

KDS 51 60 05 : 2016

하천 제방

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 하천 설계 시 제방에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년. 월)
하천 설계기준	• 하천 설계기준 제정	제정 (1980.07)
하천 설계기준	• 전면적인 미비점 보완	개정 (1993.12)
하천 설계기준	• 교량설치에 따른 수리학적 검토 및 현실적인 유출량 산정방법의 개선	개정 (2000.05)
하천 설계기준	• 치수, 이수 및 하천환경을 고려한 자연친화적인 하천설계 개념 도입 등을 수행함	개정 (2005.05)
하천 설계기준	• 하천제방과 관련된 조사, 계획, 설계의 적용에 한정하여 기준에 대한 기술적 재검토 및 개편 수행	개정 (2009.09)
KDS 51 60 05 : 2016	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비함	제정 (2016.06)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 하천계획과

관련단체 (작성기관) : 한국수자원학회 (한국수자원학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어의 정의	1
1.3 시설물의 구성	2
1.4 참고기준	3
2. 조사 및 계획	3
2.1 일반사항	3
2.2 조사	3
2.3 계획	5
3. 재료	6
3.1 일반사항	6
4. 설계	7
4.1 제방 설계	7

하천 제방

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 제방 설계 시 조사사항과 설계기준에 관한 사항을 다룬다.
- (2) 이 기준에서 취급하는 제방은 하천에 설치되는 하천제방에 한하며, 하구에 설치되는 해안보호제방과는 구별된다.
- (3) 이 기준에서 언급하는 제방은 평균 높이가 0.6 m 이상인 제방을 의미한다.
- (4) 이 기준에서 언급하는 제방은 완성제방에 한정한다.

1.2 용어의 정의

- 제방: 유수의 원활한 소통을 유지시키고 제내지를 보호하기 위하여 하천을 따라 흙으로 축조한 공작물(그림 1.2-1 참조)

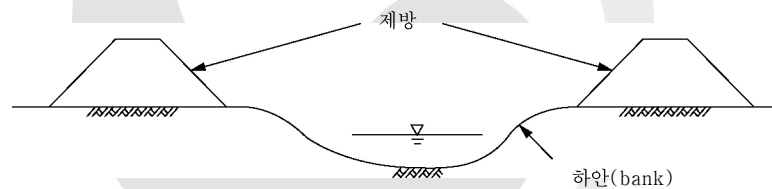


그림 1.2-1 제방과 하안

- 제방고: 평균해수면으로부터 제방 윗부분의 높이
- 둑마루폭: 제방 윗부분의 폭
- 굴입하도(堀入河道): 하도의 일정구간을 평균적으로 보아 계획홍수위가 제내지반고보다 낮거나 둑마루나 홍벽의 마루에서 제내 지반까지의 높이가 0.6 m 미만인 하도(그림 1.2-2 참조)

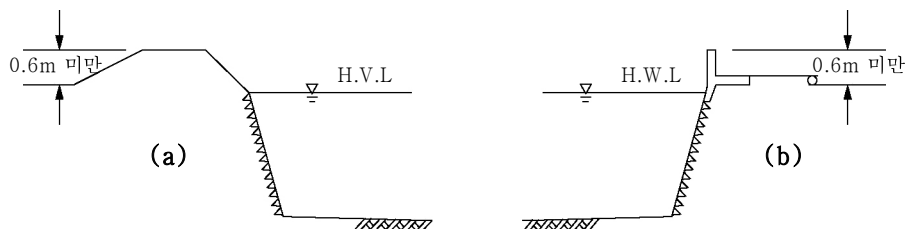


그림 1.2-2 굴입하도

하천 제방

- 완전굴입하도(完全堀入河道): 굴입하도 중 독마루가 제내지반보다 낮은 하도(그림 1.2-3 참조)

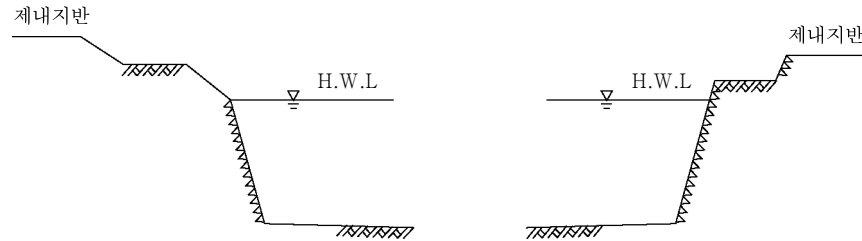


그림 1.2-3 완전굴입하도

- 완성제방: 계획홍수에 대한 구조적 안정성이 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

1.3 시설물의 구성

(1) 제방의 구조 및 종류

- ① 일반적인 제방의 구조와 명칭은 다음 그림 1.3-1과 같으며, 필요에 따라서 형태를 조정해 사용할 수 있다.

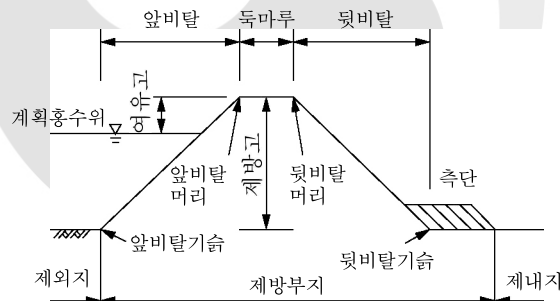


그림 1.3-1. 제방단면의 구조와 명칭

- ② 일반적으로 분류할 수 있는 제방의 종류는 다음과 같다.

- 가. 본제(Main Levee)
- 나. 부제(Secondary Levee)
- 다. 놀둑(Open Levee)
- 라. 윤중제(둘레둑, Ring Levee)
- 마. 횡제(가로둑, Cross Levee, Lateral Levee)
- 바. 도류제(Guide Levee)
- 사. 가름둑(Separation Levee)
- 아. 월류제(Overflow Levee)
- 자. 역류제(Back Levee)

③ 대규격제방(대제방, Super Levee)

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

1.4 참고기준

1.4.1 관련 설계기준 및 법규

(1) 이 기준을 적용할 때 관련 코드와 관련 법규를 고려하여야 한다. 이 기준과 관련된 코드 및 법규는 아래와 같다.

(2) 관련 코드

- KDS 54 00 00
- 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2014)

(3) 관련 법규

- 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(행정자치부령 제43호, 2015.11.16.)
- 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부령 제 223호, 2015.7.22.)
- 농어촌도로 정비법(법률 제13828호, 2016.1.27)

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

(1) 제방을 설계하기 위한 조사는 예비조사 및 현지답사, 본조사, 보완조사로 구분하여 실시한다.

