
제13장 응 백

13.1 관리일반

13.2 현장조사

13.3 재료시험 항목 및 수량

13.4 상태평가기준 및 방법

13.5 안전성평가기준 및 방법

13.6 종합평가기준 및 방법

13.7 보수·보강 방법

제13장 용벽

13.1 관리일반

13.1.1 적용 범위

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

○ 제2종시설물

- 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분의 합이 100m 이상인 용벽
※ 도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설

○ 제3종시설물

- 준공 후 10년이 경과된 시설물로서 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분이 포함된 연장 100m 이상인 용벽
- 준공 후 10년이 경과된 시설물로서 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분이 포함된 연장 40m 이상인 복합식 용벽

용벽 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준)
- 용벽 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 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

13.1.2 용어 정의

- **옹벽(擁壁)**
 - 토압에 저항해 흙이 무너지지 못하게 하여 토지의 이용을 극대화시키기 위한 구조물
- **부지옹벽** : 부지 조성을 위한 옹벽
 - 도로, 철도 및 기타옹벽 : 도로, 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 부대 시설에 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)

13.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

옹벽시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시할 때에는 공중이 이용하는 부위를 포함하여 실시하도록 하며, 대상시설 범위는 다음과 같다.

[표 13.1] 옹벽 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦옹벽(지반·기초부, 전면부, 기타)	○	○	○	콘크리트옹벽, 보강토옹벽, 석축, 돌방태옹벽 공통적용
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	○	
	◦도로포장	○	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	○	

13.1.4 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.

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

1) 시설물의 기초세굴

- [표 13.17]의 기초부 세굴에 대한 상태평가기준이 "e"의 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화(중성화)에 따른 내력손실

- [표 13.23]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 13.24]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 "d"의 판정으로 [표 13.25]의 철근노출 상태평가기준에서 "e"를 포함하는 경우

3) 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

- 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 [표 13.16]의 파손 및 손상, 재료분리 또는 [표 13.21]의 균열에 대한 상태평가기준에서 "e"의 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

13.2 현장조사

13.2.1 시설물의 점검 사항

가. 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가항목

1) 옹벽분류

옹벽을 재료형식에 따라 분류하면 [그림 13.1]과 같다



[그림 13.1] 재료형식에 따른 옹벽 분류

2) 상태변화 평가항목

[표 13.2] 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가항목

구 분		평 가 요 소
콘크리트 옹벽	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손 및 손상(재료분리) ○ 균열 ○ 마모/침식 ○ 배수공의 상태 ○ 누수 ○ 재질열화 ○ 박락 및 층분리 ○ 박리 ○ 백태 ○ 철근노출
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
보강토 옹벽	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손, 손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 전면부 배부름
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
석축	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손, 손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 진행성 배부름 ○ 채움콘크리트 상태 ○ 암석의 풍화도
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
돌망태 옹벽	지반	○ 침하 ○ 활동 ○ 세굴
	전면부	○ 채움재 유실 ○ wire mesh의 파손 ○ 진행성 변형 ○ 결속철망 상태
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 측정분할

(가) 일반사항

- 측정분할 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

- 정밀안전점검 및 정밀안전진단 시 측정분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야하고, 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

- 옹벽의 정확한 단면 및 시공 상태, 손상(결함)의 정도 및 진행성 여부를 파악하기 위하여 옹벽의 선형측량 및 수준측량을 실시한다.

(나) 조사수량 및 측량방법

- 정밀안전점검 및 정밀안전진단 시 옹벽의 선형측량 및 수준측량은 단면형상 및 표고가 변화하는 구간과 수축이음부의 단차(수평 및 수직) 및 이격 등이 발생한 구간을 중심으로 옹벽의 시점부터 종점까지 실시한다.
- 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광과 거리계에 의한 측량기(Rec. Elta RL등)와 평판측량 및 수준측량(레벨측량)기 등을 사용한다.

(다) 결과분석

- 옹벽의 선형측량 및 수준측량 결과는 설계도면(준공도면) 및 기존 안전점검등에서 실시한 측량결과와 비교하여 설계도면(준공도면)과의 일치, 손상(결함)의 정도 및 진행성 여부 등을 확인한다.

3) 지반조사

(가) 일반사항

- 안전성평가 시 토압산정과 지지력검토를 위해 실시하며, 시험방법은 책임기술자의 판단 하에 시추 또는 원위치 시험 중 적절한 방법을 선택하여 KS규격을 기준으로 실시한다.

(나) 조사수량 및 방법

- 정밀안전진단 선택과업으로 수행시에는 대표단면에 주동영역 및 수동영역에 각각 1회씩 2회 이상 실시한다.
- 옹벽의 안전점검(정밀안전점검)시에는 점검결과에 따라 안전성평가 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 안전성평가 시 고려하여 해석한다.

4) 지하수위 측정시험

(가) 일반사항

- 정밀안전진단(필요시) 및 정밀안전점검(필요시)시 수리시설옹벽과 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

- 정밀안전진단 시 변위 및 변형에 대한 조사는 상태평가결과 최대변위(계획선형 오차, 배부름 등) 또는 변형량이 발생한 지점에서 실시하며, 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정을 원칙으로 하나, 책임기술자의 판단 하에 상향조정할 수 있다.
- 정기안전점검 시 변위 및 변형은 점검결과에 따라 책임기술자 판단 하에 실시하며, 주기적인 관측 또는 계측에 의해서 진행여부를 판단한다.
- 정기안전점검, 안전점검(정밀안전점검) 및 정밀안전진단 결과에 따라 추가적인 계측이 필요하다고 판단되면 장기 계측을 실시할 수 있다.

