

KCS 51 00 00

하천공사

표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 51 60 05 : 2023

# 하천 제방

2023년 9월 1일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE





### 건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

# 건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 코드로 통합 정비한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
하천공사 표준시방서	• 하천공사 표준시방서 제정	제정 (1980.7)
하천공사 표준시방서	• 시공방법과 신자재 등에 관한 내용 추가 및 하천 환경관리시설분야의 내용 신설	개정 (1994.7)
하천공사 표준시방서	• 시공기법과 신자재 등에 관한 사항 추가 및 공통 공사, 하상정리공사, 환경친화적인 자연형하천 공사 등의 내용 신설	개정 (1999.1)
하천공사 표준시방서	• 각종 법령, 기준, 고시 등의 개정사항 적용 및 국내외 시공기법, 신재료, 환경친화적 자연형하천공사 시공과 유지관리 보완	개정 (2007.12)
KCS 51 60 05 : 2016	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계”전환에 따른 건설기준을 코드로 정비	제정 (2016.6)
KCS 51 60 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정	개정 (2018.7)
KCS 51 60 05 : 2023	• 피해사례 및 설계·시공시 반영사항을 고려한 내용 추가하여 개정함.	개정 (2023.9)

제 정 : 1980년 7월

개 정 : 2023년 9월 1일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 환경부 하천계획과

관련단체 : 한국수자원학회, 한국하천협회

작성기관 : 한국하천협회

- 이 기준에 대하여 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일자를 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

---

---

# 목 차

---

---

1. 일반사항 .....	1
1.1 적용범위 .....	1
1.2 참고기준 .....	1
1.2.1 관련법규 .....	1
1.2.2 관련기준 .....	1
1.3 용어의 정의 .....	1
1.4 제출물 .....	2
1.5 운반, 보관, 취급 .....	2
1.6 공정계획 .....	2
2. 자재 .....	3
2.1 재료 .....	3
2.2 장비 .....	4
3. 시공 .....	5
3.1 시공조건 확인 .....	5
3.2 시험시공 .....	5
3.3 작업준비 .....	5
3.4 시공기준 .....	6
3.4.1 제방기초공사 .....	6
3.4.2 제방축조공사 .....	9
3.4.3 제방마감공사 .....	19
3.5 현장 뒷정리 .....	22

## 1. 일반사항

### 1.1 적용범위

(1) 이 기준은 제방기초, 제방축조, 제방마감 등을 포함하는 하천 제방의 공사에 적용한다.

### 1.2 참고 기준

#### 1.2.1 관련법규

- 건설기술 진흥법
- 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률
- 자연재해대책법
- 지속가능한 기반시설관리기본법
- 하천법

#### 1.2.2 관련기준

- KDS 11 70 00 비탈면 설계기준
- KDS 51 00 00 하천설계기준
- KDS 54 00 00 댐 설계기준
- KDS 67 00 00 농업생산기반 설계기준
- KDS 64 00 00 항만 및 어항 설계기준
- KCS 10 00 00 공통공사
- KCS 11 20 00 토공사
- KCS 51 10 05 하천공사 일반사항
- KCS 51 10 15 하천 토공사
- KCS 51 60 23 하천 하상정리공사
- KCS 64 00 00 항만 및 어항 표준시방서
- KS F 2306 흙의 함수량 시험 방법
- KS F 2310 도로의 평판 재하 시험 방법
- KS F 2311 모래 치환법에 의한 흙의 밀도 시험 방법
- KS F 2312 흙의 실내 다짐 시험 방법
- KS F 2347 고무박막 방법에 의한 흙의 현장 밀도 시험 방법
- KS F 2592 전자식 콘관입 시험 방법

### 1.3 용어의 정의

- 제방(levee): 유수의 원활한 소통을 유지시키고 제내지를 보호하기 위하여 하천을 따라 흙, 콘크리트 옹벽, 널말뚝, 합성목재 등으로 축조한 구조물
- 연약지반(soft ground) : 구조물의 기초 지반으로서 충분한 지지력과 침하에 대한 안정성을 갖지 못하여 지반 개량 또는 보강 등의 대책이 필요한 지반
- 대규모 제방 : 주로 도시권 하천의 특정구간에서 폭이 매우 넓은 특별한 제방

- 제방고(levee height) : 제방 부지 중심 지반으로부터 둑마루까지의 높이
- 제방표고(levee elevation) : 평균 해수면을 기준으로 한 제방 둑마루의 표고
- 계획단면(planing section of levee) : 계획홍수위에 여유고를 추가한 높이의 단면
- 시공단면(constructed section) : 계획(설계)단면에 더돋기를 추가한 단면
- 더돋기(extra embankment) : 계획고 보다 예상침하량 이상 높게 시공하는 것
- 제방의 누수(leakage of levee) : 제외측의 하천수위 상승에 의해 제체 및 기초 지반을 통한 침투수가 제체 또는 제체 인근의 지반으로 누출하는 현상
- 제체누수 : 제외측 하천수위 상승과 더불어 제체 내로 침투하는 침투수가 제체의 뒷비탈에서 누출하는 현상
- 기초지반누수 : 제외측 하천수위의 상승과 더불어 기초지반에 발생하는 침투수가 제내측 지반에서 용출하는 현상

#### 1.4 제출물

- (1) 제방 및 구조물 설치지점에 대해 지정된 지반조사시료 및 시험보고서를 제출하여야 하며, 시험보고서는 해당 시험기술자가 서명과 날인하여야 한다.
- (2) 수급인은 선정된 토취장 및 준설토 등의 관리 시험성과와 축조재료, 축조관리 및 축조 검사 등의 시험성과를 제출하여야 한다.
- (3) 준설토를 제방 축조재료로 활용할 경우, 이 기준 2.1을 참조하여 유기질 함유여부 등 축조 재료로서의 적정성 여부를 조사해야 하고, 조사결과를 제출하여야 한다.
- (4) 수급인은 현장에서 반입된 순성토 재료의 종류와 시험성적서 및 수량을 기재한 재료반입 서류를 제출하여야 한다.

#### 1.5 운반, 보관, 취급

- (1) 제방축조공사 시행을 위한 흙파기 및 운반 장비 선정은 장비하중, 지반전단강도, 복토두께에 따른 장비주행성(trafficability), 현장여건 등을 고려하여 결정하여야 한다.

#### 1.6 공정계획

- (1) 수급인은 제방의 시공기간 중에 다음의 사항을 조사하여 공사감독자에게 보고하고 그 결과를 시공계획 및 공사품질관리에 반영하여야 한다.
  - ① 지반조사
  - ② 축제용 흙의 특성조사 및 실험
  - ③ 하천 수리, 수문조사
- (2) 공사기간 중의 수위, 지하수위 등의 관측 방법은 공사감독자와 협의하여 결정하여야 한다.
- (3) 관측위치는 상·하류부의 하천공사로 인한 수리적 영향이 직접 미치지 않는 곳을 선정해야 하며, 각 관측기록은 관측 지점별로 작성한다.

2. 자재

2.1 재료

(1) 축조재료는 일반적으로 흙을 사용하며, 재료의 취득성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 선정하고 전단강도 및 투수성 등을 충분히 고려하여야 하며, 다음과 같은 규정을 만족하여야 한다.

- ① 제체에 사용될 흙은 함수량, 입도, 비중, 액·소성한계, 실내 C.B.R, 다짐, 투수시험 등의 품질시험을 실시하여 제체재료로 적합한 것에 한하여 사용하여야 한다.
- ② 흙쌓기 재료가 시방기준에 적합하지 않거나, 양이 부족하여 토취장을 개발해야 할 경우에는 제반 선정시험을 실시하여 적합한 지점을 토취장으로 사용하여야 한다.
- ③ 제방재료의 3가지 중요한 요건인 전단강도, 투수성, 압축성 등을 만족하기 위해서 흙은 입도분포가 좋아야 한다.

가. 자갈과 같은 조립토는 입자간 맞물림으로 강도를 발휘하는데 효과가 있다.

나. 점토와 같은 세립토는 투수계수를 작게 하는데 필요하다.

- ④ 제방재료가 일정한 점토(C) 및 실트(M)와 같은 세립분을 함유해야 하는 조건을 만족하기 위해서는 세립분(입경 0.074 mm 이하)량은 제방에서 불투수성을 확보하기 위해 전체 재료의 15% 이상이어야 하고, 건조균열과 시공기계의 주행성을 감안하면 50% 이하이어야 한다.
- ⑤ 제방재료의 최대치수는 1회 포설두께를 감안하여 100 mm 이내이어야 한다.
- ⑥ 균일형 하천 제방에서는 하상재료 사용을 금하며, 제체의 침투 방지를 고려하여 제방재료의 투수계수(k)는  $1 \times 10^{-3}$  cm/s 이하이어야 한다.
- ⑦ 대규모제방의 축제 재료는 정규제방 단면부분은 일반제방과 동일한 재료를 사용하며, 그 외 부분은 경제성을 고려하여 하상토, 준설토, 세립토, 순환골재 등을 사용할 수 있다.
- ⑧ 흙쌓기 재료로서 암 버력을 사용하고자 할 때는 간극을 잔돌 부스러기 등의 재료로 채워서 안정을 도모하여야 한다.
- ⑨ 흙덩어리는 재료를 다짐할 때 지장이 없는 크기로 분쇄하여야 한다.
- ⑩ 제방의 성능에 영향을 미치는 부적합한 다음 물질은 제방재료로 사용할 수 없다.

