관리번호

2025년도 경기북부 지중구조물·2종시설물 정밀안전전검 보고서

[RC옹벽(서종변전소)]

2025. 06

한국전력공사 경기북부본부

(주)명성엔지니어링

2025년도 경기북부지중구조물 · 2종시설물 정밀안전점검 보고서

RC 옹벽

경기북부본부

2025. 06

㈜명성엔지니어링

관리번호

2025년도 경기북부 지중구조물·2종시설물 정밀안전전검 보고서

[RC옹벽(서종변전소)]

2025. 06

한국전력공사 경기북부본부

(주)명성엔지니어링

제 출 문

한국전력공사 경기북부본부장 귀하

귀 사와 계약 체결한 『2025년도 경기북부 지중구조물 · 2종시설물 정밀안전점검 용역 (RC옹벽-서종변전소)』을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2025년 06월 30일

㈜ 명 성 엔 지 니 어 링

대표이사 김 선 무(인)

참 여 기 술 자 명 단

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	날 인
사업 책임기술자	사업책임	정 지 운	특급기술자	이 사	
분야 책임기술자	보고서 작성 및 외관조사	서 동 진	특급기술자	부 장	
참여기술자	보고서 작성 및 외관조사	이 상 훈	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	장 진 원	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	황 상 윤	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	양 주 윤	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	손 기 영	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	전 희 균	초급기술자	대 리	
	보고서 작성 및 외관조사	김 찬 영	초급기술자	사 원	
	보고서 작성 및 외관조사	이 석 진	초급기술자	사 원	

목 차

⊙ 정밀안전점검 서두

제 1 편 공통편

제 1 장 정밀안전점검 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3

1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3

1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5

1.4 대상시설물 개요 ····· 7

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 8

제 2 장 외관조사 개요 ····· 11

2.1 외관조사 개요 ····· 13

2.2 현장조사 방법 ····· 13

제 3 장 내구성조사 개요 ····· 15

3.1 콘크리트 내구성조사 개요 ····· 17

제 4 장 상태평가 기준 및 절차 ····· 23

4.1 상태평가 개요 ····· 25

4.2 상태평가 기준 ····· 25

4.3 상태평가등급 산정절차 ····· 32

제 5 장 보수공법 및 유지관리방안 ····· 35

5.1 보수·보강공법 개요 ····· 37

5.2 보수·보강공법 ····· 38

5.3 유지관리방안 ····· 41

제 2 편 시설물편

1. RC옹벽(서종변전소) 1

시설물의 위치도

RC옹벽(서종변전소) 정밀안전점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	2025년도 경기북부 지중구조물 · 2종시설물 정밀안전점검 용역	점검기간	2025. 04. 19. ~ 2026. 01. 10.		
관리주체명	한국전력공사 경기북부본부	대표자	한국전력공사 경기북부본부장		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	제한경쟁		
시설물구분	옹벽	종 류	기타옹벽	종 별	2종
준 공 일	2016년 11월 16일	점검금액 (천원)		안전등급	B
시설물위치	경기도 양평군 서종면 문호리 산73-7번지	시설물규모	연장 : 110.2m, 높이 : 24.9m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	- 없음
점 검 주요결과	- 전면부 균열, 백태 - 기초부 상태양호 - 주변영향인자 상태양호
주요 보수 · 보강	- 없음

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
책임기술자	정 지 운	2025. 04. 19. ~ 2026. 01. 10.	특급기술자
분책기술자	서 동 진	2025. 04. 19. ~ 2026. 01. 10.	특급기술자
참여기술자	이상훈 외 7인	2025. 04. 19. ~ 2026. 01. 10.	특급~초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점관리부위 : 전면부, 성토부, 기초부에 대한 손상 발생여부 확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

RC옹벽(서종변전소) 정밀안전점검 실시결과 요약문

책임기술자 종합의견
· RC옹벽의 전면부는 균열 및 백태 등의 일부 손상이 발생한 것으로 조사되었으며, 기 발생된 손상에 대해서는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다. · 옹벽 상부의 성토부 및 배수로(측구)는 손상은 조사되지 않았으나, 주기적인 점검을 통하여 성토부 외관상태 및 배수상태에 대한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. · 금회 조사 시기에는 사용성에 문제는 없는 상태로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. · 측량결과, 전회 및 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 미소한 차이가 확인되었으며, 측량시 발생할 수 있는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류 등 측량시 발생할 수 있는 오차 범위내로서, 침하, 전도, 활동 등이 발생하지 않은 상태로 판단된다. · 대상 옹벽은 평가기준에 따른 결함지수는 0.283, 상태평가결과는 “B”로 산정되었다. · 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”로 지정하였다. 책임기술자 : 정 지 운 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생 항목	상태평가	결함 종류	보수·보강(안)
SPAN 1	b	균열, 백태	표면처리
SPAN 2	b	균열, 백태	표면처리
SPAN 3	b	균열, 백태	표면처리

나. 안전성평가

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
해당사항 없음	–	–	–	–

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
사면 안정 해석검토(지진시)	적용	안전율 : 1.140	· 부지내 사면의 외적안정성 검토결과, 지진시의 기준안전율 이상으로 안전한 것으로 검토됨

라. 현장시험

시험명	시험여부	시험결과	책임기술자 의견
반발경도 시험	Y	20.8~25.4 MPa	설계기준강도(24MPa) 일부 하회, 대체로 양호한 상태임
탄산화시험	Y	탄산화 잔여깊이 23.5㎜ ~ 55.0㎜	일부 구간에서 'b'로 평가됨, 대체로 양호한 상태임
기울기	Y	88.8~90.0 °	침하, 전도, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토됨
수준측량	Y	변위량 : 0~-2이내	침하, 전도, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토됨

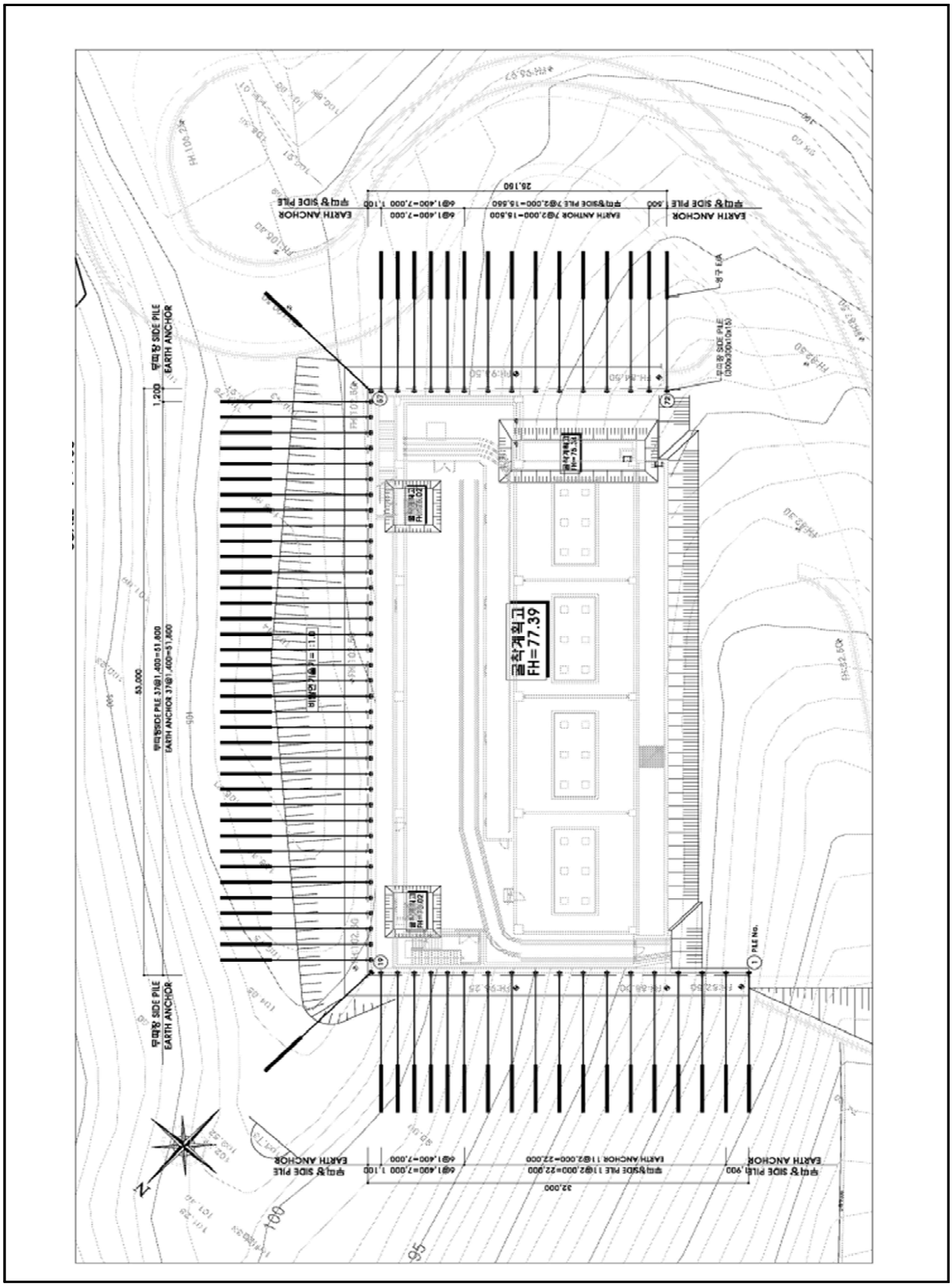
마. 보수 · 보강방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
지반, 기초부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
전면부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	116.60	174.9	㎡	110	19,239	2
	백태	표면처리	2.11	3.17	㎡	110	348	2
주변영향인자	상태양호	-	-	-	-	-	-	-

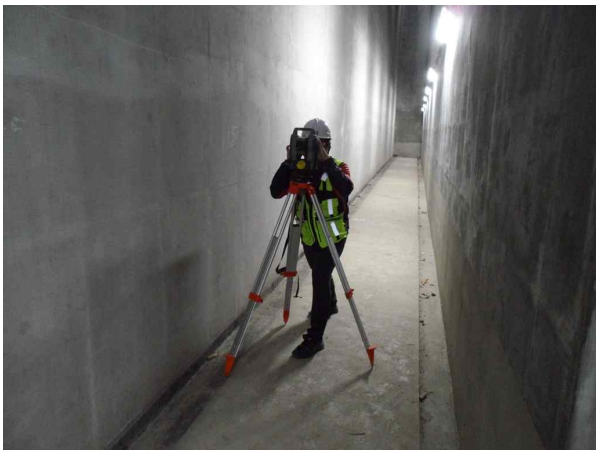
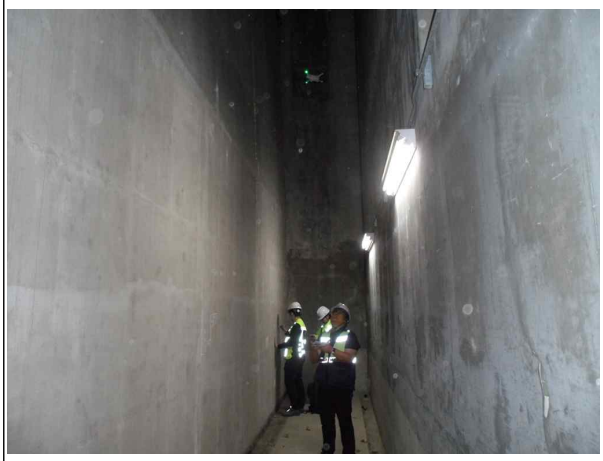
개략공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	0	19,587	0
	재경비 (순공사비의 50%)	0	9,794	0
	합계	0	29,381	0
개략공사비 총계(천원)		29,381		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

