제1편 공 통 편

제1장 정밀안전점검 개요
제2장 외관조사 개요
제3장 내구성조사 개요
제4장 상태평가 기준 및 절차
제5장 보수공법 및 유지관리방안
제6장 종합평가 기준 및 방범

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의거 실시하는 안전점검으로써 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견함으로써 신속하고 적절한 하자보수 조치를 취하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 향후 시설물의 유지관리 및 정기 · 정밀안전점검·하자보수 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적정한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 조사결과 검토 및 분석
4) 시설물의 상태평가
5) 종합평가 및 안전등급 지정
6) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2025. 08. 20. ~ 2025. 12. 31.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2024.12)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

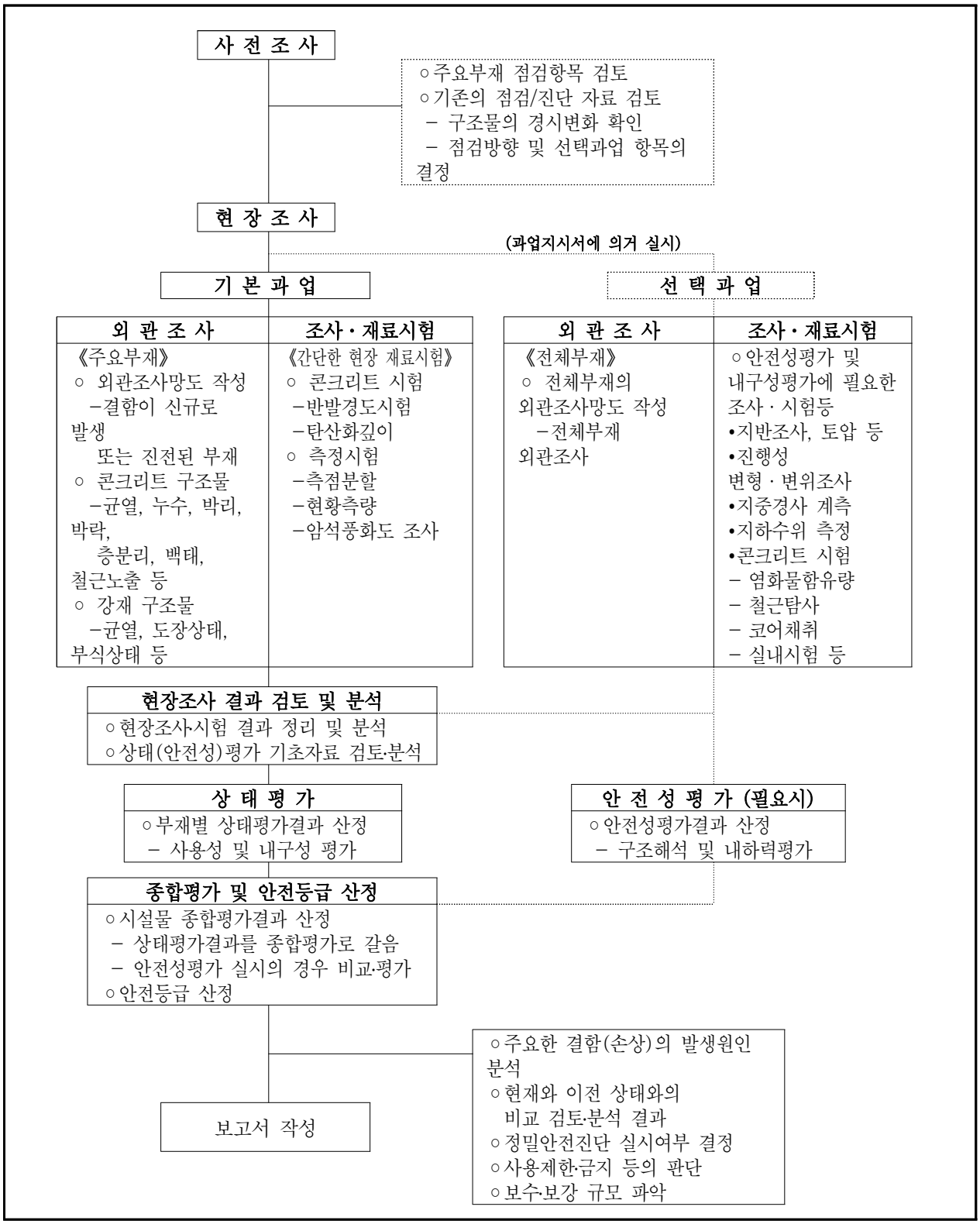
【표 1.2.1】 과업의 내용

과 업 의 범 위		과 업 의 내 용	비 고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검, 2017년 ~ 2025년 정기안전점검 및 정밀안전점검, 2종 성능평가)	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2024.12) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 옹벽의 제원 및 시공상태 조사 2) 옹벽 외관 결함 및 손상 등 외관조사 3) 외관망도 작성	
	현장 시험	1) 콘크리트 강도 조사 2) 탄산화 깊이 측정 3) 측량	
상태평가		1) 외관조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 옹벽의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 옹벽 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종	2025년 08월 25일 ~ 12월 31일(128일간)										비 고
	8월		9월		10월		11월		12월		
	25	31	15	31	15	31	15	30	15	31	
1. 자료조사 및 현장답사											-08/25 착수