- ① 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 탄성과 탐사, 전기비저항 탐사 등의 비파괴 조사를 실시할 수 있다.

2.2 조사

2.2.1 계획법선의 지반조사

(1) 하천제방의 지반조사로서 예비조사 및 현지답사, 본조사, 보완조사를 계획 법선에 따라서 실시한다.

(2) 예비조사 및 현지답사에서는 계획법선 부근의 토질조사 자료와 지질 답사 자료를 중점적으로 수집하고 지형도나 항공사진 측량 결과 및 공사기록 자료 등을 수집한다.

하천 제방

- (3) 본조사는 지반을 구성하고 있는 토층의 종류, 층의 두께, 깊이 방향에 따른 강도의 변화, 지지층의 심도 및 그 개략적 강도 등을 알기 위한 것으로 시추조사, 표준관입시험 및 사운드(Sounding)시험, 물리탐사와 토질시험을 실시한다.
- (4) 보완조사는 예비조사 및 현지답사, 본조사 등에서 개략적으로 판정된 연약지반 및 투수성지반에 대하여 추가적으로 실시한다.
 - ① 연약지반조사는 점토지반, 사질지반 등의 지반상황 및 연약지반의 규모에 따라 시추조사의 경우 100 m 간격으로 1개소, 사운드 조사의 경우 20~50 m 간격으로 1개소 실시함을 원칙으로 하며, 이때 심도는 제방의 침하나 안정에 영향을 미치는 깊이까지로 한다.
 - ② 투수성조사는 계획노선을 따라 100 m 간격으로 횡단방향 2개소에 대하여 실시하며, 깊이는 불투수층까지를 기준으로 한다.

2.2.2 제체재료 선정을 위한 조사

(1) 예비조사 및 현지조사

토취장 예정지의 지형·지질·토질 등에 관한 자료의 수집, 토취장 예정지의 표층조사, 운반경로 및 운반거리를 위한 현지답사, 공사용 도로의 적합 판정 등을 수행한다.

(2) 본조사

- ① 토질시험: 채취된 시료는 필요에 따라 흙의 실내시험법에 의해 비중, 함수비, 액성한계, 소성한계, 입도분포, 체가름, 다짐시험, 일축압축강도시험, 삼축압축(UU, CU)시험, 직접전단시험, 투수시험 등을 실시한다.
- ② 시료채취는 오거보어링(Auger Boring), 회전 수세식 시추, 인력파기 등에 의하여 흐트러진 시료를 한 토층에서 적어도 1개 이상 채취함이 원칙이나 균일한 토층이라도 굴착범위가 넓을 때는 500 m²에 1개의 비율로 시료를 채취한다. 하나의 시료에 대해 필요한 채취시료의 양은 시험항목 및 방법에 따라 다르나 표준량은 흙의 분류를 위한 시험(약 1 kg 정도), 흙의 단위체적중량(0.3~1 kg), 흙의 다짐시험 및 실내에서의 정적원추관입시험(10~50 kg), 흙의 투수시험(10~20 kg), 흙의 전단시험(10~20 kg) 등과 같다. 시험방법은 KS F 규정과 같다.

(3) 조사결과의 정리

- ① 예비조사, 현지답사 및 본 조사의 결과에 의해 토취장 예정지의 토량계산이 가능한 정도의 지형도를 만든다. 또한, 현 위치시험과 토질시험을 기본으로 축척 1/100의 토질종단도를 작성한다. 또한 토질시험과 원위치시험의 결과는 각 토질에 대하여 지적도 등을 이용하여 토취장의 위치를 도시한다.
- ② 시추조사의 결과와 토질시험의 결과는 토질조사법과 토질시험법의 시험결과 정리방법에 의해 정리한다. 이것들의 결과를 기본으로 지형도, 토질횡단도 및 운반경로도를 작성한다.

2.2.3 기설제방의 조사

(1) 기설제방의 토질조사는 제방 취약 예상지점 파악조사, 제체누수조사, 기초지반 누수조사, 연약지반조사 등을 필요에 따라 실시한다.

(2) 제체누수조사

기설제방의 제체에서 누수가 발생할 경우에는 제체 토질 및 피해에 관한 자료조사와 탐문조사, 시료채취 및 실내토질시험, 시추조사, 원위치시험, 물리탐사, 침투해석 등을 필요에 따라 실시한다.

① 시료채취 및 실내토질시험

시료채취의 방법은 시추조사, 인력파기(또는 시험굴) 또는 오거보어링(Auger Boring)에 의해 대상단면의 독마루, 비탈면의 중앙부근, 비탈 뒤 부근의 2~3지점에서 채취하여 실내토질시험을 실시한다.

② 원위치시험

표준 관입시험, 콘 관입시험, 현장투수시험 및 현지 지하수 변동조사 등을 실시한다.

(3) 기초지반 누수조사

기설제방의 기초지반에서 누수가 발생할 경우에는 필요에 따라 제체누수조사에서 실시하는 항목 및 모형실험 등을 필요에 따라 실시한다.

(4) 연약지반조사

① 기설제방에서 과대한 침하나 활동에 의한 파괴 등의 피해가 실제로 발생할 경우와 제방의 보축, 지진 등에 의해 침하나 활동이 문제가 될 것이 예상되는 연약지반에서는 제방의 기초지반 토질에 관한 조사 및 제방침하에 관한 자료조사, 시료채취, 실내토질시험, 원위치시험 등에 대한 조사를 실시한다.

② 이때 시료는 독마루 중앙 하부, 비탈어깨 하부, 비탈면 중앙하부와 성토 밖의 원지반 등의 4개소에서 채취함을 원칙으로 한다.

2.3 계획

2.3.1 제방법선

(1) 제방법선은 다음 그림 2.3-1과 같이 제방의 앞비탈머리를 가로방향으로 연결한 선을 의미하며, 저수로 법선은 저수로와 고수부지가 만나는 점을 가로방향으로 연결한 선을 말한다.

(2) 제방법선의 결정은 아래와 같이 실시한다.

① 제방법선은 하도계획에서 결정한 평면계획을 기준으로 하며 하천연안의 토지이용 현황, 홍수시의 유황, 현재의 하도, 장래의 하도, 공사비 등을 검토하여 가급적 부드러운 곡선형태가 되도록 해야 한다.