가. 늪, 습지, 수렁 등에서 나온 유기물질의 중량이 전체 중량의 4%를 초과하는 유기질토

나. 나무 그루터기, 뿌리 및 부패하기 쉬운 재료, 금속, 고무, 소성 또는 합성재료가 부피별로 전체부피의 1%를 초과할 경우

다. 동결상태의 소재

라. 함수비가 90%를 넘거나 소성지수가 65%를 넘는 점토

마. 자발연소(석탄 등)에 취약한 물질

바. 부풀어 오르거나 붕괴할 수 있는 흙

사. 영구공사에 유해한 유해화학물질 또는 유해화학물질을 포함한 물질

(2) 제방재료로 적합하지 않는 하상토를 부득이 제방재료로 사용하고자 할 경우에는 양질의 흙과 혼합하거나 첨가제 이용 등 합리적으로 개량하여 사용할 수 있다. 이 경우 수급인은 흙의 시험성적과 개량배합비, 개량방법, 개량 후 예상시험성적 등을 제출하여 공사감독자의 승인을 얻은 후 시행하여야 한다.

- (3) 제방쌓기 재료는 토지이용 상태나 그 외의 사정으로 인해 부득이 한 경우 전부 또는 중요한 부분을 콘크리트, 널말뚝 또는 이에 준하는 재료로 축조할 수 있다.
- (4) 제방쌓기 흙의 투수계수(k, cm/s)는 파이핑 현상과 관련된 제체의 안정성과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 제방쌓기에 적합한 양질토의 투수계수는  $1 \times 10^{-3}$  cm/s 이하이며, 투수계수가  $1 \times 10^{-7}$  cm/s 이하인 불투수성 흙이나 투수계수가 너무 큰 경우는 양질의 피복토와 혼용하거나 제방단면의 일부를 피복하는 등 여러 가지 제체의 구조적 안전에 필요한 조치를 취하여야 한다.
- (5) 제방의 균열을 방지하기 위해 포화도에 따른 흙의 수축 및 팽창성 변화가 적어야 한다.
- (6) 제방쌓기 흙은 파기, 운반, 포설, 다짐 등의 시공이 용이하여야 한다.
- (7) 함수비가 너무 높은 제방쌓기 흙은 주변 야적장에 일정기간 쌓아두어서 함수비가 낮아진 후 사용하여야 한다.
- (8) 흙쌓기용 흙의 시험종목은 건설기술 진흥법 시행규칙 제50조 품질시험 및 검사의 실시에 따른다.
- (9) 이 기준에서 언급하지 않은 사항은 KCS 11 20 20 (2.1)를 따른다.

**2.2. 장비**

- (1) 제방축조공사 다짐시공 시 장비의 선정, 다짐횟수 및 포설두께는 현장조건에 따라 시험성토를 통하여 결정하도록 하며, 소규모공사의 다짐장비의 선정은 표 2.2-1과 같이 흙의 종류에 따라 선정할 수 있다.
- (2) 제방축조공사 다짐장비
  - ① 투입할 장비의 종류와 대수는 수급인이 작성하여 공사감독자의 승인을 받은 세부작업 계획에 표시한 내용과 일치하여야 한다.
  - ② 특수다짐 효과를 얻기 위해서는 더 무거운 다짐장비를 사용할 수 있다.
  - ③ 다짐장비의 선정, 다짐횟수 및 포설두께 등의 다짐규정은 표 2.2-1의 기준에 따라 설계하며, 시공 시 다짐에 대한 장비 선정을 위한 현장시험을 수행하여 적용하여야 한다.

**표 2.2-1 토질에 따른 다짐롤러 기종의 선정**

토양	다짐기계	다짐두께(cm)	다짐도(%)	규격(t)	다짐횟수
점성토	양축식 롤러 (자주식)	30	90	19	5
			95	19	8
사질토	진동 롤러	30	90	10	6
		20	95	10	
	타이어 롤러	30	90	8 ~ 15	4
		20	95	8 ~ 15	

주 1) 보축, 지방하천의 제체단면이 작은 경우 등 상기 표의 장비가 투입 곤란 시에는 진동기 등의 대체장비로 적용할 수 있다.

### 3. 시공

#### 3.1 시공조건 확인

- (1) 기초 터파기 시공과정에서 하상의 조건을 파악하여 하상바닥이 암반층에 이르거나 굽은 입경에 의한 장갑화로 세굴의 진행이 차단되어 현장여건이 설계조건과 상이할 경우에는 공사감독자에게 통보하고 시공방법을 제시, 승인을 얻어서 이에 적합한 시공이 되도록 조치하여야 한다.
- (2) 제방시공 시 제방붕괴의 원인이 되는 다음 항목에 대하여 현장 여건을 파악하고 설계도서를 검토한 후 시공하여야 한다.
  - ① 월류
  - ② 비탈면의 침식
  - ③ 제체침투 및 활동
  - ④ 파이핑(piping) 현상
  - ⑤ 하상세굴로 인한 비탈면의 붕괴
  - ⑥ 교량, 수문, 배수구, 보·낙차공 등 하천구조물의 제방 연결부의 상태
  - ⑦ 독마루의 과재하중
  - ⑧ 강우에 의한 표면 침식
  - ⑨ 교목 등에 의한 국부세굴
  - ⑩ 서식 동물 및 관리용 차량에 의한 시설훼손 등
- (3) 제방의 높이가 15 m 이상인 경우에는 축체재료, 비탈면 기울기, 기초지반 특성과 같은 현장조건을 고려하여 제체 및 기초에 관한 안정해석을 수행하여야 한다.

#### 3.2 시험시공

- (1) 특수공사의 시공 방침을 결정하기 위해 이 공사에 앞서 시험시공을 할 수 있다.
- (2) 시험시공은 성토다짐시험, 연약지반의 압밀시험, 함수비가 높은 점성토의 굴착운반시험, 토질개량 안전공법시험, 차수공의 시공방법시험, 비탈면 식생녹화공법시험 등이 있다.

#### 3.3 작업준비

- (1) 안전 및 보건관리
  - ① 안전 및 보건관리에 대한 사항은 KCS 10 10 25를 따른다.
- (2) 환경관리
  - ① 환경관리에 대한 사항은 KCS 51 10 05 (1.7)을 따른다.
- (3) 현장조사
  - ① 제방공사에 필요한 각종 인허가 및 협의 등의 완료여부를 사전에 검토하여야 한다.
  - ② 시공의 기준이 되는 가수준점(T.B.M)은 공사감독자 임회하에 시공 중 표고변화가 발생하지 않도록 견고하게 설치해야 하고, 준공시 가수준점 성과를 준공성가에 포함토록 하여 준공검사시 활용할 수 있도록 조치하여야 한다.
  - ③ 지장물 보상 및 보완대책은 사전에 그 종류 및 위치 등을 상세히 조사하여 본 공사의

공정에 지장을 주지 않도록 계획을 수립하여야 한다.

### 3.4 시공기준

#### 3.4.1 제방기초공사

##### (1) 기초지반의 처리

##### ① 벌개제근

가. 공사구역내 초목 등 식물의 뿌리는 본 공사에 앞서 제거하여야 한다.

나. 보존 또는 이식하기로 결정된 수목에 꼬리표를 붙이거나 페인트를 칠하여 보호하여야 한다.

다. 벌개제근 또는 표토제거의 범위와 제거된 재료의 처리장소 및 처리방법을 확인하여야 한다.

라. 유기물질을 포함하고 있는 굴착부위의 표토는 반드시 제거하되 공사규모, 공정 및 계절 등을 고려하여 단계적으로 시행하여야 한다.

마. 표토제거물은 현지에서 건조, 소각하던가 현장 밖으로 반출하여 처분해야 하며, 필요에 따라서는 하천관리청의 허가를 얻어 고수부지에 매립하여야 한다. 이때 매립일 경우에는 KCS 51 70 10을 준용하며, 매립물질이 층을 이루도록 고르게 펴서 흙으로 덮거나 흙과 함께 혼합시켜 공극이 메워야 한다. 매립물질의 마지막 층은 최소 30 cm 두께의 흙이나 기타 승인된 재료로 덮어 정지한 후 다져야 한다.

바. 수급인은 벌개제근 및 표토제거 작업이 완료되면 공사감독자의 확인을 받은 후에 땅깍기 및 흙쌓기 작업을 실시하여야 한다.

사. 벌개제근에 의해 생긴 구멍이나 함몰부는 성토 전에 현장 및 인근 토사를 채움재료로 하여 국부적인 연약대가 없도록 평탄화하여야 한다.

② 설계도서 또는 공사감독자의 지시가 있을 경우 떼붙이기와 식재 등에 사용할 수 있는 유기질이 많이 포함된 표토는 지면에서 15 cm 깊이 또는 지시하는 깊이까지 조심스럽게 깎아서 지시하는 장소(또는 후에 사용하기에 편리한 장소)에 임시로 쌓아 두어야 한다. 유용표토는 나무뿌리, 돌, 기타의 유해물을 함유해서는 안되며, 깎기 전에 부적합한 재료와 혼합되지 않도록 주의하고 다른 굴착재료와 분리하여 저장하여야 한다.

