제8장 제 방

8.1 관리일반

8.2 현장조사

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.4 안전성능 평가기준 및 방법

8.5 내구성능 평가기준 및 방법

8.6 사용성능 평가기준 및 방법

8.7 종합평가기준 및 방법

제8장 제방

8.1 관리일반

8.1.1 적용 범위

본 장은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제40조 및 같은 「법」 시행령(이하 「영」이라 한다) 제28조의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 제방에 적용한다.

제방 시설물은 그 특성에 따라 본 장과 서식을 적절히 응용하여 성능평가를 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)

○ 건설기준코드(구 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 관리주체와 사전협의하여 적용할 수 있다.

8.1.2 용어 정의

○ 제방(堤防)

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

○ 표준제

- 토사로 축조된 비탈면을 갖는 경사제를 말한다.

○ 특수제

- 특수한 목적으로 토사와 혼합 또는 단독재료에 의해 콘크리트, 석재, 기타 재료 등으로 축조된 제방.

※ 홍수방지벽, 석축, 옹벽, 말뚝 등으로 이루어진 제방 포함.

○ 호안

- 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위하여 제방 앞비탈 또는 하안에 설치하는 구조물로서 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 밑다짐공으로 구성되며, 고수호안・저수호안・제방호안으로 구분된다.

○ 비탈멈춤

- 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사유출을 방지하기 위하여 설치한다. (기초와 병행하여 설치하는 경우도 있음)

○ 호안머리보호공

- 저수호안을 유수로부터 보호하기 위하여 고수부지와의 접합부에 설치 또는 제방호안을 전단면에 설치할 경우 제방 상단부에 설치하는 구조물을 말한다.

○ 구조이음눈

- 비탈덮기 일부분의 파괴가 전체에 미치지 않도록 비탈덮기 종단방향(10~20m 간격)에 이음부를 둔 것을 말한다.

○ 통관

- 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 수로로서 문짝을 가진 구조물을 말한다.

○ 접속부

- 수문, 통문, 통관 등과 제체가 접촉되는 구간을 말한다.

○ 추락방지시설

- 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

○ 도로부 신축이음부

- 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

○ 환기구 등의 덮개

- 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)를 말한다.

8.1.3 성능평가 실시 범위

하천 시설물 중 제방은 크게 표준제방 및 특수제방으로 구분되며, 각 개별시설물 별로 아래와 같은 개별시설로 구분된다.

[표 8.1] 성능평가 대상시설물의 세부범위

구 분		시설물명	성능평가		비 고
			제1종성능평가	제2종성능평가	
기본 시설물	표준제방	제체	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
		호안	○	○	
		하상부	○	○	
	특수제방	직립구조물 (말뚝, 석축, 옹벽)	○	○	
		토사제체, 호안	○	○	
	공통	배수통관	○	○	
기타 시설물	접근로(부체도로)		○	○	제1종성능평가 : 선택과업 제2종성능평가 : 선택과업
공중이 이용하는 부위	추락방지시설		○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	도로포장		○	○	
	도로부 신축이음부		○	○	
	환기구 등의 덮개		○	○	

8.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

제방 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 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
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 제체 비탈사면활동에 대한 기준이 ″d″ 이하인 경우
2) 호안공 또는 직립구조물의 기초부 세굴로 구조물 붕괴 우려
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 호안의 기초·밑다짐공의 세굴에 대한 기준이 “d” 이하인 경우
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 직립구조물 기초부 세굴에 대한 기준이 “d” 이하인 경우
3) 제체의 누수 또는 세굴 및 침식으로 제체 붕괴 우려
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 제체누수에 대한 기준이 ″d″ 이하인 경우
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 제체의 세굴 및 침식에 대한 기준이 “e” 이하인 경우
4) 직립구조물 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실
   ○ 내구성능 평가지표 중 탄산화 깊이 또는 염화물 침투량에 대한 기준이 “d” 판정으로 철근노출 부식 등의 외관상태를 동반하는 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

제방 시설물의 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 추락방지시설
   ○ 추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우
2) 도로포장
   ○ 도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우
3) 도로부 신축이음부
   ○ 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우
4) 환기구 등의 덮개
   ○ 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

8.2 현장조사

8.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

가. 안전성능 평가

[표 8.2] 제방 시설물의 안전성능 평가항목

구분			평가항목
상태 안전성능	표준 제방	제체	◦ 침 하
			◦ 활 동
			◦ 누 수
			◦ 세굴(침식)
			◦ 훼 손
			◦ 수목의 식생
		호안	◦ 기초 세굴
			◦ 비탈덮기 활동
			◦ 비탈덮기의 손상
			◦ 호안머리보호공의 손상
			◦ 구조이음눈, 비탈멈춤공 등의 손상
		하상부	◦ 세 굴
			◦ 퇴 적
	특수 제방	직립구조물	◦ 침 하
			◦ 경사/전도
			◦ 활 동
			◦ 변 형
			◦ 파 손
			◦ 균 열
			◦ 박리(박락, 층분리)
			◦ 마모/침식
			◦ 신축이음부 이격, 사석블록 이격, 말뚝간의 이격
	공통	배수통관	◦ 구조물 손상정도
	기타	접근로	◦ 접근로의 훼손
구조 안전성능	제방(공통)		◦ 제방 월류에 대한 안정
			◦ 제방 활동에 대한 안정
			◦ 제방 누수에 대한 안정
			◦ 제방 침하에 대한 안정
			◦ 제방 세굴에 대한 안정
	특수제방		◦ 특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안정 (활동, 전도, 내하력)
	콘크리트구조물		◦ 철근탐사 – 철근 배근상태, 철근 피복두께 ◦ 균열깊이 조사 ◦ 콘크리트 물성 및 미세구조

나. 내구성능 평가

[표 8.3] 제방 시설물의 내구성능 평가항목

구분	평가항목
콘크리크 구조물 (콘크리트 호안블록 포함)	◦ 콘크리트 추정강도
	◦ 탄산화 잔여깊이(속도계수)
	◦ 전염화물 침투량
	◦ 염해환경(해안거리 및 강설횟수)
	◦ 동해환경(동결융해 반복지수)

다. 사용성능 평가

[표 8.4] 제방 시설물의 사용성능 평가항목

구분	평가항목
제방(공통)	◦ 제방사면 경사도
	◦ 접근로 확보 여부
	◦ 홍수조절
배수통관	◦ 문짝의 기능
	◦ 배수암거 배수기능

라. 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 8.5] 공중이 이용하는 부위 점검항목

구분	평가항목	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설의 상태	
	◦ 도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	◦ 환기구 등의 덮개 상태	
	◦ 기타조사	

8.2.2 현장조사 요령

가. 시설물의 현장조사 요령

제방의 현장조사는 제방의 설치 후에 발생한 제·내외지의 수리·수문학적 변동사항 및 제체, 직립구조물, 호안 등의 구조적 손상상태 등을 파악하여, 제방파괴 원인을 사전에 발견한다. 특히, 제방 누수파괴의 주원인인 제체 횡단구조물과의 접속부의 공동, 누수에 대한 조사와 제내측 유수지 및 저지대 사면의 조사에 역점을 두며 “하천기본계획”과 관련하여 계획하폭 등을 사전에 검토하여 안전점검 시 고려한다.

아울러 성능평가 시 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행한다.

1) 점검대상

○ 제체 및 접속부

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

○ 호안(저수호안 포함)

- 비탈덮기, 호안머리 보호공, 구조이음눈

○ 하상부

- 밑다짐공, 하상보호사석의 손상상태 등

○ 배수통관

[표 8.6] 안전성능 평가의 점검 내용

제방 파괴 원인	상태안전성능 및 구조안전성능 평가 내용
홍수의 월류로 인한 파괴	계획홍수위에 따른 제방고의 적정성
제외측 앞비탈의 홍수에 의한 유실파괴	호안의 설치유무 및 그 상태
제방 비탈의 붕락에 의한 파괴	제방비탈경사와 토질역학적 측면의 사면활동 안전성능
제체의 누수에 기인한 파괴	제체 폭의 적정성 및 제방 종횡단구조물의 누수성

2) 수리·수문학적 점검사항

○ 대상 하천의 “하천기본계획”자료를 근거로 하여 계획수위 및 계획하폭 등 제반 사항의 변동에 따른 제방 안전도에 대해 점검함

3) 제방파괴 요인 및 취약부

(가) 제방파괴 요인

○ 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

○ 세굴 및 침식에 의한 제방 파괴

- 홍수시의 유수의 소류력에 의한 비탈덮기의 파손 및 유실
- 유수의 소류력에 의한 기초부의 세굴
- 유수 및 강우에 의한 제체 침식 및 비탈면 붕괴
- 호안공의 붕괴 및 제체의 유실

○ 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
제방 횡단 구조물 접속부의 공동

- 횡단구조물 배면부 다짐불량으로 공동부 발생
- 하중 및 재료의 이질성으로 인한 횡단구조물 주변 부등침하 발생
- 접속부에 균열이 발생되고 침하의 진행으로 공동발생
- 공동을 통해 누수가 발생되고 제방 붕괴로 이어짐

○ 기타

- 동식물에 의한 훼손으로 홍수시 국부 파괴
- 경작 등 인위적인 훼손으로 제방단면이 부족하여 홍수시 유수의 제체 침투 및 유수압의 증가로 제체 붕괴
- 중장비 차량의 둑마루 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 있음

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

- 하폭의 급변(확대 및 축소) 지점
- 만곡부 외측지점
- 제체 횡단 구조물 지점
- 교량, 보 등 하도를 횡단하는 구조물 설치지점

- 호안이 끝나는 제체부분 및 제방 재질 특성이 서로 다른 지점
- 본·지류 합류지점 및 배수위 구간

4) 시설물 점검사항

(가) 제체

○ 월류

- 제방고와 계획홍수위에 의한 여유고를 고려하여 제방의 월류 가능성을 검토함
- 월류 제방은 제방의 침식, 세굴 등을 조사함
- 유로 만곡부는 수위 상승이 우려되는 지점이므로 특히 세심히 점검함

○ 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 포함함
- 하안의 침식이나 하상의 국부세굴 등을 점검하여 제체세굴 가능성을 예견함
- 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 점검함
- 과거의 하천유로 변경사항 등을 과거자료 및 지역주민 등에 대한 탐문조사를 통하여 기초누수에 대한 취약지점 등을 파악함

○ 활동

- 제정부의 종방향 균열이나 비탈면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악함
- 위험지점 비탈면의 경사를 측정하여 추후 구조안전성능 평가 시 고려함

○ 누수

- 누수는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있으므로 누수지점, 누수경로 및 양상(빗물침투 또는 파이핑) 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될 시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리주체에 통보하고 구조안전성능 평가 필요성 여부를 판단함
- 홍수기에는 제내지 비탈면의 국부세굴이나 지반붕괴 현상과 아울러 파이핑 현상 유무를 확인하고, 갈수기에는 그 흔적 확인과 동시에 탐문조사를 시행함
- 취약단면의 둑마루폭, 비탈경사와 제방 저폭을 확인하여 침윤선 검토 시 자료로 사용함
- 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사를 실시함
- 지반 누수는 고수부지부의 표토가 유실되거나, 제내 비탈기슭 부근에서 골재채취 등 굴착을 실시하여, 투수층이 노출되어 일어나는 경우가 있으므로 세심한 조사를 실시함
- 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 요함
- 제방 및 주변의 수목(교목)의 뿌리에 의한 제체파괴 또는 누수 그 가능성을 점검함

○ 제방침하

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

○ 변위측정

- 변위발생이 우려되는 구간에 대한 제체중심, 비탈경사, 둑마루폭, 제방 저폭 등의 변위발생 여부를 측정하여 기초파괴, 제체파괴, 활동 등의 진행여부를 판단함

(나) 호안

○ 비탈 덮기

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

○ 기초(비탈 멈춤)

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

○ 밑다짐공

- 비탈경사 변화지점의 하상은 세굴에 취약하므로 밑다짐공의 점검 시 유의함

○ 비탈덮기 재료별 점검 요령

- 비탈덮기 점검요령

[표 8.7] 비탈덮기 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

(다) 옹벽

○ 콘크리트 옹벽은 균열, 백태 등의 콘크리트 구조물로서의 점검사항에 대해 실시함

○ 이음부 등의 시공상태를 판단하며, 부등침하에 대해 세심한 점검을 실시함

○ 전도 위험성에 대해서는 현장 측량을 실시하여 안전성능 여부를 판단함

○ 수면의 접촉부에 대하여 옹벽의 파손여부를 조사함

(라) 널말뚝 구조제방

○ 널말뚝을 이용한 제방은 주로 수면에 접해있는 경우가 많으므로 하상세굴에 대해 수중조사를 실시함

○ 널말뚝의 부식 및 훼손상태 점검을 실시하며, 특히 수면의 접촉부는 세심한 검사를 실시함

(마) 석축

○ 석축의 취약부인 기초 콘크리트의 침하상태를 점검하며, 기초 상부에 계획 토피가 있는 경우의 세굴에 대해 점검함

○ 석축면의 배수공은 토압에 대해 매우 중요한 시설이므로 설치 유무 및 간격에 대해 점검함

○ 줄눈의 탈락과 석축의 배부르기 또는 탈석에 대해 점검함

(바) 배수통관

○ 제체를 횡단하여 설치된 배수통관에 대한 통관의 내부 토사퇴적, 이음부의 이격, 구조물의 손상상태를 조사하며, 통관의 내부가 협소하여 직접조사가 곤란할 시에는 CCTV를 통한 간접조사를 실시함

○ 배수통관과 제체의 접합부위는 공동으로 인해 유수의 침투에 취약하므로 누수흔적, 세굴 등에 대하여 세밀히 조사함

(사) 접속부

○ 누수는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있으므로 누수지점, 누수경로 및 양상(빗물침투 또는 파이핑) 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될 시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리주체에 통보하고 정밀안전진단 필요성 여부를 판단한다.

