상주영천고속도로 시설물 안전 · 하자점검 및 성능평가 용역

성 능 평 가 보 고 서

3 공 구 : 패널식옹벽01, 패널식옹벽02
4 공 구 : 블록식옹벽03, 블록식옹벽04, 패널식옹벽05
5 공 구 : 블럭식옹벽06
6 공 구 : 패널식옹벽07, 패널식옹벽08, 블록식옹벽09, 패널식옹벽10
7 공 구 : 패널식옹벽11, 패널식옹벽12
8 공 구 : 패널식옹벽13
9 공 구 : 패널식옹벽14, 패널식옹벽15
종합결론편 : 종합결론, 유지관리 방안

2020. 12

상 주 영 천 고 속 도 로 [주]

[주] 명 성 엔 지 니 어 링

상주영천고속도로 시설물 안전·
하자점검 및 성능평가 용역

성능평가 보고서

(옹벽편)

'20.12

상주영천고속도로(주)

제 Ⅲ 편　옹벽편

제1장　패널식옹벽 01
제2장　패널식옹벽 02
제3장　블럭식옹벽 03
제4장　블럭식옹벽 04
제5장　패널식옹벽 05
제6장　블럭식옹벽 06
제7장　패널식옹벽 07
제8장　패널식옹벽 08
제9장　블럭식옹벽 09
제10장 패널식옹벽 10
제11장 패널식옹벽 11
제12장 패널식옹벽 12
제13장 패널식옹벽 13
제14장 패널식옹벽 14
제15장 패널식옹벽 15

제1장 패널식옹벽 01

1.1 대상 시설물 현황

1.2 관련 자료의 분석

1.3 현장조사 및 시험

1.4 안전성능 평가

1.5 내구성능 평가

1.6 종합평가

1.7 유지관리 전략 제안

1.8 종합결론

제1장 패널식옹벽 01

1.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 구미시 도개면 다곡리(상주영천고속도로 20.694~21.190km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 496.0m, 지면노출높이 19.0m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 1-1> 시설물 현황(패널식옹벽 01)

시설물 번호	RW2017-0000080		**관리번호**	SY RW1
시설물명	패널식옹벽 01		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
	위치좌표	시점 : 36°27′54.0″128°40′39.4″		
		종점 : 36°27′39.2″128°40′78.2″		
	관리이정	고속국도 301호선 20.694 ~ 21.190km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	496.0m	지면 노출높이(m)	19.0m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	㈜한화건설, ㈜삼호
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 1-1> 대상 시설물 현황도

1.2 관련 자료의 분석

1.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 1-2> 유지관리 관련자료 현황

보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

1.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제3공구 : 도개~소보, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:500,000)	분 석 내 용
	• 쥬라기의 관입암류, 백악기 경상층군의 신동층군,낙동층의 안경산층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포 • 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 퇴적암과 경계부는 흔별스화 • 습곡 내지 조림절, 등림절 조직 우세 • 우보단층 : 이 지역 중동변에서 북서부로 함한 우보단층은 선산 구조소분지를 절단. 다극동(청화산 남서의의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있은 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의직용을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분		분 석 내 용
터널구간	군위터널 (장화터널)	• 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암 • 표토층은 비탈면 퇴적층인 붕적층으로 입구부는 지표에서 5.5~12.0m, 출구부는 18.0m 두께, 자갈섞인 실트질 모래, 전석, 매우조밀 • 풍화토는 입구부에서만 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매우조밀 • 풍화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세암, 사암 및 혼운모 화강암의 풍화대 • 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세암 및 사암, 심한파쇄, TCR=25~85%, RQD=0~45%
교량구간	신계교 (석성교)	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 퇴적층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈섞인 실트질 모래 및 점도질 실트, 매우느슨 내지 매우조밀 • 풍화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=0%
	개창교	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 습윤 • 퇴적층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 풍화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, TCR=80%, RQD=45%

51

구 분		분 석 내 용
교량구간	다곡교	• 분포지층 : 매립층, 연암 • 매립층은 지표에서 4.3m 두께로 분포, 모래질 자갈, 매우조밀, 습윤 • 연암은 지표하 4.3~6.3m에 2.0m 두께로 분포, 역질사암, 보통풍화 내지 심한풍화, 약암 내지 보통강암 TCR=67%, RQD=52%
	도개교	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.5~2.6m 두께로 분포, 모래섞인 전석 및 실트질 모래, 느슨 • 퇴적층은 지표하 1.5~12.0m에 4.5~9.4m 두께로 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 • 풍화암은 지표하 6.0~8.5m에 2.5m 두께로 분포, 역질 사암, 매우조밀 • 연암은 지표하 8.5~12.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, 사암 및 화강암, TCR=40~50%, RQD=0~43%
비탈면구간	쌓기	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 전층에 분포, 모래섞인 전석 및 실트질 모래, 느슨 • 퇴적층은 매립층 하부에 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 • 풍화암은 역질 사암, 매우조밀 • 연암 출현심도가 대체로 얕음
	뒤기	• 표토의 층두는 얇고, 풍화대 역시 수 미터 이내 • 분포암층은 주로 역질 사암, 역암 및 화강암 • 암 강도는 풍화도에 따라 상이하나 보통 강함 내지 강함

4.1.3 현장답사를 통한 중점검토사항 도출

가. 주요 결과





• 3공구 군위터널 중점부 인근 계곡부에 발달
• 사암과 역암이 혼별스화
• 테일러스 직경은 30cm~200cm 정도, 심도 10m 정도로 추정
• 경구부 지층 정밀 파악 필요 (경구비탈면안정/보강공법선정)

나. 중점검토사항 도출

구 분	조사내용 및 분석결과	중점검토사항
터널 구간	• 터널 굴착시 붕락 등이 예상되는 세암 분포 • 군위터널 구간에 우보단층 출현 • 군위터널 인근에 계곡부 발달	• 지층 형상 및 구조다 심도 파악을 위한 시추조사, 전기 비저항 탐사, 탄성파 탐사 수행 • 단층 공학적 특성 분석을 위한 상세조사 수행 • 붕적층 분포 파악을 위한 상세 시추 및 물리탐사 수행
교량 및 비탈면 구간	• 장년기~노년기 지형으로 풍화대 발달 • 굴착시 풍화에 민감한 퇴적암 발달 • 암종 변화 및 지형기복에 따른 기초 지지층 변화가 심할 것으로 예상	• 지층분포 파악을 위한 시추조사 및 탄성파탐사 • 사업구간 주변 비탈면 시공 현황 상세 조사 • 지지층 확인을 위한 시추조사와 암반 특성 파악을 위한 암석시험 수행

52

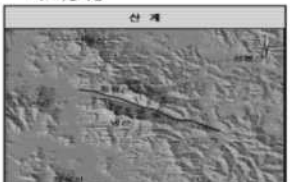
4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

• 백악기 경상분지의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
• 백악기 경상층군의 신동층군 낙동층의 안경산층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포

나. 지형특성





• 과업지역의 중앙부에는 주변 산등에 비해 비교적 높은 고도를 보이는 청화산과 냉산이 위치
• 과업노선은 청화산과 냉산 사이의 저지대를 따라 지나가며 서북서 방향의 선구조 위에 놓임

• 과업노선의 서쪽에는 낙동강이 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있으나 노선과는 교차하지 않음
• 과업노선의 시점부는 북쪽으로 흐르는 위천의 지류인 곡정천과 교차함

다. 분포 암종 특성

구 분	지질특성
안경산층원 하부 장석질 역질 사암	• 장석의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 • 풍화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
안경산층원 상부 역질 사암	• 역의 크기는 수 cm~수십 cm이며 원래는 아원형으로 기질 지질성임
혼펠스 (Hornfels)	• 불국사 화강암의 관입에 의한 열접촉에 의해 치밀한 구조를 보이며 풍화에 상당히 강할 것으로 예상됨
금당리층원 세암(Shale)	• 압축으로 인한 투개점(fissility)이 발달. 또한 이 투개점과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 습리방향으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
화강암	• 담회색의 중입 내지 세입질 암석으로 약간의 엽기성광물 집합체를 함유 • 층림~조립질을 보이며 등립질 조직이 우세, 수 cm 크기의 장석반정이 나타남 • 과업구간 주변의 높은 지형을 형성

53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

라. 지질 계층도

지질시대		층 명			특 성	비 고
제4기		충적층(Qal)			• 하천 및 산록 퇴적물	
		~~ 부정합 ~~				
중생대	백악기	충상암맥(K_{di}) 산성암맥(K_{di})			• 과상의 지맥	• 신 구간에서 기반암류 관입
		~~ 관입 ~~				
		화강암(K_{gr})			• 과상의 지맥	• 3공구 중앙부
		~~ 관입 ~~				
		유천층군	안산암질암(K_{an})		• 주로 풍화암으로 구성	• 노선대 교차하지 않음
		~~ 관입 및 분출 ~~				
		신동층군	낙동층 (ke1)	안경산층원 (Ka1-nm)	상부 (Ke1-num)	• 사암과 역질사암, 역암 교호	•3공구 중앙 및 종점부
					하부 (Ke1-nim)	• 장석질 사암과 역질사암, 역암 교호 • 최하부에 안질층 협재	•3공구 시점 및 중앙부

마. 지체구조



• 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 복복동함의 단층대기 도폭의 동부지역을 통과
• 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 우수향 주향이동 단층인 선암단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 압산단층계가 발달
• 과업구간과는 서북서방향의 우보단층이 가장 중요한 구조선으로 노선을 지체하고 있음
• 경상 누층군의 퇴적암류 내 층리 변화를 보면 동서 방향의 습곡축을 가지고 개방습곡이 발달하는데, 이들 습곡축들은 서북서 방향의 좌수향 방향의 단층에 끊기고 있음

4.2.2 영상정보를 활용한 선영 구조 분석

가. 반공위성영상 분석

(1) 목 적
• 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
• 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악
• 과업구간에 대한 지질분포의 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

(2) 원리 및 방법
• 15m급 해상도의 Landsat-7 ETM+ 위성영상을 이용하여 분석실시
• 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 밴드비율 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
• 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

54

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구 지반조사

1.2 조사목적

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구를 위한 지반조사
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위 치	• 시점 : 경상북도 구미시 도개면 (STA. 0+000) (X=310,453.951, Y=142,180.556) • 종점 : 경상북도 군위군 소보면(STA. 12+935) (X=304,851.7911, Y=153,668.900) • 연장 : 12.935km
특 성	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제 2경부축(상주~영천 고속도로 건설 • 대구~포항 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 창의와 효율로 정부재정지원의 효율적 집행 도모

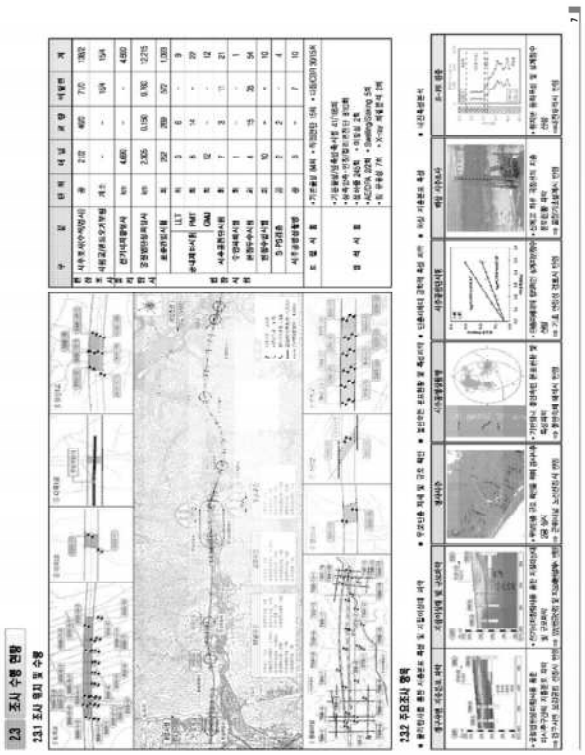


1.4 위치도



• 구조물 현황

터널 구간	교량 구간		토공구간
• 군위터널 상주방향 : 1,085m 영천방향 : 960m	• 도개교(360.0m) • 다곡2교(30.2m) • 다곡1교(10.0m) • 달산2교(40.5m)	• 달산1교(70.1m) • 계탑교(25.5m) • 신계교(176.3m)	• 뒤기구간(14개소) • 쌍기구간(17개소)



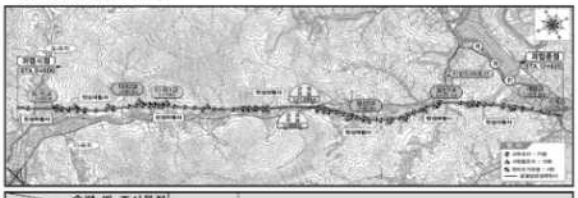
제 7 장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

7.1 개 요

7.1.1 기본방향

조 사 항 목	조 사 기 본 방 향
지층 현황 및 원지반 공학적 특성 분석	• 뒤기구간 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 비탈면 계획 수립 • 쌍기구간 연약지반 분포 유무 파악 및 토사층의 역학적 특성 파악
불연속면 분포 특성 파악	• 불연속면 특성(간격, 방향, JRC, JCS)을 파악하여 암반 비탈면 안정성 분석 및 보강대책 선정시 반영
쌍기재 특성 분석	• 뒤기 및 터널구간에서 발생되는 토사 및 암버력의 쌍기재 적합 여부 판단시 반영

7.1.2 조사위치 및 수량



조사항목 \ 수량 및 조사목적		수 량	조 사 목 적
물리탐사	굴절법탄성파탐사	9.760km	• 지층의 분포 현황 및 두께 파악
현장조사 및 현장시험	시추조사	71공	• 지층분포 및 특성 파악, 암종 및 단층확인
	시험굴조사	15개소	• 쌍기재 적정성 검토, 토공 계획
	핸드오거보링	4개소	• 쌍기구간의 토질상태 및 시료채취
	시추공전단시험	11회	• 풍화대층의 강도정수 파악
	현장투수시험	35회	• 토사층의 투수계수 파악
	시추공영상촬영	7공	• 불연속면 크기 및 일달상태, 경사방향 및 경사각, 암반의 변화 및 공학적 특성 파악
실내토질시험		• 기본물성시험 77회, 직접전단시험 15회, 다짐/CBR시험 30/15회	
실내암석시험		• 점하중강도시험 38회, 물성시험/일축압축 12/12회, 삼리엔 전단시험 8회 Swelling/Slaking 5회, 본선암 유용성시험 5회	

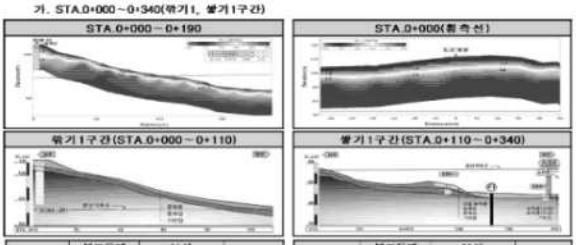
7.2 지층특성 분석

7.2.1 기본방향

• 지표지질조사, 시추조사, 탐사 결과를 각 교량구간에 분포하는 매립 · 풍화층, 퇴적층 및 풍화대층 분포현황 파악

7.2.3 분포 현황 파악

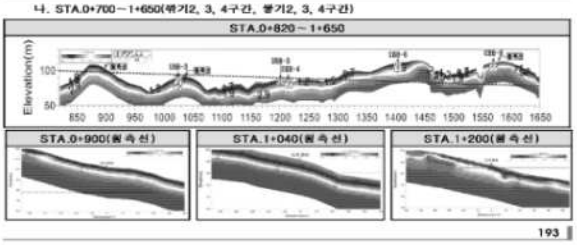
가. STA.0+000~0+340(뒤기1, 쌍기1구간)



