

제6장 보강토옹벽 (U-블록 STA.11+092~11+193)

- 6.1 개요**
- 6.2 자료수집**
- 6.3 현장조사 및 시험**
- 6.4 안전성능평가**
- 6.5 내구성능평가**
- 6.6 종합평가**
- 6.7 종합결론**

제6장 보강토응벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)

6.1 개요

6.1.1 시설물 현황

보강토응벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)은 연직최고높이 9.6m, 총 연장 116.0m의 보강토 응벽으로 행정구역상 경기도 고양시 덕양구 원당동 산 101-7 인근에 위치하고 있으며, 고속국도 17호선(서울문산고속도로)에 시공되어 있다.

대상 응벽은 보강토응벽으로 시공되어 있으며, 2020년 준공 후 약 2년이 경과된 시설물로 응벽 상단부는 고속도로 본선(서울방향)이 위치하고 있으며, 하단부는 지방도가 인접하여 있다.

위치도



【그림 6.1】 조사지역의 위치도

【표 6.1】 시설물 일반현황

시설물번호	RW2020-0000084		관리번호	-
시설물명	보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)		시설물구분	도로옹벽(2종)
위 치	행정구역	경기도 고양시 덕양구 원당동 산 101-7		
	위치좌표	시점 : 37 ° 41 ' 02 “N 126 ° 50 ' 53 “E		
		종점 : 37 ° 40 ' 59 “N 126 ° 50 ' 56 “E		
제 원	형 식	블록식	노 선	고속국도 17호선
	연 장	116.0m	높 이	9.6m
관리주체	서울문산고속도로주식회사		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	서울문산고속도로 본선		
	주변지형	-	상부사면경사	-
시공현황	준공년도	2020.11.06.	시 공 자	지에스건설(주)
	부대시설	-		
비 고	-			



【사진 6.1】 대상옹벽 전경

6.1.2 옹벽 현황

	
전면부 전경	배수로 전경
	
하부 전경	상부 성토부 전경
	
광파기를 이용한 측량 작업	스토퍼를 이용한 구간분할 측정

6.2 자료수집

6.2.1 설계 및 시공관련 자료

시설물을 효율적으로 유지관리하기 위해서는 설계도면, 준공도면, 구조계산서 등 시설물 가설 당시의 모든 설계도서와 이후의 점검이나 진단보고서 및 이력, 보수·보강공사 이력 등 유지관리 자료를 보존하는 것이 가장 중요하다.

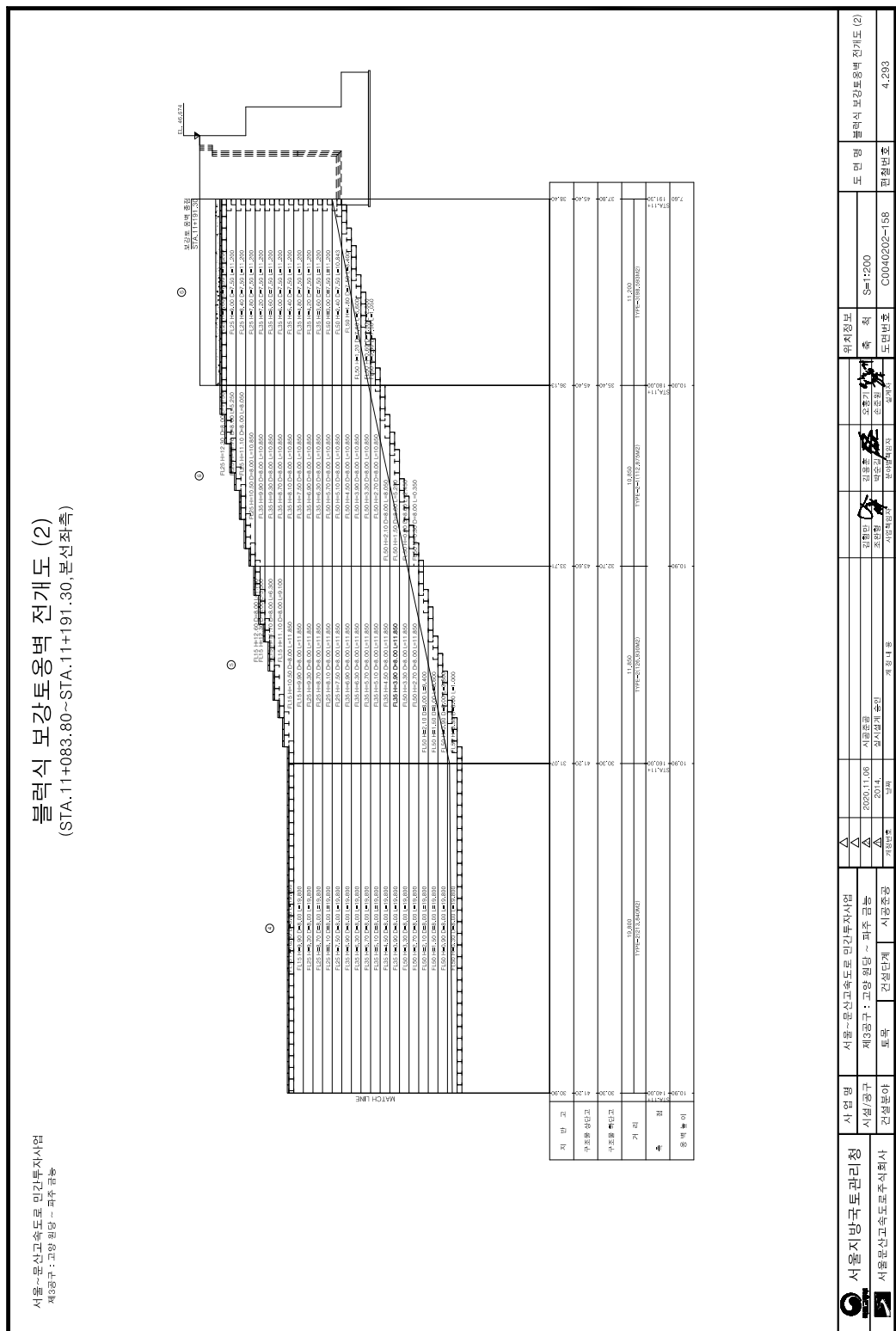
대상구조물의 관련자료 수집내용은 다음 표와 같다.

【표 6.2】 자료수집 현황

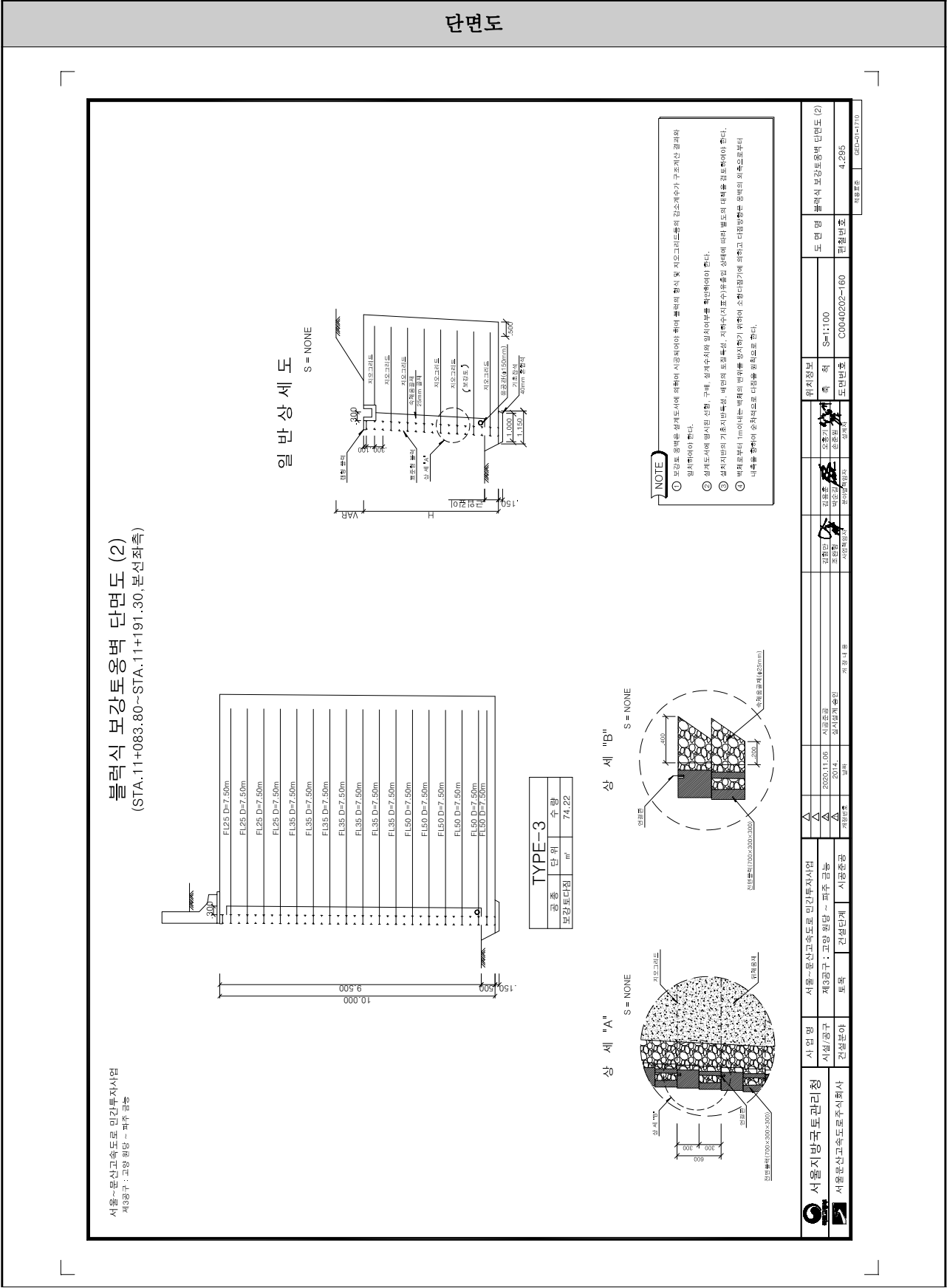
보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦공통		· FMS자료
	-준공내역서	보유	
	-공사시방서	보유	
	-각종계산서	보유	
	-토질조사 보고서	보유	
	-기타 특이사항 보고서	보유	
	◦설계도면		· FMS자료
	-공통	보유	
	-토목	보유	
시설물 관리대장	◦기본현황	보유	· FMS자료
	◦상세제원	보유	
	◦유지관리 이력	보유	
시공관련 자료	◦시공관련 자료	일부보유	· FMS자료
	◦품질관리 관련자료		
	-재료증명서		
	-품질시험기록		
	-관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록		
	-시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료		
	◦사고기록		
기존 점검 및 정밀안전진단 자료		보유	· FMS자료
보수·보강이력 자료		-	