○ 제방 횡단 구조물 배면과 제체사이의 공동은 홍수 시 제방 누수 및 파괴의 주원인이므로 물리탐사(전기비저항탐사, 탄성파탐사 등) 장비를 사용한 검사를 실시하며, 특히 사용치 않는 폐관의 세심한 주의를 요한다.

나. 성능항목 별 현장조사 요령

1) 안전성능 평가

(가) 외관조사 요령

- 시설물별 현장조사 요령을 참조하여 수행함

(나) 현장조사 요령

(1) 점검항목

① 콘크리트 비파괴강도(초음파 전달속도)

② 철근배근상태(철근탐사시험)

③ 철근 부식도 시험

④ 균열깊이 조사 등

(2) 점검방법

① 콘크리트 비파괴강도

- 콘크리트 비파괴시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험, 조합법)을 위주로 함. 다른 비파괴시험을 사용하는 경우에는 책임기술자의 판단에 따름

② 철근배근상태

- 비파괴시험(전자기유도방식, 전자파레이방식)을 위주로 한다. 시험할 내용은 철근량, 피복두께, 철근의 규격, 배근상태 등이다. 단, 균열 및 변형(처짐) 등의 결함·손상이 발생된 부재와 부재의 내력검토가 필요한 부재에 대하여 실시함

③ 철근 부식도 시험

- 외관조사에 의한 비파괴검사(자연전위법 등)로 한다. 단, 균열 및 재료분리 등의 결함·손상이 발생된 부위와 건전부위를 각각 검사하여 비교함

④ 균열깊이 조사

- 발생 균열의 철근깊이 이상 발전 및 관통 여부에 대한 평가를 실시하며, 허용 균열 폭과의 비교 검토를 통해 등급을 산정함

2) 내구성능 평가

(가) 자료조사

(1) 자료조사 항목

① 염해환경

- 해안 이격거리
- 강설 횟수

② 동해환경(동결융해 반복지수)

(2) 자료조사 방법

① 염해환경

- 대상 시설물의 위치(지번이나 주소)를 파악하여, 인터넷 포털 사이트 지도를 이용하여 하천 및 해안까지의 최단거리(직선거리)를 측정함
- 강설횟수는 기상청에서 제공하는 기후자료를 참조하며, 기상청 자료의 최심신적설이 발생한 일수를 최근 10년간 평균값으로 하여 평가를 실시함

② 동해환경

- 동해환경 평가는 기상청 기후자료를 통해 동결융해 반복일수를 산정하고, KS F 2456(A법)에 의해 상대 동탄성 계수를 측정함
- 단, 초기 데이터가 없는 경우, 최초 점검 시 데이터를 구축하고 차회 점검 시 해당 데이터를 사용하여 계산함
- 동결융해 반복일수 300일 기준으로 상대동탄성계수가 90% 이상일 경우 동해환경 평가를 생략할 수 있음

3) 사용성능 평가

(가) 현장조사

(1) 현장조사 항목

① 하천 측량

② 점검 시설

③ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 자료조사 방법

① 하천 측량

- 월류 및 사면 안전성능 평가 측면으로, 경사도, 제방고 및 둑마루폭이 하천설계기준에 적합한지 평가를 실시함

② 점검 시설

- 시설물 조사에 필요한 접근로 및 점검로의 유무와 상태를 조사함

4) 공중이 이용하는 부위

(가) 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.
단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.

(나) 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로보트 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.

(다) 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.3.1 재료시험 항목

가. 제2종성능평가

[표 8.8] 제2종성능평가 재료시험 항목

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>기본과업</th><th>선택과업</th></tr>
<tr><td rowspan="5">안전
성능</td><td rowspan="4">제방</td><td rowspan="4">–</td><td>◦ 제방 종·횡단측량</td></tr>
<tr><td>◦ 시추조사</td></tr>
<tr><td>◦ 제체 물리탐사</td></tr>
<tr><td>◦ 하상재료 시험</td></tr>
<tr><td>콘크리트
구조물</td><td>◦ 콘크리트 강도
– 비파괴시험 : 반발경도시험[1)]</td><td>◦ 철근탐사시험[2)]
– 철근 배근상태
– 철근 피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="3">내구
성능</td><td rowspan="3">콘크리트
구조물</td><td>◦ 피복 콘크리트 품질
– 비파괴시험 : 반발경도시험[1)]</td><td rowspan="3">–</td></tr>
<tr><td>◦ 탄산화깊이</td></tr>
<tr><td>◦ 염화물 침투량</td></tr>
</table>

주1) 안전성능 기본과업에 해당하는 콘크리트 강도는 반발경도시험에 의하되, 내구성능에서 피복(표면부) 콘크리트 품질 평가를 위해 측정된 값을 포함하여 평가할 수 있음
피복(표면부) 콘크리트 품질 평가는 건전부, 비건전부를 구분하여 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 건전부와 비건전부는 각각 최소 1개소 이상 포함되어야 함

주2) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 함

나. 제1종성능평가

[표 8.9] 제1종성능평가 재료시험 항목

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>기본과업</th><th>선택과업</th></tr>
<tr><td rowspan="6">안전성능</td><td rowspan="3">제방 및 하상</td><td rowspan="3">–</td><td>◦ 제체 시추조사</td></tr>
<tr><td>◦ 제체 물리탐사</td></tr>
<tr><td>◦ 하상재료 시험</td></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트 구조물</td><td>◦ 콘크리트 강도
– 비파괴시험 : 반발경도시험[1], 초음파전달속도시험</td><td rowspan="2">◦ 콘크리트 강도
– 국부파괴시험</td></tr>
<tr><td>◦ 철근탐사시험[2]
– 철근 배근상태
– 철근 피복두께</td></tr>
<tr><td>◦ 철근부식도</td><td rowspan="2">◦ 콘크리트 물성 및 미세구조</td></tr>
<tr><td>내구성능</td><td>콘크리트 구조물</td><td>◦ 균열깊이 조사</td></tr>
<tr><td rowspan="3">내구성능</td><td rowspan="3">콘크리트 구조물</td><td>◦ 피복 콘크리트 품질
– 비파괴시험 : 반발경도시험[1]</td><td rowspan="3">–</td></tr>
<tr><td>◦ 탄산화깊이</td></tr>
<tr><td>◦ 염화물 침투량</td></tr>
</table>

주1) 안전성능 기본과업에 해당하는 콘크리트 강도는 반발경도시험에 의하되, 내구성능에서 피복(표면부) 콘크리트 품질 평가를 위해 측정된 값을 포함하여 평가할 수 있음
피복(표면부) 콘크리트 품질 평가는 건전부, 비건전부를 구분하여 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 건전부와 비건전부는 각각 최소 1개소 이상 포함되어야 함

주2) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 함

8.3.2 재료시험 기준수량

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 8.10] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	특수제 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비고
반발경도시험	◦ 구조물 이음부 기준 1회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	◦ 호안 1km당 3회 이상 (호안블록 3개소 샘플 선정)	
탄산화 깊이[1)]	◦ 구조물 이음부 기준 1회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	–	
염화물 침투량	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	–	

주1) 탄산화 깊이 측정 평가는 철근콘크리트로 구성된 구조물에 한하여 수행, 무근콘크리트 부위를 제외한 철근콘크리트인 이음부의 복합부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 함

[표 8.11] 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
제방 종·횡단 측량[1)]	◦ 제방 1km당 1개소(10~20m 정도)	
시추조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
물리탐사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
하상재료시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
코어채취[2)]	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등
철근탐사시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 측량은 인근 1, 2등 수준점을 기준으로 하여 제방고, 폭, 비탈경사, 비탈덮기 설치고 등을 파악함

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

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 8.12] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	특수제 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비고
반발경도시험	◦ 구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	◦ 호안 1km당 6회 이상[1] (호안블록 6개소 샘플 선정)	
탄산화 깊이[2]	◦ 구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	–	
염화물 침투량	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	–	
초음파 전달속도시험	◦ 구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	–	◦ 동일 부위 시험 원칙
철근탐사시험	◦ 구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m 이상 또는 높이 10m 이상의 경우 1.5배 가산)	–	◦ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
철근부식도시험	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	–	◦ 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	

주1) 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 실시함

주2) 탄산화 깊이 측정 평가는 철근콘크리트로 구성된 구조물에 한하여 수행함

[표 8.13] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
하천측량	◦ 대상 전 구간 실시(기준점 측량, 종·횡단 측량)	필수 실시
제체 물리탐사	◦ 제방 2km당 100m 이상	필수 실시
제체 시추조사	◦ 제방 2km당 1개소	필수 실시
하상재료시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
코어채취[1]	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있음

8.4 안전성능 평가기준 및 방법

8.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준 및 방법

1) 일반

제방은 구조형식 및 축조재료에 따라 다양한 형태의 손상이 발생될 수 있으므로 제방 형식 및 부재별 안전성능 평가기준을 마련해야 한다.

2) 평가범위

제방에 나타나는 다양한 형태의 손상을 기본으로 하였으며, 제방은 표준제방과 특수제방으로 나뉘며 표준제방에서는 주로 침하, 활동, 누수, 세굴, 훼손, 수목의 식생 등을, 특수제방에서는 침하, 경사/전도, 활동, 변형, 박리, 균열, 파손 등을 대상으로 한다.

3) 평가유형의 구분

[표 8.14] 제방 평가유형의 구분

평가 유형	정 의	평가 기준	평가 점수	영향 계수
중요 결함	침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접영향을 미치는 결함	a	5	1.0
		b	4	
		c	3	
		d	2	
		e	1	
국부 결함	수평이음부 불량 등과 같이 구조물의 안전성능에 직접적인 영향을 미치지는 않지만 손상이 진전될 경우 전체구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함	a	5	1.0
		b	4	1.1
		c	3	1.2
		d	2	1.4
		e	1	2.0
일반 손상	파손, 마모, 콘크리트 재료분리 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상	a	5	1.0
		b	4	1.1
		c	3	1.3
		d	2	1.7
		e	1	3.0

3) 기본시설 평가지수 산정기준

(가) 표준제방

○ 표준제방 제체

[표 8.15] 표준제방 제체 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용	
제체 침하	중요 결함	1.0	a	5	○거의 발생하지 않음.	
			b	4	○육안으로 관찰가능한 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, 비탈면 활동조짐이 보임.	
활동	중요 결함	1.0	a	5	○활동이 발생되지 않은 상태, 둑마루의 손상 없음	
			b	4	○육안으로 관찰되지 않으나 부분적으로 부등침하흔적이 있는 경우, 둑마루의 손상이 없음	
			c	3	○부분적으로 경미한 상태의 활동이 발생하였으나, 제체의 안전성능에는 영향이 없고 지속적인 관찰 필요한 상태, 둑마루의 손상 흔적 보임	
			d	2	○활동이 발생하여 비탈면이 부분적으로 전방으로 밀려난 상태이나 연직붕괴까지는 이르지 않은 상태, 둑마루의 손상 폭이 큼	
			e	1	○활동의 정도가 아주 심하고, 광범위하게 발생하여 연직붕괴에 이르러 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태, 둑마루에 함몰을 동반하는 균열 발생	
누수	중요 결함	1.0	a	5	지반누수: 발생하지 않음	제체누수: 발생하지 않음
			b	4	지반누수: 누수는 발생하지 않으나 기초지반이 투수성이 있음	제체누수: 누수는 발생하지 않으나 제체재료가 투수성이 큼
			c	3	지반누수:누수는 발생되지 않으나 제내외측에 골재채취 등으로 투수층이 노출되어 있음	제체누수: 부분적으로 누수 흔적이 있으나 제체 재료 유실은 발생되지 않음
			d	2	지반누수: 부분적으로 파이핑 현상 발생하나, 심하지 않음	제체누수: 누수가 발생되어 경미한 제체재료의 유실이 있음
			e	1	지반누수: 심한 파이핑 현상이 발생하여 제체의 안전성능에 심각한 영향을 미침	제체누수: 누수와 함께 제체재료의 유실이 심하여 (파이핑현상) 제체의 안전성능에 심각한 영향을 미침