지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토질/암종
풍화토	4.0~4.8 (0.0~0.2)	19/30~50/14	SM
풍화암	2.6~3.7 (4.0~5.0)	50/10~50/6	-
기반암	- (6.6~8.7)	(46~1000~100)	시암, 니질암

지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토질/암종
붕적층	3.0 (0.0)	45/30~50/8	SM
풍화토	1.0 (3.0)	28/30	SM
풍화암	4.0~5.2 (3.0~4.0)	50/9~50/2	-
기반암	- (3.0~7.0)	(83~97)/4~48	사암/니질암, 신선암반

나. STA.0+700~1+650(뒤기2, 3, 4구간, 쌍기2, 3, 4구간)



7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질물성시험

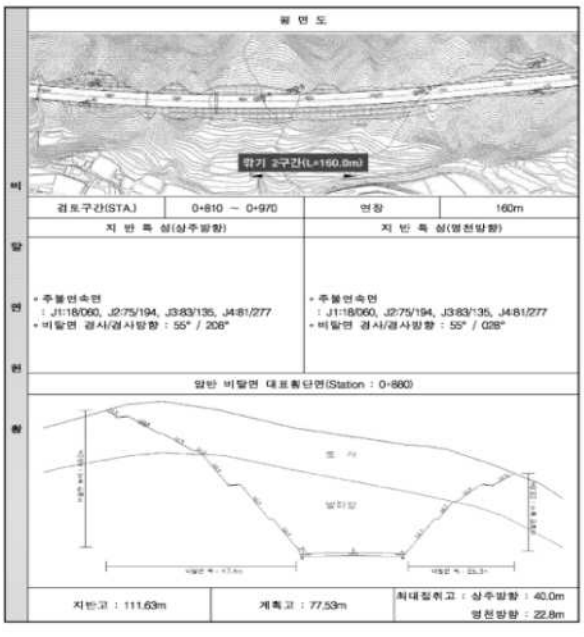
공	번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit LL(%)	PI	Sieve Analysis(%) #4	#10	#40	#200	0.02mm	USCS
유기부	CBB-3	1.0	풍화토	8.2	2.68	NP	-	100	93.1	44.8	24.6	-	SM
	CBB-4	2.0	풍화토	7.1	2.70	NP	-	56.4	41.0	28.4	16.4	-	GM
	CBB-5	1.0	풍화토	18.4	2.68	27.6	4.9	100	100	83.6	55.3	12.5	ML
	CBB-6	2.0	풍화토	11.0	2.65	NP	-	97.8	70.7	31.5	13.2	-	SM
	CBB-7	1.0	풍화토	12.0	2.66	NP	-	97.9	65.3	26.4	12.4	-	SM
	CBB-10	2.0	풍화토	11.5	2.65	NP	-	100	92.6	43.3	22.5	-	SM
	CBB-11	1.0	풍화토	9.8	2.68	NP	-	100	75.1	22.4	8.2	-	SW-SM
	CBB-12	2.0	붕적층	15.5	2.67	26.8	4.3	100	97.8	82.2	43.2	8.0	SM
	CBB-15	1.0	풍화토	12.2	2.69	NP	-	100	82.3	24.4	7.5	-	SW-SM
	CBB-16	1.0	풍화토	11.3	2.69	NP	-	98.0	84.2	29.2	10.0	-	SW-SM
	CBB-20	4.0	붕적층	17.6	2.70	32.4	10.4	98.7	96.2	91.1	71.9	17.5	CL
	CBB-21	5.0	붕적층	10.5	2.71	32.6	10.9	84.7	83.4	70.9	47.6	15.0	SC
	CBB-22	1.0	붕적층	14.6	2.69	30.2	9.7	90.2	87.6	79.7	61.9	17.0	CL
	CBB-23	4.0	붕적층	20.6	2.70	28.2	4.8	74.5	64.5	67.8	59.2	7.5	ML
	CBB-26	6.0	풍화토	15.1	2.67	NP	-	100	98.4	60.6	29.9	-	SM
	CBB-28	5.0	붕적층	11.9	2.69	NP	-	81.4	75.1	52.0	28.9	-	SM
	CBB-29	1.0	붕적층	13.0	2.71	NP	-	47.9	42.3	28.6	15.2	-	GM
	CBB-30	8.0	붕적층	13.3	2.69	28.1	5.1	100	96.6	67.2	43.4	8.0	SM
	CBB-31	1.0	붕적층	16.9	2.71	27.3	4.5	100	97.3	82.8	60.9	12.0	ML
	CBB-32	6.0	붕적층	11.3	2.67	NP	-	98.1	92.7	60.8	28.7	-	SM
	CBB-33	3.0	풍화토	10.8	2.69	NP	-	98.9	92.1	59.9	30.8	7.0	SM
	CBB-34	1.0	풍화토	9.6	2.67	NP	-	100	96.2	49.8	23.6	-	SM
	CBB-35	1.0	풍화토	3.7	2.68	NP	-	92.3	80.8	32.8	14.2	-	SM
	CBB-36	1.0	풍화토	12.8	2.68	NP	-	76.3	60.8	31.3	14.4	-	SM
	CBB-43	3.0	풍화토	16.9	2.70	NP	-	100	95.6	60.6	27.7	-	SM
	CBB-44	3.0	풍화토	9.7	2.71	NP	-	100	88.6	34.7	13.2	-	SM
	CBB-45	1.0	풍화토	8.6	2.68	NP	-	91.2	75.1	39.5	18.6	-	SM
	CBB-46	1.0	풍화토	5.6	2.67	NP	-	98.3	90.7	38.5	17.1	-	SM
	CBB-47	1.0	붕적층	13.6	2.71	26.8	4.2	100	98.9	76.1	41.6	7.5	SM
	CBB-49	4.0	풍화토	17.7	2.71	NP	-	100	98.4	58.6	28.6	-	SM
	CBB-50	1.0	붕적층	29.3	2.73	28.2	4.9	100	100	97.8	58.7	9.0	ML
	CBB-50	2.0	붕적층	13.1	2.68	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.9	-	SM
쌓기부	SBB-2	1.0	풍화토	7.9	2.67	NP	-	95.4	80.6	40.1	15.2	-	SM
	SBB-3	2.0	풍화토	13.3	2.66	NP	-	100	95.6	53.6	33.6	7.5	SM
	SBB-4	2.0	붕적층	19.0	2.68	31.5	9.2	97.0	90.1	69.5	51.8	14.5	CL
	SBB-5	2.0	붕적층	8.3	2.64	NP	-	38.1	28.7	13.5	5.9	-	GW-GM
	SBB-6	1.0	붕적층	10.3	2.68	NP	-	34.3	26.9	14.9	4.9	-	GP
	SBB-7	3.0	풍화토	13.1	2.66	NP	-	90.5	83.3	51.2	26.2	-	SM
	SBB-8	4.0	풍화토	22.0	2.68	NP	-	99.2	95.0	51.7	28.3	-	SM
	SBB-10	1.0	풍화토	16.8	2.65	NP	-	100	89.8	62.7	39.2	7.5	SM
	SBB-11	3.0	퇴적층	14.1	2.64	NP	-	98.0	85.1	47.1	24.4	-	SM
	SBB-12	1.0	붕적층	13.5	2.64	NP	-	98.6	87.2	49.0	23.2	-	SM
	SBB-13	1.0	붕적층	12.3	2.67	27.1	4.9	100	100	87.4	58.8	14.0	ML
	SBB-15	2.0	붕적층	16.9	2.68	28.5	6.0	100	99.0	86.9	62.9	15.0	ML
	SBB-16	1.0	붕적층	5.4	2.67	NP	-	39.1	31.4	19.4	7.6	-	GW-GM

7.5.3 구조구 분류 결과



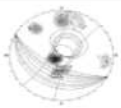
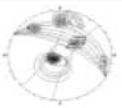
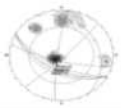
구 분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
암 상	Ka1-nm	Kgr	Ka1-num		Ka1-nm		Ka1-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-5 CBB-9 CBB-11 CBB-19 (SBB-12)	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
스캔라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	HO3	111-1 S-12
STA.	1+319	4+597	5+453	6+430	7+688	8+980	10+140	
비 고	암상	암상	습곡축 및 구조물	암상	층리, 습곡축 및 단열	암상	단층, 층리 및 단열	

(2) 유기 2구간



유기구간 안정성 검토

암 반 비 탈 면

구 분	상주방향	영천방향
평면 및 전도파괴 분석도		
쐐기파괴 분석도		

평 사 투 영 해 석

구 분	상주방향			영천방향		
	평면	전도	쐐기	평면	전도	쐐기
1:0.5	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정
1:0.7	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정
1:1.0	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정

한 계 평 형 해 석

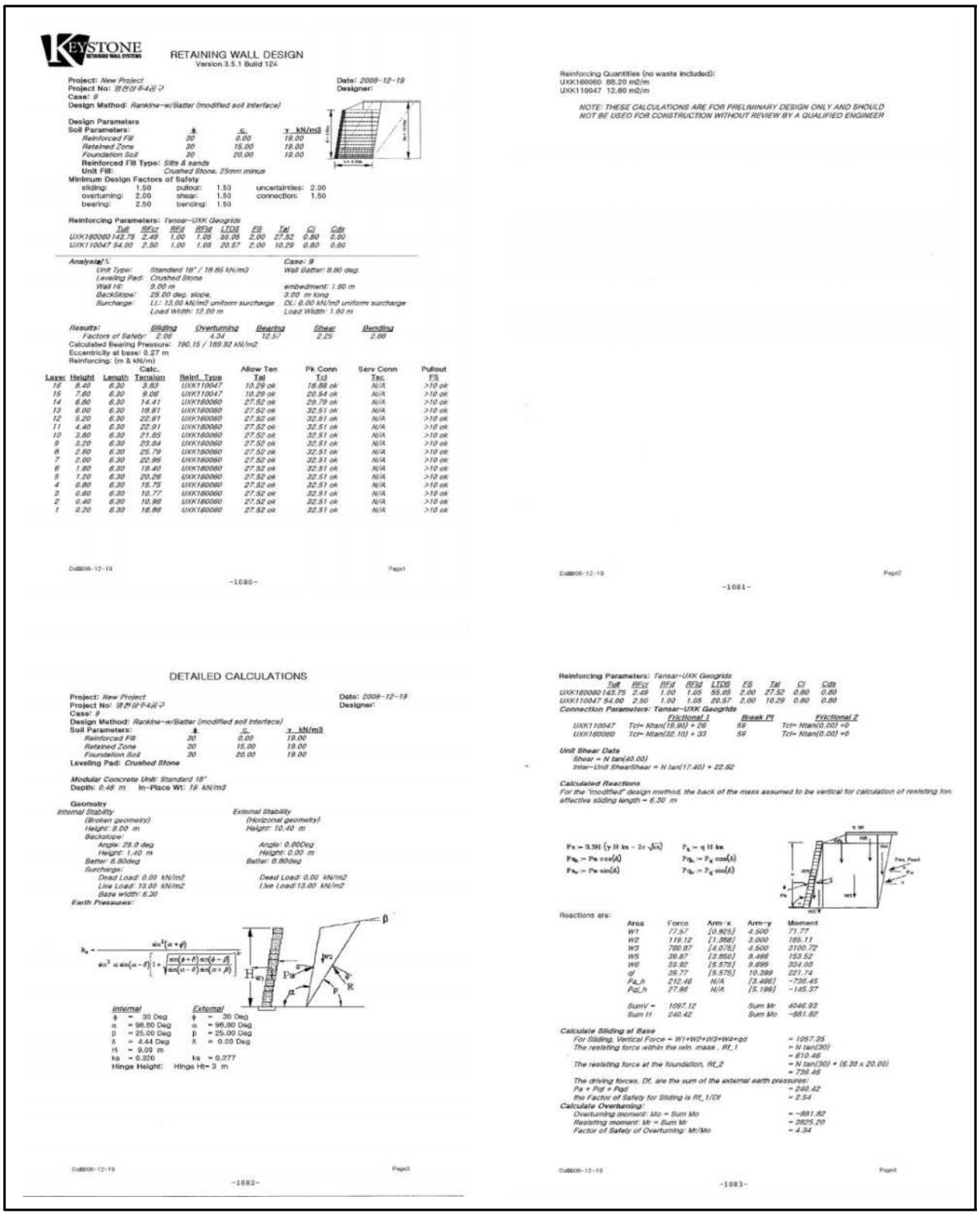
구 분	상주방향				영천방향			
	평면파괴		쐐기파괴		평면파괴		쐐기파괴	
	건기	우기	건기	우기	건기	우기	건기	우기
1:0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-	-	-	-	-

비고

• 암반층 평사투영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음.
• 영천방향 암반비탈면 불연속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 록앵공법, 낙석방지그물, 낙석방지볼타리를 적용하여 안정성 확보

1.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제3공구 : 도개~소보, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



KEYSTONE RETAINING WALL SYSTEMS

RETAINING WALL DESIGN
Version 3.5.1 Build 124

Project: New Project
Project No: 원한상수4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Design Parameters
Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Reinforced Fill Type: Silts & sands
Unit Fill: Crushed Stone, 25mm minus
Minimum Design Factors of Safety
sliding: 1.50 pullout: 1.50 uncertainties: 2.00
overturning: 2.00 shear: 1.50 connection: 1.50
bearing: 2.50 bending: 1.50

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Analysis:
Unit Type: Standard 18" / 18.85 kN/m3
Leveling Pad: Crushed Stone
Wall Ht: 9.00 m
Backslope: 25.00 deg. slope,
Surcharge: LL: 13.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 12.00 m
Case: 9
Wall Batter: 8.80 deg.
embedment: 1.80 m
3.00 m long
DL: 0.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 1.00 m

Results:

	Sliding	Overturning	Bearing	Shear	Bending
Factors of Safety:	2.06	4.34	12.57	2.29	2.66

Calculated Bearing Pressure: 190.15 / 169.92 kN/m2
Eccentricity at base: 0.27 m
Reinforcing: (m & kN/m)

Layer	Height	Length	Calc. Tension	Reinf. Type	Allow Ten Tal	Pk Conn Tcl	Serv Conn Tac	Pullout FS
16	8.40	6.30	3.63	UXK110047	10.29 ok	18.88 ok	N/A	>10 ok
15	7.60	6.30	9.06	UXK110047	10.29 ok	20.54 ok	N/A	>10 ok
14	6.80	6.30	14.41	UXK160060	27.52 ok	29.79 ok	N/A	>10 ok
13	6.00	6.30	18.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
12	5.20	6.30	22.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
11	4.40	6.30	22.91	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
10	3.60	6.30	21.85	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
9	2.20	6.30	23.84	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
8	2.60	6.30	25.79	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
7	2.00	6.30	22.96	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
6	1.80	6.30	19.40	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
5	1.20	6.30	20.26	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
4	0.80	6.30	15.75	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
3	0.60	6.30	10.77	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
2	0.40	6.30	10.98	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
1	0.20	6.30	16.88	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok

Dat2008-12-19 Page1
-1080-

Reinforcing Quantities (no waste included):
UXK160060 88.20 m2/m
UXK110047 12.60 m2/m

NOTE: THESE CALCULATIONS ARE FOR PRELIMINARY DESIGN ONLY AND SHOULD NOT BE USED FOR CONSTRUCTION WITHOUT REVIEW BY A QUALIFIED ENGINEER

