
제10장 용 백

10.1 관리일반

10.2 현장조사

10.3 재료시험 항목 및 수량

10.4 안전성능 평가기준 및 방법

10.5 내구성능 평가기준 및 방법

10.6 종합평가기준 및 방법

제10장 옹벽

10.1 관리일반

10.1.1 적용 범위

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

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

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준)
- 옹벽 관련 건설기준코드
- 「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.

10.1.2 용어 정의

- 옹벽
 - 옹벽(擁壁)은 토압에 저항해 흙이 무너지지 못하게 하여 토지의 이용을 극대화 시키기 위한 구조물로서 다음과 같이 분류된다.
- 부지옹벽 : 부지 조성을 위한 옹벽
 - 도로, 철도 및 기타옹벽 : 도로법, 철도법에 의한 옹벽 및 기타 용도의 옹벽
 - 수리시설 옹벽 : 댐, 하천 등의 수리구조물 옹벽
- 추락방지시설
 - 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설
- 도로부 신축이음부
 - 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대시설에 포함된 도로교량에 한함)
- 환기구 등의 덮개
 - 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)

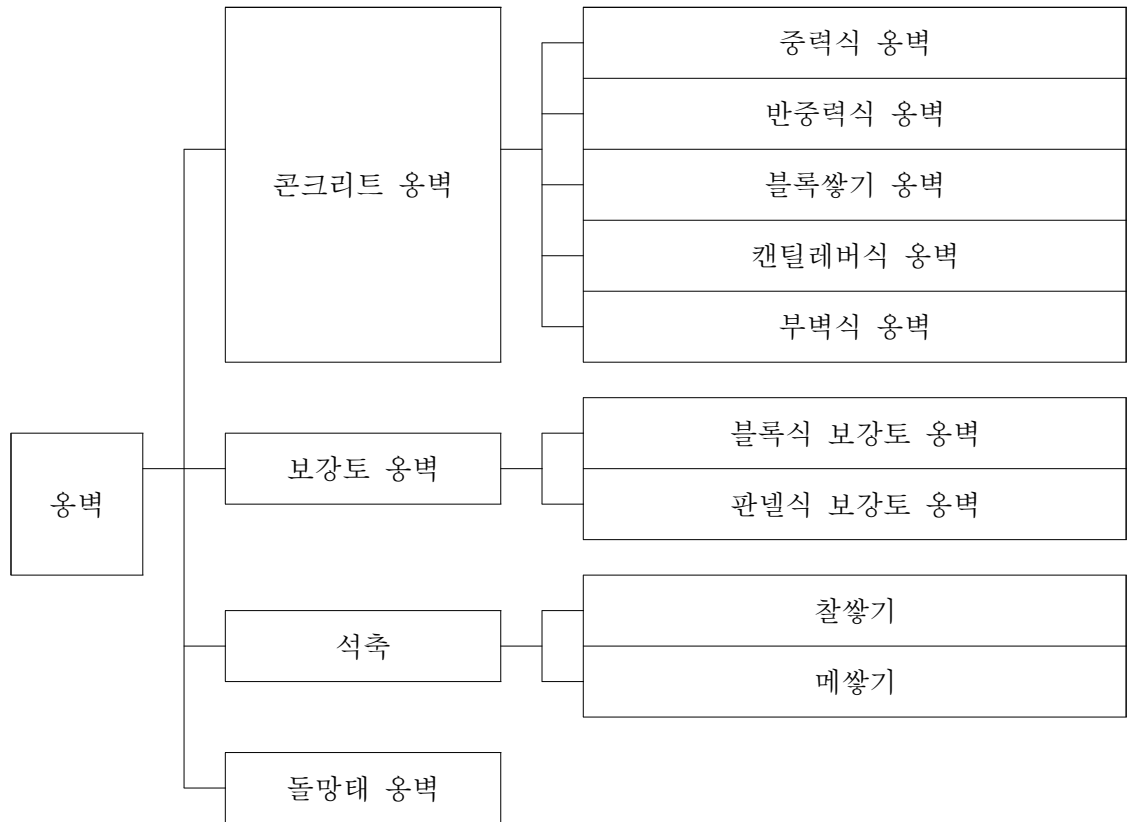
10.1.3 성능평가 대상 시설

옹벽 시설물의 대상 범위는 「법」에 따른 제2종시설물 중 도로 및 철도의 부대시설로서, 재료형식에 따라 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 석축(돌쌓기 옹벽), 돌망태 옹벽으로 구분된다.

옹벽 시설물의 성능평가를 실시할 때에는 공중이 이용하는 부위를 포함하여 실시하도록 하며, 대상시설 범위는 다음과 같다.

[표 10.1] 옹벽 시설물의 성능평가 대상시설 범위

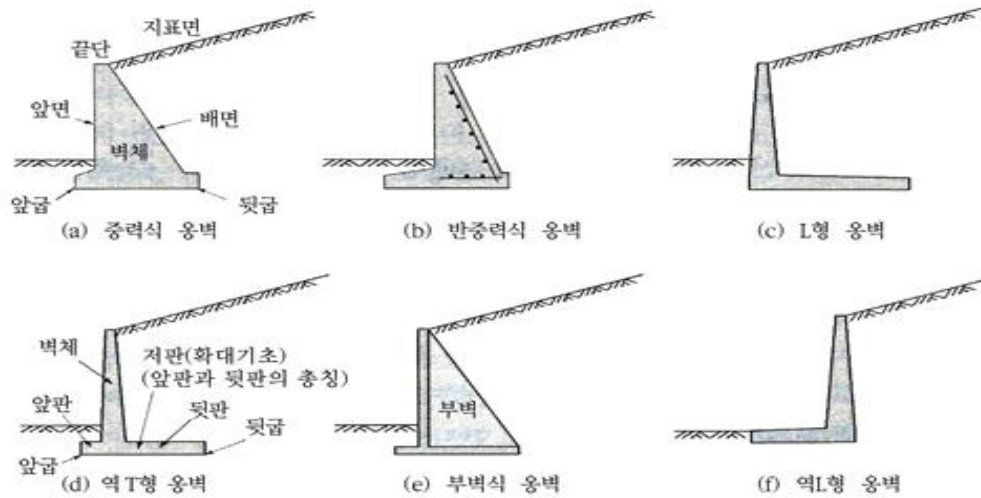
구 분	시설물명	성능평가 실시범위		비 고
		제1종성능평가	제2종성능평가	
기본 시설물	◦옹벽(지반·기초부, 전면부, 기타)	○	○	콘크리트옹벽 보강토옹벽, 석축, 돌망태옹벽 공통적용
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	
	◦도로포장	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	



[그림 10.1] 재료형식에 따른 옹벽 분류

○ 콘크리트 옹벽

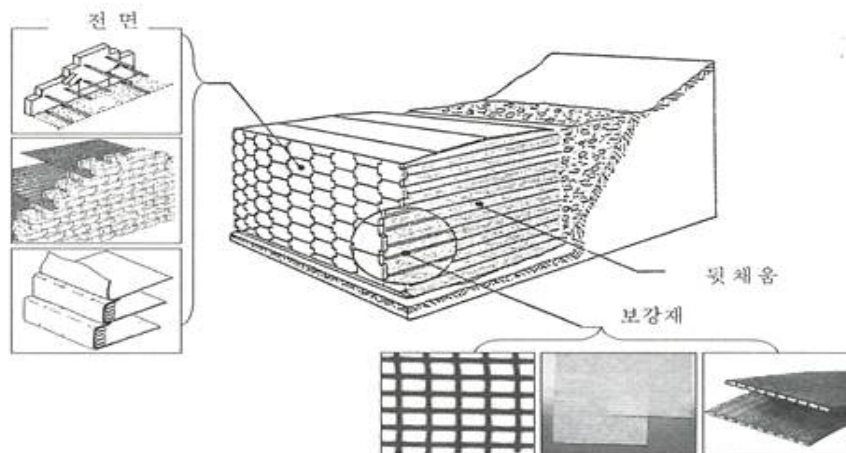
- 콘크리트 옹벽은 중력식, 반중력식, 캔틸레버식, 부벽식 등이 있다.
- 구조형식별 정의는 다음과 같다.
 - 중력식 옹벽 : 자중으로 토압을 지지하는 무근콘크리트 옹벽으로 벽체 내에 콘크리트 저항력 이상의 인장력이 생기지 않도록 하여야 하며, 높이가 낮고 기초 지반이 양호한 경우에 적용
 - 반중력식 옹벽 : 중력식 옹벽과 같은 구조형식으로 중력식 옹벽의 벽체 내에 생긴 인장력을 콘크리트 대신 소량의 철근으로 보강한 개념
 - 역T형, L형, 역L형(캔틸레버식)옹벽 : 벽체의 자중과 저판위의 흙의 중량으로 토압에 저항하는 형식으로 철근콘크리트 구조이며 통상적인 높이의 옹벽에서는 경제적이어서 옹벽 중 가장 많이 사용
 - 부벽식 옹벽 : 캔틸레버식 옹벽의 배면에 일정한 간격의 부벽을 설치하여 벽체를 보강한 옹벽



[그림 10.2] 콘크리트 옹벽의 종류

○ 보강토 옹벽

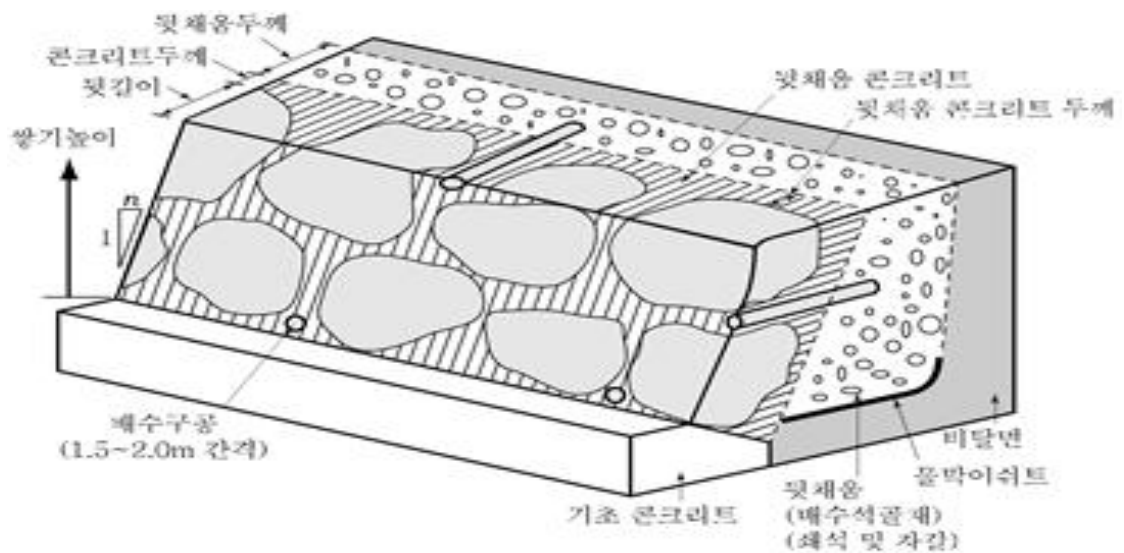
- 보강토 옹벽은 크게 전면벽체, 보강재 및 뒤채움재로 구성된다.
- 구성요소별 정의는 다음과 같다.
 - 전면판 : 보강토 옹벽은 흙과 보강재만으로 단부의 토립자 이완을 방지할 수 없으므로 콘크리트 패널, 철판 또는 FRP Segments, 모르터 블록, Geosynthetics을 이용한 지지구조가 필요함
 - 보강재 : 흙과의 접촉 면적이 거칠며凹凸이 많은 구조 또는 흙 속에서 지지저항을 일으킬 수 있는 강성이 크고 변형이 잘 일어나지 않는 재질로써 흙과 보강재와의 마찰저항으로 전면판의 이동을 방지하는 역할
 - 뒤채움재 : 보강토 옹벽 뒷면에 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 채우는 것
 - 배수시설 : 다량의 배면 유입수로 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설 필요



[그림 10.3] 보강토 옹벽의 구성

○ 석축(돌쌓기 옹벽)

- 석축은 크게 기초, 견čit돌 및 채움 콘크리트로 구성된다.
- 구성요소별 정의는 다음과 같다.
 - 기초 : 원지반으로부터 본체부를 지지하고 있는 콘크리트 기초를 말함
 - 견čit돌 : 일정간격으로 가공된 석괴를 의미하며 견čit돌의 자중에 의해 배면지반을 지지하는 역할
 - 채움 콘크리트 : 채움 콘크리트는 찰쌓기 구조형식에서 시공되며 견čit돌과 견čit돌사이를 모르타르로 결합시킴과 동시에 간극을 메워서 배면지반의 토사유실을 방지



[그림 10.4] 석축의 구성

○ 돌망태 옹벽

- 돌망태 옹벽은 크게 철망과 채움재로 구성된다.
- 구성요소별 정의는 다음과 같다.
 - 철망 : 철망은 돌망태 채움재의 유실을 방지하는 기능을 담당하며 철망이 손상된 경우에는 채움재가 유출되어 유실현상이 발생 가능
 - 채움재 : 돌망태 옹벽에서의 채움재는 자중에 의해 배면지반의 유출과 이동을 방지하는 역할

10.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

옹벽 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다.

