제6장 하 쿠 독

6.1 관리일반

6.2 현장조사

6.3 재료시험 항목 및 수량

6.4 안전성능 평가기준 및 방법

6.5 내구성능 평가기준 및 방법

6.6 사용성능 평가기준 및 방법

6.7 종합평가기준 및 방법

제6장 하구둑

6.1 관리일반

6.1.1 적용 범위

본 장은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제40조 및 같은 「법」 시행령(이하 「영」이라 한다) 제28조에서 정하고 있는 시설물 중 하구둑 시설물에 적용한다.

하구둑의 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

○ 건설기준코콘크리트 구조기준)

○ 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)

○ 건설기준코드(구 댐 설계기준)

○ 건설기준코드(구 하천 설계기준)

○ 건설기준코드(구 농지개량사업계획설계기준(해면간척편, 댐편))

○ 「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 관리주체와 사전협의하여 적용할 수 있다.

※ 방조제의 성능평가 실시 시에는 본 장의 성능평가 요령을 준용할 수 있다.

6.1.2 용어 정의

○ 하구둑

- 하구둑은 각종 용수이용을 목적으로 하천과 해안의 경계부에 설치하는 둑을 말하며, 조류를 차단하여 담수호를 조성하고 둑을 이용하여 교통개선을 하며 매립지조성을 한다.

○ 어도시설

- 하천에서 서식하는 회유성(回遊性) 어류 등 수산생물이 원활하게 이동할 수 있도록 인공적으로 만들어진 수로 또는 장치

○ 차량통행용 및 관리용 교량

- 하구둑 배수갑문에 설치되어있어 차량통행 및 관리용으로 통행할 수 있도록 축조하는 구조물

○ 스톱로그

- 주수문 등의 보수나 점검 시에 수위 유지, 역류 방지 등을 위하여 상하류의 수압 평형상태에서 조작되는 수문

○ 관리동·조작실 등 건축물

- 하천(하구둑)의 관리, 유지보수 및 운영·계측, 변전소, 스톱로그 보관 등을 위한 하천(하구둑) 시설에 속해 있는 관리동, 조작실, 보관실 등의 건축물

○ 접근수로 제방

- 수위차가 있는 방조제 내외를 선박이 통선문 쪽으로 안전하게 접근하여 항해할 수 있도록 하는 구조물로 주로 하굿둑에 토사 및 콘크리트 등으로 축조한 구조물

○ 추락방지시설

- 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설

○ 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)

○ 환기구 등의 덮개

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

6.1.3 성능평가 실시 범위

하구둑의 성능평가 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 아래 표와 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 성능평가는 해당 시설물(교량, 건축물 등) 에 따라 실시하여야 한다. 다만, 사용성능평가는 본 세부지침에 따라 실시한다.

② 대상 시설물은 안전점검등 및 성능평가 비용의 산정기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부대 시설물 및 기타 시설물이 「영」 제4조에 따른 제1종・제2종시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제11조 및 제12조에 따라 제1종시설물은 제1종성능평가를 실시하여야 하고, 제2종시설물은 제2종성능평가를 실시하여야 한다.

[표 6.1] 성능평가 대상시설물의 세부범위

구분	부재명	성능평가		비고
		제1종성능평가	제2종성능평가	
기본 시설물	방조제	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	배수(갑)문	○	○	
	배수(갑)문 강재수문[1)]	○	○	
부대 시설물	어도시설	○		제1종성능평가 : 선택과업 제2종성능평가 : 선택과업
	차량통행용 및 관리용 교량	○		
	스톱로그	○		
기타 시설물	관리동 등 건축물			제1종성능평가 : 선택과업 제2종성능평가 : 선택과업
	접근수로 제방			
공중이 이용하는 부위	추락방지시설	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	도로포장	○	○	
	도로부 신축이음부	○	○	
	환기구 등의 덮개	○	○	

주1) 수문 또는 문비는 이하 '강재수문'으로 표기한다.

6.1.4 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
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 제체기초 및 양안부의 침식, 침투에 대한 기준이 "d" 이하인 경우
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 배수갑문 콘크리트 구조물의 세굴 등에 대한 기준이 "d" 이하인 경우
2) 하구둑의 본체, 강재수문의 파손, 누수 또는 세굴
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 제체를 통한 누수에 대한 기준이 "d" 이하인 경우
   ○ 상태안전성능 평가지표 중 배수갑문에서 수축이음부 누수 또는 수평시공이음부 누수 등에 대한 기준이 "e" 이하인 경우
   ○ 사용성능 평가지표 중 강재수문에서 권양기 작동에 대한 기준이 "d" 이하인 경우
3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실
   ○ 내구성능 평가지표 중 탄산화 깊이 또는 염화물 침투량 등에 대한 기준이 "e" 판정으로 상태안전성능 평가지표 중 철근노출 상태안전성능 평가기준에서 "e"를 포함하는 경우

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

6.2 현장조사

6.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

가. 안전성능 평가

[표 6.2] 하구둑 시설물의 안전성능 평가항목

구분			평가항목
상태 안전성능	콘크리트구조물		◦ 균열
			◦ 박리
			◦ 박락 및 층분리
			◦ 철근노출
			◦ 누수
			◦ 파손 및 재료분리
			◦ 백태
	방조제(제체)		◦ 제체 마루의 종·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)
			◦ 제체 기초 및 양안부의 침식, 침투
			◦ 제체 식생
			◦ 제체 동물서식
	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
	기전설비	강재수문 및 문틀	◦ 강재수문 부식
			◦ 강재수문 변형
			◦ 누수
			◦ 마찰부(힌지, 롤러) 손상
		전기설비	◦ 기타사항
구조 안전성능	방조제 및 배수갑문		◦ 침투수의 안전성능 분석
			◦ 사면활동의 안전성능 분석
			◦ 응력-변형의 안전성능 분석
			◦ 수리·수문학적 안전성능 평가
			◦ 콘크리트 구조물의 정적해석평가
			◦ 콘크리트 구조물의 내진해석평가
	기계·전기설비		◦ 휨, 전단 등에 대한 응력비

나. 내구성능 평가

[표 6.3] 하구둑 시설물의 내구성능 평가항목

부재구분	평가항목
방조제 및 배수갑문 (콘크리트 구조물)	◦ 탄산화 깊이
	◦ 염화물 침투량
	◦ 피복(표면부) 콘크리트의 품질
	◦ 염해환경
	◦ 동해환경
기계·전기설비 (강재 구조물)	◦ 발청 및 도장열화
	◦ 도장두께
	◦ 대기환경(해안이격거리, 이산화황 농도, 습도)
	◦ 권양기의 와이어로프의 직경감소 및 소선절단

다. 사용성능 평가

[표 6.4] 하구둑 시설물의 사용성능 평가항목

부재구분	평가항목
기계·전기설비	◦ 권양기 작동유무
	◦ 권양기 마찰부 손상
	◦ 현장제어반 및 조작반 손상
	◦ 구동모터 및 브레이크 손상
	◦ 강재수문 작동유무
기타 부대시설	◦ 점검시설
	◦ 염분침투

라. 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 6.5] 공중이 이용하는 부위 점검항목

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

6.2.2 현장조사 요령

가. 시설물별 현장조사 요령

1) 하구둑 기초자료 조사·분석

- 시설물별 성능평가의 일반적인 점검항목을 안전성능 항목, 내구성능 항목, 사용성능 항목으로 구분하여 수행한다.
- 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.

2) 방조제

- 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.
- 수중부위에 대해 세굴여부 등을 조사한다.
- 상태안전성능 평가에 근거하여 구조안전성능 평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.
- 구조안전성능의 측면에서 제방은 적절한 제고와 단면을 유지하여 해수와 내수가 월류 되지 않아야 하며, 허용량이상의 누수를 발생시키지 않아야 하며, 자연적, 인위적 하중에 안전하여야 한다.

3) 배수(갑)문

- 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.
- 또한 수중조사 등을 통해 언주(교각, 교대), 기초상판, 물받이공, 바닥보호공 등의 상태를 확인한다.
- 측량을 통해 구체구조물의 침하상태를 판단한다.
- 상태안전성능 평가에 근거하여 구조안전성능 평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.
- 구조안전성능의 측면에서 강재수문(갑문)은 충분한 통수단면을 확보하고 양압력, 수압, 파압, 풍압, 지진력 등 자연적 하중에 안전하여야 한다.
- 교량에 의한 인위적 하중과 기계·전기적으로도 안전하여야 한다.

4) 기전설비

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

5) 부대시설

- 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요시 관리주체와 협의하여 수행할 수 있다.
- 조작실은 부대시설로 구분하고, 공항(여객터미널)편에 따라 평가한다.

나. 성능항목 별 현장조사 요령

1) 안전성능 평가

(가) 외관조사 요령

- 시설물별 현장조사 요령을 참조하여 수행한다.

(나) 현장조사 요령

(1) 점검항목

① 콘크리트 비파괴강도(초음파 전달 속도)

② 철근배근상태

③ 철근 부식도 시험

④ 실내시험(콘크리트 코어 강도 등)

⑤ 제방의 거동

⑥ 토질조사

⑦ 제방단면

⑧ 구조물의 내하력

⑨ 강재수문의 통수능력

⑩ 접속교량

⑪ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 점검방법

① 콘크리트 비파괴강도

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

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 실시한다.

③ 철근 부식도 시험

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

④ 실내시험(콘크리트 코어 강도 등)

- 콘크리트 코어 강도 등에 관한 KS규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

⑤ 제방의 거동

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 제방의 전체적 침하는 측량에 의해 결정한다.
  - 제방 종횡단 및 현황측량, 침하판 매설 시 이에 대한 측량
- 계측자료를 통한 제방거동분석을 통해 이를 판단한다.
- 아울러 상태안전성능 평가 시에 발견된 각종 균열에 대해서도 제방거동분석을 통해 그 원인을 판단한다.

⑥ 토질조사

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 상태안전성능 평가 시 선정된 지점에 대한 토질조사를 통해 제방재료의 강도 등을 산정하여 활동, 누수, 파이핑 등에 대해 검토하며, 이를 위해 다음과 같은 시험을 실시한다.
  - 시추 (표준관입시험, 불교란 시료채취, 현장투수시험 등)
  - 침윤선조사 (레이다탐사, 전기탐사, 공내색도 주입 등)

⑦ 제방단면

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 측량성과를 기준으로 제방단면의 적정성(형식, 정폭, 사면기울기)과 제고(설계고조위+도파고+여유고)의 적정성을 검토한다.

⑧ 구조물의 내하력

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 구조물의 내하력을 계산하여 구조물에 미치는 자연적, 인위적 하중에 대해 구조안전성능을 확보하고 있는지를 결정한다.
- 이때 현장측정자료(현황측량, 부재치수 측정 및 철근탐지결과 등)를 근간으로 구조안전성능 평가를 실시하여야 하며, 준공도면, 구조계산서 등을 참고로 한다.

⑨ 강재수문의 통수능력

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 강재수문의 통수단면 적정성 판단은 기존 수리·수문자료 또는 전문기관에 의한 제조사 자료에 근거한다.

⑩ 접속교량

- 구조안전성능을 판별하기 위해 필요시 관리주체와 협의하여 수행한다.
- 배수갑문에 설치되어 있는 접속교량에 대한 성능평가는 제1장 교량에 준하여 실시한다.

2) 내구성능 평가

(가) 자료조사

(1) 자료조사 항목

① 대기환경

- 해안 이격 거리
- 이산화황 농도(ppm)
- 습도

② 열화환경

- 염해환경
- 동해환경

③ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 자료조사 항목

① 해안 이격 거리

- 대상시설물의 위치(주소)를 확인하고 지도에서 주변에 영향을 줄 수 있는 해안이 있는지 확인 후 인터넷 포털사이트 등을 이용하여 시설물에서 해안까지의 최단 거리(직선거리)를 측정한다. 다만, 하구둑의 경우 해안과 인접한 시설물의 위치특성을 고려하여 해안 이격거리를 산정·평가할 수 있다.
- 필요 시 책임기술자의 판단에 따라 도장열화에 영향을 줄 수 있는 해안에 대한 현장을 조사한다.

② 이산화황 농도(ppm)

- 이산화황 농도의 지역별 분류는 에어코리아 환경부 대기환경정보에서 제공하는 지역별 10년 동안 평균농도자료를 기준으로 한다.
- 필요시 책임기술자 판단에 따라 분류한 지역에 노출시험지를 설치하여 이를 주기적으로 측정하고, 실내시험과 현장조사와의 상관성을 고려하여 아황산가스와 부식과의 관계를 도출할 수 있다.

③ 습도

- 기상청에서 제공하는 '기상연보'를 통한 해당지역의 10년 동안 평균 젖음 시간(τ, 0℃ 이상의 온도에서 상대 습도가 80% 이상인 경우) 관측일을 산정하여 결빙, 적설자료를 사용한다.

④ 염해환경

- 대상시설물의 위치(주소)를 확인하고 해안까지의 최단 거리(직선거리)를 측정하며, 해안선의 기준은 만조를 기준으로 한다.

⑤ 동해환경

- 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)의 기상관측 자료를 통하여 지난 10년간 동절기의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사한다.
  - 동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일
- 대상지점의 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소를 설정하며, 같은 시라고 해도 관측지점에 따라 다소 큰 차이가 있으므로 가까운 관측소를 기점으로

반영한다. 단, 군소단위의 관측소가 없다면 시 관측소를 활용한다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 X 값 =
  : {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X 값 =
  : {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

여기서, X는 동결융해 반복지수를 의미하며, 수분접촉 여부에 따라 구분·산정

(나) 외관조사 요령

(1) 점검항목

① 강재의 도장열화(발청, 박리, 균열, 부풂, 변색·백아화)

② 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 점검방법

- 긩재수문에 대한 강재 도장열화 조사 시 강재수문에 대한 전수조사를 실시하여 열화도를 낮음, 보통, 높음의 3가지 수준으로 구분하고 각 수준별로 1개소 이상씩을 조사 대상으로 선정한다.
- 조사 대상 선정 시 전체 강재수문 중 25%, 3개 이상의 조건을 만족하여야 하며, 조사 대상 외의 경우는 유사 강재수문으로 지정한다. 이 때 조사대상 개수가 선정기준 미만인 경우에는 관리주체와 협의하여 선정한다.
- 외관조사에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.
  - 사진자료는 매 성능평가 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.
- 도장을 하지 않는 권양기 와이어로프는 열화항목 중 발청에 대해 조사하며, 조사 대상인 강재수문의 와이어로프를 중심으로 조사한다.

(다) 현장조사 요령

(1) 점검항목

① 강재 도장 두께

② 권양기 와이어로프 직경감소 및 소선절단

③ 피복 콘크리트 품질

④ 콘크리트 탄산화 깊이

⑤ 콘크리트 염화물 침투량

(2) 점검방법

① 강재 도장 두께

- 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기에 의해 측정한다.

② 권양기 와이어로프 직경감소 및 소선절단

- 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

③ 피복 콘크리트 품질

- 피복 콘크리트 품질은 반발경도 값을 원칙으로 사용하며, 설계강도 값과 비교하는

경우와 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우로 구분하여 실시한다.

- 설계 강도 값과 비교하는 경우는 강도 추정 값과 설계 값을 비교하여 피복 콘크리트의 내구성능을 평가한다.
- 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우는 강도를 추정할 필요가 없으며, 반발경도 값을 직접 비교하여 판정한다.

③ 콘크리트 탄산화 깊이

- 탄산화 깊이 측정은 KS 규격에 따라 실시하며, 시료를 직접 채취하거나 일부 떼어내기 혹은 드릴링을 통해 시료를 확보하여 적절한 측정 장비를 이용하여 탄산화 깊이를 측정한다.
- 검사부위는 부재가 위치한 환경과 설계·시공 상태를 고려하여 건전한 곳을 선택한다.

④ 콘크리트 염화물 침투량(콘크리트 염화물 함유량)

- 콘크리트 내의 염화물 침투량(염화물 함유량)에 관한 KS 규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

3) 사용성능 평가

(가) 자료조사

(1) 자료조사 항목

① 현장제어반 및 조작반

② 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 자료조사 방법

① 현장제어반 및 조작반

- 현장제어반 및 조작반이 신규로 설치되었는지 여부를 조사
- 필요 시 현장조사를 통해 조사할 수 있다.

② 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 현장조사

(1) 현장조사 항목

① 권양기의 작동유무

② 현장제어반 및 조작반

③ 구동모터 및 브레이크

④ 전기설비 작동유무

⑤ 점검시설

⑥ 염분침투

(2) 현장조사 방법

① 권양기의 작동 유무

- 진동소음의 경우 권양기의 작동시험을 시행하는 중에 모터부 하측 감속기부 하측에 대하여 수직(또는 수평)방향에 대하여 각각 1회 이상 진동값을 측정하고 분석하며, 진동측정중이나 그 후에 모터측 커플링측 감속기측에 대하여 1m 거리에서의

소음을 각 1회 이상 측정하고 분석하여 평가한다.

② 현장제어반 및 조작반

- 육안조사를 통해 변형·파손 등의 유무를 조사하고 필요 시 조작·작동 가능 여부를 조사한다.
- 필요 시 절연·접지 상태 등을 포함하여 전지적 제어 가능 여부를 조사한다.