Dat2008-12-19 Page2
-1081-

DETAILED CALCULATIONS

Project: New Project
Project No: 원한상수4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Leveling Pad: Crushed Stone

Modular Concrete Unit: Standard 18"
Depth: 0.46 m In-Place Wt: 19 kN/m3

Geometry
Internal Stability (Broken geometry)
Height: 9.00 m
Backslope:
Angle: 25.0 deg
Height: 1.40 m
Batter: 8.80deg
Surcharge:
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load: 13.00 kN/m2
Base width: 6.30
External Stability (Horizontal geometry)
Height: 10.40 m
Angle: 0.00Deg
Height: 0.00 m
Batter: 8.80deg
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load:13.00 kN/m2

Earth Pressures:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

Internal		External	
φ	= 30 Deg	φ	= 30 Deg
α	= 98.80 Deg	α	= 98.80 Deg
β	= 25.00 Deg	β	= 25.00 Deg
δ	= 4.44 Deg	δ	= 0.00 Deg
H	= 9.00 m		
ka	= 0.320	ka	= 0.277
Hinge Height:		Hinge Ht= 3 m	

Dat2008-12-19 Page3
-1082-

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Connection Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Frictional 1	Break Pt	Frictional 2
UXK110047	Tcl= Ntan(19.90) + 26	59	Tcl= Ntan(0.00) +0
UXK160060	Tcl= Ntan(32.10) + 33	59	Tcl= Ntan(0.00) +0

Unit Shear Data
Shear = N tan(40.00)
Inter-Unit Shear/Shear = N tan(17.40) + 22.62

Calculated Reactions
For the "modified" design method, the back of the mass assumed to be vertical for calculation of resisting for
effective sliding length = 6.30 m

$P_a := 0.5H\left(\gamma H k_a - 2c\sqrt{k_a}\right)$ $P_q := q\,H\,k_a$
$P_{a_h} := P_a\cos(\delta)$ $P_{q_h} := P_q\cos(\delta)$
$P_{a_v} := P_a\sin(\delta)$ $P_{q_v} := P_q\sin(\delta)$

Reactions are:

Area	Force	Arm-x	Arm-y	Moment
W1	71.57	[0.925]	4.500	71.77
W2	119.12	[1.358]	3.000	165.11
W3	780.87	[4.075]	4.500	3100.72
W5	39.87	[3.850]	9.486	153.52
W7	59.80	[5.575]	9.699	324.00
qt	39.77	[5.575]	10.399	221.74
Pa_h	212.46	N/A	[3.466]	-736.45
Pq_h	27.96	N/A	[5.199]	-145.37
SumV =	1097.12		Sum Mr	4046.93
Sum H	240.42		Sum Mo	-881.82

Calculate Sliding at Base
For Sliding, Vertical Force = W1+W2+W3+W4+qd = 1057.35
The resisting force within the retn. mass , Rf_1 = N tan(30) = 610.46
The resisting force at the foundation, Rf_2 = N tan(30) + (6.30 x 20.00) = 736.46
The driving forces, Df, are the sum of the external earth pressures: Pa + Pqf + Pqd = 240.42
the Factor of Safety for Sliding is Rf_1/Df = 2.54

Calculate Overturning:
Overturning moment: Mo = Sum Mo = -881.82
Resisting moment: Mr = Sum Mr = 3825.20
Factor of Safety of Overturning: Mr/Mo = 4.34

Dat2008-12-19 Page4
-1083-

Calculate eccentricity at base: with Surcharge / without Surcharge
Sum Moments = 3165.12 / 2943.38
Sum Vertical = 1097.12/1057.35
Base Length = 6.30
e = 0.265 / 0.366

Calculate Ultimate Bearing based on shear:
where:
Nq = 18.40
Nc = 30.14
Ng = 22.40 (ref. Vesic(1973, 1975) eqns)
Qult = 2390.15 kN/m2
Equivalent footing width, B' = L -2e = 5.77 / 5.57
Bearing pressure = sumV/B' = 190.15 kN/m2 / 189.92 kN/m2 [bearing is greatest with liveload]
Factor of Safety for bearing = Qult/bearing= 12.57

Calculate Tensions in Reinforcing:
The tensions in the reinforcing layer, and the assumed load at the connection,
is the vertical area supported by each respective layer, Sv.Column [7] is '2c sqrt(ka)'.

Table of Results kN/m

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] h1	[4] ka/sho	[5] Pa	[6] (Pas+Pasd)	[7] c	[8] (5+6)cos(d)-7	[9] Ti	[10] Tci	[11] Tsc
16	0.60	0.50	0.403/45	3.83	0.00	0.00	3.83	3.83	18.86	N/A
15	1.40	1.40	0.351/39	7.47	1.58	0.00	9.06	9.06	20.54	N/A
14	2.20	2.20	0.384/45	12.82	1.59	0.00	14.41	14.41	29.79	N/A
13	3.00	3.00	0.372/47	16.96	1.65	0.00	18.61	18.61	32.51	N/A
12	3.80	3.80	0.353/49	20.96	1.65	0.00	22.61	22.61	32.51	N/A
11	4.60	4.55	0.355/51	21.51	1.40	0.00	22.91	22.91	32.51	N/A
10	5.20	5.20	0.347/51	20.59	1.26	0.00	21.85	21.85	32.51	N/A
9	5.80	5.80	0.341/51	22.54	1.30	0.00	23.84	23.84	32.51	N/A
8	6.40	6.40	0.335/51	24.46	1.33	0.00	25.79	25.79	32.51	N/A
7	7.00	6.95	0.331/51	21.84	1.13	0.00	22.96	22.96	32.51	N/A
6	7.40	7.40	0.330/53	18.55	0.85	0.00	19.40	19.40	32.51	N/A
5	7.80	7.80	0.327/53	19.40	0.86	0.00	20.26	20.26	32.51	N/A
4	8.20	8.15	0.325/53	15.10	0.65	0.00	15.75	15.75	32.51	N/A
3	8.40	8.40	0.324/53	10.33	0.44	0.00	10.77	10.77	32.51	N/A
2	8.60	8.60	0.323/53	10.54	0.44	0.00	10.98	10.98	32.51	N/A
1	8.80	8.85	0.321/53	16.20	0.66	0.00	16.87	16.87	32.51	N/A

Dat8008-12-19 Page5

-1084-

Calculate sliding on the reinforcing:

The shear value is the lessor of base-shear or inter-unit shear.

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] N	[4] Li	[5] Cds	[6] x	[7] RF	[8] ka	[9] Pa	[10] Pas+Pasd	[11] DF	[12] FS
16	0.60	183.15	5.84	0.80	24.24	108.93	0.277	10.53	7.21	1.95	55.82
15	1.40	267.96	5.84	0.80	26.40	160.17	0.277	20.65	10.10	8.63	17.40
14	2.20	350.89	5.84	0.80	28.56	190.62	0.277	34.14	12.98	18.69	10.20
13	3.00	431.94	5.84	0.80	30.60	230.10	0.277	51.01	15.87	32.12	7.16
12	3.80	511.10	5.84	0.80	30.60	266.67	0.277	71.25	18.75	48.93	5.45
11	4.60	588.39	5.84	0.80	30.60	302.36	0.277	94.87	21.64	69.11	4.38
10	5.20	645.11	5.84	0.80	30.60	328.56	0.277	114.80	23.81	86.46	3.80
9	5.80	703.78	5.84	0.80	30.60	354.27	0.277	136.62	25.97	105.71	3.35
8	6.40	755.39	5.84	0.80	30.60	379.49	0.277	160.34	28.13	128.85	2.99
7	7.00	808.94	5.84	0.80	30.60	404.23	0.277	185.96	30.30	149.90	2.70
6	7.40	844.05	5.84	0.80	30.60	420.45	0.277	204.10	31.74	166.31	2.53
5	7.80	878.69	5.84	0.80	30.60	436.44	0.277	223.06	33.18	183.57	2.38
4	8.20	912.86	5.84	0.80	30.60	452.23	0.277	242.90	34.63	201.68	2.24
3	8.40	929.77	5.84	0.80	30.60	460.04	0.277	253.13	35.35	211.05	2.18
2	8.60	946.56	5.84	0.80	30.60	467.79	0.277	263.56	36.07	220.63	2.12
1	8.80	963.23	5.84	0.80	30.60	475.49	0.277	274.21	36.79	230.42	2.06

Dat8008-12-19 Page6

-1085-

Calculate pullout of each layer

The FoS (R+/S+) of pullout is calculated as the individual
layer pullout (Rf) divided by the tension (Df) in in that layer.
The angle of the failure plane is: 30.00 degrees from vertical

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Le	[4] SumV	[5] Ci	[6] PCi	[7] Ti	[8] FS_PO
16	0.60	2.29	87.10	0.80	80.46	3.83	21.01
15	1.40	2.63	139.94	0.80	129.27	9.06	14.28
14	2.20	2.97	203.05	0.80	187.57	14.41	13.02
13	3.00	3.31	276.44	0.80	255.37	18.61	13.72
12	3.80	3.65	360.11	0.80	332.65	22.61	14.71
11	4.60	3.98	445.42	0.80	411.48	22.91	17.96
10	5.20	4.24	517.81	0.80	478.33	21.85	21.89
9	5.80	4.49	594.91	0.80	549.55	23.84	23.05
8	6.40	4.74	676.73	0.80	625.13	25.79	24.24
7	7.00	5.00	763.26	0.80	705.07	22.96	30.70
6	7.40	5.17	823.57	0.80	760.79	19.40	39.22
5	7.80	5.34	885.98	0.80	818.44	20.26	40.40
4	8.20	5.50	936.60	0.80	865.38	15.75	54.94
3	8.40	5.59	962.36	0.80	888.99	10.77	82.56
2	8.60	5.67	988.82	0.80	911.58	10.98	83.03
1	8.80	5.76	1010.18	0.80	933.16	16.86	55.33

Check Shear & Bending at each layer

Bending on the top layer is the FOS of overturning of the Units
(Most surcharge loads need to be moved back from the face.)

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Si	[4] OM	[5] Pr	[6] RM	[7] FS_b	[8] OS	[9] RS	FS_Sh
16	0.60	0.60	0.28	5.17	1.42	5.16	7.36	24.24	17.58
15	1.40	0.80	0.73	8.62	3.09	4.25	3.06	26.40	6.84
14	2.20	0.80	1.25	13.51	4.77	3.81	8.46	28.56	4.42
13	3.00	0.80	1.72	22.41	6.44	3.75	8.77	30.60	3.49
12	3.80	0.80	2.13	25.45	7.18	3.38	10.81	30.60	2.83
11	4.60	0.80	2.51	25.45	7.18	2.86	12.72	30.60	2.40
10	5.20	0.60	1.59	25.45	7.29	4.59	10.67	30.60	2.87
9	5.80	0.60	1.74	25.45	7.29	4.19	11.67	30.60	2.62
8	6.40	0.60	1.89	25.45	7.29	3.86	12.65	30.60	2.42
7	7.00	0.60	2.03	25.45	7.29	3.59	13.63	30.60	2.25
6	7.40	0.40	0.95	25.45	7.42	7.77	9.58	30.60	3.19
5	7.80	0.40	1.00	25.45	7.42	7.43	10.02	30.60	3.05
4	8.20	0.40	1.04	25.45	7.42	7.12	10.45	30.60	2.93
3	8.40	0.20	0.27	25.45	7.57	28.33	5.39	30.60	5.71
2	8.60	0.20	0.27	25.45	7.57	27.77	5.46	30.60	5.60
1	8.80	0.20	0.28	25.45	7.57	27.25	5.57	30.60	5.49

Dat8008-12-19 Page7

-1086-

1.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 1-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽1에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽1에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽1에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽1에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽01의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽01의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 확인되었다. 해당 구조물의 경우 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	양호

1.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리 중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 1-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
-	-	-	-	-

1.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 1-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

1.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 1-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

1.3 현장조사 및 시험

1.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽01은 경상북도 구미시 도개면 다곡리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 496.0m, 지면노출 높이 19.0m의 2단 보강토 옹벽이다.

<표 1-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000080		**관리번호**	SY RW1
시설물명	패널식옹벽 01		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
	위치좌표	시점 : 36°27′54.0″128°40′39.4″		
		종점 : 36°27′39.2″128°40′78.2″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 20.694~21.190km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	496.0m	**지면노출 높 이**	19.0m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	㈜한화건설, ㈜삼호
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 25개구간(S1~S25)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 1-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.2	14	260.0~280.0m	280.0	12.1
2	20.0~40.0m	40.0	4.5	15	280.0~300.0m	300.0	13.7
3	40.0~60.0m	60.0	4.6	16	300.0~320.0m	320.0	13.5
4	60.0~80.0m	80.0	5.8	17	320.0~340.0m	340.0	11.8
5	80.0~100.0m	100.0	9.1	18	340.0~360.0m	360.0	12.0
6	100.0~120.0m	120.0	18.2	19	360.0~380.0m	380.0	12.0
7	120.0~140.0m	140.0	19.0	20	380.0~400.0m	400.0	9.0
8	140.0~160.0m	160.0	19.0	21	400.0~420.0m	420.0	11.5
9	160.0~180.0m	180.0	13.2	22	420.0~440.0m	440.0	11.2
10	180.0~200.0m	200.0	6.0	23	440.0~460.0m	460.0	9.2
11	200.0~220.0m	220.0	10.2	24	460.0~480.0m	480.0	7.8
12	220.0~240.0m	240.0	8.8	25	480.0~496.0m	496.0	7.4
13	240.0~260.0m	260.0	11.8	-	-	-	-

주1) 88.0~180.0m, 250.0~496.0m 구간은 2단임) 조사항목

<표 1-9> 보강토 옹벽의 조사항목

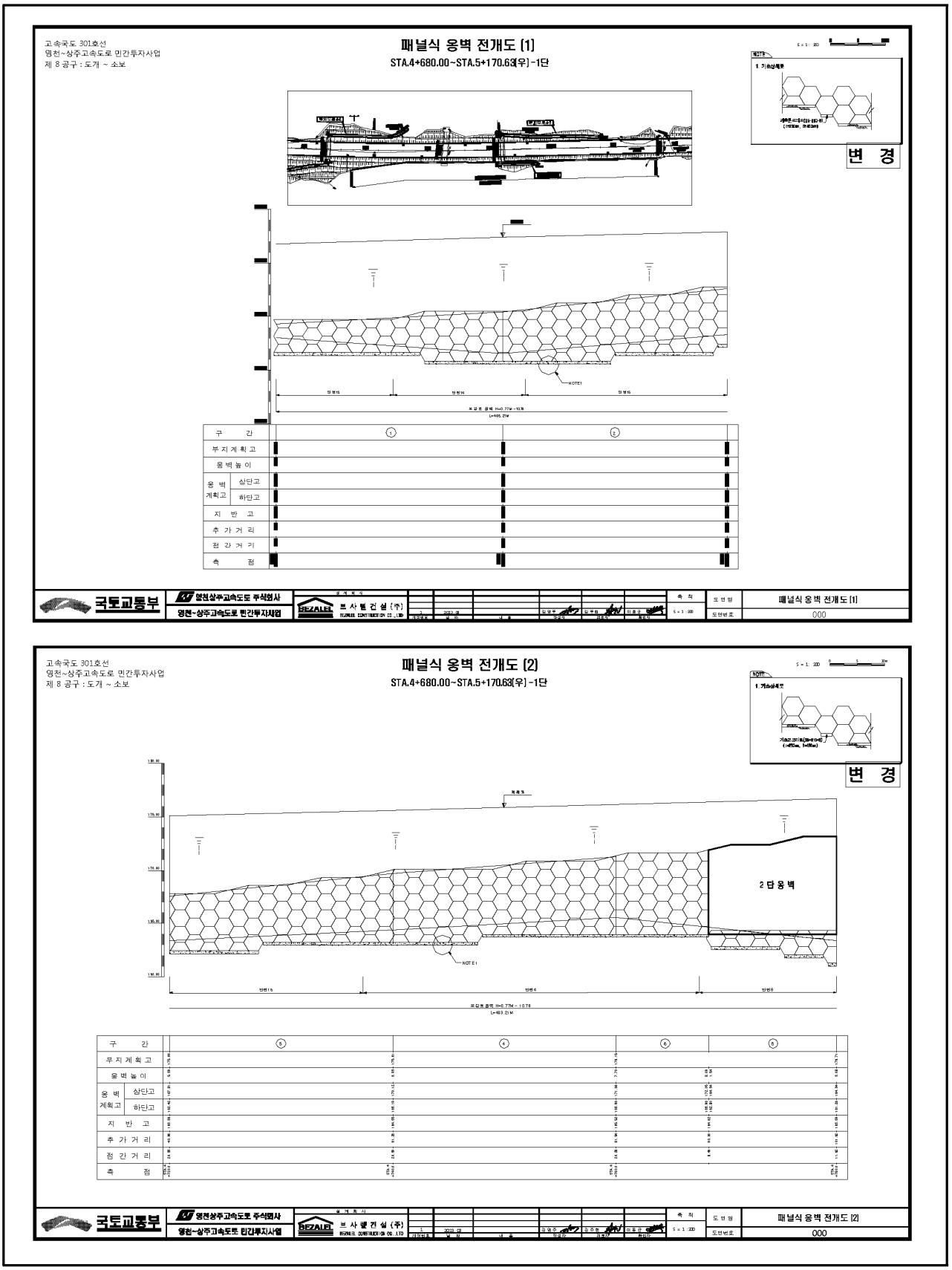
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

