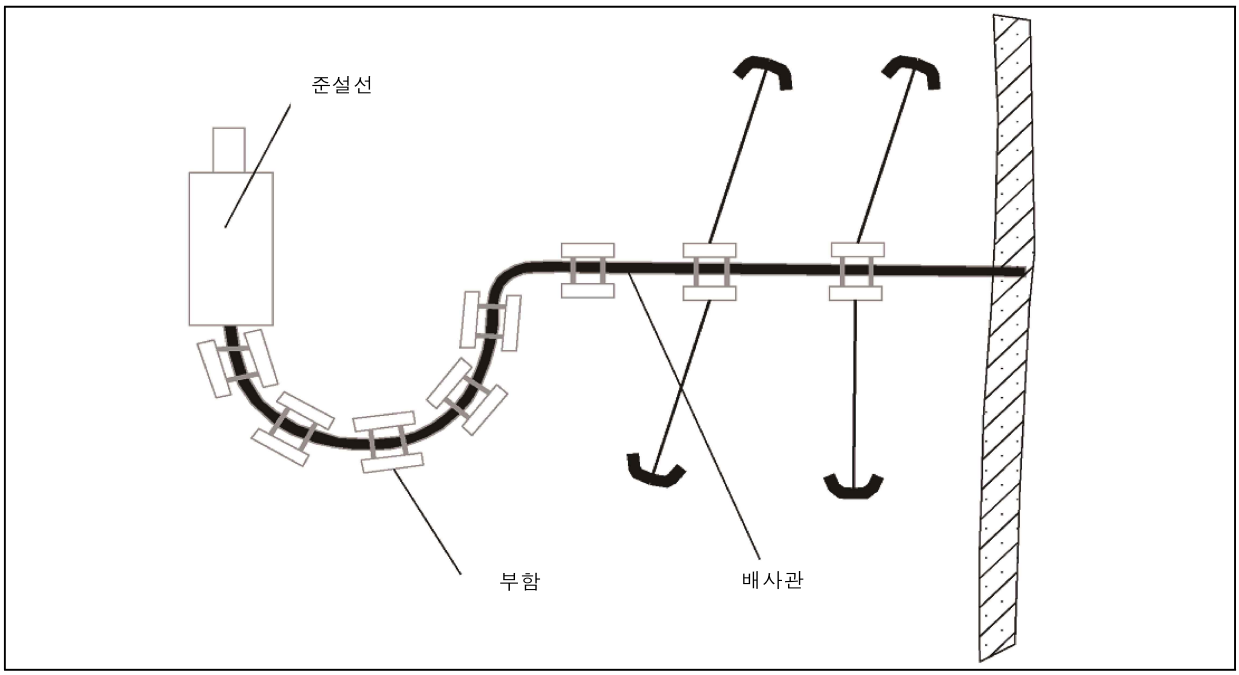
4) 배송관은 수상관, 육상관, 침설관으로 구분되어 설치되나 하천 펌프준설의 배송관 설치는 수상관, 육상관으로 이루어진다.

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 2.2-1) **< 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. (제방편 참조)

2) 투기장은 축조 및 헐기로 구분하여 적용한다.(부대시설편 가물막이 참조)

3) 유출수로는 터파기를 기준하여 적용한다.

마. 침전지

1) 필요시 표토제거, 벌개제근, 벌목 등을 할수 있다. (제방편 참조)

2) 침전지는 축조 및 헐기로 구분하여 적용한다.(부대시설편 가물막이 참조)

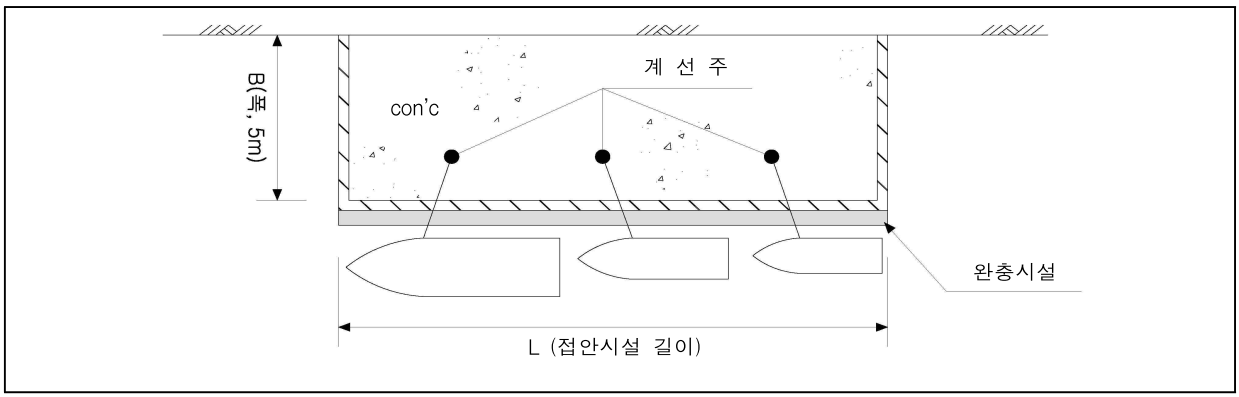
3) 유출 배수구는 흄관 또는 토사 측구의 유량 및 현지 여건에 맞추어 설치한다.

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 2.2-2) **< 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 항타심도를 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) 수량산출에서 인력, 기계로 구분하지 않고 단가산출에서 기계 90% + 인력 10%로 적용한다.

마) 무근콘크리트 깨기는 폐기물처리를 위한 수량을 산출한다.(단위중량은 2,300kg/㎥)

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.

2.2.6 준설토 운반

1) 준설토 운반은 적재와 준설토 운반으로 구분하여 산출한다.

2) 적재 및 운반장비는 현장 여건을 고려하여 경제적인 장비로 결정한다.

2.2.7 장비 및 자재 운반

1) 장비운반

가) 장비운반으로 육상준설장비, 수중준설장비로 구분하여 산출한다.

나) 육상준설용 장비는 투입대수를 산출한다.

다) 하천 준설을 위한 장비의 운반은 운반경로와 운반거리를 산출한다.

라) 준설선 운반은 육상운반을 적용하고, 현장 여건에 따라 수상운반도 적용할 수 있다.

마) 운반거리는 최단 거리의 광역시, 도청을 기준으로 산출하고, 시공시 정산 할 수 있게 설계도서를 작성한다.

2) 자재운반

가) 펌프준설에 사용되는 배송관, 부함, 고무슬리브는 현장도착도를 적용하되, 현장도착도가 없는 경우에는 운반비를 적용할 수 있게 수량을 산출한다.

2.3 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 본 단가산출의 작업효율은 보통으로 현장여건에 따라 변경가능 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
2.3.1	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」 8-34 펌프식 준설선

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.1	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
2.3.2	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」 12-4-1펌프준설선 배송관 부설

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.2	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
2.3.2	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
2.3.2	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
2.3.3	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」 8-35 그래브 준설선

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.3	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 =	
2.3.4	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
2.3.4	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 =	
2.3.5	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」 8-3 불도저

제3장 호 안

제3장 호 안

3.1 설계요령

3.1.1 일반사항

가. 정의

제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물로써 비탈덮기, 비탈멈춤, 기초, 밑다짐으로 구성되며, 설치위치에 따라 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 분류할 수 있다.

1) 비탈덮기 : 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위하여 설치하는 것을 말한다.

2) 비탈멈춤(기초) : 비탈덮기의 움직임을 막아 견고한 비탈면을 유지토록 비탈덮기의 밑단에 설치하는 것을 말한다.

3) 밑다짐 : 비탈덮기 및 비탈멈춤의 하상변화에 의한 움직임을 막기 위하여 하상 변화에 대한 순응성(굴요성)을 가진 재료로 비탈멈춤 앞에 설치하는 것을 말한다.

4) 고수호안 : 하천이 복단면일 경우 고수부지 위의 제방 앞비탈을 보호하기 위해 설치한다.

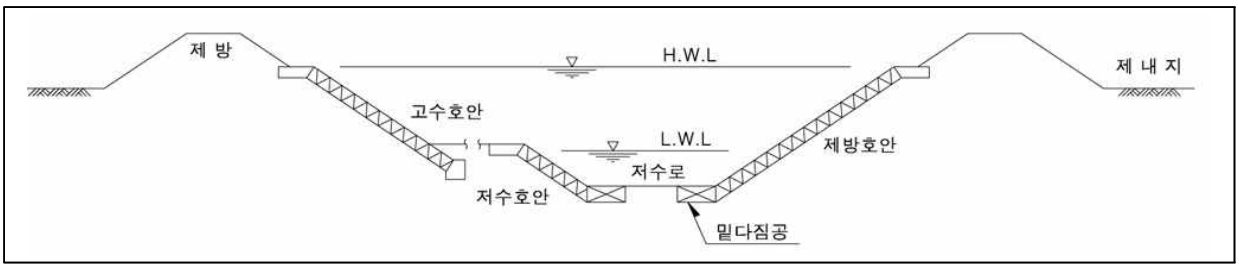
5) 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로 비탈면에 설치한다.

6) 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.

7) 호안머리 : 비탈덮기 상단을 세굴로부터 보호하기 위해 설치하는 것을 말한다.

8) 호안머리보호공 : 저수호안의 비탈덮기 상단을 세굴로부터 보호하기 위해 호안머리와 함께 설치하는 것을 말한다.

9) 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



(그림 3.1-1) **< 설치위치에 따른 호안의 분류 >**

나. 적용범위

본 장은 하천 호안 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 10)(2016, 국토교통부)

라. 설계일반사항

1) 호안은 최소 경비로 최대 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 고려해서 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.

마. 참고문헌

1) 하천설계기준・해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)
3) 소하천 설계기준(2012.03 소방방재청, 국립방재연구원)
4) 에코리버 21 기술보고서(2011, 건설기술혁신사업단)
5) 호안의 역학설계법(1998, 산해당)

3.1.2 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

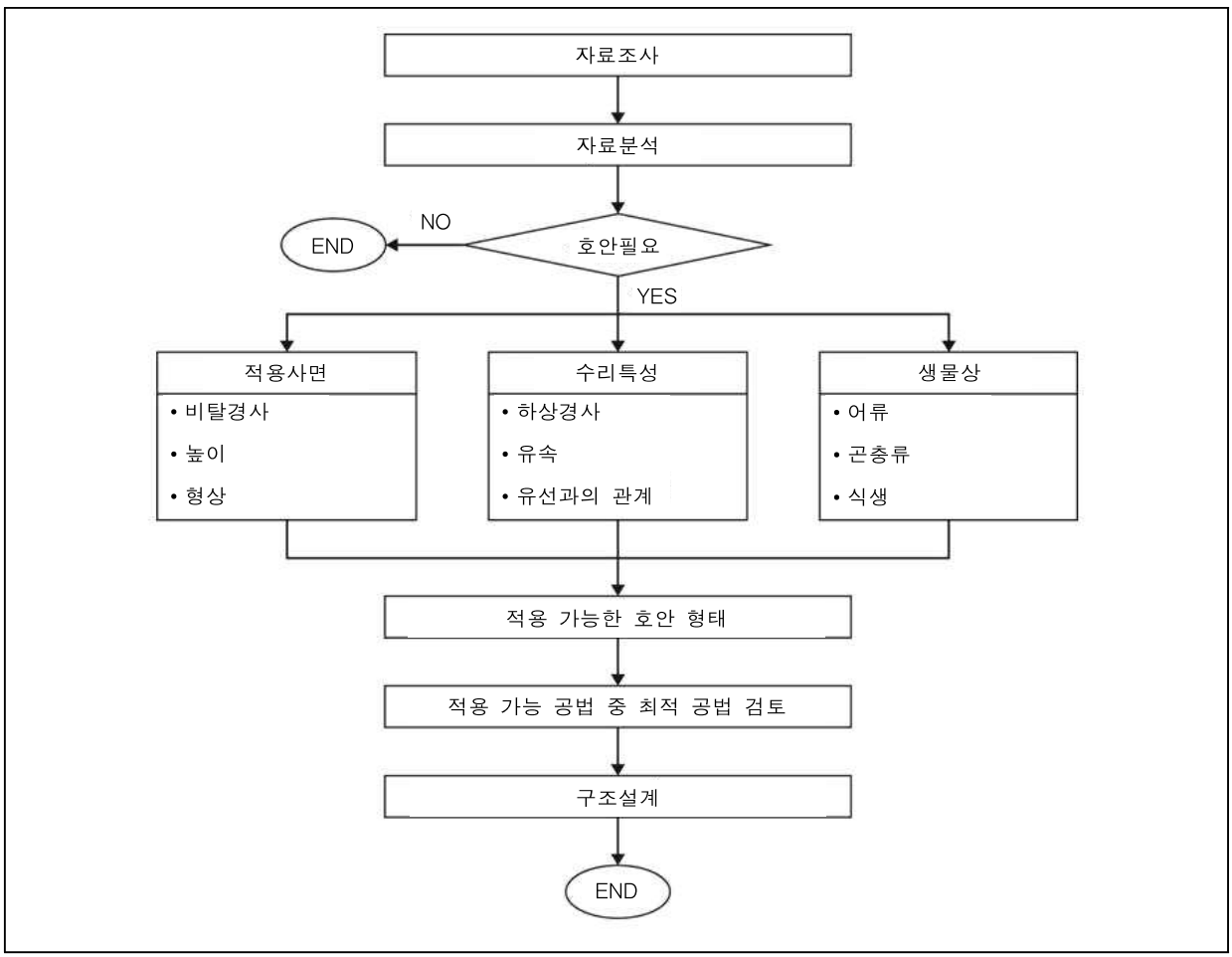
4) 조석 영향

3.1.3 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 3.1-2)과 같다.



(그림 3.1-2) **< 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 설치한다.

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.

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.

3.1.4 호안 설계 요령

가. 비탈덮기

1) 비탈덮기의 높이는 고수 및 제방호안은 계획홍수위까지로 하되, 다음의 경우는 앞비탈머리 높이까지로 한다.

가) 특별히 중요한 제방

나) 파랑이 발생하는 장소

다) 급류하천(수면경사 1/200 이상)

라) 제방높이 2.0m 미만의 산지부 계곡하천

마) 고조의 영향을 받는 하구부

바) 굴곡이 심한 만곡부 외안측

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 3.1-1)

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 쌓 기	-	1 : 1.5
	메 쌓 기	3 미만	1 : 2.0
콘크리트 방틀		-	1 : 1.5
돌망태 붙임 콘크리트붙임		3 이상	1 : 2.0
		3 미만	1 : 1.5

주) 자료출처 : 하천설계기준・해설(2009. 국토해양부)

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 1.9 특정 공법·자재 설계적용' 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 3.1-2)

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 +사 석 환 경 형 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)		
환 경 보 전 형 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

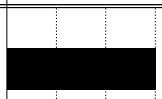
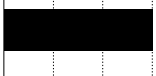
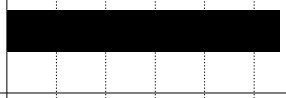
▒ 기본적으로 사용하지 않음.(다른 호안공법으로 시공할 수 없는 경우에 사용)

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 3.1-3)

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) 바구니틀(다단)		○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 3.1-4)

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 3.1-5)

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 3.1-6) (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(에코리버 21 기술보고서, 2011)

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 3.1-7)

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

(표 3.1-7) 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 3.1-8)

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 3.1-9)

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

5) 계획하상고가 정해져 있지 않은 경우에는 현재의 하상고에 (표 3.1-10)의 홍수시 일시적 세굴깊이를 더하여 결정한다.

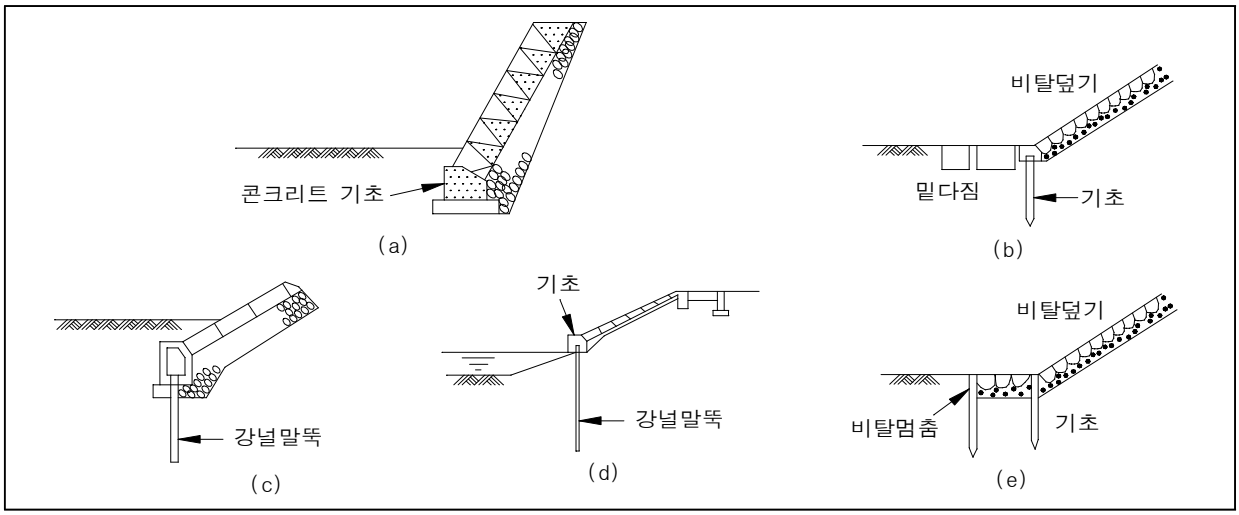
< 홍수시 일시적 세굴깊이 >

(표 3.1-10)

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 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

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



(그림 3.1-3) **< 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 3.1-11)

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 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

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.

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) 설치 시 호안머리공의 폭은 1~2m, 호안머리보호공의 폭은 1.5~2m 정도로 설치하나 하도의 특성에 맞게 적절한 폭을 확보하여야 한다.

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

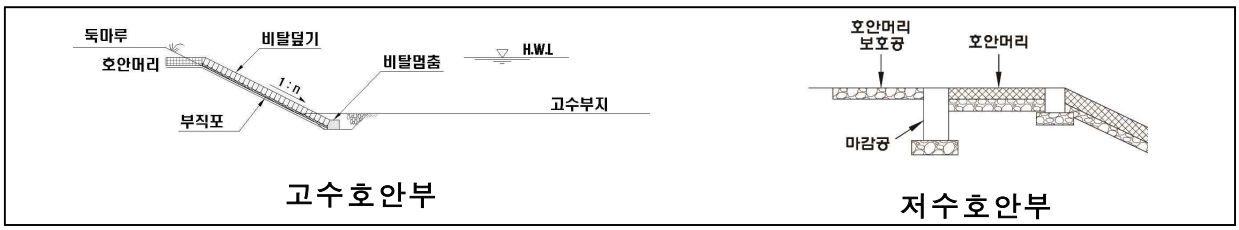
라) 호안머리보호공은 친수하천 조성을 위한 산책로, 자전거도로 등 다양한 활용방안이 강구될 수 있으나 유수 흐름에 저해되는 가드레일, 가로등, 벤치 등의 설치는 지양해야 한다.

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

아) 콘크리트 구조일 경우는 그 폭을 충분히(1.5m 이상) 확보하고, 세굴을 감안하여 직립구조(종대

공)의 벽체를 1.0m 이상 근입하여 설치한 다음 사석, 잡석 등의 채움재로 되메움 하여야 한다.

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



(그림 3.1-4) **< 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.

3.1.5 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 설치 할 경우 홍

수위 상·하부를 구분하여 호안의 기능에 문제가 없도록 충분한 검토를 실시한 후 두께 및 인장강도 등을 고려하여 선정한다.

(그림 3.1-5) **< 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 이용되어진다.

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 3.1-6) **< 타원형, 매트리스형 돌망태 >**

라. 돌붙임, 돌쌓기(석축)

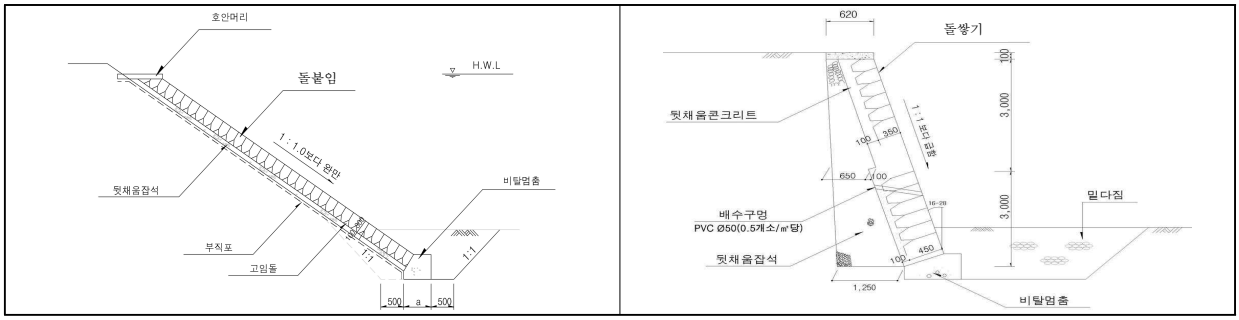
가능한 완경사의 돌붙임을 적용하는 것을 원칙으로 하나 사용되는 돌의 종류(깬돌, 깬잡석, 야면석 및 견치석) 및 시공방법(메쌓기, 찰쌓기)등을 고려하여 대상하천의 주변 환경 및 시공성, 경제성, 재료 구득의 용이성 등을 검토하여 적용하여야 하며 통수능 및 하상의 폭을 확보할 필요가 있는 등의 부득이한 경우에는 돌쌓기(석축)를 적용할 수 있으며 이때 최소비탈경사는 1:0.3으로 한다.

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 3.1-7) **< 돌붙임 및 돌쌓기 >**

(그림 3.1-8) **< 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 3.1-9) **< 콘크리트블록 예시도 >**

< 콘크리트 호안블록 형상별 분류 >

(표 3.1-12)

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 3.1-13)

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.

(그림 3.1-10) **< 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.

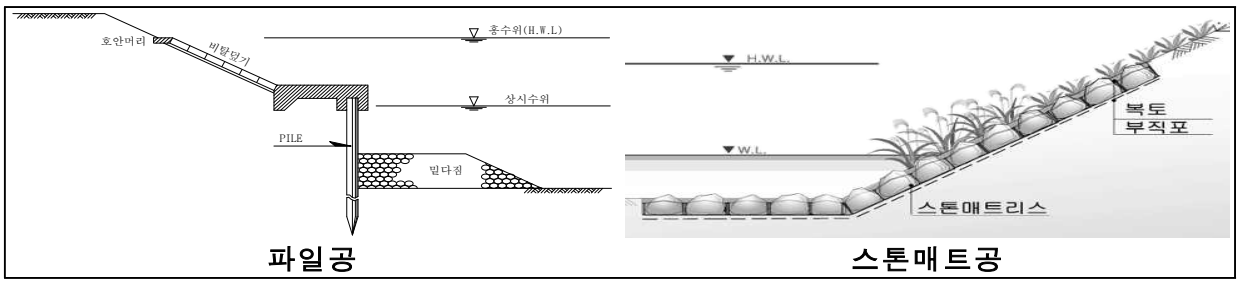
방틀은 서로 결속하는 것을 원칙으로 하며, 시공시 미관을 고려하여 배치에 유의하여 밀착 시공을 해야 하며 곡선부 및 이음부 등 밀착이 어려운 곳에는 모르타르 또는 돌쌓기 틈 메우기를 하고 수충부 등에서는 찰쌓기로 할 수 있다.

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 3.1-11) **< 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.

타. 기타 호안

이외의 특수호안이나 신공법의 호안은 그 특징과 장·단점을 면밀히 파악하고 적정성을 충분히 검토하여 적용한다.

3.2 수량산출요령

3.2.1 수량산출내역

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		㎡		

3.2.2 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	

3.2.3 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.

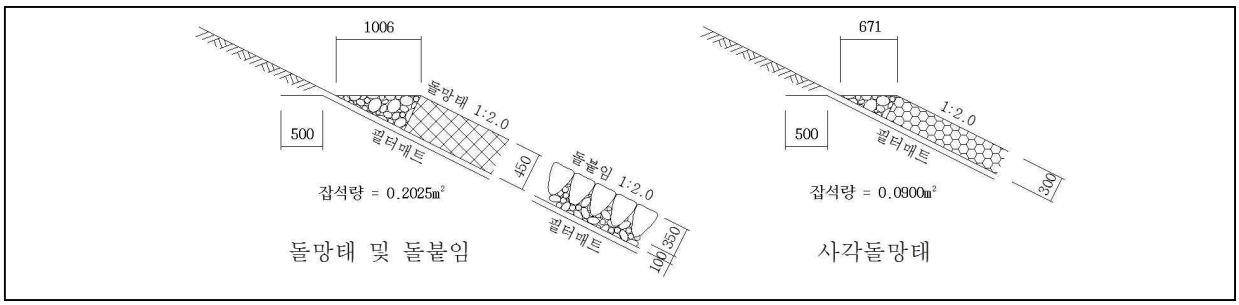
2) 면적산출 시 단위길이는 사사오입하여 0.5m 단위로 산출한다.

3) 제품의 구입비는 현장 도착도이며, 설치장소를 기준하여 100m 이내에 도착하는 것으로 하고, 블록의 설치 시 소운반(L=50m)은 경운기 등으로 별도 계상한다.

3.2.4 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.

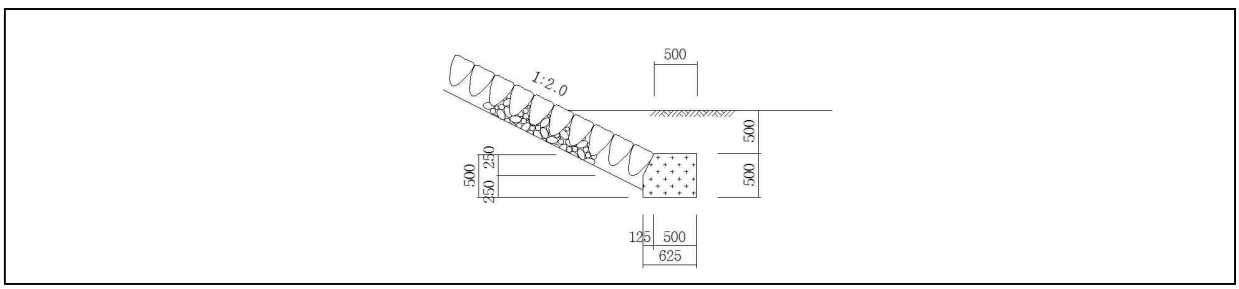


(그림 3.1-12) **< 돌망태 및 돌붙임, 사각돌망태 호안머리 >**

3.2.5 비탈멈춤(기초)

가. 돌붙임(㎥)

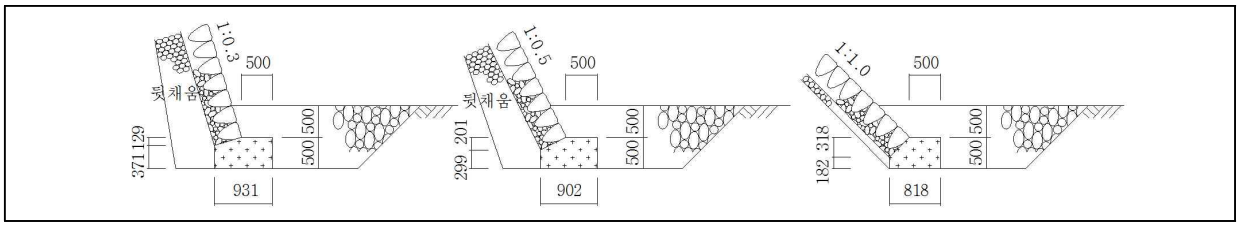
돌붙임 호안의 비탈멈춤 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 비탈길이의 면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.



(그림 3.1-13) **< 돌붙임 비탈멈춤(기초) 예 >**

나. 돌쌓기(석축)(㎥)

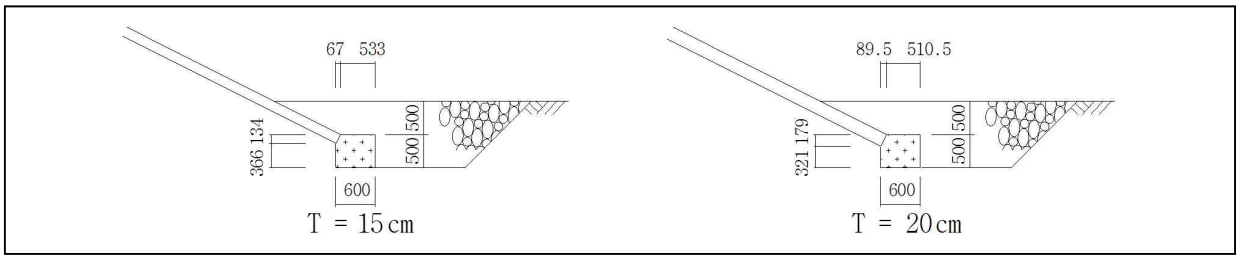
돌쌓기 호안의 비탈멈춤 수량은 전개도에서 곡선부 보정이 고려되어야 하며, 비탈길이의 면적(㎡)과 보정한 연장을 곱하여 체적(㎥)으로 산출한다.



(그림 3.1-14) **< 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.

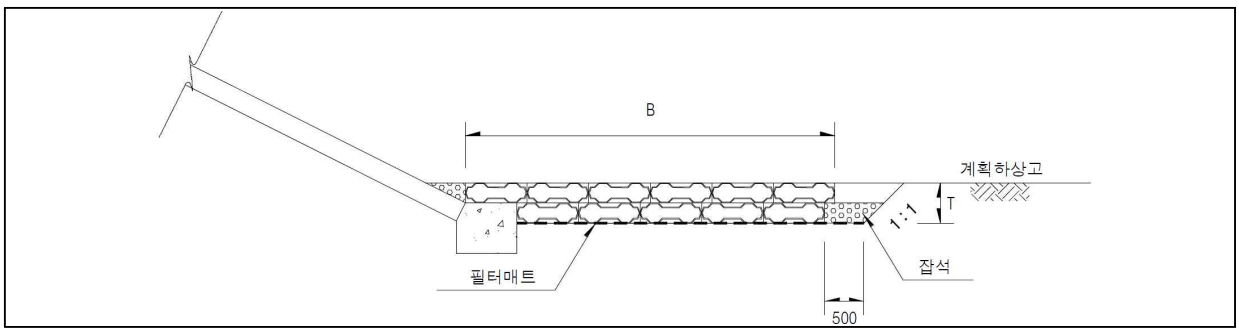


(그림 3.1-15) **< 콘크리트 블록 비탈멈춤(기초) 예 >**

3.2.6 밑다짐

가. 콘크리트 블록(㎡)

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



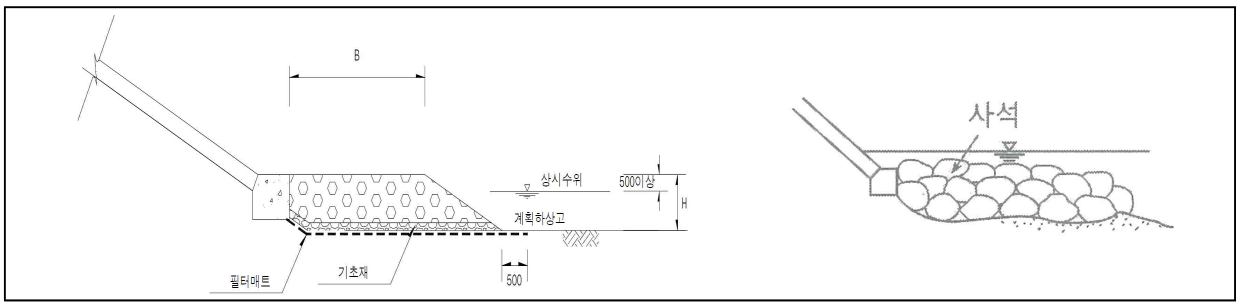
(그림 3.1-16) **< 콘크리트 블록공의 (기어형 콘크리트) 예 >**

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.

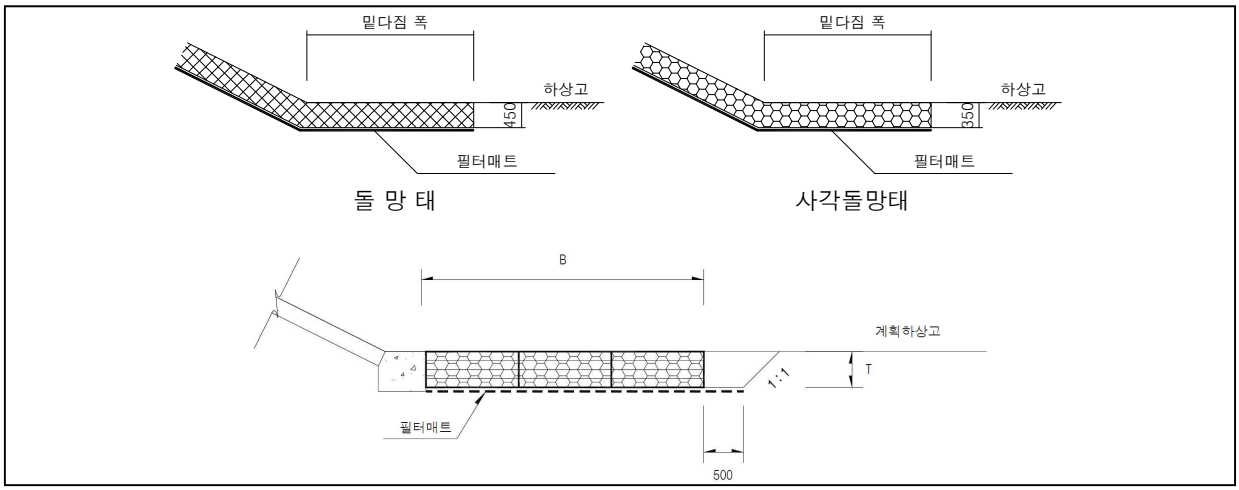
3) 사석은 계획홍수량 유하시 소류력에 저항할 수 있는 규모이어야 한다.(최소규격 30kg/개 이상)



(그림 3.1-17) < **사석부설의 예** >

다. (매트리스형) 돌망태(㎡)

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



(그림 3.1-18) < **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.

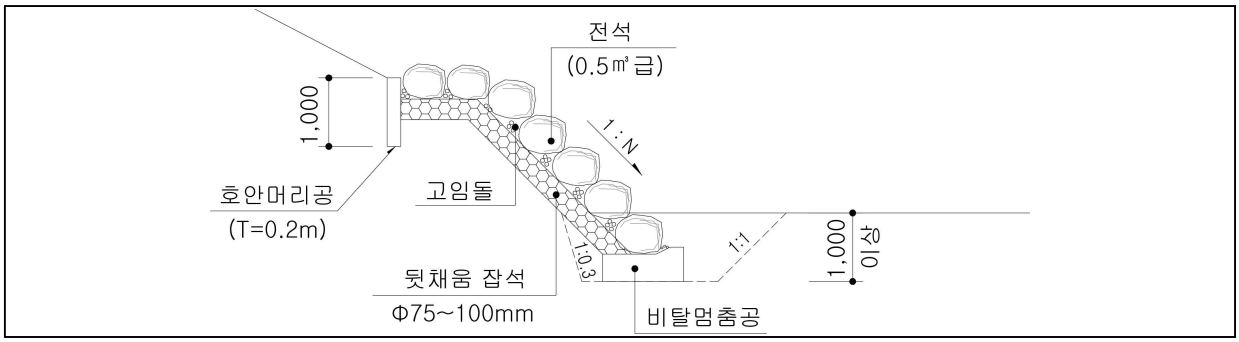
3) 하상보호를 위하여 시공을 하는 경우 수량은 설치 면적(㎡)으로 산출한다.

3.2.7 배면(필터)매트 설치

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

3.2.8 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 3.1-19) < **자연석 쌓기의 예** >

3.2.9 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.

3.2.10 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.

3.2.11 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.

3.2.12 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.

3.2.13 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.

3.2.14 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.

3.3 단가산출 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 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함
본 단가산출에서 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>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>3.3.1</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>조립
설치</td><td>특별인부
보통인부</td><td></td><td>인
〃</td><td>0.010
0.006</td></tr>
<tr><td rowspan="2">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>3.3.2</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
3.3.2	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
3.3.3	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
3.3.3	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
3.3.4	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
3.3.5	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
3.3.6	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
3.3.7	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
3.3.7	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
3.3.8	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
3.3.9	돌망태 부대공/ 둑마루잡석부설 (인력)	㎥	1) 조약돌 또는 깬잡석 구입 및 운반 - 별도 계상 - 2) 보통인부 0.65인×단위수량㎥/m ※사면경사 및 망태치수별 둑마루 잡석량은 수량산출 기준을 참고한다.	
3.3.10	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.	
3.3.11	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
3.3.12	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
3.3.13	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 제방 성토면고르기」 참조	
3.3.14	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.	
3.3.15	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
3.3.16	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
3.3.17	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
3.3.17	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.	
3.3.18	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	
3.3.19	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
3.3.20	식 생 매 트 설 치	㎡	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
3.3.21	식 생 포 대 설 치	㎡	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.	
3.3.22	방 틀 설 치	㎡	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	

제4장 수 제

제4장 수 제

4.1 설계요령

4.1.1 일반사항

가. 정의

흐름방향과 유속을 제어하여 하안 또는 제방을 유수에 의한 침식작용으로부터 보호하기 위해 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·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 15)(2016, 국토교통부)

라. 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.

마. 참고문헌

1) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)
2) 소하천 설계기준(2012, 소방방재청, 국립방재연구원)

4.1.2 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

4.1.3 수제 계획

가. 설치 위치

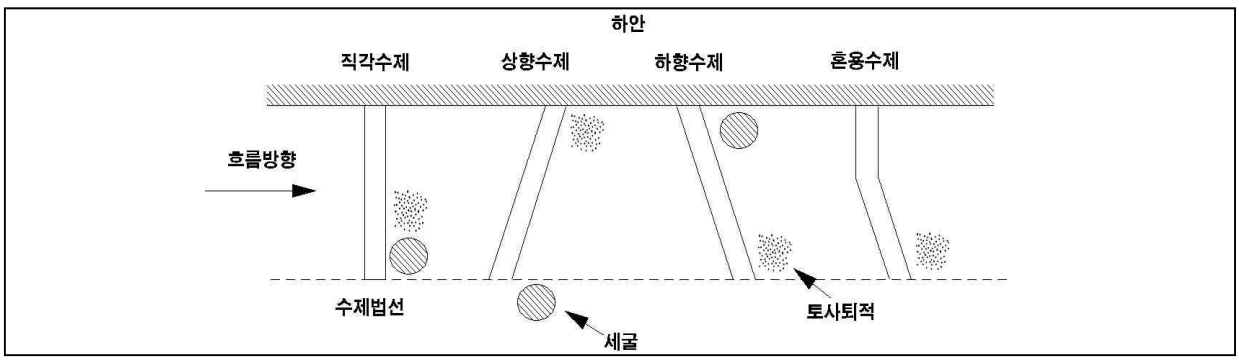
하도조건, 하천의 유황 및 기타 하천시설물과의 관계를 고려하여 치수, 이수, 하천환경 등의 목적에 맞도록 아래 항에 해당하는 장소에 대해 설치 위치를 결정한다.

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 등을 고려하여 설치 방향을 결정하여야 한다.



(그림 4.1-1) **< 수제 설치 방향에 따른 세굴, 퇴적 양상 >**

2) 횡수제

가) 상향수제 : 흐름방향에 직각인 수직선과 이루는 각도는 다음 값을 참고하여 결정한다.

(1) 직선부 : 10° ~ 15°

(2) 요안부 : 5° ~ 15°

(3) 철안부 : 0° ~ 10°

나) 하향수제 : 그 각도가 특별히 주어지지 않으나 흐름의 상황, 세굴과 퇴적의 특성 등에 따라 결정

해야 하며, 더욱 합리적으로 결정하기 위해서는 수리모형실험 등을 통하여 결정하여야 한다.

다) 직각수제 : 흐름의 방향과 수제가 이루는 각도가 직각이다.

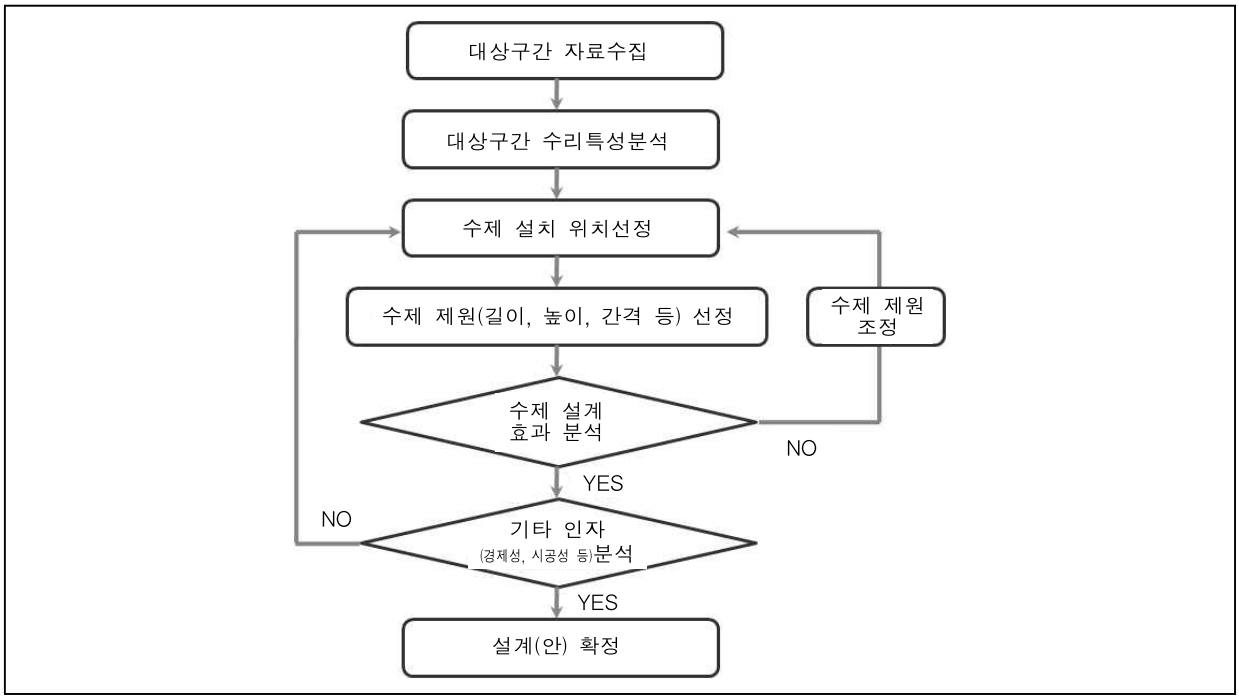
3) 평행수제 : 유수에 거의 평행하게 설치되므로 유수의 확산을 막을 수 있고 수로를 고정하는데 효과가 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 수제 기초부에 세굴이 발생하므로 장래의 유지비와 수심 증가에 따른 공사비의 증가를 충분히 검토하여야 한다.

4) 혼합형 수제(T자형 수제) : 횡수제의 경우는 앞부분이 심한 수류의 영향을 받기 때문에 보강 할 필요가 있으므로 평행수제와 조합하여 혼합형수제로 할 수 있다.

4.1.4 수제 설계

가. 수제 설계절차

일반적인 수제설계 절차는 (그림 4.1-2)와 같다.



(그림 4.1-2) **< 수제 설계 흐름도 >**

나. 높이 및 폭

1) 수제의 높이

가) 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.

참고) 평균저수위 : 유황분석을 통하여 산정한 최근 10년간의 저수위를 평균한 값

나) 횡수제의 높이는 홍수시에도 월류시키지 않는 불투과 수제의 경우에는 높게 하지만 보통의 경

우 하안 접속부에서 평균저수위보다 0.6 ~ 1.0m 정도 높게 하고 흐름의 중심으로 1/10 ~ 1/100 정도의 경사를 가지도록 하는 것이 적당하다.

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

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

마) 완류하천에서는 평균저수위보다 0.5m 정도 높게 설치하며, 보통 저수위와 같게 한다.

2) 수제의 폭

가) 수제의 폭은 일반적으로 대하천에서는 7 ~ 9m 정도가 좋다.

나) 수심과 수제높이의 비가 0.1 ~ 0.4의 범위가 적당하고, 대부분 0.2 ~ 0.3의 범위에 있다.

다. 길이 및 간격

1) 수제의 길이

가) 불투과성 수제

비월류 수제길이를 구하는 계산식은 다음과 같다.(단위 : m)

$$\ell = h_{max}\sqrt{(1+m^2)} \quad 또는 \quad \ell \geq 8h_p$$

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

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

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 다음과 같이 수제 최하류부의 유속에 따라 달라진다.

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

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.

2) 수제의 간격

가) 불투과성 수제

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

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

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.

(2) 실제로 하류측의 수제와 하안 만곡의 영향 등을 고려하여 다음의 값을 취한다.

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

여기서, L은 수제간격(m)이고, B, b, ℓ은 식 Lmax에 나타낸 것과 같다. 또한 Tominaga에 의해 제안된 완류하천에서의 직선부, 요안부(凹岸部), 철안부(凸岸部)에 따른 경험식을 이용하기도 한다.

(가) 직선부 L = (1.7 ~ 2.3) ℓ(단위 : m)

(나) 요안부 L = (1.4 ~ 1.8) ℓ(단위 : m)

(다) 철안부 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.

4.1.5 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) 말뚝박기 수제 : 말뚝을 이용한 수제

나) 침상 수제 : 격자형으로 틀을 짜서 하상에 가라앉히는 방식이므로 상·하부의 격자재질에 따라 섶침상, 섶침상+말뚝박기, 목공침상, 콘크리트 침상으로 구분

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 세굴과 과다 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.

4.2 수량산출요령

4.2.1 수량산출내역

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.	수제				
1.1	말뚝박기 수제	ϕ150 이상, H=300㎝ ~ H=350㎝	ea		
1.2	침상 수제				
1)	섶침상 수제		㎡		
2)	섶침상+말뚝박기 수제		㎡		
3)	목공침상 수제		㎡		
4)	콘크리트 방틀상 수제		㎡		
5)	뼈대, 틀류 수제		㎡		
1.3	방틀 설치		㎡		
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		㎥		

4.2.2 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	10 20	일반하천(or보통지반) 감조하천(or연약지반)
잡 석	뒷채움, 기초	4	
콘크리트블록	대형(1,000×1,000 이상)	5	
테트라 포트		-	
매트(복합포)	15 t/m	15	
돌망태 및 GABION 류	매트리스, 옹벽 등	3	
섬유질 호안 류	코이어롤, 야자섬유 등	5	

4.2.3 수제 수량 산출

가. 말뚝박기 수제(ea)

1) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 ea로 계산한다.
2) 원주말뚝은 (방부)원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은 ϕ150 이상 × H(300~350㎝)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 호안편 3.2.14의 수량 산출에 따른다.
5) 옹벽형 돌망태의 경우 호안편 3.2.3 비탈덮기의 수량 산출에 따른다.
6) 주머니형 돌망태의 경우 호안편 3.2.6 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 호안편 3.2.6 밑다짐의 수량 산출에 따른다.

4) 석재를 안정성을 확보하기 위하여 말뚝박기와 함께 시공하기도 한다.

4.2.4 복합포(매트) 설치

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

4.3 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
4.3.1	나무말뚝 설치	ea	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	
4.3.2	침상 설치	㎡	인력 1. 버드나무윗가지(φ10×L120) : 1㎡ 2. 대나무(φ35) : 1.8m 3. 코이어로프(φ10) : 2.5m 4. 조경공 : 0.065인 5. 보통인부 : 0.0975인	
4.3.3	방틀설치	㎡	※「제2편 치수시설 - 제3장 호안 3.3.22 방틀설치」 참조	
4.3.4	옹벽형 돌망태설치 주머니형 돌망태설치	㎡ ㎡	※「제2편 치수시설 - 제3장 호안 3.3.1 돌망태설치(옹벽형)」참조 ※「제2편 치수시설 - 제3장 호안 3.3.1 돌망태설치(주머니형)」참조	
4.3.5	연결형 콘크리트 블록설치	㎡	※「제2편 치수시설 - 제3장 호안 3.3.7 결속형호안 블록설치」참조	
4.3.6	테트라포트 설치	ea	표준시장단가 항만공사편 소파블록 제작, 이적 및 적재, 전치, 거치에 필요한 공사비 참조	
4.3.7	석재 수재	㎥	※「제2편 치수시설 - 제3장 호안 3.3.5~6 사석부설 및 사석고르기」참조	

제5장 하상유지시설

제5장 하상유지시설

5.1 설계요령

5.1.1 일반사항

가. 정의

하상유지시설(하상안정화시설)은 하상경사 완화로 발생하는 상·하류 하상 단차, 본류와 지류의 하상 단차, 국부적인 하상저하 구간 등에서 급격히 증가하는 유수 에너지로부터 하천시설 및 기타 시설물을 보호하기 위해 설치하며, 설치 높이 50㎝ 이상은 낙차공, 50㎝ 미만은 대공(띠공)으로 구분된다.

나. 적용범위

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

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 20)(2016, 국토교통부)
3) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(취입보편)(1996, 농림수산식품부)

라. 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) 하상안정화시설 : 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

마. 참고문헌

1) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)
2) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)
3) 하천설계기준 개선방안 마련을 위한 연구(2013, 국토교통부)
4) 감천 수해복구사업 실시설계(2013, 부산지방국토관리청)

5.1.2 사전조사

하상안정화시설 설치를 위한 사전조사는 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 를 참고하여 실시한다.

5.1.3 하상유지시설 계획

하상유지시설(하상안정화시설)은 설치목적 및 형태에 따라 낙차공과 대공으로 구분되고 단차가 50 ㎝ 이상인 낙차공은 설치 지점 상류의 상·하류의 하상 경사를 완화시켜 하상저하를 방지하며, 단차가 50 ㎝ 미만인 대공은 난류 및 이차류 등에 따른 국부적인 세굴의 방지를 위해 설치되는 시설이다.

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.

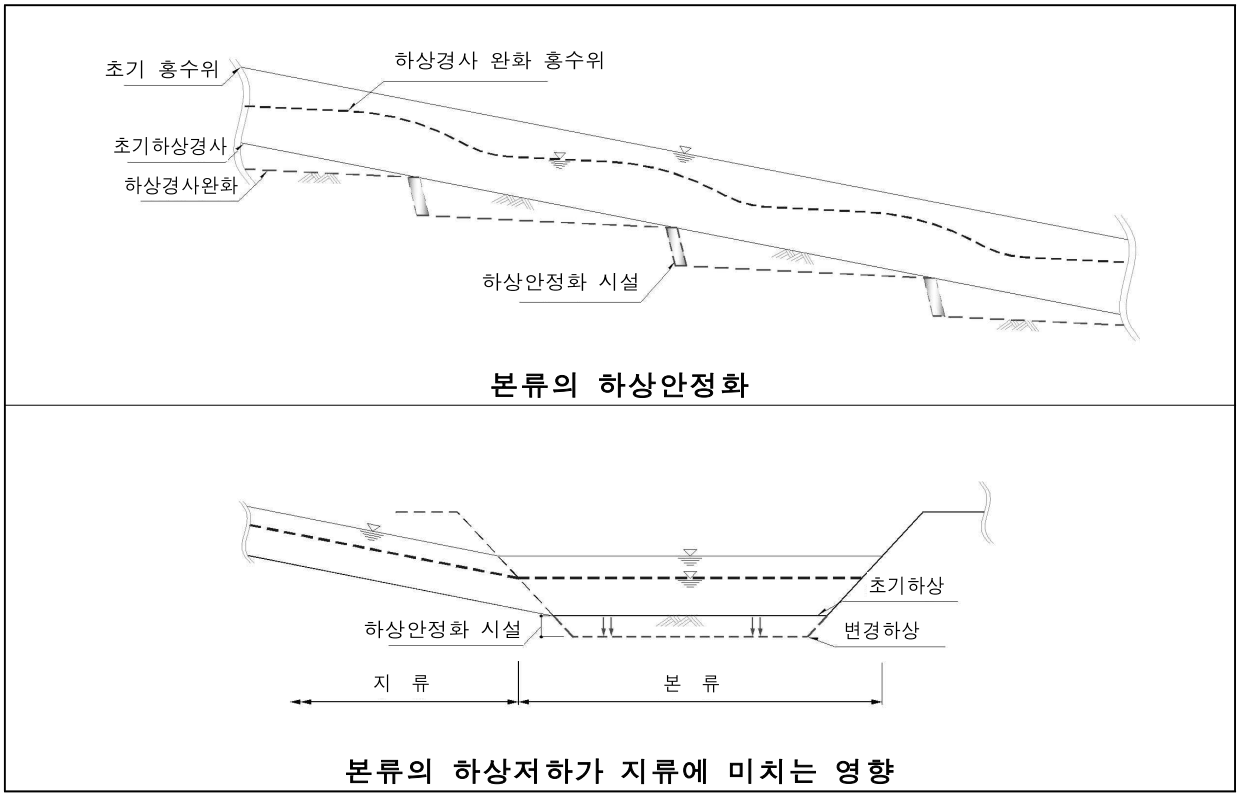
자) 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점에 설치한다.

차) 유지관리가 용이한 지점에 설치한다.

4) 낙차공 및 부속물(어도 등)의 설치는 홍수흐름 방향과 각각 직각과 평행되게 설치하고, 홍수흐름과 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.



(그림 5.1-1) **< 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 세굴현상의 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 5.1-2) **< 대공 설치 사례 (일본) >**

5.1.4 하상유지시설 설계

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

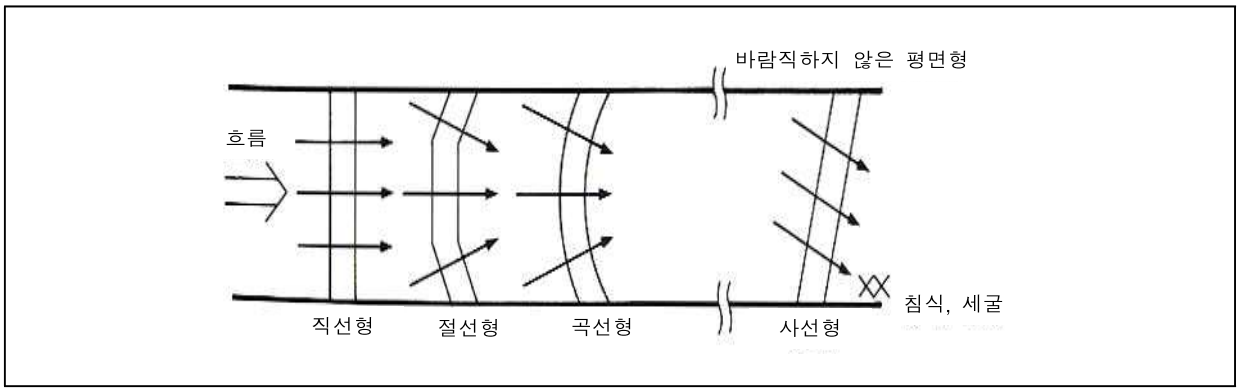
사전 조사	토질 및 지반조사, 하상변동조사, 지하매설물 조사 등 수행
⇩	
위치 검토	상위계획 검토, 직·사행 구간 검토, 경제성, 시공성 등 검토
⇩	
시설 검토	현장 및 상위계획 조사에 의한 목적에 맞는 시설(낙차공, 대공)결정
⇩	
형식 결정	낙차공 : 경사형, 다단형, 연직형, 자연형
⇩	
차수벽 검토	침투수 및 하상변동을 고려한 차수벽 검토
⇩	
토 공	육상, 용수, 수중 구분에 의한 토공량 산정
⇩	
낙차공 설치	본체, 물받이, 바닥보호시설, 측면보호시설 등에 대한 제원 검토

(그림 5.1-3) **< 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.



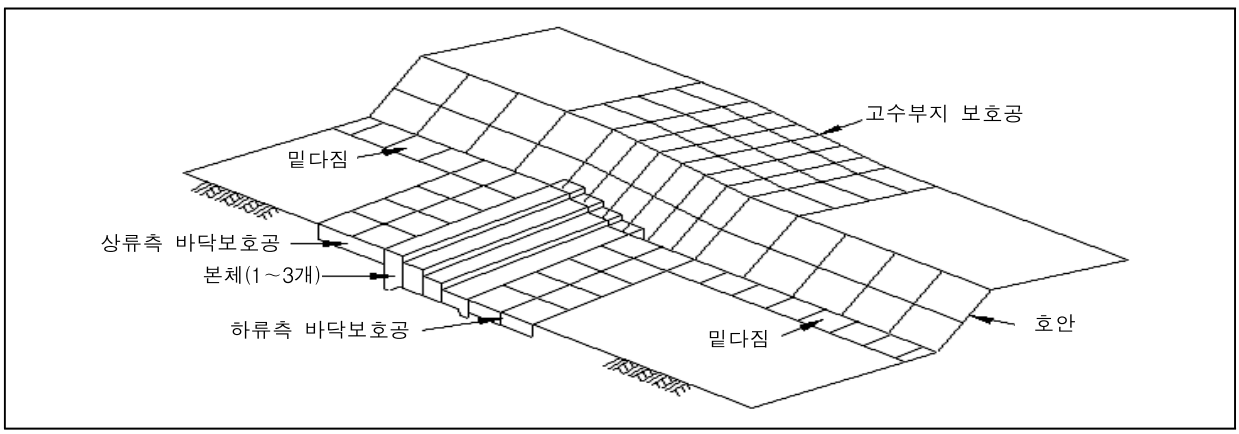
(그림 5.1-4) **< 낙차공의 평면형상 >**

(그림 5.1-5) **< 낙차공의 종단형상 >**

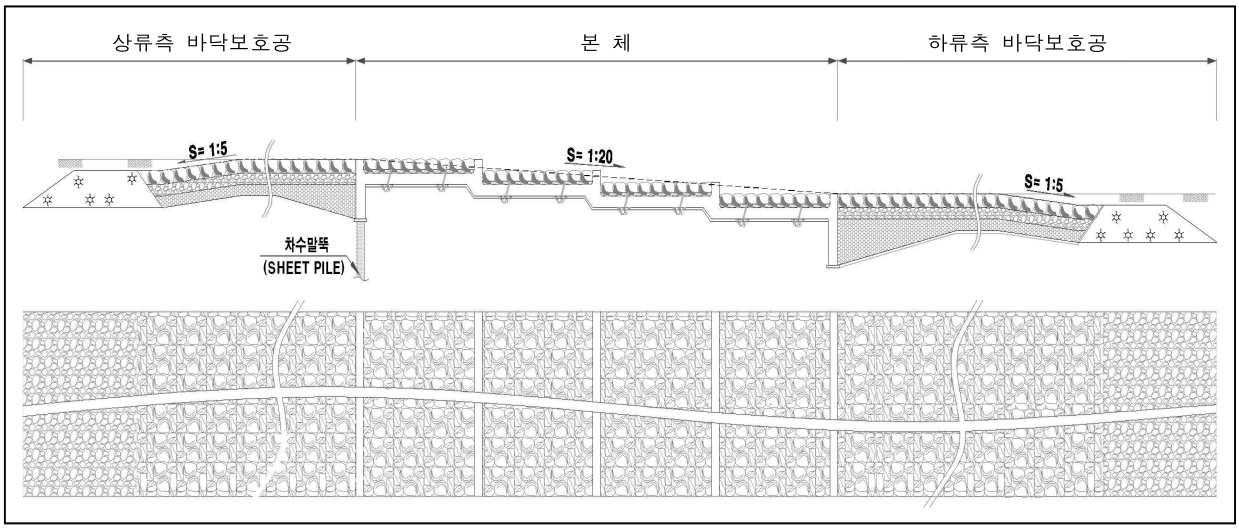
2) 콘크리트 낙차공 설계

가) 일반사항

(1) 낙차공은 50㎝ 이상의 낙차에 적용하며, 경사형 낙차공 비탈경사는 1:10~1:30 정도로 완만하게 설치하여 지류의 유수가 점진적으로 변화하도록 유도한다.



(그림 5.1-6) **< 낙차공 설치 단면도 >**



(그림 5.1-7) **< 다단형 낙차공 설치도 [감천] >**

(그림 5.1-8) **< 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 이수시설 제1장 보, 1.1.4 고정보 설계'를 참고하여 결정한다.

(6) 낙차공 설치지점이 유수로 인해 공사에 지장이 예상되는 경우에는 가물막이를 설치할 수 있으며, 가물막이 설치 기준은 '제7편 부대시설 가물막이'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 최소한 1m로 하고 상류측 비탈면 경사는 1:0~1:0.5, 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.

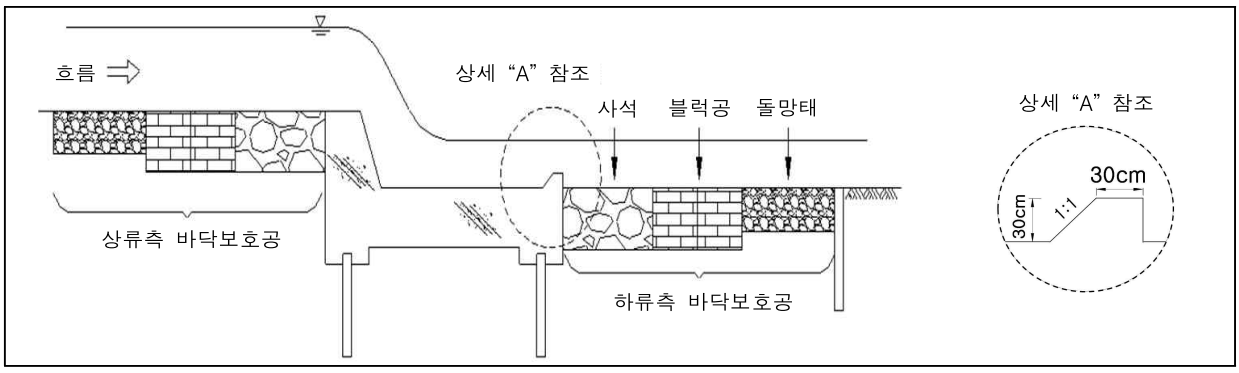
(3) 물받이는 본체를 월류하는 유수의 침식작용 및 양압력에 견딜 수 있도록 설계한다.

(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 이수시설 제1장 보' 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 5.1-9) **< 하상유지시설의 물받이 턱(sill) 설치도 >**

라) 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 물받이를 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.

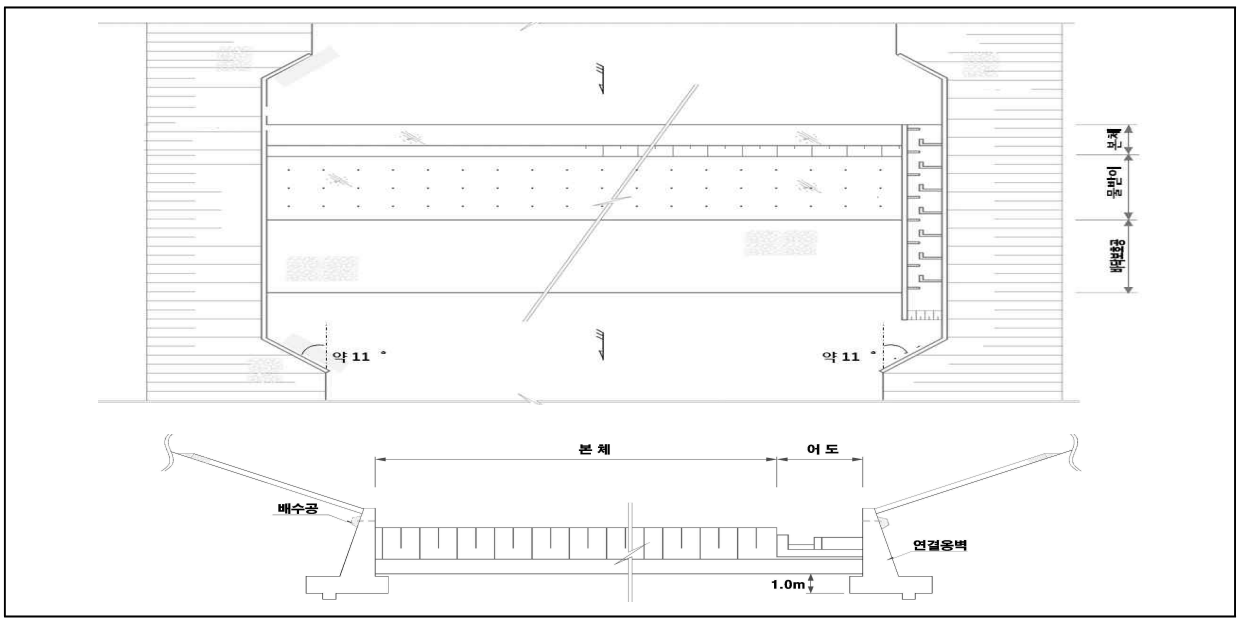
마) 측면 보호공

(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 5.1-10) **< 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.

바) 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 낙차공

1) 자연형 낙차공은 콘크리트 낙차공 대신 하천에서 설치하는 구조물로 하상의 경사를 완만하게 하여 (1:10～1:30) 유수가 점진적으로 변화하도록 한다.

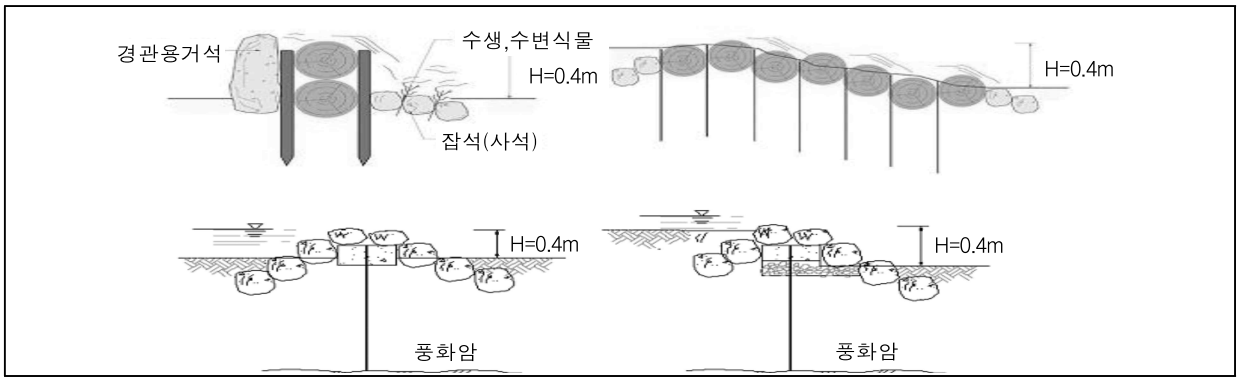
2) 자연형 낙차공의 종류에는 자연형, 블록형 등이 있으며, 어종, 하도 및 수리특성 등을 검토하여 현장 여건에 적합한 방법으로 설치한다.

3) 유속을 적게 하고 수심을 크게 하는 동시에 어류의 이동에 지장이 없는 시설이며 주로 돌과 지주목재를 이용하여 설치한다.

4) 낙차공 저면에 설치하는 차수벽은 침투유로장을 산정하여 적정한 근입깊이가 될 수 있게 한다.

5) 자연형 낙차공은 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.

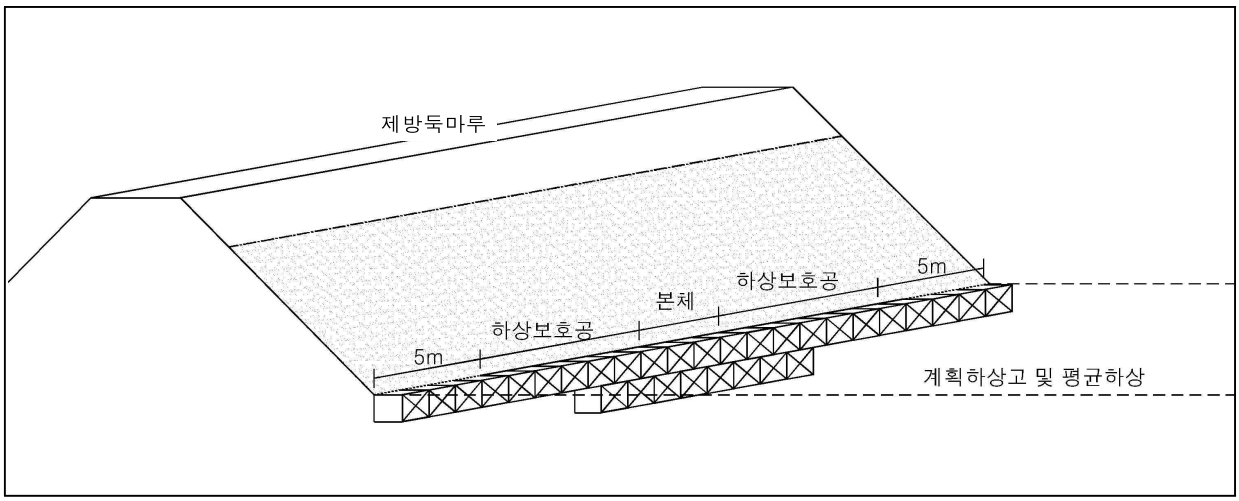
6) 자연형 하상안정화시설은 '하천 생태계를 위한 자연하상 복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)' 및 설계요령 '제4편 하천 환경시설' 의 내용을 참고하여 설치할 수 있다.



(그림 5.1-11) **< 자연형 낙차공 >**

다. 대공

1) 대공은 50㎝ 미만의 낙차에 적용하며, 하상변동에 쉽게 대응할 수 있도록 콘크리트 블록 등 굴요성 구조로 설치한다.



(그림 5.1-12) **< 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.

5.1.5 기초 및 차수벽 설계

낙차공의 기초 및 차수벽 설계는 '제5편 하천기타시설, 제1장 차수시설, 1.1.10 구조물 주변에서 차수공 설계'를 참고하여 설치한다.

5.2 수량산출요령

5.2.1 수량산출내역

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(1회)	0～7m	㎡		
1.2.8	합판거푸집(매끈한마감)	0～7m	㎡		
1.2.9	합판거푸집(보통마감)	0～7m	㎡		
1.2.10	합판거푸집(거친마감)	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		㎡		

5.2.2 일반사항

하상유지시설의 수량은 토공(터파기), 하상유지 시설, 측면보호공(옹벽 등), 바닥보호공 등으로 구성되며, 단가산출을 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 5.2-1)

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 : 제6편 구조 및 지반설계 <표 1.1-1> 인용

< 합판거푸집 >

(표 5.2-2)

구 분	내 용	비 고
매끈한 마 감	T형보, 난간, 교각, 교대, 수문관의 본체, 슬래브, 교대, 교각, 옹벽, 파라펫트, 날개벽 등 약간 복잡하거나 복잡한 구조 (견고하고 미려한 시공이 요구되는 경우)	거푸집 2~3회
보통 마감	측구, 수로, 확대기초, 우물통 등 비교적 간단한 구조 (안전하고 견고한 기능 제공이 요구되는 경우)	거푸집 4회
거친 마감	수문 또는 관의 기초, 호안 및 보호공의 기초 등 극히 간단한 구조 (외관과 전혀 관계 없는 경우)	거푸집 6회

주) 자료출처 : 2016년 하반기 건설공사 표준시장단가 적용공종 및 단가(2016. 9, 국토교통부)

5.2.3 토공

가. 터파기

1) 터파기의 육상과 수중의 구분은 지하수위로 기준하며 지하수위 이하에 물푸기가 반영되는 경우는 용수터파기로 설계한다.

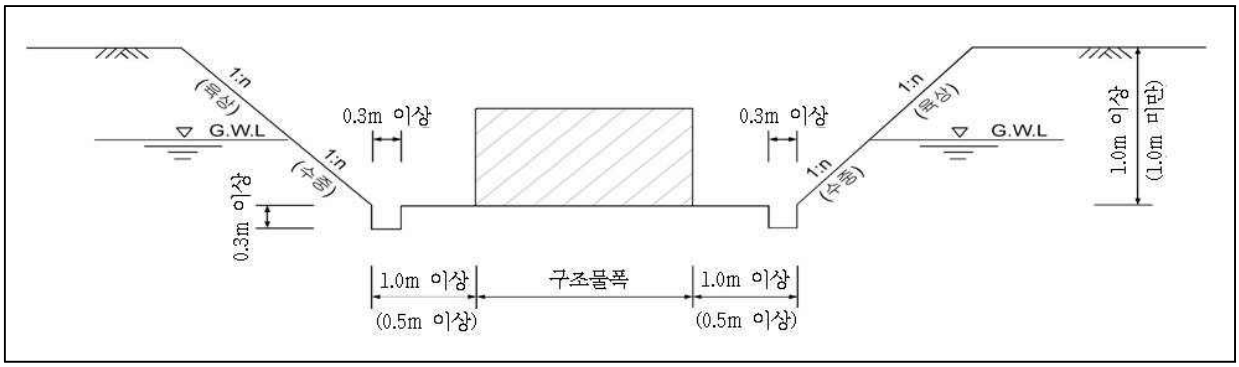
2) 육상터파기는 비탈경사는 지층별 사면안정성을 고려하여 결정하되 아래표를 참고한다.

< 육상터파기 비탈경사 >

(표 5.2-3)

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: '제1편 치수시설 제2장 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.

5.2.4 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.

5.2.5 측면 보호공 (옹벽공)

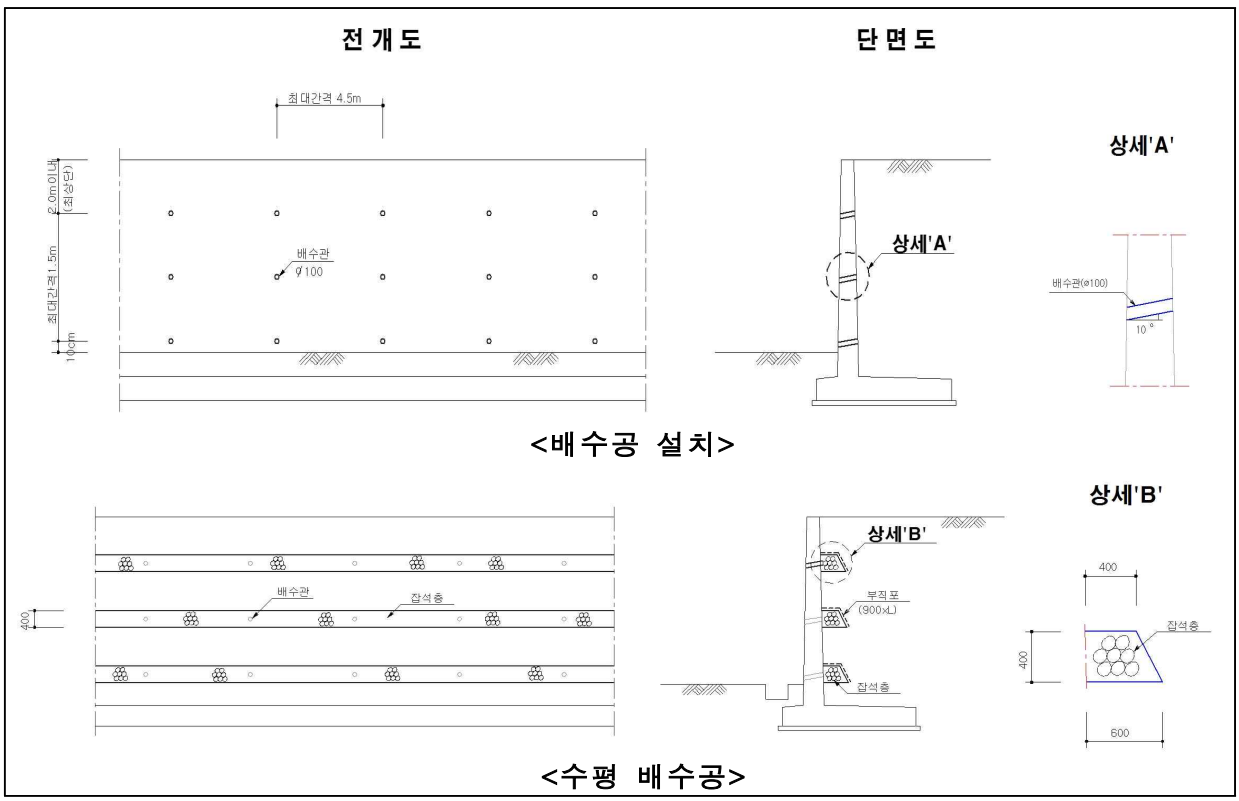
1) 철근가공조립은 복잡구조로 수량을 산출한다

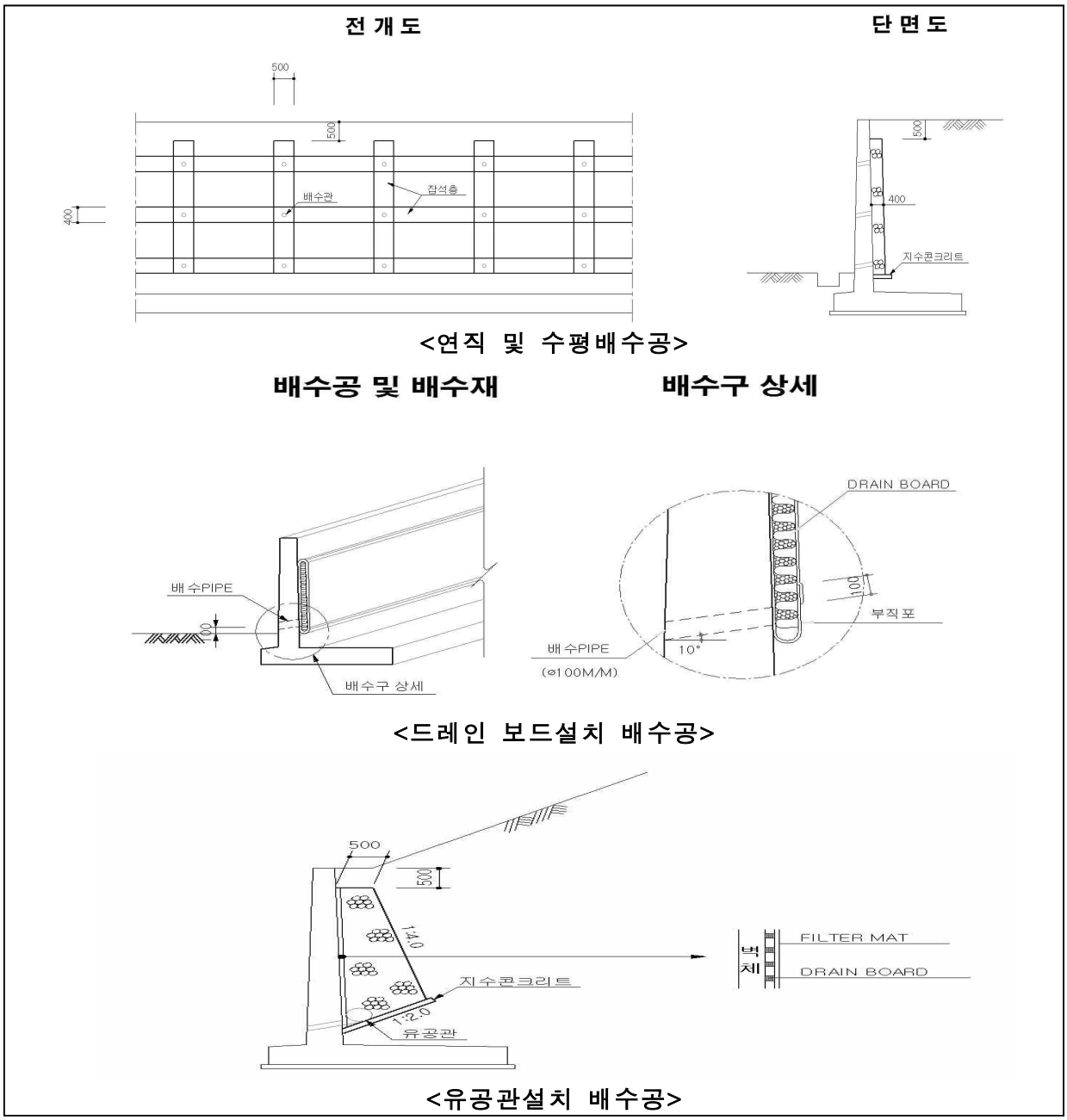
2) 합판 거푸집은 버림은 6회, 기초 4회, 상부는 3회를 기준하여 수량을 산출한다.

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.

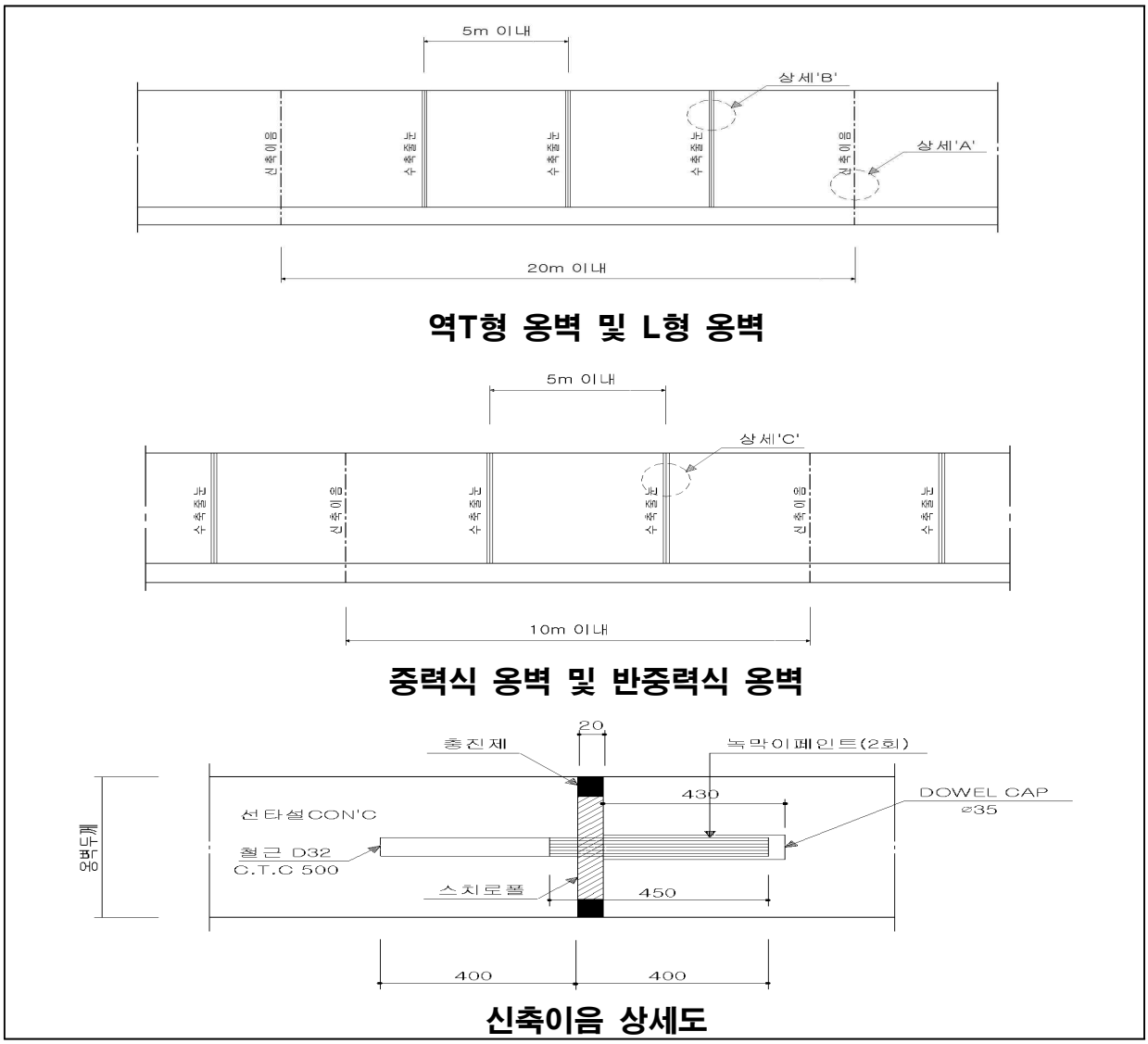
5) 뒷채움은 양질의 재료로 수량을 산출하고, 배수시설은 PVC PIPE(D=100m/m)이며 배수공의 종류 및 설치간격은 다음과 같이 산출한다.





(그림 5.2-1) **< 측면 보호공 배수공 설치 사례 >**

6) 신축이음은 10 ~ 20m 간격으로 설치하고 스치로폴(T=20mm), 다월바(C.T.C 500, ϕ25mm), 필요시 지수벽 등의 설치수량을 산출한다.



(그림 5.2-2) **< 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.

5.2.6 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.

5.3 단가산출 요령

가. 토공사

토공사의 단가산출은 '제2편 치수시설' 의 '제1장 제방' 및 '제7장 배수시설' 의 단가산출 요령에 준한다.

나. 콘크리트 타설

콘크리트 타설의 단가산출은 '제2편 치수시설' 의 '제7장 배수시설' 의 단가산출 요령에 준한다.

다. 철근가공조립

철근가공조립의 단가산출은 '제2편 치수시설' 의 '제7장 배수시설' 의 단가산출 요령에 준한다.

라. 바닥보호공

바닥보호공의 단가산출은 '제2편 치수시설' 의 '제3장 호안' 의 단가산출 요령에 준한다.

제6장 하천사방시설

제6장 하천사방시설

6.1 설계요령

6.1.1 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) 유출토사량(유사유출량) : 유역의 생산 토사가 흐름에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유사의 양
8) 허용 유출토사량 : 계획기준점으로부터 하류 하천 등에 대해 큰 재해문제를 유발하지 않으면서 필요한 토사의 양으로써 유송되어야 할 양
9) 초과 유출토사량 : 사방계획 등에서 토사처리계획의 대상이 되는 양으로 계획기준점별로 유출토사량에서 허용 유출토사량을 뺀 양

나. 적용범위

본 설계요령은 하천 공사시 유역에서 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지하는 사방시설의 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 35)(2016, 국토교통부)
3) 댐설계기준(KDS 54 00 00)(2016, 국토교통부)

라. 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 유출토사량과 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.

마. 참고문헌

1) 소하천 설계기준(2012, 소방방재청)
2) 사방기술교본(2014, 산림청)
3) 사방사업의 설계・시공 세부기준(2015, 산림청)

6.1.2 사전조사

사방시설 설계시 조사할 사항은 다음과 같다.

1) 대상유역 수문특성, 유사특성(생산토사량, 유출토사량) 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

6.1.3 사방댐

가. 사방댐의 분류

1) 사용목적에 따른 분류 : 산기슭 고정댐, 종침식 방지댐, 하상 퇴적물 유출 방지댐, 토석류 대책댐, 토사 조절댐, 유목 및 부유물 방지댐 등이 있다.

2) 유형에 따른 분류

가) 중력식 사방댐(불투과형) : 토석차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(콘크리트 사방댐・전석사방댐・블록사방댐)

나) 버팀식 사방댐(투과형) : 유목차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(버트레스・스크린・슬리트)

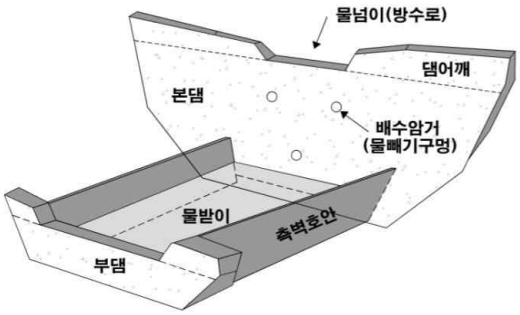
다) 복합식 사방댐(일부투과형) : 토석・유목의 동시 차단을 주목적으로 하는 경우에 설치한다.(다기능 사방댐・빔크린 사방댐・콘크린 사방댐)

3) 사용하는 재료에 따른 분류 : 콘크리트, 전석(돌), 강재틀(철망재), 스크린, 블럭, 링네트 사방댐 등

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>콘크리트 사방댐</td><td>전석(돌) 사방댐</td><td>강재틀(철망재) 사방댐</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>스크린 사방댐</td><td>블럭 사방댐</td><td>링네트 사방댐</td></tr>
</table>

(그림 6.1-1) **< 재료에 따른 사방댐의 종류 >**

4) 사방댐의 구조 및 각 부분의 명칭은 다음과 같다.



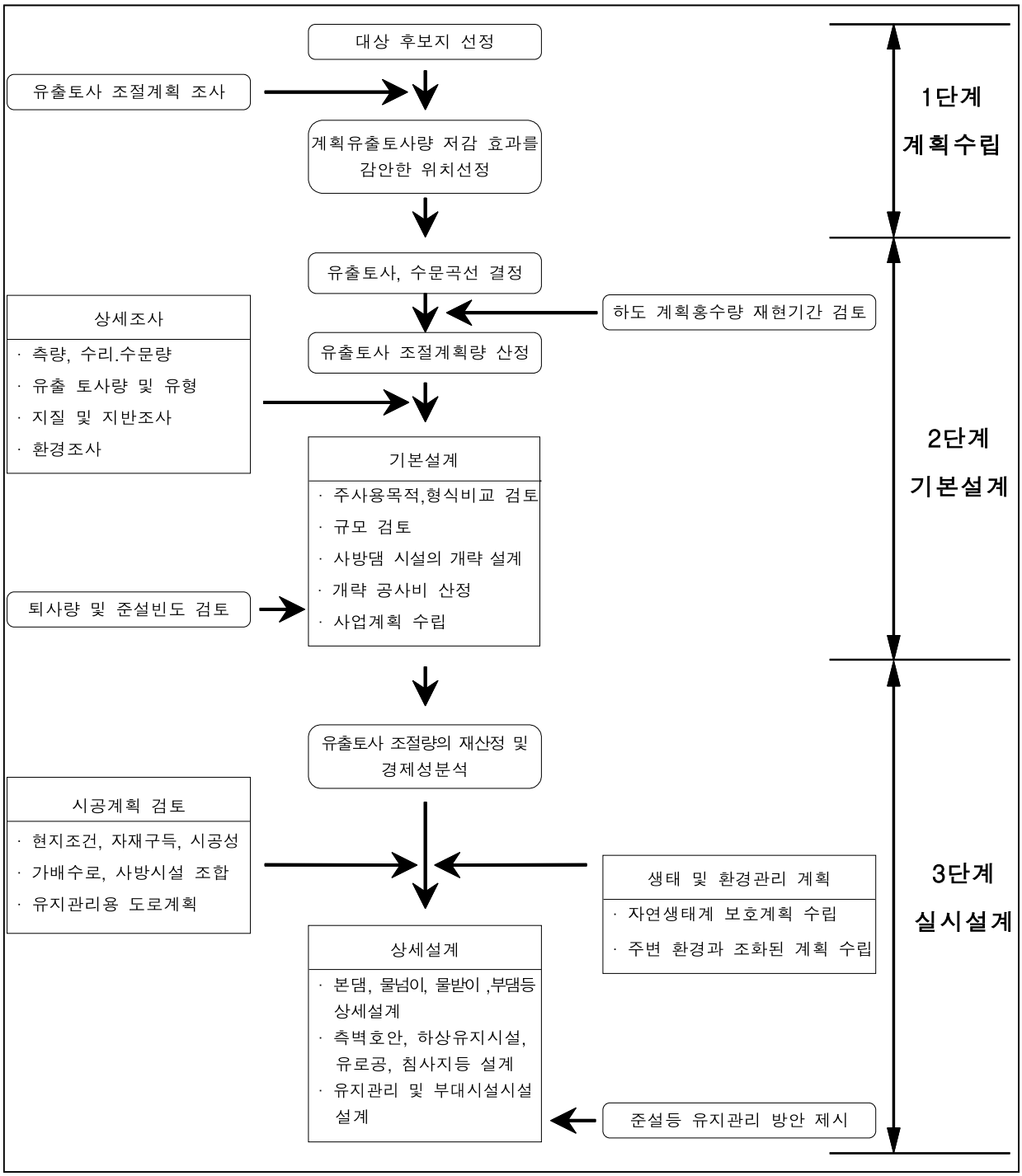
(그림 6.1-2) **< 사방댐의 구조 및 명칭 >**

나. 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
⇩	
유출토사 조절계획 수립	대상지역 사방기본계획 및 유사 조절계획 등을 검토하여 토사유출 조절계획량설정 (관련기관인 산림청, 지자체와 협의 후 시행)
⇩	
위치 선정	유출토사 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
⇩	
유출토사 계획조절 효과 분석	계획한 형식 및 규모로 유출토사 계획조절량이 확보되는지 검토
⇩	
부대시설 계획	사방댐 부대시설물 형식과 제원 결정
⇩	
유지관리 계획	향후 준설 등 유지관리계획 제시

(그림 6.1-3) **< 사방댐 계획 절차 >**



(그림 6.1-4) **< 사방댐 설계 흐름도 >**

1) 자연 친화성, 경제성 및 안전성의 각 요소를 고려하여 댐 형식의 선정에 필요한 개략계산을 한 후 댐 형식을 결정한다.

2) 설계 순서는 댐 형식 결정, 물넘이와 본체, 기초, 그리고 댐 어깨 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.

3) 댐어깨, 바닥보호 시설, 부댐, 물받이, 측벽 호안, 배수암거(물빼기구멍) 등의 부속물을 설계한다.

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.

다. 형식 결정

사방댐 형식은 댐 설치 위치의 지형, 지질을 파악하고 설치목적, 자연친화성, 경제성, 안전성 등의 각 요소를 고려하여 댐 형식을 결정한다.

1) 사방댐의 형식과 구조는 설치 목적(토석차단・유목차단・저수) 및 사용재료(콘크리트, 전석, 견치석, 철강재, 철망재, 블럭, 링네트 등)에 따라 결정한다.

2) 설치 목적에 따라 산기슭 고정댐, 종침식 방지댐, 하상 퇴적물 유출 방지댐, 토석류 대책댐, 토사조절댐, 유목 및 부유물 방지댐 등으로 형식을 결정한다.

가) 산기슭 고정댐은 산기슭의 하상을 상승시키고, 이를 고정해서 산중턱의 붕괴예방 및 확대방지를 도모하고 토사발생을 억제하는 것을 목적으로 한다.

나) 종침식 방지댐은 하도의 종침식을 방지해서 토사발생을 억제하는 것을 목적으로 하며 종침식 구역의 하류에 계획한다. 높이는 그 퇴사구역에 종침식구역이 포함되도록 정한다.

다) 하상퇴적물 유출방지댐은 하상에 퇴적된 불안정한 토사 유출을 방지하는 것을 목적으로 하며 하상퇴적물의 직하류에 설치하는데, 댐높이는 퇴사면내에 하상퇴적물이 포함되도록 정한다.

라) 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.

마) 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.

바) 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.

3) 사용 재료형태에 따라 투과형, 일부투과형 및 불투과형으로 형식을 결정한다.

가) 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.

나) 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 사방댐 등이

포함된다.

다) 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.

라. 위치와 높이

1) 사방댐의 위치

가) 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.

나) 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.

다) 댐을 계획하는 경우, 일반적으로 지천의 합류점 부근에서는 양쪽 지류의 기초댐으로서의 역할을 할 수 있도록 합류점의 하류부에 댐 위치를 선정한다.

라) 특수목적을 가지고 시설하는 경우에는 그 목적 달성에 가장 적합한 장소에 계획한다.

2) 계단식 댐군(群)의 위치선정

가) 계단식 댐군에서는 한 댐의 계획퇴사선이 원래의 하상과 접하는 점을 상류댐의 계획위치로 한다.

나) 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.

3) 댐 높이

가) 댐 높이는 계류의 사방기본계획으로부터 설정한다.

나) 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.

다) 사방댐의 규모(길이·높이·폭)는 과거의 재해, 계획 대상지역의 중요도, 사업효과와 계류의 폭과 기울기, 집수구역의 넓이, 토석유출 예상량, 시공목적, 지반상황, 시공지점의 상태와 주변 경관 등을 고려하여 결정한다.

마. 방향

1) 사방댐 : 사방댐은 물넘이 중심점에서 계획장소 하류의 유심선(流心線)에 직각 방향으로 설치한다.

2) 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 직상류 댐의 물넘이 중심점에서 유심선상으로 정한다.

바. 퇴사량의 계산

1) 사방댐 설계시 기본 자료로 활용하기 위하여 생산토사량(토양유실량)과 유출토사량(유사유출량), 허용 유출토사량 및 초과 유출토사량을 조사한다.

2) 생산토사량(토양유실량) 조사는 주로 지표면에서 침식되어 유실되는 토사량 조사를 위주로 하며, 필요시 산지붕괴 조사를 수행한다.

가) 조사는 강우, 토양, 유역의 지형, 지질, 식생, 토지 이용 방법 등의 특성을 이용하여 경험적으로나 수학적으로 실시할 수 있다.

나) 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)

다) 범용토양유실공식 또는 다른 모형으로 추정된 결과들이 매우 큰 차이가 나는 경우에는 모형의 적용 과정 등을 재검토하여 필요시 수정·보완한다.

3) 유역에서 유실된 토사가 하류 한 지점을 지나는 유출토사량은 생산토사량(토양유실량)에 적절한 유사 전달률을 곱하여 추정할 수 있다.

4) 계획 퇴사경사는 현 하상경사의 1/2로 한다. 단 하상경사가 급하고 유출토사의 입경이 크며 유출토사가 다량인 경우에는 2/3 ~ 3/4 정도를 적용하는 경우가 있다.

5) 사방댐의 계획퇴사량은 댐지점 상류의 횡단도에 의하여 산출한다.

6) 사방댐의 퇴사량 계산시 유역특성을 고려하여 토사와 토석을 포함하여 산정한다.

사. 구조

1) 물넘이

가) 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.

나) 물넘이 폭은 현 하도 폭을 고려하여 정한다.

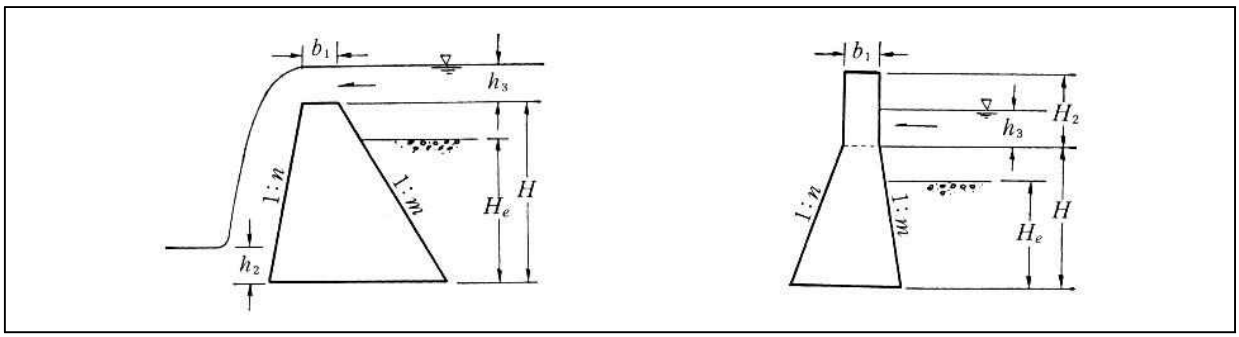
다) 물넘이의 형상은 역사다리꼴을 기본으로 한다.

라) 물넘이 양옆의 기울기는 1:1을 표준으로 하되, 현지 여건에 따라 그 이상 또는 그 이하로 하거나 안전시설물을 설치할 수 있다.

2) 댐 비탈경사

가) 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.

나) 댐 몸체 하류면 비탈은 월류되는 자갈에 의한 손상을 피하도록 하여야 하는데, (그림 6.1-5)와 같이 하류면 비탈경사는 돌, 콘크리트댐에서는 1 : 0.2 ~ 0.6, 흙댐에서는 1 : 1.5 ~ 2.0 이상으로 완만하게 한다.



(그림 6.1-5) **< 물넘이 구조와 비탈경사(좌: 월류부, 우:비월류부) >**

다) 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.

3) 기초 및 안정성

가) 댐의 기초는 소요의 지지력과 전단 마찰 저항력을 가지며 침투수 등에 의해 파괴되지 않도록 하고, 필요에 따라 차수벽 등으로 보강한다.

나) 산사태 지역 또는 연약지반 등에 부득이 댐을 계획할 경우는 지반의 지지력에 적합한 형식 또는 구조를 선정하여야 한다.

다) 댐 시설재료는 사방댐의 설치 목적과 입지를 고려하여 선택하되, 전도·활동·내부응력 및

지반지지력 등 외력에 대한 안정을 갖도록 설치한다.

라) 파괴에 대한 안정조건(응력도)은 댐 몸체의 각 부분을 구성하는 재료의 허용 응력도를 초과하지 않아야 한다.

마) 기초지반의 지지력에 대한 안정 조건은 사방댐 밑에 발생하는 최대응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

4) 댐어깨

가) 댐어깨는 홍수를 월류 시키지 않게 하고 충분히 견고하여야 한다.

나) 댐어깨 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.

다) 댐어깨는 계획홍수위에 여유고를 더한 안전한 높이 이상으로 해야 한다.

라) 암반인 경우는 1~2m, 토사인 경우는 2~3m를 양안에 넣어야 한다. 특히 상류부의 댐으로 토석류 등의 큰 충격력이 예상되는 경우에는 댐어깨의 두께를 증가시키는 것을 검토하여야 한다.

5) 배수암거(물빼기구멍)

가) 사방댐에서 배수 목적은 시공중의 유수전환, 퇴사후 침투수를 배제하여 수압 경감, 홍수량과 유사량 조절 등이다.

나) 배수암거의 단면형상은 원형이나 정방형으로서 내경은 200～400㎜ 정도이다.

다) 배수암거는 물넘이 높이로부터 2.5m 이상 아래에 설치한다. 수평으로 2개 이상 설치할 경우에는 횡축으로 2.0m 이상 떨어져 설치한다.

라) 사방댐 관리을 위하여 댐몸체를 관통하는 배수암거(물빼기구멍)와 물을 제어하는 밸브를 설치할 수 있다. 다만, 저수기능이 필요한 사방댐에는 배수암거(물빼기구멍)를 설치하지 아니한다.

마) 상류 보조댐을 설치하는 경우에 본댐의 배수암거(물빼기구멍)는 상류 보조댐의 기초보다 낮은 위치에 설치한다.

바) 물방석에 고인 물을 제어하기 위한 시설을 설치할 수 있다.

6) 물받이

가) 물받이는 본댐 하류면의 세굴을 방지하기 위하여 설치한다.

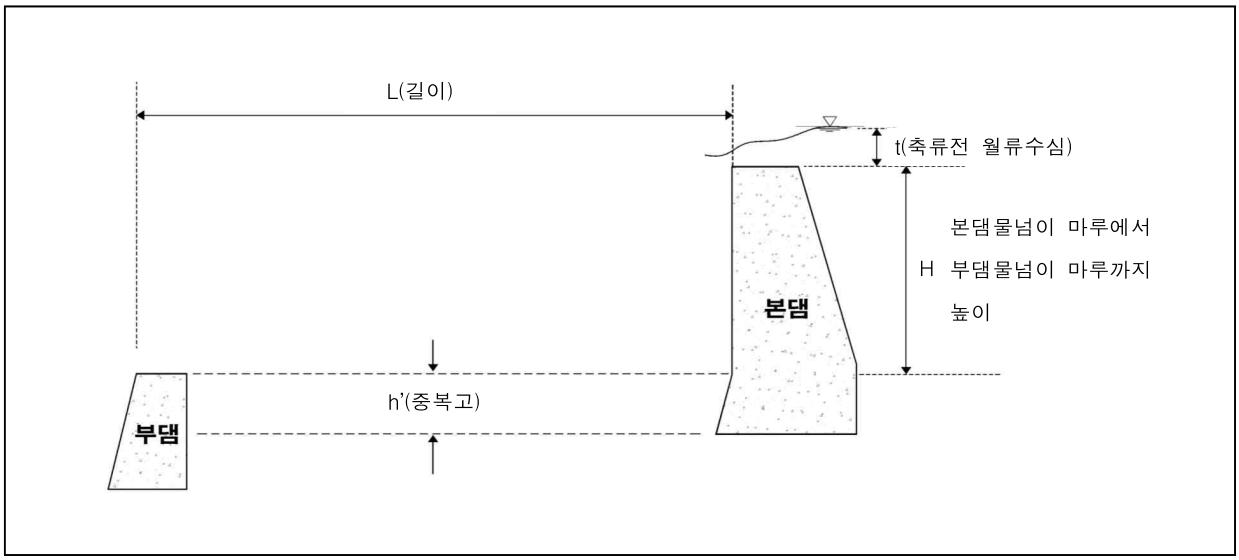
나) 물받이 길이(L)는 다음 공식에 의하여 산출한다.((그림 6.1-6) 참조)

$$L=(1.5\sim2.0)(H+t)-nH$$

여기서 H는 본댐 물넘이 마루에서 부댐 물넘이 마루까지 높이(m),

t는 축류전 월류수심,

n은 댐하류면 비탈경사(1.5~2.0)이다.



(그림 6.1-6) **< 물받이 길이 >**

다) 물받이 두께는 보통 0.5~1.5m로서 댐 높이가 5m일 때는 0.5~1.0m, 10m일 때는 1.5m로 한다.

라) 방수로에 넘어 떨어진 물과 토석·유목의 충격으로 계류 바닥이 손상되지 않도록 하기 위하여 댐 몸체 하류면에 접속하여 적정 두께의 물받이를 설치한다.

마) 사방댐의 상류에서 큰 토석이 떠내려 올 것으로 예상되는 경우에는 물방석이나 보조댐도 함께 설치한다.

바) 물받이는 댐 본체·측벽과 분리되도록 설치하며, 물받이의 길이는 유효고의 1.5~3배를 기준으로 한다.

사) 물받이는 바닥이 암석일 경우 설치하지 아니할 수 있다.

7) 끝 돌림

가) 댐 몸체 하류면의 하단에 있는 흙이 파이지 않도록 하기 위하여 설치한다.

나) 물받이 끝돌림의 밑넣기 깊이는 1m 이상으로 하되, 가급적 암반까지 깊게 파야 한다.

8) 측벽

가) 물받이 부분의 양쪽 기슭이 침식될 우려가 있거나, 물받이 부분에서 물 흐름을 바로 잡을 필요가 있을 경우에 측벽(옹벽구조물, 호안)을 설치한다.

나) 측벽의 높이는 방수로의 위치·높이, 물이 흐르는 방향 등을 고려하여 홍수량을 안전하게 유출시킬 수 있도록 방수로 깊이와 같은 높이 또는 그 이상으로 하여야 한다.

다) 측벽의 마루 높이는 원칙적으로 보조댐의 어께 높이와 같게 한다.

라) 양쪽 기슭이 암반으로 형성되어 있어서 피해발생 우려가 없을 경우에는 측벽을 설치하지 아니할 수 있다.

9) 부댐 및 보조댐

가) 본댐과 부댐은 종단적으로 중복되어야 하며, 중복높이는 본댐 높이의 1/3~1/4 정도를 표준으로

한다.

나) 계류의 특성에 따라 사방댐의 상류 또는 인근의 소계류에 본댐의 기능을 보조할 수 있는 소형 사방댐을 추가로 설치할 수 있다.

다) 임도를 횡단하는 계류의 상단부 50m 내외의 지점에는 토석과 유목을 동시에 차단하는 사방댐을 소형으로 설치할 수 있다. 다만, 현지 여건상 부득이한 경우에는 그러지 아니한다.

아. 천단폭(마루두께)

1) 사방댐의 천단폭은 유출토사 등의 충격에 견디고, 또 물넘이부에서는 통과사력의 마모 등에도 견딜 수 있는 폭으로 할 필요가 있다. 이를 위해서 중력식 콘크리트댐의 천단폭은 일반적으로 (표6.1-1)을 이용하고 있다. 그러나 아치식 콘크리트댐에서는 구조상으로 필요하게 되는 제정부의 두께에서 천단폭을 정하는 경우도 있다.

< 사방댐의 천단폭 >

(표 6.1-1)

천단폭(m)	1.5～2.5	3.0～4.0
하상구성재료	모래 섞인 자갈～옥석섞인 자갈	옥석～전석
유출토사형태	유출토사량이 비교적 적은 지구 ～ 상시유출토사의 유출이 많은 지구	소규모 토석류 발생지구 ～ 대규모 토석류 상습지구

2) 중력식 사방댐의 천단폭은 유속, 떠내려 올 토석의 최대크기, 월류하는 물의 깊이, 상류 쪽의 기울기 등을 고려하여 결정하여야 하며, 대체로 다음 두께를 표준으로 한다.

가) 떠내려 올 토석의 크기가 작은 계류에서 0.8m 이상

나) 일반 계류에서는 1.5m 이상

다) 홍수로 큰 토석이 떠내려 올 위험성이 있는 곳에서는 2.0m 이상

라) 상류에서 산사태가 발생할 경우 토석이 대량 떠내려 올 위험성이 있거나, 산사태로 측압을 받게 될 위험성이 있는 곳에서는 2.0~3.0m 내외

자. 단면계산

1) 사방댐의 단면계산은 'KDS 54 00 00 댐 설계기준' 과 동일한 방법으로 한다.

2) 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.

3) 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.

4) 필댐의 안정은 일반 필댐의 안정검토 방법에 따라 검토한다.

6.1.4 호안

가. 위치

호안 위치는 사방시설이 설치될 하도에서 수류 또는 유로의 만곡에 의해 수충부(水衝部) 또는 오목부(요부, 凹部) 하안 산중턱의 붕괴 증대 또는 붕괴의 위험이 있는 경우에 호안을 계획한다.

나. 종류 선택

호안 종류는 돌쌓기 호안, 콘크리트 호안, 또는 콘크리트블록 호안을 계획하되 유실에 안전한 호안을 채택한다.

다. 호안머리 높이

호안머리 높이는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이로 하는데, 특히 급경사 계류의 경우는 충분한 여유고를 둔다.

라. 하상 및 마루경사

1) 하상경사는 호안의 둑마루, 기초의 종단경사 및 기초 깊이를 결정하는 중대한 요소이므로 본 기준 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설'의 하상경사에 준한다. 마루경사는 하상경사, 지형, 지질, 그리고 대상 유량을 고려하여 설정한다.
2) 호안 법선은 하상경사, 흐름 방향, 홍수기 흐름 양상을 고려하여 정한다.
3) 호안의 상하류단은 원칙적으로 견고한 지반에 설치한다.
4) 호안의 기초 깊이(근입 깊이)는 홍수시 일어날 것으로 판단되는 하상 세굴, 기존 세굴 양상을 고려하여 정한다.

6.1.5 하상유지시설

가. 일반사항

1) 사방시설에서 하상유지시설의 계획에 관한 일반사항은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설'에 준한다.
2) 하상유지시설(또는 바닥다짐공, 床固工)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.

나. 위 치

하상유지시설의 위치는 하상 저하의 위험, 합류점, 공작물 하류, 하안 붕괴 등을 고려하여 설정한다.

다. 방향

하상유지시설의 방향은 하류부의 유심(流心)에 직각이 되도록 한다.

라. 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.

마. 하상경사

하도의 하상경사는 유량, 유속, 수심과 하상의 저항력 등을 고려하여 결정한다.