③ 구동모터 및 브레이크

- 육안조사를 통해 전반적인 상태를 평가한다.
- 필요 시 구동모터의 공급전압, 운전전류, 온도상승여부 등을 측정·조사하여 운전상태의 이상 유무를 파악하고, 공급전압 및 운전전류는 클램프미터, 전력 분석기 등을 활용하여 구동모터의 정·역(권상·권하)상태에서 전압 및 전류를 1회 이상 측정하여 이때 측정값이 정격전압·전류를 초과하는지 등을 확인한다.

④ 강재수문 작동유무

- 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재상승, 하강, 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태를 확인한다.
- 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시 여부를 검토한다.

⑤ 점검시설

- 시설물 조사에 필요한 접근로 및 점검로의 유무와 상태를 조사한다.

⑥ 염분침투

- 하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 염분농도가 가장 높게 나타나는 갈수기 때 염분농도 측정 데이터를 활용하여 평가한다.
- 취수장에서의 염분농도 측정 데이터가 없는 경우, 취수장과 가장 가까운 저수지, 하천 등에서의 측정데이터를 활용하여 평가한다.
- 갈수기는 하천의 유량이 감소하는 시기를 나타내며, 가뭄과 겨울철에 적설, 결빙으로 인해 발생하며, 매년 12월 1일부터 다음해 4월 30일까지의 기간으로 나타낸다.

4) 공중이 이용하는 부위

① 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.

② 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.

③ 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

6.3 재료시험 항목 및 수량

6.3.1 재료시험 항목

가. 제2종성능평가

[표 6.6] 제2종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업	선택과업
안전성능	콘크리트 구조물	◦ 콘크리트 강도 – 비파괴시험 : 반발경도시험[1)]	◦ 철근탐사시험[2)] – 철근 배근상태 – 철근 피복두께
			◦ 콘크리트 강도 – 국부파괴시험법 : 코어강도 – 비파괴시험 : 초음파전달속도시험
내구성능	콘크리트 구조물	◦ 피복(표면) 콘크리트 품질 – 비파괴시험 : 반발경도시험[1)]	–
		◦ 탄산화깊이	
		◦ 염화물 침투량	
	강재	◦ 도장두께[3)]	–
사용성능	기전설비	–	◦ 강재수문 및 각종 기기의 시험

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

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

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

나. 제1종성능평가

[표 6.7] 제1종성능평가 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="3">콘크리트
구조물</td><td>◦ 콘크리트 강도
– 비파괴시험 : 반발경도시험[1],
초음파전달속도시험</td><td rowspan="2">◦ 콘크리트 강도
– 국부파괴시험법 : 코어강도</td></tr>
<tr><td>◦ 철근탐사시험[2]
– 철근 배근상태
– 철근 피복두께</td></tr>
<tr><td>◦ 철근부식도 측정</td><td rowspan="2">◦ 콘크리트 물성 및 미세구조</td></tr>
<tr><td colspan="2">◦ 균열깊이 조사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강재수문</td><td rowspan="2">–</td><td>◦ 초음파두께측정</td></tr>
<tr><td>◦ 강재 용접결함조사</td></tr>
<tr><td rowspan="4">내구
성능</td><td rowspan="3">콘크리트
구조물</td><td>◦ 피복 콘크리트 품질
– 반발경도시험</td><td rowspan="3">–</td></tr>
<tr><td>◦ 탄산화깊이</td></tr>
<tr><td>◦ 염화물 침투량</td></tr>
<tr><td>강재수문</td><td>◦ 도장두께[3]</td><td>–</td></tr>
<tr><td>사용
성능</td><td>기전설비</td><td>◦ 강재수문 및 권양기 작동유무</td><td>◦ 강재수문 전기 및 기계
조사시험</td></tr>
</table>

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

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

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

6.3.2 재료시험 기준수량

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 6.8] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
반발경도시험	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ◦ 기타시설 : 시설물별 3회	
탄산화 깊이	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ◦ 기타시설 : 시설물별 3회	
염화물 침투량	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	
도장두께[2,3)]	◦ 강재수문 당 3개소, 1개소 당 3회 이상	

주1) 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재 상승, 하강. 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태의 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시여부를 결정한다.

주2) 도장두께 측정 강재수문은 책임기술자가 선정하며, 전체 강재수문 중 25%, 3개 이상의 조건을 만족하되 강재수문 개수가 선정기준 미만인 경우에는 관리주체와 협의하여 선정한다.

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

[표 6.9] 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취[1)]	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강도 및 염화물 침투량 시험 등
초음파전달 속도시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 날개벽 및 물받이 포함
철근탐사시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
각종 기기의 시험[2)]	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
접지저항측정[3)]	◦ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
절연저항측정[3)]	◦ 선로별로 1회 이상 측정 ◦ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
와이어로프 직경감소 및 소선절단[4)]	◦ 강재수문에 설치된 와이어로프 – 대상 와이어로프 당 3개소 이상 측정 – 1개소 당 일정 간격을 두고 3회 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) 온도・습도 및 토양의 상황 등에 의하여 변화하므로 접지 저항계 등을 사용하여 현장 제어반 및 전동기, 피뢰침 설비 등으로 분류하여 측정한다.

- 접지저항측정 과업 수행 시 책임기술자의 소견을 보고서에 수록하여야 하며, 결과를 사용성능 평가에 활용할 수 있다.

주3) 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정한다.

- 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
- 절연저항측정 과업 수행 시 책임기술자의 소견을 보고서에 수록하여야 하며, 결과를 사용성능 평가에 활용할 수 있다.

주4) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 6.10] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
초음파 전달속도시험	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ◦ 기타시설 : 시설물별 4회	
철근탐사시험[1)]	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ◦ 기타시설 : 시설물별 4회	
철근부식도 시험[2)]	◦ 배수갑문 : 1회	
균열깊이 조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
반발경도시험	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ◦ 기타시설 : 시설물별 4회	
탄산화 깊이	◦ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ◦ 기타시설 : 시설물별 1회	
염화물 침투량	◦ 배수갑문 : 해측 3회 ◦ 기타시설 : 시설물별 1회	
초음파두께측정	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	◦ 스킨플레이트를 최소 3개소 이상 측정 (개소당 4회 측정)
도장두께[3,4)]	◦ 강재수문 당 5개소, 1개소 당 3회 이상	
강재수문 및 권양기 작동유무	◦ 각 강재수문별 1회	

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

주2) 철근부식이 의심스러운 경우, 책임기술자의 판단에 따라 조사수량 추가

주3) 도장두께 측정 강재수문은 책임기술자가 선정하며, 전체 강재수문 중 25%, 3개 이상의 조건을 만족하되 강재수문 개수가 선정기준 미만인 경우에는 관리주체와 협의하여 선정한다.

주4) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

주5) 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재 상승, 하강. 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태의 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시여부를 결정한다.

[표 6.11] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취[1]	◦ 역 T형 배수갑문 : 총 피어수/3공 ◦ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ◦ 기타시설 : 시설물별 3공	◦ 강도 및 염화물침투량 시험 등
강재 용접결함탐상	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 자분탐상 또는 초음파탐상
각종 기기의 시험[2]	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
접지저항측정[3]	◦ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
절연저항측정[4]	◦ 선로별로 1회 이상 측정 ◦ 각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
권양와이어로프 직경감소 및 소선절단[5]	◦ 대상 와이어로프 당 3개소 이상 (1개소를 1m 범위로 함) – 1개소 당 20m 간격을 두고 5개 지점에서 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 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단

주3) 온도・습도 및 토양의 상황 등에 의하여 변화하므로 접지 저항계 등을 사용하여 현장 제어반 및 전동기, 피뢰침 설비 등으로 분류하여 측정한다.

- 접지저항측정 과업 수행 시 책임기술자의 소견을 보고서에 수록하여야 하며, 결과를 사용성능 평가에 활용할 수 있다.

주4) 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정한다.

- 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
- 절연저항측정 과업 수행 시 책임기술자의 소견을 보고서에 수록하여야 하며, 결과를 사용성능 평가에 활용할 수 있다.

주5) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

6.4 안전성능 평가기준 및 방법

6.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준 및 방법

1) 일반

하구둑 시설물의 상태안전성능 평가는 결함 및 손상 등 시설물의 물리적 상태변화와 연관된 성능지표 조사결과를 활용하여, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성능의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가 유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

2) 평가범위

하천시설물에 나타나는 다양한 형태의 손상을 기본으로 하였으며, 일반적인 콘크리트에서 나타나는 균열, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등과 구조물의 변형, 세굴, 침하 등을 대상으로 한다.

3) 평가유형의 구분

[표 6.12] 하구둑 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) 방조제

○ 제체

[표 6.13] 방조제의 상태안전성능 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
제체 마루의 종·횡방향 균열	중요 결함	1.0	a	5	○ 종·횡방향 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 종·횡방향 균열길이 0~1m이하 제정의 10% 이하인 상태
			c	3	○ 종·횡방향 균열길이 1~5m 제정의 10~50% 상태
			d	2	○ 종·횡방향 균열길이 5m이상 제정의 50% 이상, 난간이 기울어진 상태
			e	1	○ 종·횡방향 균열길이 5m이상 제정의 50% 이상, 종방향 균열깊이가 저수위 이하이고, 횡방향 균열이 깊고 저수위 이하까지 진행되었을 경우
제체 마루의 수평변위	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 과도한 수평변위가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 과도한 수평변위의 징후가 존재하나 경미한 상태 (융기 0~0.5 m, 측방이동 0~0.3 m 변위 발생시)
			d	2	○ 과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 심각한 상태 (융기 0.5 m 이상, 측방이동 0.3 m 이상 변위 발생시)
			e	1	○ 과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (융기 0.5 m 이상, 측방이동 0.3 m 이상 변위 발생시)
제체 마루의 유실	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 제체 마루의 유실면적이 5㎡ 이하인 상태
			c	3	○ 제체 마루의 유실면적이 5~15㎡ 미만인 상태
			d	2	○ 제체 마루의 유실면적이 15㎡ 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
			e	1	○ 제체 마루의 유실면적이 15㎡ 이상 매우 위험한 상태 (침하량과 누수량이 급격히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
제체 사면 불안정에 의한 마루손상	중요 결함	1.0	a	5	○ 최상의 건전한 상태
			b	4	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1m 이하의 손상이 있는 상태
			c	3	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1~2m 이하의 손상이 있는 상태
			d	2	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상의 손상이 있는 상태
			e	1	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상 매우 위험한 상태

[표 6.13] 방조제의 상태안전성능 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
제체를 통한 누수	중요 결함	1.0	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
제체 침하 및 변형	중요 결함	1.0	a	5	○결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○침하깊이 0~0.1 m 이하, 제체의 변형 0~10% 이하인 상태
			c	3	○침하깊이 0.1~0.5 m, 제체의 변형 10~50%인 상태
			d	2	○침하깊이 0.5 m 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
			e	1	○침하깊이 0.5 m 이상, 제체의 변형 50% 이상 위험한 상태
피복공의 변형 (배열이완, 이탈, 함몰)	중요 결함	1.0	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

[표 6.13] 방조제의 상태안전성능 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
제체 기초 및 양안부의 침식, 침투	중요 결함	1.0	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
제체 사면 식생	일반 손상	1.0	a	5	○사면에 식생이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○사면에 일년생 식물이 있는 상태
		1.3	c	3	○사면에 다년생 식물이 있는 상태
		1.7	d	2	○사면에 관목류가 있는 상태
		3.0	e	1	○사면에 다년생 식물 및 관목류가 있는 상태
제체 사면 동물서식	일반 손상	1.0	a	5	○사면에 동물의 서식 흔적이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○사면에 동물의 굴 직경이 0~10 mm 이하, 개수 0~1개
		1.3	c	3	○사면에 동물의 굴 직경이 10~50 mm, 개수 2~4개
		1.7	d	2	○사면에 동물의 굴 직경이 50 mm 이상, 개수 5개 이상
		3.0	e	1	○사면에 동물의 굴 직경이 50 mm 이상이 수없이 존재

(나) 배수갑문

○ 콘크리트 구조물

[표 6.14] 배수갑문 콘크리트 구조물의 상태안전성능 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	최대 균열폭	면적률 5%이하	면적률 20%이하	면적률 20%이상
일반 구조물 콘크리트 균열	국부 결함	1.0	a	5	0.1㎜ 미만	a	a	a
		1.1	b	4	0.1㎜~0.2㎜ 미만	a	a	b
		1.2	c	3	0.2㎜~0.3㎜ 미만	a	b	c
		1.4	d	2	0.3㎜~0.5㎜ 미만	b	c	d
		2.0	e	1	0.5㎜ 이상	c	d	e
수처리 구조물 콘크리트 균열	국부 결함	1.0	a	5	0.1㎜ 미만	a	a	b
		1.1	b	4	0.1㎜~0.2㎜ 미만	a	b	c
		1.2	c	3	0.2㎜~0.3㎜ 미만	b	c	d
		1.4	d	2	0.3㎜~0.5㎜ 미만	c	d	e
		2.0	e	1	0.5㎜ 이상	d	e	e
백태	일반 손상	1.0	a	5	○ 백태가 없음			
		1.1	b	4	○ 백태 발생 면적율이 5% 미만			
		1.3	c	3	○ 백태 발생 면적율이 5~10% 미만			
		1.7	d	2	○ 백태 발생 면적율이 10~20% 미만			
		3.0	e	1	○ 백태 발생 면적율이 20% 이상			
박리	국부 결함	1.0	a	5	○ 박리발생이 없음			
		1.1	b	4	○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리 면적율 10% 미만			
		1.2	c	3	○ 박리깊이 0.5~1.0㎜미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상			
		1.4	d	2	○ 박리깊이 1.0~25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5~10㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상			
		2.0	e	1	○ 박리깊이 10~25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○ 박리깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실			
박락 및 층분리	국부 결함	1.0	a	5	○ 박락/층분리의 발생이 없음			
		1.1	b	4	○ 박락/층분리 깊이 15㎜ 미만이면서 면적율 20% 미만			
		1.2	c	3	○ 박락/층분리 깊이 15~20㎜ 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/층분리 깊이 15㎜ 미만이면서 면적율 20% 이상			
		1.4	d	2	○ 박락/층분리 깊이 20~25㎜ 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/층분리 깊이 15~20㎜ 미만이면서 면적율 20% 이상			
		2.0	e	1	○ 박락/층분리 깊이 20~25㎜미만이면서 면적율 20% 이상 ○ 박락/층분리 깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실			

[표 6.14] 배수갑문 콘크리트 구조물의 상태안전성능 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
철근노출	국부 결함	1.0	a	5	철근노출 없음
		1.1	b	4	철근노출 면적률이 1.0% 미만
		1.2	c	3	철근노출 면적률이 1.0～3.0% 미만
		1.4	d	2	철근노출 면적률이 3.0～5.0% 미만
		2.0	e	1	철근노출 면적률이 5.0% 이상
균열을 통한 누수	국부 결함	1.0	a	5	○누수가 없음
		1.1	b	4	○현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)
		1.2	c	3	○누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)
		1.4	d	2	○누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)
		2.0	e	1	○누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)
파손	일반 손상	1.0	a	5	○ 파손이 없음
		1.1	b	4	○ 파손깊이 20㎜ 미만이면서 파손면적률 10% 미만,
		1.3	c	3	○ 파손깊이 20～50㎜ 미만이면서 파손면적률 10% 미만 ○ 파손깊이 20㎜ 미만이면서 파손면적률 10% 이상
		1.7	d	2	○ 파손깊이 50～80㎜ 미만이면서 파손면적률 10% 미만 ○ 파손깊이 20～50㎜ 미만이면서 파손면적률 10% 이상
		3.0	e	1	○ 파손깊이 80㎜ 이상이면서 파손면적률 10% 미만, ○ 파손깊이 50㎜ 이상이면서 파손면적률 10% 이상

○ 배수갑문

[표 6.15] 배수갑문의 상태안전성능 평가기준(계속)

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
콘크리트 구조물의 세굴	중요 결함	1.0	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
바닥슬래브 부등침하, 들뜸, 단차	중요 결함	1.0	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 < 2㎜ 상태
			d	2	○바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 > 2㎜ 상태
			e	1	○바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5㎜ 매우 심각한 상태
물받이공 하류 또는 기초 침식	중요 결함	1.0	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 > 5㎜)
			e	1	○물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12㎜, 측벽기울기 > 10°)
언주 및 문주의 변위	중요 결함	1.0	a	5	○변위가 발생하지 않은 최상의 상태
			b	4	○변위가 발생하지 않은 양호한 상태
			c	3	○변위가 발생하였으나, 강재수문 작동에 문제가 없는 상태
			d	2	○변위가 발생하여 강재수문 작동시 마찰음이 발생하는 상태 또는 강재수문 폐쇄시 누수가 심각한 상태
			e	1	○변위가 발생하여 강재수문 작동시 자중으로 닫히지 않는 상태
수축이음부를 통한 누수	중요 결함	1.0	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)