하천 제방

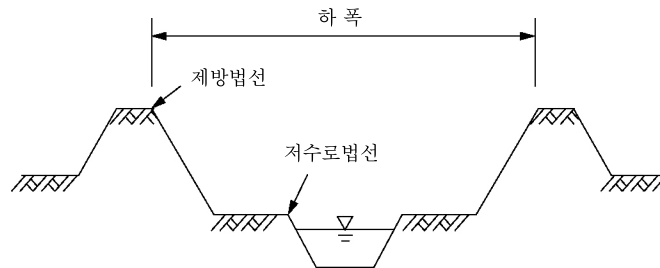


그림 2.3-1 제방의 법선

- ② 하천환경 측면에서 법선은 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 충돌하지 않도록 하는 것이 좋다.
 - ⑤ 연약지반상에 축조할 경우에는 공사비와 유지비가 모두 증가하므로 제방은 이러한 장소를 피해서 견고한 불투수성 지반상에 설치한다.
 - ⑥ 지류는 가능하면 예각으로 합류시키고 홍수를 원활히 유하시키기 위하여 합류점 이하에 적당한 길이로 도류제를 설치한다.
- (3) 저수로 법선의 결정은 아래와 같이 실시한다.
- ① 자연환경 보전, 생태계 보전 및 친수공간 확보를 위하여 제방법선과의 관계를 토대로 현 상태의 저수로 형상을 가능한 한 유지할 수 있도록 하여야 한다.
 - ② 저수로법선 설정 시 하도특성 조사를 해서 현 하천의 사행특성, 수충부 위치, 기존호안 등을 확인하고 저수로의 위치를 안정화시키기 위한 하안 침식방지공 등을 검토하여야 하며 이때 비용과 유지관리비가 많이 들지 않도록 하기 위해서는 저수로 내 어떠한 사주가 발생하는가, 그리고 저수로 법선형이 사주형상에 어떠한 영향을 주는지, 저수로의 사행정도, 사주형상과의 관계를 잘 파악하여 결정하여야 한다.

3. 재료

3.1 일반사항

3.1.1 제방의 재료

- (1) 제방재료는 일반적으로 흙을 사용하며, 재료의 취득성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다. 또한, 일반 도로의 경우와 달리 흙의 전단강도측면 뿐만 아니라 물의 침투방지를 고려한 투수특성을 충분히 고려해야 한다. 따라서 제방 재료는 다음과 같은 규정을 만족해야 한다.
 - ① 제방재료는 통일분류법상 GM, GC, SM, SC, ML, CL 등과 같은 일정 정도 점토(C) 및 실트(M)와 같은 세립분을 함유해야 한다.

- ② 재료의 최대 치수는 100 mm 이내로 하는 것이 바람직하다.
 - ③ 하상재료를 제방재료로서 사용하는 것은 원칙적으로 금한다.
 - ④ 하상재료를 제방재료로서 부득히 사용할 경우 하상재료 채취에 따른 하상변동, 평형하상 경사의 변화 및 하천 생태계에 미치는 영향 등과 KDS 51 60 05(4)에서 언급될 침식방지, 제체의 침투 및 활동에 대한 안정성 평가를 통하여 제방강화 형태(단면확대공법, 앞비탈 피복공법) 등을 선정함으로써 제방안정에 대한 신뢰성을 향상시켜야 한다.
- (2) 제방 재료는 토지이용 상황 및 장애물 등으로 인하여 흙으로 쌓는 것이 부적절한 경우 그 전부 또는 일부를 콘크리트, 강재(鋼材) 또는 이에 준하는 벽체 구조로 축조할 수 있다.

3.1.2 제방의 다짐

- (1) 제체 재료의 다짐기준은 아래와 같다.
- ① 축제재료의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 90% 이상으로 한다.
 - ② 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 수평방향으로 1.0 m 이상으로 하고 경사의 경우 1:1.5 이상, 구조물 상단으로부터 수직방향으로 0.6 m 이상으로 하여, 차수 및 역학적 안정 모두를 고려한 최소 범위 이상으로 한다.
 - ③ 제체 재료의 다짐은 장비 다짐을 원칙으로 하며, 다짐장비의 선정, 다짐횟수, 포설두께 등의 경우 현장여건을 고려하여 한다.
 - ④ 대규모제방단면중 정규 제방단면 부분은 상기의 제방 다짐 기준을 따르고, 그 외 제내지 성토구간의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 85% 이상으로 한다.
- (2) 다짐 후 현장밀도 측정은 다짐층 별로 1,000 m²(단, 구조물주변은 50 m²)마다, 제방길이 방향으로 500 m마다 1회 이상 실시하며, 각 층은 다짐종료 후 다짐 검사를 받고, 승인을 얻은 후 다음 층 시공을 하도록 한다.

4. 설계

4.1 제방 설계

4.1.1 설계일반

- (1) 제방은 다음의 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
- ① KDS 51 14 15의 표 2.1-1에 따른 치수계획규모(하천의 치수능력에 대한 목표 설계빈도)에 따른 홍수량 이하의 홍수 발생 시 범람 방지

하천 제방

② 세굴(洗掘), 침투, 활동(滑動) 및 침하에 대한 안정성 확보

- (2) 제방설계는 하도와 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 하천환경, 축제재료 및 원지반 상태 등을 종합적으로 고려하여 제방단면을 결정한 후 결정된 단면에 대해 안정계산을 실시하여 필요한 안전율을 확보할 수 있도록 최종단면을 결정한다.
- (3) 하상재료 사용과 같이 안정성이 확보되지 못할 경우에는 그 대책을 마련하거나 제방 단면의 재원을 수정하여 필요한 안정성이 확보될 수 있도록 해야 한다. 이때 제방의 설계는 일반 구조물과 같이 수리학적 혹은 토질공학적 안정성 검토를 통하여 제방의 침식, 제체의 침투 및 활동에 대한 제방강화 형태 및 구간 등을 선정한다.

4.1.2 제방고

- (1) 제방고는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 한다. 단 계획홍수위가 제내 지반고보다 낮고 지형상황으로 보아 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간에서는 예외로 한다.
- (2) 호소제방 및 고조구간의 제방은 계획홍수위에 파랑의 영향을 고려하여 (1)의 제방고보다 낮지 않도록 한다.

4.1.3 여유고

- (1) 여유고는 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위해서 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이를 말한다.

표 4.1-1 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량(m^3/s)	여유고(m)
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

- (2) 계획홍수량별 여유고는 일반하도에서의 최저치로서 실제 여유고는 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정해야 하며, 유량규모에 따른 최저치의 여유고에 얹매이지 않도록 유의해야 한다.
- (3) 표 4.1-1에서 제시된 여유고는 정확한 계산에 의한 것이 아니라 경험에 의해 정해진 값이므로 다음과 같은 사항을 고려하여 여유고가 확보될 수 있도록 한다.