시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있으나, 아래 3)에 따른 보강토 옹벽의 진행성 배부름에 따른 중대한 결함은 조정이 불가하다.

1) 시설물의 기초세굴

- 상태안전성능 평가지표 중 기초부 세굴에 대한 상태안전성능 평가기준이 “e”의 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 내구성능 평가지표에서 콘크리트 탄산화 깊이 또는 콘크리트의 염화물 침투량 등에 대한 평가기준이 “e” 판정으로 철근노출에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “e”를 포함하는 경우

3) 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

- 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 파손 및 손상, 재료분리 또는 균열에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “e”의 경우
- 보강토 옹벽의 진행성 배부름에 대한 상태안전성능 평가기준에서 “d”이하의 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

옹벽 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

10.2 현장조사

10.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

옹벽의 성능 평가 평가항목은 다음과 같다.

[표 10.2] 콘크리트 옹벽의 조사항목

평가항목					
안전성능	상태 안전성능 ¹⁾	침하			
		활동			
		배수공상태			
		계획선형오차(전도/경사)			
		파손 및 손상(재료분리)			
		균열			
		표면열화 (마모/침식, 박리, 박락 및 층분리)			
		백태			
		철근노출 ¹⁾			
		세굴			
		주변영향 인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
	낙석흔적				
	침출수				
	구조 안전성능	저면활동	평상시		
			지진시		
		원호활동	평상시		
			지진시		
		전도			
		지지력	평상시		
			지진시		
		침하			
		설계전단강도			
		설계휨강도			
내구성능		염화물 침투량 ²⁾			
		탄산화 깊이 ²⁾			
	피복(표면부) 콘크리트 품질				
	염해환경 ²⁾				
	동해환경				

주1) 무근콘크리트로 시공된 경우, 철근노출, 염화물 침투량, 탄산화 깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

[표 10.3] 보강토 옹벽의 조사항목

평가항목					
안전성능	상태 안전성능 ¹⁾	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		배수상태(주변 배수상태 등)			
		주변영향 인자	사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
	침출수				
	구조 안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
	보강재 파단				
내구성능	전면판		염화물 침투량 ¹⁾		
			탄산화 깊이 ¹⁾		
			피복(표면부)콘크리트 품질		
			염해환경 ¹⁾		
			동해환경		
	보강재 ²⁾ (강재)		발칭		
			변색		
			도막(도금) 두께		

주1) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물 침투량, 탄산화 깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주2) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 평가는 필요시 선택과업으로 수행

[표 10.4] 석축의 조사항목

평가항목					
안전성능	상태 안전성능 ¹⁾	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		배수공상태			
		유실			
		이격			
		채움콘크리트 상태			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
	낙석흔적				
	침출수				
	구조 안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
벽체의 평균폭					
내구성능	견칫돌 추정강도				
	견칫돌 풍화도				

[표 10.5] 들뜬상태 용벽의 조사항목

평가항목			
안전성능	상태 안전성능 ¹⁾	침하	
		활동	
		채움재 유실	
		와이어메쉬 파손 및 손상	
		진행성 변형 발생	
		결속철망 상태	
		세굴	
		주변영향인자	배수시설
			사면구배
			낙석흔적
	구조 안전성능	사면조사	침출수
			평상시
			지진시
		저면활동	
		원호활동	
		전도	
		지지력	평상시
			지진시
		침하	

[표 10.6] 공중이 이용하는 부위 점검항목

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

10.2.2 현장조사 요령

가. 옹벽의 점검사항

시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하고, 보수공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 구조물을 부분적으로 파괴하는 시험도 포함함으로써 옹벽을 구성하고 있는 재료의 내구성능, 배면 및 기초지반의 상태 등을 정량적으로 구해야 한다.

성능평가 시의 점검항목 및 방법을 제시하며, 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

[표 10.7] 사전조사

점검사항	검토내용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과분석 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사와 관련된 평가 - 기타 옹벽과 관련된 모든 자료 조사 및 분석
해석방법 및 결과분석	- 사용프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석평가 - 보조공법의 유무 및 적정성 검토
설계도면 검토	- 옹벽의 단면계획 검토 - 시공방법 검토 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면의 일치성 비교 검토

나. 안전성능

1) 측점 분할

(가) 일반사항

- 측점분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.
- 예비조사와 기타 사전 조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

(나) 조사수량 및 측정방법

- 측점분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야 하고, 내업작업 및 결과분석 작업은 평가단위로 분할하여 실시해야 한다.

(다) 결과분석

- 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우에는 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성펜 등으로 표시하며, 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다.
- 측정분할은 통상 옹벽 시점부터 시작하여 종점에서 끝나며, 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면변화구간이나 굴곡구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 미리 확인하여 측점을 분할함으로써 오차를 줄인다.

2) 측량

(가) 일반사항

- 외관조사 결과 옹벽의 단차나 침하가 발생한 곳에 대해서 정확한 단면상태 및 시공 상태 파악을 위하여 옹벽의 선형측량 및 수준측량을 실시한다.
- 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토·비교하여 보수·보강대책 수립 시와 유지·관리업무 수행 시에도 활용할 수 있도록 한다.

(나) 조사수량 및 측량방법

- 옹벽측량은 단면형상이 변화하는 구간과 표고가 변화하는 구간을 중심으로 옹벽의 시점부터 종점까지 실시한다.
- 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광파거리계에 의한 측량기(Rec. Elta RL등)와 평판측량 및 수준측량(레벨측량)기 중 선택·조합하여 사용한다.

(다) 결과분석

- 옹벽 측량 시 측정된 결과와 설계도면과 일치하는지 여부를 확인한다.

3) 지반조사

(가) 일반사항

- 구조안전성능 평가 시 토압산정과 지지력검토를 위해 실시하며, 시험방법은 책임기술자의 판단하에 시추 또는 원위치 시험 중 적절한 방법을 선택하여 KS규격을 기준으로 실시한다.

(나) 조사수량 및 방법

- 제1종성능평가 시에는 필수적으로 대표단면에 주동영역 및 수동영역에 각각 1회씩 2회 이상 실시한다.
- 제2종성능평가 시에는 점검결과에 따라 구조안전성능 평가 시 책임기술자의 판단 하에 실시한다.
- 지반조사는 대표지반을 설정하여 1구간 실시를 원칙으로 하나, 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 조사 횟수를 상향조정할 수 있다.
- 보강토 옹벽의 뒷채움 흙에 대해서는 입도분포 시험을 실시하여 구조안전성능 평가 시 고려하여 해석한다.

4) 지하수위 측정

(가) 일반사항

- 수리시설 옹벽과 같이 부력 및 양압력에 대한 고려가 필요한 지반에 대해서 실시하며, 시험방법은 책임기술자 판단에 따라 적절한 시험법을 선택하여 실시한다.

(나) 조사수량 및 방법

- 지하수위 측정은 필요시 1회 측정을 원칙으로 하지만 책임기술자 판단에 따라 상향조정이 가능하다.

5) 진행성 변형 및 변위조사

(가) 일반사항

- 변위 및 변형은 크게 진행성 및 비진행성으로 분류할 수 있으며, 진행성 변위는 시설물 전체의 안전성에 크게 영향을 미칠 수 있다.
- 비진행성이라고 판단되는 변위 및 변형도 장기적인 미소한 변위가 누적되면 위험수준에 도달할 수 있으므로, 과거의 측정자료를 분석하여 장기 계측을 고려할 필요가 있다.

(나) 조사수량 및 방법

- 제1종성능평가 시 변위 및 변형에 대한 조사는 상태안전성능 평가결과 최대변위(계획선형오차, 배부름 등) 또는 변형량이 발생한 지점에서 실시하며, 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정을 원칙으로 하나, 책임기술자의 판단 하에 상향조정할 수 있다.
- 제2종성능평가 시 변위 및 변형은 평가결과에 따라 책임기술자 판단 하에 실시하며, 주기적인 관측 또는 계측에 의해서 진행여부를 판단한다.
- 평가결과에 따라 책임기술자 판단 하에 추가적인 계측이 필요하다고 판단되면 장기 계측을 실시할 수 있다.

6) 배수상태 조사

- 웅벽의 배수상태 조사는 시설물의 사용 중에 발생하는 지표수 및 지하수 유입 시 그 기능을 적절히 발휘할 수 있는가를 알아보기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.
- 시공당시 배수공이 적절히 설치되었는가를 확인함
- 배수공이 이물질로 막혀 그 기능을 상실했는지 확인함
- 강우 시 주변 지표수가 배수시설로 원활히 유입되는지 확인함

7) 기타 재료시험

- 웅벽시공에 사용된 재료(보강재, 건čit돌, 철망 등)의 시험이 필요한 경우에는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침」 등 규정에 의하여 실시한다.

8) 대상 시설물의 계측계획과 방법

- 웅벽 시설물의 사전조사 과정에서 위험한 요소의 판단, 정밀조사 부위의 선정은 물론 계측기를 이용한 진단요소 등을 결정하도록 한다.
- 성능평가 시 계측관리를 통해 보다 효율적인 웅벽 시설물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.

[표 10.8] 계측조사 항목 및 내용

계측항목	계측내용	계측기기	비고
균열	◦ 균열폭 ◦ 균열길이 ◦ 균열방향	- 균열폭자(단기) - 균열폭경(단기) - 균열내시경(단기) - 균열측정기(장기)	
침하	◦ 지중침하 ◦ 지표침하	- 지중침하계(장기) - 지표침하계(장기) - 측량기	기초지반 배면지반
누수·용수	◦ 누수량 ◦ 누수지점 및 범위 ◦ 피압수	- 유량측정기(단기) - 지하수위계(장·단기) - 간극수압계(장·단기)	
계획선형오차 (전도/경사)	◦ 전면부 기울기	- 측량기 - tiltmeter - 클리노 컴퍼스 - 지중경사계(장·단기)	
구조안전성능평가	◦ 토압	- 토압계(장·단기)	

<해 설>

- 장기 : 계측기를 설치하여 장기간 동안 계측이 필요한 경우 적용
- 단기 : 당해 성능평가 시에만 적용

9) 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 등 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

다. 내구성능

1) 콘크리트 내구성능

(가) 염해환경

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

(나) 동해환경

- 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)의 기상관측 자료를 통하여 지난 10년간 동절기의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사한다.
 - 동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일
 - 대상지점의 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소를 설정하며, 같은 시라고 해도 관측지점에 따라 다소 큰 차이가 있으므로 가까운 관측소를 기점으로 반영한다. 단, 군소단위의 관측소가 없다면 시 관측소를 활용한다.
 - 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 X 값 =
: {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수
 - 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X 값 =
: {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수
- 여기서, X는 동결융해 반복지수를 의미하며, 수분접촉 여부에 따라 구분·산정

(다) 피복(표면부) 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.

(라) 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.

(마) 콘크리트 염화물 침투량(콘크리트 염화물 함유량)

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

6) 건설풀 추정강도

- 슈미트 해머를 이용하여 강도를 추정한다.

7) 건설풀 풍화도

- 암석의 풍화도를 조사하는 방법으로는 단순육안관찰, 현미경상의 풍화면적 측정, 광물함량이나 화학성분비 측정 등이 있으나, 현장에서 신속하고 비교적 용이하게 조사할 수 있는 방법으로 해머타격 시험을 통해 암석의 풍화도를 평가한다.
- 해머 타격 시 들리는 소리에 따라 등급을 구분하며, 등급분류를 위한 보조 정보로서 균열 및 부서지는 정도, 구성광물의 착색이나 변색 등을 조사한다.
- 해머타격 시험을 통한 암반의 풍화등급 5단계 분류법을 이용한다.

2) 강재 내구성능

(가) 강재의 도장열화

- 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 상태안전성능 평가 등의 내용을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 한다.
- 외관조사에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.
 - 사진자료는 성능평가 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.
 - 사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 성능평가의 내용을 확인할 수 있는 정도로 한다.
- 옹벽에서 발견된 각종 안전성능과 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.

(나) 강재 도장 두께

- 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기에 의해 측정한다.