③ 제거된 표토를 사토로 취급하는 경우에는 현장으로부터 지정된 곳에 버려야 한다. 단, 유용가능한 표토의 경우는 제방 축제 재료가 아닌 생태복원 구간의 식생활착을 위한 재료원으로 활용 가능여부를 검토 한 후 활용하여야 한다.

④ 흙쌓기 구간에서 유해물질이나 오염원 또는 유기질을 다량 함유하고 있는 표토는 공사감독자의 지시 및 토양환경보전법에 따라 제거하여 처리하고 확인을 받아야 한다.

⑤ 신설 제방쌓기의 경우 기초지반과 흙쌓기 부위의 밀착 효과를 높이기 위해 제방단면의 기초지반에 미끄럼방지턱(key)을 만드는 조치를 취하여야 한다.

⑥ 침투수 및 빗물 등으로 물웅덩이가 생기기 쉬운 기초지반은 제방안전상 배수를 신속히 하기 위한 배수시설을 설치하여야 한다.

⑦ 신설제방 기초지반의 누수 및 파이핑 현상 억제를 위해 필요하거나 기설제방을 더돋기 및 단면확대를 할 경우는 기초지반 또는 기설제방 비탈면은 0.5 m ~ 1.0 m의 층따기를 하여 기초지반과 흙쌓기 부위를 치밀하게 밀착되도록 층따기 부위와 흙쌓기부를 동시에

제방축조 방향으로 다짐한다. 이때 층따기는 빗물이 잘 배수되도록 경사를 두어야 한다.

(2) 기존 구조물의 철거

- ① 수급인은 철거작업시 기존의 다른 시설에 피해를 끼치는 일이 없도록 필요한 모든 예방조치를 취하여야 한다.
- ② 사용 중인 교량, 배수통문 및 배수시설 등은 대체시설을 설치하여 통행 및 이용 불편 해소, 우수배제가 원활하도록 조치한 후에 철거하여야 한다.
- ③ 콘크리트 및 돌쌓기 구조물을 파쇄, 철거해야 하는 경우 기존 구조물의 일부를 재활용 시는 발파에 의한 철거를 해서는 안 된다.
- ④ 철거작업 시 발생된 콘크리트를 축제에 유용할 경우에는 공사감독자의 승인을 받은 후 최대 100 mm 이하로 부수어 혼합재료의 투수계수가  $1 \times 10^{-3}$  cm/s 이하가 되도록 하여 흙쌓기 및 기타 종류의 재료로 사용하여야 한다.
- ⑤ 이 기준에서 언급하지 않은 사항은 KCS 10 10 35 (1.5, 1.6), KCS 11 20 05 (3.3.2)를 따른다.

(3) 지하수와 제방의 안전

- ① 시공과정에서 설계조건보다 높은 지하수위를 접하게 되면 수급인은 공사감독자에게 보고하고 새로운 조건하에서 지하수에 대한 안전을 강구하는 조치를 취하여야 한다.

(4) 공사 중의 하천 유지관리

- ① 공사기간 중에도 하천이 기존의 홍수소통, 취·양수, 주운 등의 기능을 유지할 수 있도록 사전조치를 하여야 한다.
- ② 공사 중 홍수발생 및 각종 재난 상황을 대비하여 수방대책을 강구해야 하며, 사고 또는 재해 발생시 공사감독자에 상황보고 후 조치하여야 한다. 단, 응급대응이 필요한 경우에는 선 조치 후 보고하여야 한다.
- ③ 제방공사로 인한 인접 하천의 수질, 생태계, 친수성, 경관 등의 자연환경에 손상을 주어서는 안 된다.
- ④ 제방에 병설된 각종 시설물들의 기능이 손상되지 않아야 한다.

(5) 연약지반의 관리

- ① 연약지반 위에 제방축조시 설계도서대로 시공이 곤란한 경우에는 공사감독자에게 즉시 보고하고, 다음 사항을 충분히 조사, 검토하여 적절한 공법을 선정, 제시하여야 한다.

가. 연약지반의 특성(연약지반 깊이, 토층상태와 각층의 토질의 역학적 특성)

나. 흙쌓기 및 구조물 조건

다. 부지조건

라. 안정성(비탈면 및 기초지반 사면안정, 장기 및 즉시침하 등), 시공성, 경제성, 공사기간

- ② 시공기계의 중량을 지지할 수 없는 연약지반위에 흙쌓기를 하는 경우는 건설장비의 중량, 주행속도를 제한하고 제1층을 시공기계의 중량을 지지할 수 있는 최소두께까지 부설할 수 있다. 단, 제1층의 흙쌓기 두께는 공사감독자의 승인을 받아야 하며, 흙쌓기 재료는 균일하게 부설되어야 한다.

- ③ 제체의 안정 및 침하관리

- 가. 연약지반 위의 흠쌓기는 지표면 및 지반 내에 계측기(지표면형 침하계, 간극수압계, 경사계 등)를 설치하여 흠쌓기로 인한 지반의 압밀침하 진행상황과 지반의 파괴 및 융기현상 등을 지속적으로 파악하면서 시공하여야 한다.
- 나. 지반표면의 변위측정은 제방을 따라 단단한 지반에 기준 말뚝을 박고 흠쌓기의 영향을 받는 지반에 여러 개의 관측말뚝(변위말뚝)을 박아서 수평 및 연직변위의 크기를 계속 관측하거나 지표면변위계, 경사계 등을 설치 수평변위를 측정하여 그 진행속도에 의해 지반의 파괴현상을 조기에 예측하여야 한다.
- 다. 제방축조 기간 중 시간별 지반의 압밀진행속도, 지하수위변동, 지반 내 간극수압 변화 조사는 콘관입시험(KS F 2592 참조)과 같은 원위치 시험을 통하여 연약층의 강도증가 측정을 반드시 실시해야 하며, 보링을 하여 채취한 시료의 토질시험(포화된 점성토는 일축압축시험, 사질토나 불포화된 점성토는 삼축압축시험)도 계속적으로 이루어져야 한다.
- 라. 연약지반 조사 시 시험 종목은 건설기술 진흥법 시행규칙 제50조 품질시험 및 검사의 실시에 따른다.

④ 연약지반의 더돋기 관리

- 가. 여성이 고려된 연약지반상에 축조된 제방의 경우 침하 후에도 여유고가 확보되어야 하며 시공 중 여성높이 보다 침하량이 클 경우 추가 여성을 통하여 여유고를 확보하여야 한다.
- 나. 조사된 여성고 즉, 침하량 및 할증률은 흠의 배분계획, 설계토량의 변경, 시공 후 제방단면의 변화에 대한 대책을 수립하는데 기초자료로 활용하여야 한다.
- 다. 침하완료 후에도 하천등급에 따라 지정된 둑마루폭이 확보될 수 있도록 시공관리를 하여야 한다.

⑤ 흠쌓기속도 관리

- 가. 연약지반 위의 흠쌓기공사는 시공 중 계측기를 설치하여 공사의 안전성과 압밀의 진행상태를 조사하며 시행하여야 한다.
- 나. 흠쌓기 속도 관리는 대표지점의 토질조사 결과를 토대로 안전율의 시간경과치를 추적하여 공사의 공정이나 흠쌓기공사의 안전 등을 고려한 단계별 성토를 수행한다. 연약지반상의 흠쌓기 속도는 다음 표 3.4-1에 주어진 값 정도로 정하도록 한다.

표 3.4-1 연약지반에 따른 흠쌓기 속도 제한

지층	흠쌓기 속도(m/month)
두꺼운 점토질 지반, 유기질이 두꺼운 퇴적층 지반, 이탄질(泥炭質)지반	0.9
보통의 점토질 지반	1.5
얇은 점토질 및 흑니(黑泥)유기질토 지반, 얇은 이탄질 지반	3.0

## ⑥ 연약지반 개량공법

가. 연약지반 개량공법의 목적은 다음과 같이 구분할 수 있으며, 연약지반개량 시 포설된 수평배수재에 의한 홍수기간 중 침투유로 형성과 같은 이차적 문제 발생을 고려하여 선정한다.

- (가) 강도특성의 개선
- (나) 변형특성의 개선
- (다) 지수성의 개선
- (라) 동적특성의 개선 등

나. 연약지반 개량공법의 종류는 개량 원리에 따라 다짐, 고결열처리, 보강, 하중균형, 하중분산, 치환, 압밀배수 등의 공법들이 있다.

- (가) 다짐 : 샌드 컴팩션 파일 공법, 봉다짐 공법, 바이브로플로테이션공법 등
- (나) 고결열처리 : 표층혼합처리공법, 심층혼합처리공법, 약액주입공법, 소결공법 등
- (다) 보강 : 복토공법, 표층피복공법 등
- (라) 하중균형 : 압성토 공법
- (마) 하중분산: 침상공법, 시트넷, 표층혼합처리 등
- (바) 치환: 굴착치환, 강제치환, 폭파치환 등
- (사) 압밀배수: 프리로딩공법, 진공압밀공법, 전기침투공법 등

## (6) 사토

- ① 사토는 KCS 11 20 30를 따른다.