설계도서, 시설물관리대장, 시공관련자료, 기존 점검자료는 관리주체와 시설물통합정보관리시스템에 보유하고 있는 것을 확인되었으며, 현재 보수·보강은 실시되지 않은 것으로 확인되었다. 또한 정밀안전진단은 실시되지 않은 것으로 확인되었다.

옹벽 전개도



【그림 6.3】 옹벽 전개도 - 2

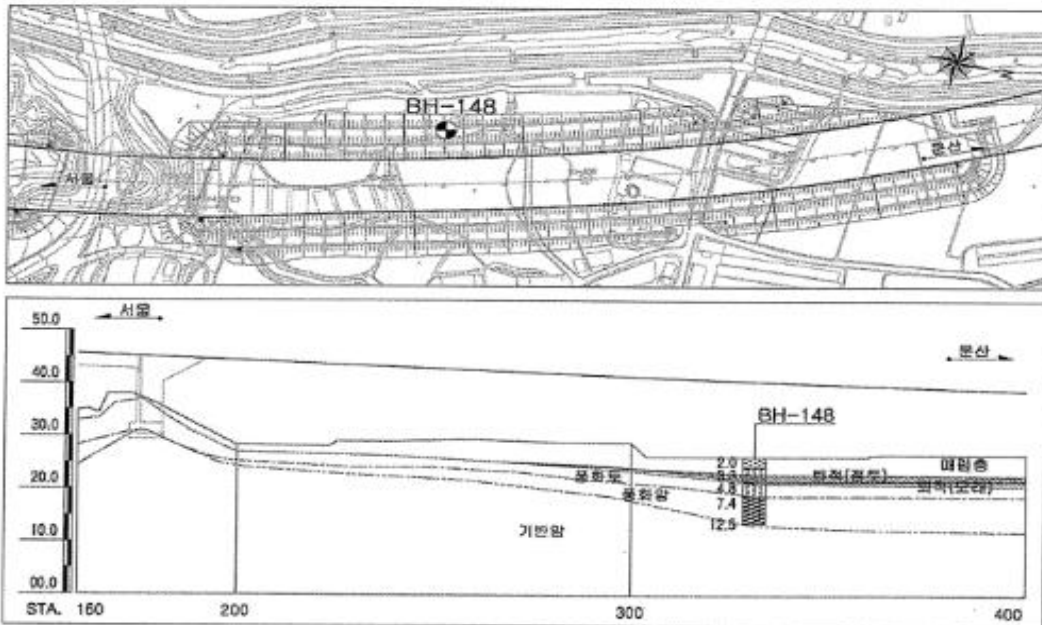


지반조사보고서

2.1.5 쌓기구간

○ 본선 쌓기 3-1구간(STA. 10+175~11+400) : BH-148

■ 조사위치 및 지층단면도



■ 지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층 점토	0.0	2.0	모래질 자갈	33/30
퇴적층	점토	3.3	실트질 점토	3/30
	모래	2.0	실트질 모래	5/30~6/30
풍화토	4.8	2.6	실트질 모래	15/30~36/30
풍화암	7.4	5.1	실트질 모래	50/6~50/4

구 분	지 층 개 요			
매립층	점토	- 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 - 습윤하며 표준관입시험 결과 조밀한 상대밀도		
	점토	- 지표하 3.3m에서 1.5m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성 - 습윤하며 표준관입시험 결과 연약한 연경도		
퇴적층	모래	- 지표하 2.0m에서 1.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 - 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도		
	모래	- 기반암의 상부풍화대로 지표하 4.8m에서 2.6m 층후로 분포 - 표준관입시험 결과 보통조밀~조밀한 상대밀도		
풍화토	풍화토	- 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.4m에서 5.1m 이상의 층후로 분포하며 - 굴진시 담회색의 양면적인 실트질 모래로 분해		

【그림 6.6】 지반조사보고서 - 1

지반조사보고서

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
					LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
BH-149-1	3.0	퇴적층	17.2	2,656	NP	NP	82.5	71.8	18.8	—	SM
BH-163-1	4.0	퇴적층	8.0	2,644	N,P	N,P	51.6	37.0	7.2	—	SW-SM
BH-164	4.0	풍화토	12.6	2,655	N,P	N,P	100.0	98.6	25.8	—	SM
BH-165	4.0	풍화토	9.5	2,650	N,P	N,P	96.2	85.1	17.2	—	SM
BH-171	3.0	퇴적층	9.3	2,651	N,P	N,P	43.0	33.0	26.8	—	SM
BH-185	8.0	풍화토	14.0	2,654	N,P	N,P	98.6	94.7	28.1	—	SM
BH-189	6.0	풍화토	15.8	2,657	N,P	N,P	84.8	69.5	23.0	—	SM
BH-192	2.0	풍화토	18.0	2,662	N,P	N,P	99.4	92.2	24.6	—	SM
BH-193	4.0	풍화토	10.0	2,654	N,P	N,P	70.5	57.1	14.6	—	SM
BH-204	1.0	퇴적층	25.5	2,682	30.2	20.4	98.5	90.3	82.0	13.4	CL
BH-204	3.0	퇴적층	13.0	2,657	N,P	N,P	59.2	47.8	28.7	—	SM
BH-205	2.0	퇴적층	31.9	2,684	32.2	21.4	99.2	97.1	87.0	13.7	CL
BH-205	3.0	퇴적층	23.8	2,644	N,P	N,P	86.5	50.7	2.4	—	SP
BH-208	2.0	퇴적층	30.5	2,674	32.6	23.6	99.9	98.9	91.2	11.6	ML
BH-208-1	2.0	퇴적층	39.0	2,694	44.3	24.1	100.0	99.3	95.9	18.8	CL
BH-209-1	1.0	붕적층	8.1	2,650	N,P	N,P	87.2	53.3	27.9	—	SM
BH-210	3.0	풍화토	8.2	2,650	N,P	N,P	95.8	87.6	21.2	—	SM
BH-211	4.0	풍화토	15.4	2,659	N,P	N,P	96.9	89.2	18.5	—	SM
BH-215	6.0	풍화토	14.6	2,659	N,P	N,P	90.0	73.3	25.3	—	SM
BH-217	3.0	붕적층	23.9	2,681	31.2	10.1	99.2	98.5	76.0	12.4	CL
BH-218	3.0	퇴적층	28.4	2,683	32.6	11.0	96.0	95.3	61.6	10.9	CL
BH-223	2.0	퇴적층	30.6	2,682	33.9	12.4	—	100.0	86.3	15.6	CL
BH-231	8.0	퇴적층	6.8	2,645	N,P	N,P	30.9	28.6	3.1	—	GP
BH-232	7.0	퇴적층	9.1	2,649	N,P	N,P	36.4	36.0	2.9	—	GP
BH-236	5.0	퇴적층	27.1	2,665	N,P	N,P	99.5	98.8	15.0	—	SM

【그림 6.7】 지반조사보고서 - 2

지반조사보고서

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m ³)	탄성파속도(m/s)		일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
					P파	S파			
대원교	BH-224	15.7~15.9	보통암	27.62	5,183	3,313	61.3	54.28	0.33
공릉천교	BH-225	9.9~10.0	연 암	25.64	1,413	720	15.1	8.10	0.17
	BH-227	8.3~8.5	연 암	26.19	4,176	2,571	26.2	21.27	0.19
	BH-230	12.3~12.5	보통암	26.56	4,023	2,364	41.0	29.34	0.22
금촌1교	BH-235	12.0~12.1	연 암	26.72	3,652	2,235	73.0	27.06	0.24
	BH-235-2	6.8~7.0	연 암	26.52	4,504	2,823	59.1	29.48	0.27

■ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m ³)	탄성파속도(m/s)		일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
		P파	S파			
연 암	25.64~27.33	1,413~5,019	720~3,017	15.1~92.5	8.1~46.65	0.17~0.28
보통암	26.08~27.62	2,596~5,183	1,490~3,313	20.0~77.6	10.74~54.28	0.20~0.33

분석결과

- 연 암 → 일축압축강도: 15.1~92.5MPa, 포아송비: 0.17~0.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20.0~77.6MPa, 포아송비: 0.20~0.33 범위로 나타남

○ 토공구간

공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m ³)	탄성파속도(m/s)		일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
				P파	S파			
BH-159	13.6~13.8	보통암	27.41	4,440	2,943	128.8	56.30	0.22
BH-160	18.5~18.7	연 암	25.58	2,938	1,715	39.2	17.90	0.15
BH-161	15.6~15.8	보통암	26.47	4,844	3,097	109.4	50.42	0.25
BH-198-2	3.9~4.1	보통암	26.51	4,694	3,029	114.4	56.53	0.32
BH-202	25.9~26.0	보통암	26.92	4,214	2,658	59.7	23.95	0.18
BH-236	12.5~12.7	연 암	26.23	3,590	2,085	16.6	17.07	0.21

■ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m ³)	탄성파속도(m/s)		일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
		P파	S파			
연 암	25.58~26.23	2,938~3,590	1,715~2,085	16.6~39.2	17.07~17.9	0.15~0.21
보통암	26.47~27.41	4,214~4,844	2,658~3,097	59.7~128.8	23.95~56.38	0.18~0.32

분석결과

- 연 암 → 일축압축강도: 16.6~39.2MPa, 포아송비: 0.15~0.21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59.7~128.8MPa, 포아송비: 0.18~0.32 범위로 나타남

6.2.3 안전점검 및 정밀안전진단 이력

본 과업대상 시설물은 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 조사되었으며, 점검 및 진단 이력은 다음표와 같다.

【표 6.3】 점검 및 진단 이력

No.	점검일자	점검종류	점검기관	평가 등급	점검 결과
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	(주)명성엔지니어링	양호	보 강 토 옹 벽 (U - 1 1 블 록 STA.11+092~11.193)에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
2	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	(주)명성엔지니어링	양호	보 강 토 옹 벽 (U - 1 1 블 록 STA.11+092~11.193)에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
3	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	(주)명성엔지니어링	양호	- 상태양호

6.2.4 보수보강 이력

본 과업대상 시설물에 대한 보수·보강 이력은 다음과 같다.

【표 6.4】 보수·보강 이력

구분	공사일시	위치 및 내용	보수·보강 내용	비고
-	-	-	-	-

6.2.5 내진설계적용 여부

본 과업대상 시설물은 2020년 11월 06일에 준공된 시설물로, 내진설계 적용, 내진성능평가 및 내진보강 유무는 미실시한 것으로 시설물관리대장에서 확인되었다.

6.2.6 기 실시 점검결과 분석

【표 6.5】 기 점검자료 분석 및 금회 점검방향

수집 자료	자료 분석 결과	성능평가 방향
점검 및 진단 이력	-22년 하반기 점검이 최초의 정밀안전점검이다.	◦옹벽 손상 발생여부 ◦변위(활동, 침하, 전도)의 발생여부 -지반, 기울기, 옹벽 형상 등 측량을 통한 조사 -간단한 현장시험(반발경도) 등을 실시 ◦금회 성능평가 자료를 활용하여, 차후 안정성 변화 여부에 대한 기준자료를 활용 가능한 외관조사망도 작성
상태평가	-22년 하반기 점검이 최초의 정밀안전점검이다.	-
보수·보강 이력	◦보수 보강 이력 없음	◦금회 성능평가 결과에 따라 적정한 보수·보강 방안 제시

6.3 현장조사 및 시험

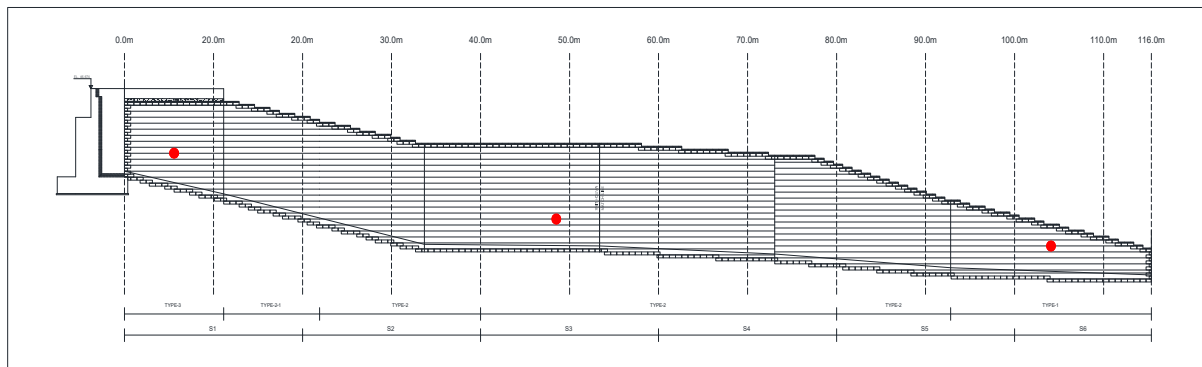
6.3.1 개요

본 시설물의 제원은 연장 116.0m, 최대 높이 9.6m(1단)로 시공된 보강토 옹벽으로 현장조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(옹벽편)』의 내용에 따라 20.0m 간격으로 총 6Span으로 나누어 측점을 분할하여 조사를 실시하였다.

금회 성능평가를 수행하기 위하여 다음 표와 같이 금회 실측치를 이용하여 측점분할, 외관조사 및 상태평가를 수행하였으며, 주요 손상에 대한 위치는 외관조사망도에 작성 및 손상사진에 SPAN으로 표기하여, 추후 점검 시 추적조사가 가능하도록 하였다.

【표 6.6】 옹벽 조사 분할구간

SPAN	이정(m)	연장(m)	누적(m)	최고높이(m)	형식	비고
1	시점~20.0	20.0	20.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
2	20.0~40.0	20.0	40.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
3	40.0~60.0	20.0	60.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
4	60.0~80.0	20.0	80.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
5	80.0~100.0	20.0	100.0	7.2	블럭식 보강토 옹벽	1단
6	100.0~116.0	16.0	116.0	5.0	블럭식 보강토 옹벽	1단



【그림 6.9】 옹벽 조사 분할구간

6.3.2 현황조사 체크리스트

【표 6.7】 일반현황

조사일자	2022년 11월 24일	조 사 자	손 기 영
일 기	맑음	현황코드	-
행정구역	경기도 고양시 덕양구 원당동 산 101-7		
위 경 도	시점 : 37 ° 41 ' 02 “N 126 ° 50 ' 53 “E		
	종점 : 37 ° 40 ' 59 “N 126 ° 50 ' 56 “E		
도 로	거 리 표 : -		
	왕복 4차선	도 로 폭 : 40.0m	
	교통량 : 4만대 미만		
옹벽현황	길 이 : 116.0m		높 이 : 9.6m
	종 류 : 블럭식 보강토 옹벽		
	도로와의 이격거리 : -		
	성토사면 구성물질 : 토사		성토사면 경사 : 1:1.0 이하
	계단식 유무 : 무		
옹 벽 시공현황	종 류	위 치	상 태
	블럭식 옹벽	전구간	부분불량
	상단 배수로	전구간	상태양호
	성토사면	전구간	상태양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
		보수 및 붕괴이력 없음	
기 타	-		

【표 6.8】 점검 현황표

■ 일반 현황			
· 옹벽의 규모 → 높이 : 9.6m, 연장 : 116.0m, 2중시설물 여부 (○)			
· 옹벽의 용도 : 서울문산고속도로 영구 토류벽			
· 옹벽의 위치 : 깎기 □, 쌓기 ■, 수변부 □			

점 검 항 목	점 검 결 과		세부 점검 사항
	○,×	내용(위치, 상태)	
■ 외 관 조 사			
· 높이 10m 이상 여부	○	변위발견(), 변위없음(○)	활동, 전도, 침하 등의 변위여부
· 파손 및 손상, 균열(블럭) 발생 여부	○	블록 균열, 박리	손상 진전여부
· 블럭(판넬)유실 여부	×		
· 배부름 발생 유무	×		
· 이격 및 단차 발생 여부	×		
· 전면벽체 누수 발생 여부	×	마름(), 젖음(), 흐름()	
· 소단 혹은 블럭에 목본류 식생 여부	×		
· 화재 발생시 보강재 손상가능성 여부	×		
· 우각부 여부	×		
· 옹벽 하부 상태(경사 / 평지)	경사 □ 평지 ■		
· 다단식 옹벽	×	1단	침하 등의 변위 여부
· 채움재 유실 여부	×		
· 계측 시행 여부	○		
■ 기초지반 조사			
· 전도, 활동, 발생 유무	×		
· 침하, 세굴 발생 유무	×		
· 하부 기초지반 특성	견고(), 연약(○), 사질토()		
■ 주변시설 조사			
· 주변배수시설(배수로, 측구)의 존재 유무	○	상부 배수로 상태양호	이물질 퇴적, 막힘 여부
· 주변배수시설의 관리상태	양호(○), 보통(), 불량()		
· 도로용기 발생 여부(도로시설)	×		
· 상부 사면 존재시 낙석의 유무	×		
· 상부 배수관 등 배면 시설물 존재 여부	×		
· 상부 지반침하의 발생 여부	×		
· 상재하중 여부	×		
■ 긴급상황대비			
· 수방자재 가용 여부	×		
· 주민 대피시설 확보 여부	×		