RC옹벽(서종변전소) 평면도



RC옹벽(서종변전소) 전경사진, 부위별 사진

외부 전경	내부 전경
옹벽 상단 전경	상부 성토부 전경
	
광파기를 이용한 측량 작업	드론을 활용한 외관조사

제1편 공 통 편

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

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. 04. 16. ~ 2026. 01. 10.(270일간)

1.2.3 과업의 내용

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

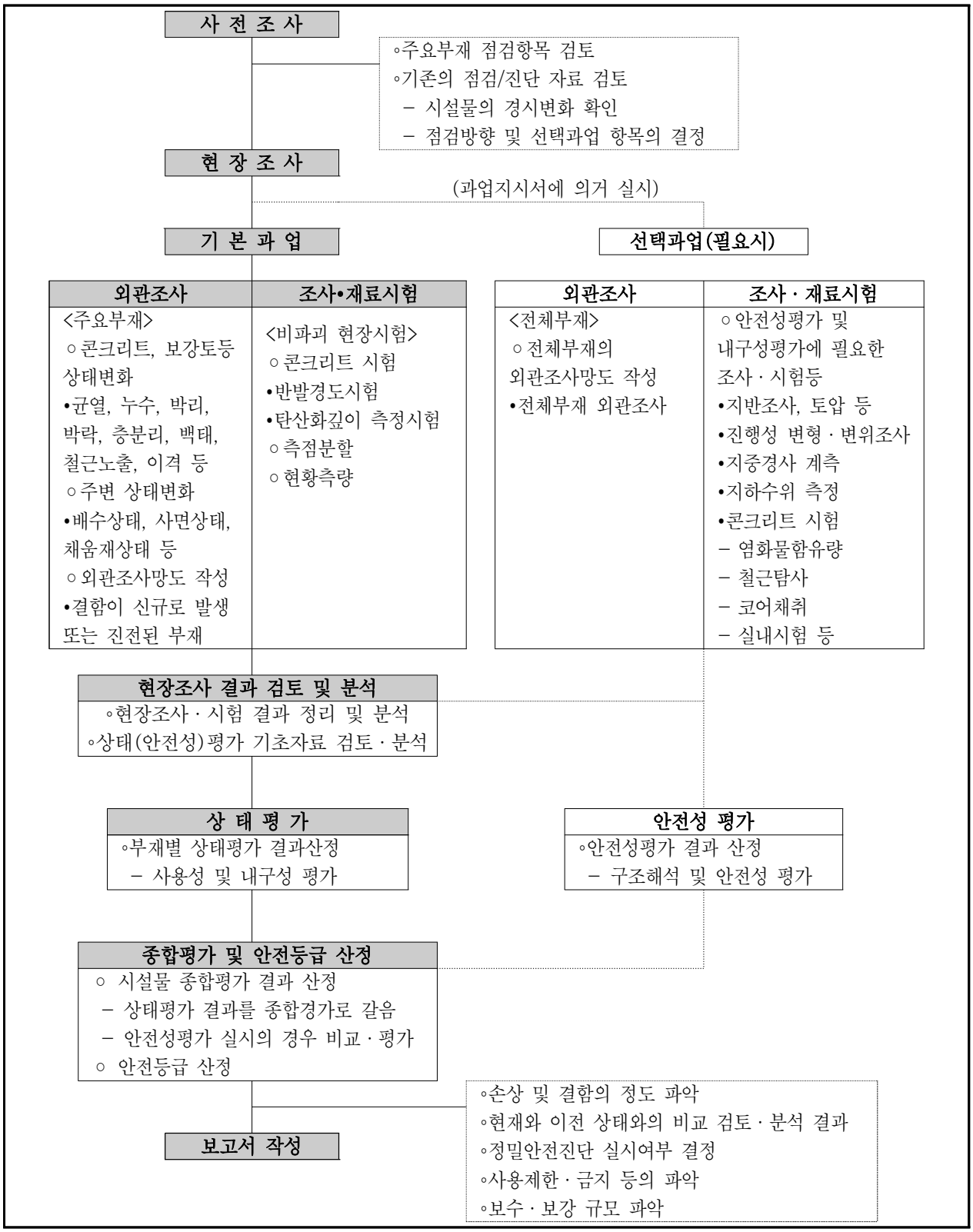
【표 1.2.1】 과업의 내용

<table>
<tr><th colspan="2">과 업 의 범 위</th><th>과 업 의 내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td colspan="2">설계도서 및
관련자료
수집·검토</td><td>1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서)
2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토</td><td rowspan="9">시설물의 안전
및
유지관리 실시
세부지침
(2024.12) 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">현장
조사
및
시험</td><td>현장
조사</td><td>1) 옹벽의 제원 및 시공상태 조사
2) 옹벽 외관 결함 및 손상 등 외관조사
3) 외관망도 작성</td></tr>
<tr><td>현장
시험</td><td>1) 콘크리트 강도 조사
2) 탄산화 깊이 측정
3) 간단한 측량</td></tr>
<tr><td colspan="2">상태평가</td><td>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)</td></tr>
<tr><td colspan="2">종합평가 및
안전등급 지정</td><td>1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정</td></tr>
<tr><td colspan="2">보수 및 보강대책
수립</td><td>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</td></tr>
<tr><td colspan="2">유지관리 대책
수립</td><td>1) 유지 관리상 중점점검사항 제시
2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">보고서 작성</td><td>1) 보고서 작성 및 제출</td></tr>
</table>

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.

※ **과업기간 :** 2025. 04. 16 ~ 2026. 01. 10 (착수일로부터 270일간)

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종	착수일로부터 271일								비 고
	4월	5월	6월	7월~9월	10월	11월	12월	1월	
1. 자료수집 및 분석 · 착수 및 예비답사 · 현장조사 계획수립									착수 04/16
2. 현장조사 및 시험 · 송전맨홀 146개소 · 전력구 4개소 · 옹벽 1개소									
3. 시설물 평가 · 자료정리 및 분석 · 상태평가 및 종합평가									
4. 성과품 작성 · 보고서 작성 · 유지관리방안 수립 · 보고서 제출, 전산입력									

1.4 대상시설물 개요

구조물명	위 치	규 모		형식	준공년도	비고
		높 이 (m)	연 장 (m)			
RC옹벽 (서종변전소)	경기도 양평군 서종면 문호리 산73-7번지	24.90	110.20	합벽식 (RC)	2016년	

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	
	슈미트해머 (반발경도측정)	콘크리트 강도추정	
	철근탐사기	철근 피복두께 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	광파기	수평변위 측량	
	경사계	기울기 측량	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	

제2장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

2.2 현장조사 방법

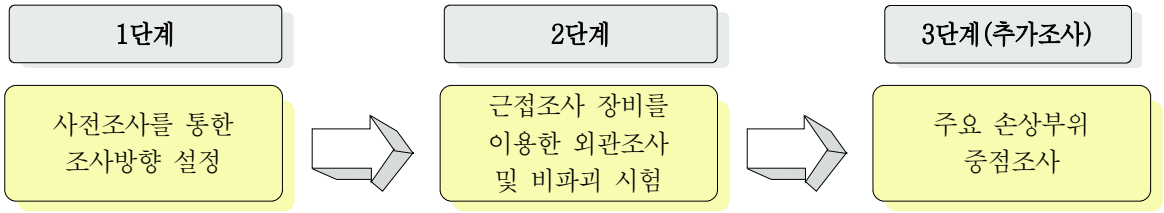
제 2 장 외관조사 개요

2.1 외관조사 개요

본 과업의 대상구조물인 옹벽의 외관조사 결과는 국토교통부에서 제시한 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(옹벽편, 국토교통부, 국토안전관리원, 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 결함

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

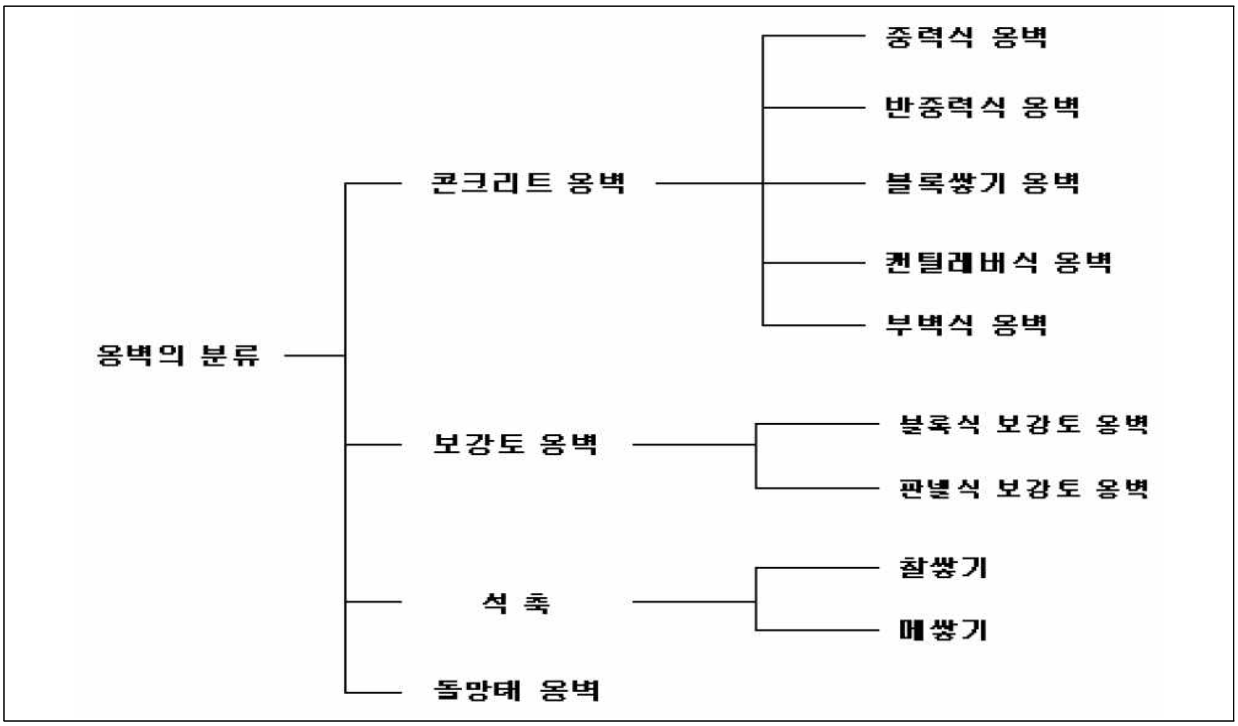
③ 절토 · 성토사면의 균열 · 이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

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

나. 상태평가를 위한 외관조사

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

① 옹벽의 분류



② 상태변화 점검항목

점검부위	점검방법	점검항목	점검장비
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	–전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공 상태 – 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	

