
제7장 하 구 독

7.1 관리일반

7.2 현장조사

7.3 재료시험 항목 및 수량

7.4 상태평가기준 및 방법

7.5 안전성평가기준 및 방법

7.6 종합평가기준 및 방법

7.7 보수·보강 방법

제7장 하구둑

7.1 관리일반

7.1.1 적용 범위

본 장은 법 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 하구둑 시설물에 적용한다.

- 제1종시설물
 - 하구둑
 - 포용조수량 8천만톤 이상의 방조제
- 제2종시설물
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 방조제로서 포용조수량 1천만톤 이상의 방조제

하구둑 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 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)
- 건설기준코드(구 농지개량사업계획설계기준(해면간척편, 댐편))
- 건설기준코드(구 하천 설계기준)
- 건설기준코드(구 댐 설계기준)
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 국토교통부 발행 각종 관련 건설기준코드(구 표준시방서 등)

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

※ 방조제의 안전점검 및 정밀안전진단 실시는 본장의 안전점검 및 정밀안전진단 요령을 준용할 수 있다.

7.1.2 용어 정의

○ 하구둑

- 각종 용수이용을 목적으로 하천과 해안의 경계부에 설치하는 둑을 말하며, 조류를 차단하여 담수호를 조성하고 둑을 이용하여 교통개선을 하며 매립지 조성을 한다. 안전점검 및 정밀안전진단 시 하구둑은 방조제, 배수갑문, 교량, 기전설비 및 부대시설(조작실 등)로 구분 할 수 있다.

○ 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 부대 시설에 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.

7.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

하구둑 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 7.1]과 같다.

- ① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(상수도, 건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.
- ② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.
- ③ 배수(갑)문과 별개로 설치된 교량, 취수시설 등의 경우에는 본 실시범위 대상 시설에서 제외할 수 있다.
- ④ 부대 시설물 및 기타 시설물이 「영」 제4조에 따른 제1종·제2종시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제11조 및 제12조에 따라 제1종시설물은 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하고, 제2종시설물은 정밀안전점검을 실시하여야 한다.

[표 7.1] 하구둑 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 방조제	○	○	○	기본과업
	◦ 배수(갑)문	○	○	○	
	◦ 배수(갑)문 문비	○	○	○	
부대 시설물	◦ 어도시설	○		○	선택과업
	◦ 차량통행용 및 관리용 교량	○		○	
	◦ 스톱로그	○		○	
기타 시설물	◦ 관리동, 조작실 등 건축물	○			선택과업
	◦ 접근수로 제방	○			
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	기본과업
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

7.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

하구둑 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) 시설물의 기초세굴

- [표 7.26] 체체기초 및 양안부의 침식, 침투에 대한 상태평가기준이 “d” 이하 또는 [표 7.41] 배수갑문 콘크리트 구조물의 세굴 등에 대한 상태평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 하구둑 및 제방의 본체, 수문, 교량의 파손, 누수 또는 세굴

- [표 7.24] 제체를 통한 누수에 대한 상태평가기준이 “d” 이하인 경우
- 배수갑문에서 [표 7.45]의 수축이음부 누수 또는 [표 7.46]의 수평시공이음부 누수 등에 대한 상태평가기준이 “e” 이하인 경우
- 수문에서 [표 7.51] 및 [표 7.54]의 개폐장치(권양기식, 유압식) 작동상태에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- [표 7.31] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 7.32] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 [표 7.38] 철근노출 상태평가기준에서 “e” 를 포함하는 경우
- [표 7.31] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 7.32] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “e” 판정인 경우

※ 1), 2)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 3)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

하구둑 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

7.2 현장조사

7.2.1 현장조사 일반

가. 콘크리트 구조물

[표 7.2] 콘크리트 구조물의 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
일반적인 콘크리트 구 조 물	탄산화 잔여 깊이	
	전염화물 이온량	
	균 열	
	박 리	
	박락 및 층분리	
	철근노출	
	누 수	
	파손 및 재료분리	
	백 태	

나. 방조제

[표 7.3] 방조제 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
방조제	제체 마루의 중·횡방향 균열	
	제체 마루의 수평변위	
	제체 마루의 유실	
	사면 불안정에 의한 제체 마루 손상	
	제체를 통한 누수	
	제체의 침하 및 변형	
	피복공의 변형(배열이완, 이탈, 함몰)	
	제체기초 및 양안부의 침식, 침투	
	제체 식생	
	제체 동물서식	

다. 배수갑문

[표 7.4] 배수갑문 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
배수갑문	콘크리트 구조물의 세굴	
	바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차	
	물받이공의 하류 또는 기초의 침식	
	언주 및 문주의 변위	
	수축이음부를 통한 누수	
	수평시공이음부를 통한 누수	
	불안정한 측벽 또는 라이닝	
	접근수로 상부의 자연사면 불안정	
	접근수로내의 식생 및 잡물	

라. 기계·전기설비

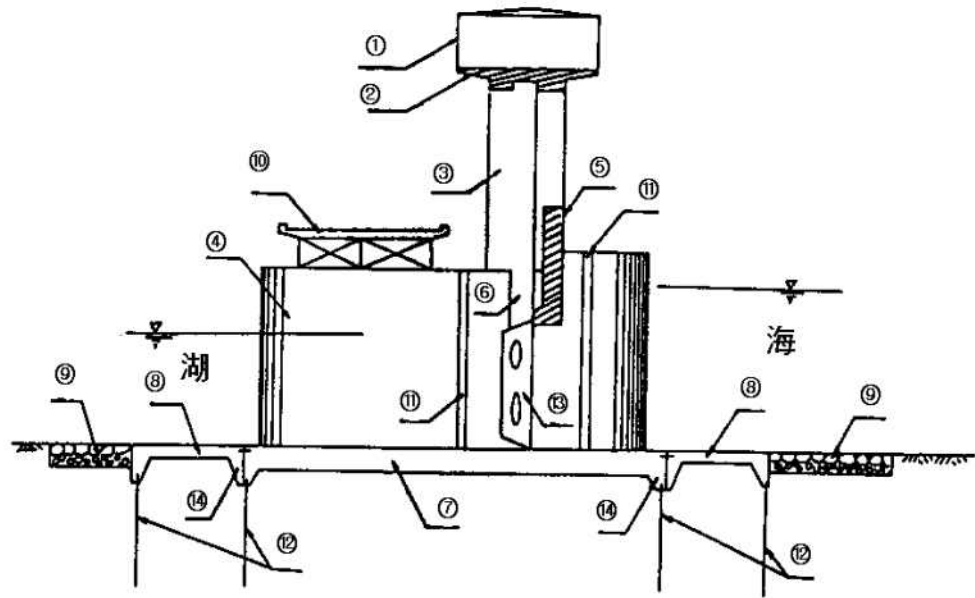
[표 7.5] 기전설비 조사항목

점검 부위		손상형태 및 조사항목	비 고
개폐장치	권양기식	작동 유무	
		와이어 로프 손상	
		마찰부 손상	
	유압식	작동 유무	
		유압 유니트 손상	
		작동기 및 유압배관 손상	
		기타사항	
문비 및 문틀	문비 부식		
	문비 변형		
	누 수		
	마찰부(힌지, 롤러)손상		
전기설비	작동 유무		
	현장제어반 및 조작반 손상		
	구동모터 및 브레이크장치 손상		
	기타사항		

마. 공중이 이용하는 부위

[표 7.6] 공중이 이용하는 부위 조사항목

점검 부위	조사항목	비 고
공중이 이용하는 부위	추락방지시설의 상태	
	도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	환기구 등의 덮개 상태	
	기타조사	



①	개폐장치실	⑧	물받이공
②	개폐장치대	⑨	바닥보호공
③	문주	⑩	교량
④	연주	⑪	Stop Log 홈
⑤	지수벽	⑫	지수판
⑥	문소란	⑬	게이트
⑦	기초상판	⑭	저벽

[그림 7.1] 배수(갑)문 명칭

7.2.2 시설물 현장조사 요령

가. 안전점검 현장조사

세부시설물별 안전점검의 일반적인 점검항목을 외관조사 항목, 내구성조사 항목 및 기타 항목으로 구분하여 제시한다.

기존의 사람에 의한 근접조사 대신에 영상처리기법을 이용한 외관조사 방법을 적용할 수 있다. 이 방법은 조사목적을 달성할 수 있는 해상도로 촬영된 디지털 영상을 획득하고, 수집된 영상자료는 영상처리기법을 이용하여 결함 및 손상에 대한 평가 자료로 활용할 수 있다.

[표 7.7] 하구둑 안전점검의 일반적인 점검항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기타 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태, 재료분리, 누수, 파손, 신축이음 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 균열, 도장손상 등 ○ 구조물 : 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화깊이	○ 각종 기기의 작동상태

1) 방조제

(가) 침하

- 침하는 제방종단을 따라 일어나는 제고의 하강을 통해 확인한다.
- 침하는 또한 제방횡단을 따라 발생할 수도 있으며, 이는 제방표면의 변동 상태로부터 알 수 있다.

(나) 균열

- 균열은 제방의 부등침하나 구성단면간의 불균일 침하 등에 의해 발생되며, 이는 제정, 사면보호공이나 제방상 도로의 균열로써 인지할 수 있다.
- 균열은 그 길이, 깊이, 형상 등을 상세히 조사하며, 특히 횡방향균열 발생 시 즉시 관리주체에게 통보하고, 누수진행 여부 등을 판단한다.

(다) 세굴

- 세굴은 파도, 파이프 등에 의해 사면보호공이나 제방의 단면이 손실된 것으로 세밀한 육안조사에 의해 발견할 수 있으며, 그 체적, 형상 등을 상세조사한다.

(라) 누수(파이핑)

- 누수(파이핑)는 제방을 통한 물의 흐름으로 인해 발생하며, 특히 파이프는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있다.
- 누수(파이핑)는 외관조사를 통해 발견할 수 있으며, 그 형상, 면적, 정도를 상세히 조사한다. 특히 콘크리트구조물과 방조제의 접합부 및 방조제 양안 접합부에 세밀한 조사를 한다.
- 파이프가 발견될 시(특히 혼탁한 물이 유출될 시) 즉시 관리주체에게 통보하고 긴급보수 필요여부 등을 판단한다.

(마) 사면붕괴(함몰 또는 상승)

- 사면붕괴는 제방의 횡방향을 따라 사면이 함몰 또는 상승하는 현상
- 이는 제방 자체의 활동 또는 지반의 활동에 의해 발생한다.

(바) 동물서식 및 식생

- 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 철저히 조사하며 발견 즉시 야생동물의 제거 및 구멍이 밀폐되도록 조치한다.
- 식생은 누수지점을 알려주는 징표로서 무성한 식생(나무 등)은 누수파괴를 일으킬 수 있으므로 제거될 수 있도록 조치한다.

