
제3장 항 만

3.1 관리일반

3.2 현장조사

3.3 재료시험 항목 및 수량

3.4 안전성능 평가기준 및 방법

3.5 내구성능 평가기준 및 방법

3.6 사용성능 평가기준 및 방법

3.7 종합평가기준 및 방법

제3장 항만

3.1 관리일반

3.1.1 적용 범위

본 장은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제40조 및 같은 「법」 시행령(이하 「령」이라 한다) 제28조에서 정하고 있는 항만시설물에 적용한다.

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

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 항만 및 어항 설계기준·해설)
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 국토교통부 발행 항만시설물 관련 기준 및 지침
 - 항만시설물 안전점검 및 정밀안전진단 실시요령
 - 항만구조물 중력식 안벽 및 외곽시설 보수·보강 표준 지침서
 - 항만구조물 잔교식 안벽 보수·보강 표준 지침서
- 건설기준코드(구 항만 및 어항공사 표준시방서)
- 「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.

3.1.2 용어 정의

- 항만시설(港灣施設)
 - 항만법상 항만시설로서 ① 수역시설, ② 외곽시설, ③ 계류시설, ④ 임항 교통시설, ⑤ 여객이용시설, ⑥ 보관시설, ⑦ 화물 정리시설 등을 포함한다.
- 계류시설
 - 선박을 계류(Mooring)하는 안벽, 물양장, 잔교, 돌핀, 선착장, 램프 등을 총칭하여 계류시설이라고 한다.

○ 부두(埠頭)

- 선박이 접안하여 화물을 적양하고 또 여객이 승강하는 장소를 말하며, 화물 처리시설, 보관시설, 선박보급시설, 항만후생시설, 상옥, 대합실 등의 여객시설, 임항 교통시설 등의 육상부분들도 포함한 광범위한 임항지대를 총괄하여 부두라고 한다. 그러나 좁은 뜻으로는 계선안 혹은 이에 인접하는 에이프런 정도까지 소지구(小地區)의 의미로도 쓰인다. 부두는 일반공공부두, 전용으로 이용하는 전용부두, 특수화물을 취급하는 전문부두로 구별한다.

○ 안벽(岸壁)

- 선박을 안전하게 접안하여 화물의 하역 및 승객을 승하선시킬 수 있는 구조물로서, 전면 수심 4.5m이상으로 대형 선박이 접안하는 접안시설을 말한다. 구조 형식에 따라 중력식, 잔교식, 선반식, 강널말뚝식(셀식포함), 부잔교식 등이 있다.

○ 잔교식 안벽

- 해안선이 접한 육지에서 직각 또는 일정한 각도로 돌출한 부두. 선박의 접안이 용이하도록 바다위에 기둥(파일)을 박고 그 위에 콘크리트나 철판 등으로 상부시설을 설치한 교량 모양의 부두(말뚝구조의 계류시설)를 말한다.

○ 중력식 안벽

- 토압, 수압 등의 외력을 벽체중량과 그 마찰력으로 저항하도록 축조된 안벽구조형식, 안벽깊이가 커지면 토압은 깊이의 자승에 비례하므로 벽체의 안정, 특히 활동의 안정이 나빠지는 경향이 있다. 벽체의 종류는 케이슨식, L형 블록식, 콘크리트 블록식, 셀 블록식, 직립소파식 등이 있다.

○ 널말뚝식 안벽

- 널말뚝식 안벽은 U형, Z형의 강널말뚝 혹은 콘크리트 널말뚝을 박고, 두부를 타이로드 혹은 버팀말뚝 등에 의해 앵커링을 해서 배후의 토압에 대해 지탱하는 안벽을 말한다. 종류로는 보통 널말뚝식, 자립식, 사향버팀식, 이중널말뚝식 등이 있다.

○ 돌핀(Dolphin)

- 육지에서 상당히 떨어져 일정 수심이 확보되는 해상에 말뚝을 박고 그 위에 상부시설을 설치하여 대형선박이 계류하여 하역할 수 있도록 시설한 구조물로서 육지에서 부터 상당거리 떨어진 소요 수심의 장소에 1선좌에 대하여 2~3기의 돌핀을 설치하고, 육지와는 도교를 설치해서 연결한다. 돌핀의 하부 구조형식에 따라 말뚝식, 강널말뚝식, 케이슨식, 그리고 자켓(Jacket)식으로 분류된다. 돌핀 계류시설의 주요 시설물은 접안돌핀(breasting dolphin), 하역돌핀(maindock or working platform), 계류돌핀(mooring dolphin), 진입도교(trestle ; 하역돌핀과 육지를 연결하는 교량) 및 인도교(catwalk ; 돌핀과 돌핀 사이로 사람이 통행할 수 있도록 연결한 통로)로 구성된다.

○ 계선주(繫船柱)

- 배를 계선안에 매어 두기 위해 계선안 위에 설치한 기둥. 직주와 머리가 굽은 곡주가 있다.

○ 방충재(防衝材)

- 안벽, 잔교, 돌핀 등의 계류 시설의 전면에 설치하여 선박이 접안할 때 계류 중

파랑이나 바람으로 인하여 동요할 때 선체와 접안시설 사이에 발생하는 충격력이나 마찰력을 줄여 선체 및 구조물의 접촉으로 인한 손상을 막는 완충 설비를 말한다.

○ 차막이

- 항만에서 접안 상부공에서 작업하는 하역장비 및 차량 등의 안전을 도모하고 제차량의 정지선을 표시할 목적으로 건설기준코드(구 항만 및 어항 설계기준)에 따라 안벽 끝단에 차막이를 설치한다.

○ 추락방지시설

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

○ 도로부 신축이음부

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

○ 환기구 등의 덮개

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

3.1.3 성능평가 실시 범위

항만시설물의 성능평가 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 아래 표와 같다.

[표 3.1] 항만시설물의 대상시설 범위

구 분		시설물명	비 고
잔교식	기본시설물	◦바닥판	
		◦가로보, 세로보	
		◦하부구조(수상부)	
		◦하부구조(수중부)	
		◦토류벽	
		◦부대시설	
중력식 및 널말뚝식	기본시설물	◦상부공	
		◦본체부(수상부)	
		◦본체부, 기초부(수중부)	
		◦부대시설	
공중이 이용하는 부위	기본시설물	◦추락방지시설	
		◦도로포장	
		◦도로부 신축이음부	
		◦환기구 등의 덮개	

3.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

항만시설물의 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

○ 기초부 세굴에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “e”의 경우

2) 항만 계류시설 중 강관 또는 철근콘크리트 파일의 파손·부식

○ 강관 및 철근콘크리트 말뚝의 파손, 충격손상, 및 부식 등에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “d” 이하의 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ 탄산화 잔여 깊이 및 전염화물 침투량 등에 대한 내구성능 평가기준에서 “e” 판정으로 철근노출과 부식을 동반하고 있는 경우

4) 잔교·시설 파손 및 결함

○ 잔교식 안벽과 중력식 안벽의 상부공 및 본체부 파손에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “e”의 경우

5) 케이슨 구조물의 파손

○ 속채움재 유실 및 케이슨 및 블록 이격 등에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “e”의 경우

6) 안벽의 범선변위 및 침하

○ 안벽의 침하, 경사/전도, 활동 등에 대한 상태안전성능 평가기준의 “d” 이하의 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

항만 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

3.2 현장조사

3.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

가. 안전성능 평가

1) 잔교식 안벽

[표 3.2] 잔교식 안벽의 점검항목

구분	주요부재	점 검 항 목
수상부	콘크리트 바닥판	- 파손 - 충격손상 - 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) - 박리(완전박리, 부분박리)
	콘크리트 세로보 및 가로보	- 파손 - 충격손상 - 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) - 박리(완전박리, 부분박리)
	콘크리트 말뚝	- 파손 - 충격손상 - 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) - 박리(완전박리, 부분박리) - 침식
	토류벽	- 파손 - 충격손상 - 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) - 박리(완전박리, 부분박리) - 침하
	강말뚝	- 파손 - 충격손상 및 좌굴 - 부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공)
수중부	콘크리트 말뚝	- 파손 - 충격손상 - 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) - 박리(완전박리, 부분박리) - 침식
	강말뚝	- 파손 - 충격손상 및 좌굴

※ 콘크리트 부재에 발견되는 백태, 누수, 철근노출, 재료분리 등의 손상도 보수가 필요한 사항이므로 교량 세부지침에 준하여 점검할 필요가 있다. 상태평가 시에는 백태, 누수 등은

잔교식 안벽의 균열 평가기준에 준하고 철근노출, 재료분리 등은 파손에 준하여 평가할 수 있다.

※ 상부 구조부재가 강재이거나 강교량 형식이면서 교량받침, 신축이음, 난간 등의 부대시설이 있는 경우에는 교량 세부지침에 준하여 점검하고 평가할 수 있다.

※ 변위/경사 발견 시 중력식 안벽에 준하여 점검한다.

2) 중력식 안벽

[표 3.3] 중력식 안벽의 점검항목

구분	주요부재	점 검 항 목
수상부 및 수중부	상부공 및 본체부	◦침 하 ◦경사/전도 ◦활 동 ◦과 손 ◦균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) ◦박리(완전박리, 부분박리) ◦마모/침식 ◦속채움재 유실(케이슨식, 셀 블록식) ◦케이슨, 블록 이격
수중부	기초부	◦세 굴 ◦기초사석교란
수상부	에이프런	◦침하 ◦공동(포장 하부)

※ 케이슨과 같은 콘크리트 부재에 발견되는 백태, 누수, 철근노출, 재료분리 등의 손상은 보수가 필요한 사항이므로 수리시설 세부지침에 준하여 점검할 필요가 있다. 상태평가 시에는 백태, 누수 등은 중력식 안벽의 균열 평가기준에 준하고 철근노출, 재료분리 등은 파손에 준하여 평가할 수 있다.

3) 널말뚝식 안벽

[표 3.4] 널말뚝식 안벽의 점검항목

구분	주요부재		점 검 항 목
수상부 및 수중부	상부공 및 본체부		◦침 하 ◦변 형 ◦활 동 ◦후면부 함몰 ◦파손
	상부공 및 본체부	콘크리트 널말뚝	◦파손 ◦균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) ◦박리(완전박리, 부분박리) ◦마모
		강널말뚝	◦파손 ◦부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공) ◦마모
수중부	기초부		◦세 굴(피복석, 기초사석) ◦피복석교란
수상부	에이프런		◦침하 ◦공동(포장 하부)

나. 내구성능 평가

[표 3.5] 내구성능 평가 점검항목

콘크리트	◦피복콘크리트 품질 ◦탄산화깊이 ◦염화물함유량 ◦염해환경 ◦동해환경
강재	◦발청(표면부식) ◦도장열화(박리, 균열, 부품, 변색) ◦도장두께 ◦피복재손상 ◦아노드 소모량 및 전위차(잔교(강말뚝)식, 강널말뚝식) ◦대기환경(이산화황 농도/습도)

다. 사용성능 평가

[표 3.6] 사용성능 평가 점검항목

공통	◦계선주 ◦차막이 ◦방충재 ◦에이프런 포장 ◦계류박지의 퇴적물 ◦접안의 용이성
	◦부두의 조명시설 ◦물동량

라. 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 3.7] 공중이 이용하는 부위 점검항목

구 분	점 검 항 목	비 고
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설의 상태 ◦도로부 포장 및 신축이음부 상태 ◦환기구 등의 덮개 상태 ◦기타조사	

마. 기타형식의 안벽 및 항만시설

기타 형식의 안벽 및 항만시설의 점검항목은 [표 3.2] ~ [표 3.7]의 해당 사항에 준하여 실시한다.

특히 제1종시설물 말뚝구조의 계류시설의 상당부분을 차지하고 있는 돌핀식과 자켓식 계류시설의 상부구조는 교량 세부지침에 준하여 점검항목을 선정할 필요가 있다.

갑문시설을 구성하는 주요시설은 갑거, 갑문실, 방호시설, 충수시설, 펌프시설, 갤러리 등으로서 다양한 구조형식들로 구성된 복합시설이므로 중력식 구조인 갑거는 중력식 안벽에 준하여 점검을 실시하고 기타시설물에 대해서는 유사시설의 세부지침을 참조하여 점검을 실시할 수 있다.

3.2.2 현장조사 요령

가. 안전성능

1) 외관조사 요령

- 시설물 이용
- 시설물 용도 변경이력
- 시설물의 보수, 보강 및 개축 등 변경이력
- 하중재하조건의 변경이력
- 대상선박 등 계류조건의 변경
- 하역, 운반 장치 등 동하중의 하중현황
- 재해, 손괴의 이력
- 기타

○ 시설물의 입지 환경

- 조석, 파랑 등 해상조건의 변화
- 지반의 변동, 융기, 함몰, 활동, 균열 등
- 지반의 원호활동 징후
- 해저지반의 세굴, 퇴적
- 하역 기계 기초의 변위
- 구조물에 부착하는 패류, 조류의 상태
- 인근의 시설물로 인한 간섭, 장애
- 기타

2) 현장조사 요령

(1) 점검항목

- ① 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달속도시험 등)
- ② 철근배근상태
- ③ 철근 부식도 시험
- ④ 실내시험(콘크리트 코어 강도 등)
- ⑤ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 점검방법

① 콘크리트 비파괴강도

- 콘크리트 비파괴시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험, 조합법 등)을 통해 콘크리트 강도를 평가한다. 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 발생한 부재와 부재의 내력검토가 필요한 부재에 대하여 실시한다.

③ 철근 부식도 시험

- 외관조사에 의한 비파괴검사(자연전위법 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.

나. 내구성능

1) 자료조사

(가) 자료조사 방법

① 대기환경

- 이산화황 농도(ppm)
- 습도

② 열화환경

- 염해환경
- 동해환경

③ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 자료조사 항목

① 이산화황 농도(ppm)

- 이산화황 농도의 지역별 분류는 환경부 대기환경정보(에어코리아)에서 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 $< -2.2^{\circ}\text{C}$ } & {일 최고기온 $> 0^{\circ}\text{C}$ } & {강수량 > 0 }인 연평균 일수
 - 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X 값 =
: {일 최저기온 $< -2.2^{\circ}\text{C}$ } & {일 최고기온 $> 0^{\circ}\text{C}$ }인 연평균 일수
- 여기서, X 는 동결융해 반복지수를 의미하며, 수분접촉 여부에 따라 구분·산정

2) 외관조사 요령

(가) 점검항목

- ① 강재의 발청
- ② 강재의 도장열화(박리, 균열, 부품, 변색·백아화)
- ③ 피복 콘크리트 품질
- ④ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 점검방법

- 외관조사는 원칙적으로 면밀한 육안조사와 간단한 비파괴 검사를 중심으로 실시한다.
- 외관조사의 결과는 표준서식에 기록하고, 필요한 경우에는 개략도면에 표시하고, 이들에 대한 분석·평가를 실시한다.
- 보고서에는 외관조사 및 현장조사 결과 등의 내용을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 한다.
- 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.
 - 사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 성능평가의 내용을 확인할 수 있는 정도로 한다.
- 항만시설물에서 발견된 각종 내구성능과 재료의 열화 등에 관련한 문제점에 대해서는 다음에 진행되는 성능평가에서 그 진행 여부를 확인, 감시할 수 있도록 현장의 대상 부위에 관리주체와 협의하여 필요시 표시하여야 하며, 표시한 날짜와 그 크기(폭, 길이 등)를 기록하여 남겨 둔다.

3) 현장조사 요령

(가) 점검항목

- ① 강재 도장 두께
- ② 피복 콘크리트 품질
- ③ 콘크리트 탄산화 깊이
- ④ 콘크리트 염화물 침투량

(나) 점검방법

- ① 강재 도장 두께
 - 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기에 의해 측정한다.
- ② 피복 콘크리트 품질
 - 피복 콘크리트 품질은 반발경도값을 원칙으로 사용하며, 설계강도값과 비교하는 경우와 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우로 구분하여 실시한다.

- 설계강도값과 비교하는 경우는 강도 추정값과 설계값을 비교하여 피복 콘크리트의 내구성능을 평가한다.
 - 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우는 강도를 추정할 필요가 없으며, 반발경도값을 직접 비교하여 판정한다.
 - 안전성능의 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) 측정 결과를 활용하여 평가한다.
- ③ 콘크리트 탄산화 깊이
- 부재를 천공할 때의 콘크리트 분말가루나, 코어시료에 대하여 페놀프탈레인 (1%)용액에 의한 변색반응검사 등으로 한다. 단, 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 공인 시험기관에서 실시한다.

다. 사용성능

1) 자료조사 요령

(가) 자료조사 항목

- ① 접안의 용이성
- ② 물동량
- ③ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 자료조사 방법

- ① 접안의 용이성
 - 접안유도시스템(Docking Sonar(aid) System)의 설치 유무와 운영일지에 기록된 야간의 접·이안 유무로 해당 지표의 등급을 평가한다.
 - 접안유도시스템이 설치된 경우에는 상시적인 야간 접·이안에 대해 사용성능이 우수한 것으로 판단하고, 접안유도시스템이 없을 경우에는 야간 접·이안을 안전하지 않은 것으로 판단하여 적용한다.
- ② 물동량
 - 항만의 수요 및 용량은 물동량을 기준으로 항만의 하역능력과 실물동량(처리량)의 비율을 통해 평가한다.

2) 외관조사 요령

(가) 외관조사 항목

- ① 계선주
- ② 차막이
- ③ 방충재
- ④ 에이프런 포장
- ⑤ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 외관조사 방법

① 계선주

- 설치된 계선주(QRH 포함)와 수리 및 교체가 필요한 계선주의 비율을 산정하여 등급을 설정한다.
- 계선주의 수리 및 교체에 대한 명확한 기준을 제시하고, 실제 구조물의 사진을 활용하여 수리와 교체에 대한 구분을 객관화한다.
- 교체와 보수의 판단기준: 교체와 보수는 기능의 상실 유무로 판단하며 계선주의 경우 부식은 방청 및 재도장 작업을 통해 개선을 시킬 수 있어 보수로 판단하고 파손이나 탈락으로 인하여 본래의 기능을 상실하였을 경우에는 교체로 판단한다.
- 계선주(QRH 포함)는 계류삭(계선로프)과의 마찰에 의해 쉽게 도장이 벗겨지고 표면부식이 발생하므로 부풀어 오르는 녹이 있을 때 보수를 실시하는 것으로 판단한다.
- 계선주(QRH 포함)는 선박 접안 시 계류삭(계선로프)을 걸기 위한 기둥으로서 부식이 상당히 진행되어 내하력이 부족하거나 계류삭을 걸 수 없을 정도로 파손 및 탈락이 발생되어 보수로는 기능회복이 어려운 경우에 교체를 실시하는 것으로 판단한다.

② 차막이

- 설치된 차막이와 교체가 필요한 차막이의 비율을 산정하여 등급을 설정한다.
- 차막이에는 보수는 없고 교체만 있어 해당 사항을 등급 설정에 반영한다.

③ 방충재

- 설치된 방충재와 수리 및 교체가 필요한 방충재의 비율을 활용하여 평가 등급을 설정한다.
- 방충재에 대한 수리 및 교체가 필요할 경우 관리주체와 협의하여 명확한 기준을 제시하고 실제 사진을 활용하여 수리와 교체에 대한 부분을 객관화한다.
- 교체와 보수의 판단기준 : 교체와 보수는 기능의 상실 유무로 판단하며 방충재의 경우 고무재 균열, 볼트탈락, 볼트이완은 간단한 작업을 통해 개선을 시킬 수 있어 보수로 판단하고 체인파손, 고무재 탈락, 고무재 파손 등으로 인하여 본래의 기능을 상실하였을 경우에는 교체로 판단한다.

④ 에이프런 포장

- 포장의 상태와 균열 면적으로 에이프런 포장에 대한 사용자의 만족도를 평가한다.

3) 현장조사 요령

(가) 현장조사 항목

- ① 각종 기기의 시험
- ② 소음·진동 측정
- ③ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 현장조사 방법

- ① 각종 기기의 시험
 - 각종 기기의 시험은 필요 시 수행하도록 하며, 결과에 대해서는 책임기술자 소견을 작성하여 보고서에 수록한다.
 - 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험을 수행하며, 실시 시기 및 수량은 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 소음·진동 측정
 - 소음·진동 측정은 필요 시 수행하도록 하며, 결과에 대해서는 책임기술자 소견을 작성하여 보고서에 수록한다.
 - 기기의 특성 및 상황을 고려하여 소음·진동을 측정하며, 실시 시기 및 수량은 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

라. 공중이 이용하는 부위

1) 공중이 이용하는 부위 조사 요령

- ① 공중이 이용하는 부위 조사
 - 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.
단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.
 - 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 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.
 - 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

3.3 재료시험 항목 및 수량

3.3.1 재료시험 항목

가. 제2종성능평가

[표 3.8] 제2종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업	선택과업
안전 성능	콘크리트 구조물	- 콘크리트 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험¹⁾	- 콘크리트 강도(국부파괴시험법) - 철근탐사시험²⁾ - 철근 배근상태 - 철근 피복두께
	강재 구조물 (강말뚝)	-	-
내구 성능	콘크리트 구조물	- 피복 콘크리트 품질 - 반발경도시험¹⁾	-
		탄산화깊이	
		염화물 침투량	
	강재 구조물 (강말뚝)	- 피복재 손상 - 전위측정	- 도장두께³⁾ - 수중조사
사용성능		-	소음·진동 측정
			각종 기기의 작동시험

- 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, 비건전부는 최소 1개소 이상 포함되어야 한다.
- 주2) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 한다.
- 주3) 도장두께측정은 강말뚝의 방식법이 도장으로 적용되어 있는 경우(자켓식 등)에 실시하며 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

나. 제1종성능평가

[표 3.9] 제1종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업	선택과업
안전 성능	콘크리트 구조물	◦ 콘크리트 강도 － 비파괴시험 : 반발경도시험 ¹⁾ , 초음파전달속도시험	◦ 콘크리트 강도(국부파괴시험법)
		◦ 철근탐사시험 ²⁾ － 철근 배근상태 － 철근 피복두께	－
		◦ 철근부식도	
		◦ 균열깊이 조사	
	강관파일	－	◦ 수중조사
	기타	－	◦ 기초지반(시추)조사
내구 성능	콘크리트 구조물	◦ 피복 콘크리트 품질 － 반발경도시험 ¹⁾	－
		◦ 탄산화깊이	
		◦ 염화물 침투량	
	강재	◦ 도장두께 ³⁾	－
		◦ 전위측정	
사용성능		－	◦ 소음·진동 측정
			◦ 각종 기기의 작동시험

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, 비건전부는 최소 1개소 이상 포함되어야 한다.