6.1.6 유로공[계류보전공]

가. 계획조건

1) 하상유지시설과 호안을 동시에 설치하며, 유로공 계획구역의 상류에는 사방댐 또는 하상유지시설을 설치한다.
2) 유로공 계획에 고려하는 유량은 토사함유율이 감소된 홍수류를 대상으로 한다.
3) 횡단구조물은 적게 설정하며, 구조물의 바닥높이는 계획홍수위에 대한 여유고에 0.5m를 더한 높이로 한다.
4) 경사변화가 있는 경우는 그 절점(折點)에 하상보호공을 계획하고 대(帶)공에 의해서 경사 변화가 없도록 한다.

나. 설계 순서

1) 유로공 설계시 하도 상류부의 황폐상황을 검토하여야 한다.
2) 상류부가 황폐되어 있는 경우에는 아래와 같이 실시한다.
   가) 사방공사 미시공 : 유로공의 착수에는 시기가 빠르다.
   나) 사방공사 시공중 : 상류의 사방시설에서 계획유출토사에 대해서 50 % 이상 저감(토사생산억제, 유출토사억제, 조절량 포함)이 완료된 후에 유로공을 실시한다.
   다) 사방공사 완료 : 유로공의 시행이 가능한 단계이다.
3) 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 계획유출토사량에 대하여 50% 이상 저감이 완료된 후에 유로공을 계획한다.

다. 법선

1) 유로공의 법선은 가능한 한 매끄럽게 설계하여 날카로운 만곡(灣曲)을 피한다.
2) 토지이용상 곡선부를 설치하는 경우에는 곡선반경과 계획하폭의 비를 10~20 이상, 만곡도를 60° 이상으로 한다. 어떤 경우에도 곡선반경과 계획하폭의 비를 5 이상으로 한다.

라. 하상경사

1) 유로공에 의하여 하상경사를 변화시키는 경우에는 상류로부터 하류부로 향하여 점차 완경사로 계획한다.
2) 경사 변화 지점에서는 해당 지점 상·하류의 소류력이 50 % 이상 변화하지 않도록 경사를 결정한다.

마. 구조

구조는 곡류부, 댐과의 접속, 이행부, 굴착방식, 중복 높이 등을 고려하여야 한다.

바. 유로공의 종단형

종단형은 하상경사, 종단경사, 계획 하상고, 그리고 지류 종단경사를 검토하여 설정한다.

사. 유로공의 계획단면

계획단면은 복단면으로 하나, 유지가 어려우면 단단면으로 한다.

아. 유로공의 호안

호안은 기본적으로 '제2편 치수시설 제3장 호안' 에 준하여 설계한다.

자. 유로공의 바닥다짐공

1) 유로공의 바닥다짐공은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설' 에 준해서 설계한다.
2) 안정된 계획하상을 유지하기 위해 유로공의 계획단면, 종단형을 검토하여 바닥다짐공의 위치를 선정한다.
3) 유로공의 계획하상고와 유로공 상·하류단에서 하상고를 안정화하기 위해 낙차공으로 바닥다짐공을 설치한다.

6.1.7. 침사지

가. 설계일반

1) 침사지는 토석류 발생을 방지할 수 있는 사방공사 등을 시행한 후 침사지를 계획한다.
2) 침사지의 계획퇴사량은 필요에 따라 제거 또는 준설하여 퇴사 기능을 유지할 수 있도록 한다.
3) 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, 일반적으로 개발

계획 단계에서 명시하며 간이침사지 보다 높은 설계기준을 요한다. 영구침사지는 공사 기간 중에는 침사지 역할을, 공사 후에는 경관, 위락, 저류, 지하수 함양 등의 기능을 한다.

4) 침사지의 위치는 개발 지역의 직하류에 위치, 공사용 장비 이동에 장애가 없는 위치, 준설 활동이 용이한 위치 등을 고려하여 계획한다.

5) 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.

나. 설계순서

1) 침사지의 설계 순서는 필요성, 설계 개념, 위치와 형태, 배수구역 특성, 둑 높이, 기타 부속시설을 고려하여 결정한다.

2) 침사지의 설계 순서는 다음과 같다.

가) 필요성 확인

나) 설계개념 선정

다) 침사지 형태 선정

라) 침사지 위치 선정

마) 배수구역의 특성 파악

바) 퇴적유사량(부피) 결정

사) 침사지 둑의 높이 결정

아) 주여수로 크기 결정

자) 비상여수로 폭의 결정

차) 둑과 여수로의 보호 장치 결정

2) 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 6.1-7)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

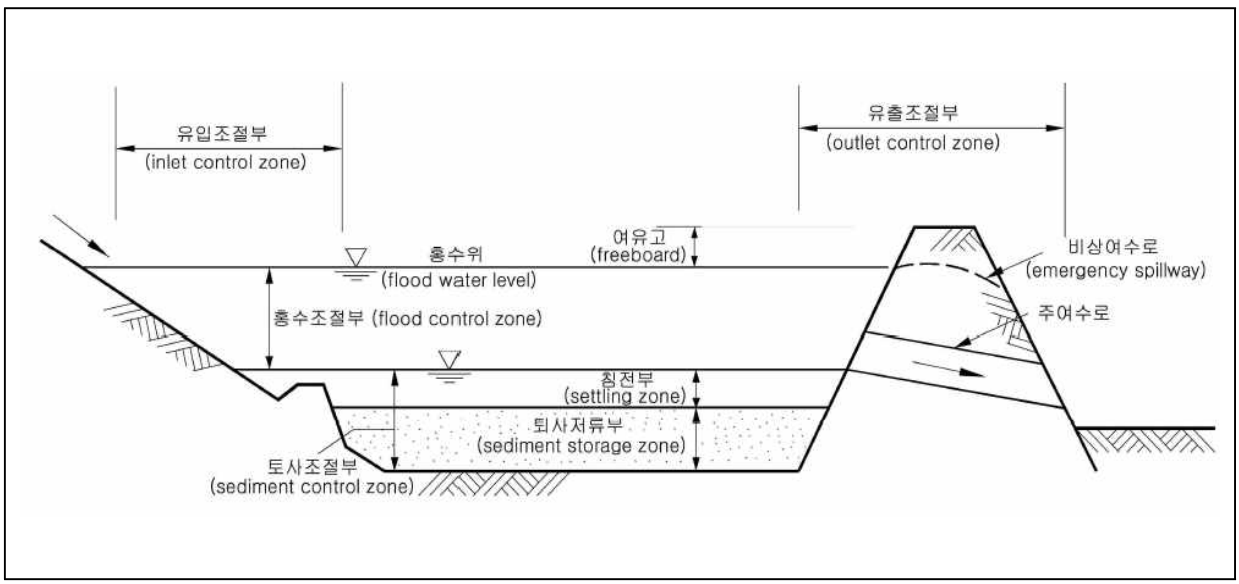
침사지 요소중에서 수심이 낮고 상대적으로 흐름특성이 상류(常流)영역에 해당하는 침전부에서 입자의 침전이 이루어지며, 침전효율을 높이기 위해 일반적으로 침전부는 좁고 긴 수로의 형태를 유지하면서, 좁은 양단의 입·출구를 가지도록 한다. 이때, 침전부의 계획면적은 설계유량, 퇴적대상 토사 입경과 함께 침사지 설계시 포착효율을 결정짓는 인자가 된다.

(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 6.1-7) **< 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.

$$I - O = \frac{ds}{dt}, \frac{I_1 + I_2}{2}\Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2}\Delta t = S_2 - S_1 \qquad (6.3)$$

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)

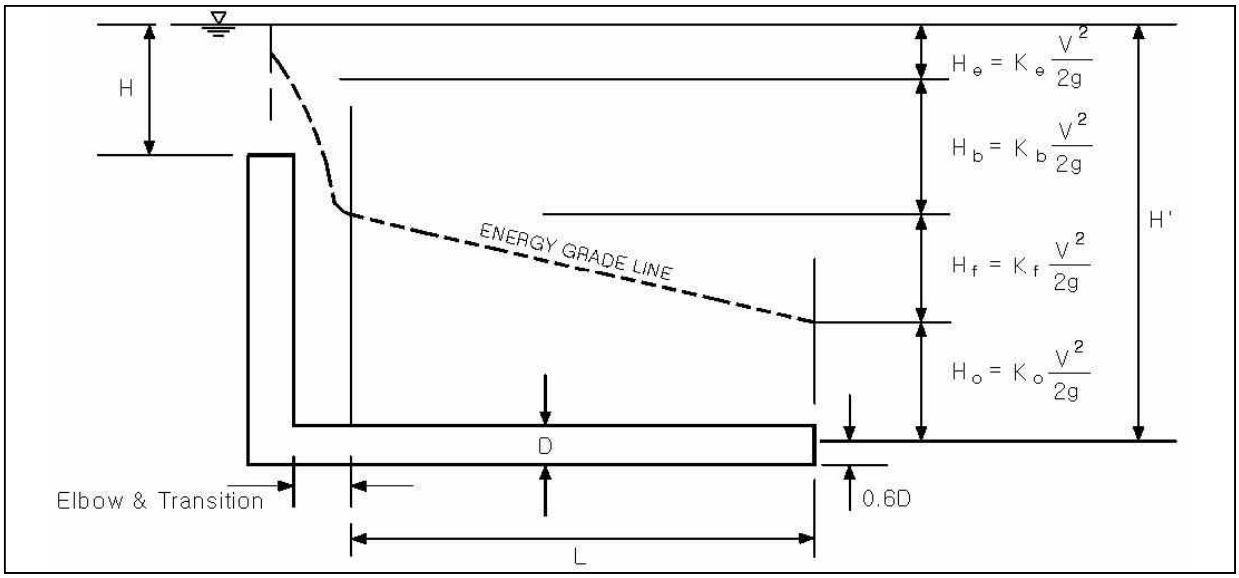
△t : 홍수추적시간

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

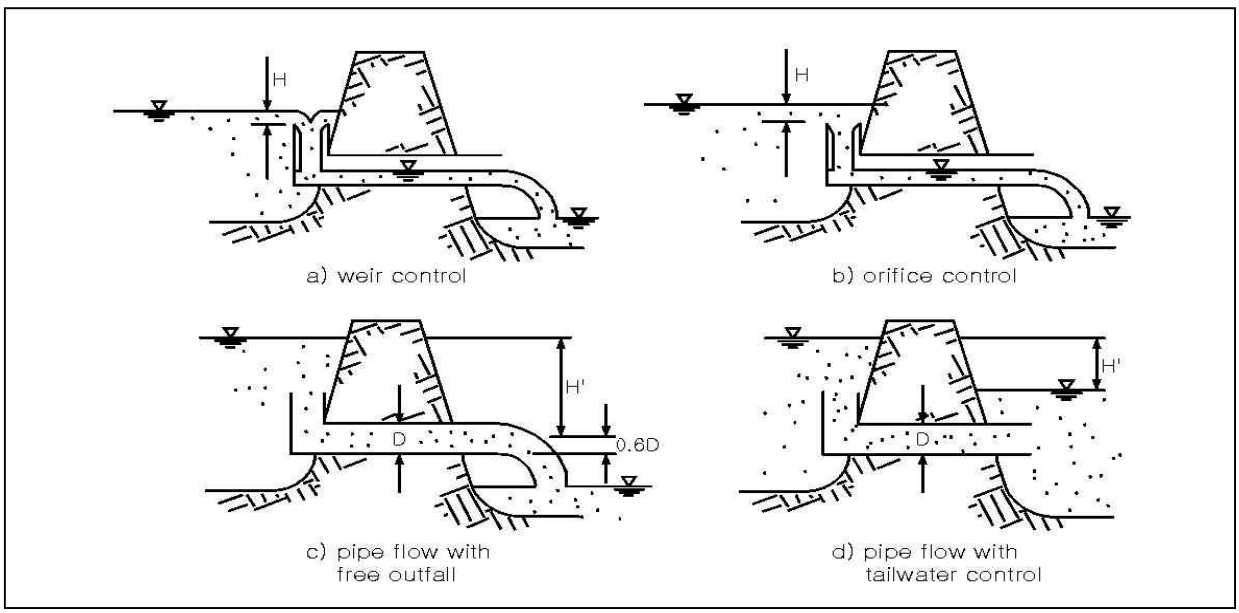
경사를 적용하고 평균단면적법으로 작성한다. 수위-방류량 관계곡선은 연직관, 오리피스 등과 같은 설치하는 방류시설의 종류에 따라 작성하는 방법이 달라진다.

방류시설로 많이 사용되는 연직관의 경우 상단을 가정한 토사조절부 상단에 위치시키게 되며, 연직관의 에너지 손실을 나타내면 다음 (그림 6.1-8)과 같다.



(그림 6.1-8) **< 연직관 에너지 손실 >**

또한 연직관의 흐름조건은 (그림 6.1-9)과 같이 웨어흐름, 오리피스 흐름, 관수로흐름(자유낙하), 관수로흐름(하류통제) 등으로 구분된다.



(그림 6.1-9) **< 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)

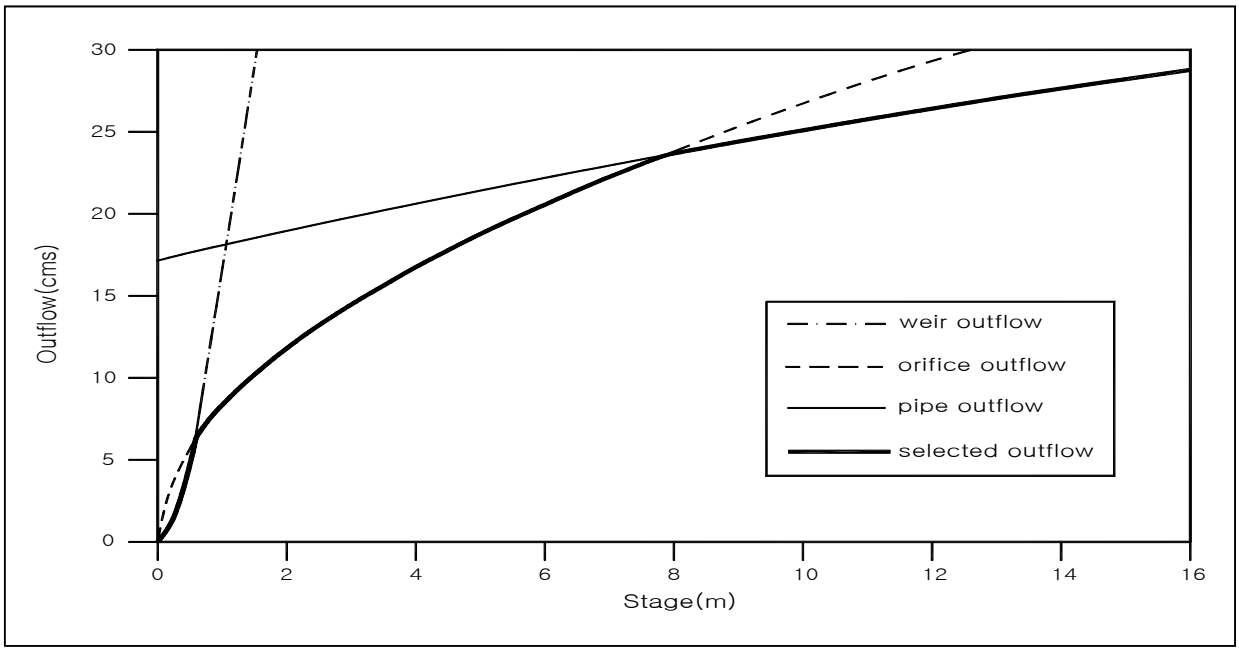
K_b : 만곡부 손실계수(콘크리트관 0.15, 주름관 0.5)

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 6.1-10) **< 연직관의 수위-방류량 관계곡선 >**

다. 퇴적유사량 산정

퇴적(침전) 유사량은 유역의 토양손실량, 유사전달률, 침사지 포착률 및 침사지 내 퇴적토 단위중량을 감안하여 결정한다.

라. 침사지 둑과 여수로

1) 침사지의 둑 높이는 침사지 및 여수로 형태에 따라 결정한다.

2) 주여수로는 침사지의 저류공간에 저류된 홍수량을 천천히 배수시켜 홍수조절 및 침전효과를 도모할 수 있어야 한다. 비상여수로는 설계강우 이상의 호우에 대비한 것으로 보통 침사지의 양옆에 설치한다.

6.2 수량산출요령

6.2.1 수량산출내역

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		

6.2.2 일반사항

1) 제방 계획에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제1장 제방' 에 준한다.

2) 호안 계획에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제3장 호안' 에 준한다.

3) 하상유지시설에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설' 에 준한다.

4) 기타 구조물에 관한 수량산출내역은 '제3 이수시설 제1장 보', 제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계' 에 준한다.

6.2.3 토공사

가. 벌목(본)

1) 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㎝

2) 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

나. 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 검토해야 하며 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.

6.2.4 구조물공사

가. 배수밸브 설치(개소)

1) 사방댐 관리을 위하여 댐몸체를 관통하는 배수암거(물빼기구멍)와 물을 제어하는 밸브를 설치할 수 있다.

2) 저수기능이 필요한 사방댐에는 배수암거(물빼기구멍)를 설치하지 아니한다.

나. 사방댐 자재(식)

1) 사방댐의 자재는 사방댐의 사용목적, 지형, 지질, 재료구득, 운반, 시공성, 경제성등을 종합 고려하여 결정한다.

2) 자재의 종류는 콘크리트, 전석(돌), 강재틀(철망재), 스크린(버트레스, 슬릿댐), 블록, 링네트 등이 있다.

가) 콘크리트(㎥)

나) 전석(돌)(㎥)

다) 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

라) 스크린(버트레스, 슬릿댐) (ton, ea)

- 버트레스댐은 기초 및 양안 어깨부는 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

마) 블록(㎡, ea)

바) 링네트(㎡, ea)

- 계곡부에 링네트, 로프 앵커류, 브레이크링, 콘크리트 지지구조물 등으로 구성하여 토석·유목의 동시 차단을 주목적으로 설치

6.2.5 호안공사

가. 밑돌 및 천단 돌쌓기(m)

1) 돌쌓기 시 밑돌과 천단돌을 오각으로 면을 쌓을때 돌쌓기 기초, 천단돌쌓기 작업에서 석공이 돌을 다듬어 면을 맞추어 쌓는 경우에 적용하며 연장(m)으로 산출한다.

2) 돌쌓기의 높이는 3m 이하에 적용한다.

나. 큰돌쌓기, 큰돌붙이기, 막돌쌓기(㎡)

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

다. 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.

6.2.6 부대공사

가. 누구막이

1) 돌누구막이(개소)

가) 돌을 재료로 할 때 최대 사면적 3㎡ 내외로 상류에 직각으로 축설하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

나) 비탈면적은 (상장+하장)/2 × 비탈구배로 계산한다.

다) 총체적의 계산은 비탈면적 × 뒤메움자갈 평균 두께(천단에서 높이의 1/2 + 축석길이)로 계산한다.

라) 평균두께 계산은 총체적 ÷ 비탈면적 = m로 계산한다.

마) 뒤메움자갈의 체적(㎥)은 비탈면적 × (뒤메움자갈 평균 두께 + 돌체적 평균길이)로 계산한다.

2) 떼누구막이(개소)

가) 떼를 재료로 할 때 최대 사면적 2㎡ 내외로 상류에 직각으로 축설하고 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

나) 머리떼는 상장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.

다) 바닥떼는 하장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.

라) 정면떼는 (상장+하장)/2 × 높이로 산출한다.

마) 양기슭바닥떼는 누구막이 측면의 길이에 0.2를 곱하고 2개소를 곱하여 산출한다.

3) 골막이(개소)

가) 상류,하류에 직각으로 축설하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3 기준으로 산출한다.

나) 물받침이 필요한 지역은 별도 계상한다.

나. 산복수로공

1) 돌수로공, 떼수로공(m, 개소당)

가) 돌쌓기면적(윤주)의 계산은 현지지형을 정밀 조사하여 결정하고,

호형횡단면윤주(P)=상폭(S)+8H(높이)^2 /3S 공식에 의한다.

나) 바닥파기는 호형횡단면적 2H(높이)^3 /3S(상폭)+2H(높이)·S(상폭)/3 공식에 의거 산출한다.

2) 속도랑공(m)

바닥파기의 깊이는 2m 이내로 산출한다.

다. 운반공

1) 인력 운반(㎥)

가) 토사 운반(㎥)

100m 이내에 적용하며 1회 운반량은 보통 토사 25kg 기준으로 산출한다.

나) 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)

다) 기타 임업자재 운반(㎥)

200m 이내의 운반에 적용하여 산출한다.

2) 모노레일 운반(개소)

블록 및 제 자재는 운반차량의 적하단위, 재적중량 및 운반자재의 형태 치수를 고려하여 재적량을 검토하여 산출한다.

3) 덤프트럭 운반(ton)

산악지형 등 작업환경이 어려운 곳의 현지 여건을 감안하여 작업효율성을 높이기 위한 방안으로 4륜 1톤 덤프트럭을 적용하여 산출한다.

6.3 단가산출 요령

1) 제방 계획에 관한 단가산출 기준은 '제2편 치수시설 제1장 제방' 에 준한다.

2) 호안 계획에 관한 단가산출 기준은 '제2편 치수시설 제3장 호안' 에 준한다.

3) 하상유지시설에 관한 단가산출 기준은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설' 에 준한다.

4) 기타 구조물에 관한 단가산출 기준은 '제3편 이수시설 제1장 보' , 제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계' 에 준한다.

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함
본 단가산출에서 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>6.3.1</td><td>토공사
가.벌목</td><td>100
본당</td><td>
(단위 : 인/100본당)
<table>
<tr><th rowspan="2">제거 대상목
흉고직경</th><th colspan="3">소요인력</th><th rowspan="2">인력구분</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>벌목</th><th>가지정리</th><th>토막내기</th></tr>
<tr><td>10㎝ 이하</td><td>0.6</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td rowspan="12">보통인부 50%

벌 목 부 50%</td><td rowspan="12"></td></tr>
<tr><td>12~14㎝</td><td>0.7</td><td>0.3</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td>16~18㎝</td><td>1.0</td><td>0.3</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>20~22㎝</td><td>1.1</td><td>0.3</td><td>0.4</td></tr>
<tr><td>24~26㎝</td><td>1.2</td><td>0.4</td><td>0.4</td></tr>
<tr><td>28~30㎝</td><td>1.6</td><td>0.5</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>32~34㎝</td><td>2.1</td><td>0.7</td><td>0.7</td></tr>
<tr><td>36~38㎝</td><td>2.6</td><td>0.9</td><td>0.9</td></tr>
<tr><td>40~42㎝</td><td>3.1</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>44~46㎝</td><td>3.8</td><td>1.3</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>48~50㎝</td><td>4.4</td><td>1.5</td><td>1.5</td></tr>
</table>
(1) 벌목 : 서있는 나무를 베어넘기는 작업으로 품은 평균경급에 적용가능
(2) 가지정리 : 베어진 나무의 가지를 제거하는 작업
(3) 토막내기(작동) : 베어진 나무를 2m 길이로 작동하는 작업. 작동길이를 달리할 경우 품셈을 기준으로 변형 사용가능(산주의 요구)
(4) 전목 : 벌목 공정을 적용
전간재 : 벌목 + 가지정리 공정을 적용
단목 : 벌목 + 가지정리 + 토막내기 공정을 적용
(5) 관목류의 제거 시 보통인부의 30%를 가산할 수 있다.
(6) 주연료(잡품) 1인당 적용기준 : 1일 1대당(2인 1조) 소요량 5.6ℓ의 50% 적용
(7) 주연료(잡품)의 적용은 기준 인력품과 현장소요 인력품의 비율을 감안하여 적용
(8) 잡품은 엔진유, 기어유, 그리스 등 기타소모품에 해당하며 주연료비에 대하여 금액비율로 적용
(9) 손료는 1일 1인당 적용기준임 : 1일 1대당(2인 1조) 손료계수 0.0084의 50% 적용
(10) 손료는 감가상각비, 정비비 및 관리비의 합계액으로 정함
</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>나.벌목지
임내정리</td><td>㎥</td><td>
가) 소요인력
(단위 : ㎥/1인1일)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="10">생산물(㎥/ha), 보통인부</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>10㎥
미만</th><th>10㎥
이상</th><th>15㎥
이상</th><th>20㎥
이상</th><th>25㎥
이상</th><th>30㎥
이상</th><th>35㎥
이상</th><th>40㎥
이상</th><th>45㎥
이상</th><th>50㎥
이상</th></tr>
<tr><td>임내
정리</td><td>3.9</td><td>4.1</td><td>5.2</td><td>6.3</td><td>7.4</td><td>8.6</td><td>9.8</td><td>11.0</td><td>12.3</td><td>13.7</td><td></td></tr>
</table>
나) 할인·할증요소
<table>
<tr><th>경사도</th><th>할인·증률</th></tr>
<tr><td>완 (15° 이하)</td><td>0%</td></tr>
<tr><td>중 (15° ~ 30°)</td><td>5%</td></tr>
<tr><td>급 (30° 초과)</td><td>10%</td></tr>
</table>
(1) 본 품은 20m 이하의 횡적치품이 포함되어 있으며 하산 시는 별도 품(숲가꾸기 집재)을 가산한다.
(2) 산불피해지 산지사방 작업 시는 피해목의 제거 및 집재 시 숲가꾸기 산물수집 품을 적용한다.
</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>다.작업도의
개설</td><td>식</td><td>
1) 작업도의 해설
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.
2) 작업도의 품 적용
- 작업도의 설치 : 현지 여건에 적합한 굴삭기와 작업조건 K값, E값, Cm값을 적용하며 벌목과 뿌리뽑기 품은 별도 계상한다.
</td><td></td></tr>
<tr><td>6.3.2</td><td>호안공사
가.석재 및 골재의 분류</td><td></td><td>※「제2편 치수시설 - 제3장 호안」 참조</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>나.석재채집
및 세척</td><td></td><td>
1) 모래, 자갈, 조약돌 채집
가. 석산 및 골재원에서 골재채집은 품질, 양, 거리 등을 고려하고, 경제성을 비교 검토하여 작업방법(기계 또는 인력채집)을 결정한다.
나. 기계채집시 기계경비는 별도 계상하며 선별기 보조원은 보통인부 (2~3인/대당) 품을 계상할 수 있다.
다. 인력채집시는 다음 품을 적용한다.
라. 석재 세척시 유해물질의 함유한도를 초과할 경우에는 보통인부 0.2인을 가산할 수 있다.
(인/㎥당)
<table>
<tr><th>명칭</th><th>친모래</th><th>자갈</th><th>자갈</th><th>조약돌</th><th>막자갈</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>규 격</td><td></td><td>25mm까지</td><td>40mm까지</td><td>150mm까지</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>보통인부
(인)</td><td>0.5</td><td>1.44</td><td>1.0</td><td>0.6</td><td>0.3</td><td></td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>나.석재채집
및 세척</td><td>100
개당</td><td>
2) 큰돌의 채집
가. 적용범위
본 품은 큰돌(직경 40cm 이상～100cm 이하, 뒷길이 60～120cm)을 기계로 현지 채취하는 경우에 적용하며 돌 규격에 따른 뒷길이 기준은 다음과 같다.
<table>
<tr><th rowspan="2">명칭</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="3">규 격</th></tr>
<tr><th>직경 40cm 이상
~60cm 미만</th><th>직경 60cm 이상
~80cm 미만</th><th>직경 80cm 이상
~100cm 이하</th></tr>
<tr><td>뒷길이</td><td>cm</td><td>55 ~ 75</td><td>75 ~ 95</td><td>95 ~ 120</td></tr>
</table>
나. 큰돌 채취 종합품셈
(100개당)
<table>
<tr><th>명칭</th><th>규격</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>작업반장</td><td></td><td>시간(h)</td><td>2.6</td><td></td></tr>
<tr><td>굴삭기</td><td>배기가스 대책형
크롤러형
쌓기0.7㎥
(평적 0.6㎥)</td><td>〃</td><td>13.4</td><td>굴삭 · 석재
채취 기계</td></tr>
<tr><td>집게 장치</td><td>1m급</td><td rowspan="2">〃</td><td rowspan="2">13.4</td><td rowspan="2">큰돌 선별 ·
짐싣는 기계
(스톤그랩)</td></tr>
<tr><td>(회전식
돌집게)
굴삭기운전</td><td>배기가스 대책형
크롤러형
쌓기0.7㎥
(평적 0.6㎥)</td></tr>
<tr><td>제잡비
비율</td><td></td><td>%</td><td>6</td><td></td></tr>
</table>
(1) 위의 표는 굴삭, 채취, 짐 싣기, 세척, 선별작업을 포함하는 품셈으로 한다.
(2) 제 잡비는 고압세척기 손료, 전력에 관계되는 경비 등의 비용으로, 노무비의 합계액에 위 표의 비율을 곱한 금액을 상한으로 계상한다.
(3) 기계에 의한 파쇄작업이나 화약류에 의한 발파작업이 필요한 경우는 별도 계상한다.
(4) 채취에 따른 20m 정도의 소운반을 포함하지만, 운반 거리가 20m 초과시는 운반비를 별도 계상한다.
(5) 굴삭기 부착용 회전식 돌집게는 실거래가격을 적용하고, 양 날개의 티스 소모 경비율은 0.002(소모율) × 개당가격 × 6(티스갯수)를 적용한다.
(6) 큰돌 채집시 작업의 난이도를 감안하여 큰돌 규격별로 적용을 다르게 한다(40cm 이상~60cm 미만 본품의 75%, 60cm 이상~80cm미만은 본품의 100%, 80cm 이상~100cm 이하는 본품의 125%를 적용한다).
</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>다. 돌,
큰돌쌓기공</td><td>m당

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
	다. 돌, 큰돌쌓기공	10㎡	2) 큰돌쌓기(메쌓기)	

(10㎡당)

명칭	규격	단위	수 량		
			직경 40cm 이상 ~60cm 미만	직경 60cm 이상 ~80cm 미만	직경 80cm 이상 ~100cm 이하
작업반장		인	0.83	0.75	0.68
특별인부		〃	1.04	1.08	1.11
보통인부		〃	1.04(1.17)	1.08(1.22)	1.11(1.25)
굴삭기 (무한궤도)	0.8㎥	시간 (h)	3.84	3.52	3.14
제잡비비율		%	1(1)	1(1)	1(1)

(1) 본 품은 큰돌메쌓기 시공품셈이며, 고임돌품은 포함되어 있다.
(2) 흡출방지재를 시공하는 경우는 ( )의 값을 적용한다.
(3) 제잡비는 다짐기계 손료의 비용이며, 노무비의 합계액에 위 표의 비율을곱한 금액을 상한으로 하여 계상한다.
(4) 굴삭기 0.8㎥는 석재 등의 오르내림 작업에 사용하는 기계이다.
(5) 운반거리 20m 정도의 소운반을 포함한다.
(6) 석재를 현지 채취하는 경우는 채취비, 운반비를 별도 계상할 수 있다.
(7) 이맞춤에 따른 석재의 가공을 포함한다.
(8) 뒤채움 품(조약돌)은 '기초다짐 및 뒤채움' 항을 적용한다.

라) 큰돌찰붙이기

(10㎡당)

명칭	규격	단위	수 량		
			직경 40cm 이상 ~60cm 미만	직경 60cm 이상 ~80cm 미만	직경 80cm 이상 ~100cm 이하
작업반장		인	0.58	0.53	0.48
특별인부		〃	1.01	1.02	1.02
보통인부		〃	1.01(1.18)	1.02(1.19)	1.02(1.19)
굴삭기 (무한궤도)	0.8㎥	시간 (h)	3.36	3.04	2.80
제잡비 비율		%	11(11) 3(3)	11(11) 3(3)	12(11) 3(3)

(1) 본 품은 큰돌붙이기(찰붙임) 품이며, 고임돌 및 채움콘크리트품은 포함되어 있다.
(2) 흡출방지재 또는 차수시트를 시공하는 경우는 ( )의 값을 적용한다.
(3) 제잡비는 콘크리트 버켓 손료, 다짐기계 손료 비용이며 노무비의 합계액에 위 표의 비율을 곱한 금액을 상한으로 하여 계상한다. 또한 물빼기 파이프를 설치한 경우는 윗단의 값, 설치하지 않는 경우는 아랫단의 값으로 하며, 상단에는 물빼기 파이프 설치에 관계되는 노무비, 재료비를 포함한다
(4) 굴삭기(0.8㎥)는 석재, 뒤채움콘크리트 등의 오르내림 작업에 사용한다.
(5) 본품은 운반거리 20m 정도의 소운반을 포함한다.
(6) 석재를 현지 채취하는 경우는 채취비, 운반비를 별도 계상할 수 있다.
(7) 이맞춤에 따른 석재의 가공을 포함한다.
(8) 기초다짐 품(조약돌)은 '기초다짐 및 뒤채움' 항을 적용한다.

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
	다. 돌, 큰돌쌓기공	10㎡	마) 큰돌메붙이기 (10㎡당)	

명칭	규격	단위	수 량		
			직경 40cm 이상 ~60cm 미만	직경 60cm 이상 ~80cm 미만	직경 80cm 이상 ~100cm 이하
작업반장		인	0.58	0.53	0.48
특별인부		〃	0.58	0.53	0.48
보통인부		〃	0.83(1.01)	0.89(1.07)	0.94(1.11)
굴삭기 (무한궤도)	0.8㎥	시간 (h)	2.40	2.16	1.92
제잡비 비율		%	1(1)	1(1)	1(1)

(1) 본 품은 큰돌붙이기(메붙임) 품이며, 고임돌품은 포함되어 있다.
(2) 흡출방지재를 시공하는 경우는 ( )의 값을 적용한다.
(3) 제 잡비는 다짐기계 손료의 비용이며, 노무비의 합계액에 위 표의 비율을 곱한 금액을 상한으로 하여 계상한다.
(4) 굴삭기(0.8㎥)는 석재 등의 오르내림 작업에 사용한다.
(5) 운반거리 20m 정도의 소운반을 포함한다.
(6) 석재를 현지 채취하는 경우는 채취비, 운반비를 별도 계상할 수 있다.
(7) 이맞춤에 따른 석재의 가공을 포함한다.
(8) 기초다짐 품(조약돌)은 '기초다짐 및 뒤채움' 항을 적용한다.

	㎡	바) 막돌쌓기 (가) 적용범위 본 품셈은 막돌(직경길이 20cm 이상, 뒷길이 25~40cm)을 기계로 현지 채취 및 인공 파쇄석으로 쌓기를 하는 경우에 적용하며, 석공에 의한 돌 이맞춤과 정다듬이 필요 없을 때 적용한다. 지역여건상 구입 또는 규격돌 채집에 어려움이 있을 때 현지 자재를 사용하여 자연친화적 돌쌓기를 하기 위한 공법이다.	

구분	명칭	단위	수량	비고
뒷길이 평균 적용	보통인부	인	0.3	

(1) 고임돌 품은 포함되어 있으며 고임돌 채집은 무대처리하고, 뒷채움돌은 현지 여건상 별도 계상할 수 있다.
(2) 본 품은 메쌓기에만 적용한다.
(3) 기초콘크리트는 현지 여건상 별도 계상한다.
(4) 높이는 2.0m 이상으로 할 수 없으며 천단콘크리트는 원칙적으로 하지 않는 것으로 한다. 천단에는 복토 및 면고르기 후 떼붙임, 7급 떼단쌓기를 할 수 있다. (사방표준품셈 P.54 참조)
(5) 막돌 붙임의 경우는 본 품의 70%를 적용한다.

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>다. 돌,
큰돌쌓기공</td><td></td><td>사) 식생토낭설치
(인/개당)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">보통인부(인)</th></tr>
<tr><th>80㎝×40㎝×20㎝</th><th>67㎝×36㎝×15㎝</th></tr>
<tr><td>단끊기(30㎝ 단폭)</td><td>0.030</td><td>0.019</td></tr>
<tr><td>흙채우기(마대채우기)</td><td>0.035</td><td>0.022</td></tr>
<tr><td>마대쌓기</td><td>0.025</td><td>0.016</td></tr>
</table>
(1) 식생토낭백은 50㎝ x 100㎝(속채움규격 80㎝×40㎝×20㎝) 1㎡당 6.25ea과 42㎝ x 82㎝(속채움규격 67㎝×36㎝×15㎝) 1㎡당 10ea를 기준으로 하며 토낭쌓기 후 틈메우기, 되채움, 연결 고리설치, 뒷정리품은 포함되어 있다.
(2) 흙 채우기를 위한 흙의 현장 채취가 불가능할 때는 별도의 본 품셈 운반기준품을 계상한다.
(3) 본 품은 산비탈에서 돌 및 기타 쌓기 재료의 채집과 운반이 어려운 대상지에 한하여 사용한다.</td><td></td></tr>
<tr><td>6.3.3</td><td>부대공사
가.누구막이</td><td>개소</td><td>주로 누구의 침식발달을 방지하기 위하여 시공하는 수로공 및 선떼붙이기공의 기초로 많이 사용한다.
1) 돌누구막이
(개소당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>비탈면적 (1:0.3)</td><td>㎡</td><td>주 (7)</td><td></td></tr>
<tr><td>정면적</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>평균두께</td><td>m</td><td>주 (9)</td><td></td></tr>
<tr><td>총체적</td><td>㎥</td><td>주 (8)</td><td></td></tr>
<tr><td>돌(야면석)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>고임돌</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>뒷채움자갈</td><td>㎥</td><td>주(10)</td><td></td></tr>
<tr><td>어깨 및 바닥파기</td><td>㎥</td><td>주 (4)</td><td></td></tr>
</table>
(1) 돌을 재료로 할 때 최대 사면적 3㎡ 내외를 기준으로 한다.
(2) 상류에 직각으로 축석하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3으로 한다.
(3) 바닥파기는 원지반에서 50cm 이상 근입 되도록 하며 전체 공작물이 안정된 기반위에 설치되도록 한다. 기계사용은 70% 이상 하지 못하고, 공작물의 설치바닥파기는 반드시 인력으로 마감한다.
(4) 작업반장은 1인/ 보통인부 20인 가산한다.
(5) 뒤메움자갈의 저폭은 돌뒷길이+0.4×공작물 높이, 상폭은 돌뒷길이+0.1×공작물의 높이가 되도록 확보한다.
(6) 비탈면적은 (상장+하장)/2 × 비탈구배로 계산한다.
(7) 총체적의 계산은 비탈면적 × 뒤메움자갈 평균 두께(천단에서 높이의 1/2 + 축석길이)로 계산한다.
(8) 평균두께 계산은 총체적 ÷ 비탈면적 = m로 계산한다.
(9) 뒤메움자갈의 체적은 비탈면적 × (뒤메움자갈 평균 두께 + 돌체적 평균길이)로 계산한다.</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>개소</td><td>2) 떼누구막이
(개소당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>비탈면적(1:0.3)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정면적</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>머리떼 면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td>주(6)</td><td></td></tr>
<tr><td>바닥떼 면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td>주(7)</td><td></td></tr>
<tr><td>정면떼 면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td>주(8)</td><td></td></tr>
<tr><td>양기슭바닥떼(떼붙임)</td><td>㎡</td><td>주(9)</td><td></td></tr>
<tr><td>어깨 및 바닥파기</td><td>㎥</td><td>주(4)</td><td></td></tr>
</table>
(1) 떼를 재료로 할 때 최대 사면적 2㎡ 내외를 기준으로 한다.
(2) 상류에 직각으로 축설하고 비탈은 1:0.3으로 한다.
(3) 어깨 및 바닥파기는 전체 공작물이 안정된 기반위에 설치되도록 하고, 측면어깨 0.4m, 하장 쪽 0.4m 견지반에 묻히도록 바닥파기를 실시한다. 기계사용은 70% 이상 하지 못하고, 공작물의 설치 바닥파기는 반드시 인력으로 마감한다.
(4) 작업반장은 1인/보통인부 20인 가산한다.
(5) 머리떼는 상장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.
(6) 바닥떼는 하장의 길이에 0.2~0.4를 곱하여 산출한다.
(7) 정면떼는 (상장+하장)/2 × 높이로 산출한다.
(8) 양기슭바닥떼는 누구막이 측면의 길이에 0.2를 곱하고 2개소를 곱하여 산출한다.</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>나. 골막이</td><td>개소</td><td>황폐 소계류에 설치하는 횡공작물로서 계상구배를 완화하고 산기슭을 고정하여 토사유출방지 및 사면붕괴방지 목적으로 설치한다.
(개소당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>정면적</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>비탈면적(1:0.3)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>평균두께</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>입적</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>야면석</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>고임돌</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>뒷채움자갈</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>어깨 및 바닥파기</td><td>㎥</td><td>주(2)</td><td></td></tr>
<tr><td>되메우기</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>잔토정리</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>나. 골막이</td><td></td><td>(1) 현지를 감안하여 상류,하류에 직각으로 축설하고 돌쌓기 비탈은 1:0.3으로 한다.
(2) 어깨 및 바닥파기는 원지반에서 50cm 이상 근입되도록 하며 전체 공작물이 안정된 기반위에 설치되도록 한다. 기계사용은 70% 이상 하지 못하고, 공작물의 설치를 위한 바닥파기는 반드시 인력으로 마감한다.
(3) 작업반장은 1인/보통인부 20인 가산한다.
(4) 뒷채움자갈의 저폭은 뒤메움자갈의 저폭은 돌뒷길이+0.4×공작물 높이, 상폭은 돌뒷길이+0.1×공작물의 높이가 되도록 확보한다.
(5) 소규모 공작물로서 돌쌓기일 경우 뒷길이 기준 45cm 이하로 하는 것을 원칙으로 하고, 현지 여건상 돌 크기는 조정, 시행할 수 있다.
(6) 설치방향은 유심선에 직각으로 설치하고 방수로가 있는 것을 원칙으로 하며, 부득이한 경우 중앙부를 낮추어 시공한다.
(7) 물받침이 필요한 지역은 별도 계상한다.
(8) 어깨부분의 터파기 후 불안정하거나 부토고정이 필요할 때 떼붙임이나 새를 심는 것은 별도 계상하며 방수로 천단에서 어깨부분 상부로 돌려 감기로 마감한다.</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>다.산복
수로공</td><td>m</td><td>가) 돌수로공
경사가 급하고 유량이 많은 산복수로나 산사태지에 설치하는 수로이다.
(m당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>돌쌓기면적(윤주)</td><td>㎡</td><td>주 (1)</td><td></td></tr>
<tr><td>돌개수</td><td>개</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>고임돌</td><td>㎥</td><td></td><td>돌뒷길이에 대한 건설품셈 적용</td></tr>
<tr><td>떼붙임</td><td>㎡</td><td>0.4</td><td>수로 양안 0.2m 폭으로 붙임</td></tr>
<tr><td>바닥파기</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
</table>
(1) 윤주의 계산은 현지지형을 정밀 조사하여 결정하고, 호형횡단면 윤주(P)=상폭(S)+8H(높이)^2 /3S 공식에 의한다.
(2) 떼붙임은 현지 여건을 감안하여 반영하지 않을 수 있다.
(3) 바닥파기는 호형횡단면적 2H(높이)^3 /3S(상폭)+2H(높이)·S(상폭)/3 공식에 의거 산출하고 토질에 따라 품을 계상한다.
(4) 작업반장은 1인/ 보통인부 20인 가산한다.
(5) 돌수로공의 설치는 개소당 수로의 길이와 산지경사에 따라 다음과 같이 인건비를 할증한다.
(연속 구조물로서 흙막이를 포함한 수로 길이를 말한다.)
<table>
<tr><th>수로의 길이</th><th>경사</th><th>%</th><th>할증</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">6m～9m</td><td>21 ° ～30 °</td><td>40～59</td><td>5%</td><td></td></tr>
<tr><td>31 ° ～38 °</td><td>61～79</td><td>10%</td><td></td></tr>
<tr><td>39 ° 이상</td><td>80 이상</td><td>15%</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">10m～15m</td><td>21 ° ～30 °</td><td>40～59</td><td>20%</td><td></td></tr>
<tr><td>31 ° ～38 °</td><td>61～79</td><td>25%</td><td></td></tr>
<tr><td>39 ° 이상</td><td>80 이상</td><td>30%</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">16m 이상</td><td>21 ° ～30 °</td><td>40～59</td><td>35%</td><td></td></tr>
<tr><td>31 ° ～38 °</td><td>61～79</td><td>40%</td><td></td></tr>
<tr><td>39 ° 이상</td><td>80 이상</td><td>50%</td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>다.산복
수로공</td><td>개소</td><td>나) 떼수로공
집수유역이 좁고 경사가 완만하고 유수량이 적으며 토사의 유송이 적은 곳에 설치한다.
(개소당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>비탈면적(1:0.3)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>머리떼면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>바닥떼면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정면떼면적(떼붙임)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>양기슭바닥떼(떼붙임)</td><td>㎡</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>바닥파기</td><td>㎥</td><td>(주) 2</td><td></td></tr>
</table>
(1) 윤주의 계산은 현지지형을 정밀 조사하여 결정하고, 호형 횡단면을 기준하며 윤주(P)=상폭(S)+8H(높이)^2 /3S 공식에 의한다.
(2) 바닥파기는 호형 횡단면적은 2H(높이)^3 /3S(상폭) + 2H(높이)·S(상폭)/3 공식에 의거 산출하고 토질에 따라 품을 계상한다.
(3) 작업반장은 1인/ 보통인부 20인 가산한다.
(4) 떼수로공의 설치 시 개소당 수로의 길이와 산지대상지 평균 경사에 따라 다음과 같이 인건비를 할증한다.
<table>
<tr><th>수로의 길이</th><th>경사</th><th>%</th><th>할증</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="2">6m ~ 9m</td><td>31° ~38°</td><td>61~79</td><td>5%</td><td></td></tr>
<tr><td>39° 이상</td><td>80 이상</td><td>10%</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">10m ~ 15m</td><td>21° ~30°</td><td>40~59</td><td>15%</td><td></td></tr>
<tr><td>31° ~38°</td><td>61~79</td><td>20%</td><td></td></tr>
<tr><td>39° 이상</td><td>80 이상</td><td>25%</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">16m 이상</td><td>21° ~30°</td><td>40~59</td><td>30%</td><td></td></tr>
<tr><td>31° ~38°</td><td>61~79</td><td>35%</td><td></td></tr>
<tr><td>39° 이상</td><td>80 이상</td><td>40%</td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>m</td><td>다) 속도랑공
붕괴위험사면 주위로부터 유입되는 얕은 층의 지하수를 배제하거나 강우 및 용설수의 침투에 의한 심층지하수 증가를 방지하기 위한 공사를 말한다.
(m당)
<table>
<tr><th>공정별</th><th>단위</th><th>수량</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>바닥파기</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>막자갈</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>떼수로</td><td>m</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>토목용 매트깔기</td><td>㎡</td><td></td><td>2열</td></tr>
<tr><td>되메우기</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>잔토정리</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>바닥파기</td><td>㎥</td><td></td><td></td></tr>
</table>
(1) 바닥파기의 깊이는 2m 이내로 한다.
(2) 막자갈 대신 집수유공관으로 설치하고 막자갈과 병행 시행할 수 있다.
(3) 작업반장은 1인/보통인부 20인 가산한다.</td><td></td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
	라.운반공	㎥	가) 인력운반(㎥) (가) 토사 운반	

(인/㎥당)

거리	보통인부(인)		거리	보통인부(인)		비고
(m)	토사	석재	(m)	토사	석재	
20	0.20	0.24	60	0.35	0.39	
30	0.24	0.28	70	0.39	0.43	
40	0.27	0.31	80	0.43	0.46	
50	0.31	0.35	90	0.47	0.51	

(1) 산복사방에서 객토용 흙, 새집공법, 조공법의 식생토낭운반에 사용하며 다른 공종에서 응용할 수 있다.
(2) 100m 이상은 거리는 비용을 감안하여 다른 품을 적용한다.
(3) 석재는 자갈, 부순돌, 조약돌을 말한다.
(4) 1회 운반량은 보통 토사 25kg 기준이다.

(나) 돌 지게 운반

(인/㎥당)

거리(m)	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	비고
보통인부(인)	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	

(1) 산복사방 및 계간사방에서 인력 돌쌓기에 적용한다.
(2) 1,000m 이상의 거리는 비용을 감안하여 다른 품을 적용한다.
(3) 돌은 깬돌 25kg 기준으로 하며 응용하여 적용할 수 있다. 75kg 정도는 품의 50% 할증 가능하고 100kg 이상은 적용 불가.

3) 기타 임업자재 운반

종별 거리	목재		볏짚	섶단·새	나뭇가지단	자른 떼 (20cm×20cm)	식생낭 (혼토입)	편책용 말뚝 (목재, 파이프)	볏짚멍석 (종비포함)	비료
	소재 (조재목)	제재								
m	인/㎥	인/㎥	인/100속	인/100속	인/100속	인/100매	인/100개	인/100본	인/1000㎡	인/톤
20	0.05	0.04	0.31	0.21	0.31	0.07	0.15	0.06	0.31	0.11
40	0.09	0.07	0.38	0.25	0.38	0.09	0.18	0.10	0.38	0.14
60	0.12	0.1	0.44	0.29	0.44	0.11	0.22	0.13	0.44	0.17
80	0.15	0.13	0.50	0.33	0.50	0.13	0.25	0.17	0.50	0.21
100	0.19	0.17	0.56	0.38	0.56	0.14	0.29	0.21	0.56	0.24
120	0.22	0.2	0.63	0.42	0.63	0.16	0.32	0.25	0.63	0.27
140	0.26	0.23	0.69	0.46	0.69	0.18	0.36	0.29	0.69	0.31
160	0.29	0.26	0.75	0.50	0.75	0.20	0.39	0.33	0.75	0.34
180	0.33	0.29	0.82	0.54	0.82	0.21	0.43	0.37	0.82	0.37
200	0.36	0.32	0.88	0.59	0.88	0.23	0.46	0.41	0.88	0.41

(1) 본 표는 인력으로 작업 수행시 사용하며, 가급적 다른 경제적인 운반방법을 고려한다.
(2) 본 표는 원칙적으로 200m 이내의 운반에 적용한다.
(3) 본 표에는 인력용(지게, 망태기) 비용을 포함한다.

<table>
<tr><th>번호</th><th>공 종</th><th>단위</th><th>단 가 기 준</th><th>비고</th></tr>
<tr><td></td><td>라.운반공</td><td>100m</td><td>
나) 모노레일 운반
(가) 적용범위
본 품셈은 단선왕복식· 단궤도식 모노레일에 적용한다.
(나) 시공개요
(1) 가설준비
노선선정 → 측량 → 벌개
노선선정 : 현지답사 및 도면상의 조사로 계획노선을 선정한다.
측 량 : 노선측량을 실시하여 연장, 구배, 노선형태 등을 결정한다.
벌 개 : 계획 노선 상에 장애물이 되는 수목 등의 벌채를 실시한다.
(2) 가설
발진기지 가설 → 레일가설 → 도착기지 가설
(3) 운반
자재운반
(4) 철거
도착기지 철거 → 레일철거 → 발진기지 철거

(다) 모노레일 가설·철거품셈
본 품셈은 모노레일의 가설·철거에 적용한다. 또한 경사 구분은 노선에 관계되는 경사에 따라 구분한다.
(1) 노선선정
본 품셈은 모노레일 가설 시 노선선정을 필요로 하는 경우에 계상한다.
(인/100m당)
<table>
<tr><th>경사구분</th><th>30도 미만</th><th>30도 이상</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작업반장</td><td>0.35인</td><td>0.45인</td><td></td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>0.35인</td><td>0.45인</td><td></td></tr>
</table>
(2) 가설
(인/100m당)
<table>
<tr><th>경사구분</th><th>30도 미만</th><th>30도 이상</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작업반장</td><td>2.0인</td><td>2.4인</td><td></td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>2.0인</td><td>2.4인</td><td></td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>6.0인</td><td>7.2인</td><td></td></tr>
</table>
(3) 철거
(인/100m당)
<table>
<tr><th>경사구분</th><th>30도 미만</th><th>30도 이상</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>작업반장</td><td>1.0인</td><td>1.2인</td><td></td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>1.0인</td><td>1.2인</td><td></td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>3.0인</td><td>3.6인</td><td></td></tr>
</table>
① 벌목를 필요로 하는 경우는 별도 계상한다.
② 지주 파이프를 설치하기 힘든 경우(암반, 콘크리트 등)는 실제 상황에 맞추어 계상한다
</td><td></td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
	라.운반공		(라) 모노레일 운반 품셈 (1) 모노레일 1일당 운반량 1일당 운반량의 산정식은 다음과 같다. $Q=\frac{360Xq}{Cm}$(㎥/일 · t / 일) Q = 1일당 운반량(㎥,t) q = 1사이클당 운반량(㎥,t) Cm = 1사이클당 소요시간(min)	

(2) 1사이클 당 운반량(q)

모노레일용 바스켓 차량이나 보통 차량을 사용한 자재의 운반량은 다음을 표준으로 한다.

구 분	콘크리트	토사・석재	블록・제 자재 등
차량구분	바스켓 차량		보통차량
단궤도	0.3㎥	0.3㎥	600kg, 0.3㎥

〔주〕 블록 및 제 자재는 운반차량의 적하단위, 재적중량 및 운반자재의 형태 치수를 고려하여 재적량을 검토한다.

(3) 1사이클의 소요시간

Cm=t_1+t_2

t_1=적재 및 짐부리는 시간

t_2=운반시간

① 적재 및 짐부리는 시간(t_1)

(분)

구 분	콘크리트	토사・석재 등	블록・제 자재 등
시 간	4.0	4.0	6.0

〔주〕 차량에 자재를 싣고 내리는 1회당의 소요시간

② 운반시간(t_2)

$t_2=\frac{2L}{V}$(분)

L : 운반거리(m)

V : 주행속도(m/분)

주행속도 V의 표준

단궤도 최대 적재중량 700kg급 45m/분

(4) 적재·짐부리기 품셈

(1일당)

직종	콘크리트	토사・석재 등	블록・제 자재 등
보통인부	2.0인	2.0인	2.0인

주〕 본 품셈은 자재의 적재, 짐부리기 및 운전조작을 실시하는 것이다.

(5) 단가표

① 모노레일 가설 · 철거단가표

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고

라.운반공

(1기당)

명 칭	규격	단위	수량	비고
연장	단궤도	m		
작업반장		인		
특별인부		〃		
보통인부		〃		
모노레일 본기계		대	1	
차체를 받치고 있는 부분 (차바퀴, 용수철, 브레이크 등)		식	1	
레일・지지대		〃	1	
기타비용		%	20	

(1) 기타비용은 공구류(유압벤더, 라체트 스패너 등)의 비용이며, 노무비의 합계액에 위의 표의 비율을 곱하여 얻은 금액을 상한으로 계상한다.
(2) 모노레일 본기・차체를 받치고 있는 부분・레일・지지대는 임대료 및 견적으로 한다.

② 모노레일 운전 단가표

(1일당)

명칭	규격	단위	수량	비고
연료비		l	소요량 적용	ps × 0.253 l × 6h
보통인부		인	2	

다) 덤프트럭 운반

현지 여건을 감안하여 작업효율성을 높이기 위해 4륜 1톤 덤프를 사용할 경우 작업량은 건설품셈에 적용하고, 중기가격은 조달청 등재가격, 주 연료는 2.5톤의 80% 적용, 손료 및 운전경비 산정은 2.5톤 트럭에 적용할 수 있다.

(1) 자재의 1회당 표준 운반량

규격	1t 미만	1t 이상 2t 미만	2t 이상 3t 미만	3t 이상 4t 미만	4t 이상 5t 미만
콘크리트	0.8㎥(1880kg) 또는 0.5㎥(1175kg)				
콘크리트 블 록	350kg (10.9개)	530kg (16.8개)	720kg (22.8개)	910kg (28.7개)	1100kg (34.7개)
목제형틀	170kg (14㎡)	220kg (18㎡)	270kg (22㎡)	320kg (26㎡)	370kg (30㎡)
철제형틀	300kg (9㎡)	400kg (12㎡)	500kg (15㎡)	600kg (18㎡)	700kg (21㎡)
토사	400kg (0.2㎥)	900kg (0.5㎥)	1050kg (0.6㎥)	1200kg (0.7㎥)	1350kg (0.8㎥)
자갈	300kg (0.2㎥)	600kg (0.4㎥)	900kg (0.6㎥)	1200kg (0.8㎥)	1500kg (0.9㎥)
강재	300kg	600kg	900kg	1200kg	1500kg
통나무	160kg (0.2㎥) (10본)	240kg (0.3㎥) (15본)	330kg (0.4㎥) (20본)	410kg (0.5㎥) (25본)	490kg (0.6㎥) (30본)

제7장 배수시설

제7장 배수시설

7.1 설계요령

7.1.1 일반사항

가. 정의

배수시설이란 제내지의 우수를 배제하기 위해 혹은 홍수시나 만조시에 외수의 역류를 방지하는 동시에 본류수위가 저하되었을 때 제내의 우수를 배수할 목적으로 하천제방을 관통하여 설치되는 구조물을 말하며, 구조 형식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

1) 배수통문 : 하천제방을 횡단하여 설치되는 사각형단면의 문짝을 가진 구조물
2) 배수암거 : 하천제방을 횡단하여 설치되는 사각형단면의 문짝이 없는 구조물
3) 배수통관 : 하천제방을 횡단하여 설치되는 원형단면의 문짝을 가진 구조물
4) 배 수 관 : 하천제방을 횡단하여 설치되는 원형단면의 문짝이 없는 구조물

나. 적용범위

본 설계요령은 하천 제방에 설치되는 배수시설 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 40 05, 51 40 10)(2016, 국토교통부)
3) 하수도 시설기준(KDS 61 40 05)(2011, 한국상하수도협회)

라. 설계일반사항

1) 배수시설은 계획홍수위 이하의 유수작용에 대하여 안전한 구조로 설계 한다.
2) 배수시설 유출부 하상 혹은 고수부지 등의 세굴을 방지 할 수 있는 구조가 되도록 설계한다.
3) 설계홍수량을 안전하게 통수시킬 수 있는 규모로 배수시설 단면을 결정한다.
4) 제체를 통과하는 배수구조물은 제방안전에 지장을 줄 우려가 많으므로 배수구조물의 설치지역을 최소화 한다.

마. 참고문헌

1) 하천시설물 표준도 개정 연구보고서(2016. 국토교통부)
2) 소하천설계기준(2012. 소방방재청)
3) 도로설계편람(2012. 국토해양부)
4) 국도건설공사 설계실무 요령(2016. 국토교통부)

7.1.2 사전조사

배수시설 설치를 위한 사전조사는 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 를 참고하여 실시한다.

7.1.3 배수시설 계획

가. 기본 방향

1) 배수시설은 기존 수로의 배수체계를 고려하여 계획한다.
2) 배수시설의 단면은 유출량을 계산하여 결정하되, 가급적 상·하류의 기존 수로규모를 고려하여 계획하고, 가능한 련수를 최소화하여 계획하는 것이 구조물 유지관리상 유리하다.
3) 배수시설은 제방에 직각으로 최대한 간단한 구조물로 설치하되, 본류 방류하천 및 유입수로의 방향등을 고려하여 원활한 내수배제가 가능한 형태로 계획하는 것이 바람직하다.
4) 배수시설의 유출부와 저수로까지의 연결수로는 하상변동이 심한 곳에 계획되므로 수로 비탈면 및 수로바닥 보호를 위한 적절한 대책을 수립한다.
5) 배수시설로 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 배수시설을 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 배수시설을 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. 배수시설 계획

배수시설 계획 및 설계 절차는 다음과 같다.

사전 조사	기초지반 상태, 배수체계, 제내지 지반고, 본류 수위 및 지체시간
⇩	
배수시설 설치 지점	설치지점 선정, 계획 유입 · 유출고 결정, 문짝설치 여부
⇩	
배수시설 규격 결정	계획 유입량 산정, 배수시설 단면 가정, 통과유량 산정
⇩	
배수시설 설계	본체, 유입 · 유출 날개벽 설계, 기초설계

(그림 7.1-1) **< 배수시설 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) 배수시설 바닥고 결정

가) 배수시설의 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) 배수시설 기초설계

가) 배수시설의 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) 배수구조물의 기초형식은 직접기초를 원칙으로 한다.

다) 연약지반상 계획되는 배수시설은 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. (‘제6편 구조 및 지반설계 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 배수시설 규모 결정

가. 내수배제유량 결정

- 배수시설은 비교적 유역면적이 작은 소유역의 홍수를 배제하기 위하여 설치되는 구조물로 배수시설의 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 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 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 하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 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 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)'을 참고로 한다.

다) 합리식은 다음과 같다.

$$Q_p = \frac{1}{3.6} C \times I \times A$$

여기서 Q_p : 첨두유출량(m^3/s),
C : 유출계수,
I : 홍수도달시간(내수배제시간)을 강우지속시간으로 하는 강우강도(mm/hr),
A : 유역면적(km^2)

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 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)'을 참고한다.

나. 배수시설 통수능 결정

1) 규모결정 기준

가) 배수시설 규모는 내수배제유량에 최소 20% 이상의 여유를 고려하여 결정한다.

나) 배수시설은 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) 배수시설의 통수량은 통수단면적에 평균유속을 곱하여 산정한다,

나) 배수시설 내의 최소유속은 1m/s 이상, 최대유속은 3.5m/s 이하로 하고, 일반적으로 토사의 침전방지 및 세굴 등을 고려하여 2 ~ 3m/s를 표준으로 한다.

다) 배수단면 결정시 가정유속과 계산유속이 적정오차 범위안에 들수 있게 시산법에 의하여 결정하며, 유속이 최대 · 최소유속 범위를 초과할 경우에는 배수시설의 경사를 조정하여 재 산정한다.

라) 배수구조물 내측 마모 및 유출구측 세굴 방지를 위하여 유속이 3.5m/s 이내가 되도록 배수시

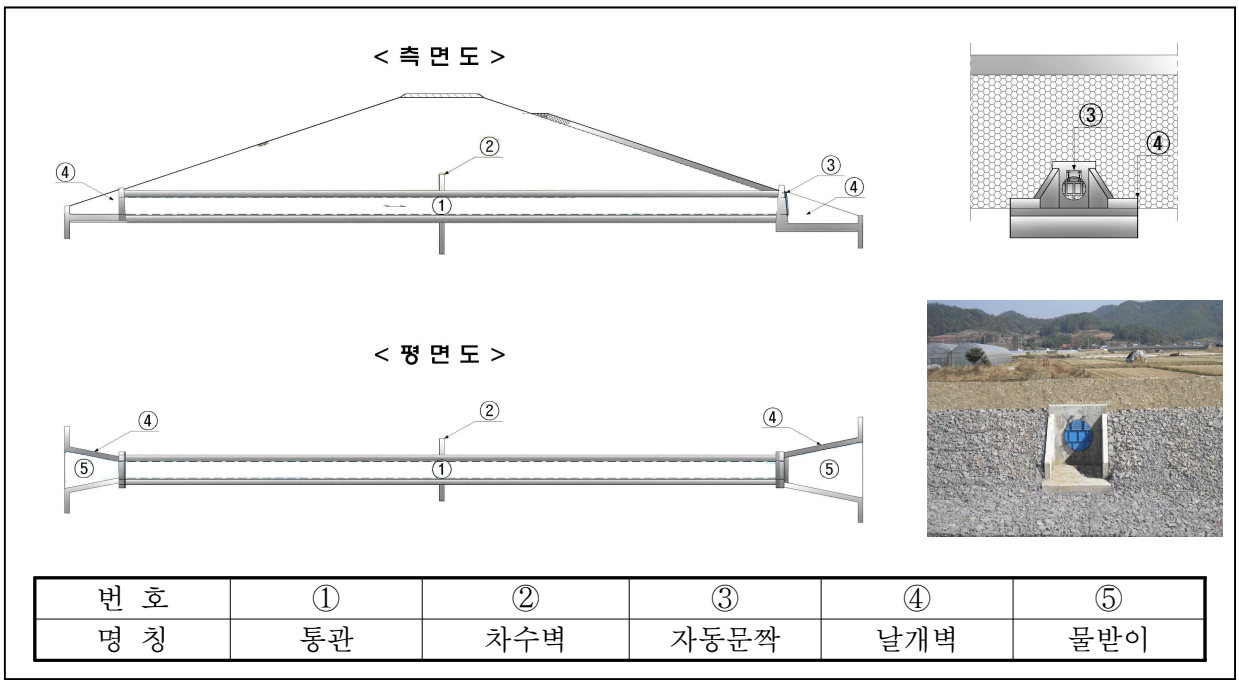
설의 경사를 조정하되, 부득이 그 이상의 유속이 발생할 경우에는 유속저감시설 혹은 유출부 세굴방지 대책을 마련한다.

마) 배수시설의 단면은 제내지 배수를 고려하여 결정하며, 일반적으로 통수단면의 유효높이는 유입부의 지반고보다 낮고, 폭은 유입수로의 계획홍수위의 수면 폭 정도로 결정한다.

7.1.5 배수시설 단면설계

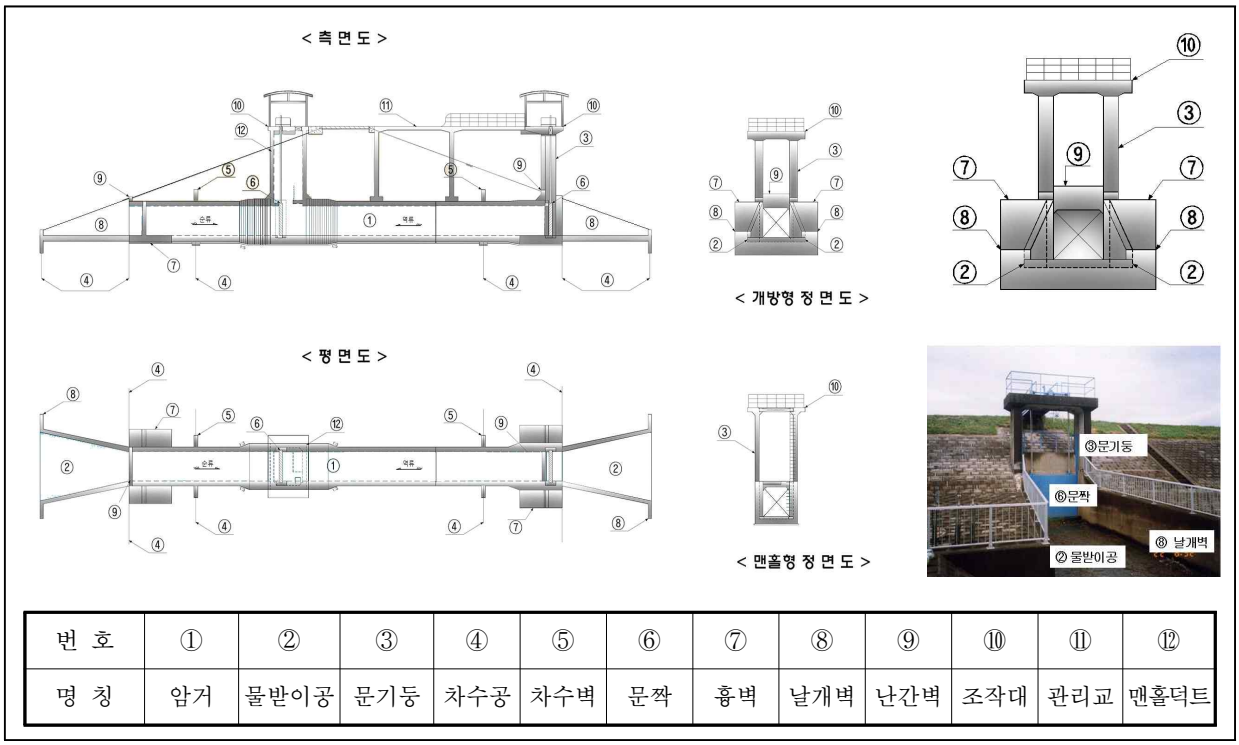
가. 배수시설 구조

배수통관은 유입부, 본체, 유출부, 차수벽, 문짝으로 구성되어 있으며, 배수통문은 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 7.1-2) **< 자동수문형 배수통관 >**



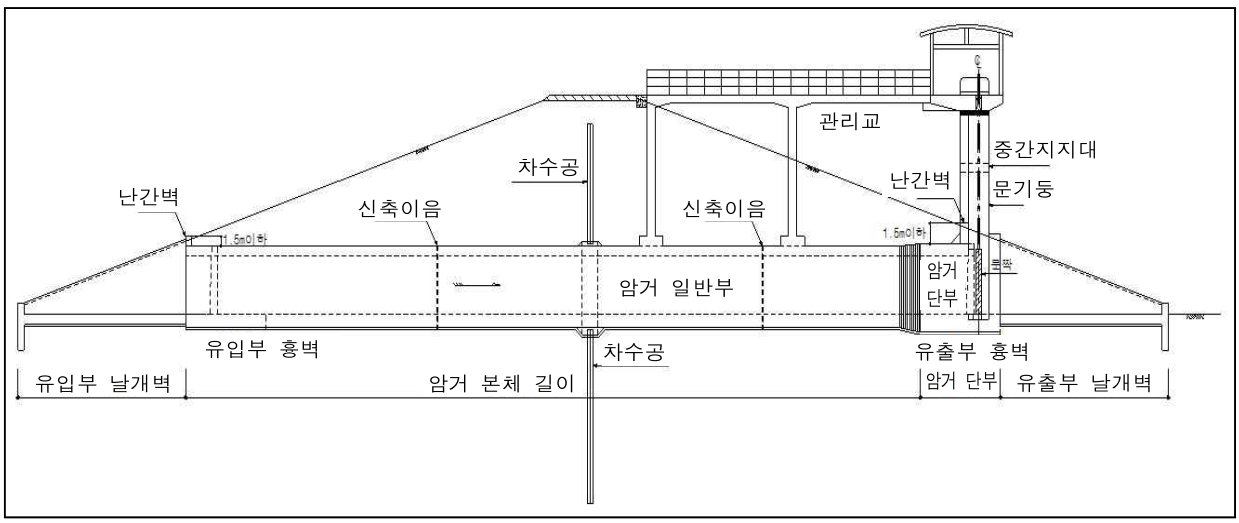
번 호	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
명 칭	암거	물받이공	문기둥	차수공	차수벽	문짝	흉벽	날개벽	난간벽	조작대	관리교	맨홀덕트

(그림 7.1-3) **< 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 7.1-4) **< 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

· 본체의 수밀성을 확보해야 한다.

· 기초지반의 부등침하, 지진, 콘크리트의 수축 등의 영향으로부터 본체의 손상을 방지한다.

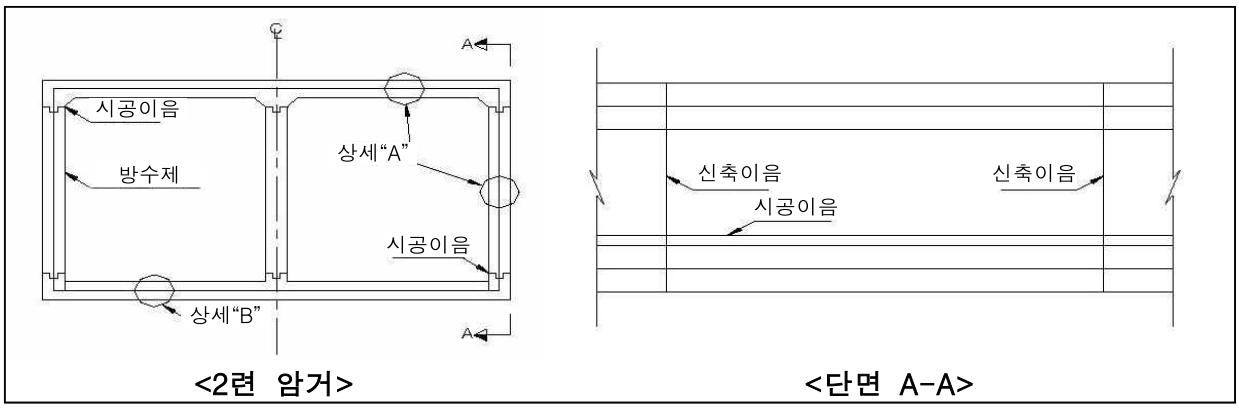
사) 신축이음은 접하는 양쪽 부분을 절연하고 구조적으로 안전하여야 하며, 신축 및 방수가 원활하도록 반드시 이음재, 지수판 등을 계획한다.

아) 완전히 절연시킨 신축이음의 바닥슬래브는 지반침하에 의해 신축이음에 턱이 생길 위험이 있으므로 장부 또는 홈을 만들거나 다웰바(Dowel bar)를 사용하는 것이 좋다.

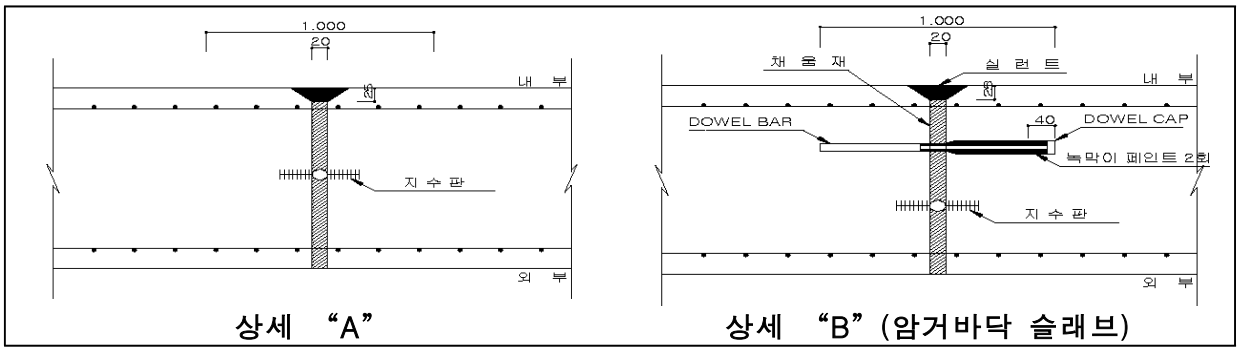
자) 신축이음의 설치는 암거상단의 토피두께, 차륜하중의 재하형태, 부등침하의 가능성 등을 충분히 고려하여 결정한다.

차) 시공이음은 시공의 편의 및 콘크리트 타설 능력 등을 고려하여 결정하며, 이음부가 방수 취약부가 되지 않도록 유의한다.

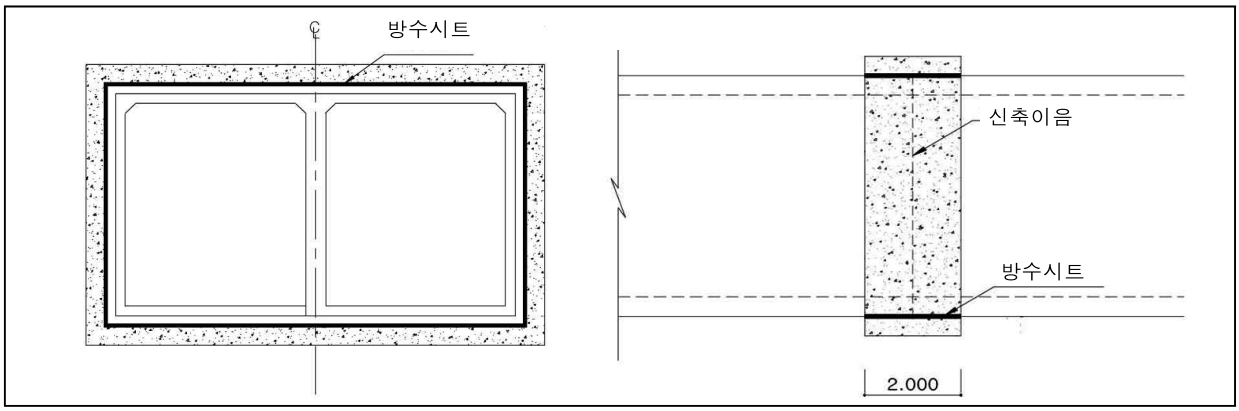
카) 신축이음 및 시공이음은 구조적으로 안전하고 그 기능을 만족하는 어떤 형태도 가능하며, 다음은 신축이음의 일반적인 예시도이다.



(그림 7.1-5) **< 신축이음 일반[예시]도 >**



(그림 7.1-6) **< 신축이음 일반[예시]도의 상세 "A", "B" >**



(그림 7.1-7) **< 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.

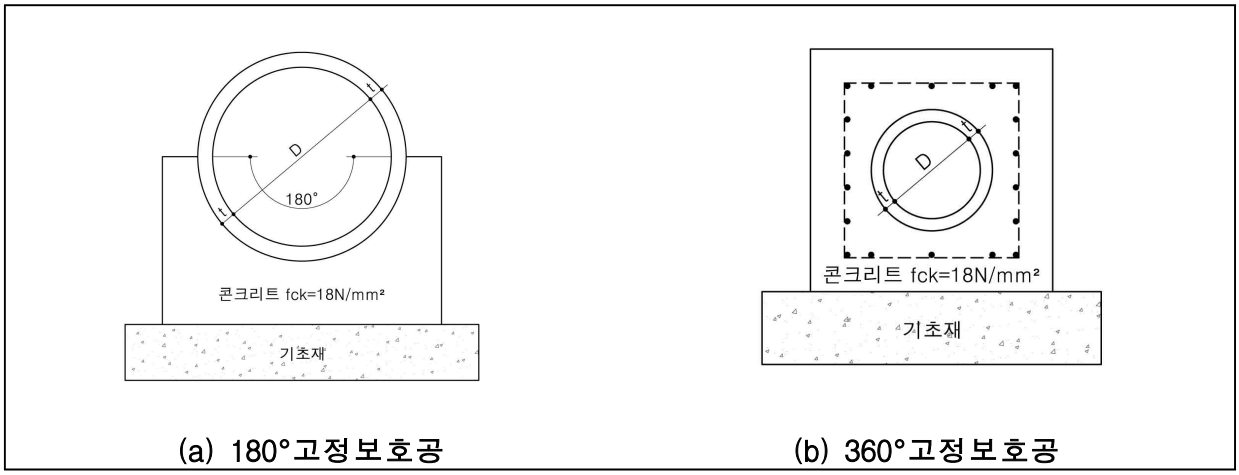
3) 배수(통)관 보호공 형식

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(관체

의 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.



(그림 7.1-8) **< 고정보호공 >**

라. 날개벽

1) 일반사항

가) 날개벽은 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 한다.

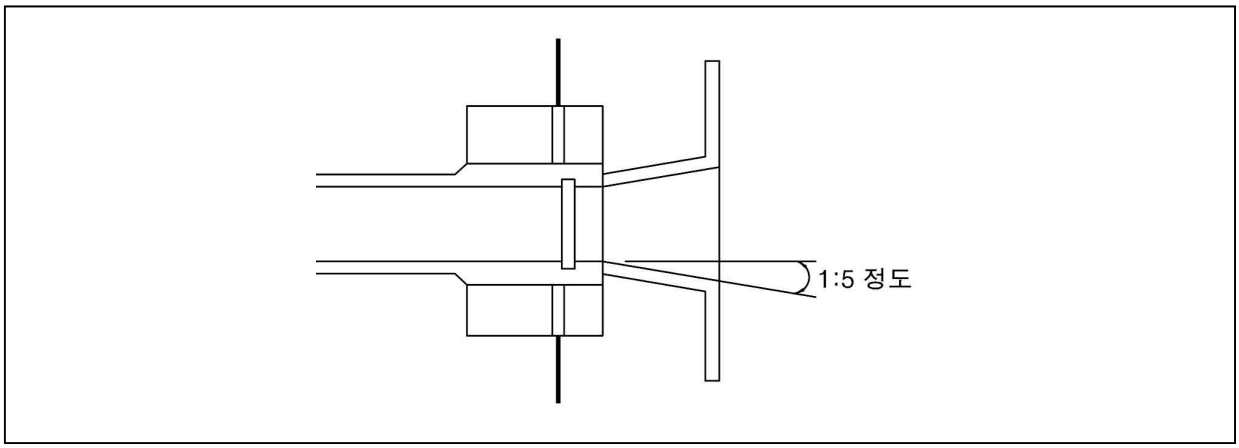
나) 날개벽은 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계한다.

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 7.1-9) **< 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.

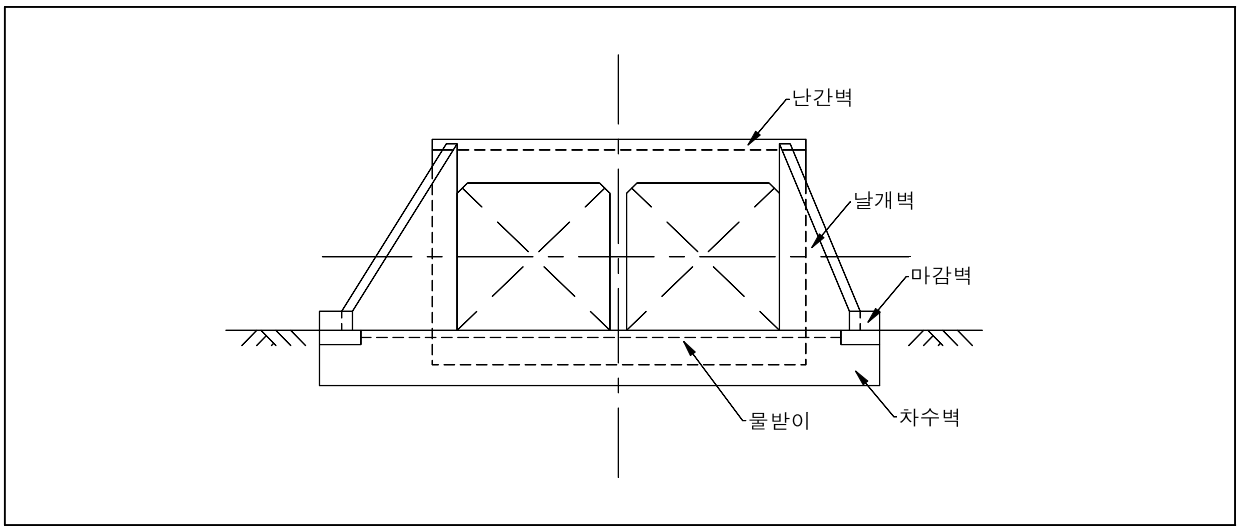
4) 날개벽 높이

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 7.1-10) **< 날개벽 정면도 >**

6) 지수벽

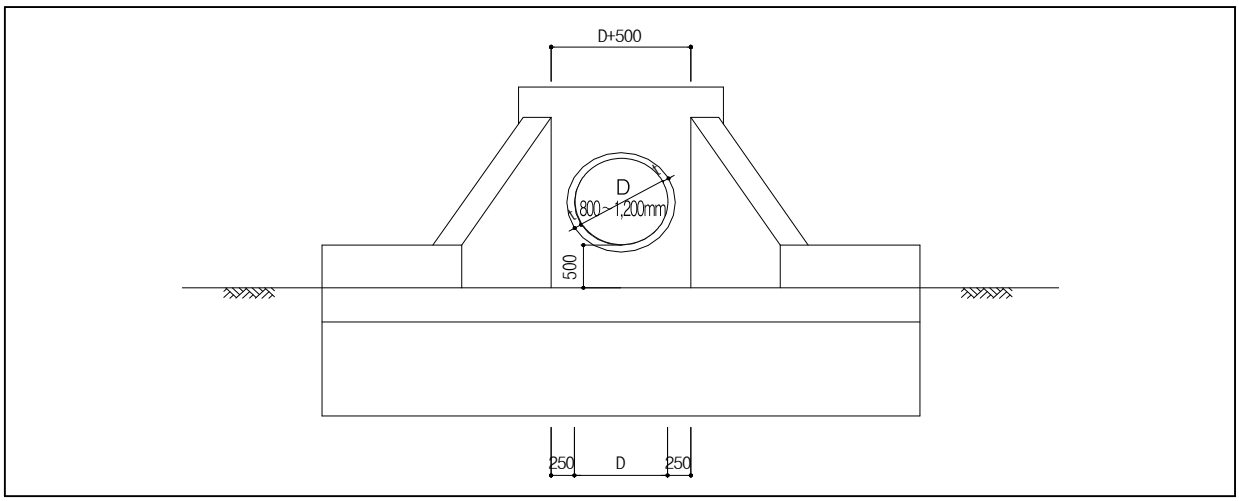
가) 지수벽은 유입·유출부 날개벽 종점부의 마감벽 및 물받이 하부에 설치한다.

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 7.1-11) **< 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 반영하

되, 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 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 에서 제시된 제한적인 지역으로 하되 발주처와 협의하여 결정할 수 있다.

2) 개폐장치

가) 개폐장치는 문짝의 종류, 사용목적, 사용빈도 및 설치장소를 충분히 고려하여 결정하되 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 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 '제5편 하천기타시설 제3장 수문(Floodgate)' 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 7.1-12) **< 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

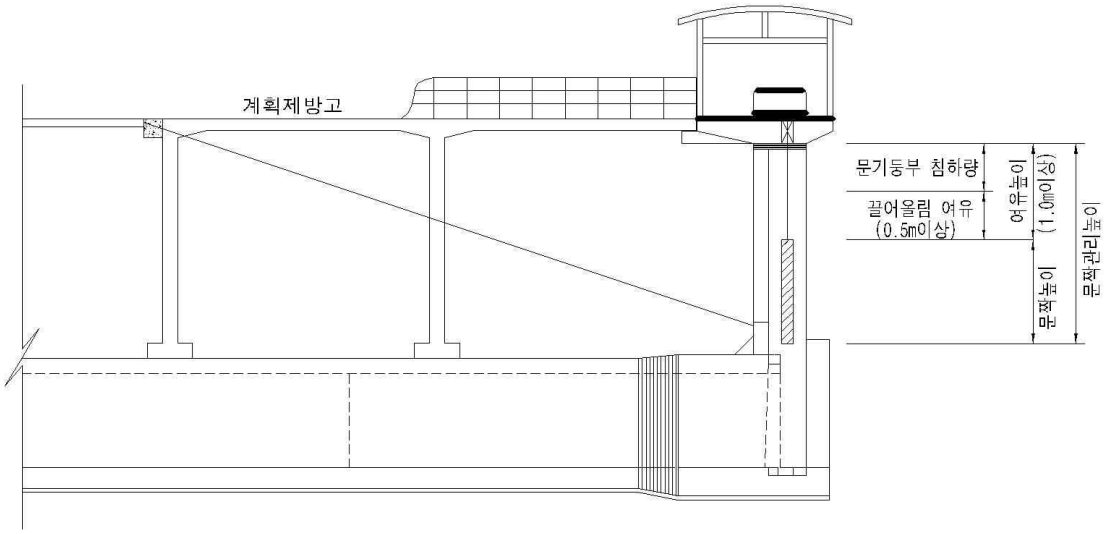
4) 문기둥

가) 개방식

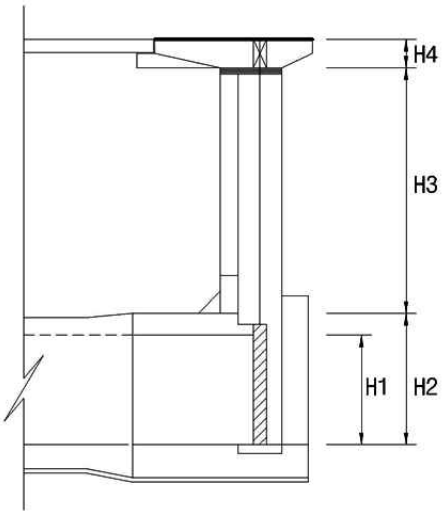
(1) 문짝의 설치 혹은 제거시 금구(金具, 쇠붙이로 만든 손잡이, 문고리) 등의 부속품 부착과 승강높이 0.5m 이상의 끌어올림 여유와 문기둥부의 침하 높이등을 고려하여 여유높이 1.0m 이상을 두어야 한다.

(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,

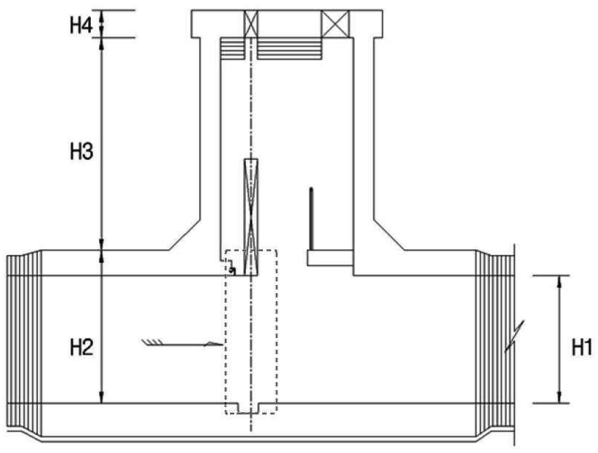
문짝높이 + 여유높이(1.0m 이상)

H_4 : 조작대 두께

(b) 문기둥 및 조작대의 최소치수

(그림 7.1-13) **< 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 7.1-14) **< 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

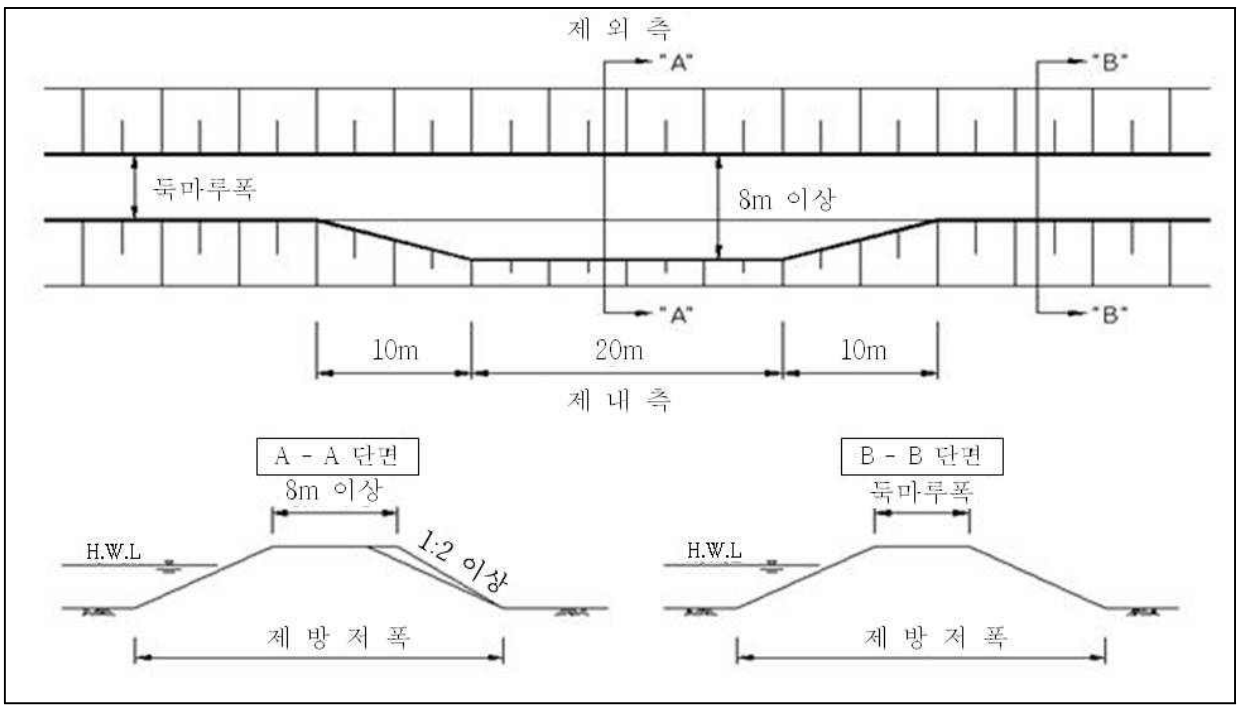
가) 권양대와 제방을 연결하는 관리교는 유하물 걸림 방지 및 시공성등을 감안하여 단경간으로 설치하는 것이 바람직하나, 교각 설치가 불가피할 경우에는 경간수를 최소화 한다.

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 '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 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 7.1-15) **< 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 7.1-16) **< 배수시설 조작실 설치 예 >**

7) 배수시설 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

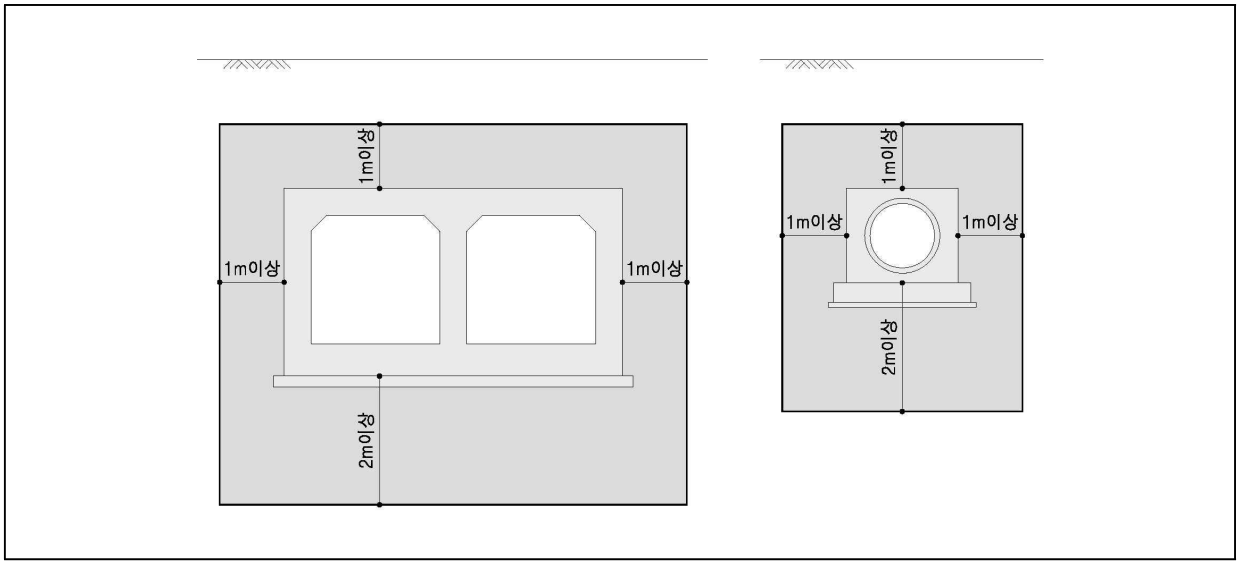
배수구조물에 계획되는 차수공은 '제5편 하천기타시설 제1장 차수시설' 을 참조한다.

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 7.1-17) **< 배수시설 차수벽 설치 기준 >**

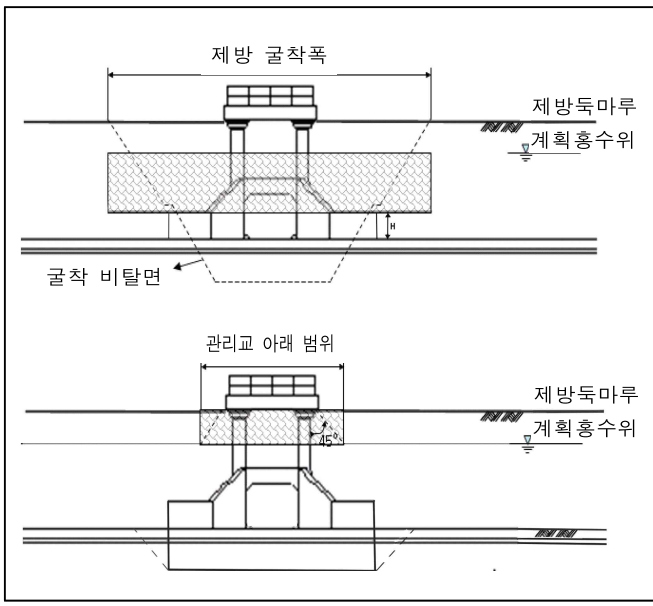
다) 차수벽 하부는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 쉬트파일(sheet pile)도 가능하다.

라) 제방단면이 크고, 암거의 길이가 30m 이상인 경우에는 차수벽을 신축이음 주변에 2개 이상 설치한다.

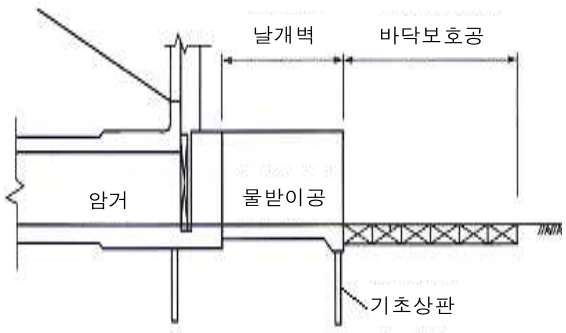
사. 연결호안

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 7.1-18) 연결호안 설치 사례' 참조)



(그림 7.1-18) **< 연결호안 설치 사례 >**



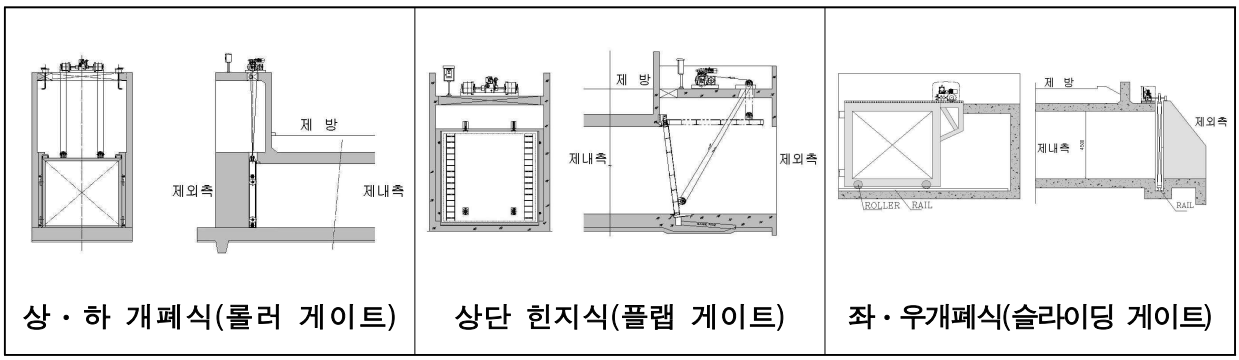
(그림 7.1-19) **< 바닥보호공 설치 사례 >**

아. 바닥보호공

1) 바닥보호공은 배수시설 유입수로와 방류하천 접합부에서 하상침식이 발생될 우려가 있는 경우에 계획하되, '하천설계기준 · 해설(2009, 국토해양부)' 제26장 하상유지시설의 바닥보호공 규정을 참고하여 설계한다.((그림 7.1-19) '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 '제5편 하천기타시설, 제3장 수문(Floodgate)' 편을 참고한다.



상 · 하 개폐식(롤러 게이트) | 상단 힌지식(플랩 게이트) | 좌 · 우개폐식(슬라이딩 게이트)

(그림 7.2-20) **< 육갑(수)문 형식 >**

7.2 수량산출 요령

7.2.1 수량산출내역

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) 수량산출은 '제1편 총칙 1.7.2 수량산출'에 준한다.

2) 수량산출은 공종순으로 하고 각 공종마다 집계표를 작성한다.

가) 토공공

나) 배수구조물공

다) 부대공

3) 수량산출은 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.

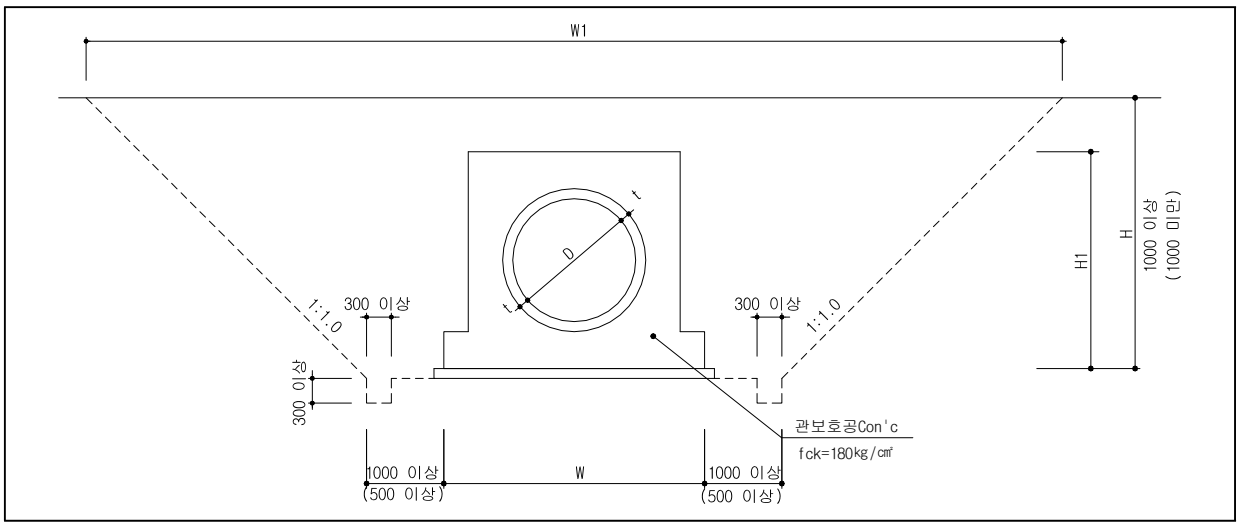
6) 수문설치에 관한 수량 산출내역은 '제2편 하천기타시설 제3장 수문(Floodgate)'에 준한다.

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%)

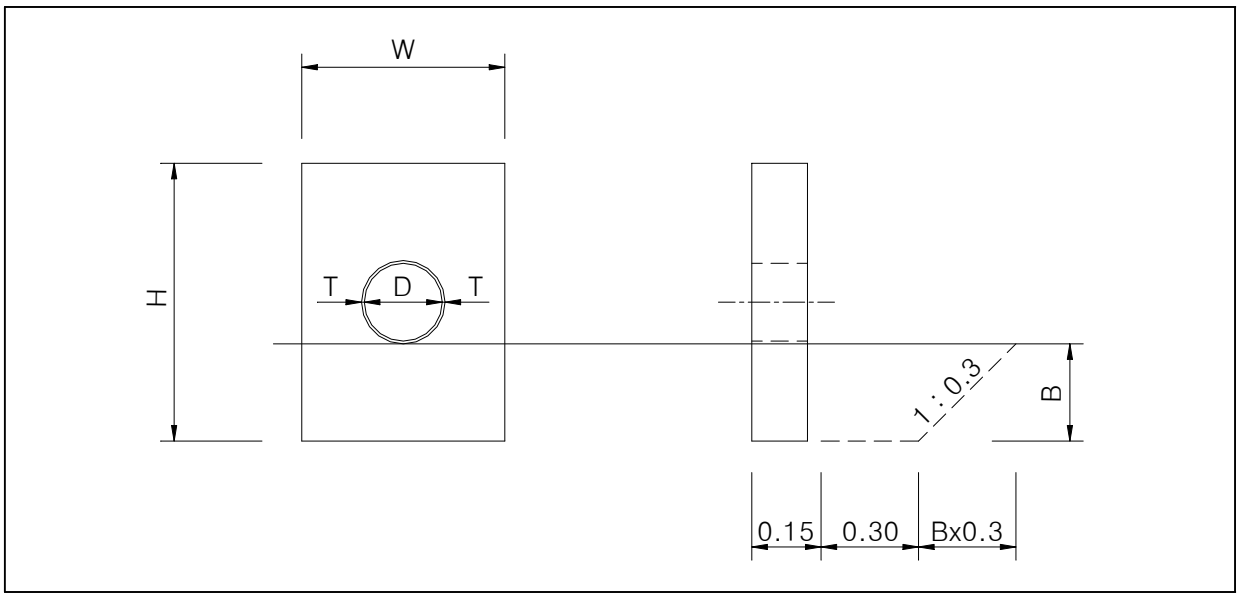
2) 배수통관의 기초콘크리트는 25-21-150(80), 관이음 모르타르는 1:2, 기초거푸집은 합판(거친마감)으로 한다.

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 >**

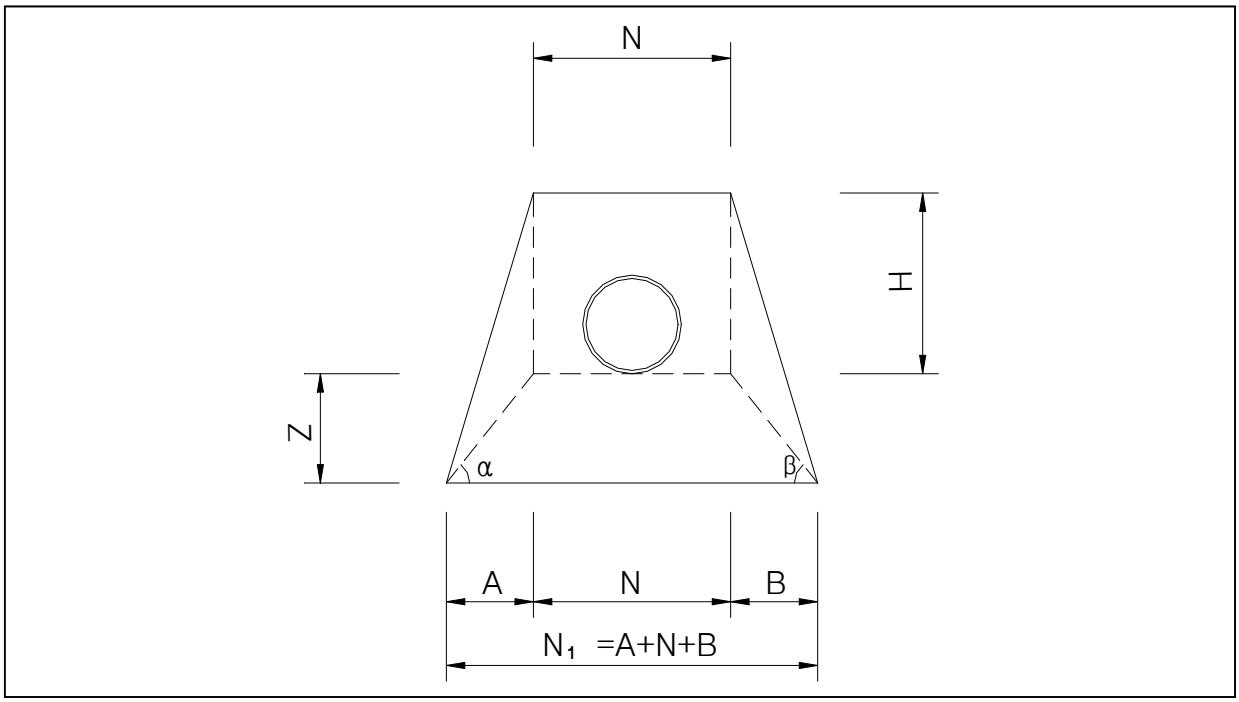
① 터 파 기 $(0.9 + B \times 0.3) \times B \times W \times \frac{1}{2}$

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 $\frac{N+N_1}{2} \times H \times \sqrt{(1+S)^2}$

② 공제토 $\frac{H \times Z \times N}{2} + \frac{H \times Z \times (A+B)}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{H \times Z \times (3N+A+B)}{6}$

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 : 제6편 구조 및 지반설계 <표1.1-1> 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 : 2016년 하반기 건설공사 표준시장단가 적용공종 및 단가(2016. 국토교통부)

나) 원형거푸집

- 목재 2~3회(매끈한 마감) 사용을 기준으로 한다.
- 폼타이(Form Tie) 사용할 때 횟수는 10회로 한다.

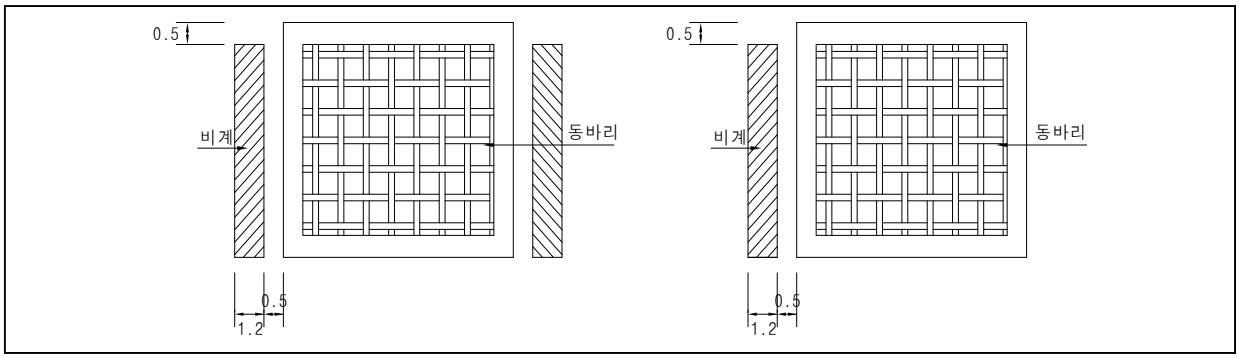
3) 철근가공조립

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

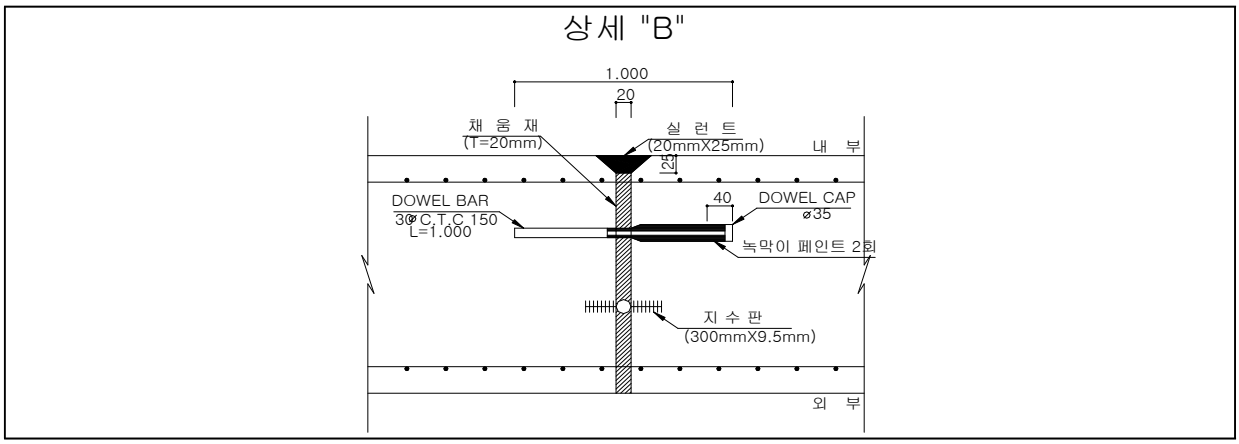
H = 2.0m 이상일 경우 설치한다.