① 안전율

가. 제방의 유지

나. 수문량의 불확실성

다. 하도소통능력의 불확실성

② 하천 지반의 변화

가. 하도내의 토사퇴적

나. 지반 침하

(4) 파랑고가 여유고보다 높은 경우는 파랑고를 여유고로 한다.

(5) 제방에 인접한 제내지가 계획홍수위보다 높거나 지형적 여건 등으로 치수에 지장이 없다고 인정되는 경우에는 표 4.1-1에도 불구하고 여유높이를 완화하여 적용할 수 있다.

(6) 여유고의 예외규정(그림 4.1-1 참조)

① 굴입하도에서는 “지형상황 등에 의해 치수상 지장이 없는 높이”를 해당 구간에 적용하는데 계획홍수량이 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만일 때는 규정대로 하고, $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상일 때는 1.0 m 이상을 확보하여야 한다.

② 계획홍수량이 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 이하이고 제방고가 1.0 m 이하인 하천에서는 0.3 m 이상을 확보하여야 한다.

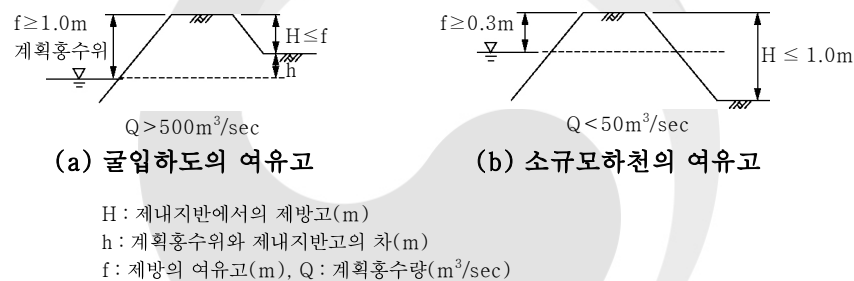


그림 4.1-1 여유고의 예외규정

4.1.4 독마루폭

(1) 제방의 독마루폭은 다음 목적을 달성할 수 있도록 결정해야 한다.

- ① 침투수에 대한 안전의 확보
- ② 평상시의 하천순찰
- ③ 홍수 시의 방재활동
- ④ 친수 및 여가공간 마련

(2) 독마루폭의 목적을 달성하기 위해서는 최소 4.0 m 이상을 확보하여야 하며, 친수 및 여가공간 조성시에는 계획홍수량에 따른 최소폭보다 크게 할 수 있다.

(3) 표 4.1.-2는 계획홍수량에 따른 독마루폭의 최소치를 나타낸 것으로 실제 독마루폭은 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 독마루의 이용성 등을 고려하여 결정해야 하며 유량규모에 얽매이지 않도록 유의해야 한다.

하천 제방

표 4.1-2 계획홍수량에 따른 독마루폭

계획홍수량 (m³/s)	독마루폭 (m)
200 미만	4.0 이상
200 이상 ~ 5,000 미만	5.0 이상
5,000 이상 ~ 10,000 미만	6.0 이상
10,000 이상	7.0 이상

- (4) 독마루표면은 계획제방고 위에 약 20 cm 두께의 잡석 및 보조기층재 등을 부설하여 차량 및 농기계의 이동으로 인한 요철(바퀴패임 등)이 발생하지 않도록 하되 독마루를 자전거도로, 인라인스케이트, 마라톤코스, 산책로 등으로 조성하는 경우에는 이용목적에 적합한 공법으로 포장계획을 수립토록 한다. 또한 독마루내 다짐층은 횡단경사를 3%~6%를 두어 원활한 배수가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.
- (5) 그림 4.1-2와 같이 차수벽 설치에 의하여 독마루폭이 변화하는 경우에는 독마루폭이 넓은 곳까지 차수벽을 설치하여야 하며, 완화구간의 에너지 손실을 최소화 하기 위하여 독마루폭의 차와 완화구간 길이의 비는 1:5 이상의 완경사로 한다.

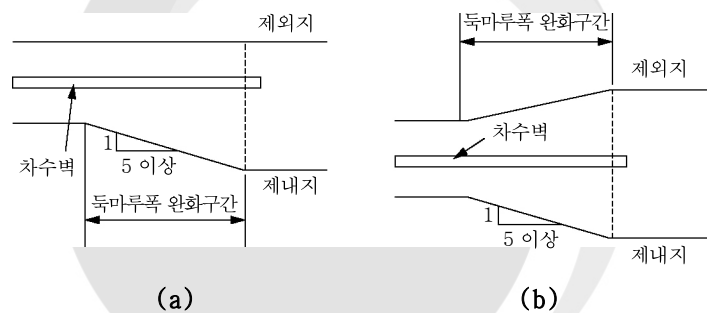
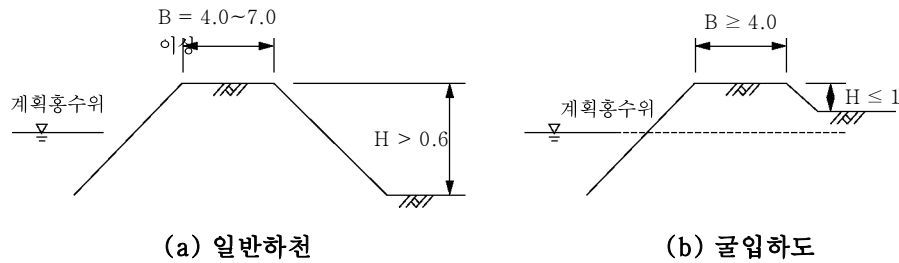


그림 4.1-2 독마루폭 완화구간 예

(6) 독마루폭의 예외규정

- ① 제내지반고가 계획홍수위보다 낮고 제방고가 0.6 m 이상일 때에 독마루폭은 4.0 m 이상을 원칙으로 하며 제방고가 여유고 이하일 때는 관리용 도로 폭의 결정방법에 의해 결정한다.(그림 4.1-3 (a) 참조)
- ② 양호한 토사로 성토하는 것이 곤란한 경우에 누수방지공법을 적용한다. 그 경우 다음 사항에 해당되면 표 4.1-2에도 불구하고 독마루폭을 4m와 침투 및 비탈안정성 검토결과에 따른 허용 독마루폭 중 큰 값 이상으로 할 수 있다.(그림 4.1-3 (b) 참조) 단, 상이한 독마루폭을 갖는 기존 제방과 연결할 때는 완화구간을 두도록 한다.
 - 가. 제방에 인접한 제내지가 계획홍수위보다 높은 경우
 - 나. 지형적 여건 등으로 치수에 지장이 없다고 인정되는 경우
 - 다. 장애물 등으로 인하여 부득이한 경우