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

주3) 도장두께측정은 강말뚝의 방식법이 도장으로 적용되어 있는 경우(자켓식 등)에 실시하며 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정한다.

3.3.2 재료시험 기준수량

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 3.10] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
반발경도시험	◦ 각 부재별 6회 이상	—
탄산화 깊이	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	—
염화물 침투량	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	—
전위측정 ¹⁾	◦ 각 선좌당 10 개소 이상	◦ 수중 강말뚝

주1) 전위측정은 기본수준면(D.L) 아래로 2~3m 깊이마다 측정한다.

[표 3.11] 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	◦ 각 부재별 각 6회 이상	—
도장두께 ²⁾	◦ 잔교식(강말뚝) 구조 : 수상부 방식이 도장으로 되어 있는 부재로 선좌당 최소 10개소 이상 (자켓구조물의 경우에는 각 부재에서 고르게 선정) ◦ 널말뚝식 구조 : 수상부 5개소/10m (널말뚝 길이)	◦ 강말뚝 수상부
수중조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강말뚝 부식두께 ³⁾ 측정 ◦ 수중부 외관조사
철근탐사시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	—
소음·진동측정	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	—
각종 기기의 작동시험 ⁴⁾	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	—

주1) 이전에 수행한 성능평가에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 도장두께측정은 강말뚝의 방식법이 도장으로 적용되어 있는 경우에 실시하며 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용하여 측정한다.

주3) 수상부 방식이 끝나는(D.L(-)0.5 ~ 1.0m) 직하부 지점에서 강말뚝 1개소에서 4점(90° 간격) 실시하는 것을 원칙으로 한다.

주4) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 3.12] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
반발경도시험	◦ 각 부재별 10회 이상	—
초음파전달 속도시험	◦ 각 부재별 각 10회 이상	◦ 동일부위 시험
철근탐사시험	◦ 본체부 : 3회 이상 ◦ 바닥판, 보 : 각 10회 이상	—
철근부식도 시험	◦ 바닥판, 보 : 각 3회 이상	—
균열깊이조사	◦ 책임기술자의 판단에 따라 조사 수량 결정	◦ 상태안전성능 평가기준 참조
전위측정 ¹⁾	◦ 각 선좌당 10개소 이상	◦ 강말뚝 수중부
탄산화 깊이	◦ 바닥판, 보 : 각 3회 이상	—
염화물 침투량	◦ 바닥판, 보 : 각 3회 이상	—
도장두께 ²⁾	◦ 잔교식(강말뚝) : 수상부 선좌당 최소 10개 부재 (각 부재에서 5개 선정) ◦ 널말뚝식 : 수상부 5개소/10m(널말뚝 길이)	◦ 강말뚝 수상부

주1) 전위측정은 기본수준면(D.L) 아래로 2~3m 깊이마다 측정한다.

주2) 도장두께측정은 강말뚝의 방식법이 도장으로 적용되어 있는 경우에 실시하며 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용하여 측정한다.

[표 3.13] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취 ¹⁾	◦ 바닥판, 보 : 각 3회 이상	◦ 실내시험 병행 ◦ 강도 및 염화물 침투량 시험 등
수중조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강말뚝일 부식두께 ²⁾ 측정 ◦ 수중부 외관조사
기초지반(시추) 조사 ³⁾	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	—
소음·진동 측정	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	—
각종 기기의 작동시험	◦ 진단기간 중 1회 이상 실시 ⁴⁾	◦ QRH 및 캡스탄 등 (전기설비 포함)

주1) 코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 그 수량만큼 총수량에서 공제가능하다.

주2) 수상부 방식이 끝나는(D.L(-)0.5 ~ 1.0m) 직하부 지점에서 강말뚝 1개소에서 4점(90° 간격) 실시하는 것을 원칙으로 한다.

주3) 다음의 경우에 기초지반조사를 실시하며, 설계 시나 이전의 성능평가 실시결과에서 이용 가능한 자료는 이를 적용할 수 있다.

- 외관조사 결과 중대한 구조적 결함이 발견된 경우
- 콘크리트의 강도가 현저하게 저하된 경우
- 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나, 변화가 예상되는 경우

주4) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

3.4 안전성능 평가기준 및 방법

3.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준

1) 잔교식 안벽

(가) 콘크리트 부재의 상태안전성능 평가기준

[표 3.14] 파손의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가 점수	RC 및 PSC부재
a	5	◦ 콘크리트부재에 파손이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	◦ 파손이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	◦ 파손이 경미하지만, 철근부식 등과 같은 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	◦ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성능이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	◦ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성능 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄
- 콘크리트 구조부재의 종류에 상관없이 파손의 상태안전성능 평가기준을 적용함

[표 3.15] 충격손상의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가 점수	RC 부재(바닥판, 보, RC말뚝) 및 PSC 부재
a	5	◦ 콘크리트부재에 손상이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	◦ 충격에 의한 손상이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	◦ 충격에 의한 손상이 경미하지만, 손상부위를 따라 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	◦ 시설의 주요부에 충격손상이 발생하여 체체의 안전성능이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	◦ 시설의 주요부에 큰 충격손상이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성능 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.16] 균열의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		바닥판, 보, 세로보	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열	◦ 경미한 상태의 부식균열 및 일반균열	◦ 경미한 상태의 과응력 균열 및 일반균열
c	3	◦ 과응력균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태	◦ 부식균열이나 일반균열이 다소 심한 상태	◦ 과응력균열, 부식균열
d	2	◦ 전반적으로 균열이 심하게 발생하여 구조부재의 기능상실이 우려되는 상태	◦ 심한 상태의 과응력 균열	◦ 심한상태의 과응력 균열, 부식균열
e	1	◦ 보에 사인장 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	◦ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	◦ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태

<해설>

- 균열은 과응력균열, 부식균열, 일반균열로 세분할 수 있으며, RC 부재 및 PSC 부재에 대한 균열의 상태안전성능 평가기준을 설정

[표 3.17] 박리의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		바닥판, 보, 토류벽	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우 ◦ 보의 스테럽 부식으로 경미한 박리가 발생한 상태	◦ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락된 상태	◦ 박리의 초기단계로 철근부식에 의해 균열이 형성되기 시작한 상태
c	3	◦ 콘크리트 덮개가 일어나는 다소 심한 부분박리가 발생하거나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태 ◦ 보의 스테럽 부식이 심하여 박리가 심하게 발생한 상태	◦ 콘크리트 덮개가 일어나는 부분박리가 다소 심하게 발생한 상태	◦ 경미한 상태의 부분박리
d	2	◦ 박리부분이 탈락하여 노출철근의 부식이 발생한 상태	◦ 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심한 상태	◦ 심한상태의 부분 박리나 경미한 상태의 완전 박리
e	1	◦ 노출된 철근의 부식이 심하여 구조적 기능을 상실한 상태	◦ 박리 상태가 매우 심하여 철근이 거의 다 부식되어 구조적 기능을 상실한 상태	◦ 완전박리 상태가 심하여 콘크리트 덮개가 완전히 탈락하고 강선의 부식이 매우 심한 상태

<해설>

- 박리는 콘크리트 덮개가 일어나는 정도의 부분박리와 덮개가 완전히 탈락하는 완전박리로 세분할 수 있으며, RC부재 및 PSC 부재에 대한 박리의 상태안전성능 평가기준을 설정하였음

[표 3.18] 콘크리트 침식의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	RC 및 PSC 말뚝
a	5	◦ 침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	4	◦ 말뚝의 모서리부가 둥글게 되거나 골재가 노출된 상태
c	3	◦ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태
d	2	◦ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	1	◦ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

[표 3.19] 토류벽의 침하의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5cm미만	2cm미만	◦ 침하가 발생되지 않은 상태
b	4	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	◦ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	◦ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	◦ 침하의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	16cm이상	12cm이상	◦ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 3.20] 강말뚝의 파손에 대한 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	결 함 상 태
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 파손이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	◦ 파손이 경미하지만 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	◦ 구조적인 기능을 상실할 정도는 아니나 충격 등으로 국부적인 파손이 발생하여 구조물의 안전성능을 저하시킬 수 있는 불량한 상태
e	1	◦ 말뚝이 부러지거나 크게 변형되어 구조부재의 기능을 상실한 정도의 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.21] 강말뚝의 충격손상에 대한 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	결 함 상 태
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 충격하중으로 경미한 국부적인 변형(패임, dent)이 발생한 상태
c	3	◦ 충격하중으로 다소 심한 국부적인 변형이 발생하고 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	◦ 충격하중으로 인해 국부적으로 변형과 말뚝전체의 변형이 동시에 발생한 상태로 구조물의 안전성능을 저하시킬 수 있는 상태
e	1	◦ 말뚝이 절단되거나 크게 변형되어 구조부재의 기능을 상실한 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.22] 강말뚝의 부식에 대한 상태평가기준

평가 기준	평가 점수	육안조사만 한 경우	두께 측정을 병행한 경우
a	5	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 강재표면에 경미한 비늘 현상(scale)이 있는 전반 또는 국부부식이 발생하고 작은 흠(pitting)이 분산되어 발생한 상태	◦ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 5% 미만인 상태 ◦ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 10%미만인 상태
c	3	◦ 국부적으로 두께 감소가 발생한 곳이 상당수 있으며, 강재표면에 심한 비늘 현상이 있는 전반 또는 국부부식이 발생하고 다소 큰 크기의 흠이 상당수 발생한 상태	◦ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 15% 미만인 상태 ◦ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 10%이상~30%미만인 상태 ◦ 상태평가결과가 "b" 상태에서 부식으로 인한 흠이나 파공이 발생한 상태
d	2	◦ 전체적으로 두께 감소가 상당히 심하게 발생하고 심하게 패인 흠이 조밀하게 발생한 상태	◦ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 15%이상~30%미만인 상태 ◦ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 30% 이상인 상태 ◦ 상태평가결과가 "c" 상태에서 부식으로 인한 흠이나 파공이 발생한 상태
e	1	◦ 전체적으로 매우 심하게 두께가 감소되고 강재가 삭아서 구멍(파공, Hole)이 발생하여 구조적 기능이 심각하게 감소된 상태	◦ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 30% 이상인 상태 ◦ 상태평가결과가 "d" 상태에서 부식으로 인한 흠이나 파공이 발생한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄
- 부식으로 나타나는 결함은 전반부식, 국부부식 및 흠(Pitting)/ 파공(Hole)발생 현상으로 세분할 수 있다.

[표 3.23] 강말뚝의 침식에 대한 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	육안조사만 한 경우	두께 측정을 병행한 경우
a	5	◦ 양호한 상태	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 침식으로 두께 감소가 경미하게 일어난 상태	◦ 두께감소가 5% 미만인 상태
c	3	◦ 침식으로 두께 감소가 다소 심하게 일어난 상태	◦ 두께감소가 20% 미만인 상태
d	2	◦ 침식으로 두께 감소가 심각하게 일어난 상태	◦ 두께감소가 30% 미만인 상태
e	1	◦ 침식으로 두께 감소가 매우 심하게 발생하여 위험한 상태	◦ 두께감소가 30% 이상인 상태

2) 중력식 안벽

[표 3.24] 중력식 안벽의 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
상부공 및 본체부	◦ 침 하	중요결함	a	5	1.0
	◦ 경사/전도		b	4	
			c	3	
	◦ 활 동		d	2	
			e	1	
	◦ 파 손	일반손상	a	5	1.0
	◦ 균열 (과응력균열, 부식균열, 일반균열)		b	4	1.1
	◦ 박 리 (완전박리, 부분박리)		c	3	1.3
			d	2	1.7
	◦ 마모/침식		e	1	3.0
기초부	◦ 속채움재 유실	국부결함	a	5	1.0
	◦ 케이슨 및 블록 이격		b	4	1.1
	◦ 세 굴		c	3	1.2
			d	2	1.4
	◦ 기초사석교란		e	1	2.0
에이프런	◦ 침 하	일반손상	a	5	1.0
			b	4	1.1
	◦ 공동(콘크리트 포장 하부)		c	3	1.3
			d	2	1.7
			e	1	3.0

(가) 상부공 및 본체부

[표 3.25] 침하의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5cm미만	2cm미만	◦ 침하가 발생되지 않은 상태
b	4	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	◦ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	◦ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	◦ 침하의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	16cm이상	12cm이상	◦ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.26] 경사/전도의 상태안전성능 평가기준

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

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.27] 활동의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5cm미만	2cm미만	◦ 활동이 발생되지 않은 상태
b	4	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	◦ 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	◦ 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	◦ 활동의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	16cm이상	12cm이상	◦ 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.28] 파손의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	◦ 콘크리트 부재에 파손이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	◦ 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	◦ 파손이 경미하지만, 철근부식 등과 같은 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	◦ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성능이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	◦ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성능 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "e" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.29] 균열의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열
c	3	◦ 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태
d	2	◦ 전반적으로 균열이 심하게 발생하여 보수가 요구되는 상태
e	1	◦ 대규모 관통 균열의 발생으로 구조물의 기능성에 영향을 초래하여 우선적인 보수가 요구되는 상태

[표 3.30] 박리의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우
c	3	◦ 콘크리트 덮개가 일어나는 다소 심한 부분박리가 발생하거나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태
d	2	◦ 박리부분이 탈락하여 노출철근의 부식이 발생한 상태
e	1	◦ 노출된 철근의 부식이 심하여 구조적 기능을 상실한 상태

[표 3.31] 마모/침식의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	◦ 침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	4	◦ 침식에 의해 골재가 노출된 상태
c	3	◦ 상·하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태
d	2	◦ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	1	◦ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

[표 3.32] 케이슨식 안벽의 속채움재 유실 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 경미하게 발생한 상태
c	3	◦ 다소 크게 발생한 상태
d	2	◦ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	◦ 매우 심하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "e" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.33] 케이스 및 블록식 안벽의 이격 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	◦ 양호한 상태
b	4	◦ 경미하게 발생한 상태
c	3	◦ 다소 크게 발생한 상태
d	2	◦ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	◦ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "e" 이하이면 중대한 결함으로 봄

(나) 기초부

[표 3.34] 기초부 세굴 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	세굴의 최대 깊이	조사된 상태
a	5	10cm미만	◦ 세굴이 없는 상태
b	4	10cm이상 ~ 30cm미만	◦ 세굴이 경미하게 발생된 상태
c	3	30cm이상 ~ 50cm미만	◦ 세굴이 다소 심하게 발생된 상태
d	2	50cm이상 ~ 70cm미만	◦ 세굴이 심하여 안벽 하단부가 크게 드러나고 기초사석이 교란되어 구조적인 안정에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	70cm이상	◦ 세굴이 아주 심하여 안벽의 안정이 심각하게 위협받고 있는 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "e" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.35] 기초사석 교란 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	◦ 발생한 곳이 없음
b	4	◦ 기초사석이 부분적으로 경미하게 교란되어 있음
c	3	◦ 기초사석이 전반적으로 다소 심하게 교란되어 있고 사석 경사에 변화발생
d	2	◦ 기초사석이 심하게 유실되어 안벽 하단부가 크게 드러나서 구조적인 안정에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	◦ 기초사석이 완전히 유실되어 안벽의 안정이 심각하게 위협받고 있는 상태

[표 3.36] 에이프런 침하 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5cm미만	2cm미만	◦ 침하가 발생하지 않은 상태
b	4	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	◦ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태
c	3	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	◦ 전반적으로 보통정도의 침하가 발생하였으나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
d	2	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	◦ 침하가 심각한 정도로 발생하여 에이프런 사용성능에 문제를 일으키는 상태
e	1	16cm이상	12cm이상	◦ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 우선적인 보수가 요구되고 본체의 안정성에 영향을 줄 수 있는 상태

[표 3.37] 에이프런 공동(콘크리트 포장 하부) 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	조사된 상태
a	5	◦ 침하가 발생하지 않은 상태
b	4	◦ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태
c	3	◦ 전반적으로 보통정도의 침하가 발생하였으나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
d	2	◦ 침하가 심각한 정도로 발생하여 에이프런 사용성능에 문제를 일으키는 상태
e	1	◦ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 우선적인 보수가 요구되고 본체의 안정성에 영향을 줄 수 있는 상태

3) 널말뚝식 안벽

널말뚝식 안벽에 대한 상태안전성능 평가의 기준은 기본적으로 중력식 안벽에서 정한 기준을 적용하여, 따로 정할 필요가 있는 항목에 대해서만 별도의 기준을 정하고, 널말뚝 벽체는 콘크리트 널말뚝과 강널말뚝으로 구분한다.

정의된 상태안전성능 평가기준은 상태안전성능 평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 상태안전성능 평가결과를 다소 조정 평가 가능하다.

○ 침하

- 널말뚝식 안벽 상부공 및 벽체의 침하는 중력식 안벽의 침하와는 다소 차이가 나는 발생 원인을 갖고 있으나 이에 대한 상태안전성능 평가기준으로 중력식 안벽 상부공 및 본체부에 발생하는 침하에 대한 기준을 동일하게 적용

○ 활동

- 널말뚝식 안벽의 활동은 중력식 안벽의 활동과는 달리 벽체 후면에서부터 사면 활동이 일어나 사면 파괴가 일어나는 현상이므로 갑작스런 붕괴를 초래할 수 있음

○ 파손, 균열, 박리, 마모 및 침식

- 널말뚝식 상부공 및 콘크리트 벽체에 발생하는 파손, 균열, 박리, 마모 및 침식은 그 발생의 원인 및 현상이 중력식 안벽과 동일하므로 중력식 구조물에 대해 정한 상태안전성능 평가기준을 적용

○ 마모 및 침식

- 강널말뚝의 마모 및 침식에 대한 상태안전성능 평가는 잔교식 안벽의 마모 및 침식 기준을 적용

○ 널말뚝 기초부 세굴

- 널말뚝식 안벽의 기초부에 발생하는 세굴은 중력식 안벽과는 달리 근입장의 감소로 나타나지만 그 평가기준은 당초 근입부의 해저면에서 조사된 세굴의 최대 깊이에 대해 중력식 안벽의 세굴에 대한 평가기준을 적용

○ 기초사석의 교란

- 널말뚝식 안벽의 기초사석 교란에 대한 상태안전성능 평가기준은 중력식 안벽에 대한 평가기준을 동일하게 적용

[표 3.38] 널말뚝식 안벽의 평가유형 및 영향계수

위치	손상형태 및 조사항목		평가 유형	평가 기준	평가 점수	영향 계수	
상부공 및 벽체부	◦ 침하		중요 결함	a	5	1.0	
	◦ 변형			b	4		
	◦ 활동			c	3		
	◦ 후면부 함몰			d	2		
	◦ 파손			e	1		
	콘크리트 말뚝부	◦ 균열(과응력균열)		일반 손상	a	5	1.0
		◦ 균열(일반균열)			b	4	1.1
		◦ 박리(완전박리, 부분박리)			c	3	1.3
		◦ 마모/침식			d	2	1.7
		◦ 마모/침식			e	1	3.0
기초부	◦ 세굴		국부 결함	a	5	1.0	
				b	4	1.1	
	◦ 기초사석교란			c	3	1.2	
에이 프론			일반 손상	d	2	1.4	
				e	1	2.0	
	◦ 침하			a	5	1.0	
	◦ 공동(콘크리트 포장 하부)			b	4	1.1	
				c	3	1.3	
		d	2	1.7			
		e	1	3.0			

[표 3.39] 널말뚝식 안벽 변형의 상태안전성능 평가기준

평가 기준	평가 점수	조사된 최대 변형의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	(만곡) 4cm미만 (경사) 2%미만	(만곡) 2cm미만 (경사) 1%미만	◦ 변형이 발생하지 않은 상태
b	4	(만곡) 4.0cm이상 ~ 7.0cm미만 (경사) 2%이상 ~ 3%미만	(만곡) 2.0cm이상 ~ 4.0cm미만 (경사) 1%이상 ~ 2%미만	◦ 부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	(만곡) 7.0cm이상 ~ 10.0cm미만 (경사) 3%이상 ~ 4%미만	(만곡) 4.0cm이상 ~ 7.0cm미만 (경사) 2%이상 ~ 3%미만	◦ 변형의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	(만곡) 10.0cm이상 ~ 15.0cm미만 (경사) 4%이상 ~ 6%미만	(만곡) 7.0cm이상 ~ 10.0cm미만 (경사) 3%이상 ~ 4%미만	◦ 변형의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	(만곡) 15.0cm이상 (경사) 6%이상	(만곡) 10.0cm이상 (경사) 4%이상	◦ 변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.40] 널말뚝식 안벽 활동의 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	◦ 활동의 징후가 보이지 않는 양호한 상태
b	4	◦ 후면 매립부에 경미한 균열이 발생한 상태이나 근본적인 보수·보강이 필요하지 않은 상태
c	3	◦ 후면 매립부에 경미한 균열이 발생한 상태이며, 지속적인 관찰로 진행성의 감시가 필요한 상태
d	2	◦ 활동으로 인해 벽체가 기울어지기 시작하고, 후면 매립부에 큰 균열이 발생하여 사면 파괴징후가 완전한 상태
e	1	◦ 활동으로 사면 파괴가 크게 일어나고, 널말뚝 벽체가 쓰러져 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

[표 3.41] 널말뚝식 안벽 후면부 함몰 상태안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	◦ 후면부 함몰이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	◦ 후면부에 경미한 함몰이 발생한 상태
c	3	◦ 후면부 함몰이 소규모로 발생하였으나, 진행성의 감시가 필요한 상태
d	2	◦ 후면부가 함몰되었으나 벽체의 붕괴로는 발전되지 않은 상태로 긴급조치가 필요한 상태
e	1	◦ 후면부가 광범위하게 함몰되어 벽체의 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d" 이하이면 중대한 결함으로 봄

4) 공중이 이용하는 부위

[표 3.42] 공중이 이용하는 부위의 상태안전성능 평가기준(계속)

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

[표 3.42] 공중이 이용하는 부위의 상태안전성능 평가기준

평가항목	평가등급	평가기준
도로부 신축 이음부	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

5) 기타형식의 안벽 및 항만시설과 어항시설

기타형식 안벽 및 항만시설과 어항시설의 상태안전성능 평가기준은 잔교식, 중력식, 널말뚝식 안벽의 해당 부분에 대한 상태안전성능 평가기준을 적용하며, 정의된 상태안전성능 평가기준을 표준기준으로 하며 조사책임자의 판단을 통해 다소 조정하여 평가 가능하다.