· 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 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 **본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함** **단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함**	
1. 가.	**터파기** 터파기 (육상 0~2m)	㎥	터파기(토사, 인력10% +기계90%) ◎ 설계조건 : 보통토사 1) 인력(10%) 보통인부 : (0.20+0.27)/2인×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」 3-1-3 터파기 「건설공사 표준품셈」 8-5 굴삭기
2. 가.	**되메우기** 되메우기 및 다짐 (육상 0~2m)	㎥	되메우기 및 다짐(인력10% +기계90%) 1) 인력(10%) 보통인부 : (0.30+0.37)/2인×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」 3-1-3 터파기 「건설공사 표준품셈」 8-5 굴삭기 「건설공사 표준품셈」 8-13 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」 3-1-3 터파기
4.	**콘크리트타설**			
가.	레미콘타설 (철근)	㎥	철근콘크리트 타설 1) 자재비 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.01 2) 노무비 콘크리트공 : 0.14인 보통인부 : 0.16인 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 : 0.12인 보통인부 : 0.15인 3) 진동기 손료 적용	「건설공사 표준품셈」 6-1-1 콘크리트타설
다.	레미콘타설 (소형)	㎥	소형구조물 1) 자재비 레미콘(자재비 별산), 1.0㎥×1.02(철근, 무근에 따라 할증 적용 고려) 2) 노무비 콘크리트공 : 0.24인 보통인부 : 0.30인 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">구분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="3">편성인력(1회 타설)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>100㎥ 미만</th><th>100~200㎥ 미만</th><th>200㎥ 이상</th></tr>
<tr><td>콘크리트공</td><td>인</td><td>5</td><td>6</td><td>6</td><td>타설/진동기/면정리</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>타설보조/면정리
(배관타설시 1인 추가)</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>현장정리/보조</td></tr>
</table>
3) 작업소요시간
$T = T_c + T_b$
T_c : 콘크리트 펌프차 운영시간 (t_1 ~ t_4) / F
T_b : 인력에 의한 타설준비 및 마무리 시간
4) 펌프카 타설 기준시간 (1㎥당 타설시간임)
<table>
<tr><th rowspan="2">슬 럼 프</th><th colspan="2">기준시간(분)</th></tr>
<tr><th>무근콘크리트</th><th>철근콘크리트</th></tr>
<tr><td>8~12cm</td><td>1.15</td><td>1.35</td></tr>
<tr><td>15cm</td><td>1.10</td><td>1.25</td></tr>
<tr><td>18cm 이상</td><td>1.00</td><td>1.15</td></tr>
</table></td><td>「건설공사 표준품셈」
6-1-2 콘크리트
펌프차타설</td></tr>
<tr><td>5.</td><td>거푸집</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가.</td><td>합판거푸집
(0~7m)</td><td>㎡</td><td>거푸집 합판1회(0~7m)
1) 재료비
내수합판(t=12mm) : 1.03㎡, 각재 : 0.038㎥, 철선 : 0.29kg,
못 : 0.20 kg, 박리제 : 0.19ℓ, 고재처리(목재의 23%)
2) 노무비
형틀목공 : 0.11인, 보통인부 : 0.03인

※ 합판3회 : 1회사용 자재비의 44.3%, 인건비의 47.1%
※ 합판4회 : 1회사용 자재비의 38.0%, 인건비의 40%
※ 합판6회 : 1회사용 자재비의 32.7%, 인건비의 32%
※ 3m 증가마다 인력품의 10%까지 가산한다</td><td>「건설공사 표준품셈」
6-3-1 합판거푸집</td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
나.	원형거푸집 (0~7m)	㎡	원형거푸집(0~7m) 1) 재료비 판재 : 0.05㎥ 각재 : 0.053㎥ 합판(t=3mm) : 1.03㎡ 철선 : 0.29kg 못 : 0.25 kg 박리제 : 0.19ℓ 고재처리(목재의 23%) 2) 노무비 형틀목공 : 0.062인 비 계 공 : 0.090인 보통인부 : 0.120인 ※ 원형2회 : 1회사용 재료비의 57.1%, 인건비의 62.8% ※ 원형3회 : 1회사용 재료비의 42.0%, 인건비의 51.5% ※ 3m 증가마다 인력품의 10%까지 가산한다	「건설공사 표준품셈」 6-3-2 강재거푸집
다.	유로폼(벽)	㎡	유로폼(벽) 1) 재료비 패널(600×1200mm) : 0.089매 내부코너패널{(200+200)×1200mm} : 0.003매 웨지핀(Wedge pin) : 1.9개 플랫타이(Flat tie) L=200mm : 2.00개 강관파이프(D 48.6mm) : 0.077m 훅클램프(Hook clamp) : 0.283개 2) 노무비(보통) 형틀목공 : 0.10인 보통인부 : 0.03인 3) 잡재료비 : 재료비의 5% 4) 공구손료 : 노무비의 5% ※ 본 품은 수직고 7m 까지 적용하며, 3m 증가마다 인력품의 10%까지 가산한다	「건설공사 표준품셈」 6-3-3 유로폼
6.	**비계**			
가.	강관비계	㎡	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 : 0.06인 보통인부 : 0.02인 3) 공구손료 : 노무비의 5%	「건설공사 표준품셈」 2-6 구조물비계

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
7.	**동바리**			
가.	강관동바리 (암거구조물)	공㎥	강관동바리(0~4.2m) 3개월 1) 재료비 강관(48.6x2.4mm) : 0.38본×0.06(손율) 잡재료비 : 재료비의 5% 2) 노무비 (2.5m 초과 ~ 3.5m 이하 기준) 형틀목공 : 0.058인 보통인부 : 0.023인 ※ 3개월 손율 6% ※ 6개월 손율 10% ※ 12개월 손율 19%	「건설공사 표준품셈」 2-5 구조물동바리
8.	**철근가공조립**		철근가공조립/철근조립	
가.	철근가공조립 철근조립 (간단)	ton	철근가공조립(간단) 1) 재료비 이형철근 : 별산 결속선(Φ0.9mm) : 5kg 2) 노무비 철근공 : 2.76인(철근조립만 1.69인) 보통인부 : 1.04인(철근조립만 0.69인) 3) 기계기구 손료 : 노무비의 2% 적용	「건설공사 표준품셈」 6-2 철근
나.	철근가공조립 철근조립 (보통)	ton	철근가공조립(보통) 1) 재료비 이형철근 : 별산 결속선(Φ0.9mm) : 6.5kg 2) 노무비 철근공 : 3.08인(철근조립만 1.84인) 보통인부 : 1.20인(철근조립만 0.75인) 3) 기계기구 손료 : 노무비의 2% 적용	「건설공사 표준품셈」 6-2 철근
다.	철근가공조립 철근조립 (복잡)	ton	철근가공조립(복잡) 1) 재료비 이형철근 : 별산 결속선(Φ0.9mm) : 8kg 2) 노무비 철근공 : 3.43인(철근조립만 1.92인) 보통인부 : 1.30인(철근조립만 0.80인) 3) 기계기구 손료 : 노무비의 2% 적용	「건설공사 표준품셈」 6-2 철근
라.	철근가공조립 철근조립 (매우복잡)	ton	철근가공조립(매우복잡) 1) 재료비 이형철근 : 별산 결속선(Φ0.9mm) : 8kg 2) 노무비 철근공 : 3.83인(철근조립만 2.14인) 보통인부 : 1.46인(철근조립만 0.86인) 3) 기계기구 손료 : 노무비의 2% 적용	「건설공사 표준품셈」 6-2 철근

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
9.	**잡철물제작설치**			
가.	잡철물 제작 설치(간단)	ton	잡철물 제작 설치 1) 재료비 용접봉 : 18.48kg 산소 : 6300ℓ 아세틸렌 : 2.8kg 유지 : 0.17ℓ(필요시 계상) 볼트 : 0.46개(필요시 계상) 2) 노무비 철 공 : 27.65인 보통인부 : 0.66인 용 접 공 : 2.60인 특별인부 : 0.74인 비 계 공 : 4.71인(필요시 계상) 3) 기타손료 용접기손료 : 20.83hr 전기소비량 : 126.0kW/h 기계기구손료 : 인건비의 3% ※ 잡철물제작설치(보통) : 간단의 120% 적용 ※ 잡철물제작설치(복잡) : 간단의 140% 적용	「건설공사 표준품셈」 (건축)14-5 각종 잡철물제작 설치
10.	**스페이서**			
가.	스페이서 (바닥)	㎡	스페이서 설치 바닥 1) 재료비 스페이서(t=120mm) : 2.0ea 2) 설치비 재료비의 5%	
나.	스페이서 (벽체)	㎡	스페이서 설치 벽체/㎡ 1) 재료비 스페이서(t=150mm) : 4.0ea 2) 설치비 재료비의 5%	
11.	**시공이음**			
가.	시공이음면 정리	㎡	시공이음면 정리(콘크리트 치핑) 1) 특별인부 : 0.23인 2) 공구손료 : 인력품의 3%	「건설공사 표준품셈」 (건축)6-1-4 콘크리트치핑
나.	수팽창지수제	m	수팽창지수제 1) 재료비 수팽창 고무지수판 : 1.0m×1.05 2) 설치비 : 재료비의 5%	
12.	**신축이음**			
가.	신축이음	m	신축이음 1) 재료비 다웰바 : ea(수량산출에 따름) 스티로폼(t=20mm) : ㎡(수량산출에 따름) 충진제(실런트) : m(수량산출에 따름) 2) 설치비 : 재료비의 5%	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
나.	지수판 설치	m	지수판설치 1) 재료비 PVC지수판(200×5t) : 1.04m PVC용접봉 : 0.042kg 철선(#8) : 0.21kg 2) 노무비 특별인부 : 0.151인 보통인부 : 0.116인	「건설공사 표준품셈」 (건축)12-11 지수판설치
13.	**도교 제작 및 설치**			
가.	앵커볼트 설치	ea	앵커볼트 설치 1) 재료비 앵커볼트(Φ22~25mm) : 1ea×1.03 2) 노무비 철골공 : 0.24인	
나.	전기용접 (fillet 횡향)	m	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%	「건설공사 표준품셈」 15-1 용접교 제작
다.	전기용접 (V-형 횡향)	m	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%	「건설공사 표준품셈」 15-1 용접교 제작
라.	강교외부도장	㎡	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%	「건설공사 표준품셈」 15-2 강교도장

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(인) : (0.58×대형부재 비중)+(2.05×소형부재 비중) 철공 : 0.66인	「건설공사 표준품셈」 15-1 용접교제작
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 : 0.26인/2.5m 보통인부 : 0.96인/2.5m 트럭탑재형 크레인(10ton) : 0.62hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 16-1-1원심력 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 : 0.35인/2.5m 보통인부 : 1.78인/2.5m 트럭탑재형 크레인(15ton) : 0.76hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 16-1-1원심력 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 : 0.46인/2.5m 보통인부 : 2.35인/2.5m 트럭탑재형 크레인(15ton) : 0.90hr/2.5m	「건설공사 표준품셈」 16-1-1원심력 철근 콘트리트관 부설 및 접합

제8장 저류시설

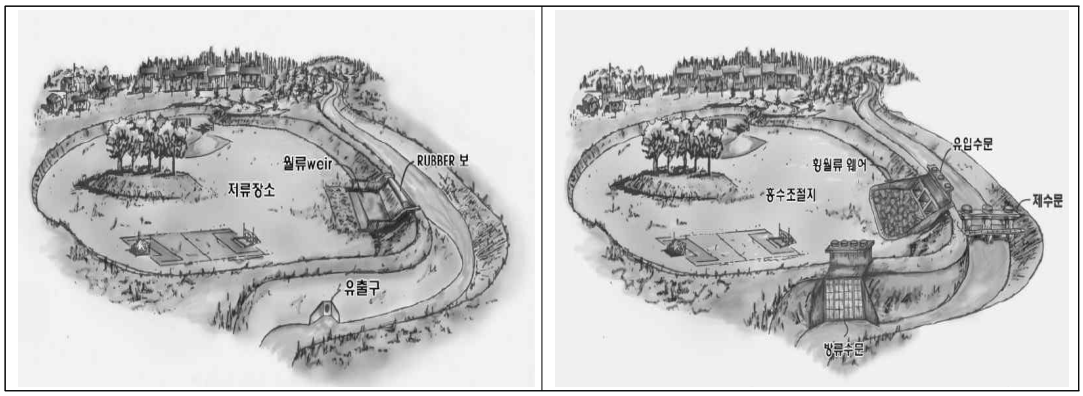
제8장 저류시설

8.1 설계요령

8.1.1 일반사항

가. 정의

저류시설은 홍수의 일정부분을 일시적으로 저류 또는 지체시켜 하류 하도 또는 수로의 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 8.1-1) **< 저류시설 개념도 및 사진 >**

1) 저류시설 : 하천(하도 또는 수로)의 홍수량을 일시 저류할 수 있는 기능을 가진 시설

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 저류시설(저류지) 설계에 적용한다. 본 저류지 설계요령에 '제5편 제3장 수문' 설계요령을 조합하여 홍수조절지 설계요령으로 활용할 수 있다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 05, 51 60 10)(2016, 국토교통부)

3) 댐설계기준(KDS 54 20 15)(2016, 국토교통부)

라. 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.

마. 참고문헌

1) 강변저류지 조성 가이드라인(2011, 이코리버21)

2) 건설성하천사방시설기준(안)(1997, 일본하천협회)

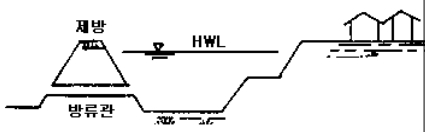
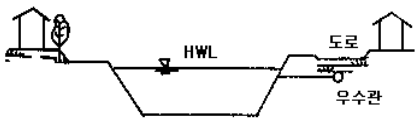
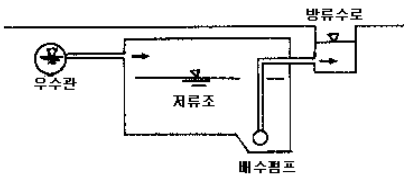
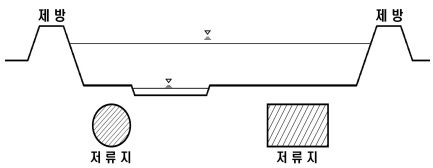
바. 저류시설 형식 분류

1) 구조형식에 따른 분류

저류시설은 구조형식에 따라 저류지와 홍수조절지로 크게 분류할 수 있으며, 형식별 특성은 다음과 같다.

< 구조형식에 따른 저류시설 분류 및 특성>

(표 8.1-1)

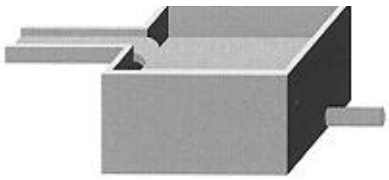
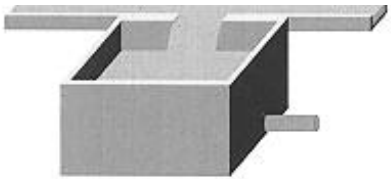
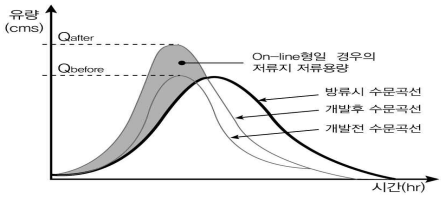
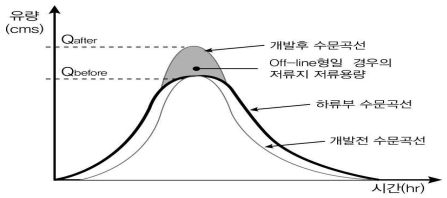
구 분		구조의 개념	특 성
저류지	제방(댐)식		· 제방(댐)을 설치하여 저류하는 형식 · 평상시 저류공간의 다목적 활용이 가능
	굴착식		· 평탄한 지역을 굴착하여 우수를 저류하는 형식 · 제방식에 비해 일반적으로 저류용량이 소규모
	지 하 매설식		· 지하저류지(저류조)에 우수 저류하는 형식 · 지하화 후 상부공간은 건축 등 다목적 이용이 가능
			· 하천지하공간을 저류지로 이용하므로 부지 선정에 유리 · 민원발생 최소
홍수조절지		저류지 하류부의 본류하도에 횡단 수문을 추가 설치	· 수문 제어를 통하여 홍수를 저류하는 형식

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(위어, 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.

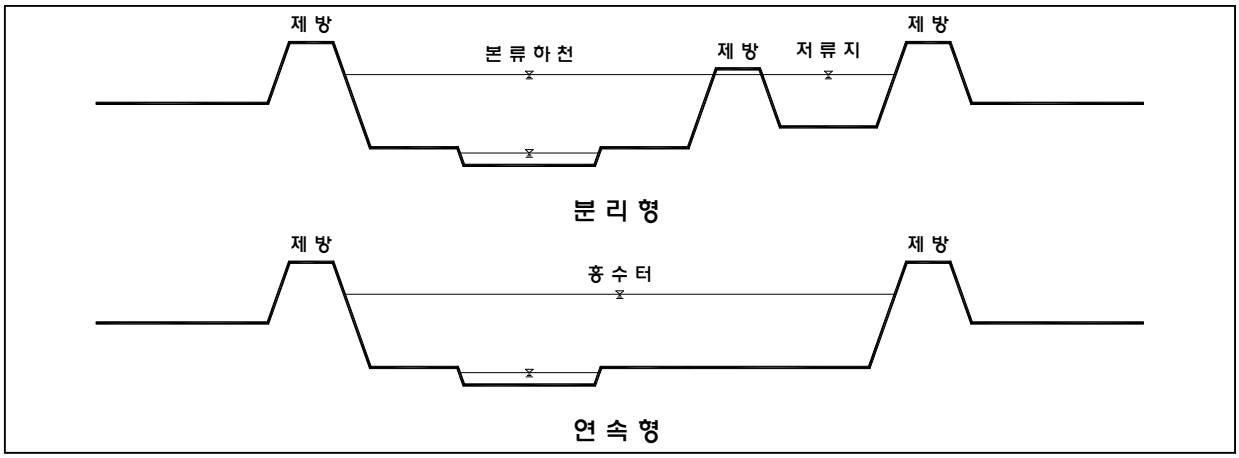
< 저류방식에 따른 저류시설 분류 >

(표 8.1-2)

구 분	On-Line 저류시설	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 8.1-2) **< 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 형식

이며, 생태보전 저류지는 생태기능이 우선이고 홍수관리는 부수적으로 고려하는 형식이다.

8.1.2 사전조사

저류시설 설계시 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 사항 외에 다음 사항을 추가 조사한다.

1) 하천 및 배수계통 현황

2) 저류지 예정 지역내 자산현황

3) 조절지(저류공간) 지형 및 종·횡단측량

8.1.3 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 8.1-3)

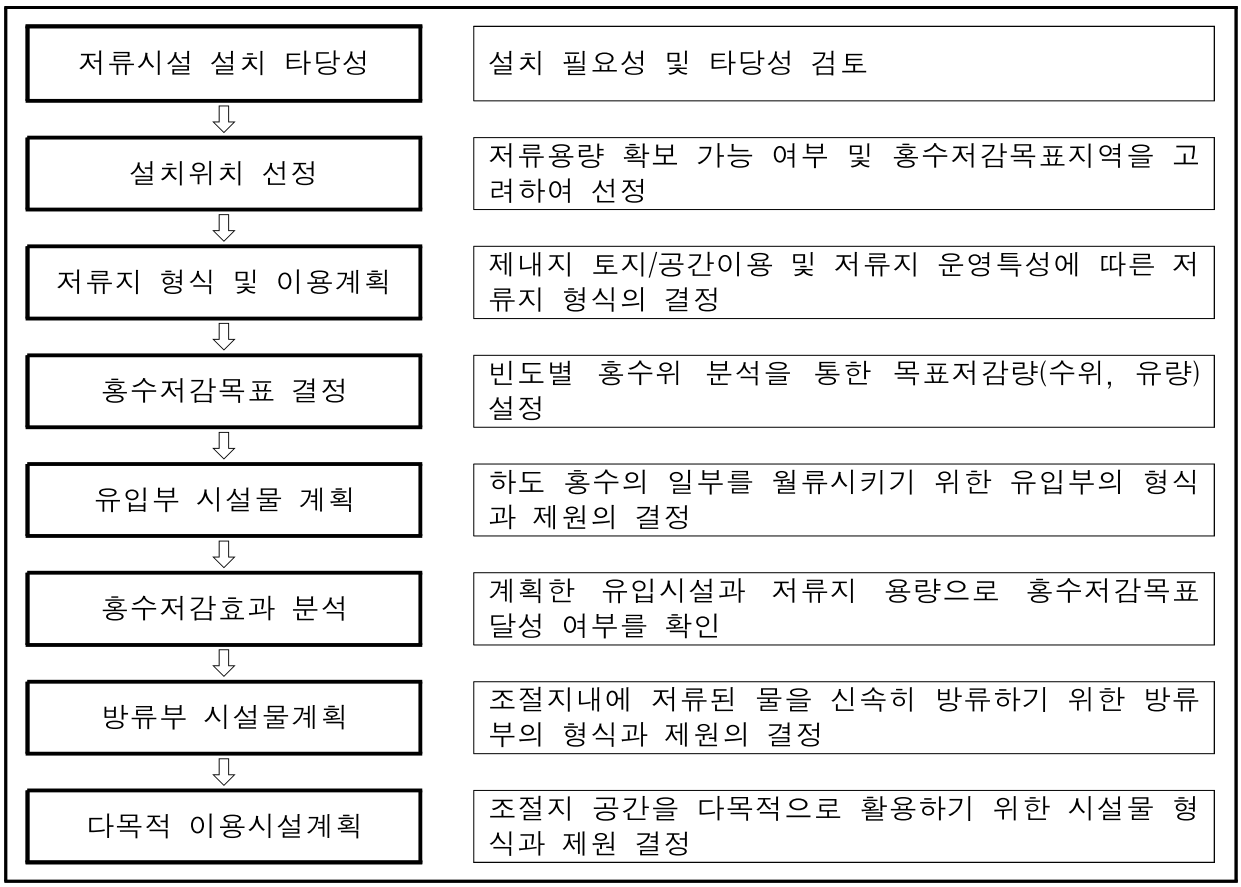
구 분	계획수립시 검토사항
설 치 타당성	· 해당 배수유역의 홍수 및 하도특성 · 종합적인 검토를 통한 저류시설의 설치 필요성, 저류시설 규모 및 형식 검토 : 저감효과 대비 공사비가 크므로 충분한 저감효과 확보 여부 검토 : 대안설정이 어려운 지역적 여건 등을 충분히 검토 후 설치 타당성 확보 · 설치 목적별 사업효과 및 다목적 활용방안
대 상 부 지 선 정	· 설치 목적 및 효과를 고려한 시설 위치 결정 (홍수저감목표지역을 고려한 위치 선정) · 홍수피해 취약지역에 대한 홍수조절효과가 확실한 지점 · 충분한 저류공간 확보 가능 지점 · 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 8.1-3) 계 속

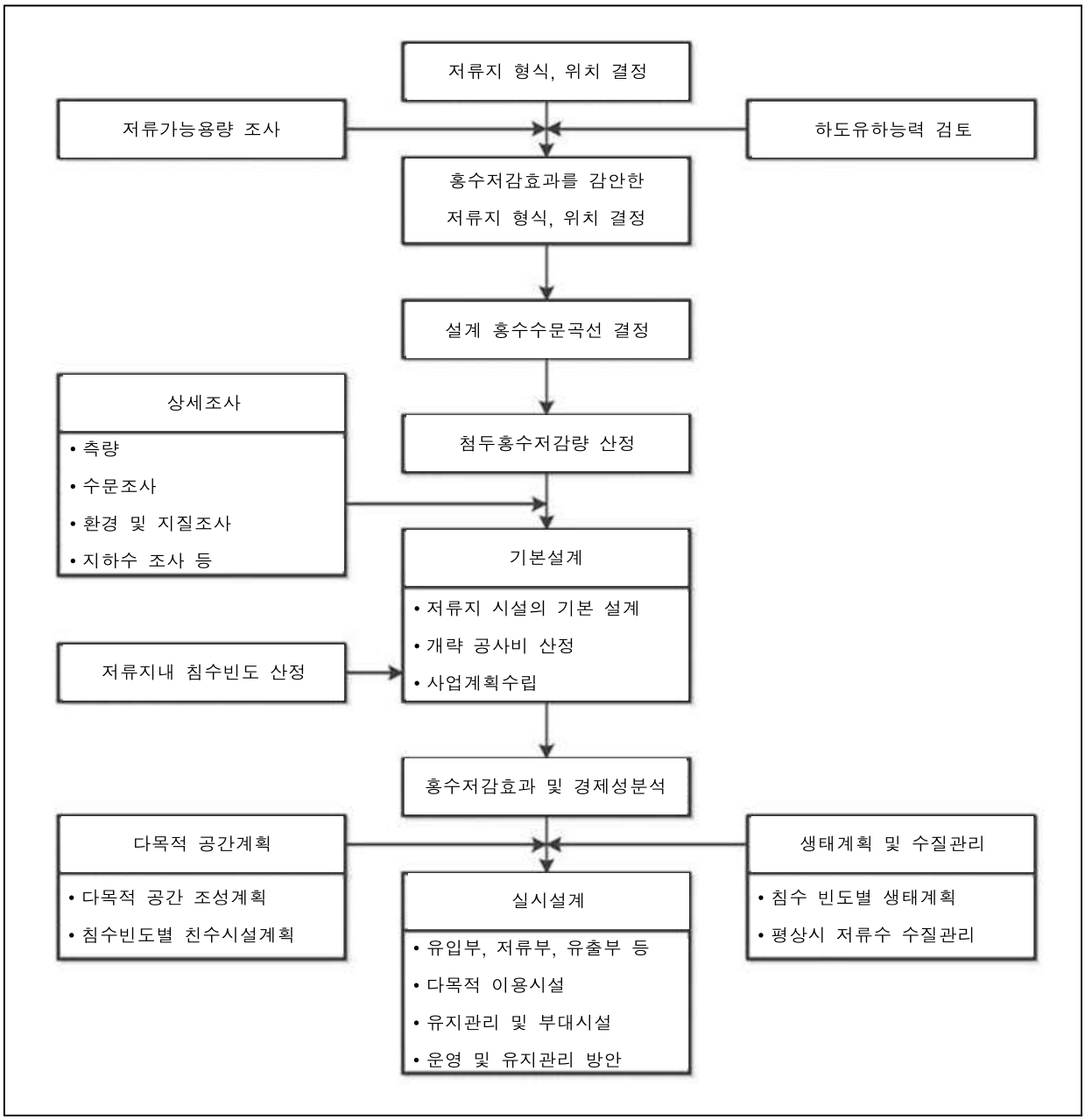
구 분	계획수립시 검토사항
유입부 계 획	· 하도 및 수로의 지형 및 지역여건을 고려한 유입부 형식 검토 : 비조절식(웨어, 월류제) 또는 조절식(수문, 가동보) · 목표첨두홍수 저감을 위한 유입부 규모 검토
방류부 계 획	· 저류된 우수의 본류 하도 및 수로 수위 저하후 신속한 방류를 위한 시설계획 : 저류용량의 신속한 방류를 통해 저류공간 재확보
다목적 활 용	· 해당유역의 지형, 하천 특성등 고려 유역 물수급 등 이수측면 고려시 다목적 저류시설 방안 검토 · 저류시설의 형식에 따라 비홍수기시 홍수조절외 다목적 공간 활용방안 검토 : 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 8.1-3) **< 저류시설 계획 절차 >**



(그림 8.1-4) **< 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 8.1-4)

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 '제20장 내수배제 및 우수유출저감계획'(KDS 51 14 30), '제30장 수문'(KDS 51 60 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 8.1-5)

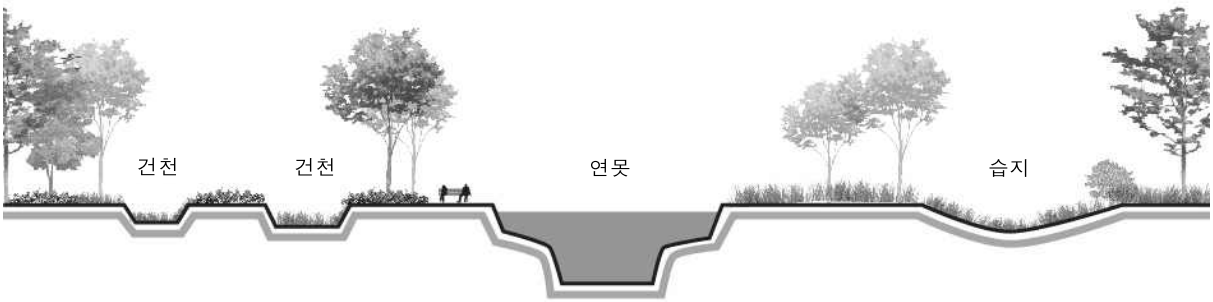
유 형	다목적 활용방안
생태형	· 하천 인근 등 지하수위가 높은 곳에 못, 습지와 생태도랑 등으로 구성 · 기존 자연지형을 최대한 유지하면서 산책로 및 벤치 등의 휴게시설 위주로 조성하는 자연형 공원에 적합한 유형
운동시설형	· 지하수위가 낮은 곳에 운동장과 체육시설 위주로 구성 · 저류가 가능한 지형을 인위적으로 조성하고, 운동시설, 편의시설(벤치 등) 등을 설치하는 조성형 공원에 적합한 유형
식생피복형	· 지하수위가 낮은 곳에 식생피복을 통해 시설 구성 · 운동시설형과 같이 지형을 인위적으로 조성하나 별도의 시설 조성이 없이 단순히 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)

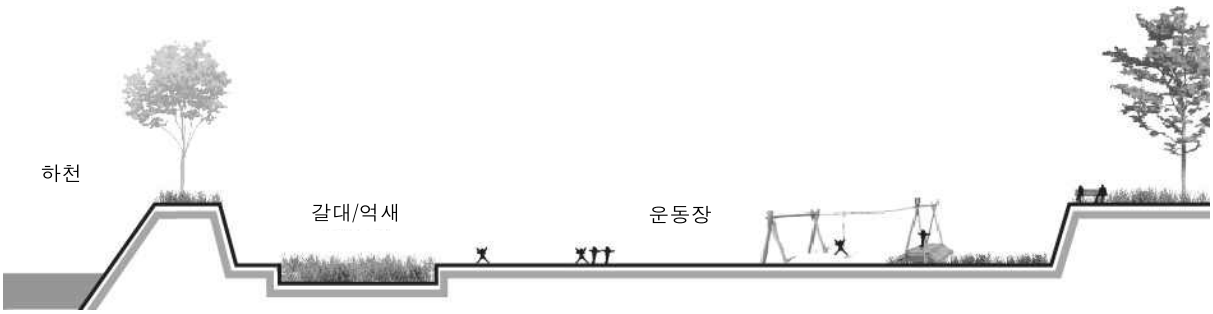
< 유형별 도입가능 시설 >

(표 8.1-6)

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

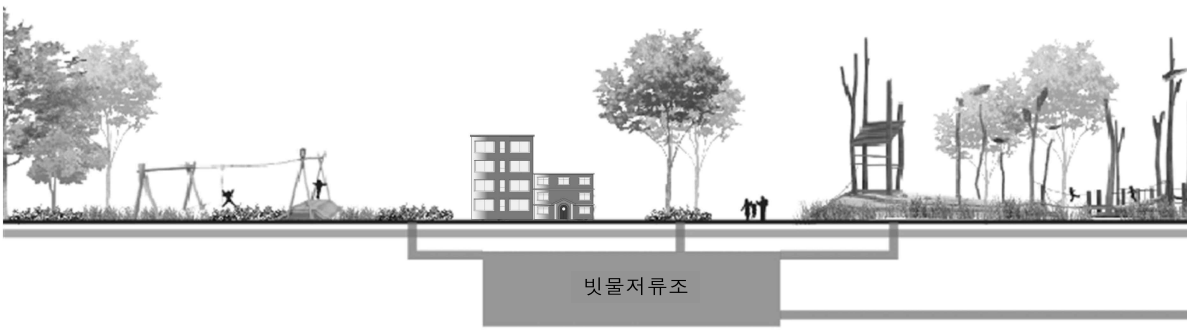


생태형 개념도



운동시설형 개념도

식생피복형 개념도



지하매설형 개념도

(그림 8.1-5) **< 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 8.1-6) **< 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

- 월류부 : 본류 수위에 따른 월류능력 검토
- 하도(수로) 및 월류부 유황 검토 : 하도 및 월류부 접근 유속 및 유황 검토
- 감세지 규모 검토 : 감세지 배후 유속 및 유황 검토

(2) 저류공간

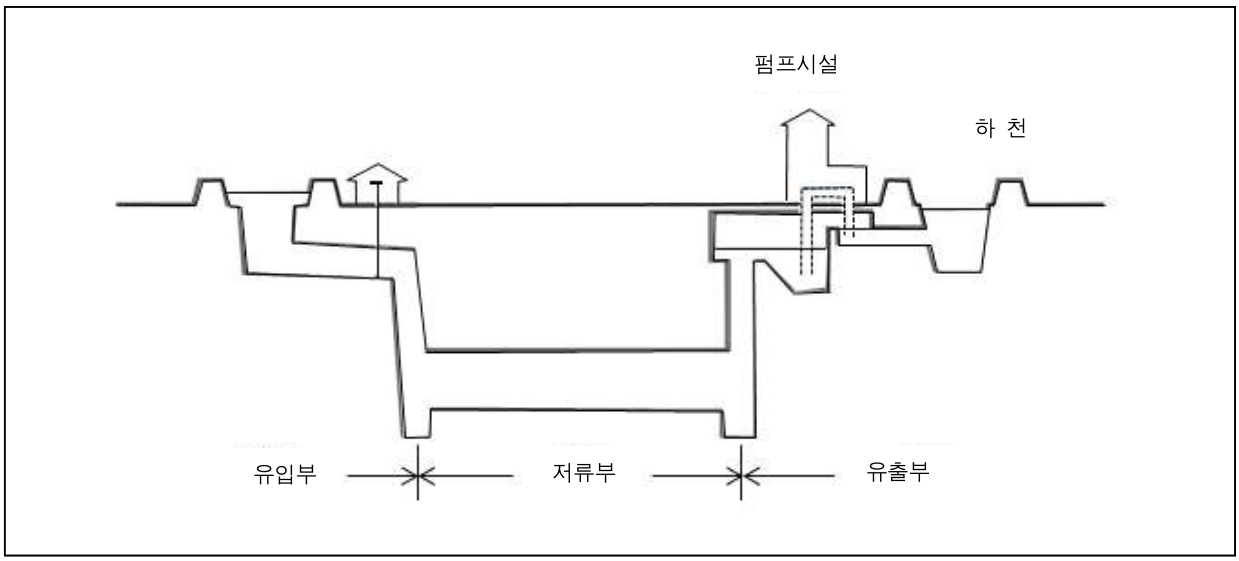
- 조절지내 유속 분포 및 유황 검토

(3) 저류시설 유출부

- 유출수문 방류능력 검토
  · 유출수문 개도수위별 방류능력 검토
  · 본류하천과 저류지 수위차에 따른 방류능력 검토
- 유출수문 유입부 접근유속 및 유황 검토
- 배수문 바닥보호공 안정성 검토

8.1.4 저류시설 설계

저류시설은 일반적으로 유입부, 저류부(지하하천의 경우 수로부), 유출부로 구성된다. 본 절의 설계요령에서는 횡월류제 방식의 저류지 설계요령을 먼저 제시하고, 각 구성부의 끝에 아래와 같은 지하저류지(지하하천) 설계요령을 제시하였다.



(그림 8.1-7) **< 지하저류지[지하하천] 개념도 >**

가. 유입부

저류시설 유입부는 대상지역의 제반 여건에 따라 비조절식(월류제, 웨어) 또는 조절식(수문, 가동보)형식 등을 계획할 수 있으나, 본 설계요령에서는 수리적 안전성 측면에서 유리하며 유지관리가 상대적으로 용이한 비조절방식(월류제)을 대상으로 설계요령을 제시한다. 수문설치 방식의 설계는 '제2편 치수시설 제7장 배수시설'을 기준으로 한다.

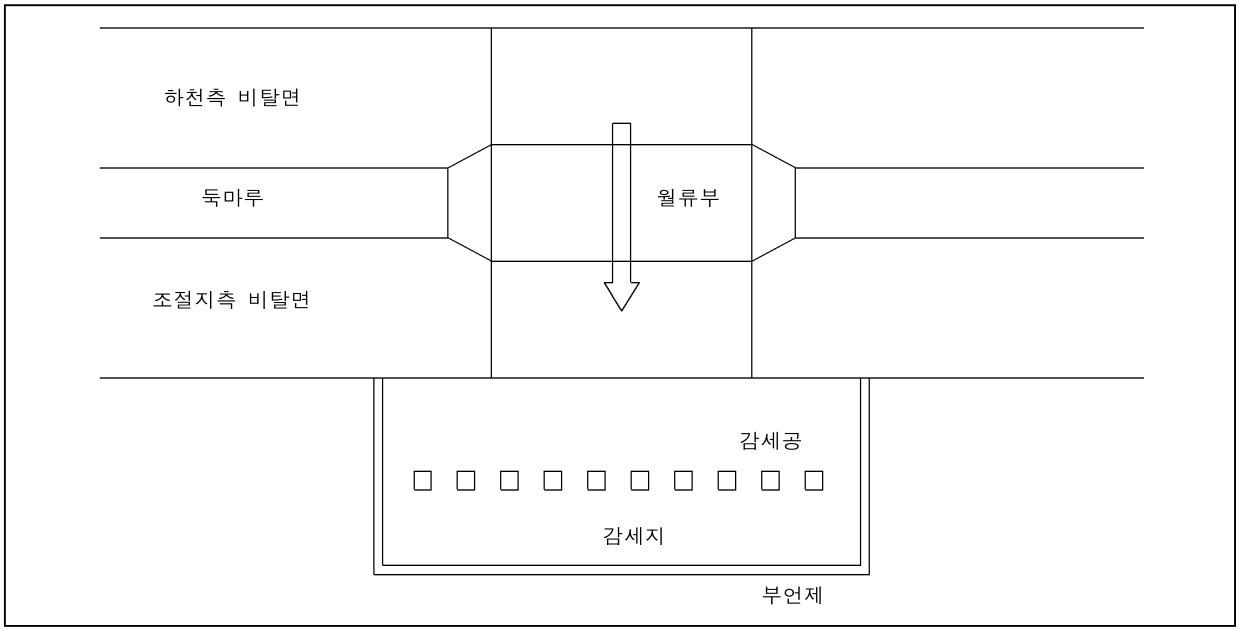
1) 월류제

가) 횡월류 방식의 저류지 월류부는 다음 그림과 같이 월류제, 감세시설(감세지, 감세공, 부언제(endsill)), 바닥보호공 등으로 구성된다.

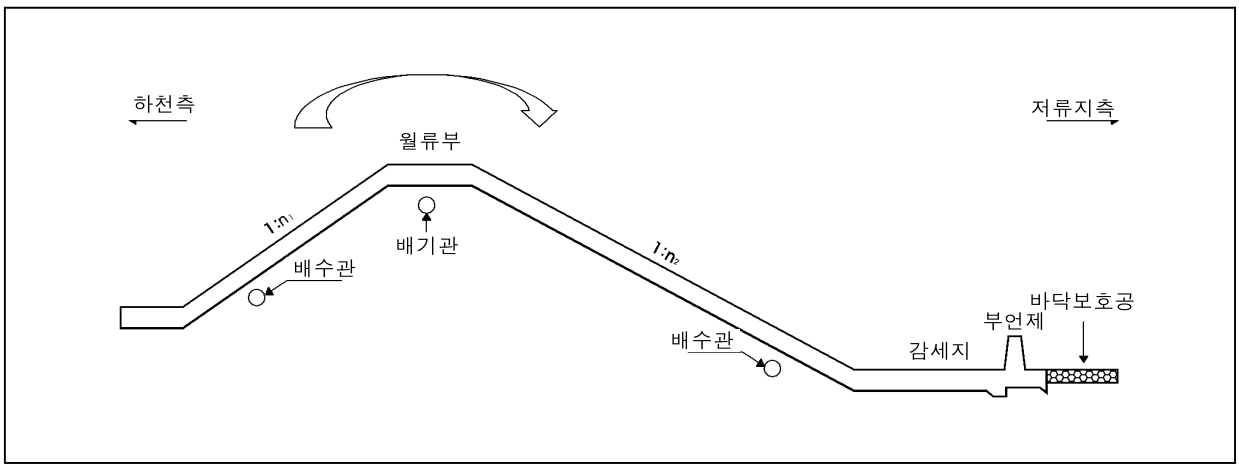
나) 월류제의 형식은 콘크리트중력식, 콘크리트월(wall)식, 토사제방의 표면을 콘크리트나 아스팔트

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 8.1-8) **< 월류제 평면 예시도 >**



(그림 8.1-9) **< 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 있

으며, 배수관이 퇴적으로 매몰되지 않도록 하상변동특성을 고려하여 설치 높이를 정한다.

4) 감세시설 및 바닥보호공

가) 감세시설 및 바닥보호공 설계는 '제3편 이수시설 제1장 보' 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 치수시설 제1장 제방' 을 기준으로 한다.

마) 위의 사항 외 주위제 설계는 '제2편 치수시설 제1장 제방' 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 치수시설 제3장 호안'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) 주변지역의 배수를 위해 필요시 적절한 배수시설물을 계획하여야 한다. 배수시설 설계는 '제2편 치수시설 제7장 배수시설'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 치수시설 제7장 배수시설'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 '제5편 제2장 내수배제시설'에 준한다.
6) 위의 사항 외의 유출부 설계는 '제2편 치수시설 제7장 배수시설'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.

8.2 수량산출요령

8.2.1 수량산출내역

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		

8.2.2 일반사항

1) 수량산출은 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 수량산출은 '제2편 치수시설 제1장 제방'에 준한다.

나) 월류제 및 저류부 호안에 관한 수량산출은 '제2편 치수시설 제3장 호안'에 준한다.

다) 유입 및 유출부 구조물에 관한 수량산출은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설', '제2편 치수시설 제7장 배수시설', '제3편 이수시설 제1장 보', '제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계'에 준한다.

라) 저류지 활용공간 조성에 관한 수량산출은 '제4편 하천환경시설'에 준한다.

3) 수량산출은 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.

8.3 단가산출 요령

1) 월류제 및 주위제에 관한 단가산출은 ‘제2편 치수시설 제1장 제방’에 준한다.

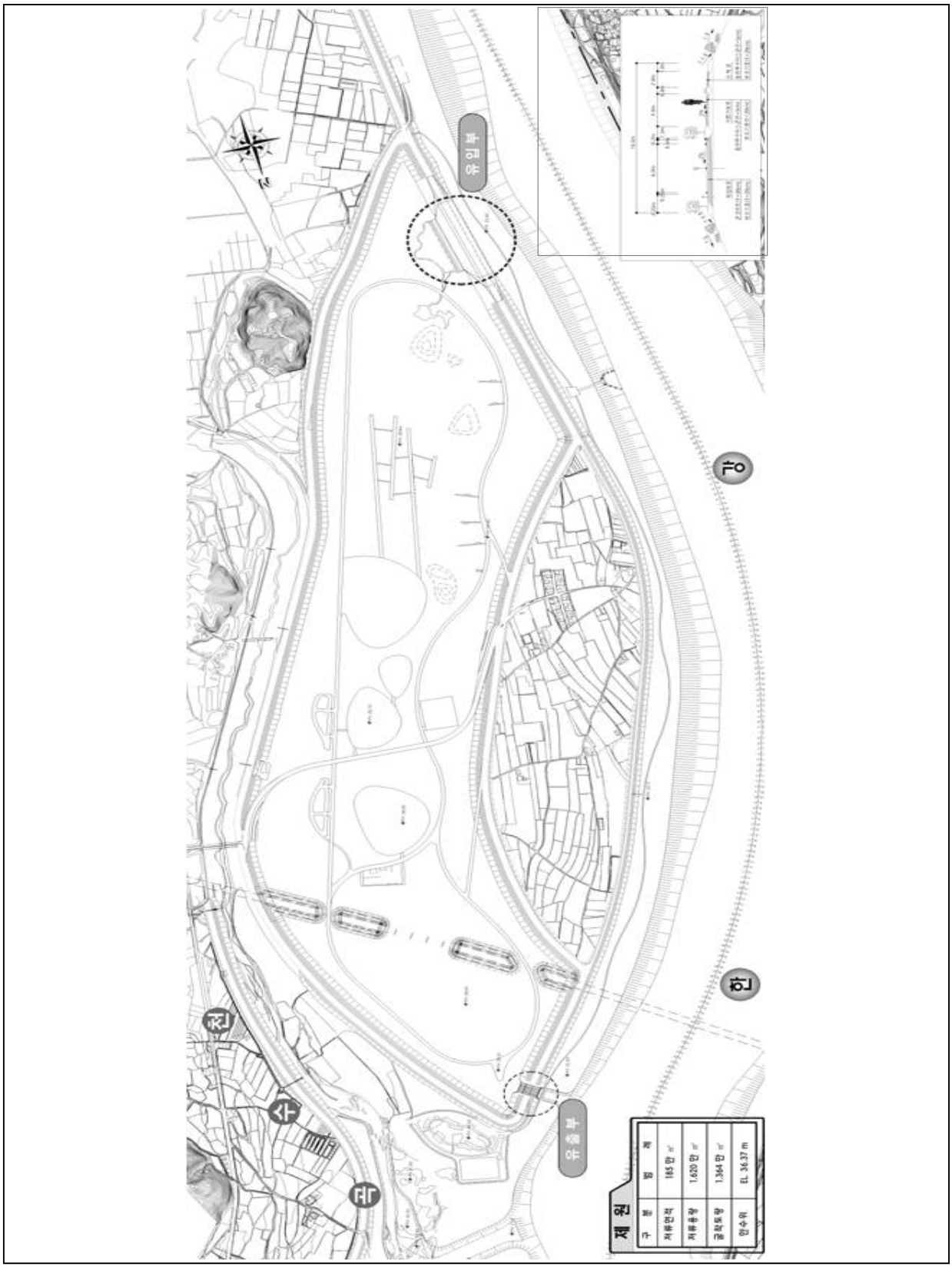
2) 월류제 및 주위제 호안에 관한 단가산출은 ‘제2편 치수시설 제3장 호안’에 준한다.

3) 유입 및 유출부 구조물에 관한 단가산출은 ‘제2편 치수시설 제5장 하상유지시설’, ‘제2편 치수시설 제7장 배수시설’, ‘제3편 이수시설 제1장 보’, ‘제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계’에 준한다.

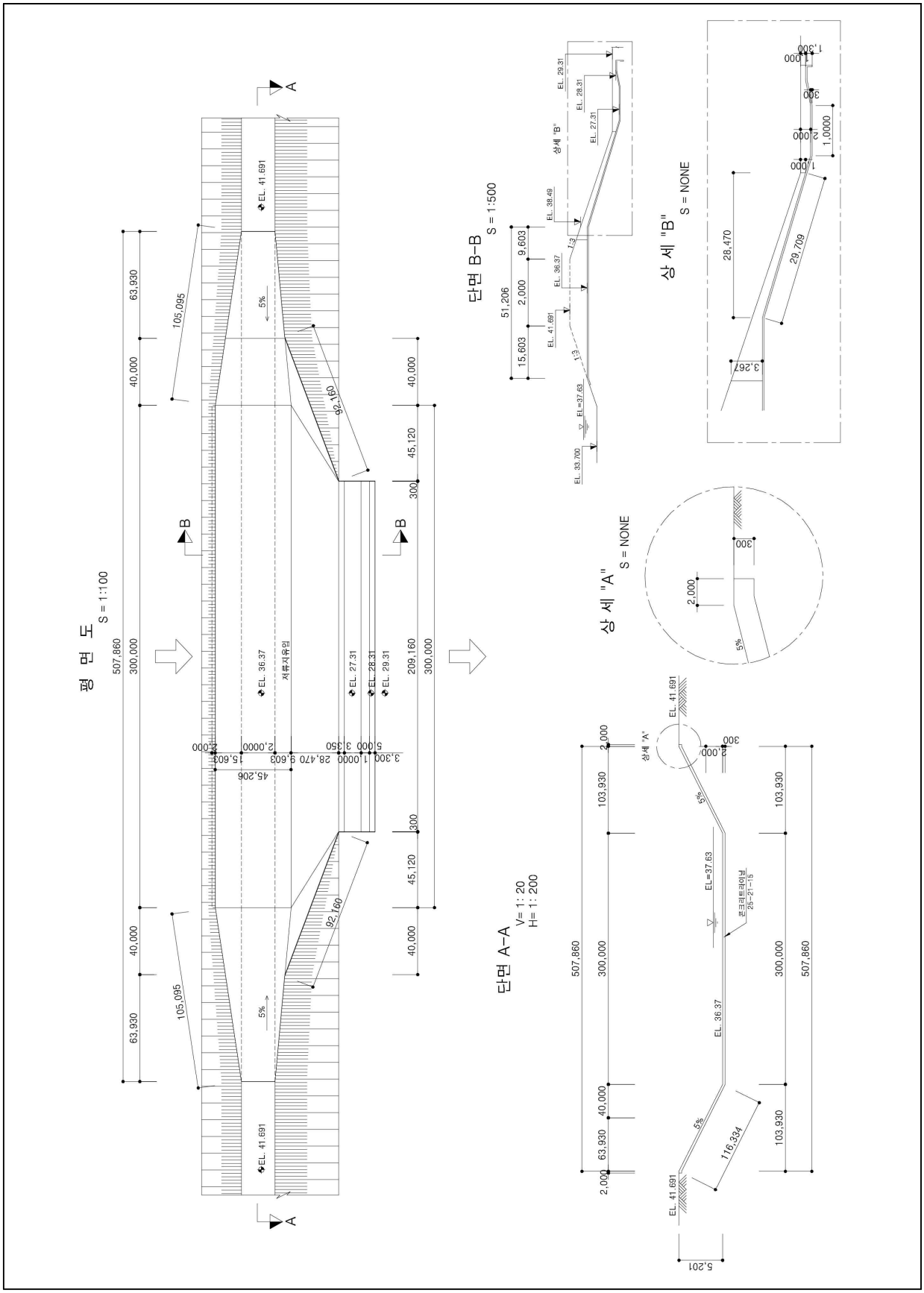
4) 저류지 활용 공간 조성에 관한 단가산출은 ‘제4편 하천환경시설’에 준한다.

8.4 저류지 예시도면

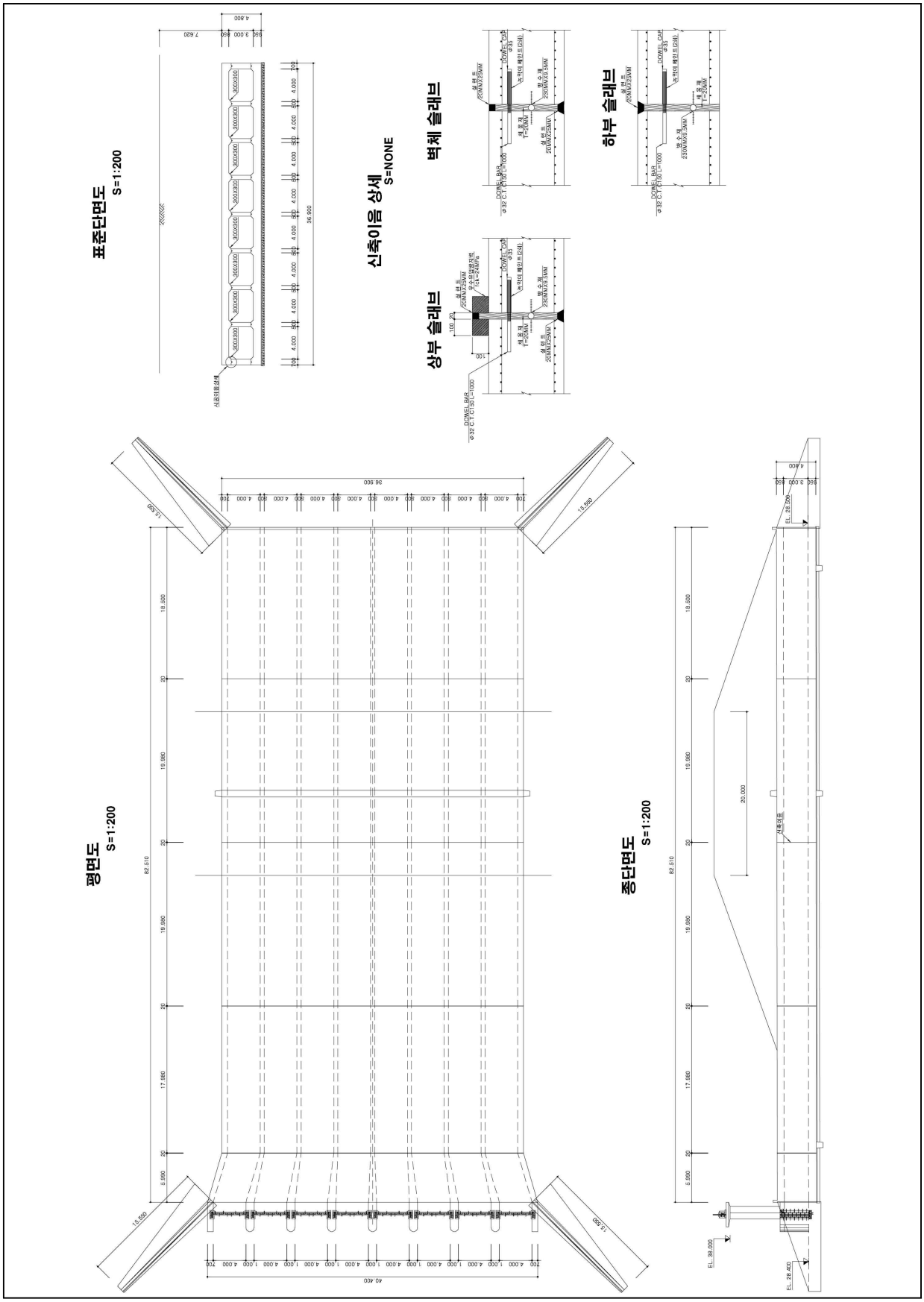
□ 계획평면 예시도



□ 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. 38.49
EL=37.63
EL. 33.700
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
28,470
29,709
3,267

□ 유출부 예시도


표준단면도
S=1:200
신축이음 상세
S=NONE
벽체 슬래브
하부 슬래브
상부 슬래브
평면도
S=1:200
종단면도
S=1:200

CONTENTS

제3편 이수시설

제1장 보

제1장 보

1.1 설계요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

보는 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이고 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치하여 제방의 기능을 갖지 않는 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 하상안정을 위해 설치되므로 고정보 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.

어도(Fish way)는 하천을 가로막는 하천시설물에 의하여 어류이동이 차단 또는 억제된 경우에 이동을 목적으로 만들어진 수로 또는 장치를 총칭한다.

나. 적용범위

본 설계요령은 수위를 높여 수위(심)를 유지하거나, 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치되는 보 및 부대시설(어도 포함) 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 40 05, 51 40 10)(2016, 국토교통부)

3) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(취입보편)(1996, 농림축산식품부)

라. 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 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.

마. 참고문헌

1) 하천공사설계실무 요령(2007, 건설교통부)
2) 소하천 설계기준(2012, 소방방재청, 국립방재연구원)
3) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)
4) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)
5) 하천설계기준 개선방안 마련을 위한 연구(2013, 국토교통부)
6) 농업생산기반 정비사업 조사 · 설계 실무요령(2000, 한국농어촌공사)

1.1.2 사전조사

보 설계를 위한 사전조사는 ‘제1편 총칙, 1.6.1 사전조사’를 참고하여 실시한다.

1.1.3 보 계획

가. 보의 종류

보의 종류는 설치목적, 구조와 기능, 평면현상, 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.

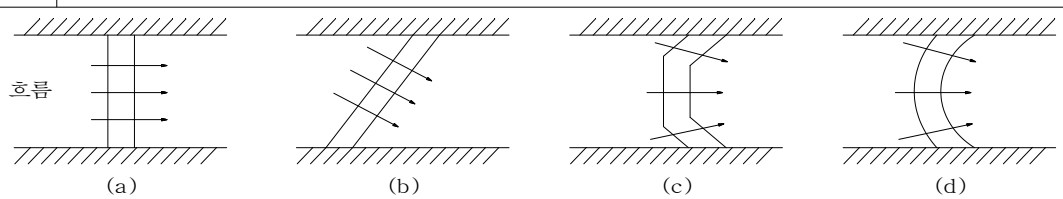
3) 평면형상에 따른 분류

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.

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) 유지관리가 용이한 지점

7) 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.

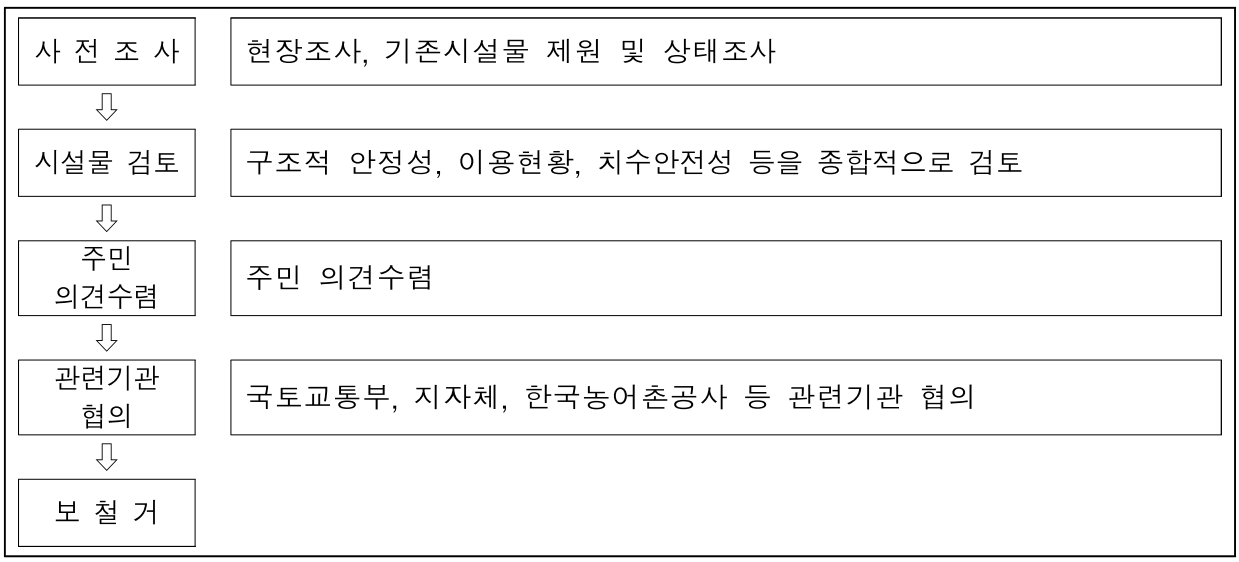
4) 하천유량이 적은 경우에는 월류수심은 무시하고, 여유고는 10~15㎝ 정도를 적용한다.

5) 복합형보에서는 가동보와 고정보의 마루표고를 동일하게 하는 것이 원칙이나, 경우에 따라서는 고정보의 보마루 표고를 높게 할 수 있다.

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.

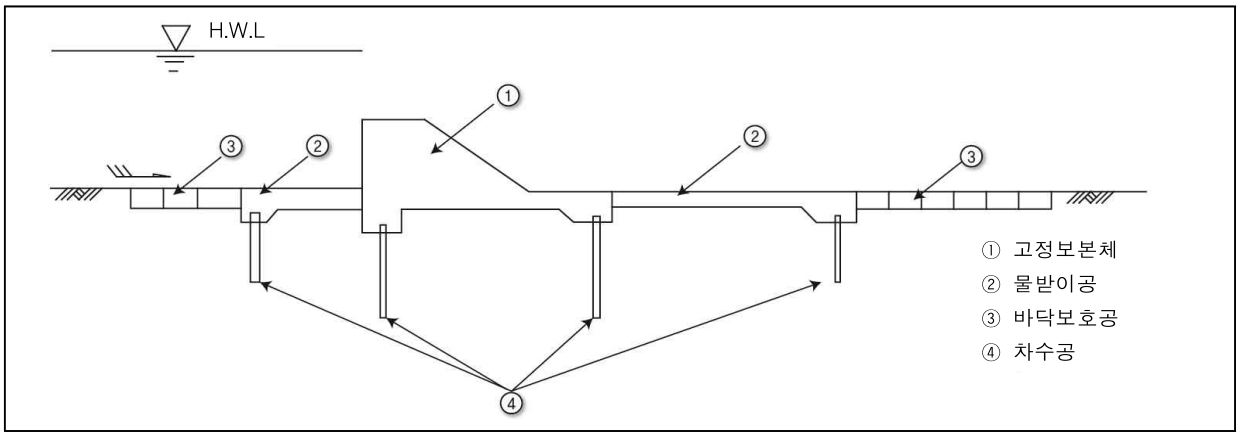


(그림 1.1-2) **< 보 철거 흐름도 >**

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

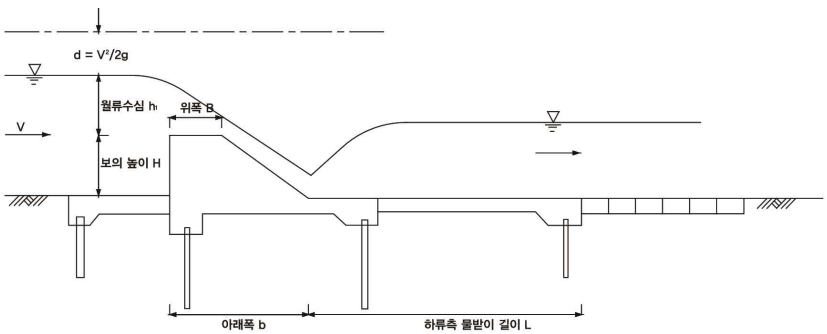
가) 고정보의 본체는 콘크리트 구조를 원칙으로 하되 자연재료를 활용한 다양한 구조를 채택할 수 있다.

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.

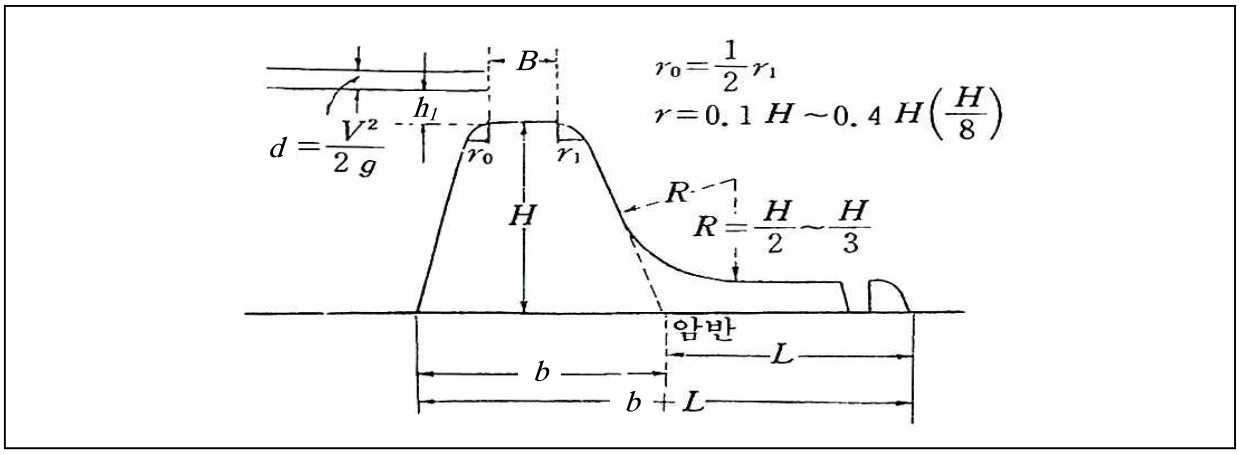
마) 고정보의 단면결정은 블라이(Bligh)공식을 이용하여 기본단면을 설정하고 자중, 토압, 수압, 양압력, 지진력 등을 고려하여 최종 단면을 결정한다.

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 낙차의 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)

하류측 물받이 길이		
블라이(Bligh) 공식	국립건설시험소 공식	Rand 공식
$L_1 = 0.6 \cdot C\sqrt{H_a}$ L_1 : 하류측 물받이 길이(m) H_a : 하류측 물받이 상단에서 보마루까지의 높이(m) C : 블라이계수	$L_1 = 4.05 H_a^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325}$ 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)	$L_1 = 4.3(\frac{h_c}{H_a})^{0.81} \cdot H_a$ L_1 : 물받이 길이(m) hc : 월류부 한계수심(m) Ha : 하류측 물받이 상단에서 보마루까지의 높이(m)
여기서 H_a는 다양한 상하류 수위조건 중 가장 불리한 조건을 적용		

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

- 물받이의 두께

가) 상류측 물받이 두께

- 상류측 물받이는 월류하는 물에 의하여 소용돌이가 발생하여 하상의 세굴을 막기 위해 설치된다. 물받이 두께는 하류측 물받이 두께의 1/2~2/3 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.

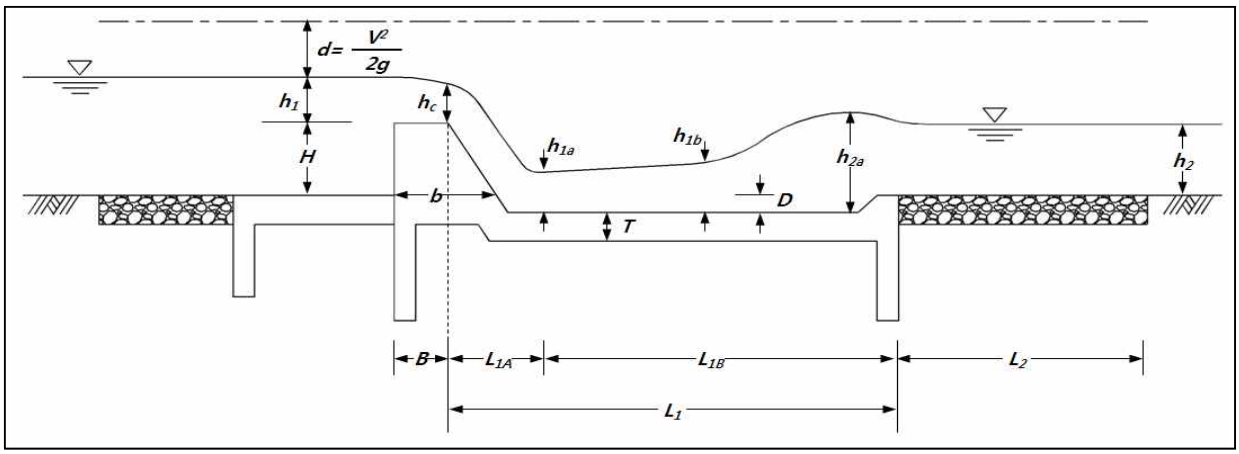
1) 감세지 깊이결정

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)

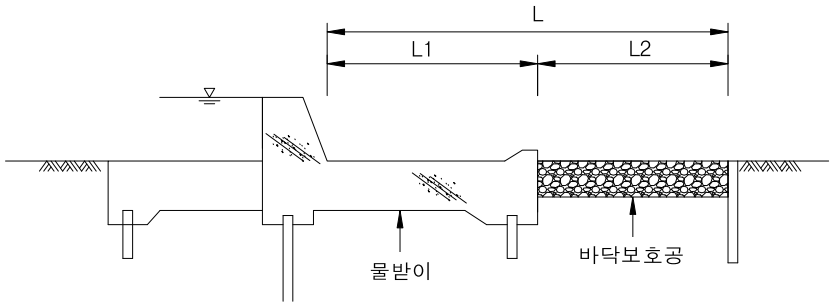


(그림 1.1-6) **< 감세지 설치 단면도 >**

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

$$L_2 = \alpha\ q^a H^b D_{50}^c\ ,\quad H \leq 2m$$

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.

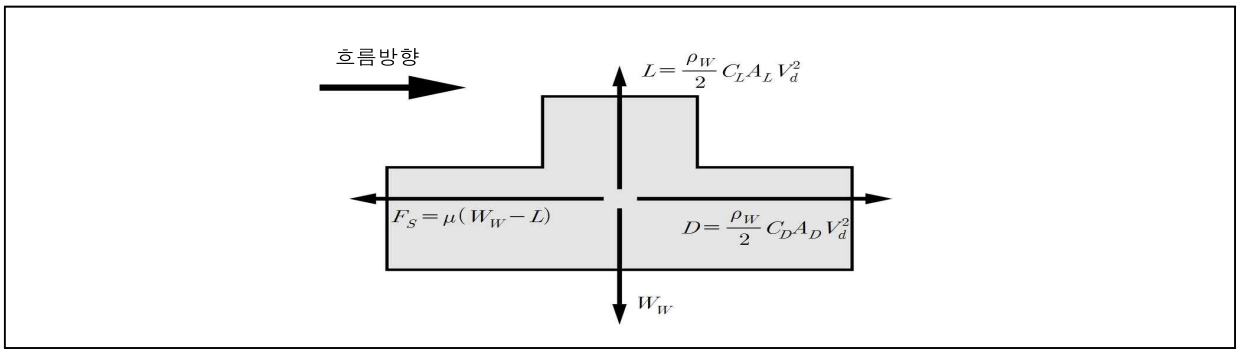
$$D_{\min} = \left(\frac{U_c}{E}\right)^2 \left[\frac{\rho}{2g(\rho_s - \rho)}\right]$$

여기서 U_c : 사석 주변의 유속으로서, 설계시에는 수심평균 유속
E : 무차원 매개변수로서 1.2(돌출된 경우 0.86)
ρ_s와 ρ : 모래와 물의 밀도

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) 경간길이 및 가동부

가동보의 경간길이는 보 본체의 중심선간의 거리이며, 아래 표의 값 이상으로 결정하는 것이 바람직하다.

< 계획홍수량과 경간길이 >

(표 1.1-6)

계획홍수량(㎥/s)	경간길이(m)
500 미만	15
500 이상 ~ 2,000 미만	20
2,000 이상 ~ 4,000 미만	30
4,000 이상	40

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 위의 표의 값보다 작아서는 안 된다.

라) 경간길이가 40m 이상일 경우는 유심부 이외의 경간 길이를 30m 이상으로 할 수 있다. 단, 보의 전체길이는 평균한 경간길이가 표의 값보다 작아서는 안 된다.

3) 관리교

가) 가동보 운영을 위한 운영시설은 제내지에 설치하는 것을 우선적으로 고려하여 부득이 설치시에는 '제2편 치수시설 제7장 배수시설'을 참조한다.

나. 물받이, 감세지 및 바닥보호공

1) 가동보의 물받이와 상판과의 연결부는 수밀성을 확보하고 부등침하에 대응 가능한 구조로 설계

한다.

2) 가동보의 물받이, 감세지 및 바닥보호공은 고정보와 같은 방법으로 설계한다.

1.1.6 어도

어도계획은 어류를 비롯한 수생동물의 이동에 미치는 영향을 최소화하는 것을 기본으로 계획하여야 한다.

1) 설계일반사항

가) 어도를 설치하려는 자는 어도에 관한 실시설계를 완료하기 전, 어도시설 협의서를 작성하여 수산연구기관의 장과 미리 협의하여야 한다.(내수면어업법 시행규칙 제21조)

- 어도시설 설치계획서
- 어도의 설계도
- 환경영향평가서 사본

나) 하천에 어도를 설치하려는 자가 해양수산부장관이 정하여 고시하는 어도 설계기준에 맞게 어도를 설치하는 경우에는 협의를 생략할 수 있다.

다) 어도설치가 면제되는 댐

- 댐 높이가 20ｍ 이상이거나 총 저수용량이 3천만㎥ 이상 인 댐

라) 어도설치를 아니할 수 있는 경우

- 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

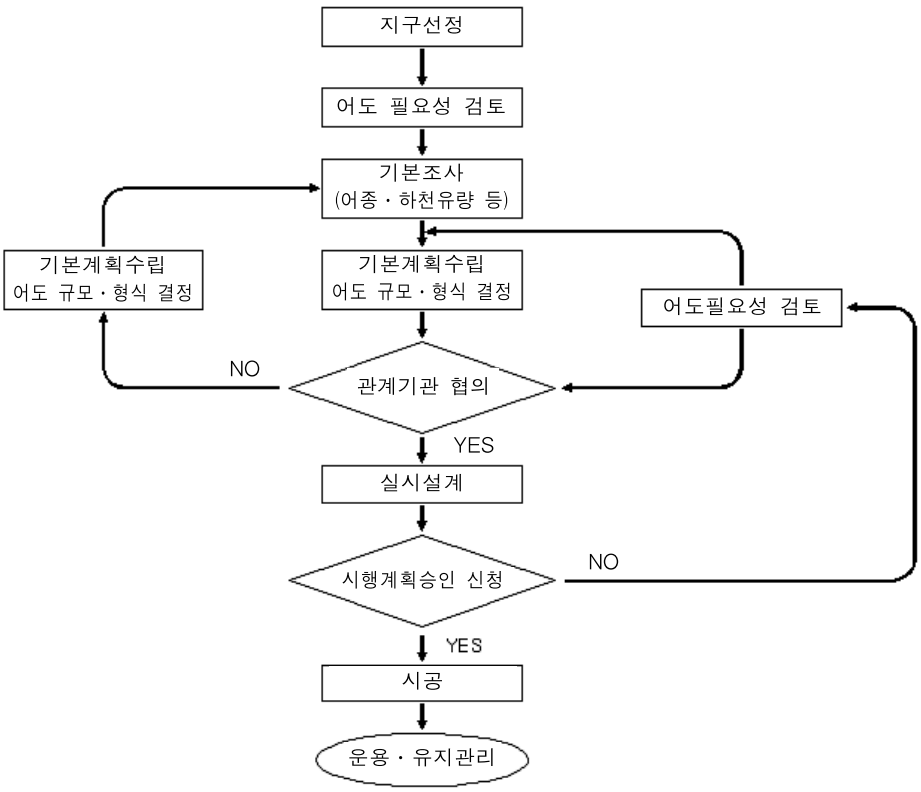
마) 여울형태의 어도설치 시 고려사항

- 하천설계기준에서 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 소상이 곤란하지 않게 설치한다.
- 유영력이 약한 물고기가 유속이 빨라 소상이 어렵지 않게 설치한다.
- 갈수기 또는 유량이 적을 때 여울 틈 등에서 수온상승 및 용존산소 고갈로 물고기가 폐사가 되지 않도록 설치한다.

바) 하천사업 시행에 따른 어도의 설치 또는 철거 등의 사유 발생 시에는 그 결과를 통보(국가어도정보시스템)하여 종합적인 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

2) 어도 설계 절차

어도 설계를 위한 일반적인 절차는 다음과 같다.



***관계기관 : 국립수산과학원 중앙내수면 연구소**
***관련법 : 내수면어업법 시행규칙 제21조(어도의 설치를 위한 협의 등)**
[시행 2017.1.2.] [해양수산부령 제217호, 2017.1.2., 타법개정]

(그림 1.1-9) **< 어도 설계 흐름도 >**

3) 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.

4) 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 1.1-7)

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 1.1-8)

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

5) 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 입구는 세굴이나 낙차 발생을 방지하기 위한 구조가 되도록 어도 격벽을 약 2단 정도(약 4m) 추가 설치하거나, 이에 준하는 설계가 필요하다.

- 어도 입구는 어도 전체 구조물의 밀림 방지 등 구조적 안정성 확보를 위하여 지지구조물의 확보가 필요하다.
- 어도 입구는 어도로 진입하고자 하는 어류가 쉽게 어도로 도약할 수 있도록 충분한 도약수심을 가진 웅덩이(pool)를 확보한다.
- 어도 입구부 도약 웅덩이(Pool)는 기본적으로 어도 격벽간의 거리(경간) 기준인 2m 이상이 되도록 설계한다.

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.

1.1.7 부대시설

가. 보를 설치할 때는 필요에 따라 취수구, 배사구, 침사지, 어도, 갑문, 관리교, 수문조작 및 유지관리시설 등을 설치한다.

나. 가동보는 필요에 따라 조작을 위한 관리교 등의 관리시설을 설치한다.

다. 가동보 및 배사구가 있는 고정보에서 수문조작에 의한 하류측 수위변동이 뚜렷한 구간에서는 경보시설을 설치할 필요가 있다.

라. 보 설치 시 가물막이는 하천 유로부의 1/2씩 설치하는 것을 원칙으로 하되 보 형식 및 현장 여건을 고려하여 계획한다. 가물막이는 ‘제7편 부대시설’을 기준으로 한다.

마. 터파기시 유입수의 처리는 ‘제7편 부대시설’을 기준으로 한다.

바. 보의 기초 및 차수벽 설계는 ‘제5편 하천 기타시설 제1장 차수시설’을 기준으로 한다.

사. 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, 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 치수시설, 제5장 하상유지시설, 5.1.4 하상안정화 시설 설계'를 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 '제5편 하천기타시설 제1장 차수시설'을 참조한다.

마. 관리교

1) 가동보 운영을 위한 운영시설은 제내지에 설치하는 것을 우선적으로 고려하고 부득이 설치 시에는 '제2편 치수시설 제7장 배수시설'을 참조한다.

1.2 수량산출 요령

1.2.1 수량산출내역

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	㎥		제5장 하상유지시설
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		제5장 하상유지시설
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		제5장 하상유지시설
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
1.1.2	되메우기				제5장 하상유지시설
1)	되메우기	인력	㎥		제5장 하상유지시설
2)	되메우기	기계	㎥		제5장 하상유지시설
1.1.3	비탈면보호공				제1장 제방
1)	줄 떼		㎡		제1장 제방
2)	평 떼		㎡		제1장 제방
1.1.4	씨앗뿜어뿌리기(Seed Spray)	성토면	㎡		제6장 하천사방시설
1.1.5	거적덮기		㎡		제6장 하천사방시설
1.1.6	잔토처리		㎥		제5장 하상유지시설
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				제5장 하상유지시설
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		제5장 하상유지시설
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		제5장 하상유지시설
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		제5장 하상유지시설
1.2.2	콘크리트 펌프카				제5장 하상유지시설
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		제5장 하상유지시설
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50~100㎥/일	㎥		제5장 하상유지시설
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		제5장 하상유지시설
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
②	합판거푸집(매끈한마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
③	합판거푸집(보통마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
④	합판거푸집(거친마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑨	무늬거푸집	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
2)	유로폼	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
1.2.4	철 근				제5장 하상유지시설
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		제5장 하상유지시설
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		제5장 하상유지시설
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		제5장 하상유지시설
5)	철근 조립	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
6)	철근 조립	(보통)	ton		제5장 하상유지시설
7)	철근 조립	(복잡)	ton		제5장 하상유지시설
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		제5장 하상유지시설
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		제6장 하천사방시설
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		제6장 하천사방시설
1.2.7	잡철물제작설치 (난간)	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
1.2.8	스페이서 설치				제5장 하상유지시설
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		제5장 하상유지시설
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		제5장 하상유지시설
1.2.9	모르타르				제6장 하천사방시설
1)	모르타르(1:2)		㎥		제6장 하천사방시설
2)	모르타르(1:3)		㎥		제6장 하천사방시설
3)	모르타르(1:4)		㎥		제6장 하천사방시설
1.2.10	잡석부설		㎥		제5장 하상유지시설
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		제5장 하상유지시설
2)	수팽창지수재 설치		m		제5장 하상유지시설
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		제5장 하상유지시설
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		제5장 하상유지시설
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		제5장 하상유지시설
1.2.13	P.V.C PIPE		m		제5장 하상유지시설
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	조립식 어도블럭 설치		식		
1.2.16	취입수문 제작 및 설치		식		
1)	문비		식		제3장 수문
2)	문틀		식		제3장 수문
3)	개폐장치		식		제3장 수문
1.2.17	취수관 부설				
1)	흄관접합 및 부설(칼라식)	∅600, 800, 1000, 1200㎜	m		제8장 저류지
2)	흄관접합 및 부설(소켓식)	∅600, 800, 1000, 1200㎜	m		제8장 저류지
1.2.18	배사구 제작 및 설치		식		
1.3	연결호안 및 바닥보호공사				
1.3.1	비탈덮기				제3장 호안

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1)	타원형 돌망태		㎡		제3장 호안
2)	사각형, 매트리스형 돌망태		㎡		제3장 호안
3)	상자형 돌망태		㎥		제3장 호안
4)	돌붙임, 돌쌓기		㎡		제3장 호안
5)	환경생태 블록		㎡		제3장 호안
1.3.2	호안머리				제3장 호안
1.3.3	비탈멈춤(기초)				제3장 호안
1)	돌붙임	메붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		제3장 호안
2)	돌쌓기(석축)	찰붙임(깬돌 뒷길이 25~45㎝)	㎥		제3장 호안
3)	콘크리트 블록		㎡		제3장 호안
1.3.4	밑다짐				제3장 호안
1)	콘크리트 블록		㎡		제3장 호안
2)	사석공		㎥		제3장 호안
3)	(매트리스형) 돌망태		㎡		제3장 호안
4)	주머니형 돌망태		㎡,㎥		제3장 호안
1.3.5	배면(필터) 매트		㎡		제3장 호안
1.3.6	자연석(전석및발파석) 쌓기		㎡		제3장 호안
1.3.7	식물재 호안 설치		㎡		제3장 호안
1.3.8	호박돌 붙임		㎡		제3장 호안
1.3.9	윗가지 호안 설치		㎡		제3장 호안
1.3.10	식생매트 설치		㎡		제3장 호안
1.3.11	식생포대 설치		㎡		제3장 호안
1.3.12	방틀 설치		m		제3장 호안
1.4	부대공사				
1.4.1	가물막이		㎥		제7편 부대시설
1)	흙운반 및 다짐		㎥		제7편 부대시설
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		제7편 부대시설
3)	마대쌓기		㎡		제7편 부대시설
1.4.2	물푸기		hr		제7편 부대시설
1.4.3	기존구조물 철거				제7편 부대시설
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		제7편 부대시설
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		제7편 부대시설
3)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		제7편 부대시설
4)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		제7편 부대시설
5)	석축 헐기		㎡		제7편 부대시설
6)	기존호안블록 헐기		㎡		제7편 부대시설
7)	돌망태 헐기		㎡		제7편 부대시설
1.4.4	운반공				제7편 부대시설
1)	중기 운반		식		제7편 부대시설
2)	철근 운반		ton		제7편 부대시설
3)	시멘트 운반		40kg/대		제7편 부대시설
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		제7편 부대시설
5)	골재 운반		㎥		제7편 부대시설
1.4.5	가설사무실 설치		식		제7편 부대시설
1.4.6	세륜시설 설치		개소		제7편 부대시설
1.4.7	오탁방지막 설치		식		제7편 부대시설
1.4.8	축중기 설치		조		제7편 부대시설
1.4.9	시공측량비		개소		제7편 부대시설

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

1) 토공사에 관한 수량산출내역은 '제1편 총칙' 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. 조립식 어도블럭 설치(식)

1) 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.

2) 조립식 어도의 설치는 개별 보 구조물의 특성에 따르고, 조립식 어도 블록은 갯수로 수량을 산정하여 설치한다.

다. 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.

라. 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 치수시설 제3장 호안' 에 준한다.

2) 바닥보호공사에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설' 에 준한다.

1.2.6 부대공사

1) 부대공사에 관한 수량산출내역은 '제1편 총칙 및 제7편 부대시설' 에 준한다.

1.3 단가산출 요령

1) 제방 계획에 관한 단가산출은 '제2편 치수시설 제1장 제방' 에 준한다.

2) 호안 계획에 관한 단가산출은 '제2편 치수시설 제3장 호안' 에 준한다.

3) 하상유지시설에 관한 단가산출은 '제2편 치수시설 제5장 하상유지시설' 에 준한다.

4) 구조물에 관한 단가산출은 '제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계' 에 준한다.

5) 기타 및 부대시설에 관한 단가산출은 '제1편 총칙 및 제7편 부대시설' 에 준한다.

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ **본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함** **본 단가산출에서 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	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) : 0.60 ② 기계-트럭 크레인 10ton -크레인 운전(시간) Q=1.67hr	「건설공사 표준품셈」 2-4 규준틀
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	식	1) 재료-강판 : 2) 제작설치(잡철물 제작설치 적용 품셈 14-5(건축)) ① 재료비 용접봉 : 18.48kg, 산소 : 6300ℓ, 아세틸렌 : 2.8kg, 유지 : 0.17ℓ (필요시), 볼트 : 0.46개(필요시) ② 노무비 철공 : 27.65인, 보통인부 : 0.66인, 용접공 : 2.60인, 특별인부 : 0.74인 ③ 기타손료 용접기손료 : 20.83hr, 전기소비량 : 126.0kW/h 기계기구손료 : 인건비의 3%	※잡철물제작설치(보통) : 간단의 120%적용 ※잡철물제작설치(복잡) : 간단의 140%적용

제2장 주운시설

제2장 주운시설

2.1 설계요령

2.1.1 일반사항

가. 정의

1) 주운

주운은 선박으로 화물을 수송하거나 교통하는 일을 말한다.

2) 주운수로

선박이 다닐 수 있도록 수심이 유지될 수 있는 수로 등을 말한다.

3) 주운갑문(lock)

수위차가 있는 하천 또는 수로간에 선박을 다니게 하기 위한 구조물로 상류 및 하류 두 개의 문비실과 그 중간의 갑실 및 록게이트로 이루어진 시설을 말한다.

4) 주운댐

선박이 수위차를 극복할 수 있도록 갑문시설이 갖추어진 댐을 말하며, 댐의 높이는 저수용량의 관점보다는 댐 상류의 수심을 확보하는 관점에서 결정한다.

5) 운항가능 최고수위(N.H.W.L), 최저수위(N.L.W.L)

"운항가능 최고수위"는 선박의 항행이 가능한 최대 수위를 말하며, 주운수로에서는 교량의 형하 높이로 결정되며, 치수적 관점에서 운항최고수위를 제한할 수 있다.

"운항가능 최저수위"는 선박의 항행이 가능한 최소 수심을 말하며, 주운수로의 최소수심은 선박의 흘수심 뿐만 아니라 운항속도, 저항 및 기동성 등에 크게 영향을 미치므로 충분한 여유를 갖도록 하여야 하며, 수량 확보가 전제되어야 한다.

나. 적용 범위

본 장은 자연하천에 계획되는 주운시설 중 주운수로, 주운댐, 갑문, 기타시설에 대한 설계에 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 40 20)(2016, 국토교통부)

3) 댐설계기준(KDS 54 00 00)(2016, 국토교통부)

4) 항만 및 어항 설계기준·해설(2014, 해양수산부)

라. 설계일반사항

1) 주운을 위한 수심, 수로폭, 갑문의 규모(크기) 등은 장래에 예측 가능한 화물의 종류와 양, 이용 선박(바지선), 예인선의 종류와 규모, 다른 수로의 개발정도 등을 고려하여 결정한다.
2) 주운수로는 선박의 원활한 운영을 위하여 수로 수심과 폭 확보가 가능한 수량이 확보 되어야 하며, 자연 친화적인 건설이 되도록 검토한다.
3) 주운의 결정기준과 구조 및 설치기준은 '도시·군 계획시설의 결정 구조 및 설치기준에 관한 규칙(2015, 국토교통부)'에 따른다.

마. 참고문헌

1) 도시·군 계획시설의 결정 구조 및 설치기준에 관한 규칙(2015, 국토교통부)
2) 주요 내륙운하에 대한 유럽협정, ECC/TRANS/120-19, UN-ECC/내륙수송위원회, 1996.
3) 라인강의 콘테이너 바지선 높이, PIANC Bulletin, 1995-1997, pp. 22-24.
4) 주운수로 제원 지침서(Guidelines for the Dimension of Navigable Waterways)
4) 물류혁명과 국토개조 전략(1996. 세종연구원)

2.1.2 사전조사

주운시설 설계시 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 사항 외에 다음 사항을 추가 조사한다.

① 홍수위	② 배수(排水)	③ 취수시설
④ 환경 및 생태계	⑤ 위락시설	⑥ 수력발전

2.1.3 주운 계획

가. 주운계획 절차

내륙 주운수로는 자연하천을 이용하거나, 필요에 따라서는 기존의 수로를 갑문과 댐의 건설을 통해서 개량하거나 운하건설을 통해서 건설한다. 계획 및 설계를 위한 일반적인 절차는 다음 (표 2.1-1)과 같다.

< 주운계획 및 설계 절차 >

(표 2.1-1)

기본계획	기존수로 평가, 수송밀도(물동량) 분석 및 대상선박결정	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 대안중 사회적인 영향을 고려하여 가장 좋은 계획안을 선정/주운수로 개발로 발생하는 손익계산은 화물운송으로 절약되는 손익을 계획시점에서의 할인율로 계산
	⇩	
	주운수로 계획	편향각을 고려한 항로폭(수로규모)과 선단구성, 최소수심, 설계유속, 선박형태 및 적재된 화물 형태를 기초한 교량 형하고 결정 등
	⇩	
	주운갑문 계획	갑문의 필요성 및 위치, 형식 결정 갑문의 규격, 수문방식, 운영기준 결정
	⇩	
	주운댐 계획	주운댐의 필요성 및 위치, 형식 결정 주운댐의 규모 및 홍수소통 저해여부 검토
	⇩	
상세설계	주운수로 설계	수심 확보 및 하상유지를 위한 준설, 항주파를 고려한 호안계획 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 정하여진 적절한 주요치수를 적용한다.

다) 대상선박의 일반적 주요치수는 '항만 및 어항 설계기준(2014. 해양수산부)'에 제시된 주요치수를 따른다.

2) 대상선박 주요치수 결정시 고려사항

가) 대상선박이란 항만시설에 사용하는 것으로 예정되는 선박 중 그의 톤수가 최대인 것을 규정하고 있다. 따라서 대상선박이 특정한 경우에는 그의 주요치수를 사용한다.

나) 대상선박을 사전에 특정할 수 없을 경우에는 각 선종을 통용하는 톤수(총톤수 또는 재하중량 톤수)를 대표로 나타낸다.

다) 선박의 톤수에 대한 정의는 다음과 같다.

(1) 총톤수(gross tonnage)

선박의 총톤수 측정에 관한 법률에서 규정된 선박의 밀폐구획의 용적톤수를 말하며, 주로 국제항해에 종사하는 선박에 대하여 그 크기를 나타내기 위한 지표로 사용되는 국제총톤수가 있다.

(2) 재화중량톤수(dead weight tonnage)

적재한 화물의 최대중량을 톤 단위로 나타낸 수

(3) 배수톤수(displacement tonnage)

정지 상태에서 떠있는 선체가 배제하는 물의 양에 대한 톤수

라) 선박의 마스트높이는 동일종류, 동일톤수의 선박에 있어서도 약간 차이가 있기 때문에 주운수로를 횡단하는 교량 등의 설계에서는 대상선박의 마스트높이에 대한 분석을 하여야 한다.

마) 대상선박에 상관관계를 적용할 수 있도록 재화중량톤수(DWT)를 대표 지표로 한 선종에 대해서는 총톤수(GT)와의 관계식은 아래와 같다.

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

다. (직선부) 주운수로의 규모

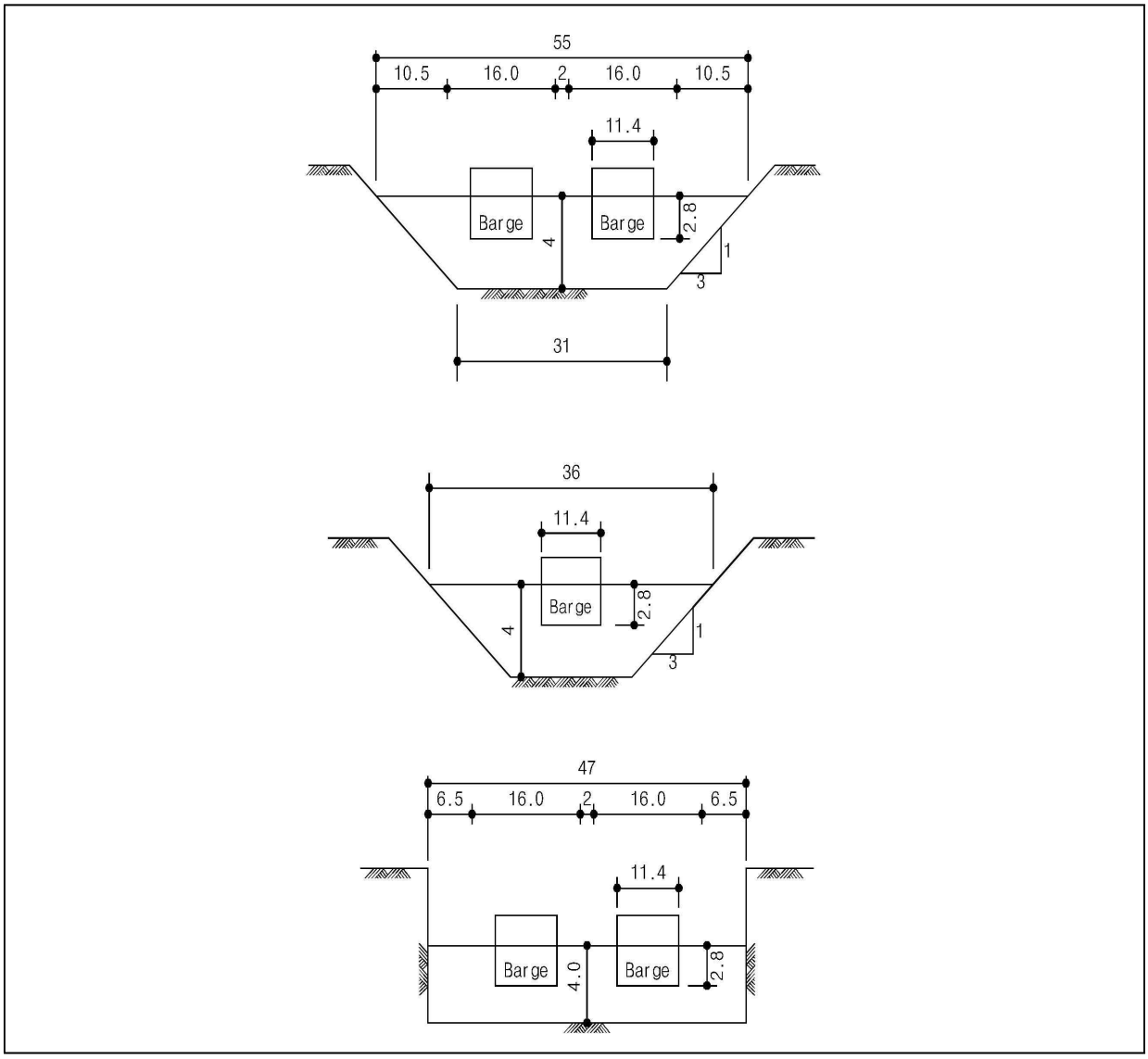
1) 대상선박에 따른 항로수 검토

주운수로의 설계기준은 목적 시설물인 대상선박 규모로 검토하며, 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 2.1-2)

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



(그림 2.1-1) **< 직선구간에서의 최소수로 여유공간 예시 (단위: m) >**

2) 대상선박에 따른 수로폭 검토

주운 관련 매뉴얼 'COE Manual EM 110-2-1611(1980, 미국육군공병단)' 에서는 다음 표와 같은 최소 수로폭을 직선구간에 대해서 제안하고 있으며, Daggert와 Show는 수로폭과 선단구성에 관하여 '수로폭과 선단구성' 표와 같이 추천하였다.

< 주운 권장 수로폭 >

(표 2.1-3)

예인선단의 폭(m)	수 로 폭(m)	
	양방통행	일방통행
33	91	56
21	70	46
15	58	40

< 수로폭과 선단구성 >

(표 2.1-4) (단위: m)

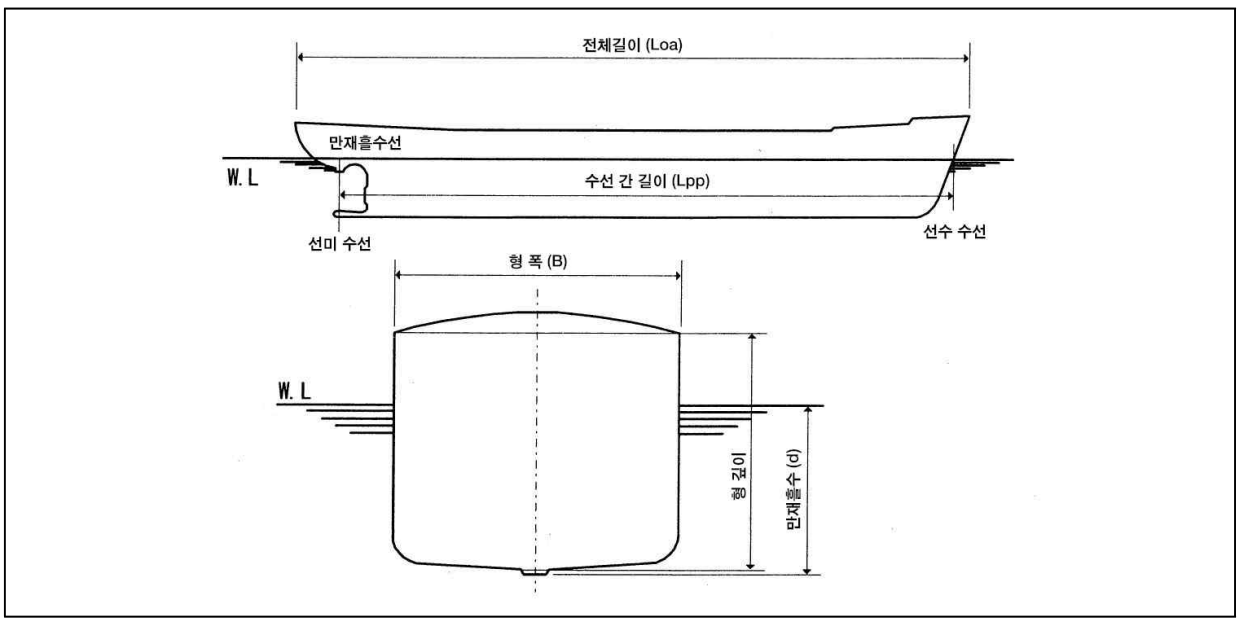
추천수로폭	바지수	바지규모		예선길이	예인선단	
		폭	길이		폭	길이
45	1	15.0	90.0	30.0	15.0	120.0
	2	10.5	58.5	30.0	10.5	147.0
60	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	7.8	52.5	30.0	23.4	82.5
67.5	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	10.5	58.5	*	21.0	117.0
	5	7.8	52.5	*	23.4	105.0
75	6	10.5	58.5	34.5	21.0	210.0
	10	7.8	52.5	*	23.4	210.0
	2	15.0	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 2.1-5) (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 2.1-2) **< 선박의 주요치수 >**

3) 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.

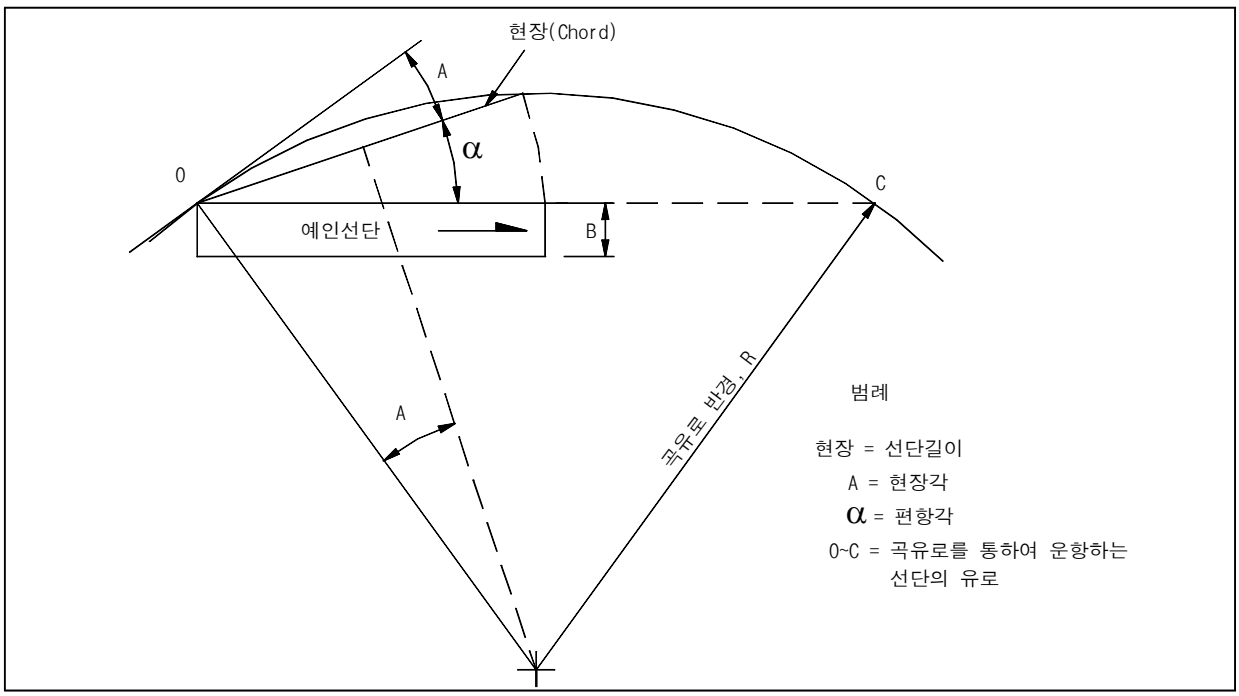
라. (곡선수로) 선형 설계기준

1) 곡류부에서는 직선구간 보다 상대적으로 넓은 수로폭을 필요로 하므로 편향각을 고려하여 수로폭을 결정한다. 이는 예인선단이 곡류부를 통과할 때 곡류부 접선에 대해서 예인선단의 중심축이 적당한 사각(斜角)을 이루어 운항을 해야 하기 때문이다. 이러한 각을 편향각(偏航角, drift angle 또는 deflection angle)이라 한다

2) 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.

3) 하류를 향한 편향차각이 상류를 향한 편향차각 보다 크므로 일방향 운항수로의 규모는 하류를 향한 운항에서 필요로 하는 수로폭을 기준으로 계획하여야 한다.

4) 예인선의 동력이 클수록 조정력이 크게 되기 때문에 편향차각이 줄어들 수 있어서 수로폭을 줄일 수 있다. 조정력이 큰 예인선(예로서 독립적으로 구동하는 스크류, 특수한 방향타 제어장치, 또는 추가적인 조타(操舵)장치를 가진 예인선 등) 역시 작은 수로폭을 필요로 한다.



(그림 2.1-3) **< 만곡수로에서의 편향각 >**

5) 곡류부에서의 편향차각과 수로폭을 결정하기 위한 세 가지 방법은 다음과 같다.

가) Bouwmeester의 공식

나) 미국육군공병단 수리시험소 공식

다) INSA 공식

6) Bouwmeester와 De Ruiter는 양방통행에 대한 설계수로폭을 다음과 같이 제시하였다.

$$W = 2(L\sin\alpha + B) + C$$

여기서, W는 수로폭, L은 선단길이, α는 편향각, B는 선폭, C는 바람직한 총 여유폭이다.

7) 미국육군공병단 수리시험소는 1970년대에 수행한 연구를 기초로 곡률반경이 350m에서 3,000m 사이의 곡류부에서 안전운항에 필요한 수로폭의 영향인자를 확정하였다.

(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, W는 수로폭(m), α_d는 하류로 향한 예인운항에서의 최대 편향각, α_u는 상류로 향한 예인운항에서의 최대 편향각, $L1,2$은 예인선단의 길이(m), $W_{1,2}$는 예인선단의 폭(m), C는 예인선단과 수로폭 사이의 여유폭(m), C_t는 교차하는 예인선단간의 여유폭(m)이다.

8) INSA(Inland Navigation Systems Analysis)의 수로폭 산정공식은 다음과 같다

$$W = 2a\frac{4R^2 - (L^2 + B^2)}{4R^2 - a^2}^{1/2} + 2C$$

여기서, R은 수로의 곡률반경, $a = L\sin\alpha + B\cos\alpha$이다.

편향각에 대한 경험식은 다음과 같다.

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{L}{2R - (L^2/2R + B)}$$

마. 교량 형하고

1) 최고수위(N.H.W.L) 검토

주운수로에서는 선박의 항행이 가능한 최대수심과 선박의 규모 및 수송특성을 고려하여 교량의 형하 높이가 결정되며, 여기서 최대수심은 운항최고수위시 수심을 말하며 치수적 관점에서 제한될 수 있다.

2) 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(2014, 해양수산부)' 을 참조한다.

< 콘테이너 수송 선박을 위한 교량 형하고 >

(표 2.1-6)

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.

2.1.4 주운수로 설계

가. 주운수심 및 유속

1) 최소수심

주운수로의 최소수심은 흘수심, 교통량, 조석, 물의 밀도, 여유수심을 감안하여 결정하며, 수량 확보가 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, 제한 단면과 일방향 통항일 경우 만재흘수의 1.3배 수심을 요구한다. 설계수심 D의 여러 요소의 함수로 결정시 다음과 같은 내용을 고려하여 결정한다.

$$D = f(\text{흘수심, 교통량, } squat\text{, 조석, 물의 밀도, 여유수심})$$

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.

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 '하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)' 의 관련 내용을 준용하며, 구조와 형식 결정은 '항만 및 어항 설계기준·해설 제2편 설계조건 2장 선박(2014, 해양수산부)' 에 제시되어 있는바 계획이 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 호안계획에 반영할 수 있다.

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 2.1-7)

허드슨 공식	반데미어 공식
$M=\frac{\rho_r \times H^3}{N_s^3 \times (S_r-1)^3}$ ($N_s^3 = K_D \cdot \cot\alpha$)	$M=\frac{\rho_r \times H^3}{N_s^3 \times (S_r-1)^3}$ ($N_s = \max(N_{spl}, N_{ssr})$

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 설계기준·해설(2014, 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 결정

1) 호안마루 높이는 하천기본계획의 계획홍수위와 '항만 및 어항 설계기준·해설(2014, 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) 하천을 이용한 주운수로의 경우 항주파에 의한 영향은 운항가능 최고수위(N.H.W.L)를 고려하여 결정한다.

2.1.5 주운갑문 설계

가. 갑문의 설치위치 선정

갑문은 주운댐 등에 의한 상·하류의 수위단차가 발생하거나, 하구둑의 경우 해수 유입을 차단할 경우로 설치목적이 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, 누수여건

2) 수리학적 측면 : 배수조건, 하상, 최저유량, 유량변동, 최고수위, 최저수위, 유사

나. 갑문의 규모와 형상

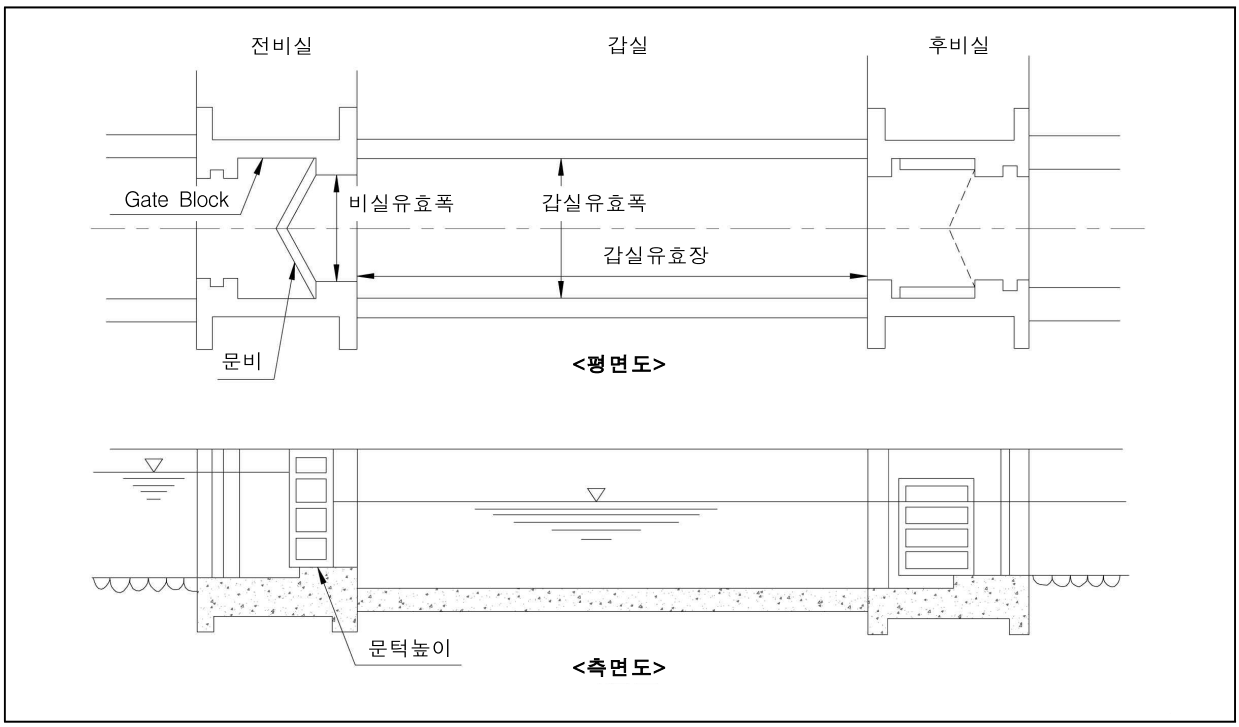
1) 갑문의 크기는 주운수로에 의한 예상 교통량과 형태에 대한 경제적인 분석, 예인장비의 형식, 수로의 수송밀도 및 선단규모에 따라서 갑문규모를 결정한다.

2) 갑실의 규모는 다음의 표준치수의 산정식에 따라서 적절히 설정하도록 한다. 이 경우에 다음 각호에 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 2.1-4) **< 갑문의 각부 명칭 >**

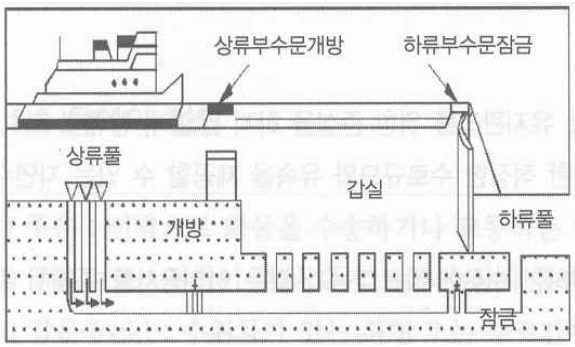
다. 갑문의 구조와 형식 결정

1) 갑문은 통선문으로도 불리며 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치한다.

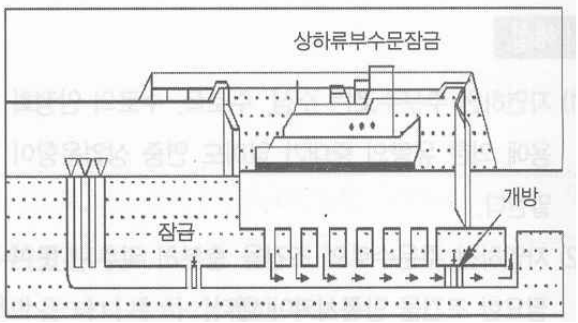
2) 갑문의 종류는 중력식 콘크리트 갑문, 건선거(乾船渠)철근콘크리트 갑문, 강널말뚝 갑문, 특수갑문 등이 있으며, 갑문 방식은 그 지역의 지반상태와 비용에 따라 결정한다. 범위는 하상유지시설에 의한 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지를 원칙으로 한다.

3) 갑문 시설(문비, 갑실, 취·배수장치, 유도제, 관리시설 등)의 구조와 형식 결정은 '항만 및 어항 설계기준·해설 제7편 외곽시설 제4장 갑문(2014, 해양수산부)'을 따른다.

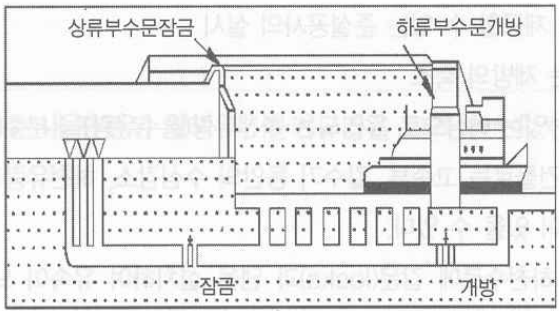
4) 주운갑문 관련 실시설계 등 세부 사항은 본 설계요령 '제5편 하천기타시설 - 제5장 하구시설' 및 '제3편 이수시설 - 제1장 보' 내용을 준용한다.