6) 배수상태 조사

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

7) 기타 재료시험

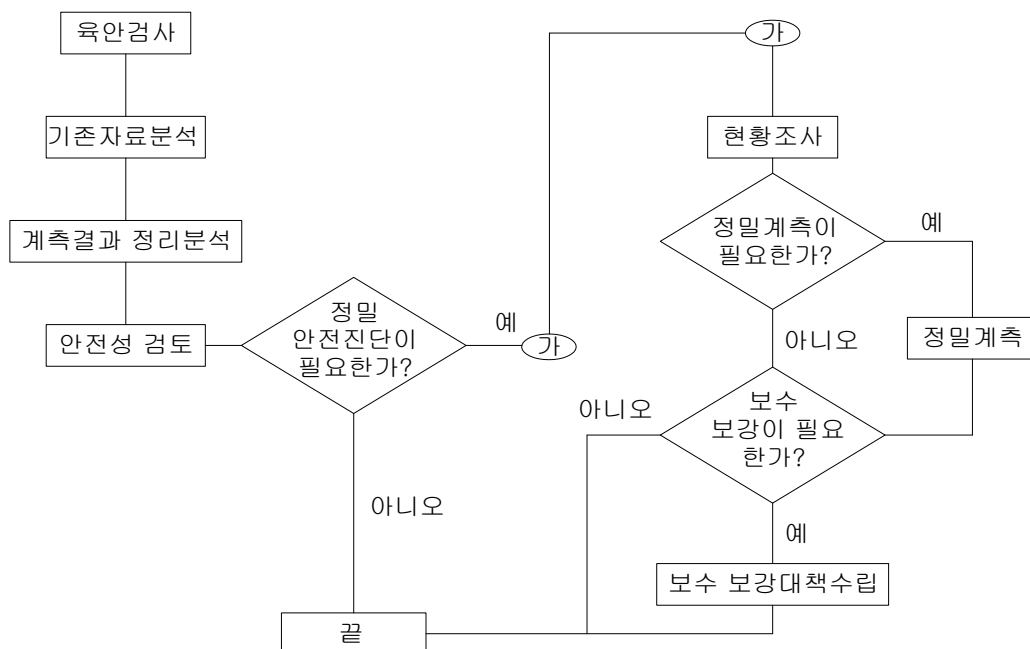
- 옹벽시공에 사용된 재료(보강재, 견čit돌, 철망 등)의 시험이 필요한 경우에는 「세부지침」 등 규정에 의하여 실시한다.

8) 대상 시설물의 계측계획과 방법

- 대상 시설물의 사전조사 과정에서 위험한 요소의 판단, 정밀조사 부위의 선정은 물론 계측기를 이용한 진단요소 등을 결정하도록 한다. 정밀안전점검과 정밀안전진단 시 계측관리에 따른 적용과 구조물의 현황파악을 위하여 [그림 13.2] 및 [표 13.2]와 같이 계측관리를 하면 보다 효율적인 구조물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.

<정밀점검>

<정밀안전진단>



[그림 13.2] 계측자료 활용의 흐름도

[표 13.3] 계측조사 항목 내용

진단항목	계 측 내 용	계 측 기 기	비 고
균 열	- 균열폭 - 균열길이 - 균열방향	- 균열폭자(단) - 균열폭경(단) - 균열내시경(단) - 균열측정기(장)	
침 하	- 지중침하 - 지표침하	- 지중침하계(장) - 지표침하계(장) - 측량기	기초지반 배면지반
누수·용수	- 누수량 - 누수지점 및 범위 - 피압수	- 유량측정기(단) - 지하수위계(장, 단) - 간극수압계(장, 단)	
계획선형 오차(전도/경사)	- 전면부 기울기	- 측량기 - tiltmeter - 클리노 컴퍼스 - 지중경사계(장, 단)	
안전성평가	- 토압	- 토압계(장, 단)	

(주) 장 : 계측기를 설치하여 장기간 동안 계측이 필요한 경우 적용

단 : 당해 안전점검 및 정밀안전진단 시만 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. 옹벽 시설물의 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 내구성, 배면 및 기초지반의 상태 등을 정량적으로 구해야한다.

안전점검 및 정밀안전진단 시의 사전조사와 점검항목 및 방법을 제시하며, 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

1) 사전조사

점 검 사 항	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과분석 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사와 적정성 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

2) 정기안전점검

옹벽형식	점검방법	점검사항	비고
콘크리트 옹벽	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 누수, 층분리 및 박락, 백태 ○ 철근노출 ○ 배수공상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
보강토 옹벽	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
석축	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
돌망태 옹벽	간단한 외관조사	○ 기초부의 세굴 ○ 채움재 유실 ○ wire mesh의 파손 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열	

※ 정기안전점검은 간단한 기구 등을 지참하여 점검한다.

※ 주변영향인자 조사 중 사면상태에 대한 평가는 절·성토 사면을 보호하는 시설물을 대상으로 실시한다.

3) 정밀안전점검

옹벽형식	점검방법	점검사항	비고
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공상태 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 반발경도법에 의한 강도조사 · 탄산화 시험 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
보강토 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
석축	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 · 배수공의 상태 · 암석의 풍화도 판정 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사)	
돌망태 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 채움재 유실 · wire mesh의 파손 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열	

4) 정밀안전진단

옹벽분류	진 단 항 목	조사방법
콘크리트 옹벽	○ 균열조사 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
	○ 누수부위 조사	적외선 탐사법 초음파 탐사법 육안조사
	○ 전면부 - 콘크리트 두께조사(피복조사) - 콘크리트 강도 - 철근배근 탐사 및 부식도 측정 - 열화조사 · 파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 · 탄산화 및 염분조사 - 균열깊이 측정	탄산화시험 레이다탐사법 충격탄성파시험 표면타격법 코아채취 시험 자연전위법 측정기 초음파 탐사법 육안조사 염해조사 등
	○ 기초부 세굴	육안조사
	○ 배수공 상태	육안조사
보강토 옹벽	○ 전면부 - 강도조사 - 유실 및 이격 - 파손 및 손상, 균열 ○ 뒷채움토 입도 ○ 보강재 허용인장강도 및 내구성 등	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등 표면타격법 시료채취조사 재료시험
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 진행성 배부름	측량 또는 계측
석축	○ 전면부 - 강도조사 - 유실 및 이격 - 파손 및 손상, 균열 - 채움콘크리트 상태 - 암석의 풍화정도 - 진행성 배부름 현상 ○ 배수공 상태	표면타격법 육안조사 육안조사 육안조사 육안조사 측량 또는 계측
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
돌망태 옹벽	○ 채움재 유실 ○ wire mesh 파손 ○ 결속철망 상태 ○ 진행성변형	육안조사 육안조사 육안조사 측량 또는 계측
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
공 통	○ 지반조사 (주동영역 및 수동영역 각각 1개소 이상) ○ 옹벽 주변 영향인자 ○ 진행성 변형·변위 조사	시추조사 및 실내실험 육안조사 육안조사 진행성결함 조사에 필요한 측정장비

