

RD-12-E6-020

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(옹벽)

2012. 12.



머 리 말

우리나라는 '60년대 이후의 급속한 경제성장 과정에서 대부분의 시설물들이 “공기단축” 과 “공사비절감” 위주로 건설되어 선진국의 시설물에 비해 시작부터 안전에 취약할 수밖에 없었습니다. 그럼에도 불구하고 사용 중 유지관리 마저 소홀히 하여 '90년대 들어 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고 등의 값비싼 대가를 치른 경험이 있습니다.

이에 따라 정부에서는 1995년 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 을 제정하여 시설물의 안전관리를 시행하고 있으며, 특히 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 표준화하기 위하여 국토해양부와 우리공단은 교량·댐 등 12개 국가 주요시설물의 점검·진단 업무의 실시방법 및 절차 등을 규정한 세부지침을 마련하였습니다.

이 해설서는 2010.12월 출간된 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 중 시설물편 제11장 옹벽에 대한 바른 이해와 적절한 적용에 도움이 되도록 하기 위하여 작성되었습니다. 2011년에 공통편과 시설물편 6종(교량, 터널, 댐, 항만, 상수도, 건축)의 해설서를 발간하였으며, 금년에는 시설물편 나머지 6종(하구둑, 수문, 제방, 하수처리장, 옹벽, 절토사면)의 해설서를 발간하게 되었습니다.

아울러 본 해설서는 초보자가 알기 쉽도록 그림과 사진 등을 많이 포함하여 편집 구성에 최선을 다하였으나 미흡한 점도 많을 것입니다. 앞으로 계속 보완 발전시켜 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 유용하게 활용될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

끝으로 본 해설서 개발작업에 참여하여 주신 직원과 자문위원 여러분들의 노고에 깊은 감사를 드리는 바입니다.

2012년 12월

한국시설안전공단 이사장 김 경 수

제 목 차 례

11.1 관리 일반

11.1.1 적용범위	11-1
11.1.2 용어정의	11-2
11.1.3 중대한 결함의 정도	11-2

11.2 현장조사

11.2.1 시설물의 점검 사항	11-4
-------------------------	------

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.3.1 정밀점검	11-44
11.3.2 정밀안전진단	11-47

11.4 상태평가 기준 및 방법

11.4.1 상태평가 기준	11-51
11.4.2 상태평가 항목 및 기준	11-54
11.4.3 상태평가 결과 산정 방법	11-70

11.5 안전성평가 기준 및 방법

11.5.1 일반	11-76
11.5.2 안전성평가 기준	11-78
11.5.3 안전성평가 결과 산정 방법	11-105

11.6 종합평가 기준 및 방법

11.6.1 종합평가 기준	11-109
11.6.2 종합평가 결과 산정 방법	11-110

11.7 보수·보강 방법

11.7.1 철근부식에 대한 보수공법	11-113
11.7.2 누수에 대한 보수공법	11-117
11.7.3 콘크리트 탄산화에 대한 보수공법	11-117

11.7.4 침하에 대한 보수·보강 공법	11-117
11.7.5 경사 및 전도에 대한 보수·보강공법	11-118
11.7.6 구조물의 활동에 대한 보수·보강공법	11-119
11.7.7 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법	11-119
11.7.8 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법	11-119
11.7.9 동해에 대한 보수·보강공법	11-119
부록 A. 과업지시서 예시	11-123
부록 B. 사전검토 보고서 예시	11-139

제 11 장 응 벽

11.1 관리일반

11.2 현장조사

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.4 상태평가 기준 및 방법

11.5 안전성평가 기준 및 방법

11.6 종합평가 기준 및 방법

11.7 보수·보강 방법

제11장 응벽

11.1 관리 일반

11.1.1 적용 범위

본 장은 「법」 제2조(정의) 및 「영」 제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 응벽 시설물에 적용한다.

○ 2종 시설물

• 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분의 합이 100m 이상인 응벽

※ 도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설

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

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 구조물기초 설계기준

○ 응벽관련 설계기준 및 표준시방서

○ 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

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

【해설】

1. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 “이하 시특법” 시행령[별표1] “1종시설물 및 2종 시설물의 범위”(제2조제1항관련)의 기준으로 응벽을 정의한다.
2. 응벽의 정의(“도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설”) 최근 시특법 개정(2011.11.16)으로 부대시설이 아닌 독립시설로 변경됨.

11.1.2 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

【해설】

1. 「건설공사 비탈면 설계기준」 및 「도로비탈면 유지관리 실무매뉴얼」 참고

11.1.3 중대한 결함의 정도

옹벽 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

- [표 11.16]의 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 "e"의 경우

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

- [표 11.22]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 11.23]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d"의 판정으로 [표 11.24]의 철근노출 상태평가 기준에서 "e"를 포함하는 경우

3) 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

- 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 [표 11.15]의 파손 및 손상, 재료분리 또는 [표 11.20]의 균열에 대한 상태평가 기준에서 "e"의 경우

【해설】

1. 「시특법 시행령」 제2장 시설물의 안전조치 등에 제12조 (중대한 결함) 법 제11조제1항 및 제2항에서 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”이란 다음 각 호의 결함을 말한다.
2. 「시특법 시행규칙」 [별표 5] “시설물 구조안전상 주요부위의 중대한 결함”(제13조 관련) 옹벽 주요부위의 중대한 결함을 말한다.
3. 시특법 제11조에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 자는 지체없이 그 결과를 관리주체에게 통보하여야 하며, 영 제12조의 ‘중대한 결함’이 발생한 경우에는 그 내용을 특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장에게 통보하여야 한다.

4. 시특법 영 제12조의 ‘중대한 결함’은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 공통편 3.1.7항의 내용과 같다.
5. 특별자치도지사, 시장, 군수, 또는 구청장에 통보를 하는 경우 그 통보 내용에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 - (1) 시설물의 명칭 및 소재지
 - (2) 관리주체의 상호, 명칭, 성명(법인인 경우에는 대표자의 성명을 말한다) 및 주소
 - (3) 안전점검 또는 정밀안전진단의 실시기간과 실시자
 - (4) 시설물의 상태별 등급과 중대한 결함 내용
 - (5) 관리주체가 조치하여야 할 사항
 - (6) 그 밖에 안전관리에 필요한 사항

11.2 현장조사

11.2.1 시설물의 점검 사항

가. 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가항목

1) 옹벽분류

옹벽을 재료형식에 따라 분류하면 [그림 11.1]과 같다.



[그림 11.1] 재료형식에 따른 옹벽 분류

【해설】

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다.

각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

1. 콘크리트 옹벽

(1) 중력식 옹벽

자중으로 토압을 지지하는 무근콘크리트 옹벽으로 벽체 내에 콘크리트 저항력 이상의 인장력이 생기지 않도록 하여야 하며, 높이가 낮고 기초 지반이 양호한 경우에 적용되고 있다.

(2) 반중력식 옹벽

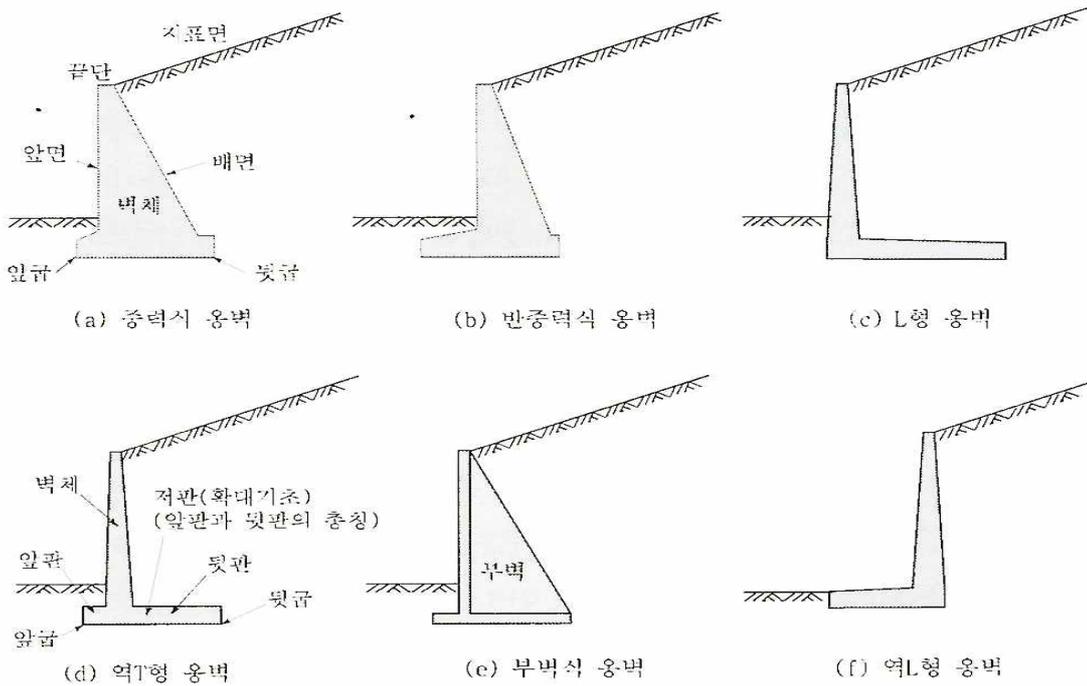
중력식 옹벽과 같은 구조형식으로 중력식 옹벽의 벽체 내에 생긴 인장력을 콘크리트 대신 소량의 철근으로 보강한 개념으로 중력식 옹벽보다 더 경제적 일 수 있다.

(3) 역T형, L형, 역L형(캔틸레버)옹벽

벽체의 자중과 저판위의 흙의 중량으로 토압에 저항하는 형식으로 철근콘크리트 구조이며 통상적인 높이의 옹벽에서는 가장 경제적이어서 옹벽 중 가장 많이 사용된다. L형은 옹벽이 용지 경계에 접하여 있는 경우와 같이 앞판 설치가 곤란할 때, 역L형은 배면에 구조물이 있거나 터파기가 곤란한 경우 등 저판을 설치할 수 없을 때 적용되고 있다.

(4) 부벽식 옹벽

캔틸레버 옹벽의 배면에 일정한 간격의 부벽을 설치하여 벽체를 보강한 옹벽으로 시공이 복잡하며 배면 다짐이 곤란. 앞부벽식은 옹벽 전면에 부벽을 설치하는 형식으로 역L형과 같이 안정상 불리하므로 특별한 경우에만 예외적으로 적용되고 있다.



[해설 그림 11.2.1] 콘크리트 옹벽의 종류

2. 보강토 옹벽

보강토 옹벽은 금속(스트립, 그리드 등) 또는 토목섬유 보강재(지오텍스타일, 지오그리드, 띠형 섬유 등)의 인장저항력과 흙과의 마찰저항력을 활용함으로써 수직에 가까운 보강토체를 형성하여 옹벽의 기능을 수행한다.

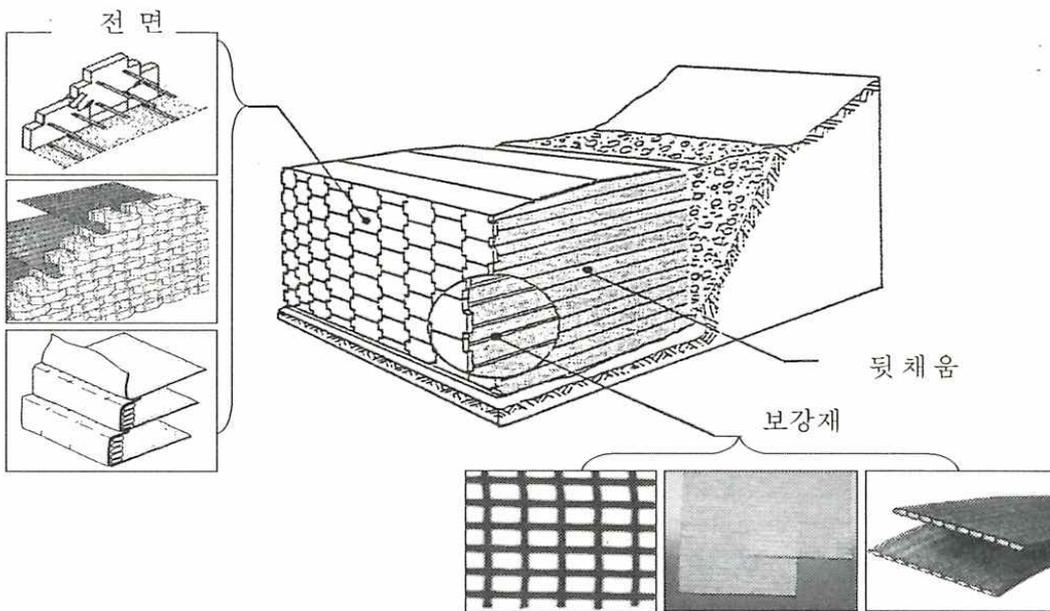
보강토 옹벽은 전면벽체, 보강재 및 뒤채움재로 구성되며, 일반적인 단면은 [해설 그림 11.2.2]와 같다.

(1) 보강토 옹벽의 구조형식

보강토 옹벽은 전면판의 형식과 보강재의 재질 및 삽입방법에 따라 구분할 수 있으며 국내에서 적용되는 일반적인 형식으로는 블록형과 패널형으로 대별할 수 있다. 보강토 옹벽의 주요 구조부재의 특성과 역할을 간략하게 기술하면 다음과 같다.

① 전면판

[해설 그림 11.2.2]의 보강토 옹벽 단면에서 보듯이 흙과 보강재만으로는 단부의 토립자 이완을 방지할 수 없다. 따라서 콘크리트 패널, 철판 또는 FRP Segments, 모르터 블록, Geosynthetics을 이용한 지지구조가 필요하다.



[해설 그림 11.2.2] 보강토 옹벽의 구성

② 보강재

보강재는 흙과의 접촉 면적이 거칠며凹凸이 많은 구조 또는 흙 속에서 지지 저항을 일으킬 수 있는 강성이 크고 변형이 잘 일어나지 않는 재질로써 흙과 보강재와의 마찰저항으로 전면판의 이동을 방지하는 역할을 한다. 보강재는 뒤채움 흙과의 각층에 수평 배치하는 띠형 보강재와 보강토체의 전체 평면에 포설하는 평면형 보강재로 구분되고 있다.

(2) 보강토 옹벽의 배수시설(건설공사 비탈면 설계기준의 배수시설부분 참고)

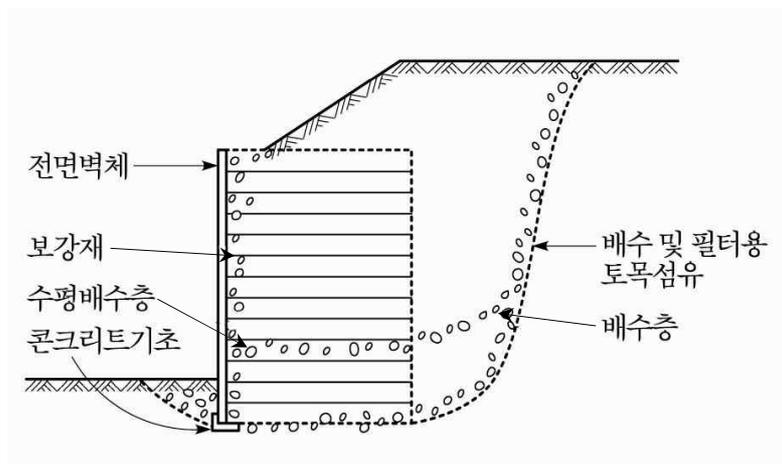
보강토체에 이용되는 뒤채움재료는 비교적 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 이용하지만, 다량의 배면 유입수로 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설을 한다.

보강토 옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

- 보강토체 내부 배수시설
 - 전면벽체 배면의 자갈, 쇠석 등 배수층 및 암거
 - 전면벽체 배면의 토목섬유 배수재
 - 보강토체 내부의 수평배수층
- 보강토체 외부 배수시설
 - 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 배수구
 - 보강토 옹벽 배면에서 유입되는 용수 처리를 위한 보강토체와 배면토체 사이의 경계면 배수층

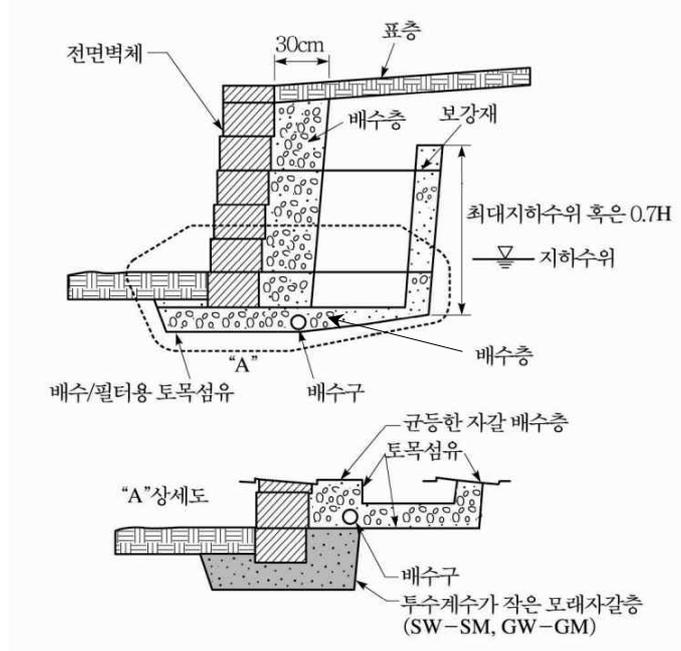
① 보강토체의 내부와 뒤채움에는 지하수를 처리하기 위한 모래자갈 수평배수층을 두는 것이 일반적이다. 저면 이외에는 지오텍스타일, 지옴브레인 형의 배수재가 사용되기도 한다. 특히 계곡부에 설치되는 보강토 옹벽에는 일반 쌓기 비탈면과 동일하게 적절한 크기의 암거를 설치한다.

② 보강토체가 수중에 잠기는 경우에는 내외수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒤채움 재료를 사용한다.

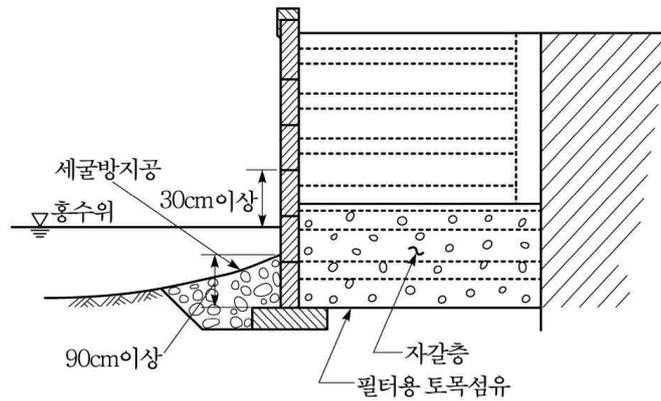
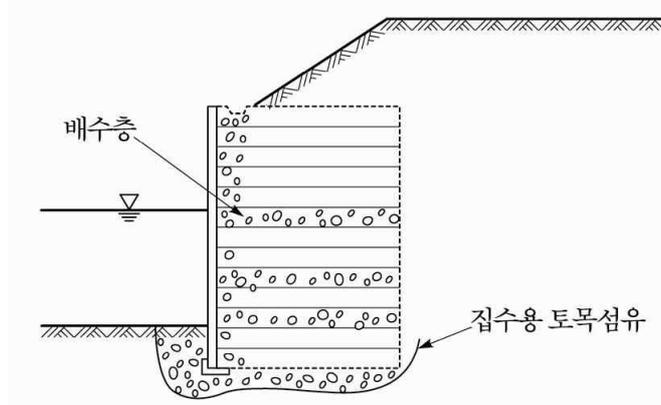


(a) 보강토 옹벽의 배수시설

[해설 그림 11.2.3] 보강토 옹벽의 배수시설 적용 예

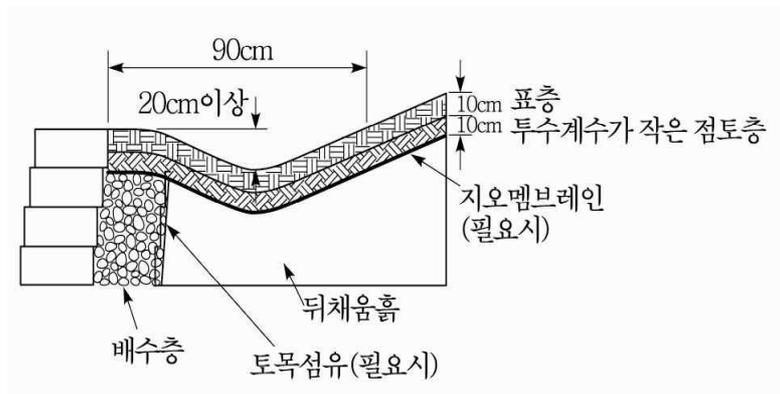
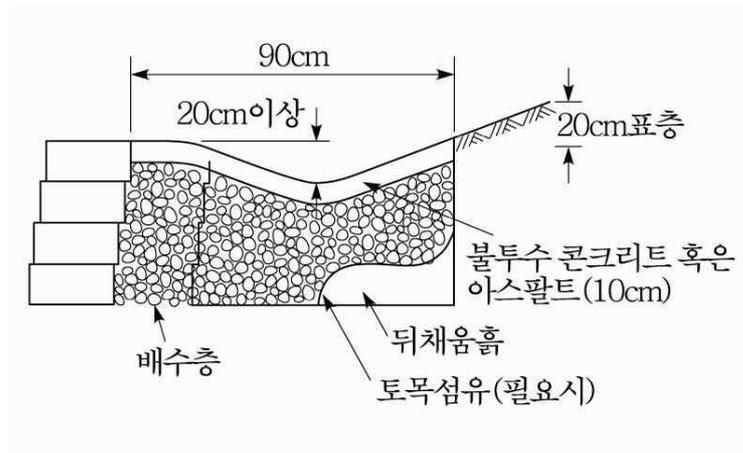


(a) 보강토 옹벽의 배수시설(계속)



(b) 침수지역 보강토 옹벽의 배수대책

[해설 그림 11.2.3] 보강토 옹벽의 배수시설 적용의 예(계속)



(c) 보강토 옹벽 상부 배수 및 차수 대책 (NCMA, 1997)

[해설 그림 11.2.3] 보강토 옹벽의 배수시설 적용의 예(계속)

③ 일반적으로 보강토체 내부의 배수대책과 외부의 배수대책을 설명하면 다음과 같다.

○ 보강토체 내부의 배수대책

- 원지반을 절취하여 보강토체를 설치하는 경우는 굴착면에 지하배수공을 설치하고 원지반 비탈면에 용수 등이 있을 때는 지하배수구나 수평배수공 등을 설치한다.
- 기초부에는 보강토체 내의 간극수압의 상승을 방지하기 위해 배수층을 설치한다.
- 전면벽 부근의 배수처리 및 뒤채움재료의 유실을 방지하기 위해 전면벽 배면에 자갈필터층을 두께 0.3m 이상 설치하여야 한다. 또한 뒤채움재료의 유출을 억제하기 위해 부직포를 추가 적용할 수 있으며, 이 경우 자갈필터층의 두께를 0.15m까지 감소시킬 수 있다.
- 시공시기가 강우기인 경우와 함수비가 높은 뒤채움 흙을 사용하는 경우에는 일정 쌓기 두께마다 수평배수공을 설치한다.

○ 보강토체 외부의 배수대책

- 보강토체 상부표면과 상부 쌓기비탈면은 적절한 차수공 및 배수구를 설치하여 지표수가 보강토체 내부로 유입되는 것을 차단하여야 한다.
- 보강토 옹벽의 주변은 근처로부터의 유입수, 침투수 등의 유입을 막기 위해 그 경계 부근에 유입수 방지공을 설치한다.

3. 석축(돌쌓기 옹벽)

석축 쌓는 방법에 따라 크게 메쌓기와 찰쌓기로 구분할 수 있는데 메쌓기는 돌을 쌓는데 있어서 콘크리트나 모르터를 사용하지 않고 쌓는 방법이고 찰쌓기는 국내에 적용되어 있는 돌쌓기 옹벽의 대부분을 차지하고 있다. 콘크리트나 모르터를 사용하여 더 견고하게 쌓는 방법으로 주요구조부재의 특성과 역할을 간략하게 기술하면 아래와 같다.

(1) 기초

원지반으로부터 본체부를 지지하고 있는 콘크리트기초를 말한다.

(2) 견칫돌

일정간격으로 가공된 석괴를 의미하며 견칫돌의 자중에 의해 배면지반을 지지하는 역할을 한다.

(3) 채움 콘크리트

채움 콘크리트는 찰쌓기 구조형식에서 시공되며 견칫돌과 견칫돌사이를 모르터로 결합시킴과 동시에 간극을 메워서 배면지반의 토사유실을 방지하는 부분이다.

4. 돌망태 옹벽

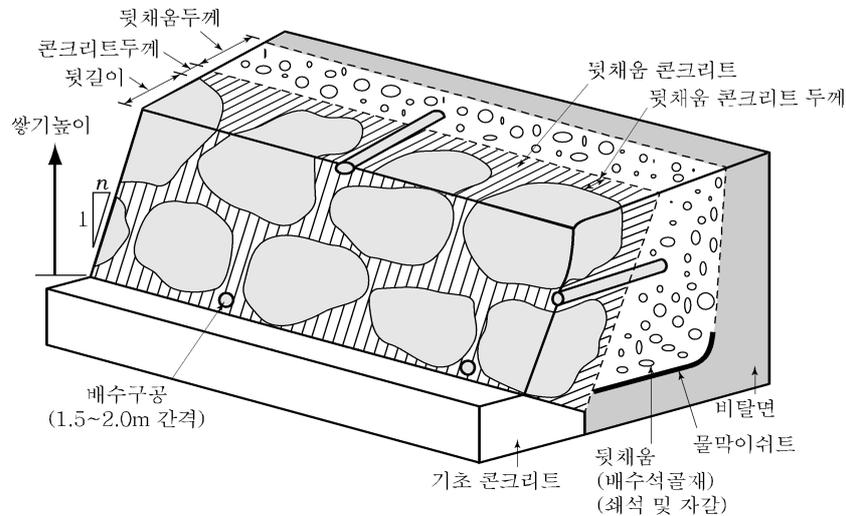
돌망태 옹벽은 일정한 규격으로 짜여진 철망에 중량의 사석 또는 잡석을 채워 쌓음으로써 중력식 옹벽과 같이 자중에 의해서 배면토압에 저항하는 옹벽의 한 종류이다. 돌망태 옹벽의 주요부재는 철망과 채움재로 이루어지며 특성과 역할을 간략히 기술하면 아래와 같다.