여기서, H : 제내지반에서의 제방고 1ml, h : 계획홍수위와 제내지반고의 차 1ml
 1 : 제방의 여유고 1ml, B : 독마루폭 1ml, Q : 계획홍수량 1m²/sed

그림 4.1-3 두마루폭의 예외규정

4.1.5 비탈경사

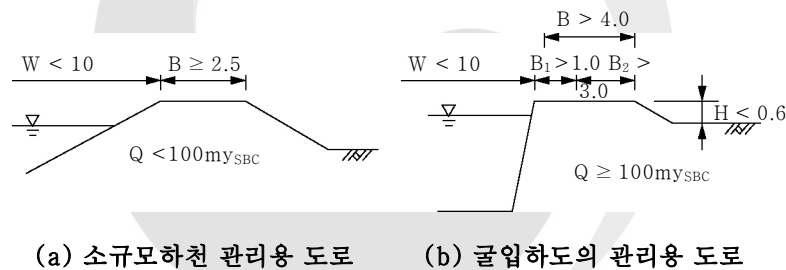
- (1) 제방은 하천유수의 침투에 대해 안정한 비탈면을 가져야 하는데 이를 위해서는 제방고와 제내지반고의 차이가 0.6 m 미만인 구간을 제외하고는 1 : 3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 완만한 경사로 인하여 제방여유고가 부족해서는 안 된다.
- (2) 지형 조건, 물이 흐르는 단면 유지 및 장애물 등의 이유가 있는 경우에는 1:3보다 급하게 할 수 있으며, 이 경우 계획홍수위 등을 고려하여 안정성이 확보되도록 계획하여야 한다.
- (3) 제외지측 비탈경사를 1:3으로 설치할 때, 통수능 저하로 인해 계획홍수위를 초과하는 경우 제내지측을 확장하는 방안을 수립한다. 또한, 제방 안정성이 충분히 확보된 기설제방은 기존 제외지측 비탈경사를 유지할 수 있으며, 비탈경사를 1 : 3으로 설치 할 때는 앞비탈기슭을 기준으로 한다. 이때 앞비탈기슭 비탈경사 1 : 3으로 인하여 감소된 독마루폭은 제내지측을 확장함으로써, 독마루폭 기준을 만족시키고, 제방 안정성을 확보하도록 한다.
- (4) 본 기준의 4.1.4에서 제시한 교행공간의 제내측 비탈경사는 예외로 한다.

4.1.6 관리용 도로 및 접근로

- (1) 하천의 유지, 관리, 방재 및 순찰 등을 위하여 필요한 경우에는 제방의 윗부분 또는 비탈면에 관리용 도로를 설치할 수 있다. 이 경우 관리용 도로는 통행의 편의를 위하여 적절한 간격으로 제방 외부의 도로와 연결되어야 한다.
- (2) 관리용 도로는 하천의 순시, 홍수 시의 방재활동 등을 위해 일반적으로 제방 독마루 또는 제내지측 측단을 이용하여 설치한다.
- (3) 관리용도로의 계획은 하천의 상하류를 원활하게 통행할 수 있게 하고, 제내지에서의 접근로, 독마루에서의 교행공간을 확보하여야 한다.
- (4) 관리용도로는 홍수 시 제방의 응급복구용 도로로서 제내측 기존도로에서 제방까지 자동차 및 중장비 등이 신속히 접근할 수 있도록 하는 접근도로를 설치하여야 한다.

하천 제방

- (5) 접근도로는 제방(관리용도로)연장 약 2 km 마다 1개소를 설치하고, 2 km 이하의 짧은 구간에서는 최소 1개소를 설치하여 접근도로에서 제방 독마루부까지 차량이 진입할 수 있도록 환경사의 부체도로를 설치하여야 한다.
- (6) 진입로는 완만한 경사의 경사로 및 계단을 이용하여 접근도로 주변 및 접근도로 사이에 설치하며, 제방 앞비탈에 설치하는 경우 홍수 소통 및 기본적인 치수안정성 확보를 고려한 후 설치한다. 또한, 접근도로 및 진입로는 기존도로를 최대한 활용한 ‘관리용 도로 및 진입로 계획망도’를 작성하여 이용이 편리하도록 하여야 한다.
- (7) 교행공간은 본 기준의 4.1.4의 규정에 따른다.
- (8) 예외 규정(그림 4.1-4 참조)
 - ① 계획홍수량이 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만이고 하천폭이 10 m 미만의 소규모 하천의 경우에는 자동차가 소통할 수 있는 최소 폭인 2.5 m 이상의 관리용 도로가 필요하다.
 - ② 하천폭이 10 m 미만이고 제방고와 제내지반고의 차가 0.6 m 미만인 굴입하도의 하천에서는 좌우안의 어느 한쪽에 3 m 이상(계획홍수량 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만이면 2.5 m)의 폭을 확보하고 다른 한쪽에서는 1.0 m 이상으로 할 수 있다. 또한, 하천폭이 5 m 미만의 하천에서는 양안모두 1.0 m 이상이면 된다.



여기서, H : 제내지반에서의 제방고 1ml, W : 하폭 1ml
Q : 계획홍수량 $1 \text{ m}^3/\text{s}$, B : 독마루폭 1ml

그림 4.1-4 관리용 도로의 예외규정

4.1.7 비탈기슭 보호공

제방의 제내측 비탈기슭 부분에는 보호공을 설치한다. 단, 지형의 상황 등을 고려해서 보호공이 필요 없다고 인정되는 경우는 이 제한을 받지 않는다.

4.1.8 배수구간(Back Water)에서의 제방고와 둑마루폭

(1) 배수구간이란 본류의 배수위로 인해 지류의 홍수위가 상승하는 등의 영향을 받는 구간으로서 합류부의 처리 방법에 따라 배수제방, 자기류제방, 반배수제방 등으로 구분한다.

① 배수제방(역류방지시설이 없는 경우)

본류와 지류가 합류하는 부근(이하에서는 ‘합류점’이라 한다)에 역류방지시설을 설치하지 않은 경우, 본류의 배수위에 따라서 본류의 홍수가 지류에 역류하게 되기 때문에 지류 제방은 본류제방과 함께 충분히 안전한 구조로 하여야 하며, 이 경우의 지류제방을 배수제방이라 한다. 배수제방은 반배수제방과 완전배수제방으로 분리되며, 이하에서는 단순히 배수제방이라 하며 완전배수제방을 말한다.