5) 공중이 이용하는 부위 점검항목

점검부위	점검사항	비고
공중이 이용하는 부위	- 추락방지시설의 상태 - 도로부 포장 및 신축이음부 상태 - 환기구 등의 덮개 상태 - 기타조사	

13.3 재료시험 항목 및 수량

13.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 13.4] 옹벽별 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	○ 측점분할 (평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등 ○ 계획선형 오차(전도/경사)¹⁾	○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험법(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법) ○ 콘크리트 염화물 함유량²⁾ ○ 철근배근 상태조사 ○ 진행성 변형 및 변위
보강토 옹벽	○ 재료시험(블록 및 보강재)³⁾	○ 진행성 배부름 현상
석 축	○ 암석풍화도 판정 ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트 상태	○ 진행성 배부름 현상
돌망태 옹벽	-	○ 진행성 변형 및 변위

주1) 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.
단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

주2) 제1장 교량 1.3.1절 참조

주3) 보강재 시험의 경우 현장 여건을 고려하여 관리주체와 협의하에 조정 가능

[표 13.5] 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본 과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 채움 콘크리트 상태	○ 현장측정
	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가
	○ 진행성 변형 및 변위	○ 관측 또는 계측에 의한 결함의 진행성 여부 판단
	○ 지반조사	○ 토압 및 지지력 검토로 안전성평가 ○ 시추 또는 원위치 시험

※ 옹벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 [표 13.4]에서 제시한 콘크리트 옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 13.2]의 옹벽 재료형식 및 상태평가항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 13.6] 정밀안전점검 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측정분할	○ 20m 간격, 신축이음부	○ 책임기술자 조정 가능
측 량	○ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
반발경도시험	○ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
탄산화 깊이 측정	○ 총 연장 • 100m미만 : 2개소 • 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능
암석의 풍화도	○ 평가단위당 1개소	
채움콘크리트상태	○ 평가단위당 1개소	

[표 13.7] 정밀안전점검 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 책임기술자 판단에 따라 기준수량 결정	○ 실내시험 선택과업
염화물 함유량 시험	○ 총연장 • 100m미만 : 2개소 • 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근탐사시험 ¹⁾	○ 총수량 = (총연장 ÷ 50m)개소	
지반조사 ²⁾	○ 대표지반 설정 1회	
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	
토 압	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

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

주2) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능

13.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 13.8] 옹벽별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	○ 측점분할 (평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등 ○ 진행성 변형 및 변위 조사 (계획선형오차, 배부름 등)	○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험법(반발경도법, 초음파법) ○ 철근배근탐사 - 철근간격, 철근피복두께 ○ 철근부식도 측정 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량¹⁾ ○ 균열조사(깊이, 길이, 진행성여부)	○ 콘크리트강도 - 국부파괴시험법(코어채취) ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 시험
보강토 옹벽	○ 재료시험(블록 및 보강재)²⁾	—
석 축	○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트의 상태 ○ 암석풍화도 판정	—
돌망태 옹벽	—	—

주1) 제1장 교량 1.3.2절 참조

주2) 보강재 시험의 경우 현장 여건을 고려하여 관리주체와 협의하에 조정 가능

[표 13.9] 옹벽별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도시험, 초음파법	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 철근 매입깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가
	○ 진행성 변형 및 변위 조사	○ 관측 또는 계측에 의한 결함의 진행성 여부 검토
선택과업	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 지반조사	○ 토압산정과 지지력 검토
	○ 지하수위측정시험	○ 부력 및 양압력의 고려가 필요한 지반에서 실시
	○ 지중경사 계측	○ 계획선형 오차, 배부름 등 파악
	○ 토압	○ 계측에 의한 토압산정

※ 옹벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 [표 13.9]에서 제시한 콘크리트 옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 13.2]의 옹벽 재료형식 및 상태평가항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 13.10] 콘크리트 옹벽의 정밀안전진단 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 20m 간격, 신축이음부	○ 책임기술자 조정 가능
측 량	○ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
진행성 변형 및 변위 조사	○ 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 평가단위당 1개소 이상	○ 동일 부위 시험 원칙
초음파전달속도시험		○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근부식도시험	○ 총연장 100m 미만 : 2개소 ○ 총연장 100m 이상 : 50m당 1개소 추가	○ 시험 실시 근거 명기
탄산화 깊이 측정		○ 책임기술자가 상향조정 가능
염화물 함유량시험		○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근탐사시험	○ 평가단위당 1개소	○ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
균열깊이 조사	○ 평가단위에서 조사된 최대균열폭에 실시	

[표 13.11] 콘크리트 옹벽의 정밀안전진단 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 총연장 100m 미만 : 2개소 ○ 총연장 100m 이상 : 50m당 1개소 추가	○ 실내시험 선택과업 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
지반조사 ²⁾	○ 대표지반 설정 1단면 이상	○ 주동영역, 수동영역 각각 1회 이상
지하수위측정 ³⁾	○ 대표지반 설정 1회 이상	○ 책임기술자가 상향조정 가능
지중경사계측	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토 압	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

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

주2) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능

주3) 양압력 및 부력의 영향이 있을 수 있는 지반에 대하여 실시

13.4 상태평가기준 및 방법

13.4.1 상태평가기준

가. 옹벽별 상태평가기준

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

1) 결함점수 및 결함지수 산정 기준

(가) 콘크리트 옹벽

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	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	4	4
	염화물	0	1	2	4	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변 영향인자	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
철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{76}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{64}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 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

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	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
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
보강토 옹벽 결함지수 (F)		①	Σ 결함점수 52		②	Σ 결함점수 36

- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
- ※ 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) 석 축