나. 상태안전성능 평가결과 산정 방법

1) 잔교식 안벽

(가) 상태안전성능 평가방법

개별 구조부재의 평가점수를 기준으로 각 구조부재 그룹별로 평가기준을 결정한다.
구조부재별 상태안전성능 평가를 토대로 각 조사단위의 상태안전성능 평가를 수행한다.
최종적으로는 모든 조사단위의 상태안전성능 평가결과를 이용하여 조사대상 전체구조물에 대한 상태안전성능 평가결과를 산정한다.

(나) 대상 구조물에 대한 상태안전성능 평가 단계

① 개별 구조부재의 상태안전성능 평가

- 개별 구조부재에 대해 정의된 상태안전성능 평가기준을 이용하여 조사된 결함의 정도에 따라 평가점수를 정하고, 그 최소치로 개별 구조부재의 상태안전성능 평가점수를 결정한다.

② 조사단위별 상태안전성능 평가

- 각 구조부재에 결정된 평가점수들을 정리하고 구조부재의 중요도를 고려하여 제안된 산정식에 따라 각 구조부재에 대한 상태지수를 계산하며, 계산된 상태지수에 따라 구조부재별 상태안전성능 평가 점수를 결정하고 그 중 가장 나쁜 상태안전성능 평가결과를 조사단위의 상태안전성능 평가결과로 결정한다.

③ 조사대상 전체구조물 상태안전성능 평가

- 조사대상 전체구조물 상태안전성능 평가결과는 각 조사단위별로 결정된 상태안전성능 평가결과를 조사대상 구조물 전체에 포함된 모든 조사단위의 길이를 고려하여 산정하며, 전체구조물의 상태안전성능 평가는 조사대상 전체구조물의 전반적인 상태를 파악하기 위한 목적이고 상태안전성능 평가결과에 의한 조치사항은 각 조사단위에서 제시한다.

(다) 개별 구조부재의 상태안전성능 평가

상태안전성능 평가에서 정의된 평가기준에 의해 조사된 결함의 정도에 따라 평가점수를 정하고, 그 최소치로 개별 구조부재의 상태 평가점수를 결정한다.

(라) 조사 단위별 상태안전성능 평가

조사단위에 대한 상태안전성능 평가는 각 구조부재별 결함에 대한 상태안전성능 평가결과를 토대로 산정하게 되며, 그 평가기준은 5단계(a~e)로 다시 분류한다.

조사단위별 상태안전성능 평가 절차는 다음과 같다.

각 구조부재별로 상태안전성능 평가결과 판정에 사용되는 부재 수의 결정

$$N_R = N_T T \times SP / 100$$

여기서, N_R = 상태안전성능 평가결과 판정에 사용되는 총 구조부재의 수
 N_T = 조사된 총 구조부재의 수
 SP = 구조부재의 중요도에 따라 결정된 표본 추출 백분율

구조물 전체의 안전에 미치는 영향이 큰 구조부재(예를 들어, 말뚝)일수록 상대적으로 작은 값의 백분율을 사용함으로써 보다 심각한 상태의 부재들만을 선정하여 평가할 수 있도록 한다.

[표 3.43] 구조부재의 중요도에 따라 표본 추출할 부재 백분율

구조부재 종류	SP : 표본추출 백분율(%)
말 뚝	25
세로보	30
바닥판	40
가로보(파일캡)	40
토류벽	50

○ 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정

각 구조부재의 중요도를 고려하여 계산된 N_R 개수만큼의 부재를 심각한 상태의 부재부터 산정한 후 각 평가부재 수에 해당되는 평가점수를 곱하고 이들을 합한 값을 N_R 로 나누어 구조부재별 상태지수를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{구조부재의 상태지수 (CI)} = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R}$$

여기서, CI = 상태지수
 M_k = 상태안전성능 평가지수(5~1)
 N_k = 각 평가결과에 상당하는 평가 부재의 수

계산된 상태지수를 이용하여 [표 3.44]에 의해 각 구조부재의 상태안전성능 평가결과(a~e)를 산정한다.

[표 3.44] 상태지수에 의한 평가기준

평가기준	상태지수(CI)
a	4.5 이상 ~ 5.0 이하
b	3.5 이상 ~ 4.5 미만
c	2.5 이상 ~ 3.5 미만
d	1.5 이상 ~ 2.5 미만
e	1.0 이상 ~ 1.5 미만

○ 조사단위의 상태안전성능 평가결과 산정

조사단위 속에 포함된 말뚝, 보, 바닥판, 토류벽 등 각 구조부재에 대한 상태안전성능 평가결과 중 가장 나쁜 상태의 결과를 조사단위의 상태안전성능 평가결과로 결정한다.

[표 3.45] 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정 [예제1 - RC말뚝]

1. 상태안전성능 평가결과 판정에 사용될 말뚝 수 계산				
◦ 총 조사 말뚝 수 : $N_T = 178$				
◦ 평가말뚝 수 : $N_R = N_T \times SP = 178 \times 0.25 = 44.5 \Rightarrow 45$ 사용				
2. 상태지수 계산				
평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 $\times$ 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	95	0	0
b	4	27	0	0
c	3	32	21	63
d	2	19	19	38
e	1	5	5	5
계		178 (N_T)	45 (N_R)	106 $\sum(M_K \times N_K)$

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R} = \frac{106}{45} = 2.36$$

d

[표 3.46] 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정 [예제2 - 바닥판]

1. 상태안전성능 평가결과 판정에 사용될 바닥판 수 계산				
◦ 총조사 바닥판 수 : $N_T = 125$				
◦ 평가바닥판 수 : $N_R = N_T \times SP = 125 \times 0.40 = 50 \Rightarrow 50$ 사용				
2. 상태지수 계산				
평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 $\times$ 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	110	35	175
b	4	12	12	48
c	3	3	3	9
d	2	0	0	0
e	1	0	0	0
계		125 (N_T)	50 (N_R)	232 $(\sum M_K \times N_K)$

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R} = \frac{232}{50} = 4.64$$

a

[표 3.47] 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정 [예제3 - 세로보]

1. 상태안전성능 평가결과 판정에 사용될 세로보의 수 계산				
○ 총조사 세로보 수 : $N_T = 117$ ○ 평가세로보 수 : $N_R = N_T \times SP = 117 \times 0.30 = 35.1 \Rightarrow 36$ 사용				
2. 상태지수 계산				
평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 $\times$ 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	92	11	55
b	4	12	12	48
c	3	10	10	30
d	2	3	3	6
e	1	0	0	0
계		125 (N_T)	50 (N_R)	139 ($\sum M_K \times N_K$)
$CI = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R} = \frac{139}{36} = 3.86$				b

[표 3.48] 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정 [예제4 - 가로보]

1. 상태안전성능 평가결과 판정에 사용될 가로보의 수 계산				
○ 총 조사 세로보 수 : $N_T = 154$ ○ 평가 세로보 수 : $N_R = N_T \times SP = 154 \times 0.40 = 61.6 \Rightarrow 62$ 사용				
2. 상태지수 계산				
평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 $\times$ 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	97	5	25
b	4	28	28	112
c	3	17	17	51
d	2	11	11	22
e	1	1	1	1
계		154 (N_T)	62 (N_R)	211 ($\sum M_K \times N_K$)
$CI = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R} = \frac{211}{62} = 3.40$				c

위의 예제들에서 가장 나쁜 상태안전성능 평가결과는 RC말뚝부재로서 “d”이다. 따라서 예제들이 동일한 조사단위의 각 구조부재에 대한 평가결과라면 조사단위의 상태안전성능 평가결과는 가장 나쁜 상태인 말뚝 부재의 상태안전성능 평가결과를 채택하여 “d”로 결정한다.

(마) 조사대상 전체 구조물의 상태안전성능 평가

조사대상 전체 구조물에 대한 상태안전성능 평가에는 조사대상에 포함된 각 조사단위별 상태지수를 이용하며, 포함된 모든 조사단위의 길이를 고려하여 다음과 같은 식으로 상태지수를 산정한 후 [표 3.44]에 의해 전체구조물의 상태안전성능 평가결과(A~E)를 결정한다.

$$\text{전체 구조물의 상태지수 } CI = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n}$$

여기서, L = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최솟값(가장 나쁜 결과에 해당)
 H = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최댓값(가장 좋은 결과에 해당)
 N = 포함된 총 조사단위 수
 $(CI)_n$ = n번째 조사단위의 상태지수
 l_n = n번째 조사단위의 길이

위의 식은 전체 구조물의 상태지수를 가장 나쁜 상태의 조사단위에 대한 상태지수로 채택하는 것이 아니라 그보다는 다소 상향조정하는 것을 의미한다. 상향조정은 포함된 조사단위의 최대 상태지수(H)와 최소 상태지수(L) 차이의 30% 까지만 좋게 평가할 수 있도록 정한 것이며 각 조사단위별 상태지수를 고려하여 상향조정에 반영한다.

[표 3.49] 전체 구조물의 상태안전성능 평가(예)

조사단위 (n)	평가결과	상태지수 $((CI)_n)$	길이(m) (l_n)	상태지수 × 길이 $((CI)_n \times l_n)$
1	b	4.38	100	438
2	c	3.07	100	307
3	b	4.65	200	930
4	c	2.89	100	189
5	d	2.23	200	446
6	b	3.96	100	396
계			800 $(\sum l_n)$	2706 $(\sum (CI)_n \times l_n)$

◦ 총 조사단위 수 : $N = 6$
 ◦ 조사단위의 상태지수 중 : $L = 2.23$
 ◦ 조사단위의 상태지수 중 최댓값 : $H = 4.655$

$$CI = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n}$$

◦ $CI = 2.23 + 0.3(4.65 - 2.23) \times \frac{2706}{5 \times 800} = 2.23 + 0.491 = 2.721$

C

(바) 돌핀식 및 자켓식 계류시설 상태안전성능 평가

1) 상태안전성능 평가기준

돌핀식 및 자켓식 계류시설의 상태평가의 경우 강교량 형식의 상부구조와 진입도교, 인도교, 교대, 부대시설(난간, 교량받침, 신축이음) 등의 구조부재는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)」에 따라 평가할 수 있으며, 하부 강말뚝 또는 자켓식 구조부재는 잔교식 안벽 강말뚝 기준에 준하여 평가할 수 있다.

2) 상태안전성능 평가결과 산정

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물 단계별로 구분하여 평가내용을 [표 3.50]과 같이 정리할 수 있다.

[표 3.50] 돌핀식 계류시설 평가단계별 부재 및 시설 구분(예시)

평가 단계	평가대상	부재 및 시설물의 구분		평가내용	비고
1단계	개별구조 부재	상부 구조	바닥판, 거더, 가로보, 교대, 교량받침, 신축이음, 포장, 배수시설, 난간연석 등	상태변화, 결함 및 손상	조사망도 근거
		하부 구조	Jacket Leg, 수평brace, 수직brace, 경사brace, Plate girder, Fender Frame 등		
2단계	상부 개별시설 (조사단위)	◦Working Platform Deck ◦Breasting Dolphin Deck ◦Mooring Dolphin Deck ◦Trestle(진입도교) ◦Catwalk		개별시설 상태지수 산정	구조부재별 가중치 고려
	하부 개별시설 (조사단위)	◦Working Platform Jacket ◦Breasting Dolphin Jacket ◦Mooring Dolphin Jacket ◦Trestle pier Jacket ◦Catwalk Pier Jacket ◦Loop Pier Jacket		조사단위 상태지수 산정	구조부재별 중요도 고려 (표본추출 백분율)
3단계	상부 및 하부 전체시설	OO부두 전체구조물		상태안전성능 평가결과 산정	상부면적 가중치 고려
4단계	구조안전성능 평가	구조형식별 구조안전성능 검토		평가기준에 따른 구조형식별 구조안전성능 평가 실시	
5단계	전체 시설	MIN(상태안전성능평가결과, 구조안전성능평가결과) =>안전등급 지정		종합평가결과 산정	

상부 구조물 상태안전성능 평가결과 산정시 구조형식의 부재별 가중치를 고려할 필요가 있으며 진입도교(Trestle) 상부 및 부두시설 상부구조의 부재별 가중치는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)」에서 정의하고 있는 일반 거더교량의 부재별 가중치를 기준으로 상부구조물의 상태안전성능 평가항목 등에서 중요도를 고려하여 [표 3.51]과 같이 배분하였으며 책임기술자의 판단에 따라 조정이 가능하다. 교대는 하부구조이지만 돌핀식 하부구조와 별개의 시설이며 RC구조이고 일반적으로 1개소인 점을 고려하여 평가의 효율성을 위해 상부 구조물 상태안전성능 평가 산정결과에 포함하였다.

[표 3.51] 상부 개별시설(조사단위)별 구조부재별 가중치(예시)

구분	평가항목	상부구조				
		WP	BD	MD	Trestle (진입도교)	Catwalk
상부	바닥판(상·하부)	20	70	100	—	—
	주형(거더)	35	—	—	35	50
	2차부재	20	—	—	15	30
하부	교대	—	—	—	2	—
받침	교량받침	—	—	—	15	20
기타	신축이음	—	—	—	12	—
	교면포장	—	—	—	10	—
	배수시설	5	—	—	6	—
	난간/연석	—	—	—	5	—
콘크리트	탄산화	10	15	—	—	—
	염화물	10	15	—	—	—

주) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가결과 중 최솟값을 개별부재 상태평가결과로 산정한다.

주) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가기준 중 최솟값을 상부개별시설 상태평가결과로 산정한다.

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태안전성능 평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 상태지수를 구한다. 환산 상태지수는 시설물 전체의 상태안전성능 평가결과를 산정하기 위한 기준값이며, [표 3.52]의 상태지수 범위에 따른 평가기준을 적용하여 상부 개별시설(조사단위)의 상태지수를 구한다.

[표 3.52] 상태지수 범위에 따른 평가기준

평가기준	a	b	c	d	e
상태지수	$4.5 \leq CI \leq 5.0$	$3.5 \leq CI \leq 4.5$	$2.5 \leq CI \leq 3.5$	$1.5 \leq CI \leq 2.5$	$1.0 \leq CI \leq 1.5$

[표 3.53] Working Platform Deck 개별시설(조사단위) 상태안전성능 평가 산정(예시)

개별시설명 :		Working Platform Deck								
부재의 분류		상부구조			2차부재	기타부재			콘크리트 내구성	
번호	구조형식	바닥판 (상부)	바닥판 (하부)	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	탄산화 (상)	염화물 (상)
WPD-1	Plate Girder	b	b	b	c	—	b	—	a	d
WPD-2	Plate Girder	c	b	b	b	—	b	—	b	c
상태지수 평균		3.5	4.0	4.0	3.5	—	4.0	—	4.5	2.5
가중치		10	10	35	20	—	5	—	10	10
(평균X가중치) /가중치합		0.35	0.40	1.40	0.70	—	0.20	—	0.45	0.25
1. 환산 상태지수		3.75								
2. 상태안전성능 평가결과		B								

하부 자켓 구조물의 개별시설(조사단위)의 구조 부재는 Jacket Leg, 수평brace, 수직 brace, 경사brace, Plate girder, Fender Frame 등으로 구분할 수 있으며 기존 세부지침 잔교식 구조부재의 중요도를 참조하여 [표 3.54]와 같이 자켓 구조부재의 중요도를 분배하였으며 책임기술자의 판단에 따라 조정이 가능하다.

[표 3.54] 구조부재의 중요도에 따라 표본 추출할 부재 백분율(항만)

구조부재 종류		SP : 표본추출 백분율(%)
말뚝	Jacket Leg	25
세로보	수평 Brace	30
	경사 Brace	30
가로보	수직 Brace	40
바닥판	Plate girder	40
토류벽	Fender Frame	50

주) 구조부재별 상태평가결과 산정시 잔교식 안벽과 동일한 방법으로 표본추출백분율을 적용하여 평가한다.

주) 개별시설(조사단위) 속에 포함된 각 구조부재에 대한 상태평가결과 중 가장 나쁜 상태의 결과를 조사단위의 상태평가결과로 결정한다.

[표 3.55] 구조부재별 상태안전성능 평가결과 산정(예시)(Jacket Leg)

1. 상태안전성능 평가결과 판정에 사용될 말뚝 수 계산				
◦총 조사 말뚝 수 : $N_T = 42$				
◦평가 말뚝 수 : $N_R = N_T \times SP = 42 \times 0.20 = 8.4 \rightarrow 9$ 사용				
2. 상태지수 계산				
평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 $\times$ 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	0	0	0
b	4	37	4	16
c	3	5	5	15
d	2	0	0	0
e	1	0	0	0
계		42 (N_T)	9 (N_R)	31 ($\sum M_K \times N_K$)
$CI = \frac{\sum_{K=1}^5 M_K N_K}{N_R} = \frac{31}{9} = 3.44$ c				

3) 전체시설 상태안전성능 평가

돌핀식 계류시설 전체시설물의 상태안전성능 평가결과는 각 개별시설(조사단위)별로 결정된 상태안전성능 평가결과를 조사대상 구조물 전체에 포함된 모든 상부 및 하부 개별시설(조사단위)의 상부면적을 고려하여 산정한 후 전체구조물의 상태안전성능평가결과(A~E)를 결정한다.

$$\text{전체구조물의 상태지수(CI)} = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n A_n}{\sum_{n=1}^N A_n}$$

여기서, L = 포함된 조사단위의 상태지수 중(가장 나쁜 결과에 해당)

H = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최댓값(가장 좋은 결과에 해당)

N = 포함된 총 조사단위의 수

(CI)_n = n번째 조사단위의 상태지수

A_n = n번째 조사단위의 면적

위의 식은 전체 구조물의 상태지수를 가장 나쁜 상태의 조사단위에 대한 상태지수로 채택하는 것이 아니라 그보다는 다소 상향조정하는 것을 의미한다. 상향조정은 포함된

조사단위의 최대 상태지수(H)와 최소 상태지수(L) 차이의 30% 까지만 좋게 평가할 수 있도록 정한 것이다. 또한 각 개별시설(조사단위)별 상태지수를 고려하여 상향조정에 반영한다. 돌핀 개별시설들 모두 중요한 기능을 하는 시설로서 각 시설물별로 상부 폭원이 다양하므로 개별시설에 대한 가중치는 상부면적을 기준으로 적용할 필요가 있으며, [표 3.56] 및 [표 3.57]은 전체 구조물의 상태안전성능 평가 예를 제시하고 있다.

[표 3.56] 상부시설 연장 및 폭원(예시)

번호	상부 개별시설	연장(m)	폭(m)	연장(m)×폭(m)	가중치 (상부면적 A_n)
1	Working Platform Deck	98.6	27.0	2,662.2	2,662.2
2	Breasting Dolphin Deck	76.0	18.0	1,368.0	1,368.0
3	Mooring Dolphin Deck	115.8	18.0	2,084.4	2,084.4
4	Trestle(진입도교)	564.7	6.0	3,387.9	3,387.9
5	Catwalk	278.5	3.0	835.5	835.5
합계(Σ)		1,133.5		10,338.0	10,338.0

[표 3.57] 상부 및 하부 전체시설의 상태안전성능 평가(예시)

번호	개별시설또는 조사단위(n)	시설구분	평가 결과	상태 지수 (CI) _n	가중치 (상부면적A _n)	상태지수×가중치 ((CI) _n ×A _n)
1	Working Platform Deck	상부구조물	b	3.95	2,662.2	10,515.7
2	Working Platform Jacket	하부구조물	c	3.44	2,662.2	9,158.0
3	Breasting Dolphin Deck	상부구조물	b	3.74	1,368.0	5,116.3
4	Breasting Dolphin Jacket	하부구조물	c	3.50	1,368.0	4,788.0
5	Mooring Dolphin Deck	상부구조물	b	4.00	2,084.4	8,337.6
6	Mooring Dolphin Jacket	하부구조물	b	3.66	2,084.4	7,628.9
7	Trestle(진입도교)	상부구조물	b	4.47	3,387.9	15,143.9
8	Trestle pier Jacket	하부구조물	b	4.00	3,387.9	13,551.6
9	Catwalk	상부구조물	b	4.46	835.5	3,726.3
10	Catwalk Pier Jacket	하부구조물	b	4.00	835.5	3,342.0
11	Loop Pier Jacket	하부구조물	b	3.88	102.0	395.8
합계(Σ)				43.10	20,778.0	81,704.1
◦총 조사단위 수 : N = 11 ◦총 조사단위의 상태지수 중 : L = 3.44 ◦총 조사단위의 상태지수 중 최댓값 : H = 4.47 $CI = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n A_n}{5 \sum_{n=1}^N A_n}$ $CI = 3.44 + 0.3(4.47 - 3.44) \times \frac{81,704.1}{5 \times 20,778.0} = 3.68$ B						

2) 중력식 안벽

(가) 상태안전성능 평가방법

중력식 및 널말뚝식 안벽 시설물의 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성능의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가 유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다. 우선 평가단위별로 조사결과를 정리하여 평가단위별 상태안전성능 평가결과를 산정한다. 그 결과를 토대로 조사단위의 상태안전성능 평가결과를 결정한다. 최종적으로는 조사대상 전체구조물의 상태안전성능 평가결과를 산정한다.