[표 8.15] 표준제방 제체 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
세굴 및 침식	국부 결함	1.0	a	5	○세굴 및 침식이 거의 발생하지 않음
		1.1	b	4	○경미하게 발생한 상태로서 보수 불필요
		1.2	c	3	○다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요하나 단면축소로 인한 누수, 사면붕괴 등의 영향은 없는 상태임
		1.4	d	2	○심하게 발생하여 비탈면의 붕괴나 제체내 누수로 이어질 가능성이 있음
		2.0	e	1	○매우 심하여 비탈면의 붕괴와 제체 내 누수가 발생된 상태
제체의 훼손	일반 손상	1.0	a	5	○훼손이 거의 없는 상태
		1.1	b	4	○경미한 훼손이 있으나 보수 불필요
		1.3	c	3	○다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요함
		1.7	d	2	○훼손 정도가 심하여 누수, 붕괴로 이어질 가능성이 있음
		3.0	e	1	○훼손 정도가 매우 심하여 이로 인해 부분적인 제체 붕괴와 제체 내 누수가 발생하고 있는 상태
수목의 식생	일반 손상	1.0	a	5	○문제가 될 수목식생이 거의 없는 상태
		1.1	b	4	○수목이 식생하고 있으나, 유수와 접하는 계획홍수위 이하 부분에서는 문제가 될 식생은 없음
		1.3	c	3	○유수와 접하는 계획홍수위 이하부분에서 문제가 될 수목이 식생하고 있고, 일부는 유실되어 제체에 손상을 유발시킨 상태
		1.7	d	2	-
		3.0	e	1	-

* 제체 누수는 평상시에는 관찰하기가 어려우므로 가능한 한 홍수기에 현장조사를 할 필요가 있으며, 부득이한 경우에는 청문조사, 누수흔적으로 상태를 파악하여야 한다. 특히, 제방 누수 파괴의 주요 원인인 제체 횡단구조물과의 접속부 공동, 누수 여부를 반드시 점검한다.

○ 표준제방 호안

[표 8.16] 표준제방호안 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
호안의 기초·밑다짐공 세굴	중요 결함	1.0	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, 기초하단 깊이까지 세굴 되어 호안의 붕괴가 예상되는 상태
			e	1	○부분적으로 기초가 유실되어 호안이 붕괴된 상태
비탈덮기의 활동	중요 결함	1.0	a	5	○활동이 없는 상태
		1.1	b	4	○경미한 활동(배부름)이 발생하였으나 보수가 필요하지 않은 상태
		1.2	c	3	○활동의 발생으로 배부름 현상이 심하고, 접속구조물인 턱 피복콘크리트, 호안머리 보호공에 영향을 미쳐 이들 구조물에도 손상이 동반된 상태
		1.4	d	2	○활동이 심하게 발생하여 부분적으로 붕괴가 발생되어 시급한 보수를 요하는 상태
		2.0	e	1	○비탈덮기가 전반적으로 붕괴되어 전반적인 재시공이 요구되는 상태
비탈덮기의 손상(줄눈 이격,파손, 탈락)	국부 결함	1.0	a	5	○손상이 없는 상태
		1.1	b	4	○경미한 줄눈 이격은 있으나 파손, 탈락은 발생하지 않은 상태
		1.2	c	3	○부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
		1.4	d	2	○손상이 심하여 부분적인 비탈덮기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덮기의 붕괴가 예상되는 상태
		2.0	e	1	○대부분의 비탈덮기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태
호안머리 보호공 손상 (균열,파손 ,들뜸)	국부 결함	1.0	a	5	○손상이 없는 상태
		1.1	b	4	○경미한 손상이 있으나 비탈덮기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
		1.2	c	3	○부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
		1.4	d	2	○손상이 심하여 부분적인 비탈덮기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덮기의 붕괴가 예상되는 상태
		2.0	e	1	○대부분의 비탈덮기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태
호안 구조이음눈 손상	일반 손상	1.0	a	5	○손상이 없는 상태
		1.1	b	4	○경미한 손상이 있으나 비교적 양호한 상태
		1.2	c	3	○다소 심한 균열, 이격, 파손, 탈락 등의 손상이 있으나 비탈덮기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
		1.4	d	2	○전반적으로 탈락, 유실되어 비탈덮기의 안전에 심각한 영향을 미칠 우려가 있는 상태
		2.0	e	1	-

○ 표준제방 하상부

[표 8.17] 표준제방 하상부 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
하상부의 세굴 및 퇴적	일반 손상	1.0	a	5	○ 세굴 및 퇴적이 거의 없는 상태
		1.1	b	4	○ 경미하게 세굴 되었으나 계획하상고 이내인 상태 ○ 경미하게 퇴적되었으나 통수에 전혀 지장이 없는 상태
		1.3	c	3	○ 세굴로 하상보호사석의 유실 및 호안 기초부위가 노출된 상태 ○ 토사의 퇴적, 유목 등으로 통수능에 지장을 줄 수 있는 상태
		1.7	d	2	-
		3.0	e	1	-

(나) 특수제방

○ 직립구조물

[표 8.18] 직립구조물 평가기준

<table>
<tr><th>상태변화</th><th>평가
유형</th><th>영향
계수</th><th>평가
기준</th><th>평가
점수</th><th colspan="3">평가 내용</th></tr>
<tr><td rowspan="5">침하</td><td rowspan="5">중요
결함</td><td rowspan="5">1.0</td><td>a</td><td>5</td><td>직립구조물 손상상태
○거의 발생하지 않음</td><td colspan="2">제체의 손상상태
○거의 발생하지 않음</td></tr>
<tr><td>b</td><td>4</td><td>○경미한 침하가 있으나 구조물 표고가 설계시 표고 이상으로 확보하고 있는 경우</td><td colspan="2">○경미한 침하가 있으나, 둑마루가 설계시 여유고를 확보하고 있는 경우</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3</td><td>○구조물 표고는 계획홍수위 이상을 확보하나 침하로 인해 구조물에 경미한 균열, 시공 이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태</td><td colspan="2">○배면 제체에 단차 및 균열이 육안으로 뚜렷하게 관찰되며 빗물이 고일 정도 발생</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2</td><td>○구조물의 표고가 계획홍수위 이하로 침하되고, 구조물에 다소 폭이 큰 균열, 시공이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태</td><td colspan="2">○배면 제체에 부분적 함몰이 발생되고, 비탈면 활동조짐이 보임</td></tr>
<tr><td>e</td><td>1</td><td>○구조물에 심각한 손상이 발생하여 구조물의 붕괴가 예상될 경우</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="6">경사/전도</td><td rowspan="6">중요
결함</td><td rowspan="6">1.0</td><td rowspan="2">a</td><td rowspan="2">5</td><td colspan="2">최대기울기의 범위</td><td rowspan="2">조사된 상태</td></tr>
<tr><td>비진행성</td><td>진행성</td></tr>
<tr><td>2% 미만</td><td>1% 미만</td><td>○경사/전도가 발생되지 않은 상태</td></tr>
<tr><td>b</td><td>4</td><td>2% 이상~
3% 미만</td><td>1% 이상~
2% 미만</td><td>○부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3</td><td>3% 이상~
4% 미만</td><td>2% 이상~
3% 미만</td><td>○경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2</td><td>4% 이상~
6% 미만</td><td>3% 이상~
4% 미만</td><td>○경사/전도의 정도가 심각하여 구조물의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태</td></tr>
<tr><td>e</td><td>1</td><td>6% 이상</td><td>4% 이상</td><td>○경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태</td></tr>
<tr><td rowspan="5">말뚝구조의
활동</td><td rowspan="5">중요
결함</td><td rowspan="5">1.0</td><td>a</td><td>5</td><td colspan="3">○활동이 없는 상태</td></tr>
<tr><td>b</td><td>4</td><td colspan="3">○경미한 활동흔적이 있으나, 구조물에 손상이 없는 상태</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3</td><td colspan="3">○경미한 활동으로 구조물에 경미한 균열이 발생</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2</td><td colspan="3">○활동으로 인해 벽체가 기울어지기 시작하고 후면 매립부에 큰 균열이 발생하여 사면 파괴징후가 완연한 상태</td></tr>
<tr><td>e</td><td>1</td><td colspan="3">○활동으로 사면 파괴가 크게 일어나고 널말뚝 벽체가 쓰러져 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태</td></tr>
<tr><td rowspan="5">말뚝구조의
변형</td><td rowspan="5">중요
결함</td><td rowspan="5">1.0</td><td>a</td><td>5</td><td colspan="3">○변형이 거의 발생하지 않은 상태</td></tr>
<tr><td>b</td><td>4</td><td colspan="3">○부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3</td><td colspan="3">○변형의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2</td><td colspan="3">○변형의 정도가 심각하여 말뚝의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태</td></tr>
<tr><td>e</td><td>1</td><td colspan="3">○변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 위험한 상태</td></tr>
</table>

[표 8.18] 직립구조물 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용		
파손	국부 결함	1.0	a	5	○ 손상이 없는 건전한 상태		
		1.1	b	4	○ 경미한 손상이 있으나 보수는 요하지 않는 상태		
		1.2	c	3	○ 국부적인 파손으로 보수를 요하는 상태		
		1.4	d	2	○ 구조물의 안전성능에 영향을 미치는 정도의 파손으로 긴급한 보수를 요하는 상태		
		2.0	e	1	○ 파손이 대규모로 발생하여 구조물의 일부가 붕괴되고 배면 체체의 붕괴를 동반한 경우		
균열	국부 결함	1.0	a	5	RC부재		PSC부재
					콘크리트옹벽	RC말뚝구조	PSC 말뚝
					○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
		1.1	b	4	○ 경미한 상태의 과응력균열,부식 균열 및 일반균열	○ 경미한 말뚝 연결부 균열	○ 경미한 말뚝연결부 균열
		1.2	c	3	○ 과응력 균열, 부식균열 및 일반 균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태 과응력균열 ○ 부식균열, 일반균열 또는 말뚝연결부 균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열, 일반균열 및 말뚝 연결부 균열
		1.4	d	2	○ 전반적으로 균열 발생이 심하여 구조부재 기능 상실이 우려되는 상태	○ 심한 상태의 과응력 균열	○ 심한상태의 과응력 균열, 부식 균열 및 말뚝연결부 균열
		2.0	e	1	○ 사인장 관통 균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태
박리 (박락, 층분리)	국부 결함	1.0	a	5	RC부재		PSC부재
					콘크리트옹벽	RC말뚝구조	PSC 말뚝
					○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
		1.1	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	-
		1.2	c	3	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 심한 부분 박리나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 부분박리가 심하게 발생한 상태	○ 경미한 상태의 부분 박리
		1.4	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
		2.0	e	1	○ 완전박리로 철근 부식이 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

[표 8.18] 직립구조물 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
마모/침식	국부 결함	1.0	a	5	○마모/침식된 부위가 없음
		1.1	b	4	○마모/침식이 경미한 상태
		1.2	c	3	○마모/침식이 다소 심한 상태
		1.4	d	2	-
		2.0	e	1	-
신축이음부 및 사석블록의 이격	일반 손상	1.0	a	5	○건전한 상태
		1.1	b	4	○경미한 발생으로 배면 토사 유출이 없는 상태
		1.3	c	3	○다소 크게 발생하여 배면 토사 유출이 있는 상태
		1.7	d	2	○평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
		3.0	e	1	○평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도
기초부 세굴	일반 손상	1.0	a	5	○하상의 세굴이 없는 상태
		1.1	b	4	○하상이 세굴되었으나, 기초부의 노출이 안된 상태
		1.3	c	3	○하상세굴로 기초부가 노출되어 기초부 보호사석이 부분적으로 교란 또는 유실된 상태
		1.7	d	2	○기초부 보호사석의 대부분 유실로 기초부 하단까지 하상이 세굴되어 구조물 안전성능에 영향을 미칠 정도
		3.0	e	1	○기초부 보호사석의 전반적인 유실 및 구조물의 활동변위가 발생하였거나, 부분적으로 구조물의 붕괴로 전체 제방의 안전에 위험이 예상되는 경우