(1) 철망(Wire mash)

철망은 돌망태 채움재의 유실을 방지하는 기능을 담당하며 철망이 손상된 경우에는 채움재가 유출되어 유실현상이 발생할 수 있다.

(2) 채움재(Fill Material)

채움재는 깨끗하고 밀도가 크며 내구성을 확보한 석재를 사용해야하며 둥그스름하거나 모가 있는 형태이어야 한다. 돌망태 옹벽에서의 채움재는 자중에 의해 배면지반의 유출과 이동을 방지하는 역할을 한다.



[해설 그림 11.2.4] 석축의 구성

5. 기타

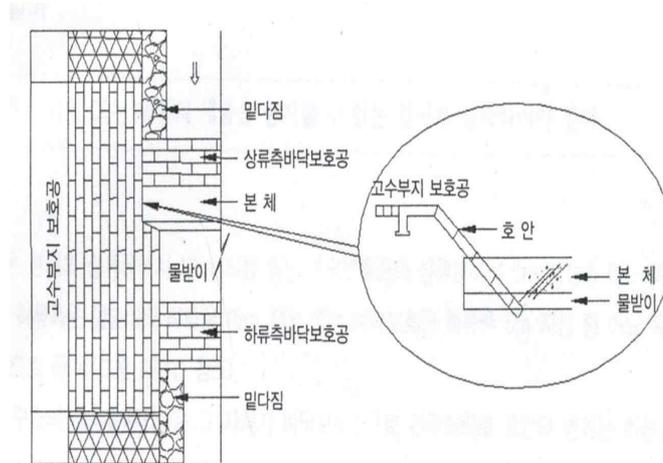
(1) 기대기 옹벽

기대기 옹벽은 절토사면(깎기비탈면) 하단부의 지지력이 상실된 공간이 발생하여 추가적으로 암 이탈이 발생할 위험성이 높거나 단층 등의 파쇄대 발달에 의한 비탈면의 침식 등으로 불안정성이 예상될 때 비탈면의 안정성을 높이기 위해 설치하는 콘크리트 벽체를 말한다.

(2) 하천에 설치되는 옹벽(‘하천설계기준’상 하천연결 옹벽부분참조)

- ① 하상유지시설 주위에는 하안을 보호하기 위해 연결옹벽이 설치되기도 하며, 바닥보호공 하류의 옹벽에는 밀다짐을 설치하여 세굴로부터 보호한다.
- ② 하상유지시설을 저수로와 고수부지에 하나의 구조로 설치하는 경우 양끝은 제방의 중심부분까지 연장하여야 하며 제방사면은 옹벽과 같이 수직으로 설치하는 것을 피한다.
- ③ 하상유지시설의 낙차가 크고 유량규모가 클수록 하상유지시설 하류의 하안부에 세굴이 발생할 위험성이 높다. 연결옹벽과 밀다짐은 하상유지시설과 접하고 있는 하안의 세굴을 방지하고 유수의 난류를 방지하기 위해 설치된다.
- ④ 연결옹벽의 구조는 다음과 같다
 - 연결옹벽 주변은 국부세굴이 발생할 위험성이 높다. 옹벽은 자립식 옹벽으로 하고 기초는 물받이와 바닥보호공의 바닥보다 1m정도 낮게 설치되도록 한다.
 - 중소하천에서는 반드시 연결옹벽으로 설치해야 할 이유는 없지만 낙하되는 물에 파손되는 일이 없도록 연결호안을 제방쪽으로 설치하는 것이 바람직하다. 그 범위는 물받이 길이까지로하고 그 다음 부분은 하류의 호안에 접속시킨다.
 - 접속시키는 각도는 하천의 상황에 따라 적절하게 결정한다.(대략 11도 정도)

- 하상유지시설의 본체와 옹벽의 접합부는 제발기능이 손상되지 않는 연결옹벽의 구조를 위하여 [해설 그림 11.2.5]와 같이 분리되도록 한다.



[해설 그림 11.2.5] 하천옹벽의 예

⑤ 배치

- 연결옹벽은 물받이를 포함한 하상유지시설 본체와 그 상하류에 설치하여 저수호안과 접속한다.
- 바닥보호공 하류의 연결옹벽 전면에는 밀다짐을 설치한다.
- 완류하천에서는 하안부의 세굴이 하상유지시설로부터 하류의 긴 구간에 걸쳐 발생하므로 하류 호안에는 반드시 밀다짐을 설치한다.
- 하상유지시설 상류하도의 하상저하량이 커지는 경우에는 상류호안에 대해서도 밀다짐공을 설치한다.

2) 상태변화 평가 항목

[표 11.1] 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가 항목

구 분		평 가 요 소
콘크리트 옹벽	지반, 기초부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손 및 손상(재료분리) ○ 균열 ○ 마모/침식 ○ 배수공의 상태 ○ 누수 - 재료열화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 박락 및 층분리 ○ 박리 ○ 백태 ○ 철근노출
	기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
보강토 옹벽	지반, 기초부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손, 손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 전면부 배부름
	기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
석축	지반, 기초부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손, 손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 진행성 배부름 ○ 채움콘크리트 상태 ○ 암석의 풍화도
	기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
돌망태 옹벽	지반	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 세굴
	전면부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 채움재 유실 ○ 와이어 메쉬의 파손 ○ 진행성 변형 ○ 결속철망 상태
	기타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)

【해설】

시설물의 상태변화에 따른 평가는 옹벽 재료형식별로 구분하며 상태평가 시 점검사항은 다음과 같다.

1. 콘크리트 옹벽

(1) 침하

침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며 침하가 부분적으로 발생할 경우에는 인접한 블록간의 단차를 육안 또는 측정 장비를 활용하여 확인할 수 있다. 침하의 주원인은 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 침하는 주로 전도와 활동과 같은 외적 변형과 침하의 형태에 따라 콘크리트 구조체의 균열을 수반하는 것이 특징이다.



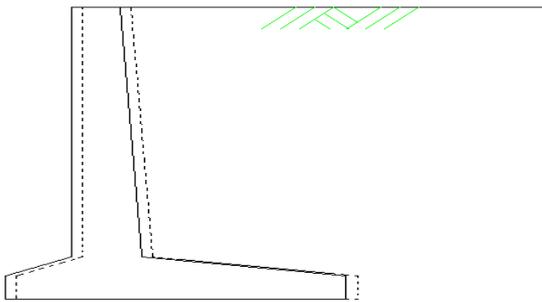
[해설 사진 11.2.1] 옹벽배면 지반침하

[해설 표 11.2.1] 옹벽의 손상 요약(침하)

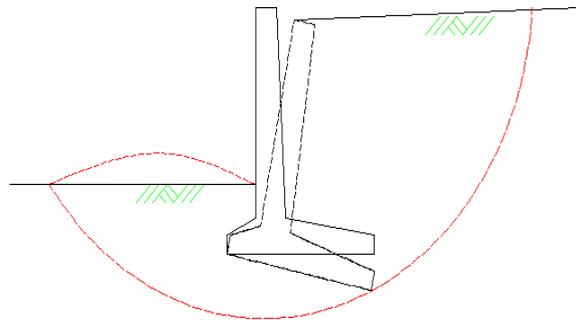
근본원인	▶ 기초지반의 지지력 저하
세부원인	▶ 세굴로 인한 흙 입자의 이동 ▶ 추가하중으로 인한 지지력 저하
발생현황	▶ 특정지점의 이상으로 인한 부등침하가 주로 발생 ▶ 종방향 형태의 단독형태보다는 전도를 동반한 복합적인 양상을 보임
일반대책	▶ 압력주입 그라우팅 ▶ 고압분사 교반공법 ▶ 앵커채의 인장력에 의한 교정 ▶ 성토하중 경량공법 ▶ 경량토 성토공법 등
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사(인접 블록간의 단차 측정) ▶ 정밀점검 : 육안조사(인접 블록간의 단차 측정 및 측정(측량)) ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 및 측정기기 ▶ 조사항목 : 위치, 규모 및 진행유무

(2) 활동

옹벽의 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 저면활동은 작용하는 토압의 수평 분력에 의해서 토압이 작용하는 방향으로 활동하려는 것을 말한다. 이 경우 기초지반의 저항력(자중+마찰력)이 부족하면 옹벽은 전체적 또는 부분적으로 이동이 발생하며, 그 정도가 심각할 경우 배면지반의 침하 및 변형의 주된 발생원인이 될 수 있다. 저면활동시 토괴는 주동상태에 있으며, 발생형태는 주로 전면으로 이동하는 형태를 나타낸다[해설 그림 11.2.6]. 원호활동은 저면활동과는 관계없이 지반의 전반적인 전단파괴로 인해 [해설 그림 11.2.7]과 같은 파괴형태를 나타낸다.



[해설 그림 11.2.6] 저면활동



[해설 그림 11.2.7] 원호활동

[해설 표 11.2.2] 옹벽의 활동 손상 요약

근본원인	수평활동력의 증가 및 옹벽과 지반의 마찰저항 감소
세부원인	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 저면활동 <ul style="list-style-type: none"> - 추가하중으로 인한 작용하중의 증가가 주요 요인임 ▶ 원호활동 <ul style="list-style-type: none"> - 추가하중으로 인한 작용하중 증가 및 지반의 전단강도 감소
발생현황	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 저면활동 <ul style="list-style-type: none"> - 경사를 동반하여 전면부로 이동 ▶ 원호활동 <ul style="list-style-type: none"> - 경사를 동반하나 옹벽은 배면쪽으로 기울어지려는 특성을 갖음
일반대책	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 압력주입 그라우팅 공법 ▶ 앵커를 이용한 지반의 활동저항력 증가 ▶ 고압분사공법에 의한 지반의 전단강도 증가
조사방법	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정기정검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) ▶ 정밀정검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) 및 측정(측량 및 경사계) ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 및 측정기기 ▶ 조사항목 : 위치 및 진행성

(3) 계획선형 오차(전도/경사)

계획선형오차는 전도/경사, 기울기의 개념으로 옹벽이 설계시 또는 준공시보다 기울어지는 현상으로서 일반적으로 침하를 동반하여 발생하며 경사가 심해지면 옹

벽의 전도에 대한 안전성에 문제가 발생할 수 있다. 경사는 모든 종류의 옹벽에서 발생이 가능하며 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 「옹벽」에서 표현된 것처럼 보강토 옹벽은 시공 및 재료특성에 의해 상당량의 변위 하용이 가능하므로 시공 중 발생 변위량이 5%미만으로 진행성이 아닌 경우에는 구조물의 안전성에 지장이 없는 시공오차로 간주하고 있다.

계획선형오차의 발생원인은 지반의 침하, 기초의 세굴, 뒤택움 토사에 과도한 토압, 과중한 상재하중, 기초 마운드의 산란이나 옹벽하단의 전단파괴 등에 기인하여 주로 발생한다.



[해설 사진 11.2.2] 옹벽의 전도

[해설 표 11.2.3] 옹벽의 계획선형 오차 손상 요약

근본원인	▶ 추가적인 수평활동력의 증가 및 저항력 감소가 원인
세부원인	▶ 침하에 의한 원인 ▶ 추가 상재하중의 작용 ▶ 전면부의 세굴로 인한 수동토압 감소 ▶ 우수 침투 및 지하수위 상승에 따른 주동토압 증가
발생현황	▶ 주로 침하를 동반한 형태의 변형이 주를 이룸 ▶ 변형에 의한 시각적 불안요인 작용이 가장 큰 특징
일반대책	▶ 저항모멘트 증가 - 전면 기초지반 세굴부위 보강 - 고압분사 교반 - 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가 ▶ 전도 모멘트 감소 - 주동토압 감소(주입공법에 의한 지반 경화) - 고압분사공법 - 배면성토하중 감소 - 배수공 점검 및 추가설치(근본원인이 뒤택움재 불량인 경우 적정 투수계수의 재료로 치환 또는 토목섬유를 이용한 배수경로 확보)
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) ▶ 정밀점검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) 및 측정(측량 및 경사계) ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 및 기기측정 ▶ 조사항목 : 위치, 규모 및 진행성

(4) 세굴

[해설 사진 11.2.3]과 같이 기초지반이 유실된 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안정성에 크게 영향을 미치는 결함 항목이다. 특히, 하천옹벽과 같이 전면부 기초지반의 침투가 가능한 경우에 발생 가능성이 높으므로 특별한 관리와 주의를 요한다.



[해설 사진 11.2.3] 옹벽 기초부 세굴 상태 및 흔적

[해설 표 11.2.4] 옹벽의 손상 요약(세굴)

근본원인	기초지반 토립자의 이동
세부원인	▶ 전면부 기초지반의 비포장 ▶ 우수 및 유수의 빠른 흐름 ▶ 인접지반의 공사(굴착) 등에 의한 주변환경적 요인
발생현황	▶ 기초지반의 유실로 지지력 감소에 의한 안전성 저하 ▶ 수동토압 감소로 인한 활동저항력 감소
일반대책	▶ 전면부 기초지반의 불투수층 형성 ▶ 조골재에 의한 전면부 기초지반의 투수층 형성
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사 ▶ 정밀점검 : 육안조사 ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 ▶ 조사항목 : 위치 및 진행성

(5) 파손 및 손상

① 파손

지속적인 외력의 작용이나 과도한 충격에 의해 발생하는 결함으로 구조부재의 주요부가 부서지거나 파손되는 등 눈에 띄는 형상의 변화를 수반한다. 이에 따라 구조부재의 안정성과 사용성을 심각하게 저하시키며 구조적인 기능을 회복시키기 위해서는 근본적인 보강이 필요하다.

파손으로 분류될 수 있는 결함의 형태는 1) 옹벽의 전면부가 깨진 경우, 2) 철근이 휘거나 부러진 경우 등이다.

파손이 발생하는 원인으로는 1) 낙석이나 차량의 충돌, 2) 사면이나 토류별

구조의 파괴로 인한 과도한 변위, 3) 지진 등을 들 수 있다.
 파손의 크기는 영향부위의 최대치수(깊이, 폭, 변위 등)로 표시한다. 파손은 구조물의 안전성에 영향을 미치고 붕괴의 원인이 될 수 있으므로 즉각 보고 되어야하며 필요에 따라 보수될 때까지 사용을 제한하여야 한다.



[해설 사진 11.2.4] 옹벽파손

② 충격손상

충격손상은 콘크리트 부위가 유실되었으나 철근의 노출은 없이 콘크리트 덮개의 손상만 발생한 현상이다. 이 결함은 콘크리트 표면이 충격으로 거칠어진 상태에 있는 것으로 구분할 수 있다. 충격손상의 발생 원인은 낙석 및 기타 구조물의 충돌 등이며, 구조적 영향은 크기 않으나 콘크리트 덮개의 감소로 인해 철근의 부식이 촉진될 수 있다.

[해설 표 11.2.5] 옹벽의 손상 요약(파손)

근본원인	▶ 외적인 충격 또는 재료열화에 의한 강도저하로 기인된 파손
세부원인	▶ 차량충돌 및 낙석 등에 의한 파손 ▶ 콘크리트의 재료열화에 따라 강도저하로 기인된 파손
발생현황	▶ 피복감소로 인한 중성화 진행속도 증가 ▶ 시각적 불안요소로 작용
일반대책	▶ 단면보수
조사방법	▶ 정기점검 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 정밀점검 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 정밀안전진단 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 조사항목 :위치 및 규모

(6) 균열

① 과응력 균열

과도한 외적하중이 작용한 결과로 발생하는 균열인 과응력 균열은 건조수축이나 온도변화에 의한 균열과는 달리 보통 직선으로 발생한다. 가장 신뢰할 수 있는 판별방법으로는 가능한 과하중의 양상과 그 결과를 분석해 보는 것이다. 과응력 균열의 발생원인으로는 시공 중 과하중 또는 설계오류나 상세 설계의 잘못으로 발생할 수도 있다.

② 일반균열

일반균열은 다양한 원인으로 발생하며 경우에 따라 다르나 원인이 불분명한 것들이 많으며, 철근배근 오류, 건조수축, 온도변화, 기후작용 및 화학작용 등으로 발생한다.

균열폭은 0.5mm 보다 작으며, 온도에 따라 변한다. 크기는 균열의 길이 및 폭으로 나타낸다. 일반균열로 야기되는 구조적인 영향은 크게 심각하지 않으나 구조물의 내구성이 저하를 유발한다.

③ 부식균열

부식균열은 철근의 부식과 같은 화학작용에 의한 부식철근의 팽창으로 콘크리트가 쪼개지는 균열이다. 부식균열은 부식된 철근을 따라 주로 발생한다. 균열폭은 최대부식 위치에서 가장 크고 끝으로 갈수록 폭이 줄어져 사라진다. 균열 위치에서 적색, 주황색 또는 갈색의 부식 부산물이 종종 관찰된다. 부식균열의 크기 역시 길이 및 폭으로 나타낸다. 부식균열이 구조적으로 미치는 영향은 일반적으로 크지는 않지만 철근의 단면 손실과 관련된 구조적인 기능저하를 유발할 수 있고 내구성 저하를 야기한다.



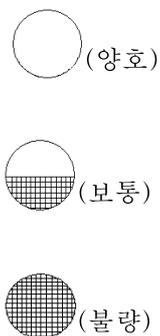
[해설 사진 11.2.5] 옹벽파손

[해설 표 11.2.6] 옹벽의 손상 요약(균열)

근본원인	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 작용하중의 변화와 관계된 원인(과응력 균열) ▶ 건조수축 등에 의한 응력생성, 온도변화에 의한 신축기능손상(일반균열) ▶ 철근부식에 의한 팽창으로 인한 균열(부식균열)
세부원인	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 외적요인 <ul style="list-style-type: none"> - 압축응력의 증가 ▶ 내적요인 <ul style="list-style-type: none"> - 재료성질: 수화열, 알카리 골재반응, 건조수축 등 - 설계원인: 단면부족 및 철근량 부족 - 시공원인: 양생불량, 불균질 타설, 침하, 시공이음 불량 - 환경원인: 동결, 융해, 동상현상, 온도변화, 철근변형
발생현황	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수분침투로 인해 철근의 부식을 촉진시키며 내구성 저하와 추가적인 균열이 발생할 수 있음
일반대책	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 침투성 방수제 도포 공법
조사방법	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정기점검 :육안조사 ▶ 정밀점검 :육안조사 및 균열경 ▶ 정밀안전진단 :초음파 속도법, 충격탄성파법 ▶ 조사항목 :위치, 빈도, 깊이, 폭, 진행성

(7) 배수공불량

[해설 그림 11.2.8]과 [해설 사진 11.2.6]은 불량한 배수공 상태를 나타낸 그림과 사진으로 옹벽 배수공의 불량한 상태는 우기시 배면부의 토압 증가를 야기시켜 옹벽의 안정성에 크게 영향을 주는 경우가 있다. 옹벽 배수공의 상태불량 유형은 1)뒤채움 흙의 유출이 없는 아주 양호한 상태, 2) 뒤채움 흙의 유출이 부분적으로 일어나 배수의 원활한 흐름에 영향을 주는 보통의 상태, 3) 뒤채움 흙의 유출로 인해 배수공이 완전히 막혀 옹벽 배면부의 과도한 수압증가를 초래하여 옹벽의 안정성에 큰 영향을 주는 불량한 상태로 나눌 수 있다. 이밖에 뒤채움 흙이 아닌 다른 이물질(담배꽂초, 음료수, 캔, 기타 등)을 확인하여 옹벽의 배수공 상태를 판단할 수 있다.



[해설 그림 11.2.8] 배수공 상태에 따른 판단기준



[해설 사진 11.2.6] 배수공 불량 상태

[해설 표 11.2.7] 옹벽의 손상 요약(배수공불량)

근본원인	▶ 필터제 기능저하
세부원인	▶ 뒷채움재 불량으로 인한 유로 감소 ▶ 이물질 유입으로 인한 통수단면의 감소 ▶ 설계기준 개소보다 부족한 경우
발생현황	▶ 배수공이 불량하여 배면부의 지하수가 원활히 배출되지 않을 경우 설계시 적용했던 토압 이상의 토압이 작용할 경우 옹벽에서 발생할 수 있는 대부분의 결함(저면활동, 원호활동, 전도, 균열 등)이 발생하는 원인이 됨
일반대책	▶ 수시점검에 의한 점검 ▶ 뒷채움재 불량인 경우 치환 ▶ 배수공 추가설치
조사방법	▶ 정기점검 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 정밀점검 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 정밀안전진단 :육안조사(이물질 및 배수흔적 유무) ▶ 조사항목 :위치 및 상태

(8) 재질열화

콘크리트 재료는 공기중의 배기가스가 녹은 물 또는 유해한 성분을 포함한 침투에 의해 상당한 깊이까지 변질하여 강도저하를 일으키는데 이를 콘크리트의 부식 또는 열화라 한다. 재료열화를 유발하는 가장 큰 원인인 배기가스 및 유해수는 시공이음부 뿐만 아니라 콘크리트 자체에 배기가스 중에 함유된 아황산가스가 녹은 물(습기)이 침투함으로 인해 상당한 깊이까지 침투하여 여러 가지 손상의 원인이 되며 강산성의 유해수가 침투하는 경우에는 주로 재료가 시멘트 경화체인 콘크리트를 쉽게 열화하게 한다. 따라서 열화현상에 의해 박리, 박락, 백태 등과 같은 결함을 초래함과 동시에 외력에 대한 저항력을 감소하게 된다.



[해설 사진 11.2.7] 옹벽 재료열화

[해설 표 11.2.8] 옹벽의 재료열화 손상 요약

근본원인	▶ 콘크리트의 노후화, 동해 및 염해, 알칼리 골재반응
세부원인	▶ 외적요인 - 압축응력의 증가 ▶ 내적요인 - 재료성질: 수화열, 알칼리 골재반응, 건조수축 등 - 설계원인: 단면부족 및 철근량 부족 - 시공원인: 양생불량, 불균질 타설, 침하, 시공이음 불량 - 환경원인: 동결, 융해, 동상현상, 온도변화, 철근변형
발생현황	▶ 수분침투로 인해 철근의 부식을 촉진시키며 내구성 저하와 추가적인 균열이 발생할 수 있음
일반대책	▶ 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 침투성 방수제 도포 공법
조사방법	▶ 정기점검 :육안조사 ▶ 정밀점검 :육안조사 및 균열경 ▶ 정밀안전진단 :초음파 속도법, 충격탄성파법 ▶ 조사항목 :위치, 빈도, 깊이, 폭, 진행성

2. 보강토 옹벽

보강토 옹벽의 손상종류는 다음에 기술하는 항목을 예로 들 수 있으며 앞서 전술한 콘크리트 옹벽의 손상종류와 유사한 결함, 예를 들어 침하, 활동, 세굴, 전도 등과 같은 결함사항에 대해 본 절에서 상세설명을 생략하도록 한다.

(1) 파손, 손상 및 균열

지속적인 충격이나 과도한 충격에 의해 발생하는 결함으로 구조부재의 주요부가 깨지거나 망손되는 등 눈에 띄는 형상의 변화를 수반한다. 이에 따라 구조부재의 안정성과 사용성을 심각하게 저하시키며 구조적인 기능을 회복시키기 위해서는 근본적인 대책이 필요하다. 파손의 발생 원인으로는 1) 낙석이나 차량의 충돌과 같은 외적충격, 2) 사면이나 토류벽구조의 파괴로 인한 과도한 변위로 구조적인 안전성 상실, 3) 과도한 정적 하중, 4) 지진 등을 들 수 있다. 파손이 발생하는 위치는 일반적으로 최대하중이 작용하는 위치나 응력이 최대로 발생하는 위치이다.

균열은 옹벽의 외적·내적 요인에 의해서 발생되며, 보강토 옹벽에서의 균열발생 원인으로는 재료적 결함 또는 배면지반의 하중증가로 인해 발생 및 전면판의 연직하중에 대한 저항으로 추정할 수 있다.



[해설 사진 11.2.8] 전면부의 균열



[해설 사진 11.2.9] 전면부의 파손

[해설 표 11.2.9] 옹벽의 손상 요약(파손, 손상 및 균열)

근본원인	▶ 외적 충격 및 전면판 수직접촉부의 과도한 연직하중 작용
세부원인	▶ 낙석 및 차량충돌에 의한 파손 ▶ 뒷채움 재료의 풍화로 인한 재료적 결함 ▶ 보강재의 부식으로 인한 내구성 저하 ▶ 보강재의 국부적인 파단 및 인발
발생현황	▶ 침하로 인한 보호시설의 불안정적인 요인 유발 ▶ 시각적 불안요인 발생
일반대책	▶ 전면부의 배부름 발생시 사후 보수·보강에 대한 보편화된 방법이 없음 ▶ 보강재의 허용응력 결정시 변형율 2%미만으로 적용된 재료를 사용 ▶ 연약지반에 시공시 측방유동 억제 대책 병행시공(경량토 성토 등) ▶ 버팀벽식 옹벽+Prestress Anchor에 의한 변위 억제
조사방법	▶ 정기점검 :육안조사 ▶ 정밀점검 :육안조사 및 측정(경사계 및 측량기) ▶ 정밀안전진단 :육안조사 및 측정(경사계 및 측량기) ▶ 조사항목 :위치 및 진행성

(2) 전면판의 유실 및 이격

[해설 사진 11.2.10]은 보강토 옹벽 전면판 일부가 유실된 현상으로 육안으로 확인할 수 있다. 이격은 전면판이 안쪽으로 밀려들어갔거나 주위블록에 비해 내려앉은 현상으로 인해 블록간의 간격이 벌어진 현상으로 이러한 현상은 국부적인 집중하중이나 배면지반 또는 기초부의 부등침하에 의해서 일어날 수 있다. 이런 경우에는 지속적인 관찰을 통하여 이격이 진행되는지를 확인해야 그 발생원인을 알아낼 수 있으며 그에 따른 조치를 취할 수 있다. 전면판의 유실이 발생할 경우 배면지반의 이동을 방지하기 위하여 전면판과 연결된 보강재의 인장력 저하가 발생하여 본래의 기능을 발휘하지 못할 수 있으므로 결함이 진행되지 않도록 신속한 보수조치를 실시하여야한다.