10.3 재료시험 항목 및 수량

10.3.1 재료시험 항목

가. 제2종성능평가

[표 10.9] 옹벽 형식별 제2종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업		선택과업
공통		- 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 - 선형 및 수준측량 등 - 계획선형오차(전도/경사)		- 지반조사 - 지하수위측정 시험 - 지중경사계측 - 토압 - 진행성 변형 및 변위 조사
안전 성능	콘크리트 옹벽	- 콘크리트 강도 - 비파괴시험: 반발경도시험		- 콘크리트 강도 - 국부파괴시험: 코어채취 - 철근탐사시험 - 철근 배근상태, 피복두께
	보강토 옹벽	- 블록 강도 - 비파괴시험: 반발경도시험		—
	석축	—		—
	돌망태 옹벽	—		—
내구 성능	콘크리트 옹벽	- 콘크리트 탄산화 깊이 - 콘크리트 염화물 침투량		—
	보강토 옹벽	전면판*	- 콘크리트 탄산화깊이 - 콘크리트 염화물 침투량	—
		보강재	—	도막두께
	석축	견čit돌 추정강도		견čit돌 풍화도

<해 설>

- 보강토 옹벽의 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 탄산화 깊이, 염화물 침투량에 대한 재료 시험 제외

나. 제1종성능평가

[표 10.10] 옹벽 형식별 제1종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업		선택과업
공통		◦ 측점분할(평가단위) － 신축이음부 또는 20m 간격 ◦ 선형 및 수준측량 등 ◦ 지반조사 ◦ 진행성 변형 및 변위 조사 (계획선형오차, 배부름 등)		◦ 지하수위측정 시험 ◦ 지중경사계측 ◦ 토압
안전 성능	콘크리트 옹벽	◦ 콘크리트 강도 － 비파괴시험: 반발경도시험, 초음파전달속도시험 ◦ 철근탐사시험 － 철근 배근상태, 피복두께 ◦ 철근부식도 시험 ◦ 균열조사(깊이, 길이, 진행성 여부)		◦ 콘크리트 강도 － 국부파괴시험: 코어채취 ◦ 콘크리트 물성 및 미세구조
	보강토 옹벽	◦ 블록 강도 － 비파괴시험: 반발경도시험		—
	석축	—		—
	돌망태 옹벽	—		—
내구 성능	콘크리트 옹벽	◦ 콘크리트 탄산화 깊이 ◦ 콘크리트 염화물 침투량		—
	보강토 옹벽	전면판*	◦ 콘크리트 탄산화 깊이 ◦ 콘크리트 염화물 침투량	—
		보강재	—	◦ 도막두께
	석축	◦ 건čit돌 추정강도 ◦ 건čit돌 풍화도		—

<해 설>

- 보강토 옹벽의 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 탄산화 깊이, 염화물 침투량에 대한 재료 시험 제외

10.3.2 재료시험 기준수량

재료시험의 기준수량은 과업을 위한 최소 수량을 말하며, 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 상향 조절할 수 있다.

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 10.11] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
측점분할	◦ 20m 간격, 신축이음부	◦ 책임기술자 조정 가능
측량	◦ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
반발경도시험※	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
탄산화 깊이	<총 연장> ◦ 100m 미만: 2개소 ◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 100m 당 1개소 추가	◦ 책임기술자가 상향 조정 가능
염화물 침투량		
견čit돌 추정강도	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	

<해 설>

- 반발경도시험 결과를 활용하여 콘크리트(블록) 강도와 피복(표면부)콘크리트 품질을 평가한다.
 - 콘크리트(블록) 강도
 - 반발경도시험 결과와 설계강도를 비교하여 콘크리트(블록) 강도를 평가한다.
 - 피복(표면부)콘크리트 품질 평가
 - 비견전부를 위주로 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 비견전부는 최소 1개소 이상 평가를 수행하여야 한다.

[표 10.12] 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취 ¹⁾	◦ 책임기술자 판단에 따라 기준수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등
철근탐사시험 ¹⁾	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
지반조사 ²⁾	◦ 대표지반 설정 1단면	
지하수위측정	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
진행성 변형 및 변위 조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
지중경사계측	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토압	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
도막두께	<총 연장> ◦ 100m 미만: 1개소 ◦ 100m 이상: 최소 1개소 + 100m 당 1개소 추가	
견čit돌 풍화도	◦ 평가단위당 1개소	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능하다.

주2) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능하다.

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 10.13] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
측점분할	◦ 20m 간격, 신축이음부	◦ 책임기술자 조정 가능
측량	◦ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
지반조사 ¹⁾	◦ 대표지반 설정 1단면 이상	◦ 주동영역, 수동영역 각각 1회 이상
반발경도시험 ²⁾	◦ 평가단위당 1개소 이상 <총 연장> ◦ 100m 미만: 2개소 ◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 50m당 1개소 추가	◦ 동일 부위 시험 원칙
초음파전달 속도시험		◦ 책임기술자가 상향 조정 가능
철근부식도시험 ³⁾		◦ 시험 실시 근거 명기
탄산화 깊이		◦ 책임기술자가 상향 조정 가능
염화물 침투량		
견čit돌 추정강도	◦ 평가단위당 1개소 이상	
견čit돌 풍화도	◦ 평가단위당 1개소 이상	
철근탐사시험	◦ 평가단위당 1개소 이상	◦ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
균열깊이 조사 ³⁾	◦ 평가단위에서 조사된 최대균열폭에 실시	
진행성 변형 및 변위 조사	◦ 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정	◦ 책임기술자 조정 가능

주1) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능하다.

주2) 반발경도시험 결과를 활용하여 콘크리트(블록) 강도와 피복(표면부)콘크리트 품질을 평가한다.

- 콘크리트(블록) 강도

· 반발경도시험 결과와 설계강도를 비교하여 콘크리트(블록) 강도를 평가한다.

- 피복(표면부)콘크리트 품질 평가

· 비건전부를 위주로 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 비건전부는 최소 1개소 이상 평가를 수행하여야 한다.

주3) 철근부식도시험 및 균열깊이 조사의 경우, 기존 자료분석 내용과 철근부식 위험성이 낮은 것으로 책임기술자가 판단할 경우 관리주체와 협의하여 구조물 파괴시험을 생략할 수 있다.

[표 10.14] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취 ¹⁾	<총 연장> ◦ 100m 미만: 2개소 ◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 50m당 1개소 추가	◦ 책임기술자 조정 가능 ◦ 강도 및 염화물량 시험 등
지하수위측정 ²⁾	◦ 대표지반 설정 1회 이상	◦ 책임기술자가 상향 조정 가능
지중경사계측	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토압	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
도막두께	<총 연장> ◦ 100m 미만: 1개소 ◦ 100m 이상: 최소 1개소 + 100m 당 1개소 추가	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능하다.

주2) 양압력 및 부력의 영향이 있을 수 있는 지반에 대하여 실시한다.

10.4 안전성능 평가기준 및 방법

10.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준

1) 일반

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능 지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

2) 평가범위

옹벽의 상태안전성능 평가 적용범위는 도로 및 철도의 부대시설로서 「법」상 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분의 합이 100m 이상인 옹벽 시설물에 적용한다.

3) 상태안전성능 평가 성능지표 및 기준

옹벽의 상태안전성능 평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

[표 10.15] 옹벽의 상태안전성능 평가항목

구 분		평 가 항 목	비 고
상태 안전성능	콘크리트 옹벽	◦ 침하 ◦ 활동 ◦ 배수공상태 ◦ 계획선형오차(전도/경사) ◦ 파손 및 손상(재료분리) ◦ 균열 ◦ 표면열화(마모/침식, 박리, 박락 및 층분리) ◦ 백태 ◦ 철근노출 ◦ 세굴 ◦ 주변영향인자(배수시설, 사면구배, 낙석흔적, 침출수)	
	보강토 옹벽	◦ 침하 ◦ 계획선형오차(전도/경사) ◦ 활동 ◦ 전면부 진행성 배부름 ◦ 파손, 손상 및 균열 ◦ 유실 ◦ 이격 ◦ 세굴 ◦ 주변영향인자(배수시설, 사면구배, 낙석흔적, 침출수)	

[표 10.16] 옹벽의 상태안전성능 평가항목(계속)

구 분		평 가 항 목	비 고
상태 안전성능	석축	◦ 침하 ◦ 계획선형오차(전도/경사) ◦ 활동 ◦ 전면부 진행성 배부름 ◦ 배수공상태 ◦ 파손, 손상 및 균열 ◦ 유실 ◦ 이격 ◦ 채움콘크리트 상태 ◦ 세굴 ◦ 주변영향인자(배수시설, 사면구배, 낙석흔적, 침출수)	
	돌망태 옹벽	◦ 침하 ◦ 활동 ◦ 채움재 유실 ◦ 와이어메쉬 파손 및 손상 ◦ 진행성 변형 발생 ◦ 결속철망 상태 ◦ 세굴 ◦ 주변영향인자(배수시설, 사면구배, 낙석흔적, 침출수)	

평가기준은 5단계로 세분하였고, 평가항목별 상태안전성능 평가기준은 옹벽의 안전성능 평가결과와 구분하기 위하여 소문자 a, b, c, d, e로 표기한다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 따랐다.

현장조사 시 각각의 평가항목에 대한 상태안전성능 평가는 가장 취약한 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 책임기술자는 현장 상태를 기준으로 상태안전성능을 판단하고 하향조정하여 평가할 수 있다.

4) 상태안전성능 평가항목별 세부기준

(가) 콘크리트 옹벽

○ 침하

[표 10.17] 침하 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 활동

[표 10.18] 활동 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 배수공

[표 10.19] 배수공 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
상태	배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태	배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태	배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태	배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태	배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

○ 계획선형오차(전도/경사)

[표 10.20] 계획선형오차 평가기준

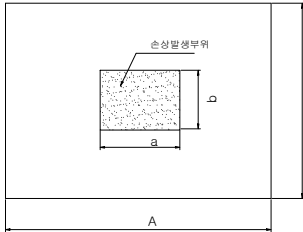
구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상 6%미만	6%이상
진행성	1%미만	1%이상 2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상

<해 설>

- 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

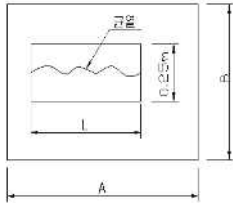
○ 파손 및 손상(재료분리)

[표 10.21] 파손 및 손상 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
깊이	없음	0mm이상 5mm미만	5mm이상 10mm미만	10mm이상 20mm미만	20mm이상
면적율 10%미만	a	b	c	d	e
면적율 10%이상	a	c	d	e	e
 $\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \%$					

○ 균열

[표 10.22] 균열 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
최대균열폭	0.1mm미만	0.1mm이상 0.2mm미만	0.2mm이상 0.3mm미만	0.3mm이상 0.5mm미만	0.5mm이상
면적율 20%미만	a	b	c	d	e
면적율 20%이상 또는 구조적 균열	a	c	d	e	e
* 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 단계를 하향조정하고 정기적으로 관찰하도록 함 * 균열형상은 종균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 함 * 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계를 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→b, b→c, d→e로 하향 조정함 * 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함 * 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량 부족에 의한 균열 등이 있음 * 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐 (slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성됨 * 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함기준을 1단계 하향조정하고, d이상으로 발생하였을 경우에는 구조안전성능 평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 함 * 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어려움 따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 콘크리트 옹벽에 한하여 실시함 * 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가결과보다 1단계 하향 조정함 * 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 조사한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정함					
 $\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$					

○ 표면열화(마모/침식, 박리, 박락 및 층분리)

[표 10.23] 표면열화 평가기준

평가기준 구분		a	b	c	d	e
마모/침식		없음	침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태	상, 하부와 비교해서 단면 (철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)	철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태 (심한상태)	침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)
박리	상태	없음	0.5mm미만	0.5mm이상 1.0mm미만	1.0mm이상 25mm미만	25mm이상이거나 조골재 손실
	면적을 20% 미만	a	b	c	d	e
	면적을 20% 이상	a	c	d	e	e
박락 및 층분리	상태	없음	15mm미만	15mm이상 20mm미만	20mm이상 25mm미만	25mm이상
	면적을 20% 미만	a	b	c	d	e
	면적을 20% 이상	a	c	d	e	e

○ 백태

[표 10.24] 백태 평가기준

평가기준 구분		a	b	c	d	e
조사된 상태		없음	국부적으로 발견	여러 곳에서 발견	심한상태	매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

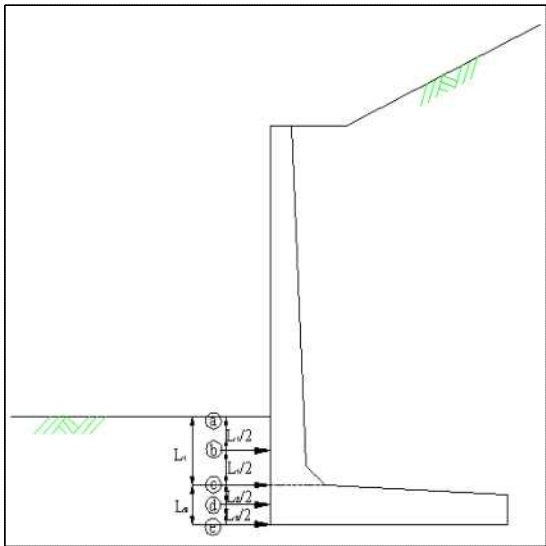
○ 철근노출

[표 10.25] 철근노출 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
철근노출 면적율	0%	0%초과 1%미만	1%이상 3%미만	3%이상 5%미만	5%이상
$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$					

○ 세굴

[표 10.26] 세굴 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
조사된 상태	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태	세굴이 (지표면에서 현치하부/2) 부분까지 발생한 상태	세굴이 저판의 현치하부까지 발생한 상태	세굴이 (저판의 최대두께/2) 부분까지 발생한 상태	세굴이 기초저면까지 발생한 상태
					

※ 평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 봄

(나) 보강토 옹벽

○ 침하

[표 10.27] 침하 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 10cm미만	10cm이상 20cm미만	20cm이상 30cm미만	30cm이상
진행성	3cm미만	3cm이상 8cm미만	8cm이상 16cm미만	16cm이상 25cm미만	25cm이상

○ 계획선형오차(전도/경사)

[표 10.28] 계획선형오차 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상 6%미만	6%이상
진행성	1%미만	1%이상 2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상

<해설>

- 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가함. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가함
- 보강토옹벽은 시공 중의 변위발생이 5% 미만이고 진행성이 아닌 경우에는 구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용함

○ 활동

[표 10.29] 활동 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 전면부 진행성 배부름

[표 10.30] 전면부 진행성 배부름 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	경미하게 발생한 비진행성 상태	경미하게 발생한 진행성 상태	심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태	매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

<해설>

- 보강토 옹벽의 진행성 배부름 상태평가기준이 “d” 또는 “e”로 평가될 경우 10.1.4에 따라 조정 불가한 중대한 결함으로 지정하고 전체 상태평가 결과를 해당 상태평가 기준으로 결정한다.