(사) 변위발생

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

2) 배수(갑)문

- 배수(갑)문 구조물은 과업내용에 따라 현장조사를 실시한다.
- 접속교량의 정밀안전점검은 「제1장 교량」에 준하여 실시한다.

3) 기전설비

- 문비, 권양기 및 현장제어반의 점검은 아래 항목에 대해 실시한다.
 - 문비 및 권양기의 형식에 따라 점검항목 변경
- 작동시험 시 발생하는 중대결함에 대해서는 관리주체에 즉시 통보한다.

[표 7.8] 기계설비 점검사항

구 분	세 부 점 검 내 용
가이드롤러(Guide Roller)	고착유무
러버셀(Rubber Seal)	누수
시브(Sheave)	고착유무
힌지(Hinge)	고정상태, 고착유무
드럼(Drum) 및 기어(Gear)	치면마모 상태
스러스트브레이크(Thrust Brake)	페드마모 상태
로프엔드스핀들(Rope End Spindle)	고정상태
유압 실린더	변형, 손상 및 누유상태
유압배관	손상, 부식 및 누유상태
유압밸브	손상 및 누유상태
문비 및 문틀	도장 및 부식상태

[표 7.9] 전기설비 점검사항

구 분	세 부 점 검 사 항
배수갑문 현장제어반 및 조작반	반의 변형·파손 등의 유무, 조작 및 작동 가능여부
배수갑문 전원공급용 저압배전반	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부
구동모터 및 브레이크장치 등	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부

4) 부대시설

- 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요시 점검을 실시한다.
- 조작실은 부대시설로 구분하고, 제6장 건축물에 준하여 실시한다.

5) 공중이 이용하는 부위

- 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.
- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등 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.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

나. 정밀안전진단 현장조사

세부시설물별 정밀안전진단의 일반적인 진단항목을 외관조사 항목, 내구성조사 항목 및 기타 항목으로 구분하여 제시한다.

[표 7.10] 하구둑의 일반적인 진단 조사항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기타 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 : 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험(반발경도법, 초음파법) 파괴시험(코어채취시험법) ○ 철근탐사 : 배근간격 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량 ○ 철근부식도 ○ 기계 및 전기 시험	○ 각종 기기의 작동시험

1) 방조제

(가) 현장조사

- 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.
- 수중부위에 대해 세굴여부 등을 조사한다.
- 상태평가에 근거하여 안전성평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.

- 안전성의 측면에서 제방은 적절한 제고와 단면을 유지하여 해수와 내수가 월류되지 않아야 하며, 허용량 이상의 누수를 발생시키지 않아야 하며, 자연적, 인위적 하중에 안전하여야 한다.

(나) 안전성 검토를 위한 현장조사

안전성을 판별하기 위해 지침, 세부지침 및 대가기준에 규정된 다음과 같은 선택 과업을 수행하여 분석을 실시한다.

① 제방의 거동

- 제방의 전체적 침하하는 측량에 의해 결정한다.
 - 제방 종횡단 및 현황측량, 침하판 매설 시 이에 대한 측량
- 계측자료를 통한 제방거동분석을 통해 이를 판단한다.
- 아울러 상태평가 시에 발견된 각종 균열에 대해서도 제방거동분석을 통해 그 원인을 판단한다.

② 토질조사

- 상태평가지 선정된 지점에 대한 토질조사를 통해 제방재료의 강도 등을 산정하여 활동, 누수, 파이프 등에 대해 검토하며, 이를 위해 다음과 같은 시험을 실시한다.
 - 시추 (표준관입시험, 불교란 시료채취, 현장투수시험 등)
 - 침윤선조사 (레이다탐사, 전기탐사, 공내색도 주입 등)

③ 제방 단면

- 측량성과를 기준으로 제방단면의 적정성(형식, 정폭, 사면기울기)과 제고(설계 고조위+도파고+여유고)의 적정성을 검토한다.

2) 배수(갑)문

(가) 현장조사

- 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.
- 또한 수중조사 등을 통해 연주(교각, 교대), 기초상판, 물받이공, 바닥보호공 등의 상태를 확인하여야 한다.
- 측량을 통해 구체구조물의 침하상태를 판단한다.
- 상태평가에 근거하여 안전성평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.
- 안전성의 측면에서 수문(갑문)은 충분한 통수단면을 확보하고 양압력, 수압, 파압, 풍압, 지진력 등 자연적 하중에 안전하여야 한다.
- 교량에 의한 인위적 하중에도 안전하여야 한다.
- 또한 기계·전기적으로도 안전성을 유지하여야 한다.

(나) 안전성 검토를 위한 현장조사

안전성을 판별하기 위해 지침, 세부지침 및 대가기준에 규정된 다음과 같은 선택 과업을 수행하여 분석을 실시한다.

① 콘크리트 강도

- 배수(갑)문의 현 상태에서의 콘크리트 압축강도를 측정한다.

- 시험부위는 상태평가 시 발견된 구조물의 취약부로 하며, 코어를 채취하여 강도를 측정하며, 비파괴시험을 실시하여 이를 보장한다.
- 코어채취는 구조물의 내하력에 손상을 주지 않는 위치에서 실시한다.

② 구조물의 내하력

- 구조물의 내하력을 계산하여 구조물에 미치는 자연적, 인위적 하중에 대해 구조적 안전성을 확보하고 있는지를 결정한다.
- 이때 현장측정자료(현황측량, 부재치수 측정 및 철근탐지결과 등)를 근간으로 안전성평가를 실시하여야 하며, 준공도면, 구조계산서 등을 참고로 한다.

③ 수문의 통수능력

- 수문의 통수단면 적정성 판단은 기존 수리·수문자료 또는 전문기관에 의한 제조사 자료에 근거한다.

④ 접속교량

- 배수갑문에 설치되어 있는 접속교량에 대한 정밀안전진단은 제1장 교량에 준하여 실시한다.

3) 기전설비

- 기계 및 전기부문에 대한 점검은 안전점검의 요령에 의해 실시하여야 하며, 배수문(갑문)의 형식에 따라 세부내용을 변경하여 실시할 수 있다.

4) 부대시설

- 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요시 진단을 실시한다.
- 조작실은 부대시설로 구분하고, 제6장 건축물에 의한다.

5) 공중이 이용하는 부위

- 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.
- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등 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.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

7.3 재료시험 항목 및 기준수량

7.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 7.11] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근탐사 ○ 염화물함유량¹⁾
수문(강재)	-	○ 도막두께측정
기계·전기설비	-	○ 수문 조사시험(기전설비)

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 7.12] 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본 과업	○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사	○ 콘크리트 물성시험을 위한 철근위치(깊이) 탐사
	○ 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○ 도장 및 부식 상태파악
	기계 전기	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시 ○ 주요외관조사 및 허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 7.13] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 3회	· 기타시설 : 필요시
탄산화 깊이 측정	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 기타시설 : 필요시

[표 7.14] 정밀안전점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 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	
도막두께측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 주요부재 외판
각종 기기 작동시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 정밀안전진단 참조

주1) 관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

7.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 7.15] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 - 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량¹⁾ ○ 철근부식도 측정 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조
수문(강재)	○ 도막두께측정	○ 초음파두께측정 ○ 강재 용접결함조사
기계설비	○ 수문 작동유무	○ 수문기계조사시험 - 와이어로프 직경측정 (정지시) - 치면 경도측정 - 소음·진동 측정 - 주요마찰부 작동확인 (베어링, 기어, 롤러, 유압실린더)
전기설비	○ 수문 작동유무	○ 수문전기조사시험 - 공급전압 및 운전전류측정 - 절연 및 접지저항측정 - 주요부재의 작동확인 등

주1) 제1장 교량 1.3.2절 참조

[표 7.16] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 철근부식도 시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
		○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○ 도막두께측정	○ 도장상태 파악
기전설비		○ 수문 작동 유무 ¹⁾	○ 자동 및 수동작동 가능여부 등 판단
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 강도, 비중, 흡수율, 수분함량 등
	수문 (강재)	○ 초음파두께측정	○ 강재의 부식정도 파악
		○ 강재 용접결함 조사	○ 강재용접 결함(균열 등) 평가 ○ 자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계설비	○ 수문 기계조사시험	○ 와이어로프 허용 감소량 초과여부 ○ 치면경도 변화 및 마모정도 파악 ○ 소음·진동 허용범위 초과여부 ○ 주요마찰부 정상작동 여부
	전기설비	○ 수문 전기조사시험	○ 절연 접지저항 허용기준의 초과여부 ○ 전압 전류의 허용기준 초과 여부 ○ 주요부재의 정상작동 여부

주1) 수문의 작동가능 여부에 대한 육안관찰을 말하며, 이에 대한 평가는 [표 7.51], [표 7.54] 및 [표 7.62]에 의한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 7.17] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회	• 동일 부위에서 시험 • 기타시설 : 필요시
초음파 전달속도시험	○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	
철근탐사시험 ¹⁾	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	• 기타시설 : 필요시
탄산화 깊이 측정 ¹⁾	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	• 기타시설 : 필요시
염화물 함유량시험 ²⁾	○ 배수갑문 : 해측 3회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	• 시험실시 근거 명기 • 기타시설 : 필요시
철근부식도 시험 ³⁾	○ 배수갑문 : 1회	• 시험실시 근거 명기
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정	• 상태평가기준 참조
도막두께측정	○ 주부재 외판의 3개소 이상 (1개소/4회 이상)	
수문작동유무 ⁴⁾	○ 각 문비별 1회	

주1) 콘크리트구조물의 경우 무근콘크리트 부위를 제외한 주요 부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다.

주2) 염화물함유량 시험은 제1장 교량 1.3.1절을 참조하여 실시하며, 시료 채취 위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시하고, 염해에 취약한 철근콘크리트 구조물의 간판대 또는 비탈대 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해 여부를 확인한다.

주3) 철근부식이 의심스러운 경우, 책임기술자의 판단에 따라 조사수량 추가

주4) 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재 상승, 하강, 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태를 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시여부를 결정한다.