○ 배수통관 상태안전성능 항목 및 기준

[표 8.19] 배수통관 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
배수암거 구조물 손상	중요 결함	1.0	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

○ 접근로의 도로 훼손 상태안전성능 항목 및 기준

[표 8.20] 접근로의 도로 훼손 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
도로의 훼손	일반 손상	1.0	a	5	· 훼손(포장 폐임, 길어깨 포락 등)이 거의 없는 상태
		1.1	b	4	· 경미한 훼손이 있으나 보수 불필요
		1.3	c	3	· 훼손이 다소 크게 발생한 상태로 보수를 요하나 시급성이 다소 적은 상태
		1.7	d	2	· 훼손 정도가 심하여 기능을 상실하여 보수를 요하는 시급성이 높은 상태
		3.0	e	1	· 훼손 정도가 매우 심하여 기능 상실은 물론 구조적인 안전에 영향을 주는 상태

(다) 공중이 이용하는 부위

[표 8.21] 공중이 이용하는 부위 평가기준(계속)

평가항목	평가등급	평가기준
추락방지 시설	a	○ 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
	b	○ 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
	c	○ 추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
	e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태
도로포장 파손	a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
	b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
	e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

[표 8.21] 공중이 이용하는 부위 평가기준

평가항목	평가등급	평가기준
도로부 신축이음부	a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
	b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
	e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태
환기구 등의 덮개	a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
	b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
	c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
	d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
	e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

8.4.2 구조안전성능 평가기준 및 방법

가. 일반

1) 일반

주어진 하중에 대하여 시설물이 견디는 능력을 평가하는 항목으로서 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 성능 확보여부를 판단하게 된다. 주요 평가항목으로는 제방의 경우 월류, 활동, 누수, 침하, 세굴에 대한 안정해석을 공통적으로 조사하고 특수제방의 경우 옹벽 및 말뚝에 대한 안정해석이 이에 속한다.

2) 구조안전성능 평가방법

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

- 홍수시 월류해서는 안됨
- 제체가 세굴되지 않아야 함
- 하천수위 급강하 시 비탈면의 활동에 대하여 안전해야 함
- 연약지반일 경우, 파괴와 침하에 안전해야 함
- 누수 및 파이핑에 안전해야 함

강우 시 제체함수비가 상승해도 비탈면 붕괴에 대해 안전해야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위하여 다음과 같은 평가를 수행해야한다.

- 제방(공통) 월류에 대한 안정
- 제방(공통) 활동에 대한 안정
- 제방(공통) 누수에 대한 안정
- 제방(공통) 침하에 대한 안정
- 제방(공통) 세굴에 대한 안정
- 특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안정 (활동, 전도, 내하력)

나. 구조안전성능 평가기준

1) 제방(공통)

(가) 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 8.22] 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량 (㎥/sec)	여 유 고 (m)
200 미만	0.6 이상
200 이상 ~ 500 미만	0.8 이상
500 이상 ~ 2,000 미만	1.0 이상
2,000 이상 ~ 5,000 미만	1.2 이상
5,000 이상 ~ 10,000 미만	1.5 이상
10,000 이상 ~	2.0 이상

<해 설>

○ 제방의 월류에 대한 안전성능 평가는 조사 당시의 제방고와 수리·수문분석을 통한 하천의 계획홍수위를 비교함으로서 제방고의 적정성 여부를 검토하는 것임. 여기서 계획홍수위는 하천기본계획이 수립된 하천에서는 하천기본계획의 자료를 준용하고, 하천기본계획이 수립되어 있지 않거나 특정 홍수에 대한 검토 시는 정밀안전진단(또는 안전점검) 시의 수리·수문 분석 결과를 이용하여야 함

[표 8.23] 월류에 대한 안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
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

(나) 제방 활동에 대한 안정

원호활동을 고려한 제방 비탈면 안전계산에서 안전율은 다음 표의 기준을 따르되 간극수압과 제체의 연직붕괴를 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 8.24] 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

<해 설>

○ 제방의 원호활동을 고려한 비탈면의 활동에 대한 안전성능 평가기준은 다음과 같음

- 안정계산은 연직붕괴와 간극수압을 고려하는 것을 원칙으로 함
- 기준안전율 : 하천설계기준에서 제시한 안전율

[표 8.25] 활동에 대한 안전성능 평가기준

평가기준	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%

(다) 제방 누수에 대한 안정

누수에는 제체누수와 기초지반 누수가 있으며, 제체누수는 침윤선이 제체 내에 위치하여 비탈면 붕괴를 야기하며, 지반 누수는 파이핑 현상으로 제방의 붕괴를 유발한다.

○ 제체누수의 원인

- 제방단면이 너무 작은 경우
- 제체 재료가 투수성이 크고 차수벽이 없는 경우
- 제체를 충분히 다지지 않은 경우
- 제체가 두더지 등에 의해 구멍이 뚫린 경우
- 제체 내에 매설되어 있는 구조물(통문, 통관 등)과의 접속부에 공동이 발생한 경우

○ 기초지반 누수의 원인(파이핑 현상 동반)

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

일반적으로 허용누수량 설정에는 어려움이 있고, 계측에 의한 누수량에는 강우 등의 외부 수량이 포함될 수 있으므로 해석에 따른 누수량으로 제체의 안전성능을 판정할 때에는 기술자의 판단이 필요하다. 제체 및 기초는 침투를 완전히 차단할 수 없기 때문에 파이핑과 같은 파괴 요인이 되는 침투수압, 동수경사에 대한 검토와 대책 필요하다.

이러한 파괴의 원인은 대상 재료의 불균일성이나 지질조건의 변화, 시공상 부주의 등에 의한 경우가 많으므로 이론적인 취급은 곤란하다.

보통은 침투유속의 한계치를 구하여 토립자의 이동 가능성을 검토하는 한계유속방법과 한계 동수경사를 구하여 파이핑의 발생가능성을 검토하는 한계동수경사방법으로 안전여부를 판정한다.

○ 한계유속에 의한 방법

제체 및 기초의 토립자 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속이 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생한다고 본다. 제체 및 기초지반에서의 침투유속은 다양한 수위조건 및 지층조건을 고려할 수 있는 해석적 방법으로 구하는 것이 유용하다. 한계치는 그 지층에서의 토립자 입경이나 투수계수를 이용하여 구할 수 있으며, 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용 가능하다.

실제의 제체 토립자에는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 실유속과 비교할 때에는 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 한다. 한계유속 방법에 의한 침투수의 안전성능은 실제 제체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 평가한다.

$$V = \sqrt{\frac{Wg}{Ar_w}}$$

여기서, V : 한계유속(㎝/s)

Wg : 토립자의 수중중량(g)

g : 중력가속도(㎝/s^2)

A : 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(㎠)\

r_w : 물의 단위체적중량(g/㎤)

[표 8.26] 한계유속 기준표

재료번호	입경(㎜)	한계유속(㎝/s)
1	4.0～4.8	20.0
2	2.8～3.4	17.0
3	1.0～1.2	10.0
4	0.7～0.85	8.5
5	0.4～0.7	7.0
6	0.25～0.5	4.2
7	0.11～0.25	3.5
8	0.075～0.11	2.5
9	0.044～0.075	2.0

○ 한계동수경사에 의한 방법

- 입자형상, 입도분포 등은 고려하지 않고 유효응력이 영이 되는 조건을 생각하여 검토함
- 다음의 식으로 계산되는 한계동수경사에 대하여 Terzaghi의 간편법 및 유선망법, Harza의 유선망법 등의 방법으로 구하는 유출동수구배의 비로서 평가함
- 유출동수경사는 각 해석조건별 유출동수경사 중 최대치 성분 즉, 최대출구동수경사(i_{emax})의 성분을 침투류 해석 결과로 부터 구함
- 한계동수경사(i_c)는 Terzaghi식에 의하여 계산함
- 분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 한계동수경사(ic)는 0.5～0.8로 봄
- 최대출구동수경사(i_{emax})와 한계동수경사(i_c)의 비를 계산하고, 파이핑에 대한 안전성능 평가함
- 침투수 수압은 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성능 판정 가능
- 제체 내 간극수압 분포는 사면활동의 안전성능 검토 시 입력 자료로 활용함

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1)$$

i_c : 한계동수경사
h : 저수지 전수두(m)
d : 분사지점의 수두(m)
G_s : 토립자의 비중
e : 흙의 간극비
n : 흙의 간극율

[표 8.27] 침투수의 안전성능(파이핑) 검도에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	한계치의 100% 미만인 경우
b	4	-
c	3	한계치의 100% 이상 110% 미만인 경우
d	2	한계치의 110% 이상 130% 미만인 경우
e	1	한계치의 130% 이상인 경우

(라) 특수제방 옹벽 및 말뚝에 대한 안전

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

[표 8.28] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 활동, 전도에 대한 안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	평 가 내 용
a	5	안전율(SF)이 1.3 초과의 경우
b	4	1.20 ≤ 안전율(SF) ≤ 1.3
c	3	1.17 ≤ 안전율(SF) 〈 1.20
d	2	0.97 ≤ 안전율(SF) 〈 1.17
e	1	안전율(SF) 〈 0.97

[표 8.29] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 내하력에 대한 안전성능 평가기준

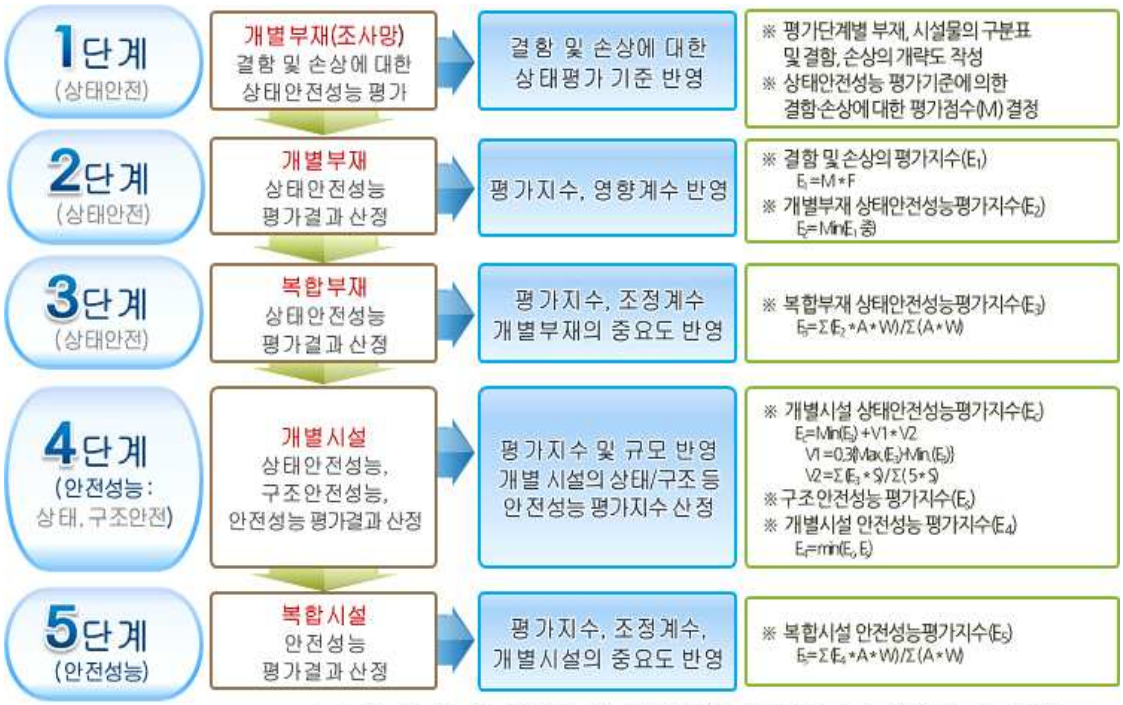
평가기준	평가점수	평 가 내 용 (안전율 SF = 설계강도 / 소요강도)
a	5	SF 〉 1.0
b	4	SF ≥ 1.0 이나, 단면 손상이 발생한 경우
c	3	0.9 ≤ SF 〈 1.0
d	2	0.75 ≤ SF 〈 0.9
e	1	SF 〈 0.75

8.4.3 안전성능 평가결과 산정 방법

가. 제방 시설물 평가 단계별 절차

제방 시설물에 대한 평가는 아래 그림과 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

[표 8.30] 제방 시설물의 평가 단계별 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태 안전성능	1단계	상태변화[1] (결함, 손상)	제체 조사망1,2,…	호안 조사망1,2,…	하상부 조사망1,2,…	1통관 1,2,…구간 2통관 1,2,…구간 …	접근로 조사망1,2,…
	2단계	개별부재					
	3단계	복합부재	제체1,2,…	호안1,2,…	하상부1,2,…	배수통관1,2,…	접근로1,2,…
안전성능 (상태안전/ 구조안전)	4단계	개별시설	제체	호안	하상부	배수통관	접근로
안전성능	5단계	복합시설	00 제방				

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 상태안전성능 평가결과 산정 방법

1) 1단계 상태안전성능 평가 : 부재(部材)별 손상상태 평가표 작성

시설물의 상태안전성능 평가 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) 상태안전성능 평가결과 및 평가점수를 부여한다.