## 3.4.2 제방축조공사

## (1) 하천바닥파기 및 준설시공

## ① 제방쌓기용 토사파기

가. 제방쌓기용 토사파기의 구분은 공사기간이 긴 대규모공사의 경우는 20년 평균 저수위를, 공사기간이 짧은(1년 이내)경우는 공사기간 중 발생한 수위를 기준으로 하여 기준수위 이상의 하천 바닥파기는 육상 흙파기, 기준수위 이하의 하천 바닥파기는 수중 흙파기(준설)로 구분한다.

나. 육상 흙파기량에 비하여 수중 흙파기량이 상대적으로 적으며, 하천수심이 기준수위보다 높더라도 육상장비로 작업이 가능한 경우의 준설은 육상 흙파기로 간주한다.

② 하천바닥 흙파기를 할 경우에 수급인은 다음사항을 유의하여 시공하여야 한다.

가. 기존유로 특성변화의 최소화

- (가) 기존 유심부 하천바닥파기의 방지
- (나) 기존 저수로폭(상시수로폭)의 확대 방지
- (다) 기존 퇴적지의 과다 굴착 방지

나. 하천환경 변화의 최소화

- (가) 환경영향평가 협의사항 준수여부 검수
  - (나) 법정보호종의 서식처 발견시 공사감독자에게 보고 후 대책 강구 시행
- 다. 이·치수시설물의 안전

- (가) 시설제방 및 교각 등 횡단시설물과의 안전성 확보 여부
- (나) 지하수위에 영향을 미치는 요인(과도한 수위 저하 등)에 대한 충분한 검토와 대책이 강구 되었는지 여부

③ 기계시공 시 계획 흠파기

가. 단면에 대한 흠파기 오차의 허용범위는 ±10 cm정도이며 계획준설(수중흠파기)의 경우 준설 시 허용기준은 KCS 51 60 23의 관련규정에 따른다.

나. 하천바닥을 파는 폭이 넓어 일시에 전단면 시공이 불가능한 경우 저수로 파기는 유향이 나란하도록 구간을 나누어 유심부에서 하안 측으로 하류로부터 상류 측으로 시공하도록 한다.

(2) 흙의 배분

- ① 흙의 배분계획은 시행 개수구역 전반에 걸쳐 수립하여야 한다.
- ② 경우에 따라서는 주변의 타 발주자에 의해 이루어지고 있는 건설공사의 발생토를 고려하여 수립하여야 한다.
- ③ 흙의 배분계획에 있어 공사비에 크게 영향을 주는 운반거리는 가능한 한 짧도록 하여야 한다.
- ④ 흙의 배분계획은 지반의 장기적 압밀 등을 고려한 제방쌓기흙의 더돈기량과 제방쌓기흙 및 굴착(준설)토의 다짐상태가 다르므로 인한 토량의 변화량 등을 고려하여 수립하여야 한다.
- ⑤ 제방쌓기 지점의 대안 또는 상하류 굴착토를 제방쌓기에 이용하는 경우 흙의 배분계획은 운반로에 대한 공법의 검토와 병행하여 수립하여야 한다.
- ⑥ 굴착(준설)토의 토질이 제방쌓기에 합당하지 못할 경우 흙의 배분계획은 이 굴착(준설)토의 이용 여부에 따라 수립되어야 한다.
- ⑦ 현장 여건상 제방쌓기에 적합하지 않은 굴착(준설)토를 양질의 피복토와 혼합하여 사용해야 될 경우 흙의 배분계획은 이 굴착(준설)토를 이용계획에 포함하여 수립해야 하며, 이 굴착토의 이용이 경제적으로 불가능할 경우 흙의 배분계획은 사전에 주변여건을 고려한 잔토처리(활용)계획과 병행하여 수립하여야 한다.
- ⑧ 흙의 배분계획기법은 현장조건과 공사규모 등을 고려한 사용장비의 선정으로 공사비가 최소가 되도록 수립하여야 한다.

(3) 흠쌓기

- ① 흠쌓기 작업은 지반과 흠쌓기 재료의 성질에 따라서 공사시방서 또는 시험다짐 결과에 의해서 결정된 두께 이하로 하여 충분히 다져야 하며, 흠쌓기의 다짐두께는 점질토에서는 90% 및 95% 다짐 시 30 cm 이하로 하고, 사질토에서는 90% 다짐 시 30 cm 이하, 95% 다짐 시 20 cm이하로 하여야 한다.
- ② 구조물에 인접한 곳을 둘을 때에는 구조에 손상을 주지 않고 또한 편압을 주지 않도록 충분히 다져가며 뜯어어야 한다.
- ③ 뜯어는 각 층은 전체적으로 균등한 지지력을 갖도록 다져야한다. 이때에 협소한 넓이에서 전압기를 사용할 수 없는 경우는 래며, 기타 공사감독자의 승인을 받은 다짐기계에 의하여 다짐을 하여야 한다.

- ④ 다짐장비의 선정, 다짐횟수 및 포설두께 등의 다짐규정은 시험다짐을 시행한 후 정하여야 한다.
- ⑤ 재료가 동결되었을 때와 기 시공면이 동결되었거나 눈으로 덮여있을 때는 동결된 부분을 제거하거나 완전히 녹은 후에 시공하여야 한다. 또한 재료가 해빙되어 사용할 때는 재료의 적합성 여부를 판단하여 공사감독자의 승인 하에 사용하여야 한다.
- ⑥ 흙쌓기면에는 4% 이상의 횡단 기울기를 두며, 매일 작업 종료 시 또는 작업을 중단하는 경우에는 표면을 평탄하게 마무리하여 배수가 잘 되도록 한다. 또한 우기시는 흙쌓기면 붕괴를 방지하기 위해 비닐막 등을 설치하여야 한다.
- ⑦ 초지 및 고수부지에서의 흙쌓기는 따로 지시가 없는 한 설계도서에 표시된 소정의 두께로 층다짐을 해야 하며, 설계도서에 규정되어 있지 않은 경우에는 다짐 후 한 층의 두께가 최대 30 cm 이내가 되게 하여야 한다.
- ⑧ 높은 위치로부터 흙을 투하하는 방법은 흙의 깔기 및 다짐효과를 얻을 수 없고 또한 흙의 균질성이 파괴되므로 피하여야 한다.
- ⑨ 부지 내 흙쌓기는 자연 상태에서 다짐 없이 흐트러진 상태로 이동되므로 시험결과에 따라 다짐을 하여야 한다.
- ⑩ 흙쌓기 작업 중 건설업자는 일기변화를 고려하여 운반토는 당일로 다짐을 해야 하며, 항상 배수에 유의하여 표면에 물이 고이지 않도록 하는 것은 물론, 외부 유입수에 대한 배수처리도 시행하여야 한다.
- ⑪ 흙쌓기한 부분을 흙운반토로 사용하는 경우에는 특별한 지장이 없는 한 건설기계가 흙쌓기면을 균일하게 통과하도록 주행경로를 선정하여 균등하게 다져지도록 하여야 한다.
- ⑫ 토공 마무리면을 운반토로 사용하고자 하는 경우는 미리 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- ⑬ 법면경사는 설계도면에 맞도록 시공하되 별도의 법면다짐을 실시하여 강우에 의한 법면의 유실이 없도록 충분한 다짐을 실시하여야 한다.

(4) 층따기

- ① 지반경사가 1:4보다도 급한 곳에 흙쌓기를 하는 경우에는 원지반 표면에 층따기를 설치하여 흙쌓기와 원지반과의 밀착을 도모하고 활동을 방지하여야 한다.
- ② 기설제방의 단면확장이나 신·구제방 접합부의 제방쌓기를 할 때 제방 접합부의 활동을 방지하기 위해 기설제방 비탈면에 0.5 m ~ 1.0 m폭의 층따기를 하여 밀착시켜야 하며, 이때 각층의 폭은 토공용 장비가 원활한 작업을 할 수 있을 만큼 충분히 넓어야 한다.
- ③ 층따기에 발생한 재료는 흙쌓기 재료와 포함해서 사용한다.
- ④ 층따기 한 층의 최소높이는 50 cm로 하되 효율적인 다짐을 위하여 1회 다짐층 두께의 배수로 한다. 또 계단의 수평면 최소폭은 100 cm로 하고, 바깥으로 3 % ~ 5 % 횡단 경사를 둔다.
- ⑤ 층따기는 효율적인 다짐을 고려하여 성토 작업을 위한 최소폭은 롤러 다짐인 경우 3.0 m 이상, 불도자인 경우 4.0 m 이상으로 하고, 이보다 작은 구간은 기존체체를 절취하여 확보하여야 한다.

(5) 다짐

- ① 축제재료의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 90 % 이

- 상으로 하여야 한다.
- ② 흙쌓기 및 되메우기의 다짐은 층다짐으로 하여 다짐부위 전체가 균일한 다짐이 되도록 하여야 한다.
  - ③ 구조물 주변은 다짐도를 95 % 이상으로 하고, 구조물 주변의 뒷채움재는 반드시 양질의 성토재(SM 및 SC 등)를 사용하여 누수에 대한 안전을 확보하여야 한다. 이때, 구조물 주변 뒷채움의 범위는 구조물 측면의 경우 기초저면에서 다짐시공이 가능한 충분한 폭 이상으로 하여야 한다.
  - ④ 다짐장비의 선정, 다짐횟수 등의 다짐규정은 현장여건을 고려하여 정하여야 한다. 이때 제방쌓기 재료의 다짐도 및 포설두께, 관련 시험법은 표 3.4-2와 같다.
  - ⑤ 흙쌓기 한층의 두께는 별도 지시가 없는 경우 설계도서에 표시된 소정의 두께로 층다짐을 해야 하며, 설계도에 규정되어 있지 않는 경우에는 다짐 후 한층의 두께가 최대 30 cm 이 내가 되도록 하여야 한다.