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, 국토안전관리원)』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)	○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법) ○ 콘크리트 염화물 함유량1) ○ 철근배근 상태조사 ○ 진행성 변형 및 변위
보강토 옹벽	○ 재료시험(블럭 및 보강재)	○ 진행성 배부름 현상
석 축	○ 암석풍화도 판정 ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트 상태	○ 진행성 배부름 현상
돌망태 옹벽	–	○ 진행성 변형 및 변위

【표 3.2.2】 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
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 진행여부 판단
	○ 지반조사	○ 토압 및 지지력 검토로 안전성평가 ○ 시추 또는 원위치 시험

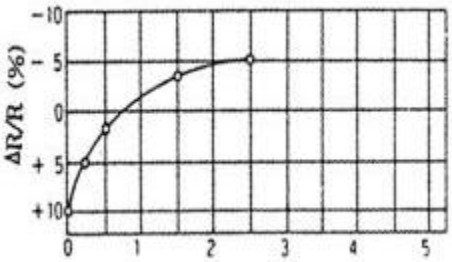
나. 재료시험 기준수량

【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

3.1.2 반발경도법

<table>
<tr><td>개 요</td><td>콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다.
슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.</td></tr>
<tr><td>시험방법</td><td>반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±20% 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정함
보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함
측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

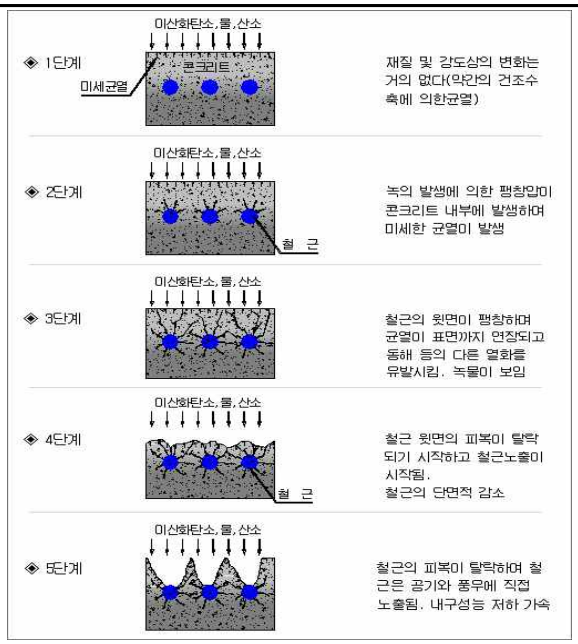
측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정 장소의 확인, 요철제거
↓
Marker 등에 의한 측정점의 표시
↓
측정, 20점 이상의 평균
↓
타격 방향, 습윤 및 재령의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
압축강도의 추정</td></tr>
<tr><td>보정방법</td><td>타격방향에 따른 보정(⊿R1)
<table><tr><th>반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th>비고</th></tr><tr><td></td><td>+90°</td><td>+45°</td><td>-45°</td><td>-90°</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90°
하향수직 : -90°</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table> 
<압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>

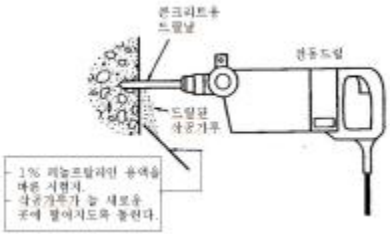
콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(⊿R3)
기건상태 : ⊿R3 = 0, 습윤상태 ⊿R3 = +5
습하고 타격의 흔적 : ⊿R3 = +3

콘크리트 재령에 따른 보정(α)
<table><tr><td>구분</td><td>7일</td><td>14일</td><td>21일</td><td>28일</td><td>100일</td><td>500일</td><td>750일</td><td>1000일</td><td>2000일</td><td>3000일</td></tr><tr><td>재령 (α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr></table>Ro = R + ⊿R (⇒ ⊿R = ⊿R1 + ⊿R2 + ⊿R3)
여기서, ⊿R1 : 타격방향에 따른 보정값
⊿R2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
⊿R3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값</td></tr>
<tr><td>압축강도 추정식</td><td>방법 1 : Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa) ⇒ 일본 재료학회 추정식
방법 2 : Fc = (7.3Ro + 100)×0.098 (MPa) ⇒ 일본건축학회 추정식</td></tr>
</table>

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2024.12) 참조

3.1.3 탄산화 깊이 측정

<table>
<tr>
<td>개 요</td>
<td>경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.
$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.</td>
<td> 

<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정></td>
</tr>
<tr>
<td>측정방법</td>
<td> 
</td>
<td>드릴링에 의해 발생되는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하는 방법</td>
</tr>
<tr>
<td>시험순서</td>
<td colspan="2">① 탄산화시험 위치 선정
② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비
③ 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작
④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤
⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정</td>
</tr>
<tr>
<td>평가기준</td>
<td colspan="2"><탄산화 상태평가 기준>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>a등급</th><th>b등급</th><th>c등급</th><th>d등급</th></tr>
<tr><td>탄산화
잔여 깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10 mm 이상
~ 30mm 미만</td><td>0 mm 이상
~ 10mm 미만</td><td>0mm 미만</td></tr>
<tr><td>철근부식의
가능성</td><td>탄산화에 의한
부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한
부식발생 가능성
있음</td><td>경우에 따라서
탄산화에 의한
부식발생 가능성
높음</td><td>철근부식 발생</td></tr>
</table></td>
</tr>
</table>

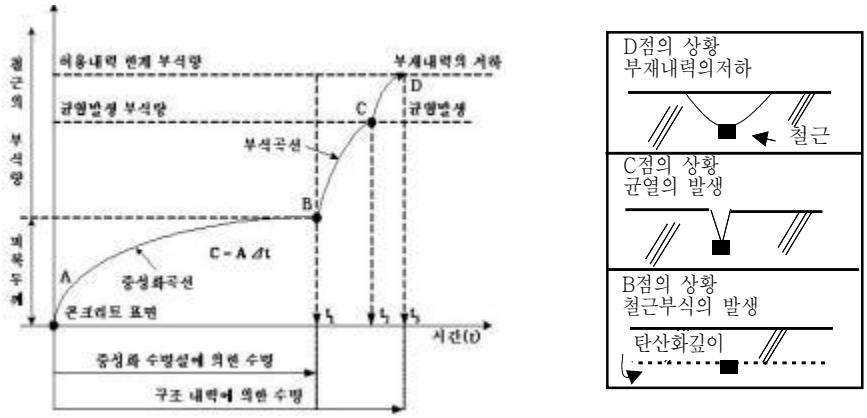
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2024.12) 참조

내구수명평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화 되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다.

콘크리트가 탄산화 되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 아래 그림에 나타내었다. 즉 t1은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t2는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t3은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t1의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t1의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t2의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t1에서 t2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t1에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



<콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념>

대기 중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C는 경과시간 t의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

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

위의 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다.

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_o$$

여기서, t_d는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0는 현재의 구조물 경과시간이다.

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, 국토안전관리원, 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 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 진행여부를 판단하도록 하였다.

나. 콘크리트 옹벽

【표 4.2.1】 침하의 상태평가 기준

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 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

평가기준	결함점수	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

【표 4.2.3】 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 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

【표 4.2.5】 기초부 세굴 상태평가 기준

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.

【표 4.2.6】 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 마모/침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	- 마모/침식에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	- 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개0이 감소되기 시작한 상태
d	1	- 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	2	- 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

【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

【표 4.2.10】 백태의 상태평가 기준

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

【표 4.2.11】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

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

【표 4.2.12】 전염화물 이온량의 상태평가 기준

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

【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

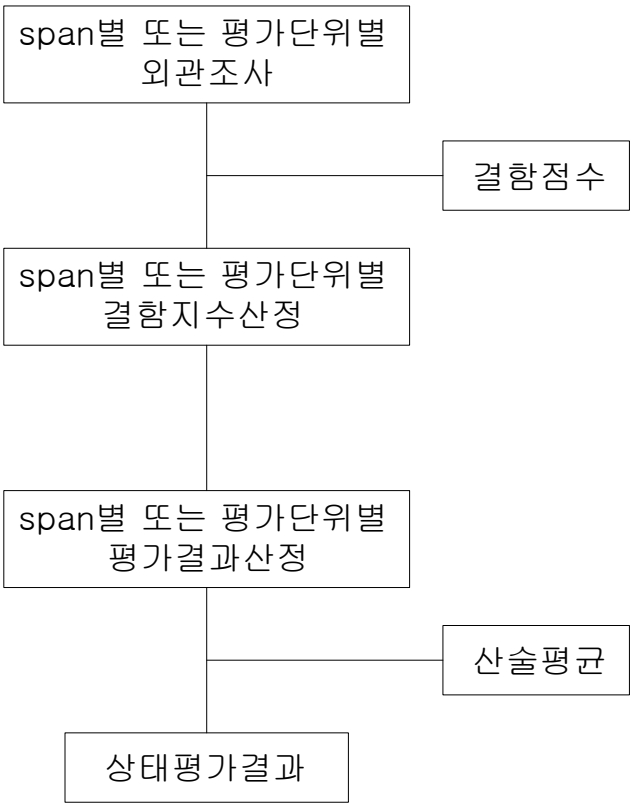
【표 4.2.14】 배수공 상태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	1	- 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	2	- 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	3	- 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	4	- 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

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	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 옹벽 결함지수 (F)	①	Σ 결함점수 / 76	②	Σ 결함점수 / 60
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	Σ 결함점수 / 64	②	Σ 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.

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.

제2편 시 설 물 편

1. RC옹벽(서종변전소)

1.1 시설물 개요
1.2 자료수집 및 분석
1.3 현장조사 및 시험
1.4 상태평가
1.5 종합평가 및 안전등급 지정
1.6 보수·보강 및 유지관리 방안
1.7 종합결론

1. RC옹벽(서종변전소)

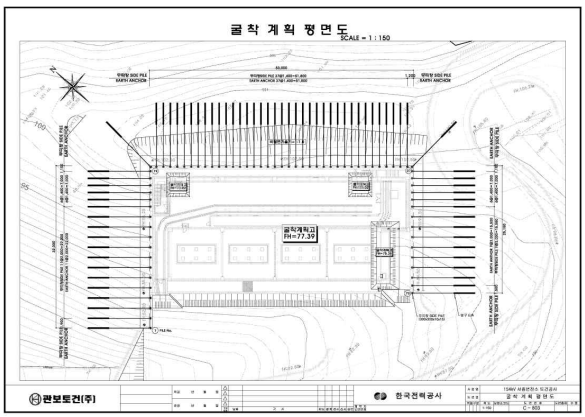
1.1 시설물 개요

본 시설물은 경기도 양평군 서종면 문호리 산73-7번지에 위치하며, 2016년 11월에 준공되어 현재 공용중인 2종시설물이다. 옹벽의 구조형식은 합벽식 RC옹벽으로 연장 110.0m, 지면 노출높이 24.90m이며, 변전소 부지 조성을 위해 시공되었다.