[표 7.18] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 역 T형 배수갑문 : 총피어수/3공 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수×1공 ○ 기타시설 : 시설물별 3공	· 실내시험 선택과업 · 각 최소 3공이상 채취 · 기타시설 : 필요시
초음파두께측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 스킨플레이트를 최소 3개소 이상 측정(개소당 4회 측정)
강재 용접결함 탐상	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 자분탐상 또는 초음파탐상
와이어로프 직경 측정 ²⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
공급전압 및 운전전류측정 ³⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
접지저항측정 ⁴⁾	○ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
절연저항측정 ⁵⁾	○ 선로별로 1회 이상 측정 ○ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	

주1) 관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버어니어 캘리퍼스로 10cm 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 여부를 판단

주3) 구동모터의 현장제어반 및 조작반에 부착된 전압·전류계 또는 클램프미터, 전력분석기 등을 이용하여 구동모터의 정·역운전 상태에서 각상의 전압·전류를 각각 1회 이상 측정하여야 하며, 이때 측정된 값이 정격전압의 허용범위 이내를 유지하는지, 운전전류가 명판상에 기재된 정격전류를 초과하는지 등을 확인한다.

주4) 온도·습도 및 토양의 상황 등에 의하여 변화하므로 접지 저항계 등을 사용하여 현장 제어반 및 전동기, 피뢰침 설비 등으로 분류하여 측정

주5) 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정

- 500V의 절연 저항계를 사용하여 간선용 혹은 분기용으로 시설하는 개폐기 또는 차단기 등으로 구분 지을 수 있는 선로별로 1회 이상 측정

- 전동기의 경우 전로와 대지간 뿐만 아니라, 코일-권선 간의 절연상태를 설비의 대수별로 1회 이상 측정

7.4 상태평가기준 및 방법

7.4.1 상태평가항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형(評價類型)별로 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 직접영향을 미치는 결함

② 국부결함

- 수평이음부 불량 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함

③ 일반손상

- 파손, 마모, 콘크리트 재료분리 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 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 영향계수를 적용한다.

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태에 대한 평가를 기준으로 하여 국부적인 결함의 평가결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

나. 방조제 상태평가항목 및 기준

1) 방조제의 평가유형 및 영향계수

[표 7.19] 방조제 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가 기준	평가 점수	영향 계수
방조제	제체 마루의 중·횡방향 균열	중요결합	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	제체 마루의 수평변위				
	제체 마루의 유실				
	사면 불안정에 의한 제체 마루 손상				
	제체를 통한 누수				
	제체의 침하 및 변형				
	피복공의 변형(배열이완, 이탈, 함몰)				
	제체기초 및 양안부의 침식, 침투				
	제체 식생	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	제체 동물서식				

2) 방조제의 상태평가기준

[표 7.20] 제체 마루의 중·횡방향 균열에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 중·횡방향 균열이 없는 최상의 상태
b	4	○ 중·횡방향 균열길이 0~1m이하, 제정의 10% 이하인 상태
c	3	○ 중·횡방향 균열길이 1~5m, 제정의 10~50% 상태
d	2	○ 중·횡방향 균열길이 5m이상, 제정의 50% 이상, 난간이 기울어진 상태
e	1	○ 중·횡방향 균열길이 5m이상 제정의 50% 이상, 중방향 균열깊이가 저수위 이하이고, 횡방향 균열이 깊고 저수위 이하까지 진행되었을 경우

[표 7.21] 제체 마루의 수평변위에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 과도한 수평변위가 없는 양호한 상태
c	3	○ 과도한 수평변위의 징후가 존재하나 경미한 상태 (융기 0~50cm, 측방이동 0~30cm 변위 발생시)
d	2	○ 과도한 수평변위로 제체 마루 도로의 변형이 심각한 상태 (융기 50cm 이상, 측방이동 30cm 이상 변위 발생시)
e	1	○ 과도한 수평변위로 제체 마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (융기 50cm 이상, 측방이동 30cm 이상 변위 발생시)

[표 7.22] 제체 마루의 유실에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 제체 마루의 유실면적이 5m ² 이하인 상태
c	3	○ 제체 마루의 유실면적이 5m ² 초과~15m ² 미만인 상태
d	2	○ 제체 마루의 유실면적이 15m ² 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
e	1	○ 제체 마루의 유실면적이 15m ² 이상 매우 위험한 상태 (침하량과 누수량이 급격히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)

[표 7.23] 제체 사면 불안정에 의한 제체 마루 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 최상의 건전한 상태
b	4	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1m 이하의 손상이 있는 상태
c	3	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1~2m 미만의 손상이 있는 상태
d	2	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상의 손상이 있는 상태
e	1	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상 매우 위험한 상태

[표 7.24] 제체를 통한 누수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 제체를 통한 누수의 징후가 보이는 상태 (초목의 이상 성장, 염분농도의 변화 등)
c	3	○ 제체를 통한 누수를 육안으로 확인할 수 있는 정도로서 일 최대 누수가 증가하지 않는 상태
d	2	○ 제체를 통한 누수로 제체 토립자의 유실이 발생하고, 탁수가 유출되는 상태
e	1	○ 제체를 통한 누수로 제체 토립자의 유실이 심하고, 제체에 침하, 함몰 등 변형이 발생하고, 제체 붕괴 위험이 있는 상태

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.25] 제체침하 및 변형에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 침하깊이 0~10cm 이하, 제체의 변형 0~10% 이하인 상태
c	3	○ 침하깊이 10~50cm, 제체의 변형 10~50%인 상태
d	2	○ 침하깊이 50cm 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
e	1	○ 침하깊이 50cm 이상, 제체의 변형 50% 이상 위험한 상태

[표 7.26] 제체기초 및 양안부의 침식, 침투에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 없는 최상의 상태
b	4	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 없는 양호한 상태
c	3	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 일부 나타나는 경미한 상태
d	2	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투로 도랑이 형성되고 탁류 발생, 평소 누수량보다 증가하여 심각한 상태
e	1	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투로 도랑이 형성되고 누수의 온도 변화가 심하고, 비강우시 누수량이 평소 누수량의 배 이상 증가하여 매우 심각한 상태

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.27] 피복공의 변형에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 피복공의 사면보호 기능이 최상인 상태
b	4	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 25㎡이하 ○ 콘크리트 슬래브에 세굴, 마모 등 경미한 노후화가 진행된 상태
c	3	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 25~50㎡ ○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 5 % 이하 ○ 콘크리트 슬래브의 수축이음부 부재간에 부등침하에 의한 변위 또는 단차 발생 및 슬래브에 균열발생 등 사면보호 기능상 약간의 문제가 있는 상태
d	2	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 50㎡ 이상 ○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 5~15 % 범위 또는 제체의 안정성에 영향을 미치는 상태 ○ 콘크리트 슬래브의 들뜸, 부등침하, 슬래브의 파손 또는 수축이음부의 이격에 의한 성토재 유실 등이 발생할 수 있는 상태로서 제체의 안정성에 영향을 미치는 상태
e	1	○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 15 % 이상 또는 제체의 안정성에 위험을 초래할 수 있는 상태 ○ 콘크리트 슬래브의 들뜸, 부등침하, 슬래브의 파손 또는 수축이음부의 이격에 의한 성토재 유실 등이 발생한 상태로서 제체의 안정성에 위험을 초래할 수 있는 상태

※) 콘크리트 피복식, 돌붙임식 및 콘크리트블록 붙임식 등의 피복공의 변형에 대한 상태평가기준

○ 사석의 배열이완, 이탈, 함몰 등

[표 7.28] 제체사면 식생에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 사면에 식생이 없는 최상의 상태
b	4	○ 사면에 일년생 식물이 있는 상태
c	3	○ 사면에 다년생 식물이 있는 상태
d	2	○ 사면에 관목류가 있는 상태
e	1	○ 사면에 다년생 식물 및 관목류가 있는 상태

[표 7.29] 제체사면 동물서식에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 사면에 동물의 서식 흔적이 없는 최상의 상태
b	4	○ 사면에 동물의 굴 직경이 0~1cm 이하, 개수 0~1개
c	3	○ 사면에 동물의 굴 직경이 1~5cm, 개수 2~4개
d	2	○ 사면에 동물의 굴 직경이 5cm 이상, 개수 5개 이상
e	1	○ 사면에 동물의 굴 직경이 5cm 이상이 수없이 존재

다. 배수갑문 상태평가항목 및 기준

1) 배수갑문의 평가유형 및 영향계수

[표 7.30] 배수갑문의 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기 준	평가점수	영향계수				
콘크리트 구조물	탄산화	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0				
	염화물								
	균 열								
	박 리								
	박락 및 층분리								
	철근노출								
	누 수								
	파손 및 재료분리	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0				
	백 태								
	배수갑문					콘크리트 구조물의 세굴	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1
바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차									
물받이공의 하류 또는 기초의 침식									
언주 및 문주의 변위									
수축이음부를 통한 누수									
수평시공이음부를 통한 누수									
불안정한 측벽 또는 라이닝		일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0				
접근수로 상부의 자연사면 불안정									
접근수로내의 식생 및 잡물									

2) 배수갑문 콘크리트 구조물의 상태평가기준

[표 7.31] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

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 조건 만족
e	○ 0mm미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주1) 상태평가결과가 "d"고 [표 7.38](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e"면 7.1.4절의중대한 결함으로 본다.

주2) 제1장 교량 [표 1.28] 해설을 따른다.

[표 7.32] 전염화물 이온량의 상태평가기준

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 조건 만족
e	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주1) 상태평가결과가 "d"고 [표 7.38](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e"면 7.1.4절의중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.29] 참조

[표 7.33] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

최대 균열폭	면적율 5%이하		면적율 20%이하		면적율 20%이상	
	평가기준	평가점수	평가기준	평가점수	평가기준	평가점수
0.1mm 미만	a	5	a	5	a	5
0.1mm~0.2mm 미만	a	5	a	5	b	4
0.2mm~0.3mm 미만	a	5	b	4	c	3
0.3mm~0.5mm 미만	b	4	c	3	d	2
0.5mm 이상	c	3	d	2	e	1

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, KDS 14 20 00 (콘크리트구조 설계)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25mm 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4mm 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가기준을 설정하였다.