표 3.4-2 제방의 축제 재료의 다짐 기준

구 분		기 준	시험법
시방 최소 밀도에서 수침CBR		2.5 이상	KS F 2320
다짐도	일반 구간	90 % 이상	KS F 2312 A, B
	구조물 뒤채움 구간	95 % 이상	KS F 2312 C, D
시공함수비		다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 해당 다짐밀도에 대응하는 습윤축 함수비 사이	
시공층 두께	일반 구간	30 cm 이하	한층의 마무리 두께
	구조물 뒤채움 구간	20 cm 이하	

- ⑥ 흙쌓기층은 균일한 밀도를 얻기 위해서 사전에 불도저 등으로 땅고르기를 하고, 물을 뿌리거나 아니면 적당한 방법으로 건조시켜 최적함수비에 가까운 상태로 조절하여 다져야 한다.
- ⑦ 롤러와 그레이더는 흙쌓기 재료를 고르게 다지는 데 충분한 수량을 확보하여야 한다.
- ⑧ 흙쌓기 및 되메우기 각 층은 다짐종료 후 다짐 검사를 받고, 승인을 얻은 후 다음층 시공을 하여야 한다.
- ⑨ 흙쌓기의 시공에 있어서는 전체가 균일한 다짐이 되도록 하고, 비탈면은 규정 다짐을 이상으로 다져야 한다.
- ⑩ 구조물에 인접한 부분과 같이 면적이 좁아 롤러류에 의한 다짐을 못하는 장소는 램머 및 전동식 다짐기계 또는 기타 공사감독자의 승인을 받은 다짐기계로 다져야 한다.

- ⑪ 지반이 복잡하여 규정된 포설두께로 다짐기계가 보통 운영을 할 면적이 얻어지지 않는 경우에는 제1층을 다짐기계가 운영할 수 있는 최소한 면적이 얻어지는 최소의 두께까지 인력으로 포설할 수 있으며, 이때 재료는 균일하게 포설하여야 한다.
- ⑫ 제방 횡단 구조물의 일반토사 되메우기 구간은 다짐층의 두께를 10 cm ~ 20 cm로 하여 램머나 전동식 다짐기계로 배수관 양측에 대칭으로 골고루 다져야 한다. 단 상단 30 cm 높이까지 다짐 되메우기가 완료된 후가 아니면 장비 다짐은 피하여야 한다.
- ⑬ 제방 횡단 구조물의 기초부 및 흙쌓기 구간의 되메우기는 구조물의 양측을 균등하게 메우면서 다져야 한다.
- ⑭ 흙쌓기 시공 중에 시공기계의 주행 등에 의하여 발생한 불량부분은 부적합한 재료를 제거하고 재시공하여야 한다.
- ⑮ 흙쌓기 층은 균일한 밀도를 얻기 위해서 사전에 불도저 등으로 땅고르기와 물을 뿌리거나 아니면 적당한 방법으로 건조시켜 최적 함수비에 가까운 상태로 조절하여 다지도록 한다.
- ⑯ 대규모제방 단면중 정규 제방단면 부분은 상기의 제방 다짐 기준을 따르고, 그 외 제내지 흙쌓기 구간의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 85 % 이상으로 하여야 한다.

(6) 다짐도 검사

- ① 흙쌓기 및 되메우기 다짐 후에 KS F 2311 에 의한 현장밀도가 표 3.4-2와 같이 되도록 다짐을 하여야 한다. 단, 설계도서에 다짐도가 결정되어 있는 경우는 설계도서를 따르도록 하며, 구조적인 안전성으로 인해 더 높은 다짐을 요구하는 경우에는 최대 건조밀도의 95 % 가 되도록 시공하여야 한다.
- ② 다짐 후 현장밀도 측정은 다짐층 별로 토질변화 시 또는 1,000 m<sup>3</sup>(단, 구조물 주변은 50 m<sup>3</sup>) 마다, 제방길이 방향으로 500 m마다 1회 이상 실시하며, 각 층은 다짐종료 후 다짐 검사를 받고, 승인을 얻은 후 다음 층 시공을 하도록 한다.
- ③ 다짐도 시험에 필요한 함수량 시험방법은 KS F 2306에 따르며, 급속함수량시험, 적외선 수분계 또는 방사성 동위원소를 사용한 측정장비(RI)를 사용할 경우에는 각 시험방법에 따른 보정값에 대하여 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- ④ 건조밀도에 의한 다짐도 규정방법은 현장 다짐 후의 건조밀도와 실내다짐시험에 의한 최대 건조밀도(최적함수비 상태의 건조밀도)와의 비를 규정하는 방법으로 가장 많이 이용되고 있다.

$$\text{다짐도} = \frac{\text{현장 다짐 후 건조밀도} (\gamma_d)}{\text{실내 다짐 후 최대 건조밀도} (\gamma_{dmax})} \times 100(\%) \quad (3.4-1)$$

⑤ 흙의 다짐시험

가. 흙쌓기공사에 사용할 각종 흙의 최대건조밀도, 최적함수비, 함수비 범위를 결정하여 만족할 만한 다짐을 얻기 위하여 KS F 2312 에 따른 흙의 다짐시험을 실시하여야 한다.

나. 다져진 흙의 현장밀도와 함수비는 KS F 2311 에 따른 현장시험에 의해 정하여야 한다.

다. 상대밀도

(가) 충격다짐으로 정확한 함수비 밀도곡선과 최대건조밀도를 구할 수 없거나 점성이 없고 배수가 잘되는 흙의 밀도를 결정하려면 KS F 2347 에 의한 현장밀도 시험에 따

라야 한다.

라. 평판재하 시험

(가) 19 mm 이상의 조립 혼입률이 30 % 이상인 재료의 경우는 KS F 2310에 의해 다짐도를 검사하여야 한다.

(7) 함수비 조정

- ① 제방쌓기용 흙으로서 함수비가 높은 육상 굴착토는 가능한 한 표면배수를 촉진시키고 또한 배수도랑을 파서 흙의 함수비를 낮추어야 한다.
- ② 재료의 함수량이 소정의 밀도를 얻기에 적합한 함수량으로 조절되거나 다짐규정에 맞는 적절한 함수상태가 되기 전에는 다짐을 하여서는 안 된다.
- ③ 건조시키거나 추가로 물을 뿌리거나하여 함수량을 조절하는 방법은 승인된 다짐장비의 기종에 따라 결정되어야 하고, 소요함수량은 다짐을 시행할 전층에 걸쳐 균일해야 하며, 다짐작업이 진행되는 동안 그 균일성을 유지하여야 한다.
- ④ 기상 등 자연조건이 과도한 함수량을 제거하는데 부적합한 경우에는 소정의 함수량을 얻을 수 있는 상태가 될 때까지 다짐작업을 연기하여야 한다.
- ⑤ 강우 시 함수비가 커짐에 따른 시공능률 저하를 방지하기 위해 임시 물막이나 차수시트를 덮는 등 가능한 최적함수비를 유지할 수 있는 함수비 조절방법을 강구하여야 한다.
- ⑥ 점성토는 지하수위의 저하가 어려우므로 얇은 층으로 나누어 취토함으로써 함수비를 조절하여야 한다.

(8) 토량의 변화

- ① 토량 변화율을 정하기 위한 L 및 C 값은 대규모 공사 시 실제 현장시험을 통하여 정해야 하며, 소규모 공사에서는 건설표준품셈에 제시된 토량변화율을 적용한다.
- ② 흙의 변화율 파악은 정확한 시공계획을 수립할 때 매우 필요하며, 이 변화율은 대규모공사의 경우 현장시험을 거쳐 결정하고, 그렇지 못한 소규모공사의 경우 건설표준품셈(체적환산계수 적용)에 제시된 토량 환산계수를 이용한다. 이때, 토량의 변화율 L(호트러짐 토량환산계수)과 C(다짐 토량환산계수)는 다음의 식 (3.4-2), 식 (3.4-3)의 계수로 표시된다.

$$L = \frac{\text{호트러진상태의토량(m}^3\text{)}}{\text{자연상태의토량(m}^3\text{)}} \quad (3.4-2)$$

$$C = \frac{\text{다져진상태의토량(m}^3\text{)}}{\text{자연상태의토량(m}^3\text{)}} \quad (3.4-3)$$

- ③ 제방 기초지반의 침하량은 토질시험과 더불어 침하 계산을 통해 파악하고 이 값은 흙쌓기량에 반영되어야 한다.

(9) 제방의 더돋기

- ① 제방의 더돋기는 제방쌓기 후 체체 및 기초지반의 장기적 압밀을 충분히 고려하여 설계도서에서 명시된 높이로 시공하며 기초지반이 연약하지 않거나 소규모공사의 경우는 표 3.4-3을 기준으로 시공하여야 한다.
- ② 더돋기는 제방마루 뿐만 아니라 전 단면에 대하여 여유를 갖도록 시공하여야 한다.