[표 3.58] 결함과 손상에 대한 평가유형

평가유형	정 의	평가기준	평가점수	영향계수
중요결함	◦ 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	
국부결함	◦ 수평이음부 불량 등과 같이 구조물의 안전성능에 직접적인 영향을 미치지 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
일반손상	◦ 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

각 부재에서 발생하는 각종 손상 및 결함에 대한 상태안전성능 평가 시 손상이 전체 구조물에 미치는 안전성능의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 영향계수를 적용한다.

영향계수는 안전성능에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태안전성능 평가기준을 근거로 하여 국부적인 결함의 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태안전성능 평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

(나) 중력식 안벽의 상태안전성능 평가 단계

① 평가단위별 상태안전성능 평가

- 평가단위별로 조사된 각 손상 및 결함형태별 평가점수를 구하고, 평가점수에 결함이 구조체에 미치는 중요도를 고려한 영향계수를 곱하여 상태지수를 구한 후 그 중 가장 심각한 상태지수를 이용하여 평가단위의 상태안전성능 평가결과를 구한다.

② 조사단위별 상태안전성능 평가

- 평가단위별로 산정된 상태 평가점수에 상태의 심각성을 감안한 조정계수를 곱하고 이를 전체 조사단위에 대하여 가중 평균하여 조사단위별 상태지수를 계산한 후 조사단위의 상태안전성능 평가결과를 결정한다.

③ 조사대상 전체구조물의 상태안전성능 평가

- 조사대상 전체구조물의 상태안전성능 평가는 조사단위별로 결정된 상태지수 중 심각한 쪽을 고려하고 조사단위 길이를 고려하여 결정한다.
- 상기의 방법으로 결정되는 조사대상 구조물의 조사단위에 대한 상태안전성능 평가결과는 구조물의 건전도 상태를 파악하고, 구조물의 보수 우선순위를 결정하는데 이용되며, 조사대상 전체구조물의 상태안전성능 평가는 구조물 전체의 전반적인 상태를 파악하기 위한 목적으로 실시한다.

(다) 평가단위별 상태안전성능 평가

각 평가단위에 대한 상태안전성능 평가는 평가단위에 포함된 각종 유형의 손상 및 결함형태에 대해 정의한 평가점수에 영향계수를 곱하여 구해진 상태지수 중 최소 상태지수에 해당되는 상태안전성능 평가결과를 평가단위의 결과로 채택한다.

[표 3.59] 평가단위별 상태안전성능 평가결과 산정(예)

조사단위 번호: 1

평가단위 번호: 10

손상형태 및 조사항목			평가기준	조사량 및 상태	평가 점수	영향 계수	상태 지수
상부공 및 본체부	침하	중요 결함	중력식 안벽	2.5 cm	4	1.0	4.0
	경사/전도		"	0.5%	5	1.0	5.0
	활동		"	4 cm	4	1.0	4.0
	파손	일반 손상	"	없음	5	1.0	5.0
	균열(과응력균열)		"	0.15 mm	4	1.1	4.4
	균열(부식균열)		"	없음	5	1.0	5.0
	균열(일반균열)		"	없음	5	1.0	5.0
	박리(완전박리, 부분박리)		"	없음	5	1.0	5.0
	마모/침식		"	1군데	4	1.1	4.4
	속채움재 유실(케이슨식)	국부 결함	"	없음	5	1.0	5.0
	케이슨, 블록 이격		"	—	—	—	—
기초부	세굴		"	없음	5	1.0	5.0
	기초사석교란		"	없음	5	1.0	5.0
에이 프론	침하	일반 손상	"	3 cm	4	1.1	4.4
	공동(콘크리트 포장 하부)		"	없음	5	1.0	5.0

상태안전성능 평가결과별 상태지수 범위		구 분	영 향 계 수				
평가기준	상태지수(CI)	평가결과 (평가점수)	a(5)	b(4)	c(3)	d(2)	e(1)
a	$4.5 \leq CI \leq 5.0$	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq CI < 4.5$	국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \leq CI < 3.5$						
d	$1.5 \leq CI < 2.5$	일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	$1.0 \leq CI < 1.5$						
최소 상태지수(CI) = 4.0 ⇒ 평가단위 평가결과 = b							

(라) 조사단위의 상태안전성능 평가

조사단위에 대한 상태안전성능 평가는 각 평가단위의 상태안전성능 평가결과에 해당하는 평가점수를 이용하여 다음 식으로 계산되는 상태지수를 이용 결정한다.

$$\text{조사단위의 상태지수 } CI = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m \cdot A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m \cdot A_m}$$

여기서, m = 평가결과(a~e)에 따른 평가점수

N_m = 평가점수 m 에 해당하는 평가단위의 수

A_m = 평가점수 m 에 해당하는 조정계수로 정의된 값

여기서, 조정계수의 사용은 평가단위별 상태안전성능 평가에서 보다 심각한 상태의 평가단위에 가중치를 두기 위한 것이다.

[표 3.60] 상태지수에 의한 상태안전성능 평가결과

평가기준	평가점수(m)	상태지수(CI)	조정계수(A)
a	5	4.5이상 ~ 5.0미만	1
b	4	3.5이상 ~ 4.5미만	2
c	3	2.5이상 ~ 3.5미만	3
d	2	1.5이상 ~ 2.5미만	6
e	1	1.0이상 ~ 1.5미만	6

각 조사단위의 상태안전성능 평가결과가 결정되면 잔교식 안벽에서와 마찬가지로 c, d, e 일 경우 보수 우선순위에 따라 보수 조치하며, 필요에 따라 정밀안전진단을 실시하게 되며 다음 표는 조사단위의 상태안전성능 평가 예이다.

[표 3.61] 조사단위의 상태안전성능 평가(예)(계속)

■ 각 조사단위별 평가단위의 상태안전성능 평가결과 정리

평가단위 조사단위	평가단위별 상태안전성능 평가결과									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
3	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d
4	a	b	c	d	e	e	d	c	b	a

■ 조사단위별 상태지수 및 평가결과의 계산

[조사단위 1]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위수 (N_m)	조정계수×평가단위수 ($N_m A_m$)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m \cdot N_m A_m$)
a	5	1	5	5	25
b	4	2	5	10	40
c	3	3	0	0	0
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	—	—	10 ($\sum N_m$)	15 ($\sum N_m A_m$)	65 ($\sum m \cdot N_m A_m$)
$\text{조사단위 상태 지수 } CI = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m A_m} = \frac{65}{15} = 4.33 \Rightarrow b$					

[조사단위 2]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위수 (N_m)	조정계수×평가단위수 ($N_m A_m$)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m \cdot N_m A_m$)
a	5	1	0	0	0
b	4	2	5	10	40
c	3	3	5	15	45
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	—	—	10 ($\sum N_m$)	25 ($\sum N_m A_m$)	85 ($\sum m \cdot N_m A_m$)
$\text{조사단위 상태 지수 } CI = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m A_m} = \frac{85}{25} = 3.40 \Rightarrow c$					

[표 3.62] 조사단위의 상태안전성능 평가(예)

[조사단위 3]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위수 (N_m)	조정계수×평가단위수 ($N_m A_m$)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m \cdot N_m A_m$)
a	5	1	0	0	0
b	4	2	0	0	0
c	3	3	5	15	45
d	2	6	5	30	60
e	1	6	0	0	0
계	—	—	10 ($\sum N_m$)	45 ($\sum N_m A_m$)	105 ($\sum m \cdot N_m A_m$)
$\text{조사단위 상태 지수 } CI = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m A_m} = \frac{105}{45} = 2.33 \Rightarrow d$					

[조사단위 4]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위수 (N_m)	조정계수×평가단위수 ($N_m A_m$)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m \cdot N_m A_m$)
a	5	1	2	2	10
b	4	2	2	4	16
c	3	3	2	6	18
d	2	6	2	12	24
e	1	6	2	12	12
계	—	—	10 ($\sum N_m$)	36 ($\sum N_m A_m$)	80 ($\sum m \cdot N_m A_m$)
$\text{조사단위 상태지수 } CI = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m A_m} = \frac{80}{36} = 2.22 \Rightarrow d$					

(마) 조사대상 전체 구조물의 상태안전성능 평가

조사대상 구조물에 대한 조치사항은 조사단위별로 처리하나 조사 안벽 전체 구조물의 건전도 상태를 파악하고 보수 우선순위 결정을 위한 기본 자료로 사용하기 위해 전체 구조물의 상태안전성능 평가가 필요하다.

조사대상 전체 구조물에 대한 상태안전성능 평가결과는 각 조사단위의 상태지수를 이용하여 전체 구조물에 대한 상태지수를 구하고 그 값에 따라 결정하였으며, 전체 구조물의 상태지수는 심각한 상태의 조사단위를 기준으로 계산하며 각 조사단위의 길이를 고려하여 다음과 같은 식으로 계산한다.

$$\text{전체 구조물의 상태지수 } CI = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n \times l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n}$$

- 여기서, L = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최솟값(가장 나쁜 결과에 해당)
 H = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최댓값(가장 좋은 결과에 해당)
 N = 포함된 총 조사단위 수
 $(CI)_n$ = n 번째 조사단위의 상태지수
 l_n = n 번째 조사단위의 길이

[표 3.63] 조사 대상 전체 구조물의 상태안전성능 평가결과 산정(예)

조사단위 (n)	평가결과	상태지수 ($(CI)_n$)	길이(m) (l_n)	상태지수 × 길이 ($(CI)_n \times l_n$)
1	b	4.33	100	433
2	c	3.40	100	340
3	d	2.33	100	233
4	d	2.22	100	222
계	—	—	400 ($\sum l_n$)	1228 ($\sum (CI)_n \times l_n$)
- 총 조사단위 수 : $N = 4$ - 조사단위의 상태지수 중 최솟값 : $L = 2.22$ - 조사단위의 상태지수 중 최댓값 : $H = 4.33$ $CI = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n \times l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n}$				
$CI = 2.22 + 0.3(4.33 - 2.22) \times \frac{1228}{5 \times 400} = 2.22 + 0.38 = 2.61$				C

3) 널말뚝식 안벽

(가) 상태안전성능 평가방법

중력식 안벽에 대한 상태안전성능 평가절차와 동일한 방법으로 실시한다.

평가단위별 상태안전성능 평가를 거쳐 조사단위와 전체구조물에 대한 상태안전성능 평가를 실시한다.

그에 따른 상태안전성능 평가결과를 산정한다.

(나) 널말뚝식 안벽의 상태안전성능 평가 단계

중력식 안벽의 해당 항과 동일한 방법을 적용한다.

(다) 평가단위, 조사단위 및 전체 구조물의 상태안전성능 평가

널말뚝식 안벽의 평가단위, 조사단위 및 조사 대상 전체 구조물에 대한 상태안전성능 평가는 중력식 안벽의 상태안전성능 평가와 동일한 방법을 적용한다.

[표 3.64] 평가단위별 상태안전성능 평가(예)

조사단위 번호: 1

평가단위 번호: 7

손상형태 및 조사항목			평가기준	조사량 및 상태	평가 점수	영향 계수	상태 지수	
상 부 공 및 벽 체 부	침하		중요 결함	널말뚝 안벽	1.0 cm	4	1.0	4.0
	변형			〃	없음	5	1.0	5.0
	활동			〃	2 cm	4	1.0	4.0
	후면부 함몰			〃	없음	5	1.0	5.0
	파손		일반 손상	〃	0.1 mm	4	1.1	4.4
	콘크리트 말뚝부	균열(과응력균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		균열(부식균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		균열(일반균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		박리(완전박리, 부분박리)		〃	없음	5	1.0	5.0
	마모/침식			〃	없음	5	1.0	5.0
	강널말뚝	부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공)		〃	5% 두께 감소	4	1.1	4.4
		마모/침식		〃	3 cm	4	1.1	4.4
기초 부	세굴		국부	〃	2%	4	1.1	4.4
	기초사석교란		결함	〃	없음	5	1.0	5.0
에이 프론	침하		일반 손상	〃	없음	5	1.0	5.0
	공동(콘크리트 포장 하부)							

평가단위의 평가점수 및 상태안전성능 평가결과 결정

상태안전성능 평가결과별 상태지수 범위		구 분	영 향 계 수				
평가기준	상태지수(CI)	평가결과 (평가점수)	a(5)	b(4)	c(3)	d(2)	e(1)
a	$4.5 \leq CI \leq 5.0$	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq CI < 4.5$						
c	$2.5 \leq CI < 3.5$	국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
d	$1.5 \leq CI < 2.5$	일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	$1.0 \leq CI < 1.5$						

최소 상태지수(CI) = 4.0 ⇒ 평가단위 평가결과 = b

종합의견:

요약서 작성 확인자 _____ (인) 확인일자 _____

[표 3.65] 조사단위의 상태안전성능 평가(예)

■ 각 조사단위별 평가단위의 상태안전성능 평가결과 정리

조사 단위	평가단위별 상태안전성능 평가														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	b	a	a	a	a	b	b	c	b	b	c	b	a	a	b

■ 조사단위별 상태지수의 계산[조사단위 1]

평가 기준	평가 점수 (m)	조정 계수 (A_m)	평가단위수 (N_m)	조정계수 × 평가단위수 ($N_m A_m$)	조정계수 × 평가단위수 × 평가점수 ($m \cdot N_m A_m$)
a	5	1	6	6	30
b	4	2	7	14	56
c	3	3	2	6	18
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	—	—	15 ($\sum N_m$)	26 ($\sum N_m A_m$)	104 ($\sum m \cdot N_m A_m$)
$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^5 m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^5 N_m A_m} = \frac{104}{26} = 4.00 \Rightarrow b$					

[표 3.66] 조사대상 전체 구조물의 상태안전성능 평가결과 산정(예)

조사단위 (n)	평가결과	상태지수($(CI)_n$)	길이(m)(l_n)	상태지수 × 길이 ($(CI)_n \times l_n$)
1	b	4.00	300	1200
계	—	—	300 ($\sum l_n$)	1200 ($\sum (CI)_n \times l_n$)
◦ 총 조사단위 수 : $N = 1$ ◦ 조사단위의 상태지수 중 최솟값 : $L = 4.00$ ◦ 조사단위의 상태지수 중 최댓값 : $H = 4.00$ ◦ 전체 구조물의 상태지수 (CI) = $L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n \times l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n} = 4.00$ ⇒ 조사대상 전체 구조물 상태안전성능 평가결과 = B				

3.4.2 구조안전성능 평가항목 및 기준

가. 일반

1) 구조안전성능 평가를 위한 선택과업

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

구조안전성능 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태안전성능 평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하다.

2) 구조안전성능 평가의 적용

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

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

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

나. 구조안전성능 평가기준

1) 잔교식 안벽

(가) 일반적인 구조안전성능 검토

잔교식 안벽은 상부의 콘크리트 바닥판, 가로보 및 세로보 그리고 하부구조의 강관 또는 콘크리트 파일로 구성되어 있으며 잔교식 안벽은 연직방향 하중을 받는 교량과 유사한 구조를 갖고 있으나 선박의 접안력, 계류력, 조류 및 파랑에 의한 측방향 하중을 받는 구조물이다.

구조안전성능 검토는 대상 시설물의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 「항만 및 어항 설계기준·해설(부록)」에 수록된 신뢰성 설계법(한계상태설계법)에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용할 수 있다.

따라서, 상부 및 하부 철근콘크리트 구조물에 대해서는 강도설계법에 따라 각 부재의 작용(극한)모멘트와 설계모멘트의 비를 그리고 상부 및 하부 강재 구조물의 경우에는 허용응력법에 따라 검토응력과 허용응력과의 비를 적용하여 [표 3.67]의 기준에 따라 검토, 평가하는 것을 원칙으로 한다.

다만, 철근콘크리트 구조물의 경우 강도설계법에 따른 검토결과 문제가 있는 경우에는 허용응력법에 의한 검토를 병행하여 구조물의 외관상태 및 비파괴 조사결과 등을 종합적으로 고려하여 구조안전성능 평가를 수행할 수 있도록 한다.

강도설계법에 의한 검토시는 각 부재의 설계모멘트와 작용모멘트의 비가 1.0 이상인 경우 그리고 허용응력설계법의 경우는 허용응력과 검토응력의 비가 1.0 이상인 경우를 “a”로 설정하였으며, 1.0 미만, 0.9 미만, 0.75 미만의 경우를 각각 “c”, “d”, “e” 로 설정하였다. 따라서 설계기준을 만족하는 경우 모두 “a”를 적용하고, 만족시키지 못하는 경우는 “c” 이하를 적용하였으며 “b”는 평가기준에서 제외한다.

여기서, 검토단면의 각 부재에 대한 평가점수는 다음 표를 적용하여 산정하며, 검토단면의 평가결과는 각 부재의 평가점수를 이용하여 결정한다.

잔교식 안벽의 경우 표본추출 백분율을 적용하여 가중 평균하는 외관상태안전성능 평가와는 달리 바닥판, 가로보, 세로보 및 하부구조(강파일 또는 콘크리트파일)에서의 각 부재별 중요도는 구조검토에서 고려하지 않는다.

$$\text{강도설계법에 의한 검토기준} = \frac{\text{설계모멘트}}{\text{작용모멘트}}$$

$$\text{허용응력설계법에 의한 검토기준} = \frac{\text{허용응력}}{\text{검토응력}}$$

[표 3.67] 구조검토에 대한 평가기준 (강도설계법 및 허용응력설계법)

평가 기준	평가 점수	상 태 (설계모멘트(허용응력)와 작용모멘트(검토응력)의 비)
a	5	1.0 이상
c	3	0.9 이상 1.0 미만
d	2	0.75 이상 0.9 미만
e	1	0.75 미만

(나) 기초지반의 구조안전성능 검토

횡간교의 흙막이부에 대한 기초지반이 양질의 사질토인 경우에는 「항만 및 어항 설계기준(2020)」에 따라 원호활동에 대한 검토를 생략할 수 있으나 점성토와 같은 연약지반인 경우에 대해서는 기초지반의 원호활동에 대한 검토를 수행할 필요가 있다. 또한 잔교 사면이 사질토로 구성되어 있는 경우에는 비탈기슭을 지나는 직선활동면에 대한 검토를 수행할 필요가 있으며 [표 3.68]에 의거하여 평가결과를 산정한다.

「항만 및 어항 설계기준(2020)」에 따르면 활동파괴에 대한 안전율은 상시는 1.2 이상, 지진시는 1.0 이상을 표준으로 하고 있으며 본 세부지침에서는 안전율 1.2(지진시, 1.0)를 만족시킬 때는 “a”로 나머지는 “c”, “d” 및 “e”의 총 4개 단계로 설정한다.

[표 3.68] 원호 및 직선활동에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	◦안전율이 1.2이상인 경우
		지진시	◦안전율이 1.0이상인 경우
c	3	평상시	◦안전율이 1.0이상 1.2미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.9이상 1.0미만인 경우
d	2	평상시	◦안전율이 0.8이상 1.0미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7이상 0.9미만인 경우
e	1	평상시	◦안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7 미만인 경우

2) 중력식 안벽

(가) 일반적인 구조안전성능 검토

케이슨과 블록식 등 중력식 안벽의 구조안전성능 검토는 일반적으로 다음과 같은 사항에 대해 수행하며, 검토방법 및 안전율은 건설기준코드(구 항만 및 어항 설계기준)를 따르는 것을 원칙으로 한다.

- 벽체의 활동
- 벽체의 전도
- 지반의 지지력
- 원호활동
- 침하

(나) 활동에 대한 구조안전성능 검토

- 중력식 안벽의 활동에 대한 안전율은 벽체에 작용하는 연직 및 수평력 그리고 벽체 저면과 기초와의 마찰계수에 의해 결정
- 평상시 1.2 이상, 지진시 1.1 이상을 표준

(다) 전도에 대한 구조안전성능 검토

- 중력식 안벽의 전도에 대한 안전율은 벽체 전면하단을 기준으로 한 연직 및 수평력에 의한 모멘트의 비로 결정
- 평상시 1.2 이상, 지진시 1.1 이상을 표준

(라) 지반의 지지력에 대한 구조안전성능 검토

- 구조물의 기초지반에 작용하는 편심·경사하중에 대한 지지력 검토 수행
- 평상시 1.2 이상, 지진시는 1.0 이상을 기준

(마) 원호활동에 대한 구조안전성능 검토

- 기초지반이 경사지반이거나 연약지반인 경우에 한하여 원호활동에 대한 안정성 검토 수행
- 평상시 1.2 이상, 지진시는 1.0 이상을 기준

(바) 침하에 대한 구조안전성능 검토

기초지반은 새로이 가해진 하중증가에 대해서 침하를 일으키므로 지반조사를 통한 현재 지반상태에서의 추가침하 예정량을 검토할 필요가 있다.

침하량 검토 결과로부터 얻어진 침하완료 예정시점의 상부공 표고(A)와 설계표고(B)와의 비교를 통해 구조안전성능 평가를 수행하며, B-A의 값이 5~15cm 일 때를 양호한 경우와 불량한 경우의 경계치인 “c”의 상태로 결정한다. 일반적으로 상부공의 침하된 표고가 설계표고보다 약 30cm 정도를 초과하게 되면 증고시 계선주의 사용이 어려워지고 방충재의

재배치를 고려해야하는 등의 기능성 측면과 화물 선하작업의 구조안전성능 측면에서 문제가 발생하므로 이때의 상태를 “e”로 설정하였다. 구조안전성능 평가의 기준은 현장 측정 자료를 근거로 한 상태안전성능 평가의 기준과 별도로 설정한다.