손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다. 각 상태변화에 대한 상태안전성능 평가결과가 c, d, e 등급일 경우 보수・보강 우선순위에 따라 보수・보강 실시한다.

[표 8.31] 부재(부위)별 손상상태평가표(예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표 번호
제체1/제체	제체 / 제방	No. 1-1

개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.

조 사 결 과 표

번호	손상(결함) 종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	제체활동	경미함	폭(㎜) × 길이(㎝)	-	b
②	제체누수	누수흔적 있음	폭(㎜) × 길이(㎝)	-	c
조사일자 : 20 . .			조사자 :		

2) 2단계 상태안전성능 평가 : 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 상태안전성능 평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) 및 상태안전성능 평가결과를 결정한다.

[표 8.32] 상태안전성능 평가결과별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수				
평가기준	평가지수 ($E_1 \sim E_7$,Es,Ec)	평가기준에 따른 평가점수		a:5	b:4	c:3	d:2	e:1
a b c d e	$4.5 \le E_1 \le 5.0$ $3.5 \le E_1 < 4.5$ $2.5 \le E_1 < 3.5$ $1.5 \le E_1 < 2.5$ $1.0 \le E_1 < 1.5$	평가유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
			국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
			일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0

<해 설>

- 결함 및 손상의 상태안전성능 평가지수(E_1) = M × F(여기서, M : 평가점수, F : 영향계수)
- 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) = Min (다수의 E_1 값)
- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용함

[표 8.33] 개별부재 평가표(예)

개별부재	제체 조사망 1				표번호
1단계 표번호	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수	평가지수
			M	F	E_1=M × F
제체 활동	중요결함	표참조	4	1.0	4.0
제체 누수	중요결함	〃	3	1.0	3.0
1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) = 상태안전성능 평가지수 E_1 중 최솟값 =					3.0
2. 개별부재의 상태안전성능 평가결과 =					c

3) 3단계 상태안전성능 평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 이때 개별부재의 중요도는 합이 100이 되도록 규정함. 제방은 각 개별부재의 중요도를 규모에 따라 적용한다. 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(E_3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E_2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성능을 평가 절하한다. 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E_2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3)를 산출하고 상태안전성능 평가결과를 결정한다.

복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) = $\Sigma(E_2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$

여기서, E_2 : 개별부재의 상태안전성능 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 8.34] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 (E_1~E_7, Es, Ec)	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 8.35] 복합부재 평가표(예)

개별시설명	제체1					표번호
2단계 평가표	2-1, 2-2, 2-3, 2-4					No. 3-1
개별부재	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_2	A	W	A × W	$E_2 \times A \times W$
조사망1	a	4.5	1	25	25	112.5
조사망2	b	4.0	2	25	50	200
조사망3	a	4.5	1	25	25	112.5
조사망4	b	3.5	2	25	50	175
합계(Σ)				100	150	600
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) = $\Sigma(E_2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$ = 600 / 150 =						4.00
2. 복합부재의 상태안전성능 평가결과 =						b

4) 4단계 상태안전성능 평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

제체는 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(제체1, 제체2, …)의 집합으로 구성되어 있다.

개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태안전성능 평가지수(Ec)를 산출하고 상태안전성능 평가결과를 결정한다. 댐 시설물에서 규모(S)값은 조사망 면적(㎡)을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 책임기술자의 판단에 따라 길이, 부피 등을 사용할 수 있다.

또한 개별시설의 평가단계에서는 구조안전성능 평가결과를 반영하여 종합평가를 수행한다.

개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c) = Min + $V_1 \times V_2$

여기서, $V_1 = 0.3 \times (Max - Min)$

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

W : 중요도

Max : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값

[표 8.36] 개별시설 평가표(부분 예시)

개 별 시 설 :	제체			
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4			
복합부재명	평가결과	평가지수	규 모(m)	계산값
		E_3	S	$E_3 \times S$
제체1	b	4.00	20	80.0
제체2	c	3.40	20	68.0
제체3	b	3.60	20	72.0
제체4	b	3.60	15	54.0
합계(∑)			75.0	274.0
<조사자 의견>				
1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =				4.0
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				3.4
3. V_1 = 0.3 × (Max.−Min) = 0.3 × (4.0−3.4) =				0.18
4. $V_2 = \sum(E_3 \times W) / (5 \times \sum W) = 274.0 / (5 \times 75.0)$ =				0.73
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c) =Min. + $V_1 \times V_2$ =3.4 + 0.18 × 0.73 =				3.53
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =				b

다. 구조안전성능 결과산정 방법

1) 구조안전성능 결과산정

월류, 활동, 전도, 내하력 등 여러 안전성능 평가항목에 대한 평가결과를 종합하여 구조안전성능 평가지수를 다음 식에 의하여 산정하되, 하나의 평가항목을 다수의 단면에 대하여 검토 한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저평가점수를 그 평가항목의 평가점수로 하여 다음 식에 의하여 전체시설물에 대한 구조안전성능 평가지수 값을 결정하여야 한다.

제방의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

$$\text{구조안전성평가지수}(E_s) = L + 0.3(H-L)\frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5\times(N-2)}, \qquad (N > 2)$$

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 구조안전성능 평가항목 수

L : 검토항목의 구조안전성능 평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 구조안전성능 평가지수(평가점수) 중 최댓값

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

① 검토한 안전성능 평가항목에 대하여 평가기준에 의거 각각 안전성능 평가 점수를 결정함

② ①의 결과를 이용하여 각 안전성능 평가항목별로 안전성능 평가 점수를 산정함. 하나의 평가항목을 여러 단면에 대하여 검토한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저치를 그 평가항목의 평가결과로 함

③ ②에서 산정된 각 평가항목별 안전성능 평가 점수를 이용하여 위 식에 의하여 종합 안전성능 평가지수를 산정함

④ ③의 결과 산정된 종합 안전성능 평가지수를 다음 표의 안전성능 평가지수에 따른 안전성능 평가기준에 따라 안전성능 평가결과를 결정함

[표 8.37] 구조안전성능 평가지수(Es) 범위에 따른 구조안전성능 평가기준

구조안전성능 평가지수의 범위	안전성능 평가기준	안전성능 평가 점수
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	5
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	4
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	3
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	2
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	1

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

2) 구조안전성능 평가결과산정 예시

[표 8.38] 개별시설 구조안전성능 평가표(부분 예시)

<table>
<tr><td colspan="6">구 조 안 전 성 능 평 가</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>평가결과</td><td>평가점수</td><td>평가항목</td><td>평가결과</td><td>평가점수</td></tr>
<tr><td>1. 월류에 대한 안전성능 검토</td><td>a</td><td>5</td><td>5. 옹벽 내하력 검토</td><td>d</td><td>2</td></tr>
<tr><td>2. 활동에 대한 안전성능 검토
(사면안정 해석)</td><td>b</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3. 누수에 대한 안전성능 검토
(침투류 및 파이핑 해석)</td><td>c</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4. 옹벽의 전도에 대한 검토</td><td>c</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6"><검토자 의견></td></tr>
<tr><td colspan="6">1. 평가항목수(N)에 따라 E_s 수식 선택
1.1) N=1이면 E_s = Min
N=2이면 E_s = Min + 0.3 × (Max − Min)
1.2) N>2이면 E_s = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2))
(Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)</td></tr>
<tr><td colspan="5">2. 개별시설 구조안전성능 평가지수(E_s) =
3. 개별시설 구조안전성능 평가결과 =</td><td>2.60
c</td></tr>
</table>

라. 안전성능 평가 산정 기준

시설물의 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 결과를 종합적으로 비교・검토하여 아래와 같이 해당 시설물에 대한 안전성능 결과를 산정한다.

[표 8.39] 안전성능평가 종합결과 산정 기준

안전성능 평가지수(E)	안전성능 결과 기준	비 고
4.5 ≤ E ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ E< 4.5	B	
2.5 ≤ E< 3.5	C	
1.5 ≤ E< 2.5	D	
1.0 ≤ E< 1.5	E	

마. 안전성능 평가결과산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태안전성능 평가 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능 평가지수와 구조안전성능 평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 평가지수(E_4)로 결정・적용하여 개별시설의 평가결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 평가를 실시한다.

안전성능 평가결과를 결정하기 위해 시설물별 상태안전성능 평가 및 구조안전성능 평가결과로 산출된 상태안전성능 평가지수와 구조안전성능 평가지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 평가지수(E4)로 적용하여 평가지수에 따른 종합평가 기준에 따라 평가대상 시설물에 대한 평가결과를 부여한다.

안전성능 평가지수 (E_4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태안전성능 평가지수

Es : 개별시설의 구조안전성능 평가지수

개별시설 평가 이후 복합시설, 통합시설 순서로 안전성능 평가가 수행되며 최종 안전성능 평가는 복합시설의 평가결과로 안전성능에 대한 대표등급이 부여된다.

또한, 안전성능 평가결과의 판정 시에는 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가결과 및 안전성능에 영향을 미치는 주요 지표에 대한 조사·평가결과 판정에 대한 관련분야 전문가 소견을 종합하여 책임기술자가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

[표 8.40] 상태안전성능과 구조안전성능 평가결과 종합

개 별 시 설 :	제체			표번호
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4			4-1
상 태 평 가				
복합부재명	평가결과	평가지수	규모(m)	계산값
		E_3	S	E_3×S
제체1	b	4.00	20	80.0
제체2	c	3.40	20	68.0
제체3	b	3.60	20	72.0
제체4	b	3.60	15	54.0
합계(Σ)			75.0	274.0

<조사자 의견>

1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =	4.0
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =	3.4
3. V_1 = 0.3 × (Max.−Min) = 0.3 × (4.0−3.4) =	0.18
4. V_2 = Σ(E_3 × W) / (5 × ΣW) = 274.0 / (5 × 75.0) =	0.73
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c) =Min. + V_1 × V_2 =3.4 + 0.18 × 0.73 =	3.53
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =	b

평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 월류에 대한 안전성능 검토	a	5	5. 옹벽 내하력 검토	d	2
2. 활동에 대한 안전성능 검토 (사면안정 해석)	b	4			
3. 누수에 대한 안전성능 검토 (침투류 및 파이핑 해석)	c	3			
4. 옹벽의 전도에 대한 검토	c	3			

1. 평가항목수(N)에 따라 E_s 수식 선택

1.1) N=1이면 E_s = Min, N=2이면 E_s = Min + 0.3 × (Max − Min)

1.2) N>2이면 E_s = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2))

(Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)

2. 개별시설 구조안전성능 평가지수(E_s) =	2.60
3. 개별시설 구조안전성능 평가결과 =	c

종 합 평 가

1. 개별시설 안전성능 평가지수(E_4) = Min(E_c, E_s)	2.60
2. 개별시설 안전성능 평가결과 =	c

5) 5단계 안전성능평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

제방 시설은 각각 기능이 다른 다수의 복합시설(제체, 호안 등)이 모여 있으며, 각각의 복합시설들은 주요시설과 보조시설로 구분할 수 있다. 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다.