표 3.4-3 더듬기 높이의 기준

(단위:cm)

제체의 특성		보통흙		모래·자갈	
		보통흙	모래섞인 자갈 자갈섞인 모래	보통흙	모래섞인 자갈 자갈섞인 모래
기초지반의 토질					
통일분류법에 의한 기초지반의 토질		SW, SP SM, SC	GW, GP GM, GC	SW, SP SM, SC	GW, GP GM, GC
제방 높이	3 m 이상 3 ~ 5 m 5 ~ 7 m 7 m 이상	20 30 40 50	15 25 35 45	15 25 35 45	10 20 30 40

(10) 누수방지

① 누수방지공법은 제방 및 기초지반 조건과 배후지 여건에 따라 크게 좌우되므로 다음 사항을 충분히 검토하여 선정하여야 한다.

가. 유선망, 침투압, 누수량, 제방의 안전성 및 파이핑 현상 등을 충분히 검토하여 제방안전에 위험성이 없어야 한다.

나. 현장에서 시공이 용이하면서 확실한 시공을 기대할 수 있어야 한다. 다. 현지여건을 면밀히 검토하여 경제적 시공이 되도록 하여야 한다.

다. 주변여건(지하수위, 토지이용 등)을 충분히 조사하여 시공 후 여건변동에 따른 문제점이 발생되지 않도록 하여야 한다.

② 누수방지공의 시공 검측

가. 누수방지공은 시공 후 현지관측을 통해 확실성을 검증해야 하는데 실험적 방법으로는 답수(湛水)실험, 양수(揚水)실험이 있다.

나. 홍수 시 검측방법은 제체 및 기초지반 대책공의 지수효과 판정에 적용되며 홍수 시 제체 내에 설치한 관측공 또는 원위치 시험을 통해 지반 내에 수두(水頭)를 측정하는 방법이다.

③ 누수방지대책공법

가. 누수방지대책공법은 홍수 특성, 축제 이력, 토질 특성, 배후지의 토지이용상황, 효과의 확실성, 경제성 및 유지 관리 등을 고려해서 적절한 공법을 선정하며, 제체침투보강공법 및 기초지반침투보강공법으로 나눈다.

나. 제체침투보강공법은 제체 동수경사 저감 및 경사면 파괴 활동 안전성을 증가시키기 위한 단면확대공법, 강우나 하천수의 제체 내 침투를 방지·억제하기 위한 앞비탈면 피복공법 등이 있다.

(가) 단면확대공법은 제체 및 기초지반 침투 모두에 대해 효과적이고, 신뢰성이 높기 때문에 보강공법의 선정 시 일차적으로 생각해야 하며, 단면확대 방향의 경우 제외지 방향, 제내지 방향 양자 병용 등에서의 기능이 다르기 때문에 재료선정에 유의할 필요가 있다. 단면확대공법의 축제재료는 전단강도의 경우 기설 제방과 동등 이상의 전단강도를 가져야 하며, 투수성의 경우 기설 제체 보다 제외지 측 보강인 경우 불투수성의 재료, 제내지 측 보강의 경우 투수성이 큰 재료 등을 이용한다.

(나) 앞비탈면 피복공법은 투수성이 좋은 모래나 사질토나 역질토로 구성된 투수성이 큰 제체에서 고수위 시 하천수의 앞비탈면으로부터 침투를 억제하기 위해 불투수성 재료를 피복하는 보강공법이다. 이때 피복재료는 불투수성의 흙재료나 차수 시트 등의 토목섬유와 같은 인공재료를 사용한다. 또한, 차수 시트 등의 피복 재료는 강우의 침투에 의한 잔류 수압이나 유수 등에 기인해서 파괴나 부력이 발생할 우려가 있으며, 이 같은 경우에는 차수시트와 복토 및 콘크리트 블록 등의 조합을 검토하여야 한다. 앞비탈 피복공의 범위는 원칙적으로 앞비탈 기슭부터 앞비탈 머리까지의 범위로 할 필요가 있다.

다. 기초지반침투보강공법은 기초지반에 차수벽을 설치하여 침투파괴를 방지하는 차수공법 및 제외지 쪽 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복함으로써 침투유로의 연장을 통한 침투압을 저감하는 피복공법 등이 있다.

(가) 차수공법은 앞비탈 기슭, 독마루, 소단 부근의 기초지반에 차수벽을 설치하여, 하천으로부터 기초지반에 침투하는 수량과 수압을 경감하고, 침투파괴의 방지를 도모하는 공법이다. 차수공법에는 시트파일공, 연속지중벽공, 그라우트공 등이 사용된다.

(나) 고수부 피복공법은 제외지 쪽의 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복하는 것을 기본 구조로 한 것으로, 침투유로를 연장해서 기초지반의 침투압을 저감시켜 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 방법이다. 피복단면은 피복 길이 및 두께를 변화시켜 가며 침투계산과 안정계산을 반복적으로 행하여 경사면 파괴 및 파이프에 대한 안전성을 확인하는 방법으로 결정한다. 이때 피복재료는 불투수성(투수계수(k)가  $1 \times 10^{-5}$  cm/s이하)의 토질재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등을 사용한다.

#### (11) 하상토 안정처리공법

① 앞서 언급된 제방재료기준을 하상토 활용 재료가 만족시키지 못할 경우에는 하상토 활용을 위한 안정대책을 수립한다. 하상토 활용에 따른 안정대책공법은 크게 입도조정기법(입도조정공법, 첨가제안정처리공법), 함수비조정기법(공기건조공법, 트랜지컬착공법, 강제건조공법)등이 있다.

② 입도조정기법은 제방 재료로 요구되는 재료특성을 만족하는 입도분포특성을 얻기 위하여 하상토와 양질토를 혼합하는 기법이다. 이때, 입도조정기법의 적용에 따라 점성토는장비주행성이, 사질토는 투수성 등이 개선되어 양질의 하천 제방 재료가 된다. 하상재료를 혼합하여 사용할 경우 혼합할 재료의 두께 및 혼합횟수는 현장평가시험을 수행하여 적용하며, 현장평가시험은 혼합층 두께 1.0m 이하, 최소 10m×10m 이상의 면적에서 시험·혼합하여 혼합에 따른 입도분포의 적정성을 평가한다.

③ 첨가제안정처리공법은 첨가제 종류에 따라 시멘트안정처리공법, 석회안정처리공법, 기타 안정처리공법 등으로 구분된다. 본 공법은 1) 높은 강도 및 강성이 요구되는 경우, 2) 기상영향을 최소화하고, 장기적 안정성을 고려할 경우, 3) 다짐 부족을 보충할 경우, 4) 초연약토의 개량을 필요할 경우, 5) 장비 주행성을 확보할 필요가 있는 경우, 6) 굴삭 및 흙 운반을 쉽게 할 필요가 있는 경우 등에 사용된다.

④ 함수비조정기법은 하상토의 함수비특성이 고함수비로 재료기준을 만족하지 못할 경우 함

- 수비 저하를 유도하는 공법으로서 공기건조공법, 트랜치굴착공법, 강제건조공법 등이 있다.
- 가. 공기건조공법은 고함수비 점성토를 제방축조재료로 활용할 경우 탈수 목적으로 자연 지반 또는 성토용지 내에서 포설한 흙을 포설 한 다음 장시간 햇빛에 노출시켜 건조시키는 극히 단순한 공법이다. 본 공법의 단점은 공기건조 중에 예측하지 못한 경우를 맞으면 오히려 함수가 높게 되어 역효과도 가져올 수 있으므로 주의를 요하고 토공량이 많을 경우 공기건조를 할 수 없다.
- 나. 트랜치굴착공법은 트랜처 또는 유압 셔블로 자연지반에서 고랑을 만들어 지하수위 및 자연함수비 저하를 유도하는 공법으로서 해안매립지반의 천층 처리에 많이 활용된다. 본 공법은 고함수비 점성토의 경우 처리기간이 길고, 그 효과도 별로 크지 않는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 공법은 단독 사용 보다 공기건조와 병행하여 이용하는 것이 바람직하다.
- 다. 강제건조공법은 특수건조플랜트 설비를 이용하여 가열처리하여 강제적으로 함수비를 저하시키는 방법이다. 본 공법은 특수플랜트를 설치하기 때문에 토공량이 작을 경우 경제성이 없으며, 거리에 따라 운송비가 커지는 경우가 있다.

(12) 향타 시 소음·진동방지

① 다음의 장비를 2일 이상 사용하는 공사로서 소음·진동관리법 시행규칙 제21조 제1항에 해당하는 특정공사는 공사개시 3일 전까지 특정공사 사전신고서를 시·도지사에게 제출하여야 한다.

가. 향타기·향발기 또는 향타향발기(압입식 향타 향발기는 제외한다.)

나. 병타기

다. 착암기

라. 공기압축기

마. 건물파괴용 강구

바. 브레이커

사. 굴착기

아. 발전기

자. 로우더

차. 압쇄기

② 향타 시 소음·진동 방지

가. 향타기는 유압해머, 초고주파 향타기 등 소음이 적은 향타기를 사용하여야 한다.

나. 말뚝을 하역하거나 달아올리는 작업 시 불필요한 소음이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(13) 비탈면 더돋기

① 비탈면 더돋기는 그림 3.4-1에서 보듯이 기존 제방 보축 또는 하천환경 개선을 위한 정비 시 기축조된 급경사 제방을 완경사로 조정하여 생태기능을 극대화하는 기법으로서 기존 콘크리트 블록을 존치하여 콘크리트 폐기물 발생을 억제하고, 기존 급경사 제방을 복토하여 완경사 시킬 때 사용한다.