[표 6.15] 배수갑문의 상태안전성능 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
수평 시공이음부 누수	중요 결함	1.0	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)
불안정한 측벽 또는 라이닝	일반 손상	1.0	a	5	○불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○불안정한 측벽 및 라이닝에 균열, 누수 등 손상이 경미한 상태
		1.7	d	2	○불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가에 의한 균열과 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 심각한 상태
		3.0	e	1	○불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가와 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 매우 심각한 상태
접근수로 상부의 자연사면 불안정	일반 손상	1.0	a	5	○접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○접근수로 상부의 자연사면이 일부 낙석이 있는 상태
		1.7	d	2	○접근수로 상부의 자연사면이 일부 사면붕괴 및 균열로 수로가 손상받을 위험이 존재하는 상태
		3.0	e	1	○접근수로 상부의 자연사면이 국부적인 사면붕괴 및 균열로 수로가 봉쇄되거나 손상 받을 위험이 존재하는 상태
접근수로내 식생 및 잡물	일반 손상	1.0	a	5	○접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○접근수로내의 식생 및 잡물이 경미한 상태
		1.7	d	2	○접근수로내의 식생 및 잡물이 수문조작을 방해하는 상태
		3.0	e	1	○접근수로내의 식생 및 잡물이 산사태 등으로 수로를 봉쇄할 위험이 있는 상태

(다) 기계설비

○ 권양기

[표 6.16] 권양기의 상태안전평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
마찰부 손상(시브, 감속기, 커플링)	일반 손상	1.0	a	5	○ 손상이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 손상이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○ 약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태, ○ 그리스 도포가 불량한 상태
		1.7	d	2	○ 부식고착으로 이음 이상진동이 과다한 상태 ○ 그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
		3.0	e	1	○ 손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○ 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

○ 강재수문 및 문틀

[표 6.17] 강재수문 및 문틀의 상태안전성능 평가기준

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
강재수문 부식	중요 결함	1.0	a	5	○부식이 없음
			b	4	○전면부식이 조금 발견되거나, 건전부 모재두께의 5%미만의 점부식이 관찰되는 상태
			c	3	○가벼운 전면부식이 전단면에 발생되거나, 건전부 모재두께의 5~10%의 점부식이 관찰되는 상태
			d	2	○심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나, 건전부 모재두께의 10~30%의 점부식이 관찰되는 상태로 보수를 하지 않으면 안되는 상태
			e	1	○전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안되는 상태
강재수문 변형	국부 결함	1.0	a	5	○강재수문에 변형이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○강재수문의 변형을 육안으로 판별이 어려운 상태
		1.2	c	3	○외부충격에 의한 국부적인 변형이 발생한 상태이나 기능에 이상이 없는 상태
		1.4	d	2	○변형이 경간의 1/800이상 발생한 상태
		2.0	e	1	○변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우
누수	일반 손상	1.0	a	5	○누수가 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○누수 가능성이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○미세한 누수가 있는 경미한 상태
		1.7	d	2	○지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태
		3.0	e	1	○강재수문의 변형으로 누수가 다량으로 발생하여 별도 부대설비(모래주머니)를 설치하여야 지수가 가능한 상태
마찰부 (힌지, 롤러)손상	일반 손상	1.0	a	5	○부식고착이 없고 회전이 원활한 양호한 상태
		1.1	b	4	○부식고착이 있으나 회전이 원활한 건전한 상태
		1.3	c	3	○고착으로 회전 및 작동이 불량하나 강재수문의 작동에는 이상이 없는 상태
		1.7	d	2	○고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 강재수문 작동이 불량한 상태
		3.0	e	1	○고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 작동이 불가능한 상태

(라) 공중이 이용하는 부위

[표 6.18] 공중이 이용하는 부위의 평가기준

평가항목	평가등급	평가기준
추락방지시설	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
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
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

6.4.2 구조안전성능 평가기준 및 방법

가. 일반

1) 일반

주어진 하중에 대하여 시설물이 견디는 능력을 평가하는 항목으로서 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조 및 운영상의 성능 확보여부를 판단하게 된다.

2) 구조안전성능 평가항목

구조안전성능 평가를 위하여 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태안전성능 평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성능 평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- 방조제의 사면안정 해석
- 방조제의 침투수에 대한 안전성 해석
- 방조제의 응력-변형 해석
- 구조물의 내하력 해석
- 구조물의 안정해석
- 수리, 수문학적 안전성 해석
- 시설물의 내진성능 평가 등
- 기타 안전성능 평가를 위하여 필요한 사항

3) 구조안전성능 평가 적용

항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이며, 본 절에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조적 안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

나. 구조안전성능 평가기준

1) 방조제 및 배수갑문

(가) 침투수의 안전성능 분석

○ 침투누수량

- 허용누수량이 설정되어 있다면 이를 기준으로 하여 분석하고. 계측기록에 의한 실측자료와의 비교·분석으로 구조 안전성능 판정 가능

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 침투에 의한 한도를 넘어서면 파이핑과 같은 파괴 요인이 되므로 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 침투유속이 한계치를 넘으면 파이핑이 발생한다고 봄
- 제체 및 기초지반에서의 침투유속은 다양한 수위조건 및 지층조건을 고려할 수 있는 해석적 방법으로 구하는 것이 유용함
- 한계치는 그 지층에서의 토립자 입경이나 투수계수를 이용하여 구할 수 있으며, 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용 가능
- 실제의 제체 토립자에는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 실유속과 비교할 때에는 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 함
- 한계유속 방법에 의한 침투수의 안전성능은 실제 제체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 평가함

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

여기서, V : 한계유속(㎝/s)

Wg : 토립자의 수중중량(g)

g : 중력가속도(㎝/s^2)

A : 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(㎠)

r_w : 물의 단위체적중량(g/㎤)

[표 6.19] 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	1.5
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 검토한다. 다음 식으로 계산되는 한계동수경사(i_c)에 대하여 테르자기(Terzaghi)의 간편법 및 유선망법, 하자(Harza)의 유선망법 등의 방법으로 구하는 유출동수구배의 비로 다음 표의 기준으로 평가한다.
- 여러 유출동수구배 산정방법은 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용이 가능하다. 분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 i_c는 0.5~0.8로 가정한다. 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 제체 내 간극수압 분포는 사면활동의 안전성 검토 시 입력 자료로 활용한다.

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

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

[표 6.20] 침투수 안전성능 분석 기준

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

(나) 사면활동의 안전성능 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 달리 하여야 하며, 실제 시험결과를 이용하는 것이 좋다.

○ 사면활동에 대한 안정계산

- 사면활동에 대한 안정계산은 크게 나누어 임계원에 의한 활동면법과 응력-변형 해석법을 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 수치해석적인 방법으로 구하는 방법이다.
- 상기 안정계산에 의하여 제체의 안전성을 판단할 시는 최소안전율로 표시한다. 설계기준 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 6.21] 응력-변형 해석에 따른 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 있는경우
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

(다) 응력-변형의 안전성능 분석

다음과 같을 경우 응력-변형 해석을 실시할 필요가 있다.

- 제체가 높을 경우
- 각 존의 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 됨. 따라서 재료특성, 성토속도, 제체 단면, 강도특성 등의 입력조건을 반영한 해석을 수행하여 변형량, 국부파괴 등을 분석, 지반거동에 따른 안전성능을 평가한다.

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

산출되는 응력상태에서 축차응력[1]이 커 파괴상태에 다다르거나, 주응력이 수압보다 작을 경우에는 파이핑 발생가능성이 있으므로 응력상태에 따라 국부파괴 가능성 및 수압할렬[2] 발생 가능성은 다음 표를 기준으로 평가다.

1) 축차응력 : 최대주응력과 최소주응력의 차를 축차응력이라함

2) 수압할렬 : 높은 수압으로 인하여 암반이나 지반이 균열발생으로 파쇄되는 현상

[표 6.22] 응력-변형 해석에 따른 안전성능 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

(라) 수리·수문학적 안전성능 평가

하구둑은 시설물의 특성상 제방의 둑마루 표고가 외조위로부터 여유고를 확보하고 있는지와 배수갑문이 내측으로부터 유입되는 홍수량을 배제시킬 수 있는 통수능력을 갖고 있는지를 모두 평가해야 한다.

평가 시에는 대상 시설물이 위치하고 있는 하천의 하천기본계획 및 유역종합 치수계획 등 하천관리에 관한 상위개념의 최근 분석자료를 검토하여 수문학적 안전성능 평가 자료로 활용하는 것을 기본으로 한다.

○ 방조제 둑마루 표고 결정의 적정성

- 건설기준코드(구 하천설계기준)에 의하면 둑마루 표고는 다음과 같이 산정됨
- 둑마루표고 = 설계조위 + 파고(또는 처오름 높이) + 여유고
- 상기 식에서 각 항목의 결정은 건설기준코드(구 하천설계기준, 구 항만 및 어항 설계기준·해설 및 구 농지개량사업계획 설계기준(해면간척편) 등)에 제시된 정의 및 산정방법에 의해 이루어짐. 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 함
- 설계조위
  - 설계조위는 구조물이 가장 위험하게 되는 조위로 하는 것이 원칙
  - 구조물의 목적에 따라, 또는 같은 목적의 구조물이라도 설계 계산의 목적에 따라 다른 설계조위를 적용하는 경우가 있음
  - 다만, 폭풍해일 대책시설에 있어서 마루높이는 월파량에 의하여 결정되므로 월파량이 최대가 되는 조위를 설계조위로 하지만, 안정계산에 있어서는 보다 낮은 조위에서도 위험한 경우가 있으므로 이 때에는 그 조위를 설계조위로 하여 검토할 필요가 있음
- 처오름 높이
  - 파의 처오름 높이는 제체의 형상, 설치 위치 및 해저지형에 따라 적절히 산정
  - 자세한 산정방법은 상기 기준에 제시된 내용을 참조
- 여유고
  - 하구둑의 여유고는 구조물의 중요도, 유지관리, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능 등에 따라 결정되나 1.0 m 전후의 여유고를 둠
  - 하구둑의 침하의 주요 원인은 성토제 및 기초지반의 압밀 등에 의하여 발생하는 것으로 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산

[표 6.23] 방조제 여유고의 적정성에 대한 평가기준

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

<해설>

○ 상기 표에서 '여유고'는 과업 시점에서 변경된 조건 및 실측값을 고려하여 '둑마루 표고-조위-처오름 높이'한 값을 의미함.

○ 배수갑문 방류능력에 대한 안전성능

- 건설기준코드(구 댐설계기준)에 의하면 방류 시 형성되는 월류수맥이 월류수면 상부구조물에 관하여 확보해야 할 여유고(상부구조물과 월류수맥 간 간격)는 다음과 같이 제시되어 있음
- 월류수면 상부구조물의 여유고에 있어 계획홍수량이 방류되는 경우 월류부에 설치되는 강재수문과 교각 구조물의 공간 높이는 월류수맥의 상부 경계면보다 1.5 m 이상의 여유가 있도록 해야 함. 단, 월류수심이 2.5 m 이하일 경우에는 여유고를 1.0 m 정도로 취할 수 있음
- 이상 홍수량에 대해서는 이 여유고 제한에 의하지 않아도 좋으나, 흐름이 월류수면 상부 구조물에 직접 부딪히지 않게 여유를 갖도록 해야 함

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 안전성능 평가를 수행한다.

한편, 유입 홍수량에 대한 배수갑문 방류능력의 안전성능을 평가하기 위해서는 홍수 유입수문곡선과 외조위 조건의 다양한 조합 및 배수갑문 규모 및 운영방식에 따라 결정되는 최고 내수위를 산정해야 하고 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 검토하도록 한다. 각 조합별로 검토된 내수위 중 최고수위가 시설물의 수문학적 안전성능에 있어 가장 불리한 조건을 형성하므로 이 최고수위를 기준으로 배수갑문의 방류능력에 대한 안전성능을 평가하도록 한다.

[표 6.24] 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 안전성능에 문제가 없다고 판단되는 경우
d	2	월류수면이 상부구조물을 월류하나 피해정도가 경미한 경우
e	1	월류수면이 상부구조물을 월류하고 피해정도가 중대한 경우

(마) 콘크리트 구조물

하구둑의 콘크리트 구조물에 대한 외적안정해석(전도, 활동, 지지력 등) 등은 건설기준코드(구 댐설계기준, 구 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 및 구 콘크리트구조기준 등)을 따르며, 내하력 검토 및 외적안정에 대한 동적해석 등은 제 5장 댐편을 준용한다.

2) 기계·전기설비

○ 기계·전기설비의 안전성 평가는 안전성에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않는 것이 일반적이다.

○ 안전성 평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며 안전성 평가결과를 동일규격의 설비에 같이 적용하며, 제반설계서 또는 기존의 정밀안전진단 또는 성능평가 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 안전성을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행한다.

- 하중의 산출은 계획수위(하천정비 기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 강재수문의 바닥고에 따라야한다.
- 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 건설기준코드(구 농지개량사업계획설계기준(해면간척편)) 등을 참고하여 검토하여야 한다.
- 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고 특별한 경우(부식이 많이 진행한 경우 등)에는 실측값을 적용한다.
- 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가결과를 결정한다.

[표 6.25] 강재수문 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

<해설>

○ 응력비는 부재의 허용응력/발생응력에 대한 비율로 산출

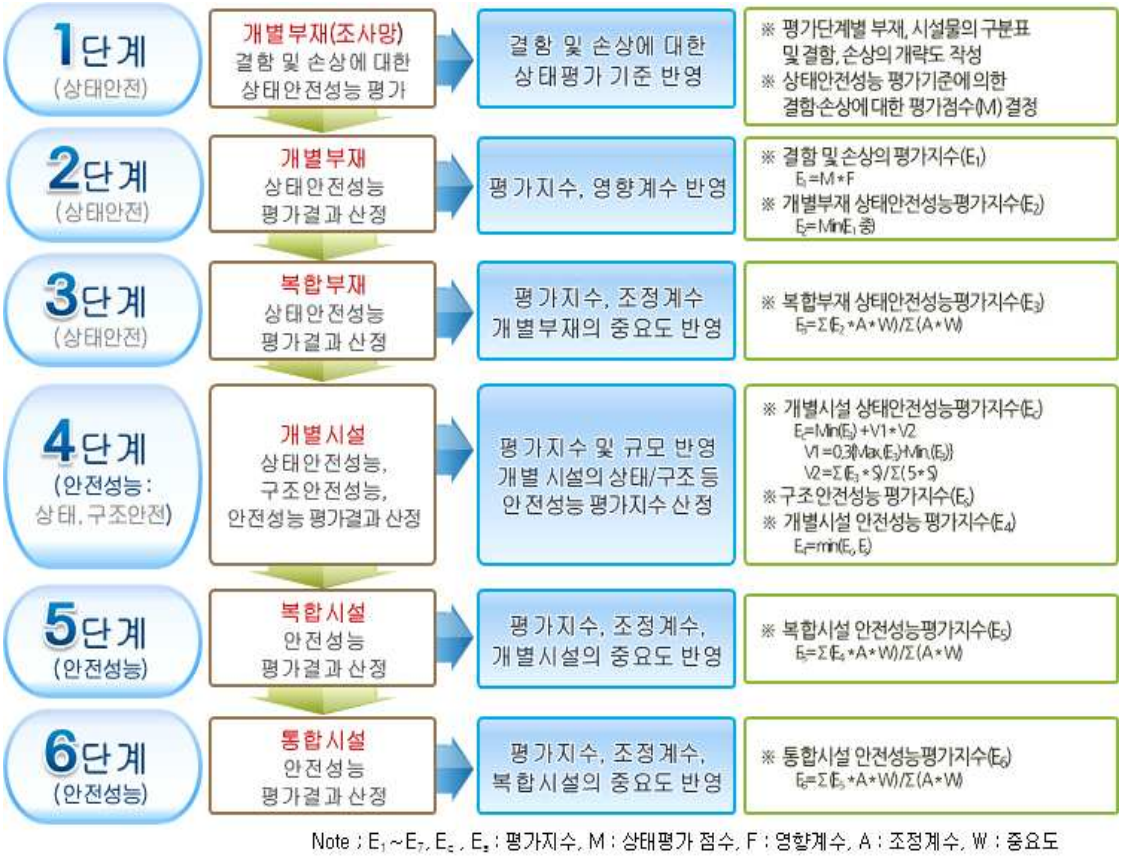
6.4.3 안전성능 평가결과 산정 방법

가. 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

하구둑 시설물은 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 등으로 구분된다. 하구둑 시설물에 대한 상태안전성능 평가는 하구둑이 통합시설물(6단계)에 해당하는 시설물로서 간주하고 하위단계인 복합시설, 개별시설, 복합부재, 개별부재로 단계별로 구분한다.

다만, 부대시설물 및 기타시설물을 선택과업으로 수행하는 경우 종합시설물(7단계)에 해당하는 시설물로 간주된다.

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



[그림 6.1] 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

나. 안전성능 평가 단계별 구분

1) 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.