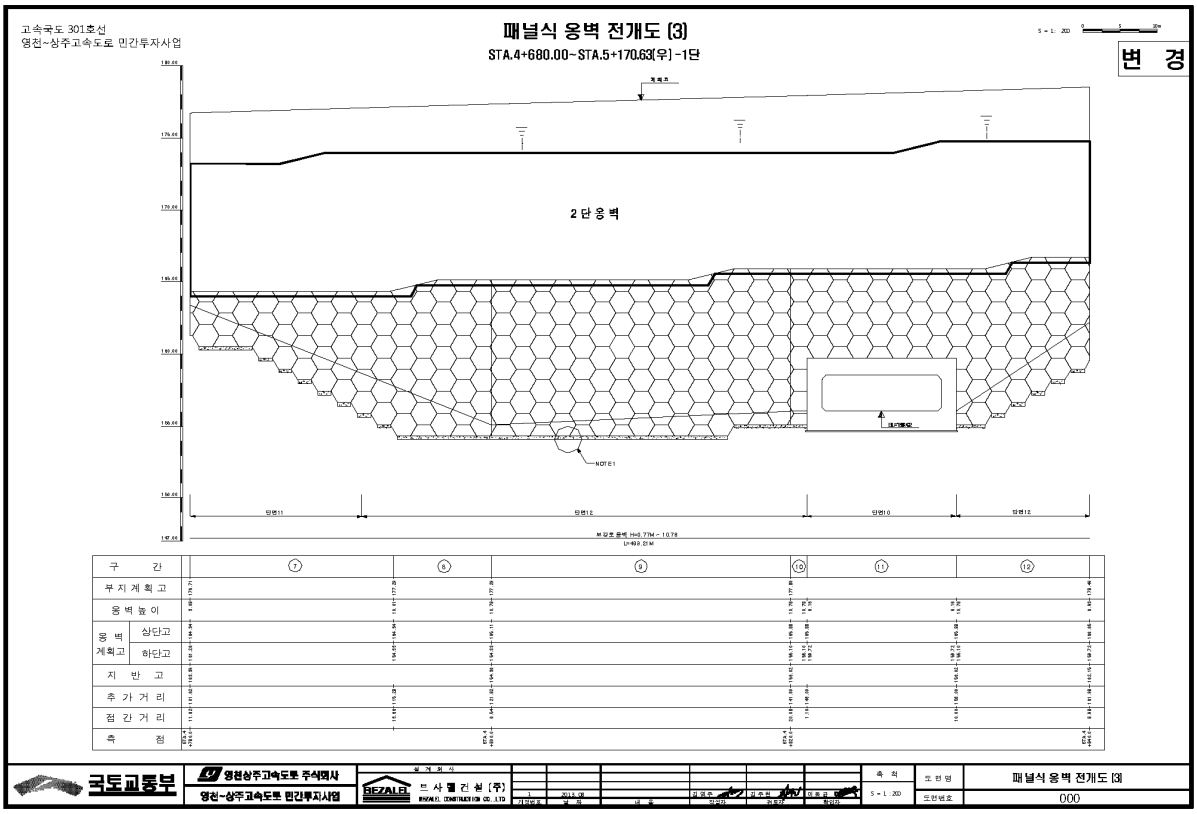
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

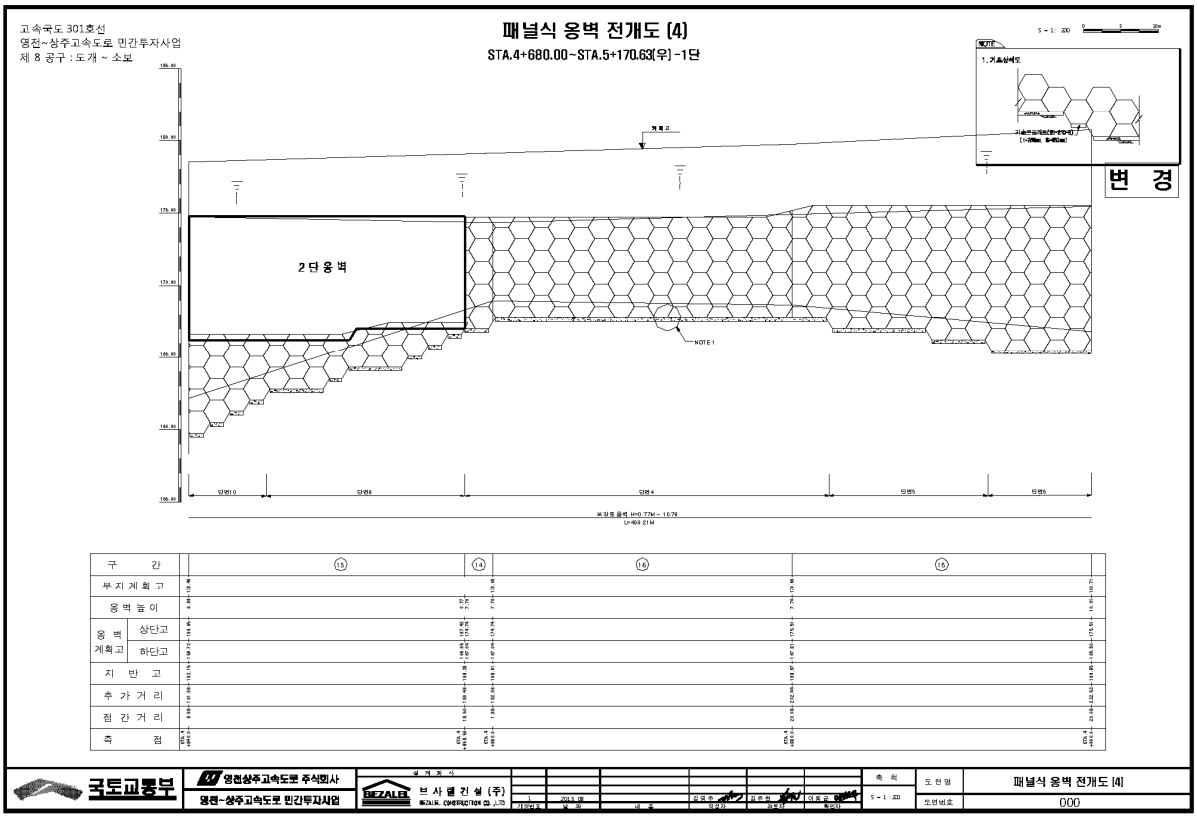
주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면

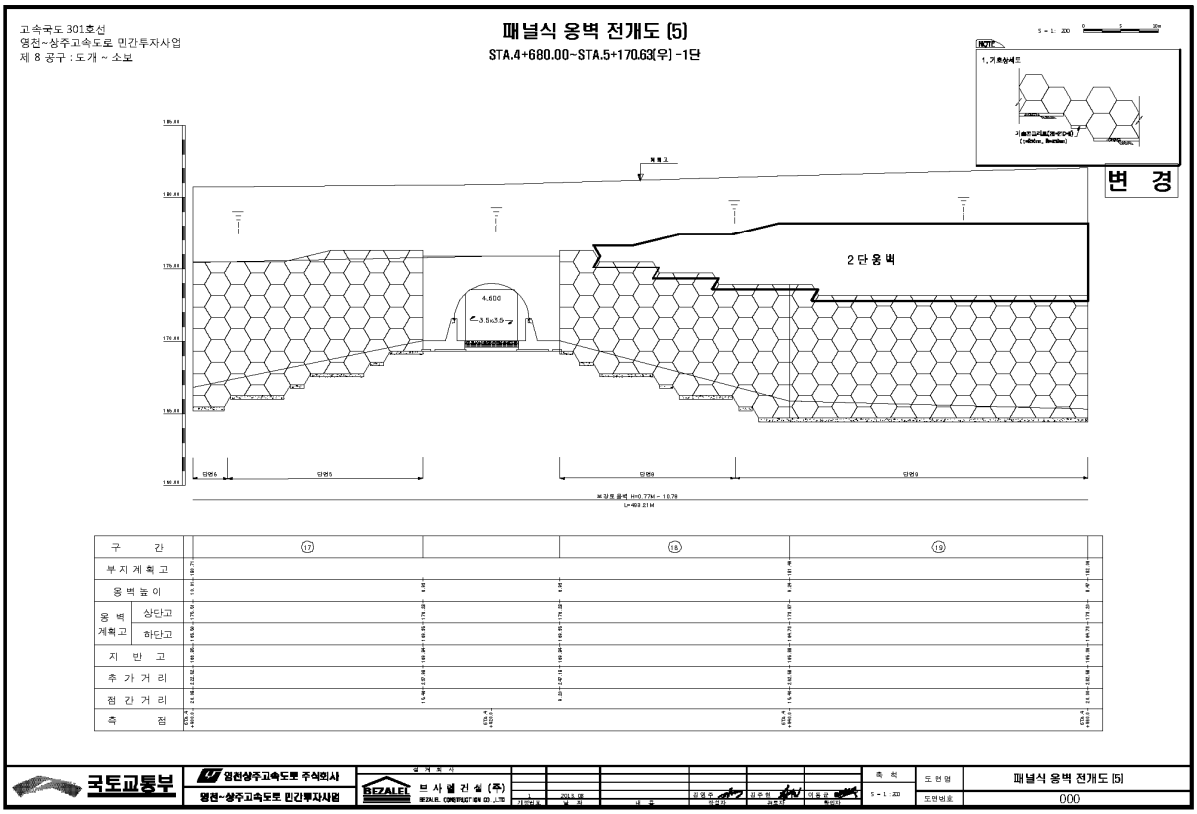


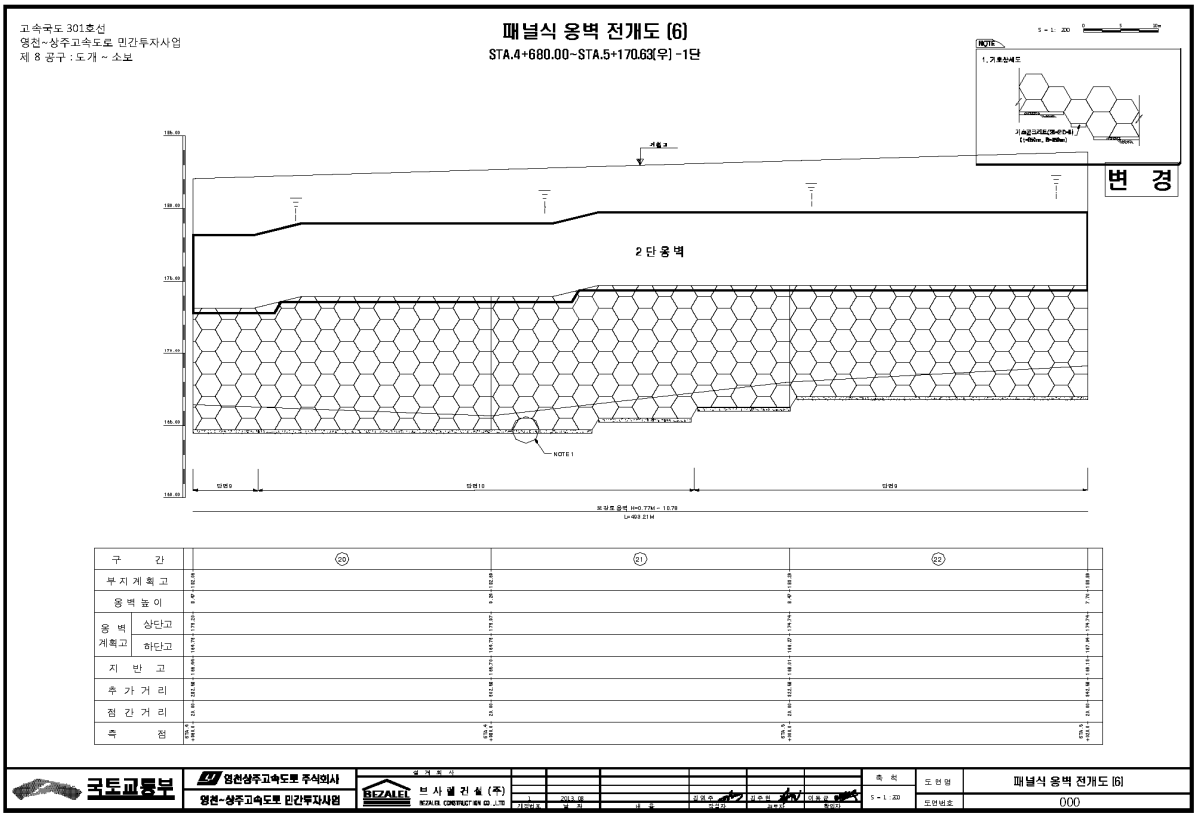
<그림 1-2> 전개도


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
패널식 옹벽 전개도 (3)
STA.4+680.00~STA.5+170.63(우)-1단
변 경
2단옹벽
NOTE1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (3)
000