② 자기류제방(역류방지시설이 있는 경우, 지류 자체유량에 따른 경우)

합류점에 역류방지시설을 설치하여 본류 배수위가 지류에 미치는 것을 차단할 수 있는 경우, 또 지류의 계획제방고를 본류의 배수위와는 관계없이 지류의 자기홍수위에 대응하는 높이로 하는 경우, 이 지류제방을 자기류제방이라 한다. 이러한 경우 지류의 피크유량과 본류의 유출 피크 시에 시차가 있더라도 역류방지 게이트폐쇄 후에 지류유출량이 지류의 하도저류용량을 초과하면 지류제방을 월류하여 제내지가 침수하게 된다. 따라서 자기류제 처리가 가능한 경우는 지류가 굴입하도인 경우 또는 지류제의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우에 할 수 있다. 따라서 자기류제방의 처리는

가. 지류가 굴입하도인 경우

나. 지류제의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우

다. 지류제의 홍수처리 능력을 초과한 홍수에 대한 대책으로서 배수펌프장, 방수로등을 계획한 경우

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

③ 반배수제방(역류방지시설이 있는 경우, 배수제방과 자기류제방을 혼합한 경우)

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

즉, 제방의 구조기준을 배수제방의 구조보다 저하시키고 보조로서 합류점에 역류방지시설을 설치하는 방식으로, 장점으로는 본류 계획홍수위에 지류의 피크유량이 동시 합류하는 경우에도 자기류제와 달리 바로 월류하지 않으며, 배수제방에 비해 제방용지가 상당히 감소할 수 있는 점등을 들 수 있다.

하천 제방

(2) 배수제방의 제방고 및 둑마루폭은 아래와 같이 결정한다.

① 제방고

배수제방은 본류에 접한 제방과 연결되는 제방으로서 동일구역의 범람을 방지하는 기능을 가지고 있으며 해당구간에서 홍수지속시간은 본류의 배수 및 역류를 고려하여 본류와 같은 정도 혹은 그 이상의 구조로 되어야 한다. 이와 같은 관점에서 제방의 높이에 대해서는 적어도 본류 제방고보다 낮지 않도록 하되, 다음의 방법에 의해 결정된 배수구간의 계획홍수위에 본류 내지 지류의 여유고를 더한 높이를 더하여 결정한다.

가. 본류의 계획홍수위가 있는 경우 본류의 계획홍수위를 기점수위로 계산하여 구해지는 수위.(그림 4.1-5) 단, 본류와 지류유역의 상황이 극단적으로 다른 경우에 피크출현상황이 대부분 관계없다고 생각되는 경우에는 합류점의 본류수위에 대해 수평 수위로 할 수 있다.(그림 4.1-6)

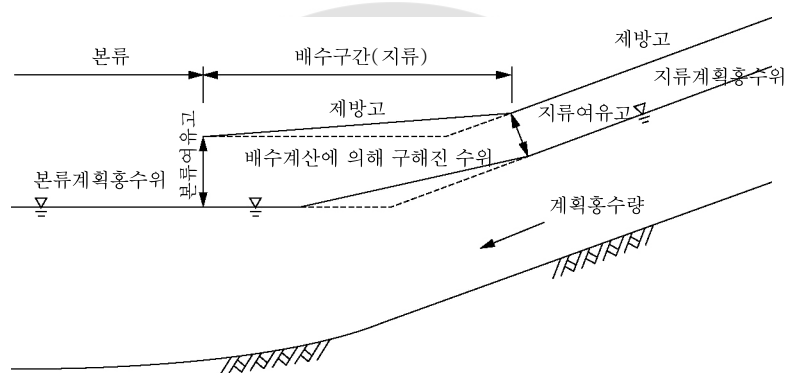


그림 4.1-5 본류의 계획홍수위를 기점으로 하는 경우의 제방고

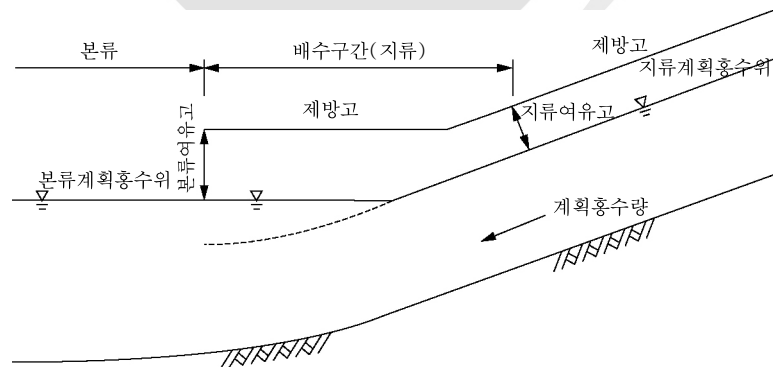


그림 4.1-6 본류의 배수역향이 적을 경우의 제방고

나. 지류의 계획홍수량이 합류할 때의 본류유량에 대응하는 본류수위를 기점홍수위로 계산하여 구해진 수위.(그림 4.1-7) 단, 본류 계획홍수량에 대해서 지류의 계획홍수량이 비교적 적은 경우에는 지류의 계획홍수량에 대응하여 등류계산에 의해 구해지는 수위로 할 수 있다.

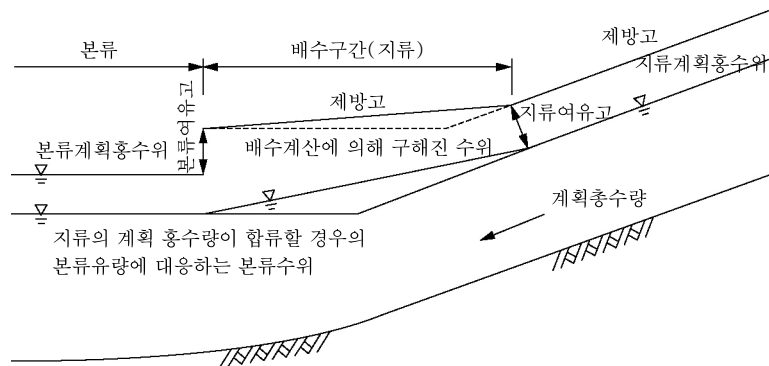


그림 4.1-7 지류 계획홍수량에 따른 배수제방 높이

② 독마루폭

배수구간에서 제방의 독마루폭은 ①의 경우와 같은 취지에서 본류 제방의 독마루폭보다 좁지 않아야 한다. 단, 제내지반고가 계획홍수위보다 높은 굴입하도인 경우 및 지형상황 등이 치수상 지장이 없다고 인정되는 구간에 대해서는 예외로 한다.

(3) 반배수제방 또는 자기류제방의 제방고 및 독마루폭은 아래와 같이 결정한다.