② 불필요한 고수부지는 호안이 없는 완만한 경사의 추이대로 형성시켜 생태기능을 개선

시키며, 기존 호안은 안쪽에 존치되므로 치수로부터의 안전성도 도모할 수 있다.

- ③ 복토는 침식 및 사면안정에 대한 역학적 안정성을 검토하여 최소두께 30 cm 이상으로 하며, 작은 홍수의 초기단계에서 표토가 유실될 우려가 있는 경우 조속한 식생처리가 요구된다. 따라서 복토를 시행할 때는 다음과 같은 사항을 고려한다.

가. 식생의 조기 활착을 도모하며, 가능한 한 대상 하천의 표토를 사용한다.

나. 홍수기 까지 어느 정도 식생이 정착 할 수 있도록 시공 시기를 조절한다.

다. 수제부는 쉼단과 식생매트, 나무 말뚝, 사석 등으로 일정기간 보호한다.

라. 통수단면 확보가 어려운 경우에는 기존 호안 상단을 제거한 후 비탈면 더튼기를 시행할 수 있다.

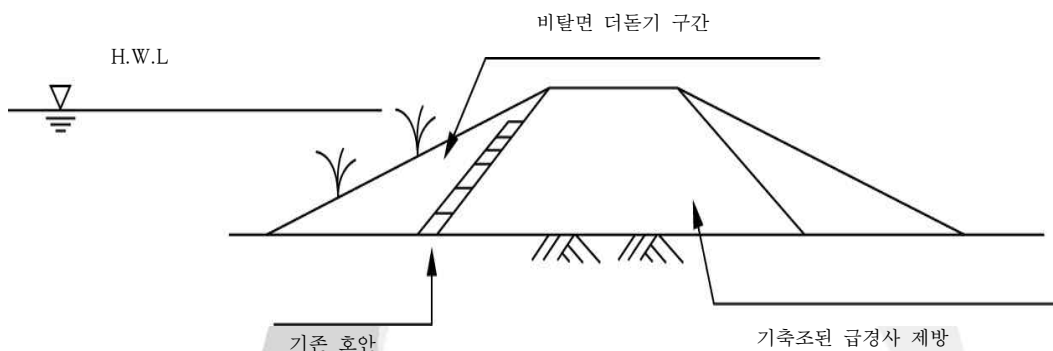


그림 3.4-1 비탈면 더튼기의 설치

(14) 대규모 제방(super levee)

- ① 대규모 제방의 재료는 제방으로서의 조건과 단지조성 등의 토지이용조건 등을 동시에 만족하는 것을 요구하며, 다음과 같은 재료기준을 모두 만족하여야 한다.

가. 통일분류법에 의한 제방재료 기준 중 조립토(자갈입자G, 모래입자S) 또는 세립토에 속하고, 원칙적으로 특수토에 속하지 않으며, 특수토인 경우 적절한 처리를 시행하면 제외된다.

나. 유해물질은 기준치 이상 함유하지 않는다. 또한, 제방재료는 1) 법률로 정해진 산업폐기물, 2) 벤토나이트, 온천 여토(余土), 산성백토, 3) 동토(凍土), 빙설, 초목, 그루터기 등은 사용하지 않는다.

② 대규모 제방의 허용잔류 침하량은 제방 상부가 일반 토지이용에 공급되는 것을 감안하여 건물 및 지중 매설물에 대해서도 지장이 없도록 관련 기관이 규정한 기준치를 참고하여 정한다. 이때 허용잔류 침하량은 대규모 제방 완성 후 인도 이후에 발생하는 침하량을 말한다.

③ 대규모 제방 인접 지구는 상공업 지역과 주택지로서 토지가 이용되고 있는 경우가 많으며 제방 성토시공에 따라 발생하는 측방변위와 압밀침하에 의해 인접 구조물에 장애가 발생할 우려가 있다. 이와 같은 대규모 제방 성토에 의한 영향이 예상될 경우는

수치해석에 의한 응력-변형 해석이나 압밀침하 해석을 실시한 후, 산출된 변위량이 허용치 이하인지 여부를 확인하여 대책을 강구한다.

#### (15) 토취장

- ① 수급인은 토취장의 위치, 제거해야 할 표토의 두께, 땅깎기할 적합한 재료층의 두께, 사용할 재료의 종류 및 흙쌓기 현장까지의 평균 운반거리 등이 기재된 사용승인 신청서를 제출하여 승인을 얻은 후 시행하여야 한다.
- ② 수급인은 토취장 시료 및 액소성시험, 비중시험, 입도시험, 함수량시험, 투수시험, 전단시험 등의 시험성과표를 공사감독자에게 제출하여 흙쌓기용 재료로서 사용가부를 판정 받아야 한다.
- ③ 수급인은 토취장의 부적합한 지층이나 부분을 제거하여 흙쌓기에 적합한 양질의 재료만을 사용한다.
- ④ 토취장의 진출입로의 안정성은 충분히 확보되어야 한다.
- ⑤ 흙을 채취하는 동안에 토질의 변화가 있을 때에는 즉시 공사감독자에게 보고하고 지시에 따라야 한다.
- ⑥ 운반로 상에서 발생하는 소음, 먼지나 악취의 방지처리를 필요로 할 때에는 KCS 51 10 05 (1.7)을 따른다.
- ⑦ 토취로 인하여 인근 구조물에 이상침하, 활동 등 예측하지 못한 사태가 발생할 우려가 있을 때는 즉시 공사감독자에게 보고하고 지시에 따라야 한다.
- ⑧ 수급인은 승인된 토취장이더라도 지정된 범위를 벗어나서 깎아서는 안 되며, 원지반의 중·횡단 측량성과를 검측하기 전에는 어떠한 재료도 제거해서는 안 된다.
- ⑨ 토취장은 배수의 원활을 도모하고 주변지형과의 조화를 이룰 수 있도록 균일한 단면과 경사로 깎아야 하며, 깎기 작업이 완료되면 정확한 수량측량이 가능하도록 바닥과 비탈면을 다듬고 정리하여야 한다.
- ⑩ 토취장이나 채석장의 사용이 완료되면 수급인은 토취장이나 채석장뿐만 아니라 공사 중 점유했던 주변시설까지도 깨끗하게 정리해야 하며, 배수시설이 필요한 경우에는 필요한 조치를 취하여야 한다.
- ⑪ 수급인은 토취장이나 채석장의 개발 허가 관서에서 지시한 원상복구 및 조경 등의 의무나 토취장 땅깎기로 조성된 비탈면의 안정, 운반로로 이용한 도로의 보수 및 정비 의무를 충실히 이행하여 사후 분쟁의 요인을 없애야 하며, 이러한 의무사항을 완료하였다는 증명서를 발급받아 그 사본을 공사감독자에게 제출하여야 한다.

#### 3.4.3 제방마감공사

##### (1) 제방 비탈면 만들기 및 다짐

- ① 제방 비탈면은 제방단면의 더돋기 및 각종 침하에 대비한 시공단면을 갖도록 만들어야 한다. 이때 비탈에 따른 더돋기 폭은 높이별로 달리하여야 한다.
- ② 비탈면 만들기 및 다짐은 제방본체의 압밀침하가 상당히 진행된 후 행하여야 한다.

- ③ 비탈면 재료와 본체 재료는 가급적 동질이어야 하며, 이질재료를 사용할 경우 제체 내에 뚜렷한 계층이 생기지 않도록 두 종류의 재료를 혼합하여 사용하여야 한다. 또한 비탈면 다짐도는 제방다짐도와 같은 90 % 이상이어야 한다.
- ④ 불도저 다짐은 비탈경사가 1:2 정도보다 완만할 경우에 적합하며, 비탈면을 따라 종, 횡으로 주행하면서 행한다.
- ⑤ 진동 콤팩터 또는 소형 진동롤러 다짐은 본체 흙쌓기와 비탈면 흙쌓기를 구분하여 시행할 때 비탈면 흙쌓기에 적합하며, 본체 비탈기슭부터 다짐 폭 30cm 이상, 다짐 두께 30~50cm로 하여 다져올라 간다. 특히 제방 본체의 비탈면은 느슨한 상태이므로 비탈면을 다질 때 이 경계부분의 다짐은 확실하게 하여야 한다.(그림 3.4-2참조)
- ⑥ 제방 비탈면의 다짐은 비탈면 흙쌓기 재료와 제방 본체 재료와 밀착되지 않으므로 인해 발생될 비탈면의 활동붕괴를 방지하기 위해 확실하게 실시하여야 한다.