[해설 사진 11.2.10] 전면판의 유실



[해설 사진 11.2.11] 전면판의 이격

[해설 표 11.2.10] 옹벽의 손상 요약(전면판 유실 및 이격)

근본원인	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 지반 및 전면부의 변형
세부원인	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 보강재와 전면판의 연결부 탈락 ▶ 충격 또는 손상에 의한 파손진행 ▶ 전면부의 변형에 의한 이격 ▶ 배면 및 기초지반의 부등침하
발생현황	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 시각적 불안요인 발생 ▶ 전면판과 보강재의 인장력저하로 인한 변형발생
일반대책	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 외관상의 불안요소는 제거할 수 있으나 구조적 결함을 초기형태로 복구하는 것은 어려움 ▶ 기초지반 및 뒷채움재의 충분한 다짐 ▶ 경량토 성토
조사방법	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정기점검 : 육안조사 ▶ 정밀점검 : 육안조사 ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 ▶ 조사항목 : 위치 및 진행성

(3) 전면부 배부름

과도한 집중하중, 지반의 측방유동 또는 보강재의 국부적인 파단 및 마찰력 저하 등의 복합적인 요인으로 인해 옹벽의 전면부가 전체적 또는 부분적으로 전면으로 부풀어 오르는 현상으로 벽면의 변형으로 인해 상부지반의 침하를 유발할 수 있다. 보강토 옹벽의 특성상 보강재의 허용응력 이하의 변형이 발생되었을 경우에는 전체적인 안정성에는 큰 지장이 없으나, 그 이상의 변형 또는 지속적으로 변형이 발생하는 경우에는 즉각적인 보수·보강 조치가 실행되어야 한다.



[해설 사진 11.2.12] 전면부의 배부름 현상

[해설 표 11.2.11] 옹벽의 손상 요약(전면부 배부름)

근본원인	▶ 배면지반의 침하
세부원인	▶ 추가상재하중으로 인한 침하 ▶ 침하로 인한 축방유동 ▶ 보강재의 과도한 변형 ▶ 보강재의 국부적인 파단 및 인발
발생현황	▶ 침하로 인한 보호시설의 불안정 요인 유발 ▶ 시각적 불안요인 발생
일반대책	▶ 전면부의 배부름 발생시 사후 보수·보강에 대한 보편화된 방법이 없음 ▶ 보강재의 허용응력 결정시 변형율 2%미만으로 적용된 재료를 사용(권장) ▶ 영약지반에 시공시 축방유동 억제 대책 병행시공(경량토 성토 등) ▶ 버팀벽식 옹벽 + Prestress Anchor에 의한 변위 억제
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사 ▶ 정밀점검 : 육안조사 및 측정기기(경사계 및 측량기) ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 및 측정기기(경사계 및 측량기) ▶ 조사항목 : 위치 및 진행성

3. 석축

돌쌓기 옹벽의 구조적 특성은 단일재료의 연속적인 구성으로 인해 중력식옹벽과 같은 자중으로 토압에 저항하는 구조물이다. 구조적 특성으로 판단할 때 돌쌓기옹벽은 중력식 콘크리트 옹벽과 유사하고 재료적 특성으로 볼 때 보강토 옹벽과 유사하게 볼 수 있다. 따라서 돌쌓기옹벽에서 발생하는 손상의 종류 및 원인은 보강토 옹벽 및 콘크리트 옹벽에서 발생한 원인과 동일하게 취급할 수 있으므로 본 절에서는 기술을 생략하도록 하며, 돌쌓기 옹벽에서 발생하는 손상의 종류는 다음과 같다.

- ① 침하
- ② 파손, 손상 및 균열
- ③ 활동
- ④ 이격
- ⑤ 계획선형(전도/경사)

- ⑥ 유실
- ⑦ 배수공 불량
- ⑧ 세굴

4. 돌망태 옹벽

돌망태 옹벽에서 발생이 가능한 손상의 종류는 아래와 같으며, 침하, 활동과 같이 모든 옹벽에서 공통적으로 발생이 가능한 결함사항과 상기에 기 서술한 내용들과 같은 내용은 본 절에서 기술하지 않도록 하며, 돌망태 옹벽의 구조적 특성에서 기인된 손상의 종류는 다음 열거되는 항목으로 분류할 수 있다.

- ① 침하
- ② 채움재 유실
- ③ 활동
- ④ 진행성 변형
- ⑤ 와이어 메쉬의 파손

(1) 채움재 유실

채움재의 유실은 부실시공 및 철망의 파손으로부터 발생할 수 있으며, 채움재의 유실로 인해 옹벽 자중 감소와 공극발생은 배면지반의 침하 및 활동저항력 감소로 인한 변형의 원인이 될 수 있다.

[해설 표 11.2.12] 옹벽의 손상 요약 (채움재 유실)

근본원인	▶ 와이어 메쉬 파손 및 입도 불량재 사용
세부원인	▶ 파손된 철망 사이로 채움재 유실 ▶ 철망 Size이하의 입도를 다량으로 사용했을 경우
발생현황	▶ 옹벽 구조체의 부등침하 ▶ 옹벽의 자중감소로 인한 불안정 요인 유발
일반대책	▶ 일반적인 보강대책이 알려져 있지 않음 ▶ 공법의 특성상 초기상태로의 원상복구가 어려우므로 결함의 진행 발전을 억제시키기 위한 보수방안 수립이 필요
조사방법	▶ 정기점검 :육안조사 ▶ 정밀점검 :육안조사 ▶ 정밀안전진단 :육안조사 ▶ 조사항목 :위치 및 발생량

(2) 와이어 메쉬의 파손

석재와 같은 중량의 재료를 일정규격의 망에 채워 하나의 중력식 지지벽을 형성하는 돌망태 옹벽에서 와이어 메쉬는 매우 중요한 부재중에 하나이다. 와이어 메쉬의 파손은 채움재의 유실로 이어져 침하, 변형 등의 주요 원인이 된다. 철망의 파손은 과도한 응력작용, 부식에 의한 재료의 내구성 저하 등이 원인이 된다.

[해설 표 11.2.14] 옹벽의 손상 요약(와이어 메쉬의 파손)

근본원인	▶ 와이어 메쉬 부식
세부원인	▶ 공기중에 장시간 노출됨에 따른 화학적 부식작용에 의한 절단 및 파손 ▶ 철망에 인장강도 이상의 수평력이 작용한 경우
발생현황	▶ 채움재 유실로 발전 ▶ 시각적 불안요인 유발
일반대책	▶ 철망의 절단 및 파손부위 연결 ▶ 철망에 방청재 살포
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사 ▶ 정밀점검 : 육안조사 ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 ▶ 조사항목 : 위치 및 수량

(3) 진행성 변형

진행성 변형은 추가하중으로 인한 배면지반의 침하, 지반의 이완이나 높은 축조고로 인해 돌망태옹벽 자중에 의한 변형으로 구분 할 수 있다. 이러한 경우 변형은 주로 옹벽 하단부에서 발생하며, 옹벽의 수평력 증가로 인해 활동저항력 감소로 치명적인 위험요소가 될 수 있다.

[해설 표 11.2.13] 옹벽의 손상 요약 (진행성 변형)

근본원인	과도한 축조고로 인한 개비온 하부구조의 응력집중
세부원인	▶ 과도한 하중 ▶ 철망 크기 이하의 입도를 다량으로 사용했을 경우(채움재료의 유실 발전)
발생현황	▶ 진행성 변형 ▶ 수평력 증가로 활동저항력 감소
일반대책	▶ 수치해석에 의한 응력-변형분포 파악 후 보강
조사방법	▶ 정기점검 : 육안조사 ▶ 정밀점검 : 육안조사 ▶ 정밀안전진단 : 육안조사 ▶ 조사항목 : 위치 및 발생량

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 측정 분할

(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

- 정밀점검 및 정밀안전진단 시 측정분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야하고, 내업작업 및 결과 분석 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 대해서는 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

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

(다) 결과분석

- 옹벽 측량시 측정된 결과와 설계도면과 일치하는지 여부를 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 시에는 필수적으로 대표단면에 주동영역 및 수동영역에 각각 1회씩 2회 이상 실시한다.
- 응벽의 안전점검(정밀점검)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 응벽의 뒷채움 흙에 대해서는 입도분포 시험을 실시하여 안전성평가 시 고려하여 해석한다.

4) 지하수위 측정

(가) 일반사항

- 정밀안전진단(필요시) 및 정밀점검(필요시)시 수리시설응벽과 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 상태평가 결과 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.
- 정기점검 시 변위 및 변형은 점검결과에 따라 책임기술자 판단 하에 실시하며, 주기적인 관측 또는 계측에 의해서 진행여부를 판단한다.
- 정기점검, 안전점검(정밀점검) 및 정밀안전진단 결과에 따라 추가적인 계측이 필요하다고 판단되면 장기 계측을 실시할 수 있다.

6) 배수상태 조사

옹벽의 배수상태 조사는 시설물의 사용 중에 발생하는 지표수 및 지하수 유입시 그 기능을 적절히 발휘할 수 있는가를 알아보기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

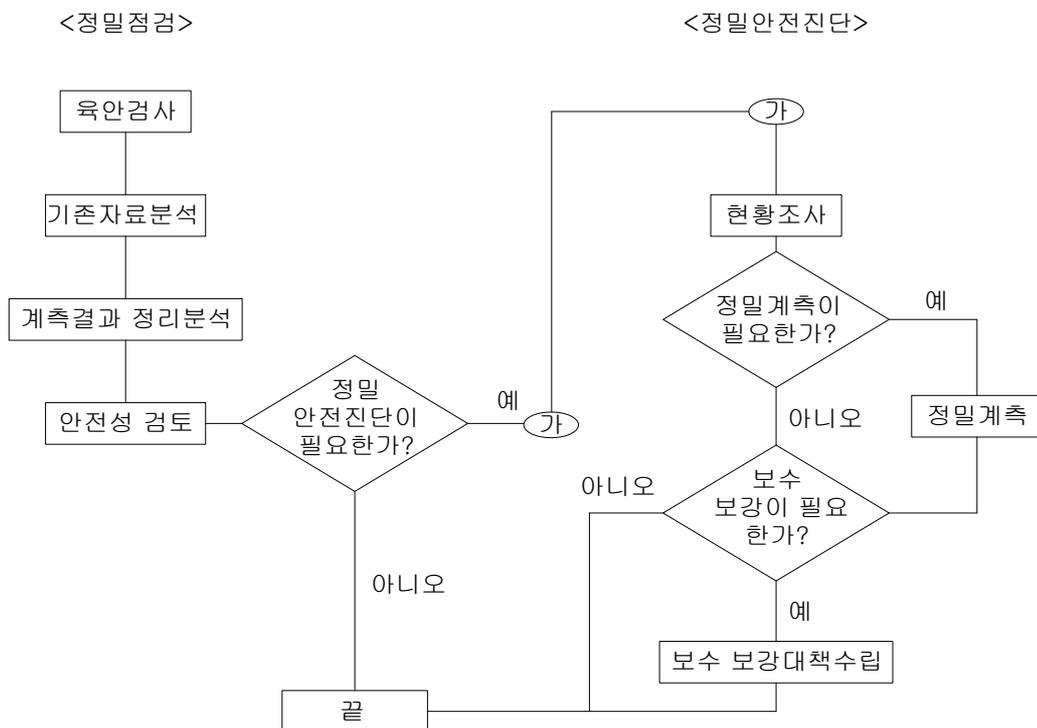
- 시공당시 배수공이 적절히 설치되었는가를 확인한다.
- 배수공이 이물질로 막혀 그 기능을 상실했는지 확인한다.
- 강우 시 주변 지표수가 배수시설로 원활히 유입되는지 확인한다.

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. 정밀점검과 정밀안전진단 시 계측관리 에 따른 적용과 구조물의 현황파악을 위하여 [그림 11.2] 및 [표 11.2]와 같이 계측관 리를 하면 보다 효율적인 구조물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.



[그림 11.2] 계측자료 활용의 흐름도

[표 11.2] 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

【해설】

1. 측량 방법

- (1) 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광파거리계에 의한 측량기를 사용하며, 측정 간격은 20~100m 범위에서 변상정도에 따라 위치를 선정하여 측량하며, 사용 장비의 특징은 다음과 같다.
 - ① 종단 측량을 할 경우 설정되는 x, y, z축에 대한 선형측량도 동시에 조사한다.
 - ② 레이저 포인트를 활용하여 정확한 위치를 확인한다.
 - ③ 현장에서 측량한 결과를 확인하여 오차를 최소화한다.
- (2) 측정별 횡단측량의 경우 보통 40m마다 1개소씩 측량하며, 특히 단면변화구간 및 육안조사 단면의 이상 부위는 보다 정확한 측량이 필요하다.
- (3) 종단측량 및 선형측량의 경우 시점부터 종점까지 측량한다.

2. 측량결과 분석

횡단 측량된 결과를 준공도면 및 건축한계선과 비교하여, 도면과 일치하는지 여부를 확인한다. 이때 건축한계선을 초과하는 경우에는 매우 심각한 단면변화 구간으로 판단되므로 이에 대한 적절한 조치가 필요하다.

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.

【해설】

1. 정기점검은 경험과 기술을 갖춘 자에 의한 세심한 육안검사 수준의 점검으로서 간단한 점검기구(줄자, 망치 등)에 의하여 옹벽에 발생한 결함과 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는 확인하기 위하여 실시하는 관찰로 이루어지는 순찰과 유사한 성격의 점검을 가리킨다.

정기점검시 점검자는 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상·결함의 가능성을 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 하며, 이상이 발견되는 경우 즉시 보고하여야 한다.

육안조사시에는 시설물의 상태를 주로 육안에 의해 판단하고 터널의 안정상태를 평가하는 것으로서 육안검사시의 유의점은 다음과 같다.

- (1) 옹벽의 각 부위에 박락의 흔적이 보이지는 않는지? 혹은 바닥면에 옹벽 콘크리트의 조각이 떨어져 있지는 않은가?
 - (2) 표면의 열화 정도는 어떠한가? (콘크리트 옹벽 : 가는 균열이 망상으로 펼쳐져 있다. 혹은 다른 부분과 비교하여 변색하고 있다. 또는 다공질 형태로 표면이 부슬 부슬 하게 보인다. 백색의 생성물이 표면에 나타나 있다 등의 경우는 라이닝이 상당히 열화하고 있다고 판단해도 좋다.)
 - (3) 우각부의 균열 혹은 균열을 따라 단차가 발생하지 않았는가?(대규모의 균열이나 단차가 발생시 위급한 상태이므로 토압 작용 양상 및 대비책 수립이 필요하다)
 - (4) 지하수 배수를 위해 설치한 배수공이 막히거나 이물질이 삽입되어 있지는 않은가?(해빙기 및 홍수철을 대비한 점검시 특히 중요)
 - (5) 보수·보강된 부위의 재료는 안정한가?
2. 옹벽에서 정기점검은 콘크리트 옹벽을 제외하고 주로 육안에 의한 조사를 실시한다. 따라서 이하 기술하는 내용은 콘크리트 옹벽에서 적용하는 점검기구에 의한 점검방법에 대해 서술하며, 타격을 가했을 때의 반발정도나 소리, 반응형태 등으로 시설물의 안전상태를 평가하는 것으로서 그 유의점은 다음과 같다.
 - (1) 점검망치에 의한 타격시 청음을 내면 콘크리트 재료는 건전하다고 판단할 수 있고, 탁한 음이나 공명이 나타나는 경우는 재료가 열화하고 있거나 배면에 공극이 있을 가능성이 있다.
 - (2) 점검망치 타격에 의한 반발이 좋을 경우 콘크리트 재료는 건전하다 판단할 수 있다.

- (3) 점검망치 타격시 망치가 콘크리트 표면에 박히거나 표면에 균열이 발생하는 경우는 콘크리트 재료가 상당히 열화되었다고 판단할 수 있다.
- (4) 콘크리트 박락 및 낙하 가능성이 있는 곳은 두드려서 떨어뜨릴 것(사고예방)
 정기점검을 실시하는 경우, 육안조사시에 점검자는 시설물의 양호 및 불량한 상태를 쉽게 판정할 수 있는 기준을 숙지하고 있어야 하고 이러한 판정기준을 기호나 적절한 용어를 사용한 문장으로 표기, 서술할 수 있어야 한다.

1)사전조사

점 검 사 항	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 사용프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석평가 - 보조공법의 유무 및 적정성 검토
설계도면 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 옹벽의 단면계획 검토 - 시공방법 검토 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면의 일치성 비교 검토

【해설】

1. 자료조사는 기존의 문헌과 기록에 의한 터널의 이력 및 구조, 자원, 과거 점검자료, 이미 발생했던 결함에 관한 보수이력 및 기존의 계측자료 등을 조사하고 이러한 조사된 다량의 정보들은 체계적으로 DB화하여 추후의 유지관리에 유용한 자료로 활용해야 한다. 점검계획 중 기존의 자료조사에 관한 항목 및 그 활용 방법은 [해설 표 11.2.15]와 같다.

[해설 표 11.2.15] 자료조사시 기존자료의 활용법

구 분		활 용 내 용	활 용 방 안
설 계 도 서	준공도면	설계도면	시설물 제원 및 설계상태 파악, 취약부 파악
	보수도면	보수내용	보수내용 평가 및 손상, 변형, 열화정도 파악
	구조계산서	시설물 설계에 적용된 설계 기준 및 계산 내용	구조계산의 적정 여부 분석
	시공상세도	주요부위 시공 상세도	주요부 시공상태 파악
	지질조사보고서	시설물 주변 지질상태	구조물 주변지질의 취약지점
	토질보고서	시설물 주변 토질 및 기초 상태	구조물 주변지질 기초지반 안정성 파악
시방서	특별시방서	시설물에 적용한 특별시방 내용	설계지침, 구조계산서, 지질보고서와 연계분석
사 진	주요 시공사진	시공 당시 주요공정의 작업 내용	주요부 시공상태 파악
	주요 결함부위	유지관리시 파악된 주요 결함부위 상태	손상, 변형, 열화정도 파악
	보수작업 사진	보수작업 방법과 상태	보수 작업 상태 파악
재 료 시 험	재료시험성적서	시공당시 재료의 품질상태	시공시 사용된 자재의 적정 사용여부
	관리 및 선정시험 기록	시공당시 재료의 품질 및 관리상태	시공시 사용된 자재의 품질 및 관리실태 파악
유 지 관 리 자 료	보수이력서	보수경위 및 방법	손상, 변형, 열화정도 파악 및 보수작업의 적정여부
	사고이력서	부재의 손상현황 및 보수현황	부재의 손상 및 보수현황, 보수내용 평가 및 열화정도 파악
	점검이력서	점검 및 진단현황	안전점검 및 정밀진단 자료분석, 시설물 현황파악
	터널관리대장	연도별 시설물 관리 현황	시설물 관리실태 파악
관 련 계 산 서	수리계산서, 공법검토서, 기타	구조물 안전성 현황	구조물 안전상태 파악

2) 정기점검

점검부위		점검사항	점검장비
콘크리트 옹벽	간단한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손 및 손상, 균열 ○ 누수, 층분리 및 박락, 백태 ○ 철근노출 ○ 배수공상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태) 	<ul style="list-style-type: none"> - 망원경 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 손전등 - 균열경 및 균열측정기 - 측량기 또는 진행성결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
보강토 옹벽	간단한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태) 	
석축	간단한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태) 	
돌망태 옹벽	간단한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초부의 세굴 ○ 채움재 유실 ○ wire mesh의 파손 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태) 	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열 	

※ 정기점검은 간단한 기구 등을 지참하여 점검한다.

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

【해설】

1. 육안조사는 실제로 경험이 풍부한 기술자의 지식과 경험을 토대로 시각, 청각을 사용하여 시설물의 양호, 불량상태를 판정하는 것이다. 그러나, 이러한 판정은 점검자의 주관적인 견해로 인한 개인차가 커서 조사할 때마다 점검자의 심리적 상태의 영향을 받기 쉽다.
2. 기술적 유추에 의한 조사 또한 점검자의 경험적인 측면의 요소가 판정에 중요하게 작용하므로 개인의 능력 차에 의한 오차를 줄이기 위해서는 직접적인 검사를 통한 조사양식을 만들고, 이 양식에는 다른 유사한 실례를 참고로 하여 그 상태를 유추할 수 있도록 내용이 수록되어야 한다. 특히, 조사대상 시설물의 내하성, 내구력에 영향을 미칠 우려가 있는 결함상태를 중심으로 먼저 조사가 시행되어야 한다.
3. 이들 각각에 대한 조사방법을 간략하게 나타내면 [해설 표 11.2.16]과 같다.
일반적으로 정기점검의 육안조사는 가장 손쉽게 수행할 수 있는 조사방법으로서, 시설물의 결함을 찾아낼 수 있는 일차적인 조사에 해당한다. 그러나 다른 조사방법에 비해 정밀도가 낮으므로 정밀진단 단계에서의 육안조사시에 실시되는 측정장비에 의한 정밀한 측정과는 달리 균열, 백태, 변형 등을 포함한 단순항목에 대한 조사위주로 진행된다. 이 밖에도 사용성에 간접적인 영향을 미치는 영향인자(주변영향) 및 기존 보수부위에 대해 세밀한 조사를 실시하여야 한다.

[해설 표 11.2.16] 조사항목별 조사방법

조사항목	조 사 방 법
균 열	육안으로 균열의 위치, 방향, 패턴 등을 관찰하고 증가한 균열의 길이를 파악한다. 또한 내부 철근의 녹슬음에 의한 오염의 유무도 관찰한다.
들 뚝	육안으로 콘크리트의 들뜸 유무를 관찰한다. 또한 들뜸 부분의 철근부식 유무를 관찰한다(망치사용).
박 락	육안으로 콘크리트가 박락되어 있는 부분의 유무를 관찰한다.
누 수	육안이나 문진 등으로 누수의 범위나 누수량을 확인한다.
백 태	콘크리트 면을 손으로 세게 눌러서 분상물의 부착으로 판단한다.

3) 정밀점검

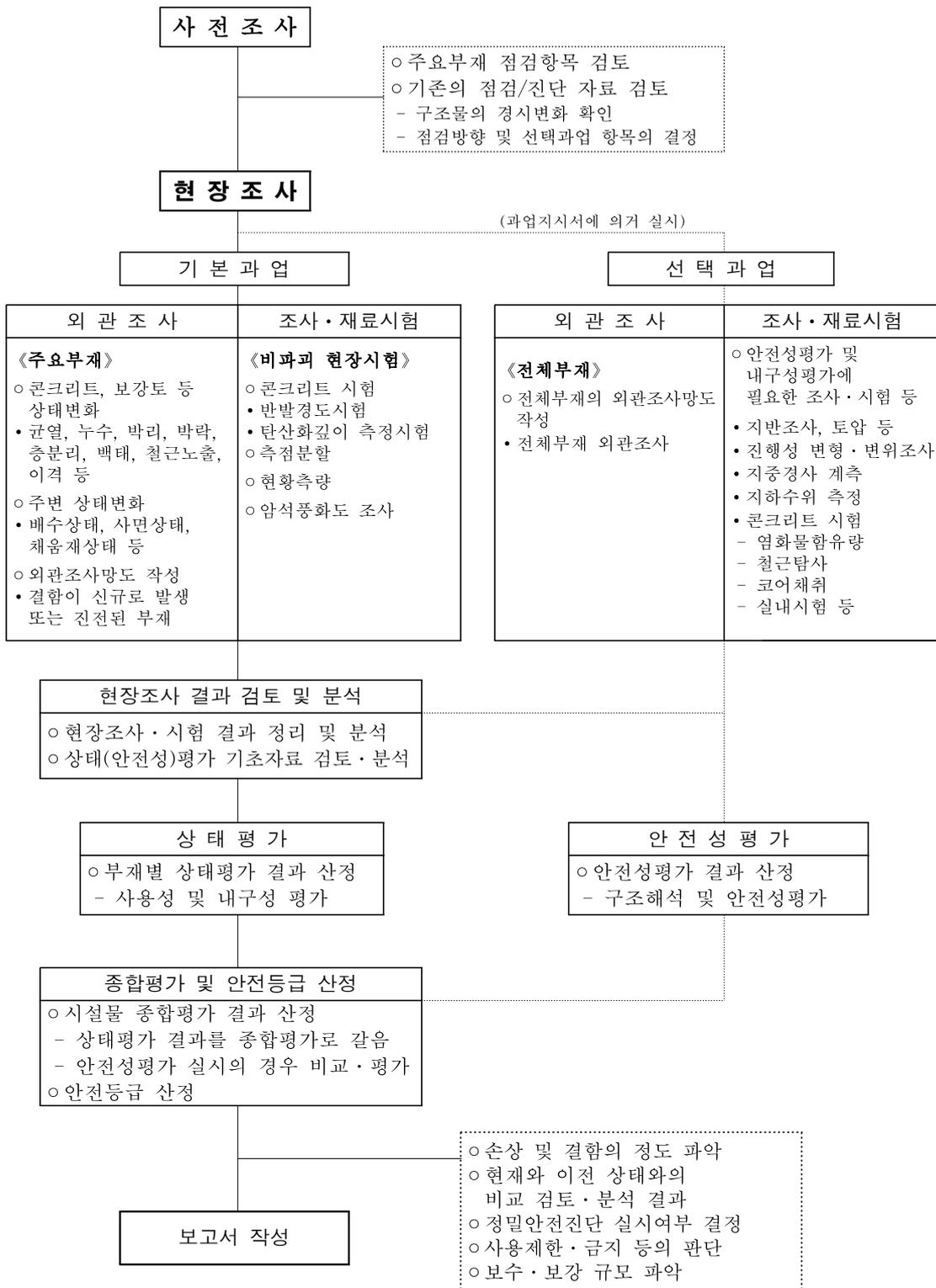
옹벽형식	점검방법	점검사항	점검장비
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> - 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공상태 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 망원경 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 손전등 - 슈미트해머 - 균열경 · 균열측정기 - 측량기 또는 · 진행성결함 항목 · 측정 및 계측에 · 필요한 장비
	간단한 측정	<ul style="list-style-type: none"> · 현황측량 · 반발경도법에 의한 강도조사 · 탄산화 시험 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등 	
보강토 옹벽	면밀한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> - 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등 	
	간단한 측정	<ul style="list-style-type: none"> · 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등 	
석축	면밀한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> - 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 · 배수공의 상태 · 암석의 풍화도 판정 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등 	
	간단한 측정	<ul style="list-style-type: none"> · 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 	
돌망태 옹벽	면밀한 외관조사	<ul style="list-style-type: none"> - 전면부의 주요결함 · 채움재 유실 · wire mesh의 파손 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등 	
	간단한 측정	<ul style="list-style-type: none"> · 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등 	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열 	

【해설】

1. 응벽의 정밀점검은 기본과업과 선택과업으로 구분하여 실시하며 정밀점검의 과업 구분은 [해설 표 11.2.17]과 같으며, 정밀점검 및 긴급점검 흐름도는 [해설 그림 12.2.9]와 같다.