○ 파손 및 손상, 균열

[표 10.31] 파손 및 손상, 균열 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	없음	파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태	파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태	시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태	시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

○ 유실

[표 10.32] 유실 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

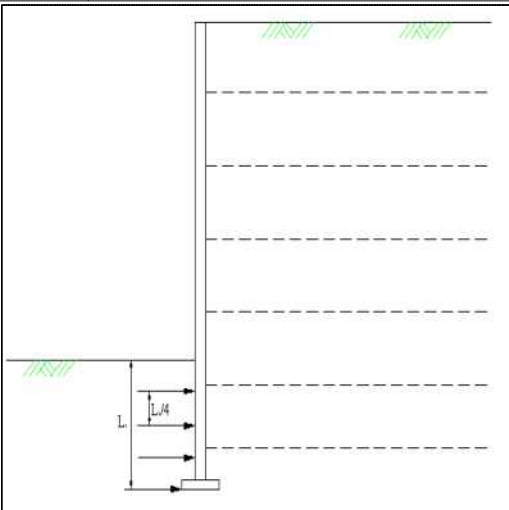
○ 이격

[표 10.33] 이격 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

○ 세굴

[표 10.34] 세굴 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태	(근입깊이/4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태			세굴이 기초저면까지 발생한 상태
					

<해 설>

- 평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 봄

○ 배수상태

[표 10.35] 배수상태의 상태평가기준(보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 육안조사 및 기초자료 검토 결과와 주변 배수상태 모두 양호한 경우
b	3	○ 육안조사 및 기초자료 검토 결과가 양호하나 주변 배수상태가 불량한 경우
c	6	○ 육안조사 결과 양호하나 기초자료 검토 결과가 불량한 경우
d	9	○ 육안조사 결과 불량하나 주변 배수상태가 양호한 경우
e	12	○ 육안조사 결과와 주변 배수상태가 불량한 경우 ○ 토립자 유출흔적이 발견되는 경우

※ 육안조사: 배수 기능 저하에 따라 발생한 전면벽체 누수흔적 등에 대해 검토

※ 기초자료 검토:

- (양호) 설계도서 등 확인 시 보강토체 내·외부 배수시설이 적절하게 설치되어 있는 상태
- (불량) 설계도서 등 확인 시 내·외부 배수시설 설치 상태가 부적절하거나 기초자료 확인이 불가능한 상태

※ 주변 배수상태: 상부사면 배수로 열화, 상부 도로 포장 균열, 신축이음부 누수 등 보강토 옹벽의 배수에 영향을 줄 수 있는 사항에 대한 검토. 단, 배수상태에 영향을 줄 수 있는 시설이 없는 경우 양호한 상태로 평가

(다) 석축

○ 침하

[표 10.36] 침하 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 계획선형오차(전도/경사)

[표 10.37] 계획선형오차(전도/경사) 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상 6%미만	6%이상
진행성	1%미만	1%이상 2%미만	2%이상 3%미만	3%이상 4%미만	4%이상

<해설>

- 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가함. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가함.

○ 활동

[표 10.38] 활동 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 전면부 진행성 배부름

[표 10.39] 전면부 진행성 배부름 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	경미하게 발생한 비진행성 상태	경미하게 발생한 진행성 상태	심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태	매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

○ 배수공상태

[표 10.40] 배수공상태 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태	배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태	배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태	배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태	배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

○ 파손 및 손상, 균열

[표 10.41] 파손 및 손상, 균열 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	없음	파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태	파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태	시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태	시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

○ 유실

[표 10.42] 유실 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

○ 이격

[표 10.43] 이격 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태	평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

○ 채움콘크리트 상태

[표 10.44] 채움콘크리트 상태 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	채움콘크리트에 일부 미세한 균열이 발생한 상태	채움콘크리트에 일부 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태	채움콘크리트가 풍화된 상태 (작은 충격 혹은 문지름에 시멘트 모르타가 떨어져 나가는 상태)	채움콘크리트가 유실된 상태

○ 세굴

[표 10.45] 세굴 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태	(기초콘크리트 상단까지의 깊이/3)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태	기초콘크리트 상단까지 세굴이 발생한 상태	세굴이 기초저면까지 발생한 상태	

<해 설>

- 평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 봄.

(라) 돌망태 옹벽

○ 침하

[표 10.46] 침하 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 10cm미만	10cm이상 20cm미만	20cm이상 30cm미만	30cm이상
진행성	3cm미만	3cm이상 8cm미만	8cm이상 16cm미만	16cm이상 25cm미만	25cm이상

○ 활동

[표 10.47] 활동 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
비진행성	5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상 16cm미만	16cm이상
진행성	2cm미만	2cm이상 5cm미만	5cm이상 8cm미만	8cm이상 12cm미만	12cm이상

○ 채움재 유실

[표 10.48] 채움재 유실 평가기준

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	경미하게 발생한 상태	다소 크게 발생한 상태	평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도	평가단위의 2개소 이상에서 매우 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

○ 와이어메쉬 파손 및 손상

[표 10.49] 와이어메쉬 파손 및 손상 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	파손이 경미하고 추가적인 손상의 진행 가능성이 없는 상태	파손이 경미하지만 추가적인 손상의 진행 가능성이 있는 상태	파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진행된 상태	철망이 파단되어 채움재 유실과 구조적 안정에 영향을 미칠 정도의 상태

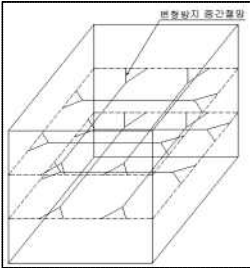
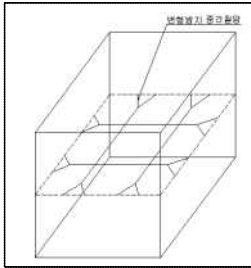
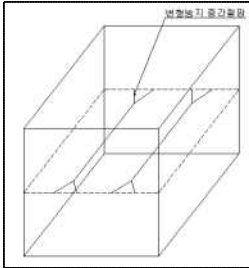
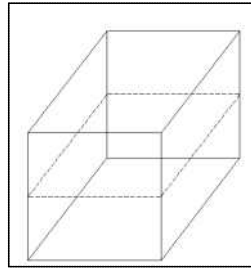
○ 진행성 변형발생

[표 10.50] 진행성 변형발생 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	건전한 상태	경미하게 발생한 비진행성 상태	경미하게 발생한 진행성 상태	심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태	매우 심하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

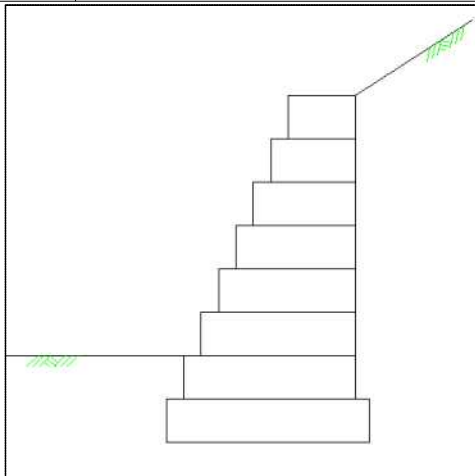
○ 철망결속 상태

[표 10.51] 철망결속 상태 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	- 아래 참조 -				
	* 변형방지 철망이 가로, 세로 각각 3단 이상일 경우 : a * 가로, 세로 각각 2단일 경우(그림 a) : b * 가로, 세로 각각 1단일 경우(그림 b) : c * 가로 또는 세로 단방향으로 1단일 경우(그림 c) : d * 변형방지철망이 설치되어 있지 않은 경우(그림 d) : e				
					
	a	b	c	d	

○ 세굴

[표 10.52] 세굴 평가기준

평가기준 구분	a	b	c	d	e
조사된 상태	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태	(근입깊이/4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태			세굴이 기초저면까지 발생한 상태
					

<해 설>

○ 상태평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 봄.

나. 공중이 이용하는 부위

[표 10.53] 공중이 이용하는 부위 평가항목 및 기준

평가항목	평가등급	평가기준
추락 방지시설	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 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
	e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량 통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태
도로부 신축 이음부	a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
	b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세 균열이 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

나. 상태안전성능 평가방법

옹벽분류에 따른 옹벽별 상태안전성능 평가를 위한 결함등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

(가) 콘크리트 옹벽

[표 10.54] 콘크리트 옹벽 평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	2	4	6	8
활 동		0	2	5	8	10
배수공상태		0	2	5	8	11
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	5
파손 및 손상 (재료분리)		0	1	2	3	5
균 열		0	2	3	5	7
표면 열화	마모/침식	0	0	1	1	1
	박리	0	0	1	1	1
	박락 및 충분리	0	0	1	1	1
백태		0	0	1	1	2
철근노출		0	1	1	2	3
세 굴		0	2	5	8	10
주변영향 인자	배수 시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 , 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면 조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
철근콘크리트 옹벽 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{68}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{58}$
중력식 옹벽 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{65}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{55}$

<해 설>

- 철근이 포함되지 않은 경우 철근노출 평가 제외한다.
- 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용함.
- 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함 점수를 한 단계 하향 조정함.
- 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함.
- 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산함.

(나) 보강토 옹벽

[표 10.55] 보강토 옹벽 평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	0	1	2	3
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	2	3
활 동		0	2	4	6	8
전면부 진행성 배부름		0	2	5	8	10
파손, 손상 및 균열		0	1	2	4	6
유 실		0	1	2	4	6
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	2	4	6	8
배수상태		0	3	6	9	12
주변영향 인자	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
보강토 옹벽 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수 }}{52}$		②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수 }}{44}$

<해 설>

- 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용함.
- 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
- 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함

(다) 석축

[표 10.56] 석축 평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침하		0	1	2	3	4
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
활동		0	1	3	5	7
전면부 진행성 배부름		0	3	6	9	12
배수공상태		0	1	3	5	7
파손, 손상 및 균열		0	2	4	6	8
유실		0	1	3	5	7
이격		0	1	2	3	4
채움콘크리트 상태		0	1	3	5	7
세굴		0	2	4	6	8
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 , 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
석축 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{72}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{64}$

<해 설>

- 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용함.
- 석괴에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
- 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함

(라) 돌망태 옹벽

[표 10.57] 돌망태 옹벽 평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침하		0	0	1	2	3
활동		0	1	2	3~4	5~6
채움재 유실		0	1	2	3~4	5~6
와이어메쉬 파손 및 손상		0~1	2	3	4~5	6~7
진행성 변형 발생		0~1	2~3	4~5	6~7	8~9
결속철망상태		0	1	2	3	4~5
세굴		0	1	2	3~4	5~6
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 , 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
돌망태 옹벽 결함지수 (f)			①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{46}$	②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{40}$

<해 설>

- 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용함.
- 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함.

다. 상태안전성능 평가결과 산정

옹벽 형식별 상태안전성능 평가결과에 따라 결함지수를 구하고, [표 10.58]의 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

[표 10.58] 상태안전성능 평가결과 산정기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$

※ 보강토 옹벽에 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생하여 상태평가 결과가 결정된 경우 결함지수는 해당 상태평가기준에 부합하는 점수 범위 중 최대값을 적용한다.