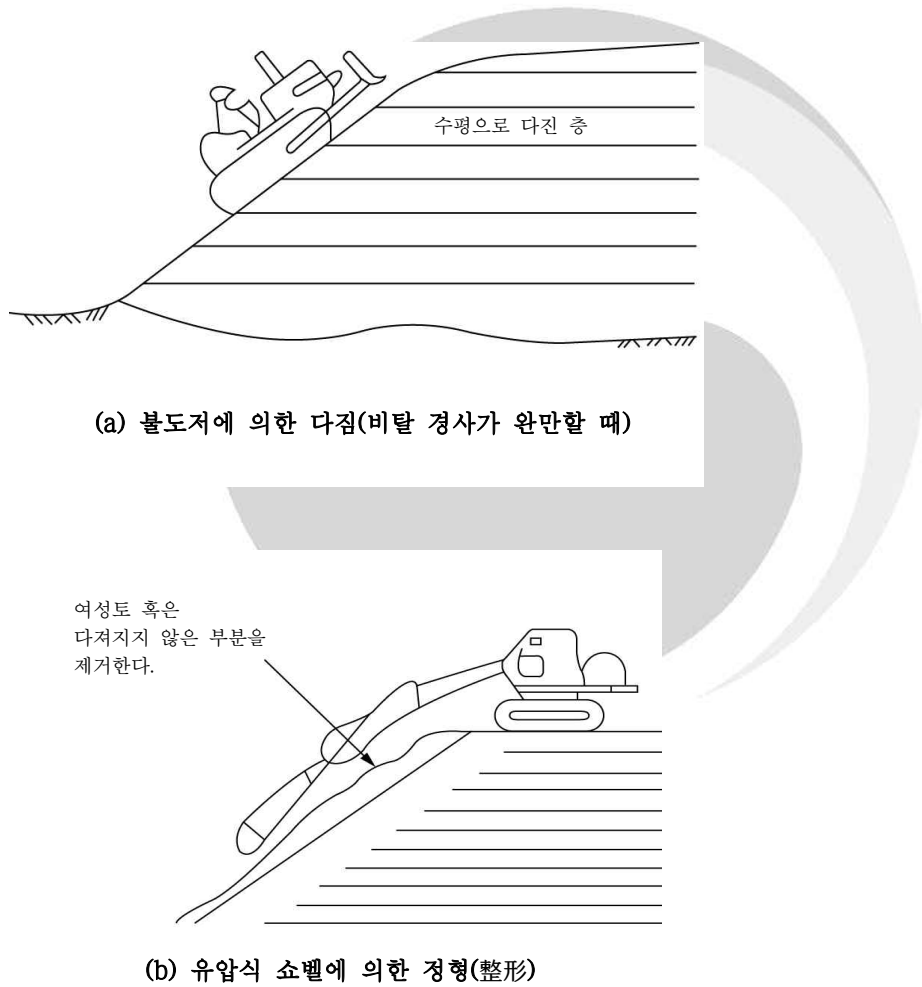
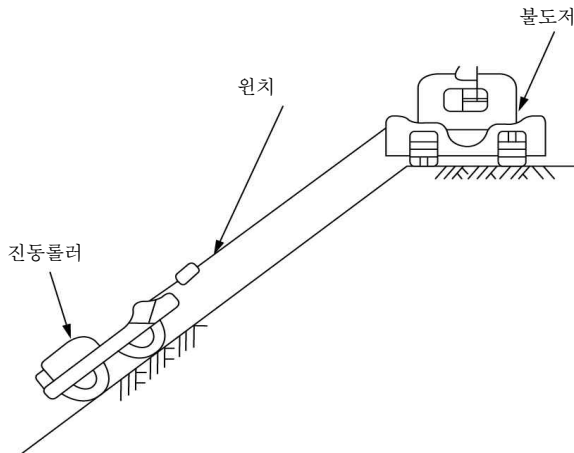


그림 3.4-2 비탈면 다짐 방법



(c) 진동롤러에 의한 다짐

그림 3.4-2 비탈면 다짐 방법(계속)

(2) 제방 비탈면 마감

- ① 제방비탈면 마감은 비탈기준틀을 설치하여 시공해야 하며, 기준틀의 설치간격은 지형 또는 시공단면 등에 따라 다르나 굴착 및 흙쌓기의 경우 직선부는 20~50 m 정도로 하고 곡선부의 경우는 5~10 m 정도로 한다.
- ② 제방비탈면은 떼붙임이나 여러 가지 호안공 등으로 덮어서 보호해야 하며, 이들 떼붙임 및 호안공설치는 제방비탈면의 마감과 더불어 시행하여야 한다.
- ③ 제방비탈면은 강우 또는 유수에 의한 세굴붕괴에 안전한 보호공을 설치하여야 한다.

(3) 하천 제방과 하천구조물 접속부의 시공

① 국부세굴방지 시공

가. 제방과 교량, 보·낙차공, 수문, 취수구, 암굴착 시종점 등의 각종 하천 구조물과의 접속부는 그 기능 및 재료의 상이함으로 인하여, 홍수류에 취약할 수 있으므로 이 구간에서의 시공에 유의해야 하며 반드시 호안공을 설치하여야 한다.

나. 특히 제방과 취·배수구의 날개벽 및 바닥의 접속부에서 강한 와류가 발생하며, 이로 인한 소규모의 세굴이 제방 전체의 유실로 확대될 수 있으므로 이 구간에서의 정밀 시공이 필요하며 반드시 호안공을 설치하여야 한다.

② 만곡부의 시공

가. 하천의 만곡부는 2차류의 영향으로 큰 소류력이 발생하며 만곡부의 외측에 하상세굴이 발생하기 쉬우므로 이 구간에서의 시공에 유의하여야 한다.

나. 일반적으로 만곡부 외측의 곡선부가 거의 끝나는 부분에서 제방의 유실이 많이 발생하는 경향을 보여주므로 이 구간에서의 시공에 특히 유의하여야 한다.

(4) 축제완성단면

- ① 흙쌓기, 부체도로, 수로, 토취장 등의 모든 비탈면은 설계도서에 명시되어 있는 선형, 기울기에 따라 깨끗하게 마무리하여야 한다.
- ② 비탈면에 떼를 심거나 기타 수목을 식재할 경우에는 최대 크기 6 cm 이상의 돌덩어리

는 전부 제거하여야 한다.

③ 축제의 완성단면은 설계도서에 명시된 더돋기 높이로 시공해야 하고 독마루 배수를 위한 횡단경사는 설계도서에 따르고 비포장일 때에는 3~6%의 포물선형으로 설치하여야 한다.

(5) 독마루 표면 마무리

① 제방 독마루는 독마루보호와 유지관리를 위하여 콘크리트나 아스팔트 등으로 포장하거나 잡석, 순환골재, 보조기층재 등을 부설한다.

② 포장은 KCS 44 50 00을 따른다.

③ 잡석 및 순환골재를 부설할 경우 표면 마무리층 두께는 20cm 이상이어야 하고, 도로의 보조기층재에 준한 다짐(상대 다짐도 95%)을 시행한다.

### 3.5 현장 뒷정리

(1) 뒷정리공은 본 공사가 완료된 후에 이루어져야 할 뒷정리 작업으로서 가설물 및 기준틀 철거, 공사 중 변경된 형질의 원상복구, 공사 중 파괴된 기존 구조물의 보수, 공사주변의 청소 등이며, 이는 본 공사가 끝난 후 깨끗이 정리하여야 한다.

(2) 공사완료 후 불필요한 가설물, 안전시설, 공해대책시설, 각종 표지, 수위표 등은 신속히 철거하여야 한다.

(3) 공사 중에 사용한 기준틀은 흙쌓기 비탈면이 손상되지 않도록 철거하여야 한다.

(4) 하천부지 내에 설치한 공사용도로는 철거하여 원상으로 회복시켜야 하며, 보존시킬 필요가 있는 운반로는 양호한 상태로 정비하여야 한다.

(5) 공사구역 내에 산재하여 있는 공사용 폐품은 전부 모아서 처분하여야 한다.

(6) 공사 중 손상된 기존 용·배수로 및 하천과 구조물은 제 기능을 발휘할 수 있도록 보수하여야 한다.

2023년 집필위원(전면개정)

성명	소속	성명	소속
황종훈	동부엔지니어링(주)	이병복	동부엔지니어링(주)
이승희	동부엔지니어링(주)	권용덕	동부엔지니어링(주)

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김태웅	한양대학교
김희석	한국건설기술연구원	배영상	수성엔지니어링
류상훈	한국건설기술연구원	안재현	서경대학교
안준혁	한국건설기술연구원	안희복	(주)이산
이상규	한국건설기술연구원	이규원	동부엔지니어링
이승환	한국건설기술연구원	이승오	홍익대학교
이여경	한국건설기술연구원	임인석	(주)동성엔지니어링
이용수	한국건설기술연구원	장창래	한국교통대학교
주영경	한국건설기술연구원	최병규	(주)이산
최봉혁	한국건설기술연구원	황만하	한국수자원공사
허원호	한국건설기술연구원		

(가나다 순)

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김재윤	한국수자원공사	장범수	국토안전관리원
송석근	(주)삼안	지운	한국건설기술연구원
유철상	고려대학교	최성욱	연세대학교
이종세	케이씨아이		

소관부처

성명	소속	성명	소속
김보현	하천계획과	강성안	하천계획과
정창명	하천계획과		

KCS 51 60 05 : 2023

## 하천 제방

---

2023년 9월 1일 개정

소관부서 환경부 하천계획과

관련단체 한국수자원학회

06671 서울시 서초구 효령로 237, 302호(서초동, 서초한신리빙타워)

Tel : 02-561-2732 E-mail : sujw@chol.com

<http://www.kwra.or.kr>

한국하천협회

06130 서울시 강남구 테헤란로7길 22(역삼동 635-4)

Tel : 031-555-7962 E-mail : master@riverlove.or.kr

<http://www.riverlove.or.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>