[표 3.69] 활동, 전도, 원호활동 및 지지력에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	◦안전율이 1.2 이상인 경우
		지진시	◦안전율이 1.0(활동/전도, 1.1) 이상인 경우
c	3	평상시	◦안전율이 1.0 이상 1.2 미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.9 이상 1.0(활동/전도, 1.1) 미만인 경우
d	2	평상시	◦안전율이 0.8 이상 1.0 미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7 이상 0.9 미만인 경우
e	1	평상시	◦안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7 미만인 경우

[표 3.70] 침하에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	◦B-A의 값이 5cm 미만인 경우
b	4	◦B-A의 값이 5cm 이상 10cm 미만인 경우
c	3	◦B-A의 값이 10cm 이상 15cm 미만인 경우
d	2	◦B-A의 값이 15cm 이상 30cm 미만인 경우
e	1	◦B-A의 값이 30cm 이상인 경우

3) 널말뚝식 안벽

널말뚝식 안벽의 구조안전성능 평가는 널말뚝 벽체와 뒤채움 토사가 일체로 회전하여 널말뚝 구조가 붕괴되는 현상인 원호활동과 널말뚝에 작용하는 외력에 의한 부재의 응력과 허용응력의 비교를 통해 구조안전성능 검토를 수행하며, 적용 안전율 및 검토방법은 건설기준코드(구 항만 및 어항 설계기준·해설)를 따르는 것을 원칙으로 한다.

[표 3.71] 원호활동에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	◦안전율이 1.2 이상인 경우
		지진시	◦안전율이 1.0 이상인 경우
c	3	평상시	◦안전율이 1.0 이상 1.2미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.9 이상 1.0미만인 경우
d	2	평상시	◦안전율이 0.8 이상 1.0미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7 이상 0.9미만인 경우
e	1	평상시	◦안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	◦안전율이 0.7 미만인 경우

[표 3.72] 구조검토에 대한 평가기준

평가 기준	평가 점수	상 태 (허용응력과 검토응력의 비)
a	5	◦1.0 이상
c	3	◦0.9 이상 1.0 미만
d	2	◦0.75 이상 0.9 미만
e	1	◦0.75 미만

4) 기타형식의 계류시설

기타형식 계류시설의 구조안전성능 평가기준은 잔교식, 중력식, 널말뚝 안벽의 해당 부분에 대한 기준을 준용한다.

돌핀식 안벽에서 상부구조가 강교량 형식인 경우와 진입교량에 대해서는 교량설계기준을 적용하여 구조해석 및 안전성 검토를 수행할 필요가 있으며 하부구조가 자켓식인 경우에 구조해석 및 안전성 검토는 「항만 및 어항 설계기준·해설(부록)」에 수록된 자켓식 구조물 설계기준을 참조하여 검토항목을 선정할 필요가 있다.

다. 구조안전성능 결과 산정 방법

구조안전성능 평가결과는 각각의 검토항목(구조검토, 활동, 전도, 침하, 지지력 등)에 따라 계산된 안전율을 허용안전율과 비교하여 기준에 따라 얻어진 각 평가점수로부터 산정한다. 각 검토항목에 대한 중요도는 동일한 것으로 간주하여 평가한다.

1) 안전성능 평가지수

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 구조안전성능 평가지수를 하나의 검토 항목으로 간주하여 아래 식을 적용하여 최종적인 전체 구조물의 구조안전성능 평가지수를 결정한다.

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

여기서, N = 구조안전성능 검토항목의 수 (구조검토, 활동, 전도, 지지력 등)
 L = 검토항목의 평가점수 중 최솟값
 H = 검토항목의 평가점수 중 최댓값
 M_i = 검토항목의 최대 및 최솟값을 제외한 나머지 값들

[표 3.73] 구조안전성능 평가지수에 의한 안전성능 평가기준

구조안전성능 평가기준	구조안전성능 평가지수
a	4.5 이상 ~ 5.0 이하
b	3.5 이상 ~ 4.5 미만
c	2.5 이상 ~ 3.5 미만
d	1.5 이상 ~ 2.5 미만
e	1.0 이상 ~ 1.5 미만

2) 구조안전성능 평가결과 산정 방법

잔교식 안벽에서의 구조안전성능 평가결과 산정 예는 [표 3.74] 및 [표 3.75]와 같다.

[표 3.74] 잔교식 안벽 조사단위별 구조안전성능 평가결과 산정(예) : 조사단위-1

평가항목 (구조부재)	적용기준	안전율 또는 상태	평가결과	비 고
말 뚝	[표 3.67]	1.2	a	
가로보	"	1.3	a	
세로보	"	0.95	c	
바닥판	"	1.1	a	
안전성평가결과	최저안전성평가결과 = c			

[표 3.75] 잔교식 안벽 전체 구조물 구조안전성능 평가결과 산정(예)

평가항목 (조사단위)	평가결과	평가점수	비 고
S-1	c	3	
S-2	a	5	
S-3	d	2	
S-4	a	5	
안전성평가결과	$\text{안전성평가지수} = L + 0.3(H-L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N-2)}, (N > 2)$ $= 2 + 0.3(5 - 2) \frac{(5 + 3)}{5 \times (4 - 2)}$ $= 2.72$ 안전성평가결과 = C ([표3.67] 적용)		

중력식 안벽에서의 안전성평가결과 산정 예는 [표 3.76]과 같다.

[표 3.76] 중력식 안벽 구조안전성능 평가결과 산정(예) : 검토단면-1

검토항목	적용기준 (평상시)	안전율 또는 상태	평가결과	성능지수	비 고
활 동	[표 3.69]	1.1	c	3	
전 도	"	1.3	a	5	
지지력	"	0.9	d	2	
침 하	[표 3.70]	9.2cm	b	4	
구조안전성능 평가결과	$\text{구조안전성능평가지수} = L + 0.3(H-L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N-2)}, (N > 2)$ $= 2 + 0.3(5 - 2) \frac{(4 + 3)}{5 \times (4 - 2)}$ $= 2.63$ 구조안전성능 평가결과 = c ([표3.67] 적용)				

3.4.3 안전성능 평가결과 산정 방법

가. 일반

시설물의 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 안전성능평가의 결과를 결정하며, 시설물에 대한 안전성능평가기준은 안전성능 평가지수에 따라 결정한다.

[표 3.77] 안전성능 평가지수에 의한 안전성능 평가기준

안전성능 평가기준	안전성능 평가지수
A	4.5 이상 ~ 5.0 이하
B	3.5 이상 ~ 4.5 미만
C	2.5 이상 ~ 3.5 미만
D	1.5 이상 ~ 2.5 미만
E	1.0 이상 ~ 1.5 미만

나. 안전성능 평가결과 산정 방법

상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과 중 최솟값을 안전성능 평가결과로 하여 결정한다.

$$\text{안전성능 평가 결과} = \text{MIN}(\text{상태안전성능 평가 결과}, \text{구조안전성능 평가 결과})$$

3.5 내구성능 평가기준 및 방법

3.5.1 일반

시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성된다. 강재 내구성능 평가분야에서는 평가항목에 대한 평가 및 가중치를 적용한 개별부재의 등급을 산정 한다. 조사단위 및 시설물 전체에 대한 내구성능 평가 및 등급 산정은 조사된 부재의 수 및 부재별 등급, 조사단위 규모 등을 고려하여 결정한다.

3.5.2 강재 내구성능 평가 지표 및 기준

가. 개요

강재 내구성능 평가항목은 크게 내부적 요소(열화진전 요소)와 외부적 요소(열화환경 요소)로 구분되며, 내부적 요소로는 ‘발청’ 및 ‘도장 열화’, ‘도장 두께’, ‘피복재 손상’, ‘아노드 손상’ 등이 있고, 외부적 요소에는 ‘이산화황 농도’, ‘습도’를 포함하는 대기환경이 있다.

여기서, 발청지표의 경우는 수상부(비말대), 간만대, 수중부 등 부재의 설치환경에 관계없이 평가한다. 도장열화 지표의 경우 수상부(비말대) 대기노출 또는 간만대에 위치하며 방식커버가 시공되지 않은 강부재에 대해서는 도장의 ‘박리’, ‘균열’, ‘부품’, ‘변색’ 등 4가지 세부지표(열화요인)에 대해 각각 평가한 후 열화모델에 근거하여 등급을 최종 산정하지만, 그 밖의 방식커버 및 페트로레이터팅라이닝이 시공되는 경우 및 일반적으로 방식용 도장을 별도로 시공하지 않는 수중부에 대해서는 평가항목에서 제외한다.

또한, 대기환경 지표는 수상부(비말대) 대기노출 강재에 한하여 평가항목으로 포함하고, 그 외의 설치환경으로서 간만대의 경우는 해수의 영향이 더 크므로 평가항목에서 제외한다.

강구조물의 용접부 내구성능은 평가지표에 포함하나 용접부의 경우 안전성능과 매우 밀접한 연관성이 있으므로, 평가결과는 안전성능 점검의 전단계로서 활용하며 책임 기술자의 판단에 따라 별도로 실시한다.

[표 3.78] 항만 계류시설 강부재(강말뚝 및 널말뚝 등)의 사용환경별 평가항목

사용환경 구분		발청 및 도장열화	도장두께	피복재 손상	아노드 손상	용접부 부식	대기환경
수상부(비말대) 대기노출 ¹⁾		- 강재 발청, - 도장 박리/균열/부품/변색 및 백아화	O ³⁾	X ³⁾	X	X ⁵⁾	O
간만대	피복재 ²⁾ 시공	- 강재 발청	X	O	X	X ⁵⁾	X
	피복재 미시공	- 강재 발청, - 도장 박리/균열/부품/변색 및 백아화	O	X	X	X ⁵⁾	X
수중부		- 강재 발청	X	X	O ⁴⁾	X ⁵⁾	X

주1) 도장에 의한 방식방법 적용

주2) 방식커버 및 페트로레이팅라이닝 등으로 구성되는 피복재

주3) 평가항목에 포함(O) 및 미포함(X)

주4) 수중조사를 실시하는 경우에 평가함

주5) 강재의 용접부 내구성능은 평가지표에 포함하나 용접부의 경우 안전성능과 매우 밀접한 연관성이 있으므로, 평가결과는 안전성능 점검의 전단계로서 활용하며 책임기술자의 판단에 따라 별도로 실시한다.

나. 평가대상 부재

항만 시설물의 강재 내구성능 평가 대상 부재는 계류시설에서 강재가 적용된 부재에 한정한다.

[표 3.79] 항만 계류시설의 강재 내구성능 평가대상 부재

부재 분류	
계류시설 주요부재	강말뚝
	강널말뚝

다. 강재 내구성능 평가 성능지표 및 기준

1) 발청 및 도장열화

(가) 발청(표면부식, 녹)

[표 3.80] 발청 평가기준

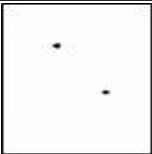
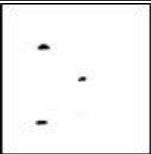
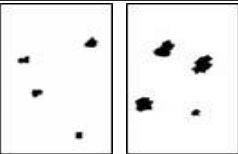
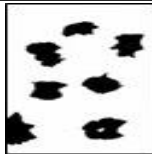
평가 기준	평가내용	
	발청 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 부식이 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 등급 1)
b	0.05 이상~0.5% 미만	미소하게 부식이 확인되지만 부식부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 등급 2)
c	0.5 이상~5.0% 미만	확실하게 부식되어 있는 상태(표준사진 등급 3)
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 부식되어 있는 상태(표준사진 등급 4/5)
e	—	—

발청			
표준사진 등급 1	표준사진 등급 2	표준사진 등급 3	표준사진 등급 4/5
			

(나) 도장 박리

[표 3.81] 도장 박리 평가기준

평가 기준	평가내용	
	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	—	—

도장 박리			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3/4	표준사진 5
			

(다) 도장 균열

[표 3.82] 도장 균열 평가기준

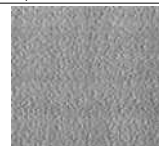
평가 기준	평가내용	
	도장 균열 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 균열이 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.05 이상~0.5% 미만	미소하게 균열이 확인되지만, 균열부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.5% 이상~10.0% 미만	확실하게 균열이 보이는 상태(표준사진 3)
d	10.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 균열이 발생되어 있는 상태(표준사진 4/5)
e	—	—

도장 균열				
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5	
				

(라) 도장 부품

[표 3.83] 도장 부품 평가기준

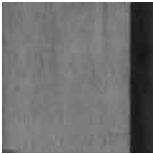
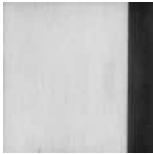
부품 크기 \ 발생면적	0 ~ 0.05% 미만 (표준사진 밀도 2 이하)	0.05 이상 ~ 0.5% 미만 (표준사진 밀도 3)	0.5 이상 ~ 5.0% 미만 (표준사진 밀도 4)	5.0% 이상 (표준사진 밀도 5 이상)
정상적인 교정시력으로 겨우 보이는 정도 이하 (크기등급 2)	a	a	b	c
정상적인 교정시력으로 확실하게 보이는 정도 (0.5mm이하) (크기등급 3)	a	b	c	d
0.5~5mm의 범위 (크기등급 4)	b	c	c	d
5mm 초과 (크기등급 5)	c	d	d	d

도장 부품 (크기등급 3: 0.5mm 부품에 대한 예)			
표준사진 밀도 2 이하	표준사진 밀도 3	표준사진 밀도 4	표준사진 밀도 5 이상
			

(마) 도장 변색 및 백아화

[표 3.84] 도장 변색 및 백아화

평가 기준	평가내용	
	도장 변색	도장 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>

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

2) 도장두께

[표 3.85] 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>

- 3개 지점의 평균값

3) 피복재 손상

[표 3.86] 피복재 손상 평가기준

평가 기준	외관 상태	외부 도복장 손상 면적율
a	방식커버 및 내부 도복장의 손상이 없거나 무시할 수준으로서 방식기능이 매우 양호한 상태	0.1% 미만
b	방식커버의 손상이 일부 발생하였으며 내부 도복장의 열화가 일부 진행되고 있는 상태	0.1% 이상 ~ 0.3% 미만
c	방식커버 손상이 광범위하고 내부 도복장의 열화가 상당히 진행된 상태	0.3% 이상 ~ 2.0% 미만
d	방식커버가 탈락되고 내부 도복장의 열화가 상당히 진행된 상태	2.0% 이상 ~ 5.0% 미만
e	내부 도복장의 열화가 심각한 상태	5.0% 이상

<해설>

- 피복재 손상은 항만에 적용되는 강말뚝 중 유기라이닝과 같은 방식커버 및 외부 도복장으로 시공되어 있는 부재에 대해 해당
- 피복재(방식커버) 외부 도복장의 손상면적율은 KS M ISO 4628-5를 참조

4) 아노드 손상·소모량 및 방식전위

[표 3.87] 아노드 손상·소모량 방식전위 평가기준

평가 기준	아노드 손상 ¹⁾		방식전위
	손상 정도	소모량	
a	외관상 매우 우수한 상태	70% 미만	사용되는 기준전극에 따라 적용(해설 참고)
b	파손이 경미하고, 추가 손상진행의 가능성은 없는 양호한 상태		
c	파손이 일부 발생하였으며, 추가 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태		
d	국부적으로 파손이 발생하여 부식을 일으킬 수 있거나 부식이 일부 발생한 상태		
e	전체 파손 또는 강 부재와 분리되어 방식기능 상실 및 부식이 진행된 상태로서 교체가 필요한 상태	70% 이상	사용되는 기준전극에 따라 적용(해설 참고)

주1) 수중조사를 실시하지 않는 경우, 방식전위 측정결과에 따라 아노드의 운용가능(a~d) 또는 교체 필요(e)에 대하여 평가하도록 함

<해설>

- 아노드의 손상은 외부손상과 소모량, 방식전위를 고려하여 설정함
- 본 세부지침에서는 건설기준코드(구 항만 및 어항설계기준·해설)를 준용하여 소모량 및 방식전위를 정함
- 방식전위만을 측정한 경우는 추후, 수중조사 시 아노드 손상 평가가 수행될 수 있도록 보고서에 이에 대한 내용을 기술하도록 함

- 대표 기준전극별 방위전식 판단기준
 - 운용 가능(등급 a ~ d)

기준전극	방식전위 (운용 가능)
해수염화은전극	-780mV 이하
포화카로멜전극	-770mV 이하
포화황산동전극	-850mV 이하

<해설>

- 도장과 포화카로멜전극 아노드방식을 병용할 경우, -800mV ~ 1,100mV의 범위에 있을 때 운용 가능함
 - - 교체 필요(등급 e)

기준전극	방식전위 (교체 필요)
해수염화은전극	-780mV 초과
포화카로멜전극	-770mV 초과
포화황산동전극	-850mV 초과

<해설>

- 도장과 포화카로멜전극 아노드방식을 병용할 경우, -800mV 초과 시 교체 필요

5) 대기환경(이산화황 농도/습도)

[표 3.88] 대기환경의 평가기준

연간 젖음 시간 ¹⁾ (일)	이산화황 ²⁾ (ppm)		
	0.01이하	0.01초과 0.02이하	0.02이상
100 초과	B	C	C
10 ~ 100	B	B	C
10 미만	A	B	C

주1) 0℃ 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상이 지속되는 시간으로서 기상청 통계자료를 활용하여 평가

주2) 환경부 대기환경정보(에어코리아) 통계자료를 활용하여 평가

- 대기환경에 대한 평가기준은 KS D ISO 9223~9226에 제시된 영향인자별 부식속도를 참고하여 설정하였음
- 이산화황 농도(ppm), 습도(연간젖음시간, day) 등과 같은 대기조건이 복합적으로 작용하는 환경에서 탄소강의 부식등급은 다음과 같은 부식속도 등급에 근거하여 산정됨
 - C1 ~ C3 등급의 경우 부식속도가 상대적으로 낮으며 이에 대해 a등급 적용
 - 부식속도가 높음 및 매우 높은 경우 이에 대해 각각 b등급 및 c등급 적용

[표 3.89] 부식속도 등급

KS D ISO 9223		환경조건에 의한 적용 등급
부식속도 등급	부식성	
C_1	매우 낮음	a
C_2	낮음	
C_3	중간	
C_4	높음	b
C_5	매우 높음	c

<해설>

- 상기 부식속도 측정은 KS D ISO 9226을 바탕으로 이루어짐
- 상기 등급분류 표는 우리나라 해안인근의 이산화황 농도, 연간 젖음시간 등 2가지 대기조건에 따라 강재의 등급을 분류한 것임
- 이산화황 농도
 - 이산화황은 대표적인 강재 부식인자로서 농도 및 부착속도를 근거로 분포를 분류한 것임(환경부 데이터 참조)
- 습도(연간젖음 시간)
 - 습도의 경우 연간 젖음시간(0도씨 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상)이 부식에 영향을 미치는 요소로서 우리나라의 경우 10일 및 100일을 기준으로 지역적 분류가 가능함(기상청 데이터 참조)
 - 습도, 즉 연간 젖음시간이 10일 미만인 경우 다른 조건에 비해 부식속도가 상당히 감소하기 때문에, 비례염분 농도에 따라서만 a 또는 b 등급으로 평가될 수 있음
 - 상세 지표 중 연간 젖음 시간 및 이산화황 농도를 평가하기 위해서는 기상청 및 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr/>)에서 제공하는 데이터를 활용하며, 시설물에서 가장 가까운 관측소의 자료를 이용함

라. 강재 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 평가항목별 가중치

[표 3.90] 평가항목별 가중치

구 분	평가지표	가중치
내부요인	발청 및 도장열화	40
	도장두께	20
	피복재 손상	15
	아노드 손상·소모량 및 방식전위	15
환경적 요인	대기환경 (이산화황, 습도)	10

2) 사용환경에 따른 평가지표 가중치

(가) 수상부(비말대) 대기노출

[표 3.91] 수상부(비말대)에서의 평가지표 가중치

구 분	평가지표	가중치
수상부(비말대) 대기노출	발청 및 도장열화	60
	도장두께	25
	대기환경 (이산화황, 습도)	15

(나) 간만대 피복재 시공 및 미시공

[표 3.92] 간만대 피복재 시공 및 미시공 경우의 평가지표 가중치

구 분	평가지표	가중치
간만대 피복재 시공	피복재 손상	30
	발청 및 도장열화	70
간만대 피복재 미시공	도장두께	30
	발청 및 도장열화	70