[해설 표 11.2.17] 정밀점검 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등 • 간단한 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 	<ul style="list-style-type: none"> • 전체부재에 대한 외관조사망도 작성 • 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 • 조사용 접근장비 운용 • 조사부위 표면청소 • 마감재의 해체 및 복구 • 수중조사 • 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> • 외관조사 결과분석 • 현장 재료시험 결과 분석 • 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 • 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정) 	-
안전성 평가	-	<ul style="list-style-type: none"> • 필요한 부위의 구조·지반·수리·수문 해석 등 안전성평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
보수·보강 방법	-	<ul style="list-style-type: none"> • 보수·보강 방법 제시
보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> • CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	-



[해설 그림 11.2.9] 정밀점검 및 긴급점검 흐름도

4) 정밀안전진단

옹벽분류	진 단 항 목	조사방법
콘크리트 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균열조사 <ul style="list-style-type: none"> - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) 	측량 또는 계측
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수부위 조사 	적외선 탐사법 초음파 탐사법 육안조사
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전면부 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 두께조사(피복조사) - 콘크리트 강도 - 철근배근 탐사 및 부식도 측정 - 열화조사 <ul style="list-style-type: none"> · 파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 · 탄산화 및 염분조사 - 균열깊이 측정 	탄산화시험 레이더탐사법 충격탄성과시험 표면타격법 코아채취 시험 자연진위법 측정기 초음파 탐사법 육안조사 염해조사 등
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초부 세굴 	육안조사
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수공 상태 	육안조사
보강토 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전면부 <ul style="list-style-type: none"> - 강도조사 - 유실 및 이격 - 파손 및 손상, 균열 ○ 뒷채움토 입도 ○ 보강재 허용인장강도 및 내구성 등 	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등 표면타격법 시료채취조사 재료시험
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 진행성 배부름 	측량 또는 계측
	석축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전면부 <ul style="list-style-type: none"> - 강도조사 - 유실 및 이격 - 파손 및 손상, 균열 - 채움콘크리트 상태 - 암석의 풍화정도 - 진행성 배부름 현상
<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수공 상태 ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) 		육안조사 측량 또는 계측
돌망태 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 채움재 유실 ○ wire mesh 파손 ○ 결속철망 상태 ○ 진행성변형 	육안조사 육안조사 육안조사 측량 또는 계측
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) 	측량 또는 계측
공 통	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반조사 (주동영역 및 수동영역 각각 1개소 이상) ○ 옹벽 주변 영향인자 ○ 진행성 변형·변위 조사 	시추조사 및 실내실험 육안조사 진행성결함 조사에 필요한 측정장비

【해설】

1. 정밀안전진단은 안전점검으로 쉽게 발견하지 못하는 결함부위를 발견하기 위하여 행해지는 정밀한 육안조사 및 측정장비에 의한 조사를 포함하는 근접 점검이다. 필요한 경우 차량통제나 단수 등을 실시하여야 하며 점검용 접근장비, 비계, 작업선과 같은 특수장비 및 특수기술자가 필요하다.

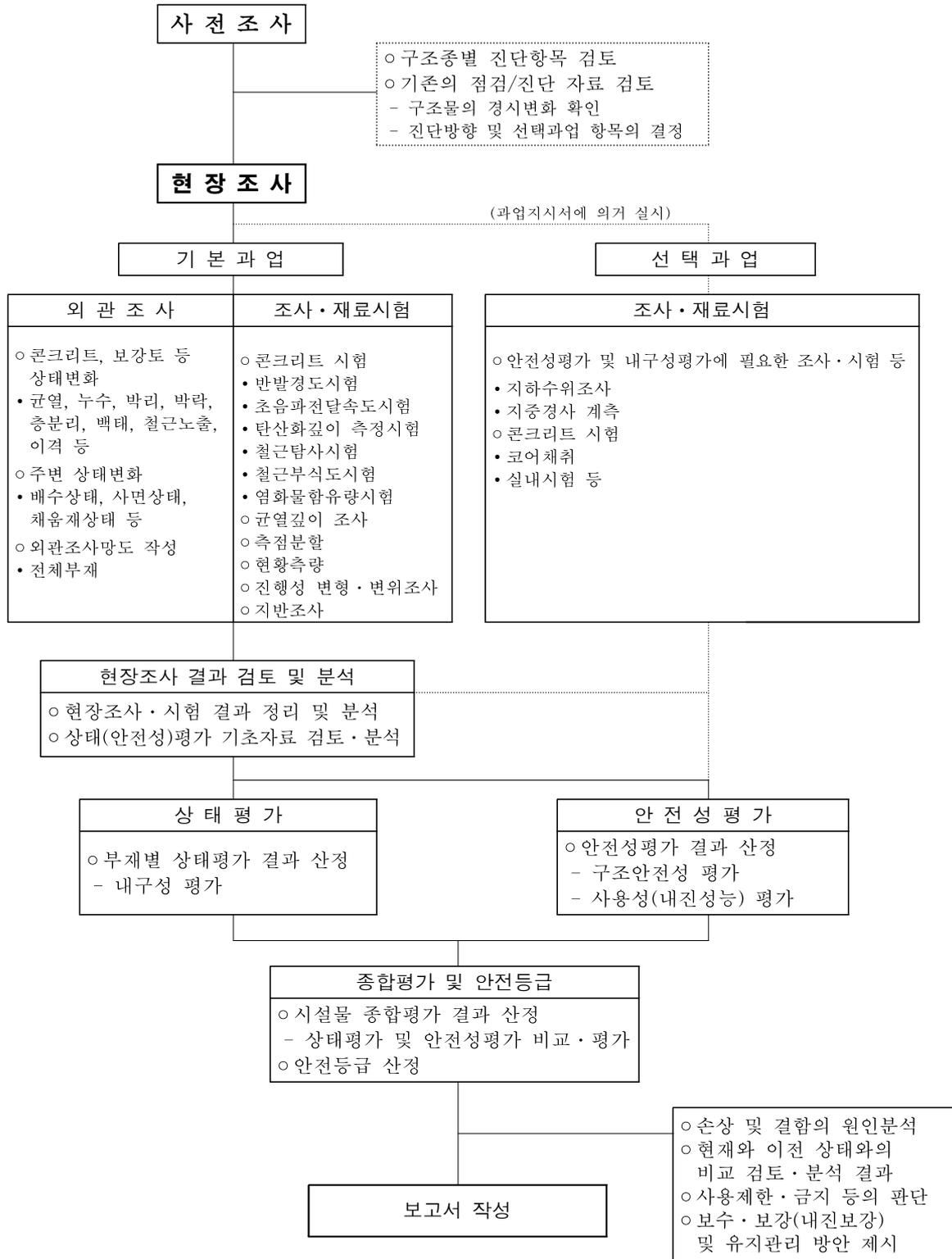
먼저 육안조사의 결과는 전체 구조물의 표면에 대하여 도면에 기록하여야 하며, 구조물 전체에 대한 조사결과 분석 및 상태평가가 포함되어야 한다. 결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요한 때에는 부분적인 파괴시험과 비파괴 현장시험 및 기타 필요한 재료시험 등의 실내시험을 병행해야 하며, 콘크리트 재료의 열화정도, 배면지반의 상태 등 정량적인 판단을 주로 한다. 또한 정밀안전진단에서는 노후화 또는 손상정도에 따라 구조물의 성능이나 잔존수명을 평가하기 위한 안전성 평가가 포함되어야 한다. 안전성 평가를 위하여 시설물의 안정과 내하력, 내진성 등을 결정하는데 필요한 조사나 시험을 실시할 수 있다. 정밀안전진단을 실시한 결과, 시설물의 재해예방 및 안전성의 확보가 필요한 경우에는 적절한 보수·보강공법을 제시하여야 한다.

보고서 중 일부는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010.12) 부록 2』 보고서 서식(121page)을 참고한다.

2. 옹벽의 정밀안전진단의 과업 구분은 [해설 표 11.2.18]와 같으며, 정밀안전진단의 흐름도는 [해설 그림 11.2.10]과 같다.

[해설 표 11.2.18] 정밀안전진단 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 구조물: 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등 • 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파진달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험(시험량, 시험부위 등 세부사항은 세부지침 참조) • 기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무 	<ul style="list-style-type: none"> • 시료채취 및 실내시험 • 재하시험 및 계측 • 지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 • 수중조사(준공후 50년 경과하고 연장 100m 이상인 하천교량은 필수) • 누수탐사 • 침하, 변위, 거동 등의 측정 (안전점검 실시결과, 원인 규명이 필요하다고 평가한 경우 필수) • 콘크리트 제체 시추조사 • 수리·수층격·수문조사 • 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 • 조사용 접근장비 운용 • 조사부위 표면청소 • 마감재의 해체 및 복구 • 기계·전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측(건축물 제외) • 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 • CCTV, 단수시키지 않는 내시경 조사 등 • 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> • 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견 	-
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> • 조사, 시험, 측정결과의 분석 • 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 • 내하력 및 구조 안전성평가 • 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조·지반·수리·수문 해석 (구조계 변화 또는 내하력 및 구조안전성 저하가 예상되는 경우 필수) • 구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 • 내진성능 평가 및 사용성 평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> • 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 • 안전등급 지정 	-
보수·보강 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 보수·보강 방법 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 내진보강 방안 제시 • 시설물 유지관리 방안 제시
보고서작성	<ul style="list-style-type: none"> • CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	-



[해설 그림 11.2.10] 정밀안전진단 흐름도

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 11.3] 응벽별 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정분할 (평가단위) <ul style="list-style-type: none"> - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 응벽의 선형 및 수준측량 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 응벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴시험법(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화 깊이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도(국부파괴시험법) ○ 콘크리트 염화물 함유량¹⁾ ○ 철근배근 상태조사 ○ 진행성 변형 및 변위
보강토 응벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 재료시험(블록 및 보강재) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진행성 배부름 현상
석 축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암석풍화도 판정 ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트 상태 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진행성 배부름 현상
돌망태 응벽	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진행성 변형 및 변위

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 11.4] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	○ 측정분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 암석풍화도 조사	○ 석축의 풍화도 판정
	○ 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 진행여부 판단
	○ 지반조사	○ 토압 및 지지력 검토로 안전성평가 ○ 시추 또는 원위치 시험

※ 응벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 [표 11.4]에서 제시한 콘크리트 응벽의 재료시험 항목 이외의 응벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 11.1]의 응벽 재료형식 및 상태평가 항목을 참조하여 실시한다.

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 구분하였다.
2. 정밀점검은 간단한 재료시험을 포함하는 점검행위로 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험방법은 “세부지침 공통편 부록”의 내용을 따른다.
3. 염화물함유량시험
 - (1) 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로하며 시험부재의 철근깊이까지 10mm 또는 20mm 단위 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.
 - (2) 또한, 동절기 염화칼슘 등의 사용 등에 따라 염해의 우려가 있는 시설물도 포함한다.

【해설 표 11.3.1】 염해에 관한 외적 성능 저하요인의 구분

구분	해안에서 거리	염소이온의 침투정도
심한 염해 지역	0m 부근	조수간만 및 파도에 의해 빈번히 해수에 접한다.
보통 염해 지역	100m 이내	강풍시에 해수적(海水滴)이 비래하고, 콘크리트 면이 해수에 젖는다.
경미한 염해지역	250m 이내	해염입자가 비래하고 콘크리트중에 유해량의 염화물이 축적된다.
염해를 고려하지 않아도 좋은 지역	250m 초과	콘크리트중에 유해량의 염화물이 거의 축적되지 않는다.

출처 : 염해 및 탄산화에 대한 철근콘크리트 구조물의 내구성 설계·시공·유지관리 지침 : 한국콘크리트학회('03.4)

4. 측정분할 : 외관조사에서 구분한 Sheet Number(S/N)에 일정하게 자료를 획득할 수 있도록 측정위치를 선정한다. 전차년도의 자료가 있는 경우 비교평가를 위한 시험위치 및 S/N에 누락된 위치의 시험을 실시하도록 한다.
5. 콘크리트강도(국부파괴시험법) : 전차년도에 채취된 코어의 압축강도와 위치를 고려하여 수량 등을 결정한다.
6. 탄산화 측정시험 : 탄산화 억제보수공법 및 표면처리공법, 조도개선을 위한 타일 등으로 탄산화의 진행정도에 영향을 주게 되어 조사위치 선정시 이에 대한 고려가 선행되어야 한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 11.5] 정밀점검 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측정분할	○ 20m 간격, 신축이음부	○ 책임기술자 조정 가능
측 량	○ 응벽의 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	

[표 11.6] 정밀점검 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

【해설】

1. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 점검 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.
2. 지침에 명시된 수량 기준은 최소한의 물량으로 과업구간에 포함되는 구조물의 단면변화, 재료 및 시공변화를 고려할 수 있도록 균등하게 배분하여 실시하여야 한다.

11.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 11.7] 옹벽별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정분할 (평가단위) <ul style="list-style-type: none"> - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등 ○ 지반조사 ○ 진행성 변형 및 변위 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴시험법(반발경도법, 초음파법) ○ 철근배근탐사 <ul style="list-style-type: none"> - 철근간격, 철근피복두께 ○ 철근부식도 측정 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량1) ○ 균열조사(깊이, 길이, 진행성여부) ○ 계획선형오차(진행성 및 비진행성) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 국부파괴시험법(코어채취) ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 시험
보강토 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 재료시험(블록 및 보강재) ○ 진행성 배부름 현상 	-
석 축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트의 상태 ○ 암석풍화도 판정 ○ 진행성 배부름 현상 	-
돌망태 옹벽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진행성 변형 	-

주1) 염화물함유량 시험은 [표 11.26]에 따라 실시한다.

[표 11.8] 옹벽별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 지반조사	○ 토압산정과 지지력 검토
	○ 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	○ 결함의 진행성 여부 검토
선택과업	○ 콘크리트강도(국부파괴법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 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 11.8]에서 제시한 콘크리트옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 11.1]의 옹벽 재료형식 및 상태평가 항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 11.9] 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	
지반조사 ¹⁾	○ 대표지반 설정 1단면 이상	○ 주동영역, 수동영역 각각 1회 이상
반발경도시험	○ 평가단위당 1개소 이상	○ 동일 부위 시험 원칙 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
초음파전달속도시험		
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	

주1) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능

【해설】

1. 일반사항은 정밀점검에 예시된 내용 및 설명을 참고한다.
2. 철근부식도시험 및 균열깊이 조사 : 기존 자료분석 내용과 철근부식 위험성이 낮은 것으로 책임기술자가 판단할 경우 관리주체와 협의하여 구조물 파괴시험을 생략할 수 있다.
3. 진행성 변형 및 변위조사는 현장상황을 고려하여 과업내용에 의하여 조사 및 수량 결정한다.

[표 11.10] 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
지하수위측정 ²⁾	○ 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) 양압력 및 부력의 영향이 있을 수 있는 지반에 대하여 실시

11.4 상태평가 기준 및 방법

11.4.1 상태평가 기준

가. 응벽별 상태평가 기준

응벽분류에 따른 응벽별 상태평가를 위한 결함등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

1) 결함점수 및 결함지수 산정 기준

(가) 콘크리트 응벽

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	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	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
철근콘크리트 응벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\sum \text{결함점수}}{76}$		②	$\frac{\sum \text{결함점수}}{60}$	
중력식 응벽 결함지수(F)	①	$\frac{\sum \text{결함점수}}{64}$		②	$\frac{\sum \text{결함점수}}{48}$	

- ※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외
- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.
- ※ 콘크리트 응벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 응벽에 한하여 실시하며, 평가단위 당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복 보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정한다.
- ※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시 하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.
- ※ 수중응벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결 함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산한다.

(나) 보강토 응벽

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 응벽 결함지수 (F)		①	Σ 결함점수 52		②	Σ 결함점수 36

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

(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	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
석축 결함지수 (F)		①	Σ 결함점수 76		②	Σ 결함점수 60

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

(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)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.

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

2) 옹벽시설물의 상태평가 기준

[표 11.11] 옹벽시설물의 상태평가 기준

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	$0.75 \leq F$	

11.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 단계는 옹벽 상태평가 결과와 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(정기점검) 결과를 활용해 결함의 진행 여부를 판단하도록 하였다.

나. 콘크리트 옹벽

[표 11.12] 침하의 상태평가 기준(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 11.13] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(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.

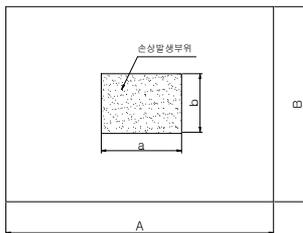
[표 11.14] 활동의 상태평가 기준(공통적용)

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 11.15] 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	깊이	면적을 10%미만	면적을 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>



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

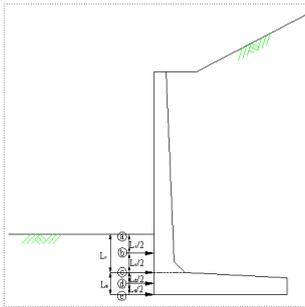
[표 11.16] 기초부 세굴 상태평가 기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 각 옹벽형식별 <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.

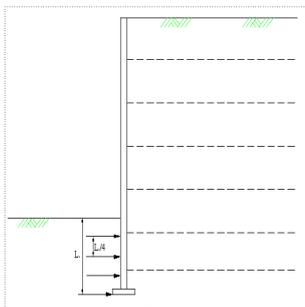
주) 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

< 해설 >



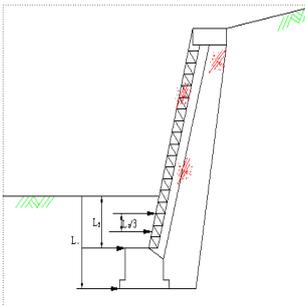
- 콘크리트 옹벽

- 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



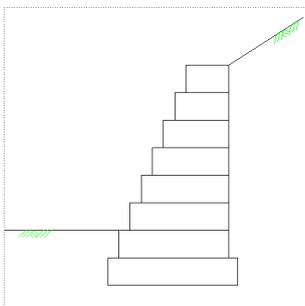
- 보강토 옹벽

- 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 :

[표 11.17] 마모/침식의 상태평가 기준

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	2	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

[표 11.18] 박락 및 층분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적을 20% 미만	면적을 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 11.19] 박리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적을 20% 미만	면적을 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

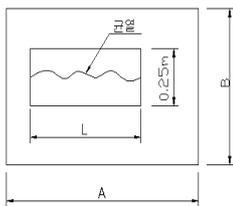
※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

[표 11.20] 균열의 상태평가 기준

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	0.5mm 이상	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, 응벽 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.



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

- 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, d이상으로 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 응벽에 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 11.21] 백태 상태평가 기준

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 11.22] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 11.24](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.26] 참조

[표 11.23] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 11.24](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.27] 참조

[표 11.24] 철근노출의 상태평가 기준

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

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

[표 11.25] 배수공 상태의 상태평가 기준(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 11.26] 침하의 상태평가 기준(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 상태 이나 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 11.27] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(보강토)

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 않 는 상태
c	1	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속 적인 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 광범 위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실 할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.

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

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

[표 11.28] 진행성 배부름 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 비진행성 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 11.29] 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준(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 11.30] 이격 상태평가 기준(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 11.31] 유실 상태평가 기준(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 11.32] 채움콘크리트 상태의 상태평가 기준

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 모르타르가 떨어져 나가는 상태)
e	4	○ 채움콘크리트가 유실된 상태

[표 11.33] 암석의 풍화도 상태평가 기준

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 응벽

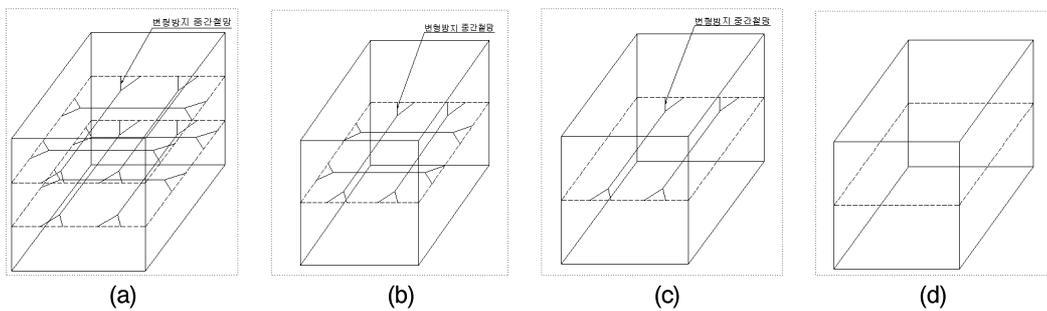
[표 11.34] 채움재 유실 상태평가 기준

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 11.35] 철망 결속상태

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

【해설】



- 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 11.36] 와이어 메쉬의 절단 및 파손

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 11.37] 진행성 변형발생에 대한 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 비진행성 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

【해설】

1. 탄산화 상태평가 기준

- (1) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 탄산화 조사는 세부지침 및 세부지침 해설서[공통편] 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- (4) 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

2. 염화물 상태평가 기준

- (1) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.
- (4) 염화물 함유량 분석은 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

3. 허용균열폭

- (1) 콘크리트 구조설계기준(2007)에서 철근 콘크리트 구조물의 내구성확보를 위하여 허용되는 균열폭은 다음과 같다. 내구성에 관한 균열폭을 검토할 경우 구조물이 놓이는 환경조건을 고려하여야 한다.

[해설 표 11.4.1] 철근콘크리트구조물의 허용균열폭 w_a (mm)

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조 환경 ¹⁾	습윤 환경 ²⁾	부식성 환경 ³⁾	고부식성 환경 ⁴⁾
철근	0.4mm와 $0.006c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.0035c_c$ 중 큰 값
프리스트레싱 긴장재	0.2mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.2mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	-	-

주 1) 일반 옥내 부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 거주 및 사무실 건물 내부
 2) 일반 옥외의 경우, 흙 속의 경우, 옥내의 경우에 있어서 습기가 찬 곳
 3) ① 습윤환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙 속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우
 ② 해양콘크리트 구조물 중 해수 중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
 4) ① 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우
 ② 해양콘크리트구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

여기서, c_c 는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

(2) 콘크리트 구조설계기준(2007)에서 수처리구조물의 내구성과 누수방지를 위하여 허용되는 균열폭은 다음과 같다.