6.3.3 외관조사 결과



【그림 6.10】 외관조사 전경

【표 6.9】 외관조사 결과요약

구분		현장조사 결과	비고
옹벽	지반, 기초부	• 옹벽 기초는 지반에 매립되어 있어 육안점검이 불가능한 상태이며, 기초 상부 지반의 점검결과, 지반의 침하, 세굴, 활동 등의 손상 및 변위는 없는 양호한 상태임	
	전면부	• 옹벽은 1단으로 구성되어 있으며, 블록의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡 등에 의한 국부적인 블록 균열이 발생됨 • 금회 계측결과를 전차와 비교 시 옹벽의 활동, 전도, 침하 등의 변위는 없는 것으로 판단됨	
기타	배수시설	• 옹벽 상부배수로는 전반적으로 양호한 상태로 유지관리되고 있음	
	상부 성토사면	• 옹벽 상부 성토사면은 전반적으로 양호한 상태로 유지관리되고 있음	
	상부지반	• 옹벽 상부는 고속도로 본선으로 아스콘 포장 시공된 상태로 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨	

가. 옹벽 전면부

1) 개요

- 대상 시설물은 2020년에 준공된 블럭식 보강토 옹벽(1단)으로서 총연장 116.0m, 높이 9.6m의 2종 시설물이다.
- 옹벽 전면부는 지방도가 위치하고 있으며, 상부는 고속도로 본선이 위치하고 있다.



현황	옹벽 전경	-	현황	옹벽 전경	-
----	-------	---	----	-------	---

【사진 6.2】 대상옹벽 전경

2) 점검결과

옹벽에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 구간 블록 균열이 조사되었다.

(가) 블록 균열

SPAN 5에 발생한 블록 균열은 시공미흡으로 인한 손상으로 판단되며, 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차손상(전면부 블럭 박리 등)이 발생할 우려가 있으므로 균열보수를 실시하는 것이 필요하다.

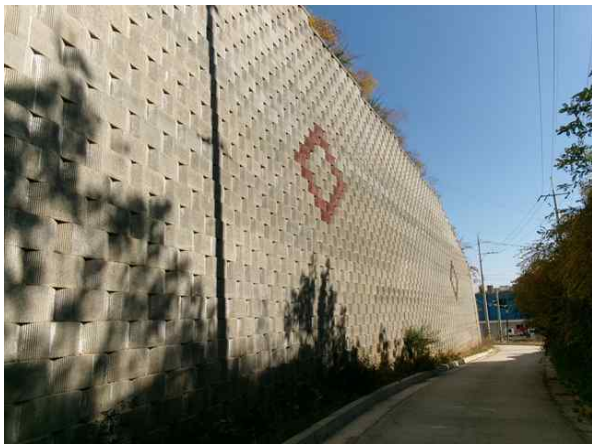
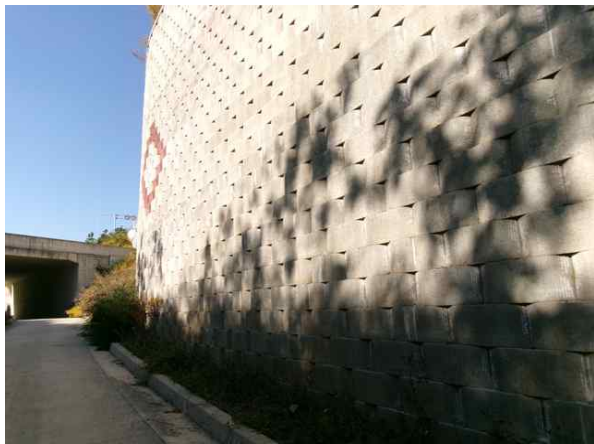
			
현황	◦S5 블록 균열	현황	◦S5 블록 균열
원인	◦시공미흡	원인	◦시공미흡
대책	◦균열보수	대책	◦균열보수

【사진 6.3】 옹벽 전면부 주요 손상 및 현황

나. 지반 및 기초부

1) 개요

- 옹벽 기초는 지반에 매립되어 있어 육안점검이 불가능한 상태이며, 기초상부 지반의 경우 비포장 상태로 침하, 유실 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였다.

					
현황	지반 및 기초부 전경	-	현황	지반 및 기초부 전경	-

【사진 6.4】 지반 및 기초부 현황

2) 점검결과

외관조사 결과, 지반의 침하, 세굴, 활동 등의 손상 및 변위는 없는 양호한 상태로 조사되었다.

다. 옹벽 상부

1) 개요

- 옹벽 상부는 성토사면 및 고속도로 본선이 위치하고 있으며, 아스콘+콘크리트 포장이 시공된 상태이다.



【사진 6.5】 옹벽 상단부 현황

2) 점검결과

옹벽 상부 점검결과, 옹벽의 침하, 활동, 전도 등 변위 발생으로 인한 손상징후는 조사되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

라. 배수시설

1) 개요

- 옹벽 상부 배수시설은 U형 배수로가 시공된 상태이다.



현황	배수시설 현황	-	현황	배수시설 현황	-
----	---------	---	----	---------	---

【사진 6.6】 배수시설 현황

2) 점검결과

배수시설 점검결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

6.3.4 기 점검과 조사결과 비교

【표 6.10】 기 점검과의 물량비교

부재	손상내용	단위	-		금차 성능평가 (2022년)		손상물량 비교		비고
			개소	물량	개소	물량			
지반/기초부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-
옹벽 전면부	블록 균열	EA	-	-	4	4.00	↑	4.00	신규손상
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-
옹벽 상부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-

◦금회 최초정밀안전점검 및 성능평가임

◦전면부 블록 균열이 신규 조사됨

◦손상의 급격한 증감이나 구조적 안전성을 저해할만한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사됨

6.3.5 현장시험

가. 개 요

본 과업의 시험 및 측정은 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-옹벽편(2021.12)”에 의거 기본과업 항목을 수행하였다.

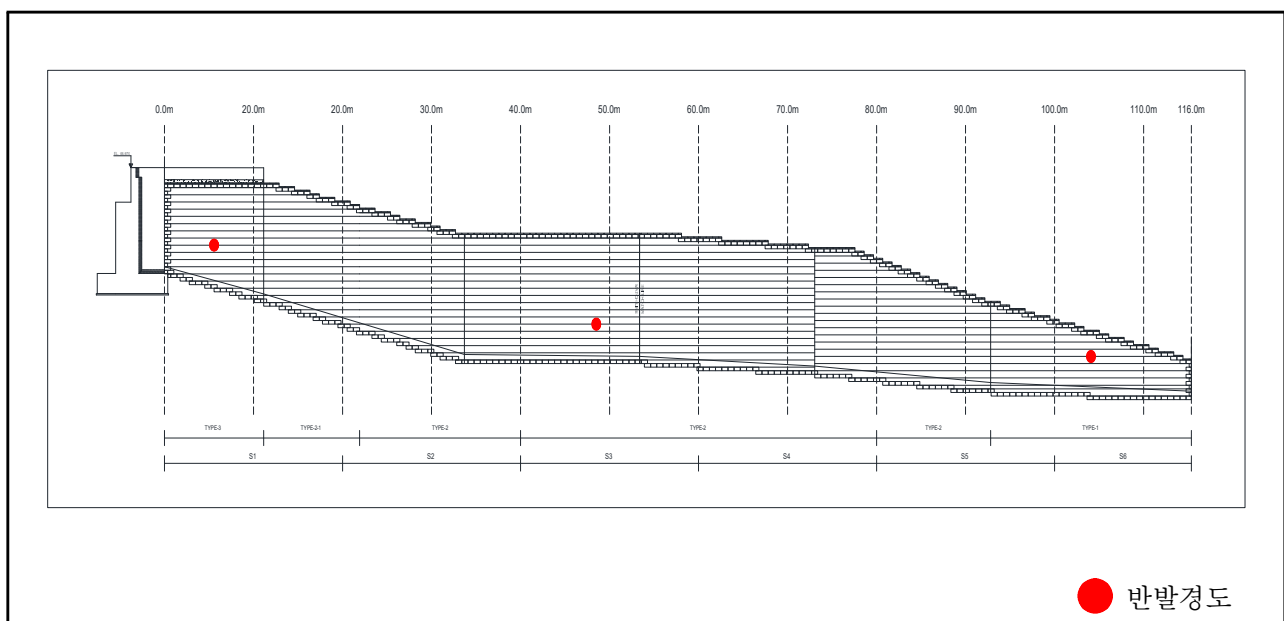
나. 재료시험 항목 및 수량

【표 6.11】 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	실시수량
측점분할	•신축이음부 또는 20m 간격	6개소
측 량	•옹벽의 선형 및 수준측량	-
반발경도 시험	•총수량 = (총연장 ÷ 50m)개소	3개소
탄산화 깊이	<총 연장> ◦ 100m 미만: 2개소 ◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 100m 당 1개소 추가	-
염화물침투량		-

◦ 보강토 옹벽의 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 탄산화 깊이, 염화물 침투량에 대한 재료시험 제외

다. 현장시험 위치도



【그림 6.11】 재료시험 위치도

라. 반발경도 시험

콘크리트 강도시험은 Schmidt Hammer를 이용하여 콘크리트 표면의 반발경도를 측정, 비파괴 강도 추정식으로 분석하였으며, 분석결과는 다음과 같다.

