

RD-12-E6-018

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(제방)

2012. 12.



머 리 말

우리나라는 '60년대 이후의 급속한 경제성장 과정에서 대부분의 시설물들이 “공기단축” 과 “공사비절감” 위주로 건설되어 선진국의 시설물에 비해 시작부터 안전에 취약할 수밖에 없었습니다. 그럼에도 불구하고 사용 중 유지관리 마저 소홀히 하여 '90년대 들어 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고 등의 값비싼 대가를 치른 경험이 있습니다.

이에 따라 정부에서는 1995년 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」을 제정하여 시설물의 안전관리를 시행하고 있으며, 특히 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 표준화하기 위하여 국토해양부와 우리공단은 교량·댐 등 12개 국가 주요시설물의 점검·진단 업무의 실시방법 및 절차 등을 규정한 세부지침을 마련하였습니다.

이 해설서는 2010.12월 출간된 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 중 시설물편 제6장 제방에 대한 바른 이해와 적절한 적용에 도움이 되도록 하기 위하여 작성되었습니다. 2011년에 공통편과 시설물편 6종(교량, 터널, 댐, 항만, 상수도, 건축)의 해설서를 발간하였으며, 금년에는 시설물편 나머지 6종(하구둑, 수문, 제방, 하수처리장, 옹벽, 절토사면)의 해설서를 발간하게 되었습니다.

아울러 본 해설서는 초보자가 알기 쉽도록 그림과 사진 등을 많이 포함하여 편집 구성에 최선을 다하였으나 미흡한 점도 많을 것입니다. 앞으로 계속 보완 발전시켜 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 유용하게 활용될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

끝으로 본 해설서 개발작업에 참여하여 주신 직원과 자문위원 여러분들의 노고에 깊은 감사를 드리는 바입니다.

2012년 12월

한국시설안전공단 이사장 김 경 수

제 목 차 례

8.1 관리일반

8.1.1 적용범위	8-1
8.1.2 용어정의	8-3
8.1.3 중대한 결함의 정도	8-4

8.2 현장조사

8.2.1 시설물의 점검사항	8-5
8.2.2 시설물 현장조사 요령	8-19

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.3.1 정밀점검	8-35
8.3.2 정밀안전진단	8-39

8.4 상태평가 기준 및 방법

8.4.1 상태평가 항목 및 기준	8-42
8.4.2 상태평가 결과 산정 방법	8-58

8.5 안전성평가 기준 및 방법

8.5.1 일반	8-65
8.5.2 안전성평가 기준	8-73
8.5.3 안전성평가 결과 산정 방법	8-80

8.6 종합평가 기준 및 방법

8.6.1 일반	8-82
----------------	------

8.7 보수 · 보강 방법

8.7.1 체체	8-86
----------------	------

8.7.2 배수통관	8-96
8.7.3 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법	8-99
부록 A 과업지시서 예시	8-107
부록 B 사전검토 보고서 예시	8-127

제 8 장 제 방

8.1 관리일반

8.2 현장조사

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.4 상태평가 기준 및 방법

8.5 안전성평가 기준 및 방법

8.6 종합평가 기준 및 방법

8.7 보수·보강 방법

제8장 제방

8.1 관리일반

8.1.1 적용 범위

본 장은 「법」 제2조(정의) 및 「영」 제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 제방 시설물에 적용한다.

- 2종 시설물
- 국가하천의 제방(부속시설인 통관 및 호안을 포함한다.)

※ 제방의 안전점검·정밀안전진단 시 수문시설이 포함될 경우에도 수문에 대하여는 제 7장 수문에 따라 제방시설물과 별도로 안전등급을 부여한다.

제방 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

- 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 콘크리트 구조설계기준
- 콘크리트 표준시방서
- 제방관련 설계기준 및 표준시방서
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

【해설】

1. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 “이하 시특법” 시행령[별표1] “1종시설물 및 2종시설물의 범위”(제2조제1항관련)의 기준으로 제방 및 부속시설의 안전점검 및 정밀안전진단 실시에 적용을 원칙으로 한다.
2. 국가하천이란 「하천법」 제7조(하천의 구분 및 지정) ②항에 의한 하천을 말한다.
 - (1) 국가하천은 국토보전상 또는 국민경제상 중요한 하천으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하여 국토해양부장관이 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다.
 - ① 유역면적 합계가 200제곱킬로미터 이상인 하천
 - ② 다목적댐의 하류 및 댐 저수지로 인한 배수영향이 미치는 상류의 하천
 - ③ 유역면적 합계가 50제곱킬로미터 이상이면서 200제곱킬로미터 미만인 하천으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 하천
 - (가) 인구 20만명 이상의 도시를 관류(貫流)하거나 범람구역 안의 인구가 1만명 이상인 지역을 지나는 하천
 - (나) 다목적댐, 하구둑 등 저수량 500만세제곱미터 이상의 저류지를 갖추고 국가적 물 이용이 이루어지는 하천
 - (다) 상수원보호구역, 국립공원, 유네스코생물권보전지역, 문화재보호구역, 생태·습지보호지역을 관류하는 하천
 - (라) 그 밖에 범람으로 피해가 일어나는 지역으로서 대통령령으로 정하는 하천
 - (2) 지방하천은 지방의 공공이해와 밀접한 관계가 있는 하천으로서 시·도지사가 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다.
3. 수문은 유량을 통과시키거나 제어할 목적으로 설치한, 물이 유출입 되는 구조물을 총칭하는 넓은 의미와 그 형상에 따라 세분화하여 아래와 같이 통문, 통관과 함께 사용하는 좁은 의미의 수문으로 나눈다.
 - (1) 수문 : 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 문짝을 가진 구조물
 - (2) 통문 : 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물
 - (3) 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물
4. 제방의 부속시설인 “통관”은 ‘3.의 (3) 통관’을 말하며, 본문 “※”에서의 수문은 ‘3.의 (1)수문’과 ‘3.의 (2)통문’을 말한다.

8.1.2 용어 정의

○ 제방(堤防)

유수가 하도 밖으로 넘치는 것을 방지하기 위하여 하천을 따라 토사 등으로 축조 한 구조물로서, 본 장에서의 제방은 축조재료에 따라 표준제, 특수제를 말하며, 호안과 기타 시설물을 포함한다.

- 표준제 : 토사로 축조된 비탈면을 갖는 경사제.
- 특수제 : 특수한 목적으로 토사와 함께 콘크리트, 석재 등의 재료로 축조되며, 석축, 옹벽, 말뚝 등으로 앞비탈의 구조가 수직(경사도가 45°이상)인 제방.
- 호안 : 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위하여 제방 앞비탈 또는 하안에 설치하는 구조물로서 비탈덧기, 기초(비탈멈춤), 밑다짐공으로 구성되며, 고수호안·저수호안·제방호안으로 구분된다.
- 비탈멈춤 : 비탈덧기의 활동과 비탈덧기 이면의 토사유출을 방지하기 위하여 설치(기초와 병행하여 설치하는 경우도 있음)
- 호안머리보호공 : 저수호안을 유수로부터 보호하기 위하여 고수부지와 접합부에 설치 또는 제방호안을 전단면에 설치할 경우 제방 상단부에 설치하는 구조물.
- 구조이음눈 : 비탈덧기 일부분의 파괴가 전체에 미치지 않도록 비탈덧기 종단방향(10~20m 간격)에 이음부를 둔 것.
- 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 수로로서 문짝을 가진 구조물을 말한다.

【해설】

1. 제방은 보통 토사로 축조하지만 용지문제, 제내지의 중요성, 하안의 이용상태 등으로 인해 흙으로 축조하는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 콘크리트옹벽, 널말뚝 등의 특수한 구조로 만들어 질 수 있으며, 이러한 제방을 특수제방이라고 한다.
2. 토사로 축조된 표준제방은 ‘하천설계기준·해설’에서 정한바 적정한 높이, 똑마루폭, 비탈경사, 소단 및 저폭 등을 확보하여야 한다.
3. 기타 본 장에서 정의하지 않은 세부적인 용어의 정의는 ‘하천설계기준·해설’을 적용한다.

8.1.3 중대한 결함의 정도

제방 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

- 1) 토사 제체의 비탈사면의 활동으로 제체의 연직붕괴 우려
 - [표 8.14]의 제체 비탈사면활동에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
- 2) 호안공 또는 직립구조물의 기초부 세굴로 구조물 붕괴 우려
 - [표 8.16]의 호안의 기초·밑다짐공의 세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
 - [표 8.31]의 직립구조물 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
- 3) 제체의 누수 또는 세굴 및 침식으로 제체 붕괴 우려
 - [표 8.15]의 누수의 상태평가의 제체누수에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
 - [표 8.18]의 제체의 세굴 및 침식에 대한 상태평가 기준이 “e”인 경우
- 4) 직립구조물 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실
 - [표 8.36] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 8.37] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 관정으로 철근노출 부식 등의 외관상태를 동반하는 경우

【해설】

1. 시특법 제11조에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 자는 지체 없이 그 결과를 관리주체에게 통보하여야 하며, 영 제12조의 “중대한 결함”이 있는 경우에는 그 내용을 특별자치도지사, 시장, 군수 또는 구청장에게도 통보하여야 한다.
2. 시특법 영 제12조의 “중대한 결함”은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 공통편 3.1.7항과 같다.
3. 특별자치도지사, 시장, 군수, 또는 구청장에 통보를 하는 경우 그 통보 내용에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 - (1) 시설물의 명칭 및 소재지
 - (2) 관리주체의 상호, 명칭, 성명(법인인 경우에는 대표자의 성명을 말한다) 및 주소
 - (3) 안전점검 또는 정밀안전진단의 실시기간과 실시자
 - (4) 시설물의 상태별 등급과 중대한 결함 내용
 - (5) 관리주체가 조치하여야 할 사항
 - (6) 그 밖에 안전관리에 필요한 사항

8.2 현장조사

8.2.1 시설물의 점검사항

가. 시설물별 상태변화의 평가항목

1) 표준제방

위 치	손상형태 및 조사항목	비 고
제 체	침 하	○외관조사에 의한 징후 조사
	활 동	○둑마루의 침하량 및 균열 폭
	누 수	○청문 및 누수흔적
	세굴(침식)	○세굴 및 침식의 정도
	훼손	○구멍, 경작, 골재채취 등
	수목의 식생	○수목 식생의 위치
호 안	기초 세굴	○기초세굴의 정도
	비탈덧기 활동	○비탈면 배부름 및 구조물 손상
	비탈덧기의 손상	○줄눈이격, 파손, 탈락 등
	호안머리보호공의 손상	○균열, 파손, 들뜸 등
	구조이음눈, 비탈멈춤공 등의 손상	○균열, 이격, 파손, 들뜸 등
하상부	세 굴	○세굴의 정도
	퇴 적	○퇴적의 정도
배수통관	구조물 손상정도	○구조물의 손상정도
	배수기능 상태	○배수기능 상태

2) 특수제방

위 치	손상형태 및 조사항목	비 고
직립 구조물	침 하	○구조물 및 제체의 손상상태
	경사/전도	○진행성과 비진행성 전도
	활 동	○구조물 손상 및 파괴징후
	변 형	○말뚝구조의 변형 여부
	파 손	○구조물의 손상 정도
	균 열	○과응력균열, 부식균열 등
	박리(박락, 층분리)	○박리의 발생 정도
	마모/침식	○마모 및 침식의 정도
	신축이음부 이격, 사석블록 이격, 말뚝간의 이격	○이격에 의한 토사유출 등
	기초부 세굴	○기초유실 및 하상 세굴 정도

【해설】

제방은 하도의 홍수가 제내지로 범람하는 것을 방지하기 위하여 하천을 따라 설치되는 시설물로서 일반적인 시설에 비하여 폭에 대한 길이의 비가 매우 큰 세장한 특성을 갖고 있다. 제방은 그 설치목적과 같이 일차적으로 하천의 홍수가 범람되는 것을 막기 위하여 하도내 홍수위(계획홍수위)에 적절한 여유고를 가진 높이를 확보하여야 하며, 다음 이차적으로 제방을 구성하는 재료의 특성에서 필요로 하는 구조적 안정성과 누수에 대한 안정성을 확보하여야 한다.

1. 표준제방

표준제란 흙으로 축조한 제방에 하천수류상황에 따라 제외비탈면에 호안을 설치하여 제방이 유수에 의한 세굴에 대응하도록 한다.

제방을 형성하는 주재료는 흙으로써, 흙은 con'c등의 구조물과는 달리 노후화, 열화 등과 같은 현상이 발생되지 않아 그 자체 강도저하 등에 따른 안전도의 저하는 없다. 또한 제방에서의 안정의 문제는 일정한 규모이상의 홍수가 발생시에만 제방의 월류, 비탈면 붕괴, 누수(제체 및 기초부)등의 현상이 나타나며, 평상시에는 인위적인 훼손이나, 유지관리 불량 등을 제외하고는 제방이 가진 안전상의 문제점을 조사하기가 어려운 점도 제방이 가지는 특징이다.

(1) 침하

- ① 제방의 침하는 제방높이를 낮춰 홍수의 제방월류를 초래하는 원인이 된다.
- ② 제방에서의 침하는 기초지반이 연약한 경우나 제체시공시 충분한 다짐이 이루어지지 않을 경우에 발생이 되며, 이러한 침하는 대부분 준공 즉시 단기간내에 침하가 종료되며, 오랜 기간이 경과된 제방에서는 더 이상의 침하현상은 없다.
- ③ 침하에 대한 조사는 제방중단측량을 시행하여 조사하여야 하나, 중단측량의 목적은 제방의 침하량 확인보다는 계획홍수위와 제방고와의 관계를 검토하여 홍수의 제방월류에 대한 안전도를 확인함에 있다고 하겠다.



[해설 사진 8.2.1] 제체 마루침하

(2) 활동

제방비탈면의 활동은 비탈면의 경사가 가파른 경우에 따라 발생하며, 특히 제방은 홍수시 제체 함수비가 급격히 높아짐에 따라 안전율이 크게 저하된다. 제방활동에 대한 검토는 시설기준에서 정한 제방의 비탈경사보다 급한 제방은 모두 조사 및 검토의 대상이 되어야 한다.



[해설 사진 8.2.2] 활동 파괴의 예

(3) 누수

- ① 누수는 제방파괴의 가장 큰 요소중의 하나이다.
- ② 제방의 누수는 제체단면(둑마루쪽, 제체저쪽)의 부족한 경우 제체부와 제방을 관통하는 통문, 통관 등의 주변부에서 주로 발생한다.
- ③ 제방에서의 누수는 하천에 어느 정도 이상의 홍수위가 유지되고 홍수의 지속시간이 일정시간 이상 유지될 경우에만 발생이 되므로 평상시의 누수를 확인 하기는 매우 어렵다.
- ④ 제체의 누수는 현장조사시 탐문이나 청문을 충분히 하여야 한다.



[해설 사진 8.2.3] 수문 접합부 누수로 인한 제방 붕괴 예

일반적으로 제체의 침하나 활동은 제방 준공후 2~3년 사이에 그 상황이 발생되고 장기간이 경과 후에는 비교적 안정화가 된다.

누수의 경우 오래된 제방에서도 발생되어 크게 피해를 입게 되는 경우가 있는바 1984년에 발생한 일반제방이 그 예이다.

일반제방은 1924년경에 준공되어 약 60년이 경과된 제방이었으나 이 제방주변은 군사보호구역으로 제내지는 민간인들의 출입이 금지되어 있었으며, 제내지도 농경지로 활용되고 있어 야생동물 등이 서식이 활발한 곳이었다.

이러한 관점에서 볼 때 제체 기초부 및 제체누수의 대한 탐문 등은 오랜 시간이 경과된 제방이라고 하여 결코 소홀히 할 수 없는 것이다.



[해설 사진 8.2.4] 누수 및 세굴 파괴의 예

(4) 세굴

- ① 세굴은 하도전반적인 곳에서 발생되나 특히 제방의 안전과 직결되는 세굴은 호안기초부, 제방비탈 끝단에서의 세굴이다.
- ② 통문이나 통관 주변에서의 세굴도 제체파괴를 일으킬 수도 있다.
- ③ 고수부지 및 저수부 끝단에서의 세굴이 제방에 직접적으로 주는 영향은 적으나, 이 부분의 세굴이 계속 진행되어 제방 비탈끝까지 다다를 경우도 있으므로, 고수부지 폭이 좁은 곳에서는 고수부지의 세굴정도도 조사되어야 한다.
- ④ 다음과 같은 상황에 대하여는 보다 면밀히 탐문 및 청문을 하여야 함과 아울러 제체 및 기초지반에 대하여 토질조사를 시행하는 것이 바람직하다.

(가)통문, 통관이 있는 곳

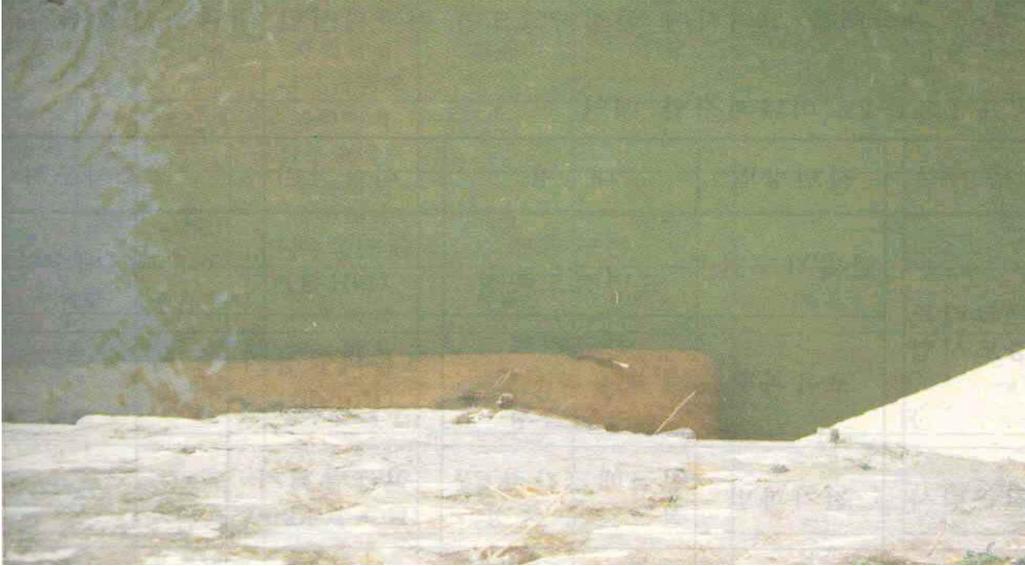
(나) 구하도의 체절부

(나) 과거의 파괴 개소

(다) 제체의 폭이 특히 주변에 비하여 좁은 곳

(라) 제내의 지반이 특히 낮은 곳

(마) 두더지, 들쥐 등이 서식하기 쉬운 쓰레기장 등



[해설 사진 8.2.5] 하상보호사석 세굴로 기초구조물 노출 예

(5) 호안

호안은 유수의 작용으로부터 제방이 세굴되거나, 유실되는 것을 방지하기 위하여 제방의 제외측 비탈면에 설치하는 시설이다.

일반적으로 호안의 파손이나 결괴, 흐트러짐 등은 일정규모 이상의 홍수가 발생되었을 경우에 주로 발생되며, 평상시에는 호안 자체의 변동은 거의 없다.

그러나 홍수시 파손된 호안이 보수 및 원상복구가 되지 않은 상태로 존치 된다면, 향후 홍수발생시 큰 재해를 야기하게 될 것이다.

호안의 상태확인은 호안머리부, 비탈덮기부, 호안기초부로 나누어 조사되어야 하며, 호안머리부나 기초부는 세굴에 의하여 구조물이 노출되었거나 들떠있음 등을 조사한다.

비탈덮기공은 호안의 탈석, 배부름, 이음논의 탈락 등의 상태로 조사하고, 돌망태 호안 등은 망태 철선의 끊어짐, 노후상태 등을 조사한다.

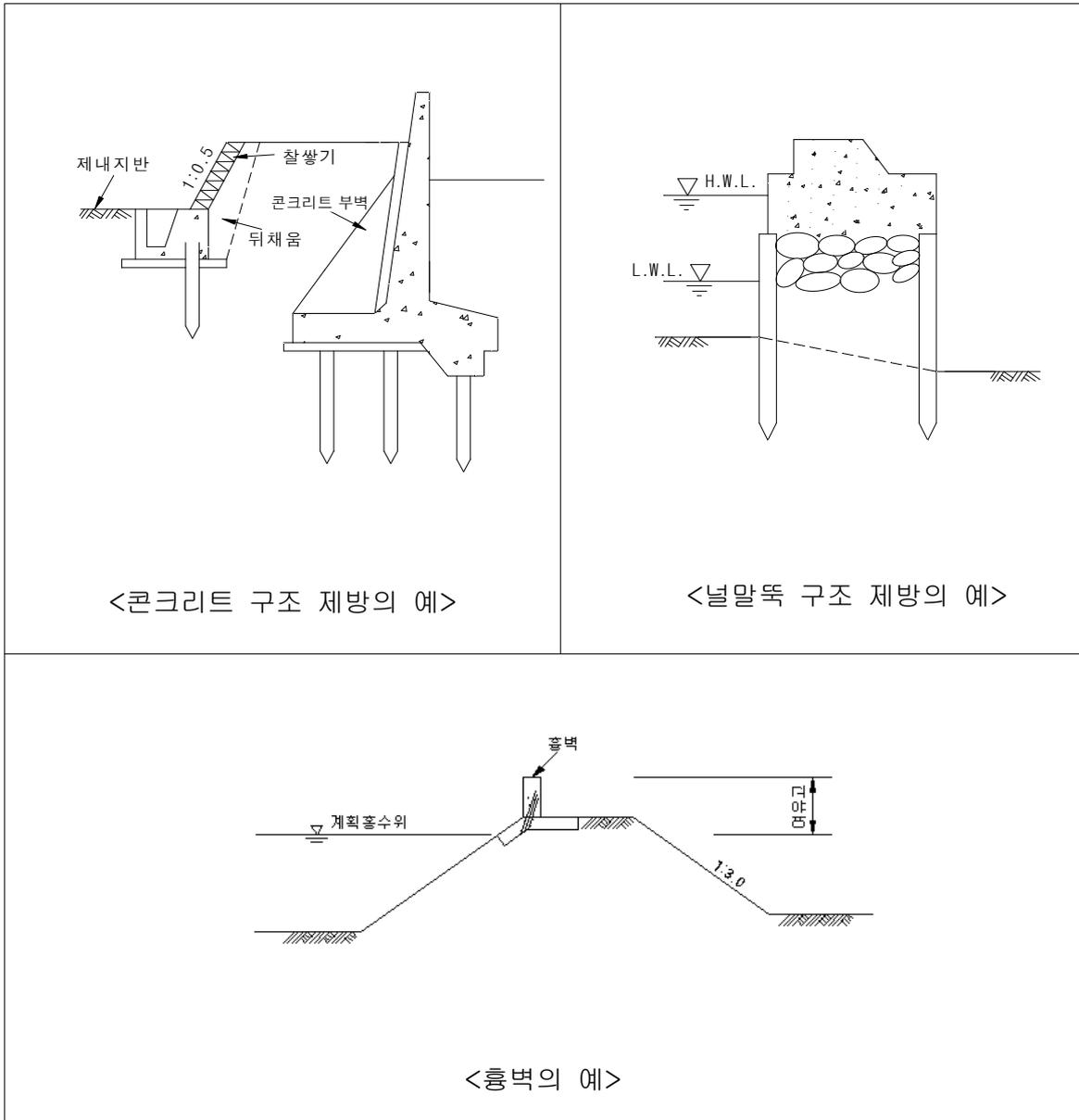


[해설 사진 8.2.6] 비탈덮기 활동 파괴 예

2. 특수제방

특수제방은 제방을 형성하는 구조물의 종류에 따라 각기 그 구조물이 가지는 특성에 적합한 세부지침에 따라 조사를 행한다.

다만 제방이라는 특수성에 따라 하도측(제외지측) 전면부의 기초부 세굴상황을 면밀히 조사한다.





[해설 사진 8.2.7] 특수제방 (콘크리트구조)의 기초 세굴로 인한 붕괴 예

3) 세부시설별 점검사항

세부 시설	부재명 및 항목	점 검 사 항	비 고	
표준제	제 체	월류	계획홍수위와 제방고의 차이(여유고)확인	
			주변보다 낮아진 제방부위 확인	
		세굴	하안 침식현황	
			교량, 낙차공 등 구조물의 접속부	
			하상의 국부세굴	
		활동	만곡부의 세굴	
			독마루 종방향 균열	
		누수	비탈면 층분리 현상	
			뒷비탈면 국부세굴및 파이핑 현상	
			제방 횡단구조물 주변 누수	
			야생동물의 구멍	
			수목(교목)에 의한 누수여부	
	기타	제내·외측 인위적굴착현황		
	호 안	비탈 덮기	제방내 불법경작 현황	
			비탈덮기내 공동현상	
			비탈덮기 경사	
			호안공 상하류 마감부처리상태	
			비탈덮기 재료 변화지점부	
			비탈경사 변화지점	
			때붙임공의 경우 생육정도 및 조밀도	
			돌망태공의 철선 부식 및 탈석	
		돌붙임공의 배부르기 또는 탈석유무		
		기초	기초공 파괴 및 유실	필요시 수중조사 실시
	밑다짐공	비탈경사 변화지점 및 만곡부의 밑다짐공 세굴	"	
	기타	호안머리보호공, 구조이음눈, 비탈멈춤공의 손상여부		
	배수통관	통관 구조물 손상상태 및 배수기능 상태	필요시 C.C.TV조사	

세부 시설	부재명 및 항목	점 검 사 항	비 고
특수 제	월류	계획홍수위와 제방고의 차이(여유고)확인	
		주변보다 낮아진 제방부위 확인	
	세굴	하안 침식현황	
		교량, 낙차공등 구조물의 접속부	
		하상의 국부세굴	
		만곡부의 세굴	
	활동	독마루 종방향 균열	
		비탈면 층분리 현상	
	누수	뒷비탈면 국부세굴 및 파이핑현상	
		제방 횡단구조물 주변 누수	
		야생동물의 구멍	
		제내·외측 인위적굴착현황	
	기타	제방내 불법경작 현황	
	옹벽	콘크리트 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태 등	
		이음부 파손	
		전도 위험성	
		옹벽 기초부 세굴	필요시 수중조사 실시
	말뚝	하상 세굴	"
		말뚝의 부식, 훼손상태	
	석축	기초 콘크리트의 침하 및 세굴상태	필요시 수중조사 실시
		배수공 유무확인	
		배부르기 또는 탈석	
		줄눈의 탈락	
	수리·수문학적 점검사항	계획 수위 및 여유고확인	하천정비기본계획자료 분석
		계획 하폭 및 실하폭 점검	

【해설】

1. 세부시설별 점검사항은 앞의 1), 2)에서 나타낸 손상형태에 대하여 이의 손상을 야기하는 주요원인에 대한 세부 점검요령으로서, 현장조사 전에 충분히 숙지하여야 할 사항을 나타낸 것이다.
2. 특수제의 직립구조물인 옹벽, 말뚝, 석축에 대하여 재료의 특성에 따라 기타 세부지침을 준용하여 조사 할 수 있다.

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 상세 외관조사의 범위

(가) 외관조사 범위의 원칙

- 제방을 구성하는 제체
- 특수제방의 직립구조물, 호안
- 저수호안이 있을 시 포함하며, 다만 저수호안의 조사물량이 과대한 경우에는 조사비용 등을 협의하여 결정
- 제내지 20m 지반상태 및 하상
- 제체 횡단 배수통관

(나) 하상부의 조사

- 하상부에 대한 조사는 하상부에 대한 6년 이내에 측량한 자료가 있거나 하상의 변동이 없다고 판단되는 경우 및 하천측량을 실시한 경우에는 생략할 수 있다.

(다) 수중조사

- 호안공 기초의 세굴 또는 특수제방 직립구조물의 세굴이 우려되는 부위에는 하상조사와 병행하여 수중조사를 실시한다.

2) 하천 측량

하천의 계획홍수량 소통여부에 대한 수문학적 안전성을 검토하여야 하기 때문에 안전 점검 및 정밀안전진단 대상 전 구간에 대한 하천측량(기준점측량, 종·횡단 측량)을 실시하여야 한다.