[해설 표 11.4.2] 수처리 구조물의 허용균열폭 w_a (mm)

구 분	휨인장 균열 ³⁾	전 단면인장 균열 ⁴⁾
오염되지 않은 물 ¹⁾	0.25	0.20
오염된 액체 ²⁾	0.20	0.15

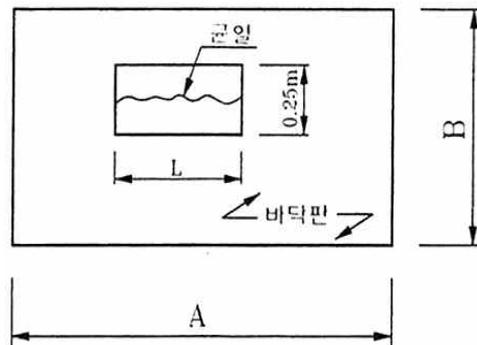
주 1) 음용수(상수도) 시설물
 2) 오염이 매우 심한 경우 발주자와 협의하여 결정
 3) 휨모멘트에 의해 발생하는 균열로서 단면의 한쪽 부분에만 발생하는 균열
 4) 주로 축 인장력에 의해 단면 전체에 인장응력이 발생되어 단면 전체에 걸쳐 발생하는 균열

4. 콘크리트 균열 면적을 산정 방법

(1) 1방향 균열인 경우

- ① 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며,
- ② 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- ③ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

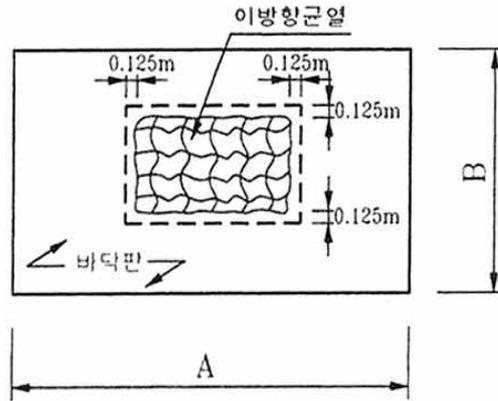
$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \quad \%$$



(2) 2방향 균열인 경우

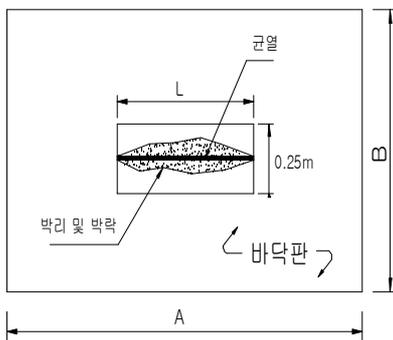
- ① 균열발생 면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최·외측균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후
- ② 점선 내면 면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- ③ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$



5. 철근노출 및 표면손상 면적을 산정 방법

(1) 철근부식 손상에 대한 면적을 산정 방법

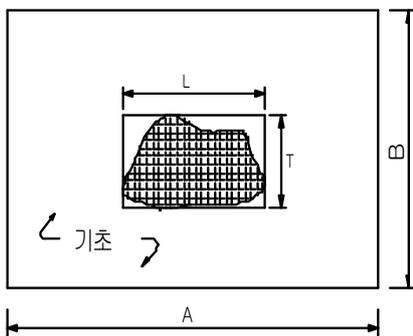


- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

(2) 표면 손상에 대한 면적을 산정 방법

상태평가시 손상 발생 면적율이 필요한 백태, 박리, 박락, 층분리 및 파손의 경우 면적율은 아래 식으로 산정한다.



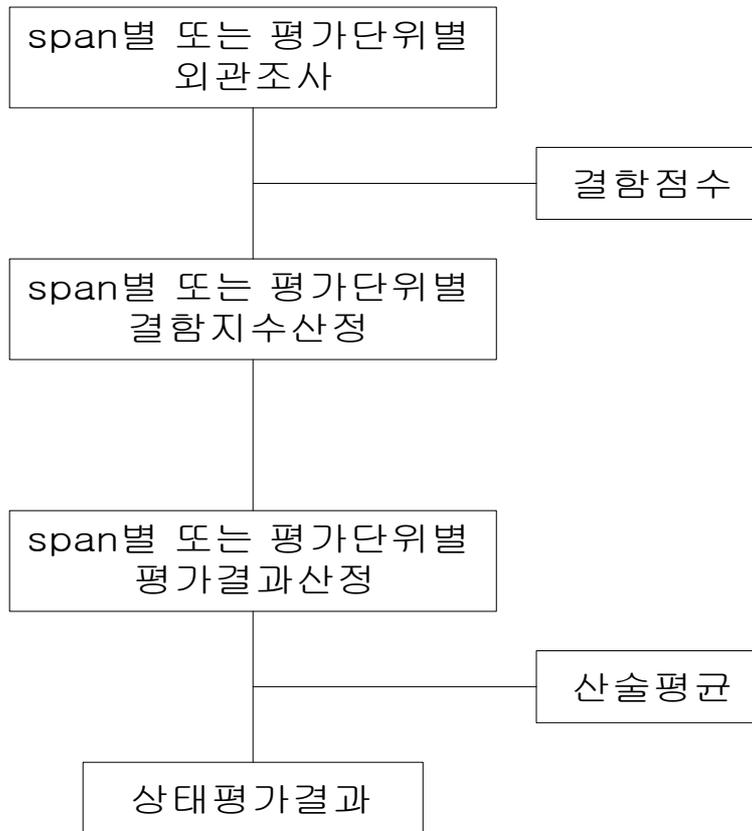
$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

11.4.3 상태평가 결과 산정 방법

가. 상태평가 결과 산정

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

평가과정은 [그림 11.3]과 같다.



[그림 11.3] 상태평가 결과 산정 흐름도

나. 상태평가 결과 산정 방법

콘크리트 옹벽의 상태평가 결과 산정 방법을 단계별로 구분하여 예시하였다.

<p>균열 $w=0.2\text{mm}$ $L=2.0\text{m}$</p> <p>박리 $t=0.3\text{mm}$</p>	<p>배수공막힘</p> <p>박락</p>	<p>균열 $w=0.3\text{mm}$ $L=2.0\text{m}$</p>	<p>박락</p> <p>파손</p>	<p>파손</p>
Span No. 1	Span No. 2	Span No. 3	Span No. 4	Span No. 5

[평가결과 산정 절차]

Sta. No	침하	기울기	활동	파손 및 손상	균열	마모 / 침식	박리	박락 / 층분리	탄산화	염화물	백태	철근 노출	배수공 상태	주변영향인자			결함 점수 합계	평가단위 결합지수	평가단위 평가 결과	
														배수로	사면상태					
															사면구배	낙석 흔적				침출수
1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4.6	0	0	0	0	6.6	0.11	a
2	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	4.5	0	0	0	0	10.5	0.18	b
3	0	0	0	2	4.9	0	0	2	0	0	0	3	5.2	0	0	0	0	17.1	0.29	b
평균	0.00	0.00	0.00	0.70	3.70	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1.00	4.60	0.00	0	0	0	11.40	0.19	-
상태평가 결과																B				

【해설】

1. ○○옹벽 현황 조사결과

[해설 표 11.4.3] ○○옹벽 현황 조사결과

구 분		구 조 물 현 황
구조물명		○○로 역L형 옹벽
위 치		○○도 ○○시 ○○구 ○○동
구 조 형 식	형 식	역L형 옹벽
	높 이	H = 3.5 ~ 14.5m(노출면기준 H = 2.0 ~ 13.0m)
	연 장	L = 245m
	기 타	버림 콘크리트 = 49.0m ² 구체콘크리트 = 1,869m ² 유로폼 = 394.0m ² 문양거푸집 = 2,279m ² 철근가공조립 = 224.846 Ton 다웰바 설치 = 234ea
준공년도		
관리주체		○○시○○구청
감 리 자		○○엔지니어링
시 공 자		(주)○○건설, ○○종합건설(주)

2. 외관조사

옹벽에 대한 외관조사는 옹벽에 발생한 각종 결함 및 손상에 대한 발생위치, 형태 및 크기 등을 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’과 ‘안전점검 및 정밀안전진단 실무요령’의 기준에 따라 조사하였다.

외관조사는 고소차량 및 사다리 등의 접근장비를 이용하여 최대한 대상시설물에 근접한 후 육안조사를 실시하였으며, 대상시설물이 옹벽인 점을 감안하여 각 구간을 12~21m씩 분할되어 있는 스파별로 외관조사망도를 작성하였다.

이렇게 작성된 외관조사망도는 비파괴 조사결과와 함께 옹벽구간의 보수·보강방안 및 유지관리 방안에 대한 자료로 활용하였다.

외관조사망도의 번호 및 위치는 [해설 표 11.4.4]와 같다.

[해설 표 11.4.4] ○ ○옹벽차도의 외관의 외관조사망도 번호 및 위치

Span No.	시점 (m)	종점 (m)	Span연장 (m)	Sheet No.	시점 (m)	종점 (m)	Span연장 (m)
1	0.0	12.3	12.3	8	128.6	148.6	20.0
2	12.3	30.3	18.0	9	148.6	168.6	20.0
3	30.3	50.6	20.3	10	168.6	187.0	18.4
4	50.6	69.9	19.3	11	187.0	207.0	20.0
5	69.9	89.3	19.4	12	207.0	227.5	20.5
6	89.3	108.7	19.4	13	227.5	249.0	21.5
7	108.7	128.6	19.9				

3. 외관조사 총괄표

옹벽의 외관조사 총괄표는 다음 [해설 표 11.4.5]와 같다.

[해설 표 11.4.5] 외관조사 총괄표

Span 번호	균열 (m)				누수 (m)				백태 (㎡)		철근노출 (m)		재료분리 (㎡)	
	c등급 (0.3mm미만)		d등급 (0.5mm미만)		b등급		c등급		b등급		b등급		b등급	
	개소	길이	개소	길이	개소	길이	개소	길이	개소	면적	개소	면적	개소	면적
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2	6.0	1	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	10	29.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	2	6.0	5	21.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2	12.0	9	30.5	1	1.0	-	-	2	0.2	2	0.4	-	-
6	-	-	7	30.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	8	46.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	10	55.0	-	-	1	0.2	-	-	4	0.9	1	1.0
9	-	-	10	39.0	-	-	1	0.5	-	-	2	0.5	1	2.3
10	1	3.0	5	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	3	7.5	9	47.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	6	40.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1	3.0	4	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	11	37.5	84	395.4	1	1.0	2	0.7	2	0.2	8	1.8	2	3.3

4. 콘크리트 내구성 조사결과

각 항목별 시험위치 및 측정개소는 외관조사를 실시한 후에 구조부재와 외관상태를 고려하여 선정하였으며, 부재별 콘크리트 내구성 조사 부위 총괄표는 [해설 표 11.4.6]과 같다.

[해설 표 11.4.6] 부재별 콘크리트 비파괴시험 부위 총괄표

시 험 종 류		콘크리트 강도		철 근 사 험 시 험	탄산화 시 험	수직도 측 량
		반발경도 시 험	초 음 파 탐사시험			
응 벽	측 벽	6	6	6	6	12
계		6	6	6	6	12

[해설 표 11.4.7] 각 시험법에 의한 비파괴강도 [MPa]

시 험 위 치			반발 경도 (R_o)	반발경도법			초음파 속 도 V_d (km/sec)	초음파 속도법	
				식3.2	식3.3	식3.4		식3.9	식3.10
응 벽	측 벽	10m	46.6	25.0	22.0	27.1	4.322	30.30	31.73
		50m	43.8	23.0	20.2	25.9	4.083	25.28	29.35
		100m	46.0	25.0	21.6	26.9	4.410	32.16	32.62
		150m	43.9	23.0	20.2	25.9	4.230	28.38	30.82
		200m	47.5	26.0	22.4	27.5	4.164	26.98	30.16
		235m	44.2	24.0	20.5	26.1	4.028	24.11	28.80
평균				24.33	21.14	26.56		27.87	30.58
표준편차				1	1	1		3	1
변동계수				5	5	3		11	5

[해설 표 11.4.8] 탄산화깊이의 측정결과 및 평가

구분	시 험 위 치	피복두께 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	<11.22>에 의한 등급	
응 벽	측 벽	10m	67	3.0	64.0	a
		50m	70	3.0	67.0	a
		100m	79	5.3	73.7	a
		150m	63	4.7	58.3	a
		200m	47	2.7	44.3	a
		235m	75	2.7	72.3	a

5. 상태평가 결과

옹벽의 상태평가 결과는 [해설 표 11.4.9]와 같다. 옹벽의 결함지수(F)는 0.13로서 상태평가결과는 'A'로 평가되었다.

[해설 표 11.4.9] ○ ○옹벽 상태평가 결과

S.N	침하	기울기	활동	파손 및 손상	균열	마모 /침식	박리	박락 /충분리	탄산화	염화물	백태	철근 노출	배수공 상태	주변영향인자			결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과	
														사면상태						
														배 수로	사면 구배	낙석 흔적				침출수
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A	
2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	15	0.25	B
5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	16	0.27	B
6	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.12	A
7	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
8	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	17	0.28	B
9	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0.13	A
10	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
11	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
12	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
13	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.1	A
평균	0	0.08	0	0.15	5.50	0	0	0	0	0	0	0.23	2.08	0	0	0	0	8.08	0.13	
상태평가 결과																	A			

11.5 안전성평가 기준 및 방법

11.5.1 일반

가. 일반

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀점검 또는 긴급점검 시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 「법」 제7조제1항에 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 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가 시 각 재료형식별 토압산정 및 적용안전율은 구조물기초설계기준(국토해양부)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 평가방법 등에 대한 설명과 평가결과를 포함하며, 해석을 실시한 경우에는 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 상태평가 결과 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

【해설】

1. 점검 및 진단의 반복에 따라 검토할 자료는 D/B하여 관리하여야 하며 평가시 책임기술자에 판단에 따른 선별된 자료를 사용할 수 있다.
2. 안전성평가를 위해 실시하는 구조해석은 선택과업으로서, 시설물의 안전성평가를 위한 방법에 해당하며, 일반적으로 안전성평가는 구조해석 실시외에도 기존 설계서 검토, 현장조사 결과분석 등을 통해 실시한다.

다. 내진성능 평가

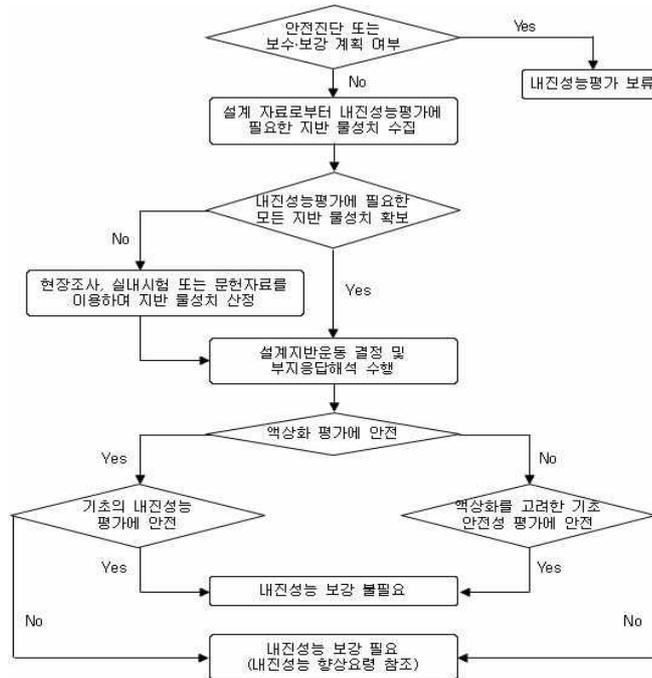
내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과¹⁾에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

【해설】

1. 응벽의 내진성능평가는 일반적으로 기초및지반 내진성능평가요령에 따라 구조물의 내진성 평가와 지반액상화 평가를 실시할 수 있으며, 구조물기초설계기준(2009), 건설

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 건설교통부, 한국시설안전기술공단

공사비탈면설계기준(2011) 참고하여 수행 할 수 있다.



[해설 그림 11.5.1] 내진성능평가 흐름예

11.5.2 안전성평가 기준

정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성평가 결과를 산정한다. 정밀점검 시 옹벽의 상태평가 결과가 D급 이하로 판정되거나 혹은 우각부와 같은 주요 부위에 증대한 결함이 발생되었을 때 원인분석을 위한 구조검토를 위해 안전성 평가를 실시한다.

옹벽의 안전성은 크게 내적·외적 안전성으로 구분하며 국내에서는 대상구조물의 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력 설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

상태평가 결과 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, 전체 안전성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 안전성해석에서 사용되는 모든 전산해석프로그램은 범용으로 사용되고 있는 검증된 프로그램을 사용하도록 한다.

【해설】

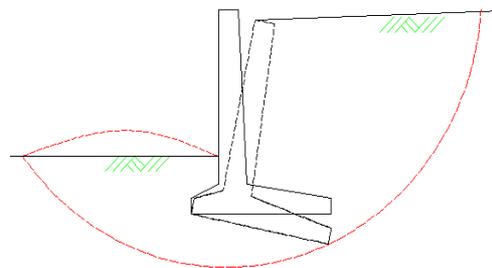
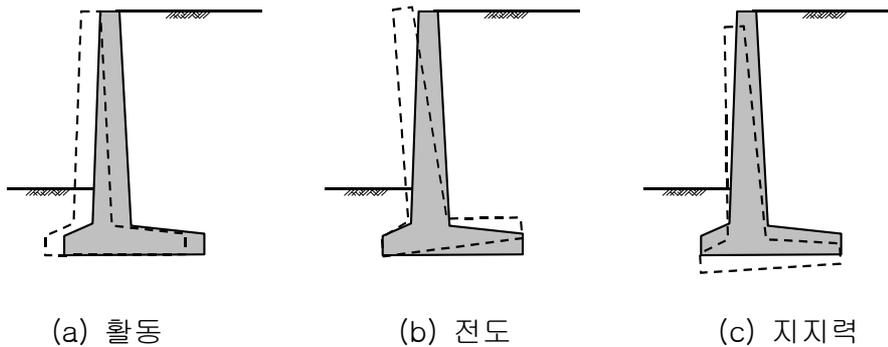
1. 콘크리트 옹벽의 일반적 안정해석(건설공사 비탈면 설계기준 참조)

콘크리트 옹벽의 안정해석은 다양한 하중조건하에서 한계상태가 발생하지 않도록 하는 것이며 다음의 항목에 대하여 검토한다.

- ① 활동파괴(sliding failure)
- ② 전도파괴(overturning failure)
- ③ 지지력 파괴(bearing capacity failure)
- ④ 전체안정성(overall stability)
- ⑤ 기초지반의 침하(settlement)

(가) 옹벽의 설계개념은 옹벽에서 발생할 수 있는 다양한 파괴에 도달하는 한계상태에 대하여 적절한 안전성을 확보하는 것이며, 옹벽에 작용하는 하중과 저항력의 크기를 실제 작용하는 하중크기로 계산하는 사용하중설계법을 적용한다.

(나) 모든 옹벽은 [해설 그림 11.5.2]에서와 같이 옹벽저면을 따른 활동, 옹벽의 선단을 중심으로 한 전도, 기초지반의 지지력 및 침하에 대하여 안정성을 확보할 수 있도록 한다.



(d) 전체안정성

【해설 그림 11.5.2】 옹벽의 안정성 검토

(1) 안전율 기준

콘크리트 옹벽의 안정해석에서 적용하는 기준 안전율은 [해설 표 11.5.1]과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

[해설 표 11.5.1] 옹벽의 기준안전율

검토항목	평상시	지진시
활동(sliding)	1.5 / 2.0	1.2
전도(overturning)	2.0	1.5
지지력(bearing capacity)	3.0	2.0
전체안정성(overall stability)	1.2 ~ 1.5	1.1
* 옹벽전면 흙에 대한 수동토압을 활동저항력에 포함한 경우의 안전율		

(2) 활동 안정성

- ① 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 콘크리트 옹벽 저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토한다.
- ② 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상으로 한다.

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

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 해설식 (11.5.1)으로 안전율을 계산할 수 있다.

$$FS = \frac{\sum V \tan \delta + c_a B}{\sum H} \geq 1.5 \quad \text{해설식 (11.5.1)}$$

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)

- 옹벽저판과 지지지반 사이의 마찰계수 $\tan \delta$ 와 점토의 종류에 따른 옹벽 저판과 지지지반 사이의 부착력 c_a 는 각각 [해설 표 11.5.2]과 [해설 표 11.5.3]을 참고할 수 있으며, 정확한 값은 현장지반에 대한 시험을 통하여 얻을 수 있다.

- ③ 점성토지반상의 콘크리트 옹벽기초에 대해서는 지반의 건조수축과 침하로 인하여 지반과 기초사이의 이격이 생길가능성을 고려한다.
 콘크리트 옹벽 전면 흙의 수동토압을 활동 저항력으로 고려하고자 하는 경우에는 기초 전면 흙이 장기적으로 유지될 수 있는지 여부를 확인한다.

[해설 표 11.5.2] 옹벽저판과 지반사이의 마찰계수

흙의 종류	저면 마찰각	마찰계수
실트와 점토를 함유치 않은 조립토	29°	0.55
실트를 함유한 조립토	24°	0.45
점토를 함유한 조립토*	19°	0.35

*이러한 종류의 흙이 존재하는 경우 옹벽이 활동에 대해 불안정하므로, 옹벽 저판 밑의 흙을 두께 10cm의 모래나 자갈로 치환하는 것이 좋다.

[해설 표 11.5.3] 점토종류에 따른 옹벽 저판과 지반사이의 부착력(c_a)

점토의 종류	점착력(c , kN/m ²)	부착력(c_a , kN/m ²)
매우 연약한 점성토	0 ~ 12	0 ~ 12
약한 점성토	12 ~ 24	12 ~ 24
중간 정도의 견고한 점성토	24 ~ 49	24 ~ 37
견고한 점성토	49 ~ 98	37 ~ 46
매우 견고한 점성토	98 ~ 196	46 ~ 64

- ④ 옹벽 저판은 동결심도 아래에 설치되는 것이 원칙이며 동결심도가 얇은 지반이라 하더라도 지표면 아래로 최소한 1m 이상의 깊이에 설치한다. 활동 안정해석에 있어서 옹벽전면의 수동토압은 활동에 대한 저항력을 제공할 수 있으나, 다음과 같은 경우가 예상되면 수동토압에 의한 저항력을 무시한다.
- 우수나 유수에 의해 옹벽전면의 흙이 세굴될 수 있는 경우
 - 옹벽전면 흙이 느슨한 퇴적물 흙으로서 토압을 기대하기 어려운 경우
 - 경사진 지반위에 옹벽이 설치되어 전면의 흙이 유실될 가능성이 있는 경우
- ⑤ 옹벽전면의 수동토압을 고려하여 계산하는 경우는 옹벽저판 바닥면에서 발휘되는 저항력과 전면의 수동토압을 합한 저항력으로 활동저항력을 계산하는 방법과 옹벽저판 바닥면과 수동토압을 받는 지반의 상대변위에 따른 수평저항분담율을 계산하고 각각이 분담하는 수평하중에 따라 안전율을 계산하는 방법이 있다.
- 옹벽저판의 마찰저항력과 전면 흙의 수동토압의 합으로 계산하는 방법
 - 수동토압이 발휘되기 위해서는 20%에 이르는 수평변형이 필요하며, 저판의 저면에서 발휘되는 저항력은 0.5%의 변형단계에서 저항력이 발휘되는 것으로 보고되고 있다. 또한 0.5%의 변형단계에서 발휘되는

토압은 수동토압의 약 1/2정도 밖에 발휘되지 않는 것으로 보고되고 있으므로 이를 고려한 활동에 대한 안전율은 해설식 (11.5.2)로 계산 가능하다.

$$FS = \frac{\sum V \tan \delta + \frac{1}{4} \gamma D_f^2 \tan^2 \left(\frac{45 + \phi}{2} \right)}{\sum H} \geq 1.5 \quad \text{해설식 (11.5.2)}$$

여기서,

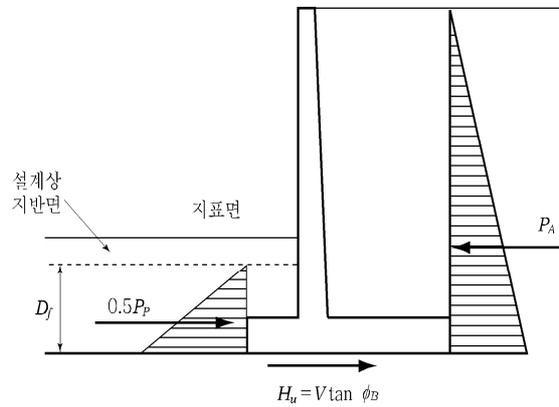
$\sum V$: 모든 연직력의 합(kN)

$\sum H$: 모든 수평력의 합(kN)

γ : 옹벽 전면 흙의 단위중량

D_f : 옹벽 기초의 근입심도(m)

ϕ : 옹벽 전면 흙의 내부 마찰각



[해설 그림 11.5.3] 전면부 수동토압을 고려한 활동저항력

- 수평저항분담율에 따른 검토방법

옹벽에서 발생하는 변위를 수평변위로만 가정하고 저판 지면과 수동토압을 받는 지반을 각각 전단과 압축을 받는 스프링으로 변환하면 단위변위에 따른 수평하중 분담율을 해설식 (11.5.3)을 이용해 구할 수 있다.

$$H_B = \frac{1}{1 + \beta} H \quad \text{해설식 (11.5.3a)}$$

$$H_P = \frac{\beta}{1 + \beta} H \quad \text{해설식 (11.5.3b)}$$

여기서,

H_B : 옹벽저판과 지반사이에서 발휘되는 저항력

H_P : 옹벽전면 지반의 수동토압에 의해 지지되는 저항력

$$\beta = \frac{k_H \cdot D_f}{2k_S \cdot B} : \text{지반의 강성비}$$

D_f : 옹벽기초의 근입심도 (m)

B : 옹벽 저판의 폭(m)

k_H : 옹벽전면 지반의 수평지반반력계수(kN/m³)

k_S : 기초저면의 전단지반반력계수(=1/3 k_V)=(kN/m³)

분담하중이 결정되면 각 부분별 안전율을 따로 검토한다.

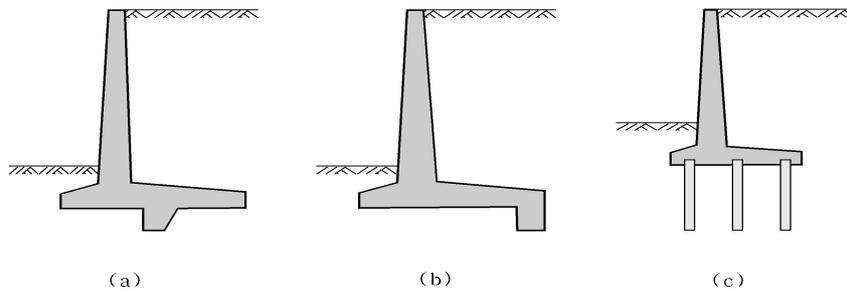
$$FS_B = \frac{\sum V \tan \delta}{\sum H_B} \geq 1.5 \quad \text{해설식 (11.5.4a)}$$

$$FS_P = \frac{\frac{1}{2} \gamma \cdot D_f^2 \cdot \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})}{\sum H_P} \geq 1.5 \quad \text{해설식 (11.5.4b)}$$

(3) 활동 저항력의 증가

① 횡방향 하중에 대한 활동저항력을 증가시키기 위하여 기초 저판하부에 돌출된 활동방지벽(shear key)을 설치하거나 또는 지반과 접하는 기초를 경사지게 설치하는 방법이 있다.