그림a : 상류풀 수위까지 물을 채운후 선단이 집입



그림b : 하류풀 수위까지 갑실수위를 저하시킴



그림c : 하류풀 수위까지 갑실수위를 저하시킨후 선단이 갑실을 떠남

(그림 2.1-5) **< 갑문의 구성과 운전방법 >**

라. 주운댐 필요시 관련 설계기준 인용

1) 설계의 수리적 규모결정 사항은 ‘하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)’, ‘댐설계기준 (2016. 국토교통부)’ 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

2) 주운댐 관련 실시설계 등 세부 사항은 본 설계요령 ‘제6편 구조 및 지반설계 - 제5장 하구시설’ 및 ‘제3편 이수시설 - 제1장 보’ 내용을 준용한다.

마. 계류 및 접안시설

1) 계류 및 접안시설의 설계는 ‘항만 및 어항 설계기준·해설(2014, 해양수산부) 제8편 계류시설’의 관련 규정에 따른다.

2) 소규모 여객시설 및 기타 부대시설의 설계는 ‘항만 및 어항 설계기준·해설(2014, 해양수산부) 제9편 기타항만시설’의 관련 규정에 따른다.

2.2 수량산출요령

2.2.1 수량산출내역

가. 수량산출내역

1) 주운 굴착 및 유지에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제1장 하상정리(하상퇴적토정비)'에 준한다.
2) 호안 계획에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제3장 호안'에 준한다.
3) 주운갑문 및 부대시설에 관한 수량산출내역은 '제6편 기타검토 제5장 하구시설'에 준한다.

나. 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.

2.3 단가산출 요령

1) 주운 굴착 및 유지에 관한 단가산출기준은 '제2편 치수시설 제1장 하상정리(하상퇴적토정비)'에 준한다.
2) 호안 계획에 관한 단가산출기준은 '제2편 치수시설 제3장 호안'에 준한다.
3) 주운갑문 및 부대시설에 관한 단가산출기준은 '제6편 기타검토 제5장 하구시설'에 준한다.

CONTENTS

제4편 하천환경시설

제4편 하천환경시설

1.1 설계요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

1) 여울 : 폭기작용을 통하여 용존산소량을 증가시키고 유속이 빠른 구간에 정착되는 부착조류 등으로 특정 수생식물의 먹이를 제공하며, 하상안정에도 기여하는 시설
2) 웅덩이 : 유속이 느려 부유물 및 오염물의 침전작용, 흡착작용 및 산화분해작용을 기대할 수 있으며, 각종 영양물질과 부착조류 등이 풍부하고, 수서곤충류, 어류등 수생생물의 서식처를 제공하며, 홍수시에는 피난처를 제공하는 공간
3) 수질정화 : 자연하천이 가지는 정화능력을 물리적, 화학적, 생물학적 등 인위적 방법을 이용하여 단위시간당 혹은 단위유량당 물질전환속도를 촉진시키는 것

나. 적용범위

본 장은 하천환경 및 친수시설 설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 90 10, 51 90 15)(2016, 국토교통부)
3) 조경설계기준(2013, 한국조경학회)
4) 하천점용허가 세부기준(2014, 국토교통부)
5) 하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준(2007, 건설교통부)

라. 설계일반사항

1) 하천의 자연성을 확보하는 현 지형의 인위적 훼손을 최소화 하여야 한다.
2) 먹이사슬 등 생물종의 생태적 지위를 고려한 서식환경을 확보하여야 한다.
3) 다양한 생태적 공간 기능을 부여할 수 있도록 표준단면 형식은 지양하여야 한다.
4) 현지 자생 식물 종 중 다년생 식물재를 활용한 기법과 식물의 자생을 유도하는 기법을 적용하여야 한다.
5) 해당구간 및 상·하류의 서식구조를 반영하여 적정한 서식처를 조성하여야 한다.
6) 수리특성을 고려한 하천 구간별 환경정비를 하여야 한다.
7) 불필요한 인간의 친수적 활동 등 위락적 이용 공간 조성은 최소화 하여야 한다.

마. 참고문헌

1) 도로안전시설 설치 및 관리지침(2014, 국토교통부)
2) 보도 설치 및 관리지침(2011, 국토해양부)
3) 생태하천복원사업 기술지침서(2011, 환경부・한국환경공단)
4) 생태통로 설치 및 관리지침(2010, 환경부)
5) 생태하천 조성계획 설계요령(2009, 국토해양부)
6) 자연친화적 하천관리에 관한 통합지침(2009, 국토해양부)
7) 자전거이용시설 설치 및 관리지침(2016, 행정자치부・국토교통부)
8) 하천복원 통합매뉴얼(2011, 국토해양부)
9) 하천친수시설 가이드라인(2012, 국토해양부)

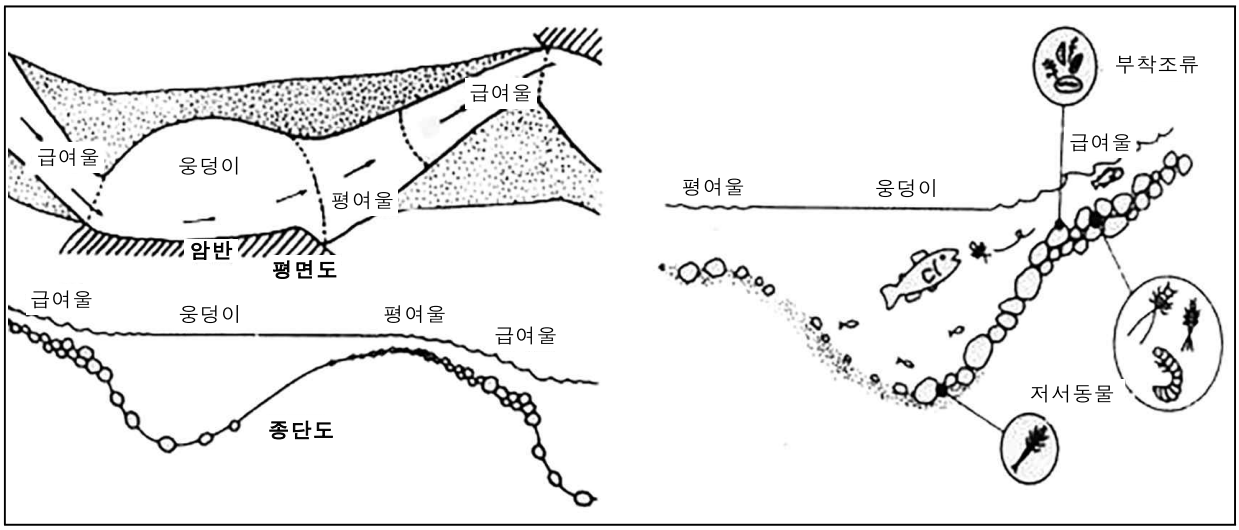
1.2 하천생태시설

1.2.1 생물서식처

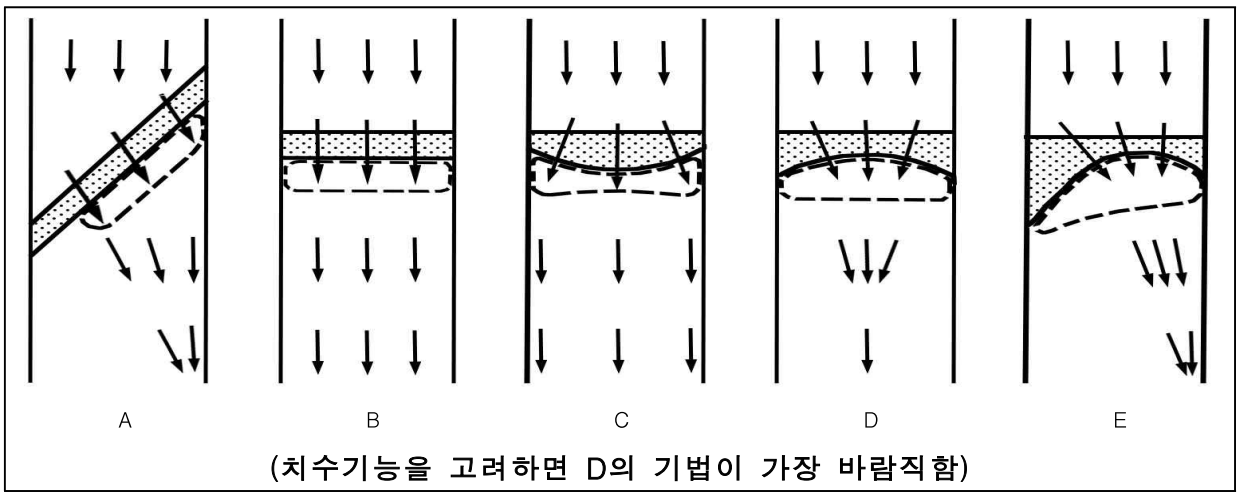
생태서식처는 여울 및 웅덩이, 하중주, 수생태 기능공간, 횃대, 하천식재 등으로 하천공간에서 생물서식환경과 관련되는 시설물, 공간 등을 통합적으로 의미한다.

가. 여울 및 웅덩이

1) 하천설계시 저수로 등 하천공간에 자연적으로 형성된 여울과 웅덩이의 경우 인위적인 훼손, 변형을 유도하는 설계를 지양하고 가급적 원형보전 되도록 설계 방안을 수립한다.
2) 여울에는 어류의 먹이가 되는 곤충, 부착조류 등이 못이나 웅덩이보다 많이 존재하고, 폭기에 의한 수질정화역할과 수중생물의 산소공급 등 유효한 기능을 갖으며 어류의 산란처 역할을 한다.
3) 취수보 또는 낙차공, 여울 등에 의해 하류에 발생하는 웅덩이는 구조물의 설치방향 및 방법에 따라 수류의 집중현상이 달라지며 이에 따라 웅덩이의 형상이 결정된다.
4) 해당 하천의 생물 서식현황에 따라 서식하는 수생생물의 서식환경 요소의 적용 가능성 여부를 검토하여 다양한 흐름을 유도하고, 생태적 다양성이 확보되도록 설치위치, 설치 규모등을 결정한다.
5) 해당구간의 하도특성인 하천 미지형(微地形)과 수리수문, 하상경사, 유량, 유속 등 유체학적 특성이 고려되어야 한다.
6) 자연형 여울과 웅덩이의 평면 설계에서 필요한 설계인자는 하폭, 여울 사이의 간격, 사행파장, 하도의 곡률 등이다.
7) 기본이 되는 설계인자는 하폭을 기준으로 하며, 하폭은 여울 사이의 간격, 사행파장 등을 결정하는 기본 변수이다.



(그림 1.2-1) **< 하천 흐름에 따른 여울과 웅덩이 >** (그림 1.2-2) **< 여울 · 웅덩이 먹이기능 >**

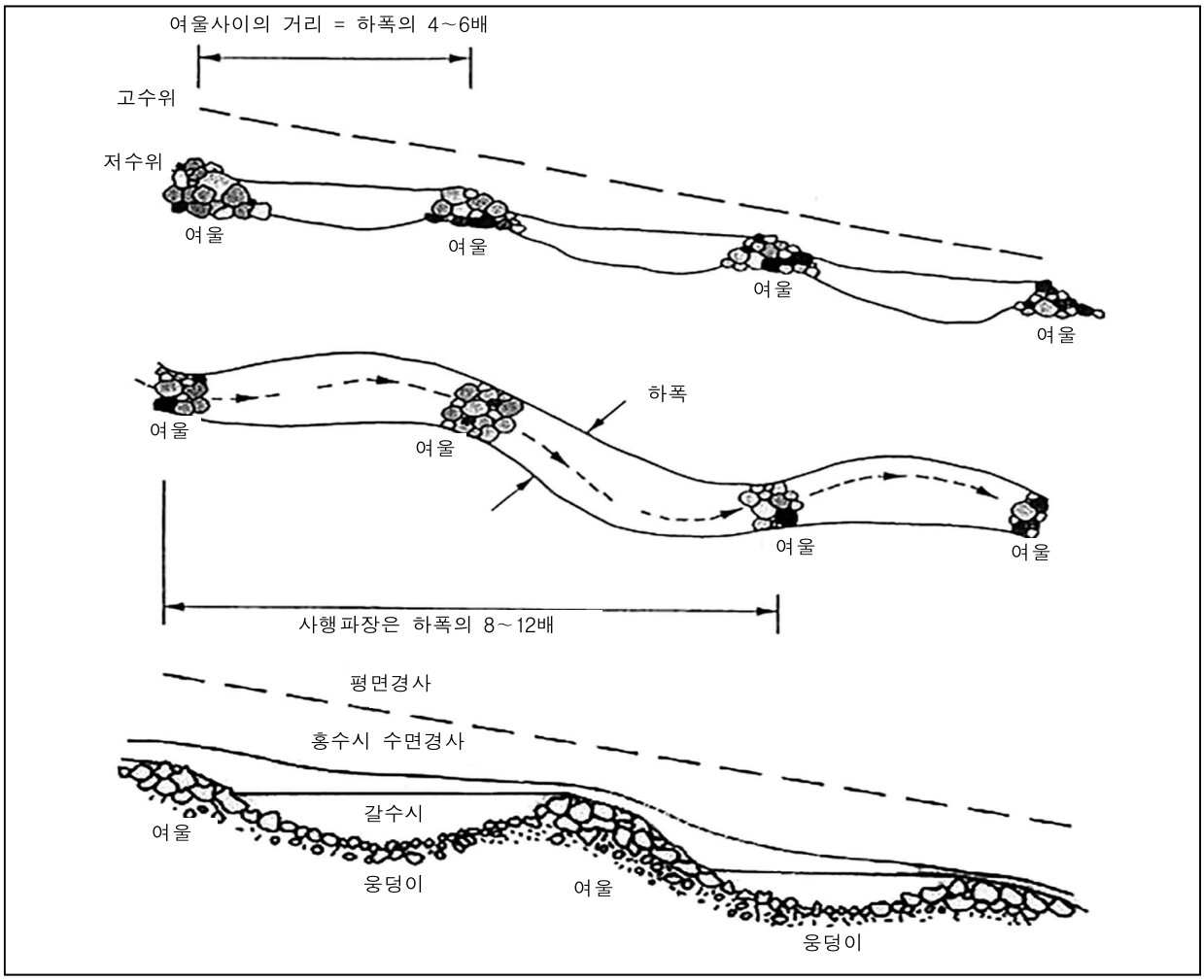


(그림 1.2-3) **< 여울 평면형에 따른 웅덩이 발생 특성 >**

8) 하천의 하상재료와 지형학적 특성에 따라 다르지만 대체적으로 여울 사이의 간격은 하폭의 4~6배 정도이며, 사행 파장은 8~12배 정도이다.

9) 설계시 하폭과 여울사이의 간격, 사행 파장을 결정할 때는 반드시 현장조사를 실시하여야 하며, 설계 대상이 되는 하상경사, 하상재료, 유역면적, 주변 구조물 등을 고려하여 적절히 조정되어야 한다.

10) 인위적으로 하도의 곡률을 조정할 경우에는 일반적으로 자연하천의 경우 곡률반경/하폭 = 2~3이 가장 적당한 것으로 알려져 있다.



(그림 1.2-4) **< 여울과 소[웅덩이]의 종단 및 평면 구조 >**

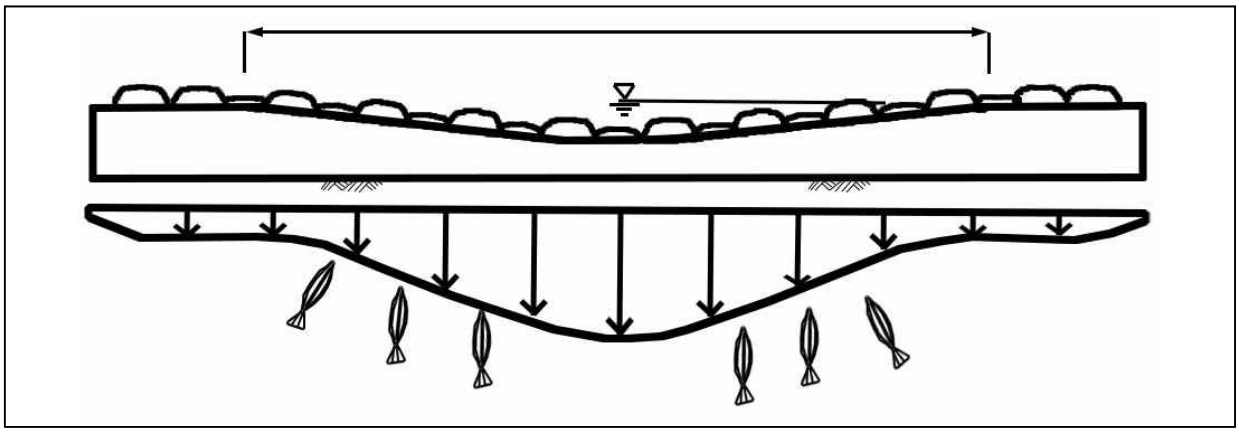
11) 여울과 웅덩이의 구조는 시간 및 공간에 따라 주기적으로 퇴적과 침식을 반복되게 하므로, 현장조사시 침식과 퇴적 흔적과 대략적인 사행특성을 파악하고, 이를 통해 제시된 기준 내에서 조정과정을 거쳐 해당 하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면계획을 한다.

12) 자연형 여울의 형상 설계에서 중요한 변수인 여울의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하천의 경사, 저수시의 웅덩이 수심 등에 따라 결정한다.

13) 여울에 적용하는 돌의 규모는 해당구간에 대한 수리검토를 시행하여 그 결과에 따라 소류력에 견딜 수 있는 규모로 한다.

14) 시설물 조성후 여울과 웅덩이 구조가 유지 가능하도록 수리검토를 실시하고, 그 결과를 설계에 반영하여야 한다.

15) 하폭이 좁아 별도의 어도를 설치하지 않는 경우 수위에 따라 흐름이 발생할 수 있도록 횡단적 포물선형 여울을 설치할 수 있다.



(그림 1.2-5) **< 포물선형 여울 횡단면 예시 >**

16) 그 외 사항은 하천설계기준의 여울과 웅덩이 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 육역(陸域)으로 하도 생물통로의 수심확보 및 조류, 포유류, 곤충 등의 서식에 있어 간섭이 적은 안전한 서식장소 역할을 한다.

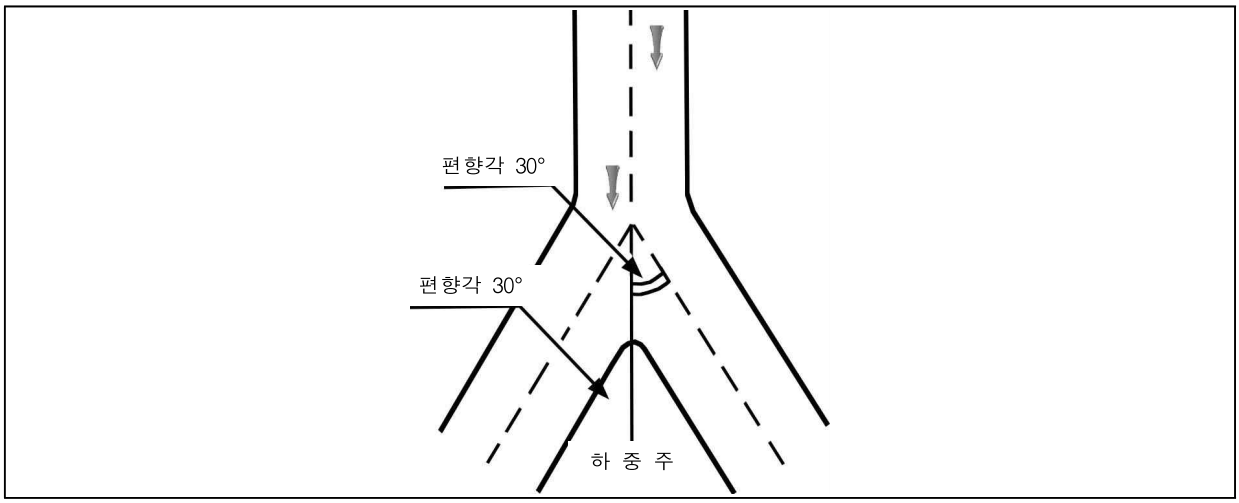
3) 하중주는 자연하천에서는 다년간 퇴적되어 변하지 않는 곳에 위치하는 것이 가장 바람직하며, 인공적으로 조성되는 하중주는 과거의 하천지형의 복원을 우선적으로 고려하고 하도특성 분석 또는 수리실험 등의 절차를 통하거나 토공사 완료 후 홍수기를 모니터링하여 변화된 지형을 고려하여 조정하는 등 신중한 위치와 형상결정이 요구된다.

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 고수부지의 평균높이를 기준으로 설계할 수 있다.

6) 하중주의 호안 설계시 수역과 육역을 연결하는 추이대 부분이 단절되지 않도록 식물등을 사용하고, 수충부가 형성되는 상류 쪽은 소류력을 고려하여 호안의 유실 및 기초부의 세굴을 방지할 수 있는 호안재료 및 공법을 선택한다.

7) 하중주 설치 시 호안에 식재된 수생식물이나 추수식물의 확장에 의해 수로 부분이 퇴적되어 육지와 연결되지 않도록 식물의 생육범위를 고려하여 수로의 폭과 수심을 결정하며, 분류점에서의 편향각은 수로 매몰을 예방할 수 있도록 현장 여건에 따라 수리검토를 시행하여 설계한다.



(그림 1.2-6) **< 하중주 분류점 편향각 예시 >**

다. 수생태 기능 공간

1) 일반사항

가) 수생태 기능 공간은 수충부, 추이대의 기능을 복합적으로 갖추고 있는 다공질(多空質) 공간이며, 다양한 실개천, 웅덩이, 둔덕이 반복하여 형성되는 지형이다.

나) 수생태 기능 공간은 대부분 정화식물을 비롯하여 대형수생식물, 일년생 식물까지 다양한 식물군락이 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) 하천공간에 자연적으로 형성된 수생태기능공간은 가급적 원형보전 하도록 하고, 인위적인 훼손 또는 변형을 지양한다.

2) 수생태 기능 공간 설계

가) 수생태기능 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 하천 미지형(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) 수생태기능 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 수생태시설을 도입할 수 있다.

자) 수로형 수생태기능 공간은 생물 서식특성에 따라 서식(피난, 은신, 산란 등)할 수 있도록 조성할 수 있다.

차) 수로형 수생태기능 공간은 본류 하도와 연하여 설치하므로 본류의 계획하상 표고와 근접하도록 하여 갈수시에 대비하여야 하며, 경사는 완경사를 유지할 수 있다.

(그림 1.2-7) **< 수생태시설 조성 전·후 비교 >**

카) 수생태기능공간의 세부 설계시 생물서식처의 기능을 기본으로 하고 생태학습장 등 친수기능을 추가할 수 있다.

라. 횃대

1) 조류의 종류 및 생태환경에 따라 재료 및 형태를 조화롭게 설치 계획하는 것이 바람직하다.

2) 횃대는 경관용으로도 적용되나 가급적 일정거리인 조류경계거리(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, 유수력에 견디도록 견고하게 설치한다.

(그림 1.2-8) **< 횃대 예시 >**

마. 하천 식재

1) 일반사항

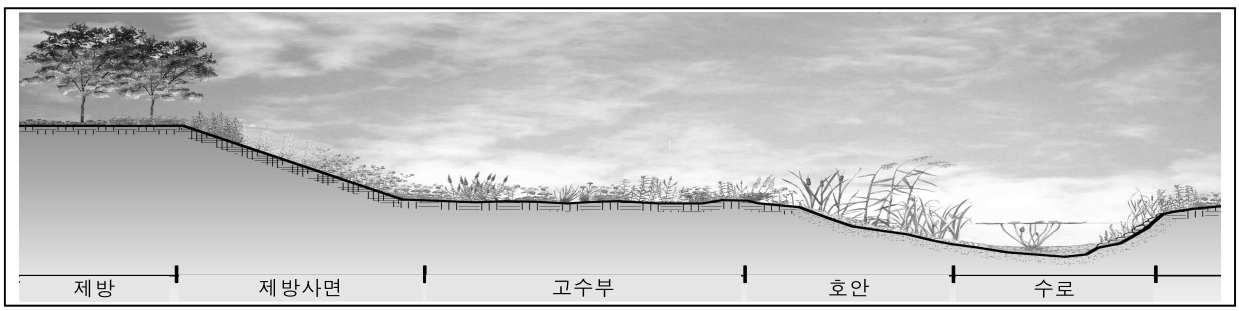
가) 하천에서의 식재는 하천 기반 환경 조성을 통한 자연 발생을 기본 원칙으로 하여, 수로와의 거리, 침수기간, 수위변동 등과 같은 수환경 변화에 따라 식물종, 식재 시기, 식재 위치 등을 결정한다.

나) 식재는 가급적 자생을 유도하는 기법을 위주로 유해식물 관리에 의한 효율적이고 경제적인 방법을 적용하고, 불가피한 경우에 그 하천 생태 특성에 맞는 식재를 적용한다.

2) 도입 식재 수종

가) 해당 하천 지역 특성에 맞는 자생 식물 적용을 원칙으로 한다.

나) 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 1.2-9) **< 하천의 식재 위치 구분 >**

(1) 제방부 및 제방사면

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 안전성을 위해 초본류 위주로 녹화하는 것이 바람직하다.

(2) 고수부

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

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.

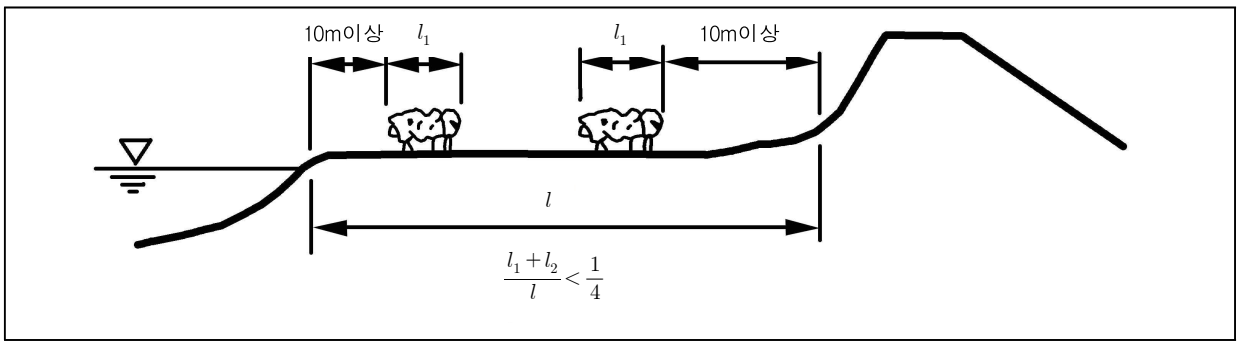
- 교목(喬木, tree) : 대부분 하나의 곧은 줄기가 있으며, 다 자란 후의 높이가 보통 3m 이상임.
- 관목(灌木, shrub) : 대부분 여러 개의 줄기가 밑에서 갈라져 나오며, 다 자란 후의 높이가 보통 3m 미만임.

나) 하천에서 수목의 식재는 공익목적에 한하되 가능한 한 치수에 지장이 없도록 하고, 다음에 해당하는 구역에서는 수목 식재를 하지 않는 것을 원칙으로 한다.

- 제방에 위험을 미칠 우려가 있는 구역 : 수목을 식재함으로써 수위가 상승하거나 유속이 변하여 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

다) 수리계산이 필요 없는 고수부지의 키 작은 수목 식재

- 제방 앞비탈기슭 및 저수로 법선에서 10m 이상 이격시킬 것
- 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 할 것.

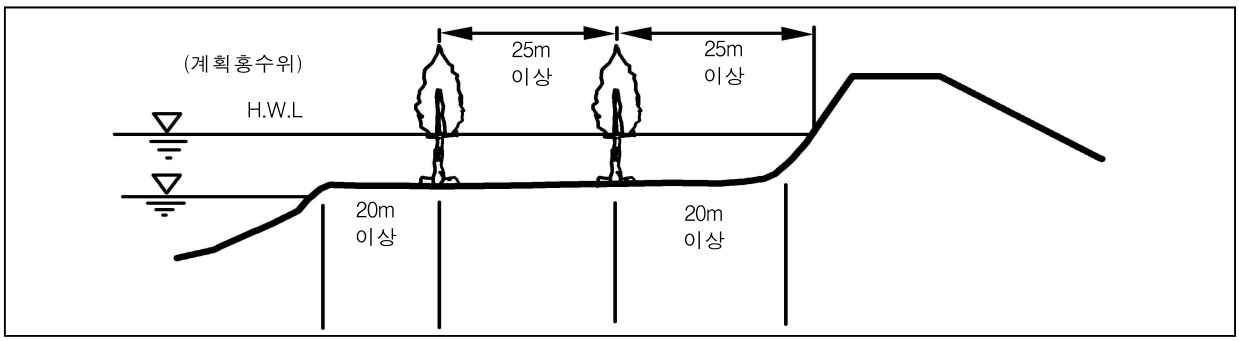


(그림 1.2-10) **< 고수부지에 키 작은 나무심기 >**

라) 수리계산이 필요 없는 고수부지의 키 큰 수목 식재

- 제방의 앞비탈기슭 및 저수로 법선에서 20m 이상과 제방 앞비탈면과 계획홍수위가 접하는 선에서 25m 이상 이격시킬 것
- 계획홍수량이 Q ㎥/s일 때 하천 횡방향의 수목간격은 다음 산식에 의해 산출된 간격 이상을 유지할 것. 다만 수목 간격이 50m를 넘는 경우에는 50m로 하며, 그 간격 이하에서는 홍수 시 유선을 따르는 선상으로 수목을 식재할 수 있음
- 하천의 횡방향 수목간격(m) = 20 + 0.005Q

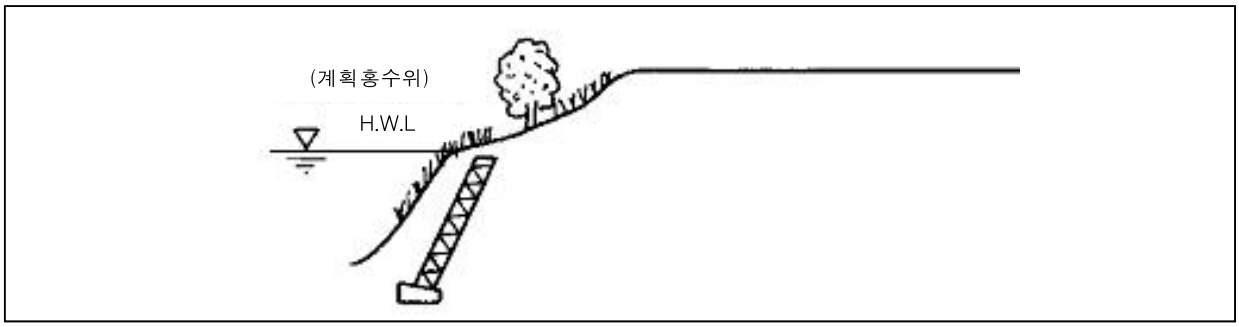
- 수목의 식재는 홍수의 흐름 중 흐름방향의 투영 면적이 적은 수종을 선택하고 내풍성·내습성 수목으로 할 것



(그림 1.2-11) **< 고수부지에 키 큰 나무심기 >**

마) 수리계산이 필요 없는 제방 비탈면 키 작은 수목 식재

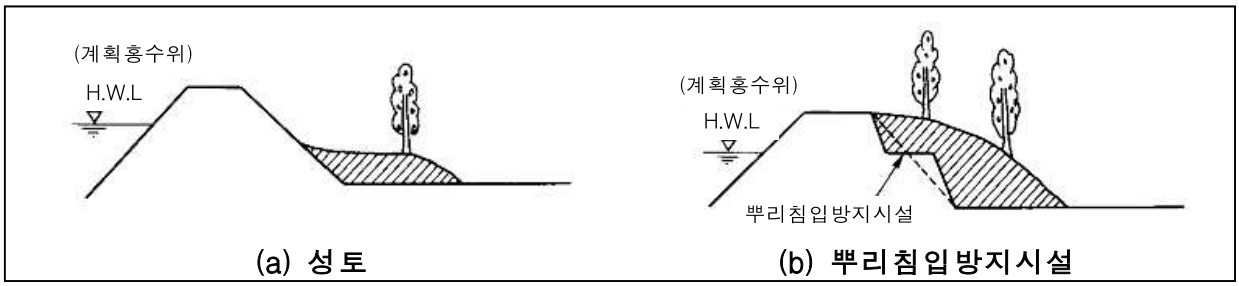
- 완경사 제방 앞비탈(하안을 포함한다)에서 수목의 식재는 자연형 호안의 일환 또는 자연재 및 선재를 이용한 비탈덮기(은제호안)인 경우에 한할 것
- 완경사 제방이 아닌 곳에서 수목의 식재는 앞비탈면의 경우 계획홍수위 이상인 비탈면에 한하며, 뒷비탈면인 경우에는 접근도로, 부체도로 등의 안전시설과 계획홍수위 이상인 비탈면에 한할 것
- 비탈면에는 수목의 뿌리가 제체에 침입하지 않도록 토목섬유 등을 깔은 다음 수목을 식재할 것



(그림 1.2-12) **< 비탈면에 키 작은 나무심기 >**

바) 수리계산이 필요 없는 제방측단 수목 식재

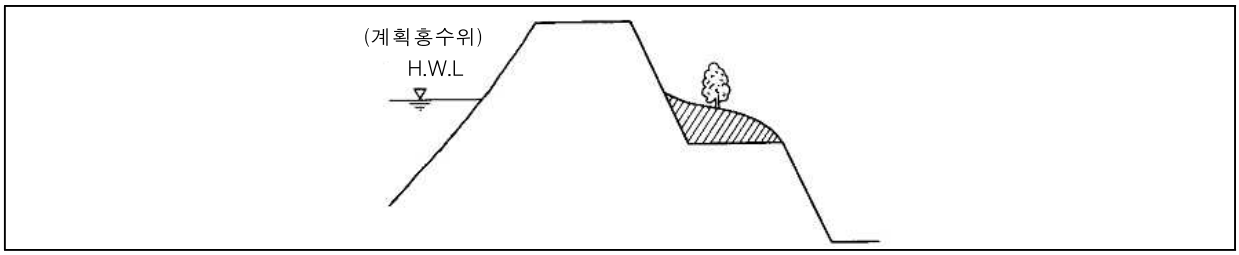
- 수목의 식재 위치는 누수발생의 우려가 없는 등 제방 보전에 지장이 없는 구간에 한할 것
- 수목의 가지, 뿌리 등이 배후 사유지, 도로 등 다른 시설물의 경계를 침해하지 않도록 할 것
- 안정측단에는 키 작은 수목을 심을 것
- 측단에 키 큰 수목을 심을 경우에는 수목의 뿌리가 성목시에도 계획제방의 제체에 침입하지 않도록 할 것
- 비상용 토사의 비축을 위한 비상측단에는 수목을 식재하지 않을 것
- 측단의 성토부분에는 잔디깔기 등의 비탈면 보호공을 설치할 것



(그림 1.2-13) **< 제방측단에 나무심기 >**

바) 수리계산이 필요 없는 제방 뒷턱 수목 식재

- 수목의 식재 위치는 누수발생의 우려가 없는 등 제방의 보전에 지장이 없는 구간에 한할 것
- 수목의 가지, 뿌리 등이 배후 사유지, 도로 등 다른 시설물의 경계를 침해하지 않도록 할 것
- 수목의 뿌리가 제방 내로 들어가지 않도록 성토를 하며, 필요에 따라서 뿌리 침입방지시설을 설치할 것. 이 경우 성토 또는 심은 수목이 수방활동에 지장이 없도록 유의하고 또 성토에 의하여 제방이 파괴되지 않도록 안정성을 확보할 것
- 성토부분에는 잔디깔기 등의 비탈면 보호공을 설치할 것



(그림 1.2-14) **< 제방 뒷턱에 나무심기 >**

사) 기타 하천에서의 수목 식재는 '하천점용허가 세부기준', '하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준'을 준용한다.

4) 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 아래표를 참고하여 식재식물의 활용성, 식재위치, 식재방법 등을 골려하여 도입 식물종을 단독 또는 복합 식재계획을 수립할 수 있다.

< 수생식물의 생태적 특성(1) >

(표 1.2-1)

과명	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	증요종	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
벼과	갈대	*Phragmites commumis* Trin.	1.0-3.0	8-10		대형				지하경이 발달하여, 대군락을 만든다.	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	
	줄	*Zizania latifolia* Turcz	1.0-2.0	8-10		대형				根莖은 크고 횡으로는 뻗어서 군생한다.	○	○	○	○	○	○		○			○	○			
	수크령	*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng	0.3-0.8	8-11	제방					마른 장소의 길가에 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. 根莖은 희고, 땅속을 길게 뻗는다.	○	○			○	○		○					○	○	

< 수생식물의 생태적 특성(2) >

(표 1.2-1) 계 속

과명	식물명	학명	높이(m)	꽃피는 시기(월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	중요종	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
벼과	물억새	*Miscanthus sachariflorus* BENTHAM	1.0-2.5	9-10	제방고수부지					조금 습한 토지에 자란다. 참억새와 유사하지만 한 줄기에서 갈라나오지 않고 1개씩 줄기를 세워 큰 군락을 만든다.	○	○	○	○	○			○					○	○	
	참억새	*Miscanthus sinensis* Andersi	1.0-1.5	7-10	제방					마른 장소에 자란다. 큰 줄기로 되어있고 다수의 줄기를 낸다.	○	○	○		○			○					○	○	
	새	*arundinella hirta* Tomaka	1.0-1.2	8-10	제방					들판에 자란다. 줄기는 직립이고, 가늘고 딱딱하며 잎과 같은 털이 있다.	○	○			○			○					○	○	
	그령	*Eragrostis ferruginea* (Thunberg) p,Bearw.	0.3-0.8	8-10	제방					뿌리에서 많은 잎과 花莖이 총생한다. 길가나 제방 등에 자란다. 총생하고 줄기로 되어 뿌리 힘이 강하다. 잎과 줄기도 딱닥하고 강하다.	○	○			○			○					○	○	
	솔새	*Themeda triandra*	1.0-1.5	9-10	제방					들판, 산지에 자란다. 줄기는 총생하고 포기로 된다. 줄기는 폭이 좁고, 갈색을 띈다.	○				○			○					○	○	

< 수생식물의 생태적 특성[3] >

(표 1.2-1)

과명	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	중요종	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
부들과	큰부들	*Typha latifolia* Lime	1.0-2.0	6-8		대				根莖이 발달하고, 큰 군락을 만든다. 오탁에도 강하다.			○		○	○					○	○			
	애기부들	*Typha angustata* Bory et Chaub	1.5-2.5	7-8		대				根莖이 발달하고 큰 군락을 만든다.	○	○	○	○	○	○					○	○			
	부들	*Typha orientalis* Presl	1.0-1.5	7-8		중				부들, 애기부들에 비해 작은 형의 추수식물, 根莖이 발달하여 군락을 만든다.					○	○					○	○			
흑삼릉과	흑삼릉	*Sparganium stoloniferum* Hamilton	0.5-1.0	6-9		중				땅속줄기를 가지고 소형군락을 만든다. 달걀을 거꾸로 세운모양의 열매가 된다.	○	○	○	○	○						○	○			
사초과	송이고랭이	*Scirpus trongulatus* Royo	1.0정도	8-10		중				모여 자라고, 큰 포기를 만든다.	○		○		○				○		○	○			
	세모고랭이	*Scirpus triqueter* Linne	0.5-1.0	7-10		중				줄기는 單生한다. 根莖은 크고 길며, 땅속을 뻗어간다.	○		○		○				○		○	○			
	삿갓사초	*Carex amplifolia*	0.8정도	4-7		중				지하경은 횡으로 뻗고 줄기는 다수 나오고 포기로 된다.					○				○		○	○			
	매자기	*Scirpus fluviatilis* (Torr.) A. Gray	1.0-1.5	7-10		소				根莖은 길고 말단에 괴경을 만든다.		○	○		○				○		○	○			
마디풀과	흰꽃여뀌	*Polygonum japonicum* Meisn	0.3-0.8	8-11	수로					지하경은 길고, 군락을 만든다.		○						○	○		○	○	○	○	
	꽃여뀌	*Polygonum conspicum*	0.5-0.7	9-10	수로					근경은 땅속에 길게 뻗고, 가지를 나누어 증식한다.		○						○	○		○	○	○	○	

< 수생식물의 생태적 특성(4) >

(표 1.2-1)

과명	식물명	학명	높이 (m)	꽃피는 시기 (월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	중요종	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
물옥잠과	물옥잠	*Monochria korsakowii* Regal. et Maarrk	0.2-0.3	8-10	소					일년생 수생식물.		○							○		○				
	부레옥잠	*Eichhornia crassipea* Sorm-Lanb	0.3	7-9					○	일년생 수생식물.		○							○		○				
자라풀과	자라풀	*Hydrocharis dabia*(BL) Backer	0.1-0.2	8-10			○			다년생초본, 우표늪지 특산종.			○						○		○				
부처꽃과	부처꽃	*Lythrum amceps* (Koehne) Nakino	0.5-1.0	7-8	○					다년생초본, 냇가, 저습지, 호수가에서 자생. 홍자색꽃이 아름다움.															
천남성과	창포	*Acorus calarmus*	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 옆으로 뻗는다.	○		○		○						○	○			
붓꽃과	노랑꽃창포	*Iris pseudacorus*	0.6-1.0	5-6		중				땅속줄기를 가지고, 군락을 만든다.			○		○				○		○	○			
콩과	비수리	*Lespedeza cuneata*	0.3-1.0	8-10	제방					볕이 좋은 하원이나 제방에 자란다. 근계의 발달이 좋고 강하다.		○							○				○	○	
국화과	사철쑥	*Artemisia capillaris*	0.5-3.0	9-10	제방					마른 하안이나 제방에 자란다. 지하경이 번성하고, 근계의 발달이 좋다.	○							○					○	○	
	금불초	*Incila britanica* var *chinensis* Regal	0.5	7-9	○					내한성, 내건성이 강하며, 볕이 잘 드는 양지에서 자란다.		○	○		○				○				○	○	
	쑥부쟁이	*Aster xomona* Makino	0.5-1.0	9-10	수변					제방 등에 잘자라며 지하경이 번성하고 근계발달도 좋고 꽃도 아름답다.		○	○					○	○				○	○	

< 수생식물의 생태적 특성[5] >

(표 1.2-1)

과명	식물명	학명	높이(m)	꽃피는 시기(월)	수생식물분류					생태적 특성	활용				식재방법						식재위치				비고
					수변	추수	부엽	침수	부유		호안	생태	경관	중요종	포기심기	지하경	줄기	종자살포	모종	꺾꽂이	수중	수제	고수부지	제방	
버드나무과	갯버들 개키버들	*Salix gracillistyla*	0.5-3.0	3-4	관목 관목					하안이나 산기슭에 자란다. 총생하는 유연한 가지와 긴밀한 근계가 발달하여 군락을 만든다.	○									○			○	○	
	왕버들	*Salix glandlosa* Seesm	0.5-3.0	8-9	교목					수중에서도 성장하는 교목이다.			○							○	○	○			
가지과	구기자나무	*Lycium chinense*	1.0-2.0	8-9	관목					들판이나 하안에 자란다. 생장이 빠르고 총생한다.		○							○	○	○		○	○	
수련과	연	*Nelumbo nucifera* Gaertner	1-1.5	7-8			○			다년생초본.			○								○				
	수련	*Nymphaea tetragana* Georgi	1-1.5	6-8			○			다년생초본. 연못이나 공원의 못 등에 관상용.			○								○				
	가시연	*Euryale ferox* Salisb.	1-2.0	7-8			○			1년생초본. 소택지, 평야지의 늪지에 자생하는 수생식물.			○								○				
용담과	어리연꽃	*Nymphoides indica* (Linne) O. Kuntze	1	7-8			○			다년생초본. 늪지, 호숫가, 강가에 자생하는 수생식물.		○	○								○				
택사과	보플	*Sagittaria aginashi* Makino	0.8	7-9		소				다년생초본. 유독성식물. 소택지, 논의 도랑가에 자생.		○							○		○				
	벗플	*Sagittaria trifolia* Linne	0.7	8-10		중				다년생초본. 유독성식물. 늪지, 소택지, 도랑가의 물에서 자생.		○							○		○				
	택사	*Alisma canaliculatum* All. Br. et Bouche	1.3	7		소				다년생초본. 유독성식물. 소택지, 논 등에서 자생.		○							○		○				

사) 하천내 수목 식재계획을 수립할 경우 아래 표를 참고하여 우선수종과 보조수종을 식재위치를 고려하여 식재계획을 수립할 수 있다.

< 항주파 관련 공식 >

(표 2.1-7)

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				

5) 수림대 수변식물군락 조성

수림대 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.

가) 수변식물 군락의 특성

수변식물 군락 식재설계시 각 군락별 물리적, 경관적, 수환경 및 생태환경적 측면을 다음 표를 참고하여 설계에 적용할 수 있다.

< 수변식물 군락의 특성 >

식물군락 / 기 능	수변림	습지식생 군락	추수식물 군락	부엽식물 군락	침수식물 군락
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.

나) 조성기법

- 가급적 기존의 수림 및 수풀군락을 보전한다.
- 기존의 수림대와 생태적으로 연계되는 수종을 선택한다.
- 폐천부지 또는 유휴지를 적극 활용한다.
- 천변의 습한 부분은 수풀군락, 제방부지 및 인근 토지를 확보한다.
- 기존 저습지의 건지부분은 수림대로 활용한다.
- 본류 및 지류가 상호 단절되지 않도록 구성되어야 한다.
- 생물의 은폐장소가 필요한 부분에 조성한다.
- 주변택지 및 도로의 경계부에 조성한다.
- 하천의 친수기능과 연계시킨다.

다) 야생조류에 좋은 식물

하천공간에 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 1.2-4)

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

바. 폐천 및 구하도 복원

1) 일반사항

가) 폐천 및 구하도(abandoned channel)는 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.

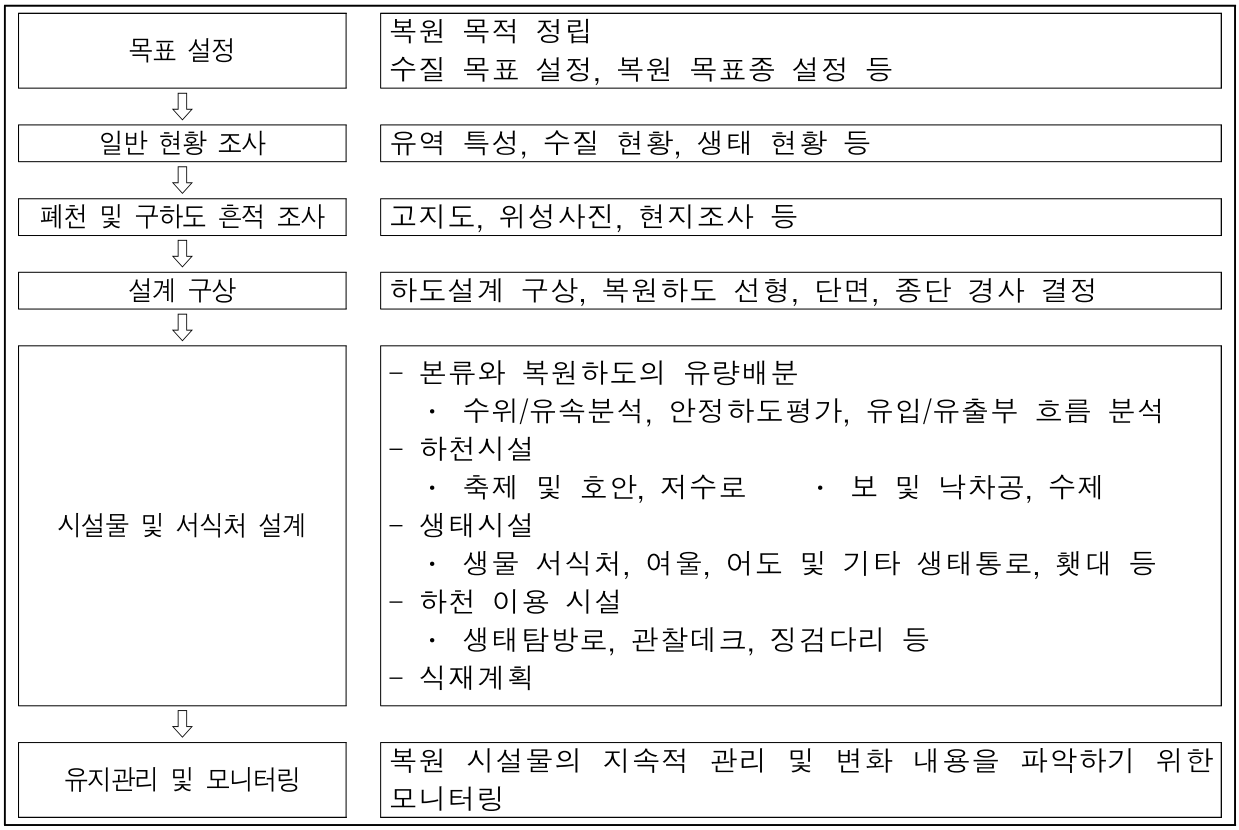
< 폐천 · 구하도 복원 방향 >

(표 1.2-5)

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 1.2-15) **< 폐천 · 구하도 복원 설계 흐름도 >**

사. 수제

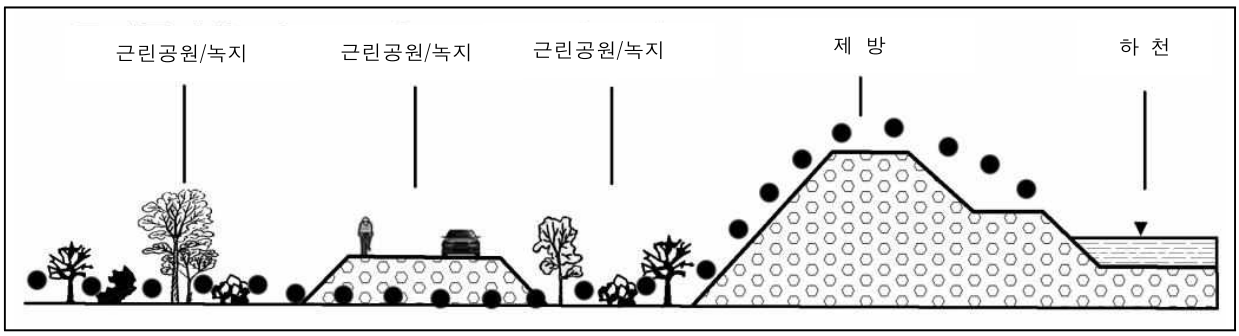
1) 수제는 하안의 침식 및 호안의 파손방지, 저수로 법선형의 수정 및 유로의 고정, 수심 확보, 유량 확보 등을 목적으로 설치하는 시설물이다.
2) 또한 수제는 시설물이 설치됨에 따라 그 주변에 여울과 웅덩이가 교차되어 있기 때문에 다양한 생태환경 및 경관개선을 제공함으로써 생태환경 및 친수환경 시설의 기능도 한다.
3) 수제 설치 시 웅덩이 형성, 토사퇴적에 따른 수생식물 활착, 수생생물 서식 공간(은신처, 산란처 제공 등)이 형성되도록 설계한다.
4) 수제 주변에 토사가 세굴 또는 퇴적되어 형성되는 다양한 형태의 하안은 생태계의 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 치수시설의 제4장 수제' 편에 상세히 수록하였으므로 해당 내용을 참고하도록 한다.

1.2.2 하천생태통로

가. 하천 횡방향 생태통로

1) 횡방향 생태통로는 하천사업 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) 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.
3) 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.
4) 생태통로의 설계에서는 주변 지역의 환경 조건을 충분히 고려하여 서식환경이 연결될 수 있도록 한다.
5) 생태통로의 설계에는 조성 지역과 관련된 다른 계획 혹은 상위 계획과의 연계성을 검토해야 하며, 특히 생태통로 주변의 토지이용을 고려하여야 한다.

6) 콘크리트호안, 제방포장, 급경사부, 단절된 구조물(수로) 등은 동물이동에 악영향을 초래하므로 이를 극복할 수 있도록 배려할 필요가 있다.



(그림 1.2-16) **< 야생동물 이동동선 사례(생태이동로 연결 개념) >**

나. 수로 횡단시설 및 탈출시설

1) 설치 위치는 수로, 측구, 각종 콘크리트 수로관, 용·배수로 등이 주요 대상이 된다.

2) 대상 동물은 양서류와 파충류 및 소형 포유동물 등이 주요 대상이 된다.

3) 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.

4) 소형동물(소형 포유류, 양서류, 파충류)이 측구, 배수로, 농수로 등에 빠질 경우에 대비해 경사로 등을 설치하여 탈출을 도와주는 시설을 설치할 수 있다.

5) 규모, 재질 및 기법

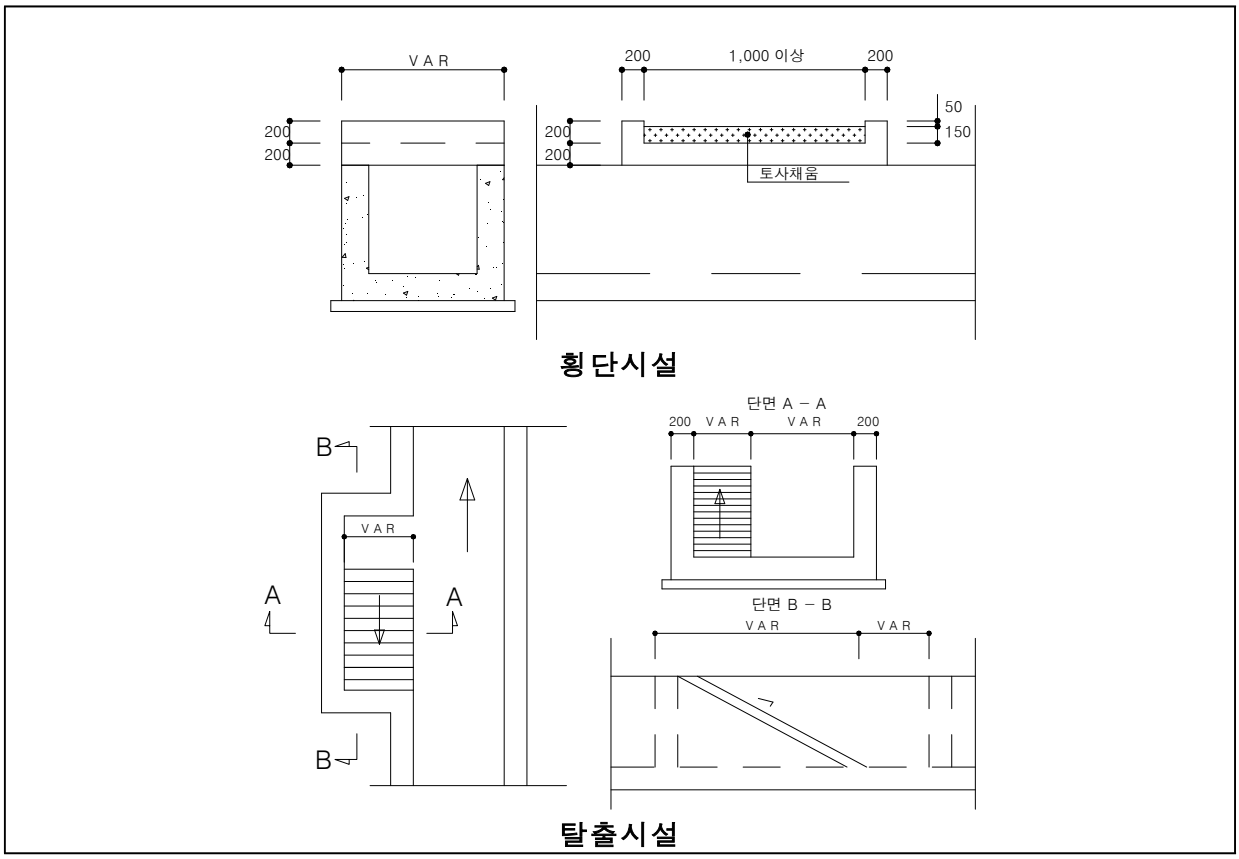
가) 수로를 횡단하기 위하여 생태통로를 설치하여야 할 지점에 수로 상부 횡단시설은 20m 간격으로, 수로 탈출시설은 100m 간격으로 양서류 등의 생태이동로를 설치할 수 있다.

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 통관을 설치한다.



(그림 1.2-17) **< 수로의 횡단시설, 탈출시설 예시도 >**

다. 어류 이동 관련시설

1) 어도설계 관련 내용은 '제3편 이수시설 제1장 보'의 '1.1.7 어도설계'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.

1.3 친수이용시설

1.3.1 자전거도로

가. 일반사항

1) 자전거도로는 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로써 경계를 표시하거나 노면 표시 등으로 안내하여 자전거의 통행에 사용하도록 된 도로를 말한다.
2) 기존도로의 이용 방안을 우선 검토하여야 한다.
3) 자전거도로는 설치되는 위치별로 자전거 이용자, 보행자의 안전을 도모할 수 있도록 한다.
4) 자전거도로는 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도하고, 하천에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 위치에 설치한다.
5) 동선 연결이 필요할 경우 콘크리트 구조물의 사용은 피하고 친환경적인 재료로 계획하고, 보전 및 복원지구에서는 하천의 생태적 기능성향상을 위하여 자연하천 보전대상에 영향을 최소화되도록 한다.
6) 계획홍수위 이하 제외지에 설치하는 경우 자전거도로 경계부의 세굴 및 유실을 방지하기 위하여 자전거도로 양측에 보호공(저수호안 머리보호공과 같은 개념)을 설치할 수 있다.
7) 하천관리용 차량이 아닌 차량의 통행을 제한할 수 있는 표지판 등 안내시설물을 설치할 수 있다.
8) 계획홍수위 이하 제외지에 설치 시 발주청과 협의토록 하며, 동결융해의 우려가 예상되는 곳과 지하수위보다 낮은 곳의 설치를 지양하도록 한다.
9) 기타 자전거 이용시설에 대한 내용은 ‘자전거 이용시설 설치 및 관리 지침’ 및 관련규정을 준용한다.
10) 이 요령에서 정하지 않은 자전거도로 설계에 대하여는 ‘자전거 이용 활성화에 관한 법률’ 제9조 및 ‘자전거 이용시설의 구조·시설기준’에 내용을 따른다.

나. 자전거도로의 종류

1) 자전거도로의 구분은 ‘자전거이용 활성화에 관한 법률’ 제3조(자전거도로의 구분)에 의하여 다음과 같이 구분한다.

< 자전거도로의 구분 >

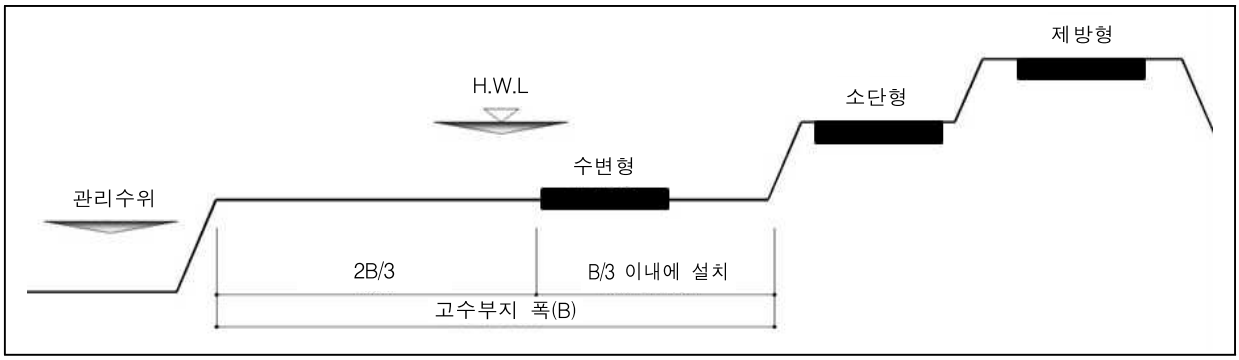
(표 1.3-1)

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

다. 설치 위치

1) 하천에 설치되는 위치에 따라 수변형, 제방형 및 소단형으로 구분할 수 있다.

2) 제방형은 둑마루를 활용하여 설치하는 형태이고 소단형은 제방소단을 활용하는 형태이며, 수변형은 하천에 인접하여 제방경사면 하단으로부터 고수부지 폭의 1/3 이내에 조성하는 형태이다.



(그림 1.3-1) **< 하천형 자전거도로 유형 >**

라. 설계속도 및 폭

1) 설계속도 (자전거도로 설계의 기초가 되는 자전거의 속도를 말한다. 이하 같다)는 자전거도로의 구분에 따라 다음 표의 속도를 적용한다.

< 자전거도로의 설계속도 >

(표 1.3-2)

구 분	설계속도 (km/hr)
자전거전용도로	30 이상
자전거・보행자 겸용도로	20 이상

주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2016, 행정자치부・국토교통부)

2) 하천에서 자전거도로의 폭은 최소 1.2m 이상으로 하고, 설치유형에 따라 아래의 규격을 적용한다.

< 자전거 전용도로 폭 >

(표 1.3-3) (단위:m)

구분	도시지역	지방지역	공원 및 하천
양방향	2.4	3.0	3.0
일방향	1.5	1.5	1.5

주) 일방향 설계 시 도로폭은 1.5m 적용. 단, 1.5m를 확보할 수 없는 부득이한 경우 최소폭 1.2m 적용.

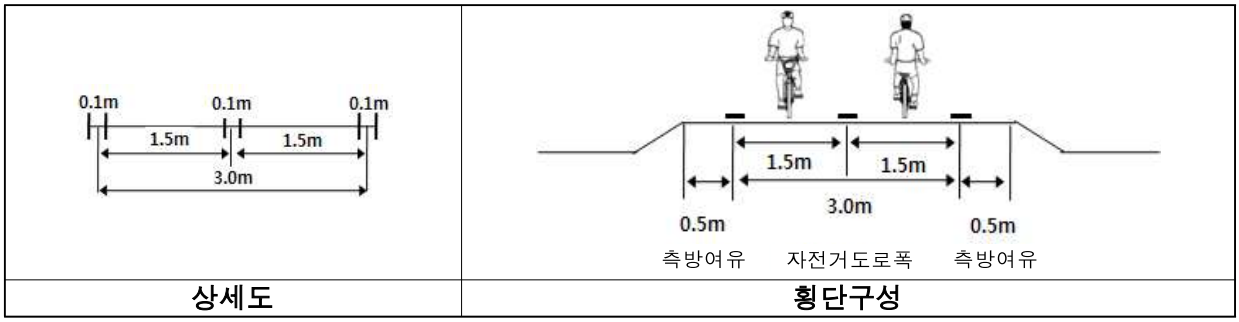
< 하천변 자전거·보행자 겸용도로 폭 >

(표 1.3-4) (단위:m)

분리형			비분리형
자전거도로	보도	합계	자전거·보행자 겸용도로
2.4	1.5	3.9	3.0

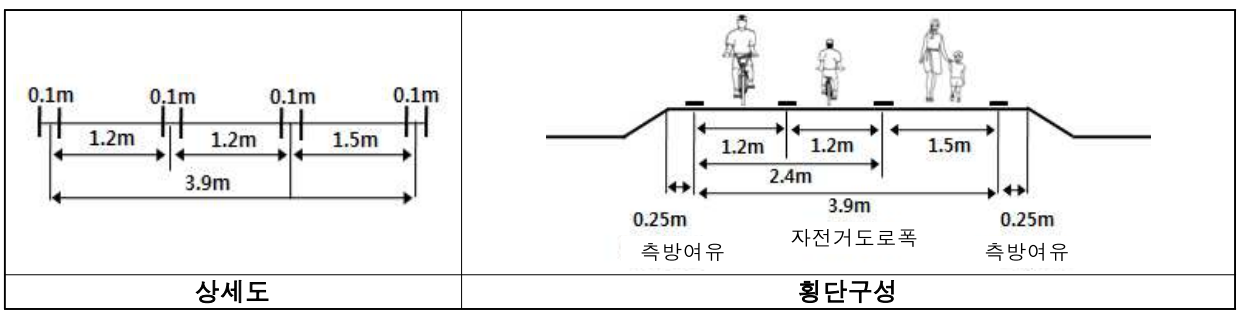
주) 도시지역 보도폭은 부득이한 경우 1.2m까지 축소 할 수 있음.

3) 하천에서 자전거도로의 횡단구성은 아래 내용을 준용한다.



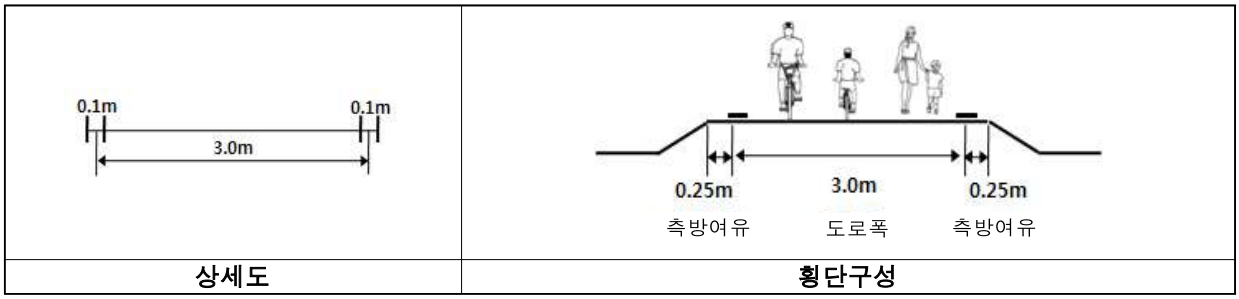
주) 측방여유는 최소 기준임(양방향 원칙).

(그림 1.3-2) **< 자전거전용도로 횡단구성 >**



주) 측방여유는 최소 기준임.

(그림 1.3-3) **< 분리형 자전거·보행자 겸용도로 횡단구성 >**



상세도	횡단구성

주) 측방여유는 최소 기준임.

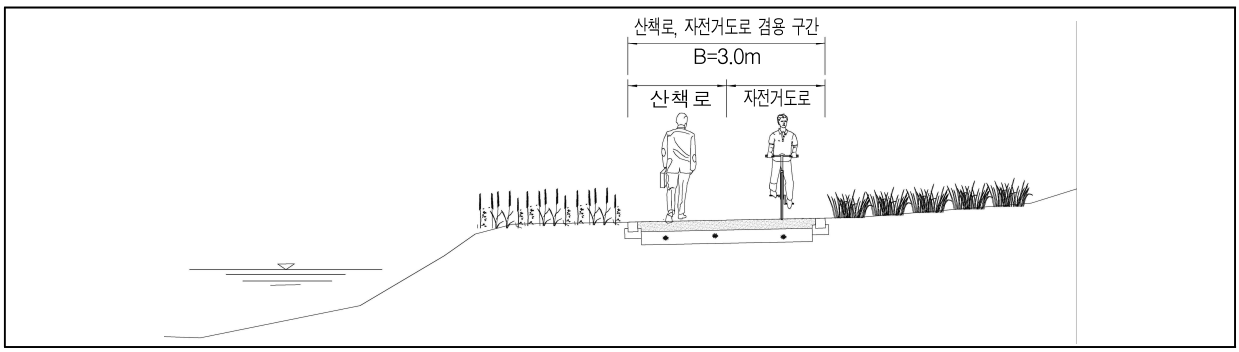
(그림 1.3-4) **< 비분리형 자전거 · 보행자 겸용도로 횡단구성 >**

4) 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.

5) 계획홍수위 이하 제외지에 설치되는 자전거도로가 지류하천, 실개천, 배수펌프장 방수로 등을 횡단하는 교량구간은 난간을 설치하거나 또는 폭을 넓게 설치하여 이용자의 안전성을 확보할 수 있다.

6) 상기 교량의 경우 불가피하게 해당지점으로 다른 접근이 곤란한 경우에 한해 발주청과 협의하여 하천관리의 효용성 확보를 위한 하천관리, 복구용 차량 또는 응급 차량 통행이 가능하도록 자전거도로 폭원보다 넓게 설치할 수 있다.

7) 자전거도로·산책로 겸용시 하천구역에서의 배치는 산책로를 저수로쪽에 배치하고, 자전거도로를 제방쪽으로 배치한다.



(그림 1.3-5) **< 자전거도로 산책로 겸용시 배치 >**

마. 종단경사

1) 자전거도로의 종단경사에 따른 길이는 다음과 같다. 다만, 지형상황 등으로 인하여 부득이 하다고 인정하는 경우에는 제외한다.

< 자전거도로의 종단경사 >

(표 1.3-5)

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(2016, 행정자치부・국토교통부)

바. 포장 및 배수

1) 자전거도로 포장의 종류는 아스팔트콘크리트 포장, 시멘트콘크리트포장, 기타 포장 등으로 분류할 수 있으며, 발주청과 협의하여 현장 여건에 적합한 공법을 결정한다.

< 자전거도로 포장의 종류 >

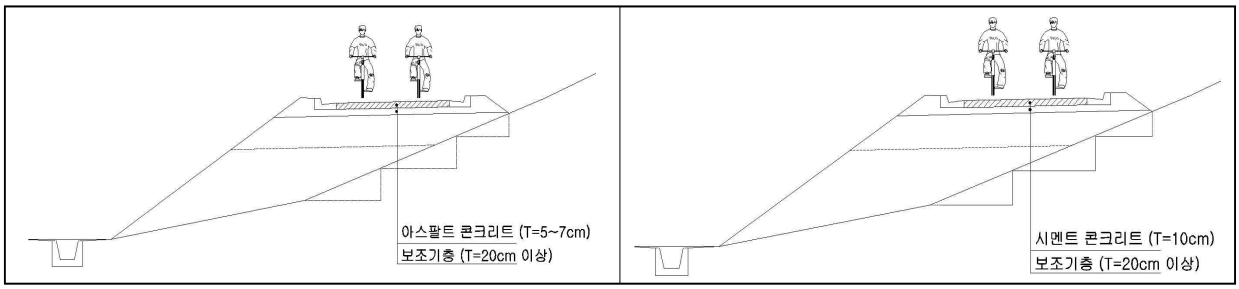
(표 1.3-6)

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(흙 콘크리트 포함), 쇄석, 경화형 혼합제, 규사, 무기질계 충진재, 유기질계 충진재, 탄성고무칩, 에폭시수지, 아크릴 수지 등

주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2016, 행정자치부・국토교통부)

2) 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.

3) 하천관리용 도로 기능을 겸용하여 제방 정단에 자전거도로 설치할 경우는 차량통행의 하중을 고려하여 ‘제2편 치수시설, 제1장 제방’ 편의 포장규격을 따른다.



주) 자료출처 : 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침(2016, 행정자치부・국토교통부)

(그림 1.3-6) **< 자전거도로 포장 단면 예시 >**

4) 홍수위 이하에 설치하는 경우 내구성 확보 및 용이한 유지관리를 위해 시멘트 콘크리트포장 또는 아스팔트 콘크리트포장을 시행한다.

5) 자전거·보행자 겸용도로는 자전거 전용도로의 포장을 따른다.

6) 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.

7) 계획홍수위 이하 제외지에 설치되는 자전거도로의 경우 동결융해심도가 일반적인 제내측 공간 특성과 상이하므로 지하수위, 노상토 특성 등을 검토하여 해당 구간의 현황 특성에 적합하도록 동상방지층을 설치할 수 있다.

8) 동상방지층의 재료는 점토, 실트, 유기불순물 등을 포함하지 않는 비동결 재료를 사용한다.

9) 물이 고이는 현상을 방지하기 위해 1.5~2%의 횡단경사를 설치하고, 필요에 따라 측구, 맹암거 등의 배수시설을 설치한다.

10) 지반조사를 실시하고 자연 배수가 불량한 것으로 판단될 경우 발주청과 협의하여 해당구간에 횡배수관 등 적정 배수시설을 설치할 수 있다.

사. 안전시설

1) 자전거도로에서 노면표시는 기본구간에 100m 간격, 시・종점부 및 접속부에 표시하고, 안전표지는 도시지역 200m, 지방지역 400m 간격으로 설치한다.

< 자전거전용도로 안전표지 및 노면표시 >

(표 1.3-7)

구 분	설치간격		적용
	도시지역	지방지역	
자전거전용도로 표지	200m	400m	
자전거전용도로 노면표시	100m		

< 자전거 · 보행자 겸용도로 전용도로 안전표지 및 노면표시 >

(표 1.3-8)

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		

2) 고수부지에 설치되는 자전거도로에서 하도를 횡단하는 교량 등 추락의 위험이 있는 구간에는 안전난간(일반구간 1.2m, 교량 등 고가도로 구간 1.4m를 적용)을 설치하되 홍수시 유수의 흐름에 영향을 최소화하도록 해체가 가능한 형식 또는 전도식으로 설치할 수 있다.

1.3.2 산책로

가. 일반사항

1) 산책로는 하천을 따라 대상구간 뿐만 아니라 인접구간과의 연계성을 고려하여 단절되지 않고 연결될 수 있도록 계획하여야 한다.

2) 이용자의 동선을 고려하여 원만한 동선유도가 가능한 위치, 수변에 접하여 산책하며 자연관찰이 가능한 장소에 배치한다.

3) 하천변에 철새 등 생물 서식지가 발달되어 있는 경우에는 수변으로부터 일정공간을 띄워 산책로를 계획한다.

4) 유입수로, 수충부, 치수상 제약이 있는 구간, 생태계 유지 공간은 제외한다.

5) 산책로 조성시 성토부의 성토재는 가능한 하상준설토(하도정비시 발생한 절토 및 사토)를 사용한다.

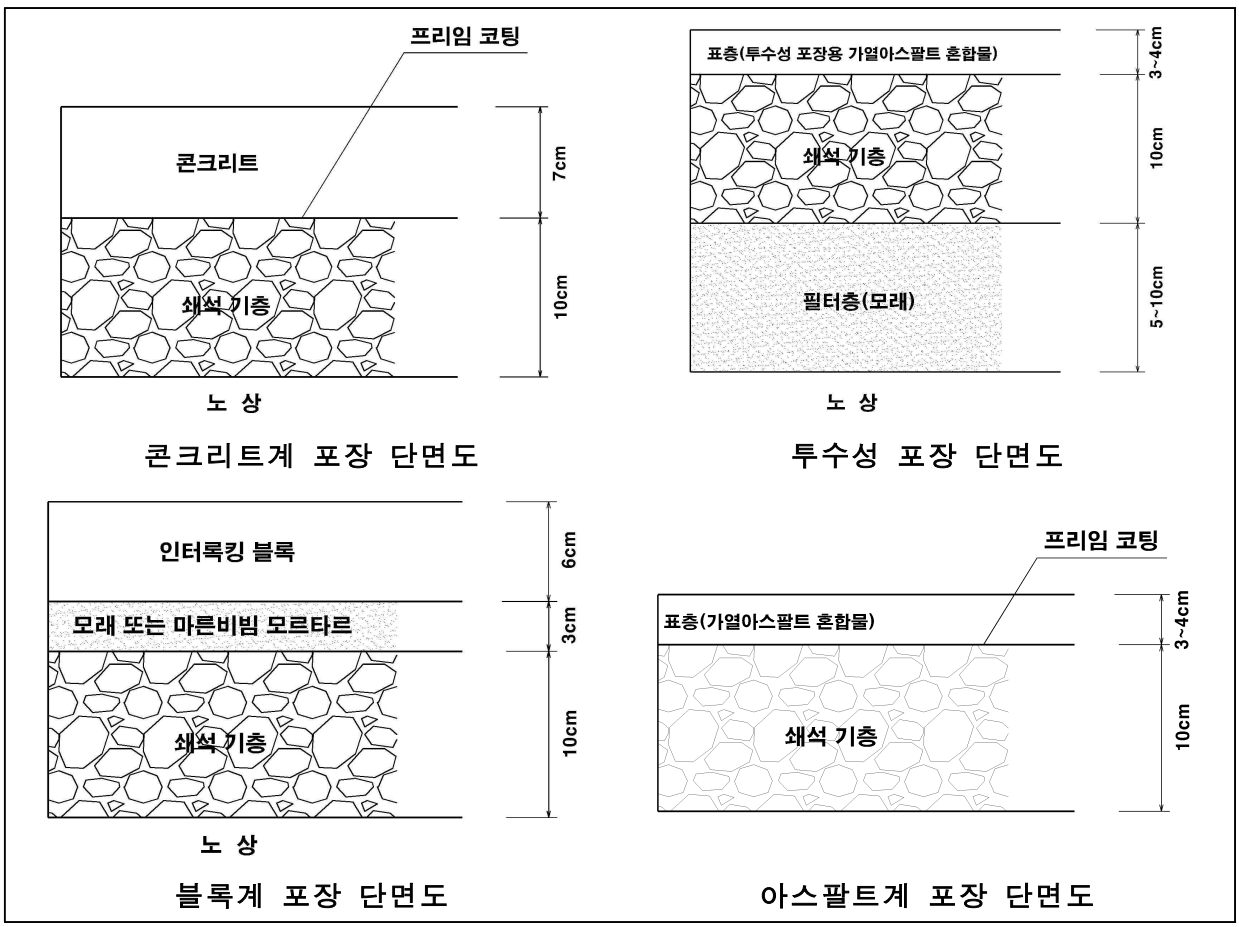
6) 가능한 사토가 발생하지 않도록 계획하고 사토가 발생할 경우에는 그 처리대책(사토, 폐기물처리 등)을 수립하여 계획에 반영한다.

7) 산책로는 이용자의 편의를 고려하여야 하며 그 동선을 별도로 분리, 조성하여 이용 효율성을 확보한다.

8) 이용시민이 많을 경우를 대비하여 통행방향, 안전에 관한 사항 등에 관한 대책을 제시하여야 한다.

나. 산책로 포장

1) 포장재료는 자연형 하천조성이란 취지에 맞는 친자연적 재료를 우선 선정하되 경관적으로 우수할 뿐만 아니라 이용자의 안전에도 지장을 초래하지 않으며, 가급적 자연소재를 사용하도록 한다.
2) 각 공간별 기능에 맞는 포장재를 선정하여 전체적인 공간과 조화를 이루어야 한다.
3) 재료 선정시 홍수시 침수 후 훼손되지 않고 관리가 용이하도록 경제성, 시공성, 유지보수 등을 고려하여야 한다.
4) 보행과 관리용 차량의 통행을 고려한 포장재료 및 공법으로 설계한다.
5) 산책로에는 노약자 및 장애인이 이용하기 쉽도록 조성하여야 하며, 포장 및 보안등 시설을 반영하여야 한다.
6) 산책로는 하천생태계에 미치는 영향과 비점오염물질 유입을 고려하여야 한다.
7) 산책로의 폭은 양방향 교행이 가능하도록 설계기준상의 최소폭 이상이어야 하며 여건이 가능한 하천구역에서는 서로 분리되어 설치한다.
8) 산책로는 수변의 경관 및 친수성을 극대화 할 수 있도록 계획하되 부득이한 경우 수변공간의 이용특성에 맞게 재배치 할 수 있다.



주) 자료출처 : 보도설치 및 관리지침(2011, 국토해양부)

(그림 1.3-7) **< 산책로 포장단면 예시 >**

다. 산책로 구조

1) 산책로나 자전거도로는 서로 상충하지 않도록 배치한다.

2) 수변으로만 이어질 경우 지루할 수 있으므로 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도한다.

3) 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.

4) 장애인등의 통행이 가능한 산책로를 계획하여야 한다.

가) 유효폭 및 활동공간

(1) 휠체어 사용자가 통행할 수 있도록 접근로의 유효폭은 1.2m 이상으로 하여야 한다.

(2) 휠체어 사용자가 다른 휠체어 또는 유모차 등과 교행할 수 있도록 50m마다 1.5m×1.5m 이상의 교행구역을 설치할 수 있다.

(3) 경사진 접근로가 연속될 경우에는 휠체어사용자가 휴식할 수 있도록 30m마다 1.5m×1.5m 이상의 수평면으로 된 쉼터를 설치할 수 있다.

나) 기울기 등

(1) 접근로의 기울기는 1/18 이하로 하여야 한다. 다만, 지형상 곤란한 경우에는 현지 여건에 따라 적절하게 완화할 수 있다.

(2) 주접근로에 단차가 있을 경우 그 높이 차이는 3㎝ 이하로 하여야 한다.

(3) 접근로에 안내판 등을 설치하는 경우에는 장애인 등의 통행에 지장을 주지 않도록 설치하여야 한다.

(4) 접근로의 바닥표면은 장애인 등이 넘어지지 아니하도록 잘 미끄러지지 않는 재질로 평탄하게 마감하여야 한다.

5) 보행편의 설계

가) 가로수가 있을 경우 지면에서 사람의 통행가능 높이까지 가지치기를 하여야 한다.

나) 블록 등으로 접근로를 포장하는 경우에는 이음새의 틈이 벌어지지 않도록 하고, 면이 평탄하게 시공하여야 한다.

라. 부대시설

1) 안전시설 등 산책로의 부대시설은 자전거도로의 내용을 준용하여 적용한다.

1.3.3 기타 친수시설

가. 일반사항

1) 기본적으로 하천내에 인위적인 시설은 가급적 도입하지 않고 복원 이후에 상황을 고려하여 최소

의 이용시설을 고려하여야 한다.

2) 부득이 도시하천과 같이 사람의 이용이 빈번할 수밖에 없어 방치할 경우 하천을 훼손하거나 오염이 발생되는 경우에는 적정한 이용시설을 도입하고 유지관리를 통해 방지하도록 한다.

3) 이용시설 도입 시에는 과도한 시설을 지양하고 하천변 주민들이 편안하게 쉴 수 있고, 수변공간 이용자가 정서적 안정감을 느끼며 관람할 수 있도록 개선계획을 수립하여야 한다.

4) 자연스런 수변경관과 친수환경 조성으로 인간과 자연이 공존하는 하천환경을 창출한다.

5) 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.

6) 모든 시설물은 홍수 저항력 감소를 위하여 물의 유하방향으로 설치하는 것이 좋고, 사용재료도 가급적 자연친화적 재료를 활용하여 주변 경관과의 조화를 도모하는 것이 바람직하다.

(그림 1.3-8) **< 친수공간 조성 예시 >**

나. 하천공간계획

1) 자연생태 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.

2) 학습공간은 하천 공간 이용자들에게 다양한 교육체험을 할 수 있도록 조성된 공간으로 학습 내용은, 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.

3) 운동공간은 이용자들의 체력증진과 건강·보건과 운동을 통해 지역공동체의식을 고취시키기 위한 것으로, 유치거리에 따라 광역적으로 이용되는 경우와 인근마을의 근린시설처럼 이용되는 경우로 구분하며, 일정규모 식생이 제거된 평탄지를 필요로 하는 경우에는 가급적 인근배후지에 운동공간을 조성하고 이와 연계하는 방법을 모색할 수 있다.

- 제방 측에 근접한 하천부지
- 지역·광역 레크레이션 공간, 축구나 야구 등의 운동 공간
- 조깅이나 자전거 타기와 같은 부수적 활동이 가능한 공간

4) 휴게공간은 이용자들의 하천에 대한 정적인 이용을 도모하기 위한 공간으로 하천에 대한 위락적·정서적 만족감을 고취시키도록 계획할 수 있다.

5) 놀이공간은 여러 명 단위의 모임이나 행사를 위한 공간으로 사회성이 높은 공간으로 계획할 수 있다.

다. 시설물 배치계획

1) 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.

- 갈대밭이 발달하여 야생동물의 은신처가 제공되는 곳
- 관목층이 밀집한 곳이나 주연부가 발달한 곳
- 수생태 서식처가 발달한 지역의 가장자리
- 1급수 어류 등이 서식하는 등 수질이 깨끗한 지역

2) 학습공간은 비교적 양호한 생태계가 보전되어 식생의 천이와 같은 생태계의 변화과정을 볼 수 있는 곳이므로 다음과 같은 곳을 포함할 수 있다.

- 침수빈도가 낮고 수질이나 유량이 양호한 곳
- 인공적으로 정비되지 않은 곳
- 조류, 어류 등 야생동물이 서식하여 관찰이 가능한 곳
- 야생초화류가 자생하는 곳
- 주변경관이 자연경관이 우세한 곳
- 사적지나 문화재와 인접한 곳

3) 운동공간은 주변에 주거지나 학교 등 시설이용 요구도가 많은 곳에 인접하여 배치할 수 있으며, 다음 사항을 고려하도록 한다.

- 접근성 고려
- 휴게공간이나 다른 소극적·정적 활동이 이루어지는 공간과는 인접하여 배치하지 않음
- 휴게공간이나 다른 소극적·정적 활동이 이루어지는 공간과 인접하여 배치하게 될 때에는 완충지대를 조성
- 팀 단위로 행해지는 대규모 운동공간은 가능한 수변에서 먼 곳에 배치
- 대규모 운동공간은 자연상태로 면적이 확보되는 곳을 우선 고려
- 체력단련시설은 시설물이 많이 설치되므로 침수빈도가 낮은 곳에 배치

- 체력단련시설 등의 배치에 있어서는 경관적인 측면을 고려
- 장애자, 유년층·노년층의 접근이 용이한 곳

4) 위락공간 지역은 다음과 같은 공간에 배치하도록 계획할 수 있다.
- 시설이 광역적인 특성을 가지므로 접근성이 좋은 곳
- 양호한 수질·유량이 확보되는 곳
- 풍향·수심·수량의 변동이 적은 곳
- 경제성을 확보할 수 있는 지역에 배치
- 다른 기능공간과의 상충성을 고려하여 배치할 것

5) 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.
- 수려한 경관은 자연경관뿐만 아니라 주변의 도시의 스카이라인, 야경 등도 경관요소로 고려
- 휴게나 소극적 여가활동을 통해 주변의 경관을 보다 극적으로 체험하도록 유도
- 앉아서 주변경관을 감상하거나 강변을 산책하는 활동을 위해 주변에 경관이 수려하고 수변에 가까운 곳에 배치
- 여름철 오후의 그늘을 제공해줄 수 있으면 좋음. 이동식 플랜터에 교목을 식재하거나 유수에 지장이 없는 한도 내에서 제한적으로 교목을 식재하여 부분적으로는 그늘을 제공
- 점토질 토양이 주로 형성된 곳은 배수가 불량하므로 피하는 것이 좋음
- 수질이 양호한 곳
- 산책로나 자전거도로는 수변으로만 이어질 경우 지루할 수 있으며 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도
- 도입가능 시설 : 야영장, 산책로·자전거도로, 수변전망시설

6) 놀이공간은 접근이 용이하며, 장소성·계절감이 잘 나타나며, 수질이 양호하고 유량이 풍부한 곳에 배치하도록 하며, 다목적 이용을 고려하여 계획할 수 있다.
- 광역시설 : 수변야외공연 장소, 다목적 대광장
- 근린시설 : 소규모 친수시설, 어린이 놀이공간, 다목적 소광장

7) 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.

라. 주요 도입시설

1) 체육시설

가) 인구 밀집지역 및 도심지에 인접한 친수지구 내에 체육시설 설치는 이용자 수요조사 등을 거쳐 설치할 수 있다.

나) 자연 친화적인 하천유지를 위한 각종 체육시설 설치 총면적은 다음과 같은 기준 이내로 한다.

- 친수구역이 50만㎡ 이내인 경우, 친수구역 부지면적의 10％ 이하 면적
- 친수구역이 50만㎡ 이상 100만㎡ 미만인 경우, 친수구역 부지면적의 8％ 이하 또는 위 사항과 비교하여 큰 면적
- 친수구역이 100만㎡ 이상인 경우, 친수구역 부지면적의 8％ 이하 면적으로 하되, 10만㎡ 초과하지 않도록 한다.

다) 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, 고정식 구조물 설치는 지양한다.

- 체육시설 규격은 발주청과 협의하여 현장 여건에 따라 적절하게 적용하며, 체육시설 설치기준을 적용할 수 있다.

2) 물놀이 시설

가) 하천 내에서 물가에 접근하여 물을 직접 만져보거나 체험할 수 있도록 친수계단을 조성하거나, 하천 좌안과 우안은 연결하는 징검다리나 여울을 설치하여 물놀이 이용시설로 활용되도록 한다.

나) 물놀이 시설은 물에 대한 접근을 인공개울을 통해 해소함으로써 하천변의 이용을 제한할 수 있으며, 20~30㎝의 얕은 수심이 유지되도록 하고, 모서리처리는 라운드(round)형으로 하여 이용자의 부상을 방지하도록 한다.

3) 안내시설

가) 안내시설은 전략적 이미지 연출방식으로 전개하는 것이 바람직하며, 이용 빈도가 비교적 큰 거점 및 주요 분기점에 설치한다.

나) 안내시설은 다음 각 호의 기준으로 계획 한다.

- 표지판의 재료는 내구성・유지관리성・경제성・시공성・미관성・환경친화성등 다양한 평가 항목을 고려하여 종합적으로 판단하여 선정한다.
- 용도와 효용에 따라 유도표지시설, 종합안내표지시설, 해설표지시설, 도로표지시설 등으로 구분하여 각각의 기능을 최대로 발휘할 수 있도록 설계한다.
- 기능적 효율성과 주변경관과의 조화를 고려하여 설치하고 안내시설의 식별, 판독, 주목성 등을

확보하도록 이용자의 신체적 조건을 고려한다.

- 야간 식별이 필요한 장소에는 야광도료를 사용하고 조명시설을 부대설치하거나 조명내장형이나 조명기구 부착형 재료를 사용한다.
- 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.
- 야생 동·식물의 이동이 빈번한 지역과 생태계 관찰에 장애를 주는 지역에는 안내판 설치를 지양한다.

다) 안내시설 등의 규정은 「조경설계기준, 2013, 한국조경학회 ; 제17장 안내시설」 등 관련규정을 따른다.

4) 관찰시설

관찰시설 설치는 생태·미관의 교육, 체험 목적으로 설치되나, 서식처 보호, 훼손 확산 방지를 위한 이용객 동선유도 등 꼭 필요한 장소에 다음 각 호의 기준으로 한다.

- 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.
- 야생동물 관찰시에 관찰자가 보이면 야생 동물은 방해를 받으므로 관찰대상으로부터 관찰시설이 차폐되도록 한다.
- 야생동물을 관찰하기 위하여 자연관찰대로 진입하는 진입부도 식재를 이용하여 상호 차폐를 하도록 한다.
- 야생동물이 자주 출현하는 곳에 작은 규모의 야생동물 관찰소를 설치하여 근접하여 생물을 관찰할 수 있도록 설치한다.
- 관찰시설은 자연을 이용하여 산책이나 학습을 위한 것으로, 사회적 약자의 배려를 도모하여 진행도중 추락의 위험이 없도록 안전난간을 설치하는 등 관찰 및 탐방이 가능하도록 설치한다.
- 식물을 주체로 한 관찰 공간의 경우, 식물의 길이를 고려함과 동시에 출입을 방지하기 위한 기본구간의 데크는 그 높이를 1m 미만으로 한다.
- 물과 접촉하거나 수생식물을 가까이 관찰할 수 있도록 지형 등을 고려한 폭을 유지하되 고령자, 장애인의 진입이 필요한 지역을 제외하고는 경사 데크는 지양한다.
- 안전을 위한 난간의 높이는 1.2m 이상으로 하며, 장애자용 데크는 최소 1m 폭을 확보되도록 계획한다.

5) 기타 시설물

주민편의 시설인 벤치, 파고라, 펜스, 접근계단 또는 물놀이시설 등 시설물 설치는 유수소통에

지장을 초래하지 않도록 설치하여야 한다.

6) 공간별 시설물 도입 방향

친수적 이용을 위한 시설물의 도입은 「하천기본계획수립지침, 2015, 국토교통부」, 「생태하천 조성계획·설계요령, 2009, 국토해양부」을 참조하여 다음과 같이 하천공간 유형별 도입 시설물을 예시로 제시하였으며, 친수적 이용을 위한 시설물은 하천관리청 및 발주처와 협의하여 공간특성에 적합하도록 친수공간을 위주로 시설물을 도입할 수 있다. 특히 친수적 시설물 도입의 경우 , 「하천복원통합매뉴얼, 2012, 국토해양부」의 하천어메니티 활동유형에 따른 「도입제안시설 검토 및 구간별 도입시설 결정」을 참고하여 결정할 수 있다.

< 하천공간별 도입시설물 예시 >

(표 1.3-9)

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

7) 유지관리 고려

친수공간의 시설물 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.

1.4 수질환경시설

1.4.1 자연형 수질정화시설

가. 웅덩이형

1) 자연발생적이 아닌 특정한 목적으로 조성된 식물이 서식할 수 있는 웅덩이 형태의 시설을 말하며, 비점오염물질 정화 등 자연에 존재하는 소택지 등의 수질 자정능력을 모방한 인공적으로 조성된 시설물을 의미한다.
2) 시설의 전체적인 구조는 비점오염원 처리를 고려하여 표면흐름(surface flow) 구조를 원칙으로 하고, 강우 유출수와 함께 유출되는 비점오염원의 유량, 농도의 변동 폭이 매우 광범위한 점을 고려하여 정성적 처리효율이 도출될 수 있는 배수유역을 설정하여 적정규모를 산정하여야 한다.
3) 시설의 배치 및 형태를 결정함에 있어서는 먼저 대상지의 지형, 수리·수문, 토지이용 및 주변 생태계 등을 종합적으로 분석한다. 특히, 대상지의 지형적 잠재력을 최대한 고려하여 기존의 단순한 사각형 구조에서 탈피하여 지형에 순응하면서도 자연유하가 가능한 구조가 되도록 한다.
4) 수심은 침강저류지, 정화식물지, 개방수역, 침전지 등 기능을 고려하여 얕은 정화식물지는 0.1m ~ 0.3m, 깊은 정화식물지의 경우 0.3m ~ 1m, 개방수역의 경우 1m ~ 2m, 수변부위는 0.3m 내외로 설계할 수 있다.
5) 시설 설치 시 주변여건에 따라 차수를 시행하여야 할 경우 차수를 보장할 수 있는 자연재료를 최대한 이용하는 것을 원칙으로 하며 재질, 내구성, 경제성, 땅깎기된 지반의 토양특성 등을 고려하여 선정한다.
6) 지형에 따라 식재토양의 일정 토심을 유지하고, 최소 토심은 0.2m 이상이 확보하여야 하며, 동절기 결빙에 의한 동사 방지, 지하수위나 특정 요인 발생시 유동성 있도록 한다.
7) 수생식물의 생육과 수질정화 등을 고려하여 친환경적인 토양 보조재료를 필요에 따라 사용할 수 있다.
8) 시설 내부에 웅덩이와 골을 도입할 수 있으며, 호안에도 정화효과와 경관향상, 생물서식처 기능을 가질 수 있도록 설치할 수 있다.

나. 식생수로형

1) 배수로 등으로 유입되는 비점오염원이 포함된 우수를 수로에 활착된 식물을 이용하여 수질을 정화하는 시설이다.
2) 식생수로의 경사를 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.

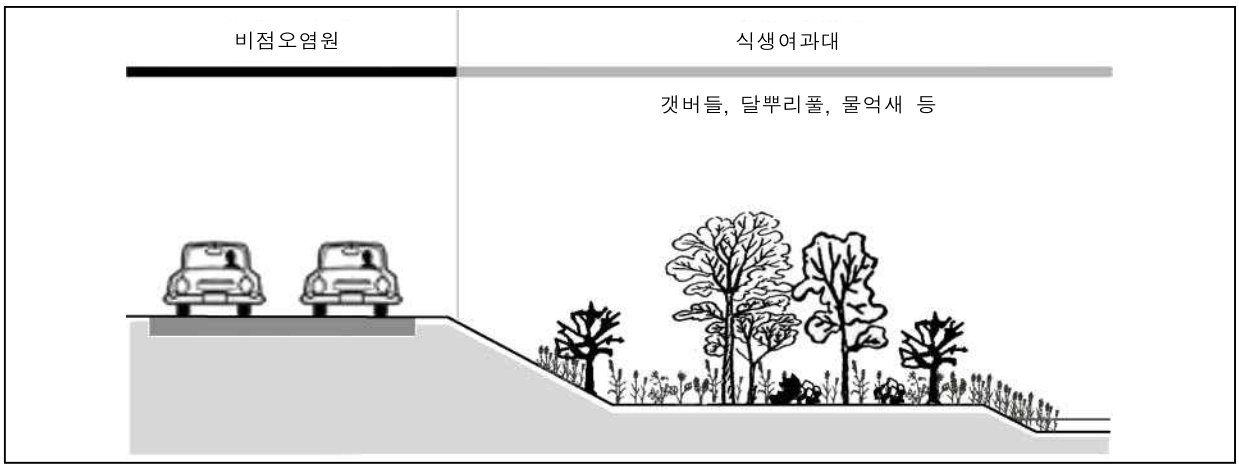
다. 식생여과대형

1) 식생여과대(V.F.S : Vegetation Filter Strip)는 비점오염원이 포함된 우수가 일정폭을 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 1.4-1) **< 식생여과대 모식도 >**

라. 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.

1.4.2 수질오염처리시설

가. 일반사항

1) 하천에서 수질을 개선하기 위한 방법은 '자연형 수질정화시설' 설치를 원칙으로 하고, 가급적 수질개선을 위한 물리적·화학적·생물학적 처리공법 또는 수처리 설비를 적용하는 수처리시설의 도입은 지양한다.

2) 불가피하게 하천으로 유입되는 생활오수 등 점오염원 성격의 수질오염원 유입을 차단하기 위해 도입되는 수처리 시설은 하천시설물과 별도의 시설로 규정하여야 한다.

3) 이 경우 하수관거 월류수 처리시설 등 해당 시설의 기준에 적합하도록 하여야 하고, 하천구역 외측에 시설을 설치한다.

나. 처리공법

1) 처리공법은 크게 물리적, 화학적, 생물학적인 방법으로 분류되며 개별적 또는 복합적으로 사용된다.

2) 물리적 방법은 하천의 수리적 특성을 이용하는 방법으로 유속제어에 의한 침전, 소류 및 분리, 대기접촉을 주체로 하는 정화방법이다. 대표적인 방법으로 준설, 마이크로스트레이너 등을 이용한 스크린, 토양침투법, DCF(Density Clarify Filtering)법, 보, 정화용수 도입(도수), 유수보전수로(이중수로), 수중폭기, 박층류 등이 있다.

3) 생물학적 방법은 수중에 미생물을 집적시켜 생물(특히 세균류)에 의한 유기물의 분해 및 산화, 유수 중 영양염류의 고정화와 같은 방법을 목표수준에 맞게 조합시켜 미생물에 의한 유기물의 무기화로 수질을 정화하는 방법이다.

4) 화학적 방법은 약물을 첨가하여 용해성 물질 혹은 물리적 제어에 의해서 분리되지 않는 물질을 제거하는 것으로 응집, 침전, 산화제 투입에 의한 유기물의 산화, 병원성 미생물의 살균에 의한 감소 등을 주제로 하는 정화방법이다.

다. 설계 절차

수질오염처리시설의 일반적인 설계절차는 다음과 같다.

사전 조사	유역현황 조사, 오염원 분포 현황 조사 수질 현황 조사
⇩	
처리 대상 및 설치지점 결정	처리대상 유역 설정
⇩	
용량결정	유입유량 결정(강우 분석, 유출분석)
⇩	
방류수질 결정	유입 하천의 하천수질기준에 따른 방류수질 결정
⇩	
처리 공법 선정	유입수질 및 방류수질 등에 따른 적정 처리 공법 선정
⇩	
시설규모 결정	방류수질을 토대로 처리효율 등에 따를 시설규모 결정
⇩	
세부 설계	경제성, 유지관리성 등을 고려하여 구체적 시설종류 등 세부설계 시행

(그림 1.4-2) **< 수질오염처리시설 설계 흐름도 >**

1.5 수량산출요령

1.5.1 수량산출내역

번 호	공 정		규 격	단 위	수 량	비 고
1	하천환경시설					
1.1	돌 놓 기			㎥		
1.2	받침석 놓기			㎡		
1.3	강자갈 부설			㎥		
1.4	징검다리			m		
1.5	성토(수생태기능공간 또는 하중주)			㎥		
1.6	원주말뚝 설치			ea		
1.7	호박돌 붙임			㎥		
1.8	횃대			개소		
1.9	여울			㎡		
1.10	포장			㎡		
1.11	식재	교・관목		주		
		초화류		㎡		

1.5.2 돌놓기

1) 하천에서 인위적으로 자연석을 채취 사용할 수 없으며 대용품으로 가공석, 석산돌을 적용할 수 있고, 돌놓기의 규격은 평균 Ø300~700㎜의 돌을 사용한다.
2) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.
3) 체적산출시 반올림하여 소수 2째자리까지 산출하고, ton으로 환산하여 자재수량을 별도로 산출한다.
4) 돌의 구입은 현장 도착을 원칙으로 한다.

1.5.3 받침석 놓기

1) 받침석 놓기의 제품 규격은 600 × 60 × 250㎜ ± 10%을 사용한다.
2) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 면적(㎡)으로 계산한다.
3) 면적산출시 반올림하여 소수 2째자리까지 산출하고, ton으로 환산하여 자재수량을 별도로 산출한다.
4) 돌의 구입은 현장 도착을 원칙으로 한다.

1.5.4 강자갈 부설

1) 강자갈 부설의 강자갈의 규격은 Ø150㎜ 이하를 사용한다.
2) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.
3) 수량산출시 반올림하여 소수 2째자리까지 산출하고, ton으로 환산하여 자재수량을 별도로 산출한다.
4) 강자갈의 구입은 현장 도착을 원칙으로 한다.

1.5.5 성토(수생태기능공간 또는 하중주 내부)

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.

1.5.6 원주말뚝 설치

1) 원주말뚝 설치는 (방부)원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은 Ø150×L3,000~3,500으로 사용한다.
2) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 ea로 계산한다.

1.5.7 호박돌 붙임

1) 호박돌은 석산돌을 가공한 가공석 제품으로 규격은 개당 직경이 Ø200㎜~400㎜의 돌이 골고루 분포된 것이어야 하며, 균열이 없고 압축강도 50MPa이상이어야 한다.
2) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 체적(㎥)으로 계산한다.

3) 수량산출시 반올림하여 소수 2째자리까지 산출하고, ton으로 환산하여 자재수량을 별도로 산출한다.

4) 호박돌의 구입은 현장 도착을 원칙으로 한다.

1.5.8 횃대

1) 횃대설치는 (방부)원주목 사용을 원칙으로 하며, 규격은 Ø150×L3,000~3,500으로 사용한다.

2) 횃대는 경관용으로도 적용되나 가급적 일정거리인 조류경계거리(개방시야) 확보가 필요하다.

3) 수량은 설계도면에 준하여 산출하고 개소로 계산한다.

1.5.9 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 치수시설 제1장 제방'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.
   - 산출면적에 2% 할증수량을 적용한다.
   - 보조기층재

     ※ ‘나. 콘크리트포장 3)’과 동일하게 적용한다.
   - 골재구입 및 운반

     ※ ‘나. 콘크리트포장 4)’와 동일하게 적용한다.
   - 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.

1.6 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
1.6.1	돌놓기	㎥	기계+인력 평균 Ø300~700㎜의 돌 1개당 5분 소요(시간당 12개 놓기) * 수량산출 - 0.3 × 0.5 × 0.4 = 0.06㎥ - 0.5 × 0.6 × 0.7 = 0.21㎥ 평균 0.135㎥/ea - 0.135㎥/ea × 2.5ton/㎥ = 0.3375ton/ea - 0.3375ton × 12ea = 4.05 ton/hr 1. 트럭크레인 10ton 2. 보조인부 수량산출 : 시간당 4.05ton의 작업량이므로 4.05 × 8hr = 32.4ton/일 따라서 ton당 소요인부 = 1 / 32.4 ≒ 0.03인	
1.6.2	받침석놓기	㎡	- 규격(600 × 60 × 250㎜ ± 10%) 1. 거석 (아름석) V = 0.60㎥/ea × 10ea/m × 1.0 × 0.25 = 1.50㎥/m 재료비 :1.5㎥/m × 2.3ton/㎥ × 1.10 2. 거치 (트럭 크레인, 유압식 10 ton 사용) 재료비 : 0.17hr × 16.667ea/M 노무비 : 0.17hr × 16.667ea/M 경비 : 0.17hr × 16.667ea/M 3. 보조인부 : 0.13인 × 16.667ea/m 4. 말뚝 항타 (∅100×1,000, 75%관입률) 1) 말뚝 : 종방향 16,667ea × 횡방향 10ea × 0.00785㎥/ea · 관입률 : 관입길이/말뚝길이 = 0.75 · 보통인부 : (0.07+(0.03-0.07)/1.5×1.0)인 × 1.0×0.5 ※ 주 : 1.0 : 보통토사 0.65 : 관입률 75%에 대한 계수 5. 잡석 : 0.375㎥/m × 1.10 6. 잡석부설 : 0.4인 × 0.375㎥/m	
1.6.3	강자갈 부설	㎥	. 부설인부 : 0.4인 . 작업반장 : 0.4인 / 37.5	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.4	징검다리	m	1. 터파기(기계 70% + 인력 30%) 2. 하상보호석(∅300 ~ 500㎜/ea) 보통인부 : 0.21인 3. 징검다리돌 - 돌 (징검다리용 가공석, 600×700×1,200㎜) - 거치 (트럭 크레인, 유압식 10ton 사용) 4. 콘크리트 타설(무근) 5. 거푸집(합판6회) 6. 조약돌붙임 : 도로 자갈부설품 적용 .붙임인부 : 0.13인/㎥ 7. 틈메우기 잡석(품은 하상보호석에 포함됨)	
1.6.5	성토	㎥	< 굴삭기 0.40㎥ > + < 플레이트 콤펙터(1.5ton) > 1. 굴착 및 적재 < BACKHOE 0.4 ㎥ > - 버켓용량 : q_1 = 0.40㎥ , 버켓계수 : K_1 = 1.1 - 토량환산계수 : 토공과 동일 적용 - 작업효율 : E_1 = 0.75 - 1회 사이클시간 : Cm_1 = 18sec(135°) 2. 플레이터 콤팩트 <1.5톤> V = 1.0 , W= 0.45 , E=0.6, N = 3 D = 0.30, F =토공과 동일적용	※ 굴곡이 다양한 지형을 형성시켜야하므로 대형 장비 곤란
1.6.6	원주말뚝 설치	ea	인력 1. 말뚝 항타 (75% 관입률) - 관 입 률 : 관입길이 / 말뚝길이 - 보통인부 : 0.22인/ea ※ 주 : 1.0 : 보통 토사 0.65 : 관입률 75%에 대한 계수	
1.6.7	호박돌붙임 (여울)	㎡	1. 호박돌(가공석) 1개당 면적 : A = 0.07㎡ 2. 호박돌(가공석) 1개당 입적 : V_1 = 0.0636㎥ - 1㎡당 입적 : 1㎡ / 0.07㎡ × 0.0636㎥ = 0.91㎥ 3. 재료비 - 호 박 돌 : 0.91㎥ 4. 노무비 - 호박 돌호안(석공 돌붙임 품 적용) 석 공 : 0.13인 보통 인부 : 0.11인	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.8	횃대	개소	인력 1. 원주목(∅150 × 3,200) 2. 말뚝박기(직항, D150, L3,200 60%) - 기초말뚝박기 품 적용 말구 15㎝, 길이 3.0m인 경우 개당 기초말뚝박기품 : 0.70 말구 15㎝, 길이 3.5m인 경우 개당 기초말뚝박기품 : 1.05 ∴ 말구 15㎝, 길이 3.2m인 기초막뚝의 박기품은 : 0.84 보통인부 : 0.84 × 0.5(관입률계수) / 0.057㎥/ea 3. 말뚝 박기(사항, D150, L3,200 60%) - 기초말뚝박기 품 적용 말구 15㎝, 길이 3.0m인 기초막뚝박기품 : 0.70 말구 15㎝, 길이 3.5m인 기초막뚝박기품 : 1.05 ∴ 말구 15㎝, 길이 3.2m인 기초막뚝의 박기품은 : 0.84 사항 할증 15%할증 보통인부 : 0.84 × 0.5(관입률개수) / 0.057㎥/ea × 1.15	
1.6.9	콘크리트포장	㎡	1. 콘크리트 포장/㎡ 가) 콘크리트포장(t=20cm)/㎡ - 포장공 : 3인/100㎥ - 보통인부 : 3인 /100㎥ - 자재비 별도계상 나) 거푸집 설치(거친마감 합판6회)/㎡ ※ 「제7장 배수시설 합판거푸집 합판6회」 참조 다) 콘크리트 포장줄눈/m - 콘크리트 컷터 시간당 작업량 : 350m/8hr - 특별인부 : 1인 / 350m - 보통인부 : 2인 / 350m 라) 보조기층 부설/㎥ ※「1장 제방 1.3.12 보조기층부설」 참조	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.10	아스콘포장	㎡	1. 아스콘포장 가) 재료비 - 별도계상(구입 및 운반) 나) 표층 포설 및 다짐 - 작업량 : Q=2,000㎡/일 - 노무비 : 포장공 4인/일 보통인부 1인/1일 - 기계경비 : 아스팔트 피니셔(3.0m) 1대 머캐덤롤러(10-12ton) 1대 타이어롤러(8-15ton) 1대 살수차(16,000L) 1대 다) 보조기층 부설/㎥ ※「1.6.9 콘크리트포장 라)보조기층부설」 참조 ■ 표준품셈(제10장 도로포장 및 유지) 준용	「건설공사 표준품셈」 제10장 도로포장 및 유지
1.6.11	투수콘크리트 포장	㎡	1. 투수콘크리트포장 가) 투수콘크리트포장/㎡ ■ 표준품셈(10-3-3 저속도포장, 2. 보도용 투수 콘크리트 포장) 준용 ■ 설계조건 - 투수콘크리트, 모래, 쇄석등 재료구입 및 운반비 포함 포설 및 다짐(기계/인력조합), 모래부설, 쇄석부설 및 다짐, 양생, 포장절단 및 줄눈설치, 표면보호에 소요되는 제비용 포함	「건설공사 표준품셈」 10-3-3 저속도로포장
1.6.12	보강투수콘크리트포장	㎡	1. 보강투수콘크리트포장 가) 보강투수콘크리트포장(세립도, 섬유보강 등)/㎡ ■ 표준품셈(10-3-3 저속도포장, 2. 보도용 투수 콘크리트 포장) 준용 ■ 설계조건 - 보강투수콘크리트(표층+기층 합성단가), 쇄석골재 및 모래의 구입 및 운반 포함. 모래부설, 쇄석부설, 살수 및 다짐, 기층용 보강투수콘크리트포설(기계/인력조합) 및 다짐(5cm), 표층용 보강투수콘크리트 포설(기계/인력조합) 및 다짐(2cm), 양생, 포장절단 및 줄눈설치, 표면보호에 소요되는 제비용 포함	「건설공사 표준품셈」 10-3-3 저속도로포장
1.6.13	보도블록포장	㎡	1. 보도블록포장 가) 보도블록포장(소형고압블록)/㎡ ■ 재료비 - 별도계상(구입 및 운반) ■ 표준품셈(10-3-3 저속도포장, 2. 보도용 블록 포장) 준용	「건설공사 표준품셈」 10-3-3 저속도로포장

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.14	점토(황토)블록포장	㎡	1. 점토(황토)블록포장/㎡ ■ 재료비(1.04㎡) : 별도계상(구입 및 운반) [비고] ■ 표준품셈(10-3-3 저속도포장, 1 보도용 블록포장, 소형고압블록포장) 준용	「건설공사 표준품셈」 10-3-3 저속도로포장
1.6.15	경화흙포장	㎡	1. 경화흙포장(T=7cm)/㎡ 가) 재료비 - 별도계상(구입 및 운반) 나) 노무비 - 미 장 공 : 0.04인 다) 포설 및 다짐 : 0.07㎥ ■ 포설 - 굴삭기(0.4㎥) Q = 3,600 · q · k · f · E / cm = q = 0.4 , k = 0.9, f = 토공과 동일적용, E=0.6, cm = 18 ■ 다짐 - 콤팩터(1.5ton) Q = 1,000 · V · W · D · E · f / N = V = 1.0, W = 0.45, D = 0.07, E=0.6, f = 토공과 동일적용, N = 3(다짐도에 따라 증감) - 탠덤롤러(5~8ton) Q = 1,000 · V · W · D · E · f / N = V = 3.0, W = 1.1, D = 펴는 흙의 두께, E=0.45, f = 토공과 동일적용, N = 4 라) 양생 ■ 양생제 : 0.1㎥ ■ 비닐 10회사용 마) 신축줄눈재 ※「12)콘크리트포장 다)콘크리트포장줄눈」과 동일 바) 잡재료비 : 인건비의 5% 사) 공구손료 : 인건비의 3% [비고] ■ 2016년 조경공사 적산기준 적용(업체공표품)	「조경공사적산기준」
1.6.15	화강석판석포장	㎡	1. 화강석판석포장(T=30㎜)/㎡ 가) 재료비 : 별도계상(구입 및 운반) 나) 노무비 - 석 공 : 0.49인 - 보통인부 : 0.25인 다) 몰 탈(1:3) ■ 재료비 : 별도계상(구입) 라) 기초콘크리트의 신축줄눈재 ※「1.6.9콘크리트포장 다)콘크리트포장줄눈」 참조 [비고] ■ 표준품셈(건축편 9-1 석재판붙임) 준용	「건설공사 표준품셈」 (건축) 9-1 석재판붙임

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.16	경계블록 (콘크리트)	m	1. 경계블록(콘크리트)/m 가) 재료비 : 별도계상(구입 및 운반) 나) 터파기(육상토사, 인력10%) : 0.11㎥/m 다 되메우기(인력10%) : 0.06㎥/m 라) 거푸집설치(합판6회) ※「1.6.9콘크리트포장 다)콘크리트포장줄눈」 참조 마) 무근콘크리트 타설 ※「제7장 배수시설 레미콘타설(무근)」 참조	
1.6.17	경계블록 (화강암)	m	1. 경계블록(화강암)/m 가) 재료비 : 할증 3% 계상 나) 노무비 - 보통인부 : 0.009인 - 특별인부 : 0.027인 다) 부설비 : 트럭탑재형 크레인(5ton) Q= 8 /110 = 0.072hr 라) 거푸집설치 ※「1.6.9콘크리트포장 나)거푸집설치」 참조 마) 모르타르(1:3) ■ 재료비 : 별도계상(구입) 바) 무근콘크리트 타설(빈배합) ※「제7장 배수시설 레미콘타설(무근)」 참조	
1.6.18	갈대매트	m	1. 갈대매트 1㎡ 당 갈대 9주 식재 2. 고 정 핀 1.5 ea/㎡ 3. 인 건 비 보 통 인 부 : 0.03인 × 1.25 특 별 인 부 : 0.01인 × 1.25 작 업 반 장 : 0.01인 × 1.25	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.6.19	귀화식물제거 및 제초	식	1. 제초시기 : 봄~가을(4~9월) 7일 간격으로 실시 = 년 24회 실시 보통인부(1일작업량 100㎡) 1인/ 10,000㎡ × 24회 × 4년 × (13,500L × 100B/2 × 0.50)㎡	
1.6.20	하천내 쓰레기 수집분리 및 상차	식	1. 하천내 폐기물 수집분리 : 평균 하폭 보통인부 : 1인 × 면적 × 7회 직업반장 : 1인 / 37.5 2. 종류별 분리 규모 폐합성수지 : ton 폐 목 재 : ton 폐 토 사 : ton 기타 (혼합) : ton 3. 상 차(유압식굴삭기 0.7㎥) 1) 폐합성수지 단위중량은 일반토사의 1/2 적용	
			- 버켓용량 : q_1 = 0.70㎥ , 버켓계수 : K_1 = 0.55 - 토량환산계수 : f = 1 - 작업효율 : E_1 = 0.60 - 1회 사이클시간 : Cm_1 = 20sec(135°) 시간당 작업량 : Q_2 = 3,600 × 0.7 × 0.55 × 1 × 0.6 / 20 = 41.58㎥/hr 2) 폐목재 - 버켓용량 : q_1 = 0.70㎥ , 버켓계수 : K_1 = 0.55 - 토량환산계수 : f = 1 - 작업효율 : E_1 = 0.60 - 1회 사이클시간 : Cm_1 = 20sec(135°) 시간당 작업량 : Q_2 = 3,600 × 0.7 × 0.55 × 1 × 0.6 / 20 = 41.58㎥/hr 3) 폐토사 - 버켓용량 : q1 = 0.70㎥ , 버켓계수 : K1 = 0.90 - 토량환산계수 : L = 1.25, C = 1.00 f = 1/1.25 = 0.80 - 작업효율 : E_1 = 0.75 시간당 작업량 : Q_2 = 3,600 × 0.7 × 0.9 × 0.8 × 0.75 / 20 = 68.04㎥/hr 4) 폐혼합물 - 버켓용량 : q_1 = 0.70㎥ , 버켓계수 : K_1 = 0.70 - 토량환산계수 : f = 1 - 작업효율 : E_1 = 0.60 - 1회 사이클시간 : Cm_1 = 20sec(135°) 시간당 작업량 : Q_2 = 3,600 × 0.7 × 0.7 × 0.6 / 20 = 52.92㎥/hr 4. 수집 운반 : 별도 산출	

CONTENTS

제5편 하천기타시설

제1장 차수시설

제1장 차수시설

1.1 설계요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

1) 사운딩 : 지반에 시험기구를 삽입, 회전, 인발하면서 그 저항치를 측정하여 지반의 특성을 조사하는 원위치 지반조사 방법을 통칭한다.
2) 슬라임(Slime) : 시추, 현장타설말뚝, 심층혼합처리공, 지중연속벽 등을 시공하기 위한 지반 굴착시 생기는 미세한 굴착 찌꺼기를 통칭한다.
3) 안내벽 : 지하연속벽 시공시 굴착 작업전에 굴착구 양측에 설치하는 콘크리트 가설벽으로 굴착 입구 지반의 붕괴를 방지하고 굴착 기계와 철근망 삽입의 정확한 위치 유도를 목적으로 설치한다.
4) 안정액(Slurry) : 액성한계보다 훨씬 많은 수분을 함유한 현탁액으로서, 지반굴착시에 공벽 붕괴 방지를 목적으로 사용하며, 주로 소듐 몬모릴로나이트(Sodium montmorillonite)를 사용한다.
5) 오거보링 : 오거를 이용하여 지반을 시추하는 것을 말하며, 주로 토사지반의 시추에 사용된다.