1) 착수계 제출											
2) 현장답사											
3) 관련자료 수집 및 분석											
4) 사전검토보고서 제출											
5) 과업수행계획서 제출											
2. 현장조사 및 시험											
1) 현장조사 계획 및 준비											
2) 현장조사											
3) 재료시험											
3. 시설물의 평가											
1) 상태평가											
2) 성능평가											
3) 종합평가											
4. 보수보강 제시											
1) 보수방안 및 우선순위 결정											
2) 유지관리방안 제시											
3) 유지관리전략 제안											
5. 결과보고											
1) 결과보고											
2) 성과품 초안제출											
6. 보고서 작성											-12/31 준공
1) 외관조사 망도 작성											
2) 최종보고서 작성											
3) e-보고서 작성											

1.4 대상시설물 개요

공 구	구조물명	규 모		형식	비고
		높 이 (m)	길 이 (m)		
3	패널식 옹벽 01	19.0	496.0	패널식	
	패널식 옹벽 02	15.9	438.0	패널식	
4	블럭식 옹벽 03	8.7	218.0	블럭식	
	블럭식 옹벽 04	12.5	273.0	블럭식	
	패널식 옹벽 05	25.5	155.0	패널식	
5	블럭식 옹벽 06	8.4	184.0	블럭식	
6	패널식 옹벽 07	12.0	173.0	패널식	
	패널식 옹벽 08	9.1	977.0	패널식	
	블럭식 옹벽 09	9.3	181.0	블럭식	
	패널식 옹벽 10	27.5	201.0	패널식	
7	패널식 옹벽 11	7.5	136.9	패널식	
	패널식 옹벽 12	18.7	798.0	패널식	
8	패널식 옹벽 13	13.9	125.6	패널식	
9	패널식 옹벽 14	10.3	198.0	패널식	
	패널식 옹벽 15	12.8	182.2	패널식	

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	클리노미터	불연속면의 주향/경사 측정	
	프로파일 게이지	불연속면거칠기 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기(계속)

수행장비	장비명	용 도	사 진
비파괴 시험	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	암반 슈미트해머	암반강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	광파기	옹벽 선형 및 수준측량	
접근 장비	고소 점검차(스카이)	외관조사시 근접조사	
	굴절차	외관조사시 근접조사	
	우마 사다리	외관조사시 근접조사	