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	1	2	3	4
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
배수공 상태		0	3	6	9	12
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
채움콘크리트상태		0	1	2	3	4
암석의 풍화도		0	1	2	2	4
세 굴		0	4	8	12	16
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	Σ 결함점수 76		②	Σ 결함점수 60

- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
- ※ 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

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	1	2
활 동		0	1	2	3	4
채움재 유실		0	1	2	3	4
wire mesh 파손 및 손상		0	2	4	6	8
진행성 변형 발생		0	1	2	3	4
결속철망 상태		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
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	$\frac{\sum \text{결함점수}}{46}$		②	$\frac{\sum \text{결함점수}}{30}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

2) 옹벽시설물의 상태평가기준

[표 13.12] 옹벽시설물의 상태평가기준

상태평가기준	시설물의 상태평가 내용	비고
A	$0.00 \leq F < 0.15$	F = 옹벽결함지수
B	$0.15 \leq F < 0.30$	
C	$0.30 \leq F < 0.55$	
D	$0.55 \leq F < 0.75$	
E	$0.75 \leq F$	

13.4.2 상태평가항목 및 기준

가. 상태평가항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 단계는 옹벽 상태평가결과와 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하고 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 단계를 하향조정하도록 하였다.

또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용해 결함의 진행여부를 판단하도록 하였다.

나. 콘크리트 옹벽

[표 13.13] 침하의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	○ 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 13.14] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.

단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

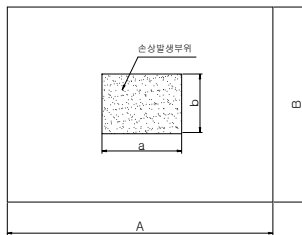
[표 13.15] 활동의 상태평가기준(공통적용)

평가기준	결함점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	○ 활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○ 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○ 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	○ 활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	○ 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 13.16] 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	깊이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a	0	없음	a	a
b	1	0mm~5mm 미만	b	c
c	2	5mm~10mm 미만	c	d
d	3	10mm~20mm 미만	d	e
e	4	20mm 이상	e	e

<해설>



$$\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

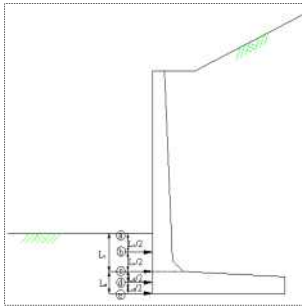
[표 13.17] 기초부 세굴의 상태평가기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 각 용벽형식별 <해설>참조 -
b	4	
c	8	
d	12	
e	16	

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

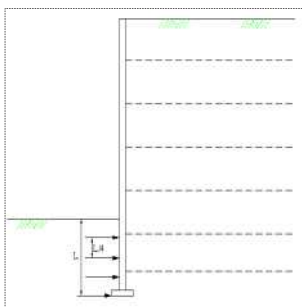
주) 상태평가결과가 "e"이면 13.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

< 해설 >



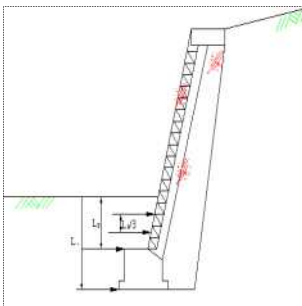
- 콘크리트 옹벽

- 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
- 2) 세굴이 (지표면에서 헨치하부 / 2) 부분까지 발생한 상태 : b
- 3) 세굴이 저판의 헨치하부까지 발생한 상태 : c
- 4) 세굴이 (저판의 최대두께 / 2) 부분까지 발생한 상태 : d
- 5) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e



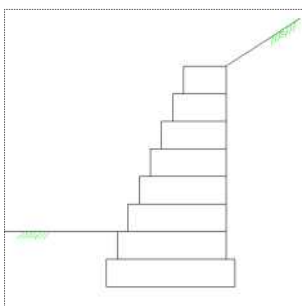
- 보강토 옹벽

- 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
- 2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d
- 3) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e



- 석축

- 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
- 2) (기초콘크리트 상단까지의 깊이 / 3)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c
- 3) 기초콘크리트 상단까지 세굴이 발생한 상태 : d
- 4) 기초 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e



- 돌망태 옹벽

- 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
- 2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d
- 3) 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e

[표 13.18] 마모/침식의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	◦ 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	◦ 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	◦ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d	1	◦ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태 (심한상태)
e	1	◦ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

[표 13.19] 박락 및 층분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	15mm 미만	b	c
c	2	15mm~20mm 미만	c	d
d	3	20mm~25mm 미만	d	e
e	4	25mm 이상	e	e

※ 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

[표 13.20] 박리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5mm 미만	b	c
c	1	0.5mm~1.0mm 미만	c	d
d	1	1.0mm~25mm 미만	d	e
e	2	25mm 이상이거나 조골재 손실	e	e

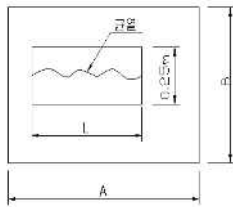
※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

[표 13.21] 균열의 상태평가기준

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적을 20%미만	면적을 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1mm 미만	a	a
b	2	0.1~0.2mm 미만	b	c
c	4	0.2~0.3mm 미만	c	d
d	6	0.3~0.5mm 미만	d	e
e	8	0.5mm이상	e	e

<해설>

- 1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 단계를 하향조정하고 정밀진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.
- 2) 균열형상은 종균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.
- 3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계를 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 로 하향 조정한다.
 - 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \%$$

- 4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다.

콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함기준을 1단계 하향조정하고, "d" 이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.
- 5) 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어렵다. 따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시한다.
 - 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가결과보다 1단계 하향 조정한다.
 - 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 실시한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정한다.

[표 13.22] 백태의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 없음
b	0	○ 국부적으로 발견
c	1	○ 여러곳에서 발견
d	1	○ 심한상태
e	1	○ 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

[표 13.23] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

평가기준	결함점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	0	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	2	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	4	○ 0mm미만	철근부식 발생
e	—	—	—

주1) 상태평가결과가 "d"이고, [표 13.25](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 13.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

주2) 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다.