[표 3.93] 수중부 경우의 평가지표 가중치

구 분	평가지표	가중치
수중부	아노드 손상	30
	발청 및 도장열화	70

3) 세부지표별 가중치

(가) 발청 및 도장열화 세부지표별 가중치

[표 3.94] 발청 및 도장열화 가중치

세부평가지표		가중치
발청 및 도장열화	발청	50
	박리	20
	균열	10
	부품	15
	변색	5

(나) 계류시설의 구성 부재간 가중치

○ 잔교식 안벽

[표 3.95] 잔교식 안벽 부재간 가중치

구성부재	가중치
강 바닥판	22
강 세로보 및 가로보	27
강말뚝	28
토류벽	17
부대시설	6

○ 널말뚝식 안벽

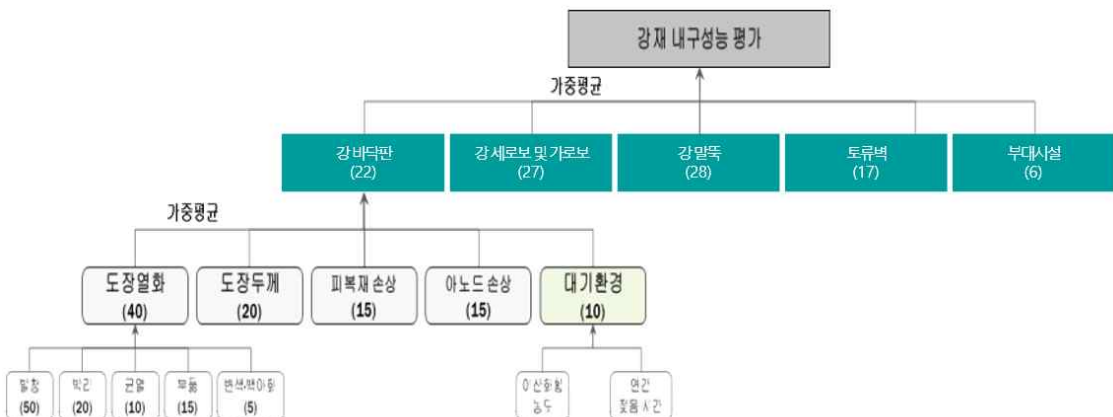
[표 3.96] 널말뚝식 안벽 부재간 가중치

구성부재	가중치
상부공	25
벽체(널말뚝)	30
에이프런	15
기초부	20
부대시설	10

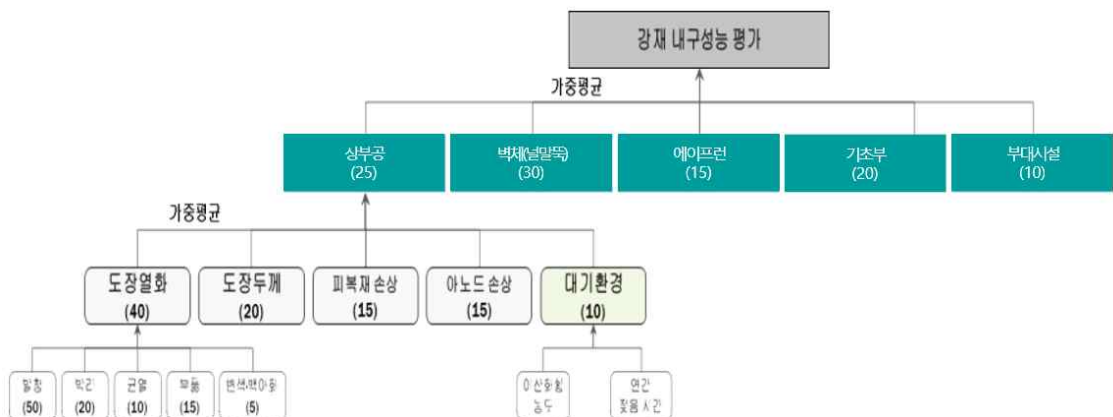
○ 계류시설의 유형

[표 3.97] 계류시설물 유형별 가중치

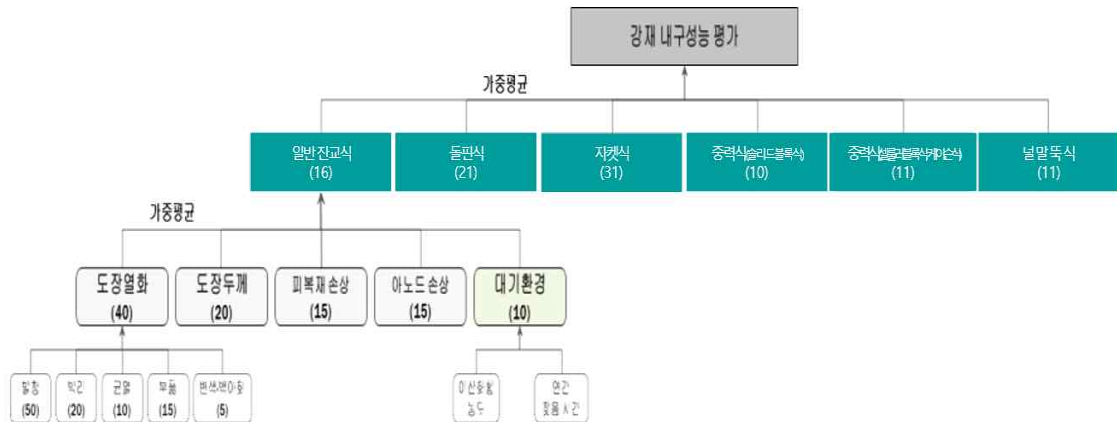
계류시설물 유형	가중치
일반 잔교식	16
돌핀식	21
자켓식	31
중력식(솔리드블록식)	10
중력식(셀룰러블록식, 케이슨식)	11
널말뚝식	11



[그림 3.1] 잔교식 안벽 강제 내구성능 항목별 세부 평가방법



[그림 3.2] 널말뚝식 안벽 강제 내구성능 항목별 세부 평가방법



[그림 3.3] 계류시설 강제 내구성능 항목별 세부 평가방법

4) 강제 내구성능 평가결과산정 절차

(가) 평가항목별(지표별) 평가

○ 발청 및 도장열화 평가

- 수상부(비말대) 대기노출 강제
 - 강제 발청, 도장의 박리/균열/부품/변색 평가
 - 각 세부지표에 대한 평가결과를 등급별 점수화하고 합산한 후 열화모델을 포함하는 것이 바람직
- 간만대 범위에 위치한 강제
 - 간만대 범위의 강말뚝에는 일반적으로 방식커버가 설치되며, 커버 내부에는 페트로레이텀라이닝이 시공됨. 이 경우 강제 자체의 발청에 대해서만 평가
 - 방식커버 없이 도장만 된 강재의 경우 수상부 대기노출 강재의 경우에 준해서 평가
- 수중부에 위치한 강제(방식 도장 미시공)
 - 일반적으로 도장이 시공되지 않으며 발청에 대해서만 평가
 - ‘간만대’라고 하는 것은 평균저조위 수위와 평균고조위 수위 사이에 있는 범위로 정의됨

○ 도장두께

- 수상부(비말대)에 위치하며 대기에 노출된 도장 시공 강제, 간만대에 위치하며 방식커버 없이 도장만 시공된 강재에 대해 평가기준에 따라 도장두께 평가 및 등급 결정

○ 피복재 손상

- 간만대 범위의 강말뚝에는 일반적으로 방식커버가 설치되며, 커버 내부에는 페트로레이팅이 시공됨
- 방식커버는 내부 도복장의 보호 역할이며, 내부 도복장이 손상될 경우에 강재의 열화 및 내구성능이 저하되기 쉬운 조건을 제공함
- 외부 도복장의 손상 정도에 대해서 평가기준에 따라 평가하고 등급을 결정함

○ 아노드 손상

- 수중부에는 부식방지를 위해 아노드가 설치되고 있으며, 이에 대한 평가에서는 외부 손상 정도와 물리적 소모량 및 방식전위를 종합적으로 고려함

○ 대기환경

- 수상부 대기노출 강재에 대해서는 이산화황 농도 및 연간 젖음 시간(습도)을 세부지표로 하는 대기환경에 대해 평가함
- 간만대 범위에 위치한 강재의 경우 대기 보다는 해수의 영향을 더 크게 받으므로 대기환경 평가에서 제외함

(나) 평가항목별 가중치를 적용하여 개별 부재 등급 산정

- 점검 대상구간에 있는 각 개별 부재별로 각 평가항목에 대한 평가결과에 가중치를 적용 및 합산하여 등급 산정
- 예로서, 잔교식 안벽의 강말뚝의 경우는 간만대에서 수중부까지의 범위에 위치하고 있으며 이 경우 다음의 절차로 등급 산정
 - 간만대에서는 발청 : 피복재손상 = 70 : 30의 가중치를 적용하여 등급 산정
 - (피복재:발청및도장열화:도장두께:아노드:대기환경 = 16:40:18:16:10을 이용했을 경우)
 - 수중부에서는 발청 : 아노드손상 = 70 : 30의 가중치를 적용하여 등급 산정
 - 위 두 개의 등급 산정 결과중 최저 등급을 해당 부재의 등급으로 함

(다) 조사단위구역에 대한 내구등급 산정

- 조사단위에 대한 평가는 부재별 등급산정 결과를 토대로 산정하며 아래의 절차를 따름
 - 등급 산정에 사용되는 부재 수(NR)의 결정

$$N_R = N_T \times SP / 100$$

여기서, N_R = 등급 산정에 사용되는 부재 수

N_T = 조사된 총 부재 수

SP = 구조부재의 중요도에 따라 결정된 표본 추출 백분율

[표 3.98] 구조부재별 표본추출 백분율

구조부재 종류	표본추출 백분율(SP, %)
말뚝	25
세로보	30
바닥판	40
가로보	40
토류벽	50

등급 산정: 구조부재의 중요도를 고려하여 계산된 NR 개수만큼의 부재를 심각한 상태의 부재부터 산정한 후 각 평가부재 수에 해당하는 평가점수를 곱하고 이들을 합한 값을 NR로 나누어 조사단위구역 내의 강재 내구성능에 대한 평가점수를 산정함

$$\text{조사단위구역 강재내구성 평가점수} = \frac{\sum_{k=1}^5 M_k N_k}{N_R}$$

여기서, M_k = 개별 부재의 평점

N_k = 해당 개별 부재의 평점에 상응하는 부재 수

N_R = 등급 산정에 사용되는 부재 수

(라) 전체 시설물에 대한 내구등급 산정

조사 대상 전체 구조물의 강재 내구성능에 대한 평가는 조사 대상에 포함된 각 조사 단위구역별 평가점수를 이용하며, 포함된 모든 조사단위구역의 길이를 고려하여 다음의 식으로 전체 시설의 평가점수를 산정함. 또한 평가점수에 따른 등급은 아래의 표를 참조하여 결정함

$$\text{전체시설의 강재내구성 평가점수} = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{n=1}^N (CI)_n l_n}{5 \sum_{n=1}^N l_n}$$

여기서, L = 포함된 조사단위의 평가점수 중 최저등급에 해당하는 평점

H = 포함된 조사단위의 평가점수 중 최고등급에 해당하는 평점

N = 총 조사단위 수

$(CI)_n$ = n 번째 조사단위의 평점

l_n = n 번째 조사단위 길이

마. 강제 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 항만 시설물 선정

항만 시설명	A 연안항
조사단위구역 및 구역별 길이	A-1 부두 (50m) A-2 부두 (70m) A-3 부두 (30m)
대상 계류시설물 형식	잔교식 안벽
적용 방식대책	잔교식 안벽 강말뚝 방식방법: - 수상부(간만대): 페트로 테이핑 및 방식커버 시공 - 수중부: 아노드 설치 (방식을 위해 별도의 추가 도장 미시공)
연안항 주변 대기환경	이산화황 농도: 0.0038ppm 습도(연간 젖음시간(일)): 75일 ※ 본 예제의 잔교식안벽 강말뚝에 대한 강제 내구성능 평가의 경우, 강말뚝이 방식커버에 의해 보호되고 있으며, 또한 대기환경 보다는 해수의 영향이 더 크므로 대기환경 평가는 제외함.

2) 발청 및 도장열화 평가

- 간만대 범위에 있는 강말뚝 부분에 대해서는 발청, 박리/균열/부품/변색 등의 관련 세부지표 중 발청에 대해서만 평가
- 수중부 범위에 있는 강말뚝에 대해서는, 방식을 위해 별도의 도장이 시공되지 않았으므로 발청에 대해서 평가

[표 3.99] 강말뚝(간만대 방식커버, 수중부 미도장) 발청 평가 예

강말뚝 발청							
점검구역	점검 강말뚝 부재 번호	간만대			수중부		
		발청 면적율(%)	등급	평점	발청 면적율(%)	등급	평점
A-1 부두	1	전면부식 12 점녹 8.0	d	2	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	2	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	3	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 12 점녹 8.0	d	2
	(지면 관계상 생략)						
	120	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3
A-2 부두	1	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	2	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	3	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4	전면부식 12 점녹 8.0	d	2
	(지면 관계상 생략)						
	150	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 12 점녹 8.0	d	2
A-3 부두	1	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	2	전면부식 0.2 점녹 12.0	c	3	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4
	3	전면부식 12 점녹 8.0	d	2	전면부식 12 점녹 8.0	d	2
	(지면 관계상 생략)						
	90	전면부식 12 점녹 8.0	d	2	전면부식 0.2 점녹 5.0	b	4

○ 도장두께

- 해당 없음

○ 피복재 손상

- 간만대 범위의 강말뚝 부분에 대해 내부 도복장(페트로 테잎)의 손상정도에 따라 평가

[표 3.100] 강말뚝(간만대 방식커버, 수중부 미도장) 피복재 손상 평가 예

강말뚝 피복재 손상				
점검구역	점검 강말뚝 부재 번호	간만대		
		외부 도복장 손상 면적율(%)	등급	평점
A-1 부두	1	7	d	2
	2	6	d	2
	3	4	c	3
	(지면 관계상 생략)			
	120	4	c	3
A-2 부두	1	4	c	3
	2	4	c	3
	3	4	c	3
	(지면 관계상 생략)			
	150	6	d	2
A-3 부두	1	3	c	3
	2	9	d	2
	3	9	d	2
	(지면 관계상 생략)			
	90	10	d	2

○ 아노드 손상

- 수중부 범위에 있는 강말뚝 부분에 대해 외부손상정도/소모량/방식전위를 기준으로 평가

[표 3.101] 강말뚝(간판대 방식커버, 수중부 미도장) 아노드 손상 평가 예

아노드 손상						
점검구역	점검 강말뚝 부재 번호	수중부 강말뚝 아노드				
		외부 손상정도	소모량 (%)	방식전위 (mV)	등급	평점
A-1 부두	1	파손 경미	40	-950	b	4
	2	파손 경미	40	-950	b	4
	3	파손 경미	40	-950	b	4
	(지면 관계상 생략)					
	120	파손 경미	40	-950	b	4
A-2 부두	1	국부 파손	60	-850	d	2
	2	국부 파손	60	-850	d	2
	3	국부 파손	60	-850	d	2
	(지면 관계상 생략)					
	150	국부 파손	60	-850	d	2
A-3 부두	1	파손 일부	50	-920	c	3
	2	파손 일부	50	-920	c	3
	3	파손 일부	50	-920	c	3
	(지면 관계상 생략)					
	90	파손 일부	50	-920	c	3

○ 대기환경

- 해당 없음

3) 평가항목별 가중치를 적용하여 개별 부재 등급 산정

- 간만대의 경우 발청 : 피복재손상 = 70 : 30의 가중치를 적용하여 등급 산정
- 수중부의 경우 발청 : 아노드손상 = 70 : 30의 가중치를 적용하여 등급 산정
- 위 두 개의 등급 산정 결과중 최저 등급을 해당 부재의 등급으로 함

[표 3.102] 강말뚝 개별부재 등급 산정 예

강말뚝 개별 부재 등급										
점검 구역	점검 강말뚝 부재 번호	간만대				수중부				부재별 등급
		발청 평점	피복재 평점	가중치 적용 평점	등급	발청 평점	아노드 평점	가중치 적용 평점	등급	
A-1 부두	1	2	2	2	d	4	4	4	b	d
	2	3	2	2.7	c	4	4	4	b	c
	3	3	3	3	c	2	4	2.6	c	c
	(지면 관계상 생략)									
	120	3	3	3	c	3	4	3.3	c	c
A-2 부두	1	4	3	3.7	b	4	2	3.4	c	c
	2	4	3	3.7	b	4	2	3.4	c	c
	3	4	3	3.7	b	2	2	2	d	d
	(지면 관계상 생략)									
	150	3	2	2.7	c	2	2	2	d	d
A-3 부두	1	3	3	3	c	4	3	3.7	b	c
	2	3	2	2.7	c	4	3	3.7	b	c
	3	2	2	2	d	2	3	2.3	d	d
	(지면 관계상 생략)									
	90	2	2	2	d	4	3	3.7	b	d

4) 조사단위구역에 대한 내구성능 등급 산정

- 등급 산정에 사용되는 부재 수 결정 및
- 조사단위구역 평점 산출 식에 따라 점수 산정 및 등급평가

[표 3.103] 조사단위구역 내구등급 산정 예

조사단위구역 내구성능 등급									
점검 구역	조사 부재수	등급산정에 사용되는 부재수	평가 기준	평가 점수 (Mk)	조사 부재수	평가 부재수 (Nk)	Mk×Nk	평점	조사 단위 구역 등급
A-1 부두	120	30	a	5	15	0	0	2.33	d
			b	4	35	0	0		
			c	3	50	10	30		
			d	2	20	20	40		
			e	1	—	—	—		
			계		120	30	70		
A-2 부두	150	37	a	5	20	0	0	2.00	d
			b	4	30	0	0		
			c	3	60	0	0		
			d	2	40	37	74		
			e	1	—	—	—		
			계		150	37	74		
A-3 부두	90	22	a	5	15	0	0	2.09	d
			b	4	20	0	0		
			c	3	35	2	6		
			d	2	20	20	40		
			e	1	—	—	—		
			계		90	22	46		

5) 강재내구성능 최종평가

- 전체시설의 강재 내구성능 평가점수 산정식에 따라 평점 산정 및 등급 결정

[표 3.104] 전체 시설물 강재 내구등급 산정 예

전체 시설물 내구성능							
점검 구역	조사 단위구역 평점 (CI)n	조사 길이 (ln)	(CI)n ×ln	조사단위 평가점수 중 최저등급 평점 (L)	조사단위 평가점수 중 최고등급 평점 (H)	전체 시설물 내구성능	
						평점	등급
A-1 부두	2.33	50	116.5	2.00	2.33	2.04	d
A-2 부두	2.00	70	140.0				
A-3 부두	2.09	30	62.7				
계		150	319.2				

3.5.3 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

가. 일반

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경을 평가한다.

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

[표 3.105] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

열화진전 평가항목	열화환경 평가항목
염화물 침투량 탄산화 깊이 피복(표면부) 콘크리트의 품질	염해환경 동해환경

나. 평가대상 부재

잔교식 안벽과 중력식 안벽, 널말뚝식 안벽의 철근 콘크리트부재에 대해서 평가를 실시한다.(부재는 철근 콘크리트만 대상으로 실시함)

다. 평가지표별 기준 및 점검방법

1) 염화물 침투량

[표 3.106] 염화물 침투량 평가등급

평가 기준	평가내용	
	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 $C_r(kg/m^3)$
a	30년 초과	0.3 이하
b	20년 초과 ~ 30년 이하	$0.3 < C_d \leq 0.6$
c	10년 초과 ~ 20년 이하	$0.6 < C_d \leq 1.2$
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 함유량”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 $2.5 kg/m^3$ 가 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.
- 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 을 넘어서는 시점이 5년 이하로 남은 경우 e등급을 설정한 것은 차기 점검시점을 약 5년을 가정하고 이 시점 이전에 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 를 넘어설 가능성이 있기 때문이다.
- 한편, b, c, d등급의 경우 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 이 되는 시점이 30년 이하인 경우 염해가 진전되고 있다고 판정한 것이며, 철근부의 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 에 도달하는 연수가 짧을 수록 낮은 등급을 부여한다.
- 책임기술자는 염해가 어떻게 진전될 것인지에 대한 예측을 위하여 철근부의 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 에 도달하는 연수를 산정할 때 철근의 부식이 개시될 가능성이 있는 $1.2kg/m^3$ 에 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 3.107] 탄산화 깊이에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	30년 초과	점검결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 T계산 탄산화 속도계수 $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계 피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right]^2 - t$ (T : 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간, D : 탄산화 깊이, t : 공용연수)
b	$20\text{년} < T^{1)} \leq 30\text{년}$	
c	$10\text{년} < T \leq 20\text{년}$	
d	$5\text{년} < T \leq 10\text{년}$	
e	5년 이하	

주1) T : 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간

<해 설>

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

3) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

초기 시공불량의 경우, 피복콘크리트에 전반적인 내구성능 저하가 나타날 수 도 있으며, 공용 중의 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 싸이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타나는 경우가 많을 것이다.

(가) 설계강도값과 비교할 경우

[표 3.108] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	$100\% \leq q_{cl}^{1)}$	피복콘크리트의 내구성능이 양호한 상태
b	$90\% \leq q_{cl} < 100\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	$q_{cl} < 90\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	—	—
e	—	—

주1) $q_{cl} = (\text{측정강도} \div \text{설계기준강도}) \times 100\%$

<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 3.109] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

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

주1) $q_{c2} = (\text{비건전부 반발경도 값} \div \text{건전부 반발경도 값}) \times 100\%$

<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 3.110] 염해환경의 평가기준(해안거리)

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

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

<해 설>

- 염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기 중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설에 따른 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 구분함
- 상기 항목은 각각 해안인접성과 강설일수를 기본 항목으로 정하고 등급을 설정함
- 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 하였음
- 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 부여함
- 강설일수는 최심신적설(하루 동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 취함

5) 동해환경

[표 3.111] 동해환경의 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	$X < 3$	※ 기상청 데이터를 기반으로 동결융해 반복일수를 계산하여 평가에 사용
b	$3 \leq X < 50$	
c	$50 \leq X$	
d	—	
e	—	

<해설>

- 수분 접촉 여부로 구분하여 계산함
- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 $X값 =$
【일 최저기온 $< -2.2^{\circ}C$ 】 & 【일 최고기온 $> 0^{\circ}C$ 】 & 【강수량 > 0 】인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 $X값$
【일 최저기온 $< -2.2^{\circ}C$ 】 & 【일 최고기온 $> 0^{\circ}C$ 】인 연평균 일수
- 상기 수분 접촉 여부에 따른 구분에 있어 수분과의 직접적인 접촉이 없는 경우는 동결융해
사이클이 있더라도 동해를 입지 않기 때문에 강수로 인하여 상대습도가 매우 높은 상태에서
동해를 받는다고 가정한 것에 따른 것임
- 지난 10년간 동절기 기상청 데이터 기준
- 동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일
- 수분과의 접촉 여부는 점검자가 판단하여, 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우
‘열악한 조건’을 기준으로 판단함
- 측정해야 할 사항
 - 동절기 기간(11/1 ~ 3/31)의 기상청 자료 : 일 최저기온, 일 최고기온, 강수량
- 판단해야 할 사항
 - 부재별 수분과의 지속적인 접촉 여부를 판단함
 - 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우 열악한 조건을 기준으로 점검함
 - 점검 시 사진 자료를 남겨 이력관리가 가능하도록 함

라. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경 평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

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

2) 결과산정절차 일반

(가) 열화환경평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 비래염분 염해환경(해안거리) 및 동해환경에 대한 평가로 2개 열화환경평가 지표로 이루어진다.