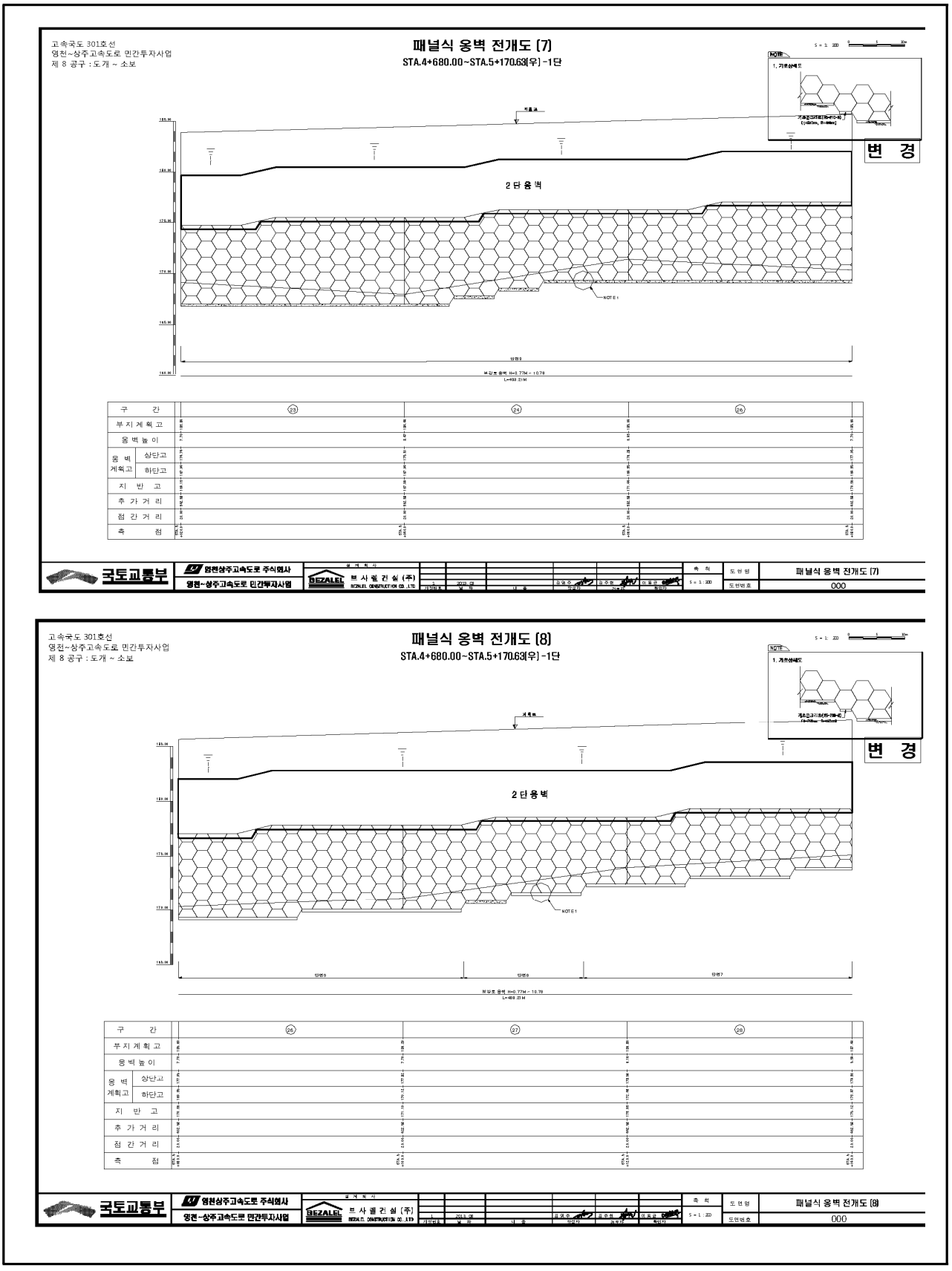

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소로
패널식 옹벽 전개도 (4)
STA.4+680.00~STA.5+170.63(우)-1단
변 경
2단옹벽
NOTE1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (4)
000

<그림 1-2> 전개도(계속)

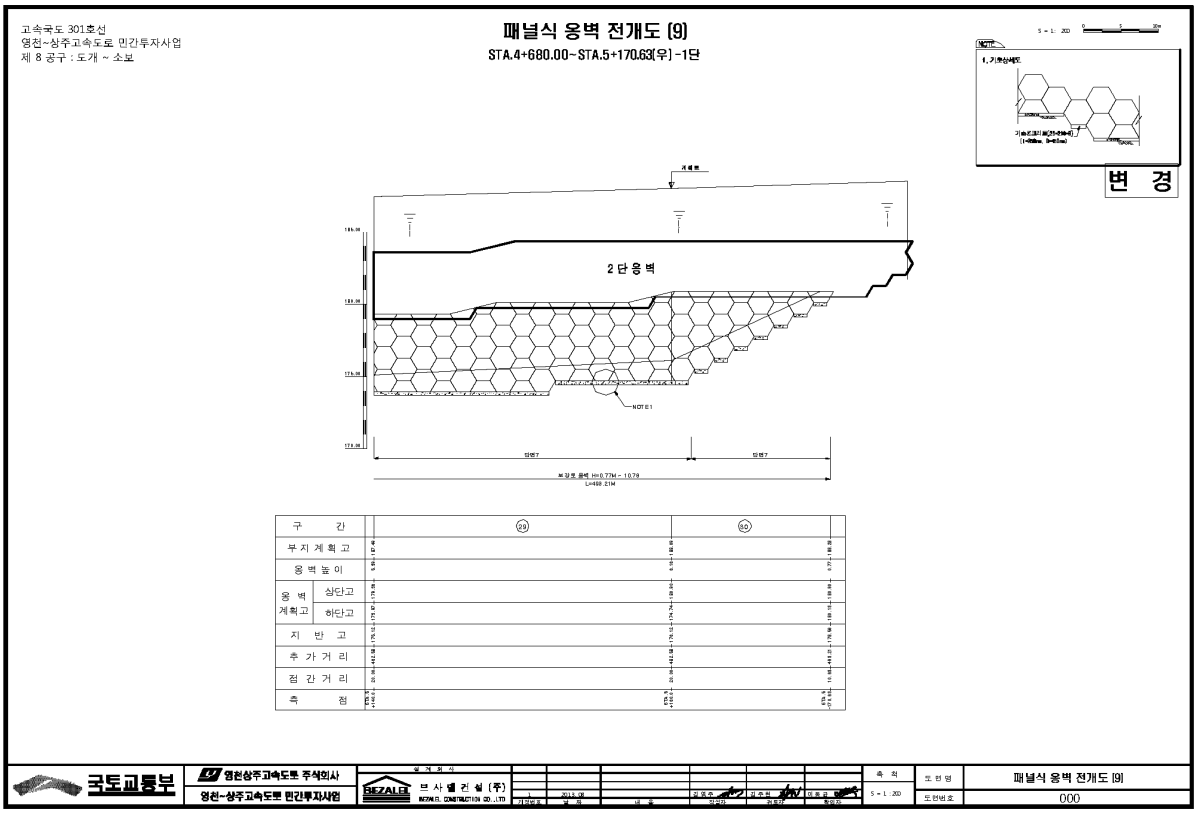

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (5)
STA.4+680.00~STA.5+170.63(우) -1단
변 경
2단옹벽
4.600
3.5x3.5
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
도면명
패널식 옹벽 전개도 (5)
도면번호
000

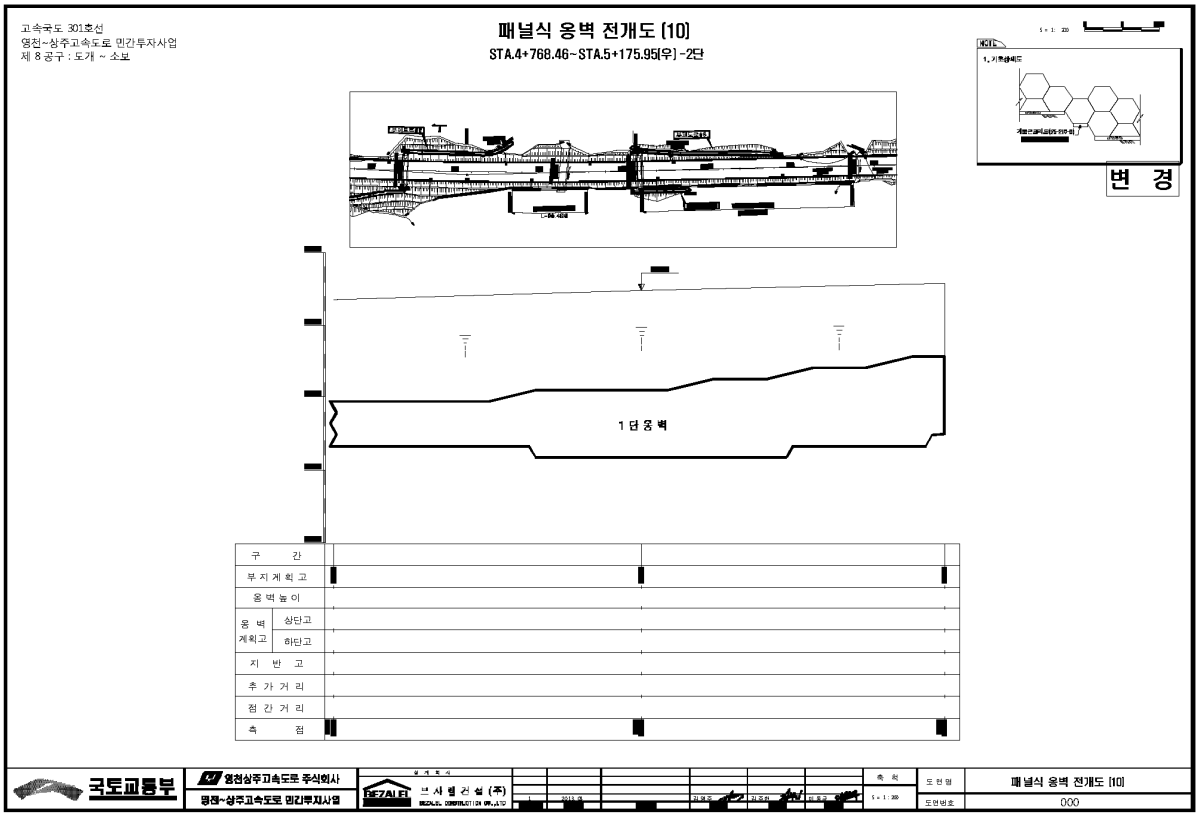

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (6)
STA.4+680.00~STA.5+170.63(우) -1단
변 경
2단옹벽
NOTE 1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
도면명
패널식 옹벽 전개도 (6)
도면번호
000

<그림 1-2> 전개도(계속)

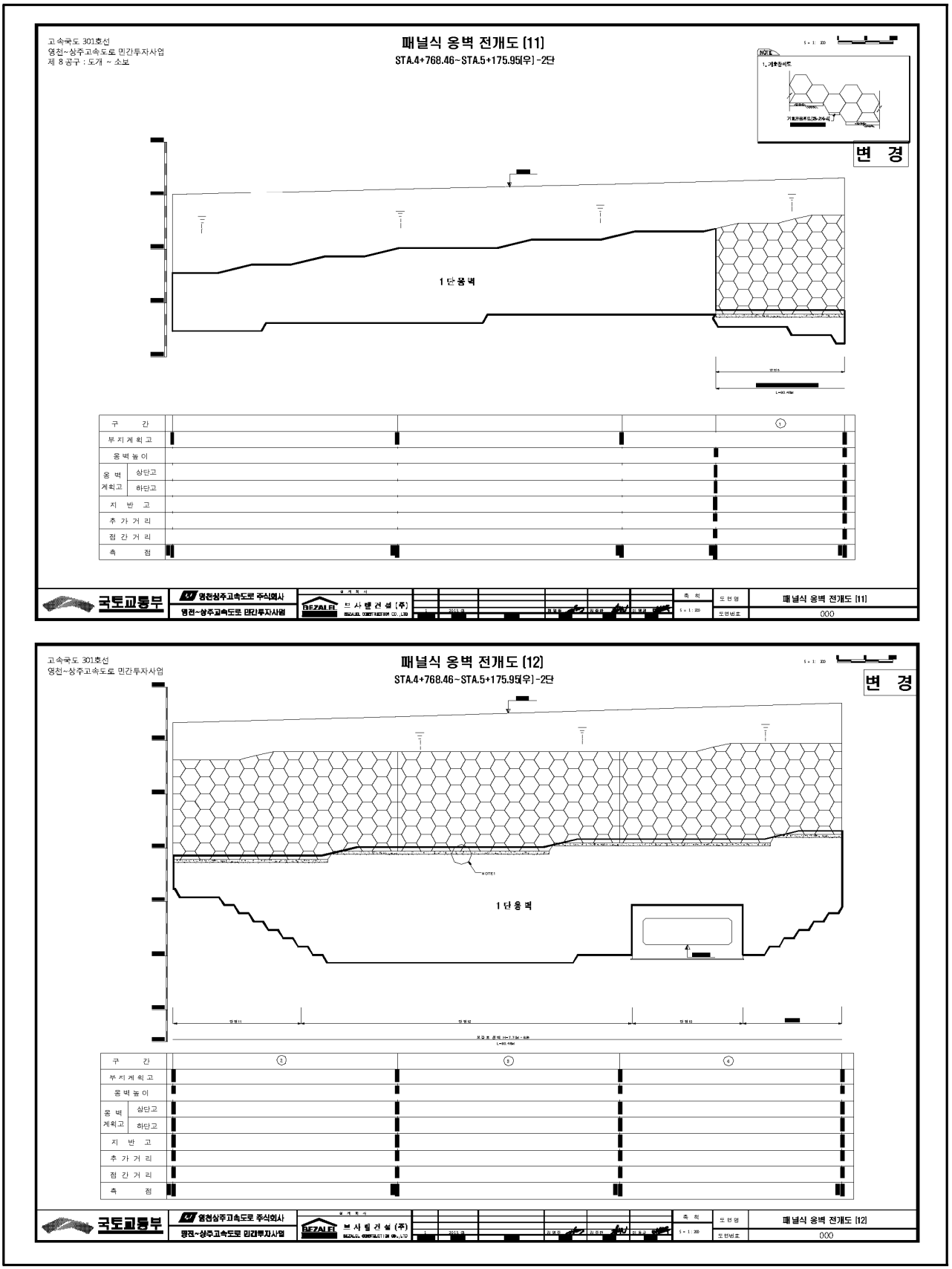

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (7)
STA.4+680.00~STA.5+170.63[우]-1단
변 경
2단옹벽
NOTE 1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 렐 건 설 (주)
BEZALEL CONSTRUCTION CO., LTD
패널식 옹벽 전개도 (7)
000
고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (8)
STA.4+680.00~STA.5+170.63[우]-1단
변 경
2단옹벽
NOTE 1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 렐 건 설 (주)
BEZALEL CONSTRUCTION CO., LTD
패널식 옹벽 전개도 (8)
000

<그림 1-2> 전개도(계속)