측량범위는 제방, 하상, 좌우안 제내지 20m까지로 한다. 다만, 이 구간에 대한 6년 이내의 측량자료가 있을 경우 생략할 수 있다.

3) 제체 시추조사

제체의 안전성은 사면안전성 해석, 침투류 해석에 대하여 검토하여야 하기 때문에 이에 필요한 자료를 획득하기 위하여 제체에 대한 시추조사와 제체재료에 대한 시험을 실시하며, 시추조사의 기준수량은 제방 2km 마다 1개소씩 실시하는 것을 원칙으로 하나, 다음의 경우에는 생략할 수 있다.

- ① 제방 건설 후의 시추조사 자료가 있을 시
- ② 제방이 자동차전용도로로서 도로시방서 기준에 따라 축조되었을 경우 등

다만, 생략할 경우(㉠의 경우)에는 기존 시추조사 자료를 검토하여 제체 물리탐사(전기비저항탐사 등)를 기준수량의 2배 이상 실시한다.

그리고 시추조사시의 시추심도는 기초지반의 연약성 여부를 판단할 수 있는 깊이까지 하여야 하며, 포함되어야 할 시험항목은 다음과 같다.

○ 시추조사 시 포함되어야 할 필수 시험항목

- 투수시험(현장투수시험이 불가할 경우 실내투수시험 실시)
- 표준관입시험
- 삼축압축시험, 압밀시험(제체 주재료가 점성토인 경우)
- 입도분석
- 단위중량
- 비중시험
- 액성 및 소성한계시험
- 들밀도 시험(시추시 재료채취가 곤란하여 단위중량, 비중시험이 어려울 경우 만)

4) 제체 물리탐사시험(전기비저항 탐사 등)

제체의 국부적인 공동이나 누수층은 제체의 안전성에 심각한 영향을 미치므로, 이에 대한 조사를 위하여 제체에 대한 시추조사와 병행하여 제체에 대한 물리탐사시험을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

이때 물리탐사시험은 가능한 시추조사 지점이 포함되도록 구간을 선정하여 실시하여 시험결과 자료 분석의 신뢰성을 제고하도록 한다.

제체 물리탐사시험의 기준조사 수량은 2km 당 100m 이상 실시하는 것으로 하며, 시험구간은 제체 횡단구조물(수문, 통관 등) 지점, 하천횡단구조물 접속지점, 제체 누수흔적이 있는 지점, 연약 기초지반 지점이 포함될 수 있도록 책임기술자가 판단하여 결정한다.

한편, 제체 물리탐사시험도 시추조사와 같이 제방이 자동차전용도로로서 도로시방서 기준에 의하여 축조된 경우에는 생략하여도 무방하다.

5) 하상재료 시험

장기적인 하상변동 분석이 필요하거나, 하상변동이 심한(상류로부터의 토사 이동 및 급경사 하천으로 세굴이 우려되는 하천) 하천에서는 하상재료를 채취하여 입도분석 등의 재료시험을 실시한다.

하상재료의 실시 여부 및 시험횟수, 시험항목 등은 관리주체가 판단하여 결정하는 것을 원칙으로 한다.

【해설】

1. 상세외관조사 범위

(1) 외관조사 범위의 원칙

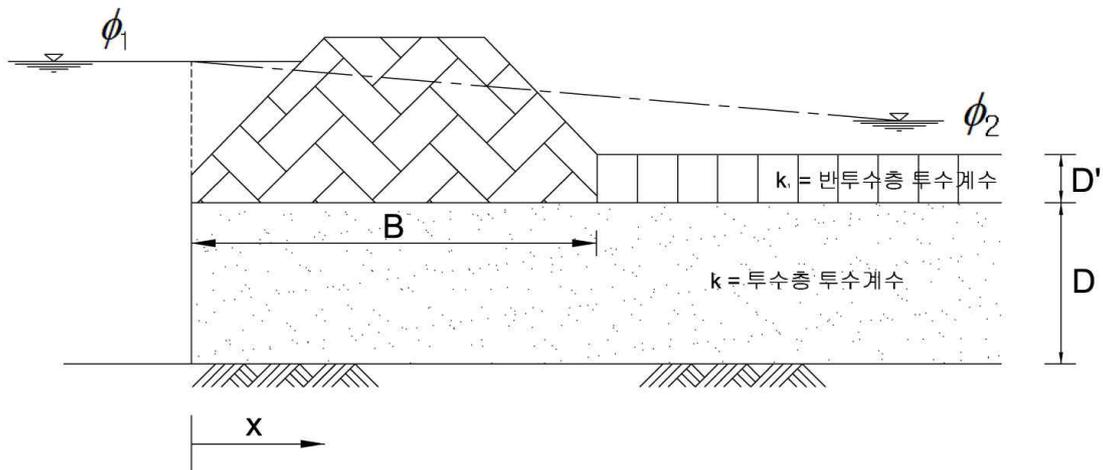
- ① 저수호안도 조사범위에 포함되지만, 조사물량이 제방연장의 1/3이상인 경우에는 별도의 조사비용을 반영하여야 한다.
- ② 제체 횡단 배수통관의 구조적으로 문제가 있어 제체의 안전성에 영향을 미치는 경우에는 배수통관에 대한 구조안전성을 검토하여야 한다.

2. 하천측량

- (1) 하천측량의 측정간격 등은 ‘하천설계기준·해설’에서 정한바 대로 한다.
- (2) 홍수위 산정을 위한 하천측량은 하천기본계획이 수립되지 않았거나, 수립되었더라도 10년이 경과한 하천에 대하여 시행한다.
- (3) 6년이내의 측량자료가 있을지라도 이 기간내에 하천홍수위에 영향을 줄 만한 하도내에서의 행위가 있을 경우에는 측량을 시행하여 홍수위를 재산정하여야 한다.

3. 제체 시추조사

- (1) 누수 및 침투수해석을 위한 시추조사의 경우에는 기초 불투수층까지 또는 제체 높이의 3배까지는 시행하는 것이 바람직하다.
- (2) 일반적으로 침투에 가장 취약한 제방부위는 침투유선이 집중되는 제내 비탈끝단부이다. 그러나 다음 그림과 같이 광대한 투수층위에 불투수층 또는 반투수층의 지반이 덮여 있는 지역에서는 제내지 비탈끝단을 벗어난 재내지중 불투수층 또는 반투수층의 지반두께가 주변에 비하여 특별히 얇은 곳에서 취약하여 질 수 있다. 따라서 이러한 지층구조를 가진 지역에서는 최소한 제내지 제반 비탈끝단에서부터 제방 저쪽의 약 3배 까지 시추를 시행하여 반투수층의 두께 등도 조사하는 것이 좋다.



각 b지점 수두 계산은 다음식에 의한다.

- $\chi = B$ 지점의 수두 \emptyset_B

$$\emptyset_B = \frac{\lambda \cdot \emptyset_1 + B \cdot \emptyset_2}{B + \lambda}$$

- $\chi \geq B$ 지점의 수두 \emptyset_2

$$\emptyset_2 - \emptyset_\chi = (\emptyset_2 - \emptyset_B) e^{\left(\chi - \frac{B}{\lambda}\right)}$$

여기서, $\lambda = \sqrt{k \cdot DC}$, $C = D'/k'$

○ 세부지침에서 정하지 않은 시험 항목은 책임기술자가 판단하여 필요시 실시한다.

8.2.2 시설물 현장조사 요령

가. 정밀점검 현장조사 요령

제방의 안전점검은 제방의 설치 후에 발생한 제·내외지의 수리·수문학적 변동사항 및 제체, 직립구조물, 호안 등의 구조적 손상상태 등을 파악하여, 제방과괴 원인을 사전에 발견한다. 특히, 제방 누수과괴의 주원인인 제체 횡단구조물과의 접속부의 공동, 누수에 대한 조사와 제내지층 유수지 및 저지대 사면의 조사에 역점을 두며 “하천정비 기본계획”과 관련하여 계획하폭 등을 사전에 검토하여 안전점검 시 고려한다. 아울러 안전점검 시 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행한다.

1) 점검대상

(가) 제체

- 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 독마루, 뒷비탈, 뒷턱 등
- 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공) 등

(나) 호안(저수호안 포함)

- 비탈덧기, 호안머리 보호공, 구조이음눈

(다) 하상부

- 밀다짐공, 하상보호사석의 손상상태 등

(라) 배수통관

[표 8.1] 안전성평가의 점검 내용

제방 파괴 원인	상태 및 안전성 평가 내용
1. 홍수의 월류로 인한 파괴	○ 계획홍수위에 따른 제방고의 적정성
2. 제외측 앞비탈의 홍수에 의한 유실파괴	○ 호안의 설치유무 및 그 상태
3. 제방 비탈의 붕락에 의한 파괴	○ 제방비탈경사와 토질역학적 측면의 사면활동 안전성
4. 제체의 누수에 기인한 파괴	○ 제체 폭의 적정성 및 제방 종횡단구조물의 누수성

2) 수리·수문학적 점검사항

대상 하천의 “하천정비 기본계획” 자료를 근거로 하여 계획수위 및 계획하폭 등 제방 사항의 변동에 따른 제방 안전도에 대해 점검한다.

3) 제방파괴 요인 및 취약부

(가) 제방파괴 요인

- ① 월류에 의해서 발생하는 제방 파괴
 - ㉠ 월류수의 소류력에 의해 제체 표면이나 법면의 침식
 - ㉡ 제체내 함수비 증가로 제체의 액상화 및 강도 저하
 - ㉢ 유수압의 증가 및 제체강도저하로 붕괴
- ② 세굴 및 침식에 의한 제방 파괴
 - ㉠ 홍수시의 유수의 소류력에 의한 비탈덧기의 파손 및 유실
 - ㉡ 유수의 소류력에 의한 기초부의 세굴
 - ㉢ 유수 및 강우에 의한 제체 침식 및 비탈면 붕괴
 - ㉣ 호안공의 붕괴 및 제체의 유실
- ③ 침투(누수)에 의한 제방 파괴
 - ㉠ 강우 및 유수의 제체 침투로 간극수압 상승
 - ㉡ 제체의 표면 강도 저하와 제체의 함수비 증가로 침윤면 상승
 - ㉢ 연약지반일 경우 수위증가로 기초지반의 누수
 - ㉣ 제체 또는 기초지반의 파이핑 등에 의한 누수량 증가 및 파괴
- ④ 제방 횡단 구조물의 접합부의 공동
 - ㉠ 횡단구조물 배면부 다짐불량으로 공동부 발생
 - ㉡ 하중 및 재료의 이질성으로 인한 횡단구조물 주변 부등침하 발생
 - ㉢ 접합부에 크랙이 발생되고 침하의 진행으로 공동발생
 - ㉣ 공동을 통해 누수가 발생되고 제방 붕괴로 이어짐
- ⑤ 기타
 - ㉠ 동식물에 의한 훼손으로 홍수시 국부 파괴
 - ㉡ 경작 등 인위적인 훼손으로 제방단면이 부족하여 홍수시 유수의 제체 침투 및 유수압의 증가로 제체 붕괴
 - ㉢ 중장비 차량의 독마루 통행과 같은 과하중에 의한 제체 붕괴

(나) 제방파괴 취약부

유수를 직접적으로 제어하는 제방의 특성상 유수의 흐름특성은 제방에 손상을 유발하는 원인과 밀접한 관련이 있으며, 특히 제체를 유수의 침식 및 세굴로부터 직접 보호하는 호안공은 홍수에 의하여 기초가 세굴되거나, 제체의 액상화 현상에 따른 유동으로 인하여 파괴될 수 있다.

일반적으로 하도 흐름특성이 불연속적이 되어 제방 손상의 발생확률이 높은 취약지점으로는 다음과 같은 곳을 들 수 있으며, 현장조사 시 유의할 필요가 있다.

- ① 하폭의 급변(확대 및 축소) 지점

- ② 만곡부 외측지점
- ③ 제체 횡단 구조물 지점
- ④ 교량, 보 등 하도를 횡단하는 구조물 설치지점
- ⑤ 호안이 끝나는 제체부분 및 제방 재질 특성이 서로 다른 지점
- ⑥ 본·지류 합류지점 및 배수위 구간

【해설】

1. 점검대상

관리주체에서 실시하는 정기점검은 본 정밀점검 대상에 준하여 실시한다.

2. 수리·수문학적 점검사항

하천측량을 통하여 하천 계획홍수위를 산정하였을 경우에는 계획홍수위와 기존 호안고를 비교하여 호안고의 적정성을 검토한다.

3. 제방파괴 요인 및 취약부

(1) 제방파괴 요인

① 월류에 의해서 발생하는 제방 파괴

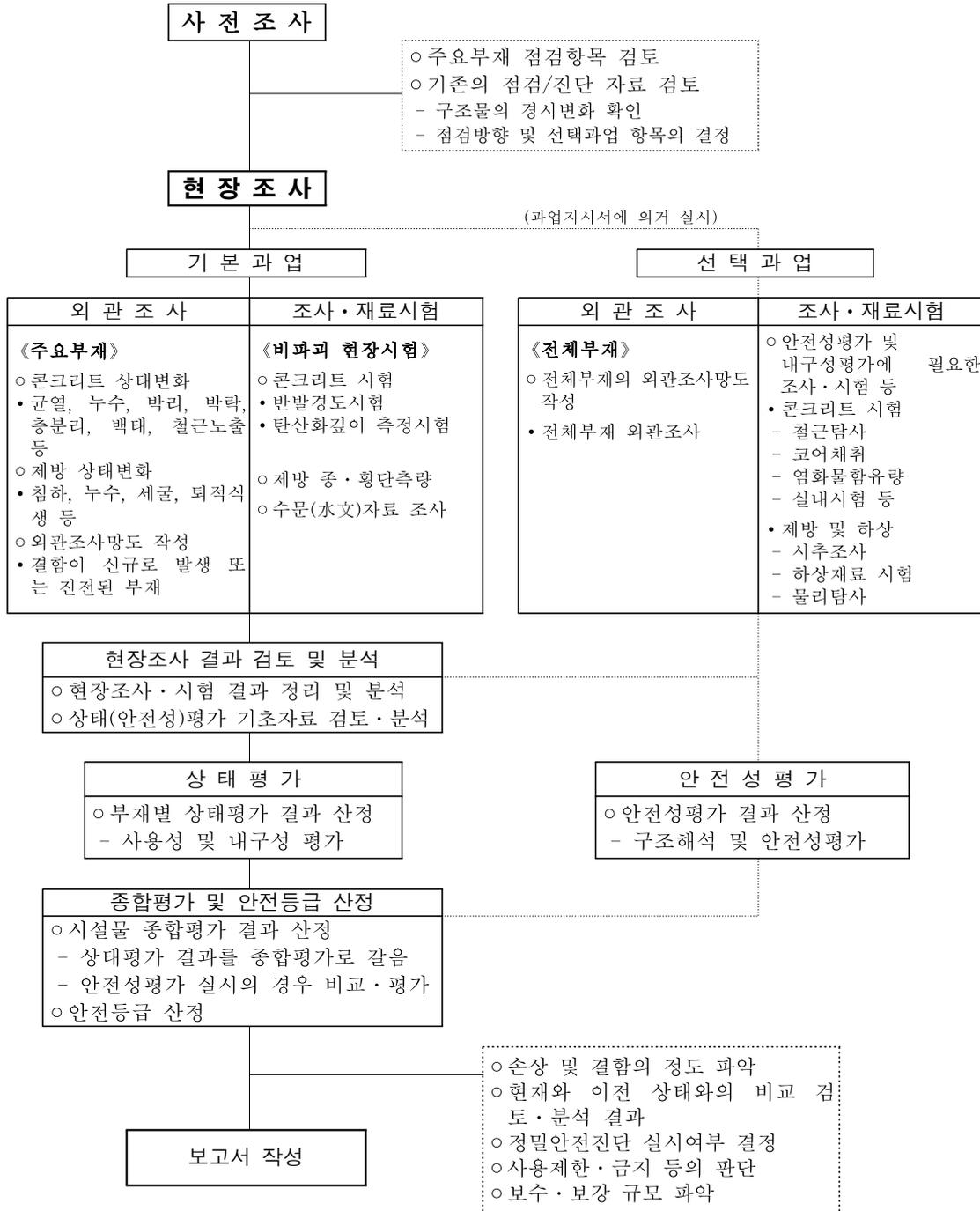
(가) 월류에 의해서 제방이 파괴 되는 경우에는 보통 제방의 제내측 비탈면부터 침식, 유실되기 시작하여 최종적으로는 전단면이 파괴된다.

(나) 월류에 의한 제방 파제의 경과를 그림으로 나타내면 아래와 같다.

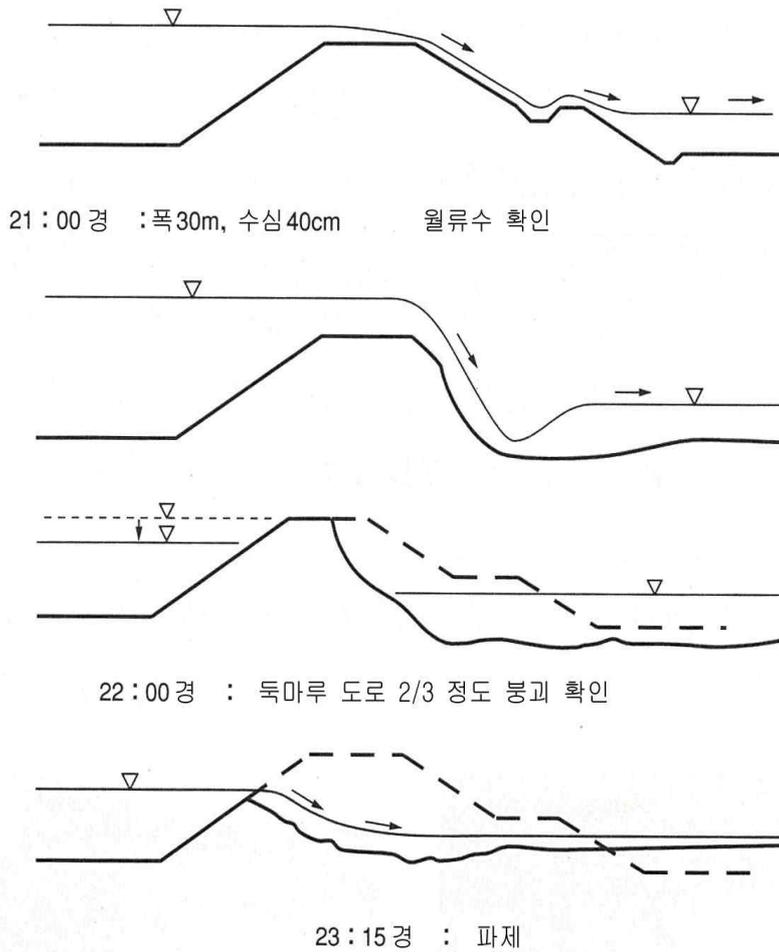
4. 제방의 정밀점검은 기본과업과 선택과업으로 구분하여 실시하며 정밀점검의 과업 구분은 [해설 표 8.2.1]과 같으며, 정밀점검 흐름도는 [해설 그림 8.2.1]과 같다.

[해설 표 8.2.1] 정밀점검 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등 • 수문(水文)자료 조사 • 간단한 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 - 균열깊이 조사 - 제방 종 · 횡단 측량 	<ul style="list-style-type: none"> • 전체부재에 대한 외관조사망도 작성 • 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 • 조사용 접근장비 운용 • 조사부위 표면청소 • 마감재의 해체 및 복구 • 수중조사 • 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> • 외관조사 결과분석 • 현장 재료시험 결과 분석 • 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 • 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정) 	-
안전성 평가	-	<ul style="list-style-type: none"> • 필요한 부위의 구조·지반·수리·수문 해석등 안전성평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
보수·보강 방법	-	<ul style="list-style-type: none"> • 보수·보강 방법 제시
보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> • CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	-



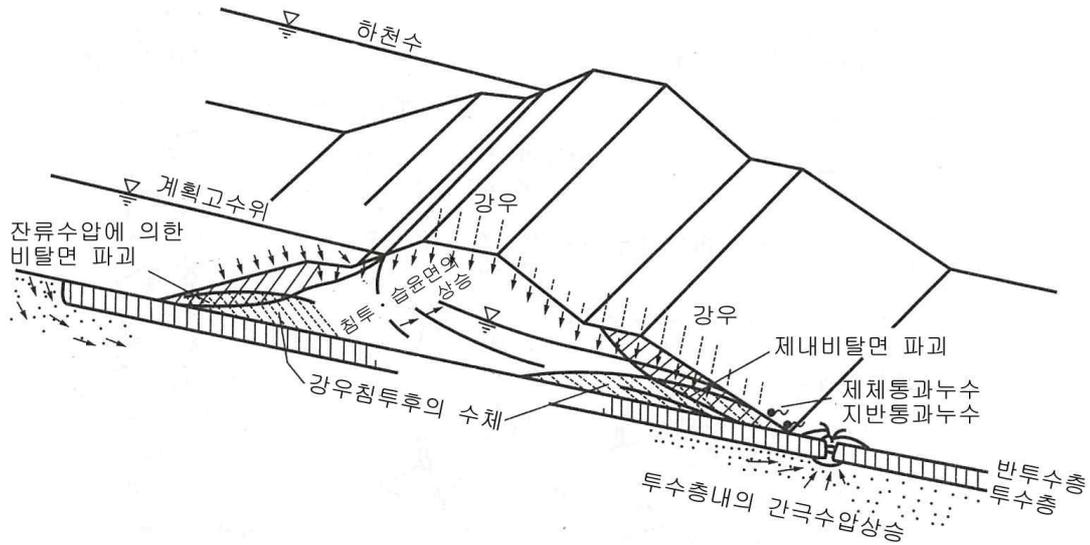
[해설 그림 8.2.1] 정밀점검 흐름도



<일본의 円山川 제방의 파제 과정>

① 침투(누수)에 의한 제방 파괴

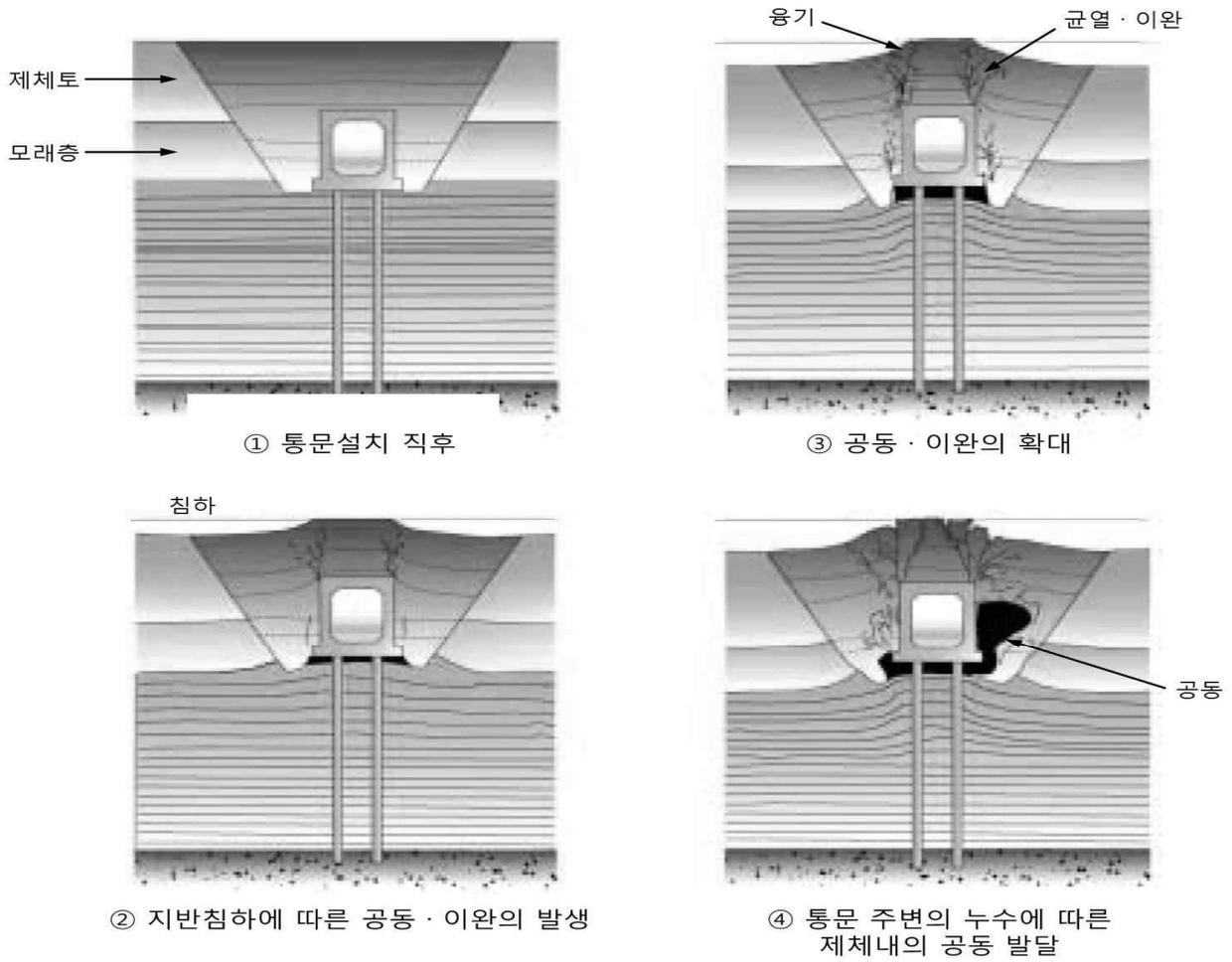
- (가) 강우 및 하천수가 제체에 작용하여 제방을 불안정화 시키는 프로세스는 물의 침투가 흙의 포화도를 높여 흙의 강도를 저하 시키는 것이다.
- (나) 제체 일부에 미세한 파괴면에서의 간극수압의 상승은 유효응력을 감소시켜 파괴 발생에 이르게 된다.
- (다) 아래 그림은 포화도가 낮은 흙이 물에 포화되어 현저히 강도가 저하되는 것을 보여 준다.