다음 표는 방조제의 평가단계별 구분을 표시한다. 방조제의 상태평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 6.26] 평가단계별 구분표

<table>
<tr><th colspan="3">평가단계별 구분</th><th rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</th></tr>
<tr><th colspan="2">평가구분</th><th>평가대상</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상태
안전성능</td><td>1단계</td><td>상태변화[1)]
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">블록1
(해측사면1
…
제체마루1
…
내측사면1
…)
블록2
(해측사면1
…
제체마루1
…
내측사면1
…)</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>구간1,2,…</td></tr>
<tr><td>안전성능
(상태안전/
구조안전)</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>방조제1,2,…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성능</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td>방조제, <배수갑문>, <기계설비></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td>00 하구둑(기본시설물), <부대시설물>, <기타시설물></td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td>00 하구둑</td></tr>
</table>

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

2) 배수(갑)문

○ 독립기초구조(역T형식)

- 배수갑문은 강재수문 구조물, 물받이공, 바닥보호공으로 구분
- 그중 강재수문 구조물은 권양기실, 권양기대, 문주, 언주, 문소란, 지수벽, 기초상판으로 구분하고 각각을 개별부재로서 평가함
- 기초상판 사이의 중간 슬래브는 기초상판에 포함하여 평가함
- 문소란은 강재수문 작동을 유도하는 언주와 문주에 있는 호구강 등이 설치된 부분으로서 2차 콘크리트 부분을 포함하여 평가함
- 동일한 개별부재가 다수일 경우(예: 1개의 피어에 문주가 2개인 경우 등) 중요도를 조정하여 동일하게 배분한다.
- 각 개별부재에 대한 중요도는 길이 등의 규모 비율을 적용하여 합이 100이 되도록 함

[표 6.27] 배수갑문의 평가단계별 구분표(예) (독립기초구조: 역T형식)

<table>
<tr><td colspan="3">평가단계별 구분</td><td rowspan="2" colspan="4">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태
안전성능</td><td>1단계</td><td>상태변화[1]
(결함, 손상)</td><td>권양기실
권양기대
문주
언주
문소란
지수벽
기초상판
(좌측면
우측면
…)</td><td>블록1
블록2
…

(부위1
부위2
…)</td><td>구간1
구간2
…

(부위1
부위2
…)</td><td>블록1
블록2
…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>피어1
피어2
…</td><td>상류측
하류측</td><td>좌안상류측
좌안하류측
우안상류측
우안하류측</td><td>상류측
하류측</td></tr>
<tr><td>안전성능
(상태안전/
구조안전)</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>강재수문
구조물</td><td>물받이공</td><td>호안공</td><td>바닥보호공</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성능</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="4">배수갑문, <방조제>, <기계설비></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="4">00 하구둑(기본시설물), <부대시설물>, <기타시설물></td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="4">00 하구둑</td></tr>
</table>

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

<해설>

○ 호안은 배수갑문에 포함

○ 라멘구조(상자형식: Box형식)

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

3) 기계·전기 설비

기전설비 시설물의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 단경간(1련) 강재수문에 있는 기전설비를 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 이를 권양기, 강재수문, 전기설비로 구분하여 복합부재로 평가한다. 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류된다. 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다.

4단계 평가 시 규모는 복합부재의 중요도(권양기 42%, 강재수문 58%)로 정한다. 기전설비의 상태안전성능 평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 6.28] 기전설비의 평가단계별 구분표(예)

<table>
<tr><td colspan="2">평가단계별 구분</td><td rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태
안전성능</td><td>1단계</td><td>상태변화[1]
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">-권양기
로프, 드럼
감속기, 제동장치

-강재수문
외판, 아암
보강재, 트러니언
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)</td><td rowspan="2">-권양기
로프, 드럼
감속기, 제동장치

-강재수문
외판, 아암
보강재, 트러니언
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)</td><td rowspan="2">…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>권양기1
강재수문1</td><td>권양기2
강재수문2</td><td>…</td></tr>
<tr><td>안전성능
(상태안전/
구조안전)</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>기계설비1</td><td>기계설비2</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성능</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="3">기계설비, <배수갑문>, <방조제></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="3">00 하구둑(기본시설물), <부대시설물>, <기타시설물></td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="3">00 하구둑</td></tr>
</table>

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

4) 부대시설물

[표 6.29] 부대시설물의 평가단계별 구분표(예)

<table>
<tr><td colspan="2">평가단계별 구분</td><td rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분 / 평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태
안전성능</td><td>1단계</td><td>상태변화[1]
(결함, 손상)</td><td rowspan="4">댐
적용</td><td rowspan="4">교량
적용</td><td>스톱로그
1,2…
개폐장치
1,2…
보관시설
1,2…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td><td rowspan="2">스톱로그
개폐장치
보관시설</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td></tr>
<tr><td>안전성능
(상태안전/
구조안전)</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>스톱로그1,2,…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성능</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td>어도시설</td><td>관리용 교량</td><td>스톱로그</td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="3">00 하구둑(부대시설물), <기본시설물>, <기타시설물></td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="3">00 하구둑</td></tr>
</table>

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

5) 기타시설물

[표 6.30] 기타시설물의 평가단계별 구분표(예)

<table>
<tr><td colspan="2">평가단계별 구분</td><td rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분 / 평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태
안전성능</td><td>1단계</td><td>상태변화[1]
(결함, 손상)</td><td rowspan="4">건축물
적용</td><td rowspan="4">제방
적용</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td></tr>
<tr><td>안전성능
(상태안전/
구조안전)</td><td>4단계</td><td>개별시설</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성능</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td>관리동, 조작실 등 건축물</td><td>접근수로 제방</td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="2">00 하구둑(기타시설물), <기본시설물>, <부대시설물></td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="2">00 하구둑</td></tr>
</table>

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 우선 순위에 따라 보수・보강 실시한다.

[표 6.31] 부재(부위)별 손상상태 평가표 (예)

<table>
<tr><td colspan="2">부위(망번호) / 개별부재</td><td colspan="3">복합부재 / 개별시설물</td><td>표번호</td></tr>
<tr><td colspan="2">좌측면 / 언주</td><td colspan="3">피어1</td><td>No. 1-1</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.</td></tr>
<tr><td colspan="6">조 사 결 과 표</td></tr>
<tr><td>번호</td><td>손상(결함)종류</td><td>손상(결함)내용</td><td>단 위</td><td>크 기</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>①</td><td>균열</td><td>건조수축균열</td><td>폭(㎜)×길이(㎝)</td><td></td><td>b</td></tr>
<tr><td>②</td><td>균열</td><td>경사균열</td><td>폭(㎜)×길이(㎝)</td><td></td><td>c</td></tr>
<tr><td>③</td><td>층분리</td><td>배력철근을 따라 발생</td><td>면적(㎡)</td><td></td><td>c</td></tr>
<tr><td>④</td><td>세굴</td><td>언주하부세굴</td><td>면적(㎡)×깊이(m)</td><td></td><td>b</td></tr>
<tr><td colspan="3">조사일자 : 20 . .</td><td colspan="3">조사자 : 홍길동, 김철수</td></tr>
</table>

2) 2단계 상태안전성능 평가 : 개별부재(個別部材) 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 수축 이음부, 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 상태안전성능 평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) 및 상태안전성능 평가결과로 결정한다.

[표 6.32] 상태안전성능 평가결과별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수				
평가기준	평가지수 (E_1~$_7$,Es,Ec)	평가기준에 따른 평가점수		a:5	b:4	c:3	d:2	e:1
a	$4.5 \le E_1 \le 5.0$	평가유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \le E_1 < 4.5$		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \le E_1 < 3.5$							
d	$1.5 \le E_1 < 2.5$		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	$1.0 \le E_1 < 1.5$							

* 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 사용

[표 6.33] 개별부재 평가표 (예)

개 별 부 재 :	언주1				표번호
1단계 표번호 :	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수	평가지수
			M	F	E1=M*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 상태안전성능 평가지수(E_2) = Min (다수의 E_1 값) =					3.9
2. 개별부재의 상태안전성능 평가결과 =					b

3) 3단계 상태안전성능 평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분한다. 복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

- 그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분함

○ 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우

- 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정 가능. 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수 사용

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.

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

여기서, E_2 : 개별부재의 상태안전성능 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.34] 표 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 (E_1~$_7$, 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 6.35] 복합부재의 중요도 조정방법 (예)

구 분	권양기실	권양기대	문주	문소란	지수벽	언주	기초상판
중요도	9 ±20%	11 ±20%	17 ±20%	12 ±20%	18 ±20%	17 ±20%	16 ±20%
중요도 (조정 후)	-	11×100/91 =12.09 ⇒ 12	17×100/91 =1.68 ⇒ 19	12×100/91 =13.19 ⇒ 13	18×100/91 =1.68 ⇒ 19	17×100/91 =1.68 ⇒ 19	16×100/91 =17.58 ⇒ 18

* 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법임

[표 6.36] 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	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_2	A	W	A×W	E_2×A×W
권양기실	b	3.9	2	9	18	70.2
권양기대	c	3.4	3	11	33	112.2
문주	b	3.6	2	17	34	122.4
문소란	c	3.6	2	12	24	86.4
지수벽	c	2.8	3	18	54	151.2
언주	b	3.6	2	17	34	122.4
기초상판	b	3.6	2	16	32	115.2
합계(∑)				100	229	780
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) =∑(E_2×A×W)/∑(A×W)=780/229 = 2. 복합부재의 상태안전성능 평가결과 =						3.43 c

4) 4단계 상태안전성능 평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

개별시설의 평가는 복합부재의 수량을 기준으로 중요도를 배분하며. 이때, 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별시설이 있는 경우

- 그 개별시설의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 시설들은 규정된 비율대로 배분함

○ 개별시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우

- 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정 가능

개별시설의 평가는 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3)에 중요도를 반영하여 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_4)를 산출하고 상태안전성능 평가결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성능 평가결과를 결정한다.

개별시설의 상태안전성능 평가지수(Ec) = Min + V_1 × V_2

여기서, V_1 = 0.3 × (Max - Min)

V_2 = ∑(E_3 × W) / (5 × ∑W)

W : 중요도

Max : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값

[표 6.37] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설 :	강재수문 구조물			
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7			
복합부재명	평가결과	평가지수	중요도(%)	계산값
		E_3	W	$E_3 \times W$
피어1	c	3.43	20	68.6
피어2	b	4.27	20	85.4
피어3	b	3.89	20	77.8
피어4	c	3.30	20	66.0
피어5	b	3.71	20	74.2
합계(∑)			100.0	372
<조사자 의견>				
1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =				4.27
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				3.30
3. V_1 = 0.3×(Max.−Min) = 0.3×(4.27−3.30) =				0.29
4. V_2 = ∑(E_3×W) / (5×∑W) = 372 / (5×100) =				0.74
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(Ec) =Min.+V_1×V_2=3.30+0.29×0.74 =				3.51
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =				b

○ 구조안전성능 평가결과 산정 방법

각종 해석을 통하여 각각의 구조 안전성능 평가결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 구조안전성능 평가결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 평가지수(Es)는 각 검토항목의 구조안전성능 평가결과 중 가장 낮은 평가결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

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

여기서, N: 구조안전성능 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성능 평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 안전성능 평가지수(평가점수) 중 최댓값

M_i : 검토항목의 최대 및 최솟값을 제외한 나머지 값들

[표 6.38] 안전성능 평가지수에 따른 구조안전성능 평가기준

안전성능 평가지수의 범위	안전성능 평가기준	안전성능 평가점수	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	

○ 안전성능 평가기준

시설물의 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 안전성능 평가를 결정하며, 시설물에 대한 안전성능 평가기준은 아래 표에 따라 결정한다.

[표 6.39] 안전성능 평가지수별 평가기준

종합평가지수(E)	종합평가기준	비 고
$4.5 \leq E \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq E < 4.5$	B	
$2.5 \leq E < 3.5$	C	
$1.5 \leq E < 2.5$	D	
$1.0 \leq E < 1.5$	E	

○ 안전성능 평가결과 산정

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

안전성능 평가결과는 상태안전성능 평가지수와 구조안전성능 평가지수 중에서 작은 값을 개별시설의 안전성능 평가지수(E_4)로 적용하여 시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

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

여기서, Ec : 개별시설의 상태안전성능 평가지수

Es : 개별시설의 구조안전성능 평가지수

[표 6.40] 개별시설 평가표

개 별 시 설 :	강재수문 구조물			표번호
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7			4-1
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	중요도 W	계산값 $E_3 \times W$
피어1	c	3.43	20	3.43
피어2	b	4.27	20	4.27
피어3	b	3.89	20	3.89
피어4	c	3.30	20	3.3.0
피어5	b	3.71	20	3.71
합계(Σ)			100.0	18.6

<조사자 의견>

1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =	4.27
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =	3.30
3. V_1 = 0.3×(Max.-Min) = 0.3×(4.27-3.30) =	0.29
4. V_2 = Σ(E3×W) / (5×ΣW) = 372 / (5×100) =	0.74
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(Ec) =Min.+V_1*V_2=3.30+0.29×0.74 =	3.51
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =	b

구 조 안 전 성 평 가

평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조해석	a	5	3. 사면안정해석		
2. 구조물안정해석	b	4	4. 수리수문해석	d	2

<검토자 의견>

1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택
   1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min)
   1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2))
   (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)

2. 개별시설 구조안전성능 평가지수(Es) =	2.72
3. 개별시설 구조안전성능 평가결과 =	C

종 합 평 가

1. 개별시설 안전성능 평가지수(E_4) = 최솟값 (Ec, Es) =	2.72
2. 개별시설 안전성능 평가결과 =	C

5) 5단계 안전성능평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

배수갑문은 각각 기능이 다른 다수의 개별시설(강재수문 구조물, 물받이공, 호안공, 바닥보호공 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 중요도 반영한다.

복합시설의 평가는 개별시설의 평가지수(E_4)에 중요도 및 조정계수 반영하여 평가결과를 도출한다.

복합시설의 상태안전성능 평가지수(E_5) = $\sum(E_4 \times A \times W) / \sum(A \times W)$

여기서, E_4 : 개별시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.41] 개별시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	강재수문 구조물	물받이공	호안공	바닥보호공	비고
중요도	49 ±20%	27 ±20%	12 ±20%	12 ±20%	
중요도 (조정 후)	49×100/88 =55.7	27×100/88 =30.7	12×100/88 =13.6	-	

* 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법임

[표 6.42] 복합시설 평가표 (예)

복 합 시 설 :	배수갑문					표번호
4단계 표번호 :	4-1, 4-2					5-1
개별시설	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_4	A	W	A×W	E_4×A×W
강재수문 구조물	c	2.72	3	49	147	399.8
물받이공	c	3.00	3	27	81	243.0
호안공	c	3.27	3	12	36	117.7
바닥보호공	c	3.05	3	12	36	109.8
합계(∑)				100	300	870.3
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 안전성능 평가지수 $E_5 = \sum(E_4 \times A \times W)/\sum(A \times W) =$						2.90
2. 복합시설의 안전성능 평가결과 =						c

6) 6단계 안전성능 평가 : 통합시설(統合施設) 평가표 작성

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

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 규정. 책임기술자는 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 감함

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우

- 그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분

통합시설의 평가는 복합시설의 평가지수(E_5)에 조정계수 및 중요도를 반영하여 평가지수(E_6)를 산출하고 평가결과를 결정한다.

$$\text{통합시설의 종합평가지수}(E_6) = \sum(E_5 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E_5 : 복합시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.43] 기본시설물 중요도

구 분	방조제	배수갑문	기계설비	비 고
중요도	40 ±20%	46 ±20%	14 ±20%	

* 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

[표 6.44] 부대시설물 중요도

구 분	어도시설	관리용 교량	스톱로그	비 고
중요도	20 ±20%	46 ±20%	34 ±20%	

* 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

[표 6.45] 기타시설물 중요도

구 분	관리동, 조작실 등 건축물	접근수로 제방	비 고
중요도	41 ±20%	59 ±20%	

* 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

[표 6.46] 기본시설물 통합시설 평가표 (예)

통 합 시 설 :	하구둑					표번호
5단계 표번호 :	5-1, 5-2, 5-3					No. 6-1
복합시설	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_5	A	W	$A\times W$	$E_5\times A\times W$
배수갑문	c	2.90	3	40	120.0	348.00
방조제	b	4.18	2	46	92.0	384.56
기계설비	b	4.02	2	14	28.0	112.56
합계(Σ)				100.0	240.0	845.12
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 안전성능 평가지수 $E_6=\Sigma(E_5\times A\times W)/\Sigma(A\times W)=$						3.52
2. 통합시설의 안전성능 평가결과 =						B

[표 6.47] 부대시설물 통합시설 평가표 (예)

통 합 시 설 :	하구둑					표번호
5단계 표번호 :	5-11, 5-12, 5-13					No. 6-2
복합시설	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_5	A	W	$A\times W$	$E_5\times A\times W$
어도시설	b	3.84	2	20	40.0	153.60
관리용 교량	b	3.65	2	46	92.0	335.80
스톱로그	c	3.45	3	34	102.0	351.90
합계(Σ)				100.0	234.0	841.30
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 안전성능 평가지수 $E_6=\Sigma(E_5\times A\times W)/\Sigma(A\times W)=$						3.60
2. 통합시설의 안전성능 평가결과 =						B

[표 6.48] 기타시설물 통합시설 평가표 (예)

통 합 시 설 :	하구둑					표번호
5단계 표번호 :	5-21, 5-22, 5-23					No. 6-3
복합시설	평가결과	평가지수	조정계수	중요도(%)	계산값	계산값
		E_5	A	W	$A\times W$	$E_5\times A\times W$
관리동, 조작실 등 건축물	c	3.41	3	41	123.0	419.43
접근수로 제방	c	2.60	3	59	177.0	460.20
합계(Σ)				100.0	300.0	879.63
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 안전성능 평가지수 $E_6=\Sigma(E_5\times A\times W)/\Sigma(A\times W)=$						2.93
2. 통합시설의 안전성능 평가결과 =						C

○ 부대시설물 및 기타시설물의 통합시설물 평가를 위하여 결과 판정 시 다음과 같이 환산하여 평가한다.