열화환경평가는 각 부재별 열화진전평가 이전에 독립적으로 실시하며, 전체 시설물을 대상으로 한다.

열화환경평가는 해당 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 3.112] 열화환경 평가등급

평가등급	열화환경 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 염해환경으로 나눈다.
- 대상 시설물의 위치(해상, 내륙 등)에 따라 해안거리에 따른 비래염분 환경을 적용한다.
 - 해안거리에 따른 비래염분 환경 평가

○ 동해환경

- 대상 시설물이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해 환경을 파악하여 동결융해 반복지수를 도출하고, 동결융해 환경등급을 평가한다.
- 동일한 동결융해 사이클에 노출되어 있더라도 동결융해에 대한 위험도는 부재별 수분공급 환경에 따라 다르며, 열화환경 등급으로 반영되는 동결융해 환경은 수분에 노출되는 부재의 동결융해 사이클 수가 되며, 수분에 노출되지 않는 부재의 동결융해 사이클 수(강수가 있을 때만 해당됨)는 비록 수분에 직접 노출되지 않더라도 동결융해에 대하여 취약할 수 있음에 대한 참고자료로서 활용한다.

(나) 열화진전 평가(부재수준의 평가)

내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

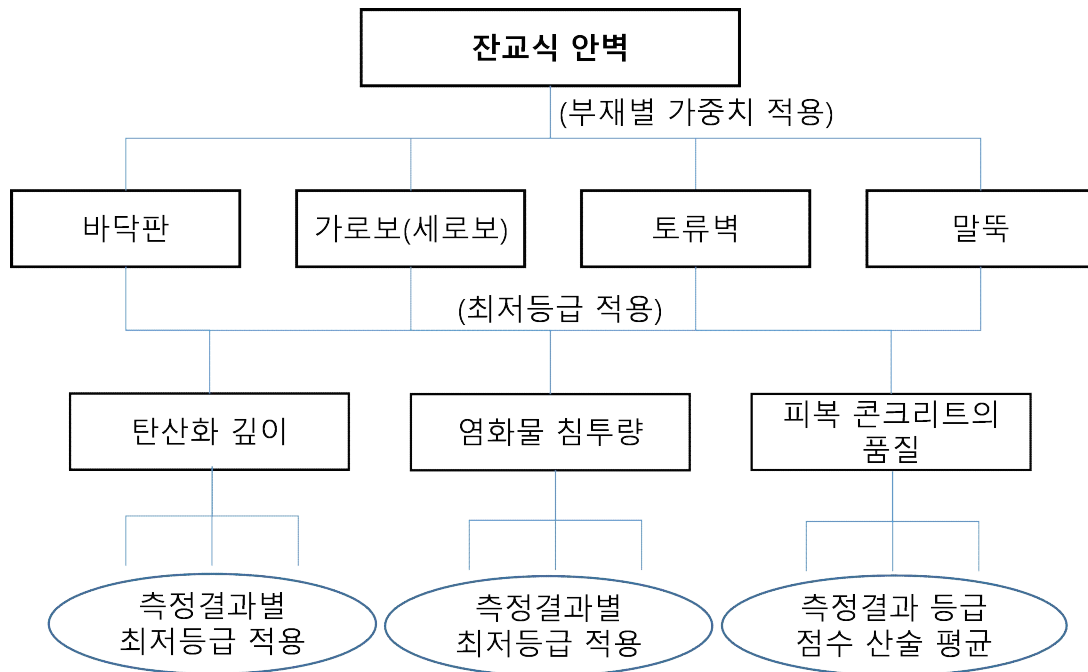
각 내구성능 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최저등급제를 적용한다.

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복 콘크리트의 품질 중 가장 낮은 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급이 된다.
- 최저등급제를 적용하는 것은 염해 혹은 탄산화 등 어느 한 가지 지표에 의해서만 피해가 발생하여도 심각한 결과가 발생할 수 있으며 대책을 강구하여야 하기 때문이다.
- 다만, 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균한다.

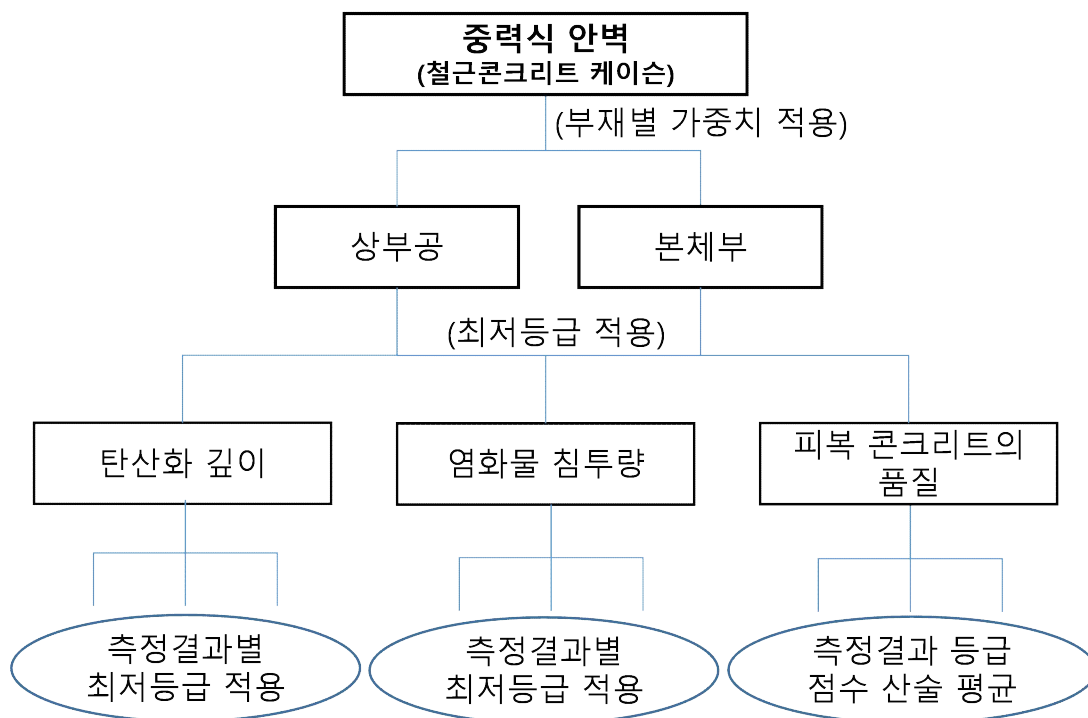
각 세부 부재별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같으며, 중력식 안벽은 철근콘크리트 케이슨의 경우, 널말뚝식 안벽은 콘크리트 말뚝인 경우에 대하여 콘크리트 내구성능 평가를 실시한다.

강-콘크리트 합성 말뚝은 콘크리트 부위에 대해서만 내구성능 평가를 실시한다.

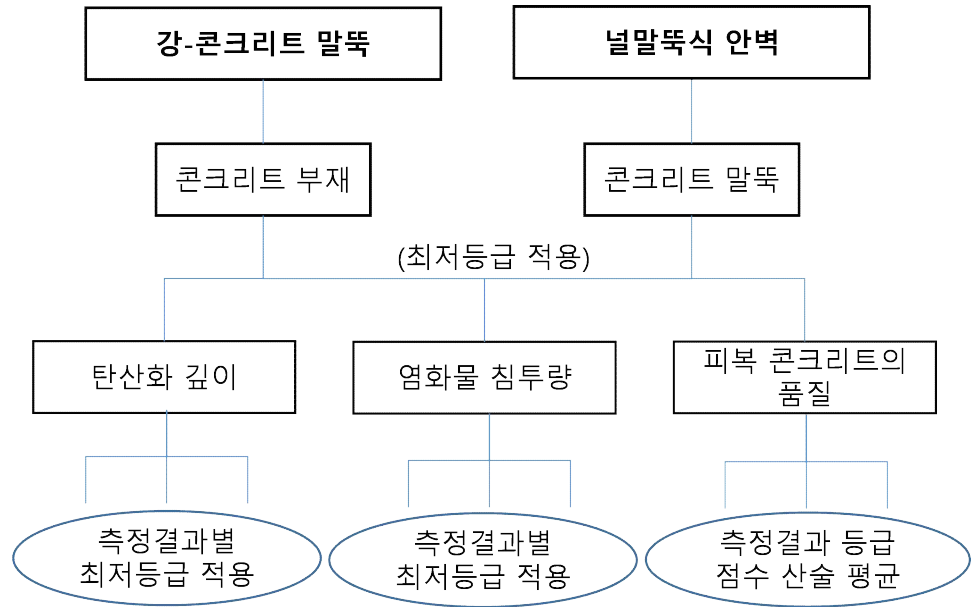
강-콘크리트 말뚝과 널말뚝식 안벽은 단일부재로 적용한다.



[그림 3.4] 내구성능 항목별 세부 평가방법_잔교식 안벽 예시



[그림 3.5] 내구성능 항목별 세부 평가방법_중력식 안벽 예시



[그림 3.6] 내구성능 항목별 세부 평가방법_강-콘크리트 말뚝 및 널말뚝식 안벽 예시

각 세부 부재별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같다.

- 잔교식 안벽(콘크리트 바닥판, 가로(세로보), 말뚝, 토류벽), 중력식 안벽(철근 콘크리트 케이슨)

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

- 널말뚝식 안벽(콘크리트 말뚝), 강-콘크리트 합성 말뚝(콘크리트 부위)

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

- 등급별 평가점수 및 지수범위

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

[표 3.113] 등급별 평가점수

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

[표 3.114] 등급별 평가지수 범위

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

(다) 세부부재 등급 산정안에 따라 시설물 전체 등급 산정

[표 3.115] 항만 시설물의 열화진전 평가

시설명	평가등급	부재명	부재별 가중치(%)	평가등급
잔교식 안벽	a~e	바닥판	25	a~e
		가로보(세로보)	25	a~e
		말뚝	25	a~e
		토류벽	25	a~e
중력식 안벽 (철근콘크리트 케이슨)	a~e	상부공	50	a~e
		본체부(수상부)	50	a~e
강-콘크리트 합성 말뚝	a~e	콘크리트 부재	100	a~e
널말뚝식 안벽	a~e	콘크리트 말뚝	100	a~e

[표 3.116] 열화환경 평가

열화환경지표		평가등급	비 고
제설제 염해환경		A	해당사항 없음
비래염분 염해환경	해안거리별	A or B or C	해안으로부터 거리별 비래염분량을 평가하여 실시함
동해환경		A or B or C	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

마. 콘크리트 내구성능 결과 산정 예시

1) 대상 항만 제원

[표 3.117] 대상 시설물 예시

시설물	중력식 안벽
형식 및 콘크리트	케이슨, 철근콘크리트
지역	강원도 속초
공용연수	20년
피복 두께	50mm

2) 열화환경 평가

- 해당 지역인 강원도 속초의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 4.8회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 45.2회로서 동해 환경은 B등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우는 동결융해 사이클이 연평균 4.8회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인한다.
- 안벽은 해수와 접해 있기 때문에 해안거리에 따른 비래염분 환경은 C등급으로 평가한다.

3) 열화진전 평가

(가) 염화물 침투량

- 염화물 침투량 시험은 철근을 피하여 철근 깊이까지 콘크리트 코어를 채취한 후 10~20mm 간격으로 절단하며 3개소 이상 평가한다.
- 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 3.118] 염화물 침투량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (kg/m^3)				철근부 개별 평가 등급	평가 등급
		표면부	중간부		철근부		
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm		
염화물 침투량	상부공 No.1	1.5	1.05	0.4	0.1	a	c
	상부공 No.2	1.5	0.98	0.4	0.1	a	
	상부공 No.3	4.5	3.5	1.8	0.8	c	
	본체부 No.1	7.0	5.5	2.8	1.1	c	c
	본체부 No.2	7.0	5.4	2.7	1.1	c	
	본체부 No.3	7.0	5.6	2.6	1.1	c	

[표 3.119] 염화물 확산계수 산출

계산 항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 ($cm^2/year$)			
		표면부	중간부		철근부
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm
염화물 확산계수	상부공 No.1	—	—	0.103	—
	상부공 No.2	—	—	0.103	—
	상부공 No.3	—	—	—	0.194
	본체부 No.1	—	—	—	0.177
	본체부 No.2	—	—	—	0.177
	본체부 No.3	—	—	—	0.177

* 확산계수는 깊이별로 산출할 수도 있음

[표 3.120] 철근부의 전염화물 함유량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	개별 평가등급	평가등급
철근부 전염화물 함유량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점	상부공 No.1	30년 초과	a	a
	상부공 No.2	30년 초과	a	
	상부공 No.3	30년 초과	a	
	본체부 No.1	30년 초과	a	a
	본체부 No.2	30년 초과	a	
	본체부 No.3	30년 초과	a	

[표 3.121] 염화물량 최종 평가등급

세부 부재명	염화물 침투량 평가	철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가
상부공	c	a
	최저 평가기준 적용 : c	
본체부	c	a
	최저 평가기준 적용 : c	

(나) 탄산화 깊이

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

[표 3.122] 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가 등급	평가 등급
탄산화 깊이	상부공 No.1	32	7.2	29	b	b
	상부공 No.2	28	6.3	30년 초과	a	
	상부공 No.3	34	7.6	23	b	
	본체부 No.1	8	1.8	30년 초과	a	a
	본체부 No.2	9	2.0	30년 초과	a	
	본체부 No.3	9	2.0	30년 초과	a	

(다) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 안벽의 상부공에서 10개소, 본체부에서 10개소 측정하였다.

[표 3.123] 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상부공	105	98	a	a	a (평균값)
		110	100	a	a	
		107	99	a	a	
		106	97	a	a	
		107	96	a	a	
	본체부	101	93	a	b	b (평균값)
		99	92	b	b	
		103	96	a	a	
		98	95	b	a	
		95	93	b	b	

(라) 콘크리트 내구성능 평가결과

[표 3.124] 대상 중력식 안벽의 콘크리트 내구성능 평가

부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	안벽
상부공 (50)	c	b	a	c	c
본체부 (50)	c	a	b	c	
최저등급제				가중치	고려

[표 3.125] 열화환경지표의 평가

열화환경지표		평가등급
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	C
동해환경		B

3.5.4 내구성능 평가결과산정방법

항만의 계류시설은 크게 안벽 및 물양장, 잔교 및 돌핀, 기타 선착장과 램프 등으로 구성되어 있다. 강재 및 콘크리트 부재가 함께 사용되는 계류시설물은 안벽 및 물양장, 잔교 및 돌핀이며, 여기서 안벽과 물양장, 잔교와 돌핀은 각각 유사 구조형식을 취하고 있다. 또한, 안벽과 물양장의 경우 잔교식 및 널말뚝식과 같이 구조형식에 따라 분류될 수 있다.

가. 잔교식 구조물 종합내구성능

- 잔교식 구조물은 콘크리트 바닥판, 콘크리트 세로보 및 가로보, 강 말뚝 또는 PSC 말뚝, 토류벽으로 구성된다.
- 잔교식 구조물의 종합내구성능 등급산정은 다음의 경우에 따라 산정할 수 있다.
 - CASE 1) 잔교식 구조물에 강말뚝이 적용될 경우의 종합내구성능 등급산정은 다음 표의 가중치를 적용하여 산정한다.

[표 3.126] 잔교식 구조물의 구성부재별 가중치

구성 부재	가중치
콘크리트 바닥판	25
콘크리트 세로보 및 가로보	25
강말뚝	25
토류벽	25

- CASE 2) 잔교식 구조물에 PSC 말뚝이 적용될 경우에는 콘크리트 내구성능의 부재별 가중치를 따른다.
- CASE 3) 잔교식 구조물에 강 말뚝과 PSC 말뚝이 혼용되어 적용될 경우 다음 식에 의해 종합평점을 산정한다.

$$\left(\text{강 말뚝 등급} \times \frac{N_s}{N_c + N_s} \right) + \left(\text{PSC 말뚝 등급} \times \frac{N_c}{N_c + N_s} \right) \times \text{가중치} = \text{종합평점}$$

여기서, N_s = 강 말뚝 수, N_c = PSC 말뚝 수

나. 널말뚝식 구조물 종합내구성능

- 널말뚝식 구조물은 벽체(강재 또는 콘크리트)에 대해서만 내구성능 평가를 수행한다.
- 널말뚝식 구조물의 종합내구성능 등급산정은 다음의 경우에 따라 산정할 수 있다.
 - CASE 1) 널말뚝식 구조물에 강말뚝이 적용될 경우의 종합내구성능 등급산정은 다음 표의 가중치를 적용하여 산정함

[표 3.127] 널말뚝식 구조물의 구성부재별 가중치

구성 부재	가중치
벽체(강재)	100

- CASE 2) 널말뚝식 구조물에 콘크리트 널말뚝이 적용될 경우에는 콘크리트 내구성능의 부재별 가중치를 따름
- CASE 3) 널말뚝식 구조물에 강재 널말뚝과 콘크리트 널말뚝이 혼용되어 적용될 경우 다음 등급분류 식에 의해 종합평점을 산정함

$$\left(\text{강 널말뚝 등급} \times \frac{N_s}{N_c + N_s} \right) + \left(\text{콘크리트 널말뚝 등급} \times \frac{N_c}{N_c + N_s} \right) \times \text{가중치} = \text{종합평점}$$

여기서, N_s = 강 널말뚝 면적, N_c = 콘크리트 널말뚝 면적

각 시설물에서 각 부재는 강재 또는 콘크리트 내구성능 평가방법에 따라 평가하며, 전체 시설물에 대해서는 부재종류별 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 전체 시설물에 대한 최종 내구등급을 산정한다.

다. 계류시설 종합내구성능

- 계류시설에는 일반 잔교식 안벽, 돌핀식 안벽, 자켓식 안벽, 중력식(솔리드블록식) 안벽, 중력식(셀룰러블록식, 케이슨식) 안벽, 널말뚝식 안벽 등이 있으며, 이와 같은 각 시설물에 대해 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 계류시설 전체에 대한 종합 내구등급을 산정한다.
- 종합평점에 대한 최종 등급분류는 다음 표를 따른다.

[표 3.128] 평점 범위별 등급분류기준

기준	A	B	C	D	E
등급별 점수	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
평점 범위별 등급분류기준	5.0 ~ 4.5 이상	4.5 미만 ~ 3.5 이상	3.5 미만 ~ 2.5 이상	2.5 미만 ~ 1.5 이상	1.5 미만 ~ 1.0 이상

3.6 사용성능 평가기준 및 방법

3.6.1 일반

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

3.6.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

항만의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성능과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다. 항만에서는 사용성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 편리함 측면에서 편의성과 시설물의 기능유지 측면에서 수요 및 용량을 선정한다.

나. 세부지표의 평가범위

항만의 사용성능을 시설물에 대한 편의성과 수요 및 용량의 관점에서 세부지표로 계선주, 차막이, 방충재, 에이프런 포장, 계류박지의 퇴적물, 접안의 용이성, 조명시설, 물동량을 선정하고 a~e의 등급으로 차등 적용한다.

[표 3.129] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	편의성	계선주	a, b, c, d, e
		차막이	a, b, c, d, e
		방충재	a, b, c, d, e
		에이프런 포장	a, b, c, d, e
		계류박지의 퇴적물	a, b, c, d, e
		접안의 용이성	a, b, c, d, e
		부두의 조명시설	a, b, c, d, e
기능성	수요 및 용량	물동량	a, b, c, d, e

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

다. 세부지표 별 성능평가기준

1) 편의성

편의성은 항만의 사용자가 접안을 하거나 부두를 사용할 때의 느끼는 불편함의 유무를 기준으로 세부지표를 선정하였다. 계선주, 차막이, 방충재, 에이프런의 포장, 계류박지의 퇴적물, 접안의 용이성, 부두 조명시설의 평가기준은 다음과 같다.