[표 13.24] 전염화물 이온량의 상태평가기준

평가기준	결함점수	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	0	○ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	2	○ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	4	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	—	—	—

주) 상태평가결과가 "d"이고, [표 13.25](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 13.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.29] 참조

[표 13.25] 철근노출의 상태평가기준

평가기준	결함점수	철근노출 면적율
a	0	0%
b	1	0% 이상 ~ 1% 미만
c	2	1% 이상 ~ 3% 미만
d	3	3% 이상 ~ 5% 미만
e	4	5% 이상

$$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \%$$

[표 13.26] 배수공 상태의 상태평가기준(석축, 콘크리트)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	3	○ 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	6	○ 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	9	○ 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	12	○ 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

다. 보강토 옹벽

[표 13.27] 침하의 상태평가기준(보강토, 돌망태)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	3cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	0	5cm이상 ~ 10cm미만	3cm이상 ~ 8cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~ 20cm미만	8cm이상 ~ 16cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20cm이상 ~ 30cm미만	16cm이상 ~ 25cm미만	
e	2	30cm이상	25cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 13.28] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가기준(보강토 옹벽)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	1	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가함

단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가함

※ 보강토 옹벽은 시공중의 변위발생이 5%미만이고, 진행성이 아닌 경우에는 구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용한다.

[표 13.29] 진행성 배부름의 상태평가기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	6	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8	○ 매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

[표 13.30] 파손 및 손상, 균열의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	○ 파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	○ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	○ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

[표 13.31] 이격의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

[표 13.32] 유실의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

라. 석축

[표 13.33] 채움콘크리트 상태의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 채움콘크리트에 일부 미세한 균열이 발생한 상태
c	2	○ 채움콘크리트에 일부 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태
d	3	○ 채움콘크리트가 풍화된 상태 (작은 충격 혹은 문지름에 시멘트 모르타가 떨어져 나가는 상태)
e	4	○ 채움콘크리트가 유실된 상태

[표 13.34] 암석의 풍화도 상태평가기준

평가기준	결함점수	풍화단계	조사된 상태
a	0	신선함(F)	○ 암석의 풍화 흔적을 볼 수 없는 경우
b			
c	2	약한풍화(SW)	○ 불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지수가 된다. ○ 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있는 경우
d			
e	4	보통풍화(MW)	○ 조암광물의 절반 이하가 변질되거나 토양으로 분해된 상태

마. 돌망태 옹벽

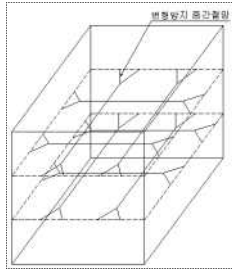
[표 13.35] 채움재 유실의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 상태
c	2	○ 다소 크게 발생한 상태
d	3	○ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	4	○ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

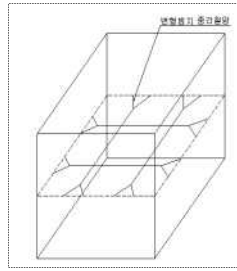
[표 13.36] 철망 결속상태의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 해설 참조 -
b	1	
c	2	
d	3	
e	4	

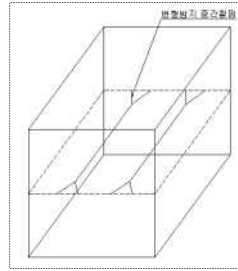
< 해설 >



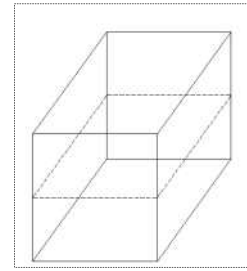
(a)



(b)



(c)



(d)

- 1) 변형방지 철망이 가로, 세로 각각 3단 이상일 경우 : a
- 2) 가로, 세로 각각 2단일 경우(그림 a) : b
- 3) 가로, 세로 각각 1단일 경우(그림 b) : c
- 4) 가로 또는 세로 단방향으로 1단일 경우(그림 c) : d
- 5) 변형방지철망이 설치되어 있지 않은 경우(그림 d) : e

[표 13.37] wire mash의 절단 및 파손의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상의 진행 가능성이 없는 상태
c	4	○ 파손이 경미하지만 추가적인 손상 진행의 가능성이 있는 상태
d	6	○ 파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진행된 상태
e	8	○ 철망이 파단되어 채움재 유실과 구조적 안정에 영향을 미칠 정도의 상태

[표 13.38] 진행성 변형발생의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	2	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	3	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	4	○ 매우 심하여 경사가 발생하고, 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

바. 공중이 이용하는 부위

[표 13.39] 추락방지시설의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

[표 13.40] 도로포장의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

[표 13.41] 도로부 신축이음부의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

[표 13.42] 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

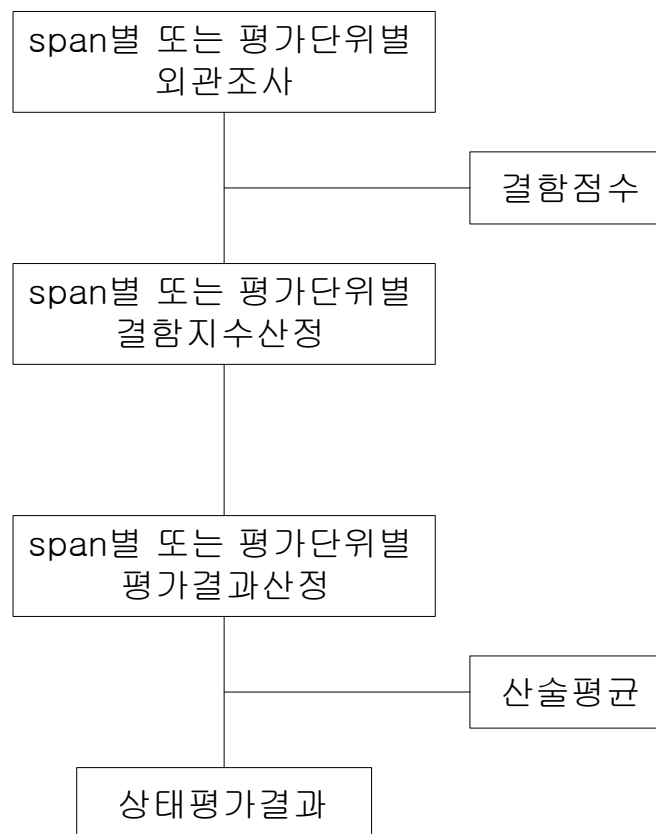
평가기준	구분
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

13.4.3 상태평가결과 산정 방법

가. 상태평가결과 산정

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임 기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가결과를 결정한다.