마. 복합식 옹벽의 상태안전성능 평가 산정방법

재료형식이 상이한 복합식 옹벽의 경우, 각 재료형식별로 상태평가를 실시하고, 옹벽 규모(면적)에 따른 가중평균을 실시하여 상태평가결과를 도출한다.

복합식 옹벽 중 보강토 옹벽에 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 복합식 옹벽의 평가결과를 보강토 옹벽의 상태평가결과로 적용하고 이후 보강토 옹벽 결함지수와 규모에 따른 가중산술평균 결과로 산출된 결함지수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

구간	재료형식	면적 (m ²)	총 면적 (m ²)	결함지수	가중평균 결함지수
No 1~3	콘크리트옹벽	450	750	0.12	$\frac{450 \times 0.12 + 300 \times 0.24}{750} = 0.168$
No 4~5	보강토옹벽	300		0.24	
				상태평가 결과	b

10.4.2 구조안전성능 평가기준 및 방법

가. 구조안전성능 평가기준

1) 일반

구조안전성능평가 시 각 재료형식별 토압산정 및 적용안전율은 건설기준코드(구조물기초 설계기준)을 근거로 실시하도록 하며, 여기에 제시되지 않은 사항에 대해서는 보편화된 방법 또는 개정된 내용을 이용토록 한다.

기존 안전성 검토 자료를 활용할 경우, 옹벽 시설물의 해석조건의 변화(토압, 상재 하중, 경계조건 등)가 없을 경우 책임기술자의 판단에 따라 기존 자료를 활용할 수 있다.

토압산정 시 지하수위의 고려여부는 설계도서를 검토하여 시설물이 배면지반 포화 시에도 충분한 저항력을 고려해 설계했는지를 검토한 후 결정한다. 또한 소단을 통해 연속적으로 구성되어있는 옹벽시설물에 대해서는 상하부 옹벽의 높이 및 이격거리를 고려하여 개별 또는 전체에 대한 안전성능평가를 실시하며, 개별에 대한 안전성능평가 시 상부 옹벽은 하부옹벽의 상재하중으로 적용하여 실시하도록 한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다. 책임기술자는 시설물의 종류 및 구조적 특성에 따라 안전성능평가를 위하여 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등에 대해 관리주체와 협의해야 하며, 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기존 점검이력 분석 및 각종 계측·측정·조사·시험 자료를 충분히 활용하여야 한다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우 본 장에 기술된 것과 같이 안전성능평가기준을 제시하고, 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있으며, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

2) 구조안전성능 평가방법

구조안전성능 평가는 조사범위의 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 각 항목에 대한 안전율 중 최저치를 구조안전성능 결과로 결정한다.

모델링에 의한 수치해석과 같이 해석결과를 정량적으로 평가할 수 없는 안정해석의 경우 책임기술자는 이 결과를 구조안전성능 평가결과에 반영시켜 기준을 하향조정할 수 있다.

상태안전성능 평가결과 d등급 이하로 판정된 시설물에 대해서는 결함요소를 고려할 수 있는 수치해석 프로그램(FEM 및 FDM)을 이용하여 구조물의 안전성 여부를 판단할 수 있으며, 여기서 사용되는 입력데이터는 현장조사 결과에서 얻은 자료를 사용하여 현상태의 시설물 상태를 최대한 고려하여 해석한다.

또한 옹벽 뿐만 아니라 기초지반 및 배면지반이 포함된 전체안전성 해석이 필요하며, 전체 안전성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 안전성해석에서 사용되는 모든 전산해석프로그램은 범용으로 사용되고 있는 검증된 프로그램을 사용하도록 한다.

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

나. 구조안전성능 평가방법

옹벽의 구조안전성능 평가는 크게 내적·외적안전성으로 구분하며, 국내에서는 평가 대상 항목의 안전율을 이용하여 하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

외적안전성평가는 지지력, 침하를 제외하고 안전율을 도입하여 산정이 가능하며, 지지력과 침하는 옹벽의 규모와 보호시설물의 조건이 각각 상이하므로 검토하고자 하는 구조물의 기준에 맞추어 산정한다. 각 항목별 안전율, 계산방법 및 기준은 건설기준 코드(구 구조물기초 설계기준), 옹벽 관련 건설기준코드 및 구조형식이 유사한 항만의 중력식 안벽 평가기준 등을 참고하여 작성한다.

※ 「시설물의 안전 및 유지관리 세부지침-(Ⅱ)성능평가」 항만편 참조」

1) 내적 안전성평가

[표 10.59] 옹벽 형식별 내적 안전성평가항목 및 평가기준

구 분	평가기준 검토항목	a	b	c	d	e	비 고
콘크리트 옹벽	설계전단강도	1.0이상	1.0이상 ¹⁾	1.0미만	0.9미만	0.75미만	$\frac{\text{설계전단강도}}{\text{작용전단력}}$
	설계휨강도			~	~		$\frac{\text{설계휨강도}}{\text{작용모멘트}}$
보강토 옹벽	인발파괴에 대한 안정	1.0이상	1.0이상 ¹⁾	1.0미만	0.9미만	0.75미만	$\frac{\text{보강재적용길이}}{\text{보강재소요길이}}$
	보강재 파단에 대한 안정			~	~		$\frac{\text{설계인장강도}}{\text{작용인장응력}}$
석축	벽체의 평균폭	1.0이상	1.0이상 ¹⁾	1.0미만	0.9미만	0.75미만	$\frac{\text{실제평균폭}}{\text{평균폭산정값}}$

주1) 허용안전율을 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우

<해 설>

- 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 작용모멘트(또는 전단력)와 설계모멘트(또는 전단력)의 비로 평가함.
- 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 각 구조부재별 전단력과 모멘트의 검토로 이루어지며, 검토결과의 최저값을 대푯값으로 설정함.
- 보강토 옹벽의 내적안전성 검토 시 보강재와 성토재료와의 마찰계수와 토압분포산정은 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준)에 의하여 산정함.
- 보강토 옹벽의 인발파괴 및 파단에 대한 안전성 평가 시 적용안전율은 다음과 같음.
 - 인발파괴에 대한 검토 : 1.5
 - 보강재 파단에 대한 검토 : 철재보강재 1.0, 섬유보강재 1.5

(보강재의 항복강도 결정 시 변형율은 NCMA(national concrete masonry association), BS(british standard) 규정 등에 의해 결정함.)

- 석축의 벽체평균폭 검토는 Hendron(1960)의 제안식을 이용해 한계비 검토에 따른 평균폭 산정과 현 상태의 평균폭에 대한 비로 평가함.

(가) 보강토 옹벽

- 보강토 옹벽의 내적안전성 평가는 크게 보강재와 흙 사이의 마찰저항에 대한 부분과, 보강재 자체의 파괴에 대한 부분으로 구분한다.
- 보강토 옹벽의 내적안전해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 발생하는 최대작용하중을 계산 후 보강재의 인장파괴와 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.
- 파괴면은 각 보강재에 발생하는 최대인장력을 연결한 선이며 형상은 벽체저면에서 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.
- 파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대인발하중($T_{\max}$)은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 계산한다.

$$T_{\max} = \sigma_h S_v \text{ (kN/m)}$$

여기서, σ_h : 각 보강재층에서의 수평응력

S_v : 보강재의 수직설치 간격

- 보강재 파단에 대한 안전성 검토는 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인발하중보다 보강재의 장기설계인장강도(T_a)가 크거나 또는 인발저항력(P)이 커야 한다.

2) 외적 안전성평가

[표 10.60] 옹벽 형식별 외적 안전성평가항목 및 평가기준(콘크리트 옹벽, 석축)

평가기준 검토항목		a	b	c	d	e
활 동	평상시	1.5이상	1.5이상 ¹⁾	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상 ¹⁾	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
전 도		2.0이상	2.0이상 ¹⁾	2.0미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
지지력	평상시	3.0이상	3.0이상 ¹⁾	3.0미만~2.5이상	2.5미만~1.8이상	1.8미만
	지진시	2.0이상	2.0이상 ¹⁾	2.0미만~1.8이상	1.8미만~1.5이상	1.5미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만

주1) 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우

<해 설>

- 지지력은 (지반의 극한지지력/작용응력)의 비로 평가함.
- 침하는 (보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가함.
- 활동은 수평활동과 원호활동을 구분하여 실시함

[표 10.61] 옹벽 형식별 외적 안전성평가항목 및 평가기준(보강토 옹벽, 돌망태 옹벽)

평가기준 검토항목		a	b	c	d	e
저면활동	평상시	1.5이상	1.5이상 ¹⁾	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상 ¹⁾	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
원호활동	평상시	1.5이상	1.5이상 ¹⁾	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상 ¹⁾	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
전 도		1.5이상	1.5이상 ¹⁾	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
지지력	평상시	2.5이상	2.5이상 ¹⁾	2.5미만~2.0이상	2.0미만~1.5이상	1.5미만
	지진시	2.0이상	2.0이상 ¹⁾	2.0미만~1.8이상	1.8미만~1.5이상	1.5미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만

주1) 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우

<해 설>

- 지지력은 (지반의 극한지지력/작용응력)의 비로 평가한다.
- 침하는 (보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가한다.
- Rigid Box 위에 축조된 보강토 옹벽의 해석은 Box와 옹벽을 일체로 해석한다.

(가) 콘크리트 옹벽

○ 활동

- 활동에 대한 안정성은 기초 지반면과 콘크리트 옹벽 저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토하여야 한다.
- 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{S_R}{S_D}$$

여기서, S_R : 활동저항력 (resisting force to sliding)

S_D : 활동력 (sliding force)

- 옹벽은 옹벽배면에 작용하는 토압의 수평성분에 의해서 수평방향으로 활동하려는 특성을 지닌다. 이 경우 옹벽 저판의 바닥면에서 저항력이 충분히 확보되어야 하며 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$FS = \frac{\sum V \tan \delta + c_a B}{\sum H}$$

여기서, $\sum V$: 모든 연직력의 합(kN)

$\sum H$: 모든 수평력의 합(kN)

δ : 옹벽 저판과 지지지반 사이의 마찰각

c_a : 옹벽 저판과 지지지반 사이의 부착력(kN/m²)

B : 옹벽 저판의 폭(m)

○ 전도

- 전도는 콘크리트 옹벽의 앞굽을 중심으로 콘크리트 옹벽 전체가 앞으로 회전하는지 여부에 대하여 검토한다. 옹벽은 배면의 횡방향 토압으로 인해 저판앞굽을 중심으로 전도하므로 옹벽은 이에 대해 충분히 안전하게 저항하여야 한다.
- 전도의 검토는 콘크리트 옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{M_R}{M_D}$$

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

○ 지지력

- 지지력 검토는 다음과 같이 콘크리트 옹벽 하부에 발생하는 지반반력($q_{\max}$)과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{q_u}{q_{\max}}$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

$q_{\max}$: 최대지반반력

○ 침하

- 옹벽의 허용침하량은 인접 토공 또는 구조물의 허용침하기준을 만족하여야 하며, 침하량 산정은 일반적인 기초 침하량 산정방법에 따른다.

(나) 석축

○ 활동

- 뒤채움 흙 내부, 성토와 벽면 경계면 및 옹벽 저면과 지지지반의 경계면에서 전단파괴를 생기게 하는 활동(미끄럼) 대한 안전성을 검토한다.

$$FS = \frac{H_u}{Q_H} = \frac{W + P_{AV}}{P_{AH}} \mu$$

여기서, μ : 저면 마찰계수

○ 전도

- 석축의 전도에 대한 안전성평가는 다음과 같다.

$$FS = \frac{\text{저항 모멘트}}{\text{전도 모멘트}} = \frac{W \cdot x_c}{P_{AH} \cdot y_A - P_{AV} \cdot x_A}$$

여기서, W : 옹벽자중

x_c : 앞굽에서 옹벽 도심까지의 수평거리

P_{AH} : 주동토압의 수평성분

P_{AV} : 주동토압의 수직성분

y_A : 주동토압의 작용높이

x_c : 앞굽에서 주동토압 작용점까지의 수평거리

○ 지지력

- 석축과 같이 경사타입의 구조물은 지면과 벽면에 지반 반력이 발생한다.
- 이 때문에 지반반력은 구부림 기초로 하여 계산해야 한다. 석축과 같이 벽 두께가 동일한 두께인 옹벽의 경우에는 저면의 최대 지반 반력을 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$q_{\max} = \frac{1.1(V_0 - Q_n \sin \theta)}{B} = \frac{1.1 V_0}{B}$$

(다) 보강토 옹벽

- 보강토체를 강체로 간주하여 중력식 옹벽의 안정해석과 동일하게 수행한다. 보강토 옹벽의 가상배면은 보강토체와 뒤채움사이의 경계면으로 한다.
- 보강토 옹벽에서 전면벽의 경사도 8°를 기준으로, 8°보다 작으면 수직전면벽으로 간주하여 Rankine 토압론에 의거해 외적안정을 검토하고, 전면벽의 경사도가 8°보다 크기가 같을 경우에는 Coulomb 토압론에 의거해 외적안정을 검토한다.