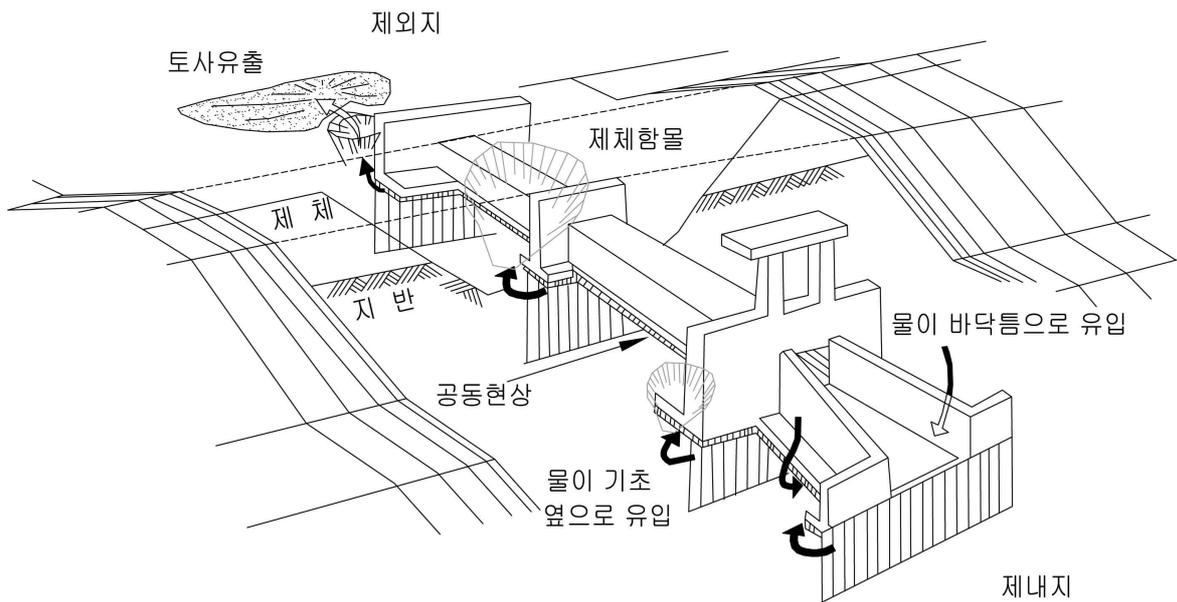
<하천제방 주변의 침투에 의한 파제요인 개념도>

② 제방 횡단 구조물의 접합부의 공동

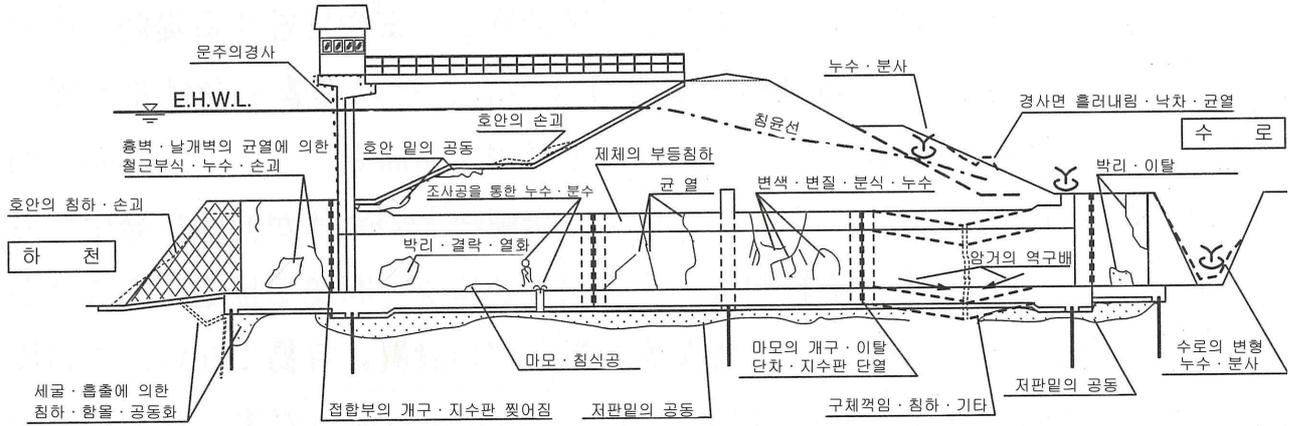
- (가) 제방횡단 구조물의 대표적인 구조물은 배수통문과 배수통관이다.
- (나) 구조물의 흙과 접하는 부분에서의 동공(洞空) 발생으로 침투속이 증가되어 제체 파제의 원인이 된다.
- (다) 특히 pile 기초로 된 통문에서 Box하부의 지반침하에 따른 동공발생, pile 기초로 된 통문에서 BOX하부의 지반침하에 따른 동공발생, pile이 없는 직접기초에서의 부등침하 등에 의한 동공발생이 빈번하다.
- (라) 통문주변의 침투 모식도 및 중 평면적인 파괴모식도는 그림과 같다.



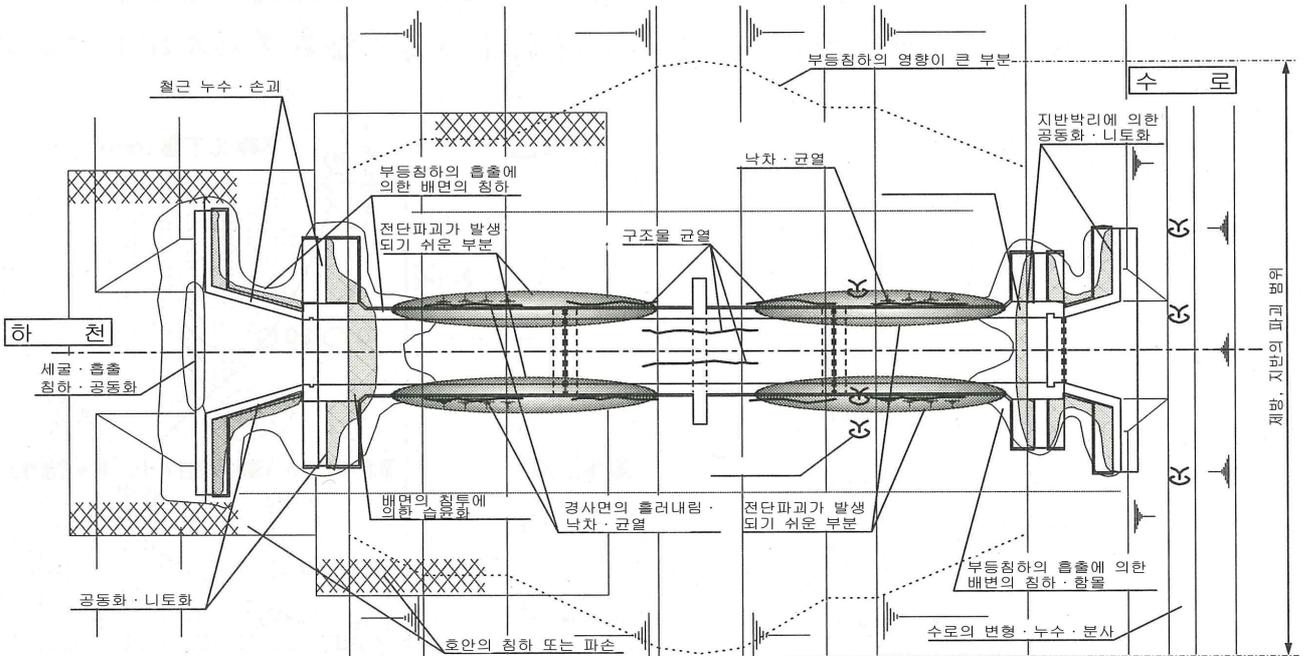
<pile 기초 통문에서의 지반침하에 따른 동공발생 모식도>



<통문주변의 침투 모식도>



<통문주변의 파괴 모식도(종단)>



<통문주변의 파괴 모식도(평면)>

4) 시설물 점검사항

앞의 사항을 참조하여 다음과 같이 점검한다.

(가) 제체

① 월류

- ㉠ 제방고와 계획홍수위에 의한 여유고를 고려하여 제방의 월류 가능성을 검토한다.
- ㉡ 월류 제방은 제방의 침식, 세굴 등을 조사한다.
- ㉢ 유로 만족부는 수위 상승이 우려되는 지점이므로 특히 세심히 점검한다.

② 세굴

- ㉠ 최근에 골재채취 등의 하상굴착이 있는 부분은 하안이나 제방사면에 대한 영향을 고려하여 점검하며, 기 검토된 계획하상과 평형하상고 이하로 골재가 채취되었을 경우에는 평형하상이론에 의한 상하류의 영향도 조사대상에 포함한다.
- ㉡ 하안의 침식이나 하상의 국부세굴 등을 점검하여 제체세굴 가능성을 예견한다.
- ㉢ 제방과 교량, 낙차공, 수문 등의 각종 하천구조물의 접속부는 그 기능 및 재료의 상이함으로 인하여 홍수에 취약하므로, 구조물 상·하류의 와류 등에 의한 제방 세굴에 대해 점검한다.
- ㉣ 과거의 하천유로 변경사항 등을 과거자료 및 지역주민 등에 대한 탐문조사를 통하여 기초누수에 대한 취약지점 등을 파악한다.

③ 활동

- ㉠ 제정부의 종방향 균열이나 비탈면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악한다.
- ㉡ 위험지점 비탈면의 경사를 측정하여 추후 상태평가 시 고려한다.

④ 누수

- ㉠ 누수는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있으므로 누수지점, 누수경로 및 양상(빗물침투 또는 파이핑) 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리주체에 통보하고 정밀안전진단 필요성 여부를 판단한다.
- ㉡ 홍수기에는 제내지 비탈면의 국부세굴이나 지반붕괴 현상과 아울러 파이핑 현상 유무를 확인하고, 갈수기에는 그 흔적 확인과 동시에 탐문조사를 시행한다.
- ㉢ 취약단면의 독마루폭, 비탈경사와 제방저폭을 확인하여 침윤선 검토 시 자료로 사용한다.
- ㉣ 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사를 실시한다.
- ㉤ 지반 누수는 고수부지부의 표토가 유실되거나, 제내 비탈기슭 부근에서 골재채취 등 굴착을 실시하여, 투수층이 노출되어 일어나는 경우가 있으므로

로 세심한 조사를 실시한다.

- ㉞ 제방 관통 구조물의 표면과 제체사이의 공극은 홍수 시 제방누수 및 파괴의 주원인이므로 물리탐사(전기비저항탐사, 탄성파탐사 등) 장비를 사용한 검사를 실시하며, 특히 사용치 않는 폐관의 경우에는 세심한 주의를 요한다.
- ㉟ 제방 및 주변의 수목(교목)의 뿌리에 의한 제체파괴 또는 누수 그 가능성을 점검한다.

⑤ 제방침하

- ㉠ 제방 침하는 장기간에 걸쳐 일어나는 경우가 많아 단기간의 점검을 통한 확인은 어려우나, 제방 측방(제내·외측)의 흙의 부풀어 오름으로 간이 판별할 수 있다.

⑥ 변위측정

- ㉡ 변위발생이 우려되는 구간에 대한 제체중심, 비탈경사, 독마루폭, 제방저폭 등의 변위발생 여부를 측정하여 기초파괴, 제체파괴, 활동 등의 진행여부를 판단한다.

(나) 호안

① 비탈 덮기

- ㉢ 홍수 시 감수속도가 빠른 하천 등에서 뒷채움 토사가 유출됨에 따라 공동 현상이 발생하여 비탈덮기가 파괴되므로 비탈덮기 재료의 편평성을 조사한다.
- ㉣ 경사가 급한 호안에서 내측토압이나 수압에 의한 붕괴가 나타나므로, 하천시설기준상의 비탈경사에 준한 조사를 실시한다.
- ㉤ 상하류 비탈덮기공의 마감부는 유수에 의한 세굴 취약지점이므로 면밀한 점검이 요구되며, 소구 멈춤공(마감부 처리공)의 유무를 조사한다.
- ㉥ 비탈경사 변화지점이나 비탈덮기 재료의 변화구간은 세굴위험 구간이므로 세심한 점검을 실시한다.

② 기초(비탈 멈춤)

- ㉦ 호안 파괴의 주요 원인이 기초세굴에 의한 것이므로 세굴정도를 면밀히 조사하여야 하며, 필요시 측량 및 수중조사를 병행한다.

③ 밀다짐공

- ㉧ 비탈경사 변화지점의 하상은 세굴에 취약하므로 밀다짐공의 점검 시 유의한다.

④ 비탈덮기 재료별 점검 요령

[표 8.2] 비탈댐기 점검요령

재료 구분	점 검 사 항
1. 때붙임	- 때의 생육정도 및 조밀도
2. 돌망태공	- 철선의 부식 및 파손상태, 탈석
3. 돌붙임	- 배수구멍 유무 - 배부르기 또는 탈석 - 줄눈의 탈락
4. 콘크리트블록붙임	- 블록 뒷면 공동 상태파악(표면 두드림) - 배부르기 또는 블록유실

(다) 옹벽

- ① 콘크리트 옹벽은 균열, 백태 등의 콘크리트 구조물로서의 점검사항에 대해 실시한다.
- ② 이음부 등의 시공상태를 판단하며, 부등침하에 대해 세심한 점검을 한다.
- ③ 전도 위험성에 대해서는 현장 측량을 실시하여 안전성 여부를 판단한다.
- ④ 수면의 접촉부에 대하여 옹벽의 파손여부를 조사한다.

(라) 널말뚝 구조제방

- ① 널말뚝을 이용한 제방은 주로 수면에 접해있는 경우가 많으므로 하상세굴에 대해 수중조사를 실시한다.
- ② 널말뚝의 부식 및 훼손상태 점검을 실시하며, 특히 수면의 접촉부는 세심한 검사를 실시한다.

(마) 석축

- ① 석축의 취약부인 기초 콘크리트의 침하상태를 점검하며, 기초 상부에 계획 토피가 있는 경우의 세굴에 대해 점검한다.
- ② 석축면의 배수공은 토압에 대해 매우 중요한 시설이므로 설치 유무 및 간격에 대해 점검한다.
- ③ 줄눈의 탈락과 석축의 배부르기 또는 탈석에 대해 점검한다.

(바) 배수통관

- ① 체체를 횡단하여 설치된 배수통관에 대한 통관의 내부 토사퇴적, 이음부의 이격, 구조물의 손상상태를 조사하며, 통관의 내부가 협소하여 직접조사가 곤란할 시에는 CCTV를 통한 간접조사를 실시한다.
- ② 배수통관과 체체의 접합부위는 공동으로 인해 유수의 침투에 취약하므로 누수 흔적, 세굴 등에 대하여 세밀히 조사한다.

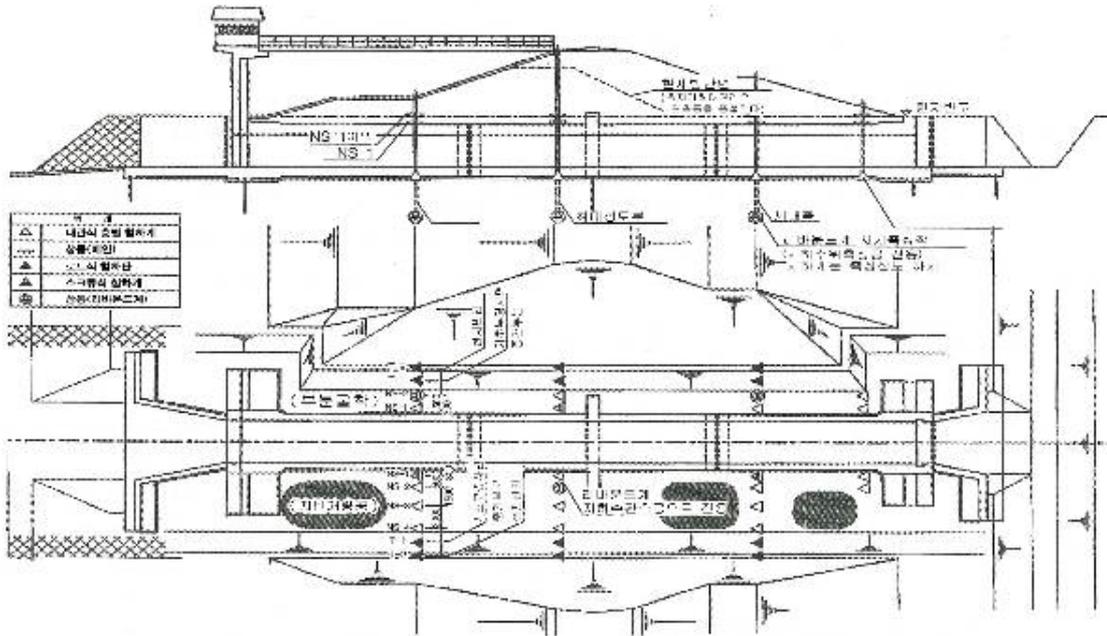
【해설】

1. 시설물 점검사항

(1) 제체

① 누수

누수는 청문, 홍수 당시 현장조사를 통한 확인, 홍수 후 흔적조사를 통하여 파악한다. 참고적으로 제방관통 구조물 주변의 누수를 조사하기 위하여 설치되는 계측기는 아래 그림과 같다.



<문주변의 계측기 배치도>

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

1) 진단 대상

(가) 제체

- 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 둑마루, 뒷비탈, 뒷턱 등
- 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공, 흥벽) 등

(나) 호안(저수호안 포함)

- 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 밀다짐공, 호안머리 보호공, 구조이음눈

(다) 하상부

- 밀다짐공, 하상보호사석 상태, 하상의 퇴적 및 세굴 상태 등

(라) 배수통관

(마) 기타시설

- 시특법상의 1, 2종외의 하천횡단 구조물

※ 기타시설에 대하여는 평가를 실시하지 않고, 손상상태도 및 보수·보강 방안만 제시한다.

2) 부재별 정밀안전진단 요령

각 부재별 정밀안전진단 요령은 가의 정밀점검 요령에 준하여 실시하며, 보다 정밀한 외관조사를 병행한다.

3) 수중구조물 점검사항

[표 8.3] 수중구조물 점검사항

점 검 부 위		점 검 사 항
표준제	비탈덮기	비탈덮기 유실, 제체의 유실
	기초(비탈멈춤), 밀다짐공	세굴 및 파손
특수제	옹 벽	균열, 박리, 기초부 세굴
	말 뚝	부식 및 기초부 세굴
	석 축	기초부 세굴

【해설】

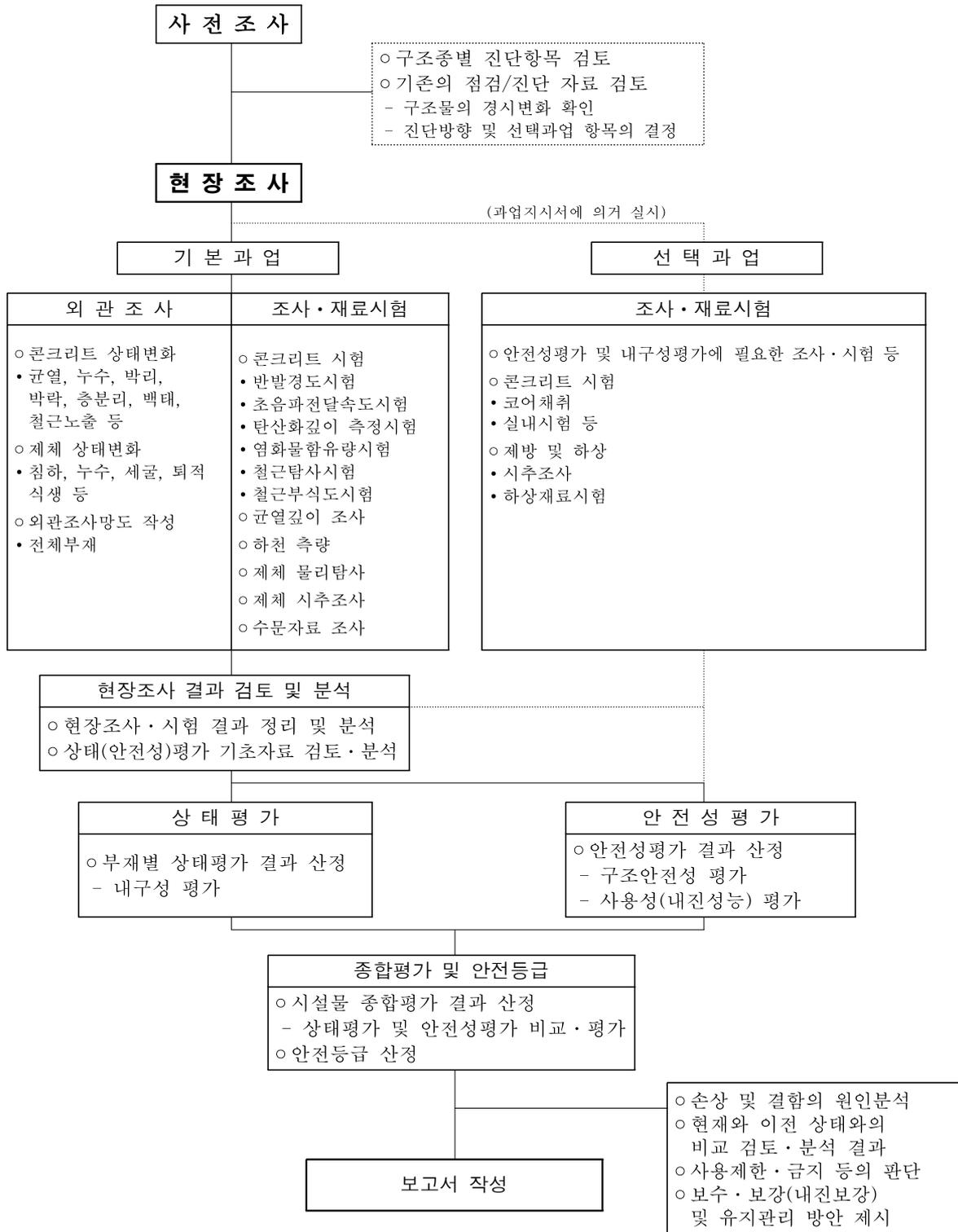
1. 진단대상

- (1) (가) 제체 ~ (라) 배수통관은 가. 정밀점검 현장조사 요령에 따른다.
- (2) (마) 기타시설은 하천을 횡단하여 설치된 구조물을 말하며, 시특법상의 1, 2종이 아닌 보, 낙차공 등 하천시설을 말한다.

2. 수중구조물 점검사항

(1) 여기서 나타내지 않은 점검부위(하상등)에 대하여는 책임기술자가 판단하여 실시할 수 있다.

3. 제방의 정밀안전진단의 과업 구분은 [해설 표 8.2.2]와 같으며, 정밀안전진단의 흐름도는 [해설 그림 8.2.2]와 같다.



[해설 그림 8.2.2] 정밀안전진단 흐름도

[해설 표 8.2.2] 정밀안전진단 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 구조물: 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물: 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등 • 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 시험: 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 균열깊이 조사 - 하천 측량 - 제체 물리탐사 - 제체 시추조사 - 강재 시험: 강재 비파괴시험 ◦ 기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무 	<ul style="list-style-type: none"> • 시료채취 및 실내시험 • 재하시험 및 계측 • 지형, 지질, 지반조사 및 탐사, 토질조사 • 수중조사(준공후 50년 경과하고 연장 100m 이상인 하천교량은 필수) • 누수탐사 • 침하, 변위, 거동 등의 측정 (안전점검 실시결과, 원인 규명이 필요하다고 평가한 경우 필수) • 콘크리트 제체 시추조사 • 수리·수층격·수문조사 • 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 • 조사용 접근장비 운용 • 조사부위 표면청소 • 마감재의 해체 및 복구 • 기계·전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측(건축물 제외) • 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 • CCTV, 단수시키지 않는 내시경 조사 등 • 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> • 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견 	-
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> • 조사, 시험, 측정결과의 분석 • 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 • 내하력 및 구조 안전성평가 • 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·지반·수리·수문 해석 (구조계 변화 또는 내하력 및 구조안전성 저하가 예상되는 경우 필수) • 구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 • 내진성능 평가 및 사용성 평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> • 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 • 안전등급 지정 	-
보수·보강 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 보수·보강 방법 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 내진보강 방안 제시 • 시설물 유지관리 방안 제시
보고서작성	<ul style="list-style-type: none"> • CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	-

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 8.4] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
제방		<ul style="list-style-type: none"> ○ 제방 종·횡단측량 ○ 시추조사 ○ 제체 물리탐사 ○ 하상재료 시험
콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량¹⁾

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 8.5] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험 	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제방 종·횡단측량 	○ 계획홍수위에 대한 제방고 및 호안 설치고의 적정성 파악
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시추조사 	○ 제체의 안전성평가 자료 획득
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제체 물리탐사 	○ 제체 내부의 공동 또는 누수층 파악
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하상재료시험(입도분석 등) 	○ 장기적인 하상변동 분석
콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어채취 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께 	○ 구조검토를 위한 철근조사
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 염화물함유량 시험 	○ 시료채취 및 평가

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 구분하였다.
2. 정밀점검은 간단한 재료시험을 포함하는 점검행위로 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다.
3. 염화물함유량시험 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로 하며, 시험부재의 철근깊이까지 10mm 또는 20mm 단위로 깊이 별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.
4. 또한, 동절기 염화칼슘 등의 사용 등에 따라 염해의 우려가 있는 시설물도 포함한다.

【해설 표 8.3.1-1】 【염해에 관한 외적 성능 저하요인의 구분】

구분	해안에서 거리	염소이온의 침투정도
심한 염해 지역	0m 부근	조수간만 및 파도에 의해 빈번히 해수에 접한다.
보통 염해 지역	100m 이내	강풍시에 해수적(海水滴)이 비래하고, 콘크리트 면이 해수에 젖는다.
경미한 염해지역	250m 이내	해염입자가 비래하고 콘크리트중에 유해량의 염화물이 축적된다.
염해를 고려하지 않아도 좋은 지역	250m 초과	콘크리트중에 유해량의 염화물이 거의 축적되지 않는다.

출처 : 염해 및 탄산화에 대한 철근콘크리트 구조물의 내구성 설계·시공·유지관리 지침
: 한국콘크리트학회('03.4)

나. 재료시험 기준수량

[표 8.6] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	특수제 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비 고
반발경도시험 탄산화 깊이 측정 ¹⁾	○구조물 이음부 기준 1회이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이상의 경우 1.5배 가산)	○호안 1km당 3회이상 (호안블록 3개소 샘플 선정)	

주 1) 무근콘크리트 부위를 제외한 철근콘크리트인 이음부의 복합부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다.

[표 8.7] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
제방 중·횡단 측량 ¹⁾	○ 제방 1km당 1개소(10~20m 정도)	
시추조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
물리탐사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
하상재료시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
코어채취 ²⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물함유량	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 측량은 인근 1, 2등 수준점을 기준으로 하여 제방고, 폭, 비탈경사, 비탈덮기, 설치고 등에 대하여 파악 가능하도록 실시

주2) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

【해설】

1. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 점검 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.
2. 1.의 경우와 같이 기준수량을 조정하였을 경우에는 “부록 B의 사전검토서”에 이 내용을 반드시 포함시켜야한다.

8.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 8.8] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
제방 및 하상		<ul style="list-style-type: none"> ○ 하천 측량 ○ 제체 물리탐사 ○ 제체 시추조사 ○ 하상재료 시험
콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴시험 : 반발경도, 초음파 ○ 철근탐사 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 염화물함유량¹⁾ ○ 철근부식도시험 ○ 균열깊이 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 국부파괴법 : 코어강도

주1) 염화물함유량 시험은 [표 8.5]에 따라 실시한다.

[표 8.9] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 비파괴강도 <ul style="list-style-type: none"> - 반발경도시험 - 초음파전달속도시험 	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철근탐사시험 <ul style="list-style-type: none"> - 철근배근상태 - 철근피복두께 	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
선택 과업	○ 하천 측량	○ 계획홍수위에 대한 제방고 및 호안 설치고의 적정성 파악 ○ 하상의 세굴 및 퇴적 여부
	○ 제체 물리탐사	○ 제체 내부의 공동 또는 누수층 파악
	○ 제체 시추조사	○ 제체의 안전성평가 자료 획득
	○ 하상재료시험(입도시험 등)	○ 장기적인 하상변동 분석
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 국부파괴 : 코어채취 	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등

【해설】

1. 염화물함유량시험의 실내시험은 건설기술관리법 제25조에 따른 국·공립시험기관 또는 품질검사전문기관에 의뢰하여 실시하여야 하므로 선택과업에 해당하며, 기본과업은 시료채취 및 실내시험결과에 대한 평가를 포함한다.
2. 시추 및 토질조사
시추조사의 목적은 지층의 판단과 실내시험을 위한 시료의 채취, 현장의 토질특성 파악에 있다. 시추위치의 선정은 물리탐사의 해석결과에 의하여 조사목적에 달성할 수 있는 지점을 선정한다. 제체의 결함은 경미하나 토질조사 및 안정해석이 필요한 경우에는 시험굴조사(Test Pit)를 실시한다.
3. 하상재료시험
 - (1) 현장에서 채취한 하상재료 시료의 입경 분포를 분석하기 위하여 모래는 KSF(2504), 자갈은 KSF(2503)에 따른다. 또한 미립 토사에 대해서는 KSF(2308)의 시험법에 따라 측정한다.
 - (2) 현장에서 채취한 하상재료의 침강 속도는 입자 형상과 비중이 보통의 하상재료와 특별히 다른 경우 실험실에서 실측하여 결정한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 8.10] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준

구 분	특수제방 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비 고
반발경도시험	○구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이상의 경우 1.5배 가산)	○호안(제방) 1km당 6회이상* (호안블록 6개소 샘플 선정)	· 동일 부위 시험 원칙 · 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
초음파 전달속도시험			
탄산화 깊이 측정			
철근탐사시험			
염화물함유량	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정	-	· 시험 실시 근거 명기
철근부식도시험 ¹⁾	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정	-	· 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정		· 상태평가 기준 참조

참고) 호안블록의 표면세굴 및 파손이 전체의 10% 이상이 발생하여 강도상의 문제가 있다고 판단되는 경우에는 손상 구간의 블록에 대하여 3개소 이상 샘플을 채취하여 실내시험(압축강도, 흡수율)을 실시한다.