[표 7.34] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

최대 균열폭	면적율 5%이하		면적율 20%이하		면적율 20%이상	
	평가기준	평가점수	평가기준	평가점수	평가기준	평가점수
0.1mm 미만	a	5	a	5	b	4
0.1mm~0.2mm 미만	a	5	b	4	c	3
0.2mm~0.3mm 미만	b	4	c	3	d	2
0.3mm~0.5mm 미만	c	3	d	2	e	1
0.5mm 이상	d	2	e	1	e	1

주) 균열 면적율 산정방법

※ 제11장 교량 [표 1.11] 참조

[표 7.35] 백태의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	백태가 없음
b	4	백태 발생 면적율이 5% 미만
c	3	백태 발생 면적율이 5~10% 미만
d	2	백태 발생 면적율이 10~20% 미만
e	1	백태 발생 면적율이 20% 이상

주) 백태, 박락에 대한 면적율 산정 방법

면적율은 결함 및 손상의 상태평가기준에 별도로 정하지 않은 경우에 다음을 적용

$$\text{면적율}(\%) = \frac{\text{결함및손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

[표 7.36] 콘크리트 박리의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 박리발생이 없음
b	4	○ 박리깊이 0.5mm 미만이면서 박리 면적율 10% 미만
c	3	○ 박리깊이 0.5~1.0mm미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상
d	2	○ 박리깊이 1.0~25mm 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5~10mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상
e	1	○ 박리깊이 10~25mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○ 박리깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

[표 7.37] 콘크리트 박락/충분리의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 박락/충분리의 발생이 없음
b	4	○ 박락/충분리 깊이 15mm 미만이면서 면적율 20% 미만
c	3	○ 박락/충분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/충분리 깊이 15mm 미만이면서 면적율 20% 이상
d	2	○ 박락/충분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/충분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적율 20% 이상
e	1	○ 박락/충분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적율 20% 이상 ○ 박락/충분리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

[표 7.38] 철근노출의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	철근노출 없음
b	4	철근노출 면적율이 1.0% 미만
c	3	철근노출 면적율이 1.0~3.0% 미만
d	2	철근노출 면적율이 3.0~5.0% 미만
e	1	철근노출 면적율이 5.0% 이상

주) 철근노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

[표 7.39] 콘크리트 부재의 균열을 통한 누수의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	누수가 없음
b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)
c	3	누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)
d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)
e	1	누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)

※) 배수갑문에서 수밀이 필요한 콘크리트 부재에 발생한 균열을 통한 누수의 상태평가기준

[표 7.40] 파손의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 파손이 없음
b	4	○ 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만,
c	3	○ 파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 ○ 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
d	2	○ 파손깊이 50~80mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 ○ 파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
e	1	○ 파손깊이 80mm 이상이면서 파손면적율 10% 미만, ○ 파손깊이 50mm 이상이면서 파손면적율 10% 이상

3) 배수갑문의 상태평가기준

[표 7.41] 콘크리트 구조물의 세굴에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 세굴이 없는 최상의 상태
b	4	○ 세굴이 없는 양호한 상태
c	3	○ 세굴구멍의 지름과 깊이 < 0.15m 상태
d	2	○ 세굴구멍의 지름과 깊이 > 0.30m 상태
e	1	○ 세굴이 기초에 도달한 매우 심각한 상태

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.42] 물받이공의 부등침하, 들뜸, 단차에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 최상의 상태
b	4	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 양호한 상태
c	3	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 < 2mm 상태
d	2	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 > 2mm 상태
e	1	○ 바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5mm 매우 심각한 상태

[표 7.43] 물받이공의 하류 또는 기초의 침식에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 없는 최상의 상태
b	4	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 없는 양호한 상태
c	3	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 경미한 상태
d	2	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 5mm)
e	1	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12mm, 측벽기울기 > 10°)

[표 7.44] 인주 부재의 변위에 대한 상태평가기준

평가기준	평가 점수	상 태
a	5	○ 변위가 발생하지 않은 최상의 상태
b	4	○ 변위가 발생하지 않은 양호한 상태
c	3	○ 변위가 발생하였으나, 문비 작동에 문제가 없는 상태
d	2	○ 변위가 발생하여 문비 작동시 마찰음이 발생하는 상태 또는 문비 폐쇄시 누수가 심각한 상태
e	1	○ 변위가 발생하여 문비 작동시 자중으로 닫히지 않는 상태

[표 7.45] 수축이음부를 통한 누수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 최상의 상태
b	4	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 양호한 상태
c	3	○ 수축이음부를 통한 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
d	2	○ 수축이음부를 통한 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
e	1	○ 수축이음부를 통한 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.46] 수평시공이음부 누수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 수평시공이음부 누수가 없는 최상의 상태
b	4	○ 수평시공이음부 누수가 없는 양호한 상태
c	3	○ 수평시공이음부 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
d	2	○ 수평시공이음부 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
e	1	○ 수평시공이음부 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.47] 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 최상의 상태
b	4	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 양호한 상태
c	3	○ 불안정한 측벽 및 라이닝에 균열, 누수 등 손상이 경미한 상태
d	2	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가에 의한 균열과 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 심각한 상태
e	1	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가와 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 매우 심각한 상태

[표 7.48] 접근수로 상부의 자연사면 불안정에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 최상의 상태
b	4	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 양호한 상태
c	3	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 낙석이 있는 상태
d	2	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 사면붕괴 및 균열로 수로가 손상받을 위험이 존재하는 상태
e	1	○ 접근수로 상부의 자연사면이 국부적인 사면붕괴 및 균열로 수로가 봉쇄되거나 손상 받을 위험이 존재하는 상태

[표 7.49] 접근수로내의 식생 및 잡물에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 최상의 상태
b	4	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 양호한 상태
c	3	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 경미한 상태
d	2	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 수문조작을 방해하는 상태
e	1	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 산사태 등으로 수로를 봉쇄할 위험이 있는 상태

라. 기계설비 상태평가항목 및 기준

1) 기계설비의 평가유형 및 영향계수

[표 7.50] 손상 및 결함의 상태평가를 위한 영향계수

위 치		손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
개폐장치	권양기식	작동 유무 (수문 및 권양기)	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
		와이어 로프 손상	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
		마찰부 손상 (시브, 감속기, 커플링)	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	유압식	작동 유무 (수문 및 개폐장치)	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
		유압유닛 손상	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
		작동기 및 유압배관 손상	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
문비 및 문틀		문비 부식	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
		문비 변형	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
		누 수	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
		마찰부(힌지, 롤러)손상		a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0

2) 개폐 장치

○ 권양기식

[표 7.51] 개폐장치(권양기식) 작동유무에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 작동 시 이음발생이 없으며, 상승 및 하강에 이상이 없는 정상의 상태
c	3	○ 상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
d	2	○ 전동 작동이 원활하지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	1	○ 전혀 작동되지 않는 상태

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.52] 와이어 로프 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 와이어 로프의 손상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 와이어 로프의 손상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 와이어 로프 표면의 그리스 도포가 불량한 상태
d	2	○ 와이어 로프 표면에 산화부식 진행상태, ○ 약간의 꺾임이 발생한 상태
e	1	○ 와이어 로프의 직경감소가 7%이상 ○ 하나의 꼬임에서 소선 절단이 10% 이상 ○ 심한 킹크가 있는 경우

※) 와이어 로프 권상방식의 경우 (크레인 안전 규칙 참조)

※) 문비의 작동을 위한 와이어 로프는 로프표면의 산화부식, 킹크(Kink), 직경감소 및 소선 절단 등에 의한 손상의 기준을 적용한다.

와이어 직경은 마모가 심한 4개소에서 측정한 값의 평균으로 결정한다.

[표 7.53] 마찰부 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 손상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 손상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태, ○ 그리스 도포가 불량한 상태
d	2	○ 부식고착으로 이음 이상진동이 과다한 상태 ○ 그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
e	1	○ 손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○ 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

※) 권양기의 베어링, 힌지 등의 회전 및 움직임이 있는 부분의 마모로 인한 회전불량으로 문비 권양시 권양기에 부하 하중을 가중시킬 수 있으며, 제시된 상태평가기준에서 정의된 평가 기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

○ 유압식

[표 7.54] 개폐장치(유압식) 작동유무에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 ²⁾ 상태
b	4	○ 작동 시 이음발생이 없으며, 상승 및 하강에 이상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
d	2	○ 상승 및 하강이 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	1	○ 전혀 작동되지 않는 상태

주1) 상태평가결과가 "d" 이하이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주2) 양호한 상태와 건전한 상태의 구분은 신규설치 되었는지의 여부를 기준으로 판단하며, 신규설치란 3년 미만의 사용연수를 가진 설비(구조물)를 의미함.

[표 7.55] 유압유닛 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 시스템의 설정압력으로 유압유닛이 정상운전되고 있는 양호한 상태
b	4	○ 시스템의 설정압력으로 유압유닛이 정상운전되고 있는 건전한 상태
c	3	○ 시스템의 설정압력으로 운전되고 있으나, 유압유닛에 이상 소음 등이 있는 상태
d	2	○ 시스템의 설정압력 이하로 성능이 저하된 상태
e	1	○ 유압펌프 또는 밸브 등이 전혀 작동되지 않는 상태

[표 7.56] 작동기¹⁾ 및 유압배관 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 손상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 손상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태 ○ 그리스 도포가 불량한 상태
d	2	○ 부식고착으로 이음 이상진동이 과도한 상태 ○ 그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
e	1	○ 손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○ 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

주1) 작동기관 유압으로 구동되는 액츄에이터로 유압실린더, 유압모터 등이 해당된다.

3) 문비 및 문틀 상태평가기준

[표 7.57] 문비 부식에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태	비 고
a	5	○ 부식이 없음	-클램프 플레이트, 볼트, 너트 등도 동일하게 적용
b	4	○ 전면부식이 조금 발견되거나 건전부 모재두께의 5% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	○ 가벼운 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 5~10% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	○ 심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나 건전부 모재두께의 10~30% 미만의 점부식이 관찰되는 상태로 보수를 하지 않으면 안되는 상태	
e	1	○ 전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안되는 상태	

※) 강재 도장의 발청, 균열, 부풀음, 백화, 광택불량 등에 의한 부식손상의 상태평가기준으로 정의된 평가기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

[표 7.58] 문비 변형에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 문비에 변형이 없는 양호한 상태
b	4	○ 문비의 변형을 육안으로 판별이 어려운 상태
c	3	○ 외부충격에 의한 국부적인 변형이 발생한 상태이나 기능에 이상이 없는 상태
d	2	○ 변형이 경간의 1/800이상 발생한 상태
e	1	○ 변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우

※) 문비의 가로·세로 보의 충격 및 하중에 의한 변형은 다음 표의 기준 적용을 원칙으로 하며, 최초설계와의 비교를 실시한다.
변형에 대한 상태평가는 종합적 결과 분석 및 기계설비의 수명도를 고려하여 책임기술자의 최종적 판단에 따를 수 있다.

[표 7.59] 문비 지수불량에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 누수가 없는 양호한 상태
b	4	○ 누수 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	○ 미세한 누수가 있는 경미한 상태
d	2	○ 지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태
e	1	○ 문비의 변형으로 누수가 다량으로 발생하여 별도 부대설비(모래주머니)를 설치하여야 지수가 가능한 상태

※) 문비와 문틀에서 접촉부 변형, 지수고무 훼손 폐쇄불량 등으로 문비 폐쇄 시 지수불량이 발생할 수 있다. 따라서 실제 수압에 의한 누수정도 외관에 의한 누수 가능성 등에 대한 상태평가기준을 적용하여 평가한다. 누수에 대한 상태평가는 상세조사 및 종합적 결과 분석 및 기계설비의 수명도를 고려하여 책임기술자의 최종적 판단에 따를 수 있다.