① 제방고

역류를 방지하는 시설에 의해 배수가 일어나지 않도록 할 수 있는 구간이란 수문 또는 통문에 의해 본류에서의 역류를 방지할 수 있는 경우를 반배수제방 또는 자기류제방의 경우를 말한다. 반배수제방의 높이에 대해서는 본류의 계획홍수위에 또 자기류제방 높이에 대해서는 지류의 계획홍수위에 각각 자기유량에 따른 여유고를 더하여 제방고로 한다.

② 독마루폭

반배수제방 또는 자기류제방의 독마루폭에 대해서는 자기유량에 따라 정한 독마루폭이 최저기준이 되고 있다. 그러나 실제 운용에 있어서는 반배수제방의 독마루폭은 제내지반고에서의 제방 높이(또는 비탈길이), 제방 또는 지반 토질조건, 수문 조작을 고려하여 정한 홍수 계속시간 등 해당구간의 상황에 따라서 자기류제의 독마루폭과 본류제방과의 사이를 적절한 폭으로 할 필요가 있다.

4.1.9 측단

- (1) 측단은 제방의 안정, 뒷 비탈의 유지보수, 제방 독마루의 차량 통행에 의한 인위적 훼손 방지, 경작용 장비 등의 통행, 비상용 토사의 비축, 생태 등을 위해 필요한 경우에는 제방 뒷 기슭에 설치하며, 안정측단, 비상측단, 생태측단으로 구분할 수 있고 현장여건을 감안하여 포괄적인 기능을 갖는 측단으로 설치할 수 있다.
- (2) 안정측단은 생태측단의 역할도 할 수 있다. 그 폭은 국가하천에는 4.0 m 이상, 지방하천에서는 2.0 m 이상으로 한다.
- (3) 비상측단의 폭은 제방부지(측단 제외) 폭의 1/2 이하(20 m 이상 되는 곳은 20 m)로 한다.

하천 제방

- (4) 제방상의 식수는 제방의 보호를 위해 원칙적으로 금지하나, 치수상 지장이 없는 범위에서는 가능하다. 생태측단은 하천의 환경보전기능을 유지하기 위해 필요한 제방의 한 요소로서, 그 폭은 제방부지(측단 제외) 폭의 1/2 이하(20 m 이상되는 곳은 20 m)로 한다.

4.1.10 기타제방

- (1) 고성토 제방의 축조는 아래와 같다.

고성토 제방은 앞 비탈머리에서의 성토고가 15 m 이상인 제방을 말하며, 고성토 제방의 안정성 검토는 일반 제방에서 수행하는 안정성 검토 외에 지중구조물과 인접구조물의 안정성을 고려한 변형해석 및 계측계획을 수립한다.

- (2) 특수제방의 축조는 아래와 같다.

- ① 제방은 보통 토사로 축조하지만 용지문제, 제내지의 중요성, 하안의 이용상태 등으로 인해 흙으로 축조하는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 콘크리트 옹벽, 널말뚝 등의 특수한 구조로 만들어질 수 있으며 이를 특수제방이라고 한다.(그림 4.1-8~림 4.1-10 참조)

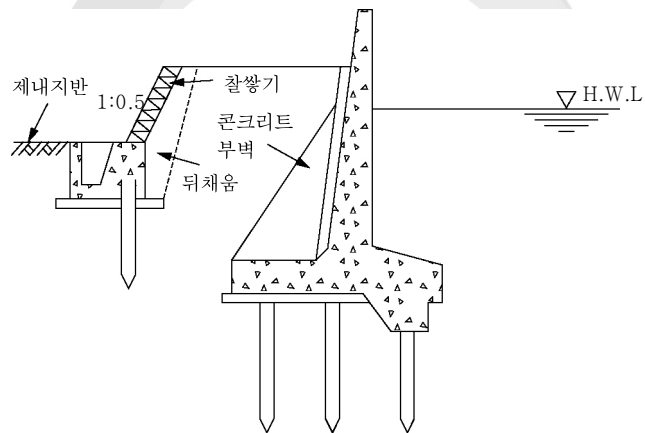


그림 4.1-8 콘크리트 구조 제방의 예

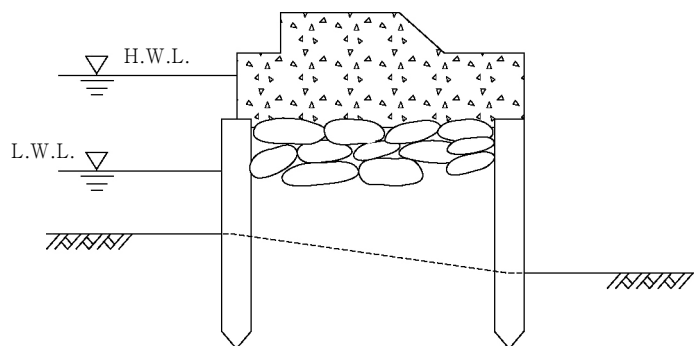


그림 4.1-9 널말뚝 구조 제방의 예

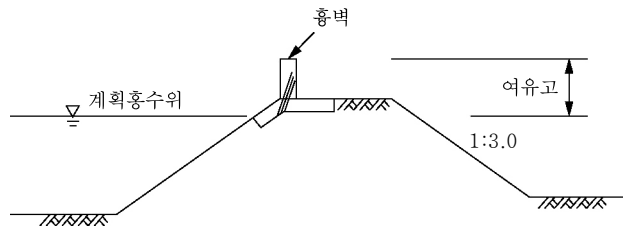


그림 4.1-10 홍벽의 예

- ② 홍벽을 설치하는 제방의 홍벽하단(벽면하단)은 계획홍수위 이상이 바람직하다. 단, 현지 여건상 부득이 계획홍수위 이하에 하단부가 위치할 경우에는 여유고를 포함한 벽면의 높이가 1 m를 넘지 않도록 한다.
 - ③ 홍벽 구조 중 특수제가 이용될 수 있는데 이는 계획홍수위(또는 계획고조위) 이상의 토제에 홍벽이 설치된 것이다. 홍벽의 높이는 낮게 하는 것이 바람직하며 높게 하는 경우에도 1 m, 가능하면 80 cm 정도 이하로 해야 한다.
 - ④ 홍벽의 높이를 낮게 하면 파압 등에 의한 홍벽의 전도에 대해서도 안전할 수 있다. 자립식 구조의 특수제 및 홍벽 구조의 특수제는 모두 토지이용상의 제한, 또는 그 밖의 특별한 사정으로 부득이한 경우에 설치한다.
- (3) 호수제방의 축조는 아래와 같다.
- ① 호수에서 파의 영향을 고려할 때는 호수에서의 풍속, 풍향, 수위 등에 대해서 과거의 자료를 수집하여 검토한 후 결정해야 하고 수리모형실험에 의해 검토를 하는 것이 이상적이다. 또 제방의 단면형 및 구조는 파고 등에 대한 안정계산외에 제방의 유지관리의 측면도 고려해서 결정해야 한다.
 - ② 여유고나 독마루폭은 하천구간과는 달리 계획홍수량에 대응시켜서 규정 할 수 없으므로 수리조건, 토질조건 등을 고려해서 안정성이 확보되도록 결정한다. 독마루폭은 관리를 위해서 4 m 이상으로 한다.
- (4) 고조제(高潮堤)는 호수제방과 마찬가지로 파랑의 영향에 대한 검토가 필요하지만 이외에 과거 고조의 실태, 태풍과 조위의 관계 등에 대해서도 충분히 검토하여 설계해야 한다.