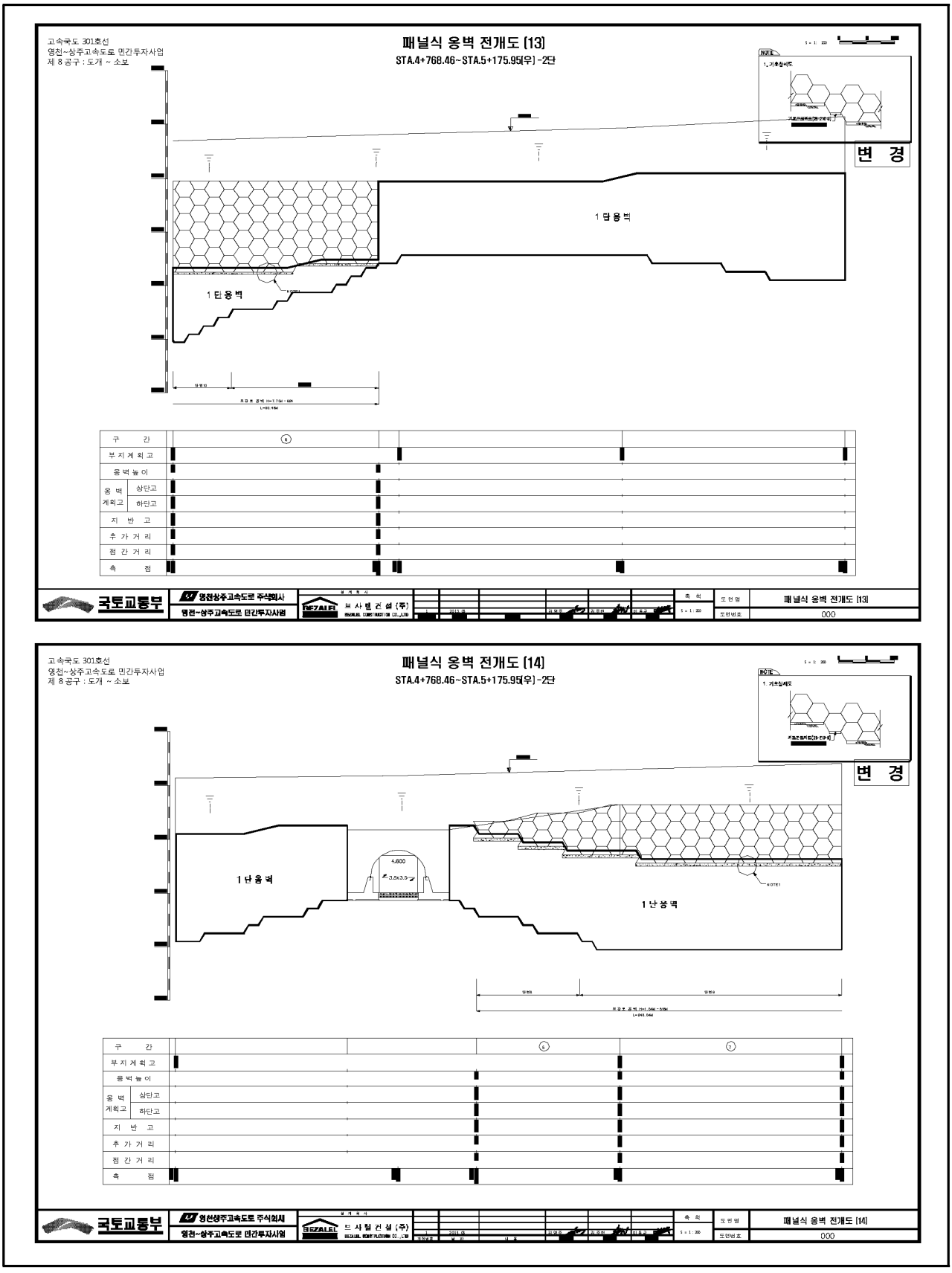

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (9)
STA.4+680.00~STA.5+170.63(우) -1단
변 경
2단옹벽
NOTE1
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브사넬건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (9)
000


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (10)
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브사넬건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (10)
000

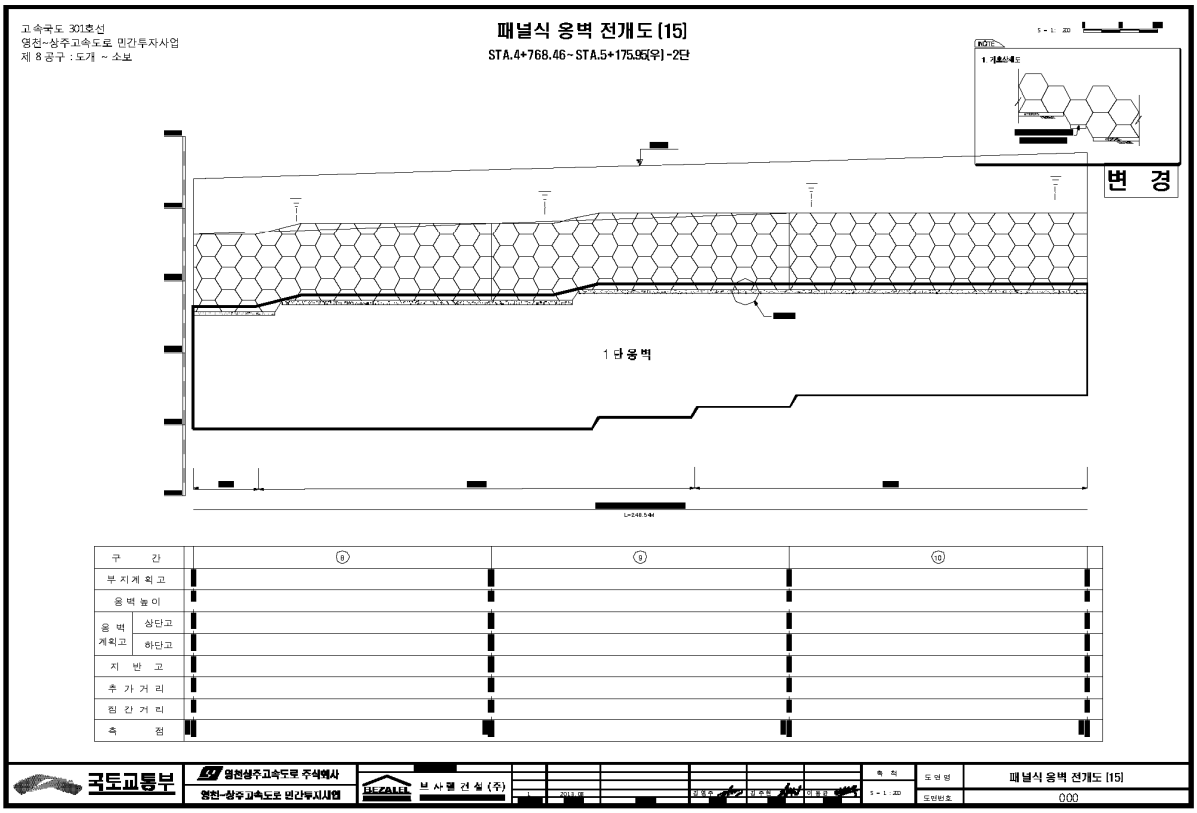
<그림 1-2> 전개도(계속)

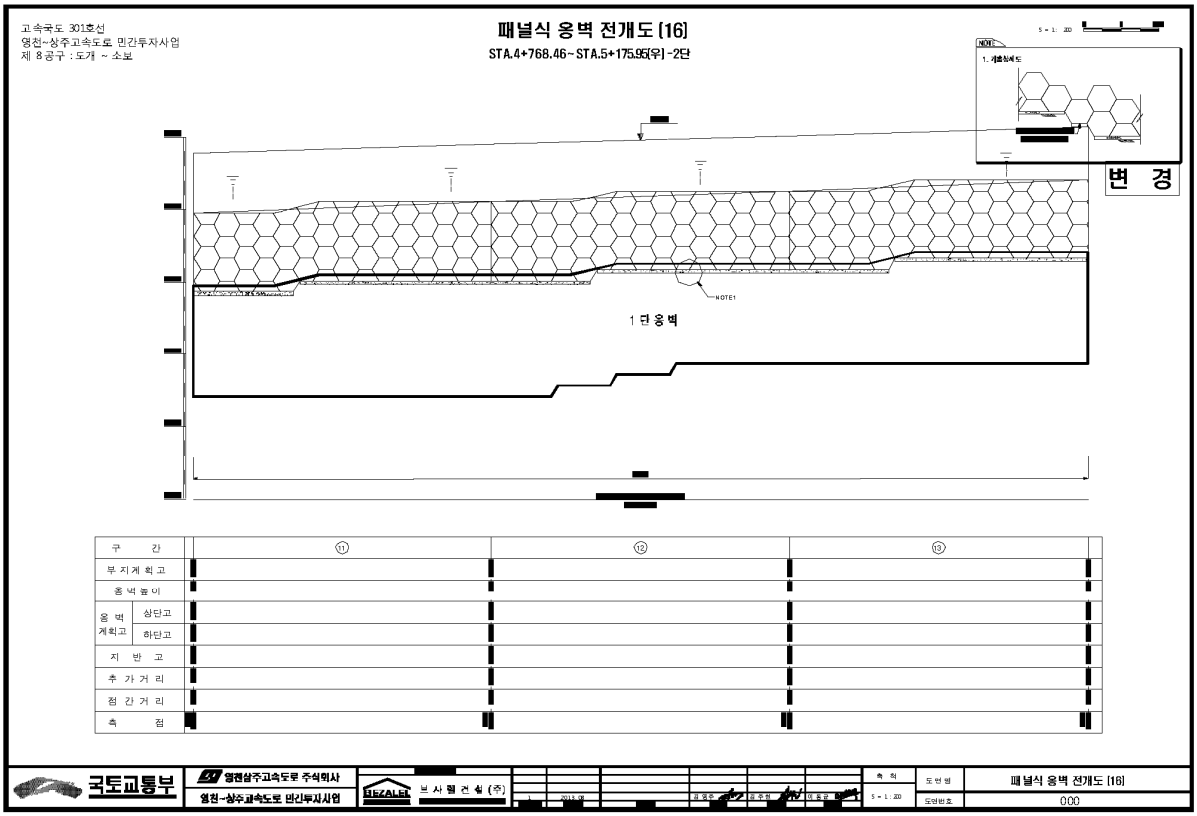

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (11)
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
옹 벽 계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 시 텔 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (11)
000
고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
패널식 옹벽 전개도 (12)
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
옹 벽 계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 시 텔 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (12)
000

<그림 1-2> 전개도(계속)

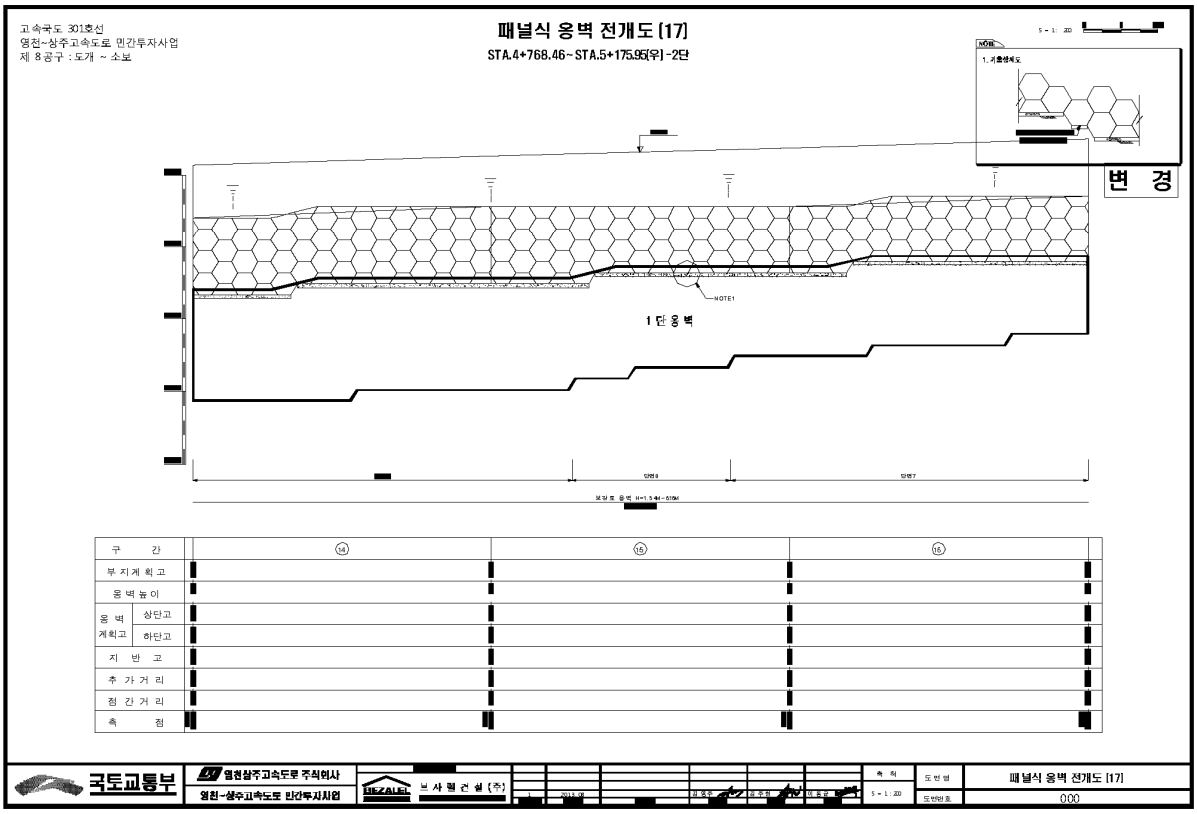

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (13)
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
측 적
도면명 패널식 옹벽 전개도 (13)
도면번호 000
고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (14)
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
1 단 옹 벽
4,600
3.0x3.0
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
측 적
도면명 패널식 옹벽 전개도 (14)
도면번호 000

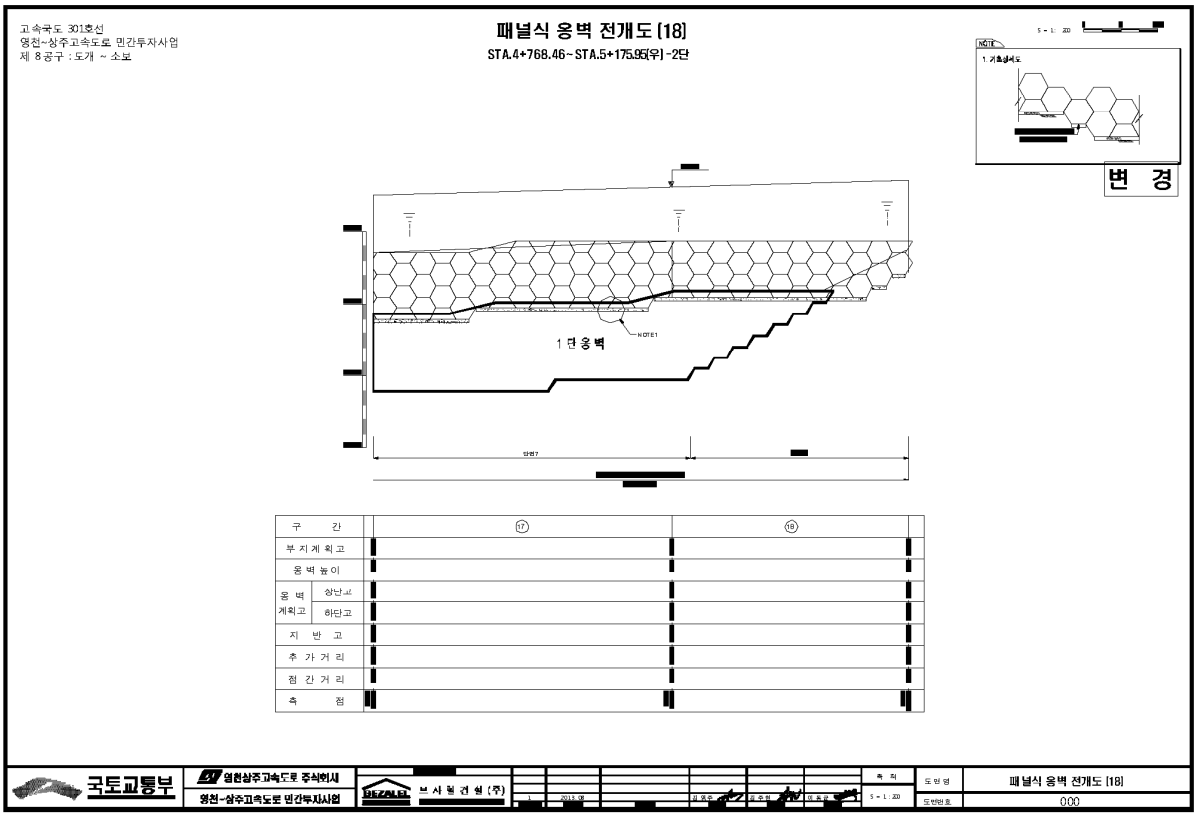
<그림 1-2> 전개도(계속)


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [15]
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 [15]


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [16]
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 [16]

<그림 1-2> 전개도(계속)


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [17]
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
NOTE1
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
옹 벽 계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천-상주고속도로 민간투자사업
브 사 월 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 [17]


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [18]
STA.4+768.46~STA.5+175.95(우) -2단
변 경
1 단 옹 벽
NOTE1
구 간
부 지 계 획 고
옹 벽 높 이
옹 벽 계획고 상단고
옹 벽 계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천-상주고속도로 민간투자사업
브 사 월 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 [18]

<그림 1-2> 전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



암거 전경

1.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

	
전면부 전경	전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 1-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 1-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 1-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부(2단)에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
- 보강토 옹벽의 상단부(2단)에는 배수로가 설치되어있으며, 배수관 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.
- 금회 콘크리트 옹벽의 배수시설에 대한 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태이며, 구조물의 배수기능에 문제가 없는 것으로 확인되었다.