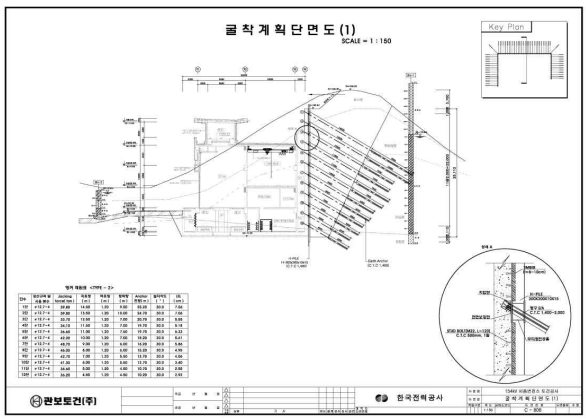
1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 옹벽 일반사항

시설물명	RC옹벽		종별구분	2종 시설물
시설물번호	RW2016-0000198		관리번호	-
시설물위치	행정구역	경기도 양평군 서종면 문호리 산73-7번지		
제 원	옹벽형식	합벽식(RC)	옹벽재료	콘크리트
	연 장	110.20m	지면노출 높 이	24.90m
관리주체	한국전력공사 경기북부본부			
주변환경	서종변전소			
시공현황	준공년도	2016년 11월 16일	시 공 자	관보토건 주식회사
비 고				



평면도



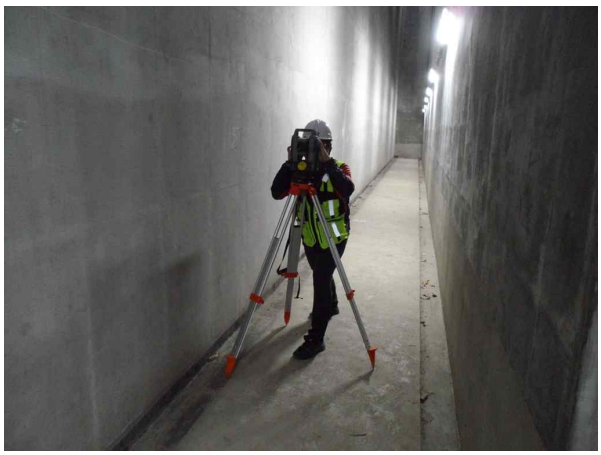
단면도

1.1.2 위치도 및 전경사진

【그림 1.1.1】 위치도

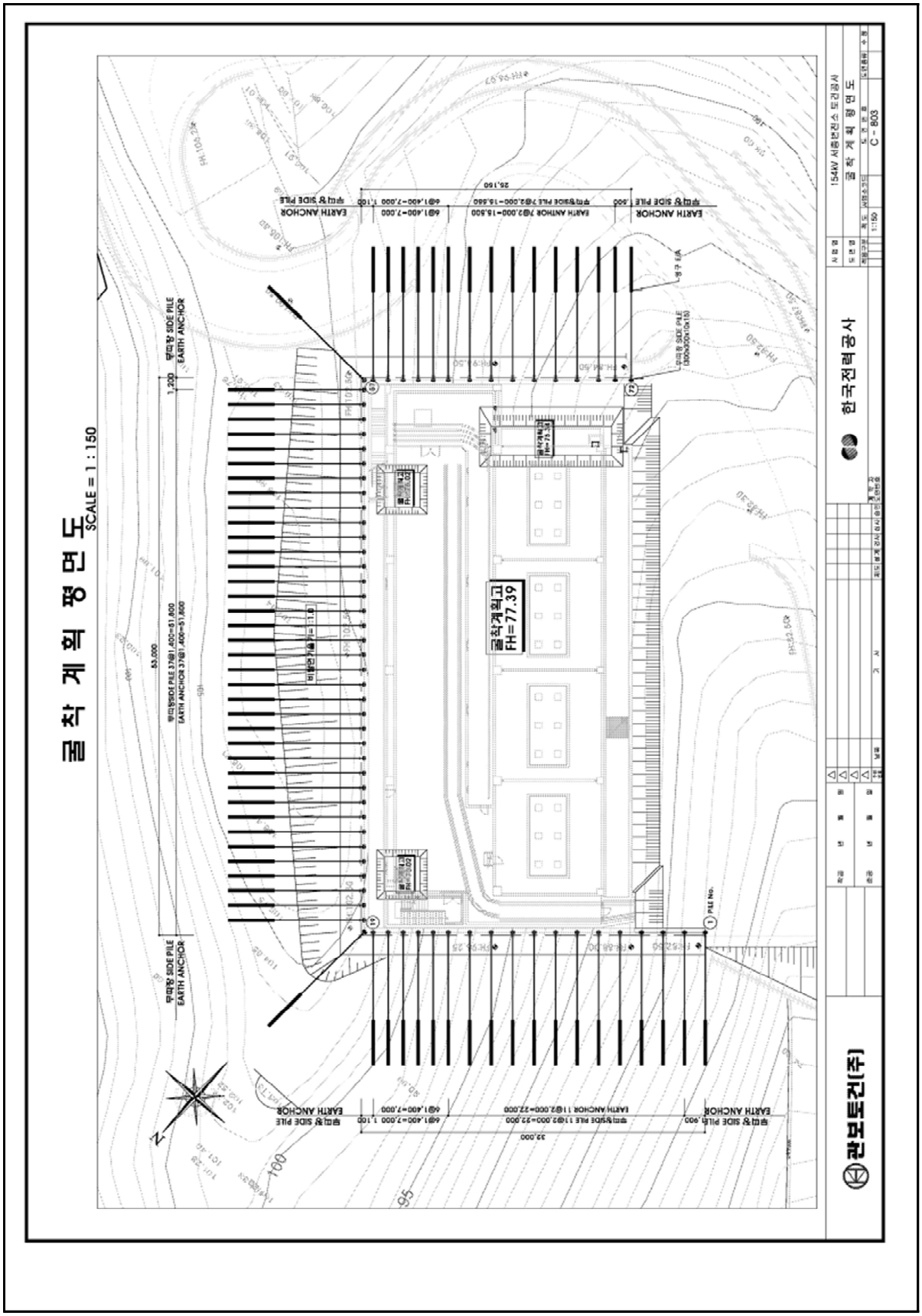
옹벽 전경(외부)	옹벽 전경(내부)