[표 7.60] 마찰부 손상에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 부식고착이 없고 회전이 원활한 양호한 상태
b	4	○ 부식고착이 있으나 회전이 원활한 건전한 상태
c	3	○ 고착으로 회전 및 작동이 불량하나 문비의 작동에는 이상이 없는 상태
d	2	○ 고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 문비작동이 불량한 상태
e	1	○ 고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 작동이 불가능한 상태

※) 마찰부(롤러 및 힌지) 손상

※) 문비의 메인롤러 사이드롤러 힌지브라켓 등의 저속회전 및 움직임이 있는 부분의 부식고착으로 인한 회전불량으로 문비 권양시 권양기에 부하 하중을 가중시킬 수 있으며, 정의된 평가기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

마. 전기설비 상태평가항목 및 기준

1) 전기설비의 평가유형 및 영향계수

[표 7.61] 전기설비 손상 및 결함의 상태평가를 위한 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
수문전기설비	작동 유무	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
현장제어반 및 조작반	변형, 손상 등	국부결함	a	5	1.0
			b	4	1.1
			c	3	1.2
			d	2	1.4
			e	1	2.0
구동모터 및 브레이크설비	변형, 손상 등				

2) 전기설비 상태평가기준

[표 7.62] 수문 전기설비의 작동유류 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 경미한 상태 (현장제어반 및 조작반, 구동모터, 브레이크 등의 결함이 경미하여 현장에서 즉시 초치가 가능한 상태)
d	2	○ 전기적으로 수문작동이 불량한 상태 (정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태)
e	1	○ 전기적으로 수문작동이 전혀 되지 않는 상태

[표 7.63] 현장제어반 및 조작반 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 현장 제어반의 불량률이 없는 양호한 상태
b	4	○ 현장 제어반의 불량률이 없는 건전한 상태
c	3	○ 현장 제어반의 불량률이 경미한 보통인 상태 (불량률이 경미하여 전기설비의 기동 및 운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 현장 제어반 상태가 불량인 상태 (불량률이 심각하여 전기설비의 기동 및 운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 현장 제어반의 불량률이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태, 절연: 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과 ~ ∞)

[표 7.64] 구동모터 및 브레이크설비 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 구동모터 · 브레이크장치의 불량률이 없는 양호한 상태
b	4	○ 구동모터 · 브레이크장치의 불량률이 없는 건전한 상태
c	3	○ 구동모터 · 브레이크장치의 불량률이 경미한 보통인 상태 (불량률이 경미하여 설비운전에 영향이 없는 상태, 절연 : 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 구동모터 · 브레이크장치의 상태가 불량한 상태 (불량률이 심각하여 설비운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연 : 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 구동모터 · 브레이크장치의 불량률이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 설비운전이 불가능한 상태, 절연 : 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과 ~ ∞)

바. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

[표 7.65] 추락방지시설 상태평가기준

평가기준	상 태
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 발생할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

[표 7.66] 도로포장 상태평가기준

평가기준	상 태
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 불편감을 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 7.67] 도로부 신축이음부 상태평가기준

평가기준	상 태
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

[표 7.68] 환기구 등의 덮개 상태평가기준

평가기준	상 태
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

7.4.2 상태평가결과 산정 방법

가. 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

하구둑 시설물은 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 등으로 구분되며, 다음에 제시되는 상태평가결과 산정 방법에 따라 수행한다.

하구둑 시설물에 대한 상태평가는 하구둑이 통합시설물(6단계)에 해당하는 시설물로서 간주하고 하위단계인 복합시설, 개별시설, 복합부재, 개별부재로 단계별로 구분한다. 외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고, 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다.



Note ; $E_1 \sim E_7, E_c, E_s$: 평가지수, M : 상태평가 점수, F : 영향계수, A : 조정계수, W : 중요도

[그림 7.2] 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

나. 배수갑문

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 [표 7.69], [표 7.70]과 같이 평가단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다.

- 독립기초구조(역T형식)의 배수갑문에서 피어 평가
- 개폐장치실, 개폐장치대, 문주, 언주, 문소란, 지수벽, 기초상판으로 구분하고 각각을 개별부재로서 평가한다.
- 기초상판 사이의 중간 슬래브는 기초상판에 포함하여 평가한다.
- 문소란은 문비 작동을 유도하는 언주와 문주에 있는 호구강 등이 설치된 부분으로서 2차 콘크리트 부분을 포함하여 평가한다.
- 동일한 개별부재가 다수일 경우(예: 1개의 피어에 문주가 2개인 경우 등) 중요도는 [표 7.73]과 같이 중요도 조정으로 동일하게 배분한다.
- 또한 본 장에서 중요도를 규정하지 않은 부재, 블록(블록1, 블록2,...) 및 구간(구간1, 구간2,...) 등 개별부재의 중요도는 면적 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

[표 7.69] 배수갑문의 평가단계별 구분표 (독립기초구조: 역T형식)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태평가	1단계	상태변화* (결함, 손상)	개폐장치실 개폐장치대 문주 언주 문소란 지수벽 기초상판	블록1 블록2 ... (부위1 부위2 ...)	구간1 구간2 ... (부위1 부위2 ...)	블록1 블록2 ... 상류측 하류측	<제1장 교량 참조> " "
	2단계	개별부재	(좌측면 우측면 ...)				
	3단계	복합부재	피어1 피어2 ...	상류측 하류측	좌안상류측 좌안하류측 우안상류측 우안하류측	상류측 하류측	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	수문구체	물받이공	호안공	바닥보호공	접속교량
종합평가	5단계	복합시설	배수갑문 <방조제, 기전설비, 부대시설>				
	6단계	통합시설	하구둑				
	7단계	종합시설	-				

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 라멘구조(상자형식: Box형식)의 배수갑문에서 평가

- 구체(구체1, 구체2)는 수축이음부로서 구분되어 구조적으로 독립된 형태의 구조물을 지칭하는 것으로 한다.
- 구체의 벽면은 언주와 문주, 바닥슬래브는 기초상판 등에 해당되는 것으로 간주한다.
- 역T형식의 배수갑문과 동일한 방법으로 평가한다.

[표 7.70] 배수갑문의 평가단계별 구분표 (라멘구조: Box형식)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	개폐장치실 개폐장치대 문주 언주 문소란 지수벽 기초상판	블록1 블록2 ...	구간1 구간2 ...	블록1 블록2 ...	<제1장 교량 참조> " "
	2단계	개별부재	(좌측면 우측면 ...)				
	3단계	복합부재	구체1 구체2 ...	상류측 하류측	좌안상류측 좌안하류측 우안상류측 우안하류측	상류측 하류측	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	수문구체	물받이공	호안공	바닥보호공	접속교량
종합평가	5단계	복합시설	배수갑문, <방조제, 기전설비, 부대시설>				
	6단계	통합시설	하구둑				
	7단계	종합시설	—				

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 차량통행을 위한 접속교량은 개별시설로서 구분하고, 제1장 교량에 따라 평가한다.

1) 1단계 평가 : 부재별 손상상태 평가표 작성

시설물 평가단계별 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) 상태평가결과 및 평가점수를 부여한다.

손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 손상 및 결함이라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다. 각 손상 및 결함에 대한 상태평가결과가 c, d, e 일 경우 보수 우선순위에 따라 보수·보강을 한다.

[표 7.71] 부재(부위)별 손상상태 평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표번호			
좌측면 / 언주	피어1	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.					
※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.					
조 사 결 과 표					
번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	균열	건조수축균열	폭(mm)×길이(cm)		b
②	균열	경사균열	폭(mm)×길이(cm)		c
③	층분리	배력철근을 따라 발생	면적(m²)		c
④	세굴	언주하부세굴	면적(m²)×깊이(m)		b
조사일자 : 20 . .			조사자 : 홍길동, 김철수		

2) 2단계 평가 : 개별부재 평가표 작성

제체 및 수로터널 등과 같이 길거나 또는 면적이 넓은 슬래브는 이를 1개의 개별부재로 평가할 경우 일부에 발생한 손상이 평가결과에 미치는 영향이 크다.

따라서 콘크리트 구조물에서는 그 손상이 부재에 영향을 미칠 수 있는 범위(길이 10~20m) 또는 수축이음부, 제체에서는 수백m 단위의 블록으로 구분하여 개별부재로서 평가한다.

개별부재별로 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 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가결과로 결정한다.

[표 7.72] 평가기준별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영향계수 (F)				
평가기준	평가지수(E _{1~7} ,Es,Ec)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
a	$4.5 \leq E_1 \leq 5.0$	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq E_1 < 4.5$		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \leq E_1 < 3.5$		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
d	$1.5 \leq E_1 < 2.5$							
e	$1.0 \leq E_1 < 1.5$							

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 7.73] 개별부재 평가표 (예)

개 별 부 재 :	언주				표번호
1단계 표번호 :	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 $E_1 = M \times F$
벽체의 기울기	중요결함	표 -	4	1.0	4.0
벽체의 과응력 균열	국부결함	표 -	4	1.1	4.4
벽체 콘크리트 파손	일반손상	표 -	3	1.3	3.9
1. 개별부재의 상태평가지수(E_2) = Min (다수의 E_1 값) =					3.9
2. 개별부재의 상태평가결과 =					b

3) 3단계 평가 : 복합부재 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.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

- 그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.