상부배수로 시공상태

<표 1-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 1-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면조사	사면구배	상태양호	-	-	-	
	침출수	상태양호	-	-	-	



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

1.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 1-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상 ○ 해당없음 ○ 해당없음	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

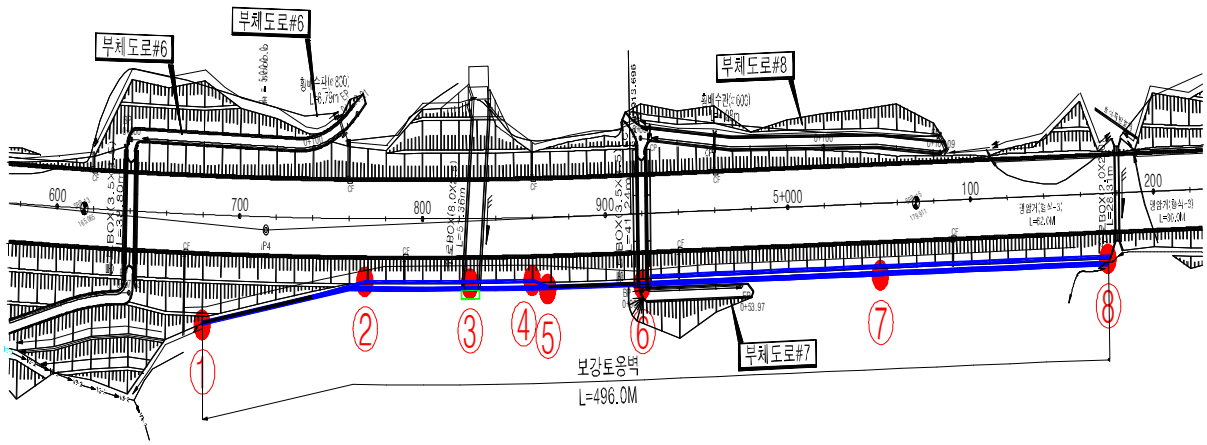
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 1-16> 기울기 측정결과

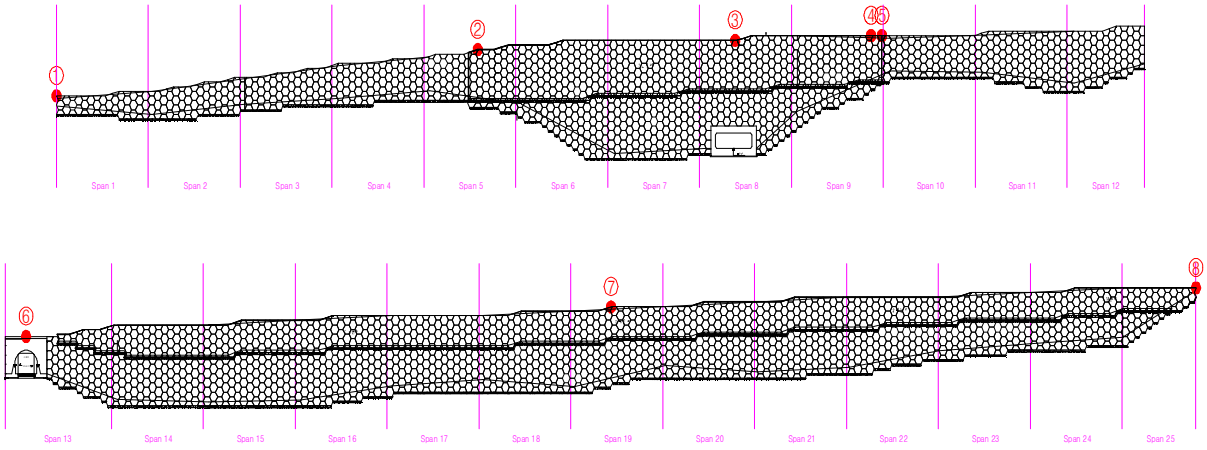
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	149m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
2	237m	89.9°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	280m	89.9°	90.0°	비진행성, 2%미만
4	311m	89.9°	89.7°	비진행성, 2%미만

<표 1-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	190152.5	218757.2	28.751	⑤	190233.8	218616.5	24.945
②	190164.0	218741.4	28.168	⑥	190244.7	218598.7	25.106
③	190177.5	218720.9	27.069	⑦	190295.2	218561.3	26.591
④	190202.5	218674.2	23.911	⑧	190315.9	218556.2	27.682



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 1-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

1.4 안전성능 평가

1.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 1-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 1-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 1-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

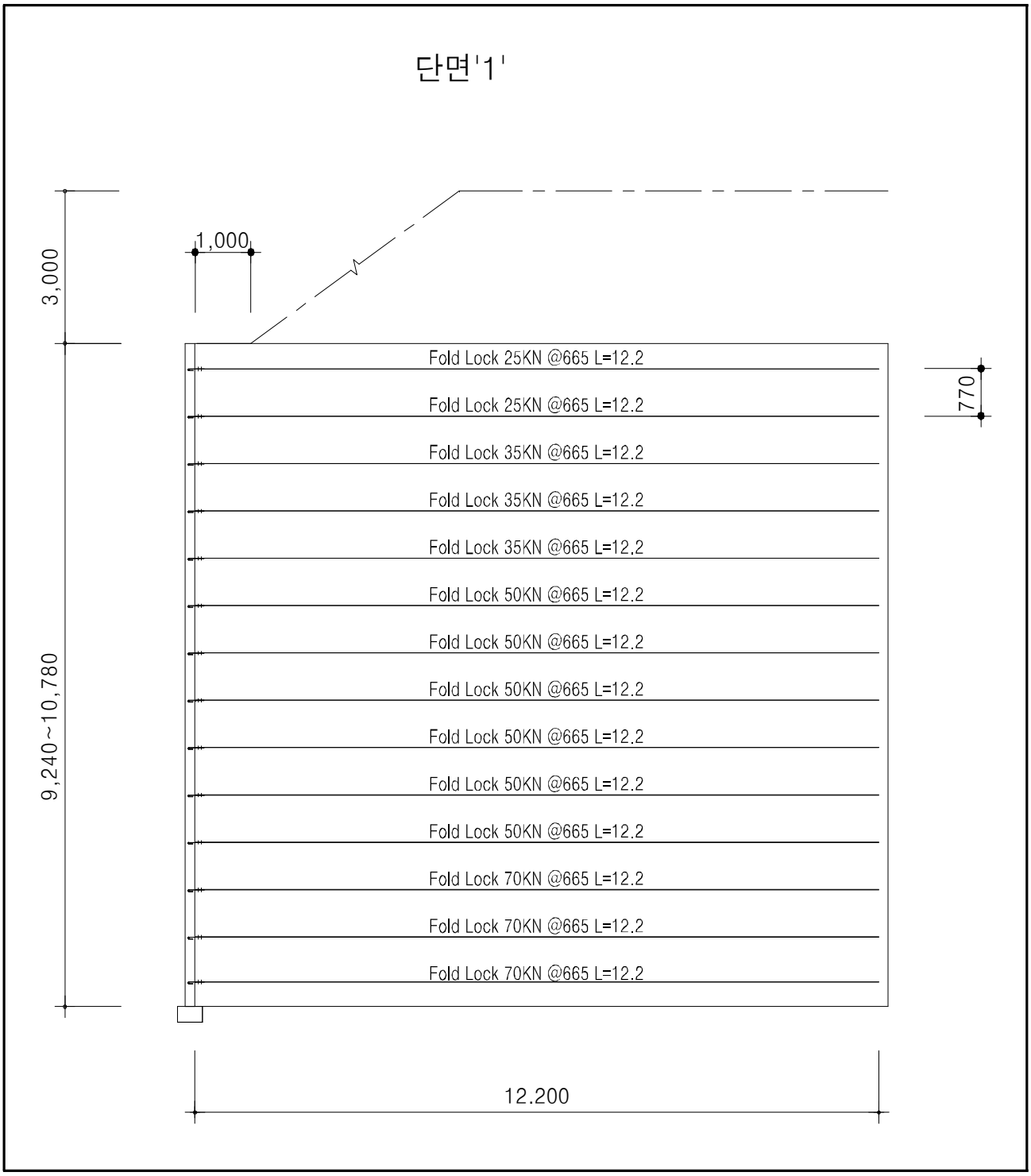
SPAN NO.	침하	계획선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S25	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	a
									상태평가 결과					A	

1.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 1-4> 검토단면도

다. 설계조건

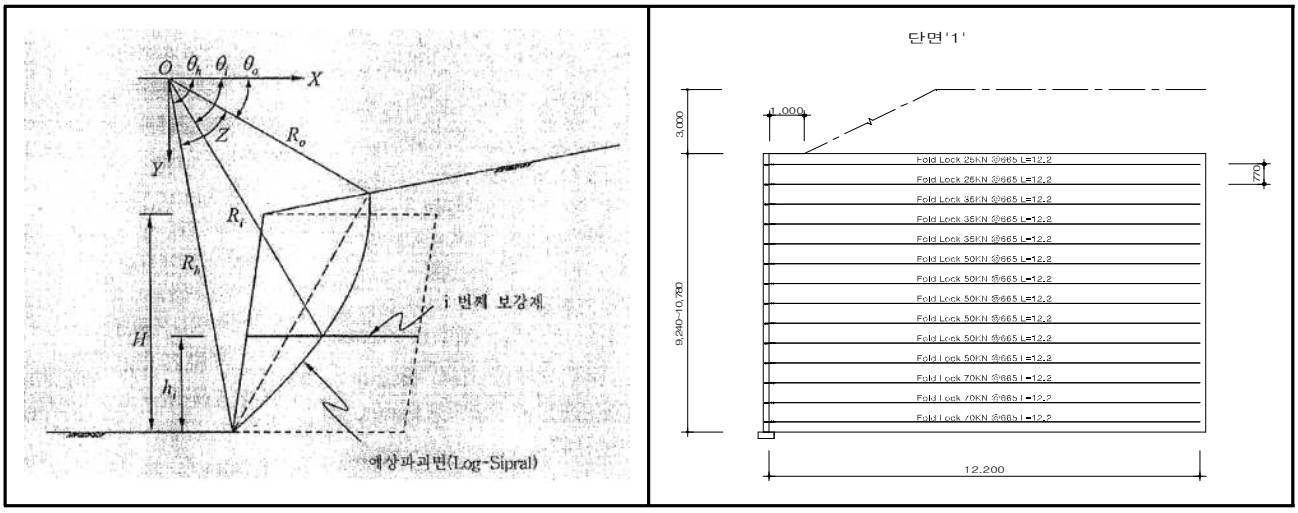
1) 토질정수

<표 1-21> 적용 토질정수

구분	단위중량 Υ_t (kN/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (kPa)	비 고
보강토 구간	1.90	30	0	
일 반 구 간	1.90	25	0	
기 초 지 반	1.75	30	1	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



<그림 1-5> 토압작용 모식도

2) 하중조건

가) 상재하중(활하중) : 1.50 tf/㎡ (15.0 kPa)

성토 높이와 구조물의 하중을 고려하여 검토하였다.

3) 토압계수

- 토압계수 = 0.296

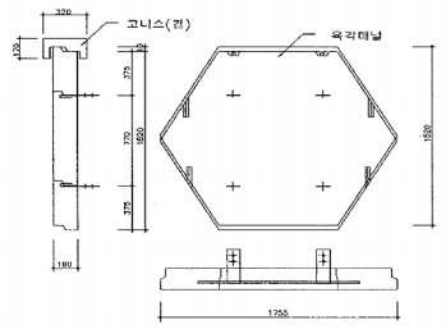
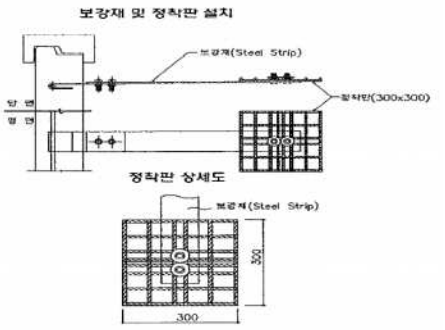
4) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

5) 사용재료 규격

- 폭(B) = 1,755㎜ - 높이(H) = 1,520㎜

<표 1-22> 패널 및 보강재 제원

구 분	육각 P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

마. 안정해석 결과

<표 1-23> 안정해석 결과표

구 분	외 적 안 정			내 적 안 정	
	지지력	활동	전도	보강재 파단	보강재 인발파괴
설계 안전률	2.50	1.50	2.00	1.50	2.00
계산치 안전율	3.66	1.85	3.24	1.83	6.39
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK

다. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 1-24> 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	활동	상시	1.85	a	1.5이상
	전도		3.24	a	2.0이상
	지지력	상시	3.66	a	3.0이상
내적 안전성 평가	보강재 파단		1.83	a	1.0이상
	보강재 인발		6.39	a	1.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

1.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 1-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽01		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 1-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

1.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

1.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 1-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 10개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 1-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S1	37.0	35.1	30.2	0.65	117.0	100.7	30.0
	S3	39.3	37.3	33.6	0.65	124.3	112.0	
	S5	37.3	35.3	30.6	0.65	117.7	102.0	
	S7	39.5	37.5	33.9	0.65	125.0	113.0	
	S9	39.9	37.9	34.5	0.65	126.3	115.0	
	S11	38.4	36.4	32.2	0.65	121.3	107.3	
	S13	37.4	35.4	30.7	0.65	118.0	102.3	
	S15	37.0	35.1	30.2	0.65	117.0	100.7	
	S17	37.0	35.1	30.1	0.65	117.0	100.3	
	S19	37.2	35.3	30.4	0.65	117.7	101.3	

<표 1-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	117.0	100.7	-	a	-	30.0
S3 건전부	124.3	112.0	-	a	-	
S5 건전부	117.7	102.0	-	a	-	
S7 건전부	125.0	113.0	-	a	-	
S9 건전부	126.3	115.0	-	a	-	
S11 건전부	121.3	107.3	-	a	-	
S13 건전부	118.0	102.3	-	a	-	
S15 건전부	117.0	100.7	-	a	-	
S17 건전부	117.0	100.3	-	a	-	
S19 건전부	117.7	101.3	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 1-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 구미시 도개면 다곡리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	A
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