개별시설의 안전성능평가지수(E_4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 안전성능평가지수(E_5)를 산출하고 복합시설의 안전성능 평가결과를 결정한다. 이때 개별시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정하고, 개별시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있는 경우에는 규정된 값의 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

- 복합시설의 안전성능 평가지수(E_5) = $\sum(E_4 \times A \times W) / \sum(A \times W)$
  여기서, E_4 : 개별시설의 평가지수
  A : 조정계수
  W : 중요도

[표 8.41] 시설물별 중요도

구 분	제체	호안	하상부	배수통관	접근로	비 고
중요도	47	22	10	16	5	

[표 8.42] 복합시설 평가표(예)

복 합 시 설 :	제방					
4단계 표번호 :	4-1, 4-2, 4-3, 4-4					
복합부재명	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_4	A	W	A×W	E_4×A×W
제체	C	2.60	3	47	141.0	366.60
호안	C	3.40	3	22	66.0	224.40
하상부	B	3.60	2	10	20.0	72.00
배수통관	B	3.60	2	16	32.0	115.20
접근로	C	2.66	3	5	15.0	39.90
합계(∑)				100.0	274.0	818.10
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 안전성능 평가지수(E_5) = $\sum(E_4 \times A \times W)/\sum(A \times W)$ = 818.10 / 274.0 2. 복합시설의 안전성능 평가결과 =						2.99 C

8.5 내구성능 평가기준 및 방법

8.5.1 일반

제방 시설물의 경우 강재 내구성능 평가는 실시하지 않으며, 콘크리트 내구성능 평가만을 실시함. 내구성능 평가에서는 최저등급제를 적용하여 단위 부재별 내구성능 평가를 실시한 후, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 시설물 내구성능에 대한 최종등급을 결정한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

8.5.2 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

가. 일반

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 제설제에 의한 염해환경, 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

[표 8.43] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

열화진전항목	열화환경항목
탄산화 깊이 염화물 침투량(필요시) 피복(표면부) 콘크리트의 품질	염해환경 동해환경

나. 평가대상 부재

제방의 경우 표준제방과 특수제방으로 구분될 수 있으며 콘크리트 내구성능의 평가는 주로 특수제방을 대상으로 실시한다. 제방의 콘크리트 내구성능 평가를 위한 세부부재는 '뒷비탈(제내측사면)', '둑마루', '앞비탈(제외측사면)'로 나눌수 있다.

이 때, 주로 토사로 구성되어 있는 표준제방의 경우라도 일부 호안 또는 하상부에 콘크리트 구조물로 구성된 경우 콘크리트 내구성능 평가를 실시할 수 있으며 평가세부범위는 시설물의 특성에 따라 관리주체와 협의하여 과업범위를 설정하도록 한다.

[표 8.44] 제방의 평가대상 부재

시설명	세부 부재
제방	뒷비탈(제내측사면)
	둑마루
	앞비탈(제외측사면)

다. 평가지표별 기준 및 점검방법

1) 염화물 침투량

[표 8.45] 염화물 침투량 평가등급

평가 기준	평가내용		비고
	철근부 전염화물 침투량 C_r가 2.5(kg/m^3)가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 C_r(kg/m^3)	
a	30년 초과	0.3 이하	
b	20년 초과 ~ 30년 이하	0.3 < C_d ≦ 0.6	
c	10년 초과 ~ 20년 이하	0.6 < C_d ≦ 1.2	
d	5년 초과 ~ 10년 이하	1.2 < C_r < 2.5	
e	5년 이하	2.5 이상	

<해 설>

○ 염화물 확산계수를 산정하고 표면부 염분량을 고려하여 대상 구조물의 염해 수명을 평가하는 것은 반드시 필요한 사항이라고 판단되지만, 평가결과 값이 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 있기 때문에 "철근부의 전염화물 침투량"과 "철근부의 전염화물이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점"을 각각 평가하여 열악한 등급을 염화물량 평가등급으로 설정한다.

○ "철근부의 전염화물이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점"의 경우, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 전염화물량이 2.5 kg/m^3가 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

○ 전염화물량이 2.5 kg/m^3을 넘어서는 시점이 5년 이하로 남은 경우 e등급을 설정한 것은 차기 점검시점을 약 5년을 가정하고 이 시점 이전에 전염화물량이 2.5 kg/m^3를 넘어설 가능성이 있기 때문이다.

○ 한편, b, c, d등급의 경우 전염화물량이 2.5 kg/m^3이 되는 시점이 30년 이하인 경우 염해가 진전되고 있다고 판정한 것이며, 철근부의 전염화물량이 2.5 kg/m^3에 도달하는 연수가 짧을 수록 낮은 등급을 부여한다.

○ 책임기술자는 염해가 어떻게 진전될 것인지에 대한 예측을 위하여 철근부의 전염화물량이 2.5 kg/m^3에 도달하는 연수를 산정할 때 철근의 부식이 개시될 가능성이 있는 1.2kg/m^3에 도달하는 연수도 산정하고 점검 보고서에 별도로 기재하여 유지관리 책임자들이 참고한다.

○ 책임 기술자의 판단하에 보수/보강, 환경 등의 영향으로 염소이온의 유효확산계수(cm^2/년)를 파악하기 어려운 경우 철근부 전염화물 침투량(kg/m^3)으로만 평가한다.

○ 염소이온의 유효확산계수(cm^2/년) 산정이 불가능한 경우는 아래와 같다.

- 표면부가 아니라 콘크리트 내부에서 염화물 침투량의 최대값이 나타나게 되는 경우
- 피복(표면부) 콘크리트에 대한 보수/보강이 진행된 경우

○ 단, 철근부 전염화물 침투량으로만 평가를 진행한 경우에도 깊이별 염화물량 측정 결과를 보고서에 별도로 기재하여, 등급 산정의 근거로 활용한다.

2) 탄산화 깊이

[표 8.46] 탄산화 깊이에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	30년 초과	점검결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 T 계산 $\text{탄산화속도계수 } A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}}\right]^2 - t$ (T : 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간, D: 탄산화 깊이, t: 공용연수)
b	20년 < T ≦ 30년	
c	10년 < T ≦ 20년	
d	5년 < T ≦ 10년	
e	5년 이하	

<해 설>

- ○ 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간 T를 구하는 시간적 개념을 포함한다.
- ○ 피복두께 실측치가 있는 경우 설계피복두께가 아닌 실측치를 활용하여 평가를 진행한다.
- ○ e등급을 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T가 5년 이하로 남은 경우로 설정한 것은 차기 조사시점을 약 5년 후로 가정할 때 이 시점 이전에 잔여피복이 모두 탄산화될 가능성을 고려한 것이다.
- ○ 또한, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

3) 피복(표면부) 콘크리트 품질

(가) 설계강도값과 비교할 경우

[표 8.47] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	100% ≤ q_{c1} [1)]	피복콘크리트의 내구성능이 양호한 상태
b	90% ≤ q_{c1} < 100%	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	q_{c1} < 90%	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	−	−
e	−	−

주1) q_{c1} = (측정강도 ÷ 설계기준강도) × 100%

<해 설>

- 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 슈미트해머를 이용해 반발경도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가한다.
- “a”등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, “b”등급은 설계값의 10% 정도로 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하될 가능성이 있다.
- “c”등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 이상 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태이다.

(나) 건전부/비건전부를 비교할 경우

[표 8.48] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	95% ≤ q_{c2} [1)]	건전부 대비 큰 차이를 보이지 않음
b	85% ≤ q_{c2} < 95%	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	q_{c2} < 85%	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	–	–
e	–	–

주1) q_{c2} = (비건전부 반발경도 값 ÷ 건전부 반발경도 값) × 100%

<해 설>

- 건전부와 비건전부를 상대적으로 비교하는 방법으로서 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도 값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용한다.
- 동일한 건전부끼리 상호비교하더라도 두 지점간에 일부 편차를 있을 수 있다는 가정하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 “a”등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 “c” 등급으로 설정한다.
- 여기서 건전부는 특이한 표면 손상과 누수가 없고 표면부 열화가 진행되지 않은 부위이며, 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행된 부위로 해당 구간 중 상대 비교하여 가장 취약한 부분을 비건전부로 구분한다.
  (단, 건전부를 특정하기 어려운 경우 면처리를 통해 열화된 표면부를 제거한 후 실시한다.)

4) 염해환경

[표 8.49] 염해환경의 평가기준(제설제)

항목	등급	강설일수(일)
제설제 염해환경	a	강설일수 < 7
	b	7 ≦ 강설일수 < 14
	c	14 ≦ 강설일수
	d	-
	e	-

<해 설>

- ○ 염해환경은 겨울철 강설에 따른 둑마루 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 설정함
- ○ 강설일수는 동절기 제설제 환경 하에 위치한 콘크리트 시설물의 내구성 저하를 고려하기 위한 평가항목으로, 강설시 무조건 제설제를 살포하는 것으로 가정하되, 당일 추가살포는 고려하지 않으며, 강설일수가 14일 이상이면 C 등급을 부여함
- ○ 강설일수는 최심신적설(하루동안 온 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 적용함

5) 동해환경

[표 8.50] 동해환경의 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	X < 3	※ 기상청 데이터를 기반으로 동결융해 반복일수를 계산하여 평가에 사용
b	3 ≤ X < 50	
c	50 ≤ X	
d	-	
e	-	

<해 설>

- ○ X는 동결융해 반복지수로서 수분과의 접촉 여부로 구분하여 산정한다.
- ○ 상기 수분 접촉 여부에 따른 구분에 있어 수분과의 직접적인 접촉이 없는 경우는 동결융해 싸이클이 있더라도 동해를 입지 않기 때문에 강수로 인하여 상대습도가 매우 높은 상태에서만 동해를 받는다고 가정한다.
- ○ 수분과의 접촉 여부는 책임기술자가 판단하여, 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우 '열악한 조건'을 기준으로 판단한다.

라. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다. 부재별 내구성능 평가결과는 부재별 가중치를 고려하여 등급을 도출한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다. 해수에 접하는 제방은 하구둑 기준에 준하여 평가한다.

2) 결과산정절차 일반

(가) 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 제설제 염해환경, 동해환경의 2개 열화환경평가 지표로 이루어진다. 열화환경평가는 2가지 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다. 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

[표 8.51] 열화환경 평가등급

평가기준	열화 환경 상태
a	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태
b	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길수 있는 상태
c	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태
d	-
e	-

○ 염해환경

- 염해환경은 겨울철 강설로 인한 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경을 평가함

○ 동해환경

- 대상 수문이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해환경을 파악하여 동결융해 반복지수를 도출하고, 동결융해 환경등급을 평가
- 동일한 동결융해 싸이클에 노출되어 있더라도 동결융해에 대한 위험도는 부재별 수분공급 환경에 따라 다르며, 열화환경 등급으로 반영되는 동결융해 환경은 수분에 노출되는 부재의 동결융해 싸이클 수가 되며, 수분에 노출되지 않는 부재의 동결융해 싸이클 수(강수가 있을 때만 해당됨)는 비록 수분에 직접 노출되지 않더라도 동결융해에 대하여 취약할 수 있음에 대한 참고자료로서 활용함

(나) 열화진전 평가(부재수준의 평가)

이 단계에서는 각 세부부재별로 내구성능에 관한 열화진전평가를 실시한다. 제방 시설물의 세부 부재는 둑마루, 앞비탈(제외측사면), 뒷비탈(재내측사면)로 구성된다. 내구성능 평가에 있어 열화진전평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

각 내구성능 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최저등급제를 적용한다.

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복 콘크리트의 품질 중 가장 낮은 평가등급을 대상 부재의 내구성능 등급으로 산정함
- 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가 등급 점수를 산술평균함

산출된 각 세부부재(예, 뒷비탈, 둑마루, 앞비탈)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 제방 시설물의 콘크리트 내구성능 등급으로 도출한다. 각 세부 시설물별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같다.