(라) 돌망태 옹벽

- 돌망태 옹벽을 강체로 간주하여 중력식 옹벽의 안정해석과 동일하게 수행한다.
- 돌망태 옹벽의 자중은 돌망태 채움재에 사용하는 채움돌의 단위중량을 토대로 계산한다. 자중은 옹벽단면의 도심에 수직으로 작용하는 것으로 한다.
- 돌망태 옹벽에 작용하는 토압은 Coulomb 토압공식을 이용하여 계산하며, 옹벽 상부 끝점과 하부 끝점을 연결하는 가상배면의 1/3 위치에 작용시킨다. 뒤채움 형태 또는 상재하중의 형태가 복잡한 경우에는 시행착기방법을 이용할 수 있다.

10.4.3 안전성능 평가결과산정 방법

가. 상태안전성능 평가결과산정 방법

1) 상태안전성능 평가결과산정

상태안전성능 평가를 수행하기 위해서는 먼저 신축이음부 또는 20m 단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)로 평가단위를 구분하고, 평가단위별 외관조사를 실시한다. 외관조사 결과에 따라 평가항목별 평가기준에 부합하는 결함점수를 부여한 후, 결함점수 합계를 구하여 평가단위별 결함지수를 산정한다. 평가단위별 결함지수를 산술평균하여 최종 결함지수를 도출하고, 결함지수에 해당하는 상태안전성능 평가 등급을 결정한다.

단, 보강토 옹벽에서 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 해당 평가단위의 평가결과를 중대한 결함이 발생한 평가항목의 상태평가기준으로 적용하고 결함지수는 [표 10.58]의 상태평가기준에 부합하는 결함지수 범위 중 최대값(소수 셋째 자리까지)을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 항목의 결함지수와 평가항목별 가중평균 값을 비교하여 불량한 결과를 해당 평가단위의 상태평가 결과로 산정하고 전체 옹벽의 상태평가 결과는 각 평가단위의 결함지수 중 최대값을 적용하여 상태평가 결과를 결정한다.

2) 상태안전성능 평가결과산정 예시

콘크리트 옹벽의 상태안전성능 평가결과 산정 방법을 예시하였다.

Span No. 1	Span No. 2	Span No. 3	Span No. 4	Span No. 5

[그림 10.5] span별 또는 평가단위별 외관조사 예시(콘크리트 옹벽)

[표 10.62] 옹벽의 상태안전성능 평가결과산정 예시

Span No.	침하	기울기	활동	파손 및 손상	세굴	마모/ 침식	박락/충분리	박리	균열	백태	탄산화	염화물	철근 노출	배수공 상태	주변영향인자			결합점수 합계	평가단위 결함지수	평가단위 평가결과	
															배수 시설	사면상태					
																사면구배	낙석흔적	침출수			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	10	0.127	a
2	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	0	0	9	0	0	0	0	17	0.215	b
3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	12	0.152	b
평 균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	5.33	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0	0	0	13.00	0.165	-
															상태평가결과			B			

[표 10.61의2] 옹벽의 상태안전성능 평가결과산정 예시(조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우)

Span No.	침하	계획 선형 오차	활동	진행성 배부름	파손, 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자			결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과	
									배 수 시 설	사면상태					
										사면 구배	낙석 흔적				침출 수
1	1	2	2	18	3	6	3	12	0	0	1	1	49	0.749	d
2	1	1	2	0	2	0	2	4	12	1	0	0	25	0.316	b
3	0	2	2	0	2	0	0	4	0	0	0	1	11	0.139	a
(Span1) 가중평균 0.620 < 조정할 수 없는 중대 결함에 따른 결함지수 0.749 (전체옹벽) Span별 결함지수 중 최대값 0.749										상태평가결과			D(0.749)		

나. 구조안전성능 평가결과산정 방법

1) 구조안전성능 평가결과산정

구조안전성능 평가는 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 그 결과를 비교하여 안전율 중 최저값을 구조안전성능 평가결과로 결정한다. 구조안전성능 평가는 결과가 등급으로 산정되므로 상태안전성능 평가결과와 비교하기 위해서는 별도로 결함지수를 부여해야 하며, 결함지수는 다음의 표를 참고하여 부여한다. 결함지수는 구조물의 안전측면을 고려하여 보수적으로 부여하며, 평가등급별 결함도 범위 중 높은 값에서 0.01을 감하여 산정한다.

[표 10.63] 구조안전성능 평가 등급에 따른 결함지수

등급	평가기준	결함지수
a	허용안전율 이상인 경우	0.14
b	허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우	0.29
c	허용안전율보다 작은 경우	0.54
d		0.74
e		0.99

2) 구조안전성능 평가결과산정 예시

콘크리트 옹벽에 대하여 구조안전성능 평가결과산정 과정을 예시하면 다음과 같다.

[표 10.64] 옹벽의 구조안전성능 평가결과산정 예시(콘크리트 옹벽)

구조안전성능 평가결과 산정표					
시설물명		OO시 OOAPT 진입로 콘크리트옹벽		표번호	RW. No. 3
평가항목구분		안전율	평가결과		비 고
수평활동		1.5	a		평상시 안전율 적용
원호활동		1.6	a		평상시 안전율 적용
전도		1.1	c		
침하		1.3	a		
지지력		3.2	a		평상시 안전율 적용
구조 검토	설계 전단강도	1.0	a	c	전단력 및 모멘트 검토결과 의 최저값을 안전성 대표기준으로 설정
	설계휨강도	0.95	c		
구조안전성능 평가결과		◦구조안전성능 평가 등급 = c ◦구조안전성능 평가 결함지수 = 0.54			

다. 안전성능 평가결과산정 방법

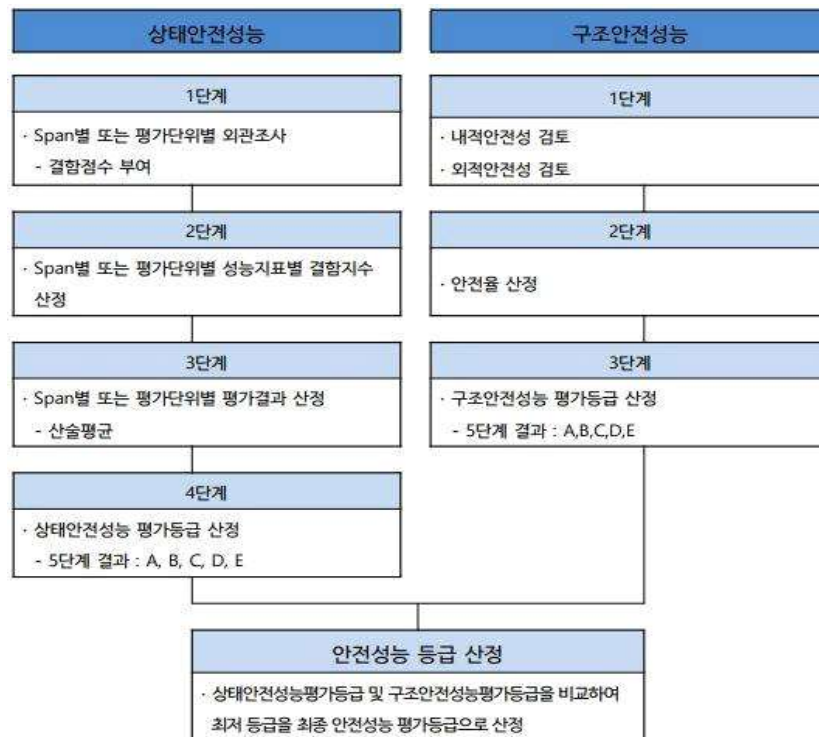
1) 안전성능 평가결과산정

평가대상 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가결과로 결정한다.

옹벽의 종합 안전성능 평가등급 = $\text{Min}(G_c, G_s)$

여기서, G_c : 옹벽의 상태안전성능 평가등급

G_s : 옹벽의 구조안전성능 평가등급



[그림 10.6] 옹벽의 안전성평가등급 산정 흐름도

2) 안전성능 평가결과산정 예시

평가대상 옹벽에 대하여 안전성능 평가 산정 절차를 예시하면 다음과 같다.

[표 10.65] 옹벽의 안전성능 평가결과산정 예시(콘크리트 옹벽)

안전성능평가결과 산정표				
시설물명	OO시 OOAAPT 진입로 옹벽		표번호	
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태안전성능 평가	0.17	b	근거 표번호	
구조안전성능 평가	0.54	c	근거 표번호	
안전성능 평가결과	◦ 안전성능평가 등급 = c ◦ 안전성능평가지수 = 0.54			

10.5 내구성능 평가기준 및 방법

10.5.1 일반

시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성된다. 웅벽(콘크리트 웅벽/보강토 웅벽) 시설의 경우 전면부를 중심으로 콘크리트와 관련된 내구성능을 평가하며, 석축의 경우 건čit돌의 내구성능을 평가한다. 각 평가분야에서 부재별 평가 및 가중치를 적용한 등급산정을 하고, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 웅벽 시설물 내구성능에 대한 최종등급을 결정한다.

10.5.2 콘크리트/석축 내구성능 평가항목 및 기준

가. 개요

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트 품질을 평가하며, 열화환경평가로는 제설제에 의한 염해환경, 비래염분에 의한 염해환경 및 동해환경에 대해 평가한다. 석축은 일반 콘크리트 웅벽과는 달리 건čit돌 추정강도 및 건čit돌 풍화도로 내구성능을 평가한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가결과만을 사용한다. 열화환경평가결과는 내구성능 등급 산정 시에는 직접적으로 적용하지 않으며 웅벽의 유지관리 계획 수립 시 참고한다.

[표 10.66] 콘크리트/석축 내구성능 평가항목의 구분

구분		평가항목
콘크리트, 보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이
		염화물 침투량
		피복(표면부) 콘크리트 품질
	열화환경평가요소	염해환경
		동해환경
석축		건čit돌 추정강도
		건čit돌 풍화도

<해 설>

- 평가대상 부재에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물 침투량, 탄산화 깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

나. 평가대상 부재

콘크리트(콘크리트 웅벽과 보강토 웅벽), 석축에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

[표 10.67] 콘크리트 내구성능 평가대상

구분	평가대상 부재	비고
콘크리트	콘크리트 옹벽	—
	보강토 옹벽	전면판 대상
석축	건čit돌	—

다. 콘크리트/석축 내구성능 평가기준

1) 염화물 침투량

[표 10.68] 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

<해 설>

- 염화물 확산계수를 산정하고 표면부 염분량을 고려하여 대상 구조물의 염해 수명을 평가하는 것은 반드시 필요한 사항이라고 판단되지만, 평가결과 값이 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 있기 때문에 “철근부의 전염화물 침투량”과 “철근부의 전염화물이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점”을 각각 평가하여 열악한 등급을 염화물량 평가등급으로 설정한다.
- “철근부의 전염화물이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점”의 경우, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 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 짧을수록 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 평가 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 10.69] 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	20년 < T ≤ 30년	
c	10년 < T ≤ 20년	
d	5년 < T ≤ 10년	
e	5년 이하	

<해 설>

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

3) 피복(표면부) 콘크리트 품질

초기 시공불량의 경우, 피복(표면부) 콘크리트에 전반적인 내구성능 저하가 나타날 수 도 있으며, 공용 중의 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 사이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타나는 경우가 많을 것이다. 피복(표면부) 콘크리트 품질의 경우 반발경도 측정 결과를 활용하여 평가를 수행한다.

(가) 설계강도값과 비교할 경우

[표 10.70] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가 기준	상세	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) 콘크리트 품질은 슈미트해머를 이용해 반발경도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가한다.
- a등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복(표면부) 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, b등급은 약 10% 정도까지 설계값을 밑도는 것으로 동해나 기타 요인에 의해 피복(표면부) 콘크리트의 내구성능이 저하되었을 가능성이 있다.
- c등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 이상 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복(표면부) 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태이다.

(나) 건전부/비건전부를 비교할 경우

[표 10.71] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

평가 기준	상세	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 방법으로 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용한다.
- 동일한 건전부끼리 상호비교하더라도 두 지점간에 일부 편차가 있을 수 있다는 가정 하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 a등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 c등급으로 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 먼처리를 통해 열화된 표면부를 제거한 후 실시한다.)