주1) 철근부식이 의심스러운 경우, 책임기술자의 판단에 따라 조사수량 추가

[표 8.11] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
하천측량 ¹⁾	○대상 전 구간 실시 (기준점측량, 종·횡단 측량)	필수 실시
제체 물리탐사 ²⁾	○제방 2km당 100m 이상	필수 실시
제체 시추조사 ³⁾	○제방 2km당 1개소	필수 실시
하상재료시험	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
코어채취 ⁴⁾	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등

주1) 하천측량 범위, 방법 등은 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주2) 탐사구간의 선정, 방법 등은 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주3) 시추조사 방법에 대하여 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주4) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

8.4 상태평가 기준 및 방법

8.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향 정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록, 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

○ 침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접 영향을 미치는 결함.

② 국부결함

○ 체체 세굴 및 침식 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않는 않지만 손상이 진전될 경우, 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

○ 수목식생, 콘크리트 재료분리·파손·마모 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상.

2) 영향계수의 적용

각 부재에서 발생하는 각종 손상 및 결함에 대한 상태평가 시 손상이 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향 정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 영향계수를 적용한다.

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함을 기준으로 하여 국부적인 결함을 상향 조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가절하하는 계수이며, 상태평가를 위한 표준기준으로서 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

【해설】

- 영향계수는 중요결함에 비하여 상대적으로 구조물에 미치는 영향이 적은 국부결함과 일반손상의 등급을 상향 조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가절하하기 위한 것이다.
- 영향계수의 적용
[표 8.44]과 같이 평가기준(a~e)에 따라 국부결함은 1.0~2.0을 평가점수에 곱하고 일반손상은 1.0~3.0을 평가점수에 곱하여 평가지수를 산정한다.
- 결함 및 손상에 대한 평가유형은 [표 8.12],[표 8.25],[표 8.38]을 참조한다.

나. 표준제방

1) 표준제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 8.12] 표준제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
제 체	침 하	중요결함	a	5	1.0
	활 동		b	4	
	누 수		c	3	
			d	2	
	세 굴(침식)	국부결함	e	1	1.0
			a	5	1.1
b			4	1.2	
c			3	1.4	
d			2	2.0	
혜 손	일반손상	e	1	1.0	
		a	5	1.1	
		b	4	1.3	
		c	3	1.7	
수목의 식생	일반손상	d	2	3.0	
		e	1		
		a	5		
		b	4		
		c	3		
호 안	중요결함	d	2	1.0	
		e	1		
	비탈덧기 활동	국부결함	a	5	1.0
			b	4	1.1
			c	3	1.2
비탈덧기의 손상	국부결함	d	2	1.4	
		e	1	2.0	
호안머리보호공의 손상	국부결함	a	5	1.0	
		b	4	1.1	
구조이음눈, 비탈멈춤공 등의 손상	일반손상	c	3	1.3	
		d	2	1.7	
하상부	일반손상	e	1	3.0	
		a	5		
세 굴	일반손상	b	4		
		c	3		
퇴 적	일반손상	d	2		
		e	1		

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

표준제방에서의 손상 및 결함형태별로 상태평가 기준을 정하였고, [표8.13]~[표 8.24]에서 정의된 기준은 상태평가를 위한 표준적인 기준으로 실무에 활용 시에는 책임 기술자의 판단으로 상태평가기준을 다소 조정 평가할 수 있다.

[표 8.13] 제체 침하의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 거의 발생하지 않음.
b	4	○ 육안으로 관찰 가능한 경미한 침하
c	3	○ 단차 및 균열의 조짐이 보이거나 경미한 단차 및 균열이 발생
d	2	○ 단차 및 균열이 육안으로 뚜렷이 관찰되며, 빗물이 고일 정도 발생
e	1	○ 부분적인 함몰이 발생되고, 비탈사면 활동조짐이 보임.

※) 침하에 대한 상태평가 기준을 침하량을 기준할 경우 정확한 침하량이 조사되어야 하나 침하량을 정확히 측정하기가 불가능하므로 육안에 의한 징후에 따라 등급 기준을 정하였다.

[표 8.14] 활동의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	독마루의 손상 범위	조사된 상태
a	5	없음	○ 활동이 발생되지 않은 상태
b	4	없음	○ 육안으로 관찰되지 않으나 부분적으로 부등침하 흔적이 있는 경우
c	3	흔적 보임	○ 부분적으로 경미한 상태의 활동이 발생하였으나 제체의 안전성에는 영향이 없고, 지속적인 관찰 필요한 상태
d	2	폭이 큼	○ 활동이 발생하여 비탈사면이 부분적으로 전방으로 밀려난 상태이나 연직붕괴까지는 이르지 않은 상태
e	1	함몰을 동반하는 균열 발생	○ 활동의 정도가 아주 심하고, 광범위하게 발생하여, 연직붕괴에 이르러 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태

※) 비탈사면의 활동은 비탈사면이 전방으로 밀려나는 형태이므로 활동에 대한 상태평가 기준은 독마루에서의 침하량 및 균열폭을 기준하였다.

활동에 대하여는 횡방향의 부등침하와 구분하기 어려운 점이 있으나, 현장의 손상상태를 면밀히 파악하여 책임기술자가 판단하는 것이 타당할 것이다.

[표 8.15] 누수의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	조사된 상태	
		지반누수	제체누수
a	5	○ 발생하지 않음	○ 발생하지 않음.
b	4	○ 누수는 발생하지 않으나 기초 지반이 투수성이 있음	○ 누수는 발생하지 않으나 제체재료가 투수성이 큼
c	3	○ 누수는 발생되지 않으나 제내 외측에 골재채취 등으로 투수층이 노출되어 있음	○ 부분적으로 누수흔적이 있으나 제체 재료 유실은 발생되지 않음.
d	2	○ 부분적으로 파이핑 현상 발생하나, 심하지 않음	○ 누수가 발생되어 경미한 제체 재료의 유실이 있음.
e	1	○ 심한 파이핑 현상이 발생하여 제체의 안전성에 심각한 영향을 미침	○ 누수와 함께 제체재료의 유실이 심하여(파이핑 현상) 제체의 안전성에 심각한 영향을 미침.

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 8.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※) 제체 누수는 평상시에는 관찰하기가 어려우므로 가능한 한 홍수기에 현장조사를 할 필요가 있으며, 부득이한 경우에는 청문조사, 누수흔적으로 상태를 파악하여야 한다.

[표 8.16] 호안의 기초·밑다짐공 세굴에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 세굴이 거의 발생하지 않은 상태
b	4	○ 경미한 세굴이 발생하여 부분적인 밑다짐공의 교란이 있으나 기초는 노출되지 않은 상태
c	3	○ 세굴의 발생으로 밑다짐공이 유실되고, 기초가 노출된 상태
d	2	○ 심한 세굴의 발생으로 밑다짐공의 유실, 기초하단깊이까지 세굴되어 호안의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 부분적으로 기초가 유실되어 호안이 붕괴된 상태

※) 제방 파괴는 대부분 월류, 세굴에 의하여 야기되며, 세굴의 의한 제방파괴 유형 중 기초 세굴로 호안의 붕괴로 이어지는 유형이 일반적이다.

기초세굴에 대한 상태평가 기준은 세굴깊이를 정량적으로 파악하기 어려우므로 제방의 안전에 영향을 미치는 세굴의 정도에 따라 책임 기술자가 판단하여 평가점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.17] 비탈댐기의 활동에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 활동이 없는 상태
b	4	○ 경미한 활동(배부름)이 발생하였으나, 보수가 필요하지 않은 상태
c	3	○ 활동의 발생으로 배부름 현상이 심하고, 접촉구조물인 턱 피복 콘크리트, 호안머리 보호공에 영향을 미쳐 이들 구조물에도 손상이 동반된 상태
d	2	○ 활동이 심하게 발생하여 부분적으로 붕괴가 발생되어 시급한 보수를 요하는 상태
e	1	○ 비탈댐기가 전반적으로 붕괴되어 전반적인 재시공이 요구되는 상태

※) 유수와 직접 접하는 비탈댐기는 항상 유수의 영향을 받고 있어 어느 정도의 손상을 피할 수 없다. 유수에 의한 영향을 크게 비탈댐기의 활동과 세굴로 구분할 때, 활동은 비탈댐기의 전체적인 붕괴로 이어지고, 세굴은 유수의 소류력으로 부분적인 탈락, 파손을 야기한다. 따라서 세굴에 의한 비탈댐기의 손상은 국부손상에 포함하였다. 비탈댐기의 활동에 대한 상태평가 기준은 현장에서 활동의 상태를 파악하여 제방의 안전에 영향을 미치는 정도에 따라 책임 기술자가 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.18] 제체의 세굴 및 침식에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 세굴 및 침식이 거의 발생하지 않음
b	4	○ 경미하게 발생한 상태로서 보수 불필요
c	3	○ 다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요하나 단면축소로 인한 누수, 사면붕괴 등의 영향은 없는 상태임
d	2	○ 심하게 발생하여 비탈사면의 붕괴나 제체내 누수로 이어질 가능성이 있음
e	1	○ 매우 심하여 비탈사면의 붕괴와 제체 내 누수가 발생한 상태

주) 상태평가 결과가 "e"이면 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 제체는 유수와 접하는 앞비탈의 계획홍수위 이하부위는 호안을 설치하기 때문에 유수에 의한 직접적인 세굴이나 침식우려는 없다. 따라서 제체의 세굴은 주로 강우에 의해 발생되어진다고 할 수 있다. 상태평가 기준은 세굴 및 침식정도를 정량적으로 파악하기는 어려우므로 현장에서의 책임 기술자가 제체에 미치는 영향의 정도를 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.19] 비탈덧기의 손상(줄눈이격, 파손, 탈락)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 줄눈 이격은 있으나 파손, 탈락은 발생하지 않은 상태
c	3	○ 부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 부분적인 비탈덧기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덧기의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 대부분의 비탈덧기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태

[표 8.20] 호안머리보호공 손상(균열, 파손, 들뜸)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 비탈덧기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
c	3	○ 부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 부분적인 비탈덧기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덧기의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 대부분의 비탈덧기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태

※) 호안머리보호공은 비탈덧기가 제체에 견고하게 부착할 수 있도록 하고, 또한 활동(미끄러짐)을 방지하는 역할도 한다. 손상의 정도에 따라 비탈덧기의 안전에 직접적인 영향을 미친다. 호안머리보호공에 발생하는 균열, 파손, 들뜸 등의 손상에 대한 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.21] 제체의 훼손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 훼손이 거의 없는 상태
b	4	○ 경미한 훼손이 있으나 보수 불필요
c	3	○ 다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요함
d	2	○ 훼손 정도가 심하여 누수, 붕괴로 이어질 가능성이 있음
e	1	○ 훼손 정도가 매우 심하여 이로 인해 부분적인 제체붕괴와 제체내 누수가 발생하고 있는 상태

※) 제체의 훼손은 직접적으로 제방의 안전에 영향을 미치는 것은 아니나 제방의 노후화, 제체의 강도저하를 초래하며, 대표적으로 들쥐나 두더지에 의한 구멍, 경작, 골재채취 등의 유형이 있다. 상태평가 기준은 훼손정도를 정량적으로 나타내기는 어렵고, 현장에서 손상정도를 책임 기술자가 제체에 미치는 영향을 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.22] 수목의 식생에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○문제가 될 수목식생이 거의 없는 상태
b	4	○수목이 식생하고 있으나, 유수와 접하는 계획홍수위 이하 부분에서는 문제가 될 식생은 없음
c	3	○유수와 접하는 계획홍수위 이하부분에서 문제가 될 수목이 식생하고 있고, 일부는 유실되어 제체에 손상을 유발시킨 상태
d	2	-
e	1	-

※) 수목의 식생도 직접적으로 제방의 안전에 영향을 미치는 것은 아니나 제방의 노후화, 제체의 강도저하를 초래하며, 홍수시 수목이 유실될 때 뿌리가 제체내 깊이 착근되어 있을 경우에는 제체의 안전에 영향을 미칠 수가 있다. 이외, 식생의 뿌리부에서의 공동, 들뜸 등으로 유수가 침투하여 제방을 연약화 시킨다.

상태평가 기준은 현장의 식생상태를 조사하여 책임 기술자가 제체에 미치는 영향을 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.23] 호안 구조이음눈 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○손상이 없는 상태
b	4	○경미한 손상이 있으나 비교적 양호한 상태
c	3	○다소 심한 균열, 이격, 파손, 탈락 등의 손상이 있으나 비탈덧기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
d	2	○전반적으로 탈락, 유실되어 비탈덧기의 안전에 심각한 영향을 미칠 우려가 있는 상태
e	1	-

[표 8.24] 하상부의 세굴 및 퇴적에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○세굴 및 퇴적이 거의 없는 상태
b	4	○경미하게 세굴 되었으나 계획하상고 이내인 상태 ○경미하게 퇴적되었으나 통수에 전혀 지장이 없는 상태
c	3	○세굴로 하상보호사석의 유실 및 호안 기초부위가 노출된 상태 ○토사의 퇴적, 유목 등으로 통수능에 지장을 줄 수 있는 상태
d	2	-
e	1	-

다. 특수제방

1) 특수제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 8.25] 특수제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
직립 구조물	침 하	중요결함	a	5	1.0
	경사/전도		b	4	
	활 동		c	3	
	변 형		d	2	
			e	1	
	파 손	국부결함	a	5	1.0
	균열		b	4	1.1
	박리(박락, 층분리)		c	3	1.3
			d	2	1.7
			e	1	3.0
	신축이음부 이격, 사석블록 이격, 말뚝간의 이격	일반손상	a	5	1.0
			b	4	1.1
			c	3	1.2
	기초부 세굴		d	2	1.4
			e	1	2.0

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

특수제방에서의 손상 및 결함형태별로 상태평가 기준을 정함에 있어서 체체 및 호안, 그리고 하상부의 손상 및 결함에 대한 사항은 표준제방을 그대로 적용하였고, 여기서는 직립구조물의 손상에 대한 사항만 기술하였다.

아래의 [표]에서 정의된 기준은 상태평가를 위한 표준적인 기준이며, 실무에 활용 시에는 책임기술자의 판단으로 상태평가점수를 다소 조정 평가할 수 있다.

[표 8.26] 직립구조물 침하의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	조사된 상태	
		직립구조물 손상상태	제체의 손상상태
a	5	○ 거의 발생하지 않음	○ 거의 발생하지 않음
b	4	○ 경미한 침하가 있으나 구조물 표고가 설계시 표고 이상인 확보하고 있는 경우	○ 경미한 침하가 있으나, 둑마루가 설계시 여유고를 확보하고 있는 경우
c	3	○ 구조물 표고는 계획홍수위 이상을 확보하나 침하로 인해 구조물에 경미한 균열, 시공이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태	○ 배면 제체에 단차 및 균열이 육안으로 뚜렷이 관찰되며 빗물이 고일 정도 발생
d	2	○ 구조물의 표고가 계획홍수위 이하로 침하되고, 구조물에 다소 폭이 큰 균열, 시공이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태	○ 배면 제체에 부분적 함몰이 발생되고, 비탈사면 활동조짐이 보임
e	1	○ 구조물에 심각한 손상이 발생하여 구조물의 붕괴가 예상될 경우	-

※) 직립구조물에 발생하는 침하에 대한 상태평가 기준은 선정된 기준을 적용하고, 직립구조물의 침하를 동반하지 않는 제체 자체의 침하에 대하여는 표준제방의 제체 평가기준을 적용한다.

[표 8.27] 경사/전도의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	4	2%이상~3%미만	1%이상~2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	3%이상~4%미만	2%이상~3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	4%이상~6%미만	3%이상~4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 구조물의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태

[표 8.28] 말뚝구조의 활동에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 활동이 없는 상태
b	4	○ 경미한 활동흔적이 있으나, 구조물에 손상이 없는 상태
c	3	○ 경미한 활동으로 구조물에 경미한 균열이 발생
d	2	○ 활동으로 인해 벽체가 기울어지기 시작하고 후면 매립부에 큰 균열이 발생하여 사면 파괴징후가 완전한 상태
e	1	○ 활동으로 사면 파괴가 크게 일어나고 널말뚝 벽체가 쓰러져 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

※) 직립구조물에 발생하는 활동에 대한 상태평가 기준은 제체의 활동에 대한 평가기준을 적용하되, 말뚝구조의 활동은 콘크리트 및 석축구조의 활동과는 달리 벽체 후면에서부터 사면 활동이 일어나 사면 파괴로 이어지는 양상이므로 상기의 별도 상태평가 기준을 정하였다.

[표 8.29] 말뚝구조의 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 변형이 거의 발생하지 않은 상태
b	4	○ 부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	○ 변형의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	○ 변형의 정도가 심각하여 말뚝의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	○ 변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 위험한 상태

[표 8.30] 신축이음부 및 사석블록의 이격에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 건전한 상태
b	4	○ 경미한 발생으로 배면 토사 유출이 없는 상태
c	3	○ 다소 크게 발생하여 배면 토사 유출이 있는 상태
d	2	○ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	○ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

※) 콘크리트 구조의 신축이음부 이격, 말뚝 간의 이격, 사석블록의 이격에 대한 상태평가 기준을 상기와 같이 적용한다.

[표 8.31] 직립구조물의 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 하상의 세굴이 없는 상태
b	4	○ 하상이 세굴되었으나, 기초부의 노출이 안된 상태
c	3	○ 하상세굴로 기초부가 노출되어 기초부 보호사석이 부분적으로 교란 또는 유실된 상태
d	2	○ 기초부 보호사석의 대부분 유실로 기초부 하단까지 하상이 세굴되어 구조물 안전성에 영향을 미칠 정도
e	1	○ 기초부 보호사석의 전반적인 유실 및 구조물의 활동변위가 발생하였거나, 부분적으로 구조물의 붕괴로 전체 제방의 안전에 위험이 예상되는 경우

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 8.32] 직립구조물의 파손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 건전한 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 보수는 요하지 않는 상태
c	3	○ 국부적인 파손으로 보수를 요하는 상태
d	2	○ 구조물의 안전성에 영향을 미치는 정도의 파손으로 긴급한 보수를 요하는 상태
e	1	○ 파손이 대규모로 발생하여 구조물의 일부가 붕괴되고 배면 체체의 붕괴를 동반한 경우

[표 8.33] 균열의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		콘크리트 옹벽	RC 말뚝 구조	PSC 말뚝
a	5	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
b	4	○ 경미한 상태의 과응력균열, 부식균열 및 일반균열	○ 경미한 말뚝 연결부 균열	○ 경미한 말뚝연결부 균열
c	3	○ 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태 과응력균열, 부식균열, 일반균열 또는 말뚝연결부 균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열, 일반균열 및 말뚝연결 부 균열
d	2	○ 전반적으로 균열발생이 심하여 구조부재 기능 상실이 우려되는 상태	○ 심한 상태의 과응력 균열	○ 심한상태의 과응력균열, 부식균열 및 말뚝연결부 균열
e	1	○ 사인장 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태

※) 균열은 과응력균열, 부식균열, 일반균열, 말뚝연결부 균열 및 수중 균열로 세분할 수 있으며, 콘크리트 구조 및 말뚝구조에 있어서 RC 부재 및 PSC 부재에 대한 균열의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.34] 박리의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		콘크리트 구조	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
b	4	○ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우	○ 박리의 초기단계로 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미한 콘크리트 덮개가 탈락된 상태	-
c	3	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 심한 부분박리나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 부분박리가 심하게 발생한 상태	○ 경미한 상태의 부분 박리
d	2	○ 완전박리로 철근부식이 심각하여 구조물의 내하력 감소로 구조물 붕괴로 이어질 우려가 있는 상태	○ 박리부분이 탈락하는 완전박리가 심한 상태	○ 심한상태의 부분 박리나 경미한 상태의 완전 박리
e	1	○ 완전박리로 철근부식이 심각하여 구조물의 내하력 감소로 구조물 일부 붕괴된 상태	○ 박리상태가 매우 심하여 철근이 거의 다 부식되어 구조적 기능을 상실한 상태	○ 완전박리로 콘크리트 덮개가 완전히 탈락하고 강선의 부식이 매우 심한 상태

※) 박리는 콘크리트 덮개가 일어나는 정도의 부분박리와 덮개와 완전히 탈락하는 완전박리로 세분할 수 있으며, RC부재 및 PSC 부재에 대한 박리의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.35] 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 마모/침식된 부위가 없음
b	4	○ 마모/침식이 경미한 상태
c	3	○ 마모/침식이 다소 심한 상태
d	2	-
e	1	-

※) 마모/침식은 국부적인 결함으로 구조물 전체의 안전에는 크게 영향이 없으므로 최하 평가점수는 "c"로 기준하였으며, 이에 대한 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.36] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	○ 0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, 철근노출 부식 등의 외관상태를 동반하는 경우에는 8.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 표[1.26] 참조

[표 8.37] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	○ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	○ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, 철근노출 부식 등의 외관상태를 동반하는 경우에는 8.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 표[1.27] 참조

라. 배수통관

배수통관에 대한 상태평가는 원칙적으로 다음 기준에 따르되, 제시한 기준을 적용할 수 없는 손상에 대하여는 “수문시설”의 상태평가 기준을 준용할 수 있다.

1) 배수통관의 평가항목별 평가 유형 및 영향계수

[표 8.38] 배수통관 평가항목별 평가유형 및 영향계수

손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
배수암거 구조물 손상	중요결함	a	5	1.0
		b	4	
		c	3	
		d	2	
		e	1	
문짝의 기능	일반손상	a	5	1.0
배수암거 배수기능		b	4	1.1
c		3	1.3	

주) 배수통관의 손상에 직접적으로 제방의 안전성에 영향을 미치지 않는 손상형태(문짝 기능상태, 배수암거 기능상태)는 최저 "c"까지만 설정

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

배수통관에서의 손상 및 결함형태별로 다음과 같이 상태평가 기준을 정하였고, 배수암거 구조물의 손상은 제방의 안전성에 직접 영향을 미칠 수 있으므로 배수통관의 상태평가결과가 제방에 반영될 수 있도록 정하였다.

[표 8.39] 배수통관의 배수암거 구조물 손상의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 거의 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 누수, 제체 토사 유출우려가 없는 상태
c	3	○ 손상이 발생하여 누수, 제체 토사 유출이 우려되는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 제체의 파괴에 영향을 미칠 우려가 있는 상태
e	1	○ 일부 구조물이 파괴되어 제체의 손상이 발생된 상태

【표 8.40】 배수통관 문짝 기능의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 하천외수 차단기능 및 문짝자체 이상이 없는 상태
b	4	○ 문짝 자체 경미한 손상이 있으나 하천 외수 차단기능에는 문제가 없는 상태
c	3	○ 하천외수 차단기능에 이상이 있는 상태

【표 8.41】 배수통관 배수암거 배수기능에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 암거내부 퇴적이 거의 없는 상태
b	4	○ 암거내부 퇴적심이 암거높이의 30% 미만인 상태
c	3	○ 암거 내부퇴적심이 암거 높이의 30%이상이거나 기타 이물질 등으로 배수기능에 지장이 있는 상태

【해설】

1. 탄산화 상태평가 기준

- (1) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 탄산화 조사는 [공통편] 부록 1의 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- (4) 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

2. 염화물 상태평가 기준

- (1) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.
- (4) 염화물 함유량 분석은 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

8.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 제방 시설물 평가 단계별 절차

제방 시설물에 대한 평가는 [그림 8.1]과 같이 단계별로 구분할 때 복합시설물(5단계)에 해당하는 시설물로 간주하고, 하위단계인 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한다.

외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다.



[그림 8.1] 제방 시설물 평가 단계별 절차

나. 평가 단계별 구분

제방 시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하고, 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 최종 5단계의 복합시설 단계까지 구분하여 작성한다.

상태평가의 기초가 되는 단위 조사망도의 작성 요령은 다음과 같다.

제방 측량 측점(Sta. No)이나 하천정비기본계획의 하천측량 측점(Sta. No)을 기준으로 1km 단위로 구분하거나, 측량자료가 없을 시는 하천의 특성(만곡부, 하천횡단구조물 설치지점 등), 제방단면의 변화지점, 제방 횡단구조물 지점, 비탈덧기 변화지점 등을 중심으로 구분한다.(다만, 조사대상 제방 연장이 1km 미만이거나 전체적으로 변화가 없어 구분할 필요성이 없을 경우에는 전체 연장을 하나의 블록으로 할 수 있다.) 구분한 각 블록을 20~100m 단위 또는 책임기술자의 판단에 따라 일정한 간격으로 세분하여 단위 조사망도로 한다.

[표 8.42] 제방의 평가단계별 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분
평가구분	평가대상		
상태평가	1단계	상태변화 ¹⁾ (결함, 손상)	조사망1(제체, 호안, 등), 배수통관1(배수암거, 문짝) 조사망2(제체, 호안, 등), 배수통관2(배수암거, 문짝) ...
	2단계	개별부재	...
	3단계	복합부재	블록(구간)1 블록(구간)2 ...
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	제방 ¹⁾ 제방2 ...
종합평가	5단계	복합시설	제방
	6단계	통합시설	-
	7단계	종합시설	-

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

주2) 제방1, 제방2는 좌안, 우안 제방을 의미함.

1) 1단계 상태평가 : 부재(部材)별 손상상태 평가표 작성

시설물의 상태평가 단계별 구분표에 따라 개별부재를 1개 외관조사망도 또는 필요에 따라 부위별로 다수의 외관조사망도로 구분하여 개략도에 손상 및 결함상태를 도시하고, 조사결과표에 개별부재에 대한 손상내용을 상세히 기록한 후, 그 손상 정도에 대하여 5단계(a~e) 상태평가 결과 및 평가점수를 부여한다.

- 손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다.
- 각 상태변화에 대한 상태평가 결과가 c, d, e 일 경우 보수·보강 우선순위에 따라 보수·보강을 한다.

[표 8.43] 부재(부위)별 손상상태평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표 번호			
조사망1 / 블록1	블록1 / 제방1	No. 1-1			
<p>※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.</p>					
조 사 결 과 표					
번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	제체활동	경미함	폭(mm)*길이(cm)	-	b
②	제체누수	누수흔적 있음	폭(mm)*길이(cm)	-	c
③	기초세굴	경미함	면적(m ²)	-	b
④	비탈덮기 손상	파손, 탈락	개소	5	c
조사일자 : 20 . . .			조사자 :		

2) 2단계 상태평가 : 개별부재(個別部材) 평가표 작성

- 개별 부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.
- 개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수 (M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다.
- 산출된 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가 결과를 결정한다.