제2장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

2.2 현장조사 방법

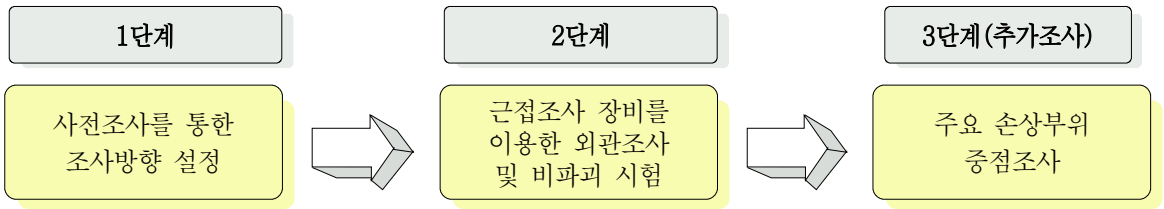
제 2 장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

본 과업의 대상구조물인 옹벽의 외관조사 결과는 국토교통부에서 제시한 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(옹벽편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2024.12)'에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 조사하였으며 세부평가 방법은 다음과 같다.

2.2 현장조사 방법

본문에서는 옹벽의 구성부재별로 외관조사 결과를 사진 중심으로 수록하였으며, 이에 따른 외관조사망도와 외관조사 총괄표는 향후 옹벽점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 작성하였다.



2.2.1 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향

가. 중대한 결함의 적용 범위

① 시설물의 기초세굴

기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 "e"의 경우

② 시설물 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d"의 판정으로, 철근노출 상태평가 기준에서 "e"를 포함하는 경우

③ 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 파손 및 손상, 재료분리 또는 균열에 대한 상태평가 기준에서 "e"의 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