- 활동방지벽은 일반적으로 [해설 그림 11.5.4]와 같이 저판 중앙부 또는 뒤굽에 설치하면 활동저항에 효과적이다. 활동방지벽은 단단한 지반이나 암반에 지반을 흐트러뜨리지 않고 지반에 밀착되도록 시공하여야만 그 효과를 기대할 수 있다.



[해설 그림 11.5.4] 옹벽의 활동방지를 위한 방법

② 활동방지벽을 설치한 경우 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 지반의 저항력과 활동방지벽에 의한 저항력을 함께 고려한다.

$$FS = \frac{S_R + R_{key}}{S_D}$$

여기서, S_R : 기초저면의 활동저항력

R_{key} : 활동방지벽에 의한 활동저항력

S_D : 활동력

- 활동방지벽이 있는 경우의 안전율은 해설식(11.5.5)으로 계산한다([해설 그림 11.5.5]참조).

$$FS = \frac{S_R + R_{key}}{S_D} = \frac{F}{P_h} \quad \text{해설식 (11.5.5)}$$

점성토 : $F = (W + P_v) \tan \delta + c_a (B - \overline{a_1 b}) + c (\overline{a_1 b}) + P_p$

사질토 : $F = (W + P_v) \tan \delta + P_p$

여기서,

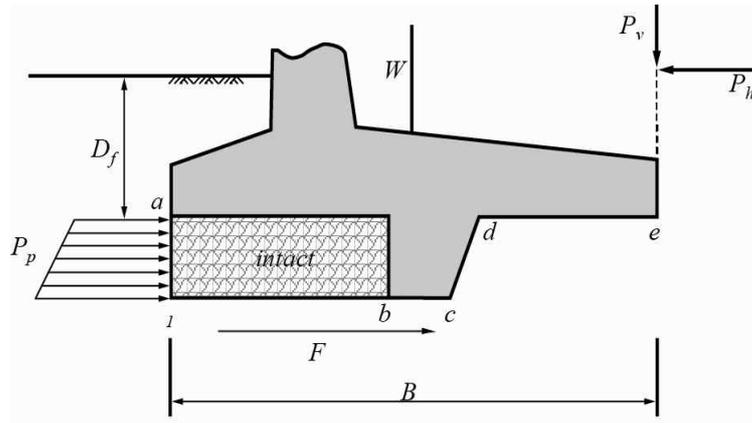
c : 기초지반의 점착력

c_a : 콘크리트와 기초지반과의 부착력

B : 옹벽저판의 폭

P_p : 수동토압

δ : 기초지반과 콘크리트의 마찰각



[해설 그림 11.5.5] 옹벽의 활동방지를 위한 활동방지벽

활동방지벽의 수동토압 P_p 는 해설식 (11.5.6)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \overline{aa_1}^2 K_p + \gamma D_f \overline{aa_1} K_p \quad \text{해설식 (11.5.6)}$$

여기서,

K_p : 수동토압계수, $K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$

D_f : 지표에서 옹벽 저면까지의 깊이

$\overline{aa_1}$: 돌출부의 높이

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

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

- 힘의 합력의 작용위치에 대한 기준은 전도모멘트와 저항모멘트의 검토에서 계산된 것이다. 흙에 대한 기준인 1/2B 이내 기준은 한계상태에서의 소성지지력 분포를 이용하여 계산한 것이다.

③ 별도의 계산을 하지 않더라도, 다음 기준을 만족하면 전도에 대해 안정한 것으로 간주한다.

- 기초지반이 흙인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 1/2B 이내에 있는 경우
- 기초지반이 암인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 3/4B 이내에 있는 경우

(5) 지지력 검토

① 지지력 검토는 다음과 같이 콘크리트 옹벽 하부에 발생하는 지반반력(q_{max})과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상으로 한다.

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

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

q_{max} : 지반반력

(가) 기초지반에서 발생하는 최대지반반력(q_{max})이 기초지반의 허용지지력(σ_a)을 초과한다면 기초지반의 지지력에 대한 안정을 유지할 수 없다. 옹벽의 설치로 지반에 발생하는 지반반력의 분포는 다음 두 가지 경우로 계산한다.

- 옹벽이 토사지반에 지지되는 경우 : 연직응력은 유효기초면적에 등분포로 작용하는 것으로 가정하여 계산하며 해설식 (11.5.8)을 이용한다.

$$q_{max} = \frac{\sum V}{B - 2e} \quad \text{해설식 (11.5.8)}$$

여기서,

V : 연직하중

B : 기초폭

e : 하중의 편심

- 벽체가 암반에 의해 지지되는 경우 : 연직응력은 유효기초면적에 선형 분포하는 것으로 가정하여 계산한다.

- 힘의 합력이 기초중심에서 $1/3B$ 이내에 있는 경우

$$q_{\max, \min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm 6 \frac{e}{B} \right) \quad \text{해설식 (11.5.9)}$$

- 힘의 합력이 기초중심에서 $\frac{1}{3}B$ 바깥에 있는 경우

$$q_{\max} = \frac{2\sum V}{3[(B/2) - e]}, \quad q_{\min} = 0 \quad \text{해설식 (11.5.10)}$$

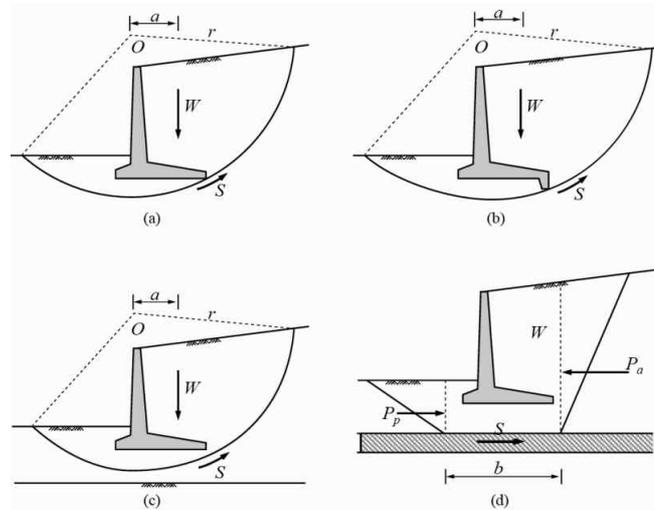
(나) 지반의 극한지지력은 얇은기초의 지지력공식 등을 적용하여 평가하며, 얇은 기초로는 옹벽의 소요지지력을 얻을 수 없는 경우에는 말뚝기초나 원지반의 치환 또는 개량(안정처리) 등의 공법을 적용하여 소요지지력을 확보하여야 한다. 말뚝기초를 사용하는 경우에는 얇은기초의 지지력은 무시하고 말뚝의 지지력만을 사용한다. 기초의 지지력에 대한 안정성의 검토에서는 지지력에 대한 안전율뿐만 아니라 기초의 침하에 대해서도 검토한다. 옹벽의 허용침하량은 인접 토공 또는 구조물의 허용침하기준을 만족하여야 하며, 침하량 산정은 일반적인 기초 침하량 산정방법에 따른다.

- ② 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(국토해양부)을 참조한다.

(6) 전체안정성

- ① 전체안정성은 콘크리트 옹벽을 포함한 기초지반 전체의 안정성을 의미한다. 콘크리트 옹벽이 설치되는 원지반이 특히 점성토 등의 연약 지반인 경우에는 강도에 대한 안정성뿐만 아니라 침하에 대한 안정성도 검토한다.

- 전체안정성이란 옹벽구조물 뿐만 아니라 옹벽기초 아래 및 옹벽 벽체 뒤의 지반이 포함된 전체의 안정성을 의미한다. 특히 옹벽이 비탈면에 축조되는 경우 전체 안정성이 문제될 수 있으며 이에 대한 평가를 위해서는 현장에 대한 토질조사 및 시험을 바탕으로 한 안정성 해석이 필요하다. 전체안정성의 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 적용될 수 있다. [해설 그림 11.5.8]은 지반의 여러 가지 전체적인 파괴형상을 나타낸다. 또한 옹벽시공을 위한 터파기시 비탈면이 형성되는 경우에는 구조물시공 및 뒤채움 완료시까지 안정성이 확보되는 터파기기울기를 산정하여 설계도서에 명시한다.



[해설 그림 11.5.8] 여러 가지 전체활동파괴의 형태

② 기준안전율이 확보되지 않은 경우는 다음의 방법을 적용하여 지반의 안정성을 향상시킬 수 있다.

- 기초 슬래브 아래에 활동방지벽 추가
- 기초 지반을 하향 조정
- 말뚝기초 적용

(7) 지진시 콘크리트 옹벽 안정해석 검토

- ① 기초지반의 액상화에 대한 검토
- ② 활동에 대한 검토
- ③ 전도에 대한 검토
- ④ 지지력에 대한 검토
- ⑤ 전체 안정성에 대한 검토
- ⑥ 기초지반의 액상화에 대한 검토는 건설공사 비탈면 설계기준 해설서 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

콘크리트 옹벽의 경우, 구조물에 해당되므로 지반과 구조물과의 관계를 명확히 하여 해석하여야 하며, 구조물하부 지반이 연약지반이며 액상화의 가능성이 있을 경우에는 액상화에 대한 검토가 이루어져야 한다.

(가) 지진시 콘크리트 옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 실제 작용하는 사 하중으로 하며, 설계를 위해 콘크리트 옹벽 배면지반에 작용시키는 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.

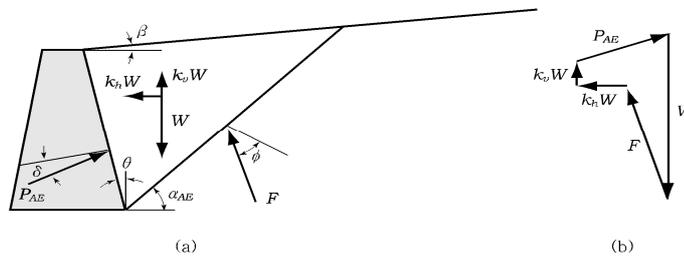
(나) 지진시 콘크리트 옹벽에 가해지는 지진하중은 파괴흙쌓기의 자중과 수평지진계수를 곱한 등가지진력으로하며, 파괴흙쌓기의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.(Mononobe-Okabe의 유사정적해석법).

지진에 의해 발생하는 토압은 주동토압과 수동토압이며 주동토압은 옹벽의 배면에서, 수동토압은 옹벽의 전면에서 작용하는 것으로 한다.

Mononobe-Okabe방법은 Coulomb 이론을 직접적으로 확장한 것으로서 Coulomb의 주동 또는 수동파괴썰기에 수평지진계수를 곱한 다음 썰기에 작용하는 힘들의 평형방정식으로 부터 벽체에 작용하는 동적토압을 구하는 방법이다. Mononobe-Okabe 방법은 Coulomb의 방법을 확장시킨 것이므로 기본적으로 Coulomb 방법에서 사용하는 가정을 내포하며 추가로 다음의 조건을 가정하고 있다.

- 배면지반은 비점착성 지반이며 변형이 발생하지 않는 강체로 거동한다.
- 지진시 뒤채움지반의 증폭현상은 고려하지 않으며 지진에 의한 가속도는 뒤채움재에 균등하게 작용한다. 또한, 배면지반 및 기초지반에서 액상화는 발생하지 않는다.

○ 동적주동토압



[해설 그림 11.5.9] Mononobe-Okabe방법에서 주동썰기에 작용하는 힘

[해설 그림 11.5.9]는 비점착성 뒤채움 토체의 주동썰기에 작용하는 힘을 나타내고 있다. 파괴썰기에 작용하는 정적작용력 외에 추가적으로 썰기 질량에 수평 및 수직지진계수(k_h, k_v)를 곱하여 수평, 수직방향의 등가정적력을 고려하게 된다. 이 때 총작용력 P_{AE} 는 해설식 (11.5.11)으로 산정할 수 있다.

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 (1 - k_h) \quad \text{해설식 (11.5.11)}$$

여기서,

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \psi)}{\cos\psi \cos^2\theta \cos(\delta + \theta + \psi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right]^2} \quad (\beta \leq \phi - \psi)$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \psi)}{\cos\psi \cos^2\theta \cos(\delta + \theta + \psi)} \quad (\beta \geq \phi - \psi)$$

$$\tan\psi = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

γ : 뒤채움 지반의 단위중량

ϕ : 뒤채움 지반의 내부마찰각

- β : 뒤채움 지반 배면경사각
- θ : 옹벽 벽면경사각
- H : 옹벽의 높이

Mononobe-Okabe에 의한 지진시 주동토압은 정적주동토압과 동적주동토압을 구분하지 않고 계산하며, 동적주동토압만을 별도로 계산하고자 하는 경우에는 해설식 (11.5.12)과 같이 Mononobe-Okabe 공식에 의한 토압에서 정적상태의 토압을 빼서 계산한다.

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A \quad \text{해설식 (11.5.12)}$$

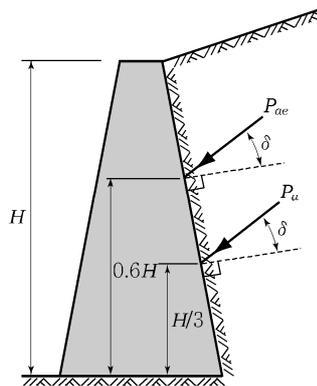
여기서,

- ΔP_{AE} : 동적주동토압
- P_{AE} : Mononobe-Okabe에 의한 지진시주동토압
- P_A : 정적주동토압

정적인 토압은 옹벽저판에서 높이 $1/3H$ 위치에 작용한다. Seed와 Whitman (1970)은 동적주동토압은 대략 $0.6H$ 위치에 작용한다고 하였으며 [해설 그림 11.5.10]과 같이 지진시 주동토압의 작용위치 \bar{z} 는 해설식 (11.5.13)과 같다.

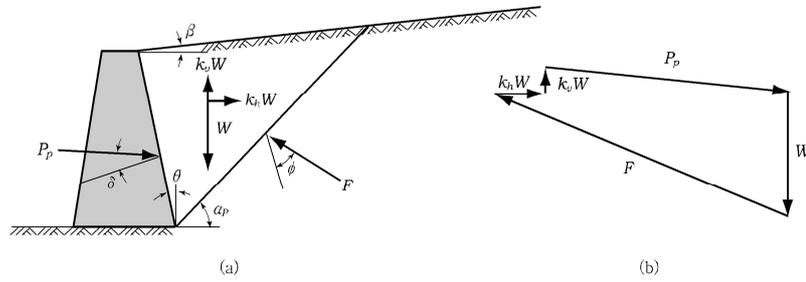
$$\bar{z} = \frac{P_A (H/3) + \Delta P_{AE} (0.6H)}{P_{AE}} \quad \text{해설식 (11.5.13)}$$

○ 동적수동토압



[해설 그림 11.5.10] 동적토압의 작용위치

[해설 그림 11.5.11]은 수동상태에서 건조된, 비점착성 뒤채움 토체에 작용하는 힘이 나타나 있다. 이 때 옹벽에 작용하는 동적수동토압, P_{PE} 는 해설식 (11.5.14)로 구할 수 있다.



[해설 그림 11.5.11] Mononobe-Okabe방법에서 수동쇄기에 작용하는 힘

$$P_{PE} = \frac{1}{2} K_{PE} \gamma H^2 (1 - k_v) \quad \text{해설식 (11.5.14)}$$

여기서,

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\phi + \theta - \psi)}{\cos\psi \cos^2\theta \cos(\delta - \theta + \psi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi + \beta - \psi)}{\cos(\delta - \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right]^2}$$

수동상태의 총작용토압, P_{PE} 은 동적수동토압에서와 마찬가지로 정적인 토압과 동적인 토압으로 나누어 산정한다. 동적인 토압, ΔP_{PE} 는 정적요소와 반대방향으로 작용하여 수동저항력을 감소시킨다. 따라서, P_{PE} 는 P_P 보다 작게 된다.

$$\Delta P_{PE} = P_P - P_{PE} \quad \text{해설식 (11.5.15)}$$

여기서,

ΔP_{PE} : 동적수동토압

P_{PE} : Mononobe-Okabe에 의한 지진시수동토압

P_P : 정적수동토압

(다) 지진에 의한 수직지진계수(k_v)는 옹벽의 안정성에 미치는 영향이 작으므로 무시하고 수평지진계수(k_h)는 건설공사 비탈면 설계기준 해설서 제25장 비탈면 내진설계기준에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용하여 다음과 같이 결정한다.

- 옹벽 벽체의 변위를 254mm까지 허용하는 경우 : $k_h = 0.5A$
- 옹벽 벽체를 구속하는 경우: $k_h = 1.0A$
- 앵커 또는 말뚝기초로 옹벽벽체의 변위를 구속하는 경우: $k_h = 1.5A$

① 지진시 옹벽에 작용하는 토압계산에 설계지반운동의 결정에서 구한 지반가속도계수(A)값을 그대로 적용하면 옹벽의 크기를 과다하게 산정할 수 있다. 지진시 옹벽에 가해지는 토압은 뒤편흙과 옹벽벽체의 상대적인 변위에 따라 달라지며 옹벽벽체의 변위를 구속할수록 작용하는 지진토압의 크기는 증가한다.

따라서 보다 경제적인 설계를 위해서는 옹벽벽체의 허용변위를 설정하고 이에 맞는 지진계수를 설정하는 것이 필요하다.

옹벽벽체의 변위를 254Amm까지 허용하는 경우에 실용적으로 적용할 수 있는 지진계수는 설계지반운동에서 결정하는 지반가속도계수의 1/2을 적용하는 것이며 이보다 큰 벽체변위를 허용하면 지진계수는 점진적으로 감소하게 된다. 만약 옹벽벽체가 수동토압과 벽체저면의 마찰저항력 이외의 다른 조건에 의해 구속된 경우에는 옹벽에 작용하는 토압은 증가하게 되며 이에 따른 지진계수도 증가하게 된다.

설계에서 설정하는 옹벽의 허용변위는 옹벽의 규모, 옹벽전면 또는 배면에 설치되는 구조물의 종류에 따라서 달라지게 되는데, 일반적인 설계에서는 지진시 발생가능한 옹벽의 허용변위를 50~100mm정도 두는 것이 권장된다. 옹벽에 인접하여 구조물이 있는 경우에는 지진시 발생가능한 벽체변위를 억제시켜야 하며 이 경우에는 지진계수도 증가하게 된다. 특히, 옹벽벽체를 앵거나 말뚝기초로 저항시켜 횡방향변위가 구속되는 경우에는 옹벽에 가해지는 지진시 토압이 증가하게 되며 이러한 경우 지진계수는 $k_h = 1.5A$ 를 적용한다.

(8) 지진시 활동 안정성

- ① 지진시 활동에 대한 안정성 검토는 지진에 의한 토압을 고려한 활동력과 저항력의 비율이 지진시의 기준안전율을 이상으로 한다.

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

여기서, S_R : 지진시 활동저항력 (resisting force to sliding)

S_D : 지진시 활동력 (sliding force)

- ② 지진시의 활동력과 저항력은 해설식 (11.5.16) 및 해설식 (11.5.17)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\text{저항력} : S_R = V \tan \mu + c_a B + P_{PE} \quad \text{해설식 (11.5.16)}$$

$$\text{활동력} : S_D = P_{AE} \cos \delta \quad \text{해설식 (11.5.17)}$$

여기서,

δ : 동적토압 작용방향과 수평면과의 경사

μ : 기초지반과 옹벽저면의 마찰계수

c_a : 기초지반과 옹벽저면의 부착력

B : 옹벽저면의 폭

(9) 지진시 전도 안정성

- ① 지진시 전도에 대한 안정성은 지진에 의한 토압을 고려한 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율을 이상으로 한다.

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

여기서, M_R : 저항모멘트(resisting moment)

M_D : 지진시 토압을 고려한 전도유발모멘트(driving moment)

② 지진시의 전도유발 모멘트는 Mononobe-Okabe의 동적토압과 작용점을 고려하여 해설식 (11.5.18)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$M_D = P_{AE} \cos\delta \times \bar{z} \quad \text{해설식 (11.5.18)}$$

여기서,

δ : 동적토압 작용방향과 수평면과의 경사

저항모멘트(M_R)는 정적모멘트와 동적토압의 수직성분 ($P_{AE} \sin\delta$)를 추가로 고려하여 계산할 수 있다.

(10) 지진시 지지력 안정성

① 지진시 지지력에 대한 안정성은 지진하중을 작용시켰을 때 발생하는 지반반력 (q_{max})과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상으로 한다.

$$\frac{q_u}{q_{max}} \geq FS, \quad q_a = \frac{q_u}{FS}$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

q_{max} : 지반반력

q_a : 지반의 허용지지력

② 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(국토해양부)을 참조한다.

- 지진시 지지력에 대한 안정성은 지진하중에 의해 기초지반에 발생하는 지반반력(q_{max})이 지반의 허용지지력(q_a)보다 작아야 한다. 지진시의 기초지반에 발생하는 편심의 크기는 지진하중을 고려한 모멘트 및 연직력을 이용하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} \quad \text{해설식 (11.5.19)}$$

- 지반에 발생하는 최대 지반반력은 다음과 같이 계산 가능하다.

$$q_{max,min} = \frac{\sum V}{B} (1 \pm \frac{6e}{B}) \quad \text{해설식 (11.5.20)}$$

(11) 콘크리트 옹벽 본체의 설계

콘크리트 옹벽 본체의 구조계산은 콘크리트 구조설계기준(국토해양부)을 따른다.

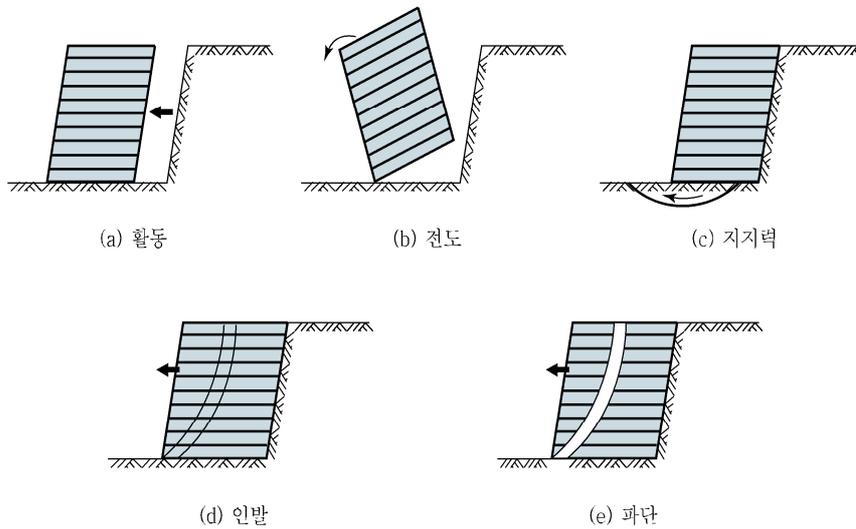
2. 보강토 옹벽의 일반적인 안정해석(건설공사 비탈면 설계기준 참조)

- ① 보강토 옹벽의 안정해석은 외적안정해석과 내적안정해석으로 구분하여 수행한다.
- ② 외적안정과 내적안정에서 검토하는 항목은 다음과 같다.

- 외적안정: 저면활동, 지지력, 전도, 전체안정성, 침하에 대한 안정성
- 내적안정: 인발파괴, 보강재파단, 내적활동, 보강재와 전면판의 연결부 파단

(가) 보강토 옹벽은 뒤채움 내부에 다층의 보강재를 삽입하고 다짐시공하여 보강재와 흙의 마찰저항으로 보강토체를 형성하여 옹벽체가 되는 공법으로서 매우 다양한 역학적 메커니즘에 의해 기능을 수행한다.

(나) 보강토체 안정해석에서 고려하는 주요 파괴형태는 아래 [해설 그림 11.5.12]에서와 같으며, 여기서 (a), (b), (c)는 외적파괴형태, (d), (e)는 내적 파괴형태이다.



[해설 그림 11.5.12] 보강토체의 파괴 양상

(1) 안전율 기준

보강토 옹벽의 안정해석에 적용하는 기준 안전율은 다음과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

[해설 표 11.5.4] 보강토 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비고
외적 안정	활동	1.5	1.1	
	전도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

* 전도에 대한 안정은 수직합력의 편심거리 e에 대한 다음 식으로도 평가할 수 있다.
 평상시, $e \leq L/6$: 기초지반이 흙인 경우,
 $e \leq L/4$: 기초지반이 암반인 경우
 지진시, $e \leq L/4$: 기초지반이 흙인 경우,
 $e \leq L/3$: 기초지반이 암반인 경우
 * 보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계인장강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

- ① 보강토 옹벽에 대한 안정해석 항목 중 외적안정은 보강토체를 강체로 간주하여 옹벽의 안정해석과 동일하게 수행한다.
- ② 내적안정해석은 크게 보강재와 흙 사이의 마찰저항에 대한 부분과, 보강재 자체의 파괴에 대한 부분으로 구분한다.

(2) 외적안정해석

보강토 옹벽의 외적안정해석은 보강토체를 중력식 옹벽으로 간주하여 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행한다.

- ① 저면활동에 대한 검토
- ② 전도에 대한 검토
- ③ 지지력에 대한 검토
- ④ 전체안정성에 대한 검토

보강토 옹벽이 연약지반상에 시공되는 경우에는 기초지반의 침하에 대한 안정성을 검토한다.

(가) 외적안정해석은 보강토체 전체를 중력식 옹벽으로 간주한 후 활동, 전도, 지지력에 대한 안정해석과 전체안정성 검토를 수행한다. 가상배면은 보강토체와 뒤채움사이의 경계면으로 한다.

(나) 전면벽의 경사도 8°를 기준으로, 8°보다 작으면 수직전면벽으로 간주하여 랭킨(Rankine) 토압론에 의거해 외적안정을 검토하고, 전면벽의 경사도가

8°보다 크거나 같을 경우에는 쿨롱(Coulomb) 토압론에 의거해 외적안정을 검토한다.