[표 8.44] 평가기준별 평가지수 및 결함유형별 영향계수

평가 결과별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수(F)					
평가기준	평가지수 (E ₁ ~7, E _s , E _c)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)	
a	4.5 ≤ E ₁ ≤ 5.0	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
b	3.5 ≤ E ₁ < 4.5		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0	
c	2.5 ≤ E ₁ < 3.5		일 반 손 상		1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
d	1.5 ≤ E ₁ < 2.5								
e	1.0 ≤ E ₁ < 1.5								

▷ 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) = M × F

- 여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

▷ 개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 8.45] 개별부재 평가표 (예)

개별부재	조사망 1				표번호
1단계 표번호	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E ₁ =M*F
제체 활동	중요결함	표참조	4	1.0	4.0
제체 누수	중요결함	"	3	1.0	3.0
기초 세굴	중요결함	"	4	1.0	4.0
비탈덮기 파손, 탈락	국부결함	"	3	1.2	3.6
1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂) = 상태평가지수 E ₁ 중 최소값 =					3.0
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					c

3) 3단계 상태평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

- 복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.
- 복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다. 제방은 각 개별부재의 중요도를 동일하게 적용한다.
- 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.
- 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.
- 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.
- 복합부재의 평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가 절하 한다.
 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.
- 복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

▷ 복합부재의 상태평가지수(E3) = $\sum(E2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 8.46] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 (E ₁₋₇ , E _s , E _c)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만~ 3.5이상	3.5미만~ 2.5이상	2.5미만~ 1.5이상	1.5미만~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

[표 8.47] 중요도 조정방법(예)

구 분	제체	배수통관 및 기타	비 고
중요도	85±17(20%)	15±3(20%)	
중요도 (조정 후)	$85 \times 100 / 85 \Rightarrow 100$	-	

○ 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나, 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 8.48] 복합부재 평가표 (예)

개별시설명	블록 1					표번호
2단계 평가표	2-1, 2-2, 2-3, 2-4					No. 3-1
개별부재	평가결과	평가지수 E ₂	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E ₂ *A*W
조사망 1	c	3.0	3	42.5	127.5	382.5
조사망 2	c	3.4	3	42.5	127.5	433.5
배수통관1	b	3.6	2	7.5	15.0	54.0
배수통관2	b	3.6	2	7.5	15.0	54.0
합계(Σ)				100	285.0	924.0
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) = $\Sigma(E_2 * A * W) / \Sigma(A * W) = 924.0 / 285.0 = 3.24$						
2. 복합부재의 상태평가 결과 = c						

4) 4단계 상태평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

- 제체는 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(블록1, 블록2, ...)의 집합으로 구성되어 있다.
- 개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E₃)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(E_c)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.
- 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

○ 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

▷ 개별시설의 상태평가지수(E_c) = $Min + V_1 \times V_2$

여기서, $V_1 = 0.3 \times (Max - Min)$

$V_2 = \sum(E_3 \times S) / (5 \times \sum S)$

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최소값

[표 8.49] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설	제체1			
3단계 표번호	3-1, 3-2, 3-3, 3-4			
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(m) S	계산값 $E_3 \times S$
블록1	c	3.24	20	64.8
블록2	b	3.50	20	70.0
블록3	b	3.77	20	75.4
블록4	b	3.67	15	58.1
합계(Σ)			75.0	268.3
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) =				3.87
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) =				3.24
3. $V_1 = 0.3 \times (Max. - Min) = 0.3 \times (3.87 - 3.24) =$				0.19
4. $V_2 = \sum(E_3 \times S) / (5 \times \sum S) = 268.3 / (5 \times 75.0) =$				0.72
5. 개별시설의 상태평가지수(E_c) = $Min. + V_1 \times V_2 = 3.24 + 0.19 \times 0.72 =$				3.38
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				c

8.5 안전성평가 기준 및 방법

8.5.1 일반

가. 안전성평가의 절차

1) 안전성평가를 위한 선택과업

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장으로부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 비파괴 시험결과 분석
- ② 토질조사 등의 결과 분석
- ③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- ④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석
- ⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

2) 내진성능 평가

제방의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과¹⁾에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

나. 제방의 안전성평가 항목

일반적으로 토사로 축조되는 제방의 파괴는 주로 월류, 세굴, 누수 등에 의해 발생하며 제방은 다음조건을 만족해야 한다.

- ① 홍수시 월류해서는 안된다.
- ② 제체가 세굴되지 않아야 한다.
- ③ 하천수위 급강하 시 비탈면의 활동에 대하여 안전해야 한다.
- ④ 연약지반일 경우, 파괴와 침하에 안전해야 한다.
- ⑤ 누수 및 파이프에 안전해야 한다.
- ⑥ 강우 시 제체함수비가 상승해도 비탈면 붕괴에 대해 안전해야 한다.

1) 제방 월류에 대한 안정

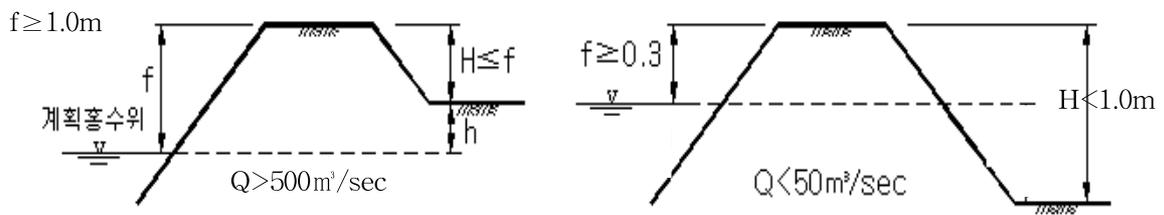
제방은 제방지점의 하천계획홍수를 원활히 소통시킬 수 있는 높이여야 하며, 또한 시공후의 침하나 예상치 못한 요인에 대한 안전을 고려하여 일정 여유고를 확보하여야 한다.

[표 8.50] 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량 (m ³ /sec)	여유고 (m)	비고
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	

【해설】

1. 제방의 여유고는 개개의 하천구간 및 제방구조에 따라서, 그 특성에 적합하도록 결정해야 하지만, 계획상 매우 복잡하며 독마루 표고가 장소에 따라 차이가 있다는 것은 바람직하지 못하므로 계획홍수량 규모에 의해 여유고를 설정한 것이다.
2. 또한 계획홍수량이 변화되는 곳에서는 여유고도 변화시켜야 하지만, 여유고를 갑자기 변화시킨다는 것은 곤란하므로 여유고 규모가 변하는 지점에서 100 m정도 더 연장하여 $\pm 2\%$ 정도의 종단경사를 유지하도록 되어있다.
3. 따라서 계획홍수량이 변하는 구간에 대한 여유고 판단에 유의하여야 하며, 아래 그림과 같이 여유고의 예외규정을 고려하여야 한다.



(a) 굴입하도의 여유고

(b) 소규모하천의 여유고

H : 제내지반에서의 제방고 (m)
 h : 계획홍수위와 제내지반고의 차 (m)
 f : 제방의 여유고 (m), Q : 계획홍수량(m^3/sec)

【해설 그림 8.5.1】 여유고의 예외규정

2) 제방 활동에 대한 안정

원호활동을 고려한 제방 비탈면 안전계산에서 안전율은 다음 [표 8.51]의 기준을 따르되 간극수압과 제체의 연직봉괴를 고려하여 결정한다.

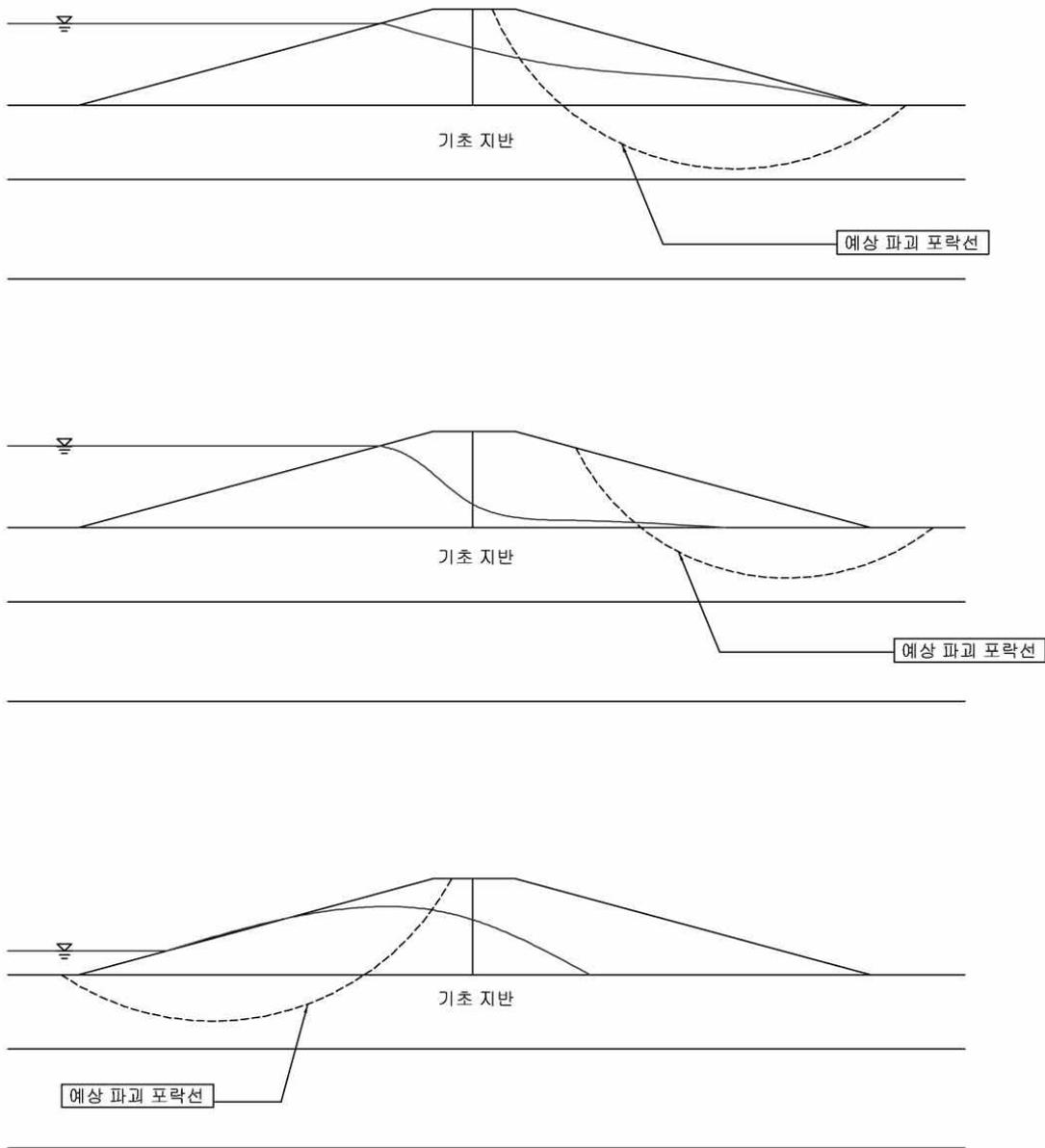
안전도 검토 방법에는 전응력 분석방법, 유효응력 분석방법이 있으며, 전응력 분석방법은 단기간의 안정분석 또는 공사완료 직후의 안정분석 시에 적용하고, 장기간의 분석을 위해서는 유효응력 분석방법을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

[표 8.51] 제체활동에 대한 안전율

제체상태	간극수압 상태	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

【해설】

1. 제방 활동은 외부하중의 증가, 제체의 전단강도 약화, 침투수, 지반침하 및 측방유동 등에 의해 발생할 수 있으며, 일반적으로 침투류 계산에 의해 제시된 침윤면에 대한 활동 파괴면에 근거한 안정 계산에 의해서 평가한다. 안정 계산은 크게 나누어 임계원에 의한 활동면법과 응력-변형해석법을 사용한다. 이때, 지반조건에 따라 원호활동면 이외의 파괴면을 가정하는 것이 적절하다고 판단되는 경우 직선 또는 복합 활동면을 가정하여 안정계산을 실시한다.
 - (1) 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 제체의 자중은 제체의 포화상태를 고려하여 실제 사용 재료에 대하여 시험을 실시하고 그 결과에 의해서 결정한다.
 - (2) 활동파괴에 대한 안정계산에 있어서 정수압의 활동모멘트 쪽으로 기여분을 어떻게 고려할 것인가를 생각하여 안전한 값을 주는 방법을 채택하여야 한다.
 - (3) 안정계산시 고려되는 간극수압은 다음과 같은 상태를 고려하여 적용한다.
 - ① 완공 직후에 있어서의 흙속의 응력변화로 발생하는 간극수압
 - ② 계획홍수위시 비정상 침투류에 의한 간극수압
 - ③ 수위 급강하시의 간극수압



[해설 그림 8.5.2] 제방의 안정해석 단면형태

2. 제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성 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 아래 표와 같이 적용한다.

주 사용용도	상재하중 (kgf/m ²)
일반제방	1,000
도로겸용 제방	1,270

3) 제방 누수에 대한 안정

누수에는 체체누수와 기초지반 누수가 있으며, 체체누수는 침윤선이 체체 내에 위치하여 비탈면 붕괴를 야기하며, 지반 누수는 파이핑 현상으로 제방의 붕괴를 유발한다.

(가) 체체누수의 원인

- ① 제방단면이 너무 작은 경우
- ② 체체 재료가 투수성이 크고 차수벽이 없는 경우
- ③ 체체를 충분히 다지지 않은 경우
- ④ 체체가 두더지 등에 의해 구멍이 뚫린 경우
- ⑤ 체체 내에 매설되어 있는 구조물(통문, 통관 등)과의 접속부에 공동이 발생한 경우

(나) 기초지반 누수의 원인(파이핑 현상 동반)

- ① 지반의 투수성이 큰 모래층 또는 자갈층인 경우
- ② 고수부지 부근의 표토가 세굴되어 투수층이 노출되었을 경우
- ③ 골재 채취 등으로 투수층이 노출되었을 경우
- ④ 설계 시 예상 못했던 지반 침하로 침투압이 증가하였을 경우

(다) 파이핑 현상 판정 방법

- ① 한계동수 경사에 의한 판정
- ② 한계유속에 의한 판정
- ③ 크리프 비에 의한 판정
- ④ 침투압에 의한 판정

4) 제방 침하에 대한 안정

- ① 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등을 생각할 수 있으므로 지반조사를 통해 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방이 되도록 산정.
- ② 연약지반에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하고, 부득이한 경우에는 연약토사의 치환, 지하수위를 낮추어 압밀침하를 촉진시키는 방법 등의 조치를 취해야 한다.

5) 제방 세굴에 대한 안정

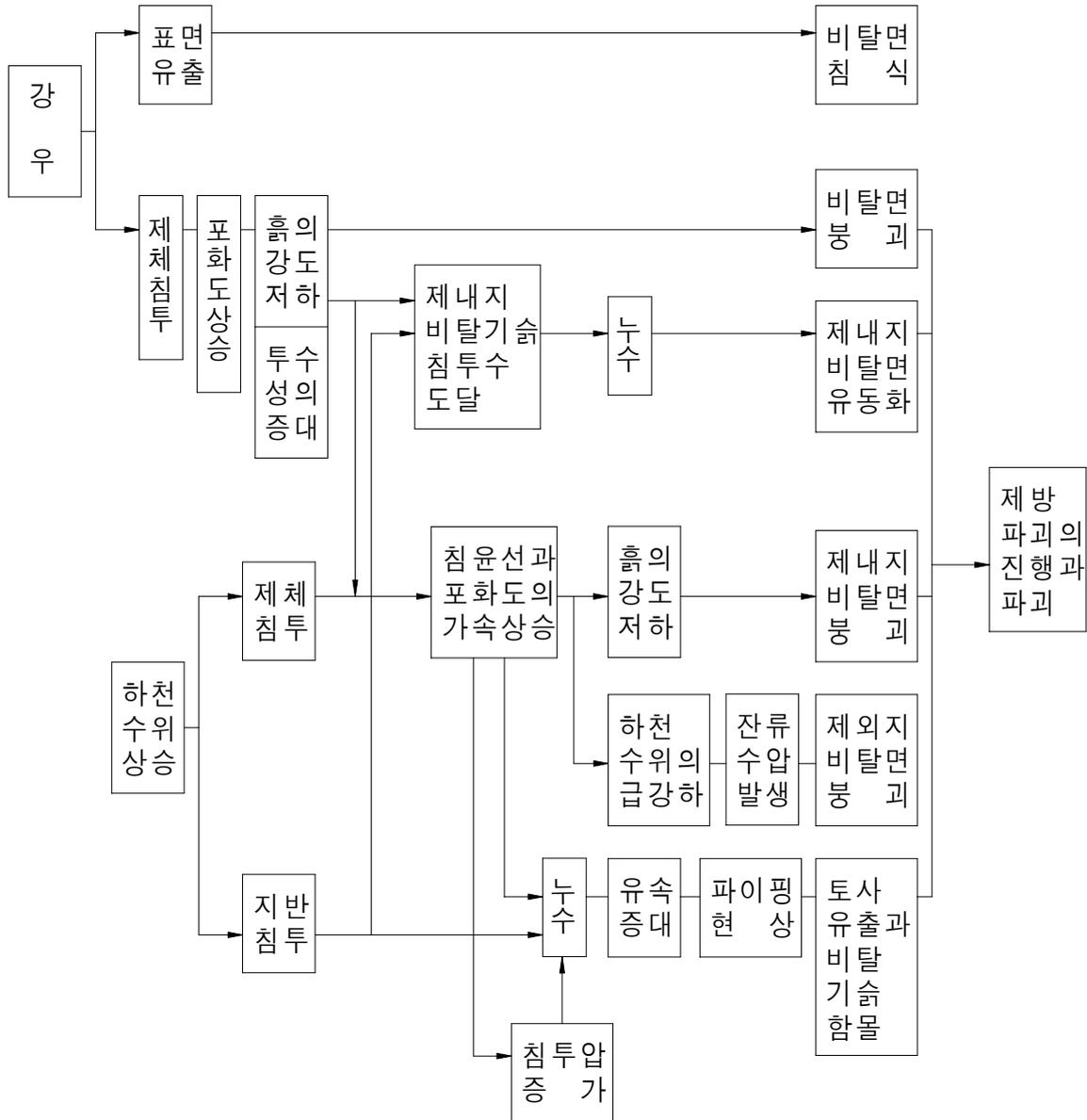
- ① 유수와 접하는 제방 앞비탈에는 계획홍수위 이상 높이까지 비탈덮기를 설치하여 유수에 의한 체체 세굴을 방지하여야 한다.

【해설】

1. 제방 누수로 인한 제방파괴의 진행과정은 다음 그림과 같으며, 일반적으로 제방은 다음 조건들을 만족해야한다.

- (1) 홍수시 물이 제방을 월류해서는 안된다.
- (2) 유속에 의해 체체가 세굴되지 않아야 한다.

- (3) 하천수위가 급강하할 때 비탈면의 활동에 대해 안전해야 한다.
- (4) 연약지반에 축제할 경우에 파괴와 침하에 대해 안전해야 한다.
- (5) 제체 및 기초지반이 투수성일 경우에 누수 및 파이핑에 대해 안전해야 한다.
- (6) 강우가 제방표면에 침투하여 제체의 함수비가 상승했을 경우에 비탈면 붕괴에 대해 안전해야 한다.



2. 제방 침하는 기초지반의 침하, 제체자체의 침하로 구분되며, 일반적으로 기초지반의 침하로 인하여 제방의 안전에 영향을 미치는 경우가 많다.
- (1) 일반적으로 연약지반은 점토나 실트와 같은 미세한 입자의 흙이나 간극이 큰 유기질토, 이탄토, 느슨한 모래 등으로 이루어진 토층으로 구성되어 있으며, 지하수위가 높고, 제체 및 구조물의 안정과 침하 문제를 발생시키는 지반을 말한다.
 - (2) 침하는 일반적으로 장기간에 걸쳐 계속되고 침하속도는 점차 늦어지지만, 그래도

수개월부터 수년까지 침하가 계속 진행되는 경우가 있으므로 침하계산은 단순히 총침하량을 추정할 뿐만 아니라 침하속도와 시간과의 관계도 추정한다.

- (3) 다만, 침하로 인한 제방의 안전성 여부를 정량적으로 평가하기는 어렵기 때문에 별도의 안전성평가기준을 제시하지 않았다.

8.5.2 안정성평가 기준

앞 절에서 제시한 제방의 안전에 영향을 미치는 주요 요소에 대하여 정량적으로 안전성을 검토할 수 있는 요소를 선별하여 안전성평가 기준을 제시하였다.

가. 월류에 대한 안전성평가 기준

제방의 월류에 대한 안전성평가는 조사 당시의 제방고와 수리·수문분석을 통한 하천의 계획홍수위를 비교함으로써 제방고의 적정성 여부를 검토하는 것이다.

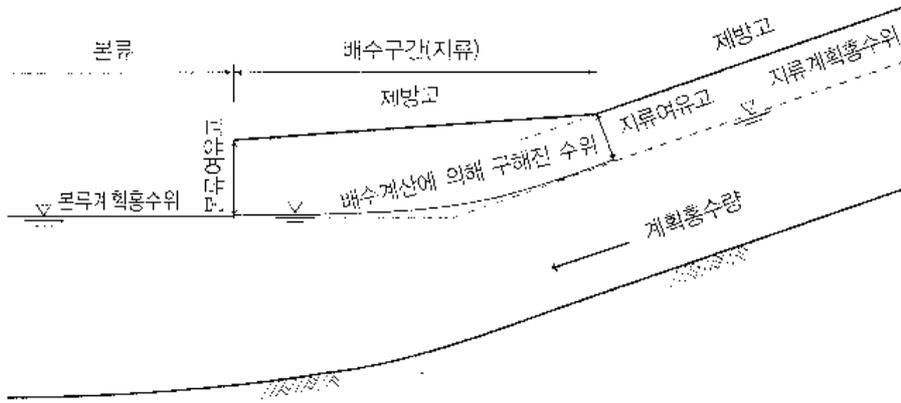
여기서 계획홍수위는 하천정비기본계획이 수립된 하천에서는 하천정비기본계획의 자료를 준용하고, 하천정비기본계획이 수립되어 있지 않거나 특정 홍수에 대한 검토 시는 정밀안전진단(또는 안전점검) 시의 수리·수문 분석결과를 이용하여야 한다.

[표 8.52] 월류에 대한 안전성평가 기준

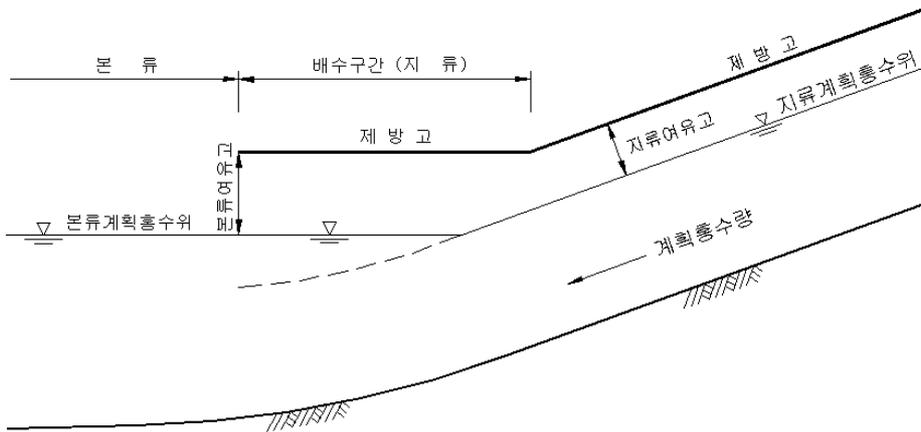
평가 기준	평가 점수	평가 내용
a	5	○ 제방고 > 계획홍수위 + 여유고 이고, ○ 호안고 > 계획홍수위
b	4	○ 계획홍수위 + 여유고 ≥ 제방고 > 계획홍수위 + (여유고 × 0.9) 이고, ○ 호안고 ≥ 계획홍수위
c	3	○ 계획홍수위 + (여유고 × 0.9) ≥ 제방고 > 계획홍수위 + (여유고 × 0.75) 이고, ○ 호안고 ≥ 계획홍수위
d	2	○ 계획홍수위 + (여유고 × 0.75) ≥ 제방고 > 계획홍수위 이거나, ○ 호안고 < 계획홍수위
e	1	○ 제방고 < 계획홍수위

【해설】

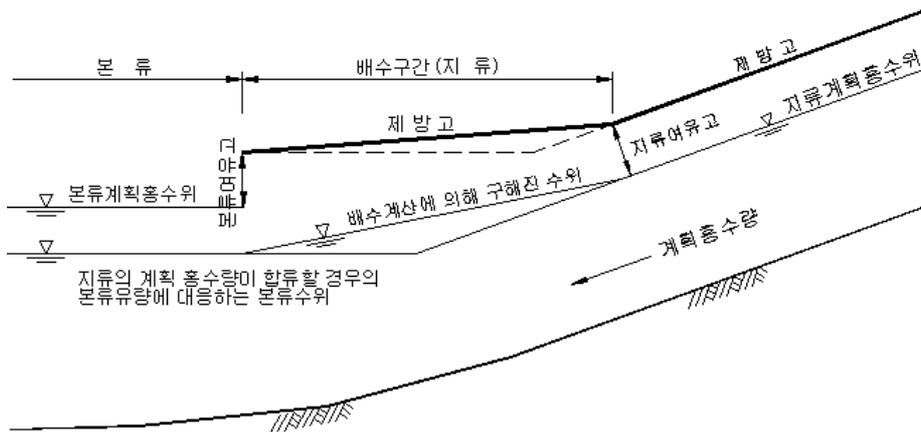
1. 계획홍수위 상정은 “하천설계기준·해설”에서 정하는 바에 의한다.
2. 다만, 본류 배수영향을 받는 지류에서의 홍수위는 본류 설계홍수량과 지류 설계홍수량의 관계(발생시간, 홍수량)를 고려하여 정해진 것이므로, 아래 그림과 같이 계획 홍수위와 나란하지 않을 수 있으므로 안정성 평가시 유의하여야 한다.



<본류의 계획홍수위를 기점으로 하는 경우의 제방고>



<본류의 배수영향이 적을 경우의 제방고>



<지류 계획홍수량에 따른 배수제방 높이>

3. 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 지류제방은 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.

따라서 자기류제방의 월류에 대한 안정성 평가는 지류의 계획홍수위를 기준으로 하여야한다.

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

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

즉, 제방의 구조기준을 배수제방의 구조보다 저하시키고, 보조로서 합류점에 역류방지시설을 설치하는 방식이므로, 월류에 대한 안정성 평가는 본류의 계획홍수위를 기준으로 하여야한다.

나. 활동에 대한 안전성평가 기준

제방의 원호활동을 고려한 비탈면의 활동에 대한 안전성평가 기준은 다음과 같다.

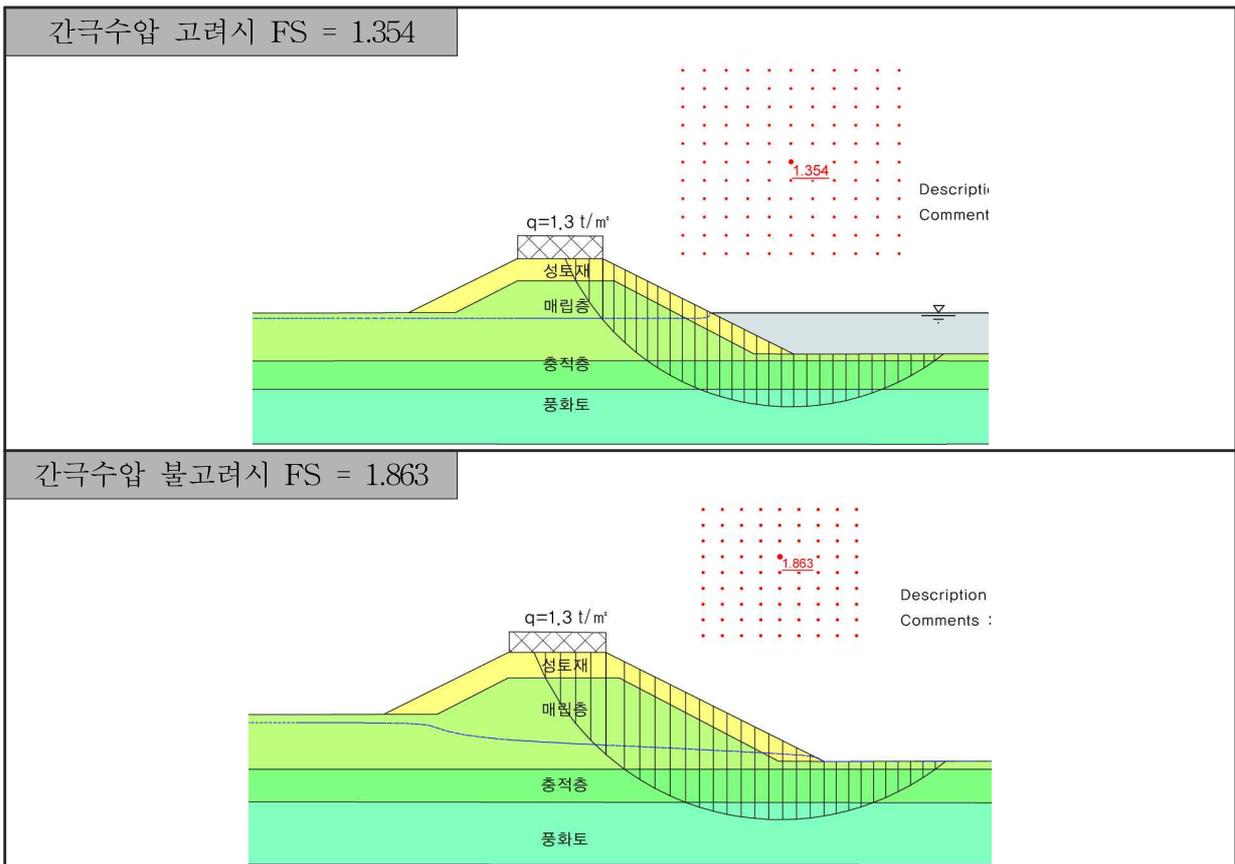
- 주) 1. 안정계산은 연직붕괴와 간극수압을 고려하는 것을 원칙으로 함.
- 2. 기준안전율 : 하천설계기준에서 제시한 안전율

[표 8.53] 활동에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	○ 안전율(SF)이 기준안전율 초과
b	4	○ 안전율(SF)이 기준안전율이상이나, 제체단면 손실이 있는 경우
c	3	○ 기준안전율의 90% ≤ 안전율(SF) < 기준안전율의 100%
d	2	○ 기준안전율의 75% ≤ 안전율(SF) < 기준안전율의 90%
e	1	○ 안전율(SF) < 기준안전율의 75%

【해설】

활동에 대한 안전해석 예시



다. 누수에 대한 안전성평가 기준

제방은 토사로 축조되므로 어느 정도의 누수는 불가피하며, 여기서의 누수라 함은 누수가 제체 비탈끝 부분에서 발생하거나, 기초지반을 통하여 발생하는 경우를 의미한다. 즉, 제체의 침윤선이 높은 것을 의미하며, 이러한 제체 침윤선의 형상은 제방의 비탈면 붕괴에 결정적으로 영향을 미친다.