나. 적용범위

본 장은 제방 및 구조물 설계 수행시 제방 및 기초지반을 통한 누수방지를 위해 합리적이고 경제적인 시설물 설계를 도모하기 위한 것으로 하천시설물의 차수공 설계에 적용한다.

본 장에 규정하지 않은 사항은 아래의 시방서 혹은 지침에 따른다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2016, 국토교통부)

1.1.2 누수의 원인 및 특성

제방의 누수는 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상을 말하고 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반 누수가 있다. 제체 누수는 일반적으로 제방 비탈끝 부근에서 침투수가 유출하는 것을 말하며 이것은 하천의 외수위가 상승하여 제체내로 유수가 침투하여 발생하는 것이다. 즉 침윤선이 제내지 비탈면에 도달하면 누수가 시작되고 그 양이 많으면 파이핑 현상에 의해 붕괴위험을 내포하게 된다. 따라서 다음과 같은 곳에서 누수가 발생되어 제방을 손상시킬 수 있으니 주의하여야 한다.

1) 두더지, 들쥐 등의 천공동물이 서식하거나 발생하기 쉬운 쓰레기 버림터
2) 제내지 지반이 하상 보다 낮고 습한 곳
3) 제방의 원지반이 투수층인 곳
4) 연결 호안의 접속불량으로 세굴된 곳
5) 둑 자리가 구하도 또는 파괴 장소였던 곳
6) 통문, 통관 등 제방횡단시설이 가까이 있는 곳
7) 제체가 다른 곳보다 단면이 작은 곳
8) 제체 토질이 불균일하고 불량한 곳
9) 저수로가 제방에 접근해 있는 곳
10) 매립된 흙막이 널판, 거푸집 등이 썩어서 공극이 발생한 곳
11) 제체가 건조 또는 지진 등에 의해 균열이 있는 곳
12) 차수벽 또는 누수 널말뚝이 부족한 곳
13) 토질조사가 불충분하여 지반 누수대책이 적절하지 못한 곳
14) 기초 잡석, 기타 시공상의 잘못 등에 의한 곳
15) 되메우기 토사의 불량 및 다짐이 불충분하여 투수성이 큰 경우

1.1.3 차수공 설계 절차

홍수시 제내측 수두차에 의해 침투수가 제외측으로 부터 제방 단면을 통하여 제내지 사면을 통하여 침투가 발생하면 파이핑(Piping)현상에 의해 제체의 파괴가 발생할 가능성이 높다. 특히 제체나 제체하의 지반이 투수성이 큰 모래질 지반일 경우 파이핑 가능성이 높아 이에 대한 면밀한 검토 및 대책이 필요하며 차수공 설계 절차는 다음과 같다.

가. 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, 제방개수공사 이력

나) 답　　사 : 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, 삼

축압축시험), 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

나. 주요 사항검토

1) 지형지질에 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) 시공시 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

다. 차수공 설계

1) 계획된 제방단면에 대하여 최대 홍수위에 대한 홍수지체시간을 고려하여 제체내에 형성되는 침윤선을 추정한다.

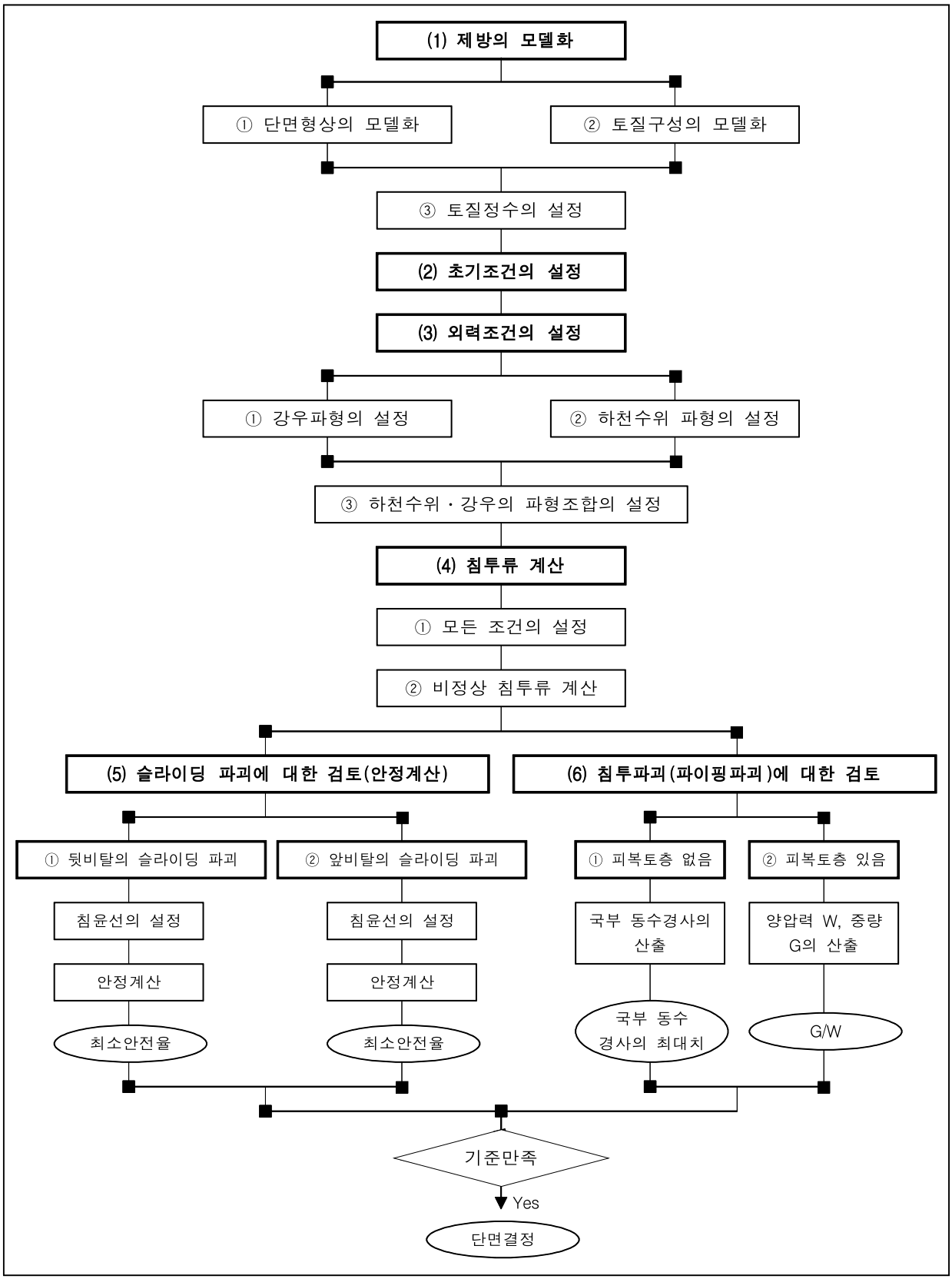
2) 동수경사를 파악하여 제방의 침투에 대한 안정 여부를 검토한다.

3) 지속강우로 인한 계획홍수위와 평수위를 설정하여 홍수시 제체내 비정상침투에 의한 제내지측 사면의 안정성과 홍수위 변화에 따른 제외지 측 사면안정성을 검토한다.

4) 제방단면에 대한 침투해석을 실시하여 제체와 원지반에 형성되는 유선과 등수두선을 분석한 후 각 위치의 수두를 파악하고 이때 최대동수경사 구간에 대한 파이핑 검토를 실시한다.

라. 공법선정 및 세부설계

상기 결과를 토대로 안전성, 시공성, 환경성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적절한 공법을 선정하고, 세부설계를 시행한다. 일반적인 설계 절차는 다음과 같다.



(그림 1.1-1) **< 침투에 대한 설계 절차 >**

1.1.4 설계외력조건 설정

가. 사전 강우량 설정

사전 강우량은 총 강우량으로 장마시기의 월강수량의 평균치 정도를 설정한다. 사전강우강도는 강우량이 모두 제체로 침투하도록 1㎜/hr 이상으로 한다.

나. 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.

다. 하천수위 설정

1) 하천수위 설정

우리나라의 하천은 홍수지속시간이 짧은 특징을 나타내는데 정상상태의 하천수를 설정할 경우에는 과대한 외력으로 적용되기 쉽기 때문에 비정상 상태(홍수시)의 하천수위를 이용해서 안전성을 조사하고 하천수위 설정한다.

2) 홍수시의 하천수위 설정

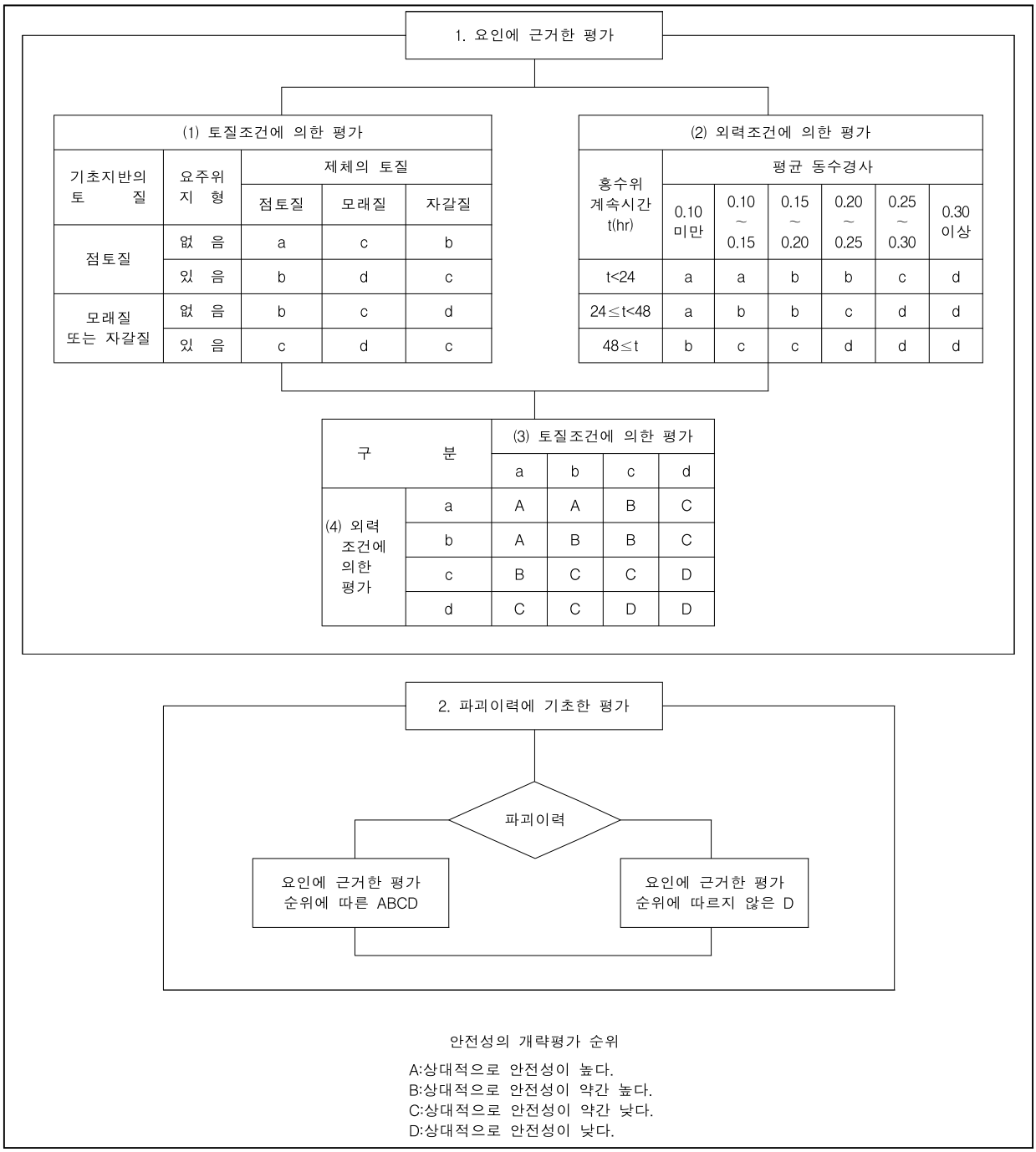
대상하천에 계획홍수량을 산정할 때 이용되는 수문곡선을 활용하여 대상지점에 대한 부정류해석을 통해 홍수지속시간에 대한 시간별 수위를 설정한다.

1.1.5 침투에 대한 안정성 평가

제방에 대한 안정성 평가는 모든 제방에 대해 상세한 평가를 실시하는 것은 많은 시간과 경비가 소요되므로, 개략적인 안정성을 평가하여 침투에 대한 취약한 제방을 선정하고 이를 대상으로 상세한 안정성 평가를 실시하는 것이 효율적이다.

개략적인 안정성 평가는 토질조건(요주의 지형, 점토질 지반, 사질지반, 사력질 지반 등), 외력조건(홍수위 지속시간, 평균동수경사 등), 과거 제방파괴이력 등을 고려하여 경험적인 평가표에 의해 개략적인 평가를 시행한다.

제방의 침투에 대한 개략적인 안정성 평가는 (그림 1.1-2)의 절차에 따라 평가하여 C, D등급으로 판정되면, 침투류 등 상세한 검토를 수행하여 누수 발생 가능성이 있다고 판단될 경우 대책을 수립하여야 한다.



(그림 1.1-2) **< 제방침투에 대한 안정성 평가(일본) >**

1.1.6 침투류 검토

제방의 침투해석을 위한 설계홍수파 산정은 정상 침투해석과 비정상 침투해석이 있다. 외국의 대하천 경우 홍수지속시간이 길게 나타나기 때문에 하천의 고수위를 댐에서처럼 정상상태로 해석을 하나 우리나라 하천의 경우 홍수지속시간이 짧아 홍수위를 정상상태로 해석할 경우 과대한 외력을 주게 되므로 시간에 따른 수위변화를 고려한 비정상의 포화, 불포화 해석을 원칙으로 한다.

가. Mononobe(物部)의 경험식

국내실무에서 제체 침투해석은 제체 침윤선이 제체 하부에 위치하도록 하는 Mononobe의 경험식이 많이 사용되고 있으며, 지반누수는 한계동수경사, 한계유속, 크리프비 등에 의한 판정에 의해 안정성을 검토하고 있다.

Mononobe는 홍수시 제방에 형성되는 침윤선의 최대 이동거리(L_{max})는 축제 재료의 투수계수(K), 간극률(λ), 수심(H), 홍수지체시간(△t)에 의해 결정된다고 가정하였다. 홍수지체시간이란 제방의 수위가 A점에 도달한 시간으로부터 최고수위 B지점을 지나서 C점에 도달할 때의 시간이다.

침윤선은 먼저 최대침윤거리를 산정하고 제방의 사면에서 홍수심의 3/4지점을 원점으로 하는 포물선으로 작성한다.

◎ Mononobe(物部)의 침윤선 공식

$L_{max} = C\sqrt{(K/\lambda)H_0}\ \triangle t$

$Y = H_0 - (1-X^2/L_{max}^2)$

여기서, L_{max} : 침윤선의 최대전진거리(m)

Y : 침윤선의 곡선방정식

H_0 : 홍수위 높이의 3/4되는 수심(m)

H_{max} : 최고홍수시 수심(m)

△t : 홍수지체시간(hr)

K : 축제재료의 투수계수(m/sec)

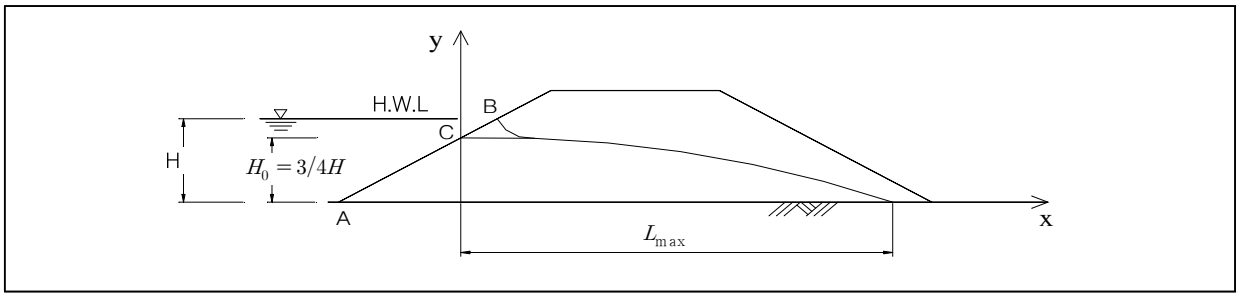
λ : 제체를 형성하는 재료의 간극률(%)

C : 계수

< Mononobe 계수(C) >

(표 1.1-1) (단위:m/sec)

구 분	토 제	세사제	자 갈	비 고
C	2.00	3.66	6.92	



(그림 1.1-3) **< 홍수지체시간의 개요도 >**

나. 2차원침투해석 기본이론

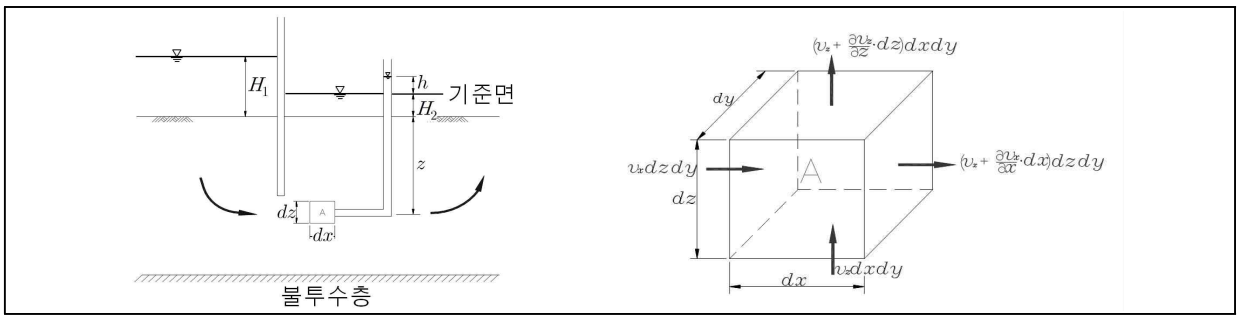
흙 속을 흐르는 물의 흐름(침투)은 속도와 동수경사가 흙을 통하는 동안 변하는 특성을 가지며, 이와 같은 흐름에 관한 문제는 2차원 흐름인 경우 일반적으로 유선망을 사용하는 도해법으로 구하거나 수치해석법(유한 요소법 등)을 도입하여 편미분 방정식의 해를 구할 수 있다.

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.

아래그림에서 한 요소(A)의 유입량 및 유출량을 고려하면

q_{in}(유입량) $= v_x dydz + v_z dxdy$

q_{out}(유출량) $= (v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot dx) dydz + (v_z + \frac{\partial v_z}{\partial z} \cdot dz) dxdy$



(그림 1.1-4) **< 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 Laplace 방정식이 된다.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

편미분 방정식 또는 흙의 등방성을 가정한 Laplace 방정식을 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.

다. 파이핑(Piping) 검토

1) 한계동수경사에 의한 방법

파이핑 현상을 일으키는 한계동수경사는 Terzaghi의 다음 식으로 계산한다.

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1)$$

여기서, i_c : 한계동수경사

h : 제방의 전 수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

G_s : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극률

분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 i_c는 0.5~0.8로 본다. 침투류 해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

2) 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 1.1-2)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 1.1-2)

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

$$V = \sqrt{\frac{Wg}{A\gamma_\omega}}$$

여기서, W : 토립자의 수중중량(g)

A : 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(㎠)

γ_ω : 물의 단위체적 중량(g/㎤)

g : 중력가속도(㎝/sec²)

3) 가중크리프(Creep) 비에 의한 방법

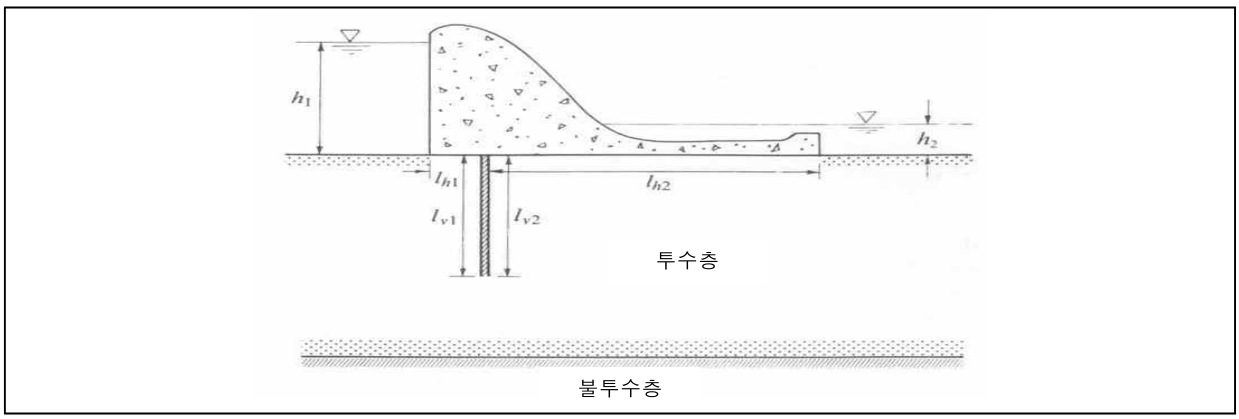
가) Lane이 제안한 경험적 방법으로 가중크리프비를 구하여 가중크리프비 계수(안전치)보다 큰 경우 파이핑에 대해 안정한 것으로 판단한다.

- 가중크리프비 (CR) = $\frac{l_w}{h_1 - h_2}$

여기서, l_w : 가중크리프 거리, $l_w = \frac{\Sigma l_h}{3} + \Sigma l_v$

Σl_h : 최단거리의 유선을 따라 수평거리의 합 = $l_{h1} + l_{h2}$

$\Sigma l_v \Sigma$ lv : 최단거리의 유선을 따라 수직거리의 합 = $l_{v1} + l_{v2}$



나) 블라이(Bligh) 공식

$L_1 = 0.6 \cdot C \cdot \sqrt{H_a}$로부터

$$C = \frac{L_1}{0.6\sqrt{H_a}}$$

여기서, L_1 : 유로길이(m),

H_a : 상하류 수두차 (m)

C : 블라이(Bligh) 계수

< Lane 가중크리프비 및 Bligh C값 >

(표 1.1-3)

흙의 종류	Lane 가중크리프비	Bligh C값
매우 가는 모래, 실트 (0.05~0.1㎜)	8.5	18
가는 모래 (0.1~0.25㎜)	7.0	15
중간 모래 (0.1~0.25㎜)	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	

1.1.7 제체 침투 안정성 검토

침투 안정성을 검토는 제방 쌓기 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 횡단면을 선정하여 분석한다.

가. 해석조건

< 침투해석 조건 >

(표 1.1-4)

구 분	선정기준	수위조건	해석단면
홍수위시	- 쌓기고가 높은 단면	비정상침투	제내지측
수위급강하시	- 제내지로 침투우려가 있는 단면	비정상침투	제외지측

나. 기준안전율

< 기준 안전율 >

(표 1.1-5)

구 분	기 준 안 전 율	적 용
NAVFAC DM -7.1	2.0 이상	◎
댐설계 기준	2.0 이상	
Roy E. Hunt	3.0 이상	

다. 투수계수 산정

투수계수는 침투해석에 있어 가장 중요한 인자이다. 지반조사시, 지층별 지반밀도별로 구분하여 현장 및 실내투수시험을 시행하되, 동일 지층내에서도 느슨한 지층을 우선하여 시험하여야 한다. 각 제방에 대해 지층별 투수계수 시험값을 우선으로 하여 분포경향을 파악한 후 문헌 값과 비교하여 시험 결과의 적합성을 판단한다.

1) 투수계수 선정절차

- 각 제방에서 시행된 현장투수시험 및 실내투수시험 결과 확인
- 각 제방의 매립토층(기존제체)과 퇴적토층을 구분하여 통일분류법을 사용하여 구성성분을 구분 후, 기 시행된 시험과 비교 분석
- 분석된 토층 및 구성성분에 따른 투수계수를 문헌값과 비교
- 현장 및 실내투수시험 결과와 문헌값을 분석하여 투수계수의 적정성 검토
- 각 제방별 시험값, 경험값 등을 종합하여 각 시추공별 단면에 대한 적정 투수계수를 산정한다.

2) 일반적인 지반의 투수계수 경험식 및 문헌값

가) 경험식(Hazen의 근사식)

$$K = C(D_{10})^2 \ cm/sec$$

여기서, K : 투수계수(㎝/S)

D_{10} : 유효입경(㎝)

C : 형상계수((표 1.1-6) 참조)

< Hazen식의 형상계수 >

(표 1.1-6)

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 문헌값

< 각종 흙의 대표적 투수계수 >

(표 1.1-7)

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

< 축제 재료별 투수계수 >

(표 1.1-8) (단위:cm/sec)

토 사	가는 모래를 포함한 토사	조그만 돌을 포함한 토사(Loan)
$1.67\times10^{-3} \sim 2.78\times10^{-3}$	$1.67\times10^{-2} \sim 2.78\times10^{-2}$	$2.78\times10^{-2} \sim 5.56\times10^{-2}$

주) 자료출처 : 하천공학(山本三朗 p.268)

< Creager에 의한 D_{20}과 투수계수(K)간의 상관관계 >

(표 1.1-9)

D_{20} (㎜)	k(cm/s)	토질분류	D_{20} (㎜)	k (cm/s)	토질분류
0.005	3.00×10^{-6}	점 토	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}	매 우 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	잔 자 갈
0.14	3.80×10^{-3}				
0.16	5.10×10^{-3}				

주) 자료출처 : 토질역학핸드북(일본토질공학회, 1985)

< 여러 재료에 대한 전형적인 투수계수 값(종류) >

(표 1.1-10)

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 : 지반공학핸드북 (엔지니어즈, p.85)

< 투수계수의 개략치(1) >

(표 1.1-11)

10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^{2}	cm/s
10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^{2}	10^{3}	10^{4}	10^{5}		ft/day
⇐ 균 질 점 토		실 트 / 균열점토 및 풍화점토			모 래		자 갈		⇒		
불투수			투수불량						투수양호		

주) 자료출처 : 토질역학(김상규, p83)

< 투수계수의 개략치(2) >

(표 1.1-12)

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)

< Permeability of sands and sand-gravel mixtures >

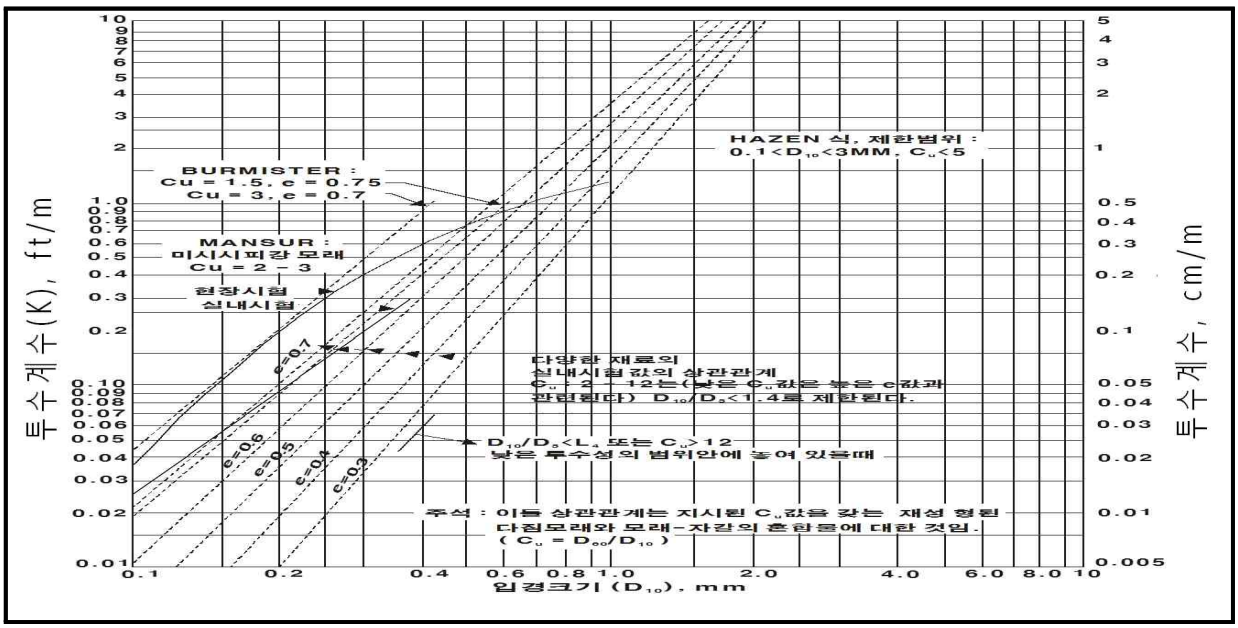
(표 1.1-13)

Type of soil	Coefficient of permeability, 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)

< 흙의 입경에 따른 투수계수의 값 (NAVFAC DM7.2 - p131) >

(표 1.1-14)



< 암과 흙의 전형적인 투수계수 >

(표 1.1-15)

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
배수불량	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
배수양호	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)

1.1.8 차수공법의 선정

누수원인으로는 여러 종류가 있지만, 침투에 대한 개략적인 안정성 평가와 현장조사 및 지역주민에게 문의하여 누수 장소와 그 원인을 잘 파악하고 원인이 나타나면 보수 등 적절한 공법에 의한 방지대책을 실시한다.

차수공법으로는 제체 누수 방지공법, 차수공법, 기타 공법 등으로 나눌 수 있으나 본 장에서는 차수공법에 대해서만 취급한다.

설계시 공법선정을 위해 필요할 경우 시험시공비를 설계비에 반영하고, 차수공 설치가 필요하다고 선정된 구간은 추가 토질조사를 실시하여 시공시 심도 및 공법변경이 최소화 되도록 조치하여야 하며, 설계시 반영하지 못한 곳은 추가토질조사비와 장비선정 및 시공방법 결정을 위한 시험시공비를 공사비에 반영하여야 한다.

가. 제체누수 방지

1) 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 제체하부에 위치하도록 해야 하며, 지반누수가 있을 경우에는 적절한 대책공법을 강구한다. 지반의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내지측 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생하므로, 이에 대한 안정성을 검토한다. 일반적으로 제체누수 방지 방법은 다음과 같다.

가) 침투성이 작은 제체 재료를 선택한다.

나) 제방단면의 크기를 충분히 크게 한다.

다) 다짐을 충분히 한다.

라) 비탈면을 불투수층 재료로 덮는다.

마) 뒷비탈 끝에 투수성 재료의 메돌붙임 등으로 배수를 좋게 한다

바) 차수벽을 설치하여 침투길이를 연장한다.

2) 제방에서의 누수는 비탈면 붕괴, 제방파괴 등의 원인이 되므로 적절한 대책을 강구한다, 한편, 배수통문의 설치는 제체누수의 주요 원인이 되므로 누수가 우려되는 지점에 대하여는 적절한 대책을 강구한다.

나. 지반누수 방지

1) 제외지측 비탈면 끝단 부근에 시트 월, 강널말뚝 등을 설치하거나 점토로 치환한다.

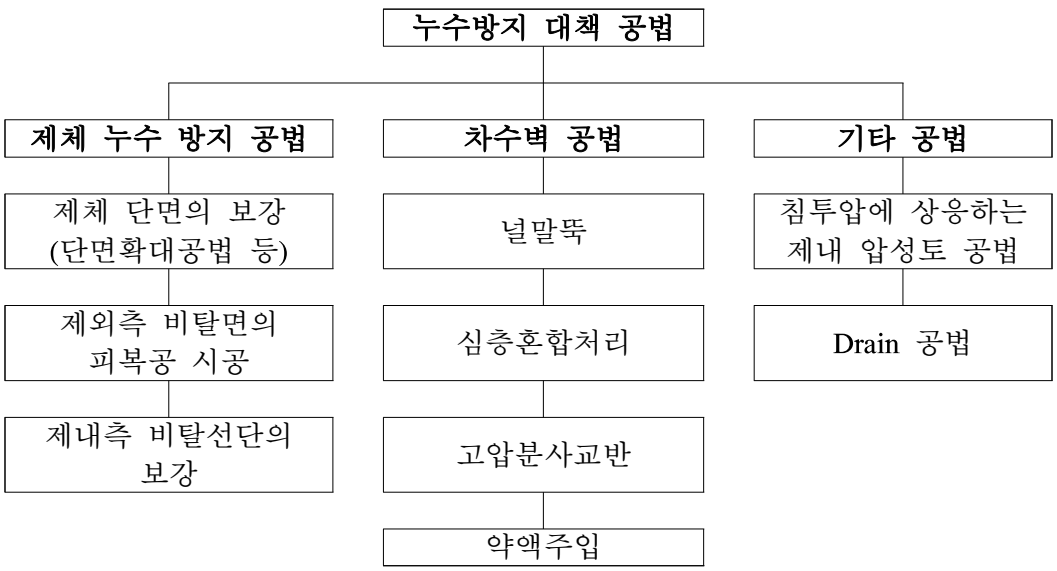
2) 차수벽을 설치하여 침투길이를 연장한다.

다. 제방횡단구조물 누수방지

1) 제방횡단 구조물은 여러 가지가 있으나 누수방지 방법은 거의 동일하다. 일반적으로 배수통문은 콘크리트로 제작되어 제체 토사와 중량 및 강성 등의 차이로 다짐밀착의 어려움과 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 접속부의 변형 등을 조사하여, 보강이 필요한 장소의 경우 적절한 대책을 강구하여야 한다. 제방의 침투에 대한 안정성 확보를 위한 대책공법을 분류하면 다음과 같다.

< 안정성 확보를 위한 대책공법 >

(표 1.1-16)

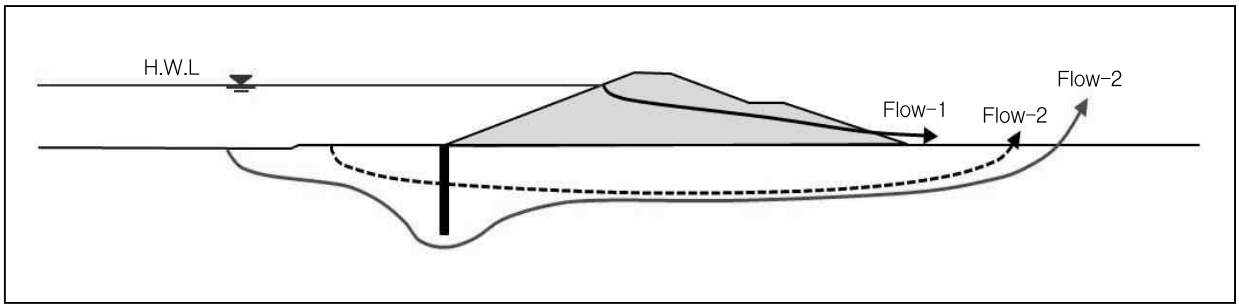


2) 제체 누수 방지 공법 중에 단면확대공법은 제내지측 확장을 원칙으로 하되, 불가피한 경우 제외지측 보강을 실시할 때는 수리학적 안정성을 유지해야 하며, 하천기본계획의 범위 내에서 한다.

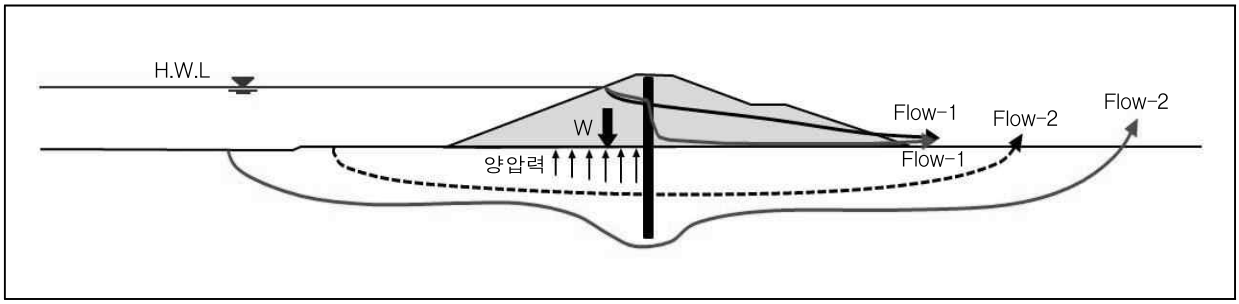
1.1.9 제방 차수공 설계

가. 설치위치 선정

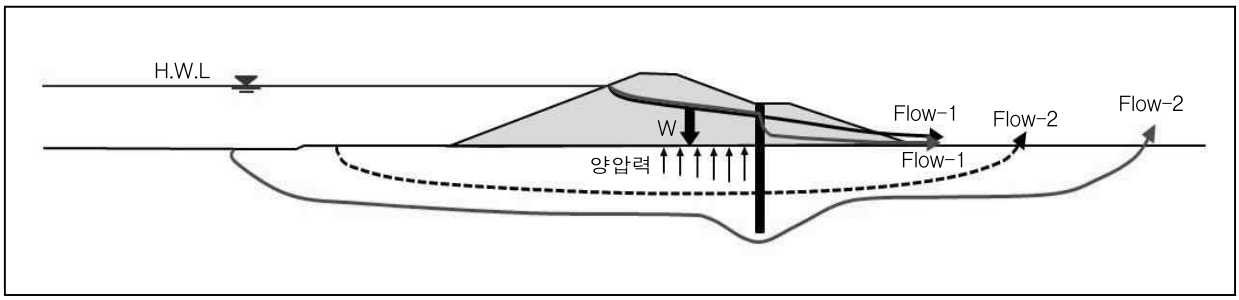
횡단면상에서 차수공법의 위치 선정은 앞비탈 기슭, 둑마루, 소단 부근(뒷비탈 턱), 뒷비탈 기슭의 기초지반에 차수공을 설치하는 방법이 있다. 차수공 설치 위치는 특별한 사유가 없는 한 (그림 1.1-6)과 같이 제방 둑마루부에 설치하는 것을 원칙으로 한다.



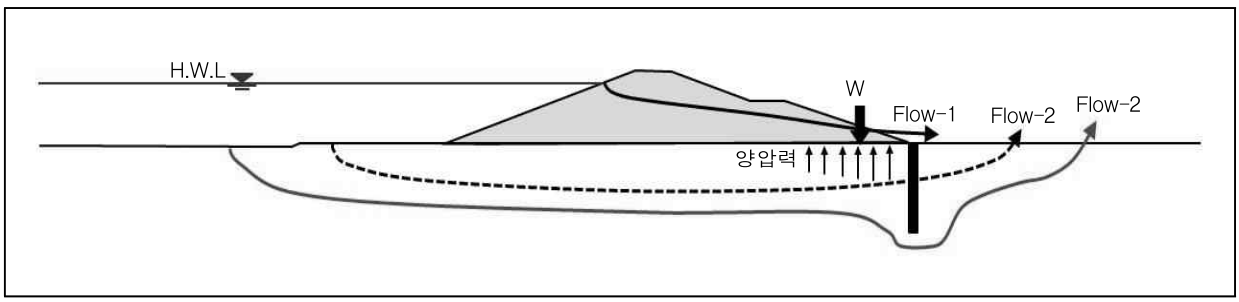
(그림 1.1-5) **< 앞비탈 기슭 차수공 설치도 >**



(그림 1.1-6) **< 둑마루부 차수공 설치도 >**



(그림 1.1-7) **< 뒷비탈 턱[소단] 차수공 설치도 >**



(그림 1.1-8) **< 뒷비탈 기슭 차수공 설치도 >**

1) 차수공을 앞비탈 기슭에 설치하는 방법은 하부지반을 통과하는 유로를 길어지게 하여 침투압을 감소시킬 수 있으며, 기초지반 침투만을 고려한다면 가장 경제적인 방법이다. 또한 본 방법은 양압력에 의한 제체 교란이 발생하지 않는 장점이 있으나, 대형 시공장비의 현장 진입이 용이하지 않다는 단점이 있다.
2) 차수공을 둑마루부에 설치하는 방법은 제체를 통과하는 상부 유로와 하부지반을 통과하는 유로를 동시에 길어지게 하여 침투압을 크게 감소시킬 수 있다. 또한 본 방법은 발생 양압력이 제방의 토피하중으로 인하여 그 영향이 최소화되는 경향이 있으며, 상대적으로 차수공 시공길이가 길어지므로 경제성을 충분히 검토하여야 한다.
3) 차수공을 뒷비탈면 소단부에 설치하는 방법은 둑마루부에 설치하는 방법보다 경제성 측면에서 장점이 있으나, 양압력 및 차수벽 상단을 통한 소단부 제체 누수에 대한 충분한 검토가 요구된다.

나. 설치기준

1) 차수공의 상단높이는 계획홍수위까지 설치하는 것을 원칙으로 한다.
2) 차수공 길이는 제내지의 용수 취수에 대해서도 검토하여 취수가 가능하도록 하여야 한다.
3) 차수공법은 널말뚝공법, 주입공법, 심층혼합처리공법, 고압분사 교반공법 등으로 선정하되, 세분류에 따른 공법선정은 각각 현장조건이 다르고 공법개발회사에서 제시하는 조건이 일반화되어 있지 않으므로 설계단계에서는 공법별 장·단점을 비교하여 적용한다.
4) 세분류에 따른 공법 선정은 제반 현장 여건과 공법개발회사의 능력, 공사 시방서에 제시하는 조건 등을 종합적으로 고려하여 시공회사가 검토하여 선정한 후 감독관의 승인을 득하여 시행하는 것으로 한다.
5) 동일한 제방에서 차수공법이 변경될 경우 연결부에서 누수가 발생되지 않도록 3.0m 이상 중복되게 겹쳐 시공하여야 한다.

다. 차수공의 설치 깊이

1) 차수공의 설치 깊이는 파이핑에 대하여 안전율을 확보할 수 있는 깊이까지 설치한다.
2) 차수공 설치 시 관정에 의한 취수와 원활한 지하배수 등 지하수위의 변화를 최소화하기 위해서 불투수지점까지 차수공을 설치하지 않아야 한다.
3) 차수공 설치만으로 제방의 안전율 확보가 어려운 경우는 침윤선을 연장하는 방법(단면확장, 압성토공법) 등을 강구해야 한다.

1.1.10 구조물 차수공 설계

가. 구조물 주변에서 제방 붕괴원인

1) 제방에 설치하는 구조물은 대부분 암거 구조물이며 암거 설치 시 암거 내공단면 만큼 흙의 중량이 감소함으로써 유효응력이 감소된다. 이때 구조물 기초 부분에서는 연직 응력이 감소한 만큼 흙의 전단강도가 저하되어 지반이 연약한 상태로 된다.

   연약지반의 경우 유효응력을 변화시키면 지반의 변형을 일으키게 되며 흙의 압축, 신장, 뒤틀림 현상이 발생되고 이들은 독립적 혹은 상호간에 복잡하게 작용하여 변형정도를 정량적으로 나타내기는 어렵다.

2) 또한 굴착 후 암거를 설치하는 경우 암거상부의 되메움 흙이 침하하고 인접부에서 상부로의 마찰저항이 발생하여 암거 상부에 작용하는 하중은 토사의 중량보다 감소되어 기초지반의 연직 유효응력은 더욱 작아지게 된다.

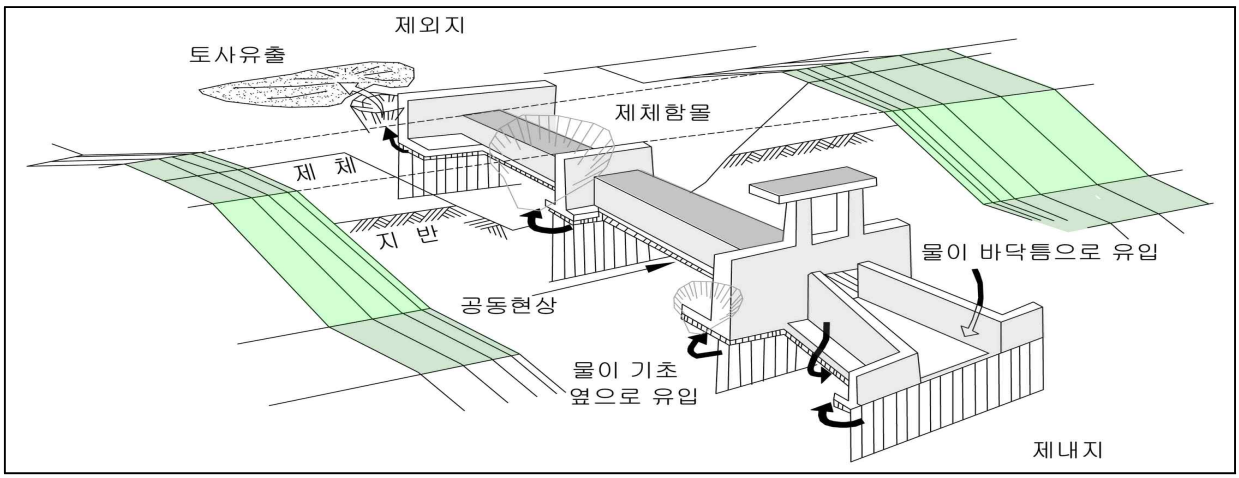
3) 강우시에 구조물 하단부 이상까지 수위가 상승하여 일정기간 제방을 포화시킨 후 수위 하강시에 유효응력이 현저히 감소하면서 흙의 전단강도가 감소된다.

나. 구조물 하부 세굴

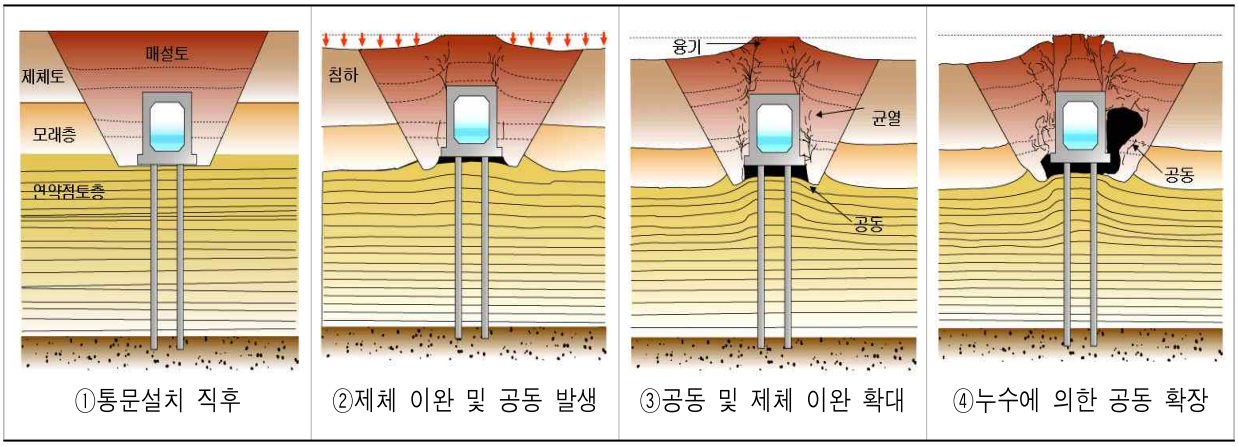
1) 구조물 기초지반의 전단강도가 감소된 상태에서 제방수위 하강시 토사 세립분의 유출로 인하여 구조물 기초지반에 작은 공간이 발생하고 계속된 수위상승, 하강시 진행성으로 침투가 되어 점점 큰 공간이 발생한다.

2) 특히 구조물을 파일(Pile) 기초로 하는 경우에는 파일(Pile)은 강성으로 구조물을 지지하고 있는 반면 주변 흙은 잔류 침하 및 유효응력 감소로 인한 전단강도가 저하되어 유수침투에 의해 쉽게 세굴된다. 또한, 연약지반상에서 말뚝기초 적용시 말뚝 주변지반이 침하시 말뚝으로 지지하는 암거만 침하가 발생하지 않게 되어 말뚝에 불필요한 하중이 추가되어 구조적으로 불리하다.

3) 암거구조물 측벽도 다짐이 쉽지 않아 전단강도가 저하되어 세굴되기 쉬운 상태가 된다.



(그림 1.1-9) **< 배수문주변 연약지반 침하에 의한 접합부의 균열 및 공동발생 >**



(그림 1.1-10) **< 배수문주변 연약지반 침하에 의한 접합부의 균열 및 공동발생 개념도 >**

다. 구조물 보강대책

제방을 횡단하는 구조물과 토사의 접촉부는 누수의 원인을 제공하기 때문에 제내지 지반이 제외측 계획홍수위 보다 높은 굴입하도, 불투성 지반 위에 콘크리트로 설치한 제방 등 침투우려가 없다고 확인된 경우를 제외한 모든 제방 횡단 구조물은 중앙차수벽을 설치하여야 한다.

1) 신설 구조물

가) 중앙 차수공

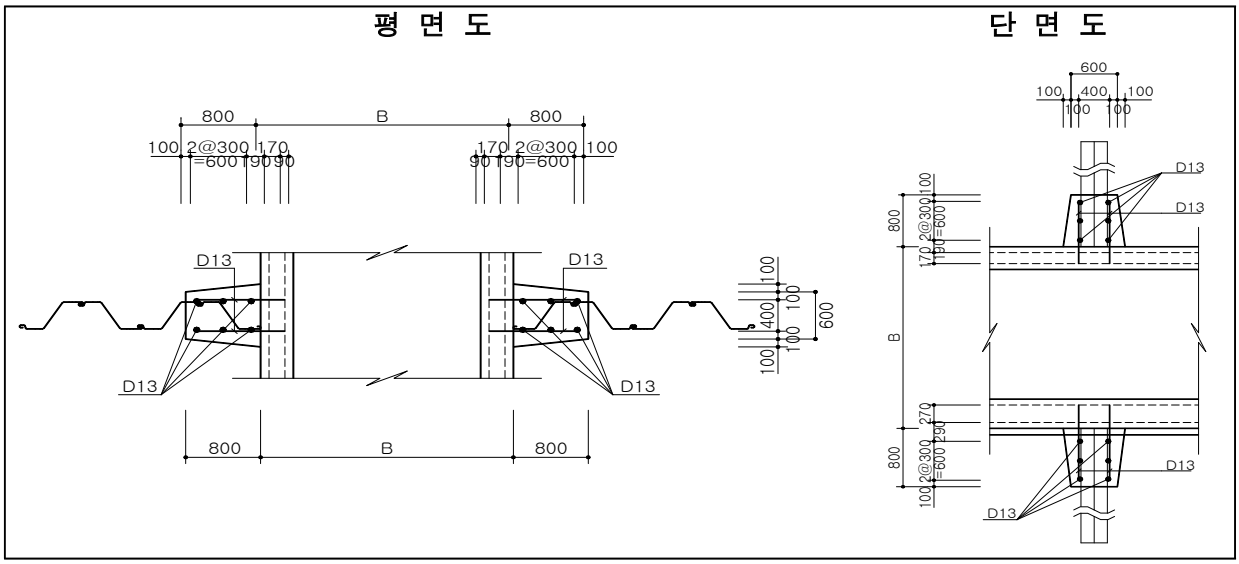
(1) 중앙차수벽은 강널말뚝(Steel Sheet Pile)을 원칙으로 하되 현지 여건을 감안하여 공법을 조정할 수 있다.

(2) 차수벽 설치폭은 구조물 설치폭에 외벽에서 좌·우측으로 각각 15m 이상 또는 터파기폭에 좌·우측 여유폭 각각 5m을 합한 길이 중 큰 값으로 한다.

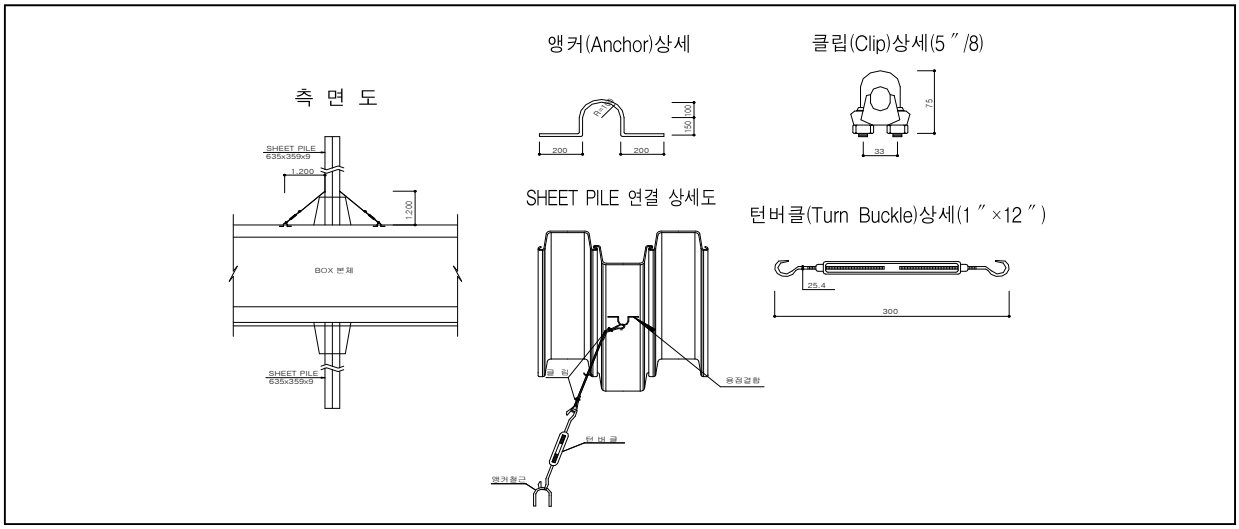
(3) 차수벽 상단은 계획홍수위까지 설치한다.

(4) 구조물 중앙차수벽 설치깊이는 제체부 중앙차수공이 설치될 경우 그 깊이보다 짧게 설치하여서는 안 된다. 제체에 차수공을 설치하지 않을 경우에도 침투류 계산을 실시하여 차수벽 소요깊이를 산정하여 설치한다. 차수벽 최소 설치깊이는 구조물 바닥판 하부에서 5m 이상 설치하는 것을 원칙으로 하고, 5m 이내에서 기반암이 나타날 경우는 조정하여 설치할 수 있다.

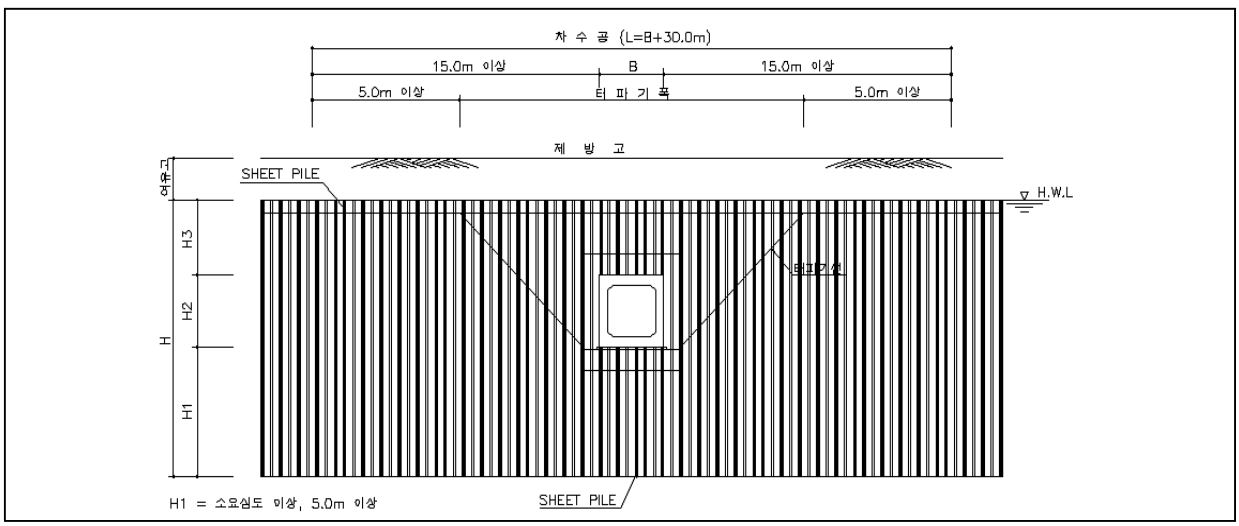
(5) 널말뚝과 구조물 외벽의 연결부는 (그림 1.1-11)과 같이 콘크리트를 타설하여 누수를 방지하여야 하며, 연결 콘크리트를 설치하지 않을 경우에는 기존 구조물 보강방법과 같이 주입공법(Grout)으로 연장 3m 이상 2렬 보강하고, 벽체를 따라 강널말뚝 중심에서 양측으로 각 3m 이상씩 보강 설치하는 것으로 한다.



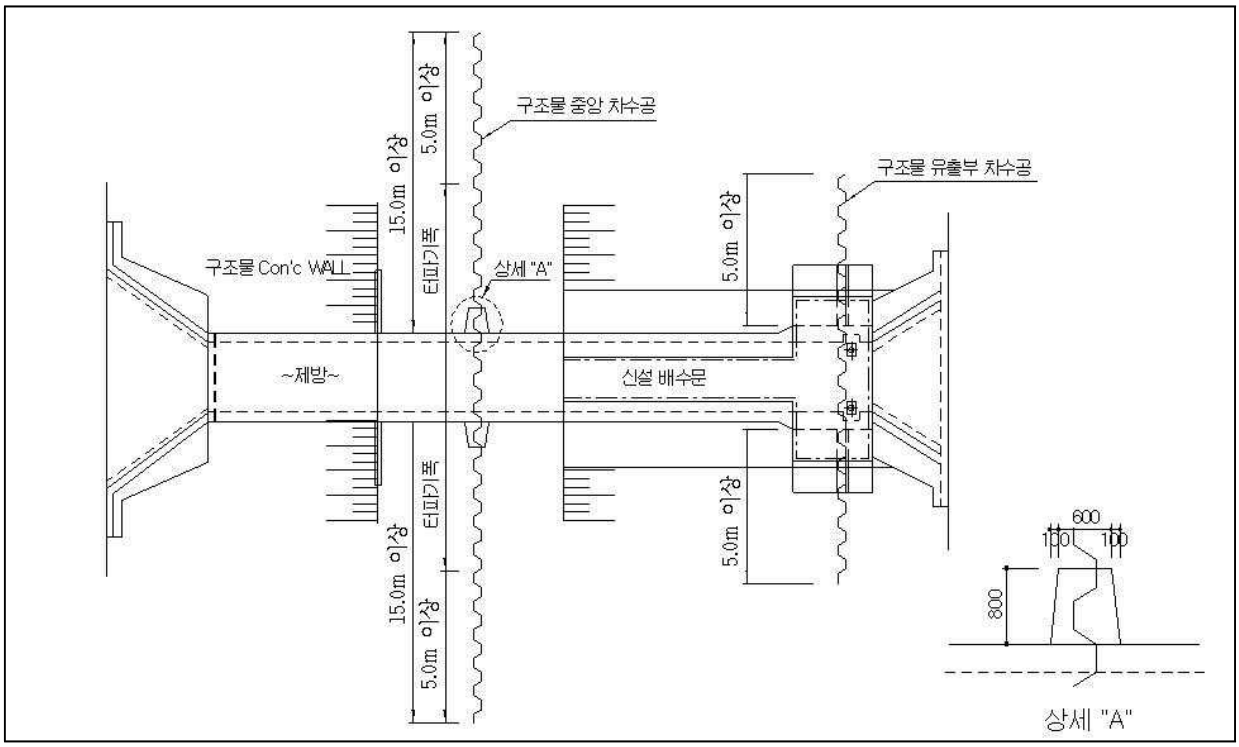
(그림 1.1-11) **< Sheet pile 차수벽 설치 접합부 상세도-1 >**



(그림 1.1-12) **< Sheet pile 차수벽 설치 접합부 상세도-2 >**



(그림 1.1-13) **< Sheet pile 차수벽 설치 단면도 >**



(그림 1.1-14) **< 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 권양대 바닥 콘크리트 하단으로부터 5m 깊이까지를 원칙으로 하되, 5m 이내에 기반암이 분포할 경우 현장 여건을 감안하여 조정한다.

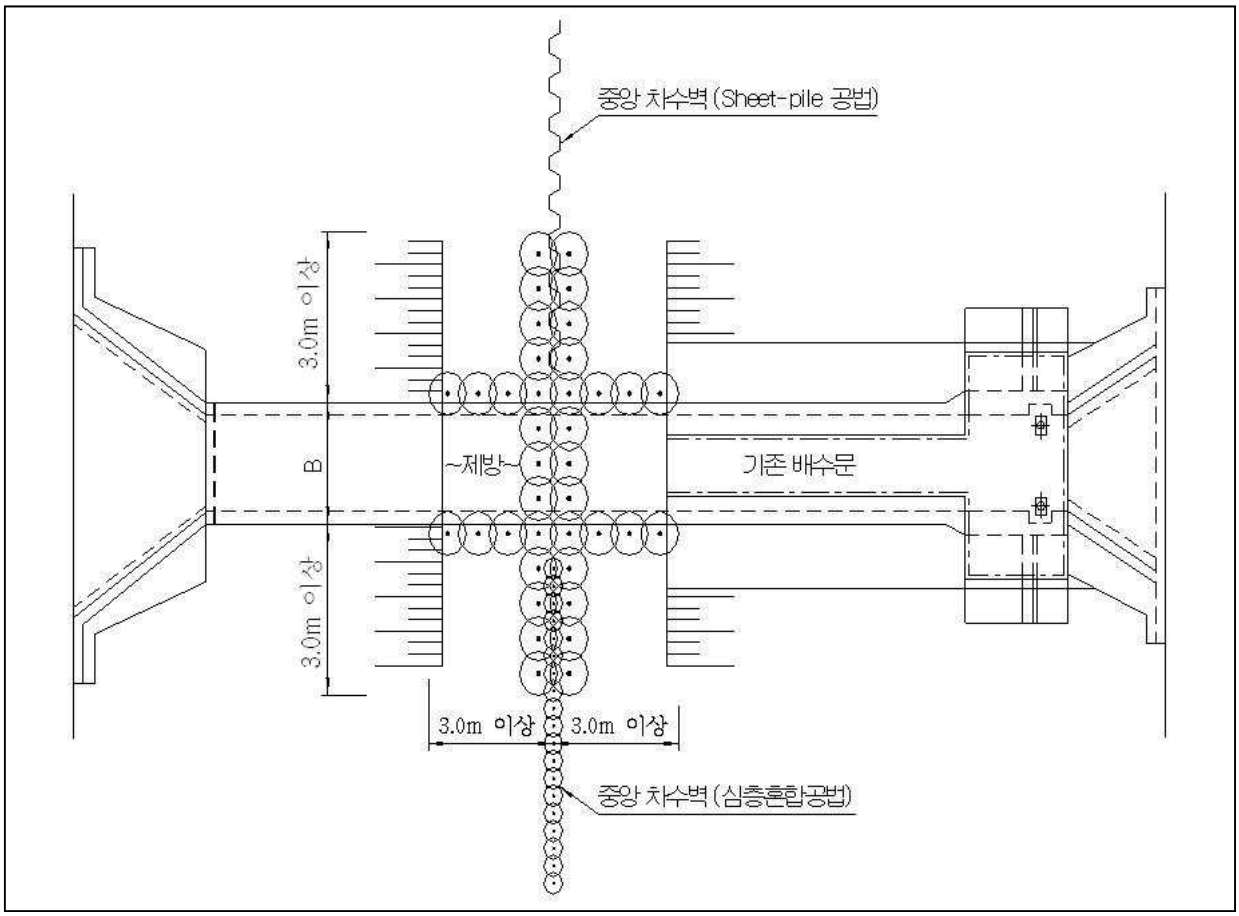
2) 기존 구조물 차수공

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 계획홍수위까지 설치하고, 차수벽 설치깊이는 제방에서 차수공이 설치될 경우 그 깊이보다 짧게 설치하여서는 안 된다. 차수벽 최소 설치깊이는 구조물 바닥판 하부에서 5m 이상 깊이까지 설치하는 것을 원칙으로 하고, 5m 이내에서 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 1.1-15) **< 제방과 구조물에 차수시설을 함께 설치하는 경우 >**

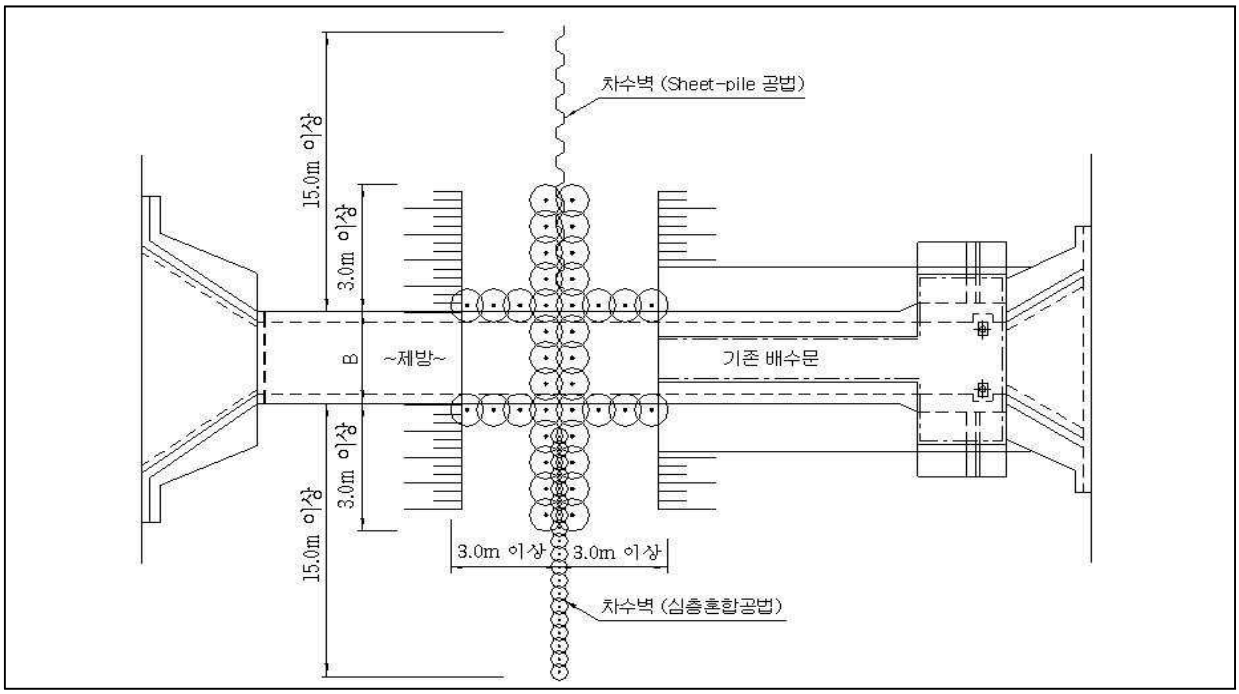
나) 제방에는 차수시설이 없으나 구조물에는 차수가 필요한 경우

(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 계획홍수위까지 설치하고, 차수벽 설치깊이는 침투류 계산을 실시하여 차수벽 소요깊이를 산정하여 설치한다. 차수벽 최소 설치깊이는 구조물 바닥판 하부에서 5m 이상 설치하는 것을 원칙으로 하고, 5m 이내에서 기반암이 나타날 경우는 조정하여 설치할 수 있다.

(4) 배수구조물의 하부는 철근이 손상되지 않도록 주의하여 천공한 후 주입공법 또는 고압분사 교반공법으로 설치한다.

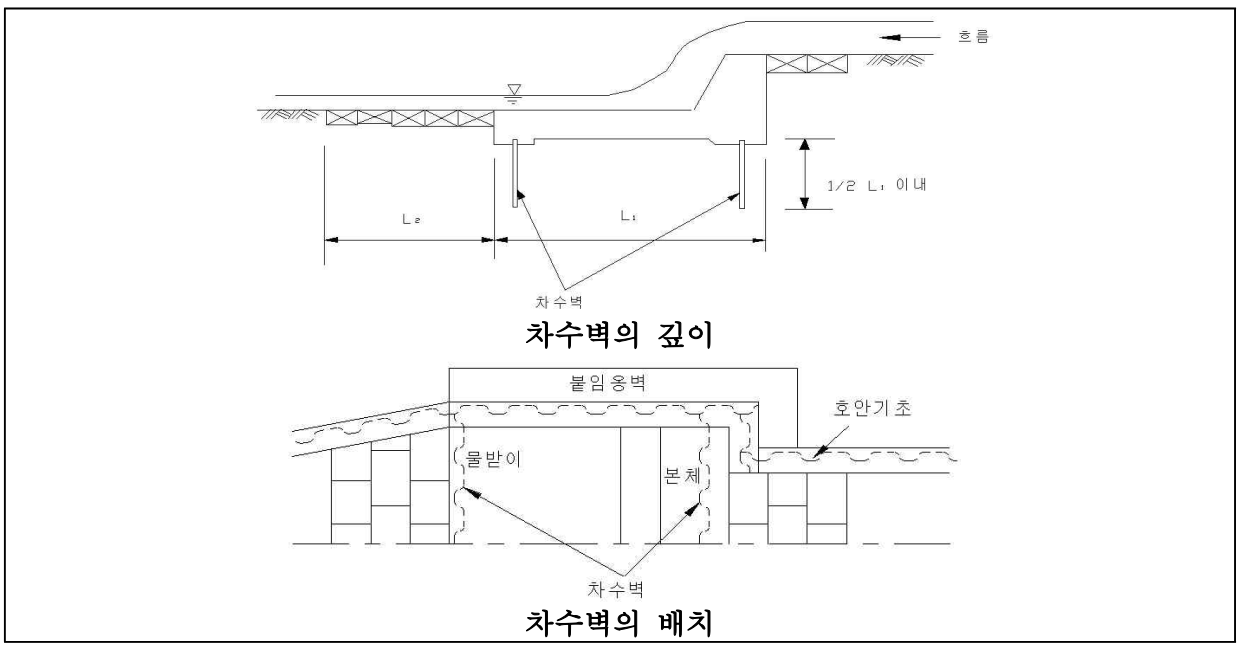


(그림 1.1-16) **< 제방에는 차수시설이 없으나 구조물에는 차수가 필요한 경우 >**

3) 하상유지시설 차수공

가) 차수벽은 상하류 수위차에 의해 발생하는 양압력과 파이핑 작용을 감소시키기 위해 설치하는 것으로, 기초지반이 견고하여 파이핑 작용을 무시할 수 있을 때에는 설치할 필요가 없다.

나) 고수부지의 지질상황에 따라서 하상유지시설의 하안부에도 물이 침투하는 경우가 있다. 따라서 하상유지시설 주변 고수부지의 지질상태를 조사하여 파이핑의 가능성이 있을 때에는 이것을 방지하기 위하여 하안부에도 차수벽을 설치할 필요가 있다.

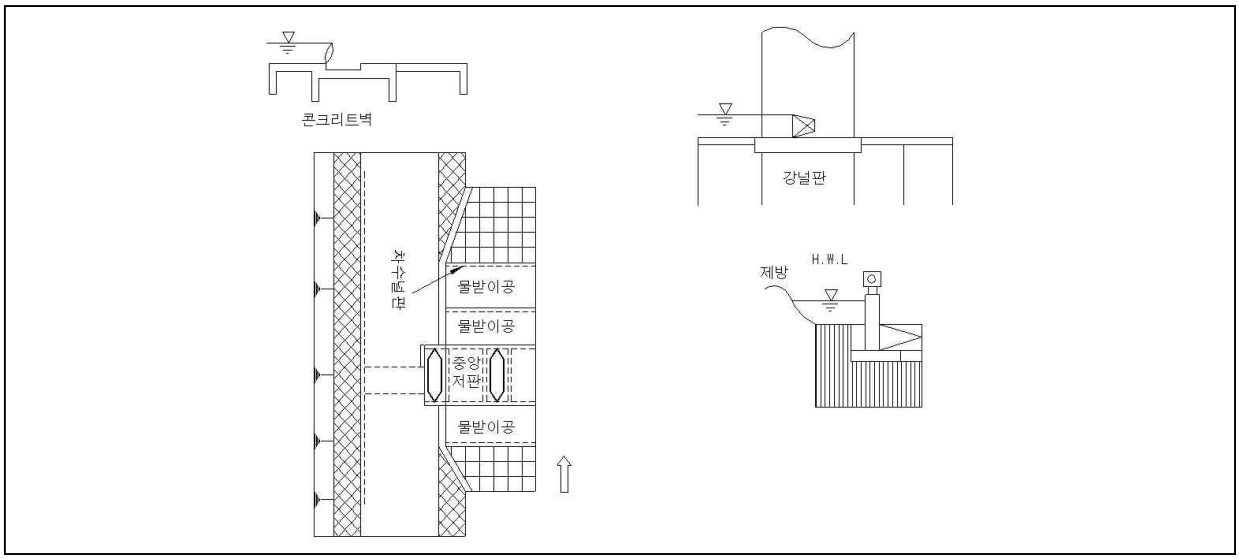


(그림 1.1-17) **< 하상유지시설에서의 차수공 >**

4) 보의 차수공

가) 보를 투수성 지반에 설치할 때는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 충분한 투수로 길이를 확보해야 하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수벽을 설치한다.

나) 차수벽은 원칙적으로 콘크리트, 강널말뚝, 케이슨 등을 사용하여 설치하고 상하류의 수위차에 의해 생기는 침투수의 동수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계해야 한다.

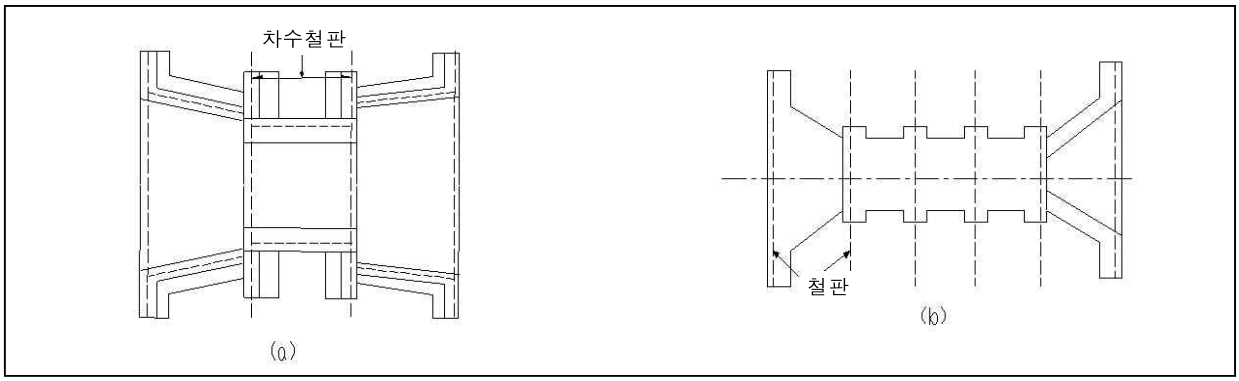


(그림 1.1-18) **< 보에서의 차수공 >**

5) 수문의 차수공

가) 수문의 차수벽은 그림과 같이 각각 배치하며 그 재료는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선택하며 그 깊이, 길이, 설치위치는 파이핑 현상이 일어나지 않도록 검토하여 결정한다.

나) 특히 통문, 통관에는 침투수류에 의해 암거 주변에 파이핑이 생기는 것을 막기 위해 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.

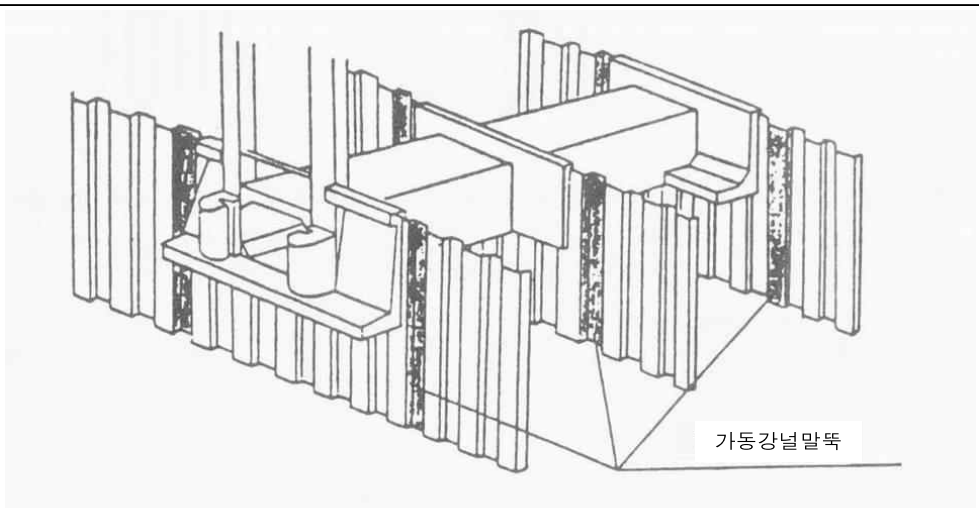


(그림 1.1-19) **< 수문에서의 차수공 >**

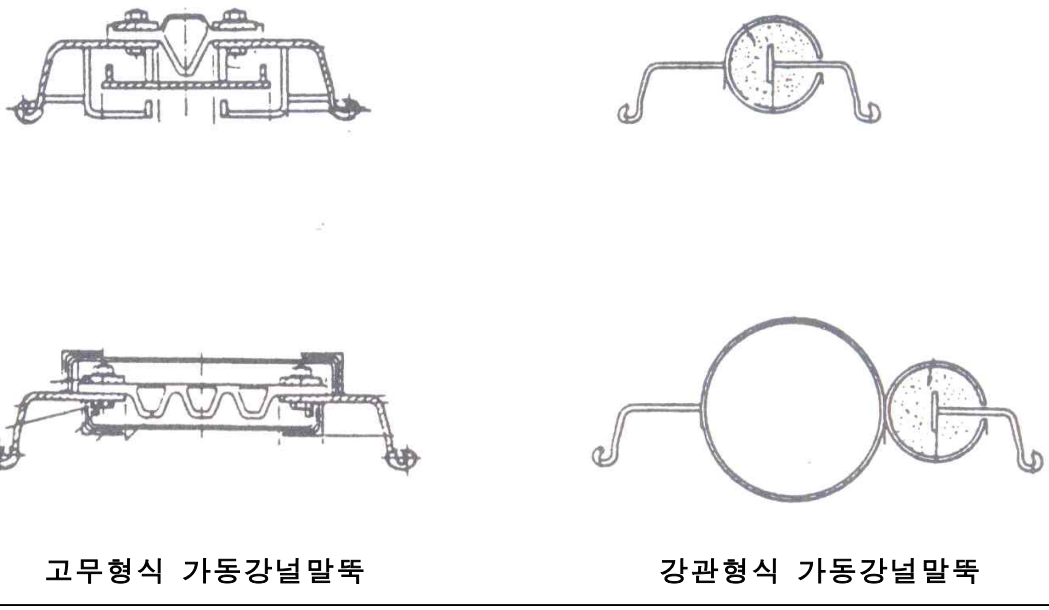
라 가동강널말뚝 설치

연약지반 등에 설치되는 구조물에 연결하여 차수용 강널말뚝을 설치할 경우 부등침하나 배면토압 등에 의해 변위가 생기는 경우가 있다. 이 변위가 구조물에 손상을 주지 않도록 구조물과 차수강널말뚝의 접촉부근에 변위를 흡수하기 위한 가동강널말뚝을 적용하는 경우도 있다.

가동강널말뚝은 흡수할 수 있는 변위량의 크기에 따라 선정하여야 하며 강관형식은 고무형식보다 흡수변위량이 큰 곳에 사용한다.



(그림 1.1-20) **< 가동강널말뚝 설치도 >**



(그림 1.1-21) **< 가동강널말뚝 상세도 >**

1.1.11 차수공 형식 결정

가. 개 요

1) 차수공을 설계할 때는 구조물의 중요도와 기초지반의 토질조건을 충분히 고려하여 공법을 결정해야 한다.

2) 기초지반이 점성토나 사질토층일 경우는 대부분의 차수공법이 시공 가능하나 사력층, 호박돌이 섞인 토층, 전석층에서는 시공성이 낮거나 불가능할 경우가 있으므로 신중하게 검토한다.

3) 차수공법 선정은 경제성, 시공성, 환경성, 제방손상 등 제반조건을 고려하여야 한다.

나. 차수공의 종류

국내에서 하천제방공사에 사용되고 있는 차수공법은 널말뚝공법, 주입공법, 심층혼합처리공법, 고압분사교반공법, 지중연속공법 등이 사용되고 있으며 주요 공법을 소개하면 아래와 같다.

1) 널말뚝공법

2) 심층혼합처리공법

3) 주입공법

- 일반주입(Cement Mortar Grouting)공법
- 약액주입공법
- 비약액주입공법

4) 고압분사교반(Jet Grouting)공법

5) 지중연속공법

< 일반적인 차수공법 비교표 >

(표 1.1-17)

구분	널말뚝공법	심층혼합처리공법	주입공법	고압분사교반공법	지중연속공법
공법 개요	공장 제작된 널말뚝의 이음부를 물리게하여 Water jet, 진동해머 등을 이용하여 지중에 타입하여 연속벽을 형성하는 방법	Earth Auger로 지반을 천공한 후 개량제를 주입하여 강제적으로 원래 토사와 교반혼합하여 소일시멘트 연속벽체를 형성하는 방법	지반을 천공한 후 케이싱이나 Rod를 이용하여 응결재와 첨가물을 주입하여 지반을 고결시키는 공법	공기를 동반한 초고압수를 지반 중에 회전 분사시켜 지반을 절삭해 그 슬라임을 지표에 배출시키고 경화제를 동시 충진시켜 원주상의 고결체를 조성하는 방법	벤토나이트 안정액으로 공벽의 안정을 유지하고 굴착 후 콘크리트 연속벽체를 조성하는 공법
신뢰성	벽체강성 및 내구성이 우수함. 이음매부에서 누수의 가능성이 있고, 길이가 긴 널말뚝 타설은 이음매부의 이탈 가능성 있음. 기설구조물과의 접합부 지수가 어렵다(주입공법의 병용)	벽체강성 및 내구성이 양호함. 시공심도가 20m 이상으로 깊고 1열 시공이 되는 경우는 시공 정밀도 등 조성말뚝 연결부에 다소 불안함. 피압상태하에서 시공은 토사와 시멘트의 혼합재 비중이 크므로 시공은 가능함.	저압주입으로 주입제의 침투가 용이하고 또 반복 주입에 의해 지반의 균일화가 가능함. 피압상태에서 시공은 외관주위로의 실 주입 등에 의해 방지할 수 있음. 약액주입은 알카리 용탈 작용으로 영구 구조물에서 신뢰도 낮음.	벽체강성 및 내구성이 양호함. 시공심도가 35m 이상으로 깊고 1열 시공이 되는 경우는 시공 정밀도 등 조성말뚝 연결부에 다소 불안함. 피압상태하에서 경화제가 피압수와 같이 배출되어서, 지반이 굳혀지지 않는 일이 있음.	벽체강성 및 내구성 우수함. 이음부의 차수가 취약할 수 있으나 차수성에 대한 신뢰도 가장 우수함.
	△	△	△	○	○
환경성	바이브로, 젯트 병용공법이므로 소음·진동은 적음. 수질오염우려가 없음	슬라임이 발생되며 모두 산업 폐기물임. 수중시공시 지하수 유동으로 수질오염 가능성 있음.	소음. 진동이 적음. 수중시공시 지하수 유동으로 수질오염 가능성 있음.	슬라임이 대량으로 배출되며 모두 산업 폐기물임. 수중시공의 경우는 지하수 유동으로 수질오염 가능성 있음.	무소음 무진동이나 안정액 등 폐기물 발생량이 많음.
	○	△	△	△	△
장비 사용성	작업공간이 작아 제방 위 또는 고수부지에서 시공 가능함. 작업폭:5m 이상	넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음. 작업폭:8~10.5m 이상	작업공간이 작아 대부분 제방 위에서 시공 가능. 작업폭:3m 이상	넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음. 작업폭:7m 이상	넓은 작업공간이 필요하며 기존제방 절취량이 많음. 작업폭:8~10.5m 이상
	○	△	○	△	△
시공성	길이가 길고 N치는 50 이상의 모래층은 젯트수 병용에서의 타설이 되는데 시험시공에 의한 확인이 필요함. 자갈 및 호박돌층에서 시공이 곤란하며, T-4 등 보조장비 필요함.	시공설비 및 플랜트 설비가 크고 장비의 작업공간이 큼. 자갈. 호박돌층에서 시공성 낮음.	장비가 소형으로 좁은 공간에서 작업 가능함. 플랜트 설비는 다른 공법에 비해서 소규모임. 대부분 토질에서 시공가능하며, 자갈. 호박돌층에서 시공성 높음	선행삭공과 조성공이 분리된 작업이 되므로 시공성은 좋음. 플랜트 설비는 비교적 크게 됨. 자갈. 호박돌층에서 시공 가능함.	장비가 대형으로 넓은 작업공간이 필요함. 어떤 지반이라도 시공가능하나 굴착 시 공벽 붕괴 가능성 있음 고도의 기술력이 요구됨.
	△	△	○	○	△
시공실적	N치가 높은 모래층에서의 장척 널말뚝의 실적은 적음.	시공실적은 많지만 30m를 넘는 심도에서는 비교적 작음.	시공실적은 많음.	제방 차수벽으로서 국내 실적은 적음.	제방 차수벽으로서 시공실적은 적음.
	○	○	○	△	△

1.1.12 차수공법별 특성

가. 널말뚝공

1) 공법개요

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.

시공경험이 풍부하고 설치 후 신뢰도가 높으며 내구성이 우수하여 제체 위로 중차량으로 인한 제방보강 작업이 가능하나 시공 항타시 자갈층 및 전석층 관입이 어렵고 지하매설물 주변 시공이 불량하며 제체 균열 또는 이완이 예상될 수 있다.

특히 본 공법은 설치 후 여건변화로 차수벽 길이를 연장 또는 짧게 조정할 필요성이 대두될 경우 타 공법에 비해 적은 경비로 시공이 가능한 장점이 있으며 완전 차수가 필요할 경우 연결부에 지수제를 도막 처리하는 방법도 국내에 개발 보급되어 있다.

2) 공법종류 및 특성

콘크리트 널말뚝의 형상은 T형으로 PC콘크리트 제조공정으로 제작하며 한강종합개발사업시 호안 대용으로 사용한 경험이 있다. 제조 공정 및 운반 특성상 15m 이상의 긴 제품의 생산이 곤란하고 강재에 비해 품질의 신뢰성이 낮으며 운반이 어렵고 자재비도 강재에 비해 저렴하지 않으므로 과거 국내에서 사용하다 최근에는 사용성이 거의 없다.

강널말뚝은 국내에서 오래 전부터 사용되어 온 것으로 제조방법은 KS F 4604(열간압연식 강널말뚝)와 KS D 3858(냉간성형 강널말뚝)이 있고, 형상은 U형, Z형, H형, 조합형, 직선형 등이 있으나 국내 차수벽으로는 U형과 Z형이 주로 사용되고 있다.

3) 공법선정시 주의사항

일반적으로 토질조건, 지층의 두께, 현장상황, 차수벽 심도 등에 따라 다르나 널말뚝의 사용규격은 (표 1.1-18)현장조건별 사용규격과 같이 적용한다.

경험적으로 볼 때 강널말뚝의 시공 능력은 N치와 자갈·호박돌의 크기에 따라 결정되며, 일반항타의 시공가능 범위는 N<50이며, N>50이고 호박돌의 크기가 ∅25㎝ 이하에서는 Water Jet 항타 또는 Auger 천공 후 항타로 시공이 가능하며, 호박돌의 크기가 ∅25㎝ 이상인 지반에서는 Barber Drill, PRD+Auger, T-4 등의 장비로 천공한 후 관입이 가능한 것으로 알려져 있다.

강널말뚝의 부식에 대한 설계는 일본의 경우 30년을 표준으로 할 때 일반하천에서 부식두께는 2㎜를 적용하고 있으며, 항만의 경우는 강재의 부식속도는 (표 1.1-19)와 같이 사용하고 있다. 강널말뚝의 부식방지 대책으로는 도장, 라이닝, 폴리에틸렌피복, 전기방식법 등이 있으므로 부식이

예상되는 지반에서는 부식방지 대책을 수립하여야 한다.

따라서 공법 선정시에는 시공성, 환경성, 경제성 등 종합적으로 고려하여야 하지만 시공성 측면에서 볼 때 토층의 변화가 심하거나 사력층, 호박돌층에서는 반드시 추가 시추를 하고 시험시공을 실시하여, 시공방법, 장비의 선정, 시공심도 등 변경을 최소화 할 수 있도록 한다.

< 현장 조건별 사용규격 >

(표 1.1-18) (단위:㎜)

현장 여건	Z형 강널말뚝	U형 강널말뚝	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

< 강재의 부식속도 >

(표 1.1-19)

구 분	조 건	부식속도	비 고
해측	HWL 이상 HWL ~ LWL-1.0m LWL-1.0m 이하 해저 이토층	0.3㎜/년 0.1 ~ 0.3㎜/년 0.1 ~ 0.2㎜/년 0.03㎜/년	항만시설의 기술상의 기준(일본항만협회)
육지측	육상대기 중 흙속(잔류수위보다 높을 곳) 흙속(잔류수위보다 낮은 곳)	0.1㎜/년 0.03㎜/년 0.02㎜/년	항만시설의 기술상의 기준(일본항만협회)
일반하천		2㎜/30년	일본

(그림 1.1-22) **< 널말뚝공법 시공 모습 >**

나. 심층혼합처리 공법

1) 공법개요

심층혼합처리 공법은 Earth Auger로 지반을 천공한 후 개량제(시멘트, 벤토나이트 등)를 주입한 후 강제적으로 원래 토사와 교반혼합하여 지반강도와 지수성을 향상시킨 연속벽체를 형성하는 공법이다.

2) 공법종류 및 특성

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 1×10^{-6}~10^{-7}㎝/s를 얻을 수 있고 최근에 빠르게 보급된 공법이다.

심층혼합 처리공법의 개량원리는 지반개량제와 물의 수화반응 및 수화에 따른 생성물과 흙과의 화학반응에 의한 경화체의 형성에 있다.

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.

3) 공법선정시 주의사항

심층혼합처리공법 선정시 주의 사항은 토질조건에 따른 시공 가능 여부와 작업공간, 고화제의 종류와 배합비 및 환경적인 문제 등을 고려하여야 한다.

심층혼합처리공법의 시공 능력은 자갈·호박돌의 크기에 따라 결정되며, 일반적인 시공가능 범위는 사력층에서 최대 입경이 ∅10㎝ 이하에서는 시공이 가능한 것으로 알려져 있으나 최근에는 Auger날개를 개량하여 자갈층, 전석층, 풍화암층에서도 보조장비 없이 시공 가능하게 개발한 공법과 장비운영을 위한 작업공간으로 폭 8.5m~10.5m 이상이 필요하나 횡방향 3축 Auger를 종방향으로 개량하여 5 m 정도의 좁은 지역에서도 시공이 가능하도록 개선한 공법도 있다.

SCW의 경우 주재료는 시멘트와 벤토나이트로 되어 있으나 최근 개발된 고화제의 경우 경화촉진을 위해 첨가된 혼화제는 환경적인 문제와 토질조건에 따른 적정배합, 고화제 주입량, 주입속도 등을 검토하여야 한다.

지하수 유동이 심한 지반에서 양생기간 중 고화제가 유실되어 지하수를 오염시킬 수 있으므로 우물, 양어장 인근에서 시공 시에는 주의하여야 한다.

(그림 1.1-23) **< 심층혼합처리공법 시공현황 >**

(그림 1.1-24) **< 시공사례[양호] >**

(그림 1.1-25) **<시공사례[불량] >**

다. 주입공법

1) 공법의 개요

주입공법은 개량이 필요한 대상지반에 천공한 후 케이싱이나 Rod을 이용하여 응결재인 시멘트, 점토(Bentonite), 규산소다, 첨가물을 강제로 주입시켜 지반을 고결시키는 공법으로 일반적으로 Grouting이라 부른다.

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 Micro 시멘트화 하여 침투효과를 증대시킬 수 있는 계기를 만들었다.

2) 공법의 종류 및 특징

주입제의 종류에 따라 약액과 비약액으로 구분되며 차수와 지반강화를 위해 주로 사용되고 있으며 투수계수는 일반적으로 1×10^{-6}㎝/s 이하를 얻을 수 있다.

주입공법은 주입형태에 따라 충전, 맥상, 경계, 침투주입으로 분류하고, 주입관 설치방법에 따라서는 Rod 주입, Strainer 주입, 이중관 Double Packer 주입, 이중관 Rod 주입, 이중관 복합주입공법으로 구분된다. 혼합방식은 1 Shot, 1.5 Shot, 2 Shot으로 구분되고, 주입원리에 따라 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 구분되며 주입형식은 상향식, 하향식, 상·하향절충식으로 구분된다.

가) 주입재료에 따른 분류

<table>
<tr><td rowspan="2">현탁액형</td><td>현탁액</td><td>Cement 몰탈, Cement 밀크계
Cement, 점토계</td><td colspan="2">비약액계</td></tr>
<tr><td>반현탁액</td><td>물유리, Cement,점토계
점토, 경화제계</td><td rowspan="2">물유리계</td><td rowspan="3">약액계</td></tr>
<tr><td colspan="2">용액형</td><td>물유리, 경화제계</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>우레탄계, 아크릴 아미드계
요소계, 리그닌계</td><td>고분자계</td></tr>
</table>

(1) 현탁액

강도나 경제적인 면에서 가장 일반적인 주입제이긴 하나 조립토 이외에는 침투주입 효과가 떨어지며 Gel까지 시간이 많이 소요된다. 최근에는 Micro Cement화 하여 주입효과를 개선하였다.

(2) Cement + 벤토나이트

시멘트 용액과 벤토나이트 용액 사이의 전기 화학적 작용을 이용하는 것으로 일반적으로 점성이 커지고 블라이딩이 저하되며, 강도가 떨어지므로 차수목적을 위한 주입에 사용된다.

(3) 물유리 + Cement (LW주입제)

시멘트 주입과 물유리 주입을 동시에 실시하는 것으로 적용범위가 넓고 지반조건에 따라서는 Micro 시멘트를 사용할 수도 있다. Gel Time과 강도는 물유리와 시멘트비에 따라 조정된다.

(4) 용액형 물유리

알카리계와 비알카리계로 구분되며 점성이 낮고 입자가 없어 침투주입효과가 크나 주입제의 강도가 떨어진다.

(5) 우레탄계

지반에 주입되어 물과 반응으로 고결되기 때문에 유속이 빠른 지하수의 차수용으로 효과가

크며 강도증대를 기할 수 있으나, 물유리계에 비해 주입제가 고가이다.

(6) 기타 고분자계

아크릴아미드, 요소, 리그닌계 등의 고분자계는 점성이 매우 낮고 침투성이 우수하고 강도증대 효과를 기대할 수 있으나 공해나 유독성 등의 문제로 특수한 목적 외에는 사용이 곤란하다.

나) 시공특성에 따른 분류

일반적으로 주입제는 장비가 소규모이고 시공경험이 풍부하나 단관 또는 2중관 Rod를 사용하며 토질조건에 따라 시공성과 강도증진을 위한 Gel Time 조정방법과 선단 약액주입 방법 및 약액이 공법별 다소 상이하나 성능이나 시공성 등은 유사하다고 볼 수 있다.

일반주입공법은 시멘트 몰탈이 주응결재이나 약액주입공법은 용액형과 현탁액형으로 나누어지며 용액형 약액으로 가장 많이 사용되는 규산소다를 주입한 고결체인 경우 시간이 지나면 알카리의 용탈작용으로 고결체가 분해된다고 알려져 있어 가시설 등에는 적용되고 있으나 영구시설물에서 사용시 주의하여야 한다.

현탁액형은 대부분 공법에서 규산소다가 첨가되어 있어 내구성에서 용탈에 대한 우려가 있으므로 가능한 규산소다가 적게 첨가되는 것이 내구성 측면에서 좋을 것으로 생각된다.

공법별 특징은 주재료인 시멘트, 규산소다, 벤토나이트 또는 고유첨가물로 이루어져 있으며 혼합비율이 다르게 되어 있다.

- 일반시멘트공법은 일반시멘트 단독 또는 벤토나이트를 첨가하여 물에 혼합한 현탁액을 주입장치로 지반에 주입하는 가장 고전적인 방법으로 댐의 기초암반 등에 영구적인 차수 목적으로 많이 사용되고 있다.
- LW공법은 규산소다 수용액(A액)과 일반시멘트를 물과 혼합한 현탁액(B액)을 혼합시켜 지반에 주입하는 일반화된 공법으로 주입공법 중 국내 시공경험이 가장 풍부하며 임시 차수나 지반강화 목적으로 사용되고 있다.
- SGR공법은 LW공법을 개량한 것으로 A액과 B액을 혼합시켜 지반에 주입하는 것으로 LW와 같은 목적으로 사용되며 B액이 급결형과 완결형이 있어 적절히 조절하면 누수량이 많은 곳에 차수효과를 높일 수 있으며 일반화된 공법이다.
- 그 외 세분류된 공법은 SGR공법을 기본으로 하고 있으며 A액과 자체개발한 B액을 지반특성에 따라 적절한 비율로 혼합하여 겔타임을 조절하고 Homo-gel강도를 증진시키고, 지반의 침투성을 개선한 것으로 현장 특성에 따라 잘 적용할 경우 일반화된 공법보다는 현장 적용성이 우수하다.

약액주입공법 선정은 시공경험측면에서는 LW, SGR공법이 유리하고 내구성 측면에서는 가능한 현탁액형 첨가물 중 시멘트 함량이 많은 공법이 유리하며 현장 적용성으로 볼 때는 지반특성에 따라 특성화 시켜 개발된 공법이 다소 우수하므로 선정시 현장 여건을 감안한 깊이 있는

검토가 필요하다.

3) 약액주입 방법

약액주입공법이란 지반 중에 약액을 주입하여 지반의 투수성을 감소시키거나 지반의 강화를 목적으로 하는 지반개량공법이다.

약액이란 임의로 고화시간이 조정되는 재료이다. 현재는 물유리계 약액을 주체로 하여 2~3가지의 경화제 조제를 첨가하는 것으로 사용하고 있다.

가) 약액 및 주입방식의 분류

약액이란 임의로 고화시간이 조정되는 재료이다. 현재는 물유리계 약액을 주체로 하여 2~3가지의 경화제 조제를 첨가하는 것으로 사용하고 있다. 약액 및 시공법은 다음과 같이 대략 분류된다.

물유리계 약액(극물, 불소화합물을 포함하지 않는)에 한정되어 사용되다가 최근에 와서는 시멘트계 비약액계의 무기질 주입제를 일부 사용하고 있다.

< 현재 사용되고 있는 약액의 분류 >

(표 1.1-20)

액 형 태	반 응 제	GEL TIME	
(1) 용 액 형	(1) 무기질 반응제	(1) 급 결	초의 단위
		(2) 중 결	분의 단위
(2) 현 탁 액 형	(2) 유기질 반응제	(3) 완 결	수십분 이상

주입방식은 이중관과 단관으로 두 가지가 있으나, 단관롯드 주입방식은 이중관 주입방식에 비하여 효과의 정도가 현저히 떨어지기 때문에 본 표에서는 제외하였다.

< 현재 사용되고 있는 주입방식의 분류 >

(표 1.1-21)

주 입 방 식		겔 타 임	혼 합 방 법
① 이중관 스트레이너	단 상 식	급결	2shot
	복 상 식	급결, 중~완결	2 + 1.5shot 2 + 1.0shot
② 이중관 더블패커		완결	1, 1.5shot

나) 투수성

투수성이 높은 지반(일반적으로 사질 및 사력토층)에 약액을 주입할 경우, 약액은 토립자의 간극에 침투하여 그것을 메워서 고결시킴으로서 투수성을 저하시킨다. 이에 대하여 대략 다음과 같이 말할 수 있다. 일반적으로는 주입 후 지반의 투수계수가 10^{-6}㎝/sec 이상이어야 한다. 주입후의 투수성은 작은 치수를 얻는 것보다는 오히려 균등하게 저하시키는 것이 더 중요하다. 따라서 주입재료, 주입조건, 주입공법 등의 충분한 검토가 필수조건이다.

다) 강도

주입에 의한 강도증가의 메카니즘은 점착력의 증가에 의한 것이지만, 그 수치는 일반적으로 정해진 것이 아니므로 각각 원위치 테스트로서 확인할 필요가 있다. 주입에 의한 고결물의 점착력에 대해서는 다음과 같이 말할 수 있다.

- 호모겔강도가 큰 만큼 복주입토의 강도도 크다.
- 주입재료, 주입방식, 주입량, 주입압력 등에 의해 강도가 크게 좌우된다.
- 허용압축강도는 약액주입에 의한 차수공 설치 시 7일 후 일축압축강도(호모겔 강도)가 20kg/㎠ 이상이어야 한다.

라) 내구성

Grout 재료의 내구성은 원재료의 특성에 따라 다르다. 즉, 시멘트 및 초미립 시멘트 또는 고체 Grout재의 내구연한은 영구적이며, 기타의 Grout재는 화학적 성질에 따라 각각 다르다. 지하수면 하의 흙 속에 주입 고화한 약액의 내구성은 수년 단위로서는 보증되지만 강도의 저하율 등을 증명하는 보고가 아직 적기 때문에 가급적 용액형 및 현탄액형 주입방법은 깊이 있는 검토를 시행하는 것이 바람직하며 무기질토양에 있어서는 반영구적이다.

마) 주입량

각 공당 주입량은 침투주입에 관한 아래 식으로 산정하고, 주입률은 (표 1.1-22)를 참고하여 설계한다. 시공시에는 반드시 시험시공을 실시하여 주입률을 수정하여 설계변경 하여야 한다.

$$Q = V \cdot n \cdot \alpha(1+\beta)$$

여기서, Q : 주입량(㎥)　　V : 주입대상토의 체적 ($V = 3.14 \times 2R \times L$)

R : 유효주입반경(m)　　L : 주입심도(m)

n : 주입토의 간극률(%)　　α : 침투주입충전율

β : 주입손실계수　　λ : 주입률($n \cdot \alpha$)

< 토질에 의한 주입제의 충전율. 주입률 >

(표 1.1-22)

토 질	조 건	N치	간극률(n)	충전율(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	
	조 밀	30 이상	35~40	60~70	22~30	
사 력 토	느 슨 함	4~10	45~50	90~100	42~53	
	중 간	10~30	35~40	90~100	33~42	
	조 밀	30 이상	30~35	90~95	28~35	
풍 화 토	중 간	10~30	40~50	60~70	25~37	
	조 밀	30 이상	30~40	60~70	20~30	
풍 화 암		50 이상	20	60~90	13~19	
연. 경암		50 이상	15	80~100	13~16	

주) 1. 토질 조사 결과 N치, 투수계수, 간극률이 표와 다를 때는 간극률을 우선한다.
2. 간극률이 분명하지 않을 때는 N치로 추정.
3. 손실계수 β는 0.1로 한 값임.
4. 주입 목적의 중요도로 충전율을 고려한다.

바) 주입압력

주입압은 지반조건(지반종별, 성층상황, 투수성, 강도 등), 주입계획 위치(심도 및 입지/환경조건), 주입제 종별, 겔타임, 주입방식, 주입시간, 주입속도 등에 따라 좌우되며 주입압력은 토피압력, 간극수압 등에 의해 허용되는 최대압력 이하가 되어야 한다.

주입압력의 설정에 있어서는 상기와 같이 여러 가지 요인이 있고 복잡하지만

- $p' < p < 3r' \sim 5r'$

  p : 주입압력(kgf/㎠) r' : 간극수압(kgf/㎠)

- $p < 0.2H \sim 0.3H$

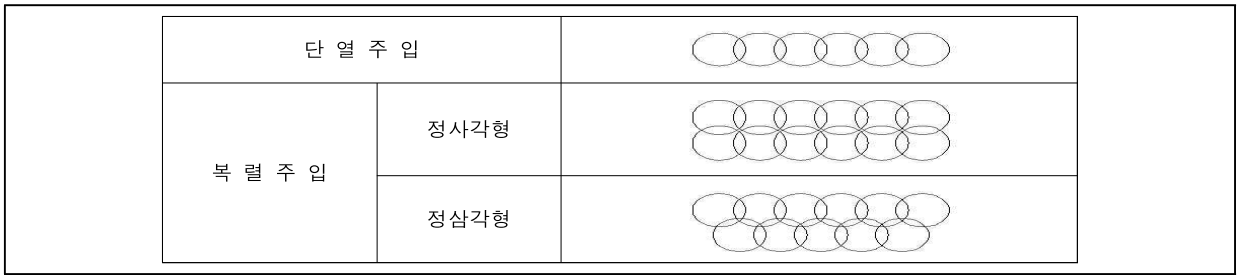
  H : 주입심도(m)

와 같은 방법이 존재하지만 절대적인 값은 아니며, 과거의 주입실적 및 시험주입을 통해 최종 주입압력을 설정하여야 한다.