4) 염해환경

[표 10.72] 염해환경의 평가기준(해안거리)

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

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

[표 10.73] 염해환경의 평가기준(제설제)

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

<해 설>

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

5) 동해환경

[표 10.74] 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	—	

<해 설>

- 수분 접촉 여부로 구분하여 계산한다.
- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 X값
【일 최저기온 < -2.2℃】 & 【일 최고기온 > 0℃】 & 【강수량 > 0】인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X값
【일 최저기온 < -2.2℃】 & 【일 최고기온 > 0℃】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 것이다.
- 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 판단한다.

6) 견čit돌 추정강도

[표 10.75] 견čit돌 추정강도 평가기준

평가 항목	평가 기준	그룹 A 암석 종류의 견čit돌(예)			
		설계값(초기 점검값) 대비 강도			
		극경암	경암	보통암	연암
견čit돌/블록 추정강도	a	97.5% 이상 100% 이하	95% 이상 100% 이하	94% 이상 100% 이하	90% 이상 100% 이하
	b	95% 이상 97.5% 미만	90% 이상 95% 미만	88% 이상 94% 미만	80% 이상 90% 미만
	c	92.5% 이상 95% 미만	85% 이상 90% 미만	82% 이상 88% 미만	70% 이상 80% 미만
	d	90% 이상 92.5% 미만	80% 이상 85% 미만	75% 이상 82% 미만	60% 이상 70% 미만
	e	90% 미만	80% 미만	75% 미만	60% 미만

[표 10.76] 암종별 내압강도

건čit돌 암종	그룹	암편 내압강도 (kg/cm ²)
풍화암	A	300 이상 700 미만
	B	100 ~ 200 미만
연암	A	700 이상 1,000 미만
	B	200 이상 500 미만
보통암	A	1,000 이상 1,300 미만
	B	500 이상 800 미만
경암	A	1,300 이상 1,600 미만
	B	800 이상
극경암	A	1,600 이상
	B	

[표 10.77] 암석 분류

구분	A 그룹	B 그룹
대표적 암명	편마암, 사질편암, 녹색편암, 각력암, 석회암, 사암, 위록응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 유문암, 사문암, 혈암(세일), 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 혈암(세일), 이암, 응회암, 집괴암
함유물 등에 의한 시각 판정	사질분, 석영분을 다량 함유하고, 암질이 단단한 것, 결정도가 높은 것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 것, 천매상의 것
500 ~ 1000gr 슈미트 해머의 타격에 의한 판정	타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분을 남기지 않는 것	타격점의 암이 부서지지 않고, 분상이 되어 남고 암편의 비산 정도가 적은 것

7) 건춧돌 풍화도

[표 10.78] 건춧돌 풍화도 평가기준

풍화도	암석의 풍화도				
	a	b	c	d	e
풍화진행도	신선	약한 풍화	보통 풍화	심한 풍화	완전 풍화

[표 10.79] 해머타격 시험을 통한 암반의 풍화등급 분류법

풍화등급	설 명	사진
신선함 (F)	•해머타격 시 높은 쇠소리가 들림 •균열 없음 •석재로 사용될 수 있을 정도로 신선	
약한풍화 (SW)	•해머타격 시 쇠소리가 들림 •미세균열이나 절리 관찰 가능 •약간의 착색 흔적	
보통풍화 (MW)	•해머타격 시 약간 무거운 쇠소리가 들림 •해머로 여러 번 타격으로 부서짐 •구성광물의 변색 및 착색 흔적	
심한풍화 (HW)	•해머타격 시 둔탁한 소리가 들림 •거칠한 광물 알갱이들이 관찰됨 •완전 변색, 심한 착색	
완전풍화 (CW)	•손가락으로도 쉽게 흙으로 부서짐 •암조직의 흔적이 관찰되며 흙을 다져놓은 정도의 강도를 가짐	

라. 콘크리트 내구성능 평가방법

1) 개요

내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다. 웅벽의 경우 단일부재로 간주하기 때문에 다른 시설물과 달리 부재별 평가를 별도로 실시하지 않는다. 열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 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) 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 제설제 염해환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 열화환경평가 지표로 이루어진다. 열화환경평가는 3가지 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다. 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

[표 10.80] 열화환경 평가등급

평가등급	열화 환경 상태
a	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태
b	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길 수 있는 상태
c	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태
d	—
e	—

○ 염해환경

- 염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설로 인하여 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 나누어서 평가한다.

○ 동해환경

- 대상 웅벽이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해환경을 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 품질 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

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

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복(표면부) 콘크리트 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 콘크리트 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균한다.

옹벽은 단일 부재로 구성된 것으로 내구성능 항목들의 평가결과는 옹벽의 내구성능 평가 등급이 된다.

옹벽의 환경에 따른 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같다.

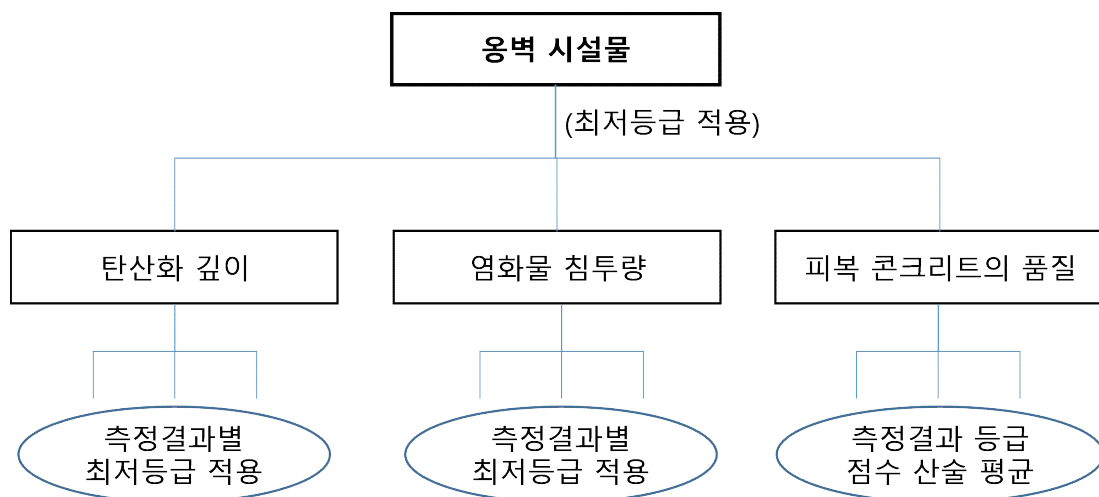
○ 콘크리트 옹벽(철근콘크리트가 사용된 경우)

[표 10.81] 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표

염해환경 - 도로시설물		그 외 환경 - 기타 시설물	
열화진전평가	염화물 침투량	열화진전평가	탄산화 깊이
	탄산화 깊이		피복(표면부) 콘크리트 품질
	피복(표면부) 콘크리트 품질		

<해설>

- 옹벽의 경우, 구조물의 환경조건에 따라 평가지표항목을 구분하여 적용함.



[그림 10.7] 내구성능 항목별 세부 평가방법

○ 등급별 평가점수 및 지수범위

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

[표 10.82] 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.08	0.23	0.43	0.65	0.88

[표 10.83] 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$

(다) 시설물 전체 등급 산정

옹벽의 경우, 단일 구조물로 부재별 가중치가 없기 때문에 단계 2)의 부재평가결과가 옹벽 시설물의 열화진전평가결과로 적용된다. 옹벽의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

[표 10.84] 옹벽의 열화진전 평가

시설명	평가등급	지표명	평가등급
OO옹벽	a~e	염화물 침투량	a~e
		탄산화 깊이	a~e
		피복(표면부) 콘크리트 품질	a~c

[표 10.85] 열화환경 평가

열화환경지표	평가등급	주요 대상 부재
제설제 염해환경	A or B or C	옹벽의 경우 구조물의 높이에 따라 제설제 염해환경에 대한 노출정도가 다를 수 있으며, 하단부가 상대적으로 열악한 환경임
비래염분 염해환경	A or B or C	비래염분이 발생하는 해안쪽의 부재가 상대적으로 열악한 환경에 놓이게 됨
동해환경	A or B or C	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

<해 설>

- 제설제 염해환경이나 비래염분 염해환경에 있지 않은 경우 제설제와 비래염분의 염해환경은 A 등급으로 평가한다.

마. 콘크리트 내구성능 결과 산정 예시

1) 대상 옹벽 제원

[표 10.86] 대상 옹벽 예시

옹벽형식	역L형 콘크리트 옹벽
지역	서울
공용연수	20년
연장	150.0m
역L형 옹벽	20m
지면노출높이(m)	H= 2.0~13.0m
피복 두께	50mm

2) 열화환경 평가

- 대상 옹벽이 위치한 서울지역의 비래염분 염해환경은 A등급이 된다.
- 서울시의 평균 강설일수는 12.3일로 제설제 염해환경 또한 B등급이 된다.
- 또한 해당 지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 8.6회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 45.8회로서 동결융해 환경은 B등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 8.6회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인한다.

3) 열화진전 평가

(가) 염화물 침투량

- 염화물 침투량 시험은 철근을 피하여 철근 깊이까지 콘크리트 코어를 채취한 후 10~20mm 간격으로 절단하며 2개소 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 10.87] 염화물 침투량 평가

열화진전 평가항목	옹벽	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	No.1	1.5	1.05	0.4	0.1	a	c
	No.2	4.5	3.5	1.8	0.8	c	

[표 10.88] 염화물 확산계수 산출

계산 항목	옹벽	깊이별 염화물 확산계수 ($cm^2/year$)			
		표면부	중 간부		철근부
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45mm
염화물 확산계수	No.1	—	—	0.103	—
	No.2	—	—	—	0.194

<해 설>

- 확산계수는 깊이별로 산출할 수도 있다.

[표 10.89] 철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가

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

[표 10.90] 염화물 침투량 최종 평가등급

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

(나) 탄산화 깊이

- 탄산화 깊이는 2개소에서 측정하였다.
- 2개소 측정결과 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

[표 10.91] 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	옹벽	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	No.1	9	2.0	30년 초과	a	b
	No.2	32	7.2	19	b	

(다) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

○ 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 2개소에서 측정하였다.

[표 10.92] 피복콘크리트 품질 평가

열화진전 평가항목	시설물	세부 부재명	설계값 대비 강도추정값 (%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 등급
피복 콘크리트 품질	옹벽	No.1	105	—	a (0.08)	—	b (평균값)
		No.2	99	94	b (0.23)	b (0.23)	

(라) 콘크리트 내구성능 평가결과

[표 10.93] 옹벽의 콘크리트 내구성능 평가

대상 시설물	항목별 평가결과			
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 품질	평가등급
옹벽	c	b	b	c (0.43)
최저등급제				

[표 10.94] 열화환경지표의 평가

열화환경지표	평가등급
제설제 염해환경	B
비래염분 염해환경	A
동해환경	B

마. 석축의 내구성능 평가방법

○ 석축의 내구성능 평가의 경우, 콘크리트의 내구성 평가방법과 동일한 방식으로 수행하며, 건칫돌 추정강도 및 건칫돌 풍화도의 최저등급제를 적용한다.

10.5.3 강재 내구성능 평가기준 및 기준

가. 개요

보강토 옹벽에서 지반을 보강하기 위하여 사용되는 보강재에는 강재 띠형 및 그리드형 보강재, 토목섬유 보강재 등이 있다. 보강재의 내구성능 평가 대상으로는 시간에 따라 부식이 발생함으로써 보강성능이 저하될 수 있는 강재 보강재를 대상으로 한다.

강재 보강재에는 일반적으로 금속재료의 부식을 방지하기 위하여 표면에 아연도금 처리가 되어 있다. 방식에서 있어서 주된 역할을 하게 되며, 제작 및 설계 시 부재 수명을 고려하여 도막(도금) 및 부재두께를 결정하여야 한다. 이와 같은 점을 고려하여 보강토 옹벽의 보강재에 대해서는 발청, 박리, 균열, 부풀음, 변색 등 주요 열화현상 중 발청, 변색 및 도막(도금)두께를 평가한다.

점검 및 조사 시 사전 구조해석 및 주변 지형물/구조물의 영향을 면밀히 검토하여 반드시 구조 안전성이 확보될 수 있는 경우에 한하여 조사하며, 조사범위는 옹벽의 최상단 보강재로 한정하고 (필요시) 선택과업으로서 수행한다.