[표 8.52] 둑마루

지표명	
열화진전평가	염화물 침투량
	탄산화 깊이
	피복(표면부) 콘크리트 품질

<해 설>

○ 둑마루에 제설제가 살포되는 환경인 경우 제내지와 제외지의 철근콘크리트 부재에 염화물 침투량을 평가할 필요가 있음

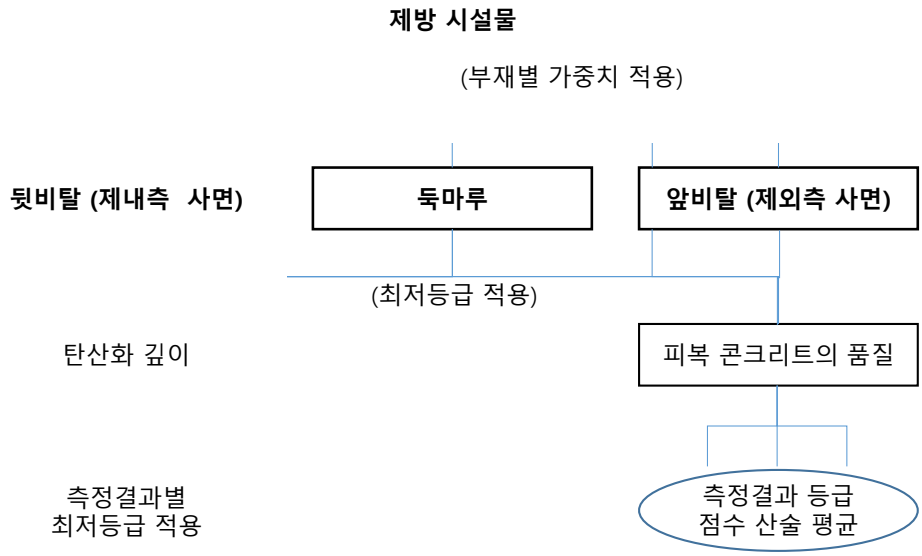
○ 제방이 비래염분 염해환경에 있지 않고, 둑마루에 제설제를 살포하지 않는 경우는 염화물 침투량 시험을 실시하지 않음

[표 8.53] 앞비탈(제외측사면), 뒷비탈(제내측사면)

지표명	
열화진전평가	탄산화 깊이
	피복(표면부) 콘크리트 품질

<해 설>

○ 제방이 해안인근에 위치할 경우 하굿둑 매뉴얼을 참고하여 비래염분에 의한 염해환경을 평가하고 평가결과가 B등급 이하인 경우 제내지, 제외지의 철근콘크리트 부재 또한 염화물 침투량 평가가 필요함



[그림 8.2] 제방의 내구성능 평가 예시

○ 등급별 평가점수 및 지수범위

- 부재별 등급에 따른 평가점수 및 최종 등급 산정을 위한 평가지수 범위는 다음과 같음

[표 8.54] 등급별 평가점수

평가기준	a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
평가점수	5	4	3	2	1

[표 8.55] 등급별 평가지수 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$4.5 \leq X \leq 5$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1 \leq X < 1.5$

(다) 세부부재등급 산정 안에 따라 시설물 전체 등급 산정

○ 각 부재별 가중치를 활용하여 제방의 내구성능 등급을 산정함

[표 8.56] 제방의 시설물 형식에 따른 가중치

형식	부재명	부재별 가중치(%)
제방	뒷비탈(제내측사면)	20
	둑마루	30
	앞비탈(제외측사면)	50

○ 제방 시설물의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타냄

[표 8.57] 열화진전 평가

시설명	평가등급	부재명	평가등급
제방	A~E	뒷비탈(제내측사면)	A~E
		둑마루	A~E
		앞비탈(제외측사면)	A~E

[표 8.58] 열화환경 평가

열화환경지표	평가등급	제방의 주요 대상 부재
제설제 염해환경	A or B or C	제설제가 살포될 경우 제방의 도로부분 및 뒷비탈(제내측사면) 및 앞비탈(제외측사면)의 철근콘크리트 부재
비래염분 염해환경	A	해당사항 없음
동해환경	A or B or C	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

<해 설>

○ 비래염분 염해환경은 제방의 열화환경이 아닌 것으로 판정하여 A등급으로 미리 설정하였으나, 현장 점검책임자가 비래염분에 의한 염해환경이 조성되는 것으로 판단되는 경우 하구둑 시설물의 비래염분 염해환경 평가를 참조하여 반영하여야 함

○ 열화환경평가는 독립적인 평가를 실시하여 시설물 내구성능 등급 산정에는 반영하지 않으며, 기타 유지관리에 필요한 자료로서 활용됨

마. 콘크리트 내구성능 결과 산정 예시

1) 대상 제방 제원

[표 8.59] 대상 제방 예시

콘크리트 부재	일반 RC
피복 두께	50mm
공용연수	20년
지역	고창
연장	100m
높이	10m

2) 열화환경 평가

- 고창지역의 평균 강설일수는 12.5일로서 제설제 염해환경은 B등급이 됨
- 또한, 해당 지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 11.8회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 50.6회로서 동결융해 환경은 B등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 11.8회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인함

3) 열화진전 평가

(가) 염화물 침투량

○ 염화물 침투량 시험은 3개소에서 평가하며, 콘크리트 코어는 철근을 피하여 철근 깊이까지 채취 후 10~20㎜ 간격으로 절단한다.

○ 염화물 침투량 평가등급은 철근부를 기준으로 평가한다.

○ 부재별 평가등급은 측정 위치별 등급 중 최소등급을 적용한다.

○ 대상 콘크리트 부재의 피복두께는 50mm로, 코어 시편을 채취하여 15mm 간격으로 절단하여 각 코어별로 4개의 깊이별 측정결과 확보한다.

[표 8.60] 염화물 침투량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재	깊이별 염화물 침투량 (kg/m^3)				평가결과
		표면부	중간부		철근부	
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm	
염화물 침투량	앞비탈	1.5	1.05	0.4	0.1	a
	뒷비탈	1.5	0.98	0.4	0.1	a
	둑마루	4.5	3.5	1.8	0.8	c

[표 8.61] 염화물 확산계수 산출

계산 항목	세부 부재	깊이별 염화물 확산계수 ($cm^2/year$)			
		표면부	중간부		철근부
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm
염화물 확산계수	앞비탈	-	-	0.103	-
	뒷비탈	-	-	0.103	-
	둑마루	-	-	-	0.194

<해 설>

○ 확산계수는 깊이별로 산출할 수도 있음

[표 8.62] 철근부의 전염화물 침투량이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 C_r가 2.5(kg/m^3)가 되는 시점	앞비탈	30년 초과	a
	뒷비탈	30년 초과	a
	둑마루	30년 초과	a

[표 8.63] 염화물량 최종 평가등급

시설물	염화물 침투량 평가	철근부의 전염화물 침투량이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점 평가
제방	c	a
	평가결과 : c	

(나) 탄산화 깊이

각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저 등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

[표 8.64] 탄산화 깊이 평가

열화 진전 평가 항목	측정 위치	탄산화 깊이 (mm)		탄산화 속도계수		잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)		개별 평가결과		평가 결과
		No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	
탄산화 깊이	둑마루 No.1	10	9	2.2	2.0	30년 초과	30년 초과	a	a	a
	둑마루 No.2	8	9	1.8	2.0	30년 초과	30년 초과	a	a	a
	둑마루 No.3	9	9	2.0	2.0	30년 초과	30년 초과	a	a	a
	둑마루 No.4	28	32	6.3	7.2	30년 초과	19	a	b	b

(다) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 둑마루에서 25m 간격으로 2회씩 실시함

[표 8.65] 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	측정 위치	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	개별 평가결과		평가 결과
피복(표면부) 콘크리트의 품질	둑마루 No.1	105	95	a	a	a (평균값)
	둑마루 No.2	101	98	a	a	
	둑마루 No.3	120	93	a	b	
	둑마루 No.4	98	92	b	b	

(라) 콘크리트 내구성능 평가결과

[표 8.66] 제방의 콘크리트 내구성능 평가

세부부재 (가중치, %)	항목별 평가결과				
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복(표면부) 콘크리트의 품질	부재별 평가결과	제방
뒷비탈 (20) (제내측사면)	a	–	–	a	b
둑마루 (30)	c	b	a	c	
앞비탈 (50) (제외측사면)	a	–	–	a	
	최저등급제			가중치 고려	

[표 8.67] 열화환경지표의 평가

열화환경지표	평가결과
제설제 염해환경	B
동해환경	B

8.6 사용성능 평가기준 및 방법

8.6.1 일반

사용성능이란 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적을 만족하기 위한 성능으로 정의한다. 시설물의 사용성능 평가는 사용성능과 기능성으로 구분되며, 사용성능은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도를 평가하고, 기능성은 시설물이 계획당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

8.6.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

제방의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성능과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다. 제방에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 운영자의 안정감 측면에서 운영성, 사용자의 주관적 위험도 측면에서 방재성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

나. 세부지표의 평가범위

제방의 사용성능을 운영성, 방재성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표를 도출하고 배수통관 문짝과 배수암거 배수는 a, b, c로, 제방 비탈면의 경사도는 a, c, e로, 점검시설과 홍수방어는 a~e로 차등 적용한다.

[표 8.68] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	운영성	배수통관 문짝	a, b, c
		배수암거 배수	a, b, c
	방재성	제방 비탈면 경사도	a, c, e
기능성	유지관리성	점검시설	a, c, e
	수요 및 용량	홍수 방어	a, b, c, d, e

제방의 사용성능 평가는 점검시설와 같이 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 운영성

(가) 배수통관 문짝

[표 8.69] 배수통관 문짝의 성능평가기준

평가기준	상 태
a	하천외수 차단기능 및 문짝자체 이상이 없는 상태
b	문짝 자체 경미한 손상이 있으나 하천 외수 차단기능에는 문제가 없는 상태
c	하천외수 차단기능에 이상이 있는 상태
d	-
e	-

(나) 배수암거 배수

[표 8.70] 배수암거 배수의 성능평가기준

평가기준	상 태
a	암거내부 퇴적이 거의 없는 상태
b	암거내부 퇴적심이 암거높이의 30% 미만인 상태
c	암거 내부퇴적심이 암거 높이의 30% 이상이거나 기타 이물질 등으로 배수기능에 지장이 있는 상태
d	-
e	-

2) 방재성

(가) 제방 비탈면 경사도

[표 8.71] 제방 비탈면 경사도의 성능평가기준

평가기준	상 태
a	1:3 보다 완만한 비탈경사
b	1:3~1:2의 비탈경사
c	1:2 보다 급한 비탈경사
d	-
e	-

<해 설>

- 본 성능평가기준은 하천설계기준을 참조 하여 적용함. 제방고와 제내지반고의 차이가 0.6m 미만인 구간을 제외하고는 제방 비탈면은 1:3또는 이보다 완만하게 설치함
- 1:2는 종래의 제방에 적용되는 경사도로서 새로운 설계 기준을 반영하고 있느냐를 판단하여 기능성을 평가함
- 제방 비탈경사를 측정하는 경우 앞비탈기슭에서 앞비탈머리방향으로 비탈면의 경사를 측정함

3) 유지관리성

(가) 점검시설

[표 8.72] 점검시설 성능평가기준

평가기준	상 태
a	시설물의 관리에 필요한 도로 및 접근로가 기준에 맞게 설치되어 있으며, 도로 및 접근로가 건전한 상태
b	시설물의 관리에 필요한 도로 및 접근로가 기준에 맞게 설치되어 있으며, 도로 및 접근로가 양호한 상태
c	시설물의 관리에 필요한 도로 및 접근로가 기준에 맞게 설치되어 있으나, 결함이 있어 수리가 필요한 상태
d	시설물의 관리에 필요한 도로 및 접근로가 기준에 맞게 설치되어 있으나, 사용 시 심각한 안전상의 문제가 있어 교체가 필요한 상태
e	시설물의 조사에 필요한 도로 및 접근로의 노후화로 새로 설치를 요하는 상태

<해 설>

○ 이 항목은 점검시설에 있어 공통적으로 적용되는 기준으로 시설물 조사에 필요한 접근로 및 점검로의 유무로 판단하여 적용함.
(하천설계기준 점검로 설치기준을 참고하여 평가함)

4) 수요 및 용량

(가) 홍수방어

[표 8.73] 홍수방어의 성능평가기준

평가기준	등급기준
a	현제 제방의 여유고 및 둑마루폭이 계획홍수량대비 기준을 다 만족하고 있을때
b	여유고나 둑마루폭 둘 중의 하나가 계획홍수량대비 기준을 만족하지 못하나 계획홍수위가 제내지반고 보다 낮은 경우
c	여유고나 둑마루폭 둘 다 계획홍수량대비 기준을 만족하지 못하나 계획홍수위가 제내지반고 보다 낮은 경우
d	여유고나 둑마루폭 둘 다 계획홍수량대비 기준을 만족하지 못하며 계획홍수위가 제내지반고 보다 높은 경우
e	여유고와 둑마루폭 둘다 계획홍수량대비 기준을 만족하지 못할 때 20% 이상의 여유고나 둑마루폭 손실

<해 설>

○ 본 성능평가기준은 제방의 주된 기능인 홍수방어에 초점을 두어 등급을 설정함

○ 제방의 홍수방어능력은 제방의 단면에 따르며 제방단면을 결정하는 인자는 제방고, 둑마루 폭, 비탈경사 등이 있음. 이중 비탈의 경사는 사용성에서 지표로 선정되었고 제방고와 둑마루 폭을 활용하여 평가함

○ 제방고는 기본적으로 계획 홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 설계함

○ 여유고는 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위하여 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이를 의미한다. 이때 계획홍수량에 따른 여유고는 아래 표와 같음

○ 계획홍수위가 제내지반고 보다 낮아 치수상의 문제가 없는 경우 평가기준 “c”이상

[표 8.74] 하천설계기준 및 해설 (2009)

계획홍수량 (m^3/sec)	여유고 (m)
200미만	0.6
200이상~500미만	0.8이상
500이상~2000 미만	1.0이상
2000이상~5000미만	1.2이상
5000이상~10000미만	1.5이상
10000이상	2.0이상

<해 설>

○ 둑마루 폭은 침투수에 대한 안전의 확보 및 홍수시의 방재활동을 목적으로 하며 계획홍수량에 따른 둑마루 폭은 아래 표와 같음

○ 계획홍수위가 제내지반고보다 낮아 치수상 지장이 없는 구간은 예외로 할 수 있으며, 부득이하게 적정규모의 둑마루폭 확보가 곤란한 경우에는 제방의 안전을 위해 누수방지공법 등을 적용하고, 이와 같은 공법이 적용된 제체의 둑마루폭은 최소 둑마루폭 기준 4m와 침투 및 비탈면 안정성 검토결과에 의한 최소 둑마루폭를 근거로 확보되었는지 평가함

[표 8.75] 하천설계기준 및 해설 (2009)

계획홍수량 (m^3/sec)	둑마루폭 (m)
200미만	4.0이상
200이상~5000미만	5.0이상
5000이상~10000 미만	6.0이상
10000이상	7.0이상

<해 설>

○ 현재의 여유고와 둑마루 폭이 기준을 동시에 만족하고 있으면 a등급, 한쪽만 만족하고 있으면 제방의 소실정도에 따라 b혹은 c등급, 둘다 만족하지 못하면 제방의 소실정도에 따라 d혹은 e등급으로 평가함

라. 사용성능 평가결과 산정 방법

각 세부지표의 사용성능 평가 등급 산정은 단일 기준이 적용되는 경우와 복수의 기준이 적용되는 경우가 있다. 단일기준이 적용되는 경우는 해당 평가 등급을 활용하고 복수의 기준이 적용되는 경우는 복수의 평가결과 중 낮은 등급을 적용하여 해당 지표의 평가 등급을 결정한다.