평가과정은 [그림 13.3]과 같다.



[그림 13.3] 상태평가결과 산정 흐름도

나. 상태평가결과 산정 방법

콘크리트 옹벽의 상태평가결과 산정 방법을 단계별로 구분하여 예시하였다.

균열 w=0.2mm L=2.0m 박리 t=0.3mm	균열 w=0.3mm L=2.0m 배수공막힘 박락	균열 w=0.3mm L=2.0m	박락 파손	파손
Span No.1	Span No.2	Span No.3	Span No.4	Span No.5

[평가결과 산정 절차]

Span No.	침하	기울기	활동	파손 및 손상	세굴	마모/ 침식	박락/충분리	박리	균열	백태	탄산화	염화물	철근노출	배수공상태	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
															사면상태						
															배수로	사면구배	낙석흔적	침출수			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	10	0.13	a
2	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	0	0	9	0	0	0	0	15	0.22	b
3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	12	0.16	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	0.17	-
															상태평가결과				B		

다. 복합식 옹벽의 상태평가 산정방법

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

[복합식 옹벽 상태평가 등급 도출의 예]

구간	재료형식	면적 (m ²)	총 면적 (m ²)	결함지수	가중평균 결함지수
No 1~3	콘크리트 옹벽	450	750	0.12	$\frac{450 \times 0.12 + 300 \times 0.24}{750} = 0.168$
No 4~5	보강토 옹벽	300		0.24	
				상태평가결과	B

13.5 안전성평가기준 및 방법

13.5.1 일반

가. 일반

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀안전점검 또는 긴급점검시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 「법」 제12조에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 본 세부지침의 안전성평가기준에 따라 시설물의 안전성평가결과를 결정한다.

안전성평가 시 각 재료형식별 토압산정 및 적용안전율은 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준)을 근거로 실시하도록 하며, 여기에 제시되지 않은 사항에 대해서는 보편화된 방법 또는 개정된 내용을 이용토록 한다. 토압산정 시 지하수위의 고려여부는 설계도서를 검토하여 시설물이 배면지반 포화 시에도 충분한 저항력을 고려해 설계했는지를 검토한 후 결정한다. 또한 소단을 통해 연속적으로 구성되어있는 옹벽시설물에 대해서는 소단을 기준으로 각각 개별시설물로 간주하며, 이때 상부옹벽은 하부옹벽의 상재하중으로 적용하여 평가를 실시하도록 한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석 방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

나. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 비파괴 시험결과 분석
- ② 토질조사 등의 결과 분석
- ③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- ④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석
- ⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

13.5.2 안전성평가기준

정밀안전점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성평가결과를 산정한다.

정밀안전점검 시 옹벽의 상태평가결과가 D급 이하로 판정되거나 혹은 우각부와 같은 주요부위에 중대한 결함이 발생되었을 때, 전면부 진행성 배부름, 사면 인장균열, 단차 등이 발생하여 원인분석이 필요하다고 판단될 때에는 안전성평가를 실시한다. 단, 상기의 경우를 포함하고 준공 이후 인접구조물이 시공된 경우 등 상재하중이 증가되었을 경우에는 안전성평가를 실시하여야 한다.

옹벽의 안전성은 크게 내적·외적 안전성으로 구분하며 국내에서는 대상구조물의 안전성평가는 평가대상 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.

상태평가결과 D급 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 현 상태의 시설물 상태를 최대한 고려하여 해석한다.

또, 옹벽구조물 뿐만 아니라 기초지반 및 배면지반이 포함된 전체안전성 해석이 필요하며, 전체안전성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 안전성평가에서 사용되는 모든 전산해석프로그램은 범용으로 사용되고 있는 검증된 프로그램을 사용하도록 한다.

13.5.3 안전성평가결과 산정 방법

가. 안전성평가결과 산정

1) 일반

안전성평가는 조사범위의 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 안전성평가 결정은 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 각 항목에 대한 안전율 중 최저치를 안전성 결과로 결정한다.

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

2) 안전성평가기준

옹벽의 안전성평가는 외적안전성평가와 내적안전성평가로 구분하여 실시한다.

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 건설기준코드(구 구조물기초 설계기준), 옹벽 표준도 작성연구(1998, 건설교통부) 및 구조형식이 유사한 항만구조물의 중력식 안벽 평가기준을 참고로 작성하였다.

- ① 허용안전율 이상인 경우 : a
- ② 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우 : b
- ③ 허용안전율보다 작은 경우 : c, d, e으로 표현한다.

[표 13.43] 각 재료형식별 내적안전성 평가기준

구 분	평가기준 검토항목	a	b	c	d	e	비 고
콘크리트 옹벽	전단력 검토	1.0이상	1.0이상 ^{※)}	1.0미만	0.9미만	0.75미만	$\frac{\text{설계모멘트(전단력)}}{\text{작용모멘트(전단력)}}$
	휨모멘트 검토			~ 0.9이하	~ 0.75이하		
보강토 옹벽	인발파괴에 대한 안정	1.0이상	1.0이상 ^{※)}	1.0미만	0.9미만	0.75미만	$\frac{\text{보강재적용길이}}{\text{보강재소요길이}}$
	보강재 파단에 대한 안정			~ 0.9이하	~ 0.75이하		$\frac{\text{설계인장강도}}{\text{작용인장응력}}$
석축	벽체의 평균폭	1.0이상	1.0이상 ^{※)}	1.0미만 ~ 0.9이하	0.9미만~ 0.75이하	0.75미만	$\frac{\text{실제평균폭}}{\text{평균폭산정값}}$