나. 평가대상 부재

[표 10.95] 평가대상 부재

구 분		평가지표
보강토 옹벽	강재 띠형 보강재 강재 그리드형 보강재	• 발청 • 변색 • 도막(도금)두께

다. 강재 내구성능 평가기준

1) 발청

[표 10.96] 보강재 발청 평가기준

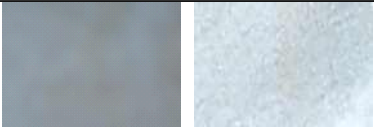
평가 기준	녹 길이
a	점녹 발생 없음
b	점녹 발생 길이 10% 미만
c	점녹 발생 길이 10% 이상, 부식 발생 길이 2% 미만
d	부식 발생 길이 2% 이상
e	—

2) 변색

[표 10.97] 보강재 변색 평가기준

평가 기준	부재 표면색
a	변색 없음(백녹)
b	황, 적색 변색 발생
c	적색, 검정 변색 발생
d	광범위의 검정 변색 발생
e	—

[표 10.98] 열화상태별 표면색 및 표준사진

표면색	표준사진
변색 없음(백녹)	
황, 적색 변색 발생	
적색, 검정 변색 발생	
광범위의 검정 변색 발생	

3) 도막(도금)두께

[표 10.99] 도막(도금)두께 평가기준

기준	도막(도금) 두께(μm)
a	85 이상
b	75 이상 85 미만
c	65 이상 75 미만
d	65 미만
e	—

라. 강재 내구성능 평가방법

1) 개요

옹벽에서 지반을 보강하기 위하여 사용되는 보강재에는 강재 띠형 및 그리드형 보강재, 토목섬유 보강재 등이 있다. 보강재의 내구성능 평가 대상으로는 시간에 따라 부식이 발생함으로써 보강성능이 저하될 수 있는 강재 보강재를 대상으로 한다. 강재 보강재의 내구성능 평가는 평가항목별 가중치를 적용하는 방식으로 산정한다.

2) 결과산정절차 일반

옹벽의 보강재에 대한 평가항목으로는 발청, 변색, 도막(도금)두께로서 각 평가항목에 대해 등급분류기준에 따라 평가한 후, 아래의 가중치를 적용하여 최종 등급을 산정한다. 조사수량은 옹벽 총연장이 100m 미만일 경우 1개소, 100m 이상일 경우 최소 1개소에 100m 당 1개소를 추가한다.

○ 보강재 열화에 대한 가중치

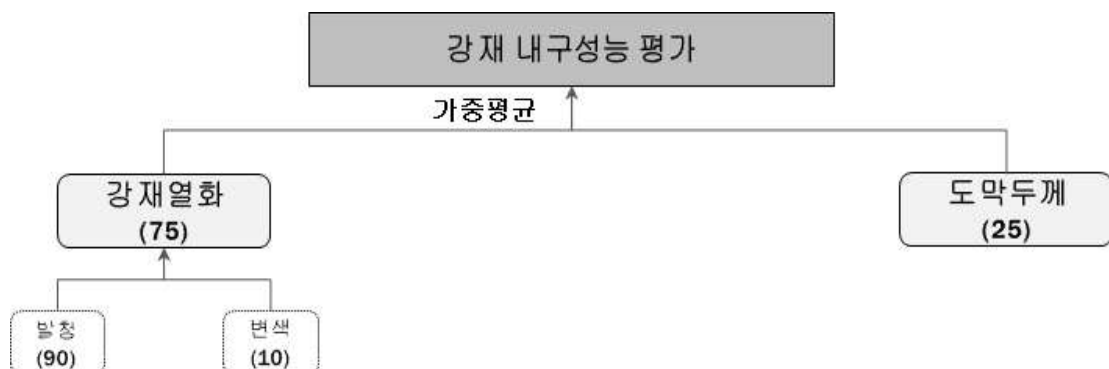
[표 10.100] 보강재 열화에 대한 가중치

구분		결합도 평가항목	가중치(%)
보강토 옹벽 강재 보강재	강재 열화	발청	90
		변색	10

○ 보강재 강재 내구성능 종합평가 가중치

[표 10.101] 보강재 강재 내구성능 종합평가 가중치

구분		결합도 평가항목	가중치(%)
보강토 옹벽 강재 보강재	강재 내구성능	강재 열화(발청/변색)	75
		도막(도금)두께	25



[그림 10.8] 강재 내구성능 항목별 세부 평가방법

마. 강재 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 보강재 선정

[표 10.102] 대상 보강재

옹벽 연장	250 m
보강재 형식	스트립 보강재
설치갯수	300
설치길이(m)	2.0 ~ 10.0
연직간격(m)	1.5
수평간격(m)	1.3

2) 발청 및 도장열화 평가

(가) 발청 평가결과

[표 10.103] 보강재 발청 평가 예

보강재 번호	조사결과	등급	등급점수
S-1	점녹 발생 길이 6%	b	0.23
S-2	점녹 발생 길이 4.8%	b	0.23
S-3	점녹 발생길이 3.5%	b	0.23
등급점수 평균		b	0.23

(나) 변색 평가결과

[표 10.104] 보강재 변색 평가 예

보강재 번호	조사결과	등급	등급점수
S-1	적색, 검정 변색 발생	c	0.43
S-2	황, 적색 변색 발생	b	0.23
S-3	황, 적색 변색 발생	b	0.23
등급점수 평균		c	0.30

(다) 도막(도금)두께 평가결과

[표 10.105] 보강재 도막(도금)두께 평가 예

보강재 번호	조사결과 (5개소 평균값)	등급	등급점수
S-1	66	c	0.43
S-2	77	b	0.23
S-3	80	b	0.23
등급점수 평균		c	0.30

(라) 보강재 열화수준 평가

- 앞에서는 보강재의 발청과 변색을 각각 평가하였으며, 두 결과를 종합하여 보강재의 열화수준에 대해 평가한다.

[표 10.106] 보강재 열화수준 평가 예

평가항목	평가결과	가중치	평점
발청	0.23	90	0.21
변색	0.30	10	0.03
합계			0.24

(마) 강재 내구성능 종합평가

- 보강재의 열화수준 평가결과 및 도막(도금)두께 평가결과를 종합적으로 고려하여 보강재 내구성능을 종합평가한다.

[표 10.107] 강재 내구성능 평가 예

평가항목	항목별 평점	가중치	평점
강재 열화수준 (발청/변색)	0.24	75	0.18
강재 도막두께	0.30	25	0.08
합계			0.26
강재 내구성능 등급			b

10.5.4 내구성능 평가결과산정 방법

가. 콘크리트 웅벽/석축 내구성능 평가결과산정 방법

콘크리트 웅벽/석축의 내구성능 평가결과산정 방법은 앞의 [표 10.86]~[표 10.94]을 참조한다.

나. 보강토 웅벽 내구성능 평가결과산정 방법

보강토 웅벽의 보강재에 대한 내구성능 평가를 실시한 경우, 강재에 대한 내구성능 평가 후, 콘크리트 : 강재 = 60 : 40의 가중치를 적용하여 종합 내구성능 평가를 수행한다.

[표 10.108] 보강토 웅벽의 종합 내구성능 평가결과(예시)

내구성능 평가결과 산정표			
시설물명 평가항목구분	보강토 웅벽	표번호	비 고
콘크리트 내구성평가	c (0.43)	—	
강재 내구성평가	b (0.26)	—	
내구성능 평가결과	◦ 내구성능 평가결과 $= 0.43 \times 0.60 + 0.26 \times 0.40 = 0.36$ ◦ 내구성능 등급 : c등급		

10.6 종합평가기준 및 방법

10.6.1 종합평가 일반

시설물의 종합평가는 재료형식에 따라 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 석축(돌쌓기 옹벽), 돌망태 옹벽으로 구분하여 실시하며, 안전성능 및 내구성능 평가결과를 종합적으로 고려하여 결정한다.

10.6.2 종합평가결과산정방법

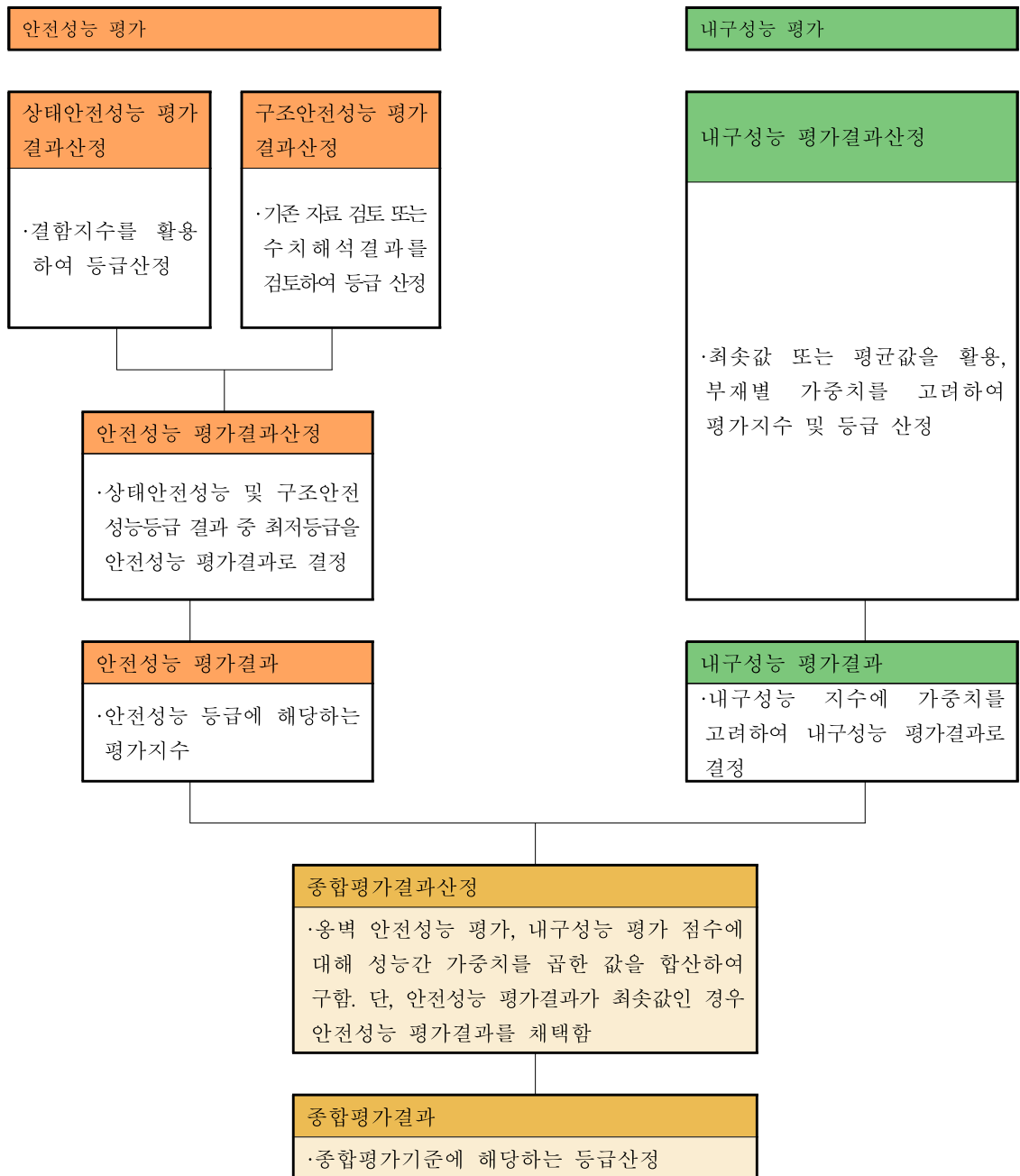
종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가 및 내구성능 평가지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다.

옹벽의 종합평가지수(P) = $\sum(\text{성능 평가지수}(p_n) \times \text{성능항목 가중치}(W_n))$

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

[표 10.109] 옹벽 형식별 성능항목 가중치

구분		성능항목 가중치(W_n)	
		안전성능	내구성능
콘크리트옹벽		0.70	0.30
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20
	특수공법(철근 포함)	0.70	0.30
석축		0.70	0.30
돌망태옹벽		1.00	—



[그림 10.9] 옹벽의 종합평가결과산정절차

옹벽의 종합평가지수에 따라 종합성능등급을 산정하면 다음과 같다.

[표 10.110] 옹벽의 종합평가결과산정 예

종합성능등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	$0.00 \leq P < 0.15$	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$0.15 \leq P < 0.30$	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	$0.30 \leq P < 0.55$	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)	$0.55 \leq P < 0.75$	성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사용이 어려운 수준으로 긴급한 보수보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	$0.75 \leq P$	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

옹벽의 종합평가결과 산정에 대한 예시는 다음과 같다.

[표 10.111] 종합평가결과산정 예시(콘크리트 옹벽)

종합평가결과산정 표					
시설물명	OO시 OOAAPT 진입로 옹벽			표번호	
평가구분	성능 평가지수	평가결과	성능간 가중치(W_n)	비 고	
안전성능 평가	0.29	b	0.70	근거 표번호	
내구성능 평가	0.43	c	0.30	근거 표번호	
종합평가 결과	○ 옹벽의 종합평가지수(P) $= \sum(\text{성능 평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.29 \times 0.70 + 0.43 \times 0.30 = 0.33$ ○ 옹벽의 종합평가지수 : 0.33 ○ 옹벽의 종합평가결과 : C				