① 추락방지시설

추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

② 도로포장

도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

③ 도로부 신축이음부

도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

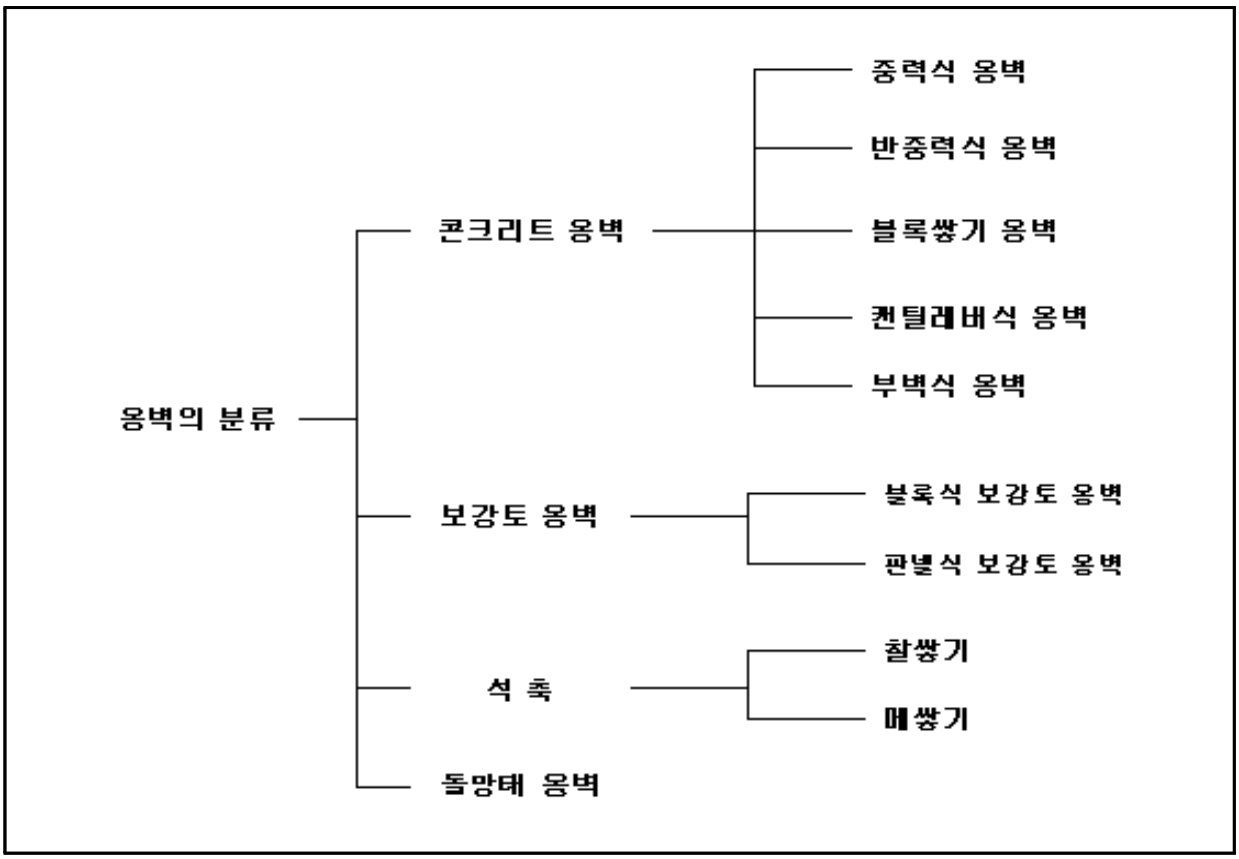
④ 환기구 등의 덮개

환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

다. 상태평가를 위한 외관조사

시설물의 적정한 상태평가를 위해서 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(옹벽편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2024.12)』에서 제시한 순서대로 외관조사 결과를 분석하였다.

① 옹벽의 분류



② 상태변화 점검항목

옹벽형식	점검방법	점검사항	점검장비
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	– 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공상태 – 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) – 기초부의 세굴 등	– 망원경 – 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 망치 – 손전등 – 슈미트해머 – 탄산화 장비 – 균열경 및 균열측정기 – 측량기 또는 진행성 결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
	간단한 측정	· 현황측량 · 반발경도법에 의한 강도조사 · 탄산화 시험 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
보강토 옹벽	면밀한 외관조사	– 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 – 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) – 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
석축	면밀한 외관조사	– 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 · 배수공의 상태 · 암석의 풍화도 판정 – 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) – 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사)	
돌망태 옹벽	면밀한 외관조사	– 전면부의 주요결함 · 채움재 유실 · wire mesh의 파손 – 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) – 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열	

제3장 내구성조사 개요

3.1 콘크리트 내구성조사 개요

제 3 장 내구성조사 개요

3.1 콘크리트 내구성조사 개요

시설물의 내구성조사는 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (옹벽편, 2024.12, 국토교통부,한국시설안전공단)』의 기준에 따라 실시한다.

3.1.1 재료시험 항목 및 평가방법

가. 재료시험 항목 및 평가방법

【표 3.2.1】 옹벽별 정밀안전점검의 재료시험 항목

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

주1) 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.
단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.
주2) 제1장 교량 1.3.1절 참조
주3) 보강재 시험의 경우 현장 여건을 고려하여 관리주체와 협의하에 조정 가능

【표 3.2.2】 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

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

※ 옹벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 【표 3.2.1】에서 제시한 콘크리트 옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 옹벽 재료형식 및 상태평가항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

【표 3.2.3】 정밀안전점검 기본과업 재료시험 기준수량

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

3.1.2 반발경도법

1) 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 측정하는 방법으로, 측정방법, 적용 가능한 강도범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

2) 반발경도법 시험 일반

반발경도의 원리는 슈미트햄머로 경화콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)를 타격각도에 따른 보정값(⊿R)을 고려하여 수정반발경도(Ro)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다.

일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하므로 비파괴 강도는 참고자료로 활용한다.

3) 측정방법

① 적용방법

a. 측정부재의 선정

ⅰ) 부재의 두께 10cm이상인 장소 선정하고 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6cm 이상 떨어진 장소에서 측정

ⅱ) 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

b. 반발경도 측정방법

ⅰ) 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 기타부착물을 불어 없앤 뒤에 측정한다.

ⅱ) 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.

ⅲ) 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이타를 획득한다.

ⅳ) 측정된 20개의 데이터 중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 ±20%를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외 시켰다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 하였다.