○ 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 안전성을 평가절하 한다. 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

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

$$\text{복합부재의 상태평가지수}(E_3) = \sum(E_2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E_2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.74] 평가지수에 따른 조정계수

평가기준	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_1 \sim 7$, 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 7.75] 개별부재의 중요도 조정방법 (예)

구 분	개폐 장치실	개폐 장치대	문주	문소란	지수벽	연주	기초상판
중요도	5 $\pm 1(20\%)$	10 $\pm 2(20\%)$	20 $\pm 4(20\%)$	15 $\pm 3(20\%)$	15 $\pm 3(20\%)$	20 $\pm 4(20\%)$	15 $\pm 3(20\%)$
중요도 (조정 후)	—	$10 \times 100 / 90$ =11.11 $\Rightarrow 11$	$20 \times 100 / 90$ =22.22 $\Rightarrow 22$	$15 \times 100 / 90$ =16.6 $\Rightarrow 16$	$15 \times 100 / 90$ =16.6 $\Rightarrow 16$	$20 \times 100 / 90$ =22.22 $\Rightarrow 22$	$15 \times 100 / 90$ =16.6 $\Rightarrow 17$

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

[표 7.76] 복합부재 평가표 (예)

복 합 부 재 :	피어1					표번호
2단계 표번호 :	2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7					No. 3-1
개별부재	평가결과	평가지수 E_2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A \times W$	계산값 $E_2 \times A \times W$
개폐장치실	b	3.9	2	10	20.0	78.0
개폐장치대	c	3.4	3	15	45.0	153.0
문주	b	3.6	2	15	30.0	108.0
문소란	c	3.6	2	15	30.0	108.0
지수벽	c	2.8	3	15	45.0	126.0
연주	b	3.6	2	15	30.0	108.0
기초상판	b	3.6	2	15	30.0	108.0
합계(Σ)				100	230.0	789.0
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태평가지수(E_3)= $\Sigma(E_2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 789.0 / 230.0 =$						3.43
2. 복합부재의 상태평가결과 =						c

4) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

배수갑문의 수문구조물은 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(피어1, 피어2, ...)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(Ec)를 산출하고 상태평가결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성 평가를 수행하여 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{개별시설의 상태평가지수}(E_c) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

$$\text{여기서, } V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$$

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

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최솟값

[표 7.77] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설 :	수문구조물			
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7			
복합부재명	평가결과	평가지수 E ₃	규 모(m) S	계산값 E ₃ ×S
Pier1	c	3.43	15	51.5
Pier2	b	3.50	15	52.5
Pier3	b	3.77	15	56.5
Pier4	b	3.67	15	55.1
Pier5	c	3.02	15	45.3
Pier6	c	3.19	15	47.9
Pier7	b	3.59	15	53.9
합계(Σ)			105.0	362.8
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				3.77
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				3.02
3. V ₁ = 0.3×(Max.-Min) = 0.3×(3.77-3.02) =				0.23
4. V ₂ = Σ(E ₃ ×S) / (5×ΣS) = 362.8 / (5×105.0) =				0.69
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c)=Min.+V ₁ ×V ₂ =3.02+0.23×0.69 =				3.18
6. 개별시설의 상태평가결과 =				c

※ 본 예에서는 피어의 규모(S)가 동일하므로 배수갑문 종방향의 기초상판 길이 적용

다. 방조제

하구둑에서 방조제는 위치 및 단면형태에 따라 방조제1, 방조제2, ... 등의 개별시설로 구분하고 이를 다시 1km 단위로 분할하여 구간1, 구간2 ...등의 복합부재로 구분한다.

복합부재는 수백m 단위로 분할하여 블록1, 블록2 ... 등의 개별부재로 구분한 후 그 중요도는 길이 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위(해측 사면, 호측 사면 등)별로 분할하여 작성한다.

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가 단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다. 방조제의 상태평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 7.78] 방조제의 평가단계별 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분
평가구분		평가대상	
상태평가	1단계	상태변화※) (결함, 손상)	블록1 블록2 ... — (해측사면 내측사면 제정부 접속도로 파라핏공 등)
	2단계	개별부재	구간1 구간2 ...
	3단계	복합부재	방조제1 방조제2 ...
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	방조제 <배수갑문, 기전설비, 부대시설>
종합평가	5단계	복합시설	하구둑
	6단계	통합시설	—
	7단계	종합시설	

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

라. 기계·전기설비

기전설비 시설물의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 단경간(1련) 수문에 있는 기전설비를 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 이를 개폐장치, 문비, 전기설비로 구분하여 복합부재로 평가한다. 또한 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류하고, 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다. 4단계 평가시 규모는 복합부재의 중요도로써 정한다. 복합부재의 중요도는 개폐장치 30%, 문비 50%, 전기설비 20%를 적용한다. 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

기전설비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성한다.

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다. 기전설비의 상태평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 7.79] 기전설비의 평가단계별 구분표

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 단계별 구분		
평가구분		평가대상			
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	-개폐장치 로프, 드럼, 감속기, 제동장치, 유압유니트, 작동기, 유압배관	-개폐장치 로프, 드럼, 감속기, 제동장치, 유압유니트, 작동기, 유압배관	...
	2단계	개별부재	-수문 외판, 아암 보강재, 트러니언 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함) -전기설비 현장제어반 전동기 (부위1, 부위2, ...)	-수문 외판, 아암 보강재, 트러니언 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함) -전기설비 현장제어반 전동기 (부위1, 부위2, ...)	
	3단계	복합부재	권양기1 문비1 전기설비1	권양기2 문비2 전기설비2	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	기전설비1	기전설비2	...
종합평가	5단계	복합시설	기전설비 <배수갑문, 방조제, 부대시설>		
	6단계	통합시설	하 구 독		
	7단계	종합시설	-		

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

7.5 안전성평가기준 및 방법

7.5.1 일반

가. 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 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 방조제의 사면안정 해석
- ② 방조제의 침투수에 대한 안전성 해석
- ③ 방조제의 응력-변형 해석
- ④ 구조물의 내하력 해석
- ⑤ 구조물의 안정해석
- ⑥ 수리, 수문학적 안전성 해석
- ⑦ 시설물의 내진성능평가
- ⑧ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 안전성평가의 적용

안전성평가항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

다. 내진성능평가

「법」 제12조제4항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부지침 부록 1. 내진성능평가 공통적용사항과 부록 6. 내진성능평가 세부지침(하구둑·제방) 등에 따라 시설물의 내진성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, 관련 문헌을 참고할 수 있다.

7.5.2 안전성평가기준

가. 방조제 및 배수갑문

1) 침투수의 안전성 분석

침투수의 안전성 분석내용 중 침투누수량은 허용누수량이 설정되어 있다면 이를 기준으로 하여 비교·분석하고, 아울러 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다.

한편 일반적으로 허용누수량 설정에는 어려움이 있으며, 계측에 의한 누수량에는 강우 등의 외부 수량이 포함될 수 있으므로 해석에 따른 누수량으로 제체의 안전성을 판정할 때에는 기술자의 판단이 필요하다.

제체 및 기초는 침투를 완전히 차단할 수 없기 때문에 침투에 의한 침투수압, 동수경사가 어느 한도를 넘어서면 파이핑과 같은 파괴 요인이 되므로 신중한 검토와 대책이 필요하다. 이러한 파괴의 원인은 대상 재료의 불균일성이나 지질조건의 변화, 시공상 부주의 등에 의한 경우가 많으므로 이론적인 취급은 곤란하지만 보통은 침투유속의 한계치를 구하여 토립자의 이동 가능성을 검토하는 한계유속방법과 한계 동수경사를 구하여 파이핑의 발생가능성을 검토하는 한계동수경사방법으로 안전여부를 판정한다.

(가) 한계유속에 의한 방법

제체 및 기초의 토립자 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속을 구하고 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 사용할 수 있다. 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 안전성은 실제 제체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 평가한다.

(나) 한계동수경사에 의한 방법

입자형상, 입도분포 등은 고려하지 않고 유효응력이 영이 되는 조건을 생각하여 검토한다. 다음의 식으로 계산되는 한계동수경사에 대하여 Terzaghi의 간편법 및 유선방법, Harza의 유선방법 등의 방법으로 구하는 유출동수구배의 비로서 평가한다.

여러 유출동수구배 산정방법은 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용할 수 있다. 분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 한계동수경사(ic)는 0.5~0.8로 본다. 침투류 해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수 경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

침투수의 안전성 분석내용 중 침투수 수압은 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다. 또한 제체내 간극수압 분포는 사면활동의 안전성 검토시 입력자료로 활용한다.

[표 7.80] 한계유속 기준표

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

[표 7.81] 침투수의 안전성(파이핑) 검토에 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

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

i_c : 한계동수경사

h : 저수지 전수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

G_s : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극율

2) 사면활동의 안전성 분석

○ 제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성의 검토에 고려되는 하중

- 자중, 정수압, 간극수압 및 지진관성력으로 하고 이를 저수지의 상태에 따라 적용해야 한다.

○ 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 제체의 자중

- 제체 완성직후, 정상침투시, 수위급강하시 등의 경우에 따라 단위체적 중량을 달리하여야 하며, 실제 시험결과를 이용하는 것이 좋다.

○ 사면활동에 대한 안정계산

- 사면활동에 대한 안정계산은 크게 나누어 임계원에 의한 활동면법과 응력-변형해석법을 사용한다.
- 활동면법에는 블록해석법, 무한사면해석법, 평면해석법, 마찰원법 및 Ordinary, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer 등의 절편법 등이 있으므로 이중 적합한 것을 택하도록 한다.
- 응력-변형해석법은 제체 및 기초의 응력과 변형 등의 크기와 분포상태를 수치 해석적인 방법으로 구하는 방법이다.

상기 안정계산에 의하여 제체의 안전성을 판단할 시는 최소안전율로 표시한다. 설계 기준 안전율은 지구별, 노선별, 형태별로 다를 수 있고 또 설계자에 따라 다를 수 있으나, 특별한 경우를 제외하고는 방조제 완성 후의 단면은 1.2 이상을 기준으로 한다.

[표 7.82] 사면활동 안전성 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상인 경우
b	4	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이거나 같으며 단면손실이 있는 경우
c	3	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 90% 이상 100% 미만인 경우
d	2	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 이상 90% 미만인 경우
e	1	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 미만인 경우

3) 응력-변형의 안전성 분석

제체 및 기초에 대하여 응력-변형 해석을 실시한다. 실내 및 현장시험 등을 통하여 얻은 물성치를 기초로 하여 수치해석적인 방법으로 수행한다.

○ 응력-변형 해석을 실시하여야 할 필요가 있는 경우

- 제체가 높을 경우
- 각 준의 물성치가 크게 다를 경우
- 변형이 큰 재료로 축조하는 경우
- 구조물과의 접합부가 긴 경우
- 내진설계를 하는 경우

제체는 산토, 점토, 모래, 자갈 등 자연재료를 이용하여 축조된 구조물로서 압축성을 가지고 있는 재료적 특성으로 인하여 성토 및 수위변화 등의 과정을 통하여 침하, 융기, 국부적인 응력집중 및 균열 등이 발생하게 된다. 따라서 재료특성, 성토속도, 제체 단면, 강도특성 등의 입력조건을 반영한 해석을 수행하여 변형량, 국부파괴 등을 분석, 지반거동에 따른 안전성을 평가한다.

응력-변형 해석에 의한 안전성 분석내용 중 산출되는 응력상태에 대해서는 국부적인 응력집중에 따른 국부파괴 가능성과 응력전이에 따른 토압저하와 수압에 의해 발생하는 파이핑 발생 가능성으로 제체의 안전성을 판단할 수 있다.

산출되는 응력상태에서 축차응력이 커 파괴상태에 다다른거나, 주응력이 수압보다 작을 경우에는 파이핑 발생가능성이 있으므로 응력상태에 따라 국부파괴 가능성 및 수압할렬 발생 가능성은 다음 표를 기준으로 평가한다.