【표 6.12】 반발경도 시험에 의한 비파괴 강도 분석결과

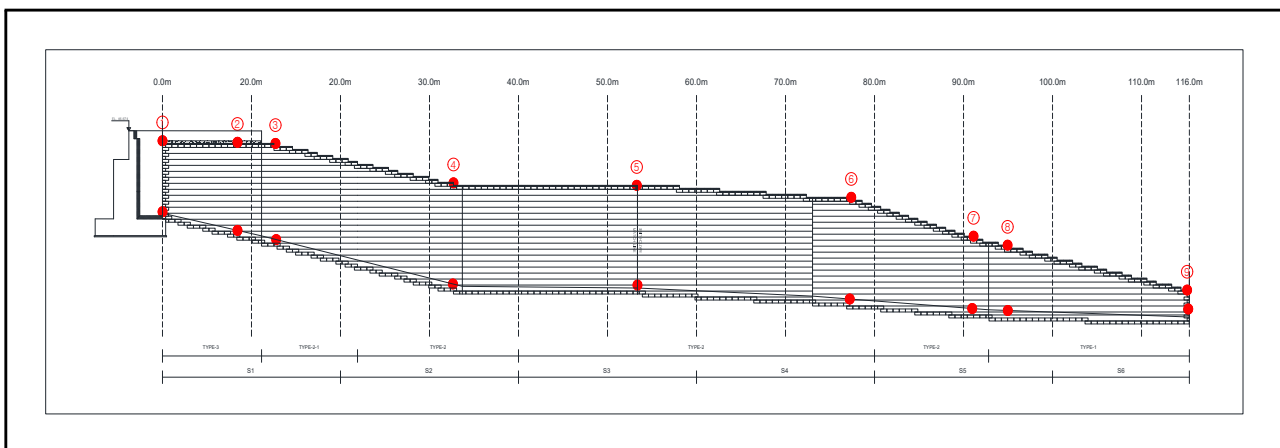
측정위치	반발경도 (Ro)	재령 계수 (α)	Fc : 추정강도(MPa)					비고
			재료학회	건축학회	설계 강도	강도비(%)		
						재료학회	건축학회	
S1	47.9	0.67	28.7	29.5	28.0	102.5	105.4	건전부
S3	47.8	0.67	28.6	29.5		102.0	105.2	건전부
S6	48.0	0.67	28.8	29.6		102.8	105.6	건전부
설계강도와 비교			- 추정강도 : 28.6~29.6MPa - 설계강도 : 28.0MPa ▷ 강도비(추정강도/설계강도) : 102.0~105.6%					
▷ 반발경도 시험에 의한 콘크리트강도 측정결과, 설계기준강도 대비 100% 이상을 유지하고 있는 것으로 확인되었으며, 공용년수 증가에 따른 콘크리트 강도의 저하는 없는 것으로 판단됨.								

마. 측점분할 및 현황측량

옹벽의 측점분할은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업이며, 진행방향으로 위치를 표시하는 작업이다. 옹벽의 측점분할은 바탕으로 옹벽 시점부터 시작하여 20m 내외 간격으로 분할하여 종점에서 끝나며, 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면변화구간이나 굴곡구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장답사, 사전조사 시 미리 확인하여 측점분할을 실시하였으며, 상태평가 시 평가단위로 활용하였다.

【표 6.13】 옹벽 조사 분할구간

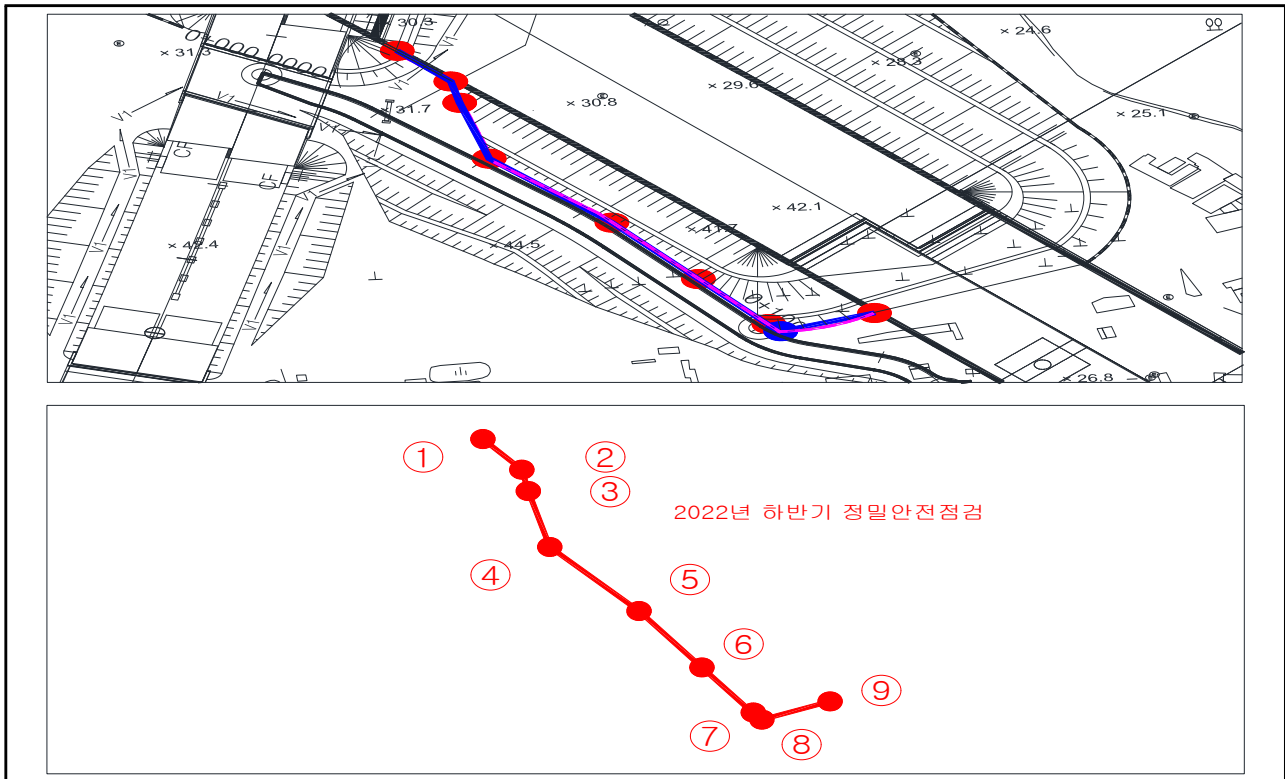
SPAN	이정(m)	연장(m)	누적(m)	최고높이(m)	형식	비고
1	시점~20.0	20.0	20.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
2	20.0~40.0	20.0	40.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
3	40.0~60.0	20.0	60.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
4	60.0~80.0	20.0	80.0	9.6	블럭식 보강토 옹벽	1단
5	80.0~100.0	20.0	100.0	7.2	블럭식 보강토 옹벽	1단
6	100.0~116.0	16.0	116.0	5.0	블럭식 보강토 옹벽	1단



【그림 6.12】 측점분할 현황

바. 계획선형 및 기울기 측량

용역의 계획선형은 대상 시설물의 정확한 단면 및 시공상태, 손상(결함)의 정도 및 진행성 여부를 판단하고, 기울기는 시설물의 진행성 변형 및 변위, 단차 등의 결함 발생여부 평가하기 위하여 광파기를 이용한 측량을 실시하였으며, 그 결과는 아래와 같다.