② 타격방법 및 재령에 따른 보정계수 적용

a. 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.2.4】 타격방향 보정치

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도			
	+90°	+45°	−45°	−90°
10	−6	−	+2.4	+3.2
20	−5.4	−3.5	+2.5	+3.4
30	−4.7	−3.1	+2.3	+3.1
40	−3.9	−2.0	+2.0	+2.7
50	−3.1	−2.7	+1.6	+2.2
60	−2.3	−1.6	+1.3	+1.7

b. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다. 일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 구한 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음의 표와 같다.

【표 3.2.5】 재령에 의한 보정표

材令	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
材令	18日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
材令	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
材令	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
材令	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

4) 콘크리트 강도의 환산

◈ 본 과업에서의 적용 강도 추정식

구분	계산식	비 고
식 ①	Fc = −18.0 + 1.27 x R*o* (㎫)	일본 재료학회 강도 추정식
식 ②	Fc = (7.3 x R*o* + 100) x 0.098 (㎫)	일본 건축학회식
식 ③	Fc = (15.2 x R0 − 112.8) × 0.098 (㎫)	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	Fc = (2.304 x R0 - 38.80)	권영웅 외(고강도콘크리트일 때 사용)

여기서, F_C : 추정강도(kg/㎠), R_O : 반발경도

3.1.3 탄산화 측정

1) 탄산화 시험 목적 및 측정원리

강재는 건전한 콘크리트인 알칼리 환경에서는 강재 표면에 부동태 피막이 생겨 부식이 발생되지 않는다. 환경적 요인 중 CO_2의 영향을 받으면 콘크리트는 중성으로 변화되며, 이 환경에서 강재는 부식하게 되므로 강재를 포함한 구조물에서 탄산화깊이의 측정은 중요한 검사항목이라 할 수 있다.

탄산화에 의하여 pH값이 감소됨에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성쪽으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태 피막을 불안정하게 하여 부식 발생을 유발시킨다. 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 간편하게 식별할 수 있다.

2) 시험방법

- 측정부위를 드릴로 천공, 모서리부 국부파손한 부재의 표면을 솔질, 물청소 등으로 표면을 깨끗이 한다.
- 시약을 스프레이 등으로 측정면에 분무한다. 분무 시기는 표면청소 직후 또는 물청소를 하였을 경우 표면이 완전히 건조되었을 때 실시한다.

【표 3.2.6】 측정면의 조건에 따른 탄산화 시험방법

case	측정면	청소방법 전처리법	시약의 분무 시기	탄산화깊이의 측정시기 (분무후의 경과시간)
Ⅰ-1	드릴링, 파취면	blow불기	직후	직후
Ⅰ-2			3~6시간후	1~10분후
Ⅰ-3			1~7일후	1분~2일후

3) 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 t의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화속도계수(mm/$\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

4) 탄산화 상태평가 기준

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.

【표 3.2.7】 탄산화 상태평가 기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm 이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm 이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

제4장 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가등급 산정절차

제 4 장 상태평가 기준 및 절차

4.1 상태평가 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(옹벽편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2024.12)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

4.2 상태평가 기준

4.2.1 상태평가 항목 및 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준

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

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

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

나. 콘크리트 옹벽

【표 4.2.1】 침하의 상태평가 기준(콘크리트 옹벽, 석축)

평가 기준	결함 점수	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 보통 정도이나 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 4.2.2】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트 옹벽, 석축)

평가 기준	결함 점수	최대 기울기의 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 보통 정도이나 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.

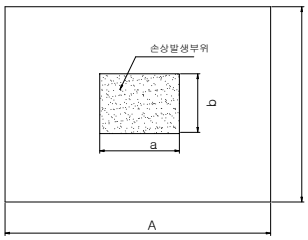
【표 4.2.3】 활동의 상태평가 기준(공통적용)

평가 기준	결함 점수	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 보통 정도이나 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 4.2.4】 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