해당 시설물의 최종 사용성능 평가는 각 세부평가 지표별 평가 등급에 평가 가중치를 반영하여 등급을 산정한다.

또한 사용성능 평가 시 세부지표별 가중치를 적용하되, 평가에서 제외된 지표가 있는 경우 가중치의 합이 1이 되도록 가중치를 조정할 수 있다.

1) 세부지표별 가중치

[표 8.76] 제방 분야의 사용성능 평가 평가지표에 대한 가중치 산정

	배수통관 문짝	배수암거 배수	제방 비탈면 경사도	점검시설	홍수방어
가중치	0.140	0.170	0.176	0.170	0.344

[표 8.77] 사용성능 평가 평가지표에 대한 가중치 조정방법(예)

	배수통관 문짝	배수암거 배수	제방 비탈면 경사도	점검시설	홍수방어
가중치	0.170	0.206	-	0.207	0.417

<해 설>

○ 가중치 조정 예 : 제방 비탈면 경사도에 대한 평가가 제외되는 경우, 제방 비탈면 경사도에 해당하는 가중치 0.176을 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분함

[표 8.78] 등급별 평가지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
$4.5 \leq X \leq 5$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1 \leq X < 1.5$

2) 결과 산정 일반

(가) 평가항목별(지표별) 평가

○ 배수통관 문짝

- 육안점검을 통해 문짝의 하천외수 차단기능을 평가함

○ 배수암거 배수

- 육안점검과 암거내부의 퇴적심을 측정하여 평가함

○ 제방비탈면 경사도

- 하천설계기준을 참조하여 적용함
- 비탈면의 경사도를 측정하여 평가함

○ 점검시설

- 시설물 조사에 필요한 접근로의 유무 및 상태를 조사하여 평가함
- a, b등급의 구분은 신설인 경우만 a등급으로 규정함

○ 홍수방어

- 하천설계기준의 여유고와 둑마루폭에 대한 기준을 참조하여 적용함
- 제방의 홍수방어능력은 제방의 단면에 따르며 이를 결정하는 인자인 제방고, 둑마루폭을 평가함

(나) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 서비스 등급 산정

a등급은 5점, b등급은 4점, c등급은 3점, d등급은 2점, e등급은 1점으로 적용한다.

$$\text{사용성능평가} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w^i c^i}{\sum_{i=1}^{n} w^i}$$

여기서, w= 세부지표의 가중치, n = 세부지표의 개수, c= 각 세부지표별 평가결과

마. 사용성능 평가결과 산정 예시

1) 평가항목별(지표별) 평가

○ 배수통관 문짝

- 육안점검을 통해 문짝의 하천외수 차단기능을 평가함
- 각 문짝의 등급을 우선 평가하고 산정된 등급들의 평균을 산정하여 해당 시설물의 등급을 산정함

[표 8.79] 배수통관 문짝 평가 산정 예

구분	육안점검	하천외수 차단	평가결과	등급점수	통관 문짝 평가결과
#1	양호	양호	b	4	b(4.33)
#2	경미한 손상	양호	b	4	
#3	양호	양호	a	5	

<해 설>

○ #1과 #3의 차이는 #3의 경우는 신설

○ 배수암거 배수

- 육안점검과 암거내부의 퇴적심을 측정하여 평가함
- 각 암거의 등급을 우선 평가하고 산정된 등급들의 평균을 산정하여 해당 시설물의 등급을 산정함

[표 8.80] 배수암거 배수 평가 산정 예

구분	암거높이(m)	퇴적심(m)	평가결과	등급점수	배수암거 평가결과
#1	1.5	0.3	b	4	b(3.67)
#2	1.5	0.2	b	4	
#3	1.5	0.5	c	3	

○ 제방비탈면 경사도

- 비탈면의 경사도를 측정하여 평가함
- 해당 시설물의 비탈면 경사는 1 : 2 보다 완만하여 b등급으로 평가함

○ 점검시설

- 시설물 조사에 필요한 접근로의 유무 및 상태를 조사하여 평가함

[표 8.81] 점검시설 평가 산정 예

설치유무	상태	평가결과
사다리 설치	양호	b

○ 홍수방어

- 제방의 홍수방어능력은 제방의 단면에 따르며 이를 결정하는 인자인 제방고, 둑마루 폭을 평가함
- 여유고와 둑마루폭 둘다 기준을 20%이내에서 충족하지 못하고 있어 d등급으로 평가함

[표 8.82] 홍수방어 평가 산정 예

구분	계획홍수량	높이/폭	만족여부	손실률	평가결과
여유고	100	0.5	불만족	17%	d
둑마루폭		3.6	불만족	10%	

2) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 평가 등급 산정

[표 8.83] OO제방 최종 사용성능 평가

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	평가점수
사용성능	운영성	배수통관 문짝	0.14	b	4
		배수암거 배수	0.17	b	4
	방재성	비탈면 경사도	0.176	b	4
기능성	유지관리성	점검시설	0.170	b	4
	수요 및 용량	홍수방어	0.344	d	2

- 위의 식대로 사용성능 평가 등급을 산정해보면
  - 4 × 0.140(배수통관 문짝) + 4 × 0.170(배수암거배수) + 4 × 0.176(비탈면경사) + 4 × 0.170(점검시설) + 2 × 0.344(홍수방어) = 3.312
- 이를 최종 등급 산정표에 적용시켜 보면 본 제방의 최종등급은 C등급으로 평가함

8.7 종합평가기준 및 방법

8.7.1 종합평가 일반

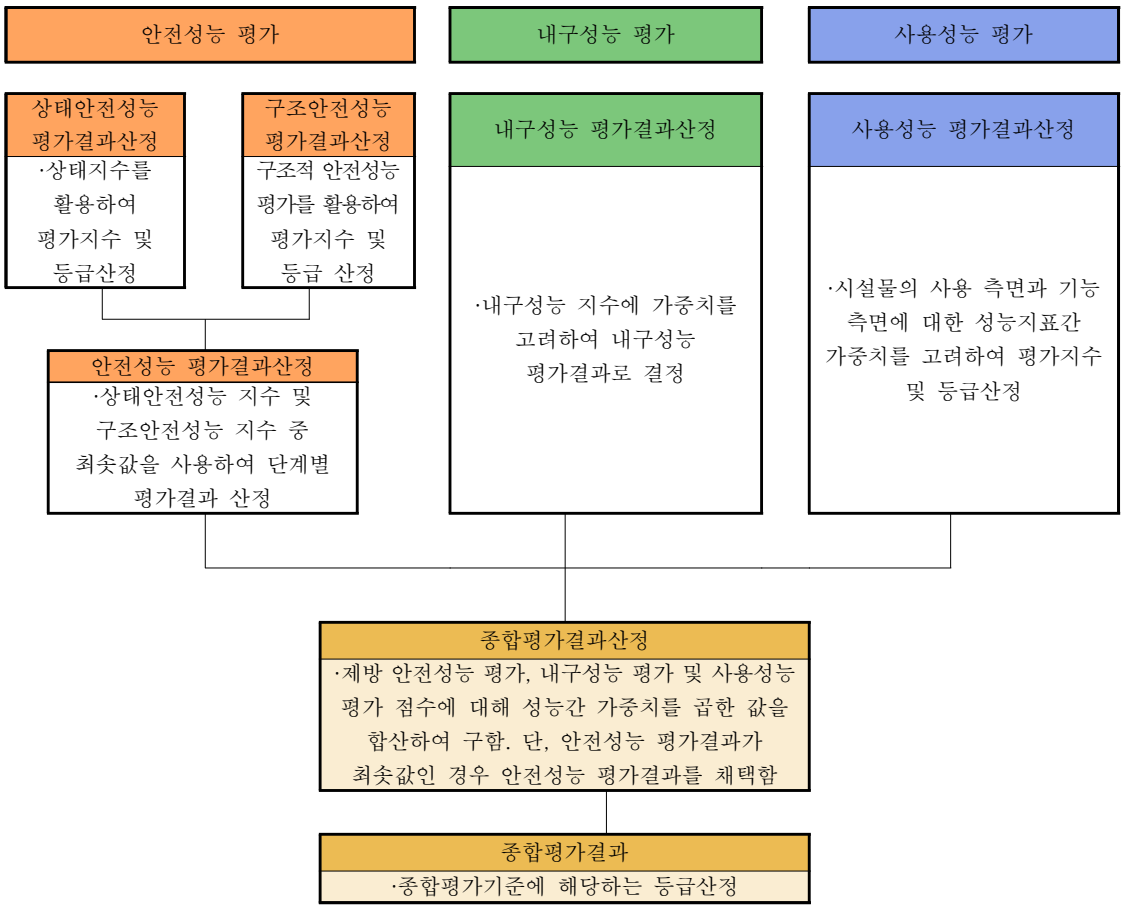
종합평가는 아래 표 및 그림과 같이 안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가결과에 대한 성능 간 가중치를 고려하여 결정한다.

[표 8.84] 성능별 가중치

성능별 가중치(%)			합계
안전성능	내구성능	사용성능	
66	20	14	100

<해설>

○ 책임기술자는 외부요인에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단 될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있음



[그림 8.3] 제방의 종합평가결과산정절차

8.7.2 종합평가기준

가. 종합평가결과 산정

종합평가 산정 시, 각 성능(안전성능, 내구성능, 사용성능)간 평가점수를 가중평균하여 도출한다.

종합평가의 산정방법은 안전성능평가, 내구성능평가 및 사용성능평가결과에 대해 각 성능항목별로 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다.

단, 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 비교하여 안전성능 등급이 가장 낮을 경우 구조물의 위험성을 고려하여 안전성능 등급이 종합성능등급으로 평가된다.

$$\text{종합평가지수(E)} = \sum(\text{성능평가지수}(E_n) \times \text{성능별 가중치}(W_n))$$

여기서, E_n : 평가성능별 평가지수

W : 가중치

(단, 안전성능이 확보되지 않을 경우, 종합성능등급 = 안전성능 등급)

각 성능 간 중요도를 고려하여 산정한 제방 종합성능등급은 아래 표와 같다.

[표 8.85] 제방 종합평가기준 및 정의

평가등급	평가점수	정의
	범위	
A (우수)	4.5≤ E	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	3.5≤ E <4.5	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	2.5≤ E <3.5	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	1.5≤ E <2.5	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	1.0≤ E <1.5	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

나. 종합평가결과 산정 예

상기의 기준에 따라 제방 시설물의 종합평가결과를 도출한 예는 다음과 같다.

[표 8.86] 제방 종합평가결과산정 예

시설물 종합평가결과 산정표			
시설물명	00제방		
평가구분	성능평가점수 (평가지수)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	2.99	C	0.66
내구성능 평가	4.5	B	0.20
사용성능 평가	3.32	C	0.14
종합평가결과	○ 제방의 종합평가지수 : 2.99 (안전성능 평가등급이 최하위 등급인 경우) ○ 제방의 종합평가결과 : C		