특히, 기초지반에 대한 누수는 홍수시 파이핑 형태로 나타나는 것이 일반적으로서 이러한 파이핑 현상은 제방 전체의 붕괴를 야기한다.

누수에 대한 안전성은 침투류 해석 및 파이핑에 대한 검토를 통하여 평가하며, 파이핑에 대한 검토는 최소 2가지 이상의 방법으로 검토하되 이에 대한 평가 기준은 ①한계동수경사에 의한 방법, ②침투압에 의한 방법에 의하여 평가한다.

[표 8.54] 누수에 대한 안전성평가 기준

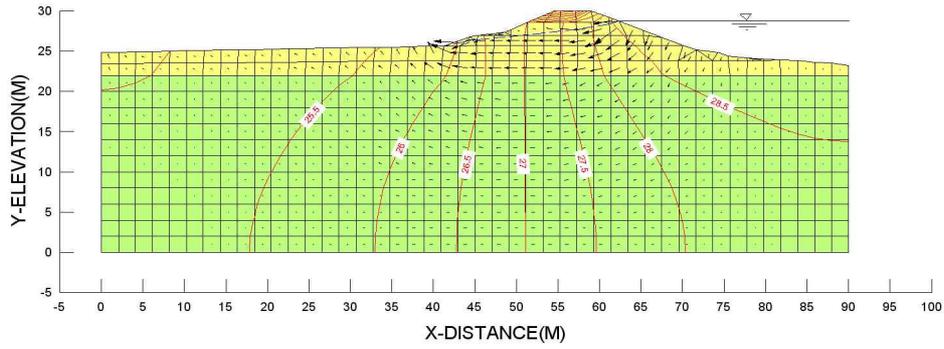
평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	① 한계동수경사 방법 : 안전율 4.0 이상 ② 침투압 방법 : 안전율 2.0 이상
b	4	① 한계동수경사 방법 : 안전율 3.0 이상 ~ 4.0 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.8 이상 ~ 2.0 미만
c	3	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.5 이상 ~ 3.0 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.6 이상 ~ 1.8 미만
d	2	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.2 이상 ~ 2.5 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.3 이상 ~ 1.6 미만
e	1	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.2 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.3 미만

주) 한계동수경사법 및 침투압법에 의한 기준안전율은 다음과 같다.

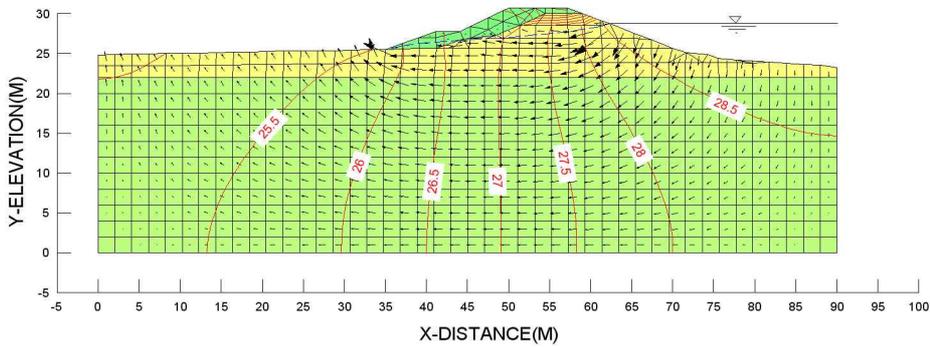
- 한계동수경사 방법 : 기준안전율 3.0 ~ 4.0
- 침투압 방법 : 허용안전율 2.0 이상

【해설】

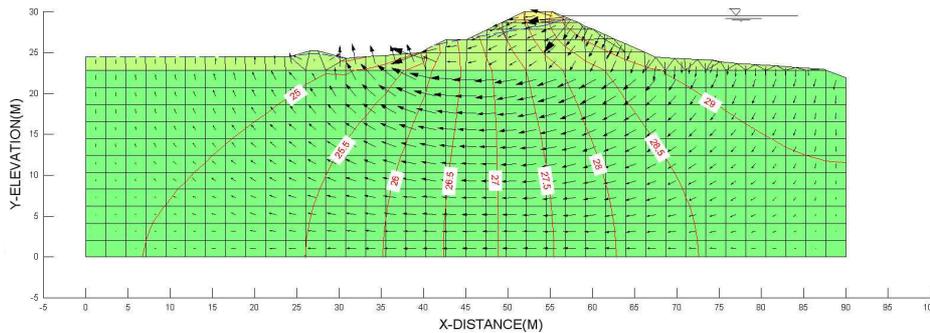
1. 누수에 대한 해석 절차 및 방법, 안전율 기준은 “하천설계기준·해설”을 준용한다.
2. 누수에 대한 안전해석 예시



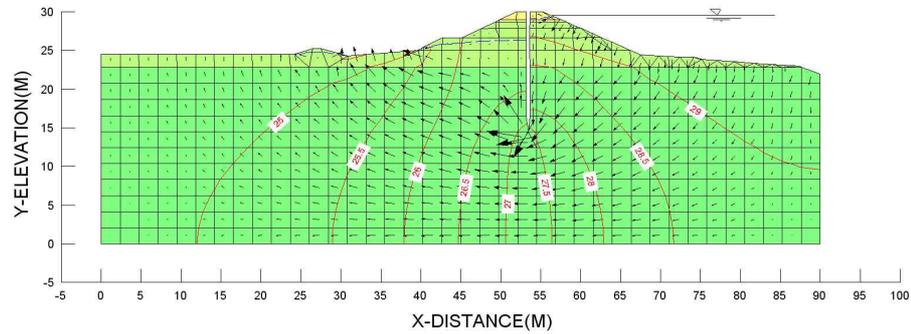
단면보강 전



단면보강 후



파일보강 전



파일보강 후

라. 특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안전성평가 기준

특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안전성 검토는 구조물의 활동 및 전도에 대한 검토가 필요하며, 또한 배면 토압에 대한 구조물 자체의 내하력 검토가 필요하다.

[표 8.55] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 활동, 전도에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평가 내용
a	5	안전율(SF)이 1.3 초과인 경우
b	4	$1.20 \leq \text{안전율(SF)} \leq 1.3$
c	3	$1.17 \leq \text{안전율(SF)} < 1.20$
d	2	$0.97 \leq \text{안전율(SF)} < 1.17$
e	1	안전율(SF) < 0.97

[표 8.56] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 내하력에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평가 내용 (안전율 SF = 설계강도 / 소요강도)
a	5	$SF > 1.0$
b	4	$SF \geq 1.0$ 이나, 단면 손상이 발생한 경우
c	3	$0.9 \leq SF < 1.0$
d	2	$0.75 \leq SF < 0.9$
e	1	$SF < 0.75$

【해설】

1. 특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안전해석은 일반적인 콘크리트구조물에 대한 안전해석 절차 및 방법에 준한다.

8.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

월류, 활동, 전도, 내하력 등 여러 안전성평가 항목에 대한 평가 결과를 종합하여 안전성평가지수를 다음 식에 의하여 산정하되, 하나의 평가항목을 다수의 단면에 대하여 검토한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저평가점수를 그 평가항목의 평가점수로 하여 다음 식에 의하여 전체시설물에 대한 안전성 평가지수값을 결정하여야 한다.

$$\begin{aligned} \text{안전성평가지수}(E_s) &= L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N-2)}, & (N > 2) \\ &= L + 0.3(H - L), & (N = 2) \end{aligned}$$

여기서, N : 안전성평가 항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 각각 1개씩 제외한 나머지 값들

나. 안전성평가 결과 산정 방법

- ① 검토한 안전성평가 항목에 대하여 평가기준에 의거 각각 안전성평가 점수를 결정한다.
- ② ①의 결과를 이용하여 각 안전성평가항목별로 안전성평가 점수를 산정한다.
 - 하나의 평가항목을 여러 단면에 대하여 검토한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저치를 그 평가항목의 평가결과로 함.
- ③ ②에서 산정된 각 평가항목별 안전성평가 점수를 이용하여 위 식에 의하여 종합 안전성평가지수를 산정한다.
- ④ ③의 결과 산정된 종합 안전성평가 지수를 다음 [표 8.57]의 안전성평가지수에 따른 안전성평가 기준에 따라 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 8.57] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가 점수	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	A	5	
$3.5 \leq E_s < 4.5$	B	4	
$2.5 \leq E_s < 3.5$	C	3	
$1.5 \leq E_s < 2.5$	D	2	
$1.0 \leq E_s < 1.5$	E	1	

[표 8.58] 제방 시설물의 안전성 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 월류에 대한 안전성 검토	a	5	5. 옹벽 내하력 검토	d	2
2. 활동에 대한 안전성 검토 (사면안정 해석)	b	4			
3. 누수에 대한 안전성 검토 (침투류 및 파이핑 해석)	c	3			
4. 옹벽의 전도에 대한 검토	c	3			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 $E_s = \text{Min}$ $N=2$ 이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$ 1.2) $N > 2$ 이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =				2.60	
3. 개별시설 안전성평가 결과 =				C	

8.6 종합평가 기준 및 방법

8.6.1 일반

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 8.59]의 종합평가지수 (E4~7)에 따라 결정한다.

[표 8.59] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E _{4~7})	종합평가 기준	비 고
$4.5 \leq (E_{4\sim7}) \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq (E_{4\sim7}) < 4.5$	B	
$2.5 \leq (E_{4\sim7}) < 3.5$	C	
$1.5 \leq (E_{4\sim7}) < 2.5$	D	
$1.0 \leq (E_{4\sim7}) < 1.5$	E	

8.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E4)로 결정·적용하여 개별시설의 종합평가 결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가 산정 절차를 예시하였다.

1) 4단계 종합평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가 결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가 결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E4)로 적용하여 [표 8.59]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음한다.

▷ 개별시설의 종합평가지수 (E4) = $\text{Min}(E_c, E_s)$

여기서, E_c : 개별시설의 상태평가지수

E_s : 개별시설의 안전성평가지수

[표 8.60] 개별시설 평가표 (예)

개별시설	제방1			표번호	
3단계 표번호	No. 3-1, 3-2, 3-3, 3-4			No. 4-1	
상 태 평 가					
복합부재명	평가결과	평가지수 E ₃	연 장(m) S	계산값 E ₃ *S	
블록1	c	3.24	20.0	64.8	
블록2	b	3.50	20.0	70.0	
블록3	b	3.77	20.0	75.4	
블록4	b	3.67	15.0	58.1	
합계(Σ)			75.0	268.3	
<조사자 의견>					
1. 상태평가지수(E ₃) 최대값 (Max. Value) =				3.87	
2. 상태평가지수(E ₃) 최소값 (Min. Value) =				3.24	
3. V1 = 0.3×(Max.-Min) = 0.3×(3.87-3.24) =				0.19	
4. V2 = Σ(E ₃ ×S) / (5×ΣS) = 268.3 / (5×75.0) =				0.72	
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c) = Min.+V ₁ ×V ₂ = 3.24+0.19×0.72 =				3.38	
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				C	
안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 월류에 대한 안전성 검토	a	5	5. 옹벽 내하력 검토	d	2
2. 활동에 대한 안전성 검토 (사면안정 해석)	b	4			
3. 누수에 대한 안전성 검토 (침투류 및 파이핑 해석)	c	3			
4. 옹벽의 전도에 대한 검토	c	3			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택					
1.1) N=1이면 Es = Min					
N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max - Min)					
1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max - Min) × Σ M / (5 × (N-2))					
(Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(E _s) =				2.60	
3. 개별시설 안전성평가 결과 =				C	
종 합 평 가					
1. 개별시설 종합평가지수(E ₄) = 최소값 (Ec, Es) =				2.60	
2. 개별시설 종합평가 결과 =				C	

2) 5단계 종합평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우, 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다. 각각의 제방에 대한 중요도는 제방의 길이에 대한 비율로서 정할 수 있으며, 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

복합시설의 평가는 복합부재 평가(3단계 종합평가)에서와 같은 방법으로 수행하며, 개별시설의 종합평가지수(E4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 종합평가지수(E5)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다.

5단계부터는 각각 다른 시설물의 종합평가 결과를 취합하는 과정이다.

$$\triangleright \text{복합시설의 종합평가지수}(E5) = \frac{\sum(E4 \times A \times W)}{\sum(A \times W)}$$

여기서, E4 : 개별시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 8.61] 복합시설 평가표(예)

복합시설	○○제방					표번호
4단계 표번호	4-1, 4-2					5-1
개별시설	평가결과	평가지수 E ₄	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E ₄ ×A×W
제방1	C	2.60	3	60	180.0	468.0
제방2	B	3.54	2	40	80.0	283.2
합계(Σ)				100	260.0	751.2
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E ₅) = $\frac{\sum(E_4 \times A \times W)}{\sum(A \times W)}$ = 751.2 / 260 =						2.89
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						C

8.7 보수·보강 방법

제방 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【해설】

1. 세부지침 제방편에 안전성평가 기준이 명시되어 있으며, 일반적인 콘크리트표준시방서 및 하천설계 등을 참고로 하여 보수·보강의 필요성 여부를 판단한다. 구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

8.7.1 제체

제체에서는 균열, 누수, 변형, 침하, 활동, 침식 그리고 풍화 등의 손상현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수·보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- 그라우팅공법, 치환공법
- 저수위조절
- 압성토공법
- 말뚝공법
- 아스팔트 및 점토차수공법
- 쉬이트파일공법
- 토목섬유공법

【해설】

제체손상은 여러원인 중에 주로 강우와 하천수의 제체 침투와 제방하부의 연약지반에 그 원인을 들 수 있으며, 그 보강방법은 아래와 같다.

1. 침투에 대한 보수보강 방법
 - (1) 제체침투에 대한 보강공법
 - ① 단면확대공법
 - ② 앞비탈 피복공법

(2) 기초지반침투에 대한 보강공법

- ① 차수공법
- ② 고수부 피복공법

2. 기초연약지반 보수보강 공법

(1)치환공법

(2)압성토공법

- ① 압성토공법
- ② 완경사면공법

(3)고결공법

- ① 약액주입공법

3. 보수 보강공법의 개요

(1) 제체 침투에 대한 보강공법

- ① 단면확대공법은 제체 및 기초지반 침투 모두에 대해 효과적이고, 신뢰성이 높기 때문에 보강공법의 선정시 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 제외지측 보강인 경우 불투수성의 재료를, 제내지측 보강의 경우 투수성이 큰 재료 등을 이용한다.
- ② 앞비탈면 피복공법은 투수성이 좋은 모래나 사질토나 역질토로 구성된 투수성이 큰 제체에서 고수위시 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.

(2) 기초지반 침투에 대한 보강공법

- ① 차수공법은 앞비탈 기슭, 독마루, 소단 부근의 기초지반에 차수벽을 설치하여, 하천으로부터 기초지반에 침투하는 수량과 수압을 경감하고, 침투파괴의 방지를 도모하는 공법이다. 본 공법은 기초지반이 투수성 지반인 경우에 적용하지만 투수층이 두꺼우면 차수벽의 근입깊이를 깊게 할 필요가 있으며, 경제성이나 시공성 등을 고려하여 현장여건에 맞게 선정하여야 한다. 이 같은 경우는 다른 공법과의 병용도 검토해야 한다. 차수공법에는 시트파일공, 연속지중벽공, 그라우트공 등이 사용된다.
- ② 고수부 피복공법은 제외지쪽의 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복하는 것을 기본

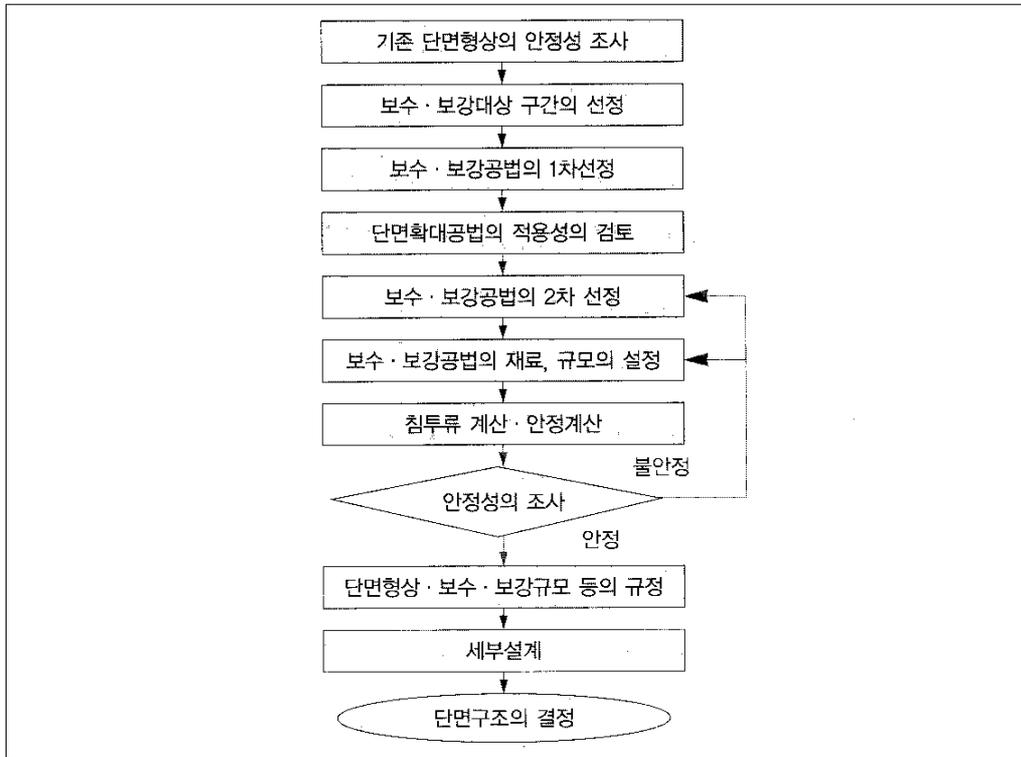
구조로 한 것으로, 침투유로를 연장해서 기초지반의 침투압을 저감시켜 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 방법이다. 피복단면은 피복 길이 및 두께를 변화시켜 가며 침투계산과 안정계산을 반복적으로 행하여 경사면 파괴 및 파이핑에 대한 안전성을 확인하는 방법으로 결정한다. 이때 피복재료는 불투수성(투수계수(k)가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하)의 토질재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등을 사용한다.

(3) 하천제방의 침투에 의한 피해 메카니즘을 고려하여 제방 침투에 대한 보강을 도모하는 기본적인 개념은 다음과 같다.

- ① 제체는 전단 강도가 큰 재료를 사용한다.
- ② 제체내 강우 및 하천수 유입을 차단한다.
- ③ 제체내 침투한 물(강우 및 하천수)은 신속하게 배수한다.
- ④ 제체 및 기초지반의 동수경사를 작게 한다.

(4) 하천제방의 침투에 대한 보강공법 설계순서

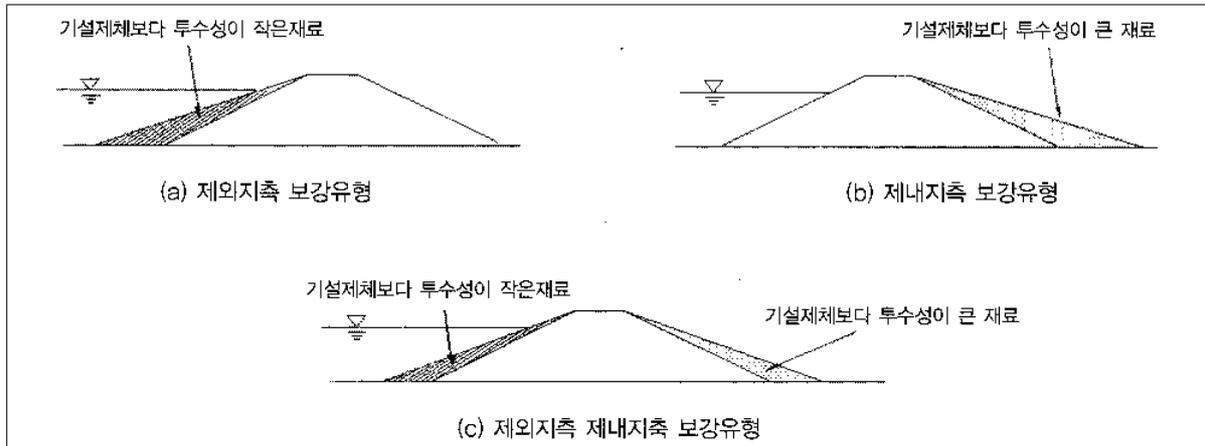
- ① 보강공법의 설계순서는 아래의 그림에서 보듯이 먼저 대표단면을 선정 후 조사결과에 근거해서 보강구간을 선정한다. 다음으로는 보강 대상 구간의 모든 조건, 즉, 홍수특성, 제방의 현황(단면형상이나 토질조건), 배후지 조건(지형이나 토지이용) 등을 정리하고, 1차 보강공법을 선정한다. 여기에서 1차선정은 당해 구간에 적용이 가능하다고 판단되는 공법을 선정하는 것으로, 침투에 대한 안전성 저해요인을 충분히 분석하는 것과 함께 침투 이외의 침식 혹은 지진에 대한 보강이 별도 필요한 경우에는 침투에 대한 보강공법과 함께 고려해야 한다.
- ② 보강공법의 2차 선정은 1차 선정된 보강공법을 고려 대상 구간의 단면에 적용하고, 이미 서술한 안전성 조사방법에 따라서 보강공법의 규모나 재료를 결정하는 것이다. 이 단계에서 소요 안전성이 확보 가능한 공법과 그 규모나 재료가 규정되면, 최종적으로는 세부 설계를 실시하고, 단면구조를 결정하여 보강공법의 설계를 종료하는 것으로 한다.



[해설 그림 8.7.1] 침투에 대한 보수·보강공법의 설계 순서

(5) 단면확대공법

- ① 단면확대공법은 기본단면 형상에 제내지측 보강 성토를 설치하는 것에 따라 침투로 길이의 연장을 꺾고, 평균 동수경사를 저감시키는 것과 함께 비탈면 경사를 기본 단면 형상 보다 완만하게 하여 비탈면 파괴에 대한 안전성을 향상시키는 공법이다. 단면형상은 기본적으로는 아래의 그림에서 나타난 바와 같이, 제외지측 보강 유형, 제내지측 보강 유형 및 제내·외지측 보강 유형으로 나뉘어진다.
- ② 제외지측 보강 유형은 하천구역 내에서의 대응이 가능한 반면, 적용은 하적에 여유가 있는 경우로 한정된다. 제내지측 보강 유형은 이것과는 반대로 하적을 저해하는 요인으로는 되지 않는 것, 신설 용지 확보가 전제가 된다. 또한, 제내·외지측 유형은 제외지측과 제내지측 보강유형을 병용한 것으로, 하적의 저해와 용지의 확보라는 쌍방의 부담을 경감하려고 하는 것이다.
- ③ 단면확대공법에 있어서 제방 횡단면 형상은 안전성 조사 방법에 준해서 비탈면 파괴에 대한 안전성 및 기초지반의 파이핑에 대한 안전성을 조사하고, 소요의 안전성이 확보 가능하도록 효과적이면서도 경제적인 단면형상을 결정할 필요가 있다.
- ④ 또한, 기초지반이 연약지반으로 구성된 경우에는 단면을 확대하는 것에 따라 제체가 침하 하거나, 그에 따른 독마루에 균열이 발생하거나 하는 일이 있기 때문에, 단면형상의 결정에 있어서는 기초지반의 토질 성상을 파악한 뒤에 시공시의 안정 및 침하에 대해서도 검토를 해두지 않으면 안된다.

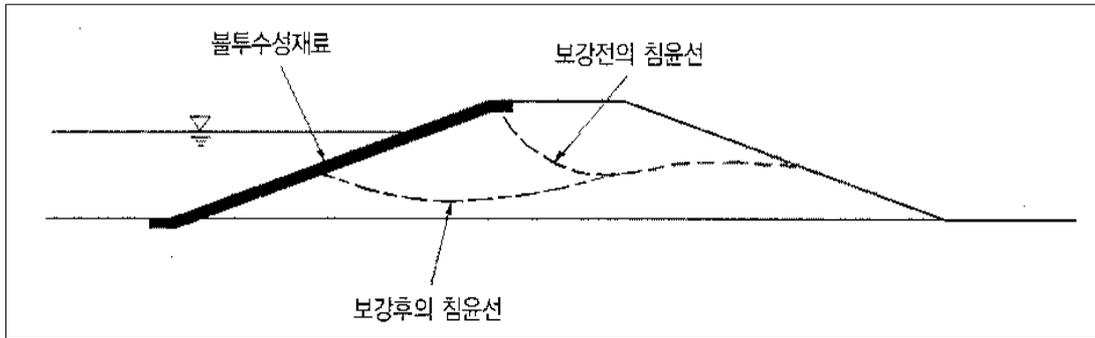


[해설 그림 8.7.2] 단면 확대 공법의 기본적인 단면 형상

⑤ 단면 확대에 이용하는 성토재료는 다짐재료가 기설 제방과 동등 이상의 전단강도를 가지고, 소정의 투수성을 가지는 재료를 선정하는 것이 원칙이다. 확대 재료에 요구되는 투수성은 제외지축 보강과 제내지축 보강의 경우 서로 다르고, 전자에 대해서는 기설 제체 보다 불투수성의 재료, 후자에 대해서는 투수성이 큰 재료를 이용하는 것으로, 단면확대공법의 효과를 보다 높이는 것이 중요하다. 또한, 재료 선정에 있어서는 시공성이나 경제성에 대해 충분히 고려할 필요가 있다.

(6) 앞비탈면 피복공

① 앞비탈 피복공법의 기본적인 구조는 아래의 그림에서 보듯이 고수위시의 하천수의 앞비탈면으로부터 침투를 억제하기 위해 불투수성 재료로 피복하는 보강공법이다. 즉, 투수성이 좋은 사질토나 역질토로 구성된 제체나 투수성 재료가 지엽적으로 포설된 제체는 앞비탈면에서 하천수가 용이하게 제체내로 침투하여 제방을 불안정화시키는 요인이 된다. 이 때문에 앞비탈면을 불투수성의 토질재료나 차수시트 등의 토목섬유와 같은 인공재료로 피복하는 것에 의해서 하천수의 침투를 억제하고, 제체내의 침윤면 발달을 억제할 필요가 있다. 특히 느슨하게 다짐되고, 투수성이 좋은 재료가 쓰이고 있는 제체 토질 구성은 효과적인 보수·보강공법이다. 또한, 하천의 제체 침투 억제는 홍수 말기 수위 저하시 잔류수압에 따른 경사면 파괴의 방지에도 효과적이다.



[해설 그림 8.7.3] 앞비탈 피복공법의 기본구조

② 앞비탈 피복공법의 단면형상은 뒷비탈 및 앞비탈 경사면 파괴에 대한 안전성뿐만, 아니라 침식에 대한 영향이나 유지 관리면을 고려한 뒤에 결정할 필요가 있지만, 다음과 같은 점에서 유의할 필요가 있다.