<해설>

1. ※) : 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우
2. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 작용모멘트(또는 전단력)와 설계모멘트(또는 전단력)의 비로 평가한다.
3. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 각 구조부재별 전단력과 모멘트의 검토로 이루어지며, 검토 결과의 최솟값을 대푯값으로 설정한다.
4. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토는 각각 항목에 대한 설계값과 현 조건에서의 산정값의 비로 평가한다.
5. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토시 보강재와 성토재료와의 마찰계수와 토압분포산정은 건설 기준코드(구 구조물기초 설계기준)에 의하여 산정한다.
6. 보강토 옹벽의 인발파괴 및 파단에 대한 안전성 평가시 적용안전율은 다음과 같다.
 - 인발파괴에 대한 검토 : 1.5
 - 보강재 파단에 대한 검토 : 철재보강재 1.0, 섬유보강재 1.5
(보강재의 항복강도 결정시 변형율은 NCMA(national concrete masonry association), BS(british standard)규정 등에 의해 결정한다.)
7. 석축의 벽체평균폭 검토는 Hendron(1960)의 제안식을 이용해 한계비 검토에 따른 평균폭 산정과 현 상태의 평균폭에 대한 비로 평가한다.

[표 13.44] 외적 안전성평가항목 및 평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

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

<해설>

- ※) : 허용안전율 이상이나 손상이 있는 경우
- 지지력은 (지반의 극한지지력/작용응력)의 비로 평가한다.
- 침하는 (보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가한다.
- 활동은 수평활동과 원호활동을 구분하여 실시한다.

[표 13.45] 외적 안전성평가항목 및 평가기준(보강토옹벽, 돌방태옹벽)

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

<해설>

- ※) : 허용안전율 이상이나 손상이 있는 경우
- 지지력은 (지반의 극한지지력/작용응력)의 비로 평가한다.
- 침하는(보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가한다.
- Rigid Box위에 축조된 보강토 옹벽의 해석은 Box와 옹벽을 일체로 해석한다.

나. 안전성평가결과 산정 방법

옹벽의 안전성평가결과 산정 방법을 예시하였다.

[표 13.46] 콘크리트 옹벽의 안전성평가결과 산정 예

시설물 안전성평가결과 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		평상시 안전율 적용
침하		1.2	a		—
지지력		3.5	a		—
구조 검토	전단력	1.0	a	c (최저값)	전단력 및 모멘트 검토결과의 최저값을 안전성 대표기준으로 설정
	모멘트	0.95	c		
안전성평가결과		○ 안전성평가결과 = C			

13.6 종합평가기준 및 방법

13.6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 [표 13.47]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 13.47] 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수(E)	종합평가기준	비 고
$0.00 \leq (E) < 0.15$	A	
$0.15 \leq (E) < 0.30$	B	
$0.30 \leq (E) < 0.55$	C	
$0.55 \leq (E) < 0.75$	D	
$0.75 \leq (E)$	E	

13.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 산정

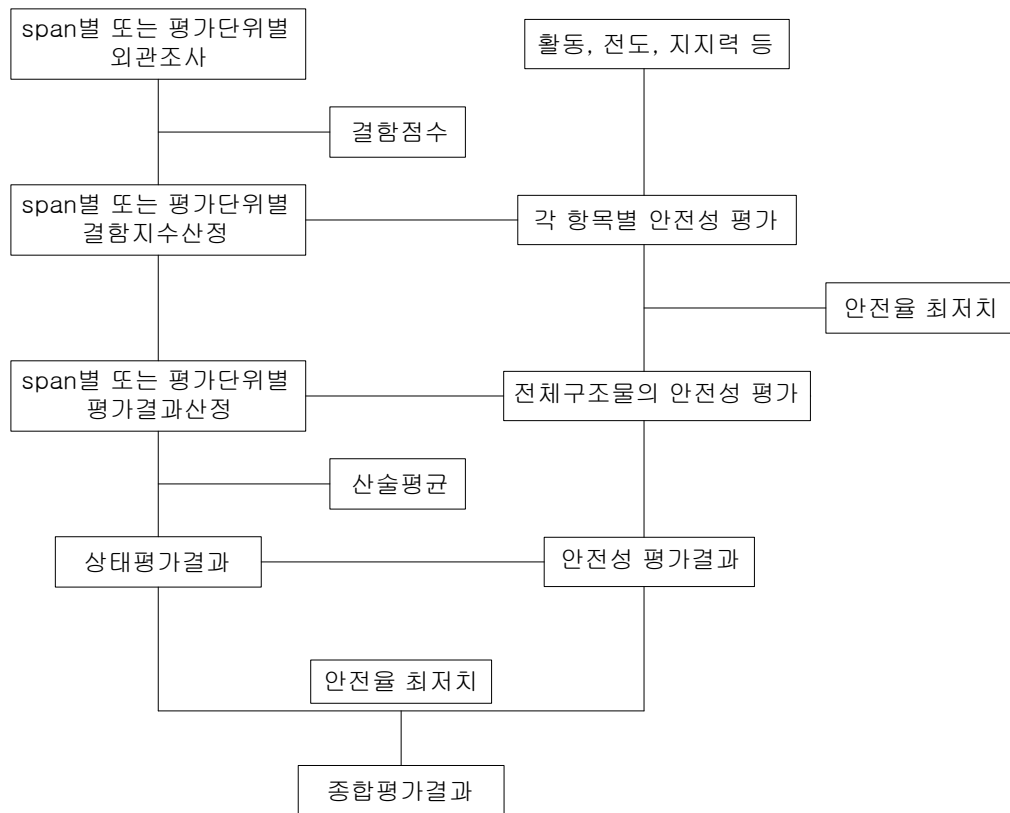
옹벽 상태평가와 안전성평가의 2개 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가결과 [그림 13.47]와 같이 결정한다.

1) 정밀안전점검

옹벽 상태평가를 종합하여 상태평가결과를 결정하며, 옹벽의 안전성평가를 실시한 경우에는 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교하여 최저결과를 옹벽 종합평가결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

옹벽 상태평가결과와 안전성평가결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가결과로 결정한다.