(그림 1.1-26) **< 주입공법 시공모습 >**

사) 주입공 배치

주입공은 그라우트 주입유효범위가 서로 겹치도록 배치해야 한다. 차수벽으로의 주입의 경우 복렬주입에 의하는 것을 기본으로 한다.



(그림 1.1-27) **< 주입순서 및 주입공 배치 >**

아) 주입효과 확인

주입효과의 확인은 주입공법 시공에 있어서 가장 중요한 관리항목중 하나이다. 시험주입을 실시한 후에는 그 효과확인의 결과에 따라서 설계대로 주입을 실시해도 좋은지, 설계 또는 시공계획의 재평가를 하는지 판단할 필요가 있다. 또 본 주입효과의 확인을 하면서 시공을 진행시키는 것은 시공관리의 중요한 사항이다.

주입효과의 확인 목적은 주입제의 침투범위를 파악하는 것이며, 또한 고결체의 강도특성과 투수성의 물성치를 구하는 것이다.

4) 비약액주입공법

비약액주입공법은 약액주입공법에서 문제시되는 장기적인 내구성저하와 침투주입에 대한 한계성 등에 대처하기 위해 개발된 공법으로 시멘트계 초미립자와 포졸란계 초미립자로 구성된 마이크로 복합실리카를 주재료로 한 분체 그라우팅재와 현탁액의 점성을 낮추기 위한 분산제 및 응결속도를 조정할 수 있는 혼화제 등에 의해서 겔타임을 조절할 수 있는 용액형 및 현탁액형 그라우트제(초급결형, 급결형, 완결형, 지결형)를 이용하여 지반보강구조를 구축하는 그라우팅공법이다.

본 공법에서 주로 사용되는 실리카의 평균입경은 3~5㎛이며, 여기에 점성을 낮추기 위한 분산제와 강도증대를 위하여 고강도 혼화제를 첨가하여 복합실리카 시멘트를 제공하며, 응결조절제로서 소듐(Sodium, Na)실리케이트, 실리카졸, 중화제 등은 고결체의 강도와 내구성을 향상시킬 수 있도록 특별히 조성된 활성규산을 이용함으로써 알카리 용출을 억제하고 있다. 혼합방식도 1 Shot, 1.5 Shot, 2 Shot 공종으로 가능하도록 개발되어 있다.

그 외 세분류된 공법은 SGR공법 장비를 기본으로 하고 있으며 주입재료를 자체개발 또는 국외에서 도입한 초미립자 시멘트를 사용함으로써 물유리계에서 발생하는 용탈의 우려를 개선한 것이나 재료의 가격이 고가인 것이 단점이다.

5) 설계시 고려사항

가) 개량지반의 특성

나) 개량 범위

다) 주입개량제의 선정

- 지반의 침투성
- GEL화의 안전성
- 고결토의 물리적 성질
- 작업성
- 환경성(Gas발생, 수질)
- 경제성

라) 주입방법의 선정

마) 주입개량제의 주입량

바) 주입공의 배치

사) 효과 확인

6) 시공시 고려사항

가) 주입유량과 주입압력

나) 지반의 융기, 인접구조물에 미치는 영향

다) 지반과 개량제의 적응성 및 영향

라) 시공의 정확성

7) 시공 순서

가) 천공 - 공벽보호를 위해 Casing을 사용한다.

나) Seal제 충진

다) Sleeve Pipe설치

라) Casing 인발

마) Sleeve Pipe내 Double Packer Injection Pipe를 삽입한다.

바) Cracking & 수압시험

사) Grouting 주입

라. 고압분사 교반공법

1) 공법개요

고압분사 교반공법은 심층 지반을 개량하는 것으로서 지반 중에 주입관을 관입하여 수평방향으

로 200 ㎏f/㎠ 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.

1965년경 일본에서 CCP(Chemical Churing Pile) 공법으로 실용화하여 여기서 Air Jet를 병행시켜 개발한 것이 JSP(Jumbo Special Pattern)공법이고 기계공학의 발전으로 400～700㎏f/㎠ 정도의 초고압펌프를 개발하여 초대형 직경(D=2～3m)의 고결체를 조성할 수 있게 개발된 것이 RJP(Rodin Jet Pile)공법이다. 신뢰할 수 있는 고결체를 형성할 수 있고 내구성이 우수하여 차수, 기초Pile, 지반개량 등 목적으로 다양하게 적용할 수 있는 공법이나 지하수 유동이 큰 자갈 전석층에서 적용성이 낮으며 장비가 크고 공사비가 다소 고가이다.

2) 공법의 종류 및 특징

가) 시공방법에 따른 분류

(1) Single-Phased Method

단관주입관을 사용하여 경화제만의 분사에 의한 지반개량으로 개량강도는 가장 높으나 개량지름이 ∅60 ㎝ 정도로 작게 되며 터널 내부에서의 보조공법에 많이 사용되고 있다.

(2) Double-Phased Method

이중관 주입관을 사용하며 공기를 병용하여 지반을 개량하며 개량직경은 대략 ∅80㎝～∅100㎝ 정도이다.

(3) Triple-Phased Method

3중관 주입관을 사용하며 경화제, 공기, 물을 병용하여 지반을 개량하는 방법으로 개량직경을 ∅100㎝～∅250㎝정도로 크게 할 수 있기 때문에 차수벽용 목적보다는 기초지반개량에 효과적이다.

나) JSP 공법

CCP공법은 수평방향으로 고압(200㎏f/㎠)의 경화제를 분사하여 원주상(D=30～50㎝)의 고결체를 형성하는 반면에 JSP공법은 에어제트(air-jet)를 병용시킴으로서 경화제 분출류의 지반 절삭능력을 증진시켜서 고결체의 직경을 크게 (D=80～120㎝)하는 고압(200 ㎏f/㎠)분사 주입공법이다.

1개의 노즐에 2중관을 사용하고 있으나 국내에서 시공경험이 풍부하고 개량부위 강도가 크고 지반보강 효과가 우수하나 유속이 빠른 자갈 전석층에서 주입제가 양생되기 전 유실될 우려가 있고 공사비가 고가이며 Slime 발생량이 많다.

주입제로 주로 시멘트 밀크재를 쓰므로 약액에 의한 환경오염이 적고 계획된 심도와 범위까지 정확하게 지반개량이 가능하고 목적범위까지 확실하게 개발함으로써 시공손실이 없어서 경제적임 고압분사 교반공법에서 볼 때 소형장비로 좁은 장소에서 시공이 가능하고, 소음 진동이 적어 도심지 시공에 유리하며 지반보강과 차수효과가 뛰어나다.

적용지반은 사질토에서 점성토 지반까지 시공이 가능하고 표준관입시험의 N치를 기준하여 사질토는 N치 30 이하, 점성토는 N치 5 이하인 지반에서 효과적이다.

다) RJP 공법

기계공학의 발전으로 400㎏f/㎠~700㎏f/㎠정도의 초고압 펌프인 RJP Machine이 개발되어 초대형 직경(φ800㎜~2000㎜)을 갖는 고결체를 조성할 수 있게 개량된 공법으로 비교적 국내의 시공경험도 풍부하다. 2개의 노즐에 3중관을 사용함으로써 유속이 빠른 자갈 전석층에서도 급결제를 분사시켜 Gel Time을 조절하여 시공성과 내구성을 높일 수 있으나 공사비가 고가이고 Slime 발생량이 많다. 최근에는 Jet 분사각도를 조절함으로써 반원형, 90° 등 다양한 형태의 기둥과 벽체를 만들 수 있다. 지하수 유동이 큰 지반에서 급결제를 분사하여 고결체를 형성할 수 있게 개발된 것이 C-RJP(Chemical-Rodin Jet Pile), 직경을 0.8m~1.5m 정도로 조성할 수 있도록 개발된 것이 M-RJP(Micro-Rodin Jet Pile), 분사각도를 조절하여 원형 외에도 45° ~ 360° 까지 다양한 모양의 고결체를 형성할 수 있게 개발된 것이 F-RJP(Free-Rodin Jet Pile)이다.

라) 기타공법

최근 국내에 소개된 공법 중 기계의 노즐부를 개량하여 원주상 및 사각형 고결체를 두께 0.5m 정도, 1회 시공폭 3.0m 정도의 직사각형 지중연속벽을 형성하고 원주형공법에서 연결부의 취약성과 재료의 손실이 적어 공사비가 저렴하며 특히 Slime 발생이 적도록 개량된 공법 등도 있다.

마. 지중연속공법

1) 공법개요

지중연속공법은 벤토나이트의 안정액으로 공벽의 안정을 유지하고 굴착 후 콘크리트로 벽체를 조성하는 공법으로 1950년경 유럽에서 개발 실용화되었으며 유럽에서는 Concrete Diaphram Wall, Slurry-Wall이라 하며 우리나라에서는 지중연속공법 또는 지하연속공법이라 한다.

건축구조물의 지하실, 차수벽, 방호벽, 호안, 흙막이벽 등 다양하게 이용되고 있으며, 굴착방식으로는 버킷식, 회전식, 충격식이 있고, 형태로는 벽식, 주열식, 조합식이 있다.

무소음 무진동으로 벽체 강성이 커서 본체의 벽체나 기초구조로 사용 가능하며, 차수성이 우수하고 어떠한 지반이라도 시공이 가능하며 주변구조물에 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.

2) 공법의 종류 및 특징

가) Slurry-Wall공법

Slurry-Wall공법은 벽식 공법으로 Grab 또는 Hydromill 등을 사용하여 지반을 굴삭하고 콘크리

트를 타설하여 연속지중벽을 형성하는 공법으로 모든 지반에서 시공이 가능하며 내구성 등 신뢰도가 우수하나 장비가 대형이고 공사비가 고가이며, 굴착도랑의 붕괴 우려와 슬라임 퇴적시 강도저하와 차수성에 지장을 초래 할 수 있다. 보강재 등을 삽입하여 벽체 강성이 필요한 곳에 적용 가능하다.

(1) 장점

(가) 차수성이 좋고 근입부의 연속성이 보장된다.

(나) 단면의 강성이 크므로 대규모, 대심도 굴착 공사시 영구벽체로 사용될 수 있다.

(다) 소음, 진동이 적어 도심지공사에 적합하다.

(라) 대지경계선까지 시공 가능하므로 지하 공간의 최대이용이 가능하다.

(마) 강성이 커서 주변구조물 보호에 적합하며, 주변지반의 침하가 가장 적은 공법이다.

(바) 근입 및 수밀성이 좋아 최악의 지반조건에서도 비교적 안전한 공법이다.

(2) 단점

(가) 공기와 공사비가 비교적 불리하다.

(나) 안정액의 처리문제와 품질관리 철저가 요구된다.

(다) 상당한 기술축척이 요구된다.

(라) 설계상 보완점이 필요한 경우가 있을 수 있다.이 필요한 곳에 적용 가능하다.

나) CIP(Cast In Place Pile)공법

CIP(Cast In Place Pile)공법은 주열식 공법으로 Earth Auger 또는 보링기를 이용하여 ø400㎜ ~500㎜ 정도 천공한 후 철근을 조립하고 Cement Milk를 타설하여 현장에서 콘크리트 파일(연속벽)을 형성하는 공법으로 벽체 강성은 우수하나 연결부에 별도의 보조 Grouting이 필요함으로써 공사비가 고가이다. 장비가 소규모이고 소음 진동이 적어 도심지 주택지 등에도 시공 가능한 공법으로 지하굴착시 토류벽공사에 많이 사용되고 있으나 연약한 지층에서는 천공 Hole의 붕괴 및 지층의 팽창현상에 의해 일정한 구근이 형성되지 않고 Slime이 발생되는 단점이 있다.

(1) 장점

(가) 비교적 차수성과 벽체 강성이 좋다

(나) 시공중 단단한 지반에서도 소음, 진동이 거의 없다.

(다) 시공단면이 작아 인접구조물의 영향이 작고 천공벽의 붕괴 우려가 적다.

(라) 지지력을 향상시킬 수 있다.

(마) 불균일한 평면현상에서도 쉽게 시공 가능하다.

(2) 단점

(가) 깊은 심도에서는 시공수직도 문제로 차수그라우팅 보완이 필요하다.

(나) 공기가 길고 공사비가 증가된다.

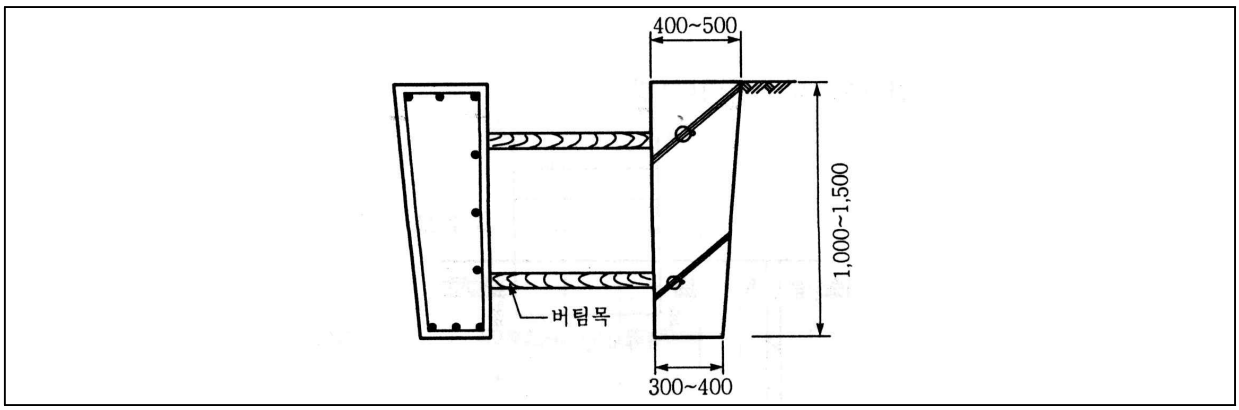
(다) 일단 시공되면 철거하기가 어렵다.

3) Slurry-Wall공법 시공순서

가) Guide Wall 설치

Guide Wall은 Trench를 굴착할 때 표토부분을 보호하고 정확한 굴착을 하기 위해 설치하며 깊이는 1.0m~1.5m 정도이며 주위 토압으로 인하여 안쪽으로 변위가 생기지 않게 지보공을 설치하여야 한다.

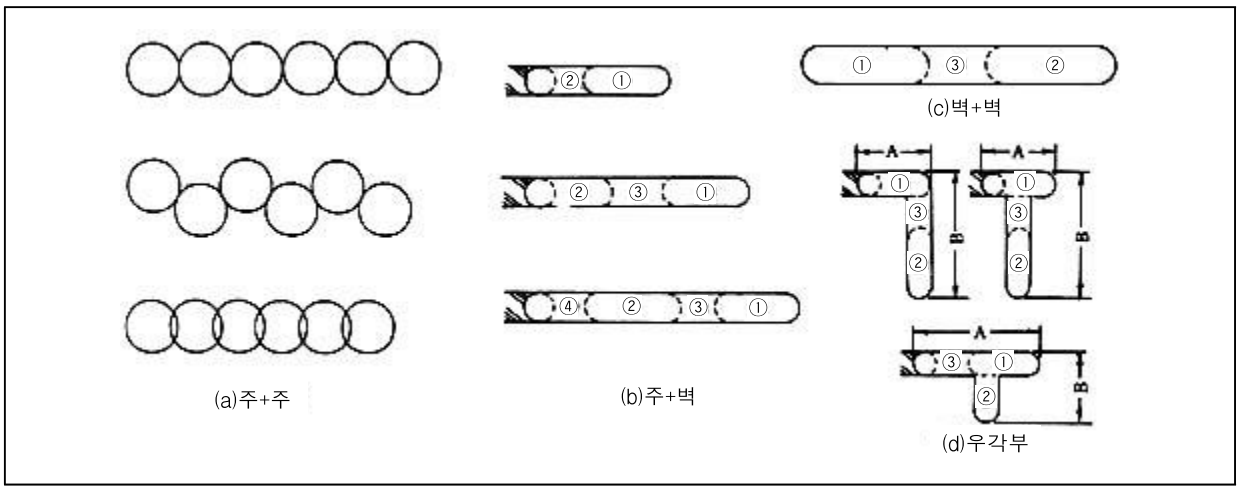
지보공은 굵은 각재나 Panel 등을 사용할 수 있으며 굴착기의 폭보다 약 5㎝ 정도 크게 여유를 두고 시공하여야 한다.



(그림 1.1-28) **< 안내벽 단면도 >**

나) Trench 굴착

60ton 이상의 크레인에 크람쉘을 달고 가이드월안에 벤토나이트용액을 주입하면서 굴착한다. 한 판넬의 길이는 통상 5~6m가 보통이며, 통상심도는 40m 정도가 일반적이며, 시공방법에 따라 <그림 1.1-29>와 같은 순서로 설치한다.



(그림 1.1-29) **< Panel 시공순서 >**

굴착시 암출현으로 크람쉘 작업이 어려울 경우에는 Chiselling 작업을 하여야 하며 이때 낙하고는 약 2m 정도이다.

다) Desanding과 Air Lifting

굴착이 완료되면 trench내에 있는 벤토나이트 용액을 Cleaning하는 작업으로 Mudpump나 콤프레샤를 이용한 Air-Lifting방법으로 벤토나이트 용액 속에 혼합된 부유물과 슬러지를 Desanding Unit으로 보내 깨끗이 Cleaning한다.

stop end Tube 설치 - Desanding 작업 중 판넬 조인트부의 Form 및 차수역할을 목적으로 설치한다.

라) Steel Cage Installation

현장에서 조립한 철근망을 각종 슬리브 및 Dowel bar 등을 설치하고 Desanding 완료 후 Trench내에 집어넣는 작업으로 차수벽을 설치할 경우 생략할 수 있다.

마) Tremie Concreting

철근망을 중앙부에 Tremie Pipe를 연결하면서 굴착바닥에서 15cm 전까지 설치하고 Tremie Pipe를 통하여 바닥에서부터 상향으로 콘크리트를 타설한다. 콘크리트 타설이 끝난 후부터 초기 경화가 이루어질 때까지(약 4~5시간) 약간씩 Stop end Tube를 인발하기 시작하여 4~5시간 동안 완전 제거한다.

1.1.13 공법 선정

강널말뚝 공법은 벽체 강성과 시공경험 경제적인 면에서는 우수하고, 설치 후 차수벽 길이 조정이 필요할 경우 적용성이 가장 우수한 장점이 있으나, 조밀한 자갈층 및 호박돌층에서는 관입이 어렵고 소음 및 진동이 크고 기존 제체의 균열 또는 이완이 예상되고 지하구조물이 있는 곳에서 시공곤란 등 단점을 갖고 있다.

심층혼합처리 공법은 오거(Auger) 천공 후 교반하는 방법으로 진동이 적고 비교적 단단한 고결체를 만들 수 있으며 차수효과도 양호하나 장비가 대형으로 시공시 제체손상이 크고 단단한 자갈층 및 호박돌층에서는 시공능력이 급격히 떨어지는 단점을 갖고 있다.

심층혼합 처리공법 중 가장 잘 알려진 SCW는 Auger 천공 후 상하 교반방법으로 사력층과 역질 및 호박돌층이 혼재되어 있을 경우 교반되는 과정에서 중량이 가벼운 모래와 입자가 작은 자갈은 상부로 올라오고 무겁고 입자가 큰 자갈과 호박돌은 아래층으로 내려가면서 재료 분리현상이 발생할 수 있으며, 조밀한 호박돌층에서는 3축 시공이 곤란하며, 단축으로 시공을 할 경우 연결부에서 시공 부실이 발생할 가능성이 높고 공사비 증가 및 공기 연장 등 문제점이 있다.

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.

고압분사 교반공법은 시공경험이 풍부하고 내구성이 강한 고결체를 형성함으로써 신뢰성이 높은 차수벽을 만들 수 있으나 장비가 대형이고 공사비가 고가이며 Slime 발생이 많아 환경적인 측면에서 불리한 공법이다.

지중 연속공법은 시공 후 차수성에 대한 신뢰도 측면에서 가장 우수하나 Slurry Wall 및 CIP공법은 장비가 대형이고 공사비가 고가이다.

일반적으로 주 차수공법이 갖추어야 특성인 차수성 내구성 시공성 경제성 환경성 등에서 볼 때 차수성은 비교적 투수계수가 1×10^{-6}㎝/s 이하 정도로 모든 공법이 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.

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.

1.2 수량산출요령

1.2.1 수량산출내역

번 호	공 정	규 격	단 위	수 량	비 고
1	차수시설				
1.1	SHEET-PILE 공법				
1.1.1	Sheet-pile 자재		ton		
1.1.2	Sheet-pile 항타(일반)		본		
1.1.3	Sheet-pile 항타(WJ병용)		본		
1.1.4	Guide Beam 제작		회		
1.1.5	Guide Beam 이동 설치		회		
1.1.6	전도방지공		개소		
1.1.7	H-pile 항타 및 인발		본		
1.1.8	시험시공		회		
1.1.9	시험시공 확인		회		
1.2	심층혼합처리공법				
1.2.1	사용재료 - 시멘트		ton		
	사용재료 - 벤토나이트		kg		
1.2.2	심층혼합 천공 및 주입		㎡		
1.2.3	플랜트 조립 및 해체		회		
1.2.4	파일드라이버 조립 및 해체		회		
1.2.5	시험시공		m		
1.2.6	시험시공 시험		회		
1.2.7	검사보링		m		
1.2.8	검사시험		회		
1.2.9	이토(Slime) 처리		㎥		
1.3	주입공법				
1.3.1	현탄액형 주입		㎥		
1.3.2	시멘트		kg		
	규산		l		
	급결제		kg		
	중결제/완결제		kg		
	벤토나이트		kg		
1.3.3	천공		m		
1.3.4	기계기구 설치 및 해체		회		
1.3.5	플랜트 설치 및 해체		회		
1.3.6	시험시공		m		
1.3.7	시험시공 확인		회		
1.3.8	검사보링		m		
1.3.9	검사시험		회		
1.4	고압분사 공법				
1.4.1	천공		m		
1.4.2	천공 및 분사		m		
1.4.3	시멘트		kg		
1.4.4	기계기구 설치 및 해체		회		
1.4.5	플랜트 설치 및 해체		회		
1.4.6	시험시공		m		
1.4.7	시험시공 확인		회		
1.4.8	검사보링		m		
1.4.9	검사시험		회		
1.4.10	이토(Slime)처리		㎥		

1.2.2 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 1.2-2)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 1.2-1) (단위:㎜)

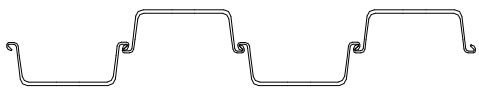
현장 여건	Z형 강널말뚝 (KS D 3858)	U형 강널말뚝 (KS F4604)	비 고
N치 20 미만 차수벽 깊이 10m 이하	635×358×8 635×358.5×8.5	600×130×10.3 400×100×10.5	연약층
20≤N≤50 차수벽 깊이 10m~20m	635×359×9 635×359.5×9.5	600×180×13.4 400×150×13	일반층
N치 50 이상 차수벽 깊이 20m 이상	635×360×10 635×360.5×10.5	400×170×15.5	경질층

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 1.2-1) **< 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 1.2-1)과 같고 시험 시공 결과가 차이가 있는 경우는 변경 적용할 수 있다.

< 토질조건별 표준 시공방법 >

(표 1.2-2)

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)<10cm	·Water jet 병용 항타 ·Auger 천공+일반항타	
	N>50 최대입경(φ)<25cm	·Water jet 병용 항타 ·천공+일반항타	
	N>50 최대입경(φ)>25cm	·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 1.2-3)을 기본으로 한다.

< 워터제트 펌프 선정 기준 >

(표 1.2-3)

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.

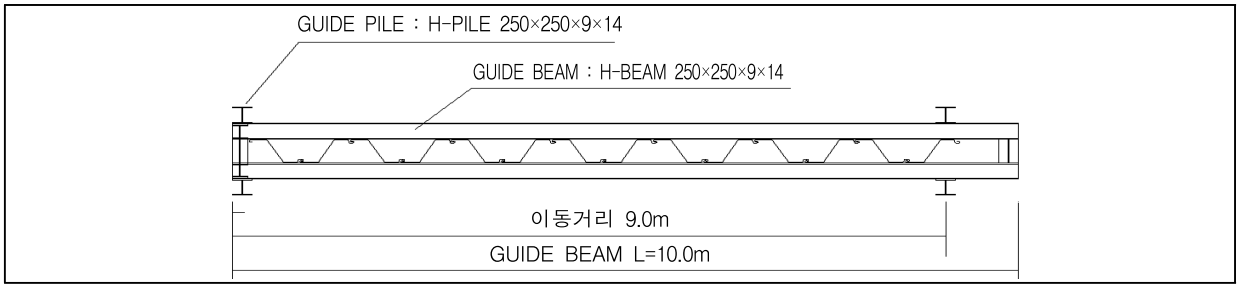
- 설치 본 수 = 설치연장 ÷ 본당 폭 = ( ) 본

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 1.2-2) **< 가이드빔 표준도 >**

< 가이드 빔 1조(10m)당 수량 >

(표 1.2-4)

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, 사면 경사 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 1.2-5)

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	

1.2.3 심층혼합 처리공법

가. 사용재료

1) 심층혼합 처리공법 설계시 토질별 배합비 및 압축강도는 (표 1.2-6)를 표준으로 산출하며, 세분류된 공법에 따라 공장 배합된 고화제를 사용할 경우 그 고화제량은 (표 1.2-6)에서 시멘트에 벤토나이트를 합한 것으로 한다.

2) 시험 시공 결과 배합비가 다를 경우는 변경하여 산출한다.

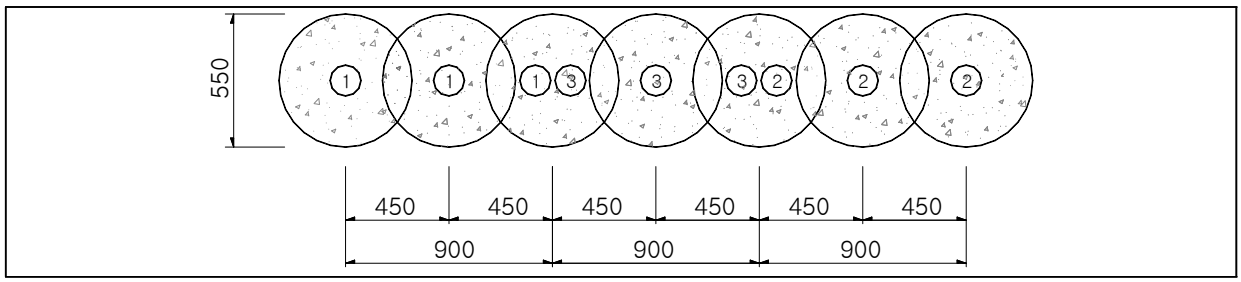
< 토질별 표준배합비 및 압축강도 >

(표.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 1.2-3) **< 시공방법 >**

1) 차수벽 두께(구경)는 Φ550㎜이며 3축 시공을 기본으로 한다.

2) 구간별로 설치 연장과 심도를 곱하여 산출한 후 전체 물량을 산출한다.

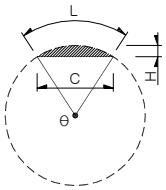
3) 시공구간의 전체 평균 심도와 토질별 평균 분포를 고려하여 수량을 산출한다.

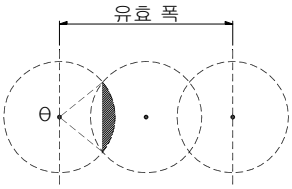
4) 3축의 경우 시공순서에서 ①, ②번째 시공 후 ③번째 시공의 경우 ①, ②번째의 각 1개 공이 중복 시공되므로 자재는 3공(1,350㎜)에 대해 수량을 산출하고, 1회 시공 유효연장은 2공(900㎜)으로 계상하여야 한다.

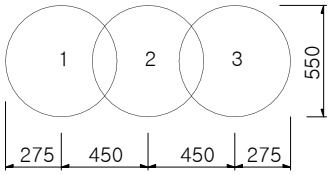
5) 3축 시공시 1공씩 중복시키지 않고 연속벽을 형성하기도 하나, 이 경우 공간 접속불량의 우려가 있으므로 사용하지 않는 것으로 한다.

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 1.2-7)

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 체적준 >

(표 1.2-8)

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

㈜ 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 1.2-9)

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.

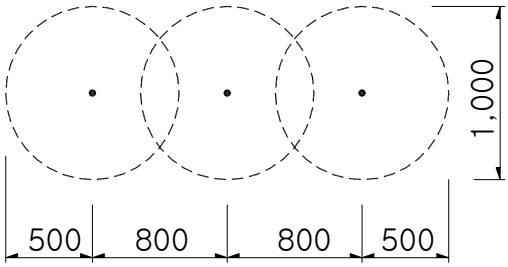
1.2.4 주입 공법

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 1.2-10)

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 1.2-11)

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 1.2-12), (표 1.2-13)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 1.2-12) (㎥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 >

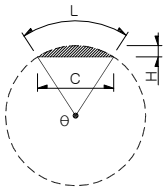
(표 1.2-13) (㎥당)

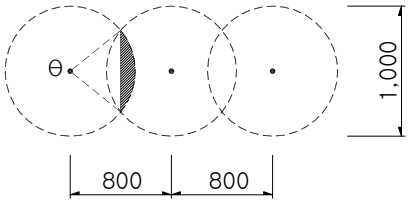
주 입 재 료	단 위	표준배합비	비 고
급결 주재료	kg	50	
초미립자 시멘트	kg	275	
유동화제	kg	2.6	
물	ℓ	890	

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.

$$d = 2r = 2 \times 0.50m = 1.00m$$





$$h = r - \sqrt{(r^2 - (c \div 2)^2} = 0.10\,m$$

$$c = 2\sqrt{(2rh - h^2)} \qquad c = 2 \times r \times \sin(\frac{\Theta}{2}) = 0.60\,m$$

$$\Theta = 2\sin^{-1}(\frac{c}{2r}) = 74° \qquad L = \frac{\pi \times r \times \theta}{180°} = 0.664m$$

$$A = \frac{1}{2} \times [r \times L - c \times (r - h)] = 0.041\,㎡$$

- 1공 단면적 : $\frac{\pi \times d^2}{4} = 0.785㎡$
- 1공 중복 단면적(빗금친 부분) : $0.041㎡ \times 2$개소 $= 0.082㎡$
- 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

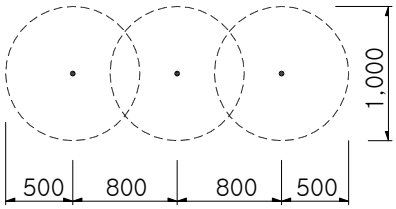
< 장비 설치 및 운반, 시험시공 및 검사 일반사항 >

(표 1.2-14)

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	〃	〃

1.2.5 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 1.2-15) (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 1.2-16)

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)

1.3 단가산출 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 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함
본 단가산출에서 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>1.3.1</td><td>SHEET PILE
항타(일반)</td><td>본</td><td>
* SHEET PILE 항타(일반)
Tc = ((0.75+r×Nmax)×L+a)×K/F(min/본)
Tc : 파일 1본당 시공시간(min/본)
a,r : 항타 및 인발에 관한 정수
L : 항타길이 또는 인발길이(M)
F : 작업계수
Nmax : 최대 N치
K : SHEET PILE 타입 및 기계규격의 계수
Fo = 0.9
작업조건에 따른 보정계수 : f_1 = 0.0
작업조건에 따른 보정계수 : f_2 = 0.0
작업조건에 따른 보정계수 : f_3 = 0.0
F = Fo + (f_1 + f_2 + f_3) = 0.9
SHEET PILE 길이(근입장) : L = 12.0m
최대 N 치 : Nmax = 25
K = 1.53
a = 3.18
r = 0.02
Tc = ((0.75+r×Nmax)×L+a)×K/F = 30.91
* SHEET PILE : Z형
<table>
<tr><td>규 격</td><td colspan="2">30kW</td><td colspan="2">45kW</td><td colspan="2">60kW</td></tr>
<tr><td>계 수</td><td>a</td><td>K</td><td>a</td><td>K</td><td>a</td><td>K</td></tr>
<tr><td>635×358×8.0</td><td>3.38</td><td>1.44</td><td>3.58</td><td>1.23</td><td>3.93</td><td>1.15</td></tr>
<tr><td>635×359×9.0</td><td>2.82</td><td>1.72</td><td>3.38</td><td>1.44</td><td>3.75</td><td>1.30</td></tr>
<tr><td>635×360×10.0</td><td>-</td><td>-</td><td>3.18</td><td>1.53</td><td>3.57</td><td>1.36</td></tr>
<tr><td>r</td><td colspan="6">0.02</td></tr>
</table>
* SHEET PILE : U형
<table>
<tr><td>규 격</td><td colspan="2">30kW</td><td colspan="2">45kW</td><td colspan="2">60kW</td></tr>
<tr><td>계 수</td><td>a</td><td>K</td><td>a</td><td>K</td><td>a</td><td>K</td></tr>
<tr><td>400×100×10.5</td><td>3.38</td><td>1.11</td><td>4.04</td><td>0.93</td><td>4.52</td><td>0.83</td></tr>
<tr><td>400×150×13.0</td><td>2.82</td><td>1.33</td><td>3.38</td><td>1.11</td><td>3.75</td><td>1.00</td></tr>
<tr><td>600×130×10.3</td><td>2.82</td><td>1.47</td><td>3.38</td><td>1.22</td><td>3.75</td><td>1.10</td></tr>
<tr><td>600×180×13.4</td><td>-</td><td>-</td><td>3.18</td><td>1.30</td><td>3.57</td><td>1.16</td></tr>
<tr><td>r</td><td colspan="6">0.02</td></tr>
</table>
(1) 장비 조합
진동파일햄머 (45kW) : 1대
크레인(무한궤도)(35ton) : 1대
발전기 (150kW) : 1대
보조크레인(타이어20ton) : 1대 (주크레인의 60%)
(2) 작업조 편성
비 계 공 : 2인
보통인부 : 1인
작업반장 : 1인
</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>1.3.1
계속</td><td>SHEET PILE
항타(일반)</td><td>본</td><td>(3) 장비사용료
1) 진동파일햄머(45kW)
경 비 × 30.91 / 60
2) 크레인(무한궤도 35ton)
재료비 × 30.91 / 60
노무비 × 30.91 / 60
경 비 × 30.91 / 60
3) 발전기(150kW)
재료비 × 30.91 / 60
노무비 × 30.91 / 60
경 비 × 30.91 / 60
4) 보조 크레인(타이어 20ton)
(주 크레인의 60 %)
재료비 × 30.91 / 60 × 0.6
노무비 × 30.91 / 60 × 0.6
경 비 × 30.91 / 60 × 0.6
(4) 노 무 비
비 계 공 × 30.91 / 60 / 8 × 2인
보통인부 × 30.91 / 60 / 8 × 1인
작업반장 × 30.91 / 60 / 8 × 1인</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.2</td><td>SHEET PILE
항타(WATER JET)</td><td>본</td><td>* SHEET PILE 항타(WATER JET)
Tc = (To x a) / F (min/본)
Tc : PILE 1본당 시공 시간(분)
To : PILE 1본당 기본시공 시간(분)
a : 토질계수
F : 현장조건에따른 작업계수
Fo = 0.95
작업조건에 따른 보정계수 : f_1=0.0
작업조건에 따른 보정계수 : f_2=0.0
작업조건에 따른 보정계수 : f_3=0.0
작업조건에 따른 보정계수 : f_4=0.0
$F = F_o + (f_1 + f_2 + f_3 + f_4)$ =
환산N치 = 1,500/낙하횟수50회당 관입량 (일본품셈기준)
<table>
<tr><th>토 질</th><th>계 수:a</th><th>근입길이:M</th><th>평균 N치</th></tr>
<tr><td>사 질 토</td><td>0.60</td><td>L1 = 3.0 M</td><td>N1= 30</td></tr>
<tr><td>점 성 토</td><td>0.70</td><td>L2 = 1.0 M</td><td>N2= 20</td></tr>
<tr><td>모래자갈층</td><td>0.80</td><td>L3 = 6.0 M</td><td>N3 = 50</td></tr>
<tr><td>풍 화 암</td><td>1.00</td><td>L4 = 0.0 M</td><td>N4 = 0</td></tr>
<tr><td>연 암</td><td>1.20</td><td>L5 = 0.0 M</td><td>N5 = 0</td></tr>
</table>
SHEET PILE 근입길이 :
L = {L1}+{L2}+{L3}+{L4}+{L5}=10.0m
토질계수 : a= (0.6×L1+0.7×L2+0.8×L3+1.0×L4+1.2×L5) / 10.0 = 0.73
가중평균 N치의 계산
N = (N1×L1 + N2×L2 + N3×L3 + N4×L4 + N5×L5)/ 10.0 = 41.00
Tom= (0.05 × L × (N+42.5) + 9.6) = 51.35min/M
N : 근입길이의 가중평균 N치
L : 근입길이(m)
Tc = (Tom × a) / F = (min/본)</td><td></td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.2 계속	SHEET PILE 항타(WATER JET)	본	(1) 장비 조합	

바이브로 햄 머	무한궤도 크레인				발전기
파일길이	L≤12	12≤L ≤16	16≤L ≤22	22≤L ≤30	
30kW	35	35			125kW
45kW	35	35			150kW
60kW	40	40	40		250kW
90kW	50	50	50	70	350kW
120kW		70	80	80	450kW

진동파일햄머(60kW) : 1대
WATER JET(131PS x 1) : 2대
크레인(무한궤도 40ton) : 1대
발 전 기(250 kW) : 1대
보조크레인(타이어20ton) : 1대
(주크레인의 60%)
용 접 기(300A) : 1대
(발전기의 60%)

(2) 작업조 편성
비 계 공 : 2인
보 통 인 부 : 1인
작 업 반 장 : 1인
용 접 공 : 1인

(3) 장비사용료
1) 진동파일햄머
경 비 : 51.35 / 60
2) WATER JET
재료비 : 51.35 × 2/ 60
경 비 : 51.35 × 2/ 60
3) 크레인
재료비 : 51.35 / 60
노무비 : 51.35 / 60
경 비 : 51.35 / 60
4) 발전기
재료비 : 51.35 / 60
노무비 : 51.35 / 60
경 비 : 51.35 / 60
5) 보조 크레인(타이어 20ton)
(주 크레인의 60%)
재료비 : 51.35/ 60 × 0.6
노무비 : 51.35/ 60 × 0.6
경 비 : 51.35/ 60 × 0.6
6-1) 용 접 기(300A) (발전기의 60%)
경 비 : 51.35 / 60 × 0.6
6-2) 용접 재료비(전기용접 fillet 6 ㎜ 횡향)
(SHEET PILE 길이의 10%)
재료비 : (L / 10)

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.2 계속	SHEET PILE 항타(WATER JET)	본	7) 배관계부재 손료(항타기 + WATER JET의 9 %) 재료비 : 51.35 / 60 × 0.09 경 비 : 51.35 × 2 / 60 × 0.09 (4) 작업 노무비 비 계 공 : 51.35 / 60 / 8 × 2인 보 통 인 부 : 51.35 / 60 / 8 × 1인 작 업 반 장 : 51.35 / 60 / 8 × 1인 용 접 공 : 51.35 / 60 / 8 × 1인	
1.3.3	GUIDE BEAM 제작	회	* GUIDE BEAM 제작 (1) 볼트구멍뚫기(t=14㎜) × 4공 철 골 공 × 0.0311인 윤 할 유 × 0.0018 기구손료(인건비의5%) (2) 용 접(전기용접FILLET) 6.8m 자재대 용 접 봉(430ℓ) × 0.40 인건비 용 접 공 × 0.086인 특별인부 × 0.026인 경 비 전 력 비 × 2.65 기구손료(인건비의 5%) (3) 볼트 및 너트(M20×75) 진동으로 인한 손율 N = 8개 × 0.5 = 40 재 료 비 40개 (4) GUIDE BEAM 자재 1) 250×250×9×14 (BEAM+GUIDE PILE+BOTTOM) L1 = 10 × 2 + 0.369 + 5 × 4 = 40.37 A1 = 72.4kg/m × 40.37 × 0.001 = 2.92 재 료 비 : 2.92 × 1.07 2) 200×204×12×12 (COLUMN+BOTTOM) L2 = 0.369 + 1.071 × 2 = 2.51 A2 = 56.2 × 2.51 × 0.001 = 0.14 재 료 비 : 0.14 × 1.07 3) STEEL PLATE (200×125×18t) A3 = 0.00045 × 7.85 × 2 = 0.01 재 료 비 : 0.01 × 1.07	
1.3.4	GUIDE BEAM 이동 설치	회	* GUIDE BEAM 이동설치 1) GUIDE BEAM 이동설치 : 30회/일(8hr) 비계공 × 3인/30회 = 0.10인/회 보통인부 × 2인/30회 = 0.06인/회 2) 볼트 조이기 및 풀기 × 4개 조이기 철 골 공 × 0.012인 보통인부 × 0.004인 풀 기 철 골 공 × 0.0096인 보통인부 × 0.0032인	

<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>1.3.5</td><td>전도방지공</td><td>개소</td><td>* SHEET PILE 전도방지(와이어로프 L=5.0m)
1) 와이어로프(강연선 12㎜ L=5.0m)
재료비 5.0m × 1ea × 1.05

2) 턴버클(1 × 12)
재료비 1ea

3) 클립(5/8)
재료비 2ea

4) 앙카바(이형봉강 D19㎜, L=1.0m)
재료비 1m × 2ea × 2.50 kg/m

5) 전기용접
전기용접 0.2 × 2ea(상하접합부)

6) 설치비
재료비의 5%

7) 해체비
설치비의 70%</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.6</td><td>심층혼합 천공 및 주입 (점토10%+사질60%+사력30%)</td><td>㎡</td><td>* 심층혼합 공법 천공 및 주입
- 조 건 : 점 성 토 : N < 15, L1 = 1.0m
사 질 토 : N < 15, L2 = 6.0m
사 력 토 : 15 ≤ N < 30, L3 = 3.0m

- 시공능력(Q) = $\frac{B \times L \times 60 \times E}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$

Q : 시간당 작업량 (㎥/hr)
B = 0.9m(1회 시공 유효폭)
L = L_1+L_2+L_3 = 10m
t_1 = 20분/회(장비이동 및 거치)
t_2 = 천공시간(분)
= Σ(Hi • bi • ai)
Hi = (지층별 천공시간:min/m)
<table><tr><th>점성토 및 사질토</th><th></th><th>사질토 및 풍화토</th><th></th><th>풍화암</th><th>호박돌</th></tr><tr><td>N<15</td><td>15≤N<30</td><td>15≤N<30</td><td>30≤N<50</td><td></td><td></td></tr><tr><td>H1=1.5</td><td>H2=2.0</td><td>H3=3.0</td><td>H4=6.0</td><td>H5=13</td><td>H6=15</td></tr></table>
bi = N치별 지층두께
지층별 조건참조
ai =지층별 심도계수
<table><tr><th>심도(m)</th><th>L<18</th><th>18 ≤ L < 28</th><th>L ≥ 28</th></tr><tr><td>ai</td><td>a1 = 0.8</td><td>a2 = 1.0</td><td>a3 = 1.3</td></tr></table></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>1.3.6
계속</td><td>심층혼합
천공 및 주입
(점토10%+
사질60%+
사력30%)</td><td>㎡</td><td>
t_2 = (1.5×7.0×0.8) + (3.0×3.0×0.8) = 15.60min
t_3 = 2.0×10.0 = 20.0min (교반 및 스크류 인발시간,
= 2.0 × L)
t_4 = 3.0 (선단 고화처리시간), E = 0.9(양호)
(단, 적용계수값은 현장조건에 따라 변경 적용)
Q = (B×L×60×E) / (t1+t2+t3+t4) = 8.29㎥/hr

1. 노무비
인원편성
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>작업반장</th><th>기계공</th><th>특별인부</th><th>보통인부</th></tr>
<tr><td rowspan="2">인원</td><td>포대</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>7</td></tr>
<tr><td>BULK</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr>
</table>
작업반장 1인 / 8 / 8.29
보 링 공 2인 / 8 / 8.29
특별인부 2인 / 8 / 8.29
보통인부 1인 / 8 / 8.29

2. 장비
1) 파일드라이버 100.71kW(굴삭 및 교반)
재료비 / 8.29
노무비 / 8.29
경 비 / 8.29
2) 발전기 500kW(파일드라이버 구동용)
재 료 비 / 8.29
노 무 비 / 8.29
경 비 / 8.29
3) 발전기 350kW(믹서 플랜트 구동용)
재 료 비 / 8.29
노 무 비 / 8.29
경 비 / 8.29
4) 믹 서 1㎥(모르터 생산)
경 비 / 8.29
5) 그라우팅펌프 50-200ℓ(모르터 주입)
재 료 비 2대 / 8.29
노 무 비 2대 / 8.29
경 비 2대 / 8.29
6) 공기압축기 10.3㎥(굴삭 및 교반)
재 료 비 / 8.29
노 무 비 / 8.29
경 비 / 8.29
7) 굴삭기(무한궤도, 0.8㎥)(잔토처리)
재 료 비 / 8.29
노 무 비 / 8.29
경 비 / 8.29
8)양수기(건설용펌프100㎜)
경 비 / 8.29
9) 플랜트사일로(시멘트 저장용)
재료비 / 8.29
노무비 / 8.29
경 비 / 8.29
</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>1.3.6
계속</td><td>심층혼합
천공 및 주입
(점토10%+
사질60%+
사력30%)</td><td>㎡</td><td>3. BIT 손료
지층별 비트 소모율(㎡당)
<table>
<tr><th>지 층</th><th colspan="2">점성토 및 사질토</th><th colspan="2">사력토 및 풍화토</th><th>풍화암</th><th>호박돌</th></tr>
<tr><td>N치</td><td>N<15</td><td>15≤N<30</td><td>15≤N<30</td><td>30≤N<50</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>소모율</td><td>0.002</td><td>0.003</td><td>0.015</td><td>0.020</td><td>0.03</td><td>0.06</td></tr>
</table>
비트 소모율 : W=((1.0×0.002) + (3.0×0.002)
+ (7.0×0.015)) / 10.0 / 0.9 m/㎡
= 0.0065
경 비 × 0.0065

4. 주입재료비
- 단위체적(㎥) : 3축단위면적 (0.648㎡) / 3축1본
유효폭(0.90m) = 0.5832㎥
- 조 건
1. 점성토 : 시멘트 = 400kg×0.5832/1000 = 0.233 ton/㎡
벤토나이트 = 10kg×0.5832 = 5.83 kg/㎡
2. 사질토 및 사력토 : 시멘트 = 350×0.5832/1000
= 0.204 ton/㎡
벤토나이트 = 20×0.5832 = 11.66kg/㎡
- 천공 깊이에 대한 점성토 층 평균 비율
: (기준=1) SF = 1 / 10 = 0.1
- 시멘트 주입량 = (0.233×0.1+0.204×(1-0.1)) = 0.207

1) 시 멘 트(벌크시멘트) 구입 및 운반
재료비 × 0.207
노무비 × 0.207
경 비 × 0.207

- 벤토나이트 주입량 SH = (5.83×0.1+11.66×(1-0.9) = 11.08
재료비 × 11.08</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.7</td><td>플랜트 조립
및 해체</td><td>회</td><td>* 심층혼합 플랜트 조립 및 해체
1. 인부
비 계 공 × 2.9인
특별인부 × 5.5인
보통인부 × 2.9인

2. 크레인(트럭) 25ton
Q = 16 hr/회
재 료 비 × 16
노 무 비 × 16
경 비 × 16</td><td></td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.8	파일드라이버 조립 및 해체 (심층혼합)	회	* 심층혼합 파일드라이버 조립 및 해체 1. 인부 기 계 공 × 16.9인 비 계 공 × 7.7인 특별인부 × 15.4인 보통인부 × 7.7인 2. 크레인(트럭) 25ton Q = 16 hr/회 재 료 비 × 16 노 무 비 × 16 경 비 × 16	
1.3.9	검사 보링공	m	* 검 사 보 링 공 1. 노무비 중급기술자 0.22인 보 링 공 0.44인 특별 인부 0.44인 보통 인부 0.44인 2. 재료비 코아 튜브 × 0.025 메탈 크라운 비트 × 1.0 리밍쉘 × 0.025 코아 리프트 × 0.1 잡 품 × 1.0 경 유 × 3.5 3. 기계 경비 보링기계기구 손료 3,935 × 1.6 = 6,296 디이젤 엔진(15HP) 재료비 × 1.6 노무비 × 1.6 경 비 × 1.6	
1.3.10	검사 시험비	회	* 검 사 시 험 비(토층변화시마다) 일축압축강도 시험 × N회 현장투수시험 × N회	

<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>1.3.11</td><td>시험 보링공</td><td>m</td><td>* 시험 보링공(NX)
(m당)
<table>
<tr><th colspan="2">종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>모래층</th><th>자갈층</th><th>호박돌층</th></tr>
<tr><td rowspan="4">노무비</td><td>중급기술자</td><td rowspan="4">인</td><td>0.18</td><td>0.21</td><td>0.45</td><td>0.76</td></tr>
<tr><td>보 링 공</td><td>0.35</td><td>0.40</td><td>0.72</td><td>0.96</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>0.25</td><td>0.29</td><td>0.63</td><td>0.76</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>0.35</td><td>0.40</td><td>0.73</td><td>0.76</td></tr>
<tr><td rowspan="6">재료비</td><td>싱글코아바렐</td><td rowspan="6">개</td><td>0.010</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.15</td></tr>
<tr><td>메탈크라운비트</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.5</td><td>1.5</td></tr>
<tr><td>쵸핑비트</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프헤드</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.08</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프슈</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.08</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.08</td></tr>
</table>
[주] ① 본품은 보링 깊이 20m까지를 기준으로 한 것이며 깊이 10m 증가마다 인력품을 5% 이내에서 가산할 수 있다.
② 본 품은 해석비, 결과작성 및 기술료를 포함한 것이다.
③ 시료상자 및 시료병은 별도 계상한다.
④ 기계기구의 손료, 유류비, 운전경비, 운반, 경비, 급수시설 및 잡재료 등은 별도 계상한다.
⑤ 수상작업시 작업조건 및 바지선의 제작(또는 임대) 등의 소요경비는 별도 계상한다.
⑥ 경사시추의 경우 롯드의 승강, 슬라임 제거는 난이도 등을 고려하여 별도 계상한다.
⑦ 지층의 분류는 다음과 같다.
㉮ 점토층 : 점토, 실트
㉯ 모래층 : 모래 및 사질토
㉰ 자갈층 : 자갈 및 모래섞인 자갈
㉱ 호박돌층 : 전석 및 자갈섞인 호박돌
⑧ 중급기술자(책임기술자)는 작업을 계획, 준비, 지휘감독, 토질의 판단 등을 하는자를 말한다. 본 장에서의 중급기술자는 이 기준에 준한다.</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.12</td><td>시험시공 확인</td><td>회</td><td>* 1.3.10 검사 시험비 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.13</td><td>천 공
(주입공법)</td><td>m</td><td>* 천공 인원 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>사질토</th><th>사력층</th><th>호박돌층</th><th>연암층</th></tr>
<tr><td>중급기술자</td><td>인</td><td>0.011</td><td>0.013</td><td>0.055</td><td>0.110</td><td>0.050</td></tr>
<tr><td>보링공</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.040</td><td>0.166</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.040</td><td>0.166</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.040</td><td>0.166</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
</table>
* 천공 재료비 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>사질토</th><th>사력층</th><th>호박돌층</th><th>연암층</th></tr>
<tr><td>더 블 롯 드</td><td>ea</td><td>0.0150</td><td>0.0200</td><td>0.0400</td><td>0.0800</td><td>0.0400</td></tr>
<tr><td>특수첨단장치</td><td>ea</td><td>0.0025</td><td>0.0050</td><td>0.0100</td><td>0.0200</td><td>0.0100</td></tr>
<tr><td>크라운 비트</td><td>ea</td><td>0.0030</td><td>0.0400</td><td>0.3000</td><td>0.0200</td><td>0.3000</td></tr>
</table>
* 천공 기계 장비
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>사질토</th><th>사력층</th><th>호박돌층</th><th>연암층</th></tr>
<tr><td>중급기술자</td><td>hr</td><td>0.2660</td><td>0.3200</td><td>1.3330</td><td>2.6660</td><td>1.2300</td></tr>
<tr><td>보 링 공</td><td>hr</td><td>0.2660</td><td>0.3200</td><td>1.3330</td><td>2.6660</td><td>1.2300</td></tr>
</table>
1. 노무비
중급기술자 × 0.0110인
보링공(지질조사) × 0.0330인
특별인부 × 0.0330인
중급기술자 × 0.0330인</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>1.3.13
계속</td><td>천 공
(주입공법)</td><td></td><td>2. 재료비
더블롯드 × 0.0150
특수첨단장치 × 0.0025
크라운비트 × 0.0300

3. 경 비
시추기(보링 기계) × 0.16
발전기 (150kW) × 0.16</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.14</td><td>현탄액형
주입비
(주입공법)</td><td>㎥</td><td>* 현탄액형 주입비

1. 노 무 비
중급기술자 × 0.1150
중급기능사 × 0.0925
보 링 공 × 0.0925
특별인부 × 0.3703
보통인부 × 0.3703

2. 재 료 비
첨단장치 × 0.060
더블쇼벨 × 0.0048
압력계 × 0.240

3. 경 비
주 입 기 × 1.322
발 전 기 × 1.48148</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.15</td><td>약액주입
(주입공법)</td><td>㎥</td><td>* 약액 주입 / ㎥당
<table>
<tr><th>주입재료＼공법</th><th>S.G.R</th><th>L.W</th><th>B.G.I</th><th>J.C.M</th></tr>
<tr><td>시멘트(kg)</td><td>300</td><td>200</td><td>333</td><td>200</td></tr>
<tr><td>규 산(ℓ)</td><td>250</td><td>350</td><td>167</td><td>167</td></tr>
<tr><td>급 결(kg)</td><td>62.5</td><td>-</td><td>25.0</td><td>40.0</td></tr>
<tr><td>중완결(kg)</td><td>60.0</td><td>-</td><td>8.33</td><td>38.3</td></tr>
<tr><td>벤토나이트(kg)</td><td>-</td><td>20.0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
시멘트 : 300kg : 자재비 별산
규 산 × 250
급결제 × 62.5
중(완)결제 × 60.0</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.16</td><td>기계기구 설치
및 해체
(주입공법)</td><td>회</td><td>* 기계기구 설치 및 해체
1. 보링공(지질조사) × 1.0인
2. 특별인부 × 1.0인
3. 보통인부 × 1.0인</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>1.3.17</td><td>PLANT 설치
및 해체
(주입공법)</td><td>회</td><td>* PLANT 설치 및 해체
1. 중급기술자 × 1.0
2. 기계설치공 × 0.5
3. 전 공 × 0.5
4. 기계배관공 × 0.5
5. 형틀목공 × 1.5
6. 기계운전사 × 0.5
7. 특별인부 × 19.0
8. 보통인부 × 17.0</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.18</td><td>검사 보링공</td><td>m</td><td>* 1.3.9 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.19</td><td>검사 시험비
(주입공법)</td><td>회</td><td>* 확인 검사비(토층 변화시마다)
투수시험 × N회</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.20</td><td>천공
(그라우팅)</td><td>m</td><td>* 천공 인원 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>사질토</th><th>사력층</th><th>호박돌층</th><th>연암층</th></tr>
<tr><td>중급기술자</td><td>인</td><td>0.020</td><td>0.040</td><td>0.060</td><td>0.110</td><td>0.040</td></tr>
<tr><td>보링공</td><td>인</td><td>0.160</td><td>0.320</td><td>0.540</td><td>0.900</td><td>0.320</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.160</td><td>0.320</td><td>0.540</td><td>0.900</td><td>0.320</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.080</td><td>0.160</td><td>0.270</td><td>0.450</td><td>0.160</td></tr>
</table>
* 천공 재료비 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>사질토</th><th>사력층</th><th>호박돌층</th><th>연암층</th></tr>
<tr><td>코 아 튜 브</td><td>ea</td><td>0.0100</td><td>0.0250</td><td>0.0500</td><td>0.1500</td><td>0.0250</td></tr>
<tr><td>메탈크라운 비트</td><td>ea</td><td>0.0250</td><td>0.0500</td><td>0.5000</td><td>1.5000</td><td>1.0000</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프</td><td>ea</td><td>0.0100</td><td>0.0250</td><td>0.0500</td><td>0.0800</td><td>-</td></tr>
<tr><td>드라이브 헤드</td><td>ea</td><td>0.0100</td><td>0.0250</td><td>0.0500</td><td>0.0800</td><td>-</td></tr>
<tr><td>드라이브 슈</td><td>ea</td><td>0.0100</td><td>0.0250</td><td>0.0500</td><td>0.0800</td><td>-</td></tr>
<tr><td>리 밍 쉘</td><td>ea</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0.0250</td></tr>
<tr><td>코아리프트</td><td>ea</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1.0000</td></tr>
<tr><td>경 유</td><td>L</td><td>1.4900</td><td>2.8800</td><td>4.7500</td><td>8.0000</td><td>2.8800</td></tr>
<tr><td>잡 유</td><td>%</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td></tr>
<tr><td>시추기손료</td><td>m</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table>
1. 노무비
중급기술자 × 0.020인
보링공(지질조사) × 0.160인
특별인부 × 0.160인
중급기술자 × 0.080인
2. 재료비
코아튜브 × 0.0100
메탈크라운 비트 × 0.0250
드라이브 파이프 × 0.0100
드라이브 헤드 × 0.0100
드라이브 슈 × 0.0100
리밍 쉘 × 0.0250 (연암층)
코아리프트 × 1.000 (연암층)
경 유 × 1.49
잡 유 × 경유의 20%
3. 기계 손료
시추기 × 0.125</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>1.3.21</td><td>주입비
(그라우팅)</td><td>㎥</td><td>* 주입비
1. 노무비
초급기술자 × 0.500인
보 링 공 × 1.000인
특별인부 × 1.000인
보통인부 × 3.125인

2. 재료비
시멘트 × 250(kg)
모르타르 × 20
벤토나이트 × 20
약 액 × 10
주입소모품 × 1식</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.22</td><td>주입 경비
(그라우팅)</td><td></td><td>1. 주입관 손료(m당)
철관대 × 1.00
나사눈내기 × 1.33
소켓대 × 0.66
2. 기계 손료(시간당)
그라우트 믹서 × 0.125
그라우트 펌프 × 0.125</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.23</td><td>기계기구 설치 및 해체
(그라우팅)</td><td>회</td><td>1.3.16 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.24</td><td>PLANT 설치 및 해체
(그라우팅)</td><td>회</td><td>1.3.17 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.25</td><td>확인 보링공</td><td>m</td><td>1.3.11 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.26</td><td>확인 검사비
(그라우팅)</td><td>회</td><td>* 확인 검사비(토층 변화시마다)
투수시험 × N회</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.27</td><td>천 공
(비약액공법)</td><td>m</td><td>* 천공 인원 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>모래층</th><th>자갈층</th><th>풍화암</th><th>호박돌층</th><th>연암</th></tr>
<tr><td>중급기술자</td><td>인</td><td>0.011</td><td>0.013</td><td>0.033</td><td>0.022</td><td>0.111</td><td>0.051</td></tr>
<tr><td>보링공</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.04</td><td>0.1</td><td>0.066</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.04</td><td>0.1</td><td>0.066</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td>인</td><td>0.033</td><td>0.04</td><td>0.1</td><td>0.066</td><td>0.333</td><td>0.153</td></tr>
</table>
* 천공 재료비 구성
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>모래층</th><th>자갈층</th><th>풍화암</th><th>호박돌층</th><th>연암</th></tr>
<tr><td>메탈크라운빗트</td><td>개</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.4</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프헤드</td><td>개</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프슈</td><td>개</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>드라이브파이프</td><td>개</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>더블롯드</td><td>개</td><td>0.01</td><td>0.025</td><td>0.05</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>0.03</td></tr>
<tr><td>원동기</td><td>시간</td><td>0.267</td><td>0.32</td><td>0.8</td><td>0.66</td><td>2.666</td><td>1.23</td></tr>
</table>
* 천공 기계 장비
<table>
<tr><th>종 별</th><th>단위</th><th>점토층</th><th>모래층</th><th>자갈층</th><th>풍화암</th><th>호박돌층</th><th>연암</th></tr>
<tr><td>원동기</td><td>시간</td><td>0.267</td><td>0.32</td><td>0.8</td><td>0.66</td><td>2.666</td><td>1.23</td></tr>
<tr><td>보링기계</td><td>시간</td><td>0.267</td><td>0.32</td><td>0.8</td><td>0.66</td><td>2.666</td><td>1.23</td></tr>
<tr><td>건설용펌프(자흡식)</td><td>시간</td><td>0.267</td><td>0.32</td><td>0.8</td><td>0.66</td><td>2.666</td><td>1.23</td></tr>
</table></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>1.3.27
계속</td><td>천 공
(비약액공법)</td><td>m</td><td>1. 노무비 (점토층 기준)
중급기술자 × 0.011인
보링공 × 0.033인
특별인부 × 0.033인
보통인부 × 0.033인
2. 재료비 (점토층 기준)
메탈크라운빗트 × 0.025
드라이브파이프헤드 × 0.01
드라이브파이프슈 × 0.01
드라이브파이프 × 0.01
더블롯드 × 0.01
원동기 × 0.267
3. 경 비 (점토층 기준)
원동기(9HP) × 0.267
보링기계(NX×150㎜) × 0.267
건설용펌프(자흡식) (50㎜) × 0.267</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.28</td><td>비약액형
주입비
(비약액공법)</td><td>㎥</td><td>* 비약액액형 주입비
1. 노 무 비
기계설치공 × 0.139
특별인부 × 0.278
기계운전사 × 0.139
보통인부 × 0.312
발 전 기 × 1.111
2. 재 료 비
특수첨단장치 × 0.038
더블쇼벨 × 0.003
발 전 기 × 1.111
3. 경 비
주 입 기 손 료 × 0.139
발 전 기 × 1.111</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.29</td><td>순수 재료비
(비약액공법)</td><td>㎥</td><td>* 비약액 주입 / ㎥당
<table>
<tr><th>구분 / 재료</th><th>단 위</th><th>차수시</th><th>차수 및 보강시</th></tr>
<tr><td>NDS-ES(급결주재료)</td><td>kg</td><td>50</td><td>75</td></tr>
<tr><td>NDS-UF
(초미립자시멘트)</td><td>kg</td><td>275</td><td>275</td></tr>
<tr><td>NDS-AC(유동화제)</td><td>kg</td><td>2.6</td><td>2.6</td></tr>
<tr><td>W (물)</td><td>ℓ</td><td>890</td><td>881</td></tr>
</table>
* 차수시
급결주재료(NDS-ES) × 50kg
초미립자시멘트(NDS-UF) × 275kg
유동화제(NDS-AC) × 2.6kg
물 × 890ℓ
* 차수 및 보강시
급결주재료(NDS-ES) × 75kg
초미립자시멘트(NDS-UF) × 275kg
유동화제(NDS-AC) × 2.6kg
물 × 881ℓ</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>1.3.30</td><td>기계기구 설치
및 해체
(비약액공법)</td><td>회</td><td>* 기계기구 설치 및 해체
1. 보링공(지질조사) × 1.0인
2. 특별인부 × 1.0인
3. 보통인부 × 1.0인</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.31</td><td>PLANT 설치
및 해체
(비약액공법)</td><td>회</td><td>* PLANT 설치 및 해체
1. 기계설치공 × 0.5
2. 플랜트전공 × 0.5
3. 플랜트배관공 × 0.5
5. 형틀목공 × 0.5
6. 특별인부 × 13.0
7. 보통인부 × 7.0</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.32</td><td>확인 보링공</td><td>m</td><td>* 1.3.11 참조</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.33</td><td>확인 검사비
(비약액공법)</td><td>회</td><td>* 확 인 검 사 비(토층변화시: GL-3m간격)
현장투수시험 × N회</td><td></td></tr>
<tr><td>1.3.34</td><td>천공
(고압주입공법)</td><td></td><td>
* 플렌트 조립·해체(1회당)
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>규 격</th><th>단위</th><th>수량</th><th>손율(%)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">편성
인원</td><td>기계설치공</td><td></td><td>인</td><td>4</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>특별인부</td><td></td><td>인</td><td>19</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>보통인부</td><td></td><td>인</td><td>17</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">각재</td><td>파 이 프</td><td>Φ50x3m</td><td>m</td><td>70</td><td>30</td><td></td></tr>
<tr><td>판 재</td><td>4cm×36cm×210cm</td><td>㎥</td><td>0.3</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td>각 재</td><td></td><td>㎥</td><td>0.45</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td>철 선</td><td># 10</td><td>kg</td><td>4</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td>방수시트</td><td></td><td>㎡</td><td>77</td><td>100</td><td></td></tr>
</table>
* 지층별제원
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="2">점토층</th><th colspan="3">모래층</th><th rowspan="2">자갈층</th><th rowspan="2">호박돌층</th></tr>
<tr><th>N
0~2</th><th>N
3~5</th><th>N
0~4</th><th>N
5~15</th><th>N
16~30</th></tr>
<tr><td>유효직경</td><td>m</td><td>1.0</td><td>0.8</td><td>1.2</td><td>1.0</td><td>0.8</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>로드인발속도</td><td>분/m</td><td>7</td><td>8</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>9</td><td>9</td></tr>
<tr><td>단위분사량</td><td>ℓ/분</td><td>60</td><td>60</td><td>60</td><td>60</td><td>60</td><td>60</td><td>60</td></tr>
<tr><td>분사량</td><td>ℓ/m</td><td>462</td><td>528</td><td>462</td><td>528</td><td>594</td><td>594</td><td>594</td></tr>
<tr><td>시멘트량</td><td>kg/m</td><td>351</td><td>401</td><td>351</td><td>401</td><td>451</td><td>451</td><td>451</td></tr>
<tr><td>물</td><td>ℓ</td><td>351</td><td>401</td><td>351</td><td>401</td><td>451</td><td>451</td><td>451</td></tr>
<tr><td>굴착공간격</td><td>m</td><td>0.8~0.9</td><td>0.6~0.7</td><td>1.0~1.1</td><td>0.8~0.9</td><td>0.6~0.7</td><td>0.6~0.7</td><td>0.6~0.7</td></tr>
</table>
* 작업시간(m당)
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">지층별</th><th rowspan="2">N치</th><th>천공</th><th>로드조립</th><th>로드분해</th><th>케이싱발</th><th>로드인발</th><th>계</th><th colspan="2">작업시간</th></tr>
<tr><th>(분)</th><th>(분)</th><th>(분</th><th>(분)</th><th>(분)</th><th>(분)</th><th>분/m</th><th>시간/m</th></tr>
<tr><td rowspan="4">천공</td><td>점토층</td><td></td><td>6</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>1</td><td>13</td><td>17.33</td><td>0.288</td></tr>
<tr><td>모래층</td><td></td><td>12</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>1</td><td>19</td><td>25.33</td><td>0.422</td></tr>
<tr><td>자갈층</td><td></td><td>24</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>1</td><td>31</td><td>41.33</td><td>0.688</td></tr>
<tr><td>호박돌층</td><td></td><td>32</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>1</td><td>39</td><td>52.00</td><td>0.866</td></tr>
<tr><td rowspan="7">천공
+
분사</td><td>점토층</td><td>0-2</td><td>6</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>7</td><td>19</td><td>25.33</td><td>0.422</td></tr>
<tr><td>〃</td><td>3-5</td><td>6</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>8</td><td>20</td><td>26.66</td><td>0.444</td></tr>
<tr><td>모래층</td><td>0-4</td><td>12</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>7</td><td>25</td><td>33.33</td><td>0.555</td></tr>
<tr><td>〃</td><td>5-15</td><td>12</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>8</td><td>26</td><td>34.66</td><td>0.577</td></tr>
<tr><td>〃</td><td>16-30</td><td>12</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td>9</td><td>27</td><td>36.00</td><td>0.600</td></tr>
<tr><td>자갈층</td><td></td><td>24</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>9</td><td>40</td><td>53.33</td><td>0.888</td></tr>
<tr><td>호박돌층</td><td></td><td>32</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>9</td><td>48</td><td>64.00</td><td>1.066</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.34 계속	천공 (고압주입공법)			

* 천 공(시간당)

종별	규 격	단위	수량		비고
			점토층.모래층	자갈층.호박돌층	
중급기술자		인	0.125	0.125	
초고압펌프	200kgf/㎠	시간	1	-	
보 링 기	JSP용	〃	1	-	
〃	4.2ton	〃	-	1	
디젤엔진	52.22kW	〃	-	1	
공기압축기	10.3㎥/min	시간	1		
발전기	150kW	〃	1		
양수기	50㎜	〃	1		
모터	5.6kW	〃	1		
수조(水槽)	6㎥	〃	1		
고압호스	19㎜	〃	1		
에어호스	19㎜	〃	1		

* 천공 + 분사(시간당)

종 별	규 격	단위	점토층		모래층			자갈층	호박돌층
			N 0-2	N 3-5	N 0-4	N 5-15	N 16-30		
중급기술자		인	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
보통인부		〃	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
초고압펌프	200kgf/㎠	시간	1	1	1	1	1		
보 링 기	JSP용	〃	1	1	1	1	1		
〃	4.2ton	〃						1	1
디젤엔진	52.22kW	〃						1	1
공기압축기	10.3㎥/min	〃	1	1	1	1	1	1	1
발전기	150kW	시간	1	1	1	1	1		
양수기	50㎜	〃	1	1	1	1	1		
모터	5.6kW	〃	1	1	1	1	1		
수조(水槽)	6㎥	〃	1	1	1	1	1		
고압호스	19㎜	〃	1	1	1	1	1		
에어호스	19㎜	〃	1	1	1	1	1		
J.S.P용 믹서	1㎥	〃	1	1	1	1	1		
고압분사재료비		시간	0.116	0.133	0.116	0.133	0.15	0.15	0.15
고 압 분사		m						1	1
이토처리		시간	0.154	0.176	0.154	0.176	0.198	0.198	0.198

* 보링기(J.S.P용) : 점토층.모래층(시간당)

종별	규격	단위	수량		비고
			점토층	모래층	
보링공		인	0.125	0.125	
특별인부		〃	0.125	0.125	
메탈크라운비트		개	0.023	0.019	
더블스위블본체		〃	0.003	0.003	
더블스위블부품		조	0.023	0.020	
더블로드	3m	본	0.007	0.006	
N.J.V 본체		개	0.003	0.003	
노즐		〃	0.002	0.002	
손료		시간	1	1	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.34 계속	천공 (고압주입공법)			

* 보링기(4.2ton) : 자갈층·호박돌층(시간당)

종별	규격	단위	수량		비고
			자갈층	호박돌층	
보링공		〃	0.125	0.125	
특별인부		〃	0.125	0.125	
보통인부		〃	0.25	0.25	
생크어댑터		개	0.029	0.029	
퍼커션비트		〃	0.058	0.058	
링크라운		〃	0.058	0.058	
후레싱헤드		〃	0.015	0.014	
케이싱		〃	0.029	0.029	
니플		〃	0.015	0.012	
로드		〃	0.015	0.012	
커플링		〃	0.015	0.012	
손료		시간	1	1	

* 고압분사 재료비(시간당)

종 별	규 격	단 위	수 량	비 고
더블스위블본체		개	0.072	
더블스위블부품		조	0.24	
더블로드	3.0m	본	0.072	
N.J.V 본체		개	0.09	
N.J.V 부품		조	0.24	
노 즐		개	0.24	

* 고압분사 : 자갈층·호박돌층(m당)

종별	규격	단위	수량	비고
			자갈층 • 호박돌층	
보링공		인	0.083	
보통인부		〃	0.166	
초고압펌프	200kgf/㎠	시간	0.266	
보링기	J.S.P용	〃	0.266	
공기압축기	10.3㎥/min	〃	0.266	
발전기	150kW	〃	0.266	
양수기	50㎜	〃	0.266	
모터	5.6kW	〃	0.266	
수조	6㎥	〃	0.266	
고압호스	19㎜	〃	0.266	
에어호스	19㎜	〃	0.266	
J.S.P용 믹서	1㎥	〃	0.266	

* 이토처리(시간당)

종별	규격	단위	수 량	비고
그라우팅펌프	50~200ℓ/mim	시간	1	
모터	7.5HP	〃	1	
보통인부		인	0.25	

<주> ① 기계기구 운반비는 별도 계상한다.
② 기계기구설치비는 「건설공사 표준품셈」상의 기계기구설치를 적용한다.
③ 혼화제는 필요한 경우 별도 계상한다.
④ 공구손료 및 잡재료비는 본 품셈 적용기준에 의거 계상할 수 있다.
⑤ J.S.P용 믹서에서는 애지테이터가 포함되어 있다.
⑥ 자재에 대해서는 손율을 적용하여야 한다.
⑦ 이토(Slime)를 폐기물 관리법 등의 규정에 따라 처리하기 위하여 추가로 소요되는 비용과 운반비는 별도 계상한다.
⑧ 분사압을 높여 시공할 경우 별도 계상한다.

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.34 계속	천공 (고압주입공법)	m	* 천공 - 조건 : 모래층, N : 5 ~ 15 - 작업시간 : Q=0.422hr/m 1. 노 무 비 중급기술자 × 0.125 > 소계 2. 초고압펌프(200kg/㎠) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 3. 보링기) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 4. 공기압축기(10.3㎥/min) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 5. 발전기(150kW) 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 6. 양수기(50㎜) 경비 × Q > 소계 7. 모 터(5.6kW) 경비 × Q > 소계 8. 수 조(6㎥) 경비 × Q > 소계 9. 고압호스 (19㎜) 경비 × Q > 소계 10. 에어호스 (19㎜) 경비 × Q > 소계 >> 계	
1.3.35	천공 및 분사 (고압주입공법)	m	* 천공 및 주입 - 조건 : 모래층, N : 5 ~ 15 - 작업시간 : Q=0.577hr/m 1. 노 무 비 중급기술자 × 0.125 보통인부 × 0.250 > 소계	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.35 계속	천공 및 분사 (고압주입공법)	m	2. 초고압펌프(200kg/㎠) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 3. 보링기) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 4. 공기압축기(10.3㎥/min) 재료비 × Q 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 5. 발전기(150kW) 노무비 × Q 경비 × Q > 소계 6. 양수기(50㎜) 경비 × Q > 소계 7. 모 터(5.6kW) 경비 × Q > 소계 * 천공 및 주입 - 조건 : 모래층, N : 5 ~ 15 - 작업시간 : Q=0.577hr/m 8. 수 조(6㎥) 경비 × Q > 소계 9. 고압호스 (19㎜) 경비 × Q > 소계 10. 에어호스 (19㎜) 경비 × Q > 소계 11. 믹서 (1㎥당) 경비 × Q > 소 계 * 고압분사 재료비 재료비 × 0.133(hr) × Q > 소 계 * 시멘트 구입 및 운반 > 소 계 * 이토처리 경비 × 0.176(hr) × 0.577(hr) 노무비 × 0.176(hr) × 0.577(hr) > 소 계 >> 계	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
1.3.36	플렌트 조립해체 (고압주입공법)	회	*플렌트 조립해체 1. 노무비 기계설치공 × 4(인) 특별인부 × 19(인) 보통인부 × 17(인) 2. 자재비 1) 파이프(Φ50×3m) : 수량 70m, 손율 30% 2) 판재(4cm×36cm×210cm) : 수량 0.3㎥, 손율 50% 3) 각재 : 수량 0.45㎥, 손율 50% 4) 철선 (#10) : 수량 4kg, 손율 100% 5) 방수시트 : 수량 77㎡, 손율 100%	
1.3.37	기계기구 설치 및 해체	회	* 기계기구 설치 및 해체 1. 보링공(지질조사) × 1.0인 2. 특별인부 × 1.0인 3. 보통인부 × 1.0인	
1.3.38	검사 보링공	m	1.3.9 참조	
1.3.39	검사 시험비	회	1.3.10 참조	
1.3.40	시험 보링공	m	1.3.11 참조	
1.3.41	시험시공 확인	회	1.3.12 참조	

제2장 내수배제시설

제2장 내수배제시설

2.1 설계요령

2.1.1 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. 적용범위

본 설계요령은 홍수시 하천의 외수위가 상승하여 제내측 저지대 우수의 자연배수가 어려운 경우 펌프 기계설비에 의해 우수를 강제배제토록 하는 배수펌프장(유수지 포함) 설치계획과 고지지역의 자연배수를 위한 고지배수로 설치계획에 대하여 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준(KDS 51 12 40, 51 14 30, 51 60 30)(2016, 국토교통부)

※ 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부) 해설편

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 30)(2016, 국토교통부)

3) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)(2012, 농림부)

4) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(양배수장편)(2005, 농림부)

5) 하수도 시설기준(2011, 한국상하수도협회)

라. 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 ‘제5편 기타시설 제3장 수문’에 따른다.

2) 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.

마. 참고문헌

1) 재해예방을 위한 고지배수로 운영관리 지침(2012, 소방방재청)

2) 배수펌프장 관리 및 운영지침(2008, 소방방재청)

3) 빗물펌프장·수문 유지관리 및 설계요령(2008, 서울시)

4) 농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(제2편 배수개선)(2011, 한국농어촌공사)

2.1.2 사전조사

내수배제시설 설계시 검토 및 조사할 사항은 다음과 같다.

1) 상위 계획 및 관련계획 검토(필요시)

2) 하천 및 배수계통 현황(필요시)

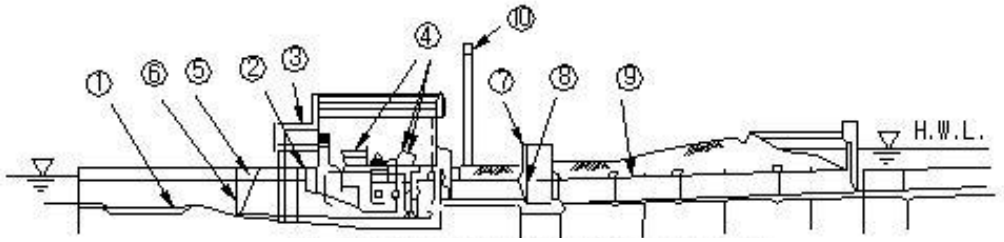
3) 펌프장(유수지) 예정 지역 내 자산현황

4) 측량(지형, 종단, 횡단)

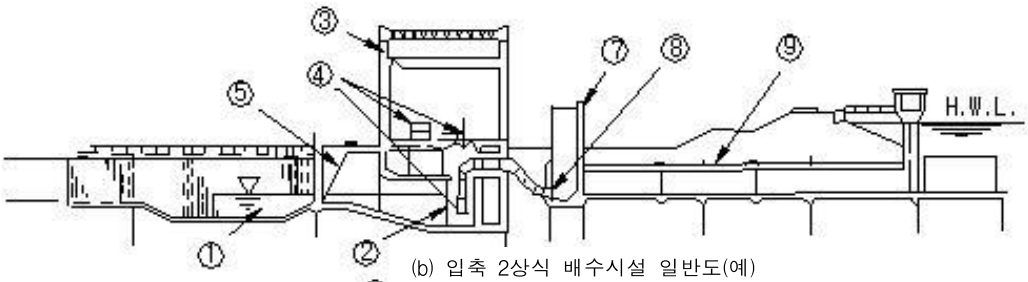
5) 토질 및 지질

2.1.3 배수펌프

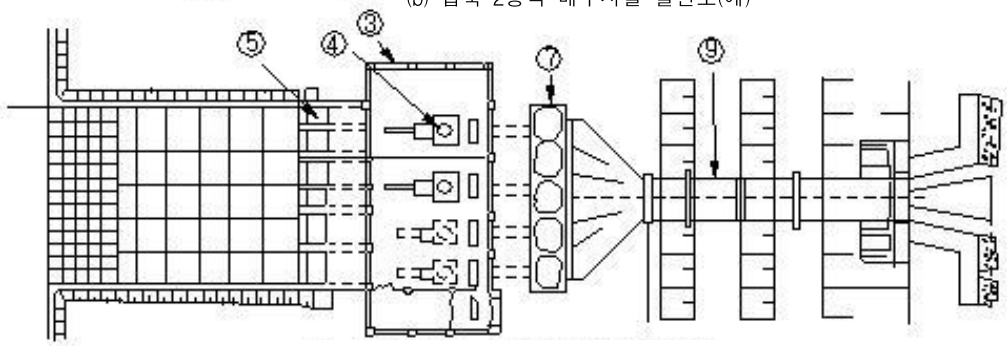
유역 내의 우수를 일시적으로 저류하여 펌프설비에 의해 강제 배수하는 방식으로 저지대의 침수피해를 방지하기 위한 시설물로써 배수펌프, 흡수정, 유수지, 스크린, 제진기, 토출수조 등으로 구성된다.



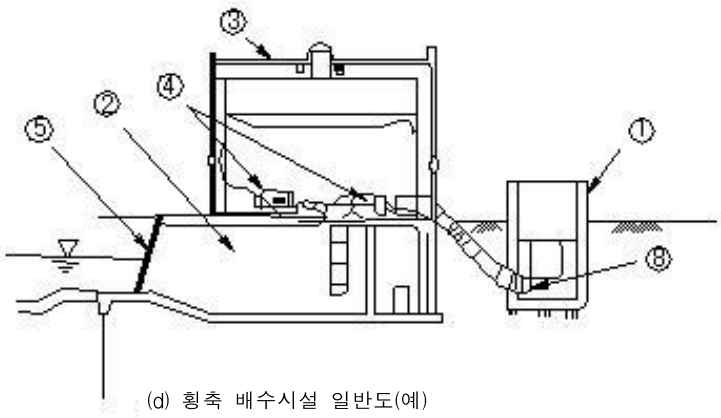
(a) 콘크리트 케이싱 배수시설 일반도(예)



(b) 입축 2상식 배수시설 일반도(예)



(c) 입축 2상식 배수시설 평면도(예)



① 침사지
② 본체시설
③ 상부시설
④ 펌프시설
⑤ 스크린(Screen)
⑥ 분리대 또는 제어수문
⑦ 토출수조
⑧ 역류방지관
⑨ 통문, 통관
⑩ 환기구

(d) 횡축 배수시설 일반도(예)

(그림 2.1-1) **< 배수펌프장의 주요시설 명칭 (예시도) >**

가. 시설물 규모

배수펌프장의 설계빈도는 하천설계기준에서 제시된 설계빈도와 대상지역의 중요도, 토지이용현황, 장래개발계획 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

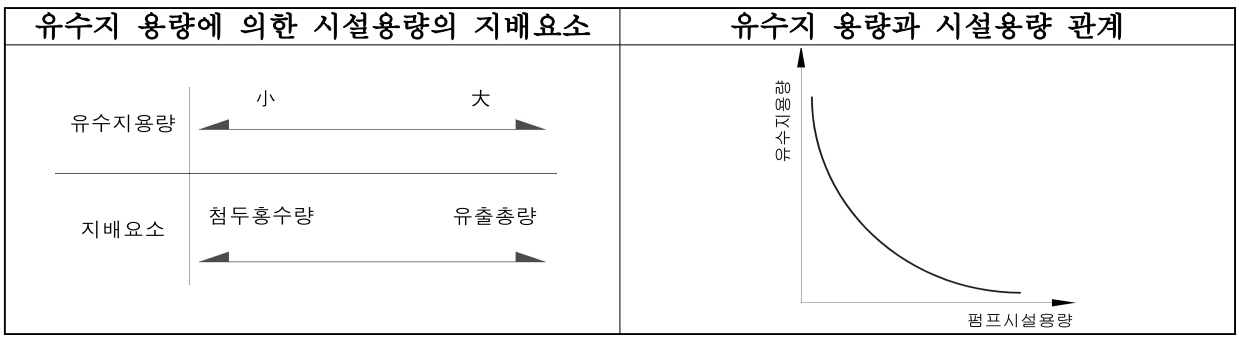
< 주요 수공구조물의 설계빈도 >

(표 2.1-1)

구 조 물 종 류		설계빈도(년)
배수시설	배수로, 방수로, 배수문	20 이상
	배수펌프	20 이상
	유수지 및 저류지	20 이상
하천제방	국가하천	100～200
	지방하천	50～200
홍수방어(조절)용	저수지	50～SPF(표준설계홍수량)
	여수로	PMF(가능최대홍수량)
	제 방	10～SPF(표준설계홍수량)

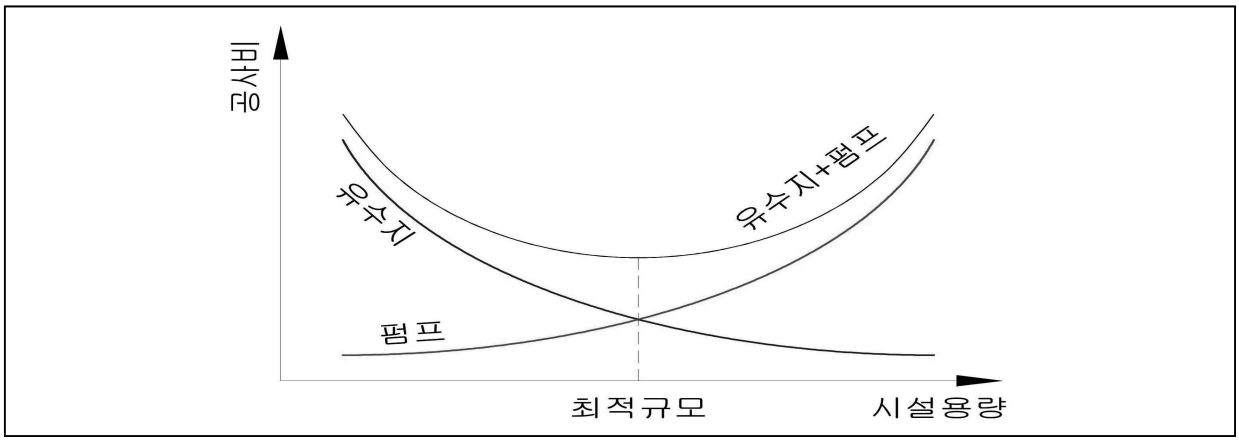
주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

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.



(그림 2.1-2) **< 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 부지확보가 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 2.1-3) **< 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 아래 표에 근거하여 결정하되 입지여건을 충분히 고려하여야 한다.

< 계획 양수량별 펌프설치 대수 >

(표 2.1-2)

계획양수량(㎥/s)	하수도시설기준	하천공사 표준시방서
3 이하	2 ~ 3	
3 ~ 5	3 ~ 4	
5 ~ 10	4 ~ 6	
30 이하		2 ~ 4
31 ~ 100		3 ~ 5
101 ~ 200		4 ~ 6
201 ~ 300		5 ~ 7
301 이상		6 ~ 10

주) 자료출처 : 빗물펌프장 수문 유지관리 및 설계요령(2008, 서울시)

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 2.1-3)

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 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(양배수장편)(2005, 농림부)

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 관로 속에서 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 캐비테이션에 대한 안정성 여부를 판단하는 조건으로 유효흡입수두(NPSH av)와 펌프의 비교회전수로 결정되는 필요 유효흡입수두(NPSH req)를 비교하여 NPSH av가 NPSH req에 대하여 갖는 여유를 검토하여야 하며 일반적으로 NPSH req×1.3 ≤ NPSH av 이어야 한다.

가) 필요흡입수두 NPSH 추정계산(NPSH req)

$$- \ NPSHreq = \left(\frac{N \times Q^{1/2}}{S}\right)^{4/3}$$

여기서, S : 흡입비속도(축류펌프=1,200, 사류펌프=1,300)

N : 펌프회전수(rpm)

Q : 배출량(㎥/min)

나) 유효흡입수두 NPSH 계산(NPSH av)

$$- \ NPSHav = \frac{P_S}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} \pm h_s - h_L$$

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 2.1-4)

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) 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)(2012, 농림부)

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 2.1-5)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 2.1-5)

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) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

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.

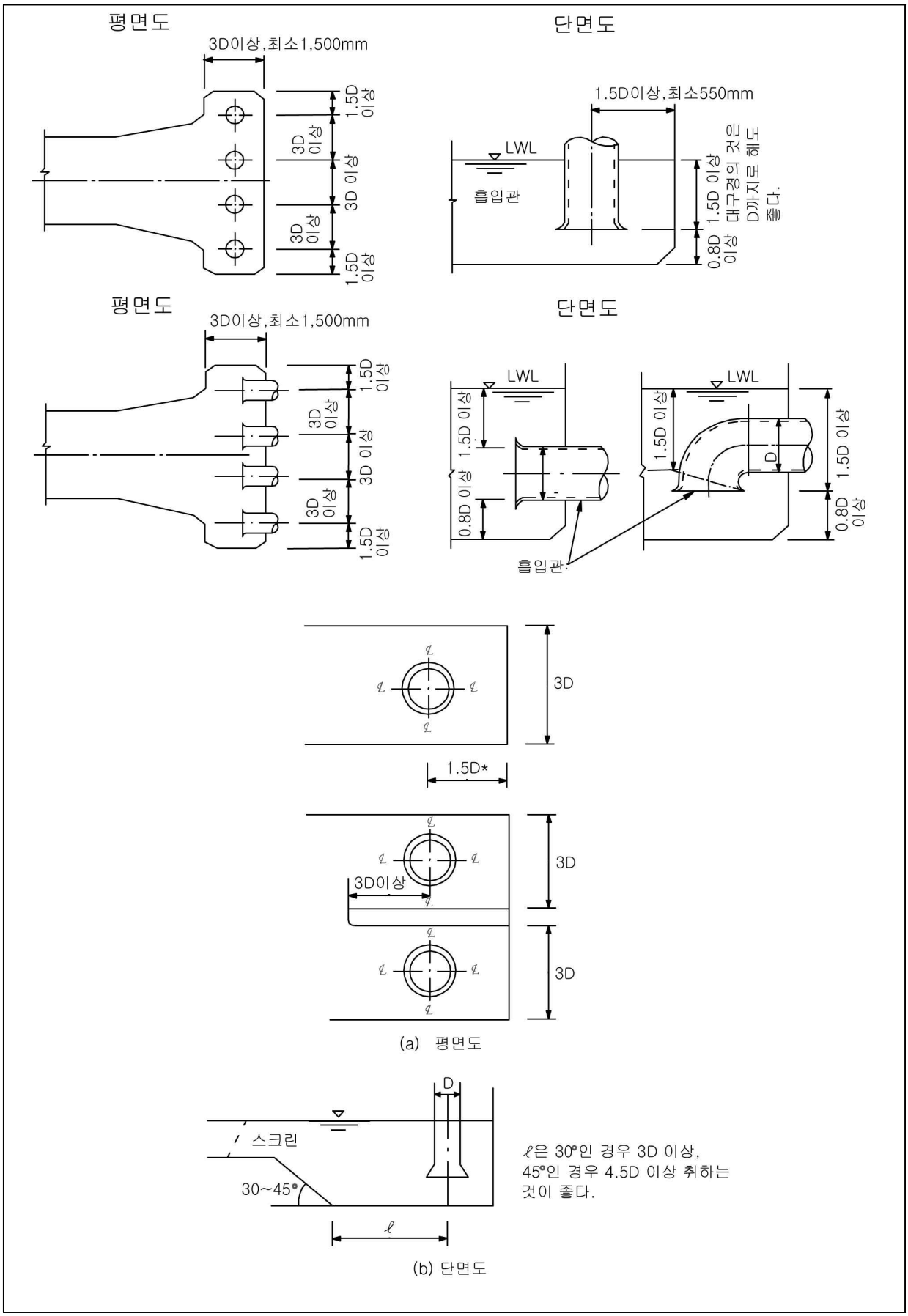
3) 연직흡입관과 흡수정의 형상은 아래 그림에 제시된 치수를 표준으로 한다.

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 준설한다.



(그림 2.1-4) **< 흡입정과 흡입관 >**

바. 토출수조

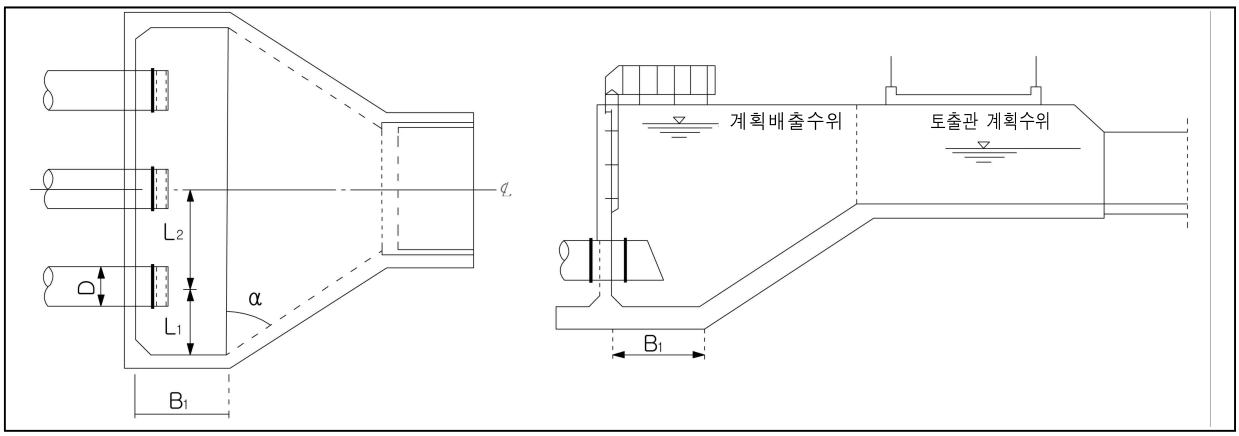
1) 토출수조는 본체구조물과 분리하여 배출관으로부터 방출되는 수류가 감쇠되도록 하며, 방류하천으로 수류가 원활히 배출될 수 있도록 한다.
2) 토출수조는 철근콘크리트 구조를 원칙으로 한다.
3) 토출수조의 상단 높이는 토출수조 내에서 발생할 가능성이 있는 최고 수위에 대하여 안전한 높이이어야 한다.
4) 토출BOX는 펌프의 총 토출량에 대하여 원할한 배제가 가능한 규모를 갖도록 한다.
5) 펌프 토출량을 방류하천으로 유출시 토출BOX 유출부 하단에 하상보호공을 설치하여 유수 방류에 따른 파손 및 세굴을 최소화하도록 한다.
6) 토출암거 되메우기시 다짐도는 '제6편 구조 및 지반설계 제1장 구조물설계'에 따른다.

< 토출수조의 규격 >

(표 2.1-6)

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) 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)(2012, 농림부)



(그림 2.1-5) < 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.

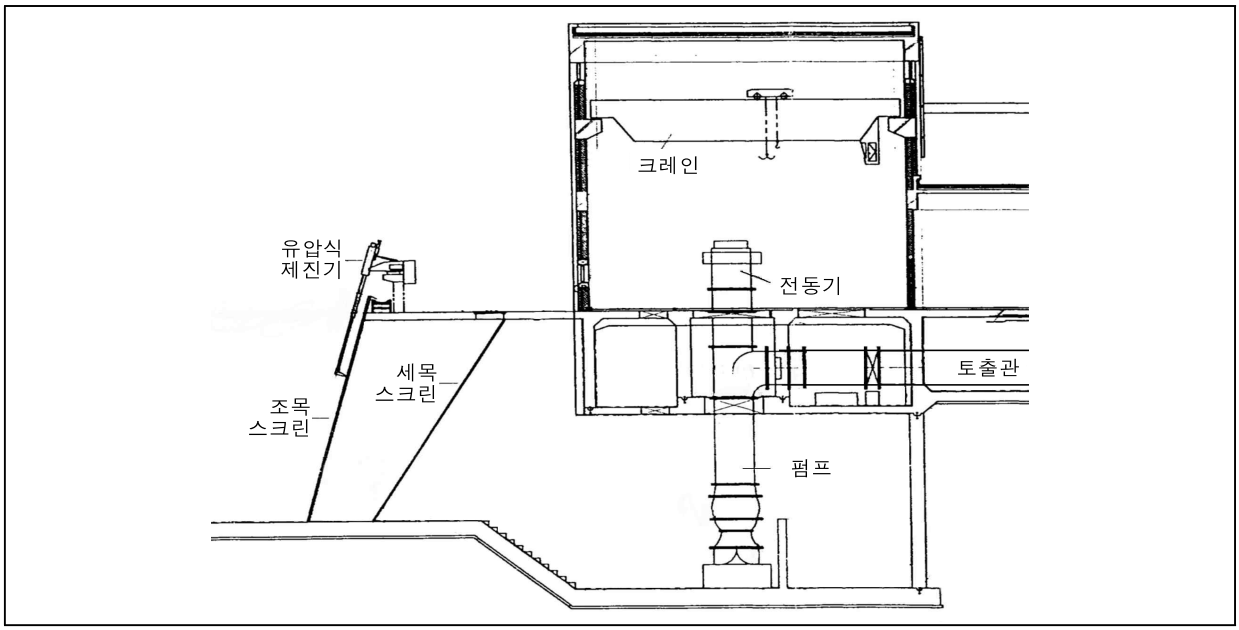
4) 플랩밸브는 토출구 끝에 위치하여 자중에 의해서만 열리고 닫히는 기능으로 외수위가 높을 경우 수압으로 수문을 밀착시켜 내수로 들어오는 물을 차단하여 역류를 방지하는 역할을 한다.

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 75° 전후로 하고, 수동식 제진방식인 경우 45° ~ 60° 이내로 한다.



(그림 2.1-6) **< 스크린 및 제진기 적용 예 >**

< 스크린 설치각의 표준 >

(표 2.1-7)

구 분	수 동	전 동	비 고
설 치 각	45° ~ 60° 이내	75° 전후	

주) 자료출처 : 빗물펌프장·수문 유지관리 및 설계요령(2008, 서울특별시)

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 표준으

로 하며, 펌프구경이 3,000㎜ 이상인 경우에는 펌프구경의 1/35 ~ 1/40을 표준으로 한다.

< 스크린의 유효간격 >

(표 2.1-8)

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) 자료출처 : 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)(2012, 농림부)

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) 구경이 600㎜ 이상의 펌프를 2대 이상 설치되거나 인양 하중량이 5ton 이상의 펌프를 설치하는 경우에는 더블거더형 천정크레인 설치를 표준한다.

< 천정크레인 형식 >

(표 2.1-9)

정격하중	천정크레인형식	비 고
5ton 이하	· 수동식 트로이형	
8ton ~ 10ton	· 수동식 트로이형 또는 전동식 트로이형	
16ton 이상	· 전동식 트로이형	

주) 자료출처 :빗물펌프장·수문 유지관리 및 설계요령(2008, 서울특별시)

3) 전동식 트로이형은 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.

2.1.4 유수지

가. 유수지는 집중호우로 인하여 급증하는 제내지의 내수나 저지대의 우수를 일시적으로 저수하는 시설로 하천으로 우수를 내 보내기 쉬운 하천변이나 저지대에 주거환경이 저해되지 않는 곳에 설치한다.

나. 유수지의 용량산정은 배수유역에서 유수지로 유입되는 누가 유입 수문 곡선을 구한 뒤 누가 유입량과 누가 펌프 배출량곡선을 이용한 계산결과로부터 유수지 용량을 산정한다.

다. '2.1.2 배수펌프의 1) 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.

라. 계획저수위(LWL)는 유수지의 바닥이 아닌 펌프 최초 가동이 가능한 흡수정 유입량을 기준으로 산정한 수위로 결정한다.

마. 유수지의 계획홍수위는 내수침수가 발생되는 지역의 최저지반고 보다 1m 이상 낮게 계획하며 수리학적으로 동수경사가 지반위로 상승되지 않도록 설정한다.

바. 유수지는 유효저류용량의 증대를 위한 콘크리트 구조물은 가급적 지양하도록 하고 친환경적 설계기법을 고려한 유수지를 설치토록 하며, 유수지의 수심이 깊은 경우 안전을 고려하여 휀스설치 등을 검토한다.

사. 평상시 부유물 등의 제거와 유지관리를 위한 장비진입로를 검토한다.

아. 홍수시에 계획된 유효저류용량의 저류를 위하여 유수지 바닥은 지하수나 불명수로 고인물이 없도록 도수로를 개설하며 한쪽으로 집수하고 배수하여 유수지 바닥이 항상 건조한 상태가 유지되도록 한다.

자. 도수로의 규모는 오수차집 및 유수지 건조 상태 유지를 위해 최대 오수 발생량과 초기강우 규모를 담당할 수 있도록 결정하며, 청소 및 유지관리가 용이한 구조로 한다.

차. 유수지의 비탈면보호를 위한 호안설치 시 친환경적 호안공법의 적용을 검토한다.

카. 유수지 외곽으로는 휀스를 설치하여 외부인 접근이나 사고를 방지하도록 한다.

타. 복개 유수지는 복개구조물 기둥이 차지하는 용량만큼 유수지의 저류용량이 감소됨으로 계획시 이를 고려 용량을 산정한다.

파. 복개 유수지의 복개 높이는 유수지의 계획홍수위에서 1m이상 유지하도록 한다.

하. 복개 유수지 내부 준설작업에 필요한 공간(기둥간격 5.0m, 높이 3.0m 이상)을 확보 하도록 한다.

(그림 2.1-7) **< 아산시 가덕 배수펌프장 유수지 전경 (예시) >**

2.1.5 고지배수로

가. 고지배수로의 계획규모는 하천기본계획에 제시된 계획홍수량을 기본으로 결정하고 하천기본계획이 미 수립 되었을 경우 (표 2.1-1)을 적용한 설계빈도를 기준으로 결정한다.

나. 고지배수로는 대상유역에 대하여 상류측 고지유역의 홍수조절효과로 하류측 저지대 유역의 홍수피해 저감효과를 기대할 수 있는 지점에 설치한다.

다. 고지배수로는 상류측 고지유역의 우수에 대하여 자연배제를 위한 시설물임을 감안할 때 방류하천(수역)의 계획홍수위시 자연배수가 가능한 높이에 설치한다.

라. 고지배수로는 수두차에 의한 고지유역의 우수를 배제하는 시설로 말단부에 별도의 수문은 설치하지 않는다.

마. 유역분기에 따른 고지배수로의 설치 시 기존 수로에 대한 건천화가 발생되지 않도록 검토하여야 한다.

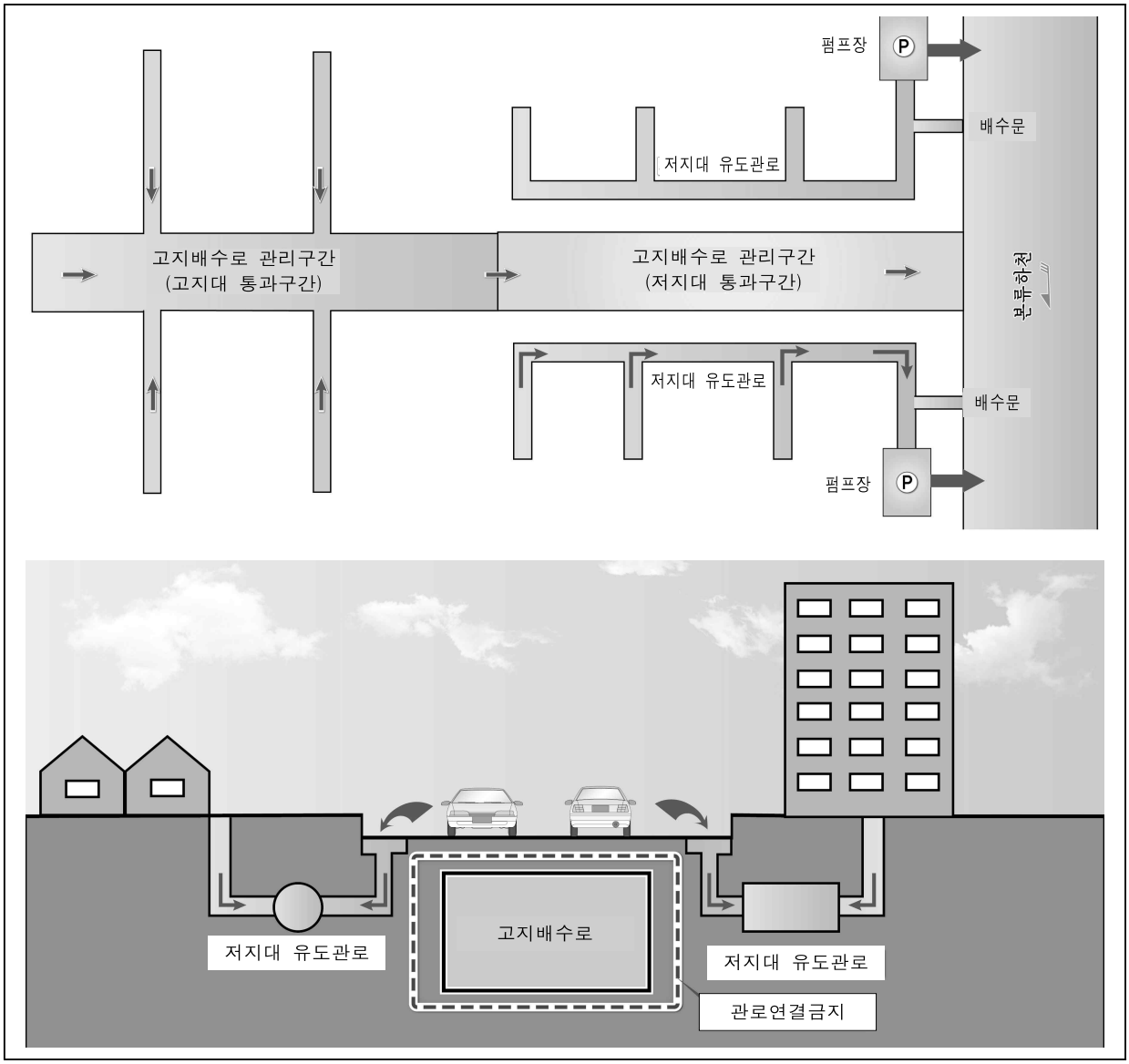
바. 분류방식은 자연분류 또는 고정웨어 및 수문 등의 구조물을 이용할 수 있다.

사. 만곡부의 수충부등 유수의 흐름이 불안정하거나 유속이 급한 구간에 고지배수로 유입부 설치시에는 유입이 원활하지 않을 수 있음으로 지양하여야 한다.

아. 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.

자. 고지배수로 유입부는 대부분 산지유역의 종점부에 위치하여 홍수시 토사퇴적과 유목걸림 등이 발생할 수 있음으로 유입부에는 사방시설(사방댐, 침사지등)을 설치하도록 한다.

차. 고지배수로는 하류측 저지대 유역의 배수체계와 완전 분리된 배수체계로 설치한다.



(그림 2.1-8) **< 고지배수로 설치 모식도 >**

카. 수로의 종단경사는 역경사 및 사이펀이 발생되지 않도록 하여야 하며, 부득이 사이펀이 발생되는 경우에는 토사제거 등 이물질을 제거하기 위한 맨홀 또는 관리구를 설치한다.

타. 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.

파. 고지배수로는 상류유역에 대한 우수를 방류하천으로 유출시키는 시설물로써 빠른 유속에 의한 세굴에 안정하도록 유출부에 세굴방지공의 설치를 검토하여야 한다.