[표 6.49] 교량 평가지수 환산식

안전성능 평가지수(E)	환산 평가점수	환산식
0 ≤ E < 0.13	4.5 ≤ E ≤ 5.0	4.5+3.85×(0.13−x)
0.13 ≤ E < 0.26	3.5 ≤ E < 4.5	3.5+7.70×(0.26−x)
0.26 ≤ E < 0.49	2.5 ≤ E < 3.5	2.5+4.35×(0.49−x)
0.49 ≤ E < 0.79	1.5 ≤ E < 2.5	1.5+3.33×(0.79−x)
0.79 ≤ E	1.0 ≤ E < 1.5	1.0+2.38×(1.0−x)

[표 6.50] 건축물 평가지수 환산식

안전성능 평가지수(E)	환산 평가점수	비 고
0 ≤ E < 2	4.5 ≤ E ≤ 5.0	4.5+0.25×(2−x)
2 ≤ E < 4	3.5 ≤ E < 4.5	3.5+0.50×(4−x)
4 ≤ E < 6	2.5 ≤ E < 3.5	2.5+0.50×(6−x)
6 ≤ E < 8	1.5 ≤ E < 2.5	1.5+0.50×(8−x)
8 ≤ E	1.0 ≤ E < 1.5	1.0+0.25×(10−x)

7) 7단계 안전성능 평가 : 종합시설(綜合施設) 평가표 작성

하구둑은 유지관리 특성이 다른 다수의 통합시설(기본시설물, 부대시설물, 기타시설물)로 구성되며, 하구둑의 설치목적인 조수방어 및 홍수배제를 수행하는 통합시설에 해당된다.

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

종합시설의 평가는 통합시설의 평가지수(E_6)에 중요도를 반영하여 평가지수(E_7)를 산출하고 평가결과를 결정한다. 하구둑 시설물의 안전성능 평가는 통합시설 평가표(7단계평가)를 작성하는 것으로 종료된다.

[표 6.51] 종합시설 중요도

구 분	기본시설물	부대시설물	기타시설물	비고
중요도	87 ±20%	8 ±20%	5 ±20%	

[표 6.52] 종합시설 평가표(예)

종 합 시 설	○○하구둑			표 번호
6단계 표번호	6-1, 6-2, 6-3			No. 7-1
통합시설	평가결과	평가지수	중요도(%)	계산값
		E_7	W	$E_6 \times W$
기본시설물	B	3.52	87	3.06
부대시설물	B	3.60	8	0.23
기타시설물	C	2.93	5	0.15
합계(Σ)			100.0	3.44
<조사자 의견>				
1. 종합시설의 안전성능 평가지수(E_6) = 3.52 × 0.87 + 3.60 × 0.08 + 2.93 × 0.05 = 2. 종합시설의 안전성능 평가결과 =				3.44 C

6.5 내구성능 평가기준 및 방법

6.5.1 일반

시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성됨. 각각의 평가분야에서 부재별 평가 및 가중치를 적용한 등급산정을 하고, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 시설물 내구성능에 대한 최종 등급을 결정한다.

6.5.2 강재 내구성능 평가 지표 및 기준

가. 개요

강재 내구성능 평가지표(평가항목)는 크게 내부적 요소와 외부적 요소로 구분되며, 하구둑 시설물의 경우 내부적 요소는 '발청 및 도장열화' 및 '도장두께', 외부적 요소는 '해안 이격거리', '이산화황 농도', '습도' 등을 포함한 '대기환경'으로 구성된다.

여기서, 강재수문의 도장열화는 발청을 포함하여 박리, 균열, 부풂, 변색・백아화 등 5가지 열화요인에 대해 각각 평가하고 중요도 비율에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

권양기는 와이어로프에 대하여 발청, 직경감소, 소선절단 등의 지표에 대하여 평가하도록 제시하고 있으나, 권양기 형식이나 액츄에이팅 방식이 상이한 경우 이들 지표는 강재 내구성능 평가단계에서 제외할 수 있다. 다만, 평가에서 제외된 경우라 하더라도 조사된 내용은 보수보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.

[표 6.53] 세부시설물별 강재 내구성능 평가지표

세부시설물	평가지표
강재수문	발청 및 도장열화 (발청, 박리, 균열, 부풂, 변색·백아화)
	도장두께
	대기환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)
권양기 와이어로프	발청
	직경감소
	소선절단
	대기환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)

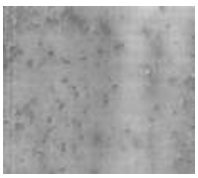
나. 강재 내구성능 평가 성능지표 및 기준

1) 발청 및 도장열화

(가) 발청(표면부식, 녹): 강재수문

[표 6.54] 발청의 평가기준

평가 기준	발청 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 부식이 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 등급 1)
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 부식이 확인되지만 부식부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 등급 2)
c	0.5 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 부식되어 있는 상태(표준사진 등급 3)
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 부식되어 있는 상태 (표준사진 등급 4/5)
e	-	-

발청			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5
			

(나) 발청(표면부식, 녹): 권양기와이어로프

[표 6.55] 발청 평가기준(권양기 와이어로프)

평가 기준	점녹 및 부식 길이	비고
a	점녹 발생 없음	점녹 및 부식에 의해 와이어로프 전체 단면의 감소가 발생하거나 내부소선의 부식 및 단면손상이 발생할 경우는 내구성능 평가 대상에서 제외되며 안전성능 분야에서 평가함
b	점녹 발생 길이 10% 미만	
c	점녹 발생 길이 10% 이상 부식 발생 길이 2% 미만	
d	부식 발생 길이 2% 이상	
e	-	

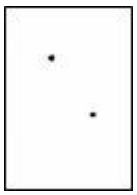
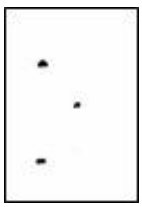
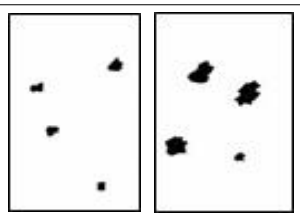
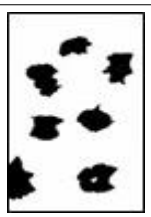
<해설>

- 권양기 와이어로프는 1차원 형태의 부재로서 열화면적에 의한 평가가 어려우며, 길이 단위로 평가한다.
- 점녹은 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식에 비해 완화된 기준에 해당한다.
- 점녹 및 부식에 의해 와이어로프 전체 단면의 감소가 발생하거나 내부소선의 부식 및 단면손상이 발생할 경우는 내구성능 평가 대상에서 제외되며 안전성능 분야에서 평가한다.

(다) 도장 박리

[표 6.56] 박리의 평가기준

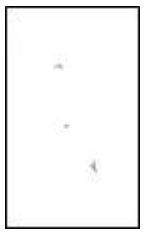
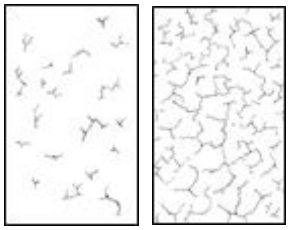
평가 기준	도장 박리 면적	외관 상태
a	0.1% 미만	외관상 박리가 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.1% 이상 ~ 0.3% 미만	미소하게 박리가 확인되지만, 박리된 부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.3% 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 박리가 보이는 상태(표준사진 3/4)
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 박리가 발생되어 있는 상태(표준사진 5)
e	-	-

박리			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3/4	표준사진 5
			

(라) 도장균열

[표 6.57] 균열의 평가기준

평가 기준	도장 균열 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 균열이 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 균열이 확인되지만, 균열부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.5% 이상 ~ 10.0% 미만	확실하게 균열이 보이는 상태(표준사진 3)
d	10.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 균열이 발생되어 있는 상태(표준사진 4/5)
e	-	-

균열			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5
			

(마) 도장부품

[표 6.58] 부품의 평가기준

발생면적 / 부품 크기	0 ~ 0.05% 미만 (표준사진 2 이하)	0.05 이상 ~ 0.5% 미만 (표준사진3)	0.5 이상 ~ 5.0% 미만 (표준사진4)	5.0% 이상 (표준사진 5 이상)
정상적인 교정시력으로 겨우 보이는 정도 이하 (크기등급 2)	a	a	b	c
정상적인 교정시력으로 확실하게 보이는 정도 (0.5mm이하) (크기등급 3)	a	b	c	d
0.5~5mm의 범위 (크기등급 4)	b	c	c	d
5mm 초과 (크기등급 5)	c	d	d	d

부품 (크기등급 3: 0.5mm 부품에 대한 예)			
표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4	표준사진 5

(바) 변색 및 백아화

[표 6.59] 변색 및 백아화의 평가기준

평가 기준	변색	백아화
a	초기에 비해 거의 변화 없음	초기에 비해 변화 없음 이탈분말 부착 없음(표준사진 1)
b	초기에 비해 변색되어 있음	초기에 비해 미소하게 하얗게 되어 있음 이탈분말이 미소하게 부착(표준사진 2)
c	초기에 비해 현저하게 변색되어 있음	초기에 비해 상당히 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착(표준사진 3)
d	초기의 색이 거의 남아 있지 않음	현저하게 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착 많음(표준사진 4)
e	-	-

백아화			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4

<해설>

○ 각 표준사진에서 최우측단의 색상이 도장 본래의 색에 해당하며, 좌측의 색상은 도장 열화수준에 따라 구분됨

2) 도장두께

[표 6.60] 도장두께 평가기준

평가 기준	시방서 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율
a	5% 미만
b	5% 이상 ~ 30% 미만
c	30% 이상 ~ 70% 미만
d	70% 이상
e	-

<해설>

○ 조사대상 개소수의 평균값

○ 건설기준코드(구 시방서) 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율

3) 대기환경(해안 이격거리/이산화황 농도/습도)

[표 6.61] 대기환경의 평가기준

연간 젖음 시간[1] (일)	해안 이격거리 (m) / 이산화황 (ppm)	동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안	
		전지역	고창·태안	그외지역	사천·거제	그외지역	전지역	고창·태안	그외지역	사천·거제	그외지역	전지역	고창·태안	그외지역	사천·거제	그외지역
		500 초과	1000 초과	300 초과	100 초과	20 초과	250 초과 ~ 500 이하	500 초과 ~ 1000 이하	120 초과 ~ 300 이하	50 초과 ~ 100 이하	10 초과 ~ 20 이하	비말대 초과 ~ 250 이하	비말대 초과 ~ 500 이하	비말대 초과 ~ 120 이하	비말대 초과 ~ 50 이하	비말대 초과 ~ 10 이하
100 초과	0.01 이하	a					b					c				
	0.01 초과	b					b					c				
10 이상 ~ 100 이하	0.01 이하	a					b					b				
	0.01 초과	b					b					c				
10 미만	0.01 이하	a					a					b				
	0.01 초과															

주1) 연간 젖음 시간 : 0도씨 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상이 지속되는 시간

<해설>

- 대기환경에 대한 평가기준은 KS D ISO 9223~9226에 제시된 영향인자별 부식속도를 참고하여 설정하였다.
- 부식속도가 높음 및 매우 높은 경우 이에 대해 각각 b등급 및 c등급을 적용한다.
- 각 등급별 평가점수(대푯값)은 a : 5.0, b : 4.0, c : 3.0, d : 2.0, e : 1.0을 적용한다.
- 하구둑의 경우 해안과 인접한 시설물이므로 대기환경에 대한 평가기준 중 해안 이격거리는 시설물의 위치특성을 고려하여 평가한다.

4) 권양기와이어로프

(가) 직경감소

[표 6.62] 와이어로프 직경감소 평가기준

평가기준	와이어로프 직경 감소
a	없음 또는 1% 미만
b	1% 이상, 4% 미만
c	4% 이상, 7% 미만
d	7% 이상
e	–

<해설>

○ 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 대상 와이어로프 당 버니어 캘리퍼스로 3개소 이상을 측정하되, 1개소 당 일정간격을 두고 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

○ 직경 측정은 준공 당시 와이어로프의 부하상태와 동일한 상태에서 측정하며, 기준이 되는 직경값 또한 준공당시와 같은 부하상태에서의 직경을 기준으로 한다.

(나) 소선절단

[표 6.63] 와이어로프 소선절단 평가기준

평가기준	와이어로프 소선 절단
a	없음 또는 1% 미만
b	1% 이상, 5% 미만
c	5% 이상, 10% 미만
d	10% 이상
e	–

<해설>

○ 와이어로프의 구조는 일반적으로 스트랜드 수 × 스트랜드를 구성하는 소선의 수로 표시되며, 와이어로프의 소선 절단율은 와이어로프의 한 꼬임(스트랜드)에서 끊어진 소선의 수를 육안으로 세어 산정한다.

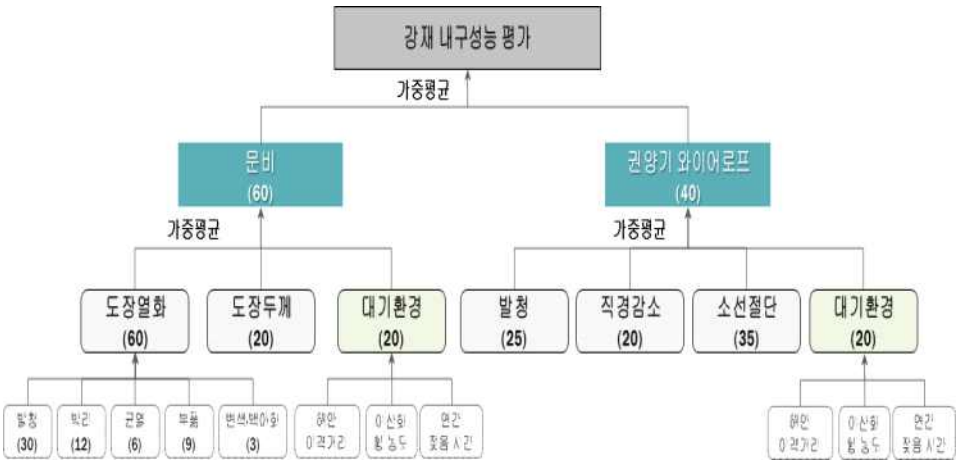
○ 소선 절단율(%) = 한 스트랜드에서 절단된 소선수/한 스트랜드의 총 소선수 × 100

다. 강재 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

강재 내구성능 평가결과 산정방법은 평가항목별 가중치 및 부재별 가중치에 따라 내구성능을 평가하는 방법을 활용하여 등급을 산정하는 절차를 따르며, 강재 내구성능평가절차는 다음 그림과 같다. 다만, 권양기 형식이나 액츄에이팅 방식이 상이한 경우 '권양기 와이어로프' 관련 지표는 강재 내구성능 평가단계에서 제외할 수 있다.

다만, 평가에서 제외된 경우라 하더라도 조사된 내용은 보수보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.



[그림 6.2] 강재 내구성능 항목별 세부 평가방법

2) 평가항목별 가중치

(가) 발청 및 도장열화 가중치

강재의 발청, 도장의 박리, 균열, 부풂, 변색 및 백아화 등 각 지표별 평가결과에 의한 열화정도를 등급별 점수화하고, 아래 표와 같은 각 지표별 가중치를 적용 및 합산하여 '발청 및 도장열화'에 대한 종합점수를 산정한다.

[표 6.64] 강재 발청 및 도장열화의 각 세부지표에 대한 등급별 점수

세부지표 등급	발청	박리	균열	부풂	변색 및 백아화	종합점수 (세부지표별 등급점수의 합계)
a	5 (0)	2 (0)	1 (0)	1.5 (0)	0.5 (0)	10
b	10	4	2	3	1	20
c	20	8	4	6	2	40
d	35	14	7	10.5	3.5	70

<해설>

- ○ 시설물 상태안전성능 평가 결함도 점수표의 점수배분율을 참고하여 '발청 및 도장열화' 전체의 종합등급 배점은 A등급 10점, B등급 20점, C등급 40점, D등급 70점으로 한다.
- ○ a등급에 대한 점수는 어떠한 열화도 발견되지 않았다면 0점을 부여한다.