4.1.11 제방의 안정

(1) 제방의 안정에 관한 일반사항은 아래와 같다.

- ① 제방의 파괴는 월류, 세굴, 누수, 비탈면활동, 침하 등에 의해 발생할 수 있으며, 제방 설계 시 반드시 누수, 비탈면활동, 침하에 대한 안정성 검토를 수행하여야 한다.
- ② 제방의 침투에 대한 안정성 평가 시 제체의 포화도와 제외측의 수위변화조건을 반영하여 해석하여야 한다.

하천 제방

(2) 제방 누수에 대한 안정을 위하여 아래와 같이 대책을 강구한다.

- ① 제방의 누수는 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상을 말하고 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있다.
- ② 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 제체하부에 위치하도록 해야 하며, 제체누수가 있을 경우에는 적절한 대책공법을 강구한다.
- ③ 제체하부의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내 지층 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생하므로, 이에 대한 안정성을 검토하고 필요시 대책공법을 강구한다.
- ④ 제방에서의 누수는 비탈면 붕괴, 제방파괴 등의 원인이 되므로 적절한 대책을 강구한다.
- ⑤ 한편, 배수통문의 설치는 제체누수의 주요 원인이 되므로 배수통문 주변의 정기점검을 수행하도록 하고, 누수가 우려되는 지점에 대하여는 적절한 대책을 강구한다.

(3) 제방 활동에 대한 안정을 위하여 아래와 같이 대책을 강구한다.

- ① 제방의 활동에 대한 안정해석은 침투류 계산에 의해서 얻어진 침윤면과 활동파괴면을 고려하여 경사면 파괴에 대한 최소 안전율을 산출한다.
- ② 제방 활동에 대한 안정계산은 계획홍수위 및 수위급강하를 고려한 침투해석으로 부터 얻어진 침윤면을 고려하여 앞비탈 및 뒷비탈 활동에 대한 안전율을 구한다.
- ③ 제방 활동에 대한 안정성은 표 4.1-3에 제시된 안전율 이하로 나타날 경우 대책공법을 강구한다.

표 4.1-3 제체 상태에 따른 안전율

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

(4) 제방 침하에 대한 안정은 아래와 같이 검토한다.

- ① 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상등을 생각할 수 있으므로 지반조사를 통해 기초지반의 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방이 되도록 설계해야 한다.
- ② 연약지반에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하는 것이 원칙이지만 제방법선을 설정할 때 부득이 연약지반에 축조하는 경우에는 지반조사를 통해 NX 규격(KS E 3107) 이상으로 자연시료를 채취하고 물리시험 및 역학시험 등을 실시하여 침하량을 추정하고 대책공법을 결정하여야 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.

- ③ 연약지반처리공법 선정 시 모래, 쇄석, 인공배수재 등 수평배수재가 적용되는 공법의 경우, 이로 인한 홍수기간 중 침투유로를 유발할 수 있으므로 대책을 강구하여야 한다.

(5) 연약지반 허용잔류침하량 기준

- ① 연약지반에 축조되는 제방의 침하를 검토하는 경우에는 시간효과를 고려하여 시공완료 후 발생할 침하를 예측하여 설계하는 것을 기본으로 한다.
- ② 연약지반의 허용잔류침하량 기준은 일반 제방, 도로겸용 제방, 배수구조물이 설치된 제방으로 구분하여 정한다.

4.1.12 침투에 대한 보강 공법의 설계

- (1) 침투에 대한 제방의 보강은 홍수 특성, 축제 이력, 토질 특성, 배후지의 토지이용상황, 효과의 확실성, 경제성 및 유지 관리 등을 고려해서 적절한 공법을 선정한다.
- (2) 침투에 대한 보강공법은 크게 제체 및 기초지반에 대한 것으로 분류되는데, 제체 침투에 대한 보강공법은 제체 동수경사 저감 및 경사면 파괴 활동 안전성을 증가시키기 위한 단면확대공법, 강우나 하천수의 제체내 침투를 방지·억제하기 위한 앞비탈면 피복공법 등이 있다.
- (3) 기초지반 침투에 대한 보강공법은 기초지반에 차수벽을 설치하여 침투파괴를 방지하는 차수공법 및 제외지쪽 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복함으로써 침투유로의 연장을 통한 침투압을 저감하는 피복공법 등이 있다.

하천 제방

집필위원	분야	성명	소속	직급
	하천댐	이재응	아주대학교	교수
	하천댐	정상만	공주대학교	교수
	하천댐	윤병만	명지대학교	교수
	하천댐	박무종	한서대학교	교수
	하천댐	김영옥	명지대학교	교수
	하천댐	박용섭	(주)이산	부사장
	하천댐	최종남	(주)도화엔지니어링	상무

자문위원	분야	성명	소속
	하천댐	이경기	(주)도화엔지니어링
	하천댐	양현모	(주)도화엔지니어링
	하천댐	신희범	(주)삼안
	하천댐	노진수	제일엔지니어링

건설기준위원회	분야	성명	소속
	하천	전세진	(주)도화엔지니어링
		장봉석	한국수자원공사
		김형수	인하대학교
		오규창	(주)이산
		이상렬	(주)이산
		이상만	동부엔지니어링(주)
		최성욱	연세대학교
		이준근	한국수자원공사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	김영환	한국시설안전공단
	이지원	(주)한국종합기술
	조경준	(주)대경이앤씨
	윤여승	평화엔지니어링
	신영호	한국수자원공사
	임건목	한국수자원공사
	심명섭	그룹K

국토교통부	성명	소속	직책
	이용규	하천계획과	과장
	이상훈	하천계획과	사무관

설계기준
KDS 51 60 05 : 2016

하천 제방

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국수자원학회
06671 서울시 서초구 효령로 237, 302호(서초동, 서초한신리빙타워)
☎ 02-561-2732 E-mail : sujw@chol.com
<http://www.kwra.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>