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

<해설>



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

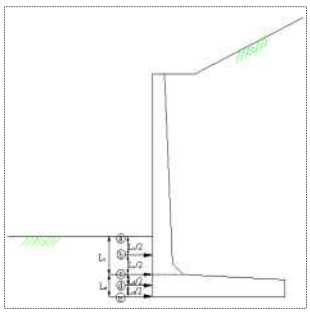
【표 4.2.5】 기초부 세굴 상태평가 기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태
b	4	세굴이 지표면에서 헌치하부/2 부분까지 발생한 상태
c	8	세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태
d	12	세굴이 저판의 최대두께/2 부분까지 발생한 상태
e	16	세굴이 기초저면까지 발생한 상태

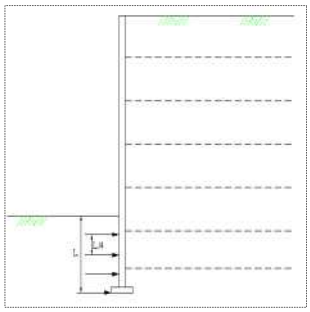
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

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

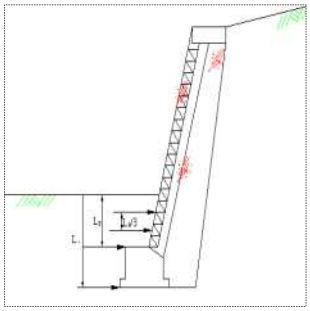
< 해설 >



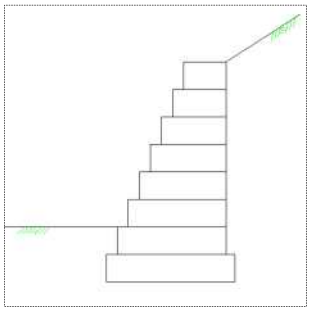
- 콘크리트 옹벽
  1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
  2) 세굴이 (지표면에서 헌치하부 / 2) 부분까지 발생한 상태 : b
  3) 세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태 : c
  4) 세굴이 (저판의 최대두께 / 2) 부분까지 발생한 상태 : d
  5) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e



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



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



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

【표 4.2.6】 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 4.2.7】 박락 및 층분리의 상태평가 기준

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

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

【표 4.2.8】 박리의 상태평가 기준

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

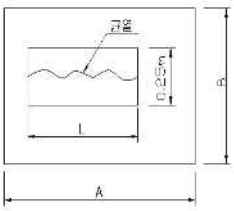
※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

【표 4.2.9】 균열의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1㎜ 미만	a	a
b	2	0.1㎜~0.2㎜ 미만	b	c
c	4	0.2㎜~0.3㎜ 미만	c	d
d	6	0.3㎜~0.5㎜ 미만	d	e
e	8	0.5㎜ 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, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.
3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계를 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 로 하향 조정한다.
   - 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



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

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

【표 4.2.10】 백태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	ㅇ없음
b	0	ㅇ국부적으로 발결
c	1	ㅇ여러곳에서 발견
d	1	ㅇ심한상태
e	1	ㅇ매우 심하고 범위가 넓은 상태

【표 4.2.11】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

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

주1) 상태평가결과가 "d"이고, 【표 4.2.13】(철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 본다.

【표 4.2.12】 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	0	염화물 ≤ 0.3kg/㎥	- 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	0.3kg/㎥<염화물<1.2kg/㎥	- 콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	2	1.2kg/㎥≤염화물<2.5kg/㎥	- 향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	4	염화물 ≥ 0.3kg/㎥	- 철근부식 발생
e	-	-	-

주1) 상태평가결과가 "d"이고, 【표 4.2.13】(철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 본다.

【표 4.2.13】 철근노출의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	철근부식의 가능성
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 4.2.14】 배수공 상태의 상태평가 기준(콘크리트 옹벽, 석축)

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 4.2.15】 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 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~20cm미만	8cm이상 ~16cm미만	- 침하의 정도가 보통 정도이나 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 4.2.16】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(보강토 옹벽)

평가기준	결함점수	최대 기울기의 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 않은 상태
c	1	3%이상 ~4%미만	2%이상 ~3%미만	- 경사/전도의 정도가 보통 정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~6%미만	3%이상 ~4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	- 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

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

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

【표 4.2.17】 진행성 배부름의 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 4.2.18】 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준(보강토, 석축)

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 제체의 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 4.2.19】 이격의 상태평가 기준(보강토, 석축)

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

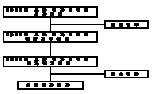
【표 4.2.20】 유실 상태평가 기준(보강토, 석축)

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

4.3 상태평가등급 산정절차

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 4.3.1]과 같다.