- (다) 보강토 옹벽을 포함한 전체 비탈면 활동에 대한 안정성을 검토하며, 다음과 같은 경우에는 특히 주의하여 전체 비탈면 활동에 대한 안정성을 검토한다.
- 기초지반이 연약지반인 경우
 - 보강토 옹벽이 높은 비탈면 위에 위치하는 경우
 - 보강토 옹벽 상부에 쌓기 높이가 높은 비탈면이 계획된 경우
 - 2단 이상의 다단식 보강토 옹벽이 설치될 경우
 - 우각부에 보강토 옹벽이 설치될 경우
 - 수변부에 보강토 옹벽이 설치되거나 지하수의 영향을 받는 경우
 - 기타 비탈면 활동이 발생할 가능성이 있다고 생각되는 경우

전체 비탈면 활동에 대한 안정성 검토시 보강토 옹벽은 하나의 강성구조체로 보고 활동파괴면은 보강토체를 통과하지 않는 것으로 고려한다. 일반적으로, 균등한 보강재 간격을 갖는 수직 보강토 옹벽에서는 활동파괴면이 보강영역과 비보강영역을 동시에 통과하는 복합활동파괴가 발생하지 않으나, 보강재의 종류나 길이의 변화가 있는 경우, 큰 상재하중이 작용하는 경우, 경사옹벽의 경우 등에는 복합활동파괴도 고려한다. 또한 우각부에 보강토 옹벽이 위치할 경우, 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 3차원 해석을 할 수 있다.

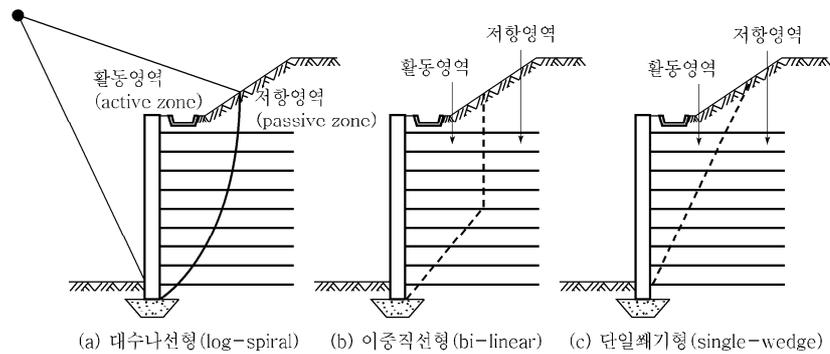
- (라) 보강토 옹벽의 침하량은 전통적인 침하해석을 통하여 기초지반의 즉시침하, 압밀침하 등을 계산함으로써 산정할 수 있다. 일반적으로 보강토 옹벽이 전체적으로 균등하게 침하가 발생한다면 보강토 옹벽의 구조적인 안정에 영향을 미치지 않으나, 총 침하량이 크면 여러가지 요인에 의해 부등침하가 발생할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

보강토 옹벽은 유연성이 큰 구조로 되어 있어 부등침하에 대한 저항이 크다고 평가되고 있으나, 구조적인 허용침하량을 초과하는 변위가 발생하는 경우에는 전면벽에 국부적인 변형(예로서, 전면벽의 균열 등)이 발생할 수 있다.

(3) 내적안정해석

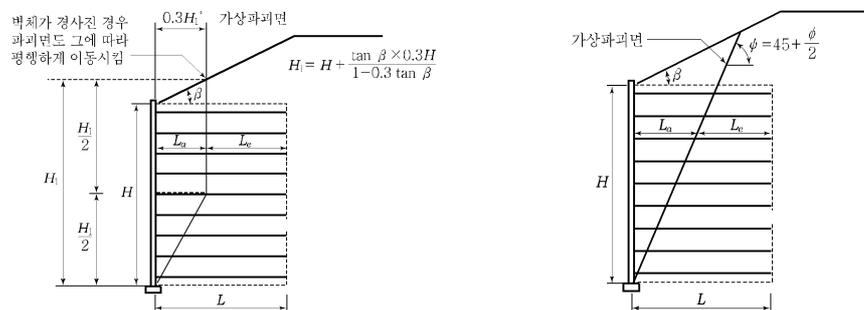
- ① 보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 발생하는 최대작용하중을 계산 후 보강재의 인장파괴와 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.
- ② 파괴면은 각 보강재에 발생하는 최대인장력을 연결한 선이며 형상은 벽체저면에서 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.

- ③ 파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대유발인장력(T_{max})은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 계산한다.
 - ④ 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인발하중보다 보강재의 장기설계인장강도(T_u)가 크거나 또는 인발저항력(P)이 커야 한다.
- (가) 보강토 옹벽의 내적 파괴 형태는 보강재에 발생하는 최대 응력위치를 연결하여 추정하며, 보강토체 내의 파괴형태는 기초면에서 대수나선형태에 가깝게 발생하는 것으로 알려져 있다. 실제 설계에서는 파괴형태를 두 개의 직선 또는 한 개의 직선 형태로 가정하여 계산한다([해설 그림 11.5.13] 참조).



[해설 그림 11.5.13] 보강토체 내부의 파괴형태

- (나) 보강토 옹벽의 파괴형태는 보강재의 연신율 특성에 따라 크게 2가지 파괴형태로 가정할 수 있다. 금속재료와 같이 비교적 연신율이 작은 보강재(비신장성 보강재)의 경우는 파괴범위가 벽체쪽에 가깝게 발생하는 경향을 나타내며 이런 경우는 두 개의 직선으로 파괴면을 간주하고, 토목섬유와 같이 신장성 보강재의 경우는 옹벽의 주동파괴와 유사한 파괴형태를 나타내며 이러한 경우는 1개의 직선 형태로 주동파괴가 발생하는 것으로 간주한다.



- (a) 변형율이 작은 보강재(1% 미만) (b) 변형율이 큰 보강재(1% 이상)

[해설 그림 11.5.14] 활동영역과 저항영역의 구분

(다) 파괴면에서 보강재에 작용하는 최대인발하중은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평 토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 다음 식을 이용하여 산정할 수 있다.

$$T_{\max} = \sigma_h S_v \text{ (kN/m)} \quad \text{해설식 (11.5.21)}$$

여기서,

σ_h : 각 보강재층에서의 수평응력 ($\sigma_h = K_h(\sigma_v + \Delta\sigma_v) + \Delta\sigma_h$)

K_h : 수평토압계수

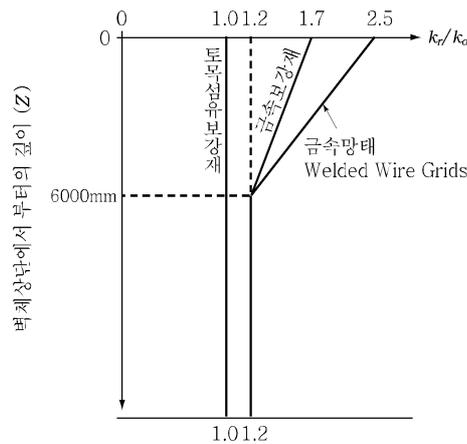
σ_v : 보강재 위치에서의 연직토압(상부 성토하중 포함)

$\Delta\sigma_v$: 교통하중 등의 활하중, 상부구조물 하중 등의 상재하중에 의한 연직토압 증분

$\Delta\sigma_h$: 상재하중에 의해 유발되는 보강재 위치에서의 수평토압 증분

S_v : 보강재의 수직설치 간격

수평토압계수(K_h)는 일반적으로 주동토압계수(K_a)를 적용할 수 있지만, 신장성이 작은 금속보강재의 경우 지표에서 6.0m까지 수평토압계수가 주동토압계수보다 큰 값을 나타낸다. 해설그림 [11.5.15]에는 보강재의 종류에 따라 적용하는 수평토압계수를 나타내었다.



[해설 그림 11.5.15] 심도에 따른 수평토압계수비(K_h/K_a)

(라) 보강재의 파단에 대한 안정검토는 각각의 보강재 위치에서 구한 최대유발인장력(T_{\max})과 보강재의 장기설계인장강도(T_a)를 비교하여 수행한다.

$$FS = \frac{T_a \cdot b / S_h}{T_{\max}} \geq FS_{rupture} \quad \text{해설식 (11.5.22)}$$

여기서,

S_h : 보강재의 수평설치 간격 (평면형 포설인 경우 1.0)

b : 보강재의 폭(m) (평면형 포설인 경우 1.0)

띠형보강재의 수평 및 연직간격 또는 평면형 보강재의 연직간격은 보강재에 작용하는 수평토압의 크기에 대한 보강재의 저항력을 고려하여 결정한다. 단 연직간격의 경우 흙의 아칭효과를 고려하여 0.8m를 초과해서는 안된다.

- (마) 보강재의 인발파괴에 대한 검토는 보강재에 작용하는 최대하중(최대유발인장력과 동일)을 저항영역내에 근입된 보강재와 흙사이의 마찰저항력이 견디는지에 대한 검토이다(해설그림 11.5.16).

$$FS = \frac{2 \cdot R_c \cdot L_e \cdot \sigma_v \cdot \mu}{T_{\max}} \geq FS_{\text{pullout}} \quad \text{해설식 (11.5.23)}$$

여기서,

R_c : 보강재 적용면적비 (= b/S_h)

b : 보강재의 폭(m) (평면형인 경우 1.0)

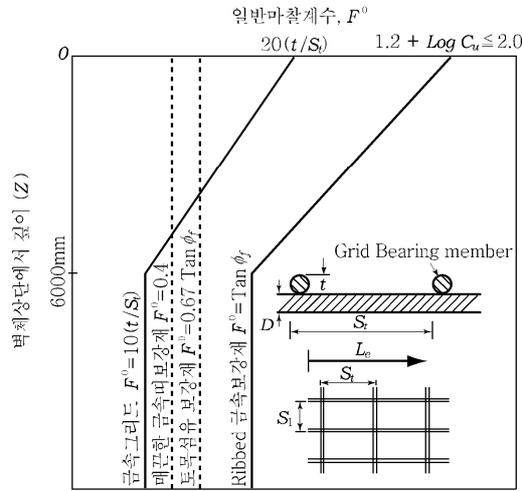
S_h : 보강재 중심축 사이의 수평간격(m) (평면형인 경우 1.0)

L_e : 저항영역내의 보강재 길이

σ_v : 보강재에 작용하는 수직응력(활하중은 무시함)

μ : 보강재와 흙사이의 인발저항계수

흙-보강재 사이의 인발저항력은 보강재의 종류 및 형태 등에 따라 달라지며, 크게 마찰저항력과 지지저항력으로 구분할 수 있다. 마찰저항력은 보강재 표면과 흙 사이의 마찰력에 의해 발생되며, 지지저항력은 보강재에 형성된 수동저항체의 저항력에 의해 발생된다. 따라서 인발안정 검토에 필요한 흙-보강재 사이의 인발저항 특성은 공신히 있는 기관 등의 시험결과로부터 평가하여야 한다. 시험결과가 없는 경우에는 해설그림 [11.5.16]을 참고하여 보강재 종류별 인발저항계수를 결정할 수 있다.



[해설 그림 11.5.16] 보강재종류에 따른 보강재-흙사이의 마찰계수

(4) 지진시 안정해석 일반사항

- ① 지진시 보강토 옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 정적상태에서 작용하는 하중과 지진에 의해 작용하는 지진관성력 및 동적토압이며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.
- ② 지진관성력은 보강된 토체의 중량에 의해 작용하는 지진하중이며, 토체의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정하고 보강토체의 도심에 수평으로 작용시킨다.
- ③ 동적토압은 보강된 토체 뒷부분의 파괴썰기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴흙썰기의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 Mononobe - Okabe(유사정적해석법)의 방법을 이용하여 산정한다.

(5) 지진시 외적안정해석

- ① 지진시 외적안정해석에는 다음의 사항을 검토한다.
 - 저면활동에 대한 검토
 - 전도에 대한 검토
 - 지지력에 대한 검토
 - 전체안정성에 대한 검토
- ② 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압의 1/2만 작용시켜 안정해석을 실시하며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압은 옹벽높이의 0.6H에 작용시킨다.
- ③ 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

(가) 지진시 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압의 1/2을 작용시켜 안정해석을 실시한다. 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 토체의 중심에, 동적토압은 옹벽높이의 0.6H에 작용시키며, 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

지진시 외적안정해석에서 적용시키는 하중의 종류는 정적상태에서의 자중과 지진에 의한 관성력, 그리고 동적토압이며, 보강토체의 전체를 하나의 강체로 간주하여 안정해석을 실시한다.

지진관성력은 해설그림 [11.5.17]에서와 같이 보강토체에서 관성력의 영향을 받는 부분(빗금친 영역)의 관성력이며 일반적으로 벽체높이의 1/2H에 해당하는 저면폭만 관성력에 기여하는 것으로 간주한다. 보강토체의 배면이 수평인 경우의 지진관성력은 다음식으로 계산할 수 있다.

$$P_{IR} = \frac{1}{2} A_m \cdot \gamma_r \cdot H^2 \quad \text{해설식(11.5.24)}$$

여기서,

P_{IR} : 외적안정해석에서 지진관성력

A_m : 지진계수 ($A_m = (1.45 - A)A$)

H : 벽체의 높이

(나) 동적토압은 해설그림 [11.5.17]에서와 같이 관성력의 영향을 받는 부분에 대하여 0.6H 위치에 Mononobe-Okabe공식으로 구한 주동토압(P_{AE})의 50%만 작용시킨다. 주동토압은 다음 식을 이용하여 산정할 수 있다.

$$P_{AE} = 0.375 A_m \cdot \gamma_f \cdot H^2 \quad \text{해설식(11.5.25)}$$

여기서,

P_{AE} : 동적토압

(다) 보강토 옹벽의 배면이 경사진 경우에는 관성이 작용하는 유효높이를 해설식 (11.5.26)을 이용하여 구하고, 이 높이의 1/2에 해당하는 옹벽 저면폭이 관성력의 영향을 받는 것으로 간주한다. 관성력은 보강된 영역의 관성력과 보강되지 않은 상부의 관성력의 합으로서 해설식 (11.5.27a)를 이용하여 계산하며, 동적토압은 해설식 (11.5.25)를 이용하여 산정할 수 있다. 이때, 동적토압의 작용방향은 배면의 경사와 동일하게 작용시킨다.

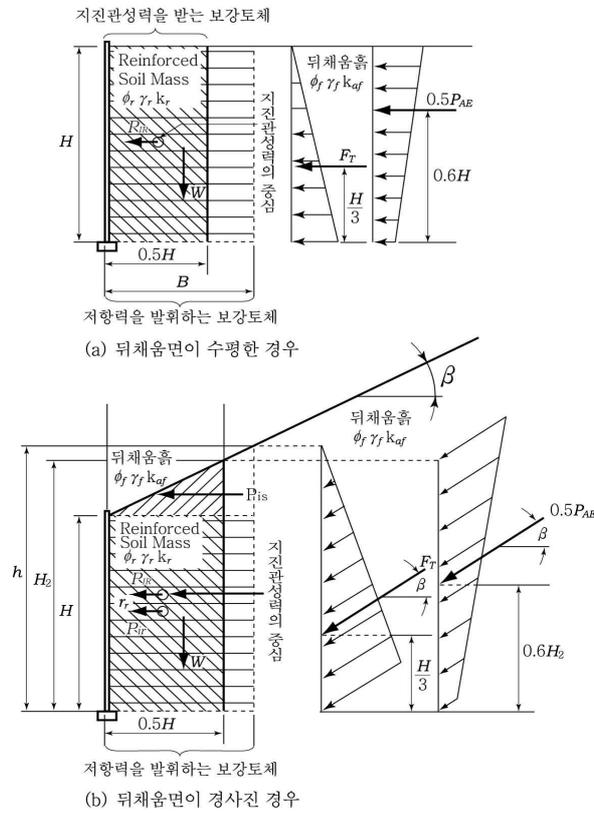
$$H_2 = H + \frac{0.5H \tan \beta}{1 - 0.5 \tan \beta} \quad \text{해설식(11.5.26)}$$

$$P_{IR} = P_{ir} + P_{is} \quad \text{해설식(11.5.27a)}$$

$$P_{ir} = 0.5 A_m \cdot \gamma_r \cdot H_2 \cdot H \quad \text{해설식(11.5.27b)}$$

$$P_{is} = 0.125 A_m \cdot \gamma_f \cdot H_2^2 \cdot \tan \beta \quad \text{해설식(11.5.27c)}$$

(라) 지진계수 $A_m (= (1.45 - A)A)$ 은 벽체의 수평변위가 허용되지 않을 때 적용하며, 보다 경제적인 설계를 위해서는 벽체의 수평변위를 고려하여 지진계수 A_m 을 수정하는 방법도 고려할 수 있다.

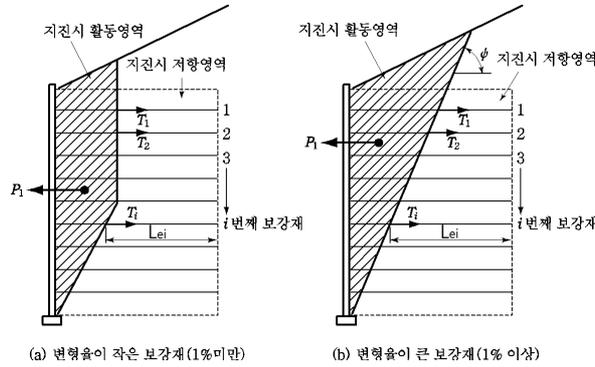


[해설 그림 11.5.17] 지진시 보강토체의 외적안정해석에서 고려하는 하중

(6) 지진시 내적안정해석

- ① 지진시의 내적안정해석은 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 하중에 대하여 보강재파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 한다.
- ② 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를 곱하여 산정하고, 활동영역내의 각각의 보강재가 차지하는 면적비율로 지진관성력을 분담하는 것으로 한다.
- ③ 지진시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

(가) 지진시 보강재에 작용하는 하중은 정적작용력과 관성력에 의해 추가되는 하중으로서 내적안정해석은 보강재 파단과 인발파괴에 안정하도록 설계하여야 한다. 지진에 의해 보강토체의 활동영역에 가해지는 지진관성력은 해설그림 11.5.18의 활동영역에 지진계수를 곱하여 계산할 수 있다.



[해설 그림 11.5.18] 지진시 활동영역과 지진관성력

$$P_i = W_A \cdot A_m \tag{해설식 (11.5.28)}$$

여기서,

- P_i : 지진관성력(internal inertial force)
- W_A : 활동영역의 중량
- A_m : 벽체의 지진계수($A_m = (1.45 - A)A$)
- A : 최대 지반가속도계수

(나) 지진 관성력에 의해 각 위치의 보강재에 추가되는 인장력(T'_i)은 각각의 보강재가 차지하는 면적 비율에 지진관성력을 곱하여 산정한다. 보강재의 수직설치 간격이 동일한 경우는 다음식과 같이 보강재의 길이비율에 지진 관성력을 곱하여 산정할 수 있다.

$$T'_i = P_i \cdot \frac{L_{ei}}{\sum_{i=1}^n L_{ei}} \tag{해설식(11.5.29)}$$

여기서,

- T'_i : 지진시 각 위치에서의 보강재층에 추가되는 인장력
- L_{ei} : i 번째 보강재의 저항영역내의 길이
- $\sum_{i=1}^n L_{ei}$: 모든 층 보강재의 저항영역내의 길이의 합

(다) 지진시 추가되는 하중에 대하여 보강재의 파괴와 인발파괴에 대한 안정해석은 다음과 같이 계산한다.

- 보강재 파단에 대한 안정해석

$$FS_{rus} = \frac{T_a \cdot RF_{CR} \cdot R_c}{0.75 \cdot (T_{max} + T_i)} \geq 1.0 \tag{해설식(11.5.30)}$$

- 인발파괴에 대한 안정해석

$$FS_{pus} = \frac{1.6 \cdot L_e \cdot \sigma_v \cdot \mu \cdot R_c}{T_{\max} + T_i} \geq 1.1 \dots\dots\dots \text{해설식} \quad (11.5.31)$$

여기서,

T_u : 보강재의 장기설계인장강도(kN/m)

RF_{CR} : 보강재의 크리프에 대한 감소계수(금속보강재의 경우 1.0)

T_{\max} : 보강재 위치에서의 정적 유발인장력(kN/m)

T_i : 지진시 추가되는 유발인장력(kN/m)

(라) 장기적으로 안정성을 확보하기 위하여 보강재의 장기설계인장강도(허용인장강도)는 보강재의 내구성, 설치시 손상, 크리프에 대한 감소계수를 모두 고려하여 검토하지만, 지진은 비교적 짧은 시간에 발생하므로 지진시에는 크리프의 영향을 배제시켜야 한다. 따라서 지진시 보강재의 파단에 대한 검토에는 보강재의 장기설계인장강도에 크리프 감소계수를 다시 곱하여 크리프의 영향을 배제시킨 강도를 사용하였다. 일반적으로 크리프가 발생하는 보강재는 토목섬유계열로서 금속보강재에서는 크리프가 발생하지 않으므로 금속보강재의 경우에는 장기설계인장강도를 그대로 사용한다. 인발파괴시에는 지진동으로 인하여 흙과 보강재사이의 마찰저항력이 감소하므로 정적설계에서 사용하는 마찰계수를 80%로 감소시켜 적용한다.

11.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 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) 안전성평가 기준

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 구조물기초설계기준(국토해양부), 옹벽표준도 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 11.38] 각 재료형식별 내적안전성 평가기준

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

【해설】

1. ※) : 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우.
2. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 작용모멘트(또는 전단력)와 설계모멘트(또는 전단력)의비로 평가한다.
3. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 각 구조부재별 전단력과 모멘트의 검토로 이루어지며, 검토결과의 최저값을 대표값으로 설정한다.
4. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토는 각각 항목에 대한 설계값과 현 조건에서의 산정값의 비로평가한다.
5. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토시 보강재와 성토재료와의 마찰계수와 토압분포산정은 구조물기초설계기준(국토해양부, 2008)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 11.39] 외적 안전성평가 항목 및 평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

검토항목	평가기준	a	b	c	d	e
		활 동	평상시 1.5이상	1.5이상 ^{※)}	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상
	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	1.2이상	1.2이상^{※)}	1.2미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.0이상	1.0이상^{※)}	1.0미만~0.9이상	0.9미만~0.75이상	0.75미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이하	0.75미만

[표 11.40] 외적 안전성평가 항목 및 평가기준(보강토옹벽, 돌망태옹벽)

검토항목	평가기준	a	b	c	d	e
		저면활동	평상시 1.5이상	1.5이상 ^{※)}	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상
	지진시	1.1이상	1.1이상 ^{※)}	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
원호활동	평상시	1.3이상	1.3이상 ^{※)}	1.3미만~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	1.2이상	1.2이상^{※)}	1.2미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.0이상	1.0이상^{※)}	1.0미만~0.9이상	0.9미만~0.75이상	0.75미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이하	0.75미만

【해설】

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

나. 안전성평가 결과 산정 방법

옹벽의 안전성평가 결과 산정 방법을 예시하였다.

[표 11.41] 콘크리트 옹벽의 안전성평가 결과 산정 예

시설물 안전성평가 결과 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		5cm	a		시공당시와 점검당시의 표고차 및 신축이음부 단차
지지력		1.5	a		
구조 검토	전단력	1.0	a	c (최저값)	전단력 및 모멘트 검토결과의 최저값을 안전성 대표기준으로 설정
	모멘트	0.95	c		
안전성평가결과		○ 안전성평가 결과 = C			

11.6 종합평가 기준 및 방법

11.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 11.42]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 11.42] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E)	종합평가 기준	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	

11.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

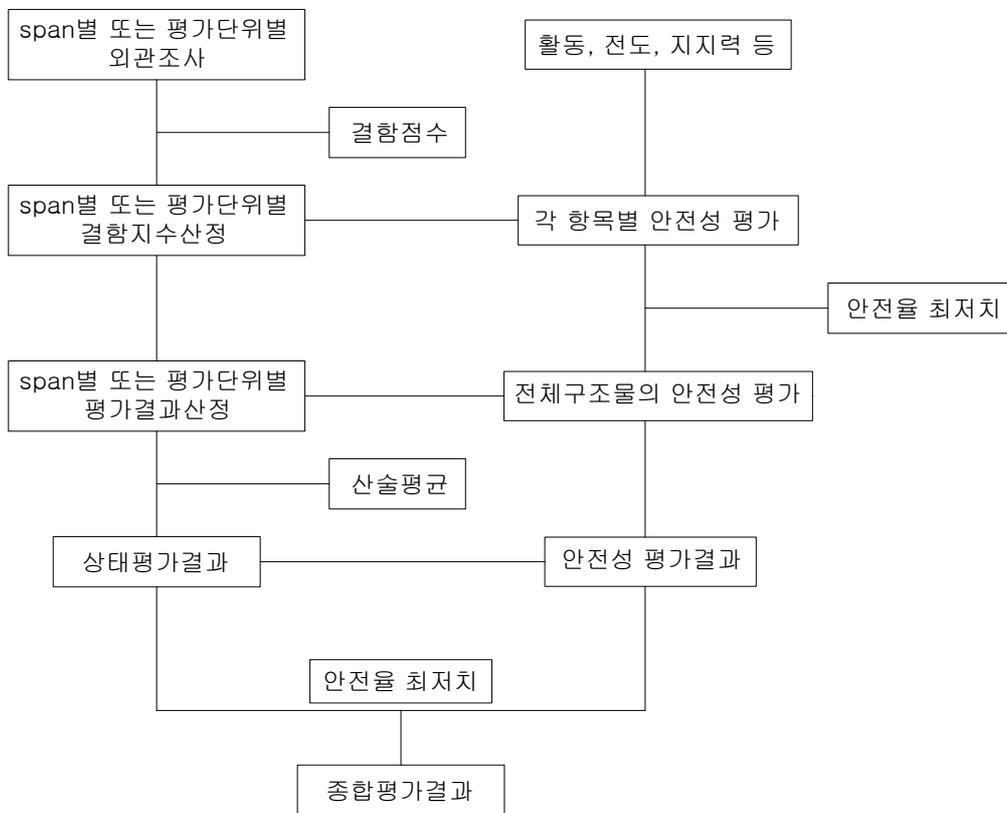
옹벽 상태평가와 안전성평가의 2개 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가 결과 [그림 11.4]와 같이 결정한다.