【그림 1.1.2】 전경사진

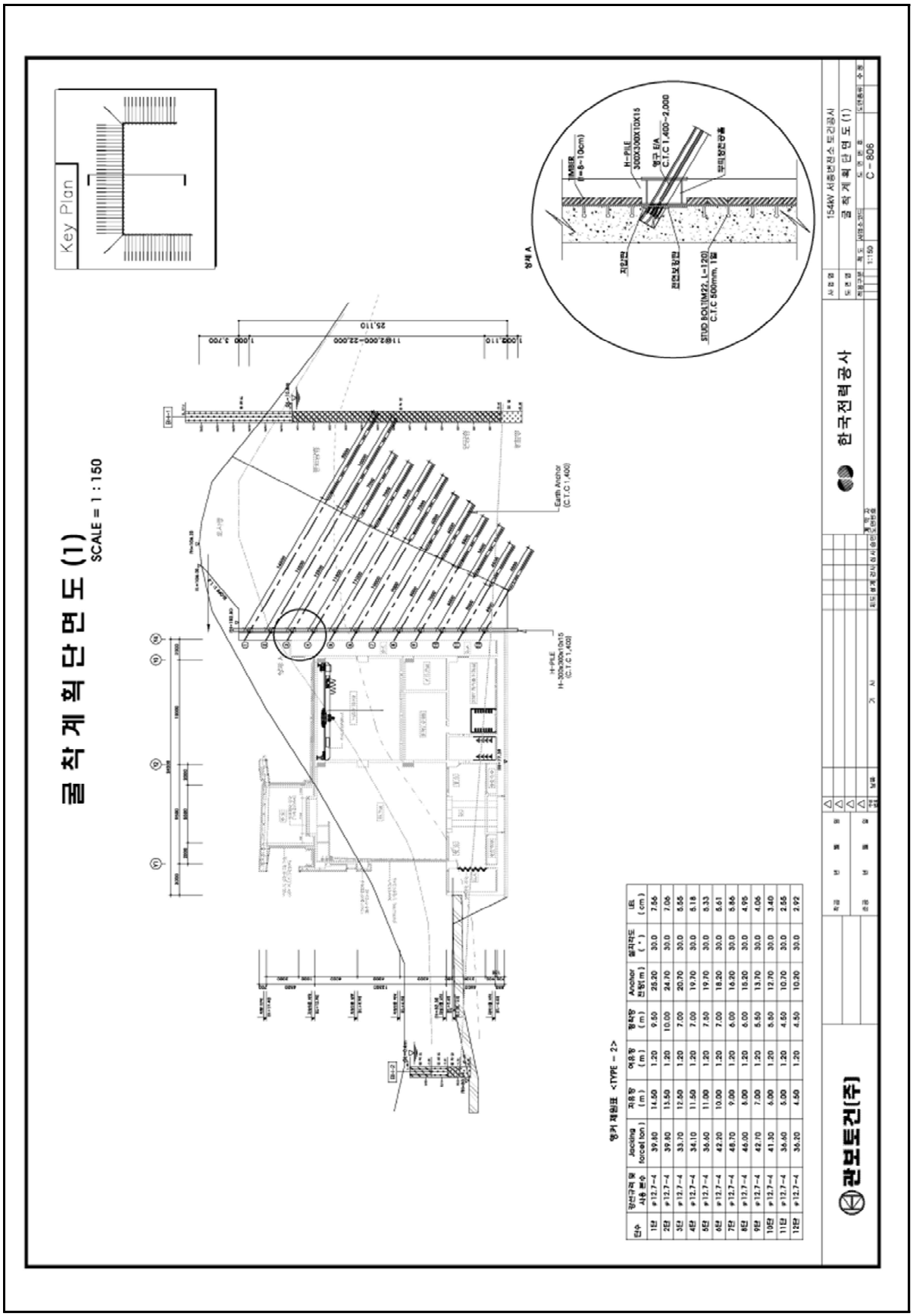
외부 전경	내부 전경
옹벽 상단 전경	상부 성토부 전경
	
광파기를 이용한 측량 작업	드론을 활용한 외관조사

【그림 1.1.3】 부재별 현황 및 작업사진

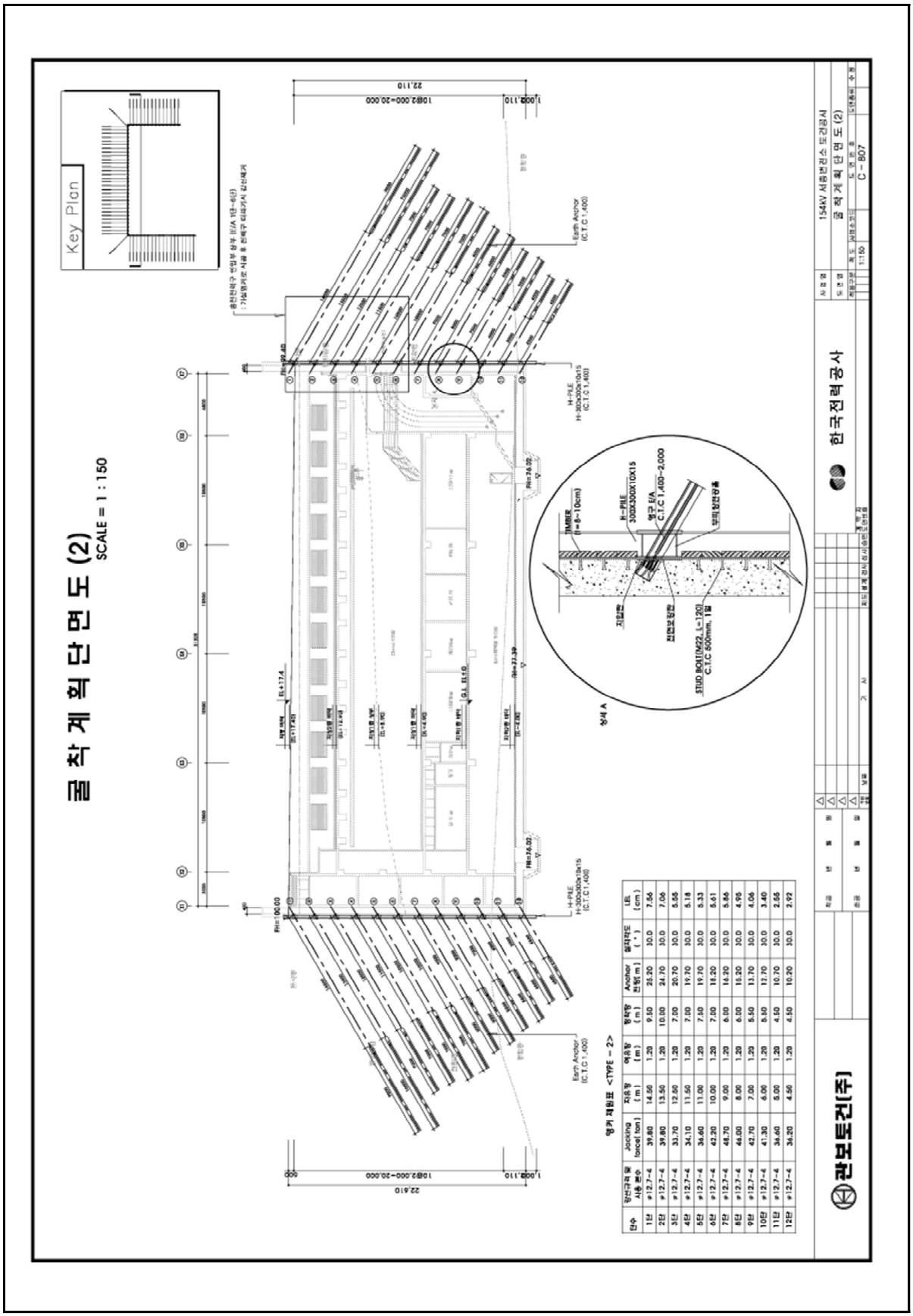
1.1.3 시설물 전개도



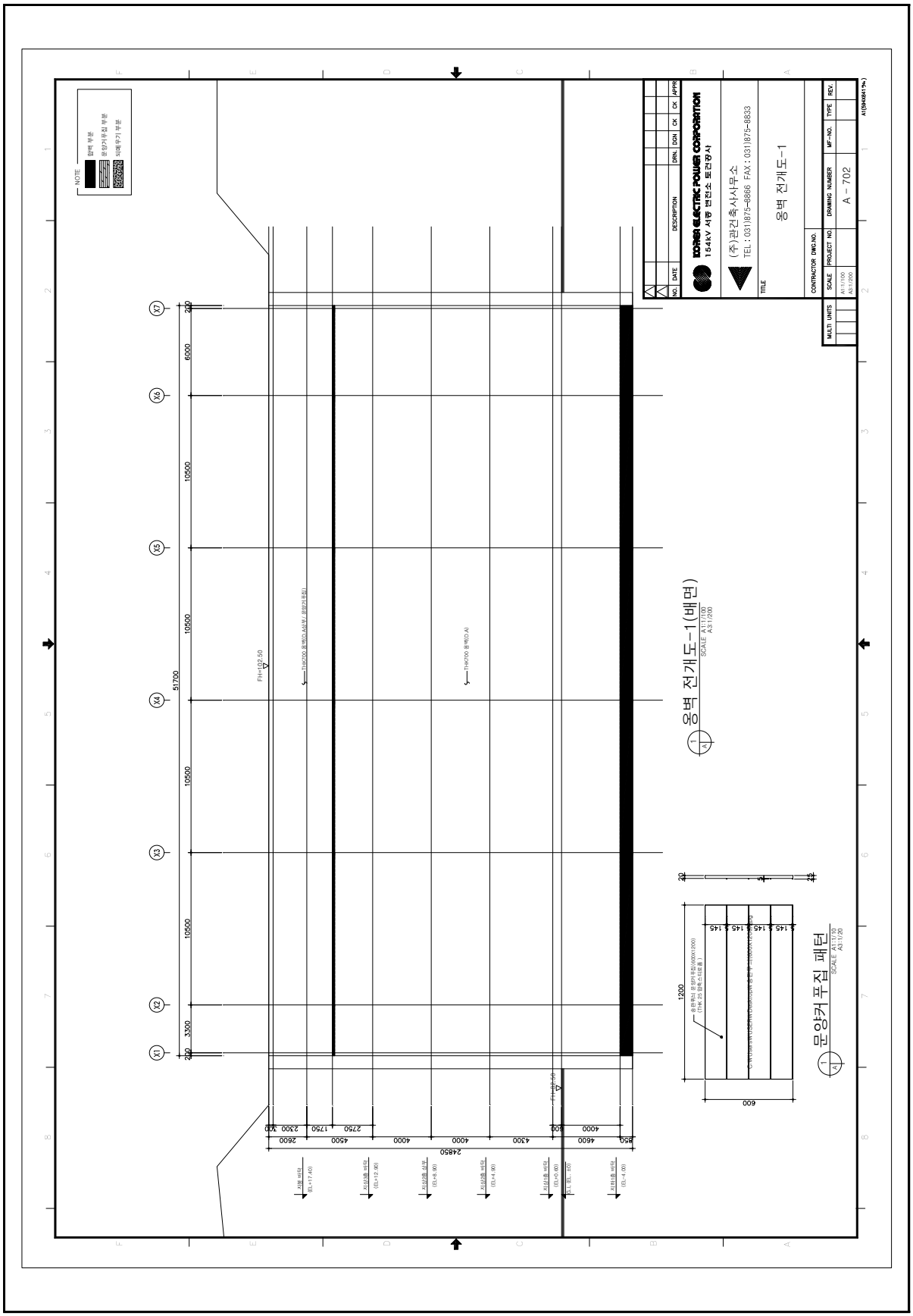
【그림 1.1.4】 RC옹벽 평면도



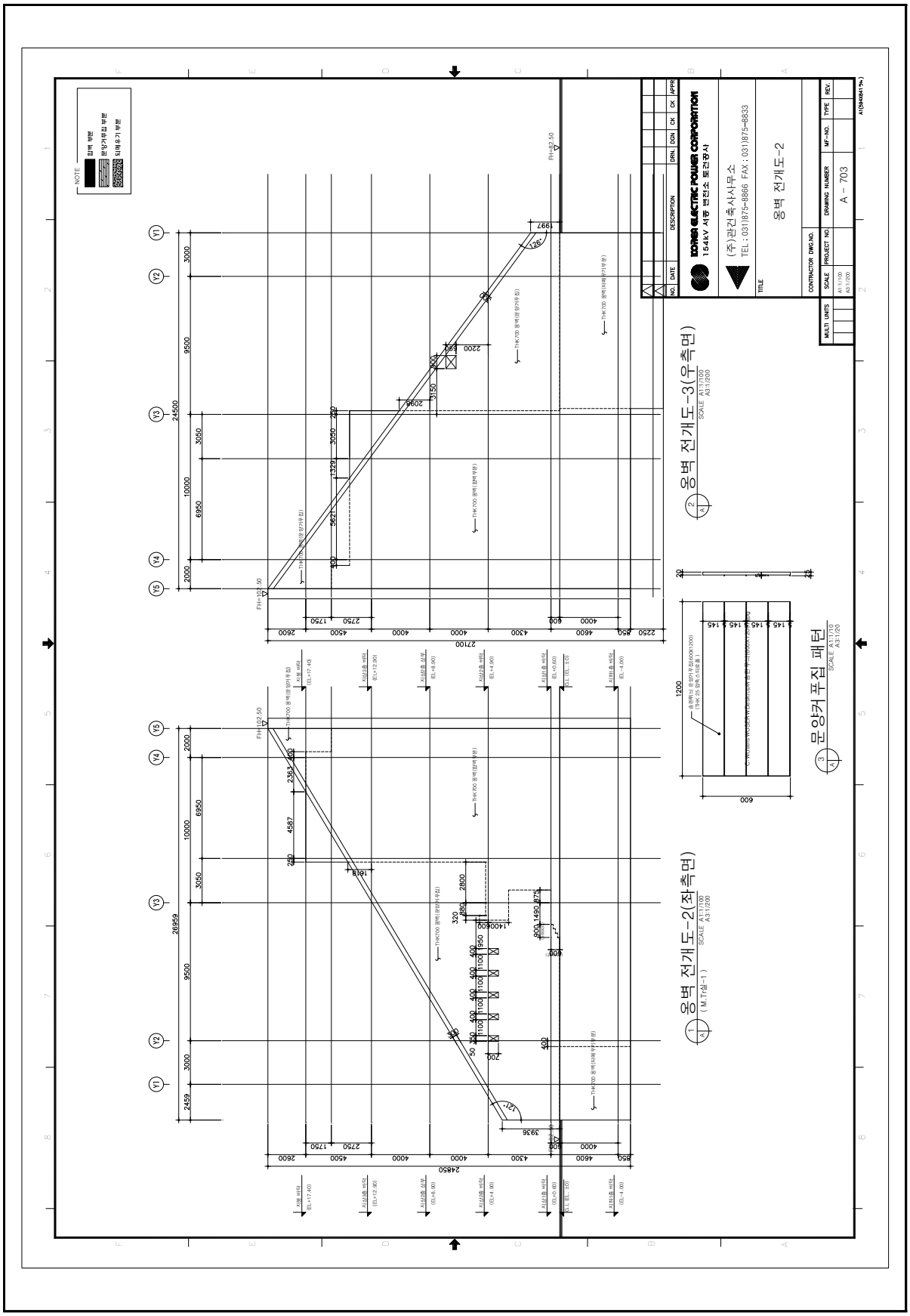
【그림 1.1.5】 RC옹벽 굴착계획 단면도



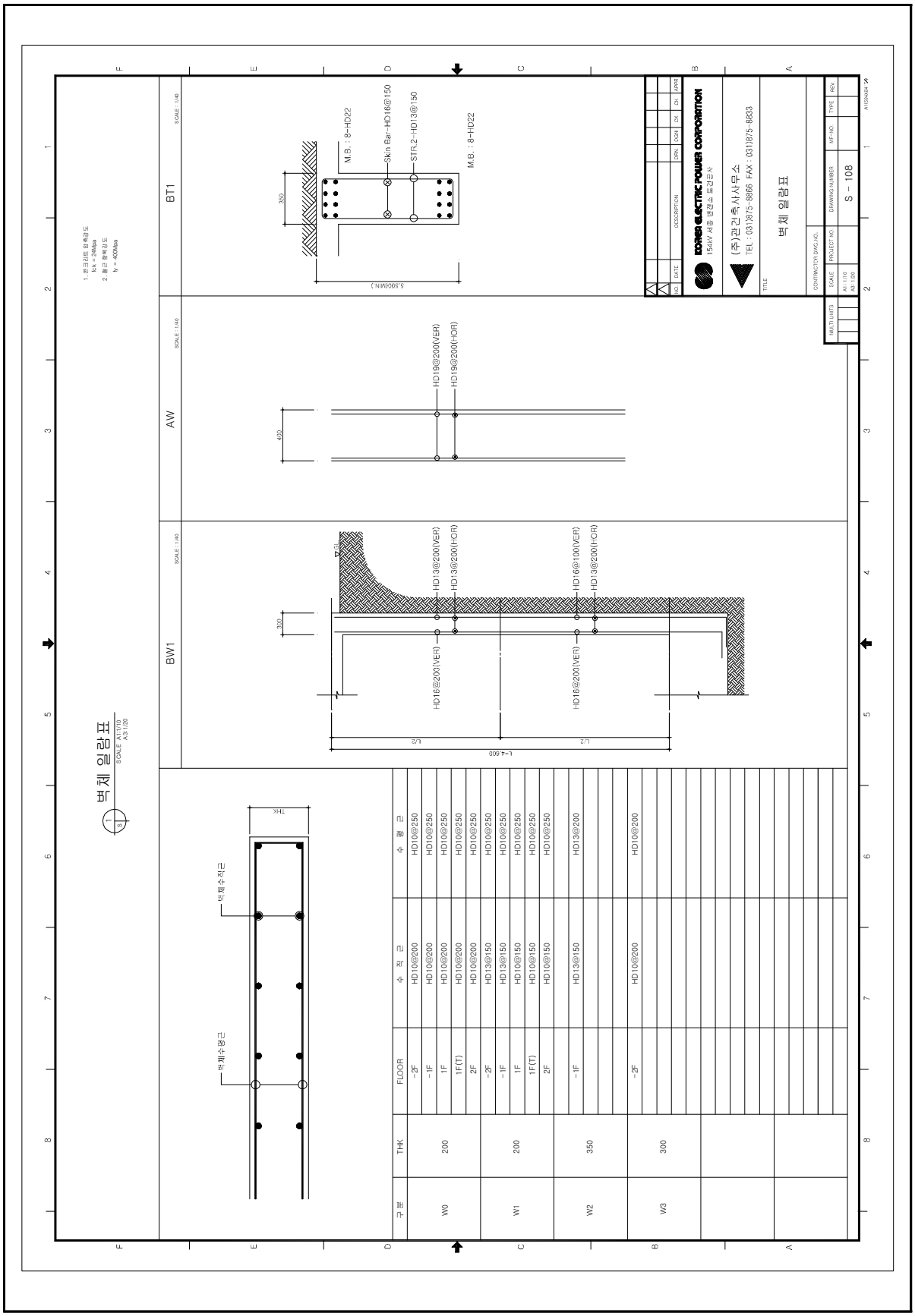
【그림 1.1.5】 굴착계획 단면도(계속)



【그림 1.1.6】 RC옹벽 전개도



【그림 1.1.6】 RC옹벽 전개도(계속)



구분	THK	FLOOR	수 직 근	수 평 근
W0	200	-2F	HD10@200	HD10@250
		-1F	HD10@200	HD10@250
		1F	HD10@200	HD10@250
		1F(T)	HD10@200	HD10@250
		2F	HD10@200	HD10@250
W1	200	-2F	HD13@150	HD10@250
		-1F	HD13@150	HD10@250
		1F	HD10@150	HD10@250
		1F(T)	HD10@150	HD10@250
		2F	HD10@150	HD10@250
W2	350	-1F	HD13@150	HD13@200
W3	300	-2F	HD10@200	HD10@200

【그림 1.1.7】 RC옹벽 철근 배근도

1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 초기점점 1회, 정기안전점검 15회, 정밀안전점검 3회 등 총 19회의 점검을 실시하였다. 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2016. 04. 18 ~2016. 05. 17	초기점검	- RC옹벽에 대한 시설물평가 결과는 "문제점이 없는 최상의 상태"인 『A』로 평가되었다.	A
2	2017.03.29. ~2017.03.29.	정기안전 점검	- 양호	양호
3	2017.08.22. ~2007.08.23.	정기안전 점검	- 양호	양호
4	2018.04.10. ~2018.04.12.	정기안전 점검	- 양호	양호
5	2018.11.12. ~2008.11.12.	정기안전 점검	- 양호	양호
6	2019.05.22. ~2019.05.22.	정기안전 점검	- 벽체부 파손, 유실, 배부름, 이격 및 단차 발생없음, 전반적으로 상태양호	양호
7	2019.08.08. ~2019.08.08.	정기안전 점검	- 벽체부 파손, 유실, 배부름, 이격 및 단차 발생없음, 전반적으로 상태양호	양호
8	2019.09.20. ~2019.10.29.	정밀안전 점검	- 전면부:균열(폭0.3㎜미만), 백태 - 지반, 기초부:상태양호 - 배수시설:상태양호 - 특이사항:없음	A
9	2020.03.13. ~2020.03.13.	정기안전 점검	- 양호	양호
10	2020.12.09. ~2020.12.09.	정기안전 점검	- 양호	양호

【표 1.2.1】 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
11	2021.04.21. ~2021.04.21.	정기안전 점검	- 지상층 우측 50m지점 누수로 인한 보수	양호
12	2021.11.08. ~2021.12.08.	정밀안전 점검	- 구조안전에 영향을 미칠만한 중대한 결함사항 없음 - 옹벽 전반적으로 균열이 있으나, 크기가 0.3㎜이하임 - 일부구간 백태 발생 - 전도 및 활동은 확인되지 않음	B
13	2022.06.16. ~2022.06.16.	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리등 없는 양호한 상태, 누수구간 보수완료	양호
14	2022.11.02. ~2022.11.02.	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리등 없는 양호한 상태, 일부 균열이 있으나, 구조물에 영향이 없음	양호
15	2023.06.27. ~2023.06.27.	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리등 없는 양호한 상태, 일부 균열이 있으나, 구조물에 영향이 없음	양호
16	2023.09.01. ~2023.09.27.	정밀안전 점검	- 옹벽 전반적으로 균열이 확인되었으나, 그 크기가 0.3㎜이하로 확인되었다. - 일부구간에서 백태가 확인되었다. - 계획선형 오차(전도, 활동)은 확인되지 않았다.	B
17	2024.06.12. ~2024.06.12.	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리 등이 없는 양호한 상태임 - 일부 균열이 있으나, 0.1㎜정도로 구조물에 영향이 없는 양호한 상태임	양호
18	2024.10.23. ~2024.10.23.	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리 등이 없는 양호한 상태임 - 일부 균열이 있으나, 0.3㎜이하로 구조물에 영향이 없는 양호한 상태임	양호
19	2025.03.25. ~2025.03.25..	정기안전 점검	- 전면부 외관조사 결과, 파손 및 재료분리 등이 없는 양호한 상태임 - 0.3㎜이하 균열이 일부 있으나, 구조물에 영향이 없는 양호한 상태임	양호

1.2.2 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년09월)

가 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
결과요약	■ 본 시설물은 준공후 8년 이상 경과한 옹벽으로 이번 점검에서 침하, 활동 등 시설물의 안정성에 큰 영향을 미칠수 있는 요인은 확인되지 않았다. ■ 벽체 전면부 외관조사에서 지하층을 포함하여 총 11개소의 백태가 확인되었다. ■ 벽체 전면부에서 총 14개소의 균열이 확인되었으며, 방향은 상하를 연결하는 방향의 균열이었으며, 그 크기는 0.1㎜정도로 확인되었다.	