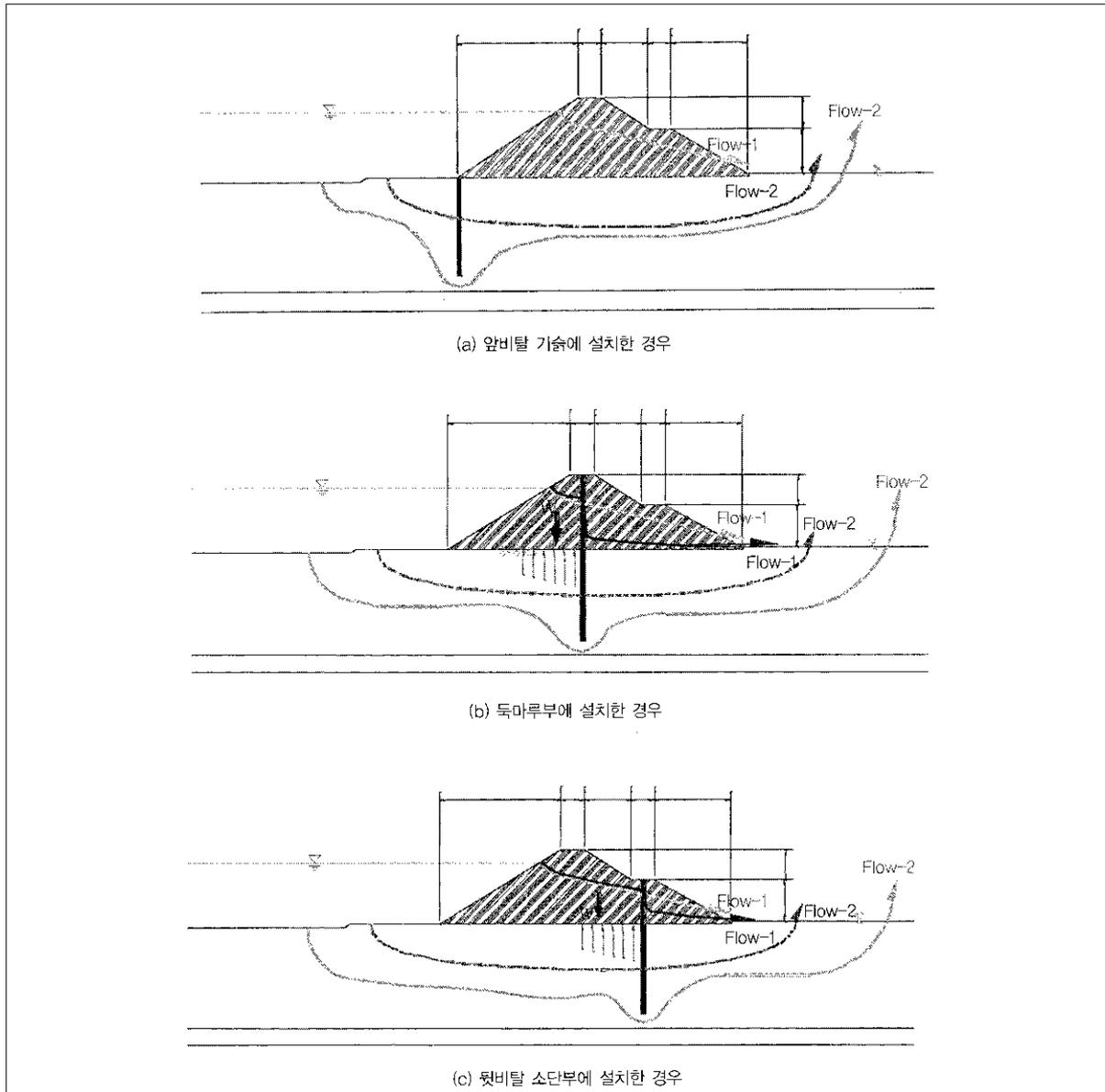
(가) 앞비탈 피복공의 범위는 원칙적으로 앞비탈 기슭부터 앞비탈 머리까지의 범위로 할 필요가 있다. 또한, 비탈경사의 결정에 있어서는 차수 시트나 불투수성 토질 재료로 피복된 비탈면이 강우나 하천수위의 급강하시 경사면 파괴가 생기지 않도록 안정성을 유도하여 검토한다.

(나) 차수 시트 등의 피복 재료에서는 강우의 침투에 의한 잔류 수압이나 유수 등에 기인해서 파괴나 부력이 발생할 우려가 있으며, 이 같은 경우에는 차수 시트와 복토 및 콘크리트 블록 등의 조합을 검토할 필요가 있다. 또한, 앞비탈면이 유수나 파랑 등에 따라 침식 작용을 받을 우려가 있는 지점은 호안공을 설치하는 방법 등에 의한 차수 시트를 보호할 필요가 있다.

(다) 앞비탈 피복공법에 쓰이는 토질재료는 기본적으로 불투수성일 것, 충분한 전단강도를 가질 것, 변형 및 유해한 균열이 생기지 않을 것, 다짐이 용이하고, 시공성이 좋을 것 등의 조건을 만족할 필요가 있다. 이와 같은 성질을 가진 흙은 세립분을 많이 포함한 사질토나 저항수비의 점성토로 대표된다. 보강 대상구간의 근방에서 적절한 토질 재료가 얻어지지 않는 경우에는 안정처리된 흙을 채용할 필요가 있으며, 첨가제의 종류와 양, 시공법, 피복식생의 영향, 첨가제 용출에 의한 주변 환경의 영향 등을 충분히 검토하여야 한다.

(7) 차수공법

① 차수공법의 기본적인 구조는 아래의 그림과 같이 앞비탈 기슭, 독마루, 뒷비탈 소단부근의 기초지반에 차수벽을 설치하며, 이때 설치 방법의 선정은 현장 및 시공 여건, 양압력, 침투유로에 의한 사면안정 및 누수, 경제성 등을 검토하여 현장에 맞는 최적의 방법을 선정한다.



[해설 그림 8.7.4] 앞비탈 기슭 차수공법의 기본적인 구조

- ② 차수벽을 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.
- ③ 차수벽을 독마루부에 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 차수벽 시공길이가 길어져서 경제성을 충분히 검토하여야 한다.
- ④ 차수벽을 제체의 뒷비탈 소단부에 설치하는 방법은 독마루부에 설치하는 방법 보다 경제성 측면에서 장점이 있으나, 양압력 및 차수벽 상단을 통한 소단부 제체 누수에

대한 충분한 검토가 요구된다.

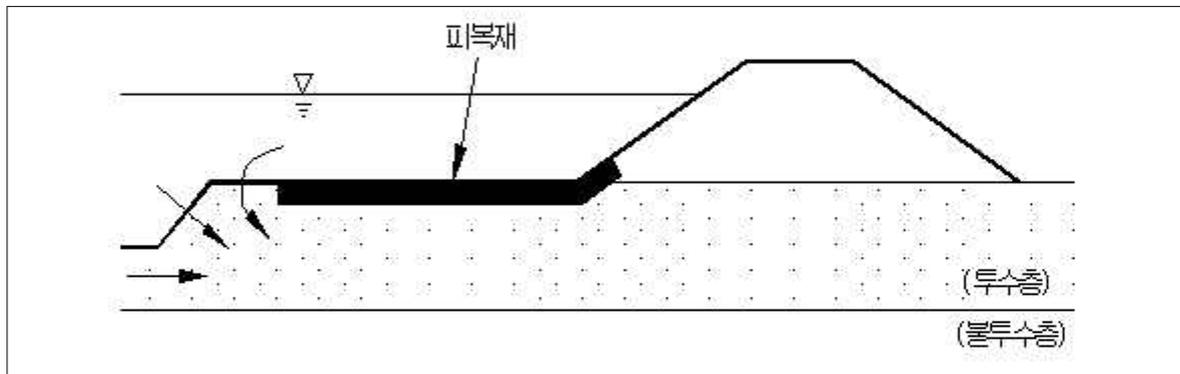
- ⑤ 차수공법은 시트파일공, 연속지중벽공 및 그라우트공으로 크게 구별 가능하지만 각각의 특징 등을 정리하면 아래표에 표시한 바와 같다.

[해설 표 8.7.1] 앞비탈 차수 공법의 종류와 특징

공 법	특 징
시트파일공법	<ul style="list-style-type: none"> · 시공성 우수, 많이 쓰여지고 있음. · 이음매 부터의 누수가 있고, 특히 역질토를 대상으로 한 경우에는 이음매가 나타나고, 효과가 반감하는 일이 있음.
슬러리 트렌치공법	<ul style="list-style-type: none"> · 지반에 트렌치를 굴삭하고, 굴삭도에 벤토 나이트와 시멘트를 첨가한 혼합액으로 매설해서 차수벽을 만듦. · 슬러리 트렌치내에 지수재로서 연질 염화비닐시트를 지수성을 높이는 공법도 개발되고 있음.
시멘트계 그라우트공법	<ul style="list-style-type: none"> · 기초지반에 시멘트 밀크나 지수성의 약액을 압입한 것으로, 시공은 용이하지만, 지수효과나 내구성에 대해서는 불명확한 점이 있음.
약액주입공법	

(8) 고수부 피복공법

- ① 고수부 피복공법은 아래그림에 나타난 것처럼 제외지쪽의 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복하는 것을 기본 구조로 한 것으로, 침투유로를 연장해서 기초지반의 침투압을 저감하고, 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 방법이다.



[해설 그림 8.7.5] 고수부 피복공법의 기본적인 구조

- ② 고수부 피복공법의 효과는 제방의 규모나 기초지반의 조건 등에 따라 다르다. 따라서, 피복단면은 피복 길이나 두께를 변화시켜 가며 침투계산과 안정계산을 반복적으로

로 행하여 경사면 파괴 및 파이프에 대한 안전성을 확인하는 방법으로 결정할 필요가 있다.

- ③ 또한, 고수부 피복공법은 그 길이가 증가하면 고수부의 확보가 필요하게 되기 때문에, 치수면이나 환경면에서의 영향이나 하천 이용 계획에 대해서도 충분히 유의할 필요가 있다.
- ④ 고수부 피복재료의 투수성은 투수계수(k)가 1×10^{-5} cm/s 이하이면 피복공법의 효과가 기대 가능하고, 두께로서는 고수위시의 유수에 따른 세굴에 대해서 기능을 상실하지 않는 정도의 것이 필요하다. 이와 같은 조건을 만족하는 재료로는 불투수성의 토질재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등으로 각각의 선정에 있어서의 유의점을 나타내면 아래 표와 같다.

[해설 표 8.7.2] 피복재료의 선정에 있어서의 유의점

종류	유의점
토질재료	·다진 후 흙의 투수계수가 1×10^{-5} cm/s 이하에서, 변형하기 어렵고 유해한 균열이 생기지 않아야 함. ·입도조성은 앞비탈면 피복공법과 동일 ·다짐성, 시공성 등이 좋고, 재료 구입이 용이해야 함.
차수시트	·시트 손상이나 부력 방지를 위한 복토 등의 보호공이 필요
아스팔트포장	·피복효과는 크지만 시공이 대규모이고 넓은 공간이 필요

《참고사항》

보수·보강공법

1. 그라우팅 공법

그라우팅 공법은 물, 시멘트, 벤토나이트 등의 재료를 혼합하여 토립자의 간극, 토층의 경계, 암반 및 콘크리트 구조물의 균열 등에 주입하는 공법으로, 구조물의 기초지반의 누수, 침하, 균열, 압압력의 경감 등 보강 및 지수를 목적으로 사용한다.

2. 치환 공법

치환 공법은 손상이 발생한 부분을 제거하고 동일한 재료로서 치환하는 것으로 소규모의 활동, 붕괴, 균열 등의 손상에 사용한다.

3. 압성토 공법

압성토 공법은 기초지반의 활동으로 인한 손상을 막기 위하여 경사면에 소단 모양의 압성토를 설치하는 공법이다.

4. 말뚝 공법

사면활동은 활동면에 대한 활동력이 지반에 대한 저항력보다 크며 사면이 파괴되어 지반활동이 발생하므로 이를 방지하기 위하여 흙의 저항력을 증가시키지 않고 별도의 말뚝으로 저항력을 부담시켜 사면을 안정시키는 공법이다.

5. 차수공법

아스팔트 차수공법은 아스팔트의 특성을 이용하는 것으로 기초지반의 압밀변형에 대응할 수 있고 휨 특성 및 불투수성이 우수하여 수구조물의 표면처리에 적용된다.

6. 점토차수공법

사면 기울기를 그대로 하고 소단형태로 점토를 피복하는 방법으로 차수재료의 선정을 위해 입도분포, 다짐시험, 액성한계시험, 점토광물 시험 등이 필요하다.

7. 쉬트파일(Sheet Pile) 공법

쉬트파일(Sheet Pile) 공법은 폭이 넓은 강판(쉬트)을 특수한 타입틀(관입 프레임)로 지지하면서 진동 햄머와 워터 잭을 이용하여 타입하는 방식으로서, 소정의 심도에 도달한 후 관입 프레임을 빼면서 단부 속에 불투수성 그라우팅재료를 충전하여 지수벽을 만드는 공법이다.

8.7.2 배수통관

배수통관에 대한 보수는 하수관로 또는 상수관로의 보수공법을 적용하되, 가능하면 비굴착에 의한 보수 · 보강공법을 적용토록 한다.

【해설】

1. 배수통관 보수 · 보강 공법 선정 기준

(1) 선정개요

배수통관의 보수 · 보강 공사는 현장조사결과에 따라 배수통관 본래의 기능을 다하지 못하는 관거에 대하여 이상개소를 보수 · 보강 또는 교체하여 부설시의 상태로 관거 기능을 회복시킨다는 의미에서 하수도 시설정비의 중요한 부분을 차지하고 있다.

대상관거는 이상항목 및 손상정도에 따라 적절한 공법을 선정 및 개량하여야 하며, 공법의 선정에 있어서는 국내에서 개발되어 적용되고 있는 공법을 시공성, 경제성 등 여러면에서 비교 · 검토하여 적용하도록 한다.

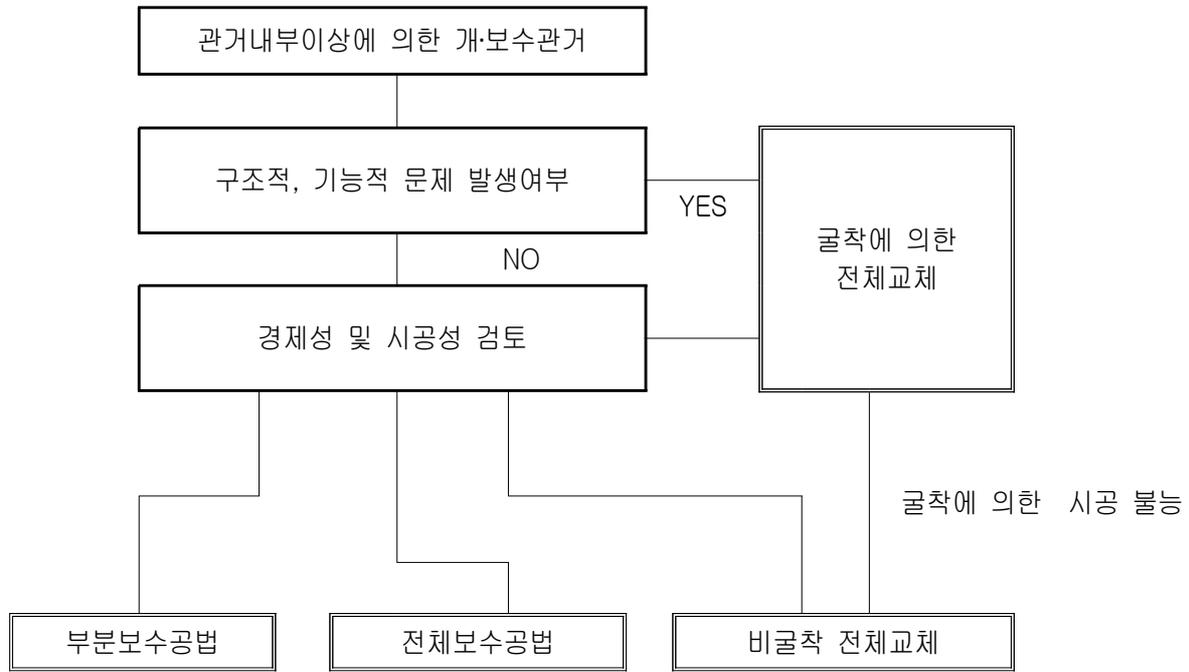
(2) 교체 및 보수 · 보강 선정기준

경제성 검토결과와 상관없이 관의 구조적, 기능적 문제(연성관 5% 이상 변형)가 발생한 관거는 굴착에 의한 전체교체를 원칙으로 하며 주변환경 및 시공여건상 굴착이 곤란한 경우에는 비굴착 전체보수를 선정한다.

굴착 및 보수관거 선정시 인접관에 대한 내구년한 및 시공성을 감안하여 필요한 구간에 대해 함께 개량할 수 있도록 한다

굴착교체와 비굴착보수 · 보강을 선정하기 위해 경제성(공사비용, 교통지체 해소비용, 민원처리 비용), 주변환경에 미치는 영향, 주민의 불편사항 등 경제적으로 계산되지 않는 항목들에 대해서도 충분히 검토하여 주민의 민원 등으로 인해 공사가 중단되는 상황이 발생하지 않도록 하여야 한다.

관거내부 이상에 의한 관거 개 · 보수 공법 선정 흐름도는 다음과 같다.



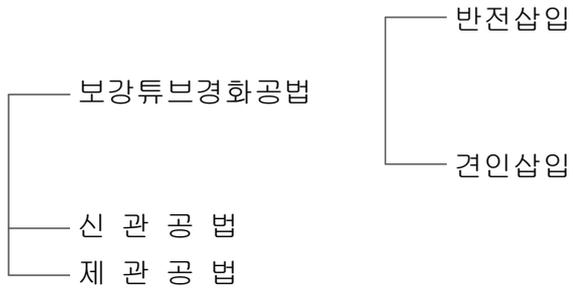
[해설 그림 8.7.6] 관거 개·보수 공법 선정흐름도

[해설 표 8.7.3] 굴착 및 비굴착 보수의 비교

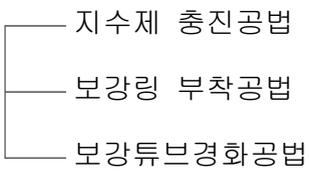
구분	굴착공법	비굴착공법
개요	· 도로 굴착후 관 교체	· 도로 굴착없이 신관수준으로 관 갱생
장점	· 용량확대, 경사조정, 보수등 모든 공사에 적용 가능 · 굴착심도가 낮을 때 공사비 저렴 · 장비보유 등의 제한이 없으므로 국내의 대다수 업체 시공 가능	· 도로의 굴착규제, 타 지하매설물로 인한 제약을 받지 않으므로 공사기간 단축 · 주변 침하현상과 안전 · 소음, 진동, 교통체증등 민원발생 최소화 · 건설 폐자재 발생이 없음
단점	· 굴착으로 인한 주변 침하 가능 · 교통체증 및 주차민원 유발 · 굴착에 따른 먼지 비산 및 소음 공해 발생 · 건설폐자재 발생 · 도로 재포장에 따른 수명 단축 · 가스관등 타시설을 파손 우려 및 안전상 문제점 발생	· 장비가 대형이므로 좁은 골목의 시공이 어려움 · 굴착심도가 낮을 경우 굴착공법에 비해 공사비가 다소 많이 소요 · 용량확대, 경사조정 등은 적용 불가 · 장비보유 등 제한적일 수 있음

2. 비굴착 보수 및 보강공법의 종류

(1) 전체보수 공법



(2) 부분보수 공법

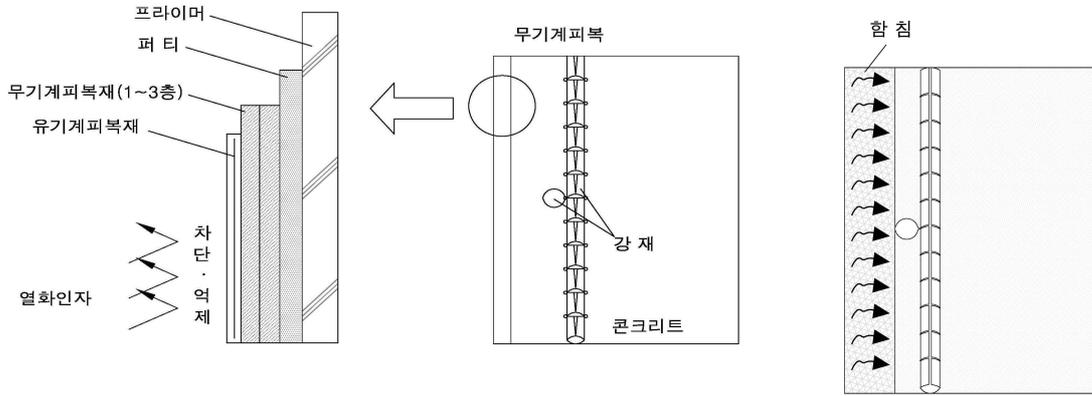


8.7.3 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수 · 보강공법

- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강관접착공법
- 프리스트레스 도입공법
- 콘크리트 덧붙이기공법

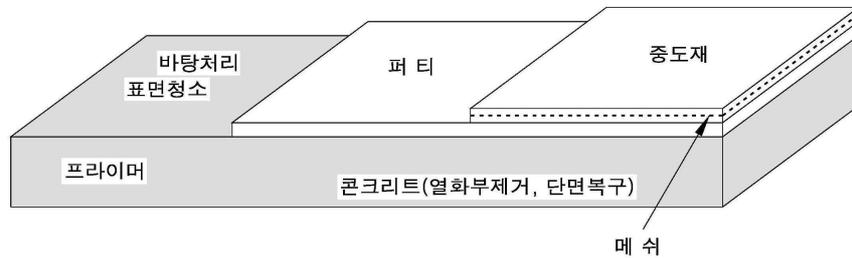
【해설】

1. 표면보호공법은 콘크리트 구조물의 표면에 보수재료를 도포하거나 함침하는 방법을 이용하여 내구성향상, 보수, 미관·경관의 확보를 위한 공법으로 표면피복공법과 표면함침공법으로 나눌 수 있다.
 - (1) 표면피복공법은 피복재료로 콘크리트 표면에 수 100 μ m으로부터 수 mm의 피막을 형성하여 보수하는 것으로 피복재료에 따라 유기계피복공법과 무기계피복공법으로 크게 구분된다.
 - ① 유기계피복 공법을 피복재료의 차이에 따라 구분하면 도포 공법과 쉬트 공법의 2종류로 분류할 수 있다. 도포 공법은 유기계피복재료를 콘크리트 표면에 도포함으로써 피막을 형성하고, 이것을 몇 층으로 칠해 콘크리트 표면을 보호하는 공법이다. 한편, 쉬트 공법은 연속섬유 등에 의해 성형된 쉬트를 콘크리트 표면에 접착시키는 것에 의해 콘크리트 표면을 보호하는 공법이다.
 - ② 무기계피복 공법은, 단층에 의한 도포 공법, 복층에 의한 도포 공법 및 매쉬 공법으로 분류된다. 단층에 의한 도포 공법의 공정은 바탕처리공 및 중도공(중도재 도포)로 구성되며, 바탕의 상태에 의해 바탕처리공, 프라이머공, 퍼티공을 공정으로 포함하는 경우가 있다. 복층에 의한 도포 공법은 바탕조정공, 중도공(중도재 도포), 상도공(상도재 도포)로 구성되며, 바탕의 상태에 따라 바탕처리공, 프라이머공, 퍼티공을 공정으로 포함하는 경우가 있다. 매쉬 공법은 중도재 또는 콘크리트와 중도재와의 사이에 매쉬를 넣은 콘크리트의 박락방지 공법이다.([해설 그림 8.7.9 ~10] 참조)
 - (2) 표면함침공법은 정해진 효과를 발휘하는 재료를 콘크리트 표면부터 함침시켜 콘크리트 표면부의 조직을 개선하고 콘크리트 표층부의 특수기능을 부여하는 것으로 부재를 보호하고 콘크리트 구조물의 내구성을 향상시키는 공법이다.

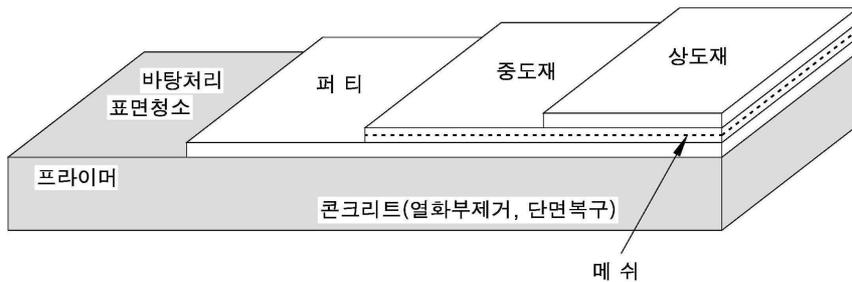


[해설 그림 8.7.7] 표면피복공법 개요도(무기계의 경우)

[해설 그림 8.7.8] 표면함침공법 개요도



[해설그림 8.7.9] 단층에 의한 도포 공법의 매쉬 공법 단면도



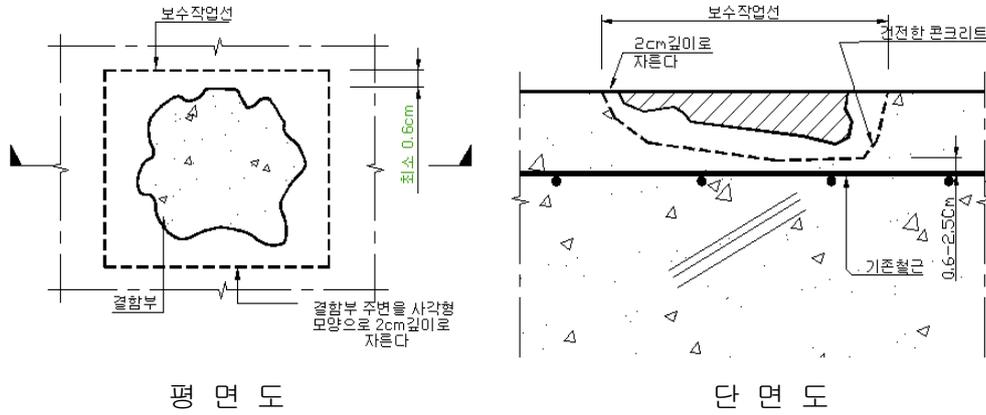
[해설그림 8.7.10] 복층에 의한 도포 공법의 매쉬 공법 단면도

2. 단면보수공법

콘크리트 부재의 손상(박리, 재료분리, 박락, 철근노출 등)은 손상깊이 및 정도에 따라 다음과 같은 보수·보강 공법이 있다.

(1) 얇은 보수(Shallow Repairs)

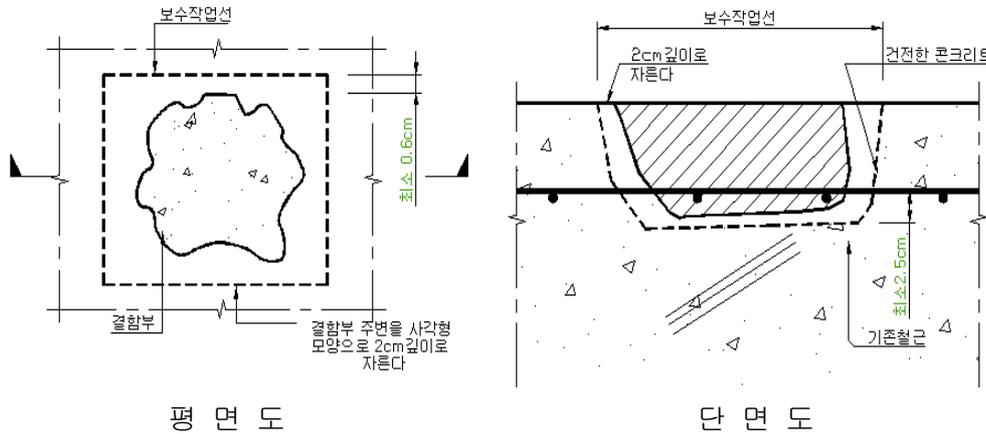
얇은 보수는 콘크리트 손상 깊이가 얇고 철근이 노출되지 않는 경우에 적용된다.