[표 7.83] 응력-변형 해석에 따른 안전성 검토에 대한 평가기준

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

4) 수리·수문학적 안전성 평가

하구둑은 시설물의 특성상 제방의 둑마루 표고가 외조위로부터 여유고를 확보하고 있는지의 여부와 배수갑문이 내측으로부터 유입되는 홍수량을 배제시킬 수 있는 통수능력을 갖고 있는가를 모두 평가해야 한다. 평가 시에는 대상 시설물이 위치하고 있는 하천의 하천정비 기본계획 및 유역종합 치수계획 등 하천관리에 관한 상위개념의 최근 분석자료를 검토하여 수문학적 안전성 평가 자료로 활용하는 것을 기본으로 한다.

① 방조제 둑마루 표고 결정의 적정성

KDS 51 00 00(하천설계기준)에 의하면 둑마루 표고는 다음과 같이 산정된다.

둥마루표고 = 설계조위 + 파고(또는 처오름 높이) + 여유고

상기 식에서 각 항목의 결정은 KDS 51 00 00(하천설계기준), 항만 및 어항 설계기준 (2020) 및 KDS 67 65 90(해면간척 유지관리) 등에 제시된 정의 및 산정방법에 의해 이루어진다. 방조제 둑마루 표고에 대한 적정성을 평가할 때는 침하로 인한 여유고의 감소(측량 또는 계측자료 분석 등 이용) 여부 뿐 아니라 자료 축적에 따라 가변적인 설계조위, 처오름 높이 등을 모두 고려해야 한다.

- 설계조위 : 설계조위는 구조물이 가장 위험하게 되는 조위로 하는 것이 원칙이다. 구조물의 목적에 따라, 그리고 같은 목적의 구조물이라도 설계 계산의 목적에 따라 다른 설계조위를 적용하는 경우가 있다. 예를 들면, 폭풍해일 대책시설에 있어서 마루높이는 월파량에 의하여 결정되므로 월파량이 최대가 되는 조위를 설계조위로 하지만, 안정 계산에 있어서는 보다 낮은 조위에서도 위험한 경우가 있으므로 이때에는 그 조위를 설계조위로 하여야 한다.
- 처오름 높이 : 파의 처오름 높이는 제체의 형상, 설치 위치 및 해저지형에 따라 적절히 산정한다. 자세한 산정방법은 상기 기준에 제시된 내용을 참조한다.

- 여유고 : 하구둑의 여유고는 구조물의 중요도, 유지관리, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능 등에 따라 결정되나 1.0m 전후의 여유고를 둔다. 하구둑의 침하의 주요 원인은 성토제 및 기초지반의 압밀 등에 의하여 발생하는 것으로 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산한다.

[표 7.84] 방조제 여유고의 적정성에 대한 평가기준

평가등급	평가점수	상태
a	5	독마루 표고에 대한 여유고를 확보한 경우
b	4	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 0~50%까지인 경우
c	3	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 50~100%까지인 경우
d	2	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 100~120%까지로 도파의 가능성이 있는 경우
e	1	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 120%를 초과하여 도파로 인한 제방 안전성에 문제가 있을 경우

주) 상기 표에서 ‘여유고’는 과업 시점에서 변경된 조건 및 실측값을 고려하여 ‘독마루 표고-조위-처오름 높이’한 값을 의미함.

② 배수갑문 방류능력에 대한 안전성

KDS 54 00 00(댐 설계기준)에 의하면 방류 시 형성되는 월류수맥이 월류수면 상부구조물에 관하여 확보해야 할 여유고(상부구조물과 월류수맥 간 간격)는 다음과 같이 제시되어 있다.

- 월류수면 상부구조물의 여유고에 있어 계획홍수량이 방류되는 경우 월류부에 설치되는 수문과 교각 구조물의 공간 높이는 월류수맥의 상부 경계면보다 1.5m 이상의 여유가 있도록 해야 한다. 단, 월류수심이 2.5m 이하일 경우에는 여유고를 1.0m 정도로 취할 수 있다.
- 이상 홍수량에 대해서는 이 여유고 제한에 의하지 않아도 좋으나, 흐름이 월류수면 상부 구조물에 직접 부딪히지 않게 여유를 갖도록 해야 한다.
- 하구둑의 경우 배수갑문 상부구조물은 대부분 공도교 형태로 이루어져 있으므로 갑문 방류 시 흐름이 상부구조물의 기능을 저해하지 않도록 유지되는 것이 바람직하기 때문에 상기 기준에 제시된 여유고 확보 기준에 따라 안전성 평가를 수행한다.
- 한편, 유입 홍수량에 대한 배수갑문 방류능력의 안전성을 평가하기 위해서는 홍수 유입수문곡선과 외조위 조건의 다양한 조합 및 배수갑문 규모 및 운영방식에 따라 결정되는 최고 내수위를 산정해야 한다. 이를 위해 필요한 자료는 다음과 같다.
 - 설계 빈도에 대한 홍수 유입수문곡선
 - 인근 기준 검조소 조위조건 및 조석 조화상수(국립해양조사원 제공)
 - 극대 호우사상에 대한 실측 홍수 유입수문곡선 및 외조위 기록

- 기왕 최고 외조위 기록
- 대조평균만조위에 대한 설계조위 및 실측조위곡선
- 하구둑 직상류부 담수호 내용적 곡선(토사 퇴적 고려)
- 이 자료 중 주기적으로 변화하는 외조위 조건과 홍수 유입수문곡선이 맞물리는 특성에 따라 ‘고고조(HHW) 일치형’, ‘고저조(HWH) 일치형’, ‘저고조(LHW) 일치형’, ‘저저조(LLW) 일치형’ 등의 조합을 형성하여 내수위를 검토한다. 각 조합별로 검토된 내수위 중 최고수위가 시설물의 수문학적 안전성에 있어 가장 불리한 조건을 형성하므로 이 최고수위를 기준으로 배수갑문의 방류능력에 대한 안전성을 평가한다.

[표 7.85] 배수갑문 통한 방류 시 월류수면 상부구조물 여유고에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	검토 여유고가 기준 여유고 이상인 경우
b	4	검토 여유고가 기준 여유고 이하이나 월류수면이 상부 구조물과 부딪히지 않는 경우
c	3	월류수면이 상부 구조물과 부딪히나 월류하지 않고 안전성에 문제가 없다고 판단되는 경우
d	2	월류수면이 상부구조물을 월류하나 피해정도가 경미한 경우
e	1	월류수면이 상부구조물을 월류하고 피해정도가 중대한 경우

5) 콘크리트 구조물의 정적해석평가기준

구조물은 구조물의 자중과 구조물에 작용하는 외력을 고려하여 전도, 활동, 지지력 안정해석과 구조체의 각 요소에 대한 응력 안전 해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 이상기후에 의한 홍수량의 증가, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가 되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 설계기준에서 제시되어 있는 기준에 의한 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용하며, 상시만수위, 계획홍수위, 최고수위 등에 대하여 적용하여야 한다.

(가) 전도에 대한 안정

하중 검토시 고려한 구조체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/3내에 작용하여 구조체 상류면에 연직방향의 인장응력이 발생하지 않도록 편심 거리(e)는 구조체 저면 길이의 1/6 이내이어야 한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 구조체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

Mr : 저항 모멘트(N·m)

Mo : 전도 모멘트(N·m)

V : 수직력(N)

(나) 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 4.0 이상으로 한다.

$$F_s = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

Fs : 활동안전율

τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 고려한 구조체의 폭(m)

f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수

V : 수직력(N)

H : 수평력(N)

(다) 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 허용인장응력을 넘지 않도록 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\left(\frac{q_1}{q_2} \right) = \frac{\Sigma V}{L \cdot B} \left\{ 1 \pm \frac{6e}{L} \right\}$$

q₁, q₂ : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 구조체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 구조체의 폭(m)

[표 7.86] 활동, 전도 및 지지력에 대한 평가기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 4.0 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하여 상류측에 인장응력이 발생하지 않는 경우
b	4	—	—
c	3	활동에 대한 안전율이 3.5이상 4.0미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 발생하나 허용인장응력의 1/2이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 2.5이상 3.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력 1/2 이상이나 허용응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 2.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가결과로 산정함

(라) 정적 응력에 대한 안전

정적 해석은 정적상태시 구조물의 역학적 거동특성을 파악하여, 구조물에 발생하는 압축 및 인장응력을 허용응력과 비교 분석하여 안전성을 검토하고자 하였으며, 구조물에 작용하는 설계하중의 종류에는 여러 가지가 있으나 여건에 따라 선정 적용한다.

해석에 필요한 외력과 허용응력은 건설기준코드(구 농지개량사업계획설계기준(해면 간척편) 3.7.3항) 및 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)에 따르고, 건설기준코드(구 댐 설계기준), 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)에서 제시하고 있는 기준을 참고한다.

[표 7.87] 구조물의 정적응력에 대한 안전성 평가기준

평가기준	평가 점수	안전성평가기준	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	◦허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	0.9 ≤ SF(안전율) < 1	◦강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
d	2	0.75 ≤ SF(안전율) < 0.9	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

6) 콘크리트 구조물의 내진해석평가기준

구조물은 지진시 전도, 활동, 지지력에 대한 안정해석과 구조물의 각 요소에 대한 내진 응력에 대한 안전 해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 내진 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 지진의 발생 규모 및 빈도, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 KDS 14 20 80(콘크리트 내진설계기준)등 관련 설계기준을 적용한다.

또한 내진성능평가에서 고려하는 하중은 정적인 상태의 구조물에서 지진이 발생된 경우 구조물에 가해지는 하중들로 정적하중, 동수압, 지진하중이 있다. 정적하중은 상시만수위 및 PMF시에 대한 하중조건이 있으나, 지진은 확률적으로 발생하는 자연 재해로 미래에 발생할 수 있는 지진을 고려하는 해석으로 PMF시 지진이 발생하는 것을 고려한 해석은 너무 과대한 해석으로 판단되어 상시만수위에서만 발생한다고 가정하고 내진성능평가를 수행한다.

(가) 전도에 대한 안정

하중검토시 고려한 구조체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/2 내에 작용하여야 한다. 따라서, 편심거리(e)는 구조체 저면 길이의 1/4 이내 이어야 한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum V}$$

e : 구조체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

Mr : 저항 모멘트(N·m)

Mo : 전도 모멘트(N·m)

V : 수직력(N)

(나) 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 2.7 이상으로 한다.

$$F_s = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \sum V}{\sum H}$$

Fs : 활동안전율

τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 고려한 구조체의 폭(m)

f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수

V : 수직력(N)

H : 수평력(N)

(다) 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 허용인장응력을 넘지 않도록 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\left(\frac{q_1}{q_2} \right) = \frac{\sum V}{L \cdot B} \left\{ 1 \pm \frac{6e}{L} \right\}$$

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 구조체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 구조물의 폭(m)

[표 7.88] 전도 및 지지력에 대한 평가기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 2.7 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하며 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
b	4	—	—
c	3	활동에 대한 안전율이 2.2이상 2.7미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하나 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 1.7이상 2.2미만일 경우	상류측에 인장응력이 허용인장응력 이상이나 균열응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 1.7미만일 경우	상류측에 발생응력이 균열응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가결과로 산정함

나. 기계·전기설비

기전설비의 안전성평가는 안전성에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않는다.