나 현장시험 결과

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	옹벽 벽체	20.1~22.5	24.0	■설계강도 이상(양호)
탄산화 (㎜)	옹벽 벽체	18.0~48.2	30.0	■잔여깊이가 18㎜로 측정된 39m 지점은 시공 상 피복의 두께가 작게 시공됨
기울기 (%)	옹벽 벽체	0.31~1.06	-	■잔측정값의 변화가 아주 작아 전도의 발생은 없는 것으로 판단됨
측량	옹벽 벽체	- 외관조사망도 작성을 위한 옹벽제원 측정		

다 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
RC옹벽 (서종변전소)	0.283	B	-	-	B
종합평가	•상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

라 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

1.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
안전점검 자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 전회 정밀안전점검에서 조사된 손상의 진전여부를 확인하고, 금회 점검에서 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사를 실시한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정밀안전점검은 총3회, 정기점검은 총15회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

1.2.4 시설물 보수 이력

【표 1.2.2】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

1.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
사면 안정 해석검토(지진시)	적용	안전율 : 1.140	· 부지내 사면의 외적안정성 검토결과, 지진시의 기준안전율 이상으로 안전한 것으로 검토됨

1.2.6 지반조사

【표 1.2.3】 지반조사 결과 확인

구조물	공번	붕적토층 (m)	풍화토층 (m)	풍화암층 (m)	기반암 (m)	계 (m)	SPT(회)
변전소	BH-1	-	10.0	19.5	2.0	31.5	19
	BH-2	2.0	1.5	1.2	1.0	5.7	3

1.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

1.3 현장조사 및 시험

1.3.1 현황 및 구간분할

본 과업대상 시설물은 경기도 양평군 서종면 문호리에 위치하고 있으며, 서종변전소 부지 조성을 위하여 합벽식(RC)옹벽 형식으로 시공되었다. 옹벽의 높이는 24.9m이며, 총 연장은 110.2m의 규모를 가지는 2종시설물로, 사전조사 결과, 시점부와 종점부 날개벽은 보호판넬이 설치되어 있으며, 육안상으로 조사 가능한 구간에 대하여, 현장조사 및 시험, 측량을 실시하였다. 대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황 및 특성, 분류 및 구간분할 결과는 다음과 같다.

가. 일반현황 조사결과

【표 1.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="3">2025. 06. 05.</td><td>조 사 자</td><td colspan="2">정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td colspan="3">맑음</td><td>시설물번호</td><td colspan="2">RW2016-0000198</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">경기도 양평군 서종면 문호리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td rowspan="2">시점</td><td>X : 558143.535</td><td rowspan="2">종점</td><td colspan="2">X : 558110.372</td></tr>
<tr><td>Y : 231474.794</td><td colspan="2">Y : 231514.734</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="2">합벽식(RC)</td><td>옹벽재료</td><td colspan="2">콘크리트</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td colspan="2">110.2m</td><td>지면노출
높 이</td><td colspan="2">24.9m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td colspan="2">–</td><td>저 판 폭
길 이</td><td colspan="2">–</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">한국전력공사 경기북부본부</td><td>관리주체구분</td><td colspan="2">공공</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">서종변전소</td></tr>
<tr><td>시공현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2016년 11월 16일</td><td>시 공 자</td><td colspan="2">관보토건 주식회사</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6"></td></tr>
</table>

나. 옹벽 구간분할 결과

금회 정밀안전점검시 수행한 옹벽의 구간분할은 보호판넬이 설치된 시점부와 종점부 날개벽 구간을 제외하였으며, 육안조사가 가능한 전면부 구간을 시점측 기준으로 10m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 5개 구간(S1~S5)으로 분할하고 세부사항은 아래와 같다.