(가) 계선주

[표 3.130] 계선주의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	계선주가 신설되어 모두 건전한 상태 (최근3년)
b	설치된 계선주가 모두 양호한 상태
c	설치된 계선주의20%미만의 수리나 10% 미만의 교체가 필요한 상태
d	설치된 계선주의40%미만의 수리나 20% 미만의 교체가 필요한 상태
e	설치된 계선주의40%이상의 수리나 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해설>

- 본 성능평가의 평가기준은 기존 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서-항만」의 계선주에 포함되어 있었으나 등급의 판단에 대한 기준이 정성적이므로 본 세부지침에서는 객관적인 평가 기준 수립하였음
- 설치된 계선주와 수리 및 교체가 필요한 계선주의 비율을 산정하여 등급을 설정함
- 계선주의 수리 및 교체에 대한 명확한 기준을 제시하고, 실제 구조물의 사진을 활용하여 수리와 교체에 대한 구분을 객관화함
- 교체와 보수의 판단기준: 교체와 보수는 기능의 상실 유무로 판단하며 계선주의 경우 부식은 방청 및 재도장 작업을 통해 개선을 시킬 수 있어 보수로 판단하고 파손이나 탈락으로 인하여 본래의 기능을 상실하였을 경우에는 교체로 판단함
- 일반 안벽에는 계선곡주(Bollard)나 계선직주(Bitt)와 같은 일반 계선주가 적용되고 돌핀식에서는 Q.R.H가 계선주로 적용되는 것이 일반적임
- 일반 계선주는 계류삭(계선로프)과의 마찰에 의해 쉽게 도장이 벗겨지고 표면부식이 발생하므로 부풀어 오르는 녹이 있을 때 보수를 실시하는 것으로 판단함
- Q.R.H는 Quick Release Hook, 캡스탄의 기능개선, 들뜬 녹 제거 및 재도장 등을 보수로 판단함
- 계선주(QRH 포함)는 선박 접안 시 계류삭(계선로프)을 걸기 위한 기둥으로서 부식이 상당히 진행되어 내하력이 부족하거나 계류삭을 걸 수 없을 정도로 파손 및 탈락이 되어 보수로는 기능회복이 어려운 경우에 교체를 실시하는 것으로 판단함

(나) 차막이

[표 3.131] 차막이의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	차막이가 신설되어 모두 건전한 상태 (최근3년)
b	설치된 차막이가 모두 양호한 상태
c	설치된 차막이 전체 개소 중 10% 미만의 교체가 필요한 상태
d	설치된 전체 개소 중 20% 미만의 개소에 교체가 필요한 상태
e	설치된 전체 개소 중 20% 이상의 개소에 교체가 필요한 상태

<해설>

- 설치된 차막이 전체 개소 중 교체가 필요한 차막이 개소의 비율을 산정하여 등급을 설정함
- 차막이에는 보수는 없고 교체만 있어 해당 사항을 등급 설정에 반영함
- 차막이 1개소당 50cm 이상 파손이 발생한 경우 교체가 필요함
- 차막이의 개소수가 구분이 어려운 연속식 차막이의 경우 3m 이내의 간격으로 분할하여 적용함

(다) 방충재

[표 3.132] 방충재의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	방충재가 신설되어 모두 건전한 상태 (최근3년)
b	설치된 방충재가 모두 양호한 상태
c	설치된 방충재의 20% 미만의 보수나 10% 미만의 교체가 필요한 상태
d	설치된 방충재의 40% 미만의 보수나 20% 미만의 교체가 필요한 상태
e	설치된 방충재의 40% 이상의 보수나 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해설>

- 설치된 방충재와 수리 및 교체가 필요한 방충재의 비율을 활용하여 평가 등급을 설정함
- 방충재에 대한 수리 및 교체에 대한 명확한 기준을 제시하고 실제 사진을 활용하여 수리와 교체에 대한 분을 객관화함
- 교체와 보수의 판단기준: 교체와 보수는 기능의 상실 유무로 판단하며 간단한 작업을 통해 개선을 시킬 수 있는 손상은 보수로 판단하고 방충재 본래의 기능을 상실하여 보수로는 기능회복이 어려운 경우 교체로 판단함
 - 고무본체 손상형태 : 결락, 갈라짐, 영구변형, 결손, 치평, 고무박리, 마모, 오존균열, 화상, 볼트 구멍 손상 등
 - 부속설비 손상형태 : 풀림, 굽어짐, 빠짐, 절단, 부식, 탈락, 마모 및 마찰손상, 갈라짐, 균열 등
- 방충재의 기능상실 유무에 대한 정량적인 판단은 “항만 및 어항 방충설비 유지관리매뉴얼, 해양수산부”를 참조하여 적용할 수 있음.

(라) 에이프런 포장

[표 3.133] 에이프런 포장 성능평가기준

평가기준	평가내용	
	조사대상 면적 대비	상태 평가
a	5%미만	포장의 손상이 없는 상태
b	5%이상 10%미만	부분적으로 경미한 균열, 함몰, 파손이 발생한 상태
c	10%이상 20%미만	포장의 손상이 전반적으로 발생하여 에이프런의 사용성능에 다소 영향을 미치는 상태
d	20%이상 30%미만	전반적으로 포장의 손상이 심하여 사용성능이 심각하게 저하되고 보수가 요구되는 상태
e	30%이상	교통 통행에 위험을 초래할 정도로 포장의 함몰과 파손이 매우 심각한 정도로 광범위 하게 발생

<해설>

- 포장의 상태와 균열 면적으로 에이프런 포장에 대한 사용자의 만족도를 평가함
- 균열 면적 산정 방법은 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)”의 균열 면적 산정 방법을 따름

(마) 계류박지의 퇴적물

[표 3.134] 계류박지의 퇴적물 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	톤수에 따른 만재흘수에 여유수심을 더한 수심의 110% 만족
b	톤수에 따른 만재흘수에 여유수심을 더한 수심의 100% 만족
c	톤수에 따른 만재흘수에 여유수심을 더한 수심의 90% 만족
d	톤수에 따른 만재흘수에 여유수심을 더한 수심의 80% 만족
e	톤수에 따른 만재흘수에 여유수심을 더한 수심의 80% 미만

<해설>

- 계류박지에 일정한 수심이 유지되어 정박이 용이하도록 사용자의 편의성 및 만족도를 평가함. 단 계류박지의 수심측정은 최대수용 가능한 선박 폭의 1.5배되는 위치에서 측정함
- 건설기준코드 (구 항만 및 어항 설계기준·해설)에 따르면 계류박지수심은 대상선박의 기본 수준면하 만재흘수에 여유수심을 확보한 수심을 의미함. 여유수심 산정이 곤란한 경우 선급 및 선종별 만재흘수에 최소 여유수심 50cm 이상을 고려하여 산정함

(바) 접안의 용이성

[표 3.135] 접안의 용이성 성능평가기준

평가기준	돌핀식 부두, 위험물 취급 부두	일반 부두
a	접안유도시스템을 설치하고 상시적인 야간 접·이안이 용이하며 안전한 접·이안이 이루어지는 상태	- 야간 접·이안 없이 부두를 운영하는 상태 - 접현등 상태가 양호하고 야간 접·이안이 이루어지는 상태
b	접안유도시스템을 설치하였으나 야간 접·이안 없이 부두를 운영하는 상태	접현등이 없거나 상태가 불량하고 야간 접·이안이 이루어지는 상태
c	접안유도시스템을 설치하지 않고 야간 접·이안 없이 부두를 운영하는 상태	지속적인 체선이 이루어지는 상태
d	접안유도시스템을 설치하지 않고 상시로 야간 접·이안이 이루어지는 상태	—
e	접안유도시스템을 설치하지 않고 접·이안이 용이하지 않아 지속적인 체선이 이루어지는 상태	—

<해설>

- 접안유도시스템(Docking Sonar(aid) System)은 돌핀식 부두와 위험물을 취급하는 총톤수 5만 톤 이상의 부두에 설치하도록 “항만 및 어항설계기준 해설 2014”와 “선박의 입항 및 출항 등에 관한법률”에서 규정하고 있음
- 돌핀식 부두와 위험물 취급부두는 접안유도시스템의 설치 유무와 운영일지에 기록된 야간의 접이안 유무로 해당 지표의 등급을 평가함
- 접안유도시스템이 설치된 경우에는 상시적인 야간 접이안에 대해 사용성능이 우수한 것으로 판단하고, 접안유도시스템이 없을 경우에는 야간 접이안을 안전하지 않는 것으로 판단하여 적용함
- 일반부두는 야간 접이안과 체선 발생의 유무로 접안의 용이성에 대한 평가를 수행함

(사) 부두의 조명시설

[표 3.136] 부두의 조명시설 성능평가기준

평가기준	평가내용(lx)	
	일반/위험물	단순작업(벨트컨베이어사용)
a	100 이상 150 미만	40 이상 60 미만
b	60 이상 100 미만	30 이상 40 미만
c	40 이상 60 미만	20 이상 30 미만
d	20 이상 40 미만	10 이상 20 미만
e	20 미만	10 미만

<해설>

- 건설기준코드(구 항만 및 어항설계 기준·해설) 조명설비의 옥외 조명기준을 적용하여 평가함
- 부두별 조명의 평균을 산정하여 적용함
- 조도측정 방법은 산업안전보건공단 기준을 준용하여 측정위치는 지면위 80cm 정도에서, 하나의 등기구(Poll) 기준으로 측정위치를 조명기구 한 개소당 6점으로 분할 선정하여 평균조도를 측정함
- ※ 여기서 6점이란, 등기구 직하부에서 해측으로 수평 1m 정도의 지점과 그 좌·우면 지점 및 작업면 지점과 그 좌·우면 지점으로 정할 수 있음

2) 수요 및 용량

수요 및 용량은 시설물의 제공되는 성능이 사용자의 수요를 얼마나 잘 반영하고 있는가를 기준으로 설정한다.

(가) 물동량

[표 3.137] 수요 및 용량의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	[하역능력/물동량(처리량)×100] 이 100 이상 일때
b	[하역능력/물동량(처리량)×100] 이 90 이상 100미만 일때
c	[하역능력/물동량(처리량)×100] 이 80 이상 90미만 일때
d	[하역능력/물동량(처리량)×100] 이 70 이상 80미만 일때
e	[하역능력/물동량(처리량)×100] 이 70이하 일때

<해설>

- 항만의 수요 및 용량은 물동량을 기준으로 항만의 하역능력과 물동량(처리량)의 비율을 통해 평가함
- 항만의 물동량이 많을수록 유지관리 비용이 많이 든다는 개념을 적용함
- 항만의 하역능력은 무역항/연안항의 항만시설운영세칙의 하역능력 자료를 사용함

라. 사용성능 평가결과 산정 방법

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

해당 시설물의 최종 사용성능 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

[표 3.138] 항만 분야의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

	계선주	차막이	방충재	에이프런 포장	계류박지 퇴적물	접안의 용이성	부두의 조명시설	물동량
가중치	0.166	0.051	0.230	0.060	0.144	0.192	0.060	0.097

[표 3.139] 사용성능 평가지표에 대한 가중치 조정방법(예)

	계선주	차막이	방충재	에이프런 포장	계류박지 퇴적물	접안의 용이성	부두의 조명시설	물동량
가중치	0.216	0.066	—	0.078	0.187	0.249	0.078	0.126

<해설>

- 가중치 조정 예 : 방충재에 대한 평가가 제외되는 경우, 방충재에 해당하는 가중치 0.230을 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분함

2) 결과 산정 일반

(가) 평가항목별(지표별) 평가

○ 개선주

- 개선주의 수리 및 교체에 대한 명확한 구분을 제시하고, 설치된 개선주와 수리 및 교체가 필요한 개선주의 비율을 산정하여 평가 등급을 설정함

○ 차막이

- 차막이의 교체에 대한 명확한 기준을 제시하고, 설치된 차막이와 교체가 필요한 차막이의 비율을 산정하여 평가 등급을 설정함

○ 방충재

- 방충재의 수리 및 교체에 대한 명확한 구분을 제시하고, 설치된 방충재와 수리 및 교체가 필요한 방충재의 비율을 산정하여 평가 등급을 설정함

○ 에이프런 포장

- 포장의 상태와 균열 면적으로 에이프런 포장에 대한 사용자의 만족도를 평가함

○ 계류박지의 퇴적물

- 항만은 최대 수용가능 선박 폭의 1.5배 떨어진 위치에서 수심을 측정함

○ 접안의 용이성

- 접안유도시스템(Docking Sonar(aid) System)의 설치 유무와 운영일지에 기록된 야간의 접이안 유무로 해당 지표의 등급을 평가함

○ 부두의 조명시설

- 해당 지표는 항만에만 적용되며 부두별 조명의 평균을 산정하여 적용함

○ 물동량

- 물동량으로 수요 및 용량의 등급을 판단함
- 항만의 연간 하역능력과 실물동량(처리량)의 비율을 산정하여 평가함

(나) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 등급 산정

각 세부지표별 성능평가를 실시한 후 그 결과값에 AHP로 산정된 가중치를 곱하여 최종 사용성능 평가결과를 산정한다. 최종 사용성능 평가결과 산정 프로세스를 수식으로 나타내면 다음과 같다. 이때 a등급은 5점, b등급은 4점, c등급은 3점, d등급은 2점, e등급은 1점으로 적용한다.

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

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

마. 사용성능 평가결과 산정 예시

1) 평가항목별(지표별) 평가

○ 계선주

- 설치된 계선주와 수리 및 교체가 필요한 계선주의 비율을 산정하여 등급을 평가함
- 계선주의 교체와 보수는 기능의 상실 유무로 판단하며 계선주의 경우 부식은 방청 및 재도장 작업을 통해 개선을 시킬 수 있어 보수로 판단하고 파손이나 탈락으로 인하여 본래의 기능을 상실하였을 경우에는 교체로 판단함

[표 3.140] 계선주 평가 예

구분	설치개수	교체	수리	평가등급
계선주(항만)	17	1	1	C

○ 차막이

- 계선주, 방충재와 달리 차막이는 수리가 없는 실정임
- 차막이의 교체에 대한 명확한 기준을 제시하고, 설치된 차막이와 교체가 필요한 차막이의 비율을 산정하여 평가 등급을 설정함
- 아래표에서 파손은 경미한 파손을 의미하며 교체는 50cm이상의 파손을 의미함

[표 3.141] 차막이 평가 예

구분	설치개수	파손	교체	평가등급
차막이	57	19	5	C

○ 방충재

- 설치된 방충재와 수리 및 교체가 필요한 방충재의 비율을 산정하여 등급을 평가함
- 방충재의 경우 고무재 균열, 볼트탈락, 볼트이완은 간단한 작업을 통해 개선을 시킬 수 있어 보수로 판단하고 체인파손, 고무재 탈락, 고무재 파손 등으로 인하여 본래의 기능을 상실하였을 경우에는 교체로 판단

[표 3.142] 방충재 평가 예

구분	설치개수	수리	교체	평가등급
차막이	16	0	0	b

○ 에이프런 포장

- 포장의 상태와 균열 면적으로 에이프런 포장에 대한 사용자의 만족도를 평가함

[표 3.143] 에이프런 포장 평가 예

구분	조사면적	균열면적	상태	평가등급
차막이	400	28	경미한 균열	b

○ 계류박지의 퇴적물

[표 3.144] 계류박지의 퇴적물 평가 예

기준	선석수심(m)	수심측정값(m)	조위표(m)	평가등급
10000(DWT)	9	-5	-5	a

○ 접안의 용이성

- 접안유도시스템(Docking Sonar(aid) System)의 설치 유무와 운영일지에 기록된 야간의 접이안 유무로 해당 지표의 등급을 평가함

[표 3.145] 접안의 용이성 평가 예

접안유도시스템 설치 유무	야간접·이안 유무	평가등급
설치무	상시적인 접안	d

○ 부두의 조명시설

[표 3.146] 부두의 조명시설 평가 산정 예

구분	일반/단순	측정조도 (lux)	평가결과	등급점수	최종 등급
부두#1	일반	70	d	2	d(2.33)
부두#2	일반	55	e	1	
부두#3	단순	45	b	4	

○ 물동량

- 물동량으로 수요 및 용량의 등급을 판단해 수요 및 용량의 등급을 평가함

[표 3.147] 물동량 평가 예

구분	예측(RT)	실제(RT)	비율(%)	평가등급
물동량	18,701	18,487	101	a

2) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 등급 산정

[표 3.148] OO항만 최종 사용성능 평가

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	편의성	계선주	0.166	c	3
		차막이	0.052	c	3
		방충재	0.230	b	4
		에이프린 포장	0.060	b	4
		박지의 퇴적물	0.144	a	5
		접안의 용이성	0.192	d	2
		부두의 조명시설	0.060	d	2
기능성	수요 및 용량	물동량	0.097	a	5

<해설>

- 위의 식대로 사용성능을 산정해보면

$$3 \times 0.166 + 3 \times 0.052 + 4 \times 0.230 + 4 \times 0.060 + 5 \times 0.144 + 2 \times 0.192 + 2 \times 0.060 + 5 \times 0.097 = 3.523$$

- 이를 최종 등급 산정표에 적용시켜 보면 본 항만의 사용성능등급은 B등급으로 평가함

3.6.4 사용성능 평가결과

사용성능 평가결과는 아래 표를 활용하여 적용한다.

[표 3.149] 사용성능 평가결과 점수

등급	결과 점수	설명
A	$4.5 \leq x$	현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B	$3.5 \leq x < 4.5$	현재 수요 등을 만족하나 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준
C	$2.5 \leq x < 3.5$	장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준
D	$1.5 \leq x < 2.5$	대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준
E	$x < 1.5$	기능 발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준

3.7 종합평가기준 및 방법

3.7.1 종합평가 일반

시설물의 종합평가는 아래그림과 같이 각 시설물 계류시설의 구조형식을 고려하여 3가지 구조형식(잔교식, 중력식, 널말뚝식)으로 구분하여 평가를 실시하며, 안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가결과를 종합적으로 고려하여 결정한다. 단, 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 비교하여 안전성능 등급이 가장 낮을 경우 구조물의 위험성을 고려하여 안전성능 등급이 종합성능등급으로 평가된다.

[표 3.150] 항만의 종합평가 산정기준

계류시설 구조형식	성능별 가중치			합계
	안전성능	내구성능	사용성능	
잔교식	66	22	12	100
중력식	65	22	13	
널말뚝식	66	21	13	

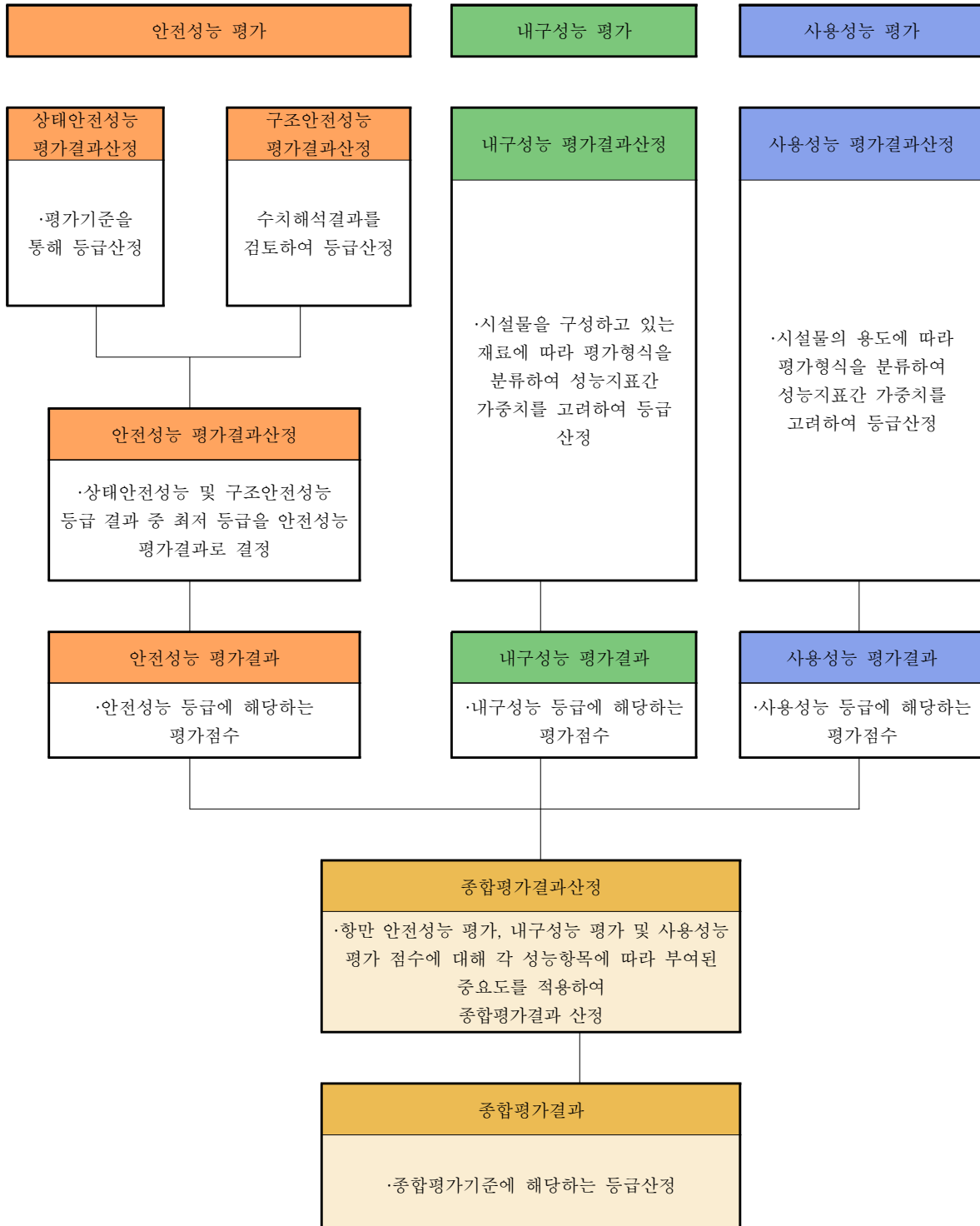


[그림 3.7] 종합평가 분석 구조

3.7.2 종합평가기준

가. 항만시설물 종합평가기준

종합평가의 산정방법은 항만 안전성능 평가, 내구성능 평가 및 사용성능 평가 점수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 중요도를 적용하여 종합평가결과를 산정한다.



[그림 3.8] 항만의 종합평가결과산정절차

각 성능간 가중치를 고려하여 산정한 종합평가지수에 따라 종합성능등급을 설정하면 아래 표와 같다.

[표 3.151] 항만 종합평가기준 및 정의

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

종합평가에 대한 예시는 아래와 같다.

[표 3.152] 종합평가결과 산정 예시

시설물 종합평가결과 산정표			
시설물명	○○항(잔교식)		
평가구분	평가지수	평가등급	중요도
안전성능 평가	3.78	B	66
내구성능 평가	4.75	A	22
사용성능 평가	3.86	B	12
종합평가결과	○ 항만의 종합평가지수 : 3.78 (안전성능 평가등급이 최하위 등급인 경우) ○ 항만의 종합평가결과 : B		