안전성평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며, 안전성평가결과를 동일규격의 설비에 같이 적용한다.

제반설계서 또는 기존의 정밀안전진단 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 안전성을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행한다.

- ① 하중의 산출은 계획수위(하천정비 기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 문비의 바닥고에 따라야한다.
- ② 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재 설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개량사업 계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야한다.
- ③ 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고 특별한 경우(부식이 많이 진행된 경우 등)에는 실측값을 적용한다.
- ④ 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가결과를 결정한다.

[표 7.89] 문비 구조검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 응력비가 1.5 이상인 경우
b	4	산출된 응력비가 1.5 미만 1.1이상인 경우
c	3	산출된 응력비가 1.1 미만 1.0이상인 경우
d	2	산출된 응력비가 1.0 미만 0.9이상인 경우
e	1	산출된 응력비가 0.9미만인 경우나, 부식으로 단면손실이 있는 경우

※) 응력비는 부재의 허용응력/발생응력에 대한 비율로 산출한다.

7.5.3 안전성평가결과 산정 방법

가. 일반

각종 해석을 통하여 안전성 평가기준에 따른 각각의 안전성평가결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 안전성평가결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 안전성평가지수(E_s)는 각 검토항목의 안전성평가결과 중 가장 낮은 안전성평가결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최댓값

M_i : 검토항목의 최대 및 최솟값을 제외한 나머지 값들

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가결과를 하나의 검토항목으로 간주하여 위의 식에 의해 최종적인 전체 구조물의 안전성평가결과를 결정할 수 있다.

안전성평가는 각 시설물의 개별부재 또는 복합부재에 대한 각종 해석 후 각각의 안전성 평가기준에 따른 안전성평가결과를 결정한 후 위의 식으로 개별시설의 안전성평가지수를 산출한다.

또한 아래의 표에 제시된 안전성평가지수 범위에 따른 안전성평가기준에 의해 개별 시설의 안전성평가결과를 결정한다.

[표 7.90] 안전성평가지수에 따른 안전성평가기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가점수	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	

하구둑 시설물에는 분야별로 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 및 부대시설로 구분할 수 있으며, 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 안전성평가결과 산정절차를 시설물별로 구분하여 예시하였다.

나. 방조제

[표 7.91] 방조제 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조검토	—	—	3. 사면안정검토	b	4
2. 구조물안정검토	—	—	4. 응력-변형검토	c	3
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 $Es = \text{Min}$, N=2이면 $Es = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$ 1.2) N>2이면 $Es = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					3.30
3. 개별시설 안전성평가결과 =					C

다. 배수갑문

[표 7.92] 배수갑문 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조해석	a	5	3. 수리수문해석	d	2
2. 구조물안정해석	b	4	4. 응력-변형해석	—	—
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 $Es = \text{Min}$, N=2이면 $Es = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$ 1.2) N>2이면 $Es = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					2.72
3. 개별시설 안전성평가결과 =					C

라. 기계·전기설비

[표 7.93] 기전설비 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 휨	a	5			
2. 전단	b	4			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 $Es = Min$, N=2이면 $Es = Min + 0.3 \times (Max - Min)$ 1.2) N>2이면 $Es = Min + 0.3 \times (Max - Min) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ $= 3 + 0.3 \times (5 - 3) \times 4 / (5 \times (3 - 2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					4.30
3. 개별시설 안전성평가결과 =					B

7.6 종합평가기준 및 방법

7.6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 [표 7.94]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 7.94] 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수($E_{4\sim7}$)	종합평가기준	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	

7.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E_4)로 결정한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음하고, 종합평가지수(E_4)를 적용하여 개별시설의 종합평가결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

나. 종합평가결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가결과 산정절차를 예시하였다.

1) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E_4)로 적용한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음하고 [표 7.94]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

$$\text{개별시설의 종합평가지수 } (E_4) = \text{Min}(E_c, E_s)$$

여기서, E_c : 개별시설의 상태평가지수

E_s : 개별시설의 안전성평가지수

[표 7.95] 개별시설 평가표 (예)

개 별 시 설 :	수문구조물			표번호
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7			4-1
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(m) S	계산값 $E_3 \times S$
Pier1	c	3.43	15	51.5
Pier2	b	3.50	15	52.5
Pier3	b	3.77	15	56.5
Pier4	b	3.67	15	55.1
Pier5	c	3.02	15	45.3
Pier6	c	3.19	15	47.9
Pier7	b	3.59	15	53.9
합계(Σ)			105.0	362.8
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =				3.77
2. 상태평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				3.02
3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min.}) = 0.3 \times (3.77 - 3.02) =$				0.23
4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / (5 \times \Sigma S) = 362.8 / (5 \times 105.0) =$				0.69
5. 개별시설의 상태평가지수(E_c) = $\text{Min.} + V_1 \times V_2 = 3.02 + 0.23 \times 0.69 =$				3.18
6. 개별시설의 상태평가결과 =				C
안 전 성 평 가				
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과
1. 구조해석	a	5	3. 사면안정해석	
2. 구조물안정해석	b	4	4. 수리수문해석	d
				2
<검토자 의견>				
1. 평가항목수(N)에 따라 E_s 수식 선택				
1.1) $N=1$ 이면 $E_s = \text{Min.}$, $N=2$ 이면 $E_s = \text{Min.} + 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min.})$				
1.2) $N>2$ 이면 $E_s = \text{Min.} + 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min.}) \times \Sigma M / (5 \times (N-2))$				
(Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)				
2. 개별시설 안전성평가지수(E_s) =				2.72
3. 개별시설 안전성평가결과 =				C
종 합 평 가				
1. 개별시설 종합평가지수(E_4) = 최솟값 (E_c, E_s) =				2.72
2. 개별시설 종합평가결과 =				C

※ 본 예에서는 피어의 규모(S)가 동일하므로 배수갑문 중방향의 기초저판 길이 적용

2) 5단계 평가 : 복합시설 평가표 작성

배수갑문은 각각 기능이 다른 다수의 개별시설(수문구조물, 호안공, 물받이공, 바닥보호공, 접속교량 등)이 모여 홍수배제 및 조수방어라는 하나의 목적을 수행한다.

각각의 개별시설들은 주요시설과 보조시설로 구분할 수 있으며, 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다.

복합시설의 평가는 개별시설의 종합평가지수(E4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 종합평가지수(E5)를 산출하고 종합평가결과를 결정한다.

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

여기서, E4 : 개별시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.96] 개별시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	수문구조물	물받이공	호안공 (옹벽 등)	바닥보호공	접속교량	비고
중요도	55 ±11(20%)	15 ±3(20%)	10 ±2(20%)	5 ±1.0(20%)	15 ±3.0(20%)	
중요도 (조정 후)	55×100/85 =64.7 ⇒ 65	15×100/85 =17.6 ⇒ 17	10×100/85 =11.8 ⇒ 12	5×100/85 =5.9 ⇒ 6	—	

※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 7.97] 복합시설 평가표 (예)

복 합 시 설 :		배수갑문				표번호
4단계 표번호 :		4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5				5-1
개별시설	평가결과	평가지수 E ₄	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E ₄ ×A×W
수문구조물	C	2.72	3	65	195.0	530.4
물받이공	C	3.20	3	17	51.0	163.2
호안공(옹벽)	C	3.27	3	12	36.0	117.7
바닥보호공	C	3.05	3	6	18.0	54.9
접속교량						
합계(Σ)				100	300.0	866.2
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E ₅)=Σ(E ₄ ×A×W)/Σ(A×W)=866.2/300.0 =						2.89
2. 복합시설의 종합평가결과 =						C

3) 6단계 평가 : 통합시설 평가표 작성

하구둑은 유지관리 특성이 다른 다수의 복합시설(배수갑문, 방조제, 기전설비)로 구성되어 하구둑의 설치목적인 조수방어 및 홍수배제를 수행하는 통합시설에 해당한다.

이들은 각각의 시설에 문제가 발생할 경우 통합시설의 안전과 목적수행에 미치는 영향은 차이가 발생할 수 있으므로 복합시설이 통합시설에 미치는 영향을 고려하여 그 중요도를 반영하며, 이때 복합시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정한다. 책임 기술자는 복합시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 복합시설이 있는 경우

- 책임기술자가 그 복합시설의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 복합시설들은 규정된 비율대로 배분하여 감한다.

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우

- 그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분한다.

통합시설의 평가는 복합시설의 종합평가지수(E5)에 조정계수 및 중요도를 반영하여 통합시설의 종합평가지수(E6)를 산출하고 종합평가결과를 결정한다.

하구둑 시설물의 평가는 통합시설 평가표(6단계평가)를 작성하는 것으로 종료된다.

$$\text{통합시설의 종합평가지수(E6)} = \sum(E5 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E5 : 복합시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.98] 복합시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	배수(갑)문	방조제	기전설비	부대시설 (조작실 등)	비 고
중요도	55 ±11(20%)	30 ±6(20%)	12 ±2.4(20%)	3 ±0.6(20%)	
중요도 (조정 후)	55×100/97 =56.7 ⇒ 57	15×100/97 =30.9 ⇒ 31	10×100/97 =12.4 ⇒ 12	—	

※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 7.99] 통합시설 평가표 (예)

통 합 시 설 :	하구둑					표번호
5단계 표번호 :	5-1, 5-2, 5-3					No. 6-1
복합시설	평가결과	평가지수 E_5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A \times W$	계산값 $E_5 \times A \times W$
배수갑문	C	2.89	3	57	171.0	494.2
방조제	C	3.19	3	31	93.0	296.7
기전설비	B	3.63	2	12	24.0	87.1
합계(Σ)				100	288.0	878.0
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 종합평가지수(E_6) = $\Sigma(E_5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 878.0 / 288.0$						
2. 통합시설의 종합평가결과 =						
						3.05
						C

7.7 보수·보강 방법

하구둑 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

7.7.1 방조제

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

적용할 수 있는 일반적인 보수·보강방법은 다음과 같다.

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

7.7.2 수문

수문의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수·보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

7.7.3 콘크리트 구조물

토목구조물의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수·보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

7.7.4 전기설비

전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.