【표 1.3.2】 일반현황 조사결과

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~10.0m	10.0	24.9	4	30.0~40.0m	30.0	24.9
2	10.0~20.0m	20.0	24.9	5	40.0~46.0m	46.0	24.9
3	20.0~30.0m	30.0	24.9	–	–	–	–

,측점분할 작업사진

다. 주요조사 방향

현장조사 전 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법 및 내용을 결정하였으며, 부재별로 아래 점검항목에 대한 외관조사를 실시하였다.

【표 1.3.3】 현장조사 방법 및 점검항목

구분	조사항목	비고
현장답사	•현장접근에 필요한 장비 등의 접근방법, 일정계획을 수립 •예비조사를 통해 옹벽에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 •결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 •현장조사 안전조치 사항	
기존자료 검토	•전면부 균열, 파손 등 신규손상 발생유무 확인 •침하, 활동, 세굴 등 지반 및 기초부에 대한 지속적인 관찰 •기타 주변영향 인자(배수시설 및 사면상태) 관리, 관찰	

1.3.2 부재별 외관조사 결과

가. 지반, 기초부

1) 현황

본 옹벽의 기초부는 직접기초 형식으로 시공되었으며, 현재 콘크리트 구체로 덮여있어 육안조사가 불가한 상태이다. 지반부는 옹벽 상단, 좌 · 우측 및 배면에 대하여 성토부가 시공되어있으며, 세굴, 침하, 유실 등의 외관조사를 실시하였다. 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.

【그림 1.3.1】 지반, 기초부 전경

2) 조사결과

- 옹벽의 지반부에 대한 조사결과, 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 확인되지 않은 양호한 상태로 확인되었다.

【표 1.3.4】 지반, 기초부 손상현황

구분	손상물량			비고
	단위	개소	물량	
지반, 기초부	–	–	–	

현 황	• 배면 성토부 상태양호	현 황	• 배면 성토부 상태양호
원 인	• –	원 인	• –
대 책	• –	대 책	• –

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

■ 전회(2023년) 정밀안전점검 확인결과, 손상이 없는 상태로 확인되었고, 금회(2025년) 정밀안전점검에서 추가적인 신규 손상 등은 조사되지 않았다.

【표 1.3.5】 지반, 기초부 기 정밀안전점검과의 결과 비교

구분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증 · 감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
지반, 기초부	상태양호	–	–	–	–	–	–	변동없음

4) 검토의견

■ 전회(2023년) 정밀안전점검의 자료 확인결과 손상이 없는 상태로 확인되었고, 금회(2023년) 정밀안전점검 조사결과, 점검 당시에 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 신규 손상 등은 조사되지 않았으나, 주기적인 점검을 통하여 지반, 기초부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

나. 옹벽 전면부

1) 현황

옹벽의 구조형식은 합벽식 RC옹벽으로 시공되었으며, 외관조사에서 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였다. 총 높이 24.9m에 대한 조사를 위해 도보 및 장비(드론)을 활용하여 근접조사를 실시하였으며, 현재 옹벽의 시공상태는 시공이음부 및 이질재접합부가 없는 단일구조체로 연속화되어 시공되었다. 금회 조사에서 확인된 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.

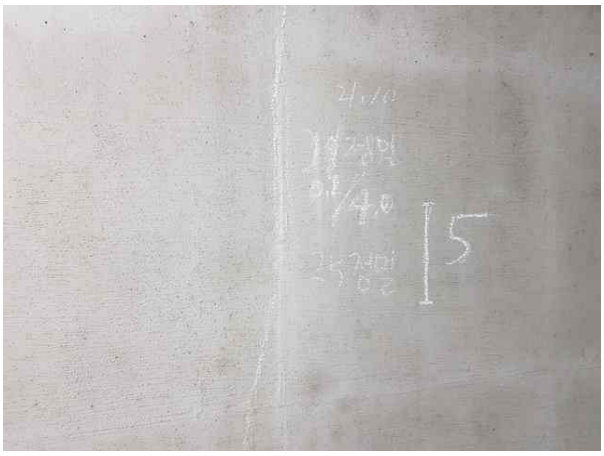
【그림 1.3.2】 전면부 전경

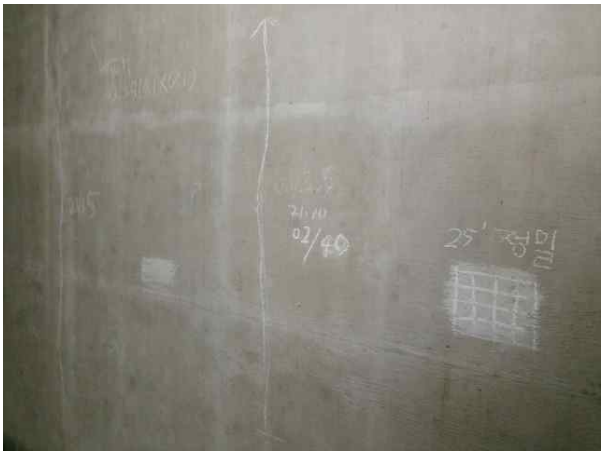
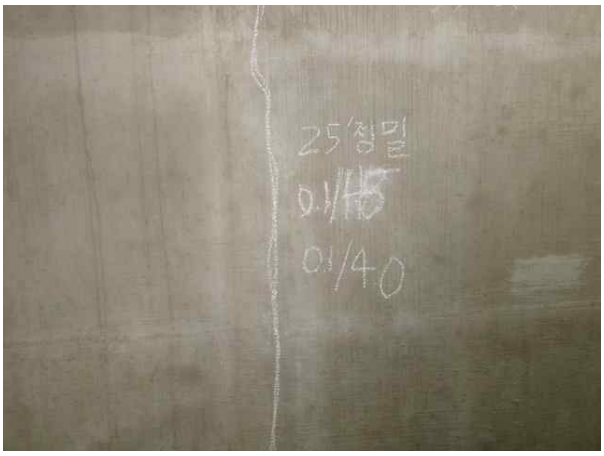
2) 조사결과

- 전면부에 대한 조사결과, 균열(폭 0.3㎜미만), 백태 등의 손상이 일부 구간에서 확인되었으며, 파손 및 철근노출 등의 단면결손은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

【표 1.3.6】 전면부 손상현황

구분		손상물량			비고
		단위	개소	물량	
전면부	균열(폭 0.3㎜미만)	m	114.60	36	
	백태	㎡	2.11	12	

현 황	• 백태	현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)
원 인	• 외기침투, 화학작용	원 인	• 초기 건조수축, 온도변화
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수
			
현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)	현 황	• 백태
원 인	• 초기 건조수축, 온도변화	원 인	• 외기침투, 화학작용
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수
현 황	• 누수흔적	현 황	• 백태
원 인	• 상부로부터 우수유입	원 인	• 외기침투, 화학작용
대 책	• 주의관찰	대 책	• 표면보수

			
현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)	현 황	• 백태
원 인	• 초기 건조수축, 온도변화	원 인	• 외기침투, 화학작용
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수
			
현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)	현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)
원 인	• 초기 건조수축, 온도변화	원 인	• 초기 건조수축, 온도변화
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수
현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)	현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)
원 인	• 초기 건조수축, 온도변화	원 인	• 초기 건조수축, 온도변화
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수

현 황	• 백태	현 황	• 균열(폭0.3㎜미만)
원 인	• 외기침투, 화학작용	원 인	• 초기 건조수축, 온도변화
대 책	• 표면보수	대 책	• 표면보수

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

■ 전회(2023년) 정밀안전점검의 자료 확인결과, 균열 및 백태 손상이 조사되었으며, 금회(2025년) 정밀안전점검에서 균열, 백태 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.7】 전면부 기 정밀안전점검과의 결과 비교

구분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증 · 감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
전면부	균열(0.3㎜미만)	m	32.3	14	116.60	36	▲ 84.3	
	백태	㎡	2.09	11	2.11	12	▲ 0.02	

4) 검토의견

■ 전회(2023년) 정밀안전점검의 자료 확인결과 손상이 없는 상태로 확인되었고, 금회(2025년) 정밀안전점검 조사결과, 조사 당시에 전면부 패널은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 구조적인 손상결함 또한 발생하지 않은 것으로 확인되었으나 주기적인 점검을 통하여 전면부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태)

1) 현황

옹벽의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부에는 배수로(측구)가 설치되어 있으며, 상단의 토공 경사면에서 배출되는 지표수 등을 원활하게 배수토록 설치되어 있는 상태이다. 상단의 배수로는 옹벽의 시점 및 종점부의 측구로 시공되어 있는 상태이다. 본 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다.

【그림 1.3.3】 주변영향인자 전경

2) 조사결과

- 외관조사 결과, 옹벽 상부 배수로(측구)에 별도의 손상은 조사되지 않았으며, 상부 성토부에도 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

【표 1.3.8】 주변영향인자 손상현황

구분	손상물량			비고
	단위	개소	물량	
주변 영향인자 (배수시설 및 사면상태)	-	-	-	

현 황	• 상부 성토부 상태양호	현 황	• 배수시설(측구) 상태양호
원 인	• –	원 인	• –
대 책	• –	대 책	• –

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

■ 전회(2023년) 정밀안전점검의 자료 확인결과, 손상이 없는 상태로 확인되었고, 금회(2025년) 정밀안전점검에서 추가적인 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 1.3.9】 주변영향인자(배수시설 및 사면상태) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

구분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증 · 감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
주변영향인자 (배수시설 및 사면상태)	상태양호	–	–	–	–	–	–	변동없음

4) 검토의견

■ 전회(2023년) 정밀안전점검의 자료 확인결과 손상이 없는 상태로 확인되었고, 금회(2025년) 정밀안전점검 조사결과, 옹벽 상부 배수시설(측구)에 손상은 조사되지 않았으나, 상부 배수로 설치부에 식생이 산재하여, 추후 원활한 점검을 위한 정비 등의 조치가 필요하다. 상부 성토부는 성토부 내에 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

라. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

2) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 지반, 기초부, 주변영향인자”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 미설치된 상태이다.

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

1.3.3 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 1.3.10】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수 · 보강 방안
지반, 기초부	상태양호	–
전면부	균열, 백태	표면처리공법
주변영향인자	상태양호	–
결과요약	· 지반, 기초부의 경우 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 신규 손상 등은 조사되지 않았으나 주기적인 점검을 통하여 지반, 기초부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.	

【표 1.3.11】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
지반, 기초부	상태양호	–	–	–	
전면부	균열(폭 0.3㎜미만)	m	116.60	36	
	백태	㎡	2.11	12	
주변영향인자	상태양호	–	–	–	

나. 기 정밀안전점검과의 비교

본 시설물의 전차 점검과 금회 점검결과의 비교를 실시한 결과 별도의 손상발생은 없는 것으로 확인되었다.