2.2 수량산출요령

2.2.1 수량산출내역

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)	㎥		제7장배수시설편 참조
2)	터 파 기	(인 력)	㎥		제7장배수시설편 참조
3)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 참조
4)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장배수시설편 참조
5)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 참조
1.2.2	구조물공				
1)	콘크리트 타설				
2)	콘크리트 타설	(철 근)	㎥		제7장배수시설편 참조
3)	콘크리트 타설	(무 근)	㎥		제7장배수시설편 참조
4)	콘크리트 타설	(소 형)	㎥		제7장배수시설편 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	㎡		제7장배수시설편 참조
2)	합판거푸집	4회	㎡		제7장배수시설편 참조
3)	합판거푸집	6회	㎡		제7장배수시설편 참조
1.2.4	비 계				
	강관비계	(3개월)	㎡		제7장배수시설편 참조
1.2.5	동바리				
	강관동바리	(3개월)	공/㎥		제7장배수시설편 참조
1.2.6	철근가공 및 조립				
1)	철근가공 및조립	(간 단)	ton		제7장배수시설편 참조
2)	철근가공 및 조립	(보 통)	ton		제7장배수시설편 참조
3)	철근가공 및 조립	(복 잡)	ton		제7장배수시설편 참조
4)	철근조립	(간 단)	ton		제7장배수시설편 참조
5)	철근조립	(보 통)	ton		제7장배수시설편 참조
6)	철근조립	(복 잡)	ton		제7장배수시설편 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)	㎥		제7장배수시설편 참조
4)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 참조
5)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장배수시설편 참조
6)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 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		㎡		제3장호안편 참조
5)	돌붙임	찰붙임	㎡		제3장호안편 참조
6)	돌붙임	메붙임	㎡		제3장호안편 참조
7)	돌쌓기	찰쌓기	㎡		제3장호안편 참조
8)	돌쌓기	메쌓기	㎡		제3장호안편 참조
9)	전석붙임	찰붙임	㎡		제3장호안편 참조
10)	전석붙임	메붙임	㎡		제3장호안편 참조
11)	전석쌓기	찰쌓기	㎡		제3장호안편 참조
12)	전석쌓기	메쌓기	㎡		제3장호안편 참조
13)	호안블럭		㎡		제3장호안편 참조
1.2.4	필터매트 부설	350g/㎡	㎡		제3장호안편 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)	㎥		제7장배수시설편 참조
2)	터 파 기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 참조
3)	되메우기	(인 력)	㎥		제7장배수시설편 참조
4)	되메우기	(인력10%+기계90%)	㎥		제7장배수시설편 참조
1.3.2	콘크리트 타설				
1)	콘크리트 타설	(철 근)	㎥		제7장배수시설편 참조
2)	콘크리트 타설	(무 근)	㎥		제7장배수시설편 참조
1.3.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집	3회	㎡		제7장배수시설편 참조
2)	합판거푸집	4회	㎡		제7장배수시설편 참조
3)	합판거푸집	6회	㎡		제7장배수시설편 참조
1.3.4	철근가공 및 조립				
1)	철근가공 및 조립	(간 단)	ton		제7장배수시설편 참조
2)	철근가공 및 조립	(보 통)	ton		제7장배수시설편 참조
3)	철근가공 및 조립	(복 잡)	ton		제7장배수시설편 참조
4)	철근 조립	(간 단)	ton		제7장배수시설편 참조
5)	철근 조립	(보 통)	ton		제7장배수시설편 참조
6)	철근 조립	(복 잡)	ton		제7장배수시설편 참조

2.3 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
2.3.1	토 공			
	터파기 (용수/토사)	㎥	육상(0~2m) ◎ 설계조건(보통 토사) 1. 인력(10%) - 보통인부 (0.2+0.27) / 2인 × 0.1 = 2. 기계(90%) : 굴삭기(1.0㎥) - q=1.0, k=0.9, f=1/1.25=0.80 - Cm=21sec, - E = 0.6 - 0.05 = 0.55 (현장조건에 맞게 적용) - Q=3600 × q × k × f × E / 21 = ㎥/hr	「건설공사 표준품셈」 3-1-3터파기 「건설공사 표준품셈」 3-1-10굴삭기
		㎥	용수(1~2m) ◎ 설계조건(보통 토사) 1. 인력(10%) : 육상의 1.5배 - 보통인부 0.27 × 0.1 × 1.5 = ·용수터파기:물막이 및 물푸기구간에 적용 2. 기계(90%) : 굴삭기(0.7㎥) - q=0.7, k=0.9, f=1/1.3=0.77 - Cm=21sec, - E = 0.6 - 0.05 = 0.55 (현장조건에 맞게 적용) - Q=3600 × q × k × f × E / 21 = ㎥/hr	
	되메우기	㎥	· 인력(10%)+기계(90%) 1. 인력(10%) : 보통인부 - 0.3인 × 0.1 = 2. 기계(90%) : 굴삭기(0.7㎥) - q=0.7, k=1.1, f=0.725 - Cm=21sec, E = 0.6 (현장조건에 맞게 적용) 3. 다짐	「건설공사 표준품셈」 3-1-3터파기 「건설공사 표준품셈」 3-1-10굴삭기
2.3.2	콘크리트타설			
	콘크리트타설 (철근)	㎥	※「제2편 치수시설 - 7장 배수시설 콘크리트 타설」참조	
	콘크리트타설 (무근)	㎥	※「제2편 치수시설 - 7장 배수시설 콘크리트 타설」참조	
	콘크리트타설 (소형)	㎥	※「제2편 치수시설 - 7장 배수시설 콘크리트 타설」참조 • 소량의 콘크리트구조물(인력비빔 3㎥ 내외), 기계비빔(10㎥ 내외)이 산재되어 있는 경우	

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
	콘크리트 펌프차	㎥	붐타설(철근) ※「제2편 치수시설 - 7장 배수시설 콘크리트 타설」 참조	
	콘크리트 펌프차	㎥	붐타설(무근) ※「제2편 치수시설 - 7장 배수시설 콘크리트 타설」 참조 • 콘크리트 양생품은 양생이 필요한 경우에 계상	
2.3.3	강관부설 및 접합			
	강관부설	m	1. 강관 - 자재비(직관) 별산 2. 부설(Ø600㎜) - 배 관 공 : 0.67인 - 보토인부 : 0.47인 3. 크레인 - Q1 = 0.85 hr / 6 m = 0.142 hr/ m • 관경 900㎜까지는 10ton급 트럭크레인 적용 • 관경 1,000㎜ 이상은 15ton급 트럭크레인 적용	
	강관접합	개소	1. 강관 접합(Ø600㎜) - 용접공 : 0.38인 - 발전기(50kW) : Q1 = 0.95 hr / ea	
	강관절단	개소	1. 강관 절단(Ø600㎜) - 용접공 : 0.59인	
	플랜지 접합	개소	◎ 플랜지 접합(Ø600㎜) 1. 자재비 - 플랜지(Ø600㎜) : 별산 - 고장력볼트 : 20ea × 1.03 2. 플랜지 접합 - 배관공(수도) : 0.24인 - 보 통 인 부 : 0.12인	

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
2.3.4	밸브설치			
2.4.1	게이트 밸브	개소	◎ 게이트 밸브(Ø100㎜) 1. 자재비 - 별 산 : 1개소당 2. 밸브설치 - 배 관 공 : 0.214인 - 보통인부 : 0.105인	
2.4.2	체크밸브	개소	◎ 체크 밸브(Ø100㎜) 1. 자재비 - 별 산 : 1개소당 2. 밸브설치 - 배 관 공 : 0.214인 - 보통인부 : 0.105인	
2.3.5	유수지 호안			
	비탈면보호공		※ 「제2편 치수시설 - 제1장 제방」 참조	
	평 떼	㎡		
	줄 떼	㎡		
	식생매트	㎡		
	환경블럭	㎡		
	면고르기		※ 「제2편 치수시설 - 제1장 제방」 참조	
	성토면고르기	㎡		
	절토면고르기	㎡		
	필터매트 설치	㎡	※ 「제2편 치수시설 - 제3장 호안」 참조	
	천단잡석부설	㎥	(인력) 1. 구입 및 운반 - 별 산 2. 부설 - 보통인부 : 0.6인 × 0.5 - 작업반장 : 0.6인 / 37.5인	

제3장 수 문(Floodgate)

제3장 수 문(Floodgate)

3.1 설계요령

3.1.1 일반사항

가. 정의

1) 수문은 조석의 역류방지, 내수배제, 각종 용수의 취수 등을 목적으로 제방을 절개하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 설치하는 구조물을 말한다.

나. 적용범위

본 설계요령은 하천에 설치되는 수문(Floodgate)설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 40 05, 51 40 10)(2016, 국토교통부)
3) 기타 국토교통부에서 제정한 관련 시방서

라. 설계 일반사항

1) 수문(Floodgate)은 계획홍수위(고조구간에서는 계획고수위) 이하의 유수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.
2) 수문(Floodgate)의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다.
3) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.
4) 수문(Floodgate)의 설치방향은 수문개방 시 원활한 배제가 가능한 방향으로 설치하고, 최대한 간단한 구조가 되도록 계획한다.

마. 참고문헌

1) 하천공사 설계실무 요령(2007, 건설교통부)
2) 소하천 설계기준(2013, 소방방재청, 국립방재연구원)
3) 수문설비공학(2011, 수공환경방재기술연구회)
4) 하천생태계를 위한 자연하상복원 핸드북(2014, 한국건설기술연구원)
5) 하천설계기준 개선방안 마련을 위한 연구(2013, 국토교통부)

3.1.2 사전조사

수문 설계를 위한 사전조사는 '제1편 총칙, 1.6 설계일반사항, 1.6.1 사전조사' 를 참고하여 실시한다.

3.1.3 수문(Floodgate) 계획

가. 수문(Floodgate)의 구조

수문(Floodgate)의 기본구조는 문비(Gate), 문틀(Guide frame), 개폐장치로 구분되며 수문(Floodgate)은 설치목적, 수문구조, 개폐장치에 따라 분류된다.

나. 수문의 분류

수문의 분류에는 다양한 방법이 있으나, 본 설계실무 요령에서는 설치목적에 의한 분류, 수문구조에 의한 분류, 개폐장치에 따라 분류하였다.

1) 설치목적에 의한 분류

가) 보

보는 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이고 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치하여 제방의 기능을 갖지 않는 시설물을 말한다.

나) 통문(관)

수문·통문은 치수를 위한 문과 이수를 위한 문으로 구분되며, 하천제방을 횡단하여 설치되는 문짝을 가진 구조물을 말한다.

(1) 통문 : 제방을 횡방향으로 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물

(2) 통관 : 제방을 횡방향으로 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물

다) 방조문

하구 또는 감조구간에 설치하여 조수의 역류를 방지하고 유수의 정산적인 기능을 유지하기 위하여 설치하는 시설물을 말한다.

라) 갑문

수위차가 있는 하천 또는 수로 구간에 선박의 통행을 위한 구조물로 상류 및 하류 두 개의 문비실과 그 중간의 갑실 및 록게이트로 이루어진 시설물을 말한다.

마) 육갑(수)문

제방하부를 관통하는 교통로(인도, 차도 등)로 이용하기 위하여 설치되는 수문으로, 홍수시에는 수문을 폐쇄하여 역류로 인한 제내측 침수를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.

< 설치목적에 의한 분류 >

(표 3.1-1)

설비	설치목적	수리기능	대표 수문형식
보	분류, 조수방지, 취수, 저류	지수기능	쉘 구조 롤러게이트
수문 · 통문(관), 육갑(수)문	역류방지, 분류(分流), 취수	지수기능	롤러게이트
			슬라이드 게이트
방조문	해일, 고조의 소상 차단	지수기능, 긴급폐쇄기능 (해일의 경우)	롤러게이트
			쉘 구조 롤러게이트
갑문	선박 통과	지수기능, 통선(通船)기능	롤러게이트
			섹터게이트
			마이터 게이트

2) 수문구조에 의한 분류

수문구조에 의한 분류에는 여러 가지 방법이 있으나, 크게 수문(Floodgate)의 작동방법에 의해 분류된다.

가) 상·하개폐식

(1) 슬라이드식

슬라이드식은 비체에서 가이드프레임에 면 접촉하여 수압하중을 전달하는 형식을 총칭하며, 개폐 조작 시 비체는 그 접촉면을 따라 이동하기 때문에 마찰저항이 커져 큰 개폐하중이 필요하다. 따라서 조작 시 수위차가 적은 경우, 수압밸런스로 조작하는 경우, 작은 규모의 게이트 등에 사용된다.

(2) 롤러식

게이트 승강 시에 수압하중을 4개(편측 2개) 이상의 롤러에 의해 분산 지지하는 구조이며, 슬라이드 식에 비해 개폐하중(마찰력)이 작아 조작 시 수위차가 큰 경우나 대형 게이트의 경우에 사용된다.

나) 회전 힌지식

힌지를 중심으로 회전·이동하는 방식으로 래디얼 게이트, 고압 래디얼 게이트, 인장 래디얼 게이트, 플랩 게이트, 드럼 게이트, 섹터 게이트, 라이징 섹터 게이트, 스윙 게이트, 마이터 게이트, 바이저 게이트, 힌지 파이프식 게이트 등이 있다.

다) 밸브류

밸브를 이용하여 유량조절 목적으로 많이 사용되며 소규모 수문에 사용된다. 밸브류에는 슬루스 밸브, 픽스 콘 밸브, 홀로 젯 밸브, 콘 슬리브 밸브 등이 있다.

라) 기타

상·하개폐식, 회전 힌지식, 밸브류 외에 기타 방식으로는 롤링 게이트, 원형 다단식 게이트, 슬라이딩 게이트, 플로팅 게이트 등이 있다.

상·하개폐식		회전 힌지식	밸브류
슬라이드식	롤러식		

(그림 3.1-1) **< 수문구조에 의한 분류 >**

3) 개폐장치에 의한 분류

가) 기계식

(1) 와이어로프 윈치식

와이어로프 윈치식 개폐기는 문비를 개폐하는 하중을 와이어로프를 이용하는 방식을 말하며, 와이어로프의 특성을 살려 임의의 방향으로 하중전달을 할 수 있다. 또한, 활차를 사용함에 따라 와이어로프 하나의 작용하중을 감소시키는 것이 가능하기 때문에 큰 하중, 높은 양정의 개폐기로 사용이 가능하다.

(2) 래크식

문비의 하중전달에 래크와 피니언기어를 사용한 개폐기이며, 하중 전달부의 래크와 피니언기어는 선 접촉이기 때문에 면접촉의 스핀들에 비해 정밀도의 허용치가 크나, 유지 관리가 용이하다.

(3) 스핀들식

스템너트를 회전시키는 것에 의해 비체에 결합한 스핀들을 승강시키는 방식으로 스템너트와 스핀들이 면 접촉하기 때문에 선 접촉의 래크식에 비해 기어의 맞물림이 적고 스핀들의 고정력이 강해 미소개도의 움직임이 용이하나, 사용 빈도가 높은 경우 스핀들의 마모를 고려하여야 한다.

나) 유압식

(1) 유압실린더식 개폐기

유압실린더식 개폐기는 유압펌프에서 발생한 압력과 유량을 직선운동으로 변화시켜 게이트를 개폐하는 방식으로 발생한 추력을 직접 비체에 전달하는 방식과 와이어로프에 따라 간접적으로 전달하는 방식 등이 있다.

(2) 유압모터식

유압모터식은 개폐장치의 전동기를 유압모터로 바꾼 구조로 유압모터에 압력을 가진 기름을 보내 큰 회전 토크를 얻는 것이다. 유압모터는 전동기보다 저속 회전수를 사용할 수 있기 때문에 기계식에 비해 감속 기구가 심플하고 콤팩트한 기구 배치가 가능하다.

나. 계획

1) 수문(Floodgate) 계획 절차

수문(Floodgate) 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 3.1-2) **< 수문(Floodgate) 계획 흐름도 >**

2) 설치위치

가) 수충부나 연약지반은 피하고 하상이 안정된 지점을 선정한다.

나) 고수부지가 넓은 지점은 홍수에 의한 토사의 퇴적이 많아, 수로 또는 통관이 매몰되기 쉽고, 유지관리가 곤란하므로 설치 위치로써는 적절하지 않다.

다) 하폭이 급변하지 않고, 유수에 의한 세굴과 퇴적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정한다.

라) 교량 등의 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.

마) 배수가 목적일 경우는 제내지반 중에서 가장 낮은 지점을 선택한다.

바) 취수가 목적일 경우는 본류의 하상이 안정된 지점을 선택한다, 또한 오목부(요안부, 凹)에서는 저수로가 제방에 가까운 곳에 설치하는 것이 좋으며, 볼록부(철안부, 凸)에서는 토사의 퇴적이 발생하기 쉽고 용수 취입구에 토사의 유입이 많으므로 가능한 피해야 한다.

사) 수문은 제방의 일부를 절개하여 설치됨으로 제방의 안전에 지장을 줄 우려가 있으므로 수문의 조작과 유지관리 입장에서 볼 때 그 수는 적게 하는 것이 바람직하며 인접한 것은 통합시키는 것이 좋다.

3) 형식선정

수문(Floodgate)의 형식선정은 설치 목적과 그 목적을 이루기 위해 요구되는 수리기능을 명확하게 하여 설치목적에 가장 합리적인 방식을 선정하여야 한다.

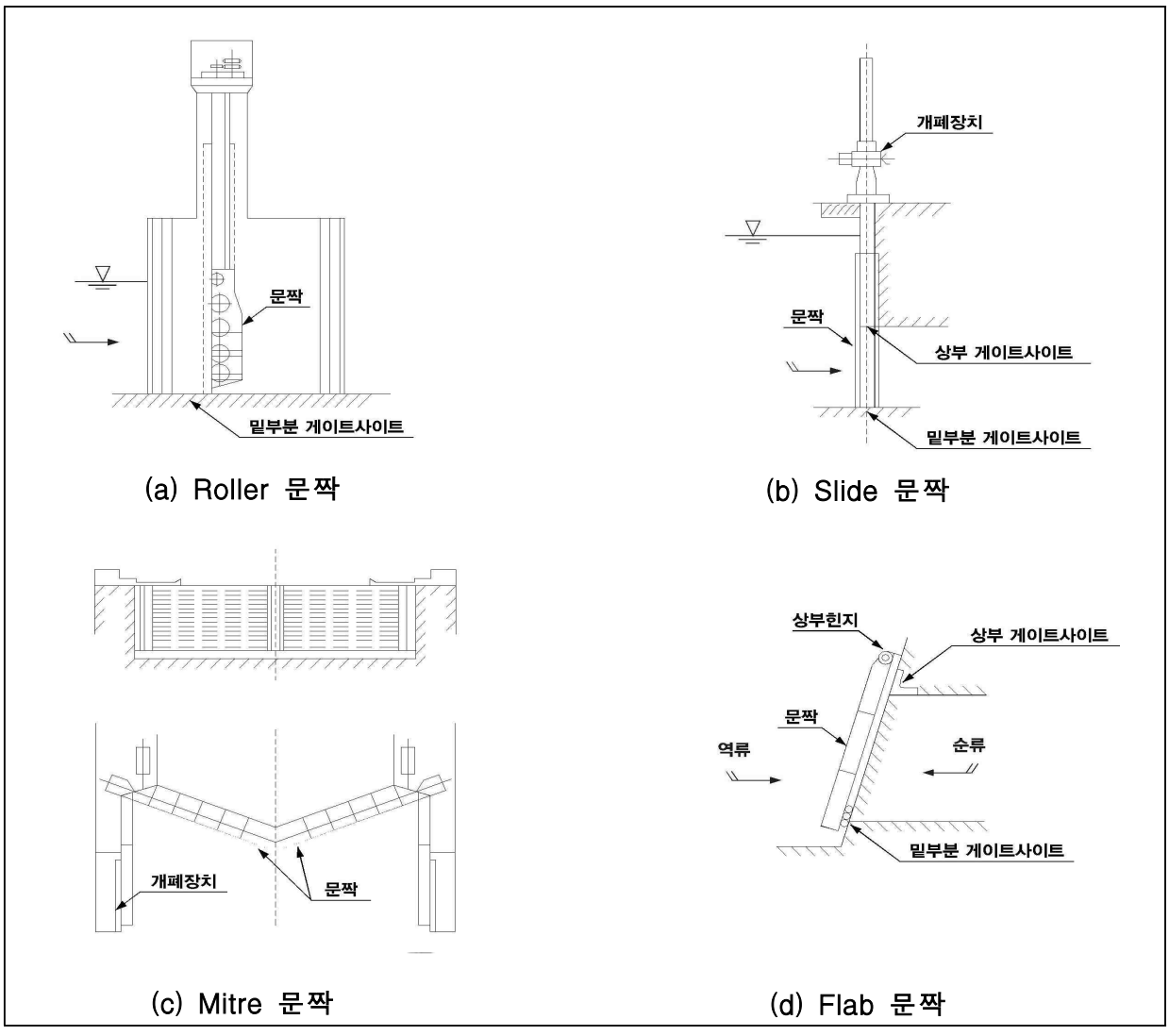
가) 문짝(Gate)

(1) 일반적으로 수문(Floodgate)의 문짝(Gate)는 강구조로 설계하는 것이 원칙이며, 이용되는 문짝(Gate)의 종류를 분류하면 다음과 같다.

< 문짝 분류 >

(표 3.1-2)

종류		재료	개폐방식	특징
인양식 문짝	롤러형 문짝	강재 또는 강재와 목재의 혼합	Spindle 방식 Rack 방식 Wire Rope Chain 방식 유압식 방식	1)조작이 확실 2)설치비용 많음
	슬라이드형 문짝			
Mitre 문짝			자동	1)불완전개폐의 가능성 있음 2)설치비용 저렴
Flap 문짝			자동	



(그림 3.1-3) **< 문짝 분류 >**

(가) 형식과 적용규모

치수, 이수 혹은 통운 등의 시설계획에 있어서 수문(Floodgate) 설비에 요구되는 전체 규모는 그 목적(최대 방류량, 최대 통행선박치수 등)에 따라 결정한다.

< 경간규모에 따른 대표적인 형식 >

(표 3.1-3)

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 3.1-4)

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	

(나) 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 3.1-5)

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.

(가) 개폐장치는 예상되는 전 하중에 대하여 안전, 수밀성이 확보되어야 하며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 한다.

(나) 유지관리의 편의성을 확보하여야 한다.

(다) 개폐장치의 형식 및 구조는 사용조건과 설치조건에 적합하도록 선정한다.

< 개폐장치 분류 >

(표 3.1-6)

문짝의 종류	규모	개폐장치 형식			
		Wire Rope Chain식	Spindle식	Rack식	유압식
슬라이드형	소형	×	○	○	×
	중형	△	○	○	△
롤러형	소형	△	○	○	△
	중형	○	△	△	○

㈜ ○ : 채택하여 이용하기에 적당한 형식
△ : 경우에 따라 채택하여 이용하는 것이 가능한 형식
× : 채태하여 이용하기에 부적절한 형식

(3) 개폐장치는 전력 및 전동기에 의한 것으로 하고 예비 전력설비를 설치한다.

(4) 개폐속도는 유량제어성이 좋고 전동기 용량이 작고 경제적인 0.3m/min을 표준으로 한다.

< 수문 개폐속도 기준 >

(표 3.1-7)

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	특수한 경우를 제외하고는 다음의 범위를 준수한다.

3.1.4 수문(Floodgate) 설계

가. 일반사항

1) 수문(Floodgate)은 계획홍수위 이하 수위의 유수 작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.

2) 수문(Floodgate)은 계획홍수위 이하의 홍수의 흐름을 방해하지 않고 인근의 하상 및 하천관리시설의 구조에 뚜렷한 지장을 주지 않으며, 또한 수문(Floodgate)에 접속하는 하상, 고수부 등의 세굴방지에 대해 적절히 배려된 구조가 되도록 설계한다.

1) 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.

가) 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 이용한다.

(1) 유출

수문의 대표적인 유출에는 월류와 하단방류로 구분된다.

(가) 월류

월류 형식에는 완전월류, 불완전월류, 잠수월류 등으로 구분된다.

(나) 하단방류

하단방류 형식에는 자유유출, 잠수유출 등이 있다.

(2) 수리력

게이트에 작용하는 수리력에는 정상적으로 작용하는 수리력과 시간에 따라 변동하는 수리력이 있다.

(3) 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.

(4) 진동

게이트는 강도상 충분한 강성을 확보하여 설계되지만, 게이트 자체가 진동하는 자유도를 갖기 때문에 미소(微小) 개도로 방류하거나 월류상태에 따른 게이트 본체가 수류과 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 주의가 필요하다.

(5) 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, 주 게이트 하류측의 주 공기관이 있다.

(6) 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 있다.

(7) 취수

댐을 건설하고 유수를 머물게 하면 저수지에 머물러 있는 물 및 저수지에서 방류되는 물의 성질은 댐 건설 전의 하천수와 다른 경우가 있다.

(8) 수리실험

수리모형실험은 실제 발생될 수리현상을 그대로 모형으로 재현하는 것으로, 실물의 수리기능이나 수리특성에 대해 미리 설계에 반영하는 것을 목적으로 한다. 방류시험은 시설 완성 후의 시험갈수·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.

2) 구조설계

가) 수문의 설계 시에는 각 부분별로 다음사항을 고려하여 설계한다.

(1) 작용하중에 대한 충분한 내력을 가지며 안전할 것

(2) 설치목적에 적합하고 충분한 기능을 발휘함과 동시에 경제적일 것

(3) 환경이나 경관에 적합할 것

(4) 점검 및 정비가 용이하고 안전할 것

나) 수문의 구조설계에서 검토사항으로는 설계기준, 설계하중, 방식, 마모 등이 있다.

(1) 설계기준 : 관련 법규, 기준, 매뉴얼

(2) 설계하중 : 설계수위, 하중, 개폐하중, 개폐속도

(3) 방식(부식)

(4) 마모

3) 개폐 시스템설계

게이트를 움직이기 위한 동력 전달방법으로는 크게 기계식과 액압식이 있다.

가) 기계식 개폐장치 : 와이어로프 힌지식, 래크식, 스핀들식

나) 액압식 개폐장치 : 유압식, 수압식

4) 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) 수문(Floodgate)의 단면은 취수, 유량조절, 배수 등 설치목적에 따라 결정한다.

가) 취수가 목적일 경우에는 배수의 대상이 되는 집수면적내의 강우량, 본류와 내수의 유출특성 등을 이용한 유출해석을 통하여 결정된 계획배수량을 배제 할 수 있는 단면으로 한다.

나) 유량조절이 목적이면 유량과 유속에 의해 결정되고, 홍수조절이 목적이면 홍수량과 상하류의 홍수시 내외수의 및 홍수량을 소통시킬 수 있는 수문(Floodgate)의 개방도 등에 의해 결정한다.

다) 통관의 경우에는 작은 직경의 암거구조로 설치되는 경우가 많아서 토사나 이물질을 배제하기 어려우므로 배수 또는 취수량에 관계없이 최소직경은 0.6m 이상(가능한 1m 이상)으로 한다.

라) 배수를 위한 수문의 단면결정은 내수유량의 수문곡선 및 하천수위곡선을 설계조건으로 하고 수문, 통문, 통관의 단면을 여러 가지로 가정하여 각각의 크기에 대해서 내수위의 변화를 계산하여 최고수위가 허용높이 이하가 되는 크기로 결정한다. 그러나 아래의 표준값(단면적)을 사용해도 좋다

< 단면의 표준값 >

(표 3.1-8)

구분	집수구역	수로 하상경사		
		1/1,500 이하	1/1,500~1/5,000	1/5,000 이상
통문/통관	100 이내	약 0.6㎡	약 1.25㎡	약 2.3㎡
수문	1,000 이내	약 6.0㎡	약 10.0㎡	약 15.0㎡
수문	5,000 이내	약 20.0㎡	약 33.0㎡	-

2) 수문(Floodgate)의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위한 목적으로 결정하며, 수문(Floodgate)의 형식 , 집수구역 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3) 수문(Floodgate)의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위하여 관내 유속은 2~3m/s를 표준으로 하고, 최소유속은 1m/s보다 크게 한다. 평지부 하천에서는 관내 설계유속을 통상 1~2m/s로 하는 경우가 많으나 배수유량해석을 하지 않고 합리식 등에 의해 최대유량을 기준으로 단면을 결정하는 소규모유역에서는 관내 유속을 3.5m/s정도로 할 수도 있다.

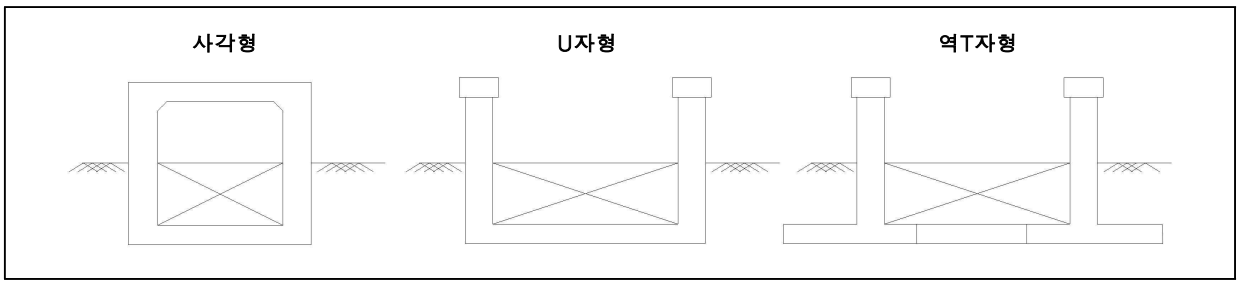
다. 수문 설계

1) 본체

가) 수문(Floodgate)의 본체는 상판, 보기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되며 통문과 통관의 본체는 암거, 문기둥, 조작대, 차수벽 등으로 구성된다. 일반적으로 수문, 통문, 통관의 본체는 문짝을 제외하고 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

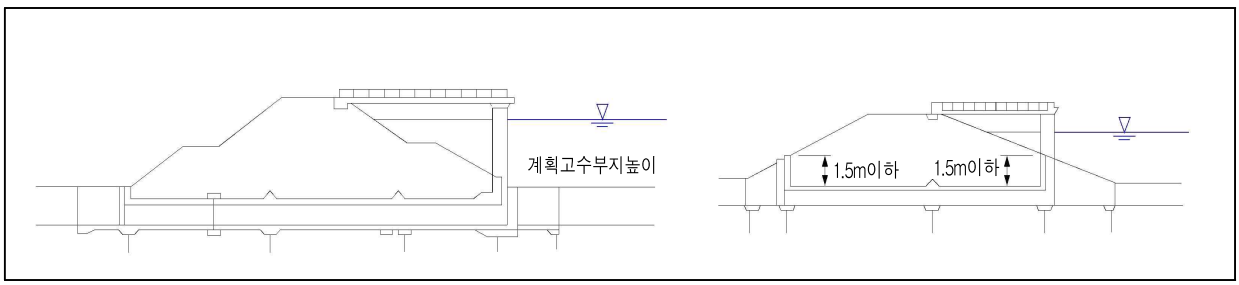
나) 형식은 기초지반, 공사비, 시공성을 고려하여 결정하며, 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다.

(1) 수문(Floodgate)의 본체의 형식은 소규모일 경우에는 사각형, 대규모일 경우에는 역T자형, 중규모일 경우일 때는 U장형으로 하고 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정한다.



(그림 3.1-4) **< 수문(Floodgate) 본체의 단면형 >**

(2) 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다. 암거의 길이는 원칙적으로 <그림 3.1-5 (a)>와 같이 계획 제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지로 설계하지만 바닥높이와 통수단면 등의 이유로 계획제방단면 안에 설치해야 할 경우는 <그림3.1-5 (b)>와 같이 암거의 윗부분에서 흉벽 윗부분까지의 높이가 1.5m 이하가 되도록 설계해야 한다.



(그림 3.1-5) **< 암거의 설치 종단면도 >**

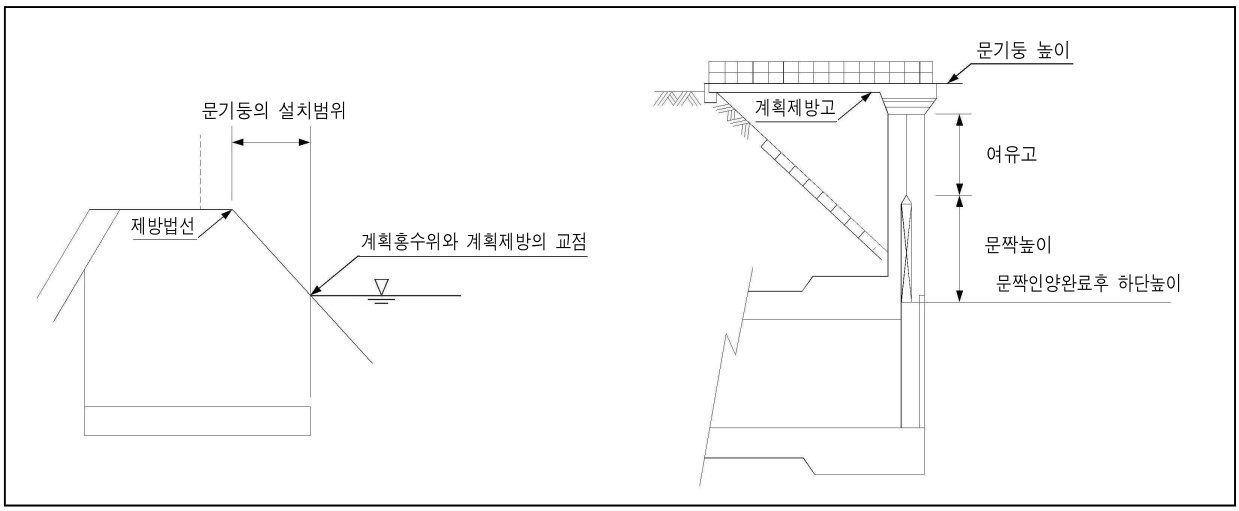
2) 문기둥

가) 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.

가) 수문 문기둥의 여유고는 문짝의 제작 설치사양과 유지관리성을 고려하여 정한다.

나) 문기둥의 높이는 위에서 언급한 높이와 계획제방고에 관리교의 형고를 더하여 조작대의 두께를 뺀 값과 비교하여 큰 값으로 결정한다.

다) 문기둥은 문짝 조작대, 관리교, 흉벽, 문틀 및 문짝과 연결된 구조물로써 큰 자중을 가지고 있으므로, 연약지반 상에 설치되는 경우 자중을 최대한 경량화 할 수 있는 구조로 한다.



(그림 3.1-6) **< 문기둥 높이 >**

3) 문틀

가) 문틀은 예상되는 하중에 대해 안전할 것, 충분한 수밀성을 가질 것, 개폐가 용이할 것, 내구성이 클 것, 유해한 진동이 생기지 않을 것, 보수에 편리할 것 등의 조건을 만족해야 한다.

4) 수밀공

가) 수밀재는 교체가 용이해야 하고, 내구성이 큰 것이어야 한다.

(1) 문짝의 수밀부는 일반적으로 스테인레스 강판, 동합금판, 고무로 설치한다.

(2) 수밀고무는 간단히 교체될 수 있는 것으로 하고 또한 개폐 시에 너무 큰 마찰력을 주지 않고 어느 정도의 처짐에 대해 수밀을 유지할 수 있어야 하고 내구성이 큰 것이어야 한다.

< 수밀방식과 고무형태의 조합 >

(표 3.1-9)

형 식	수밀방식	상부 고무	측면 고무	하부 고무
롤러	앞면 3방수밀	-	L형, P형	평형
롤러	후면 4방수밀	P형, 케이슨형	P형, 케이슨형	P형, 케이슨
롤러	양면 3방수밀	-	Y형	평형
쉘타입 롤러	앞면 3방수밀	-	L형	평형
래디얼	앞면 3방수밀	-	L형	평형
래디얼	앞면 4방수밀	P형, 케이슨형	P형, 케이슨형	P형, 케이슨형
기복식	앞면 3방수밀	-	L형, P형	평형

< 수밀압력 발생방법과 수밀재>

(표 3.1-10)

수밀압력 발생방법	적용되는 수밀재
수밀재에 하중을 걸어 상대재를 눌러 붙이는 방법	평형고무 케이슨 고무(수압 이용하지 않는 경우) 금속수밀 목재수밀
수밀재에 가해지는 수압을 이용하는 방법	P형 L형 Y형 케이슨 고무(수압 이용하는 경우)

3.2 수량산출 요령

3.2.1 수량산출내역

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	㎥		제5장 하상유지시설
2)	터파기(수중 0~3m)	인력	㎥		제5장 하상유지시설
3)	터파기(용수 0~3m)	인력	㎥		제5장 하상유지시설
4)	터파기(육상 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
5)	터파기(수중 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
6)	터파기(용수 0~2m)	기계	㎥		제5장 하상유지시설
1.1.2	되메우기				제5장 하상유지시설
1)	되메우기	인력	㎥		제5장 하상유지시설
2)	되메우기	기계	㎥		제5장 하상유지시설
1.1.3	비탈면보호공				제1장 제방
1)	줄 떼		㎡		제1장 제방
2)	평 떼		㎡		제1장 제방
1.1.4	씨앗뿜어뿌리기(Seed Spray)	성토면	㎡		제6장 하천사방시설
1.1.5	거적덮기		㎡		제6장 하천사방시설
1.1.6	잔토처리		㎥		제5장 하상유지시설
1.2	구조물공사				
1.2.1	콘크리트 타설				제5장 하상유지시설
1)	콘크리트 타설	철근	㎥		제5장 하상유지시설
2)	콘크리트 타설	무근	㎥		제5장 하상유지시설
3)	콘크리트 타설	소형	㎥		제5장 하상유지시설
1.2.2	콘크리트 펌프카				제5장 하상유지시설
1)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50㎥/일 미만	㎥		제5장 하상유지시설
2)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 50~100㎥/일	㎥		제5장 하상유지시설
3)	콘크리트 펌프카 붐타설	슬럼프15, 철근 100㎥/일 이상	㎥		제5장 하상유지시설

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.2.3	거 푸 집				
1)	합판거푸집				
①	합판거푸집(1회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
②	합판거푸집(매끈한마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
③	합판거푸집(보통마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
④	합판거푸집(거친마감)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑤	합판거푸집(폼타이,1회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑥	합판거푸집(폼타이,3회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑦	합판거푸집(폼타이,4회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑧	합판거푸집(폼타이,6회)	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
⑨	무늬거푸집	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
2)	유로폼	0~7m	㎡		제5장 하상유지시설
1.2.4	철 근				제5장 하상유지시설
1)	철근가공 및 조립	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
2)	철근가공 및 조립	(보통)	ton		제5장 하상유지시설
3)	철근가공 및 조립	(복잡)	ton		제5장 하상유지시설
4)	철근가공 및 조립	(매우 복잡)	ton		제5장 하상유지시설
5)	철근 조립	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
6)	철근 조립	(보통)	ton		제5장 하상유지시설
7)	철근 조립	(복잡)	ton		제5장 하상유지시설
8)	철근 조립	(매우 복잡)	ton		제5장 하상유지시설
1.2.5	강관비계(3개월)		㎡		제6장 하천사방시설
1.2.6	강관동바리(3개월)		공/㎥		제6장 하천사방시설
1.2.7	잡철물제작설치(난간)	(간단)	ton		제5장 하상유지시설
1.2.8	스페이서 설치				제5장 하상유지시설
1)	스페이서 설치	(바닥)	m		제5장 하상유지시설
2)	스페이서 설치	(벽체)	m		제5장 하상유지시설
1.2.9	모르타르				제6장 하천사방시설
1)	모르타르(1:2)		㎥		제6장 하천사방시설
2)	모르타르(1:3)		㎥		제6장 하천사방시설
3)	모르타르(1:4)		㎥		제6장 하천사방시설
1.2.10	잡석부설		㎥		제5장 하상유지시설

번 호	공 종	규 격	단 위	수 량	비 고
1.2.11	시공이음				
1)	시공이음면 정리	콘크리트 치핑, 인력	㎡		제5장 하상유지시설
2)	수팽창지수재 설치		m		제5장 하상유지시설
1.2.12	신축이음				
1)	다웰바	D25	개		제5장 하상유지시설
2)	스티로폼	T = 20 ㎜	㎡		제5장 하상유지시설
3)	충진제	씰링(20㎜ x 25㎜)	m		제5장 하상유지시설
1.2.13	P.V.C PIPE		m		제5장 하상유지시설
1.2.14	수문				
1)	문비		식		
2)	문틀		식		
3)	개폐장치		식		
1.3	부대공사				
1.3.1	가물막이		㎥		제7편 부대시설
1)	흙운반 및 다짐		㎥		제7편 부대시설
2)	흙쌓기 및 헐기		㎥		제7편 부대시설
3)	마대쌓기		㎡		제7편 부대시설
1.3.2	물푸기		hr		제7편 부대시설
1.3.3	기존구조물 철거				제7편 부대시설
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		제7편 부대시설
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		제7편 부대시설
3)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		제7편 부대시설
4)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		제7편 부대시설
5)	석축 헐기		㎡		제7편 부대시설
6)	기존호안블록 헐기		㎡		제7편 부대시설
7)	돌망태 헐기		㎡		제7편 부대시설
1.3.4	운반공				제7편 부대시설
1)	중기 운반		식		제7편 부대시설
2)	철근 운반		ton		제7편 부대시설
3)	시멘트 운반		40kg/대		제7편 부대시설
4)	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		제7편 부대시설
5)	골재 운반		㎥		제7편 부대시설
1.3.5	가설사무실 설치		㎡		제7편 부대시설
1.3.6	세륜시설 설치		개소		제7편 부대시설
1.3.7	오탁방지막 설치		식		제7편 부대시설
1.3.8	축중기 설치		조		제7편 부대시설
1.3.9	시공측량비		개소		제7편 부대시설

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

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.

3.3 단가산출 요령

1) 수문에 관한 단가산출에 있어 일반공정 단가는 건설공사 표준품셈 적용을 원칙으로 하고, 수문 구입 및 설치단가는 전문업체에 의한 견적 단가를 적용한다.

2) 기타 하천 토목공사에 관한 단가산출 기준은 '제2편 치수시설 및 제3편 이수시설'에 준한다.

제4장 수로터널

제4장 수로터널

4.1 설계요령

4.1.1 일반사항

가. 정의

1) 신설하천

홍수 소통단면을 증대하거나 홍수량을 전환하여 소통시키기 위한 방안으로 건설되는 새로운 하천을 말하며, 주로 첩수로와 방수로(또는 분수로) 형태로 많이 설치된다.

가) 첩수로는 현저하게 사행되었거나 굴곡된 하도를 절개하여 짧게 연결한 수로를 말한다.

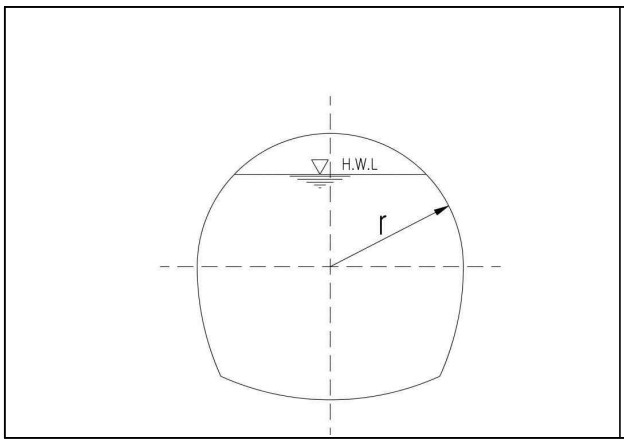
나) 방수로는 현 하도의 하폭을 확대할 수 없거나 개수구간을 단축할 목적으로 하천 유로에서 분기하여 신설하천을 건설하고, 직접 바다나 다른 하천으로 유입시키는 수로를 말한다.

2) 수로터널(터널하천)

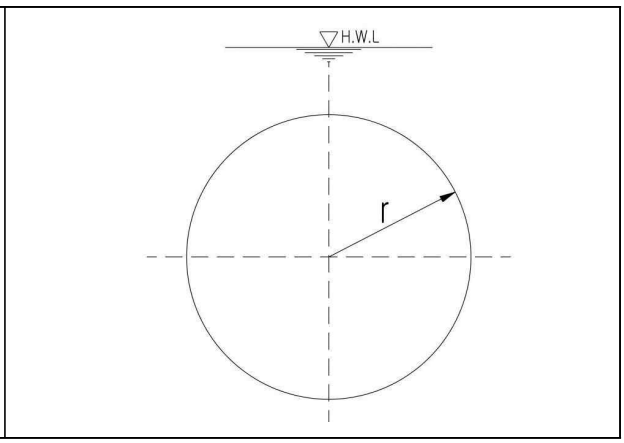
현 하도의 하폭을 확대할 수 없는 구간에서 홍수량을 전환하여 소통시키기 위한 목적으로 건설되는 터널 형식의 하천을 말한다.

가) 자유수면터널은 계획유량이 자유수면을 가지고 흘러 내수압(內水壓)이 작용하지 않는 터널을 말하며, 무압터널이라고 말한다.

나) 압력터널은 계획유량이 만류되어 내수압이 작용하는 터널을 말한다.



(그림 4.1-1) **< 자유수면터널(무압터널) >**



(그림 4.1-2) **< 압력터널 >**

나. 적용 범위

본 장은 수로터널의 설계에 적용하며, 일반터널의 설계와 공통되는 사항은 “터널설계기준(2016, 국토교통부)” 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 90 05)(2016, 국토교통부)
3) 댐설계기준(KDS 54 20 10)(2016, 국토교통부)
4) 터널설계기준(2016, 국토교통부)
5) 상수도설계기준(KDS 57 00 00)(2016, 환경부)
6) 터널표준시방서(2015, 국토교통부)

라. 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.

마. 참고문헌

1) 하수도 공사 시공관리 요령(2006. 한국상하수도협회)
2) 하수도 관거의 계측과 설계기준(2003. 기술경영사)
3) 상·하수도공학(2014. 성안당)
4) K-water 하수도 공사 설계지침(2012. 한국수자원공사)

4.1.2 사전조사

수로터널 설계시 '제1편 총칙, 1.6.1 사전조사' 사항 외에 다음 사항을 추가 조사한다.

① 지역환경 ② 지하매설물 ③ 가수준점 및 가삼각점 위치
④ 시험굴착 장소 ⑤ 기타 공사에 영향을 미칠 수 있는 시설(철도, 도로 등)

4.1.3 수로터널 계획

가. 계획 절차

신설하천 계획을 위한 일반적인 절차는 다음 표와 같으며, 수로터널 계획시 '하천기본계획'에서 노선, 위치선정, 설계유량 등 결정되어야 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(수로터널)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 4.1-3) **< 수로터널 계획을 위한 절차 >**

나. 홍수 분담량 검토

1) 신설수로(수로터널)의 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) 신설수로 분담유량의 규모결정은 신설수로(수로터널 등)의 공사비와 이 시설이 없을 경우에 예상되는 피해를 규모별로 비교하여 가장 경제적인 규모를 선택한다.

다. 노선의 선정

1) 수로터널 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 상호의 영향을 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 가급적 큰 반경을 적용토록 하되, 적어도 터널직경의 최소 10배 또는 반경 300m 이상으로 하는 것이 좋다.

라. 유·출입부 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. 수로터널의 최소 토피두께

1) 수로터널은 굴착시 및 운용시의 안전성 확보를 위해서 최소 토피 이상의 두께가 필요하며, 다음 표를 표준으로 한다.

2) 터널의 최소 토피두께는 지질조건, 라이닝의 유무 및 라이닝의 재질에 따라 달라지며, 압력터널에서는 수리구조적 안전성이 확보될 수 있도록 설계되어야 한다.

< 터널의 최소 토피두께(D_c) >

(표 4.1-1)

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

바. 수로터널 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) 수로터널의 내공단면은 계획 통수량을 기준하여 통수단면적, 내공단면의 거칠기(roughness), 수압, 수격압 및 유속과 연계하여 결정하여야 한다.

3) 수로터널의 단면형에는 원형, 표준마제형(2r 정마제형), 3r 정마제형 및 포장형(2r, 2.4r) 등이 있다. 원형은 수리상 및 외압에 대한 라이닝의 안정성에서 가장 유리하며, 마제형은 시공면에서 유리하여 많이 채택하고 있다.

4) 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.

5) 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) 수로터널은 터널의 분담 홍수량을 고려하여 내공단면을 결정한다. 이때 내공단면은 계획된 단면을 기준으로 하여 지보재의 총두께, 라이닝의 두께 및 허용오차를 고려하되, 구조적인 안정성과 시공성을 고려하여 최소높이는 약 1.8m 정도이다.

2) 수로터널의 최소단면은 통과하는 지반의 조건, 통수량, 시공상의 제약 등에 의해 결정되며, 이중 시공상의 조건에 가장 크게 영향을 받는다.

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 ‘터널표준시방서(2015, 국토교통부)’ 및 기타 관련 규정에 따른다.

4.1.4 수리 설계

가. 수리설계 일반

터널의 수리설계에 있어서는 설계유량 외에 최다빈도유량, 최소유량 및 터널시설에 지장을 미친다고 생각되는 유량 등을 검토해야 한다.

나. 설계유량

자유수면터널의 설계유량은 터널 용도상의 분류에 따라 원칙적으로 계획하되, 배분되는 계획유량의 130 % 이상을 통수시킬 수 있는 규모로 한다.

1) 수로터널은 다른 개수로와 비교하여 통수능력 증대가 필요한 경우 대응이 곤란한 점이나, 유하물에 의한 폐색의 위험성이 높은 등 불리한 점이 있으므로, 계획상 설정되는 유량에 대해 터널단면의 계획에 이용하는 설계유량을 할증할 필요가 있다.
2) 이 할증율은, 터널형식(자유수면터널, 압력터널, 펌프를 병용하는 방식)이나 터널단면에 영향을 주는 쓰레기, 토사 등 소통장해 등의 원인에 대해 개별적으로 다르지만, 일반적으로 자유수면터널인 경우는 계획유량의 130% 이상으로 한다.
3) 압력터널 내의 유량은 단면적보다는 동수경사에 크게 규정되는 것이므로 설계유량은 계획유량과 동일하다고 하는 경우가 많다.

다. 허용유속

1) 수로터널에서 허용유속의 최대한도는 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 범위에서 결정되어야 하며, 터널 벽체의 재질에 따라 다르게 적용해야 한다.
2) 허용유속의 최소한도는 유사가 가라앉지 않는 유속으로 한다. 일반적으로 실트나 부유토사가 작은 경우 0.6 m/s의 평균유속이 있으면 부유토사의 퇴적을 일으키지 않는다.
3) 최대허용유속은 수로를 형성하는 재료에 의하여 매우 다르고 불명확하므로, 경험이나 그 외의 예로부터 판단한다.
4) 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.
5) 수로터널은 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 점축시키고 부압이 발생하기 쉬운 곳에 통기공(공기혼입장치 등)을 설치할 수 있다.

< 최대 허용유속 >

(표 4.1-2)

종 류	유속 (m/s)	비 고
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)	6~9	
콘크리트 라이닝(가배수터널)	18~21	

라. 여유고

터널의 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.

마. 수격작용

압력터널에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용하므로 설계시 수격압을 검토하여야 한다.

1) 수격작용은 수로터널이나 연결 도수관로에서 수류의 급작스런 변화에 의해 수압이 변화되어 발생된 압력파가 상하류로 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.

2) 수격압의 예측은 축차계산법, 도표에 의한 방법 등 수격파의 파동방정식의 해를 구하는 방법이 있으며, 펌프에 의한 양수로 또는 수력발전의 경우는 과도류해석(hydraulic transient analysis)을 해야 한다.

4.1.5 지보재 설계 및 설치

가. 지보재 설계일반

1) 일반적으로 터널의 지보재는 강지보재, 록볼트, 숏크리트, 철망 등으로 구성되어 있는 주지보재와 굴착의 용이성 및 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다.

2) 지보재의 설계에 있어서는 지반의 분류 등급과 해당 지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써 시공시 실제 지반조건이 설계시 예측조건과 상이할 경우 적합한 지보재로 변경할 수 있도록 하여야 한다.

나. 지보제 설계 관련기준 인용

1) 설계의 수리적 규모결정 사항은 하천설계기준, 댐설계기준 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

2) 지보제 관련 실시설계 등 세부 사항은 ‘터널표준시방서(2015, 국토교통부)’ 및 기타 관련 규정에 따른다.

4.1.6 라이닝 및 그라우팅

가. 라이닝 설계일반

1) 라이닝은 지보재와 함께 지압, 수압, 그 밖의 외력에 대항하여 오랫동안 소정의 단면 형상을 유지, 터널 내외면 간의 통수 방지, 터널 내면의 조도를 감소시켜 가능한 한 단면의 축소 혹은 수두손실의 경감 도모 등의 기능을 가져야 한다.

2) 굴착 후 암반의 강도가 크고 굴착면이 매끄럽고 견고할 경우에는 라이닝을 하지 않을 수 있다.

3) 라이닝에는 숏크리트, 무근 콘크리트, 철근 콘크리트, 철관 라이닝등이 있는데, 지질조건, 시공법, 경제성 및 장래의 유지관리 등을 종합 판단하여 결정한다.

4) 일반적으로 수로터널은 콘크리트 라이닝에 철근보강의 유무에 관계없이 내·외수압의 차이에 따라 터널 내·외부로 물이 통수된다고 가정하나, 통수가 허용되지 않는 조건에서는 철관 라이닝 또는 완전 수밀성의 철근콘크리트 라이닝을 설치하여야 한다.

5) 라이닝의 두께는 터널단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 사용재료, 시공법 등을 고려해서 결정하여야 한다.

6) 압력 수로터널은 통수와 배수의 운영과정에서 내수압의 작용이 반복되기 때문에 내·외수압의 차이에 따른 수리구조적인 검토가 필요하다. 수리구조적인 검토에서는 내수압이 외수압보다 큰 경우 누수에 대한 검토와 토피구속조건에 대한 검토를, 외수압이 내수압보다 큰 경우 배수공 설치 및 외수압 하중 등에 대한 검토를 수행하여야 한다.

나. 그라우팅 설계일반

1) 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) 자유수면터널에서는 일반적으로 저압 그라우팅을, 압력터널에서는 주로 고압 그라우팅을 실시하는 것을 원칙으로 한다.
3) 뒷채움 그라우팅은 라이닝 후면과 암반사이의 공극을 채우기 위하여 시행되어야 한다.

다. 그라우팅 및 라이닝 관련기준 인용

일반터널의 라이닝 및 그라우팅 관련된 공통되는 사항은 '터널설계기준(2016, 국토교통부)' 및 기타 관련 설계기준의 규정에 따른다.

4.1.7 굴착설계 및 부대시설 설계

가. 굴착설계

1) 원지반이 본래 갖고 있는 지지력을 최대로 보존할 수 있는 굴착방식(Open TBM, Shield TBM, NATM공법등)을 채택해야 한다.
2) 굴착방식은 인력(소형기구 이용), 기계 및 발파에 의한 굴착으로 나눌 수 있으며, 지반조건, 지하수 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 '터널표준시방서(2015, 국토교통부)' 및 기타 관련 규정에 따른다.

나. 부대시설 설계

1) 부대시설로서 배수시설, 안전시설, 계측설비 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: 시공중 혹은 시공후의 내공변위(內空變位), 터널천정의 침하 등을 계측하기 위한 설비를 설치한다.

4.2 수량산출요령

4.2.1 수량산출내역

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		

4.2.2 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)' Ⅱ공종별설계 6장 터널공 참조에 준한다.

4) 기타 구조물에 관한 수량산출내역은 '제6편 기타검토 제2장 하천지반설계 및 제3장 하천내진설계'에 준한다.

4.2.3 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 4.2-1)

구 분	여 굴 량		
	여 굴 량 (㎝)		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 : 30㎏/㎥ 이상

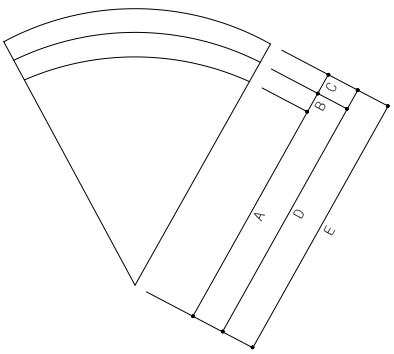
2) 강지보공 : 표준단면별도 산출

3) 숏크리트공 (여굴량 및 리바운드량 포함)

< 숏크리트 두께 및 적용두께 >

(표 4.2-2)

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 = $[\text{총굴착}-\pi\times\frac{\theta}{360}\times D^2\times 1/(1-0.15\,\text{or}\,0.10)]$

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 사용

바. 배수공

- 용수처리 : 30m 마다 1개소로 가정하여 산출한다.(개소당 50m) (누수지점 유도 배수공)
- 맹암거 (파형아연도 유공강관 ϕ200) 부직포 부착하도록 산출한다.
- 비닐깔기 (L) = a+0.1(m)로 산출한다.

사. 콘크리트 라이닝 (여굴량 포함)

< 라이닝 두께 및 적용두께 >

(표 4.2-3)

구 분	라이닝 두께(cm)		적용두께(cm)	
	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 4.2-4)

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

2) 측정빈도(D : 터널굴착폭)

< 측정빈도 >

(표 4.2-5)

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)' II 공종별설계 6장 터널공 참조

4.3 단가산출 요령

1) 교량 및 관련 부대시설공에 관련한 단가산출 기준은 ‘국도건설공사 설계실무 요령(국토교통부) Ⅱ공종별설계 6장 터널공’에 준한다.

2) 기타 구조물에 관한 단가산출 기준은 ‘제6편 기타검토 제2장 하천지반설계 및 제3장 하천내진설계’에 준한다.

제5장 하구시설

제5장 하구시설

5.1 설계요령

5.1.1 일반사항

가. 정의

하구시설은 하천과 바다와의 경계지역에서 두 영역의 영향으로 발생하는 자연재해 방지 및 효율적인 수자원 이용을 위해 설치하는 시설을 총칭한다.

나. 적용범위

하구시설은 하구둑, 배수문, 갑문(통선문), 하구제방, 하구호안, 하구도류제 등의 설치계획에 대하여 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 60 40)(2016, 국토교통부)
3) 항만 및 어항 설계기준·해설(2014, 해양수산부)
4) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)(2012, 농림부)
5) 농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)

라. 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) 하구둑

가) 하구역에서 홍수범람의 피해를 줄이고 필요한 양질의 수자원을 확보하며 하구에 발달한 간석지를 개발하기 위하여 설치한다.

나) 하구둑의 구조 및 규모 결정은 '농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)'에 준하고, '농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(제4편)(2011, 한국농어촌공사)'을 참조한다.

2) 배수문

배수문은 하구둑 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 치수시설 제1장 제방' 과 '항만 및 어항 설계기준(2014, 해양수산부) 제7편 외곽시설 제7장 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 어항설계기준(2014, 해양수산부) 제7편 외곽시설 제5-3장 도류제' 에 따른다.

마. 참고문헌

농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(제4편 간척)(2011, 한국농어촌공사)

5.1.2 사전조사

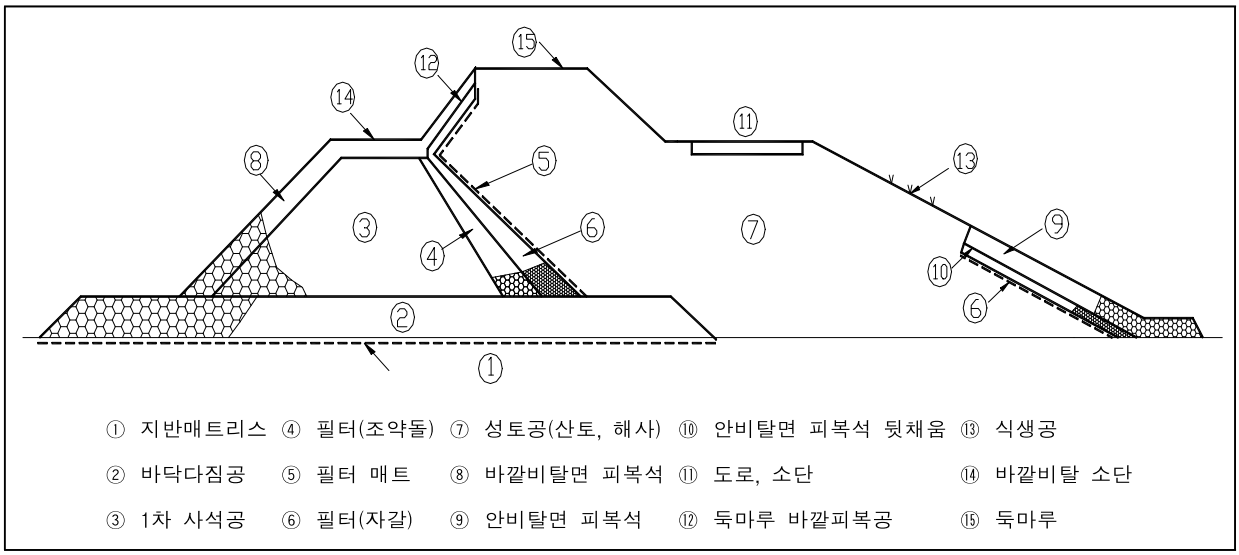
하구시설 설치를 위한 사전조사는 '제1편 총칙, 1.6 설계일반사항, 1.6.1 사전조사' 를 참고하여 실시한다.

5.1.3 하구둑

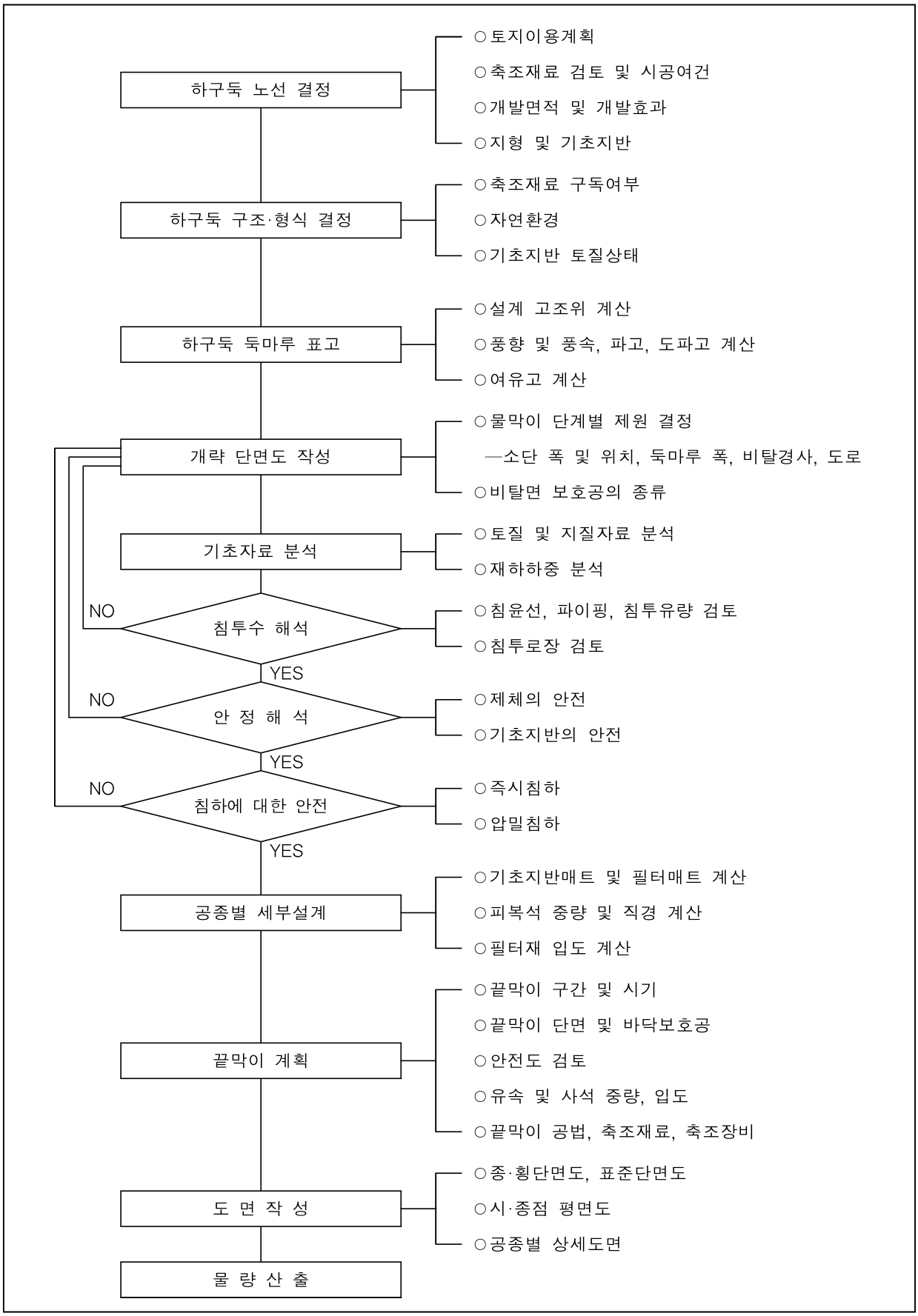
바닷물의 침입을 막기 위하여 하구역에 쌓은 둑을 말하며, 하구언(河口堰)이라고도 한다. 썰물 때 물이 빠져나가는 것을 방지하고, 밀물 때 바닷물이 강으로 흘러 들어오는 것을 막아 가뭄이 들면 둑의 문을 닫고 유입 수량이 많아지면 문을 개방하는 식의 수량 조절이 가능하다.

가. 하구둑 구조

하구둑 구조는 축조재료 및 물막이구간, 해상조건, 기초지반의 토질, 축조공법에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 성토공, 사석공 피복공, 기초공, 필터공, 바닥다짐공으로 구분된다.



(그림 5.1-1) **< 하구둑 구조 및 명칭 >**



(그림 5.1-2) **< 하구둑 설계 흐름도 >**

1) 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.
2) 피복공 계획시 침윤선을 검토하여 침윤선이 안 비탈면 피복공 내로 통과하도록 계획하는 것이 파이핑(Piping)에 유리하다.
3) 하구둑 형식은 구조, 축조재료 등에 따라 분류하거나 바깥쪽 비탈경사에 따라 경사형과 직립형으로 분류하며, 장소와 목적에 따라서 두형식의 장·단점을 절충한 혼성형이 있다.
4) 형식 결정 시 경제성 측면은 약간 불리하더라도 주행 시 경관 확보 등을 우선하여 도로를 둑마루에 계획하는 경우도 있다.

나. 둑마루 표고 결정

1) 하구둑의 둑마루 표고는 파랑의 영향으로부터 시설물을 안전하게 보호할 수 있도록 충분한 높이로 설치하여 내부에 피해가 발생되지 않도록 한다.
2) 하구둑의 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

3) 파랑, 파력, 조석의 결정은 '항만 및 어항설계기준(2014, 해양수산부)' 에 따른다.

다. 둑마루 폭

1) 둑마루폭 결정은 하구둑의 설치목적과 규모, 둑마루의 시공재료, 하구둑의 형식 등에 따라 다음과 같이 정하고 있다.

가) 경사형이고 파라펫(Parapet)이 있을 경우 파라펫을 제외한 둑마루 넓이는 3m 이상으로 한다.

나) 경사형이고 파라펫이 없는 경우 월파가 허용되는 경우 4m 이상으로 한다.

2) 완경사형인 일반적인 하구둑에 대한 둑마루 폭은 규정되어 있지 않아, 설계시 설계사례 및 미개척국식를 참고하여 하구둑 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)

라. 비탈 기울기

1) 바깥비탈 기울기

가) 바깥쪽 비탈 기울기는 제체의 안정, 기초지반의 토질, 피복공의 재료와 구조, 하구둑 단면에서의 수심과 파고, 시공성 등을 고려하여 결정한다.

나) <표 5.1-1>의 기울기 기준이 절대적인 값은 아니며, 침투수 및 안전도 검토 시 변경될 수 있으며, 단면 가정 시 이용한다.

다) 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 5.1-1)

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)

2) 안비탈 기울기

가) 안비탈 기울기는 제체 토질, 기초지반, 피복공의 종류 등을 고려하여 결정해야 하나 일반적으로 재료별 비탈기울기는 아래와 같다.

나) 안비탈 기울기는 재료별 최소치를 규정한 것으로 제체의 침투수 및 안전을 검토해 보면 규정한 값보다 완만하게 나타날 수 있다.

< 안비탈 기울기 >

(표 5.1-2)

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)

마. 소 단

소단의 설치 목적은 제체의 안전성 확보 및 제체 하중을 연약지반에 분산시키는 역할, 침투로장의 확대, 파랑의 감쇄를 위하여 설치한다.

1) 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)

2) 제고가 5m 이상인 경우 또는 필요한 경우 5m 이하라도 넓이 1.5m 이상의 소단을 만든다.

3) 내측소단은 '농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)' 에 구체적인 언급이 없으므로 '농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(2011, 한국농어촌공사)' 제7장 내부개답을 참조한다.

바. 1차 사석단면

끝막이 구간 및 수심이 깊어 성토재로 완성단면을 형성할 수 없을 경우에 시공성을 위하여 1차 사석단면을 계획한다.

1) 계획표고

계획표고 = 대조평균만조위 + 여유고(1m 내·외)

2) 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.

3) 비탈면 경사

바깥 및 안쪽비탈 모두 1:1.0로 계획하면 사면의 안전성 및 시공성에도 큰 문제는 없으나, 안전도는 검토한다.

사. 바닥 다짐공

1) 바닥다짐공은 파력을 감쇄하고 파랑 및 조류에 의한 세굴을 방지하여 피복공과 기초공을 보호한다.

2) 바닥다짐공은 바깥비탈 피복공의 비탈 끝 기초공 앞면에 설치하며 단독으로 침하될 수 있도록 피복공이나 기초공과 떼어놓는다.

아. 최종물막이

1) 최종물막이(끝막이)는 하구둑의 축조에 있어서 수리학적으로 위험요소가 많으므로 최적의 공법을 적용하여 시공토록 한다.

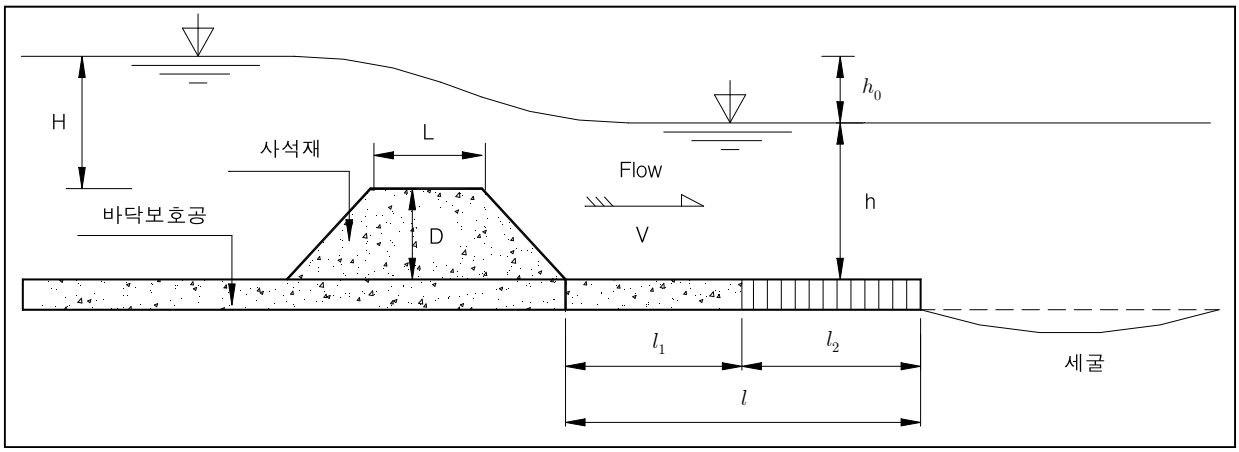
2) 최종물막이(끝막이) 단면

가) 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.

(1) 최대유속발생 표고보다 최소 1m 이하(표고별 유속계산)

(2) 대조평균저조위(L.W.O.S.T) 이하



(그림 5.1-3) **< 바닥다짐공 횡단면 >**

나) 바닥보호공의 폭

바닥보호공 폭 및 세굴 깊이를 결정하는 공식은 Bligh, Spaagaren, Delft공대 실험식 등이 있으나, 각각의 식은 적용범위가 명시되어 있으므로 적용 시 유의해야 한다.

(1) Bligh 공식

하상에 보 설치 시 많이 이용되는 공식으로 상·하류의 수위차와 기초지반에 따른 토질별 계수 및 제체의 단위폭당 유량에 의하여 폭을 결정한다. (그림 5.1-3 참조)

$$l = 0.67C\sqrt{D \cdot q}, \quad l_1 = 0.61C\sqrt{D}, \quad l_2 = l - l_1$$

여기서, L : 바닥다짐공의 폭(m)
C : Bligh 계수
q : 단위 폭당 유량(㎥/s)

(가) 완전 월류시($H_a < H/3$ 일 때)

$$q = 1.7CH^{3/2} = 1.53H^{3/2}$$

(나) 불완전 월류시($H_a \geq H/3$ 일 때)

$$q = 4.43(H - H_a)\sqrt{H}$$

(2) Spaagaren 공식

(가) 적용공식 : '간척백서' (한국농어촌공사, 2009) p587 참조

(나) 적용범위

① 제체 구배가 1:5 이내이며, 바닥보호공의 길이가 $L \geqq 7D$ 일 때

② 바닥보호공의 상태는 거친 상태임

(3) Delft공대 실험식

(가) 적용공식 : '간척백서' (한국농어촌공사, 2009) p589 참조

(나) 적용범위

① 바닥보호공의 길이가 $L \geqq 5H$ 일 때

3) 최종물막이 구간의 연장 및 유속계산은 '농업생산기반정비사업 계획설계기준(해면간척편)(1991, 농림수산부)' 의 규정에 준한다.

5.1.4 배수(갑)문

가. 배수문

내·외수위 관계가 자연배수로 충분한 경우에는 배수구만 있으면 충분하나, 외수위가 내수위 보다 일시적으로 또는 항상 높으면 배수문을 설치하여 외수위 역류를 방지할 수 있으며, 수해구역 홍수를 배제하기 위하여 바다로 보내는 최종 배수시설이다.

1) 배수문 위치 결정

가) 가능한 넓은 지배면적을 갖은 곳 및 배수구역 내 가장 낮은 곳이나 그 부근을 선정한다.

나) 풍파나 조류 등에 의해 문비작동 및 파손 우려가 없는 지점을 선정한다.

다) 유수에 의한 세굴과 토적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정한다.

라) 연약지반 및 암반의 균열과 절리가 있는 곳은 피하고 하상이 안정된 지점을 선정한다.

마) 자재반입이 유리하며, 기초 터파기량이 최소인 지점을 선정한다.

바) 주변 환경에 큰 피해를 주지 않으면서 유지관리가 편리한 지점을 선정한다.

2) 수문의 구조 및 설계는 '제5편 하천 기타시설 제2장 수문(Floodgate)' 에 따른다.

나. 갑문(통선문)

갑문은 수위가 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치한다.

1) 갑문의 규모 및 형상

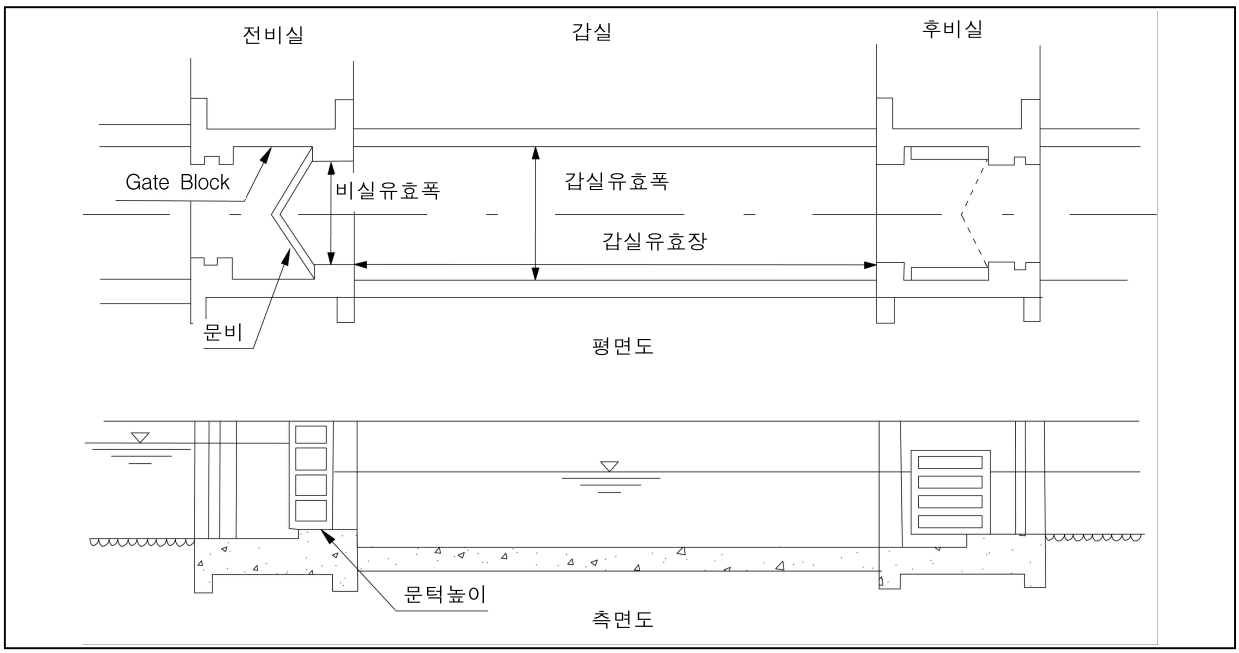
가) 갑문은 설치위치의 자연 상황, 통항선박의 주요치수 및 척수에 따라서 선박의 출입 시에 안전하고 원활하게 조선할 수 있도록 적절한 형상으로 한다.

나) 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 5.1-4) **< 갑문의 형상 >**

2) 갑문의 높이와 폭 결정

가) 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.

나) 준설이나 복토를 실시하여 최저 지반 계획고를 변경하는 비교안을 검토하여 경제적인 단면으로 결정한다.

3) 갑문의 구조 및 설계는 '농업생산기반정비사업 조사설계 실무요령(2011, 한국농어촌공사) 제4편 간척 제5장 배수갑문' 에 따른다.

5.1.5 하구제방 및 하구호안

하구제방과 호안은 하구의 육지측의 비탈면을 둘러싸서, 배후의 토사가 파랑이나 흐름에 의해 붕괴되거나 하구의 토사가 침식되는 것을 방지하는 시설이다.

가. 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.

나. 단면의 결정

1) 비탈면을 계단형 또는 1:3 ~ 1:4의 완경사로 하여 반사파를 줄이는 것이 좋다.
2) 비탈기슭에 내습파고 크기 정도의 세굴이 일어날 수도 있다는 것을 고려하여 기초의 근입깊이를 충분히 한다.
3) 호안은 배후지의 보전이 이루어지도록, 그리고 호안 및 배후의 토지이용에 지장이 없도록 월파량, 고조시의 조위차 등을 감안한 적절한 마루높이를 갖도록 한다.

다. 하구호안의 종류

하구호안에는 중력식 호안, 널말뚝식 호안, 강널말뚝 셀(cell)식 호안, 사석식 호안, 소파블록 피복호안 등이 있으며, 염해에 안전한 공법을 선정한다.

5.1.6 하구도류제

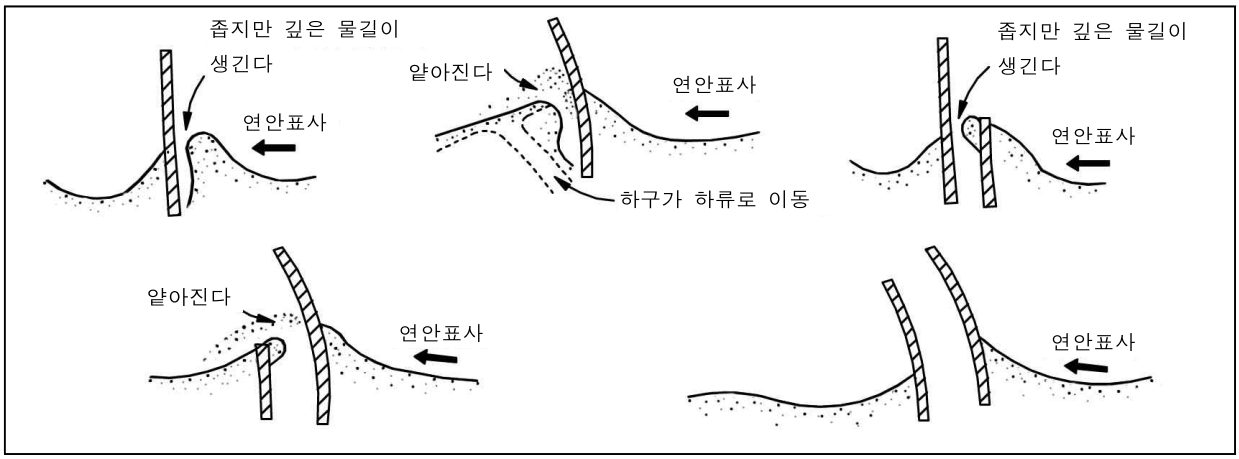
하구도류제는 하구 부분에서 유로가 토사의 퇴적으로 인하여 교란되지 않도록 흐름의 방향을 조정하여 유도하거나 파랑, 조석류 등에 의한 하구 내 표사 퇴적을 억제하기 위해서 축조하는 제방이다.

가. 하구도류제의 주요기능

1) 하구도류제는 연안표사를 저지하는 방사제적 기능
2) 하천류를 유도하여 흐름을 안정시키며 하천류의 소류력(掃流力)을 증가시켜 수심을 유지하는 기능
3) 하천수 유출시의 유량을 지장 없이 방출할 수 있는 기능

나. 하구도류제의 배치

1) 하구도류제는 해당 지역의 연안표사의 특성, 하천의 고수위시 및 저수위시의 소류력 등에 따라서 소요의 기능을 발휘하도록 적절히 배치한다.
2) 하구도류제의 배치형식에는 연안표사의 방향과의 관계에 따라 아래와 같은 종류가 있다.
   가) 하구수심의 유지를 위해서는 1개의 도류제는 효과가 약하고, 2개의 평행한 도류제를 연장하는 것이 가장 바람직하다.
   나) 길이가 다른 2개의 하구도류제를 설치하는 경우 일반적으로 표사의 하류측 도류제를 길게 하는 편이 효과적이다.
   다) 하구도류제의 길이는 표사 이동이 심한 장소를 벗어날 때까지로 하는데, 대체로 정선으로부터 심해파 파장의 1/2 혹은 안정된 파곡(trough) 부근까지로 한다.
   라) 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 5.1-5) **< 하구도류제 배치의 종류 >**

마) 표사의 상류측 도류제를 하류측으로 굽히는 것은 도류제 내로 표사가 침입하는 것을 방지하고, 아울러 연안 표사를 원만하게 하류 측으로 통과시키는 의미를 갖는다.

다. 하구도류제의 선단수심

1) 하구도류제 선단수심은 도류제 근방의 항로의 수심보다 더 깊게 한다.

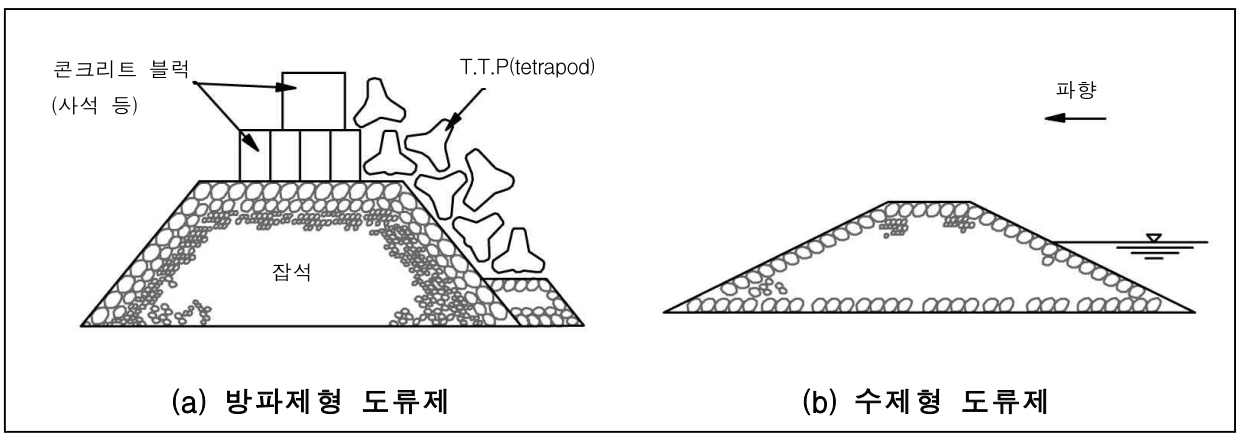
2) 하구도류제 선단부는 파의 쇄파한계 수심보다 더 깊은 곳에 배치한다.

라. 하구도류제의 구조

1) 하구도류제는 불투과 구조로 하고, 도류제에 작용하는 파랑 및 하천의 흐름에 의한 세굴의 영향 등을 적절히 감안하여 구조의 안정을 확보하도록 한다.

2) 하구도류제의 구조로서는 제방형, 방파제형, 내파구조의 하천 수제형 등이 있는데, 파랑, 표사, 하천규모 등의 조건을 고려해서 도류제에 적합한 구조를 채용한다.

3) 하구도류제의 마루높이는 파랑의 처오름 높이를 표준으로 하는데, 처오름 높이의 추산은 파랑해석에 근거를 둔다.



(그림 5.1-6) **< 하구도류제의 형식 >**

5.2 수량산출요령

5.2.1 수량산출내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	하구시설				
1.1	하구둑 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		㎥		배수시설편 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

5.3 단가산출 요령

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 본 단가산출에서 명기된 거리는 예시로 현장 여건에 따라 변경가능함 단가기준은 사업 적용시점 기준의 최신 '건설공사 표준시장단가' 및 '건설공사 표준품셈'에 따라 변경 적용하여야 함	
5.3.1	연약지반 처리공 P.P 매트 부설	㎡	◎ P.P매트 1. 자재비 - P.P매트 × 1.15 2. 매트부설(연약지반용) - 특별인부 : 0.0014인 - 보통인부 : 0.0007인	
	PET 매트 부설	㎡	◎ PET 매트 1. 자재비 - PET매트 × 1.15 2. 매트부설(연약지반용) - 특별인부 : 0.0014인 - 보통인부 : 0.0007인	
	샌드매트	㎥	◎ 샌드 매트 1. 자재비 - 모래 구입 및 운반 : 별산 2. 포설 - 불도저(13ton) 3. 다짐 - 진동롤러(자주식 10ton) - 타이어롤러(8~15ton) - 물탱크 5500ℓ	
5.3.2	피 복 공 사석 쌓기	㎥	(육상) ◎ 사석 쌓기(육상, 0.03㎥ 이하) 1. 사석 구입 운반 - 별 산 2. 사석 투하 - 유압식 굴삭기(1.0 ㎥) q = 1.0㎥, K = 0.9 f = 1.0, E = Cm = 21sec(135°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr - 보통인부 : 0.0008인	

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
			◎ 사석 쌓기(육상, 0.1㎥ 이상) 1. 사석 구입 운반 - 별 산 2. 사석 투하 - 크레인(10 ton) q = 1.0㎥, K = 0.9 f = 1.0, E = Cm = 21sec(135°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr - 잠 수 부 : 0.009인 - 특별인부 : 0.013인 - 보통인부 : 0.013인	
	피복석	㎥	(육상) ◎ 피복석 쌓기(육상, 0.03㎥ 이하) 1. 피복석 구입 운반 - 별 산 2. 피복석 투하 - 유압식 굴삭기(1.0 ㎥) q = 1.0㎥, K = 0.9 f = 1.0, E = Cm = 21sec(135°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr - 보통인부 : 0.0008인 ◎ 피복석 쌓기(육상, 0.1㎥ 이상) 1. 피복석 구입 운반 - 별 산 2. 피복석 투하 - 크레인(10 ton) q = 1.0㎥, K = 0.9 f = 1.0, E = Cm = 21sec(135°) Q = 3,600×q×K×f×E/Cm = ㎥/hr - 잠 수 부 : 0.009인 - 특별인부 : 0.013인 - 보통인부 : 0.013인	
	사석 고르기	㎡	(수상) ◎ 사석 속고르기(수상) 1. 인건비 - 석 공 : 0.055인 - 보통인부 : 0.036인 2. 기계 - 굴삭기(1.0㎥) : Q=0.136㎡/hr	

번 호	공 종	단위	단 가 기 준	비 고
	피복석 고르기	㎡	(수상) ◎ 필터석 고르기(수상) 1. 인건비 - 석 공 : 0.062인 - 보통인부 : 0.039인 2. 기계 - 크레인(10 ton) : Q=0.153㎡/hr	
	필터석 고르기	㎡	(수상) ◎ 필터석 고르기(수상) 1. 인건비 - 석 공 : 0.007인 2. 기계 - 굴삭기(1.0㎥) : Q=0.031㎡/hr	
5.3.3	토 공			
	터파기	㎥	「제7장 배수시설」 참조	
	되메우기	㎥	「제7장 배수시설」 참조	
	성토면고르기	㎡	「제1장 제방」 참조	
	법면다짐	㎡	「제1장 제방」 참조	
	수평규준틀	ea	「제1장 제방」 참조	
	비탈면규준틀	ea	「제1장 제방」 참조	

제6장 수문조사시설

제6장 수문조사시설

6.1 설계요령

6.1.1 일반사항

가. 정의

1) 수문조사

하천의 수위·유량·유사량 및 하천유역의 강수량·증발산량·토양에 함유된 수분의 양을 과학적인 방법으로 관찰·측정 및 조사하는 것을 말한다.

2) 기준수위표

하천의 수위를 관측하기 위해 설치한 표척을 말한다.

3) 영점(零點)표고 검정수준점

기준수위표의 영점을 결정하기 위하여 국토교통부고시 제2009-954호(2009년 12월 제정)의 '수준측량 작업규정'에 따라 1등 수준점(불가피한 경우 2등 수준점)을 기점으로 2등 수준측량에 의하여 수위관측소 인근에 설치한 수위표 전용 수준점을 말한다.

4) 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·해설 (2009, 국토해양부)

2) 수문(水文)조사 업무규정(국토교통부훈령 제538호, 2015.6.2., 일부개정)

3) 수문조사시설의 설치환경 및 유지・관리와 수문자료의 품질관리기준(2014, 국토교통부고시)

4) 수문(水文)자료의 공인 및 저장・배포・활용 기준(2016, 국토교통부고시)

라. 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 영구적

인 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(국토교통부훈령 제538호, 2015.6.2., 일부개정)'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.

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.

마. 참고문헌

1) 수문관측매뉴얼(2003, 건설교통부)

2) 소하천 설계기준(2013, 소방방재청)

3) 국도건설공사 설계실무 요령(2016, 국토교통부)

6.1.2 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.

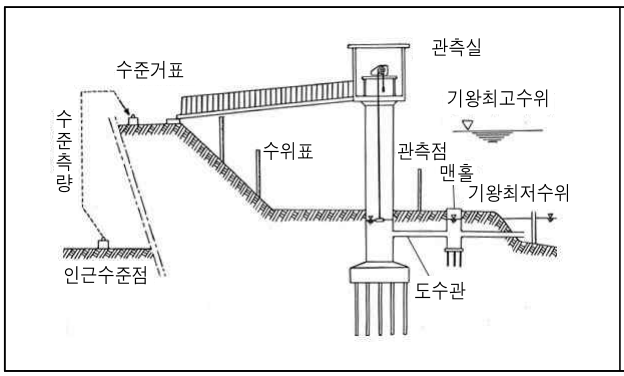
1) 자기수위계

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 6.1-1) **< 부자식 수위관측소 >**

(그림 6.1-2) **< 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.

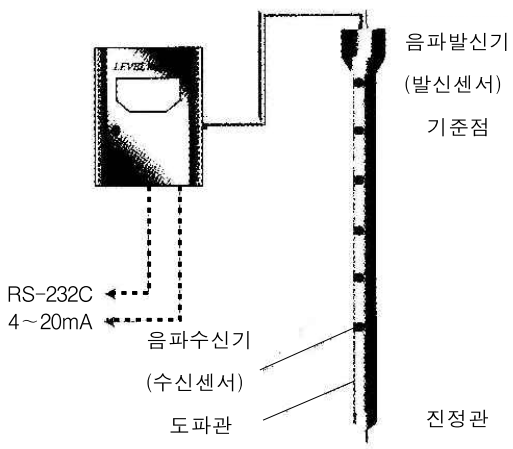
마) 기포식 수위계

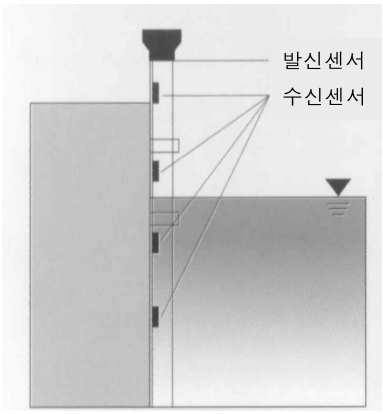
수위와 수압이 비례하는 원리를 응용하여 수주압 측정관에 채워진 물을 배출하는데 필요한 압축 기체의 압력을 측정하여 수위로 환산하는 방법으로 측정하는 장치이다.

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 6.1-3) **< 초음파수위계 및 관측국사(한강대교) >**





(그림 6.1-4) **< 초음파 수위계 측정원리 및 설치방법 >**

< 수위계 종류에 따른 특징 및 고려사항 >

(표 6.1-1)

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)

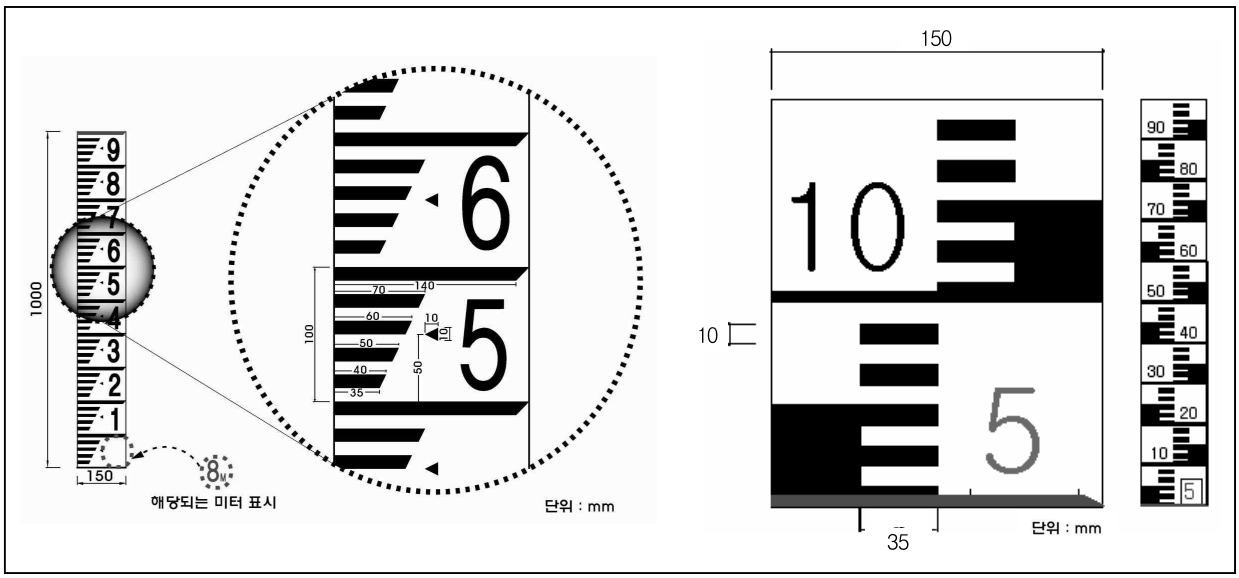
- 표면은 방부제를 도장하여 부식을 방지하며, 페인트를 사용시 3회 이상 도장한다.

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 6.1-5) **< 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.

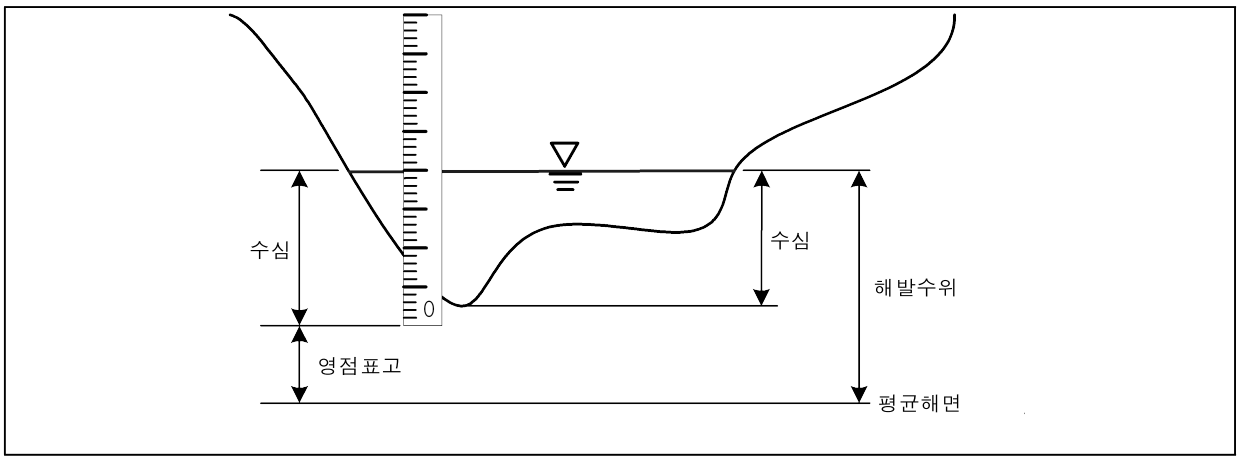
4) 수위표 영점표고

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 6.1-6) **< 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 파천의 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.

6.1.3 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'과 '수문관측 매뉴얼'의 관련 기준의 규정에 따른다.

6.1.4 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'과 '수문관측 매뉴얼'의 관련 기준의 규정에 따른다.

6.2 수량산출요령

6.2.1 수량산출내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비고
1	수위관측소 설치				
1.1	토 공				
1.2	구조물공				
1.3	금속구조물공				
1.3.1	잡철물 제작	보통, ST	ton		
1.3.2	잡철물 제작	보통, STS	ton		
1.3.3	잡철물 제작 및 설치	보통, ST	ton		
1.3.4	잡철물 제작 및 설치	보통, STS	ton		
1.3.5	철골세우기	6층 미만	ton		
1.3.6	앵커볼트설치	M16×120	ea		
1.3.7	앵커볼트설치	Φ22~25	ea		
1.3.8	목자판 설치(외부,내부)		m		
1.3.9	내부 사다리설치	STS	m		
1.3.10	강관설치	Φ350	m		
1.3.11	스텐거치대		m		
1.3.12	메쉬휀스설치	H=1.80	경간		
1.3.13	메쉬휀스출입문	0.9×1.8	ea		
1.3.14	강재운반		kg		
1.4	도장공				
1.5	가도공				
1.6	포장공				
1.7	부대공				
1.3.1	계기실 설치	3.0×3.0	식		
1.3.2	계기실 설치	2.4×2.4	식		
1.3.3	STS 난간 설치		m		
1.3.4	골재 운반		m^3		
1.3.5	중기운반비		식		
1.8	사급자재대				

6.2.2 일반사항

1) 수문조사시설(수위관측소)에 관한 수량산출내역은 '수문관측 매뉴얼' 의 관련 기준의 규정에 따르며, 기본적인 토목수량은 '국도건설공사 설계실무 요령' 참조에 준한다.

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.

6.3 단가산출 요령

1) 수문조사시설(수위관측소)에 관한 단가산출에 있어 일반 공종 단가는 건설공사 표준품셈 적용을 원칙으로 하고, 관측기기 구입 및 설치단가는 전문업체에 의한 견적 단가를 적용한다.

2) 기타 하천 토목공사에 관한 단가산출 기준은 ‘제6편 기타검토 제2장 하천지반설계 및 제3장 하천내진설계’에 준한다.

제7장 교 량

제7장 교 량

7.1 설계요령

7.1.1 일반사항

가. 용어정의

1) 세굴(Scouring)

일반적으로 세굴은 국부세굴을 말한다. 국부세굴은 교각, 교대, 수제, 제방 등 흐름의 장애물 주위에서 국부적으로 하상물질이 이동하는 현상이며 정적 및 동적세굴로 구분되며 단기간의 하상변화로 취급되며, 하천에는 국부세굴 외 수축세굴, 압력세굴 및 장기하상변동이 존재한다.

2) 세굴방호공

하천에서 유수에 의하여 구체(교량 등) 주변이 세굴 되거나, 하상의 침식으로 구조체가 불안정해지는 현상을 방지하기 위한 공법을 말한다.

나. 적용 범위

본 설계실무요령은 하천에 설치되는 교량의 교각 및 교대 뿐아니라, 하천에 설치되는 송유관, 차집관로, 역사이폰 등 다양한 지하 횡단시설물에 대한 보호시설에 적용한다.

다. 적용 기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)
2) 하천공사 표준시방서(KDS 51 90 15)(2016, 국토교통부)
3) 도로교 설계기준(2015, 국토교통부)
4) 철도설계기준(철도교편)(2004, 건설교통부)
5) 콘크리트 표준시방서(2009, 국토해양부)
6) 구조물기초 설계기준(2016. 국토교통부)
7) 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(행정자치부령 제43호, 2015)

라. 설계일반사항

교량의 구조적 설계등급은 '도로의 구조·시설에 대한 규칙' 및 '도로교 설계기준' 에 명시된 교량의 등급적용을 원칙으로 하며, 법정도로가 아닌 농로교는 3등급 이상을 적용할 수 있다. 이때 농로교의 폭은 장래 교통량 증가 등을 대비하여 면도 이상은 2차로 교량을 원칙으로 하되, 교통량이 극히 적은 리도 이하의 경우에는 기술자의 판단에 따라 1차로로 할 수 있다. 특히 하천을 횡단하여 설치되는 교량은 제방과 접속되어 농기계의 통행, 평상시의 하천

순시, 홍수시의 방재활동 등 통행이 원활하도록 현장 여건을 고려하여 가각정리를 검토하여야 한다.

교량의 수문학적 설계빈도는 하천기본계획의 계획빈도를 따르며, 기본계획이 미 수립된 경우에는 하천설계기준의 하천중요도에 따른 계획규모를 참고하여 결정한다. 또한 교량의 세굴평가시 적용하는 수문량은 하천설계기준에서 제안된 홍수사상 결정 기준에 따른다.

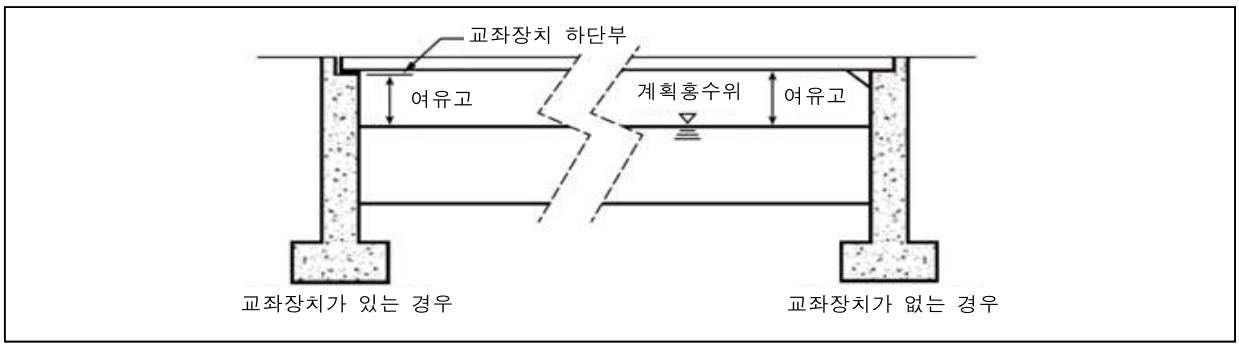
마. 참고문헌

1) 소하천 설계기준(2012, 소방방재청)

7.1.2 교량의 수리적 설치기준

가. 형하고(다리 밑 공간높이)

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.



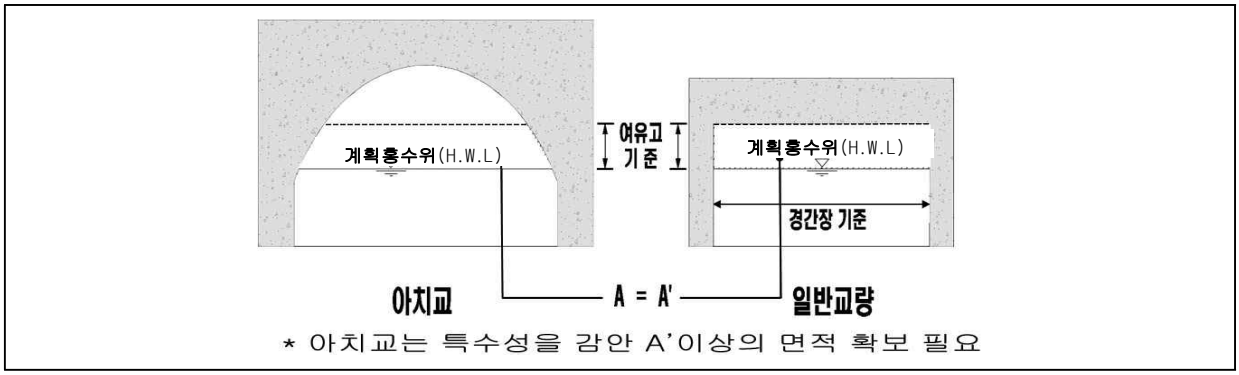
(그림 7.1-1) **< 교량의 형하여유고 >**

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 계획하여야 하며, 교량 설치에 따른 수위상승, 유속변화 및 수리영향 범위 등을 검토하여 필요시 대

책을 수립하여야 한다.



(그림 7.1-2) **< 아치교의 여유고 특성 >**

5) 주운 하천의 경우 이용하는 선박 등의 특성을 고려한 최소형하고 이상을 확보하여야 한다.

6) 교량점검용 영구시설물인 교각, 교대나 형간의 유지관리를 위한 통로나 시설물이 설치되는 경우에는 계획홍수위 이상으로 설치하는 것을 원칙으로 하며, 그렇지 못한 경우에는 홍수시 유목 등이 걸림으로 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 하며, 하도내 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 상황등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 한다. 단 그 값이 70m을 넘는 경우에는 70m로 할 수 있다.

$$L = 20 + 0.005Q$$

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.

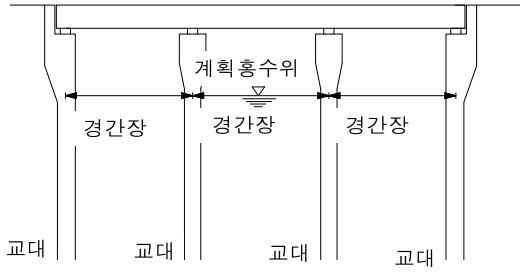
가) 계획홍수량이 500㎥/s 미만이고 하천폭이 30m 미만인 하천의 경우 12.5m 이상

나) 계획홍수량이 500㎥/s 미만이고 하천폭이 30m 이상인 하천의 경우 15.0m 이상

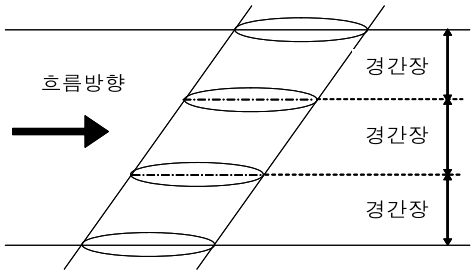
다) 계획홍수량이 500㎥/s ~ 2,000㎥/s인 하천일 경우 20 m 이상

라) 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

5) 단, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 2), 3)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.



일반교량의 경간길이



사교의 경간길이

(그림 7.1-3) **< 교량 경간장 기준 >**

다. 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 비탈끝으로 부터 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.

다. 교량접속도로

1) 교량 종방향으로 접속되는 도로는 해당 도로등급에 따른 종구배 기준을 적용한다.

3) 접속도로의 성토부 비탈경사는 1 : 1.5 보다 완만하게 하며 세부사항은 '도로교 설계기준(2015, 국토교통부)' 에 따른다.

3) 교량과 접속되는 횡방향 접속도로는 해당 도로등급의 최소 회전반경을 고려한 설계로 진출입차량의 원활한 통행이 되게 한다.

4) 큰 회전반경으로 인한 교량접속지점의 제방 둑마루폭은 '하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)' 의 기준보다 크게 할 수 있으며, 필요에 의해서는 도로와 교량이 접속되는 지점은 확폭부를 설치하여 충분한 폭을 유지하여 진출입차량의 원활한 회전을 유도한다.

5) 접속도로의 포장은 도로설계기준을 준용한다.

라. 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 악 영향은 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) 임시교량(우회로를 위한 교량)은 하천설계기준의 '교량 등 하천점용시설물'의 규정에 의한다.
5) 하천유수구간에 설치하는 공사용 가도는 높게 설치하여 치수적 안전도를 높이면 하천제방의 안전도가 낮아지는 관계가 있으므로 세심한 주의가 요구된다.
6) 따라서 공사용 가도의 계획고 선정은 {평수위 또는 상시수위+여유고(0.5m)} 기준으로 하고, 공사기간을 고려하여 설치 및 철거를 반영(공사 완료시 정산)할 수 있다.
7) 기타 관련사항은 '도로교 설계기준(2015, 국토교통부)'의 관련 기준을 참조한다.

마. 교량배수 및 비점오염저감시설

1) 교량배수 시설기준은 '국도건설공사 설계실무 요령(2016, 국토교통부)'에 따른다.
2) 교량의 공용시 초기강우에 의해 발생하는 비점오염물질을 처리하기 위해 설치하는 비점오염저감시설의 설치위치, 규모, 형식등은 환경영향평가 결과를 설계에 반영한다.

7.1.3 세굴 평가

가. 개요

1) 교량 등의 하천구조물 설치 시 본 절의 기준을 적용하여 단기간 국부세굴을 포함한 각종 세굴에 대하여 평가하고 안전대책을 강구하여야 한다.
2) 세굴평가의 적용범위는 제방 및 하상 안전에 영향을 미칠 수 있는 하천내 시설물이다.
3) 세굴평가는 조석의 유무에 따라 실시하며 조석의 영향을 받지 않는 하천과 하구언 등 조석의 영향을 받는 지역내 교량 등 하천시설물을 구분하여 평가하여야 하며, '하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)' 제37장 내용을 참조한다.

나. 홍수사상 선정 및 수면형 결정(조석이 없는 경우)

1) 홍수사상 선정

가) 100년 빈도 홍수량이 200㎥/s 미만의 경우 50년 빈도 이상의 홍수사상

나) 100년 빈도 홍수량이 200㎥/s 이상 2,000㎥/s 미만의 경우 100년 빈도 이상의 홍수사상

다) 100년 빈도 홍수량이나 기왕 최대홍수량이 2,000㎥/s 이상의 경우 500년 빈도의 홍수사상

라) 만약 500년 빈도 홍수량을 결정하기 어려운 경우에는 100년 빈도 홍수량의 1.7배 유량을 적용할 수 있다.

2) 수면형 결정

가) 홍수사상 선정기준에 의거 선택된 홍수량에 대한 수면형을 결정한다.

나) 수면곡선 계산은 WSPRO, Hec-RAS, FastTABS 등 범용적인 모형을 사용할 수 있다.

다. 세굴량 산정 및 적정성 검토

1) 총 세굴량은 하상상승 및 하상저하, 수축세굴, 국부세굴로 구분하여 산정하고 이를 합한 것으로 한다.

2) 설치되는 교각의 폭이 3m 이상이고 홍수시 수심이 9m 이상이거나 홍수시 유속이 3m/s 이상일 경우에는 수치 또는 수리모형 실험을 통하여 세굴량을 산정한다.

3) 수축세굴은 Laursen공식을 이용하여 세굴량을 산정하되 교각주위의 세굴량 산정시 단면수축이 심각하지 않은 경우 수축세굴을 생략할 수 있다.

4) 교각주위 내 세굴인 국부세굴은 CSU 공식을 주로 이용하되 최소 2개 이상의 세굴공식을 비교하여 적정성을 평가한다.

5) 세굴반경 결정은 '국도건설공사 설계실무 요령'의 사석보호공 포설규모 기준을 적용하여 포설반경은 세굴심의 2배, 부설 높이는 1.5m(사석평균직경의 3배 이상)를 적용한다.

7.1.4 보호공 설계

가. 세굴방호공

1) 교량 등의 하천구조물에서 세굴로 인한 손상과 파괴로부터 구조물을 보호하기 위하여 세굴방호공 적용시, 하도특성, 현장 여건, 어류의 이동 및 서식처 제공 등을 고려하여 한다.

2) 사석을 이용한 세굴방호공일 경우에는 2년의 정기적 주기 및 계획홍수량의 80%가 넘는 홍수발생시마다 사석의 이동여부를 확인하여 문제발생시 대책을 강구하여야 한다.

3) 세굴방호를 위한 사석의 크기는 하천설계기준에서 제시한 Isbash 공식 및 Richardson 공식 중 큰 것을 사용하든지 직접 현장실험을 수행한 결과를 사용한다.

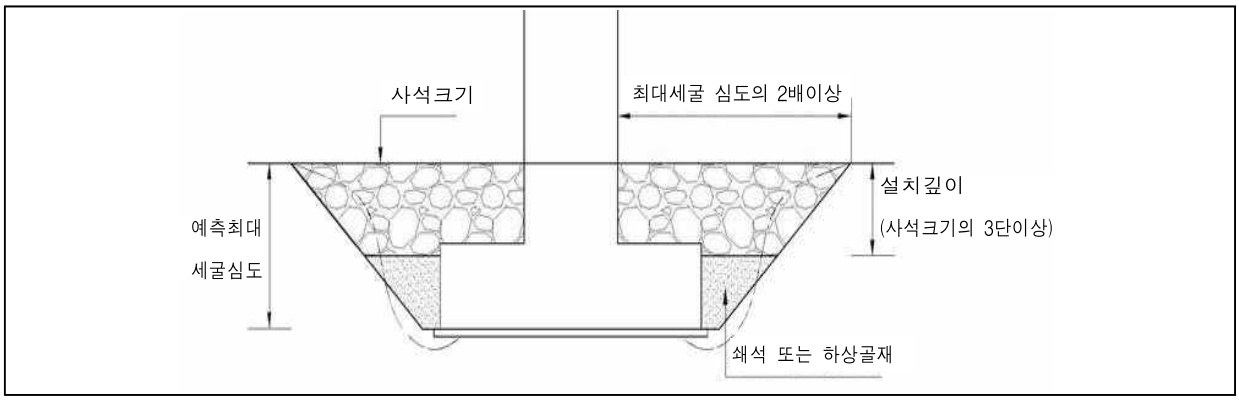
- Isbash 공식 $$V_0 = C\sqrt{2gD_u\left(\frac{r_s - r}{r}\right)}\ \sqrt{\cos\beta - \sin\beta}$$

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

- 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/sec),
g : 중력가속도(m/sec^2),
rs : 사석의 단위중량(t/㎥),
r : 물의 단위 중량(t/㎥)

4) 보호 공법으로는 경제성 및 환경성을 고려하여 사석 공법을 적용하는 것을 우선으로 하되, 시공성 및 경제성(재료구득 여건 및 운반거리)등을 고려하여 적절한 보호공법을 적용할 수 있다.
5) 대체공법은 블록공법, Gabion공법, 스톤매트리스공법 등이 있으며, 사석공의 기능과 같거나 안정적이고 현장의 적용성이 사석공보다 유리할 경우에 적용한다.
6) 사석공 계획에서 동일교량에서 다수의 교각이 설치될 경우 사석의 크기는 교각별로 산정하여 교각별 사석크기를 적용을 원칙으로 하되, 현장 여건을 고려하여 교각별 사석크기 중 최대치를 적용할 수 있다.
7) 사석의 마무리면은 계획하상면과 동일하게 시공한다.
8) 사석을 이용한 세굴 방호공일 경우에는 사석 보호공의 붕괴를 최소화하기 위하여 시공될 사석 아래의 토사가 이동할 우려가 있는 구간에는 필터층(전석층, 토목섬유층 등)을 두어야 한다.