【그림 6.13】 계획선형 측량 현황

【표 6.14】 계획선형 측정 결과

No	금회 (2022년) 계획선형 좌표값		비고
	X	Y	
1	5.616	16.867	초기치
2	13.545	8.829	
3	14.860	3.218	
4	19.238	-11.452	
5	37.414	-28.254	
6	50.232	-43.062	
7	60.681	-54.878	
8	62.432	-56.761	
9	76.328	-51.975	
평가결과	◦ 계획선형은 초기점검자료의 좌표 미기입으로 정확한 선형비교는 불가하고, 금회 점검 시 측량한 계측치를 초기값으로 하여 추후 점검 시 변위 발생 여부를 파악하는 것이 필요한 것으로 판단됨		

【표 6.15】 기울기 측정 결과

구 분	측정위치 (m)	측정경사량		설계경사량		계획선형오차		안전 등급	설계값 대비
		경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)		
1	12	-53.0	5.52	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-2.2~-18.2	0.59~0.62	a	배면
2	32	-67.0	6.98	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-16.2~-32.2	2.05~2.08	b	배면
3	53	-60.0	6.25	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-9.2~-25.2	1.32~1.35	a	배면
4	78	-64.9	6.75	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-14.1~-30.1	1.82~1.85	a	배면
5	91	-42.0	5.83	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-7.2~-8.8	0.90~0.93	a	배면
6	116	-7.0	5.83	-34.8~-50.8	4.90~4.93	-24.8~-40.8	0.90~0.93	a	전면

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



【사진 6.7】 현황측량 전경

6.4 안전성능평가

6.4.1 개요

시설물의 안전성능 평가는 “상태안전성능 평가”와 “구조안전성능 평가”로 구분되며, 그 결과를 비교하여 최저 등급을 안전성능 등급으로 결정한다.

6.4.2 상태안전성능 평가

본 용벽의 연장은 116.0m로 측점분할은 총 6개 구간으로 분할하였으며, 현장조사 및 유지관리 자료를 이용하여 성능평가를 시행하기로 한다.

【표 6.16】 상태안전성능 평가결과

SPAN NO.	침하	계 획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 상 및 균열	유 실	이 격	세 굴	주변영향인자				결 합 점 수 합 계	평가 단위 결합 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출 수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	a
									상태안전성능평가 결과					A	

※ 결함지수 산정 : 결함점수 합계 / 결함지수(F)

※ 결함지수(F) : 52 를 적용함.

※ 공중이 이용하는 부위의 경우 추락방지시설, 도로부 신축이음, 환기구 등의 덮개는 미시공된 상태이며, 상부 도로포장의 경우 포장상태가 최상의 문제가 없는 상태인 ‘a’로 확인되었다.

6.4.3 구조안전성능 평가

구조안전성능평가를 위해 설계 당시와 현재의 설계기준의 변경, 공용 중 성능개선(보강) 등을 통한 구조계의 변경유무 등을 검토하였다. 현장외관조사와 비파괴시험결과를 토대로 비교 검토한 결과 대체로 일치하는 것으로 평가되어 실측치와 준공도서를 활용하여 구조안전성능 평가를 수행하였다.

가. 검토단면도

STA.11+092.30~STA.11+193.10 분선 좌측 TYPE-2(지점시)

[블록식 보강토옹벽 구조검토 계산 결과]

설계에 필요한 입력데이터 :

블록식 보강토옹벽 구조검토에 적용된 기준은 'Demonstration Project82 Reinforced Soil Structures MSEW

Publication No. FHWA-SA-96-071 Reprinted June 1999.,'

을 기준으로 하여 작성함.

[지층물성치 데이터]

	단위중량 (kN/m ³)	내부마찰각 (°)	백면마찰각 (°)	점착력 (kPa)
위재층재	19,000	30,000	0.000	0.000
면(배면토)지반	18,000	28,000	19.895	0.000
기초지반	21,000	31,000		28.000
배수재	19,000	30,000		0.000

[길이에 따른 Kr/Ka값 데이터]

* 상단에서 6,000 m 까지 : Kr/Ka = 1.500
6,000 m 이하부분 : Kr/Ka = 1.000

[블록계열]

기본형 블록 단위높이	Hu :	0.300 m
마무리 블록 단위높이	Hou :	0.100 m
기본형 블록 단위폭	Wu :	0.300 m
블록 단위중량(내부채움재 포함)	ru :	23,000 kN/m ³
블록전면으로부터 블록 무게중심까지의 거리	Gu :	0.150 m
블록의 전직면으로부터 블록전면시 발생되는 기울기	ω :	3.000 Deg

[보강토옹벽 재단]

설치높이(지표면 상부 노출면 부분)	H' :	7.300 m
근입깊이	Hemb :	0.500 m
전체높이(H = H' + Hemb)	H :	8.400 m
블록설치수		25 Ea
중력회상부에서 수평지반에 대한 배면경사각	β :	25.000 Deg
경사높이	R :	6.000 m
Broken slope angle	β' :	19.635 Deg
	2 x H :	16.800 m
	Case :	4 Select
	β'ext :	19.635 Deg
	β'int :	25.000 Deg

[분광재 배치]

2 페이지

STA.11+092.30~STA.11+193.10 분선 좌측 TYPE-3(지점시)

[블록식 보강토옹벽 구조검토 계산 결과]

설계에 필요한 입력데이터 :

블록식 보강토옹벽 구조검토에 적용된 기준은 'Demonstration Project82 Reinforced Soil Structures MSEW

Publication No. FHWA-SA-96-071 Reprinted June 1999.,'

을 기준으로 하여 작성함.

[지층물성치 데이터]

	단위중량 (kN/m ³)	내부마찰각 (°)	백면마찰각 (°)	점착력 (kPa)
위재층재	19,000	30,000	0.000	0.000
면(배면토)지반	18,000	28,000	20.599	0.000
기초지반	19,000	28,000		3.000
배수재	19,000	30,000		0.000

[길이에 따른 Kr/Ka값 데이터]

* 상단에서 6,000 m 까지 : Kr/Ka = 1.500
6,000 m 이하부분 : Kr/Ka = 1.000

[블록계열]

기본형 블록 단위높이	Hu :	0.300 m
마무리 블록 단위높이	Hou :	0.100 m
기본형 블록 단위폭	Wu :	0.300 m
블록 단위중량(내부채움재 포함)	ru :	23,000 kN/m ³
블록전면으로부터 블록 무게중심까지의 거리	Gu :	0.150 m
블록의 전직면으로부터 블록전면시 발생되는 기울기	ω :	3.000 Deg

[보강토옹벽 재단]

설치높이(지표면 상부 노출면 부분)	H' :	8.800 m
근입깊이	Hemb :	0.500 m
전체높이(H = H' + Hemb)	H :	9.300 m
블록설치수		31 Ea
중력회상부에서 수평지반에 대한 배면경사각	β :	25.000 Deg
경사높이	R :	7.000 m
Broken slope angle	β' :	20.599 Deg
	2 x H :	18.600 m
	Case :	4 Select
	β'ext :	20.599 Deg
	β'int :	25.000 Deg

2 페이지

나. 기존 구조계산서 검토 결과

1) 적용설계정수

토 층	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 ($^\circ$)	비 고
보강토체	19.0	0.0	30.0	
성토층	18.0	0.0	28.0	
기초부	21.0	28.0	31.0	

2) 내적·외적 안전성 검토

구분	벽체높이 (m)	안전율(F.S)				
		내 적 안 전 성		외 적 안 전 성		
		인장(≥ 1.5)	인발(≥ 1.5)	활동(≥ 1.5)	전도(≥ 2.0)	지지력(≥ 2.5)
상시	8.1	1.53	2.70	1.54	2.76	8.34

구분	벽체높이 (m)	안전율(F.S)				
		내 적 안 전 성		외 적 안 전 성		
		인장(≥ 1.0)	인발(≥ 1.0)	활동(≥ 1.1)	전도(≥ 1.5)	지지력(≥ 2.0)
지진시	8.1	1.30	1.58	1.14	1.81	4.78

다. 검토결과

【표 6.17】 안전성 검토 결과

평가항목 구분	안전율	평가기준	평가결과	비 고
활 동	1.54	1.5이상	a	평상시 안전율 적용
전 도	2.76	2.0이상	a	-
지지력	8.34	2.5이상	a	평상시 안전율 적용
인장 파단	1.53	1.5이상	a	평상시 안전율 적용
인발 파괴	2.70	1.5이상	a	평상시 안전율 적용
활 동(지진시)	1.14	1.1이상	a	-
전 도(지진시)	1.81	1.5이상	a	-
지지력(지진시)	4.78	2.0이상	a	-
인장 파단(지진시)	1.30	1.0이상	a	-
인발 파괴(지진시)	1.58	1.0이상	a	-
안전성 검토 결과	°안전성 검토 결과 = A			

라. 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

【표 6.18】 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과 산정표				
시설물명		보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)		
평가항목구분		안전율	평가결과	비 고
외적안정	활 동	1.54	a	평상시 안전율 적용
	전 도	2.76	a	-
	지지력	8.34	a	평상시 안전율 적용
내적안정	인장파단	1.53	a	평상시 안전율 적용
	인발파괴	2.70	a	평상시 안전율 적용
외적안정 (지진시)	활 동	1.14	a	-
	전 도	1.81	a	-
	지지력	4.78	a	-
내적안정 (지진시)	인장파단	1.30	a	-
	인발파괴	1.58	a	-
구조안전성능 평가 결과		· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

6.4.4 안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가시 안정해석을 실시할 경우 과업구간 설계도서, 준공도서 및 초기점검보고서 등을 활용하여 용벽 안정성 평가 결과에 대한 검토를 실시하였다.

안전성능평가는 상태안전성능평가 결과와 구조안전성능평가 결과 중 낮은 등급인 A 등급을 안전성능평가 등급으로 결정하였다.