【표 1.3.12】 전차대비 손상수량 증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023)	금회(2025)	증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	물량		
지반, 기초부	상태양호	–	–	–	–	변동없음
전면부	균열(폭 0.3㎜미만)	m	32.3	116.60	▲ 84.3	추가발생
	백태	㎡	2.09	2.11	▲ 0.02	추가발생
주변영향인자	상태양호	–	–	–	–	변동없음

1.3.4 측량 및 내구성시험 결과

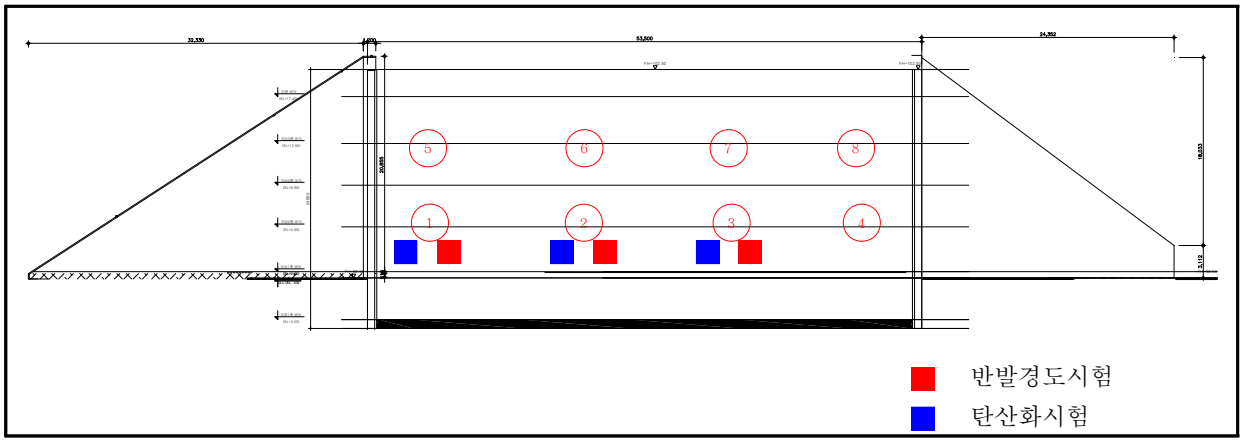
가. 개요

금회 정밀안전점검 대상시설물(RC옹벽)은 광파기, 경사계 등을 이용하여 수준측량 및 경사도를 측정을 하였으며, 전차 정밀안전점검의 측정된 값과 금회 정밀안전점검의 측정값을 비교 검토하여 침하 및 활동에 대해 검토하였다.

【그림 1.3.4】 측량작업 전경

나. 내구성시험 기준 및 실시수량

구분	세부지침 기준 옹벽편(2024.12)	기준수량	실시수량
반발경도	◦총수량=(총연장 ÷ 50m)개소	3개소	3개소
탄산화깊이	◦100m 미만: 2개소 ◦100m 이상: 최소2개소 + 100m당 1개소추가	3개소	3개소
측점분할	◦10m 간격, 단면변화부 기준		
측량	◦옹벽의 기울기 및 수준측량		



【그림 1.3.5】 콘크리트 내구성조사 위치도

다. 경사도 측정결과

측량결과 값에 미소한 차이가 확인되었으며, 이는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류의 차이와 측량시 발생할 수 있는 오차내로서, 검토한 결과 침하, 전도, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었다.

【표 1.3.13】 금회 경사도 측정결과

구 분	측정위치 (m)	측정경사 (°)	설계경사 (°)	변화량 (%)	안전 등급	비고
1	지하층 10	89.90	90.00	0.11	a	
2	지하층 20	89.80	90.00	0.22	a	
3	지하층 30	90.00	90.00	0.00	a	
4	지하층 40	89.70	90.00	0.33	a	
5	지상2층 10	89.80	90.00	0.22	a	
6	지상2층 20	90.00	90.00	0.00	a	
7	지상2층 30	89.90	90.00	0.11	a	
8	지상2층 40	88.80	90.00	1.33	a	
평균		89.74	90.00	0.29	a	

※ 주) 측정값의 (+)부호는 옹벽 전면부측 기울기, (−)값은 옹벽 배면부측 기울기를 의미함

라. 수준측량 결과

줄자 및 스타프를 활용하여 옹벽에 대한 수준측량을 측량한 결과, 지하층 바닥면에서 기준 레벨까지의 측정위치별 변위량은 0~−2mm로 전반적으로 수평하게 시공된 것으로 판단된다.

【표 1.3.14】수준측량 결과

측정위치	측량 결과		비고
	측정값 (cm)	변위량 (cm)	
지하층 0.0m	155	0	기준
지하층 10.0m	153	−2	
지하층 20.0m	154	−1	
지하층 30.0m	155	0	
지하층 40.0m	156	1	

마. 내구성시험 개요

본 용역에서는 대상 구조물의 재료시험은 콘크리트부재에 대해 콘크리트 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험으로 시행하였으며, 콘크리트 탄산화 진행정도를 파악하기 위하여 탄산화 깊이 측정시험을 실시하였다.

【그림 1.3.6】 내구성시험 전경

바. 반발경도시험 결과

본 옹벽은 재료시험으로 전면부 콘크리트에 반발경도를 실시하였으며 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 옹벽편(2024.12, 국토안전관리원)” 에 콘크리트 옹벽의 반발경도 기준 수량을 적용하여 3개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다.

【표 1.3.15】 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도 (Ro)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
전면부	지하층 2.0m	41.4	21.7	24.8	0.63	24.0	
	지하층 20.0m	42.6	22.7	25.4			
	지하층 39.0m	40.2	20.8	24.3			
	평균	41.4	21.7	24.8	-	-	

사. 탄산화시험 결과

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 실측 피복두께를 선정하였다.

【표 30.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
지하층 2.0m	10.0	65.0	55.0	a	3.33	100년이상	
지하층 20.0m	9.5	63.0	53.5	a	3.17	100년이상	
지하층 39.0m	10.5	34.0	23.5	b	3.50	45년이상	

아. 기 정밀안전점검과의 비교분석

금회(2025년) 정밀안전점검을 실시하면서 전면부에 대한 반발경도시험을 실시한 결과, 시험시 전개소에서 설계기준강도 86%이상의 강도비를 보이고 있는 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한 전회(2023년) 정밀안전점검에서 실시한 강도 값과 비교하여 전면부의 강도저하 등 별다른 문제점은 없는 것으로 확인되었다. 탄산화시험을 실시한 결과, 지하층 39.0m지점에서 철근의 피복두께가 부족하여 탄산화 잔여깊이가 'b' 등급오 나타났으나, 이로인한 손상이 관찰되지 않은 상태로 시급한 보수보다는 탄산화 진행에 대한 세심한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

【표 1.3.16】 기 정밀안전점검과의 결과 비교

시 험 명	시험부위	시험 결과				비 고
		2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		
비파괴 강도 (㎫)	옹벽 벽체 – 지하1층	20.1~22.5		20.8~25.4		■ 강도저하 없음
탄산화 잔여깊이 (㎜)	옹벽 벽체 – 지하1층	18.1~48.2	a~b	23.5~65.0	a~b	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과, 일부구간에서 탄산화 잔여깊이가 'b' 등급으로 나타났으나, 조사일 현재 탄산화로 인한 손상이 관찰되지 않은 바, 시급한 보수보다는 탄산화 진행에 대한 세심한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.					

1.4 상태평가

1.4.1 구간분할

금회 구간분할을 기준으로 20m를 1구간으로 구분하여 분할하였고, 대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 옹벽편(2024.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 상태평가기준을 적용하였다.

1.4.2 상태평가 결과 산정

【표 1.4.1】 상태평가 결과 산정

SPAN NO.	침하	활동	배수공상태	계획선형오차	파손및손상	균열	마모/침식	박리	박락및층분리	백태	탄산화	염화물	철근노출	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
														배수시설	사면조사					
															사면구배	낙석흔적	침출수			
S1	0	0	12	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.283	b
S2	0	0	12	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.283	b
S3	0	0	12	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.283	b
평균	0.00	0.00	12.0	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.283	b
														상태평가 결과					B	

1.4.3 상태평가 결과

상태평가 결과, 평가기준에 따른 결함지수는 0.283으로서 평가결과는 “B”로 산정되었다.

1.4.4 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	ㅇ손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	ㅇ추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	ㅇ추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	ㅇ고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	ㅇ추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	ㅇ포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	ㅇ포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	ㅇ포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	ㅇ깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ㅇ배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	ㅇ도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

미설치된 상태로 평가불가.

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

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

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

1.4.5 기 정밀안전점검과의 상태평가 결과 비교

전회(2023년) 정밀안전점검의 자료조사 결과, 기 점검에서 상태평가에 대한 결함지수는 0.283으로 'B' 등급으로 산정되었으며, 금회 점검에서(2025년) 정밀안전점검의 등급 및 결함지수는 전회차 점검과 동일한 상태로 평가되었다.

【표 1.4.2】 기 정밀안전점검과의 상태평가 결과 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검(2023년)	0.283	B	
금회 정밀안전점검(2025년)	0.283	B	

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.5.1 종합평가 결과

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.

【표 1.5.1】 종합평가 결과

종합평가 결과 산정표				
시설물명	RC옹벽		표 번 호	[표 1.5.1]
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.283	B	근거표번호	[표 1.4.1]
안전성평가	-	-	-	-
종합평가	0.283	B	최저등급 적용	
종합평가결과	옹벽의 종합평가 결과 : B			

1.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과, 옹벽의 안전등급은 『경미한 손상, 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태』인 **"B등급"** 으로 지정하였다.

【표 1.5.2】안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	· 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C (보통)	· 보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장이 없으며, 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	· 손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수 · 보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	· 심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

1.6 보수·보강 및 유지관리방안

1.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 1.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
지반, 기초부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
전면부	균열(0.3㎜미만)	표면처리	116.60	174.9	㎡	110	19,239	2
	백태	표면처리	2.11	3.17	㎡	110	348	2
주변영향인자	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	0		19,587			0	
	재경비 (순공사비의 50%)	0		9,794			0	
	합계	0		29,381			0	
개략공사비 총계(천원)		29,381						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

1.6.2 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 옹벽의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 1.6.2】 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
전면부	· 균열, 백태 손상부에 대해서는 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시하고, 일정규모 이상 발생할 경우 보수를 통한 관리 필요함.	
배수시설	· 옹벽 상단의 성토부와 날개벽의 외측으로 시공된 배수시설에 대해서는 지속적인 점검을 통해 배수상태에 대한 유지관리가 필요함.	

1.7 종합결론

1.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- RC옹벽의 전면부는 균열 및 백태 등의 일부 손상이 발생한 것으로 조사되었으며, 기 발생된 손상에 대해서는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 옹벽 상부의 성토부 및 배수로(측구)는 손상은 조사되지 않았으나, 주기적인 점검을 통하여 성토부 외관상태 및 배수상태에 대한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.
- 금회 조사 시기에는 사용성에 문제는 없는 상태로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 측량결과, 전회 및 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 미소한 차이가 확인되었으며, 측량시 발생할 수 있는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류 등 측량시 발생할 수 있는 오차 범위내로서, 침하, 전도, 활동 등이 발생하지 않은 상태로 판단된다.
- 강도시험결과, 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 확인되었다.
- 대상 옹벽은 평가기준에 따른 결함지수는 0.283, 상태평가결과는 “B”로 산정되었다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”로 지정하였다.

1.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 전면부, 배수시설, 상부 성토부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 주기적인 점검을 통한 추가 손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검 결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

1.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 옹벽의 전면부, 상부성토부, 배수시설에서 특별한 관리가 요구되는 사항은 조사되지 않았다.

1.7.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 판단되어도 공용중 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다.