(나) 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

'발청 및 도장열화'에 대한 종합점수는 다음과 같다. 이는 결함도 기준으로 평가된 점수(S)로서 다음 식에 따라 수리시설물의 점수 분류체계(DS)로 변환하여 평가한다.

$$DS = DS_2 - \Delta DS$$

$$\Delta DS = \frac{(S - S_1)(DS_2 - DS_1)}{(S_2 - S_1)}$$

여기서, DS : '발청 및 도장열화' 지표에 대한 등급점수

DS_1 : 해당 등급에 대한 최솟값

DS_2 : 해당 등급에 대한 최댓값

S : 세부지표 평가결과로부터 얻은 열화 종합점수

S_1 : 해당 등급에 대한 열화 종합점수 최솟값

S_2 : 해당 등급에 대한 열화 종합점수 최댓값

[표 6.65] 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

등급	등급 점수범위 (DS_1 ~ DS_2)	종합점수 (S_1 ~ S_2)	등급 정의	비고
a	4.5 ~ 5.0	0~13 미만	부식 및 도장열화로 인하 내구성능 저하를 무시할 수준의 단계	-다음 회 조사 시에는 전번 조사결과를 참고하여 조사위치 및 수량을 결정함
b	3.5 ~ 4.5	13 이상 ~ 26 미만	경미한 결함이 있으나 그 이외의 부분에 대해서는 전반적으로 양호한 단계	
c	2.5 ~ 3.5	26 이상 ~ 49 미만	결함이 발생된 부재에 대해 일부 보수가 필요한 단계	
d	1.5 ~ 2.2	49 이상~ 70 미만	광범위한 보수를 시행해야 하는 단계	

<해설>

- ○ 조사대상 강재수문은 조사방법 및 수량에 맞게 열화수준(낮음/보통/높음)이 고루 분포되도록 사전 육안조사에 의해 선정한다.
- ○ 와이어로프는 일반적으로 조사대상 강재수문에 설치된 와이어로프를 조사하며, 열화항목 중 와이어로프에 대해서만 조사한다.
- ○ 선정된 강재수문에 대해서는 평가기준에 따라 발청 및 도장열화를 조사하여 등급별 점수를 계산하고 그 외의 강재수문은 유사 강재수문으로 지정하여 책임기술자의 판단하에 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞는 구역으로 배분한다
- ○ 열화수준에 따라 배분된 강재수문은 최종적으로 등급의 대푯값에 유사 강재수문 수를 곱하고 평균값을 취하여 최종 등급을 산정한다.

  (예) 강재수문 수가 10개라고 가정하면, 최소 3개이상, 25%이상을 만족해야 하므로 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞도록 총 3개를 선정하고 나머지 7개 강재수문은 선정된 3개 강재수문과 유사한 열화수준을 갖는 강재수문으로 지정하여 배분한다.

(다) 도장두께

도장 두께가 허용기준을 만족하지 못하는 경우, 균열 및 박리 또는 충격에 의한 깨짐 등과 같은 결함으로 이어질 수 있고, 이는 강재 내구성능 저하를 유발시킨다. 단, 발청/박리/균열 등과 같이 직접적인 열화가 아니므로, '도장열화' 항목과는 별도로 평가한다.

① 도장 최소두께 및 최대두께

- 건설기준코드(구 시방서) 및 도장 제조업체에서는 요구 최소두께 및 최대두께를 제시하고 있다.
- 도장종류에 따라 최소 또는 최댓값이 명시되어 있지 않는 경우 일반적으로 규준두께의 80%를 최소두께, 120%를 최대두께로 할 수 있다.

② 도장 허용두께(SSPC-PA2 참고)

- 측정 1개소내의 3개 지점값(직경 40mm의 1개소에서 3번의 측정 실시)은 값에 제한이 없으나, 3개 지점의 평균값 즉, 1개소의 평균값은 건설기준코드(구 시방서) 최솟값의 80% 이상이어야 하며, 최댓값의 120% 이내이어야 한다.
- 조사단위면적 내 5개소의 최종 평균값은 건설기준코드(구 시방서) 최솟값 및 최댓값의 범위에 있어야 한다.

③ 도장 허용두께 불만족 비율

- 대상 조사구역은 일정 단위면적으로 나눠질 수 있으며, 이러한 일정 단위면적을 조사단위면적으로 정의한다.
- 등급분류기준표에 제시된 '허용두께 불만족 비율'은 대상 조사구역 내의 도장 허용두께 불만족 비율로 정의한다(조사구역내 몇 %의 조사단위면적에서 허용두께가 불만족되는지에 대한 비율).

3) 강재내구성능 종합

(가) 강재수문

[표 6.66] 강재수문 평가항목별 가중치

구분	평가지표		가중치	
내부요인	도막 열화	발청	30	60
		박리	12	
		균열	6	
		부풂	9	
		변색	3	
	도장두께		20	
외부 환경요인	대기 환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)		20	

(나) 권양기와이어로프

[표 6.67] 평가항목별 가중치 (권양기 와이어로프)

평가지표	가중치
발청	25
대기환경	20
직경감소	20
소선절단	35

(다) 개별 시설물별 가중치

[표 6.68] 기본시설물 강재 내구성능 시설물별 가중치

구분		가중치
기본시설물	강재수문	60
	권양기 와이어로프	40

<해설>

○ 권양기 형식 또는 작동 방식이 상이하여 권양기 와이어로프 관련 항목이 평가에서 제외된 경우에는 강재수문에 대한 평가결과를 강재 내구성능 평가결과로 하며, 조사내용은 보수·보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.

[표 6.69] 부대시설물 강재 내구성능 시설물별 가중치

구분		가중치
부대시설물	어도시설	-
	차량통행용 및 관리용 교량	100
	스톱로그	-

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

[표 6.70] 기타시설물 강재 내구성능 시설물별 가중치

구분		가중치
기타시설물	관리동, 조작실 등 건축물	42
	접근수로 제방	58

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

(라) 통합 시설물별 가중치

[표 6.71] 강재 내구성능 가중치

구분	가중치
기본시설물	73
부대시설물	17
기타시설물	10

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

(마) 강재내구성능 종합등급 산정

[표 6.72] 등급별 점수 및 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
4.5≤ E ≤ 5.0	3.5≤ E < 4.5	2.5≤ E < 3.5	1.5≤ E < 2.5	1.0≤ E< 1.5

마. 강재 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 하구둑 시설물 선정

[표 6.73] 대상 하구둑 시설물

강재수문	형식	슬라이드 게이트
	갯수	5 sets
	제원(폭×높이)	4m × 8m
	도장 공용년수	10년
권양기 와이어로프	연결상태	강재수문 1식당 단일 전동기 설치
	길이	20m
	제원	∅56 (6×37) Galvanized 설계(초기) 직경 56.5mm
환경조건	해안 이격거리	250km
	이산화황 농도	0.0038ppm

2) 발청 및 도장열화 평가

(가) 강재수문

○ 발청 및 도장열화에 대해서는 대상 부재에 대해 단위섹션으로 구분하여 조사를 실시할 수 있으며(단위섹션 구분 예 : 2.0m×2.0m), 이는 조사의 편의를 위한 것이므로 열화된 것으로 조사된 섹션의 수 또는 비율이 강재 내구성능 평가결과에 영향을 미치지는 않는다.

○ 강재수문 1개당 앞, 뒷면을 모두 조사하는 것을 기본으로 한다.

○ [표 6.74]는 강재수문에 대한 발청을 조사한 결과이다.

○ 도장열화(박리/균열)의 경우도 같은 방법에 따라 조사하며, 산정된 유사 강재수문 수는 조사대상 강재수문을 포함한 총 개소수를 의미한다.

○ 부풂, 변색 및 백아화의 경우 정성적인 기준을 적용하므로 각 조사 강재수문별 등급을 산정하고 다음과 같이 평가등급에 따른 평점을 합산하여 계산한다.
부풂/변색 및 백아화 점수 = [∑(조사 강재수문 평점 X 유사 강재수문 개수)]/전체 강재수문 수

[표 6.74] 열화섹션 조사 예

대표 강재수문	열화섹션 수	섹션별 발청면적 (㎠)	유사 강재수문 개수
강재수문 G-1	3	5,816	2
		100	
		728	
강재수문 G-3	4	184	3
		188	
		180	
		188	

○ 강재수문별 평점 산정 (발청에 대한 예): 문비별 평균 점수 산정 및 전체 문비에 대한 평점을 산정함

[표 6.75] 도장열화 평점 산정(발청에 대한 예)

강재수문 번호	유사 강재수문 개수	발청 면적률[1)](%)	등급	평점
G-1	2	1.04	c	20
G-3	3	0.12	b	10

주1) 발청면적률(%) = (Σ섹션별 발청 면적 / 부재 면적*) X 100
* 여기서 부재면적은 부재 외부 전체 면적을 의미함

[표 6.76] 발청 면적률 평균 산정 예

발청 면적률 평균[1)](%)	평가결과	평점
0.48	b	10

주1) 발청면적률 평균 = (∑조사 강재수문 발청면적률 X 유사 강재수문 개수)/전체 강재수문 수

○ 종합점수 산정 및 등급결정: 각 지표에 대한 평점을 산정하고, 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준을 참조하여 평가결과를 산정함

[표 6.77] 종합점수 산정 예

강재수문							
평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	종합점수	종합결과
평가결과	b	b	b	a	a	16	4.27
평가점수	10	4[1)]	2[1)]	0[1)]	0[1)]		
도장열화 평가결과							b

주1) 예를 들은 것으로서 발청의 경우와 동일한 절차로 평가함

(나) 권양기 와이어로프

○ 발청 측정결과

[표 6.78] 권양기 와이어로프 발청 평가 예

와이어로프 번호	조사결과	평가결과	평가점수
G1-WR-1	점녹 발생 길이 6%	b	4
G1-WR-2	점녹 발생 길이 4.8%	b	4
G1-WR-3	점녹 발생 길이 3.5%	b	4
G1-WR-4	점녹 발생 길이 5.5%	b	4
G1-WR-5	점녹 발생 길이 4.3%	b	4
등급점수 평균			4
등급			b

○ 도장두께 평가

- 강재수문

[표 6.79] 강재수문 도장두께 평가 예

강재수문 번호	5개소 평균값의 기준 불만족 여부	평가내용
G-1	만족	전체 강재수문에 대한 불만족 비율 = (불만족 강재수문 개수)/(조사 강재수문 개수)×100 = 1/5×100 = 20% (b 등급)
G-2	만족	
G-3	불만족	
G-4	만족	
G-5	만족	

○ 와이어로프 직경감소 및 소선절단

- 직경감소

[표 6.80] 와이어로프 직경감소 평가 예

와이어로프 번호	측정위치 번호	3회 평균값 (mm)	평균 직경	감소율 (%)	평가결과	평가점수
G1-WR-1	1	55.95	55.91	1.0	a	5
	2	55.90				
	3	55.89				
	4	56.05				
	5	55.80				
G1-WR-2				1.5	b	4
G1-WR-3				2.0	b	4
G1-WR-4				2.5	b	4
G1-WR-5				1.1	b	4
전체평균						4.2
등급						b

- 소선절단

[표 6.81] 와이어로프 소선절단 평가 예

와이어로프 번호	측정위치 번호	위치별 절단 소선수	와이어로프 절단 소선수	절단율 (%)	평가결과	평가점수
G1-WR-1	1	2	4	1.8	b	4
	2	3				
	3	1				
	4	4				
	5	3				
G1-WR-2				0.9	a	5
G1-WR-3				1.2	b	4
G1-WR-4				0.8	a	5
G1-WR-5				1.1	b	4
전체평균						4.4
등급						b

3) 환경요인 평가

[표 6.82] 환경요인 평가 예

평가지표		측정값	평가결과
대기환경	해안 이격거리	동해안으로부터 50 km	a
	이산화황 농도	0.0038 ppm	
	연간 젖음시간(일)	75일	

4) 각 부재별 강재내구성능 평가

[표 6.83] 강재수문 내구성능 평점 산정 예

평가지표	지표 평가결과	가중치	부재 평가결과
발청 및 도장열화	b	60	2.24
도장두께	b	20	0.80
대기환경	a	20	1.00
평점			4.04

[표 6.84] 와이어로프 내구성능 평점 산정 예

평가항목	지표 평가결과	가중치	부재 평가결과
발청	b	25	1.00
대기환경	a	20	1.00
직경감소	b	20	0.80
소선절단	b	35	1.40
평점			4.20

<해설>

○ 도장열화 등급 b이하에 대한 가중치

5) 시설물별 강재내구성능 평가

[표 6.85] 기본시설물 강재 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
강재수문	4.04	60	2.42
권양기 와이어로프	4.20	40	1.68
합계			4.10
기본시설물 강재 내구성능 평가결과			b

<해설>

○ 산정 예시와 달리 권양기 형식이나 작동 방식이 상이한 경우에는 '권양기 와이어로프' 관련 지표를 강재내구성능 평가에서 제외하며, 조사된 내용을 보수·보강 방안 등에 제시할 수 있다.

[표 6.86] 부대시설물 강재 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
어도시설	-	-	-
차량통행용 및 관리용 교량	4.40	100	4.40
스톱로그	-	-	-
합계			4.40
부대시설물 강재 내구성능 평가결과			b

[표 6.87] 기타시설물 강재 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
관리동, 조작실 등 건축물	4.40	42	1.85
접근수로 제방	4.40	58	2.55
합계			4.40
기타시설물 강재 내구성능 평가결과			b

6) 강재내구성능 최종 평가

[표 6.88] 강재내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
기본시설물	4.10	73	2.99
부대시설물	4.40	17	0.75
기타시설물	4.40	10	0.44
합계			4.18
강재내구성능 평가결과			b

6.5.3 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, 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

[표 6.89] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

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

나. 평가대상 부재

하구둑은 '배수갑문', '방조제'로 총 2개의 세부 시설물로 나누어 평가를 실시하며, 배수갑문의 "강재수문", 방조제는 "제방"에서 다루어지는 부재와 동일한 형식의 부재를 평가대상으로 한다. 따라서 부재별 가중치도 "수문", "제방"에서 다루어지는 가중치를 적용한다.

[표 6.90] 하구둑의 평가대상 부재

부재구분	세부 시설물	부재
하구둑	배수갑문	수문본체
		암거
		날개벽
		물받이
	방조제 (콘크리트일 경우 평가)	뒷비탈(제내측사면)
		둑마루
		앞비탈(제외측사면)

다. 평가지표별 기준 및 점검방법

1) 염화물 침투량

[표 6.91] 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	

<해설>

- 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 6.92] 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	

<해설>

- ○ 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 탄산화 될 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 6.93] 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 6.94] 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 6.95] 염해환경의 평가기준(해안거리)

평가 기준	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	비고
a	동해안	전지역	500 초과	
	서해안	고창, 태안	1,000 초과	
		그 외 지역	300 초과	
	남해안	사천, 거제	100 초과	
		그 외 지역	20 초과	
b	동해안	전지역	250 < X ≤ 500	
	서해안	고창, 태안	500 < X ≤ 1000	
		그 외 지역	120 < X ≤ 300	
	남해안	사천, 거제	50 < X ≤ 100	
		그 외 지역	10 < X ≤ 20	
c	동해안	전지역	비말대* < X ≤ 250	
	서해안	고창, 태안	비말대 < X ≤ 500	
		그 외 지역	비말대 < X ≤ 120	
	남해안	사천, 거제	비말대 < X ≤ 50	
		그 외 지역	비말대 < X ≤ 10	
d	−	−	−	
e	−	−	−	

주1) 비말대 : 해수가 직접 닿지는 않으나 파도가 칠 때 튀어오르는 물방을이 미치는 범위

[표 6.96] 염해환경의 평가기준(제설제)

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

<해 설>

- 염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설에 따른 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 구분한다.
- 상기 항목은 각각 해안인접성과 강설일수를 기본 항목으로 정하고 등급을 설정한다.
- 해안 인접성의 경우 동해와 서해를 동일한 조건으로 고려하고, 해안의 형상, 구조 및 환경에 따라 다른 해역에 비해 비교적 비래염분이 적은 남해는 동해 및 서해와 달리 완화된 등급을 부여함을 원칙으로 하였다.
- 강설일수는 동절기 제설제 환경에 노출된 콘크리트 시설물의 내구성능 저하를 고려하기 위한 평가항목으로, 강설 시 무조건 제설제를 살포하는 것으로 가정하되, 당일 추가살포는 고려하지 않으며 강설일수가 14일 이상이면 C 등급을 부여한다.
- 강설일수는 최심신적설(하루동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 취한다.

4) 동해환경

[표 6.97] 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	-	

<해설>

- ○ 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 강재수문은 하구둑 기준에 준하여 평가한다.

2) 결과산정절차 일반

(가) 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 제설제 염해환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 열화환경평가 지표로 이루어진다. 열화환경평가는 3가지 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 6.98] 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 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설로 인하여 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 나누어서 평가한다.

○ 동해환경

- 대상 하구둑이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해환경을 파악하여 동결융해 반복지수를 도출하고, 동결융해 환경등급을 평가한다.
- 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 활용한다.

(나) 열화진전 평가(부재수준의 평가)

이 단계에서는 각 세부부재별로 내구성능에 관한 열화진전평가를 실시한다.

내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다. 하구둑의 경우 배수갑문, 교량, 방조제가 세부 시설물이 되며, 배수갑문의 세부부재는 수문본체/암거/날개벽/물받이가 되며, 방조제의 경우 뒷비탈(제내측사면), 둑마루, 앞비탈(제외측사면)가 된다.