【그림 4.3.1】 상태평가등급 산정 과정

4.3.1 결함점수 및 결함지수 산정 기준

가. 콘크리트 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	4	4
	염화물	0	1	2	4	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
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 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

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

나. 보강토 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	0	1	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

보강토 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{36}$

※ 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.

4.3.2 옹벽시설물의 상태평가 기준

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

제5장 보수공법 및 유지관리방안

5.1 보수·보강공법 개요

5.2 보수·보강공법

5.3 유지관리 방안

제 5 장 보수공법 및 유지관리방안

5.1 보수·보강공법 개요

5.1.1 일 반

구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 정한다.

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, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

5.1.2 보수·보강 우선순위의 결정

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

○ 보수보다 보강을, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

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

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

5.2 보수·보강공법

옹벽 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【표 5.2.1】 옹벽에 영향을 미치는 현상과 요인

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

5.2.1 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 모르터(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

5.2.2 누수에 대한 보수 공법

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

5.2.3 콘크리트 탄산화 부위 보수 공법

탄산화가 20~30㎜정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르터로 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.

5.2.4 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구성을 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, 모르터 또는 시멘트 밀크를 압입주입하고 구근을 형성하여 발생되는 지반지압에 의한 인장력으로 구조체의 안정을 도모하는 공법이다.

4) 성토하중 경감공법

배면 에프론부를 소정의 심도까지 굴착하고 콘크리트 슬래브를 설치하거나 중공구조물을 설치함으로서 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 치환함으로서 벽체에 작용하는 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하는 공법이다.

5.2.5 경사 및 전도에 대한 보수・보강공법

전면부의 수동토압의 감소현상이나 배면 주동토압의 증가로 발생되는 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

5.2.6 구조물의 활동에 대한 보수・보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

5.2.7 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법

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

5.2.8 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법

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

5.2.9 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.

5.3 유지관리 방안

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 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.

본 과업을 통하여 제시된 외관조사망도를 바탕으로 본 보고서『제1편 제2장 외관조사 개요』에서 제시한 「점검부위 및 손상종류」 사항을 참고하여 유지관리 한다.

※ 시설물 점검시 각 시설물별 유지관리 지침과 외관 조사망도 활용 요망.

※ 시설물 보수·보강 이력사항에 대한 기록관리 철저 요망.

※ 시설물의 보수는 제1편 제5장을 참조하며, 보수·보강 필요부재에 대해서는 충분한 검토 및 보수 실시설계 후 제시된 방안으로 보강하는 것이 바람직하다.

※ 보수·보강 수행시 공사에 따른 특기사항은 기록, 정리하여 향후 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

제6장 종합평가기준 및 방법

6.1 종합평가기준

6.2 종합평가결과 산정 방법

제 6 장 종합평가기준 및 방법

6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 【표 6.1.1】의 종합평가지수에 따라 결정한다.

【표 6.1.1】 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수(E)	종합평가기준	비 고
0.00 ≤ (E) 〈 0.15	A	
0.15 ≤ (E) 〈 0.30	B	
0.30 ≤ (E) 〈 0.55	C	
0.55 ≤ (E) 〈 0.75	D	
0.75 ≤ (E)	E	

6.2 종합평가결과 산정 방법

6.2.1 종합평가결과 산정

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

가. 정밀안전점검

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

나. 정밀안전진단

옹벽 상태평가결과와 안전성평가결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가결과로 결정한다.

【그림 6.1.1】 종합평가결과 산정절차

6.2.2 종합평가결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 동시에 수행한 경우에 종합평가결과 산정 방법은 다음과 같다.

【표 6.2.1】 옹벽의 종합평가결과 상정 예시

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