【표 6.19】 안전성능평가 결과표

안전성능 평가 결과 산정표				
시설물 명	보강토용벽 (U-II블록 STA.11+092~11+193)		표번호	【표 6.19】
평가구분	결합지수	평가결과	비 고	
상태안전성능	0.00	A	근거표번호	【표 6.16】
구조안전성능	0.14	A	근거표번호	【표 6.18】
안전성능평가 결과	· 안전성능평가 등급 = A · 안전성능평가 지수 = 0.14			

【표 6.20】 안전성능 평가결과에 따른 시설물 상태 정의

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

6.5 내구성능평가

6.5.1 개요

옹벽의 내구성능 평가는 콘크리트 내구성능 평가 및 강재 내구성능 평가로 구성되며, 본 보강토 옹벽의 경우 콘크리트내구성능 평가를 실시하여 내구성능등급을 산정하였다.

【표 6.21】 대상 옹벽 개요

옹벽형식	보강토 옹벽
지 역	경기도 고양시
공용연수	2년
연장	116.0m
지면노출높이	H=9.6m

6.5.2 열화환경 평가

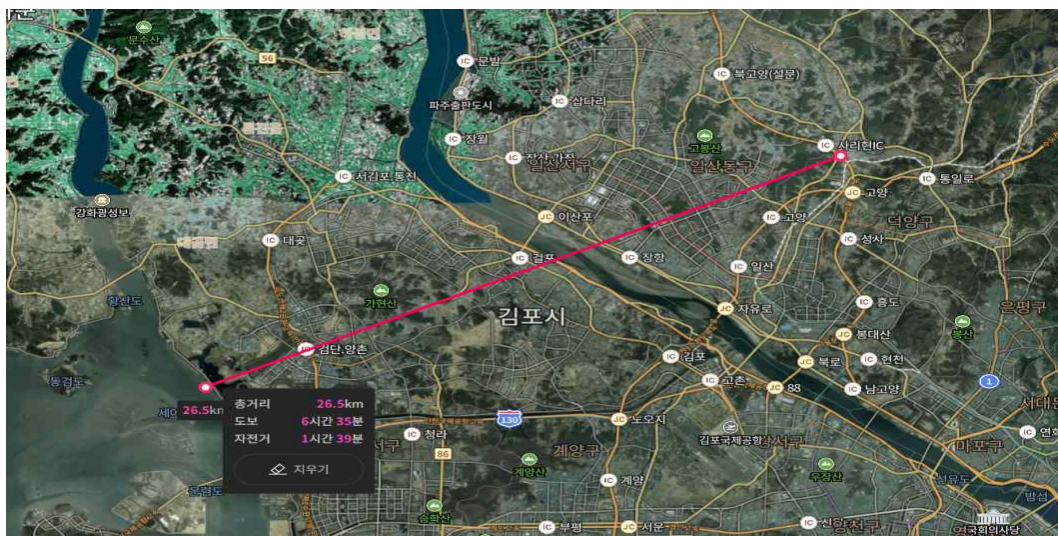
가. 염해환경

1) 해안거리

보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)의 이격거리는 서해안으로부터 26.5km 거리에 위치하며, 해안 거리에 따른 비래염분 염해환경은 “A”로 평가되었다.

【표 6.22】 해안 이격거리

구조물명	주 소	해안까지의 최단거리 (직선거리)(km)	평가기준
보강토옹벽 (U-II블록 STA.11+092~11+193)	경기도 고양시 덕양구 원당동 산 101-7	26.5	서해안 1,000m 초과



2) 강설일수

본 용벽의 가장 가까운 관측소는 파주시이나, 파주시 관측소의 최심신적설에 대한 자료가 없으므로, 서울특별시 관측소의 자료를 활용하였으며, 강설일수는 최심신적설(하루동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 취하므로 평균 강설일수는 12.5일($7 \leq \text{강설일수} < 14$)로 제설제 염해환경은 “B”로 평가되었다.

【표 6.23】 강설일수 및 최심신적설량

연번	동결기 년도	기간	최심신적설(cm)	강설일수(일)	비 고
1	2012년	2012.11.01.~2013.03.31	0.0~9.0	21	
2	2013년	2013.11.01.~2014.03.31	0.0~5.8	14	
3	2014년	2014.11.01.~2015.03.31	0.0~5.1	11	
4	2015년	2015.11.01.~2016.03.31	0.0~6.5	10	
5	2016년	2016.11.01.~2017.03.31	0.0~6.6	10	
6	2017년	2017.11.01.~2018.03.31	0.1~5.1	17	
7	2018년	2018.11.01.~2019.03.31	0.0~8.8	8	
8	2019년	2019.11.01.~2020.03.31	0.0~3.9	6	
9	2020년	2020.11.01.~2021.03.31	0.0~5.0	16	
10	2021년	2021.11.01.~2022.03.31	0.1~4.4	12	
평균	-	-	-	12.5	

(주1) 강설일수는 최근 10년간 최심신적설이 발생한 일수의 연간 평균값

(주2) 참고 : 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)

나. 동해환경

보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193) 옹벽은 도로옹벽으로서 하천옹벽은 아니므로 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 시설물이다.

최근 10년간(2012~2021년) 기상청에서 제공하는 관측 데이터를 분석한 결과, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 연평균 9.9회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 연평균 49.8회로서 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되었다.

【표 6.24】 동해환경 평가 결과

연번	동절기 년도	기간	지속적 접촉하지 않는 부재	지속적 접촉하는 부재
1	2012년	2012.11.01.~2013.03.31	10	38
2	2013년	2013.11.01.~2014.03.31	10	45
3	2014년	2014.11.01.~2015.03.31	11	56
4	2015년	2015.11.01.~2016.03.31	11	56
5	2016년	2016.11.01.~2017.03.31	10	62
6	2017년	2017.11.01.~2018.03.31	10	48
7	2018년	2018.11.01.~2019.03.31	6	53
8	2019년	2019.11.01.~2020.03.31	9	49
9	2020년	2020.11.01.~2021.03.31	10	36
10	2021년	2021.11.01.~2022.03.31	12	55
{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0} 인 연평균 일수			{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} 인 연평균 일수	최종 등급
9.9			49.8	B

(주1) 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 X값

【일 최저기온 < -2.2℃】 & 【일 최고기온 > 0℃】 & 【강수량 > 0】 인 연평균 일수

(주2) 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X값

【일 최저기온 < -2.2℃】 & 【일 최고기온 > 0℃】 인 연평균 일수

(주3) 지난 10년간 동절기 기상청 데이터 기준

- 동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일

(주4) 참고 : 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)

6.5.3 열화진전평가

가. 염화물 침투량

보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193) 옹벽은 전면판에 철근이 포함되어 있지 않아 염화물 침투량에 대한 재료시험은 제외하였다.

나. 탄산화 깊이

보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193) 옹벽은 전면판에 철근이 포함되어 있지 않아 탄산화 깊이에 대한 재료시험은 제외하였다.

다. 피복 콘크리트 품질

보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)의 피복 콘크리트 품질 측정은 8개소에서 측정하였으며, 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가 및 설계값 대비 상대적 비교에 따른 평가에 따라 평가등급은 “a” 로 판정되었다.

【표 6.25】 피복 콘크리트 품질 평가 결과

열화진전 평가 항목	시설물	세부 부재명	설계값 대비 강도추정 값(%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	개별평가등급		평가 등급
피복 콘크리트 품질	보강토 옹벽	S1	102.5	-	a(0.08)	-	a
		S3	102.0	-	a(0.08)	-	
		S6	102.8	-	a(0.08)	-	
		평균값			a(0.08)	-	

(주1) 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준 : 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상(a)

(주2) 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준 : 반발경도값이 건전부 대비 95% 이상(a)

6.5.4 콘크리트 내구성능 평가

열화진전평가는 염화물 침투량 및 탄산화 깊이는 전면판에 철근이 포함되어 있지 않아 재료를 시험을 실시하지 않았으며, 피복콘크리트의 품질 “a”로 평가되어 내구성능평가 최종 등급은 “a” 등급으로 산정되었다.

열화환경평가는 해당 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하였으며, 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 “A”, 제설제 염해환경 “B”, 동해환경 “B”로 평가되었다.

열화환경평가 결과는 종합 내구성 등급에 반영하지 않고 대상 구조물의 유지관리에 활용한다.

가. 콘크리트 내구성능 평가

【표 6.26】 응벽의 콘크리트 내구성능 평가

대상 시설물	항목별 평가결과			
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 품질	평가등급
보강토응벽 (U-II블록 STA.11+092~11+193)	-	-	a	a (0.08)
최저등급제				

나. 열화환경지표의 평가 결과

【표 6.27】 열화환경지표의 평가

열화환경지표	평가등급
비래염분 염해환경	A
제설제 염해환경	B
동해환경	B

6.5.5 내구성능 평가결과

본 보강토옹벽은 콘크리트 내구성능평가만 실시하였고, 그 결과를 내구성능 평가로 갈음한다.