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 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급으로 결정한다.
- 이는, 염해 혹은 탄산화 등 어느 한 가지 지표에 의해서만 피해가 발생하여도 심각한 결과가 발생할 수 있으며 이에 대책을 강구하여야 한다.
- 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가 등급 점수를 산술평균하여 결정한다.

산출된 각 세부부재(ex. 수문본체, 암거, 물받이, 날개벽)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 상위부재(ex. 배수갑문)의 콘크리트 내구성능 등급을 산출하며, 상위부재(ex. 방조제, 배수갑문, 교량)의 가중치를 고려하여 최종적으로 하구둑 시설물의 콘크리트 내구성능 등급을 산출한다. 각 세부 시설물별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같다.

○ 배수갑문(수문본체/암거/날개벽/물받이)

지표명	
열화진전평가	염화물량
	탄산화 깊이
	피복(표면부) 콘크리트 품질

○ 방조제(뒷비탈(제내측사면), 둑마루, 앞비탈(제내측사면), 콘크리트 시설의 경우만 해당됨)

지표명	
열화진전평가	염화물량
	탄산화 깊이
	피복(표면부) 콘크리트 품질

○ 등급별 평가점수 및 지수범위

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

[표 6.99] 등급별 평가점수

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

[표 6.100] 등급별 평가지수 범위

a등급	b등급	c등급	c등급	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) 부재별 평가등급 산정안에 따라 세부시설물 등급 산정

배수갑문/방조제의 2개 세부 시설물의 각 부재별 가중치는 아래 표와 같으며, 각 부재별 가중치를 활용하여 세부시설물별 등급을 산정한다.

[표 6.101] 배수갑문의 부재별 가중치

세부 시설물	부재명	부재별 가중치(%)
배수갑문	수문본체	50
	암거	40
	날개벽	5
	물받이	5

[표 6.102] 방조제의 부재별 가중치

세부 시설물	부재명	부재별 가중치(%)
방조제	앞비탈(제외측사면)	50
	둑마루	30
	뒷비탈(제내측사면)	20

(라) 개별 시설물별 가중치

[표 6.103] 하구둑의 세부 시설물 형식에 따른 가중치

형식	세부 시설물명	시설물별 가중치(%)
하구둑	배수갑문	62
	방조제 (콘크리트일 경우 평가)	38

* 방조제가 콘크리트가 아닐 경우, 부재별 가중치는 배수갑문(100%)로 평가를 실시함

[표 6.104] 부대시설물 콘크리트 내구성능 시설물별 가중치

구분	시설물별 가중치(%)
어도시설	-
차량통행용 및 관리용 교량	100
스톱로그	-

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

[표 6.105] 기타시설물 콘크리트 내구성능 시설물별 가중치

구분	시설물별 가중치(%)
관리동, 조작실 등 건축물	42
접근수로 제방	58

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

(마) 통합 시설물별 가중치

[표 6.106] 콘크리트 내구성능 가중치

구분	시설물별 가중치(%)
기본시설물	72
부대시설물	18
기타시설물	10

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

하구둑 시설물의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

[표 6.107] 열화진전 평가

시설명	평가등급	세부시설명	평가등급	부재명	평가등급
하구둑	a~e	배수갑문	a~e	수문본체	a~e
				암거	a~e
				날개벽	a~e
				물받이	a~e
		방조제	a~e	앞비탈 (제외측사면)	a~e
				둑마루	a~e
				뒷비탈 (제내측사면)	a~e

[표 6.108] 열화환경 평가

열화환경지표	하구둑의 주요 대상 부재
제설제 염해환경	주로 교량의 바닥판 및 기타 상부부재가 해당되며, 바닥판에 관통균열이 있을 경우 하부의 거더에도 영향을 미칠 수 있으며, 신축이음부에 누수가 있을 경우 교좌, 교대 등으로 확대될 수 있음 또한, 교량의 바닥판에 뿌려진 제설제는 수문본체에도 영향을 줄 수 있음
비래염분 염해환경	전체 시설물 대상이지만, 비래염분이 발생하는 해안쪽의 부재가 상대적으로 열악한 환경에 놓이게 됨
동해환경	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

마. 콘크리트 내구성능 결과 산정 예시

1) 대상 하구둑 제원

[표 6.109] 대상 하구둑 예시

콘크리트		일반 RC
피복 두께		50mm
공용연수		20년
위치	지역	부산
	해안 이격거리	300m
강재 수문	연장	510m
	높이	30m
	강재수문 수	10개 – L=500m, 10문 – 주수문: B47m x H9m x 6문 – 조절수문: B47m x H8m x 4문
갑문	연장	50m
	갑문수	1개(해측, 내측) – 갑실: L50m x W9.0m – 상류갑문: B9m x H8m x 2set – 하류갑문: B9m x H7m x 2set

2) 열화환경 평가

대상 하구둑은 부산에 위치하여(부산지역까지 동해안) 해안거리에 따른 동해안의 비래염분 염해환경은 B등급이 된다. 부산지역의 평균 강설일수는 0.5일로서 제설제 염해환경 또한 A등급이 된다. 또한 해당 지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.42회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 21.17회로서 동결융해 환경은 B등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우는 동결융해 싸이클이 연평균 0.42회로서 동결융해의 피해에 대하여 안전하다.

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 6.110] 염화물 침투량 평가

열화진전 평가항목	수문 본체	깊이별 염화물 침투량 (kg/m^3)				철근부 개별 평가결과	평가결과
		표면부	중간부		철근부		
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm		
염화물 침투량	No.1	1.5 (d)	1.05 (c)	0.4 (b)	0.1 (a)	a	c
	No.2	1.5 (d)	0.98 (e)	0.4 (b)	0.1 (a)	a	
	No.3	4.5 (e)	3.5 (e)	1.8 (d)	0.8 (c)	c	

[표 6.111] 염화물 확산계수 산출

계산 항목	수문 본체	깊이별 염화물 확산계수 ($cm^2/year$)			
		표면부	중간부		철근부
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm
염화물 확산계수	No.1	-	-	0.103	-
	No.2	-	-	0.103	-
	No.3	-	-	-	0.194

* 확산계수는 깊이별로 산출할 수도 있음

[표 6.112] 철근부의 전염화물 침투량이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	수문본체	계산 결과 (year)	개별 평가결과	평가결과
철근부 전염화물 침투량 C_r가 2.5(kg/m^3)가 되는 시점	No.1	30년 초과	a	a
	No.2	30년 초과	a	
	No.3	30년 초과	a	

[표 6.113] 염화물량 최종 평가등급

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

(나) 탄산화 깊이

- 탄산화 깊이는 수문본체 2개소에서 측정하는 것으로 함
- 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상 부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 함

[표 6.114] 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	배수갑문	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	수문본체 No.1	10	9	2.2	2.0	30년 초과	30년 초과	a	a	a
	수문본체 No.2	28	32	6.3	7.2	30년 초과	19	a	b	b

(다) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

- 피복 콘크리트의 품질은 수문본체 4개소에서 측정하는 것으로 하였음

[표 6.115] 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	시설물	세부 부재명	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가결과		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	배수 갑문	수문본체 No.1	105	-	a	-	a (평균값)
		수문본체 No.2	-	98	-	a	
		수문본체 No.3	120	-	a	-	
		수문본체 No.4	-	92	-	b	

이상과 같은 과정을 거쳐 다른 부재 및 시설물의 내구성능 평가 또한 아래와 같은 결과가 나온 것으로 가정한다.

(라) 콘크리트 내구성능 평가결과

[표 6.116] 배수갑문의 콘크리트 내구성능 평가

세부 시설물	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과					
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	평가결과	
						점수	등급
배수갑문	수문본체 (50)	c	b	a	c	3.89	b
	암거 (40)	a	a	a	a		
	날개벽 (5)	–	–	–	–		
	물받이 (5)	–	–	–	–		
		최저등급제				가중치 고려	

[표 6.117] 방조제의 콘크리트 내구성능 평가

세부 시설물	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과					
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	평가결과	
						점수	등급
방조제	앞비탈 (50)	a	a	b	b	4.38	b
	둑마루 (30)	a	a	a	a		
	뒷비탈 (20)	–	–	–	–		
		최저등급제				가중치 고려	

(마) 시설물별 콘크리트 내구성능 평가

[표 6.118] 기본시설물 콘크리트 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
배수갑문	3.89	62	2.41
방조제	4.38	38	1.66
합계			4.08
기본시설물 콘크리트 내구성능 평가결과			b

[표 6.119] 부대시설물 콘크리트 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
어도시설	-	-	-
차량통행용 및 관리용 교량	4.20	100	4.20
스톱로그	-	-	-
합계			4.20
부대시설물 콘크리트 내구성능 평가결과			b

[표 6.120] 기타시설물 콘크리트 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
관리동, 조작실 등 건축물	4.20	42	1.76
접근수로 제방	4.20	58	2.45
합계			4.21
기타시설물 콘크리트 내구성능 평가결과			b

(바) 콘크리트 내구성능 최종평가

[표 6.121] 콘크리트 내구성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
기본시설물	4.08	72	2.94
부대시설물	4.20	18	0.76
기타시설물	4.21	10	0.42
합계			4.12
콘크리트 내구성능 평가결과			b

[표 6.122] 열화환경지표의 평가

열화환경지표	평가결과
제설제 염해환경	A
비래염분 염해환경	B
동해환경	B

6.5.4 내구성능 평가결과산정방법

하구둑의 세부시설을 구성하는 강재(강재수문 및 권양기 와이어로프 등)과 콘크리트의 내구성능은 다음과 같은 가중치를 적용하여 내구성능 결과를 도출한다.

[표 6.123] 종합내구성능 가중치

구분	종합 내구성능 평가 가중치	
	강재	콘크리트
하구둑	35	65

[표 6.124] 내구성능 평가결과산정 예

구분	평가점수	평가등급	중요도	평점
강재내구성능	4.18	b	35	1.41
콘크리트 내구성능	4.12	b	65	3.04
합계			100	4.45
내구성능 평가결과	= 4.18 × 0.35 + 4.12 × 0.65 = 4.45(B등급)			

6.6 사용성능 평가기준 및 방법

6.6.1 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 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

6.6.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

하구둑의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성능과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다. 하구둑에서는 사용성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 운영자의 안정감 측면에서 운영성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

나. 세부지표의 평가범위

하구둑의 사용성능을 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표로 권양기의 작동유무, 현장제어반 및 조작반, 구동모터 및 브레이크, 전기시설의 작동유무, 점검시설, 염분침투를 도출하고 a~e의 차등 적용한다.

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

1) 하구둑

[표 6.125] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	운영성	권양기의 작동유무	a, b, c, d, e
		현장제어반 및 조작반	a, b, c, d, e
		구동모터 및 브레이크	a, b, c, d, e
		강재수문 작동유무	a, b, c, d, e
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	염분침투	a, b, c, d, e

2) 어도시설

[표 6.126] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
기능성	유지관리성	어도의 성능(상태)	a, b, c, d, e

3) 차량통행용 및 관리용 교량

[표 6.127] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e

4) 스톱로그

[표 6.128] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	운영성	스톱로그 및 권양장치 설치(작동) 성능	a, b, c, d, e
기능성	유지관리성	유지관리 상태 및 소모성 재료 성능상태	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	퇴적	a, b, c, d, e

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 운영성

(가) 권양기의 작동유무

[표 6.129] 권양기의 작동 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 상태
b	작동시 이음발생이 없으며 상승 및 하강에 이상이 없는 정상의 상태
c	상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
d	상승 및 하강이 정상 작동되지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	전혀 작동되지 않는 상태

(나) 현장제어반 및 조작반

[표 6.130] 현장제어반 및 조작반 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	현장 제어반의 불량이 없는 양호한 상태
b	현장 제어반의 불량이 없는 건전한 상태
c	불량이 경미하여 전기설비의 기동 및 운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태
d	현장 제어반 상태가 불량인 상태 (불량이 심각하여 전기설비의 기동 및 운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	현장 제어반의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태, 절연: 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과~ ∞)

<해설>

- ○ a등급의 양호한 상태와 b등급의 건전한 상태는 현장제어반의 신규 설치(3년 이내) 여부를 기준으로 판단함
- ○ 기본적으로 c등급은 운전에는 영향이 없지만 외함접지 설치유무, 절연 등 안전 측면에서 문제가 있는 경우를 의미하고 d등급은 운전에 문제가 있으나 응급수리로 가동 가능한 경우이며 e등급은 운전에 큰 문제가 있어 보수나 교체가 필요한 경우를 의미함
- ○ 아래 표를 활용하여 상세육안점검을 실시함으로써 전반적인 상태를 파악하고 조사 결과 중 최저 등급을 기준으로 해당 설비를 평가함 (결과산정 예 참조)

[표 6.131] 현장제어반 및 조작반 불량

구분		점검사항
현장 제어반 조작반	반(PNL)의 내·외관 상태	-반의 오손·파손·부식유무, 문 개폐 및 장금장치 상태, 반의 부착 및 고정상태 등 -반 내부의 방진・방습조치 설치 및 작동유무 등
	표시·계기류	-계기류(전압·전류계)외관·지시상태, 파손·손상유무 등
	차단기 및 접촉기류	-차단기(NFB·MCCB)·접촉기류·S/W류 및 각종 접점상태(손상. 파손. 부식 등 문제점 유무), 보호장치·FUSE·CT·PT의 동작상태 및 파손·손상 유무, 결선·부착상태 등
	배선류	-배선상태(반 내부의 전선·케이블 단말처리 및 배선정리 상태, 단선·단락·열화·변색 유무 등)
	접지	-접지 유무 및 설치상태(외함 접지선의 굵기 및 손상유무 등)
	동작유무	-전기적 동작여부(조작 및 제어불능 유무 등)

<해설>

○ 절연저항은 간편한 절연저항계에 의한 측정이 보편적이며 신설인 경우 내선규정 135-2, 사용 중인 경우 전기설비기술기준 27조, 52조 및 내선규정 135-2 등에 따름

○ 접지저항은 인명사고 및 장비보호에 대한 기본적인 안전장치이며 접지저항계가 측정에 사용됨. 판정기준은 건설기준코드(구 건축전기설비공사 표준시방서(9-4 접지설비공사)), 전기설비 기술설계 핸드북(6.1접지공사) 및 전기설비기술기준(제3절 전로의 절연 및 접지), NEC 250 (Grounding, Grounding conductors) 및 KSC IEC 60364-5-54, KSC IEC 62305, ESB(한전 내선규정) 등의 규정에 따름

(다) 구동모터 및 브레이크

[표 6.132] 구동모터 및 브레이크 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	구동모터・브레이크장치의 불량이 없는 양호한 상태
b	구동모터・브레이크장치의 불량이 없는 건전한 상태
c	불량이 경미하여 설비운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태
d	구동모터・브레이크장치의 상태가 불량한 상태 (불량이 심각하여 설비운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	구동모터・브레이크장치의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 설비운전이 불가능한 상태, 절연:0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과~ ∞)

<해설>

○ 아래 표를 활용하여 상세육안점검을 실시함으로써 전반적인 상태를 파악하고 조사 결과 중 최저 등급을 기준으로 해당 설비를 평가함 (결과산정 예 참조)

[표 6.133] 구동모터 및 브레이크 장치불량

구분		점검사항
구동모터·브레이크	외관상태	-변형・파손・부식 등의 유무
	접지	-접지 유무 및 설치상태(외함 접지선의 굵기 및 손상유무 등)
	동작유무	-전기적 동작상태 (이상진동・소음・발열여부 등)
	배선류	-배선상태(배선정리, 단선・단락・열화・변색 유무 등) -배관의 파손・변형유무

<해설>

○ 구동모터, 브레이크는 구동모터의 공급전압, 운전전류, 온도상승여부 등을 측정·조사하여 운전상태의 이상 유무를 파악함. 공급전압 및 운전전류는 클램프미터, 전력분석기 등을 활용하여 구동모터의 정·역(권상·권하)상태에서 전압 및 전류를 1회 이상 측정하여 이 때 측정값이 정격전압·전류를 초과하는지 등을 확인함

(라) 강재수문 작동유무

[표 6.134] 강재수문 사용성능평가기준

평가기준	상 태
a	전기적인 강재수문 작동 상에 이상이 없는 양호한 상태
b	전기적인 강재수문 작동 상에 이상이 없는 건전한 상태
c	전기적인 강재수문 작동 상에 이상이 경미한 상태 (현장제어반 및 조작반, 구동모터, 브레이크 등의 결함이 경미하여 현장에서 즉시 조치가 가능한 상태)
d	전기적으로 강재수문 작동이 불량한 상태 (정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한작동 가능한 상태)
e	전기적으로 강재수문 작동이 전혀 되지 않는 상태

<해설>

○ 현장제어반, 모터·브레이크, 개도계, 리미트 S/W를 점검하고, 각 설비의 가장 낮은 등급을 기준으로 해당 설비를 평가함 (결과산정 예 참조)