(그림 7.1-4) **< 세굴방호공 모식도 >**

9) 세굴방호공 설계시 기초가 위치하는 지반특성을 고려하여야 하며, 기초가 토사지반에 위치한 경우(말뚝기초)에는 상기의 8)항을 적용할 수 있다.

10) 하상이 토사지반이 아닌 연·경암 지반의 경우에는 기초 하면의 세굴은 발생치 않으므로 세굴방호공은 불필요하나, 장기적인 국부 세굴을 고려하여 기초를 암반에 0.3m 근입시키고, 암반 되메우기 부분은 콘크리트를 타설(3종, h=0.3m)한다. 기초 되메우기 부분에 약간의 토사층이 있는 경우에는 원지반이 흐트러진 상태가 되므로 유수에 저항할 수 있도록 사석채움으로 대체한다. (참조(교량 세굴의 예측과 대책 P181, 대한토목학회 2004.10) ; 기초 하단부를 세굴에 저항이 큰 암반 바로 위에 위치시키면 세굴에 안전한 기초임)

11) 세굴방호공 계획시 가급적 교각을 중심으로 하천 종방향(특히 교각 하류부)을 횡방향보다 길게 하여야 한다.

나. 교량기초 보강공

1) 준설등 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

다. 기초 및 지하시설물 보호공

1) 시설물 계획 깊이 결정

가) 기초 및 지하시설물 계획시, 경험적으로 아래와 같은 하상변동이 예상되는 위치에 대해서는 세굴위험성 평가 후 세굴에 대한 위험성이 예측되면 그에 대한 대책을 마련하여야 한다.

- 하천의 수충부, 만곡부에 원심력에 의해 세굴발생
- 낙차공 하단부, 낙차수두에 의한 하상저하
- 교량등의 구조물과 인접한 구간, 교각등에 의한 국부세굴 발생
- 협착부 및 호안 비탈면 끝단, 수축세굴 발생

나) 시설물 계획 깊이는 하도계획에 의해 미리 결정된 계획하상에 홍수시 일시적 세굴 깊이를 고려하여 결정한다. 한편 현 하상이 계획하상고 보다 낮을 경우에는 현재의 하상에 일시적 세굴을 고려하여 결정할 수 있다.

다) 계획하상이 정해져 있지 않을 때나, 장래 하상고 예측 결과와 현 하상과 비교 후 근입 깊이를 결정하여야 한다.

라) 하천을 횡단하는 암거, 잠관, 하수관 등은 세굴에 따른 구조물의 보호와 지하수에 의한 부상(浮上)방지 등을 고려하여 계획하상고 보다 1.5m 이상 깊게 매설하는 것이 바람직하다.

다만, 장래 하상 등을 고려하여 매설깊이을 조정할 수 있다.

한편 서울지방청의 '하천점용허가 업무처리지침서'의 참고자료인 '허가유형별 중점검토사항(Page 104)'에는 (현)지반고 기준 2m 이상으로 되어 있으며, '하수도시설기준'에서 하수관

거 본선은 3m(공사시행으로 인한 부득이한 경우는 1m) 이상으로 할 것으로 제시 되었는 바, 관할 허가기관의 자체적인 관리기준을 고려하여 계획하여야 한다.

< 하상재료 및 유속에 따른 홍수시 일시적 세굴깊이 기준 >

(표 7.1-1)

하상재료	홍수시 유속별 일시적 세굴깊이(m)			비고
	3m/s 초과	2 ~ 3m/s	2m/s 미만	
조약돌 이상의 입경(100㎜ < d < 150㎜)	1.0	0.5	-	
자갈 이상의 입경(20㎜ < d < 75㎜)	1.5	1	0.5	
잔자갈 정도의 입경(2㎜ < d < 15㎜)	-	1.5	1.0	

2) 시설물 보호공 설치 시 고려사항

가) 시설물 보호공의 상단 높이는 세굴에 안전하도록 계획하상고에 일치 시킨다

나) 시설물 보호공의 설치 범위는 '제2편 치수시설 제3장 호안'의 하천규모별 호안의 밑다짐 설치기준 규모를 준용한다.

다) 하상변동이 심한 하천의 경우 보호공 보다는 근본적 원인별로 안전성을 검토하여 적정공법을 적용한다.

7.2 수량산출요령

7.2.1 수량산출내역

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		
1.3	기초 및 지하시설물 보호				

7.2.2 일반사항

1) 교량 및 관련 부대시설공에 관한 수량산출내역은 '국도건설공사 설계실무 요령'에 준한다.

2) 기초 및 지하시설물 보호에 관한 수량산출내역은 '제2편 치수시설 제3장 호안공'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.

7.2.3 사석

1) 사석품질기준은 하천공사 표준시방서를 참고한다

가) 비중 2.5 이상, 최소안전 중량 300N 이상을 적용하여야 한다.

나) 제주 현무암과 퇴적암류인 사암, 역암, 이암, 혈암, 석회암, 용회암 등을 제외한 암석 사용

다) 물리적 풍화를 고려할 때 연암이상(일축압축강도 50MPa이상)의 비 풍화암을 사용

2) 사석부설을 ㎥ 단위로 계산하고 세굴방지용 블럭은 ea 단위로 계산한다.

7.3 단가산출 요령

1) 교량 및 관련 부대시설공에 관련한 단가산출 기준은 ‘국도건설공사 설계실무 요령, Ⅱ.공종별설계 4장 교량공’에 준한다.

2) 기초 및 지하시설물 보호에 관한 단가산출 기준은 ‘제2편 치수시설 제3장 호안’에 준한다.

CONTENTS

제6편 구조 및 지반설계

제1장 구조물 설계

제1장 구조물 설계

1.1 설계요령

1.1.1 일반사항

가. 적용범위

본 장은 하천에 설치되는 배수구조물, 하상유지시설, 보, 기타시설 등의 하천구조물설계에 적용한다.

나. 적용 기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 10 00, 51 40 00, 51 60 00, 51 90 00)(2016, 국토교통부)

3) 콘크리트구조 기준(2012, 한국콘크리트학회)

4) 콘크리트 표준시방서(2005, 국토해양부)

5) 도로설계요령(2009, 한국도로공사)

6) 도로 설계기준(2012, 국토해양부)

7) 도로교 설계기준(2015, 국토교통부)

8) 도로공사 설계적용기준(2000. 8, 건설교통부)

9) 도로설계편람(2008, 국토해양부)

10) 구조물기초설계기준(2008, 국토해양부)

11) 국도건설공사 설계실무 요령(2016, 국토교통부)

12) 농어촌도로의 구조 · 시설기준에 관한 규칙(행자부)

다. 참고문헌

1) 하천시설물 표준도 개정(2016, 국토교통부)

1.1.2 구조설계기준

가. 구조설계 방법

구조물은 그 목적에 적합하고 안전하며 또한 경제적인 것이라야 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.

1) 허용응력 설계법(W.S.D) : 구조물을 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을

사용하여 설계하는 방법으로 강재 가시설물 등에 적용하는 설계법

2) 강도설계법(U.S.D) : 설계하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 콘크리트 압력분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중계수를 갖고 설계하는 방법으로 콘크리트 구조물의 부재는 이 규정에 따라 설계하는 것을 원칙으로 하는 설계법

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 설계법

나. 주요 재료 사용기준

1) 콘크리트

< 구조물 콘크리트 강도기준 >

(표 1.1-1)

설계기준강도 (MPa)	적용대상 구조물
24	배수통문(구체, 날개벽, 차수벽, 조작대, 관리교),옹벽, 낙차공, 보, 대공, 배수통관(날개벽) 등 주요구조물
21	배수통관(기초, 차수벽, Surround) 반중력식옹벽, 도로포장(천단, 부체), 배수로, 맨홀, 집수정 등 간단구조물
18	중력식 옹벽, 세굴방지 기초콘크리트, 버림 콘크리트 등 무근구조물

주) 1. 상기 기준은 지역특성을 감안하여 구조계산 및 장비사용 등의 특성에 따라 조정 적용할 수 있다.
2. 교량부분에 대한 강도기준은 구조계산에 의한 적정강도를 반영한다.
3. 구조계산 및 장비사용에 따라 골재치수와 슬럼프치는 변경 될 수 있으며, 슬럼프치는 펌프카타설시 15, 인력타설시 8, 슬리폼페이퍼장비 사용시 별도 슬럼프치로 적용 할 수 있다.

2) 철 근 (KSD 3504에 적합한 재료를 기준)

< 철근 항복강도 및 콘크리트 강도 >

(표 1.1-2)

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.

3) 강 재

가) 강재의 허용응력(MPa)

< 강재의 허용응력 >

(표 1.1-3)

강 종	SS400, SM400, SMA400	SM490	비 고
축방향 인장 및 휨 인장	140	190	주) 강재 판두께 40 mm 이하인 경우이며 그 이상은 도로교 설계기준을 참조할 것
축방향 압축	• $\frac{\ell}{r} \le 18.6 : 140$ • $18.6 < \frac{\ell}{r} \le 92.8$ $: 140 - 0.82\left(\frac{\ell}{r} - 18.6\right)$ • $92.8 < \frac{\ell}{r}$ $: \frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{\ell}{r}\right)^2}$	• $\frac{\ell}{r} \le 16 : 190$ • $16 < \frac{\ell}{r} \le 80.1$ $: 190 - 1.29\left(\frac{\ell}{r} - 16\right)$ • $80.1 < \frac{\ell}{r}$ $: \frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{\ell}{r}\right)^2}$	• ℓ(mm) : 부재의 유효좌굴길이 • r(mm) : 부재 총단면의 단면회전반경
휨 압축	• $\frac{\ell}{b} \le 4.6 : 140$ • $4.6 < \frac{\ell}{b} \le 30$ $: 140 - 2.49\left(\frac{\ell}{b} - 4.6\right)$	• $\frac{\ell}{b} \le 4.0 : 190$ • $4.0 < \frac{\ell}{b} \le 30$ $: 190 - 3.91\left(\frac{\ell}{b} - 4.0\right)$	* $\frac{A_w}{A_c} \le 2$인 경우이며 이외의 경우는 도로교 설계기준을 참조할 것 • ℓ(mm) : 압축플랜지의 고정점간 거리 • b(mm) : 압축플랜지폭
전단응력	80	110	
지압응력	210	280	

주) 상기기준 이외의 강종에 대해서는 도로교 설계기준에 따른다.

나) 탄성계수 : $E_s = 210,000\,MPa$

다. 하 중

1) 구조물의 설계에는 시공 및 구조물 사용기간 중에 작용이 예측 되는 모든 하중을 고려하고 극한상태에 따라 적절한 조합을 고려하여야 한다.

2) 설계하중은 사용하중에 하중계수를 곱하여 정한다.

3) 설계강도는 부재의 공칭강도에 강도감소계수를 곱하여 얻는다.

4) 특별한 경우 허용응력법으로 설계할 경우에는 하중계수나 강도감소계수를 적용하지 않는다.

1) 고정하중

가) 재료의 단위중량

고정하중 산출에 사용되는 재료의 단위중량은 다음 표를 사용하고 실중량이 명백한 것은 그 값을 사용한다.

< 고정하중 재료의 단위중량 >

(표 1.1-4)

재 료	단위중량(kN/㎥)	재 료	단위중량(kN/㎥)
강재,주강,단강	78.50	목 재	8.00
주 철	72.50	역청제(방수용)	11.00
알루미늄	28.00	아스팔트 포장	23.00
철근 콘크리트	25.00	석 재	26.00
P.S 콘크리트	25.00	자 갈	17.00
무근 콘크리트	23.00	모 래	16.00
시멘트 몰탈	21.50	해 수	10.30
벽 돌 쌓 기	26.00	물	10.00

나) 흙의 단위중량

< 흙의 단위중량 >

(표 1.1-5)

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

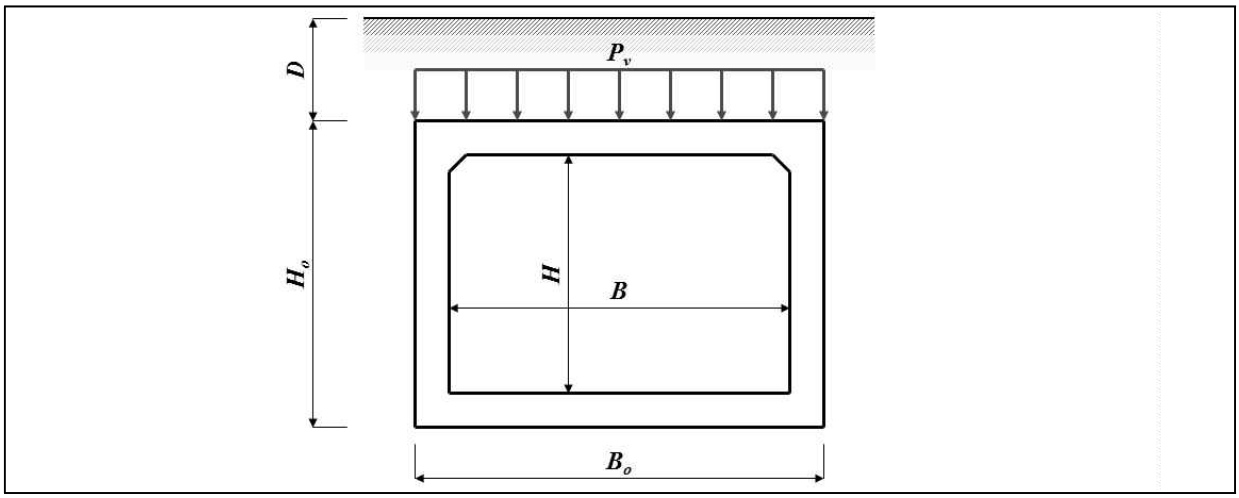
주) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위중량은 표의 값에서 각각 10을 뺀 값으로 한다.

2) 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 적용하였다.

암거의 상면에 작용하는 토피하중은 다음 식을 근거로 산출한다.



(그림 1.1-1) **< 토피하중 >**

$P_v = \alpha \cdot \gamma_t \cdot D$

여기서, P_v : 토피하중(kN/m^2)

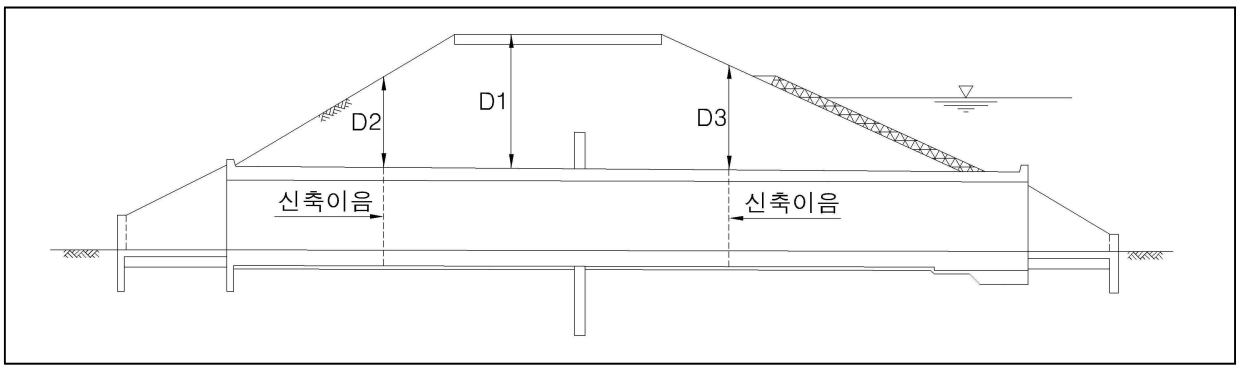
α : 암거 근입 특성에 따른 계수($\alpha = 1 + 0.2(D/B_o) \leq 1.15$)

※ 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 산정해야 한다. 신축이음에 의하여 인접암거는 구조적으로 분리구조가 되므로 산정된 토피하중(D1, D2, D3)으로 각각의 암거를 구조 검토하여 경제적인 설계가 되도록 하여야 한다. 이때 암거상부 비탈면은 사면경사에 의해 안정되어 있으므로 인접토피의 영향은 고려하지 않아도 된다.



(그림 1.1-2) **< 암거 횡단면도 >**

3) 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 적용해야 한다.

가) 지상구조물

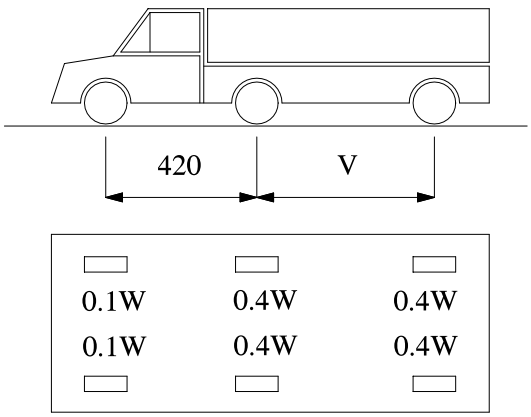
토피두께가 1m 미만인 경우에는 차륜 집중하중이 배수통문 암거의 상부 슬래브에 분포하중으로 작용하기에는 토피두께가 너무 적으므로 차륜하중을 직접 재하하여 별도 검토를 수행하여야 한다. 배수통문 암거에 적용할 노면활하중 값의 기준은 토피고 3m 이상이면 활하중 등급 차이에 대한 영향이 적고, 향후 차량통행 그리고 유지보수 차량통행을 감안하여 DB-24를 기준으로 한다.

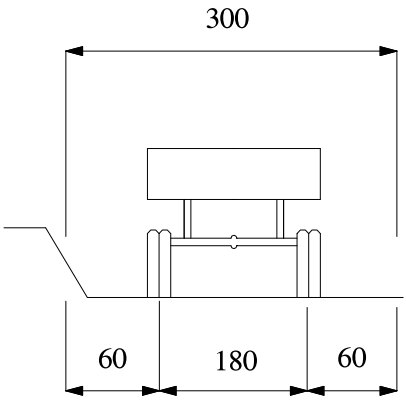
배수통문 암거 상면에 작용하는 활하중에 의한 연직하중은 다음 식으로 계산한다.

< 하중등급별 자동차 하중조건 >

(표 1.1-6)

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

- Bo ≤ W_ℓ인 경우

$$P_{v\ell} = \frac{2P_r(1+i)}{B \cdot W_1} = \frac{P_r(1+i)}{1.5(0.2+2H)} (kN/m^2)$$

- Bo > W_ℓ인 경우

$$P_{v\ell} = \frac{2P_r(1+i)(B_o - D - 0.1)}{{B_o}^2} (kN/m^2)$$

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 : $P_r = 96\,kN$)

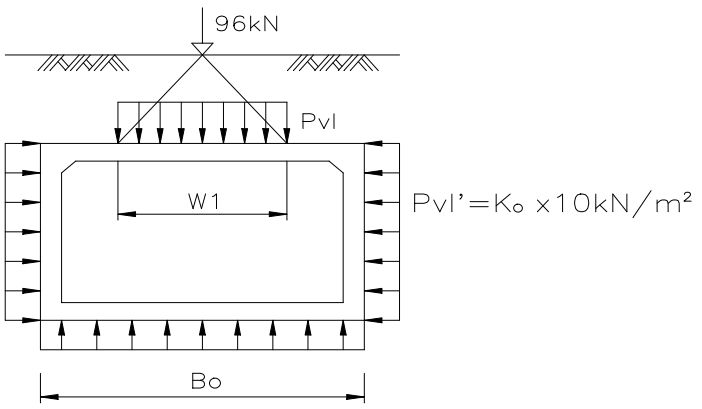
i : 충격계수

충격계수 i의 값은 <표>의 값으로 한다.

< 토피두께와 충격계수 관계 >

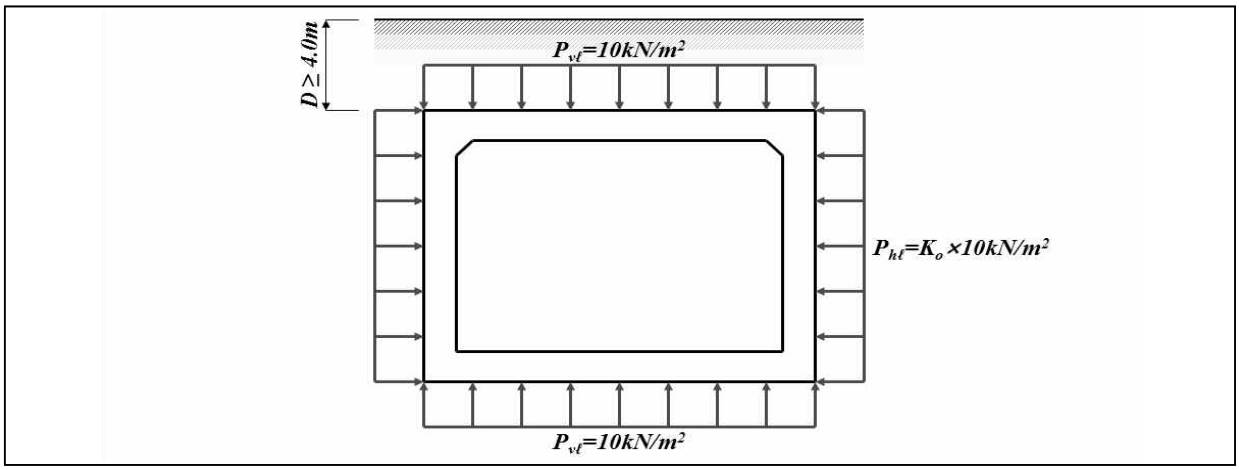
(표 1.1-7)

토피두께(D)	$0.15\,m \le D \le 1.0\,m$	$1.0\,m < D \le 2.0\,m$	$2.0\,m < D \le 3.0\,m$	$3.0\,m < D$
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 $10\,kN/m^2$ 이하가 되지만, 제방둑마루 활하중의 최소크기는 $10\,kN/m^2$의 하중을 고려한다.



(그림 1.1-3) **< 토피두께 4.0m 이상인 경우의 활하중 >**

활하중의 영향에 의한 수평토압의 산출은 토피두께에 관계없이 일정하게 상재하중(q)을 10 kN/m^2으로 재하하여 산출한다.

다) 군집하중

군집하중은 5 × 10^{-3} MPa의 등분포하중을 적용하고 충격은 고려하지 않는다.

4) 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 작용하는경우 및 전설계토압의 1/2이 작용하는 경우 중에서 불리한 경우의 단면적에 대하여 설계하는 것으로 한다.

(3) 정지토압의 계산은 다음 식에 의한다.

$$P_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z + K_0 \cdot q$$

여기서,

γ : 흙의 단위중량(kN/㎥)

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 안정계산시에는 Rankine 토압공식을 사용한다.

(3) 다음은 Coulomb의 주동 토압공식이다.

- 사질토 : $P_a = K_A \cdot \gamma \cdot z + K_A \cdot q$

- 점성토 : $P_a = K_A \cdot \gamma \cdot z - 2c\sqrt{K_A} + K_A \cdot q$

여기서,

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \Theta)}{\cos^2\Theta\cos(\Theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \alpha)}{\cos(\Theta + \delta)\cos(\Theta - \alpha)}}\right]^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\phi + \Theta)}{\cos^2\Theta\cos(\Theta + \delta)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta)\sin(\phi + \alpha)}{\cos(\Theta + \delta)\cos(\Theta - \alpha)}}\right]^2}$$

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)

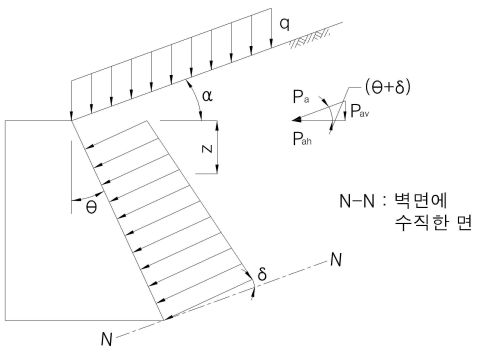
ϕ : 흙의 전단 저항각

α : 지표면과 수평면이 이루는 각

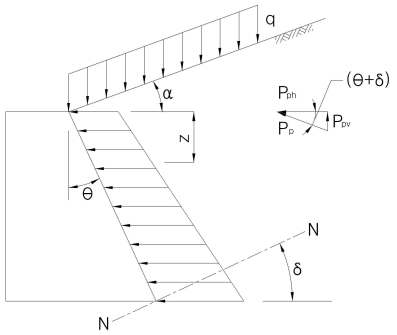
Θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각

δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각

- 주동토압의 경우



- 수동토압의 경우



여기서 사용하는 각도는 반시계 방향을 +로 한다.

다) 흙의 내부 마찰각과 토압작용면의 벽면 마찰각

(1) 흙의 내부마찰각은 토질시험치를 사용하고, 시험을 하지 않았을 경우는 토질 공학적 근거에 입각한 관계식이나 일반적 시험치를 사용한다.

- 사질토의 경우 : $\phi = 25 + 3.2\sqrt{\frac{100N}{70+Pv}}$

여기서,

Φ : 흙의 내부마찰각

N : 표준관입시험치

Pv : 표준관입시험치를 측정할 때의 유효토압(kPa)

(2) 토압작용면의 벽면마찰각(δ)(도로교 설계기준・해설 5.4.3)

< 토압작용면의 벽면마찰각 >

(표 1.1-8)

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(°)

5) 수 압

지하수에 의한 수압계산은 정수압을 기준으로 다음 식에 의한다.

$$F = \gamma_w \cdot h$$

여기서, F : 수압(kPa)

γ_w : 물의 단위중량(kN/㎥)

h : 지하수의 깊이(m)

정수압 산정에 적용하는 지하수위는 실조사수위를 원칙으로 하되 수위의 계절적 변동폭을 감안하여 설계책임자의 판단하에 설계수위를 결정한다.

6) 지진하중

구조물이 단순하고 기본 고유주기가 3초 미만일 경우 지진력은 등가의 정적수평력으로 하며 구조물의 중심에 작용시킨다.

$$E = K_h \cdot D$$

$$K_h = 2.5 \cdot C_a \cdot I \quad \text{(지중구조물의 내진설계 - 한국지진공학회)}$$

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.

하천시설물별 내진설계는 '제6편 기타검토 제3장 하천내진설계' 에 따른다.

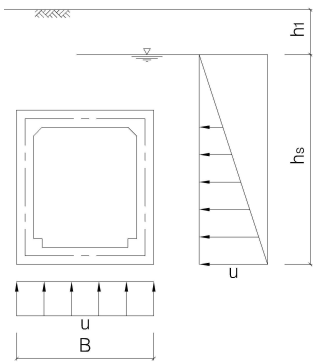
7) 양압력

가) 암거 설계시 양압력에 대한 안정성 여부를 검토하여야 한다.

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 감안 하여 설계책임자의 판단하에 설계수위를 결정한다.

양압력(U)은 구조물 바닥폭(B) 전면에 수압(u)을 균등하게 적용시킨다.



라) 양압력 : $U = \gamma_w \cdot h_s \cdot B$ $(u = \gamma_w \cdot h_s)$

마) 저항력

양압력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체 자중 및 상재하중과 흙과 흙의 주변마찰력의 총합으로 하며 다음과 같이 구할 수 있다.

R(저항력) = W1(구체자중) + W2(상재고정하중) + F(주변마찰력)

여기서,

$F = F_1 + F_2 = K_1 \cdot P_1 \cdot A_1 \cdot \tan\phi + K_2 \cdot P_2 \cdot A_2 \cdot \tan\delta$

F : 흙과 흙과의 주변마찰력

F_1: 상재토의 마찰력

F_2: 벽체와 뒷채움토 사이의 최소마찰각

K_1, K_2: 횡토압 계수(정지토압(Ko=$1-\sin\phi$))

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)

바) 안정검토

양압력에 대한 안전율(Fs)은 다음식을 만족하여야 한다.(도로교설계기준해설2.1.10)

안전율 Fs = R(저항력) / U(양압력)

Fs ≧ 1.2

양압력에 대한 안전율 부족시에는 별도의 필요한 조치를 하여야 한다.

공사중 부력에 대한 안정여부 검토시에는 공사단계별 조건중 가장 위험한 조건으로 검토하여야하며 안전율은 1.1 이상으로 하고 실조사수위로 적용 할 수 있다.

8) 유수압

유수압은 유수방향에 대한 기둥의 연직투영 면적에 작용하는 수평하중으로 하고, 작용위치는 하저면에서 0.6H로 한다.

기둥에 작용하는 유수압은 다음과 같다.(도로교설계기준해설2.1.9)

$P_f = 10 \cdot k \cdot v^2 \cdot A$

여기서, P_f : 유수압(kN)

k : 기둥 형상에 따라 정해지는 계수(사각기둥 k=0.07)

v : 최대유속(m/s)

하천 상황(홍수량, 하천경사등)에 따라 변하여 일정하게 정할 수 없으나, 하천시설물 표준화작업을 위해 5m/s로 적용

A : 문기둥의 연직투영면적(m^2)

9) 유목 등의 충돌하중

유목 및 기타의 유송물이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌력을 고려하고, 작용 높이는 수면으로 한다.

$P_{co} = 0.1 \cdot w \cdot v$ 식(3-11)

여기서, P_{co} : 충돌력(kN)

w : 유송물의 중량(kN)

하천 상황(주변여건, 가건물등)에 따라 변하여 일정하게 정할 수 없으나, 하천시설물 표준화작업을 위해 유송물의 중량은 컨테이너 20ft 규모의 중량(약 23kN)을 적용

v : 표면유속(m/s)

10) 풍하중

풍하중은 3 kN/m^2으로 한다.(도로교 설계기준・해설 2.1.11)

11) 건조수축의 영향

콘크리트 건조수축에 의한 영향은 콘크리트의 건조수축률 $\varepsilon_{sh} = 15 \times 10^{-5}$로 한다.

다만, 축방향 철근량이 부재 콘크리트 단면적의 0.5% 미만인 경우에는

$\varepsilon_{sh} = 20 \times 10^{-5}$로 한다.(도로교 설계기준・해설 2.1.7)

12) 온도변화의 영향(도로교 설계기준・해설 2.1.12)

가) 콘크리트의 온도변화 범위는 지역별 평균온도를 고려하여 정한다.

보통의 경우 온도의 승강은 각각 15 ℃로 한다.

다만, 단면의 최소치수가 700mm 이상인 경우에는 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.

13) 기타 하중

상기하중 이외의 하중을 고려할 필요가 있는 경우에는 상황에 따라 정한다.

라. 구조해석모델 및 경계조건

1) 구조해석 모델링(modeling)시 고려사항

가) 구조물의 축선은 부재단면의 도심축으로 한다. 이때 부재치수가 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 경우에는 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 5.5.7)

$$K_v = K_{vo}\left(\frac{B_v}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

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.

다만, 저면형상이 원형인 경우에는 지름으로 한다.

$$B_v = \sqrt{A_V}$$

A_v : 연직방향의 재하면적(㎡)

지반반력계수(kgf/㎠)로 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우 다음 식에 의한다.

$$K_{vo} = (1/0.3) \cdot a \cdot E_O$$

E_O : 다음 표에 표시한 방법으로 추정한 설계의 대상이 되는 위치에서의 지반의 변형계수(kN/㎡)

a : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수로서 다음 표에 주어져 있다.

< E_0 와 α 값 >

(표 1.1-9)

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(콘크리트 구조기준·해설 3.3.2)

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 실제적 상황을 고려하여 설계하여야 한다.

(1) $U = 1.4(D + F)$

(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) $U = 0.9(D + H_v) + 1.0E + (1.0H_h \text{ 또는 } 0.5H_h)$

다만, α_H는 연직방향하중 H_v에 대한 보정계수로서, $h \le 2m$에 대해서는 $\alpha_H = 1.0$이며, $h > 2m$에 대해서는 $\alpha_H = 1.05 - 0.025h \ge 0.875$이다.

여기서, U : 계수하중 또는 이에 의해서 생기는 단면에서 저항하여야할 소요강도
D : 고정하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
E : 지진하중 또는 그에 의해서 생기는 단면력
F : 유체의 밀도를 알 수 있고 저장유체의 높이를 조절할 수 있는 유체의 중량 및 압력에 의한 하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
H_h : 흙, 지하수 또는 기타 재료의 횡압력에 의한 수평방향하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
H_v : 흙, 지하수 또는 기타 재료의 자중에 의한 연직방향하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
L : 활하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
L_{+i} : 구조물에 충격의 영향이 있는 경우 활하중(L)을 충격효과(i)가 포함된(L+i)로 대체하여 하중조합을 하여야 한다.
L_r : 지붕활하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
T : 온도, 크리프, 건조수축 및 부등침하의 영향 등에 의해서 생기는 단면력
W : 풍하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
S : 적설하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
R : 강우하중 또는 이에 의해서 생기는 단면력
α_H : 토피두께의 연직방향하중 H_v에 대한 보정계수

나) 강도감소계수 (콘크리트 구조기준·해설 3.3.3)

부재나 단면의 설계강도는 강도설계법의 요구사항과 가정에 따라 계산되는 공칭강도에 강도감소계수 ϕ를 곱한 강도이고, 강도감소계수는 다음과 같다.

(1) 인장 및 압축지배단면

< 지배단면에 따른 강도감소계수 >

(표 1.1-10)

지배단면구분		순인장변형률조건	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 ($f_y > 400MPa$인 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(콘크리트 구조기준·해설 4.3.1)

철근 콘크리트 부재의 처짐은 부재의 최소 두께를 정하여 처짐을 간접적으로 규제한다.

보통골재로 만든 철근콘크리트 보 또는 1방향 슬래브와 같은 1방향 구조의 최소두께 또는 높이가 아래에 주어진 값보다 클 경우에는 처짐을 계산하지 않아도 된다.

< 처짐을 계산하지 않을 경우의 휨부재 최소두께 >

(표 1.1-11)

부 재	최소 두께 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 수정해야 한다.

(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 400MPa 이외인 경우는 계산된 h값에 (0.43 + fy/700)를 곱하여야 한다.

나) 균열(콘크리트 구조기준·해설 6.3.3)

(1) 콘크리트 구조기준(2012)에서는 균열 폭을 직접 산정하여 허용균열폭과 비교하는 대신 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(1-1)과 (1-2)에 의해 계산된 값 중에서 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$S = 375\left(\frac{k_{cr}}{f_s}\right) - 2.5C_c \quad \text{---------- 식(1-1)}$$

$$S = 300\left(\frac{k_{cr}}{f_s}\right) \quad \text{---------- 식(1-2)}$$

여기서, C_c : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 사이의 최소두께(mm)

f_s : 사용하중 상태에서 인장연단에서 가장 가까이에 위치한 철근의 응력(MPa)(근사 값으로 $\frac{2}{3}f_y$ 사용 가능)

k_{cr} : 건조환경에 노출된 경우 280,
그 외의 환경에 노출되는 경우 210

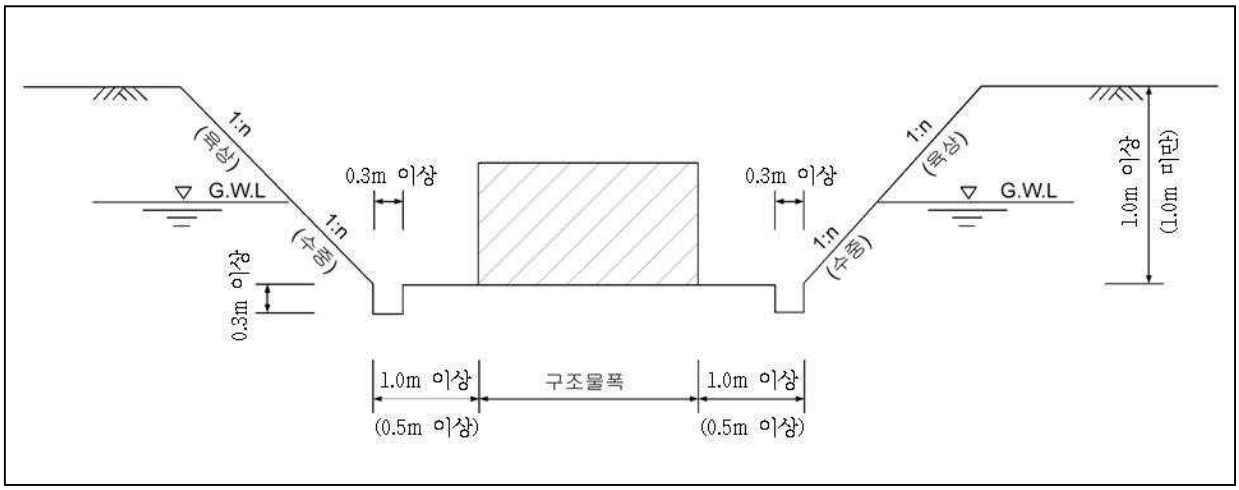
마. 기타사항

기타 구조 세목 등의 기준에 대해서는 콘크리트 구조기준 등 제 기준서에 따르며, 암거 등 시설물에 대한 설계예시 및 단면도는 하천시설물 표준도를 준용한다.

1.1.3 구조물 토공

가. 터파기

1) 터파기의 육상과 수중의 구분은 지하수위를 기준하며 지하수위 이하에 물푸기가 반영되는 경우는 용수터파기로 설계한다.
2) 육상터파기는 지반별 비탈경사는 (표 1.1-12)을 참고하되, 터파기 사면고가 3m 이상인 경우에는 사면안정 검토에 의한 최소안전율(Fs = 1.1) 이상의 비탈경사를 적용한다.
3) 터파기고가 높은 경우는 소단을 두어 사면의 안정성을 확보 할 수 있다.
4) 수중터파기는 사면의 sliding을 방지를 위한 비탈경사는 지층별 토성치를 고려한 사면안정 검토에 의해 결정한다.
5) 터파기시 수평 여유폭은 터파기고가 1m 이상이면 1m 이상, 1m 미만이면 0.5m 이상을 적용한다.
6) 지하수위 이하의 터파기는 지하수의 유집을 위하여 바닥면에 줄파기(pit)를 반영하여 구조물 설치시 양호한 작업여건을 제공하고 줄파기의 규격은 0.3m x 0.3m 이상을 적용한다.
7) 터파기시 하천수 유입을 방지하기 위한 가물막이는 저수위보다 50㎝ 높게 설치하고 유수에 의한 가물막이의 비탈면 침식방지를 위해 보호공을 설치할 수 있다.
8) 터파기시 유입수의 처리는 유입유량을 고려하여 물푸기를 계상할 수 있다.



(그림 1.1-4) **< 구조물 터파기 표준단면 >**

< 지반별 육상 터파기 비탈경사 >

(표 1.1-12)

지반의 종류	경 사	비 고
토 사	1 : 1.0	
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 실시후 발생한 토공의 토성치를 검토하여 적합성 여부를 판단하여 사용한다.

2) 구조물 뒷채움과 되메우기 재료 기준은 '제2편 치수시설, 제2장 제방, 2.1.8 축제재료' 참조 한다.

3) 되메우기 다짐기준은 '제2편 치수시설, 제2장 제방, 2.1.9 다짐'를 참조한다

4) 되메우기의 공정계획은 구조물의 양생기간을 고려하여 수립한다.

5) 구조물 상단고을 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 차이량으로 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 판단 될 경우는 별도의 사토처리계획을 수립한다.

제2장 하천지반설계

제2장 하천지반설계

2.1 설계요령

2.1.1 일반사항

가. 적용범위

본 장은 하천지반설계에 적용한다.

나. 적용 기준

1) 하천설계기준·해설 (2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 10 00, 51 40 00, 51 60 00, 51 90 00)(2016, 국토교통부)

3) 도로설계요령(2009, 한국도로공사)

4) 건설공사 비탈면설계기준(2011, 국토해양부)

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 배치 기준 >

(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 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

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 토질조사결과를 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		비 고
	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

2.1.3 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 '제5편 하천기타시설, 제1장 차수'에 의한다.

2.1.4 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 한계평

형, 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 안정 해석조건 >

(표 2.1-4)

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 2.1-5)

제체상태	간극수압 상태	안 전 율
연직붕괴(crack) 미고려 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. 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부), 2. 건설공사 비탈면설계기준(2011, 국토해양부)

< 교통(상재)하중 >

(표 2.1-6)

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

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2.1.5 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

가. 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.

< 연약지반의 판단기준 >

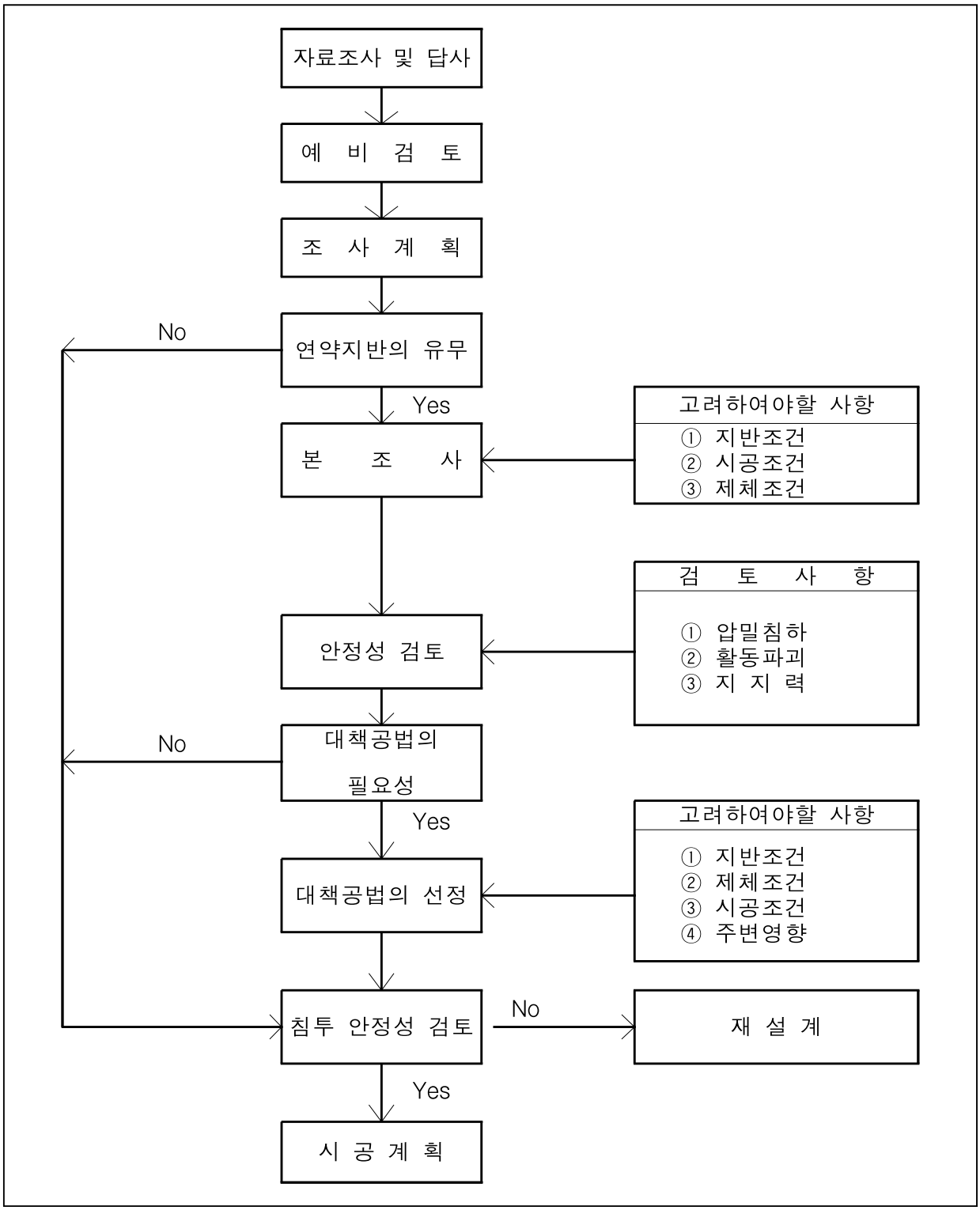
(표 2.1-7)

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 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

나. 연약지반 검토

연약지반검토는 일반토목공사와 동일한 방법으로 검토 후, 추가로 침투 안정성 검토를 실시한다.



(그림 2.1-1) **< 연약지반 설계흐름도 >**

다. 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 (제방 둑마루 기준) >

(표 2.1-8)

조 건		허용잔류 침하량(cm)	비 고
도로겸용 제방	포장공사 완료 후의 노면요철	총 침하기준 10.0	연약지반의 지질특성상 장기침하 발생 가능
하천제방	토제부	총 침하기준 30.0	압밀종료시 계획고 이상이 확보 가능할 것 교량 배수시설등 구조물은 타 시방서 기준 적용
	배수구조물 설치제방	총 침하기준 10.0	

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

라. 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.

마. 제방 흙쌓기 속도

연약지반에서 빈번한 급속성토에 의한 활동파괴를 방지하기 위하여, 적정공기를 확보하여야 한다. 흙쌓기 속도는 공사기간 및 제체안정에 영향을 끼치므로 (표2.1-9)의 기준치를 참조하여 설계한다.

< 표준적인 성토속도 >

(표 2.1-9)

지반의 종류	흙쌓기속도
두터운 점토지반 및 유기질토가 두껍게 퇴적된 이탄질 지반	30㎜/day
보통의 점토질 지반	50㎜/day
얇은 점토질 지반 및 유기질토가 거의 끼지 않은 얇은 이탄질지반	100㎜/day

주) 자료출처 : 도로설계요령(2권 토공 및 배수 2009년 한국도로공사)

바. 연약지반 대책공법의 적용 및 설계

일반토목공사와 동일하게 검토 후, 추가적으로 침투 안정성을 검토한다. 검토결과 누수에 대해 불안정한 경우 '제5편 하천기타시설, 제1장 차수' 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

사. 계측계획

일반적으로 연약지반에서의 설계는 지반의 불균일성이나, 조사 및 시험의 오차 등에 의한 불확실성이 포함되어 있다. 설계시 산정된 제체활동파괴 안전율이나 침하량 등은 설계지반

조사 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 2.1-11) 기준한 잠정적인 기준이므로, 시공시 계측을 진행하면서 발주처와 협의하여 합리적으로 조정하여야 한다.

< 계측기 종류 및 배치기준 >

(표 2.1-10)

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 2.1-11)

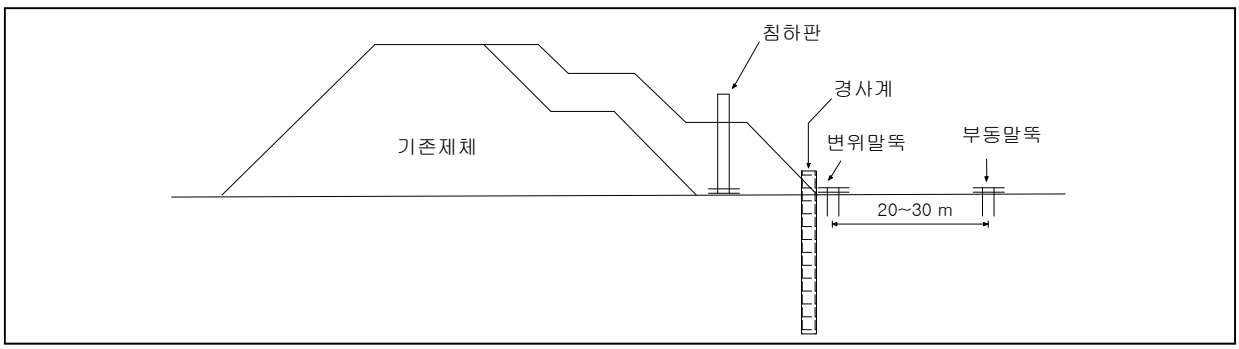
계 측 구 분	쌓기기간중	쌓 기 종 료 후		
		최초 1개월	1개월~3개월	3개월 이후
지표침하판(침하판단용)	1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월
지중 경사계(Inclinomter)	1회/1일	1회/3일	1회/1주	1회/1월
변위 말뚝	1회/3일	1회/1주	1회/2주	1회/1월

< 계측기별 계측결과 이용 >

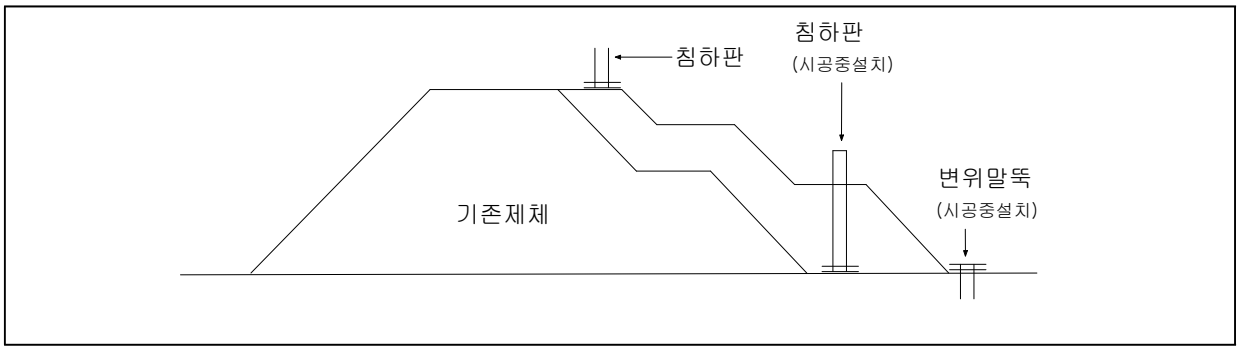
(표 2.1-12)

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 원지반의 수평변위 또는 융기현상 측정	

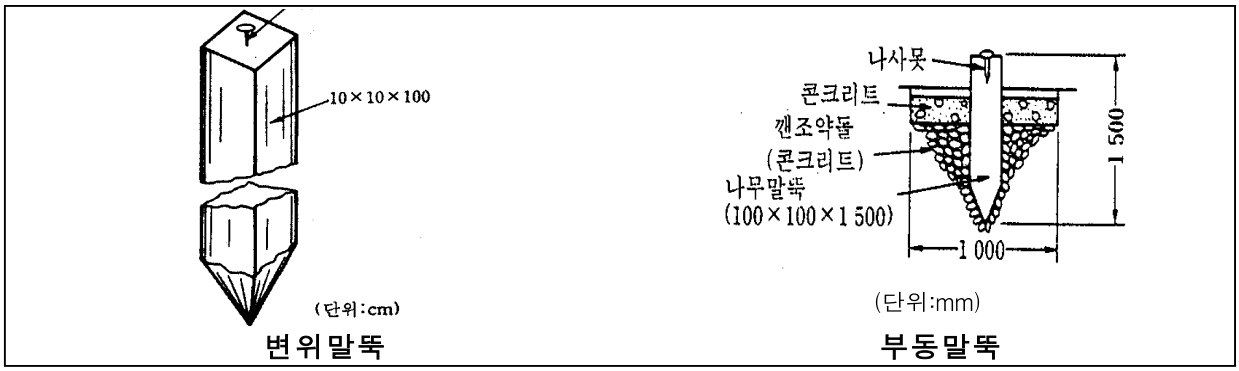
2) 계측기 배치단면 예시



(그림 2.1-2) **< 쌓기공사 중 계측 대표단면 배치(예시) >**



(그림 2.1-3) **< 쌓기 완료 후 계측 대표단면 배치(예시) >**



(그림 2.1-4) **< 변위·부동 말뚝 상세도 >**

아. 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)

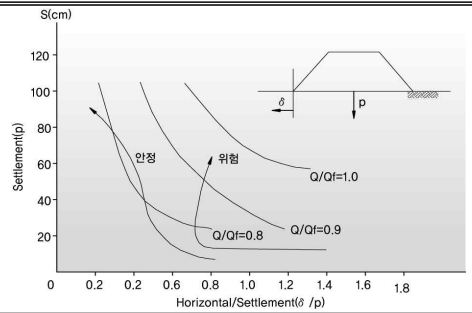
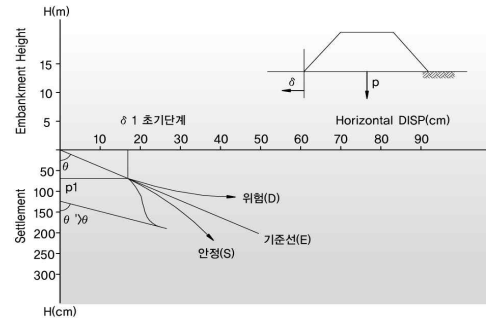
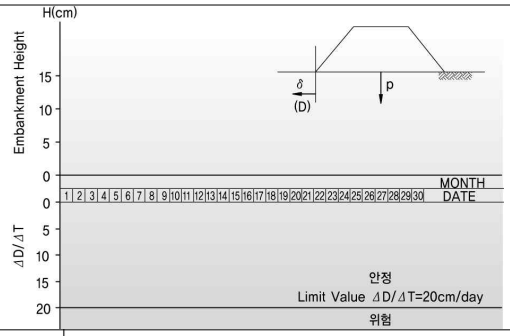
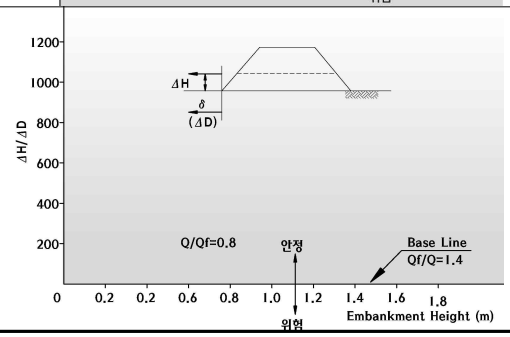
나) TOMINAGA-HASHIMOTO법(富永-橋本法)

다) KURIHARA법(栗原法)

라) Shibata-Sekiguchi 방법(紫田·關口의 방법, q-Δq/Δδ관리법)

< 안정관리 기법 >

(표 2.1-13)

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

자. 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.

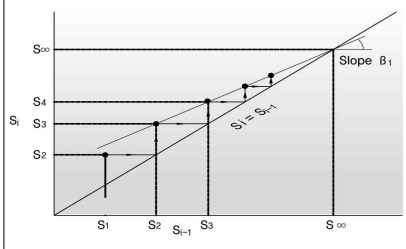
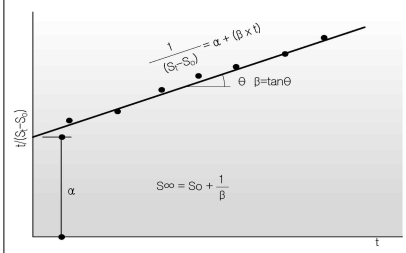
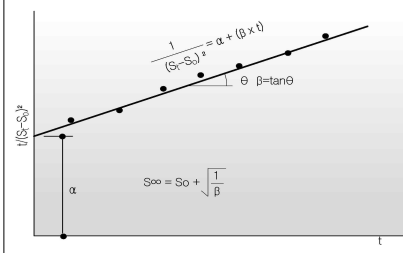
6) 부등침하량의 확인 및 그 대책 강구.

1) 최종침하량 예측

최종침하량을 예측은 쌍곡선법, Hoshino법 ($\sqrt{t}$ 법), Asaoka법 중 실제 현장조건과 유사하게 해석되는 방법을 선정하여 침하관리의 주해석법으로 사용한다.

< 침하관리 방법 >

(표 2.1-14)

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

2.1.6 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.

가. 제방에 설치되는 구조물의 설계 · 시공시 제외지 측으로부터 침투영향을 고려하여야 한다.

나. 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.

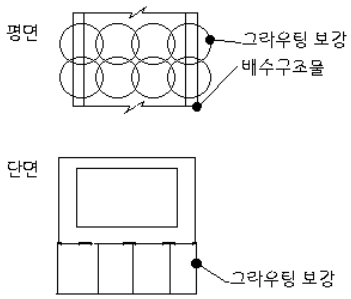
가. 얕은기초

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 2.1-15)

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.

나. 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 '제5편 하천기타시설, 제1장 차수'를 참조하여 차수보강을 반영한다.

제3장 하천내진설계

제3장 하천내진설계

3.1 설계요령

3.1.1 일반사항

가. 정 의

내진설계란 지진에 견딜 수 있는 구조물의 내구성을 확보하기 위한 설계를 의미한다.

나. 적용범위

본 장은 하천시설물의 내진설계에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 도로교 설계기준(2015, 국토교통부)

3) 도로교 설계기준 해설(2010 대한토목학회)

라. 참고문헌

1) 내진설계 기준연구Ⅰ,Ⅱ(1997, 건설교통부)

2) 내진설계편람(2000, 한국도로공사)

3) 국도설계실무 요령(2016, 국토교통부)

4) 내진설계기준 공통적용사항 공표(안)(2016, 국민안전처)

5) 하천제방설계지침(2000, 일본 건설성)

3.1.2 내진설계일반

1) 본 설계요령은 '내진설계 기준연구Ⅰ,Ⅱ(1997, 건설교통부)' 에서 제시된 내진성능기준 및 기타 연구결과 중 다음의 기본개념에 기초를 두고 있다.

가) 인명피해를 최소화 한다.

나) 지진시 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적으로 붕괴는 방지한다.

다) 지진시 가능한 한 시설물의 기본 기능은 발휘할 수 있게 한다.

라) 시설물의 정상 수명 기간 내에 설계지진력이 발생할 가능성은 희박하다.

마) 설계기준은 국내 전역에 적용한다.

바) 본 규정을 따르지 않더라도 창의력을 발휘하여 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.

2) 내진등급 및 내진성능목표

가) 내진등급

시설물의 내진등급은 내진특등급, 내진1등급, 내진2등급의 3가지로 분류되며, 분류기준은 구조물의 중요도, 인명피해여부 및 피해 규모정도를 기준으로 하며, 다음 표와 같이 정의된다.

< 내진등급별 시설분류 기준 >

(표 3.1-1)

구분	시설분류 기준
내진특등급	·파괴시 큰 재난을 초래할 수 있는 시설물 ·기능이 마비 될 경우 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 시설물
내진1등급	·사회 국가적으로 중요한 시설물
내진2등급	·일반 시설물

하천시설물의 경우 상위법인 '지진.화산 재해대책법 제14조' 및 '하천설계기준·해설(2009)'에 본류를 횡단하거나 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치된 수문에 대해서만 내진설계를 반영하도록 명시하고 있으며, 계획홍수량, 수문의 높이, 대피시킬 인원의 수 및 하류피해 등을 위험계수로 환산하여 총 위험계수를 기준으로 내진1, 2등급을 적용하도록 하고 있다.

수문 이외의 하천시설물에 대해서는 시설물의 중요도, 예상되는 피해와 파급정도, 지역지진의 발생 빈도 및 경제성 등을 고려하여 내진설계 및 내진등급을 발주기관과 협의하여 적용할 수 있으며 내진설계 적용 사유에 대하여 그 근거를 제시해야 한다.

나) 내진성능목표

지진발생시 성능을 명확히 보장하기 위하여 내진성능 수준에 근거한 설계법을 채택하고 있으며, 각 성능수준별 설계기본원칙은 다음과 같다.

< 성능수준별 설계기본원칙 >

(표 3.1-2)

구 분	내 용
기능수행 수준	설계지진 시 탄성거동 또는 탄성에 준하는 거동을 하여 하천시설물의 기능이 상실되지 않아야 한다.
붕괴방지 수준	설계지진 시 구조물을 구성하고 있는 주요부재의 과도한 소성변형, 지반의 액상화, 기초의 지지력 손실로 인한 지반파괴, 기초의 심각한 부등침하 등으로 하천시설물 전체 또는 일부가 붕괴되지 않아야 하고 보수도 가능해야 한다.

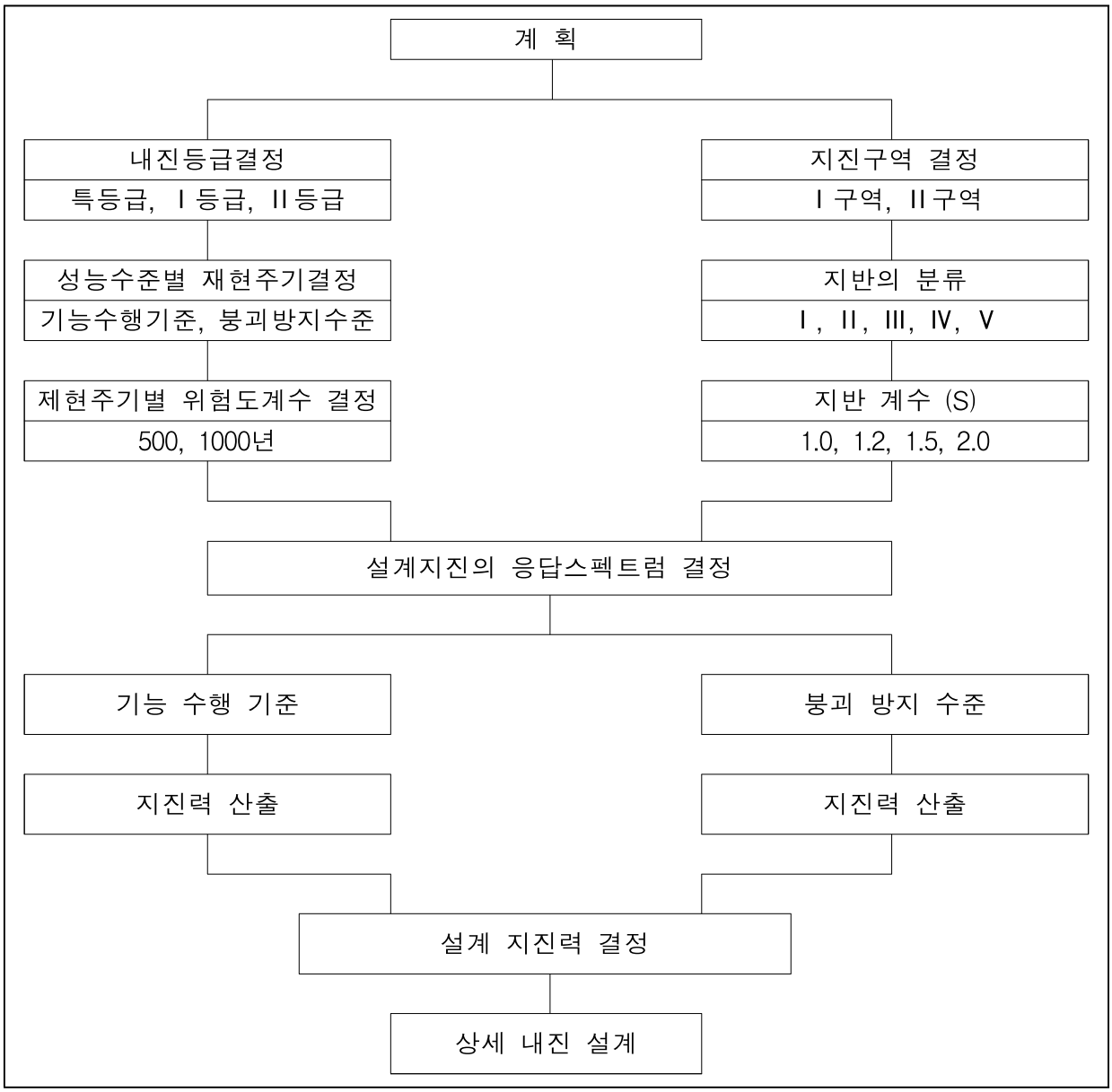
설계지반운동의 결정은 하천시설물이 지질학적으로 지진지반운동이 활발한 지역에 위치하는 등 지진의 영향을 특별히 고려해야 할 경우 내진등급을 상향 할 수 있다.

< 내진등급별 재현주기 >

(표 3.1-3)

	성능수준 / 재현주기	기능수행 수준	붕괴방지 수준
설계지진	50년(5년내 초과확률 10%)	내진2등급(일반시설물)	
	100년(10년내 초과확률 10%)	내진1등급(중요시설물)	
	200년(20년내 초과확률 10%)	내진특등급(핵심시설물)	
	500년(50년내 초과확률 10%)		내진2등급(일반시설물)
	1,000년(100년내 초과확률 10%)		내진1등급(중요시설물)
	2,400년(250년내 초과확률 10%)		내진특등급(핵심시설물)

3) 내진설계 흐름도 예시(교량)



(그림 3.1-1) **< 내진설계 흐름도(예시) >**

4) 가속도 계수 결정

지진가속도 계수 A = 위험도 계수 ×지진구역 계수

< 지진구역 구분 >

(표 3.1-4)

지진구역	행 정 구 역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별시
	도	경기도, 강원도 남부(1), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도
II	시	강원도 북부(3), 제주도

주) 1. 강원도 남부 (군, 시) : 영월군, 정선군, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
2. 강원도 북부 (군, 시) : 홍천군, 철원군, 화천군, 횡성군, 평창군, 양구군, 인제군, 고성군, 양양군, 춘천시, 속초시
3. 행정구역의 경계를 통과하는 하천시설물의 경우에는 구역계수가 큰 값을 적용한다.

< 지진구역 계수 (재현주기 500년에 해당) >

(표 3.1-5)

지 진 구 역	I	II
구 역 계 수	0.11	0.07

< 위 험 도 계 수 >

(표 3.1-6)

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도 계수, I	0.40	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0

< 하천시설 내진등급과 설계지진 >

(표 3.1-7)

하천시설	내진등급	설계기준		
		지진 가속도	지 진 재현주기	리히터 규모
수문 (서해갑문, 아라서해갑문, 아라한강갑문, 낙동강하구둑)	I	0.154g	1,000년	6.3
다기능보	I	0.154g	1,000년	6.3
	II	0.11g	500년	6.1
제방(국가하천)	현행 설계기준 대상은 아니나, 필요에 따라 검토			
통문, 통관				

주) 자료출처 : 하천설계기준(2009, 국토해양부)

5) 지반계수

지반의 영향은 교량의 지진하중을 결정하는데 고려되어야 한다. 표에 명시된 지반계수 S는 지반의 분류에 정의된 지반종류에 근거를 두었다.

< 지반계수 >

(표 3.1-8)

지반 계수	지 반 종 류			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
S	1.0	1.2	1.5	2.0

< 지반의 분류 >

(표 3.1-9)

지반 종류	지반 계수	지반종류의 호칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값		
			전단파 속도 (m/s)	표준관입시험 (N치(1))	비 배 수 전단강도(kPa)
Ⅰ	1.0	경암지반 보통암지반	760 이상	-	-
Ⅱ	1.2	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
Ⅲ	1.5	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
Ⅳ	2.0	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50
Ⅴ	-	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주) 비점착성 토층만을 고려한 평균 N치

6) 탄성 지진 응답계수(m번째 진동모드)

탄성 지진 응답 계수 $C_{sm} = \frac{1.2AS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5A \quad (T_m \leq 4\text{sec})$

$$C_{sm} = \frac{3AS}{T_m^{4/3}} \leq 2.5A \quad (T_m > 4 \text{ sec})$$

(중력가속도 g에 대한 무차원계수)

여기서, A : 지진 가속도 계수

S : 지반 특성에 대한 무차원 계수

T : 고유치 해석 또는 다른 적합한 방법에 의하여 결정된 교량의 주기

7) 내진해석방법

구조물에 개략적인 내진해석방법은 다음과 같다.

< 개략적인 내진해석방법 >

(표 3.1-10)

해 석 방 법		주 요 특 성
응답 스펙트럼 해석법	단일 모드 해석법	•구조물의 형상이 단순하여 기본모드가 구조물의 동적거동을 대표할 수 있는 경우 •구조물의 기본 주기로부터 탄성 지진력 및 변위를 예측 •동역학에 대한 깊은 지식이 없어도 쉽게 적용 가능한 간략한 해석법이며 수계산이 가능 •형상이 단순한 시설물에 적용 가능 •일반적으로 다른 해석법에 비해 응답값이 크게 산정됨 •구조물의 형상이 복잡하여 기본모드 이외의 모드들에 의한 영향이 큰 경우는 적용이 어려움
	다중 모드 해석법	•기본모드 이외의 모드들이 구조물의 동적거동에 대한 기여도가 큰 경우에 사용 •여러개의 진동모드가 구조물 전체의 거동에 기여 •선형해석프로그램을 이용하여 해석 •일반적으로 중간정도 지간의 연속교에 적용하며 해석모델을 잘 선택할 경우, 장대교와 특수교량에도 적용 가능 •시간이력해석법에 비해 시간과 노력을 적게 들이고도 정밀한 해석결과를 얻을 수 있음 •기하학적인 형상이 복잡하여 직교좌표축으로 모드를 분리하기 힘든 시설물에 대해서는 적절한 응답값을 기대하기 어려움
시간이력 해석법		•하중의 지속기간이 짧을 경우 •모드간의 구분이 명확하지 않아 Coupling 모드가 나타나기 쉬운 경우 •높은 안전성이 요구되어 비선형 해석을 필요로 하는 경우 •입력 데이터로 실측된 지진파형이나 인공파형이 필요 •선형 혹은 비선형 해석 프로그램을 이용하여 해석 •응답해석에 필요한 모드의 갯수가 많을 경우 효과적(모드중첩법) •동적 비선형 해석 가능(직접분석법) •예상되는 지반운동을 정확히 예측하기가 어렵기 때문에 기존의 지진기록이나 합성된 지진기록을 사용하여야 하므로 해석 및 결과분석에 많은 시간과 노력이 필요
유사정적해석		•한계평형해석에서 파괴토체의 중심에 지진계수를 적용한 등가의 지진관성력을 수평방향으로 정적인 방법과 동일한 방법으로 해석

8) 지반운동에 대한 고려사항

가) 일반적으로 수평2축 방향과 수직 방향에 관한 지반운동의 영향이 고려되어야 한다.

나) 지반운동의 공간적 변화특성이 고려되어야 한다.

다) 국지적인 토질조건, 지형조건이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

9) 지진을 고려한 하천시설물의 입지조건의 설정

가) 활성단층에 극히 인접한 지역이나 활성단층이 지나가는 지역에는 내진1등급 하천시설물의 건설은 피한다.

나) 액상화 가능성이 현저한 곳은 가급적 피하고 부득이한 경우에는 지반을 개량하여 액상화 발생 가능성을 저하시켜야 한다.

10) 내진 설계시 하중에 대한 고려사항

가) 지진시 하천시설물에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때에는 시공절차와 방법에 따른 응력, 자중, 온도하중, 크리프 등의 영향이 적절히 고려되어야 한다.

나) 지진시에는 유체의 동수압 뿐아니라 파랑고의 영향도 고려하여야 한다.

3.1.3 하천시설물 내진설계

가. 수 문

1) 수문의 내진등급은 위험계수에 의하여 분류한다.

2) 내진 1등급은 총 위험계수가 10보다 큰 하천횡단 수문

3) 내진 2등급은 총 위험계수가 10이하인 하천횡단 수문

4) 총 위험계수가 4이하인 하천횡단 수문에 대하여는 발주기관과 협의하여 내진설계를 하지 않을 수 있다.

5) 수문이 지질학적으로 지진지반운동이 활발한 지역에 위치하는 등 지진의 영향을 특별히 고려해야할 경우 위험계수와는 별도로 내진등급을 상향 조정할 수 있다.

< 위험인자와 위험계수 >

(표 3.1-11)

위험인자	높음	중간	낮음
계획홍수량(㎥/s) (위험계수)	20,000 이상 (4)	20,000~10,000 (2)	10,000 이하 (0)
수문높이(m) (위험계수)	30 이상 (4)	30~10 (2)	10 이하 (0)
대피 인원 (인) (위험계수)	5,000 이상 (8)	5,000~500 (4)	500 이하 (0)
하류피해 (위험계수)	높음 (8)	중간 (4)	낮음 (0)

주) 자료출처 : 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

나. 하천제방

1) 내진대책이 필요한 하천제방, 즉 지진에 의한 제방피해가 발생되고 이로 인해 대규모 침수피해등 2차 피해가 발생될 수 있는 하천제방에 대해서는 내진설계를 수행할 수 있다.

2) 내진대책이 필요한 하천제방은 제체의 토질, 기초지반의 조건등을 고려하여 지진에 대한 안전성을 확보한다.

3) 과거 지진에 의한 제방의 피해사례 대부분이 기초지반의 액상화에 기인하는 바, 내진대책이 필요한 하천제방은 액상화를 고려한 내진설계를 하는 것을 기본으로 한다.

4) 지반조사 결과 토층이 20m 정도 되는 지반에서는 액상화 안정성 검토를 수행하고, 액상화 대책으로는 다음과 같은 공법을 적용할 수 있다.

< 액상화 대책 예시>

(표 3.1-12)

공법명	내진기능
완경사 제체성토	완경사 성토로 인한 제체의법면부 상재하중 증가는 액상화의 발생을 억제하여 제체의 침하·변형을 경감시킴.
심층혼합처리	심층혼합처리에 의한 지반보강으로 비액상화 구역을 형성하여, 액상화층의 측방유동을 억지하고, 제체의 침하·변형을 억제.
샌드컴팩션 공법	샌드컴팩션에 의한 지반보강으로 비액상화 구역을 형성하여, 액상화층의 측방유동을 억지하고, 제체의 침하·변형을 억제.
쉬트파일공법	쉬트파일의 강성으로 측방유동 및 제체의 침하·변형을 억제.

주) 자료출처 : 하천제방설계지침(2000, 일본건설성)

CONTENTS

제7편 부대시설

제7편 부대시설

1.1 설계요령

1.1.1 일반사항

가. 정의

부대시설은 공종별 주된 공사를 시행함에 있어 필요한 부수적인 시설을 의미한다.

나. 적용범위

본 편의 '부대시설' 은 주요 공종별 주된 공사를 제외한 공통된 부수적 공정에 적용한다.

다. 적용기준

1) 하천설계기준·해설(2009, 국토해양부)

2) 하천공사 표준시방서(KCS 51 00 00)(2016, 국토교통부)

1.1.2 부대시설

가. 가설공

1) 공사용 가도

가) 공사용 가도는 공사용 기자재와 재료를 운반하기 위해 공사기간동안 차량의 일시적인 통행이 필요하다고 여겨지는 구간에 설치하는 도로를 말한다.

나) 공사용 가도가 영구적으로 이용되지 않을 경우 철거 및 유용계획을 수립하여야 하며, 공사기간, 하천특성 및 홍수기 유실 등을 종합적으로 고려하여 설치 및 철거 계획, 횟수 등을 설계에 반영하고, 공사 완료시 정산토록 한다.

다) 설치 시 고려사항

(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 산정후 계획토록 한다.

(3) 비탈면 유실방지를 위해 비탈면보호공을 설치할 수 있으며, 경제성, 환경성, 안정성, 시공성 및 현장 여건을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

2) 가교

가) 가교는 공사용 기자재, 토사 운반, 작업 공간 확보 및 차량 등의 이동을 위해 임시로 가설된 교량을 말한다.

나) 공사계획을 고려한 가교 운영이 완료된 후 즉시 철거하여야 하며, 설치-철거 공정을 설계에 반영하여야 한다.

다) 가교는 구조물의 특성상 수리적 안정성뿐만 아니라 지반 및 구조적 안정성을 갖도록 설계하여야 한다.

3) 가물막이

가) 가물막이는 수면 아래 부분의 공사를 육상공사로 실시하여야 할 때와 제방을 횡단하는 구조물 공사를 수행할 때 적용할 수 있다.

나) 가물막이 설치 시 공사구간 종방향측 전구간 설치는 지양하고, 공사의 진행에 따른 기간, 자재 반입 및 장비 출입 등을 고려하여 구간별로 설치하여야 한다.

다) 제방을 횡단하는 구조물에 설치하는 가물막이는 우기시 제방의 역할을 수행해야 하므로 재료 선정과 다짐에 있어 제방과 동일한 품질을 확보하여야 한다.

라) 설치 시 고려사항

(1) 설치 폭은 차량 통행여부 등 현장 여건을 고려하여 결정한다.

(2) 가물막이 설치계획고는 준설 기준수위(‘제2편 치수시설 제2장 하상정리’ 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.

4) 가설사무소

가설사무소에는 현장사무실(감리, 감독관, 공사시행자), 기자재 창고, 숙소 등을 설치할 수 있으며, 규모는 ‘건설공사 표준품셈’ 및 현장 여건을 고려하여 결정한다.

나. 물푸기공

1) 물푸기는 구조물 설치에 따른 터파기 공사와 제방 및 호안 공사에 따른 가물막이 설치 시 지하수의 용출과 하천수의 유입으로 인한 수중작업을 방지하기 위하여 적용한다.

2) 구조물공사, 제방 및 호안공사 등 필요 공종별로 산출하여 적용한다.

3) 투수계수가 커서 물푸기 공사비가 과다할 경우에는 가물막이 비탈면 비닐덮기 방안도 고려할 수 있다.

다. 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.

라. 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.

마. 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.

바. 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.

사. 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.

아. 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) 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.

4) 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.

5) 생태계보전협력금

생태계보전협력금은 자연환경보전법에 근거하여 부과 대상여부를 검토하고, 생태계훼손면적에 단위면적당 부과금액과 지역계수를 곱하여 산정한다.

6) 문화재 시·발굴 등에 대한 조사비

시공시 '문화재 지표조사' 결과를 준수하여 문화재 표본조사 및 시·발굴조사를 시행하여야 하며, 이에 대한 비용을 반영한다.

1.2 수량산출요령

1.2.1 수량산출내역

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.	부대공				
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		
1.4	운반공				
1.4.1	중기 운반		식		
1.4.2	철근 운반		ton		
1.4.3	시멘트 운반		대		
1.4.4	콘크리트 중량 구조물 운반		ton		
1.4.5	골재 운반		㎥		
1.5	기존구조물 철거				
1.5.1	철근콘크리트 구조물 깨기				
1)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	철근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
1.5.2	무근콘크리트 구조물 깨기				
1)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 미만	㎥		
2)	무근콘크리트 구조물 깨기	T=30㎝ 이상	㎥		
1.5.3	석축 헐기		㎡		
1.5.4	기존호안블록 헐기		㎡		
1.5.5	돌망태 헐기		㎡		
1.5.6	가옥 철거		동		
1.6	기타				
1.6.1	가설사무소 설치		㎡		

번 호	공 종	규 격	단위	수 량	비 고
1.6.2	세륜세차시설 설치		개소		
1.6.3	오탁방지막 설치				
1.6.4	축중기 설치		개소		
1.6.5	시공측량비		개소		
1)	시공측량		㎞		
2)	시공측량말뚝		개소		
1.7	기타				
1.7.1	시험비		식		
1.7.2	준공표석, 공사지 및 준공도 작성		식		
1.7.3	각종 표지판		개소		
1.7.4	가설사무실 부지임차료		㎡		
1.7.5	사토장 사용료		㎡		
1.7.6	교통정리비		식		
1.7.7	폐기물처리비		ton		
1)	폐콘크리트		ton		
2)	폐아스콘		ton		
3)	혼합폐기물		ton		
4)	임목폐기물		ton		
1.7.8	확인보링		개소		
1.7.9	구조물안내표지판		개소		
1.7.10	기타잡공사		식		

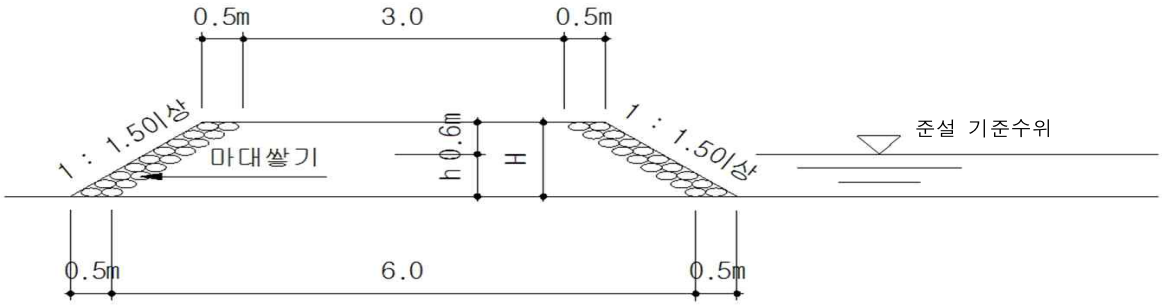
1.2.2 가설공

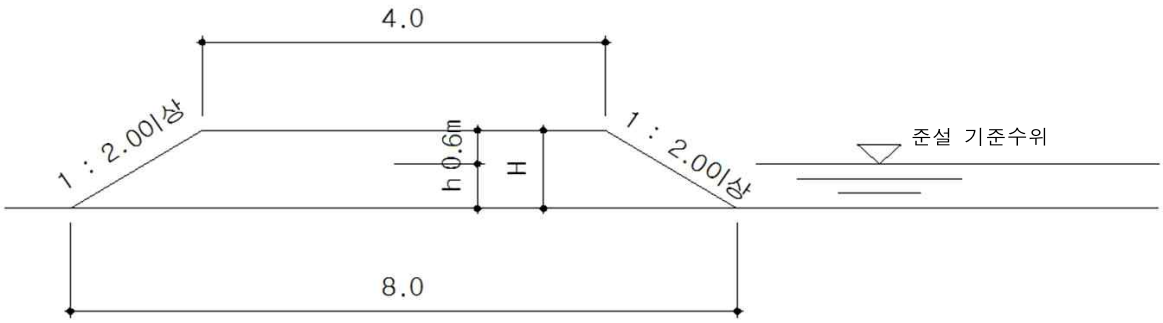
가. 가도 설치공

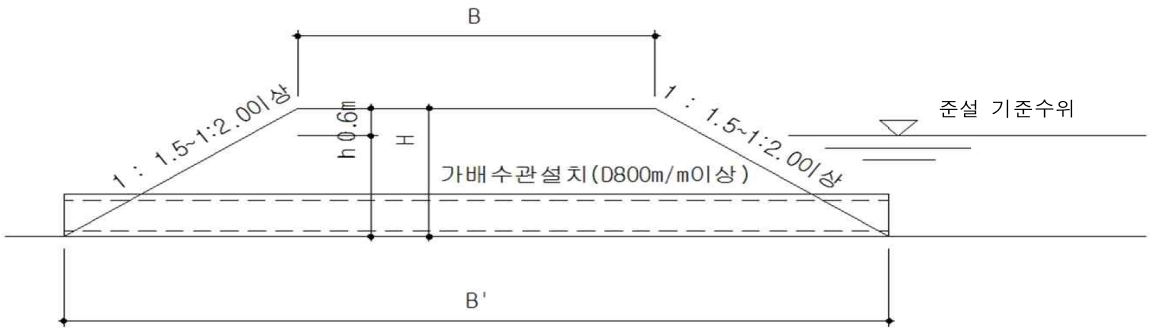
1) 가도 수량

가) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

나) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L =$ ㎡ (SLOPE=1:n)







다) 가도 설치에 사용된 토량의 유용은 순성토구간인 경우 80%를 재유용하며, 사토구간인 경우 100% 사토처리 한다.

라) 가도의 활용목적에 따라 사리부설, 콘크리트 포장 등으로 임시 포장을 적용할 수 있다.

마) 가도 철거에 따른 임시포장은 반드시 포장 깨기 및 폐기물 처리에 계상한다.

2) 공사용 가교 수량

가) 복공판 설치 면적 = $B \times L$ = ㎡

나) 철골가공조립 = H-BEAM + CHANNEL + ANGLE + PLATE+ 가드레일 = ton

다) 용접(용접구간 연장 적용) = m

라) H-PILE 항타(H-PILE 본수 적용) = 본

마) 토사 천공(토사 천공 연장 적용) = m

바) 풍화암 천공(풍화암 천공 연장 적용) = m

사) 연암 천공(연암 천공 연장 적용) = m

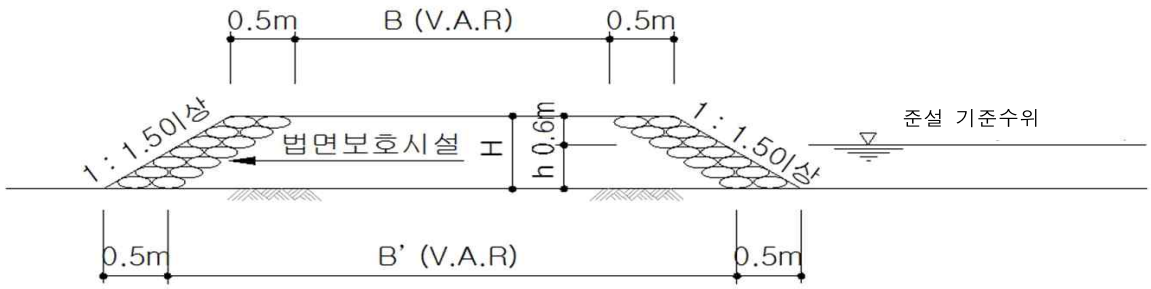
아) H-PILE 항타에 있어 지반 천공 후 항타와 직접항타를 구분하여 각각의 지층 구조에 맞는 장비를 조합하여 적용한다.

나. 가물막이

1) 수량(호안기초)

가) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L$ = ㎥

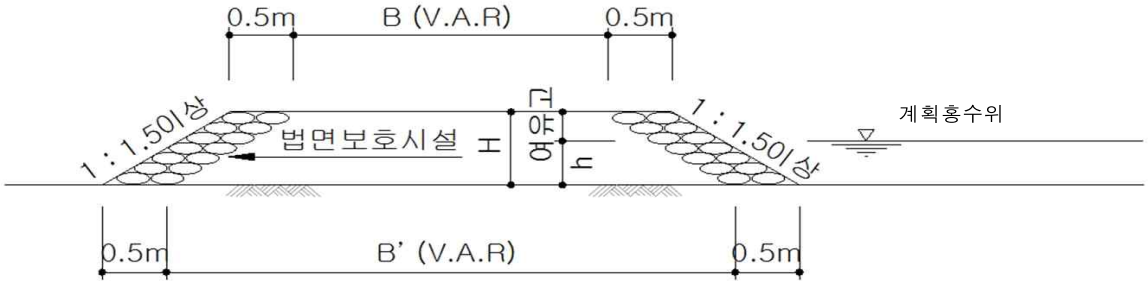
나) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L$ = ㎡ (SLOPE=1:n)



2) 수량(제방횡단 구조물)

가) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L$ = ㎥

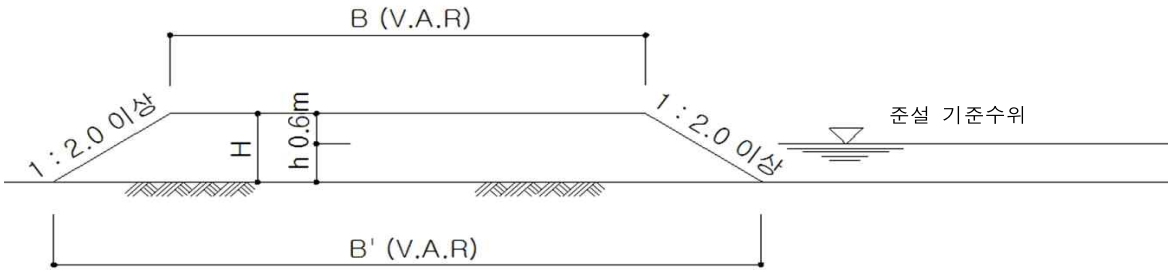
나) 마대 쌓기 면적 = $\sqrt{(1^2 + n^2)} \times H \times L$ = ㎡ (SLOPE=1:n)



3) 수량(기타공사 : 하도정비공의 반체절 등)

가) 성토량 = $(B + B') \times \frac{1}{2} \times H \times L =$ ㎥

나) 현장여건에 따라 법면보호시설(마대쌓기 등), 임시포장을 설계에 적용할 수 있다.



다) 가물막이 설치에 사용된 토량의 유용은 순성토구간인 경우 80% 재유용하며, 사토구간인 경우 100% 사토처리 한다.

다. 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.

1.2.3 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.

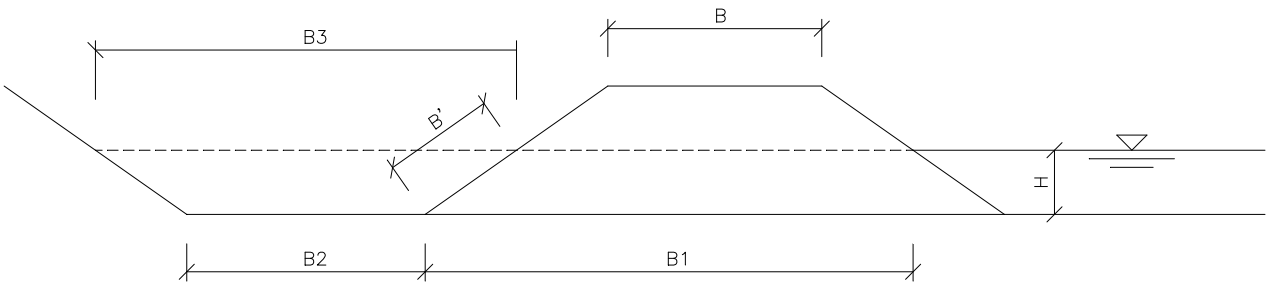
2) 제방공사 물푸기 소요 시간

{토공 수량(㎥) ÷ 토공 장비 작업 능력(㎥/hr)} + 작업 준비시간(2hr) = hr

3) 호안공사 물푸기 소요 시간

{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' + B_2) × 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 Q_1 ÷ 양수기 1대당 양수능력

나) 담수량 처리 = 작업 준비시간 2hr 적용

1.2.4. 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.

1.2.5 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.

1.2.6 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.

1.2.7 축중기 설치

1) 수량 내역 : 축중기 설치(개소)

2) '건설현장 축중기 설치지침'을 기준으로 설치수량, 대상현장 등을 결정하여 산출한다.

1.2.8 기타

가. 시공측량비

1) '건설공사 표준품셈'을 고려하여 외업 및 내업의 소요 인원을 산출한다.

2) 시공측량 말뚝 설치 기준

< 시공말뚝 설치기준 >

(표 1.2-1)

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. 확인보링 및 구조물 안내 표지판

1) 단위는 개소로 산정한다.

파. 기타 잡공사

1) 단위는 식으로 산정한다.

1.2.9 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.

1.3 단가산출 요령

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
			□ 본 단가산출은 참고사항으로 현장 여건에 따라 가·감 가능함 **본 단가산출에서 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	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」 8-3 불도저 「건설공사 표준품셈」 8-5 굴삭기 「건설공사 표준품셈」 8-10 덤프트럭

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
		㎥	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] 8-3 불도저 [건설공사 표준품셈] 8-11 롤러

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.2	공사용가교	식	1. 가교설치 - 다음의 공종을 적용 1) 가교자재비 2) 복공판설치 3) 철골가공조립 4) 고장력볼트조임 5) 강판아크전기용접 6) H-Pile 천공후 항타 7) 토사천공 8) 풍화암천공 9) 연암천공	
		식	2. 가교자재비 1) 자재 (강재손율 : "건설공사 표준품셈" 기준 적용) 1) H-Beam (700×300×13×24) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 2) H-Beam(350×350×12×19) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 3) H-Beam(100×100×6×8) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 4) CHANNEL(380×100×13×20) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 5) CHANNEL(200×90×8×13.5) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 6) ANGLE(90×90×10) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 7) PLATE(150×150×9) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 8) PLATE(652×143×9) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 9) PLATE(350×300×10) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 10) H.T.B(M20×75) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 11) H.T.B(M20×80) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 12) H.T.B(M20×65) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 13) DECK PLATE(200×750×2000) : ton × 자재비 × 할증율 × 손율 = 원 14) 고철대 적용	[건설공사 표준품셈] 제2장 가설공사
		㎡	3. 복공판설치 1) 인력 - 작업반장 : 0.011인 - 비 계 공 : 0.033인 - 보통인부 : 0.011인 2) 기계 : 트럭크레인 : 0.011 일/㎡ × 8hr	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
		ton	4. 철골가공조립 1) 가공조립 - 강재중량 = ton - 볼트 : 4,020 / 강재중량(ton) = ea/ton N = (1 + a + b + c + d) × No a = 0.15 , b = 0 , c = -0.2 , d = 0.1 No = 12.57 - 1.57 - 0.3 - 0.57 = 10.13 - 철 골 공 : N인 - 비 계 공 : N인 - 보통인부 : N인 - 아세칠렌 : 2 kg - 산소 : 4500 ℓ 2) 현장세우기 - 철 골 공 : 1.4 인/ton - 현장부자재 : 노무비의 15% - 일반공구손료 : (철골공 노임 + 현장부자재비용)의 3% 적용	[건설공사 표준품셈] (건축)7-1철골 가공조립
		ton	5. 고장력볼트조임 - 철 골 공 : 0.65인 / 20본 / 가공조립의 볼트갯수ea = - 기구손료 : 철골공 노임의 3% 적용	[건설공사 표준품셈] (건축)7-2철골 세우기
		m	6. 강판아크전기용접 - 용 접 봉 : 0.6kg - 용 접 공 : 0.052인 - 특별인부 : 0.016인 - 소요전력 : 2.5kWh	
		본	7. H-PILE 천공 후 항타 1) 말뚝 천공후 항타 가) 작업량 T_s = 10 min , k = 1.0 min , F = 0.8 , N_1 = 20 L = 3 , r = 0.03 × N_1 + 0.6 T_b = 1.2 × L × k = min/본 T_c = (10 + 3.6) / 0.8 = mim/본 Q = 60 / T_c = 본/hr 나) 중기조합 크레인, 발전기, 진동파일해머 다) 작업조 편성 - 비계공(1일 2인 작업) y_1 = 2 인 , h = 8 hr 1일 작업량(본) : D_q = Q × 8 hr = 본/일 1본당 인건비(인/본) : D_y = y_1 / D_q = 인/본 - 보통인부(1일 1인 작업) y_2 = 1 인 , h = 8 hr 1일 작업량(본) : D_q = Q × 8 hr = 본/일 1본당 인건비(인/본) : D_y = y_2 / D_q = 인/본 - 작업반장(1일 1인 작업) y_3 = 1 인 , h = 8 hr 1일 작업량(본) : D_q = Q × 8 hr = 본/일 1본당 인건비(인/본) : D_y = y_3 / D_q = 인/본	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
		m	8. 토사천공 1) 장비 (현장 여건에 따라 적용) Bit : 3 Wing Bit(ϕ 16″ 40Cm) 2) 천공능력 1 hr : 1 / 0.08 / 8 = m/hr 3) 인력 - 보 링 공 : 0.08인 - 특별인부 : 0.08인 - 보통인부 : 0.16인 - 점토대 및 급수대비 : 노무비의 15% 적용 4) 기계 사용료 : 천공능력 적용 5) 3 Wing Bit : 자재비 적용	
		m	9. 풍화암천공 1) 장비 (현장 여건에 따라 적용) Bit : 3 Wing Bit (ϕ 16″ 40Cm) 2) 천공능력 1 hr : 1 / 0.41 / 8 = m/hr 3) 인력 - 보 링 공 : 0.41인 - 특별인부 : 0.41인 - 보통인부 : 0.82인 - 점토대 및 급수대비 : 노무비의 15% 적용 4) 기계 사용료 : 천공능력 적용 5) 3 Wing Bit : 자재비 적용	
		m	10. 연암천공 1) 장비 (현장 여건에 따라 적용) Bit : 3 Wing Bit (ϕ 16″ 40Cm) 2) 천공능력 1 hr : 1 / 0.43 / 8 = m/hr 3) 인력편성 - 보 링 공 : 0.43인 - 특별인부 : 0.43인 - 보통인부 : 0.86인 - 점토대 및 급수대비 : 노무비의 15% 적용 4) 기계 사용료 : 천공능력 적용 5) 3 Wing Bit : 자재비 적용	
1.3.3	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	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.4	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	
1.3.5	중기운반	식	1. 중기운반 적용 대상 1) 불도저 운반(19ton ,32ton) 2) 로우더(무한궤도 1.72㎥) 3) 유압식 굴삭기(0.7㎥ , 1.0㎥ , 0.4㎥) 4) 대형브레이커(0.7㎥) 5) 로우더(타이어 1.72㎥) 6) 모터그레이더(3.6m) 7) 머케덤 롤러(10-12ton) 8) 탠덤 롤러(10-14ton) 9) 진동 롤러(10ton) 10) 램머(80kg) 11) 무한궤도크레인(10ton , 15ton) 2. 트레일러 운반(20ton) Q = 10대 , T_1 = 20min , T_2 = 운반시간 산출 T_3 = 20min , T_4 = 0.42min Cm = $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ = min N = 60 × 0.9 / Cm To = Cm - ($T_1 + T_2$) 3. 트레일러 운반(30ton) Q = 2대 , T_1 = 20min , T_2 = 운반시간 산출 T_3 = 20min , T_4 = 0.42min Cm = $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ = min N = 60 × 0.9 / Cm To = Cm - ($T_1 + T_2$) 4. 트레일러 운반(40ton) Q = 16대 , T_1 = 20min , T_2 = 운반시간 산출 T_3 = 20min , T_4 = 0.42min Cm = $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ = min N = 60 × 0.9 / Cm To = Cm - ($T_1 + T_2$)	｢건설공사 표준품셈｣ 제8장 기계화시공

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
			5. 덤프트럭 운반(15ton) Q = 6대 , T_1 = 10min , T_2 = 운반시간 산출 T_3 = 10min , T_4 = 5min Cm = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = min N = 60 × 0.9 / Cm 6. 자주식 운반 1) 물탱크(5500ℓ) 2) 트럭 크레인(10ton) 3) 트럭 크레인(30ton) 4) 덤프트럭(10.5ton) 5) 타이어 롤러(8-15ton) 6) 콘크리트믹서트럭(6.0㎥) 7. 운반 거리 산정 : 시,도,군,구청 소재지 → 현장	
1.3.6	철근운반	ton	1. 운반비 : 공장 또는 하치장 → 현장 10.5ton 구역화물 적용(현장 여건 및 운반량에 따라 적용) 2. 상차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용 3. 하차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용	
1.3.7	시멘트운반 (포대40kg)	대	1. 운반비 : 최기역 레일도 → 현장 10.5ton 구역화물 적용 (현장 여건 및 운반량에 따라 적용) 2. 상차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용 3. 하차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용	
1.3.8	콘크리트중량 구조물운반	ton	1. 운반비 : 공장 → 현장 10.5ton 구역화물 적용(현장 여건 및 운반량에 따라 적용) 2. 상차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용 3. 하차비 : 회 ※ 인도조건에 따라 적용	
1.3.9	골재 운반	㎥	1. 현장 채집 : 채집비용 별도계상 구매 : 자재비 별도계상 2. 운반덤프 15ton, 24ton (채취장 또는 공장 → 현장) Q = 60 × Q_1 × F × E / Cm ※ 현장 여건에 따라 적용	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.10	철근콘크리트 깨기 (T=30㎝ 미만)	㎥	1. 깨 기 1) 인 력(10%) (1) 할 석 공 : 5인 (2) 잡재료비 : 노무비의 5% 2) 기 계(90%) (1) 대형브레이커 + 굴삭기(0.7㎥) Q = (1.6 + 3.3) / 2 = 2.45㎥/hr (2) 작업보조원 : 보통인부 1인 (3) 치즐소모량 (0.7㎥용) : 0.01본/hr 2. 철근절단 1) 용 접 공 : 0.12인 2) 아세칠렌 : 0.23kg 3) 산 소 : 680ℓ 4) 기구손료 : 노무비 1% 3. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) q = 0.7㎥ , k = 0.55 , f = 1 / 1.51 , E = 0.35 , Cm = 21sec Q = 3600 × q × k × f × E / Cm = ㎥/hr 4. 고철공제 A = (2400 - 2300) × 0.5 = kg/㎥	[건설공사 표준품셈] 8-17대형브레이커
1.3.11	철근콘크리트 깨기 (T=30㎝ 이상)	㎥	1. 깨 기 1) 인 력(10%) (1) 할 석 공 : 5인 (2) 잡재료비 : 노무비의 5% 2) 기 계(90%) (1) 대형브레이커 + 굴삭기(0.7㎥) Q = (1.4 + 2.7) / 2 = 2.05㎥/hr (2) 작업보조원 : 보통인부 1인 (3) 치즐소모량(0.7㎥용) : 0.01본/hr 2. 철근절단 ※ 철근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조 3. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) ※ 철근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조 4. 고철공제 ※ 철근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조	[건설공사 표준품셈] 8-17대형브레이커

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.12	무근콘크리트 깨기 (T=30㎝ 미만)	㎥	1. 깨 기 1) 인 력(10%) (1) 할 석 공 : 2인 (2) 잡재료비 : 노무비의 5% 2) 기 계(90%) (1) 대형브레이커 + 굴삭기(0.7㎥) Q = (3.3 + 5.9) / 2 = 4.6㎥/hr (2) 작업보조원 : - 보통인부 1인 (3) 치즐소모량(0.7㎥용) : - 0.01본/hr 2. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) q = 0.7㎥ , k = 0.55 , f = 1 / 1.51 , E = 0.35 , Cm = 21sec Q = 3600 × q × k × f × E / Cm = ㎥/hr	[건설공사 표준품셈] 8-17대형브레이커
1.3.13	무근콘크리트 깨기 (T=30㎝ 이상)	㎥	1. 깨 기 1) 인 력(10%) (1) 할 석 공 : 2인 (2) 잡재료비 : 노무비의 5% 2) 기 계(90%) (1) 대형브레이커 + 굴삭기(0.7㎥) Q = (2.6 + 4.6) / 2 = 3.6㎥/hr (2) 작업보조원 : 보통인부 1인 (3) 치즐소모량 (0.7㎥용) : 0.01본/hr 2. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) ※ 무근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조	[건설공사 표준품셈] 8-17대형브레이커
1.3.14	석축헐기	㎡	1. 보통인부 1) 메쌓기(뒷길이 45～60㎝) : 0.2 인 2) 메쌓기(뒷길이 60～90㎝) : 0.3 인 3) 찰쌓기 : 0.6인 2. 잡재료비 (인건비의 5%)	[건설공사 표준품셈] (건축)18-2 구조물 헐기 및 부수기
1.3.13	호안블록헐기	㎡	1. 인력 10% + 기계 90% 2. 인력 10% : 호안블록붙이기의 50% 3. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) ※ 무근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조	
1.3.14	돌망태철거	㎡	1. 인력 10% + 기계 90% 2. 인력 10% : 돌망태 설치의 50% 3. 들어내기(굴삭기 0.7㎥) ※ 무근콘크리트 깨기(T=30㎝ 미만) 참조	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.15	가옥철거비	동	1. 가옥 1동을 기준하여 작업시간 산출 2. 굴삭기 0.7㎥ : 4hr / 가옥 1동 3. 운반 1) 운반비용은 폐기물 운반비 계상 4. 폐기물 처리 1) 구조별 폐기물 수량을 산출 적용	
1.3.16	가설사무실	식	1. 가설사무실의 설치 면적 : 공사규모, 사용목적에 따라 결정 1) 현장사무소 : ㎡ 2) 시험실 : ㎡ 3) 기자재창고 : ㎡ 4) 작업장 : ㎡ 5) 숙소 : ㎡ 2. 가설사무실의 종류 : 현지 여건에 따라 적용 1) 목조 가설건축물 2) 철제 조립식 가설건축물 3) 콘테이너형 가설건축물 3. 기초콘크리트타설(무근콘크리트 , 레미콘 타설)	「건설공사 표준품셈」 제2장 가설공사
1.3.17	세륜시설 (축중기)	개소	1.재료비 및 설치비 : 견적가 2. 기초콘크리트타설(무근콘크리트 , 인력타설) ※ 현장 여건에 따라 적용	「건설공사 표준품셈」 제2장 가설공사
1.3.18	오탁방지막	㎡	1. 자재비 1) 오탁 방지막(1×20m) 2) WIRE ROPE 3) CLIP 4) SHACKLE, PP로프 등 2. ANCHOR BLOCK 제작(MAIN) 1) 거푸집(합판4회) 2) 레미콘(fck=180kgf/㎠) 3) 콘크리트 타설(무근) 4) WIRE ROPE 3. ANCHOR BLOCK 제작(SUB) 1) 거푸집(합판4회) 2) 레미콘(fck=180kgf/㎠) 3) 콘크리트 타설(무근) 4) WIRE ROPE	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.19	시공측량비	km	1. 중심선측량 1)외업 (1) 고급기술자 : 1인×2.5일 (2) 중급기술자 : 1인×2.5일 (3) 초급기술자 : 1인×2.5일 (4) 초급기능사 : 2인×2.5일 2)내업 (1) 고급기술자 : 0.5인×2.5일 (2) 중급기술자 : 0.5인×2.5일 2. 종단측량 1)외업 (1) 고급기술자 : 1인×1.0일 (2) 중급기술자 : 1인×1.0일 (3) 초급기술자 : 2인×1.0일 2)내업 (1) 초급기술자 : 1.0인×1.0일 (2) 초급기능사 : 2.0인×1.0일 3. 횡단측량 1)외업 (1) 중급기술자 : 1인×2.5일 (2) 초급기술자 : 1인×2.5일 (3) 초급기능사 : 2인×2.5일 2)내업 (1) 초급기술자 : 1.0인×2.5일 (2) 초급기능사 : 2.0인×2.5일 4. 측량말뚝 1) 측점별 중심선 1개, 재내지경계 1개, 천단마무리 2개소 설치 2) 재료비 : 0.045 × 0.045 × 0.5 × 100 = 0.101㎥/100개 ※ 현장 여건에 따라 적용	[건설공사 표준품셈] 제18장 측량
		개소		
1.3.20	시험비 (관리시험+선정시험)	식	1. 시험 항목 및 횟수는 건설기술 진흥법을 기준하여 산정 2. 시험비 계상시 건설기술 진흥법 시행규칙에 명시되지 않은 것으로 고려할 사항은 시험시공비, 특수시험비, 특수공종의 측량 및 규격검측비 등이 있음	

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.21	준공표석, 공사지 및 준공도 작성	식	1. 준공표석(화강석) 1) 상 석 : 0.24㎥ 2) 반 석 : 0.3㎥ 3) 기 초 콘 크 리 트 : 0.29㎥ 4) 거 푸 집(합판6회) : 1.2㎡ 2. 가공비 1) 도드락다듬(25눈) : A = 4.82㎡ 석 공: 2.5인 x A 2) 잔다듬(2회) : B = 0.56㎡ 석 공: 4.4 인 x B 3.기초 콘크리트(무근 VIB제외) 1) 재료비 2) 타설비 4.합판 거푸집(6회사용) : 1.92㎡ 5. 설 치 비 1) 크레인(10ton) 결승:10분, 선회:5분, 설치:20분 Cm = 10 + 5 + 20 = 35분 2) 인건비 비 계 공 보통인부 3).터파기 : 0.00 ㎥ 2. 공사지 및 준공도 작성 : 견적가 ※ 현장 여건에 따라 적용	
1.3.22	각종 표지판 제작 설치	개소	1. 안전간판(㎡당) 1) 합 판 : 1.03㎡ 2) 각 재 : 0.038㎡ 3) 못 : 0.2㎡ 4) 형틀목공 : 0.28인 5) 인 부 : 0.23인 2. 조합페인트 : 2회 기준 1) 도안공 1인 10개 글씨쓰기 (1) 소형 : 0.48㎡ ea (2) 대형 : 1.656㎡ ea (3) (0.48 + 1.556) × 10ea/일 = 21.36㎡/인 2) 1인 1일 ÷ 21.36 = 0.047인 3.설치 ※ 도로안내표지판 설치품 참조	「건설공사 표준품셈」 10-5-1안내표지판

번호	공 종	단위	단 가 기 준	비고
1.3.23	가설사무소 부지임차료	식	1. 가설사무소 설치 면적 (현장사무실 + 시험실 + 작업장 + 창고 + 편의·복지시설 등) × 3 2. 부지임차료 부지면적 × 공시지가 × 임차기간(월)/12개월 × 10%	
1.3.24	사토장 사용료	식 ㎡	1. 사토장 사용료 사용 면적 × 공시지가 × 임차기간(월)/12개월 × 10% 2. 부지정지 : 도저 19ton q = 3.2 × 0.96 = ㎥ f , E = 현장 여건에 따라 적용 L = 20m , V_1 = 75m/min , V_2 = 98m/min Cm = L / V_1 + L / V_2 + 0.25 = min Q = 60 × q × f × E / Cm	「건설공사 표준품셈」 8-3 불도저
1.3.25	교통정리비	식	1. 교통정리비 보통인부 1인/일 × 보통인부노임 × 25일/월 × 개소수 × 기간(월)	
1.3.26	폐기물 처리비	ton	1. 관련 지자체 폐기물 수수료 2. 운반비 적용 (적재+운반)	
1.3.27	확인보링	개소	1. 토질 조사 시공 보링 1) 기계 기구 설치 2) 보 링 점토, 모래, 자갈 및 호박돌층 연암, 보통암 경암, 극경암 3) 표준 관입 시험 1개소 x 2.0회 4) 시료 채취 1개소 x 1.0회 5) 시료 채취 상자 1개소 x 1.0개 6) 급수비 1개소	

참 여 진

■ 국토교통부

수자원정책국	수자원정책국장	유성용
	하천계획과장	이용규
	시설사무관	이상훈
	담 당	임상헌

연 구 진

■ 주관연구기관 / 한국하천협회

연구책임자	㈜강동건설엔지니어링	김균태
연구수행자	㈜드림이엔지	김민혁
	케이에스엠기술㈜	김병렬
	㈜삼안	김용민
	㈜화신엔지니어링	김인식
	㈜한국종합기술	김창배
	㈜바우컨설탄트	김태흥
	㈜이산	박기숙
	㈜동부엔지니어링	박기환
	㈜도화엔지니어링	박상규
	㈜삼안	박영주
	㈜이산	박진원
	㈜평화엔지니어링	윤여승
	홍익대학교	이승오
	연세대학교	최성욱
	㈜경호엔지니어링	현동헌
간 사	㈜이산	김원기

※ 연구수행자의 이름은 가, 나, 다 순임.

자 문

수자원분야	한국건설기술연구원	김규호	1, 2차
수자원분야	평화엔지니어링	유의근	1, 2차
수자원분야	KG엔지니어링	임인석	1, 2차
수자원분야	도화엔지니어링	최종남	1, 2차
환경분야	경남과학기술대	이형래	1, 2차
도로분야	한국건설기술연구원	김용석	1차
구조분야	수원과학대	윤영만	2차
토질분야	도화엔지니어링	차달성	2차
	서울지방국토관리청	하천계획과	2, 3차
	원주지방국토관리청	하천계획과	2, 3차
	대전지방국토관리청	하천계획과	2, 3차
	익산지방국토관리청	하천계획과	2, 3차
	부산지방국토관리청	하천계획과	2, 3차
	한강홍수통제소		3차
	경기도청	하천과	2차
	강원도청	치수과	2차
	충북도청	치수방재과	2차
	충남도청	자연재난과	2차
	경북도청	하천과	2차
	경남도청	하천과	2차
	전북도청	항만하천과	2차
	전남도청	지역계획과	2차
	한국하천협회	기술분과	2차

※ 2차 자문시 용역사 의견 수렴 병행 실시