【표 6.28】 보강토옹벽의 종합 내구성능 평가결과 및 시설물 상태 정의

내구성능 평가결과 산정표			
평가항목구분	시설물명 보강토옹벽(U-II블록STA.0+231~0+680)	표번호	비 고
콘크리트 내구성평가	a (0.08)	【표 6.26】	
강재 내구성평가	-	-	
내구성능 평가결과	◦ 내구성능 평가결과 : 0.08 ◦ 내구성능 등급 : a등급		

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

6.6 종합평가

6.6.1 종합평가 결과

본 점검에서 수행한 시설물평가는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편 (국토교통부/국토안전관리원, 2021. 12.)”에 준하여 실시하였으며 안전성능평가와 내구성능평가를 통하여 종합평가를 실시하였다.

【표 6.29】 종합평가 결과산정표

종합평가 결과산정표				
시설물명	보강토응벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)			
평가구분	성능평가지수(p_n)	평가결과	성능간가중치(W_n)	근거표번호
안전성능 평가	0.14	a	0.80	【표 6.19】
내구성능 평가	0.08	a	0.20	【표 6.28】
종합평가 결과	•응벽의 종합평가 지수(P) $= \sum (\text{성능 평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.14 \times 0.80 + 0.08 \times 0.20 = 0.128$ •응벽의 종합평가 지수 : 0.128 •응벽의 종합평가 결과 : A			

6.6.2 종합성능등급 지정

본 점검에서 수행한 상태평가 등을 종합적으로 평가하여 안전등급을 “A” 등급으로 지정하였다.

【표 6.30】 종합평가등급 산정기준

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

6.7 시설물의 유지관리 전략 제언

6.7.1 시설물의 성능목표 설정

옹벽의 성능목표 설정 시 고려되어야 할 사항인 동해환경, 강설일수, 지진구역계수, 공용연수에 대해 다음과 같이 정리하였다.

【표 6.31】 사용성 및 기능성 등급 선정

구분	항목	내용	평가등급	
			모든 조건 해당	나머지
도로교량	일교통량1)	구간당 일반국도: 10,000대 이상	상B	하B
		구간당 고속국도: 20,000대 이상		
	중차량 통행량	차선당 일반국도: 1,000대 이상		
		차선당 고속국도: 2,000대 이상		
대상교량의 차단 시 우회거리		5km 이상		
도로터널	일교통량	일반국도: 10,000대 이상	상B	하B
		고속국도: 20,000대 이상		
	대상교량의 차단 시 우회거리			
옹벽	-	-	B	
절토사면	-	-	B	

【표 6.32】 주변환경 성능목표 등급 선정

구분		내용	평가등급
동해환경	지속적인 수분접촉	$50 \leq X$	A
		$3 \leq X < 50$	B
		$X < 3$	C
	지속적인 수분접촉 없음	$50 \leq X$	B
		$3 \leq X < 50$	C
		$X < 3$	D
강설일수	$14 \leq Z$		A
	$7 \leq Z < 14$		B
	$Z < 7$		C

【표 6.33】 지진구역계수 성능목표 등급 선정

지진구역	내용		평가등급
I	시	서울특별시, 부산광역시, 인천광역시, 대구광역시, 대전광역시, 광주광역시, 울산광역시, 세종특별자치시	A
	도	경기도, 강원도 남부1), 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도	
II	도	강원도 북부2), 제주도	B

주1) 강릉시, 동해시, 삼척시, 원주시, 태백시, 영월군, 정선군

주2) 속초시, 춘천시, 고성군, 양구군, 양양군, 인제군, 철원군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군

【표 6.34】 공용연수 성능목표 등급 선정

공용연수(년)	평가등급
40년 이상	A
30년 이상 ~ 40년 미만	B
20년 이상 ~ 30년 미만	C
10년 이상 ~ 20년 미만	D
10년 미만	E

6.7.2 시설물의 성능목표 산정

【표 6.35】 등급별 대표점수 및 평가지표별 가중치

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
응벽	점수	0.08	0.23		0.43	0.65	0.88
			0.18	0.27			
	범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.23$	$0.23 \leq X < 0.3$	$0.3 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [(2)+(3)+(4)}{3}×0.1 + (5)×0.08 + (6)×0.02						

- * 성능목표 선정 시 제외되는 지표가 있는 경우 원 가중치의 비율을 고려하여 가중치의 합이 1이 되도록 가중치를 조정할 수 있다.
- * 주변 환경은 조사된 동해환경, 해안이격거리, 강설일수 성능목표의 평균값을 적용한다. 만약 성능목표 선정 시 제외되는 지표가 있는 경우 해당 지표를 제외한 나머지 지표의 평균값을 적용한다.

【표 6.36】 성능목표 등급 산정

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리(3)	강설일수 (4)		
평가등급	B	C	-	B	A	E
평가점수	0.23	0.43	-	0.23	0.08	0.88
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.23×0.8 + [{0.43+0.23}/2]×0.1 + 0.08×0.08 + 0.88×0.02 = 0.241(B)					

보강토응벽의 성능목표는 B로 산정되었다.

6.7.3 시설물의 성능목표 및 성능평가 실시결과

대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 다음과 같이 설정하였다.

성능목표 등급 : B등급 (결합도 범위 : $0.15 \leq X < 0.30$)

【표 6.37】 성능평가 실시결과

시설물명	종합성능 지수	종합성능 등급	평가
보강토옹벽(U-Ⅱ블록 STA.11+092~11+193)	0.128	A	성능목표 등급 확보

금회 실시한 성능평가등급은 “A” 로, 성능목표 등급을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

6.7.4 보수·보강 우선순위 선정

가. 보수·보강방안 및 개략공사비

【표 6.38】 보수·보강방안

구분	손상내용	단위	손상수량	보수물량	보수·보강 방안	비고
지반/기초부	상태양호	-	-	-	-	-
옹벽 전면부	블록 균열	EA	4.00	6.00	균열보수	-
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
옹벽 상부	상태양호	-	-	-	-	-

【표 6.39】 개략공사비 산출

구분	공종	수량	단위	단가(원)	금액(원)	우선순위
옹벽 전면부	블록 균열	6.00	EA	-	-	하자
소계(직접공사비)					-	
총공사비(직접공사비×1.5)					-	

나. 우선순위지수 산정

현장조사결과 및 종합성능 평가결과에 기초하여 보수비용 효과대비 성능목표를 유지 또는 상회할 수 있는 유지관리 전략을 제시하기 위하여 각 보수방안에 의한 우선순위지수 및 부재별 우선순위지수를 산정하여야 하나, 본 보강토옹벽은 하자기간 내의 시설물로 산정을 제외하였다.

【표 6.40】 우선순위지수 산정

구 분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순 위
					안전 성능 (E1)(%)	내구 성능 (E2)(%)	안전 성능 (E1×P1)	내구 성능 (E2×P2)			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 성능간 가중치 : - - 본 구조물에 조사된 손상은 우선순위지수 산정에 해당사항이 없음.											

6.7.5 유지관리 전략 제언

본 보강토옹벽은 향후 중점점검 부위에 발생된 또는 발생되었던 손상의 재발생 여부 및 진행 여부 확인을 통한 시설물의 유지관리가 요구된다.

6.7.6 중점유지관리 사항

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

【표 6.41】 중점유지관리 항목

구분	중점유지관리 항목	
전 면 부	•블록 균열	
		
	- 균열보수, 단면보수	
종합 의견	• 발생한 블록 균열은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 본 손상에 대하여 균열보수 등의 적절한 보수를 실시하고 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요	

6.8 종합결론

6.8.1 성능평가 실시결과 종합결론

본 보강토옹벽(U-II블록 STA.11+092~11+193)은 경기도 고양시 덕양구 원당동 산 101-7 인근에 위치한 구조물로서 성능평가를 통한 옹벽 상태를 종합적으로 평가한 결과와 대책방안은 다음과 같다.

- 옹벽 기초는 지반에 매립되어 있어 육안점검이 불가능한 상태이며, 기초 상부 지반의 점검결과, 지반의 침하, 세굴, 활동 등의 손상 및 변위는 없는 양호한 상태임
- 옹벽은 1단으로 구성되어 있으며, 블록의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡 등에 의한 국부적인 블록 균열이 발생하였고 균열보수 등의 보수가 요구된다.
- 배수시설은 상부배수로가 설치되어 있고, 상부성토사면 및 상단의 고속도로 본선의 콘크리트+아스콘 포장 등은 전반적으로 양호한 상태로 유지관리되고 있음
- 금회 계측결과를 전차와 비교 시 옹벽의 활동, 전도, 침하 등의 변위는 없는 것으로 판단됨
- 본 보강토옹벽의 성능평가 결과, “A” 등급의 우수한 상태로 산정되었다.
- 본 보강토옹벽의 성능목표 등급 “B” 등급 이상인 “A” 등급의 우수한 상태이므로 별도의 유지관리 전략수립은 불필요한 상태이다.

6.8.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

- 성능평가 결과 옹벽의 전체적인 안정성에는 문제가 없으며, 정밀안전진단 및 사용제한 필요성은 없는 것으로 판단됨

6.8.3 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 일부구간에서 발생한 전면부 블록 균열은 해당 시설물의 사용성에 문제는 없는 상태이나 발생한 손상에 대하여 균열보수 등의 적절한 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 신규손상 및 재손상의 발생 여부를 확인하는 등의 유지관리가 필요하다고 판단된다.

6.8.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 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 바람직할 것으로 판단됨