(마) 스톱로그 설치(작성) 성능, 권양장치 작동 성능

[표 6.135] 스톱로그 설치(작동) 성능 사용성능평가기준

평가기준	상 태
a	스톱로그 설치 및 권양장치 작동상에 이상이 없는 양호한 상태
b	스톱로그 설치 및 권양장치 작동상에 이상이 없는 건전한 상태
c	스톱로그 설치 및 권양장치 작동상에 이상이 경미한 상태
d	스톱로그 설치 및 권양장치 작동이 불량한 상태 (정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한작동 가능한 상태)
e	스톱로그 설치 및 권양장치 작동이 전혀 되지 않는 상태

<해설>

○ 권양시설의 상태를 점검하고, 스톱로그 설치 상 이상 유무를 평가함

2) 유지관리성

(가) 점검시설

[표 6.136] 점검시설 사용성능평가기준

평가기준	상 태
a	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 구비되어 있음(신설)
b	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 양호한 상태임
c	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 있으나 결함(볼트, 나사 풀림, 녹 등)이 있어 수리가 필요한 상태
d	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 있으나 사용시 심각한 안전상의 문제가 있어 교체가 필요한 상태
e	시설물의 조사에 필요한 점검로가 없어 새로 설치를 요하는 상태

<해설>

○ 이 항목은 시설물 조사 및 유지관리에 필요한 접근로 및 점검로의 유무로 판단하여 적용함

○ a, b등급의 경우는 사다리 및 접근로가 양호한 상태로 신설인 경우 a등급으로 규정함. c등급은 사용하는데 문제가 없으나 일부 수리가 필요한 상태를 의미하고 d등급은 사용하는데 문제가 있어 교체가 필요한 상태를 의미함. e등급은 점검로가 없어 점검시 특수한 장비를 사용해야 하는 경우를 의미함

(나) 어도의 성능

[표 6.137] 어도의 성능 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	격벽(수로식,풀형식) 또는 수문(갑문)의 유지관리가 양호하게 이루어짐
b	격벽(수로식,풀형식) 또는 수문(갑문)의 유지관리가 건전하게 이루어짐
c	격벽(수로식,풀형식) 또는 수문(갑문)의 유지관리 상태가 다소 떨어짐
d	격벽(수로식,풀형식) 또는 수문(갑문)의 유지관리 상태가 떨어짐
e	격벽(수로식,풀형식) 또는 수문(갑문)의 유지관리 상태가 현격하게 떨어짐

<해설>

○ 어도의 콘크리트 격벽 및 수로의 유지관리 상태를 고려하여 평가함

(다) 스톱로그 유지관리 상태 및 소모성 재료성능

[표 6.138] 스톱로그 유지관리 상태 및 소모성 재료 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	유지관리 상태 및 소모성 재료 성능상태가 양호한 상태
b	유지관리 상태 및 소모성 재료 성능상태가 건전한 상태
c	유지관리 상태 및 소모성재료 성능이 어느정도 관리는 되고 있으나, 결함이 있어 수리가 필요한 상태
d	유지관리 상태 및 소모성재료 성능상태가 미비하고, 결함이 있어 수리가 필요한 상태
e	유지관리 상태 및 소모성재료 성능상태가 부실하여 새로운 설치가 필요한 상태

<해설>

○ 어도의 콘크리트 격벽 및 수로의 유지관리 상태를 고려하여 평가함

3) 수요 및 용량

(가) 염분침투

[표 6.139] 염분침투 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 갈수기 때 염분농도가 0.2 psu 이하일 경우
b	하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 갈수기 때 염분농도가 0.2 psu 초과하고 0.3 psu 이하일 경우
c	하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 갈수기 때 염분농도가 0.3 psu 초과하고 0.4 psu 이하일 경우
d	하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 갈수기 때 염분농도가 0.4 psu 초과하고 0.5 psu 이하일 경우
e	하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 갈수기 때 염분농도가 0.5 psu 초과일 경우

<해설>

- 염분침투 예방은 하구둑의 가장 중요한 기능으로 기능성평가에 포함되었음
- 하구둑 시설의 주요 목적인 염분침투 방지에 대한 성능평가지표로 하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 염분농도가 가장 높게 나타나는 갈수기 때 염분 측정 데이터를 활용하여 평가함 (취수장 염분측정 데이터가 없는 경우, 취수장 인근 저수지, 하천수의 염분 측정 데이터를 활용함)
- 갈수기(Drought Period)는 하천의 유량이 감소하는 시기를 나타내며, 가뭄과 겨울철의 적설, 결빙으로 인해 발생하며, “환경오염사고 예방 및 수습업무 처리 규정”의 1장 2조 4항에 따르면 갈수기는 매년 12월1일부터 다음해 4월 30일까지의 기간으로 나타남
- 환경부가 규정한 염분농도는 생활용수 0.5 psu, 공업용수 0.3 psu 이하로 규정되어 되어 있으며, 이를 기준으로 세부적인 등급기준을 산정함

(나) 퇴적

[표 6.140] 스톱로그 퇴적 사용성능평가기준

평가 기준	상 태
a	스톱로그 프레임부의 퇴적이 없는 양호한 상태임
b	스톱로그 프레임부의 퇴적이 없는 대부분 양호한 상태이나, 일부 퇴적흔이 확인되는 상태임
c	스톱로그 프레임부에 일부 퇴적이 있는 상태임
d	스톱로그 프레임부에 일정량이상 퇴적이 있는 상태임
e	스톱로그 프레임부가 퇴적되어 성능상 문제가 있는 상태로 즉시 조치가 필요한 상태임

<해설>

- 스톱로그 프레임부의 퇴적여부에 따라 사용효율이 떨어질 수 있으므로, 이에 대한 판단을 통해 사용성능을 판단함

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 서비스 등급 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

- 기본시설물

[표 6.141] 하구둑의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

	권양기의 작동유무	현장제어반 및 조작반	구동모터 및 브레이크	강재수문 작동유무	점검시설	염분침투
가중치	0.152	0.132	0.153	0.179	0.172	0.212

[표 6.142] 사용성능 평가지표에 대한 가중치 조정방법(예)

	권양기의 작동유무	현장제어반 및 조작반	구동모터 및 브레이크	강재수문 작동유무	점검시설	염분침투
가중치	0.179	0.156	-	0.211	0.203	0.250

* 가중치 조정 예 : 구동모터 및 브레이크에 대한 평가가 제외되는 경우, 구동모터 및 브레이크에 해당하는 가중치 0.153을 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분한다.

- 부대시설물

[표 6.143] 부대시설의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

	어도시설	차량통행용 및 관리용 교량	스톱로그			
	어도의 성능(상태)	점검시설	설치(작동) 성능	권양장치 작동성능	유지관리 상태 및 소모성 재료	퇴적
가중치	1.000	1.000	0.400	0.300	0.200	0.100

2) 개별 시설물별 가중치

[표 6.144] 부대시설 사용성능 시설물별 가중치

구분	가중치
어도	22
차량통행용 및 관리용 교량	44
스톱로그	34

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

3) 통합 시설물별 가중치

[표 6.145] 콘크리트 내구성능 가중치

구분	가중치
기본시설물	79
부대시설물	21

<해 설>

○ 평가에서 제외된 시설물이 있는 경우 중요도의 합이 100이 되도록 중요도를 조정할 수 있다.

4) 사용성능 평가결과 산정

최종 사용성능 평가결과 산정 절차는 다음과 같다.

$$\text{사용성능평가} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i c_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

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

[표 6.146] 평가등급별 점수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
5	4	3	2	1

[표 6.147] 최종 등급산정을 위한 점수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
4.5 이상	3.5 ≤ X < 4.5	2.5 ≤ X < 3.5	1.5 ≤ X < 2.5	1.0 ≤ X < 1.5

마. 사용성능 평가결과 산정 예시

1) 평가항목별(지표별) 평가

○ 권양기의 작동유무

- 시설물의 개보수 이력을 검토하고 각 강재수문별의 상승·정지·하강 등을 실행한 후 권양기의 작동상태·이음발생 등을 확인하여 평가함
- 각 강재수문의 등급을 평가한 후 평균을 내어 최종 등급을 산정함

[표 6.148] 권양기 작동유무 평가 산정 예

구분	상하한정지	중간정지	평가결과	평가점수	작동유무 평가결과
#1	양호	양호	b	4	b* (3.67)
#2	불량	불량	c	3	
#3	양호	양호	b	4	

* 각 최종등급은 서비스 성능 최종평가결과 표의 점수를 준용하여 적용

○ 현장제어반 및 조작반

- 상세육안점검을 실시하고 절연저항 및 접지저항 등을 측정하여 평가함
- 점검내용의 가장 낮은 등급을 기준으로 해당 설비 평가함

[표 6.149] 현장제어반 및 조작반 평가 산정 예

점검내용 구분	평가결과		
	1호기	2호기	3호기
반의 변형·파손유무, 내장 부속설비의 상태	양호	양호	양호
외함접지 설치유무	설치	설치	설치
조작 및 작동상태	경미한 불량	양호	양호
배관배선류의 변형 및 손상여부	양호	양호	양호
개도장치 및 안전리미트 스위치류의 상태	양호	양호	양호
평가결과	c	b	a
평가점수	3	4	5
현장제어반 및 조작반 평가결과	b		

* 2호기와 3호기의 차이의 경우 3호기는 신설되어 a로 평가함

○ 구동모터 및 브레이크

- 변형 파손유무, 외함 접지 설치여부, 작동상태, 배관 변형 및 손상 여부 등을 평가함
- 점검내용의 가장 낮은 등급을 기준으로 해당 설비 평가함

[표 6.150] 구동모터 및 브레이크 평가 산정 예

점검내용 구분	평가결과		
	1호기	2호기	3호기
변형·파손유무	양호	양호	양호
외함접지 설치유무	설치	설치	설치
작동상태	불량	양호	경미한 불량
배관배선류의 변형 및 손상여부	양호	양호	양호
평가결과	d	b	c
평가점수	2	4	3
구동모터 및 브레이크 평가결과	c		

○ 강재수문 작동유무

- 상세육안점검을 실시하고 강재수문 동작 여부(작동 및 검출불능 유무 등)을 검사하여 평가함
- 점검내용의 가장 낮은 등급을 기준으로 해당 설비를 평가함

[표 6.151] 전기설비 작동유무 평가 산정 예

점검내용 구분	평가결과		
	1호기	2호기	3호기
현장제어반	양호	양호	양호
모터·브레이크	양호	양호	양호
개도계	경미한 결함	불량	양호
리미트 S/W	양호	양호	양호
평가결과	c	d	b
평가점수	2	4	3
작동유무 평가결과	c		

○ 점검시설

- 시설물 조사에 필요한 접근로의 유무 및 상태를 조사하여 평가함
- 해당 시설은 점검에 필요한 사다리 및 접근로가 구비되어 있고 시설이 양호하여 b로 평가함

[표 6.152] 점검시설 평가 산정 예

설치유무	상태	평가결과
사다리 및 접근로 설치	양호	b

○ 염분침투

- 염분침투는 하구둑에서 가장 가까운 취수장에서 1년 중 염분농도가 가장 높게 나타나는 갈수기 시기 때의 염분농도를 측정하여 평가함
- 년중 강수량이 적고 수위가 낮아 갈수기로 판단되는 시점(1월~4월)에 하구둑에서 가장 가까운 취수장의 염분농도를 월별로 각각 측정하여 가장 낮은 등급을 활용하여 평가함

[표 6.153] 염분농도 평가 산정 예

구분	염분농도	평가결과	등급점수	염분농도 평가결과
1월	0.1 psu	a	5	c(3)
2월	0.3 psu	b	4	
3월	0.4 psu	c	3	
4월	0.4 psu	c	3	

2) 지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 등급 산정

[표 6.154] OO하구둑 최종 사용성능 평가

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	평가점수
사용성능	운영성	권양기 작동유무	0.152	b	4
		현장제어반 및 조작반	0.132	b	4
		구동모터 및 브레이크	0.153	c	3
		전기설비의 작동유무	0.179	c	3
기능성	유지관리성	점검시설	0.172	b	4
	수요 및 용량	염분침투	0.212	c	5

- 위의 식대로 사용성능 평가 점수를 산정해보면

  - $4 \times 0.152 + 4 \times 0.132 + 3 \times 0.153 + 3 \times 0.179 + 4 \times 0.172 + 5 \times 0.212 = 3.88$

- 이를 최종 등급 산정표에 적용시켜 보면 본 하구둑의 최종등급은 b등급으로 평가함

3) 시설물별 사용성능 등급 산정

[표 6.155] 부대시설물 사용성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
어도	3.00	22	0.66
차량통행용 및 관리용 교량	4.00	44	1.76
스톱로그	4.00	34	1.36
합계			3.78
부대시설물 사용성능 평가결과			b

4) 사용성능 최종평가

[표 6.156] 사용성능 평가 예

구분	평가점수	가중치	평점
기본시설물	3.88	79	3.07
부대시설물	3.78	21	0.79
합계			3.86
사용성능 평가결과			B

6.7 종합평가기준 및 방법

6.7.1 종합평가 일반

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

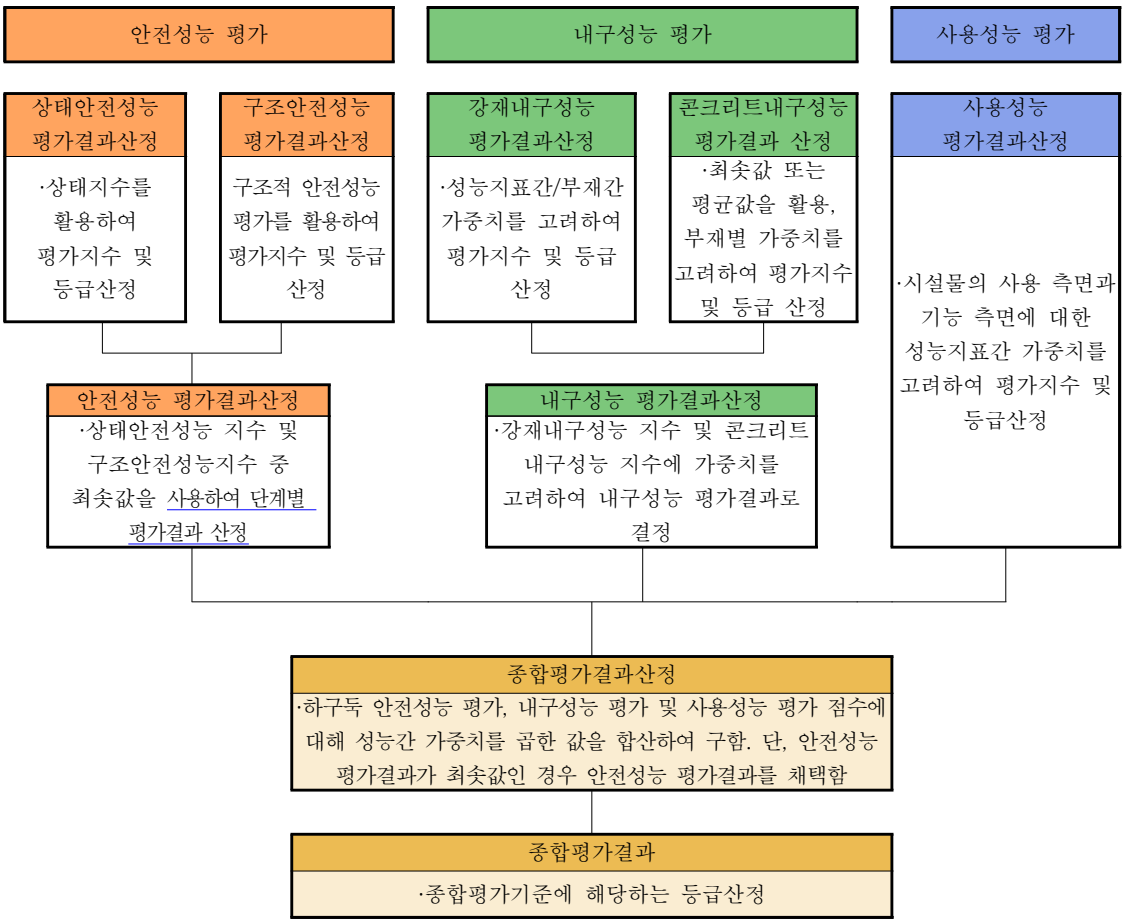
[표 6.157] 성능별 가중치

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

종합평가 산정절차는 아래의 표에서 제시한 절차에 따른다.



[그림 6.3] 하구둑의 종합평가결과산정절차

6.6.2 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 하구둑 종합성능등급은 아래 표와 같다.

[표 6.158] 하구둑 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 하구둑 시설물의 종합평가결과를 도출한 예는 다음과 같다.

[표 6.159] 하구둑 종합평가결과산정 예

시설물 종합평가결과 산정표			
시설물명	00하구둑		
평가구분	성능평가점수 (평가지수)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	3.44	C	0.66
내구성능 평가	4.45	B	0.20
사용성능 평가	3.86	B	0.14
종합평가결과	○ 하구둑의 종합평가지수 : 3.44 (안전성능 평가등급이 최하위 등급인 경우) ○ 하구둑의 종합평가결과 : C		