1) 정밀점검

옹벽 상태평가를 종합하여 상태평가 결과를 결정하며, 옹벽의 안전성평가를 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교하여 최저결과를 옹벽 종합평가 결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

옹벽 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가 결과로 결정한다.



[해설 그림 11.4] 종합평가 결과 산정절차

나. 종합평가 결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 동시에 수행한 경우에 종합평가 결과 산정 방법은 다음과 같다.

[표 11.43] 옹벽의 종합평가 결과 산정 예시

시설물 종합평가 결과 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 종합평가 결과 : C			

11.7 보수 · 보강 방법

응벽 시설물의 주요 보수 · 보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

[표 11.44] 응벽에 영향을 미치는 현상과 요인

역학적 거동		역학적 거동과 원인	자연적 요인				인위적 요인			
			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	○				○			
응벽의 지내력 저하	구조노후화	균열, 박리, 단면변형				○	○		○	
	재료노후화	탄산화				○				
		저온, 습윤			○		○	○		
		배합불량							○	
	기타	지진			○					
화재, 충격(차량 및 낙석충돌 등)									○	

【해설】

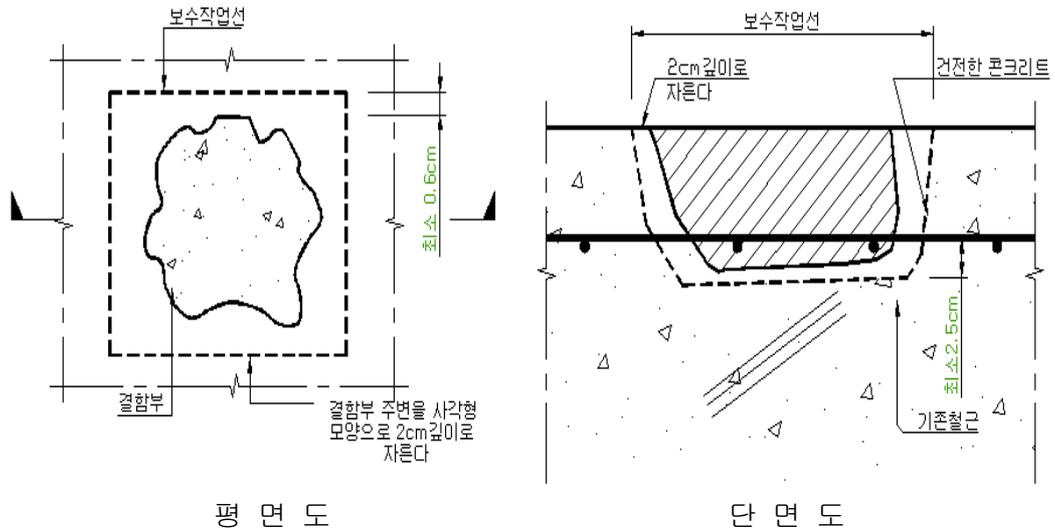
1. 11.5.2절에 안전성평가 기준이 명시되어 있으며, 일반적인 콘크리트표준시방서 및 하천설계 등을 참고로 하여 보수 · 보강의 필요성 여부를 판단한다. 구조물 결함에 따른 보수 · 보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.
2. 일반적인 콘크리트표준시방서 및 해당 설계기준 등을 참고로 하여 보수 · 보강의 필요성 여부를 판단한다. 구조물 결함에 따른 보수 · 보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수 · 보강공법을 선정하여야 한다.

11.7.1 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 폴리머시멘트 모르타르(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

【해설】

1. 철근부식에 대한 보수공법은 다음과 같다.
 - (1) 철근에 손상을 입히지 않도록 콘크리트를 제거하여 철근을 완전히 노출시킴
 - (2) 철근 안쪽 콘크리트를 250 mm 정도 깊이까지 제거하고 철근은 샌드블라스팅이나 수압분쇄기로 완전히 청소하며, 만일 중앙부의 철근에 단면손실이 있다면 보강철근으로 보강하고 철근에는 방청도료를 칠하여 방식효과를 높이도록 함
 - (3) 표면 청소/정리→신구콘크리트 접착제 바르기→모르타르 채우기의 순서로 실시함
 - (4) 신구 콘크리트 이음면에서 접착이 불량할 경우는 콘크리트가 양생된 후 이음면에 균열 보수에서와 같은 주입공법을 시행함



<p>· 표면처리 · 철근부식 제거 · 고압물청소</p> <p>부식철근</p>	<p>· 면처리제 도포</p> <p>· 철근방청제 도포</p>	<p>· 단면복구</p> <p>· 단면복구</p>	<p>· 마감</p> <p>· 마감재 도포</p>
<p><표면처리> 열화된 콘크리트를 수공구 또는 전동공구를 사용하여 손상부위 제거</p> <p><철근부식 제거> 철근의 부식부분을 제거</p> <p><고압 물청소> 고압수 세정기를 이용하여 이물질들을 완전히 제거한 후 자연건조</p>	<p><면처리제 도포> 롤러나 도로작업용 붓, 에어스프레이건 등을 사용하여 표면처리후 구체에 골고루 도포</p> <p><철근방청제 도포> 붓이나 흠손 등을 사용하여 철근주위에 균일하게 도포</p>	<p><단면복구> 복구재료를 이용한 단면복구</p>	<p><마감재 도포> 롤러나 붓으로 마감재를 도포</p>

[해설 그림 10.7.1] 콘크리트 단면보수 일반도

2. 참고로 균열에 대한 보수공법은 다음과 같다.

- (1) 균열 기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열 현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용해야 한다. 콘크리트 균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 [해설 표 10.7.1]과 같다.

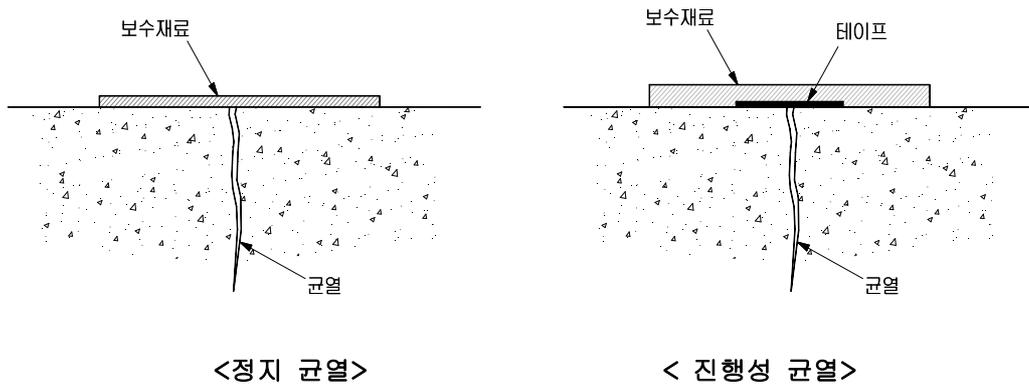
[해설 표 10.7.1] 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상 · 원인		균열폭 (mm)	보수 공 법				
				표면처리 공법	주입공법	충전공법	침투성 공법	기타
방수성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△		○	
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△		○	
			0.2 ~ 1.0	○	○	○	○	
내구성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	1.0 이상		△	○		
			0.2 이하	△	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
	철근부식		-					□
	염 해		-					□
	반응성 골재		-					□

주1) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

① 표면처리공법

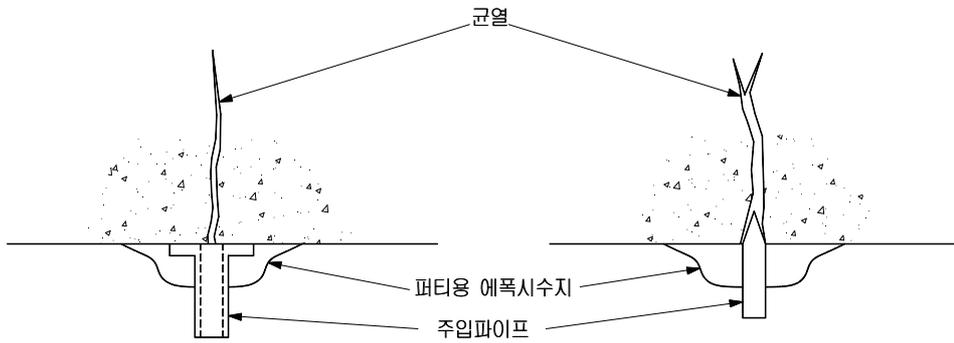
미세한 균열(일반적으로 폭 0.2mm이하) 위에 도막을 입혀 방수성과 내구성을 향상시키는 공법이며 균열내부를 처리할 수 없고, 진행성 균열은 보수하기 곤란한 점이 있다.



[해설 그림 10.7.2] 표면처리 공법 개요도

② 주입공법

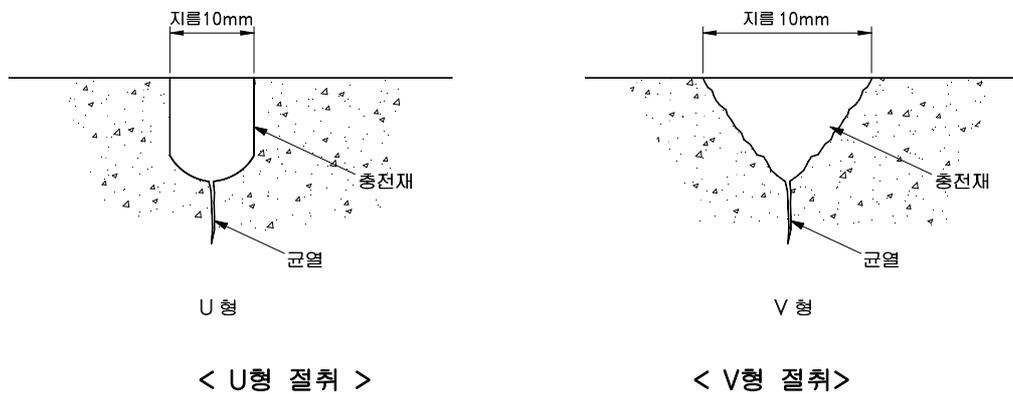
균열 부분에 에폭시계 수지 및 시멘트계 재료를 주입하여 콘크리트를 일체화시키고 콘크리트의 수밀성을 크게 하며 콘크리트 및 철근의 열화와 부식을 방지하는 공법이다.



[해설 그림 10.7.3] 주입공법 개요도

③ 충전공법

균열폭이 비교적 큰(0.5mm이상) 경우에 적용하는 공법으로서 균열을 따라 콘크리트를 V형이나 U형으로 절취하고 그 부분에 보수재를 충전하는 공법이며 이 공법은 철근이 부식되지 않는 경우와 철근이 부식되는 경우로 나누어 보수한다.



[해설 그림 10.7.4] 충전공법 개요도

④ 침투성 도포방수제에 의한 누수방지

침투성 방수제 도포공법은 콘크리트 표면부가 전반적으로 노후되어 0.2mm 정도 이하의 미세한 균열을 갖는 경우에 적용되며, 균열폭이 큰 경우는 부적당하다. 침투성 도포방수제에 의한 0.2mm 정도의 균열폭의 경우, 누수방지에 관한 일본내 실내실험 결과 누수가 발생되지 않는 것으로 나타났지만 이 공법은 아직 시공실적이 적어서 내구성에 대한 신뢰성이 불명확하나 최근 국내에서 널리 이용되고 있는 공법중의 하나이다.

11.7.2 누수에 대한 보수 공법

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

【해설】

1. 누수대책공은 도수공법, 흙파기공법, 지수공법, 뿔어붙임 및 도포공법, 방수판, 방수쉬트, 배면주입공법, 수위저하공법 등이 있다.
2. 대책공의 목적으로는 누수에 의한 옹벽의 기능 등 누수의 발생 상황을 정확히 조사하여 대책공의 효과, 시공성, 경제성 및 내구성을 고려하여 안전하게 시행할 수 있어야 한다.

11.7.3 콘크리트 탄산화 부위 보수 공법

탄산화가 20~30mm정도 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 도료칠을 한다.

11.7.4 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구조를 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 메우거나 주입재를 압입하여 지중의 소요 보강부위에 적합하고 다양한 형상의 기초를 시공하는 공법이다.

3) 앵커공법

특수조직으로 구성된 앵커를 지반에 삽입한 후, 모르타르 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.

11.7.5 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

11.7.6 구조물의 활동에 대한 보수 · 보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

11.7.7 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, 보강 방법으로는 윗향의 공법과 유사한 공법들이 적용된다.

11.7.8 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.

11.7.9 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.

부 록

A. 과업지시서 예시

B. 사전검토 보고서 예시

부록 A

과업지시서 예시

-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀안전진단(안전점검) 과업 지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○옹벽 정밀안전진단(안전점검)

1.2 과업의 목적

본 과업은 “시설물의안전관리에관한특별법”(이하 “시특법“ 이라한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 규정에 따른 정밀안전진단(안전점검)으로서 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위

1.3.1 시설물 명 : ○○ 옹벽

1.3.2 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

1.3.3 제 원

- 옹 벽 형 식 :
- 옹 벽 노 출 높 이 : m
- 옹 벽 연 장 : m
- 준 공 년 도 :

1.3.4 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

1.4 과업내용

[정밀안전진단]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가
- 5) 종합평가
- 6) 보수·보강방법
- 7) 보고서 작성

[정밀점검]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가(선택과업이 있을 경우)
- 5) 보수·보강방법(선택과업이 있을 경우)
- 6) 보고서 작성

1.5 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- 1) 과업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
- 2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경
- 3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

1.6 과업수행 및 공정보고

1.6.1 착수신고서 제출

- 1) 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.
 - ㉠ 착수신고서
 - ㉡ 사업수행계획서
 - ㉢ 인력 및 장비 투입계획서
 - ㉣ 세부공정계획서
 - ㉤ 사업책임기술자 선임신고서
 - ㉦ 사업수행 조직표
 - ㉧ 안전관리계획서
 - ㉨ 사전검토 보고서
- 2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.
- 3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.
- 4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.
- 5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 ○부를 관리주체에 제출하여야 한다.

1.6.2 공정보고

계약상대자는 과업수행기간중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 점검책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

- 1) 과업추진내용 및 공정현황

- 2) 과업수행상 중요 문제점 및 대책
- 3) 참여기술자 현황
- 4) 다음 달 과업수행 계획

1.7 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

1.8 안전관리

1.8.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

1.8.2 안전점검 및 정밀안전진단 종사자의 안전

- 1) 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 하며 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.
- 2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

1.8.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 기간 동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

1.9 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정해야 한다.

2. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

2.1.1 일반

점검계획은 현장에서의 예비조사 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 1) 현장여건 및 문제점
- 2) 시설관리자 및 주민의견 청취
- 3) 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 예비검증이 되도록 한다.

2.1.2 점검계획 수립

예비조사시 수집된 자료의 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 1) 조사범위 및 항목결정
 - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정
 - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도조사항목 포함
- 2) 기존 점검자료 검토
 - 기발견된 결함의 확인을 위해 검토
- 3) 분야별 소요인원 및 구성
 - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 판단, 투입계획수립
- 4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
- 5) 점검기간 및 계획된 작업시간 예측
- 6) 점검범위 및 안전성에 대한 판단
- 7) 점검장비 선정

재료시험에 대한 장비, 측량장비, 토질, 기계, 전기, 시험장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사항목에 부합되는 장비를 준비한다. 또한, 접근장비는 육안조사 및 점검장비에 의한 측정이 가능 하도록 사다리, 고무보트, 램프, 잠수장비(수중카메라), 리프트카, 비계, 보조등반장비 등을 준비한다.

이러한 장비선정시에 다음항목을 고려한다.

- ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비위치에 따른 교통통제 필요성
- ③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 권양기설 하부 등의 점검은 비계, 리프트카, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려해 최선의 방법을 선택한다.
- 구조물의 수중부위 조사에 보트를 이용할 경우에는 구멍의 착용 등 안전에 유의하며, 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다.

9) 점검종사자 안전

- 점검업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.1.3 과업수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 제규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

- 1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침
- 3) 콘크리트 구조설계기준
- 4) 콘크리트 표준시방서
- 5) 구조물기초 설계기준
- 6) 옹벽관련 설계기준 및 표준시방서
- 7) 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

2.2 점검실시 세부사항

2.2.1 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

- 1) 설계도서
시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리·수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서
- 2) 시설물관리대장
- 3) 시공관련 자료
- 4) 안전점검 및 정밀안전진단 자료
- 5) 보수·보강공사 자료

2.2.2 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

- 1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.
- 2) 현장조사는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(세부지침, 용벽편)에 의해 실시하며, 점검대상 구조물에 대한 상세외관조사 및 현장시험을 실시하여 부위(망)별, 부재별로 상태평가에 활용한다.
- 3) 상세외관조사시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사사항

※ 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위와 기본과업 및 선택과업구분에 따라 당해 시설물에 해당하는 조사사항을 선택하여 명시함

구 분		조사 사항
콘크리트 옹벽	지반, 기초부	침하, 활동, 계획선형 오차(전도/경사), 세굴
	전면부	파손 및 손상(재료분리), 균열, 마모/침식, 배수공 상태, 누수, 열화, 박락 및 층분리, 박리, 백태, 철근 노출
	기타	주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
보강토 옹벽	지반, 기초부	침하, 활동, 계획선형 오차(전도/경사), 세굴
	전면부	파손 및 손상, 균열, 유실, 이격, 전면부 배부름
	기타	주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
석축	지반, 기초부	침하, 활동, 계획선형 오차(전도/경사), 세굴
	전면부	파손 및 손상, 균열, 유실, 이격, 진행성 배부름, 배수공 상태, 채움콘크리트 상태, 암석의 풍화도
	기타	주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
계비운 옹벽	지반, 기초부	침하, 활동, 세굴
	전면부	채움재 유실, wire mesh의 파손, 진행성 변형, 결속철망 상태
	기타	주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)

2.2.4 선택과업

선택과업은 과업 수행전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사 항목을 선정하며, 과업수행중에 발생하는 항목은 협의하여 추진한다.

2.2.5 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 세부지침의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(정밀점검에서는 기본시설물에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

2.2.6 안전성평가(안전점검의 경우 선택과업)

책임기술자는 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 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

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

2.2.7 종합평가 및 안전등급 지정

- 1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 세부지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.
- 2) 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.2.8 보수·보강방법(안전점검의 경우 선택과업)

1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생한 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

3) 보수·보강의 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

6) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

7) 유지관리 방안 제시(선택과업)

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 보고서 작성 방법

3.1 일반

정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성 방법은 세부지침을 참조한다.

3.2 정밀점검보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)
- 정밀점검 결과표 (안전등급)
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀점검 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 기기 현황
- 점검 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험 및 측정 결과분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과의 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정
- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

6) 안전등급 지정

정밀점검 실시결과 상태평가 및 안전성평가(필요시) 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

7) 시설물의 안전성 평가 (필요한 경우 추가로 실시)

안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

8) 종합결론 및 건의

- 정밀점검 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

9) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도
- 측정, 시험 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체

(사전검토 보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)

- 기타 참고자료

(정밀점검 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

3.3 정밀안전진단보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표 (안전등급)
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀안전진단 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요 사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 시험기기 현황
- 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험, 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며, 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

- 현장 재하시험 및 계측 결과분석
- 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석
- 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 시설물의 내(하)력 평가
- 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행
- 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정
- 종합평가 작성 방법은 세부지침의 제10장에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는

부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등
- 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 실시결과의 종합결론
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

11) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 안전성평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체
- 기타 참고자료

(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

4. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다

- 1) 정밀안전진단(안전점검)보고서(부록포함) : 20부(안전점검의 경우 10부)
- 2) CD보고서 : 5부
- 3) 사진첩 : 3부

부록 B

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○ 용벽 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2008-838호, 2008. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○ 용벽

3.2 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

4. 사전검토 내용

4.1 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공통 <ul style="list-style-type: none"> - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서 		
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 설계도면 <ul style="list-style-type: none"> - 공통 - 일반도, 구조도 등 		
시설물 관리대장	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기본현황 ◦ 상제제원 ◦ 유지관리 이력 		
시공관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 <ul style="list-style-type: none"> - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 		
기타	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사고기록 ◦ 용벽 유지관리 기록 		
안전점검 및 정밀안전진단 자료			
보수보강 자료			

4.3 정밀안전진단(안전점검) 과업의 범위

[표 1.1] 정밀점검일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수보강이력 검토·분석 	○저등	
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 	○콘크리트 시험 -반발경도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○철근탐사시험	
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정) 	○저등	
안전성평가	-		
보수·보강 방법	-		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○저등	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우) 		
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •전체부재에 대한 외관조사망도 작성 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •조사부위 표면청소 •마감재의 해체 및 복구 •수중조사 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사시험 	○콘크리트 시험 - 코어채취 - 연하물함유량 - 실내시험 등 ○지반조사·물성시험 - 토양 및 지지력 실험 - 원위치 시험	○ ○ ○ ○ ○
상태평가	-		
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •필요한 부위의 구조지반수리수문 해석 등 안전성평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가 		
보수·보강 방법	•보수보강 방법 제시		

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석 	○저동
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 ◦현장 재료시험 등 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물 함유량시험 - 지반조사 - 균열조사 ◦기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무 	<ul style="list-style-type: none"> ○전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○콘크리트 시험 <ul style="list-style-type: none"> -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○척근탐사시험 ○지반 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 토양 및 지지력 산정 - 원위치 시험
상태평가	<ul style="list-style-type: none"> •외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견 	○저동
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견 	○저동
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> •시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정 	○저동
보수·보강방법	<ul style="list-style-type: none"> •보수·보강 방법 제시 	○저동
보고서작성	<ul style="list-style-type: none"> •CAD 도면 작성 등 보고서 작성 	○저동

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우(계속)

과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> •구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우) 		
현장조사 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> •시료채취 및 실내시험 •지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 •수중조사 •누수탐사 •침하, 변위, 거동 등의 측정 •콘크리트 제체 시추조사 •수리·수충격·수문조사 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •기계전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측 •기본과업 범위를 초과하는 강제비파괴시험 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 코어채취 - 실내시험 등 ○ 실내 토질시험 ○ 지반 탐사 <ul style="list-style-type: none"> - SPT 탐사 - 전기비저항 탐사 ○ 지중경사 계측 <ul style="list-style-type: none"> - 지중경사 계측 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ×
안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> •구조지반·수리·수문 해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진성능 평가 	×
보수·보강 방법	<ul style="list-style-type: none"> •내진보강 방안 제시 •시설물 유지관리 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진보강 방안 제시 ○ 시설물 유지관리 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> × ×

4.4 정밀안전진단(안전점검) 기본과업 재료시험 수량

[표 2.1] 정밀점검의 경우(콘크리트 용벽)

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	기준 수량	산출수량		
측점분할	○ 20m 간격, 신축이음부			
반발경도시험	○ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m) 개소			
탄산화 깊이 측정	○ 총 연장 - 100m미만 : 2개소 - 100m이상 : 최소 2개소 + 100m당 1개소 추가			
균열깊이 조사	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정			

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우(콘크리트 용벽)

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	기준 수량	산출수량		
측점분할	○ 20m 간격, 신축이음부			
반발경도시험	○ 평가단위당 1개소			
초음파진달속 도시험	○ 평가단위당 1개소			
철근탐사시험	○ 평가단위당 1개소			
탄산화 깊이 측정	○ 총 연장 - 100m미만 : 2개소 - 100m이상 : 50m당 1개소 추가			
철근부식도 시험	○ 총 연장 - 100m미만 : 2개소 - 100m이상 : 50m당 1개소 추가			
염화물 함유량시험	○ 총 연장 - 100m미만 : 2개소 - 100m이상 : 50m당 1개소 추가			
지반조사	○ 대표지반 설정 1단면 이상			○ 주동영역 수동영역 각각 1회이상
균열깊이 조사	○ 평가단위에서 조사된 최대균열폭에 실시			

4.5 기타 사항

5. 결론

[정밀점검의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀점검의 범위, 유지관리자료, 과업범위, 기본과업의 재현시험수량은 모두 지친, 세부지침과 부합됨.

[정밀안전진단의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재현시험수량은 지친, 세부지침과 부합됨.

다만, 정밀안전진단 과업범위 중 아래와 같이 일부 항목에 대한 비용이 반영되지 않아 보완이 필요함

- 현장조사 및 시험
 - 지중경사 계측
- 안전성평가
 - 내진성능평가
- 보수·보강방법
 - 내진보강방안 제시
 - 시설물 유지관리 방안 제시

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(옹벽)

발행 한국시설안전공단

2012년 12월 일 초판

* 본 세부지침해설서의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은 한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전공단 (http://www.kistec.or.kr)
(우) 411-758 경기도 고양시 일산서구 고양대로 315 대표전화 1599-4114, 031-910-4114

본 세부지침해설서 및 다른 해설서 내용은 공단홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

공 통 편				2011. 12
시설물편	제 1장	교 량		2012. 12(개정판)
	제 2장	터 널		2011. 12
	제 3장	댐		2011. 12
	제 4장	항 만		2011. 12
	제 5장	상 수 도		2011. 12
	제 6장	하 구 독		2012. 12
	제 7장	수 문		2012. 12
	제 8장	제 방		2012. 12
	제 9장	하수처리장		2012. 12
	제 10장	건 축 물		2011. 12
	제 11장	옹 벽		2012. 12
	제 12장	절 토 사 면		2012. 12