[해설 그림 8.7.11] 콘크리트 단면보수(얕은 보수) 개요도

(2) 깊은 보수(Deep Repairs)

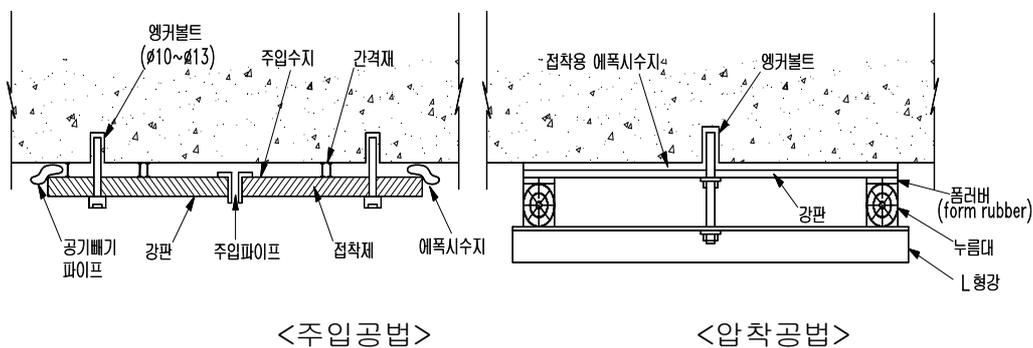
깊은 보수는 손상 깊이가 철근피복두께보다 더 깊을 때 적용된다.



[해설 그림 8.7.12] 콘크리트 단면보수(깊은 보수) 개요도

3. 강판 접착공법

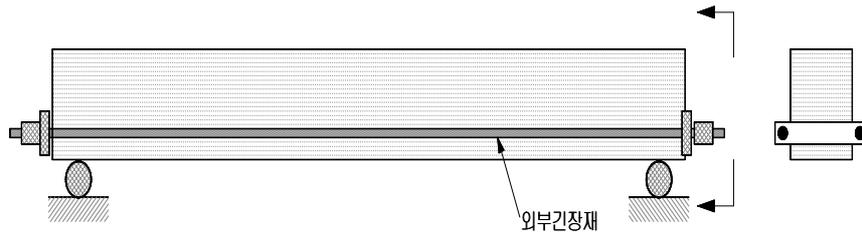
콘크리트 바닥판(Slab)면, 보 또는 기둥면에 강판을 접착하여 기존 콘크리트 구조물과 일체화시켜 콘크리트 열화와 철근의 부식을 방지함은 물론 하중에 대한 내하력을 증가시키는 공법으로 주입공법과 압착공법 등 두 가지 종류가 있다.



[해설 그림 8.7.13] 강판접착공법 개요도

4. 프리스트레싱 공법

프리스트레싱 도입에 의한 보강은 콘크리트에 프리스트레싱력을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법이며 구조물의 내력 및 강성의 증강, 균열폭의 감소 등의 효과가 있다.



[해설 그림 8.7.14] 프리스트레싱 공법 개요도

〈참고사항〉

1. 균열 기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용해야 한다. 콘크리트 균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 [해설 표 8.7.1]과 같다.

[해설 표 8.7.4] 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상 · 원인		균열폭 (mm)	보수 공법					
				표면처리공법	주입공법	충진공법	침투성 공법	기타	
방수성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△		○		
			0.2~1.0	△	○	○			
	균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△		○			
		0.2~1.0	○	○	○	○			
내구성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△	△			
			0.2~1.0	△	○	○			
			1.0 이상		△	○			
	균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△	△				
		0.2~1.0	△	○	○				
		1.0 이상		△	○				
		철근부식		-					□
		염해		-					□
		반응성 골재		-					□

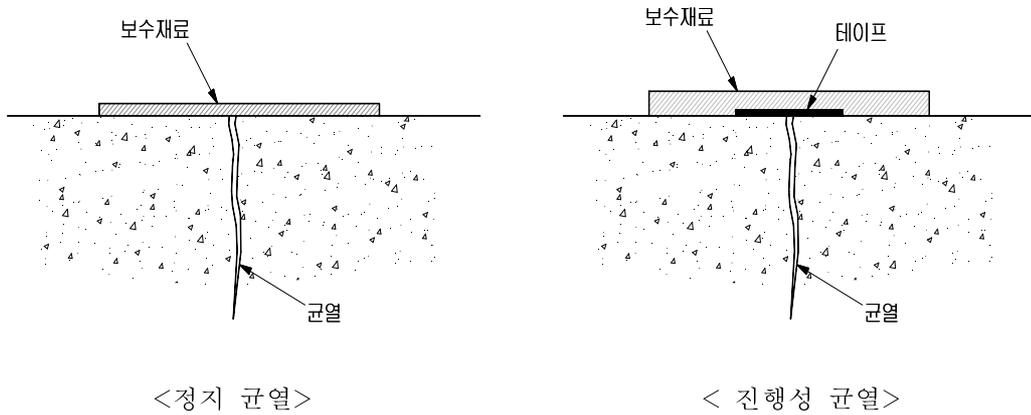
주1) 균열폭 3.0mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

2. 균열의 보수범위는 콘크리트 구조설계기준 부록 V 균열의 검증 절을 참조하여 결정한다.
3. 콘크리트 균열 보수에 관한 일반적인 공법을 나열한 것이다. 각 공법의 주요내용은 다음과 같다.

(1) 표면처리공법

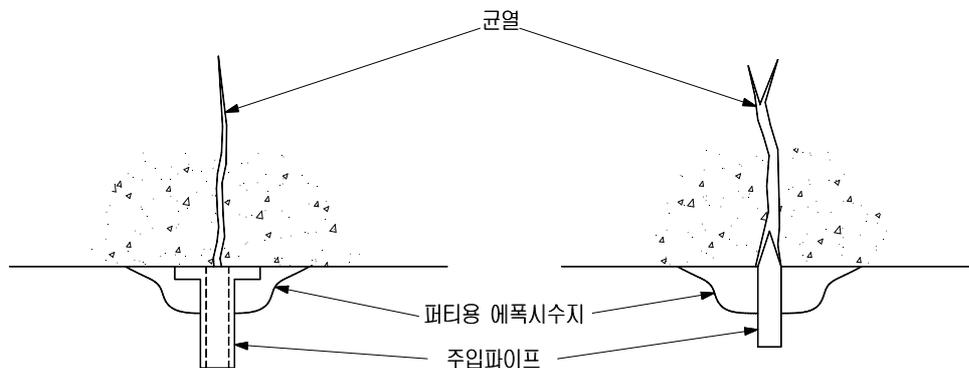
미세한 균열(일반적으로 폭 0.2mm이하) 위에 도막을 입혀 방수성과 내구성을 향상시키는 공법이며 균열내부를 처리할 수 없고, 진행성 균열은 보수하기 곤란한 점이 있다.



[해설 그림 8.7.15] 표면처리 공법 개요도

(2) 주입공법

균열 부분에 에폭시계 수지 및 시멘트계 재료를 주입하여 콘크리트를 일체화시키고 콘크리트의 수밀성을 크게 하며 콘크리트 및 철근의 열화와 부식을 방지하는 공법이다.



[해설 그림 8.7.16] 주입공법 개요도

부 록

A. 과업지시서 예시

B. 사전검토보고서 예시

부록 A

과업지시서 예시

-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀안전진단(안전점검) 과업 지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○제방 정밀안전진단(안전점검)

1.2 과업의 목적

본 과업은 “시설물의안전관리에관한특별법”(이하 “시특법“ 이라한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 규정에 따른 정밀안전진단(안전점검)으로서 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위

1.3.1 시설물 명 : ○○제방

1.3.2 위 치

○시점 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

○중점 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

1.3.3 제 원

○ 하천수계 :

○ 하천명(하천등급) : (국가하천)

○ 제방연장(좌·우안) : 좌안 m, 우안 m

○ 제방표고(높이) : EL. m (m)

○ 계획홍수(빈도) : 홍수량 m^3/s , 홍수위 EL. m, (○○년)

○ 호안공 형식 :

○ 준공년도 :

1.3.2 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

[정밀안전진단]

1) 제체

- 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 독마루, 뒷비탈, 뒷턱 등

- 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공, 흥벽) 등

2) 호안

- 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 호안머리공, 구조이음줄눈 등
- 3) 하상부 : 하상보호사석 등 밀다짐공 상태, 하상의 퇴적 및 세굴
- 4) 배수통관 : 하천설계기준 상의 통관과 문짝이 없는 배수암거를 포함한다.
 - 배수암거, 문짝 등
 - ※ 배수통관의 정밀안전진단 요령은 수문 「세부지침」을 준용한다.
- 5) 기타시설 : 시트법상의 1, 2종외의 하천횡단 구조물
 - ※ 기타시설에 대하여는 평가를 실시하지 않고, 손상상태도 및 보수·보강 방안만 제시한다.

[정밀점검]

- 1) 제체
 - 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 독마루, 뒷비탈, 뒷턱 등
 - 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공, 흥벽) 등
- 2) 호안 : 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 호안머리공, 구조이음줄눈 등
- 3) 하상부 : 하상보호사석 등 밀다짐공 상태
- 4) 배수통관 : 배수암거, 문짝 등
 - ※ 배수통관의 정밀점검 요령은 수문 「세부지침」을 준용한다.

1.4 과업내용

[정밀안전진단]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가
- 5) 종합평가
- 6) 보수·보강방법
- 7) 보고서 작성

[안전점검]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가(선택과업이 있을 경우)
- 5) 보수·보강방법(선택과업이 있을 경우)
- 6) 보고서 작성

1.5 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- 1) 과업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
- 2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경
- 3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

1.6 과업수행 및 공정보고

1.6.1 착수신고서 제출

- 1) 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.
 - ㉠ 착수신고서
 - ㉡ 사업수행계획서
 - ㉢ 인력 및 장비 투입계획서
 - ㉣ 세부공정계획서
 - ㉤ 사업책임기술자 선임신고서
 - ㉦ 사업수행 조직표
 - ㉧ 안전관리계획서
 - ㉨ 사전검토 보고서
- 2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.
- 3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행 계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.
- 4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.
- 5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 ○부를 관리주체에 제출하여야 한다.

1.6.2 공정보고

계약상대자는 과업수행기간중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 점검책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

- 1) 과업추진내용 및 공정현황
- 2) 과업수행상 중요 문제점 및 대책
- 3) 참여기술자 현황
- 4) 다음 달 과업수행 계획

1.7 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해 사항에 대하여 책임을 져야 한다.

1.8 안전관리

1.8.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

1.8.2 안전점검 및 정밀안전진단 종사자의 안전

- 1) 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 하며, 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.
- 2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

1.8.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 기간 동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

1.9 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정해야 한다.

2. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

2.1.1 일 반

점검계획은 현장에서의 예비조사 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 1) 현장여건 및 문제점
- 2) 시설관리자 및 주민의견 청취
- 3) 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 예비검증이 되도록 한다.

2.1.2 점검계획 수립

예비조사시 수집된 자료의 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 1) 조사범위 및 항목결정
 - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정
 - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도조사항목 포함
- 2) 기존 점검자료 검토
 - 기발견 된 결함의 확인을 위해 검토
- 3) 분야별 소요인원 및 구성
 - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 판단, 투입계획수립
- 4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
- 5) 점검기간 및 계획된 작업시간 예측
- 6) 점검범위 및 안전성에 대한 판단
- 7) 점검장비 선정

재료시험에 대한 장비, 측량장비, 토질, 기계, 전기, 시험장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사항목에 부합되는 장비를 준비한다. 또한, 접근장비는 육안조사 및 점검장비에 의한 측정이 가능 하도록 사다리, 고무보트, 램프, 잠수장비(수중카메라), 리프트카, 비계, 보조등반장비 등을 준비한다.

이러한 장비선정시에 다음항목을 고려한다.

- ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비위치에 따른 교통통제 필요성
- ③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 권양기실 하부 등의 점검은 비계, 리프트카, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려해 최선의 방법을 선택한다.
- 구조물의 수중부위 조사에 보트를 이용할 경우에는 구멍의 착용 등 안전에 유의하며, 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다.

9) 점검종사자 안전

- 점검업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.1.3 과업수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 재규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

- 1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침 및 세부지침
- 3) 콘크리트 구조설계기준
- 4) 콘크리트 표준시방서
- 5) 하천 설계기준, 하천공사표준 시방서
- 6) 하천정비기본계획보고서
- 7) 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

2.2 점검실시 세부사항

2.2.1 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

- 1) 설계도서
시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리·수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서
- 2) 시설물관리대장
- 3) 시공관련 자료
- 4) 안전점검 및 정밀안전진단 자료
- 5) 보수·보강공사 자료

2.2.2 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

- 1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.
- 2) 현장조사는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(세부지침, 댐편)에 의해 실시하며, 점검대상 구조물에 대한 상세외관조사 및 현장시험을 실시하여 부위(망)별, 부재별로 상태평가에 활용한다.
- 3) 상세외관조사시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사사항

※ 실제 과업지시서 작성시 착안 사항

본 내용은 정밀안전진단(안전점검)을 포함한 포괄적인 조사내용이므로 실제 계약하는 정밀안전진단(안전점검)에 따라 대상시설물의 범위와 기본과업 및 선택과업에 따라 다음의 조사사항 중 해당되는 내용을 반드시 선택하여 명시하고, 해당되지 않는 사항은 제외하고 작성하여야 한다.

1) 체체

가) 월류

- ① 제방고와 계획홍수위에 의한 여유고를 고려하여 제방의 월류 가능성을 검토한다.
- ② 월류 제방은 제방의 침식, 세굴 등을 조사한다.
- ③ 유로 만곡부는 수위 상승이 우려되는 지점이므로 특히 세심히 점검한다.

나) 세굴

- ① 최근에 골재채취 등의 하상굴착이 있는 부분은 하안이나 제방사면에 대한 영향을 고려하여 점검하며, 기 검토된 계획하상과 평형하상고 이하로 골재가 채취되었을 경우에는 평형하상이론에 의한 상하류의 영향도 조사대상에 포함한다.
- ② 하안의 침식이나 하상의 국부세굴 등을 점검하여 체체세굴 가능성을 예견한다.
- ③ 제방과 교량, 낙차공, 수문 등의 각종 하천구조물의 접속부는 그 기능 및 재료의 상이함으로 인하여 홍수에 취약하므로, 구조물 상·하류의 와류 등에 의한 제방 세굴에 대해 점검한다.
- ④ 과거의 하천유로 변경사항 등을 과거자료 및 지역주민 등에 대한 탐문조사를 통하여 기초누수에 대한 취약지점 등을 파악한다.

다) 활동

- ① 제정부의 종방향 균열이나 비탈면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악한다.
- ② 위험지점 비탈면의 경사를 측정하여 추후 상태평가 시 고려한다.

라) 누수

- ① 누수는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있으므로 누수지점, 누수경로 및 양상(빗물침투 또는 파이핑) 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리주체에 통보하고 정밀안전진단 필요성 여부를 판단한다.
- ② 홍수기에는 제내지 비탈면의 국부세굴이나 지반붕괴 현상과 아울러 파이핑 현상 유무를 확인하고, 갈수기에는 그 흔적 확인과 동시에 탐문조사를 시행한다.
- ③ 취약단면의 독마루폭, 비탈경사와 제방저폭을 확인하여 침윤선 검토 시 자료로 사용한다.
- ④ 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사를 실시한다.
- ⑤ 지반 누수는 고수부지부의 표토가 유실되거나, 제내 비탈기슭 부근에서 골재 채취 등 굴착을 실시하여, 투수층이 노출되어 일어나는 경우가 있으므로 세심한 조사를 실시한다.
- ⑥ 제방 관통 구조물의 표면과 체체사이의 공극은 홍수 시 제방누수 및 파괴의 주원인이므로 물리탐사(전기비저항탐사, 탄성파탐사 등) 장비를 사용한 검사를 실시하며, 특히 사용치 않는 폐관의 경우에는 세심한 주의를 요한다.
- ⑦ 제방 및 주변의 수목(교목)의 뿌리에 의한 체체파괴 또는 누수 그 가능성을 점검한다.

마) 제방침하

- ① 제방 침하는 장기간에 걸쳐 일어나는 경우가 많아 단기간의 점검을 통한 확인은 어려우나, 제방 측방의(제내·외측) 흙의 부풀어 오름으로 간이 판별할 수 있다.

바) 변위측정

- ① 변위발생이 우려되는 구간에 대한 체체중심, 비탈경사, 독마루폭, 제방저폭 등의 변위발생 여부를 측정하여 기초파괴, 체체파괴, 활동 등의 진행여부를 판단한다.

2) 호안

가) 비탈 덮기

- ① 홍수 시 감수속도가 빠른 하천 등에서 뒷채움 토사가 유출됨에 따라 공동현상이 발생하여 비탈덮기가 파괴되므로 비탈덮기 재료의 편평성을 조사한다.
- ② 경사가 급한 호안에서 내측토압이나 수압에 의한 붕괴가 나타나므로, 하천시 설기준상의 비탈경사에 준한 조사를 실시한다.

- ③ 상하류 비탈덧기공의 마감부는 유수에 의한 세굴 취약지점이므로 면밀한 점검이 요구되며, 소구 멈춤공(마감부 처리공)의 유무를 조사한다.
- ④ 비탈경사 변화지점이나 비탈덧기 재료의 변화구간은 세굴위험 구간이므로 세심한 점검을 실시한다.

나) 기초(비탈 멈춤)

- ① 호안 파괴의 주요 원인이 기초세굴에 의한 것이므로 세굴정도를 면밀히 조사하여야 하며, 필요시 측량 및 수중조사를 병행한다.

다) 밀다짐공

- ① 비탈경사 변화지점의 하상은 세굴에 취약하므로 밀다짐공의 점검 시 유의한다.

라) 비탈덧기 재료별 점검 요령

① 비탈덧기 점검요령

재료 구분	점 검 사 항
1. 떼붙임	- 떼의 생육정도 및 조밀도
2. 돌망태공	- 철선의 부식 및 파손상태, 탈석
3. 돌붙임	- 배수구멍 유무 - 배부르기 또는 탈석 - 줄눈의 탈락
4. 콘크리트블록붙임	- 블록 뒷면 공동 상태파악(표면 두드림) - 배부르기 또는 블록유실

3) 옹벽

- ① 콘크리트 옹벽은 균열, 백태 등의 콘크리트 구조물로서의 점검사항에 대해 실시한다.
- ② 이음부 등의 시공상태를 판단하며, 부등침하에 대해 세심한 점검을 한다.
- ③ 전도 위험성에 대해서는 현장 측량을 실시하여 안전성 여부를 판단한다.
- ④ 수면의 접촉부에 대하여 옹벽의 파손여부를 조사한다.

4) 널말뚝 구조제방

- ① 널말뚝을 이용한 제방은 주로 수면에 접해있는 경우가 많으므로 하상세굴에 대해 수중조사를 실시한다.
- ② 널말뚝의 부식 및 훼손상태 점검을 실시하며, 특히 수면의 접촉부는 세심한 검사를 실시한다.

5) 석축

- ① 석축의 취약부인 기초 콘크리트의 침하상태를 점검하며, 기초 상부에 계획 토 피가 있는 경우의 세굴에 대해 점검한다.
- ② 석축면의 배수공은 토압에 대해 매우 중요한 시설이므로 설치 유무 및 간격에 대해 점검한다.
- ③ 줄눈의 탈락과 석축의 배부르기 또는 탈석에 대해 점검한다.

6) 배수통관

- ① 제체를 횡단하여 설치된 배수통관에 대한 통관의 내부 토사퇴적, 이음부의 이 격, 구조물의 손상상태를 조사하며, 통관의 내부가 협소하여 직접조사가 곤란 할 시에는 CCTV를 통한 간접조사를 실시한다.
- ② 배수통관과 제체의 접합부위는 공동으로 인해 유수의 침투에 취약하므로 누수 흔적, 세굴 등에 대하여 세밀히 조사한다.

7) 수중구조물의 수중조사

① 수중조사 요령

조 사 부 위		조 사 요 령
표준제	비탈덧기	비탈덧기 유실, 제체의 유실
	기초(비탈멈춤), 밀다짐공	세굴 및 파손
특수제	옹 벽	균열, 박리, 기초부 세굴
	말 뚝	부식 및 기초부 세굴
	석 축	기초부 세굴

2.2.4 선택과업

선택과업은 과업 수행전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사 항목을 선정하며, 과업수행중에 발생하는 항목은 협의하여 추진한다.

2.2.5 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화 (결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 세부지침의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별 로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를

결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(정밀점검에서는 기본시설물에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

2.2.6 안전성평가(안전점검의 경우 선택과업)

책임기술자는 계측 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

2.2.7 종합평가 및 안전등급 지정

- 1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 세부지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.
- 2) 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.2.8 보수·보강방법(안전점검의 경우 선택과업)

1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경 조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생된 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

3) 보수·보강의 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

6) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

7) 유지관리 방안 제시(선택과업)

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 보고서 작성 방법

3.1 일반

정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성 방법은 세부지침을 참조한다.

3.2 정밀점검보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)
- 정밀점검 결과표 (안전등급)
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀점검 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 기기 현황
- 점검 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험 및 측정 결과분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과의 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정
- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

6) 안전등급 지정

정밀점검 실시결과 상태평가 및 안전성평가(필요시) 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

7) 시설물의 안전성 평가 (필요한 경우 추가로 실시)

안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

8) 종합결론 및 건의

- 정밀점검 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

9) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도
- 측정, 시험 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체 (사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)

- 기타 참고자료

(정밀점검 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

3.3 정밀안전진단보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표 (안전등급)
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀안전진단 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요 사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 시험기기 현황
- 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

- 재료시험, 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며, 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

- 현장 재하시험 및 계측 결과분석
- 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석
- 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 시설물의 내(하)력 평가
- 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행
- 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정
종합평가 작성 방법은 세부지침의 제10장에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 제 11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등
- 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 실시결과의 종합결론
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

11) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 안전성평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체 (사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료
(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

4. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다

- 1) 정밀안전진단(안전점검)보고서(부록포함) : 20부(안전점검의 경우 10부)
- 2) CD보고서 : 5부
- 3) 사진첩 : 3부

부록 B

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○제방 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2008-838호, 2008. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○제방

3.2 위 치

- 시점 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리
- 종점 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

4. 사전검토 내용

4.1 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	시설물명	지침 및 세부지침상 점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위	제외 사유
		정기 점검	정밀 점검	정밀 안전진단		
기본 시설물	○ 제체	○	○	○		
	○ 호안	○	○	○		
	○ 하상부(밑다짐공 등)		○	○		
	○ 배수통관		○	○		
기타 시설물	○ 하천 횡단구조물 (시특법상 1, 2종외의 시설물)			○		

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공통 <ul style="list-style-type: none"> - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질조사 보고서 - 하천정비기본계획보고서 - 기타 특이사항 보고서 		
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 설계도면 <ul style="list-style-type: none"> - 공통 - 토목 - 건축 - 기계·전기설비 		
시설물 관리대장	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기본현황 ◦ 상제제원 ◦ 유지관리 이력 		
시공관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 <ul style="list-style-type: none"> - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록 ◦ 댐시설 운영기록 		
안전점검 및 정밀안전진단 자료			
보수보강 자료			

4.3 정밀안전진단(안전점검) 과업의 범위

[표 1.1] 정밀점검일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석 	○저동	
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 	○콘크리트 시험 -반발경도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○척근탐사시험	
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견 (안전등급 지정) 	○저동	
안전성평가	-		
보수·보강 방법	-		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○저동	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우) 		
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •전체부재에 대한 외관조사망도 작성 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •조사부위 표면청소 •마감재의 해체 및 복구 •수중조사 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사시험 	○콘크리트 시험 - 코어채취 - 연화물함유량 - 식내시험 등 ○강재조사·시험 - 도막두께측정	○ ○ ○ ○
상태평가	-		
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •필요한 부위의 구조지반수리수문 해석 등 안전성평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가 		
보수·보강 방법	•보수·보강 방법 제시		

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석 	○차동
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 ◦현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물 함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험 ◦기계전기설비 및 계측시설의 작동 유무 	<ul style="list-style-type: none"> ○전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○콘크리트 시험 <ul style="list-style-type: none"> -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○철근탐사시험 ○강재(수문) 조사 <ul style="list-style-type: none"> -도막두께측정 -수문의 작동상태
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견 	○차동
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견 	○차동
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> •시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정 	○차동
보수·보강방법	<ul style="list-style-type: none"> •보수·보강 방법 제시 	○차동
보고서작성	<ul style="list-style-type: none"> •CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	○차동

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우(계속)

과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우) 		
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •시료채취 및 실내시험 •지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 •수중조사 •누수탐사 •침하, 변위, 거동 등의 측정 •콘크리트 제체 시추조사 •수리·수충격·수문조사 •시설물조사에 필요한 임시접근로 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •기계전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측 •기본과업 범위를 초과하는 강제비파괴시험 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 시험 <ul style="list-style-type: none"> -코어채취 -실내시험 등 ○ 지반 및 토질조사 ○ 수중조사 ○ 기계, 전기설비 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 수문 및 권양기 - 수문 작동시험 ○ 계측기 상태조사 <ul style="list-style-type: none"> -실내시험 등 ○ 강제 용접부 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 초음파두께측정 - 자본탐상 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ × × ○
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •구조지반수리·수문 해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수문학적 안전성평가 ○ 제방 내진성능평가 	<ul style="list-style-type: none"> × ×
보수·보강 방법	<ul style="list-style-type: none"> •내진보강 방안 제시 •시설물 유지관리 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 댐체 내진보강 방안 제시 ○ 시설물 유지관리 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> × ×

4.4 정밀안전진단(안전점검) 기본과업 재료시험 수량

[표 2.1] 정밀점검의 경우

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	제 방	산출수량		
제방 중·횡단측량	○ 제방 1km당 1개구간 선정(10~20m)			
반발경도 시험	○ 특수제 콘크리트구조물 - 구조물 이음부 기준 : 1회 이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이 상의 경우 1.5배 가산) ○ 콘크리트 호안블록 - 호안 1km 기준 : 3회 이상			
탄산화깊이 측정	상 동			
균열깊이 조사	○ 조사·시험수량은 책임기술자가 결정			

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	제 방	산출수량		
하천측량	○ 진단 대상 제방 전 구간			
제체물리탐사	○ 제방 2km당 100m 이상			
제체시추조사	○ 제방 2km당 1개소			
반발경도 시험	○ 특수제 콘크리트구조물 - 구조물 이음부 기준 : 2회 이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이 상의 경우 1.5배 가산) ○ 콘크리트 호안블록 - 호안 1km 기준 : 6회 이상			
탄산화깊이 측정	상 동			
초음파 전달속도시험	상 동 (호안블록 제외)			
철근부식도 측정	○ 조사·시험수량은 책임기술자가 결정			
균열깊이 조사	○ 조사·시험수량은 책임기술자가 결정			

4.5 기타 사항

5. 결론

[정밀점검의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀점검의 범위, 유지관리자료, 과업범위, 기본과업의 재원시원수량은 모두 지친, 세부지침과 부합됨.

[정밀안전진단의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재원시원수량은 지친, 세부지침과 부합됨.

다만, 정밀안전진단 과업범위 중 아래와 같이 일부 항목에 대한 비용이 반영되지 않아 보완이 필요함

- 현장조사 및 시험
 - 기계, 전기설비조사
 - 계측기 상태조사
- 안전성평가
 - 수문학적 안전성
 - 제방 내진성능평가
- 보수·보강방법
 - 댐체 내진보강방안
 - 시설물 유지관리 방안 제시

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(제방)

발행 한국시설안전공단

2012년 12월 일 초판

* 본 세부지침해설서의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은 한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전공단 (http://www.kistec.or.kr)
(우) 411-758 경기도 고양시 일산서구 고양대로 315 대표전화 1599-4114, 031-910-4114

본 세부지침해설서 및 다른 해설서 내용은 공단홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

공 통 편				2011. 12
시설물편	제 1장	교 량		2012. 12(개정판)
	제 2장	터 널		2011. 12
	제 3장	댐		2011. 12
	제 4장	항 만		2011. 12
	제 5장	상 수 도		2011. 12
	제 6장	하 구 독		2012. 12
	제 7장	수 문		2012. 12
	제 8장	제 방		2012. 12
	제 9장	하수처리장		2012. 12
	제 10장	건 축 물		2011. 12
	제 11장	옹 벽		2012. 12
	제 12장	절 토 사 면		2012. 12