[그림 13.4] 종합평가결과 산정절차

나. 종합평가결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 동시에 수행한 경우에 종합평가결과 산정 방법은 다음과 같다.

[표 13.48] 옹벽의 종합평가결과 산정 예시

시설물 종합평가결과 산정표				
시설물명	OO시 OOAPT 진입로 옹벽		표번호	
평가구분	옹벽 결함지수	평가결과	비고	
상태평가	F=0.49	C	근거표번호	
안전성평가		B	근거표번호	
종합평가		C		
종합평가결과	옹벽의 종합평가결과 : C			

13.7 보수·보강 방법

옹벽 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

[표 13.49] 옹벽에 영향을 미치는 현상과 요인

역학적 거동과 원인			자연적 요인				인위적 요인			
역학적 거동		원 인	특수 지형	특수 지질	저온	기타	설계불량	배수불량	시공불량	기타
하중 증가	토압증대	편도압, 사면활동 등	○	○						
		배면지반 하중증가						○		○
	수압증대	지표수 유입				○		○	○	
		배수불량, 지하수 차단		○			○	○		
		인접시설(상·하수도)누수					○	○	○	
	기타	재하(載荷), 제하(除荷), 근접시공								○
		지진				○	○			
기초지반 지내력 저하	침하, 활동	근접시공(굴착)					○			○
		지진				○				
		지하수위 상승	○				○			
옹벽의 지내력 저하	구조노후화	균열, 박리, 단면변형				○	○		○	
	재료노후화	탄산화				○				
		저온, 습윤			○		○	○		
		배합불량							○	
	기타	지진			○					
		화재, 충격(차량 및 낙석충돌 등)								○

13.7.1 철근부식에 대한 보수 공법

철근이 부식되어 있는 부분이 노출되도록 콘크리트를 파취하고, 철근이 부식된 부분의 녹을 제거하여 철근에 방청처리를 한 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한 후에 폴리머 시멘트 모르타(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

13.7.2 누수에 대한 보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장애와 노후화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수 대책의 수립이 필요하다.

13.7.3 콘크리트 탄산화 부위 보수 공법

탄산화가 20~30mm 정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르타르로 보수하는 것이 원칙이나, 이러한 경우 공사비용이 과다하기 때문에 현실적으로 불가능하다는 지적이 있다.

따라서 구조체의 경우 탄산화를 방지할 수 있는 콘크리트 탄산화 방지용 밀폐형 기밀 도료(중성화방지제)칠을 한다.

13.7.4 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직 구성을 파쇄하고, 파괴된 토립자와 경화재를 혼합 교반하여 초대형의 원주상 고결체를 조성하는 공법이다.

2) 압력주입 그라우팅 공법

비유동성(고결체에 가까움)주입재를 지반에 압입하여 균일한 고결체를 형성함과 동시에 주변지반을 압축 강화시키는 공법으로 주입재가 흙의 공극속으로 침투되는 것이 아니라 동공을 매우거나 주입재를 압입하여 지중의 소요 보강부위에 적합하고 다양한 형상의 기초를 시공하는 공법이다.

3) 앵커공법

특수조직으로 구성된 앵커를 지반에 삽입한 후, 모르타 또는 시멘트 밀크를 압입주입하고 구근을 형성하여 발생하는 지반지압에 의한 인장력으로 구조체의 안정을 도모하는 공법이다.

4) 성토하중 경감공법

배면 에프론부를 소정의 심도까지 굴착하고 콘크리트 슬래브를 설치하거나 중공구조물을 설치함으로써 상부로부터 전달되는 성토하중을 감소시켜 전면 구조물의 안정(전도, 활동, 지지력)을 도모하는 공법이다.

5) 경량재료치환공법

벽체배면의 뒷채움을 고분자 계통의 경량제품인 E.P.S(expand polystyrene form)로 치환하거나 이 이외에도 환경오염의 염려가 없는 한 성토체보다 가볍고 내구성 등의 성토 목적을 충족시킬 수 있다면 다른 유사 재료를 치환함으로써 벽체에 작용하는 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하는 공법이다.

13.7.5 경사 및 전도에 대한 보수·보강공법

전면부의 수동토압의 감소현상이나 배면 주동토압의 증가로 발생하는 손상 형태에 대한 보수·보강기법으로 다음과 같은 공법들을 제안한다.

1) 저항모멘트 감소에 대한 보수·보강

- 전면 기초지반 세굴부위의 보강
- 지반의 고압분사교반공법
- 압력주입그라우팅 공법에 의한 강도증진
- 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가

2) 전도모멘트 증가에 대한 보수·보강

- 주동토압계수 감소기법
 - 압력주입그라우팅 공법 : 천공된 구멍을 통하여 지반의 간극에 액상물질을 주입시킴으로서 지반을 경화시키는 공법
 - 고압분사교반공법 : 비트를 회전시킴으로서 지반을 교란시키며 액성시멘트 혼합물을 주입하여 흙과 교반되도록 하여 지반을 개량하는 공법
- 배면 성토하중을 경감시키는 공법

13.7.6 구조물의 활동에 대한 보수·보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

13.7.7 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법

뒷채움부의 침하형태는 지반의 압밀침하 및 전단파괴를 동반하여 나타나는 광역침하와 뒷채움 흙의 특정부위가 침하하는 국부침하로 나눌 수 있으며, 보강방법으로는 윗항의 공법과 유사한 공법들이 적용된다.

13.7.8 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법

일반적으로 결손 단면이 큰 경우에는 프리팩트 콘크리트 공법을 사용하게 되는데 단면구조체에 형틀을 설치하고 보수 부분에 조골채 충전, 주입재 충전, 양생 탈형의 공정으로 이루어진다.

13.7.9 동해에 대한 보수·보강 공법

배면토 내부의 수분이 추위로 인하여 서서히 동결하여 그 팽창압력에 의해 옹벽 구조재료에 손상을 입히는 경우로 보강토 옹벽 보강재 등은 특히 고려해 볼만하다.

동상의 발생에는 온도와 물, 토질의 세 가지 요소가 필요한데 이중 대책이 용이한 것은 토질이며, 배면토의 치환공법 등을 적용할 수 있다.