1.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 1-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

1.6 종합평가

1.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 1-6> 종합평가 흐름도

1.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 1-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 1-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽01			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.140	A	0.8	
내구성능평가	0.080	B	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 1-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

1.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

1.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 1-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

1.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 1-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.140	0.080	0.128
평가결과	A	A	A

1.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 1-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 1-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
-	-	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						
재 경 비(천원)						
총 공사비(천원)						

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 1-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	손상 내용	손상 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

1.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 구미시 도개면 다곡리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 19.0m를 보이며, 총 연장은 L=496.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관상태도 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제2장 패널식옹벽02

2.1 대상 시설물 현황

2.2 관련 자료의 분석

2.3 현장조사 및 시험

2.4 안전성능 평가

2.5 내구성능 평가

2.6 종합평가

2.7 유지관리 전략 제안

2.8 종합결론

제2장 패널식옹벽02

2.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 달산리(상주영천고속도로 25.414~25.852km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 438.0m, 지면노출높이 15.0m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 2-1> 시설물 현황(패널식옹벽02)

시설물 번호	RW2017-0000081		**관리번호**	SY RW2
시설물명	패널식옹벽02		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 달산리		
	위치좌표	시점 : 36° 25′71.5″ 128° 45′12.8″		
		종점 : 36° 25′71.1″ 128° 45′54.4″		
	관리이정	고속국도 301호선 25.414 ~ 25.852km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	438.0m	지면 노출높이(m)	15.0m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	㈜한화건설, ㈜삼호
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 2-1> 대상 시설물 현황도

2.2 관련 자료의 분석

2.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 2-2> 유지관리 관련자료 현황

보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

2.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제3공구 : 도개~소보, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:500,000)	분 석 내 용
	• 쥬라기의 관입암류, 백악기 경상층군의 신동층군,낙동층의 안경산층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포 • 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 퇴적암과 경계부는 흔별스화 • 습곡 내지 조림절, 등림절 조직 무세 • 우보단층 : 이 지역 중동변에서 북서부로 함한 우보단층은 선산 구조소분지를 절단. 다극동(청화산 남서의의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있은 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의직용을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분		분 석 내 용
터널구간	군위터널 (장화터널)	• 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암 • 표토층은 비탈면 퇴적층인 붕적층으로 입구부는 지표에서 5.5~12.0m, 출구부는 18.0m 두께, 자갈섞인 실트질 모래, 전석, 매우조밀 • 풍화토는 입구부에서만 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매우조밀 • 풍화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세일, 사암 및 혼운모 화강암의 풍화대 • 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세일 및 사암, 심한파쇄, TCR=25~85%, RQD=0~45%
교량구간	신계교 (석성교)	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 퇴적층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈섞인 실트질 모래 및 점도질 실트, 매우느슨 내지 매우조밀 • 풍화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=0%
	개창교	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 점토 • 퇴적층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트섞인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 풍화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, TCR=80%, RQD=45%

51

구 분		분 석 내 용
교량구간	다곡교	• 분포지층 : 매립층, 연암 • 매립층은 지표에서 4.3m 두께로 분포, 모래질 자갈, 매우조밀, 습윤 • 연암은 지표하 4.3~6.3m에 2.0m 두께로 분포, 역질사암, 보통풍화 내지 심한풍화, 약암 내지 보통강암 TCR=67%, RQD=52%
	도개교	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 지표에서 1.5~2.6m 두께로 분포, 모래섞인 전석 및 실트질 모래, 느슨 • 퇴적층은 지표하 1.5~12.0m에 4.5~9.4m 두께로 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 • 풍화암은 지표하 6.0~8.5m에 2.5m 두께로 분포, 역질 사암, 매우조밀 • 연암은 지표하 8.5~12.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, 사암 및 화강암, TCR=40~50%, RQD=0~43%
비탈면구간	쌓기	• 분포지층 : 매립층, 퇴적층, 풍화암, 연암 • 매립층은 전층에 분포, 모래섞인 전석 및 실트질 모래, 느슨 • 퇴적층은 매립층 하부에 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 • 풍화암은 역질 사암, 매우조밀 • 연암 출현심도가 대체로 얕음
	뒤기	• 표토의 층두는 얇고, 풍화대 역시 수 미터 이내 • 분포암층은 주로 역질 사암, 역암 및 화강암 • 암 강도는 풍화도에 따라 상이하나 보통 강함 내지 강함

4.1.3 현장답사를 통한 중점검토사항 도출

가. 주요 결과





• 3공구 군위터널 중점부 인근 계곡부에 발달
• 사암과 역암이 혼별스화
• 테일러스 직경은 30cm~200cm 정도, 심도 10m 정도로 추정
• 경구부 지층 정밀 파악 필요 (경구비탈면안정/보강공법선정)

나. 중점검토사항 도출

구 분	조사내용 및 분석결과	중점검토사항
터널 구간	• 터널 굴착시 붕락 등이 예상되는 세일 분포 • 군위터널 구간에 우보단층 출현 • 군위터널 인근에 계곡부 발달	• 지층 형상 및 구조의 심도 파악을 위한 시추조사, 전기 비저항 탐사, 탄성파 탐사 수행 • 단층 공학적 특성 분석을 위한 상세조사 수행 • 붕적층 분포 파악을 위한 상세 시추 및 물리탐사 수행
교량 및 비탈면 구간	• 장년기~노년기 지형으로 풍화대 발달 • 굴착시 풍화에 민감한 퇴적암 발달 • 암종 변화 및 지형기복에 따른 기초 지지층 변화가 심할 것으로 예상	• 지층분포 파악을 위한 시추조사 및 탄성파탐사 • 사업구간 주변 비탈면 시공 현황 상세 조사 • 지지층 확인을 위한 시추조사와 암반 특성 파악을 위한 암석시험 수행

52

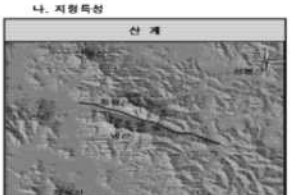
4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

• 백악기 경상분지의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
• 백악기 경상층군의 신동층군 낙동층의 안경산층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포

나. 지형특성

산 계	수 계
	
• 과업지역의 중앙부에는 주변 산등에 비해 비교적 높은 고도를 보이는 청화산과 냉산이 위치 • 과업노선은 청화산과 냉산 사이의 저지대를 따라 지나가며 서북서 방향의 선구조 위에 놓임	• 과업노선의 서쪽에는 낙동강이 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있으나 노선과는 교차하지 않음 • 과업노선의 시점부는 북쪽으로 흐르는 위천의 지류인 곡정천과 교차함

다. 분포 암종 특성

구 분	지질특성
안경산층원 하부 잠식질 역질 사암	• 잠식의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 • 풍화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
안경산층원 상부 역질 사암	• 역의 크기는 수 cm~수십 cm이며 원래는 아원형으로 기질 지질성임
흔별스 (Hornfels)	• 불국사 화강암의 관입에 의한 열접촉에 의해 치밀한 구조를 보이며 풍화에 상당히 강할 것으로 예상됨
금당리층원 세일(Shale)	• 압축으로 인한 투개점(fissility)이 발달. 또한 이 투개점과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 습리방향으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
화강암	• 담회색의 중입 내지 세립질 암석으로 약간의 엽기성광물 집합체를 함유 • 층림~조립질을 보이며 등립질 조직이 우세, 수 cm 크기의 장석반정이 나타남 • 과업구간 주변의 높은 지형을 형성

53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

라. 지질 계통도

지질시대			층 명		특 성	비 고
제4기			충적층(Qal)		• 하천 및 산록 퇴적물	
			~~ 부정합 ~~			
중생대	백악기		충상암맥(K_{di}) 산성암맥(K_{di})		• 과상의 지질	• 신 구간에서 기반암을 관입
			~~ 관입 ~~			
			화강암(K_{gr})		• 과상의 지질	• 3공구 중앙부
			~~ 관입 ~~			
		유천층군	안산암질암(K_{an})		• 주로 풍화암으로 구성	• 노선대 교차하지 않음
		~~ 관입 및 분출 ~~				
		신동층군	낙동층 (ke1)	안경산층원 (Ka1-nm)	상부 (Ka1-num)	• 사암과 역질사암, 역암 교호	•3공구 중앙 및 종점부
					하부 (Ke1-nim)	• 잠식질 사암과 역질사암, 역암 교호 • 최하부에 안질층 협재	•3공구 시점 및 중앙부

마. 지체구조



• 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 복복동함의 단층대기 도폭의 동부지역을 통과
• 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 우수향 주향이동 단층인 선암단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 압산단층계가 발달
• 과업구간과는 서북서방향의 우보단층이 가장 중요한 구조선으로 노선을 지배하고 있음
• 경상 누층군의 퇴적암류 내 층리 변화를 보면 동서 방향의 습곡축을 가지고 개방습곡이 발달하는데, 이들 습곡축들은 서북서 방향의 우수향 방향의 단층에 끊기고 있음

4.2.2 영상정보를 활용한 선영 구조 분석

가. 반공위성영상 분석

(1) 목 적
• 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
• 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악
• 과업구간에 대한 지질분포의 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

(2) 원리 및 방법
• 15m급 해상도의 Landsat-7 ETM+ 위성영상을 이용하여 분석실시
• 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 밴드비율 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
• 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

54

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구 지반조사

1.2 조사목적

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구를 위한 지반조사
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위 치	• 시점 : 경상북도 구미시 도개면 (STA. 0+000) (X=310,453.951, Y=142,180.556) • 종점 : 경상북도 군위군 소보면(STA. 12+935) (X=304,851.7911, Y=153,668.900) • 연장 : 12.935km
특 성	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제 2경부축(상주~영천 고속도로 건설 • 대구~포항 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 창의와 효율로 정부재정지원의 효율적 집행 도모



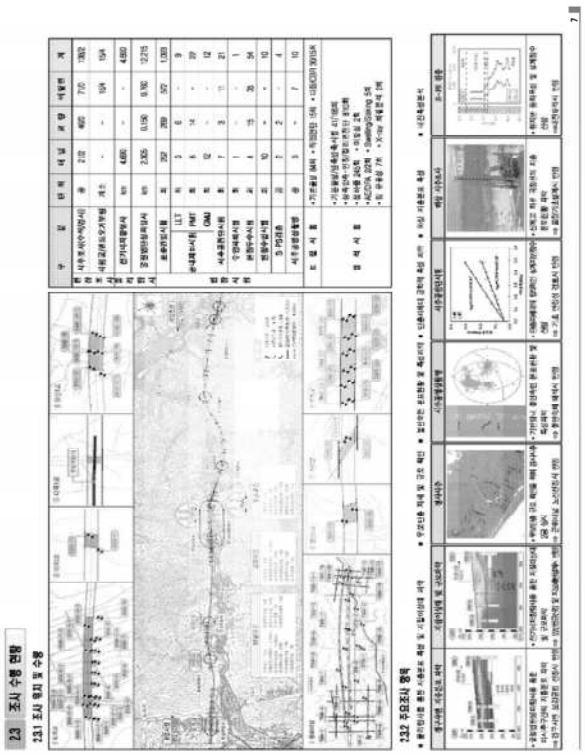
1.4 위치도



• 구조물 현황

터널 구간	교량 구간		토공구간
• 군위터널 상주방향 : 1,085m 영천방향 : 960m	• 도개고교(360.0m) • 다곡2교(30.2m) • 다곡1교(10.0m) • 달산2교(40.5m)	• 달산1교(70.1m) • 계탑교(25.5m) • 신계교(176.3m)	• 뭐기구간(14개소) • 쌓기구간(17개소)

1



23 조사 수행 현황

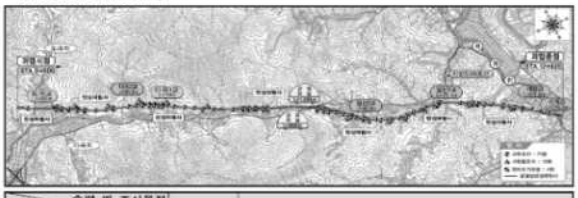
제 7 장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

7.1 개 요

7.1.1 기본방향

조 사 항 목	조 사 기 본 방 향
지층 현황 및 원지반 공학적 특성 분석	• 뭐기구간 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 비탈면 계획 수립 • 쌓기구간 연약지반 분포 유무 파악 및 토사층의 역학적 특성 파악
불연속면 분포 특성 파악	• 불연속면 특성(간격, 방향, JRC, JCS)을 파악하여 암반 비탈면 안정성 분석 및 보강대책 선정시 반영
쌓기재 특성 분석	• 뭐기 및 터널구간에서 발생되는 토사 및 암버력의 쌓기재 적합 여부 판단시 반영

7.1.2 조사위치 및 수량



조사항목 \ 수량 및 조사목적		수 량	조 사 목 적
물리탐사	굴절법탄성파탐사	9.760km	• 지층의 분포 현황 및 두께 파악
현장조사 및 현장시험	시추조사	71공	• 지층분포 및 특성 파악, 암종 및 단층확인
	시험굴조사	15개소	• 쌓기재 적정성 검토, 토공 계획
	핸드오거보링	4개소	• 쌓기구간의 토질상태 및 시료채취
	시추공전단시험	11회	• 풍화대층의 강도정수 파악
	현장투수시험	35회	• 토사층의 투수계수 파악
	시추공영상촬영	7공	• 불연속면 크기 및 일달상태, 경사방향 및 경사각, 암반의 변화 및 공학적 특성 파악
실내토질시험		• 기본물성시험 77회, 직접전단시험 15회, 다짐/CBR시험 30/15회	
실내암석시험		• 점하중강도시험 38회, 물성시험/일축압축 12/12회, 삼리엔 전단시험 8회 Swelling/Slaking 5회, 본선암 유용성시험 5회	

192

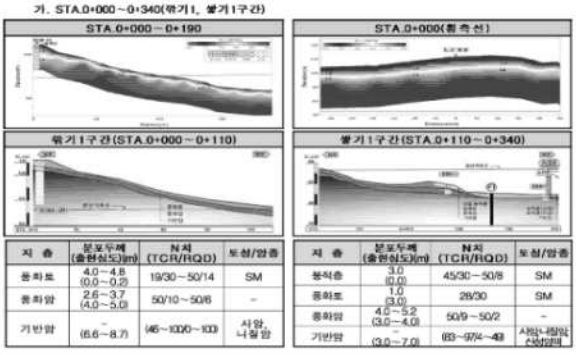
7.2 지층특성 분석

7.2.1 기본방향

• 지표지질조사, 시추조사, 탐사 결과를 각 교량구간에 분포하는 매립 · 풍화층, 퇴적층 및 풍화대층 분포현황 파악

7.2.3 분포 현황 파악

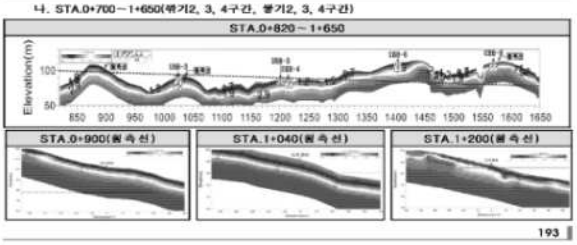
가. STA.0+000~0+340(뭐기1, 쌓기1구간)



지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토질/암종
풍화토	4.0~4.8 (0.0~0.2)	19/30~50/14	SM
풍화암	2.6~3.7 (4.0~5.0)	50/10~50/6	-
기반암	- (6.6~8.7)	(46~1000~100)	시암, 나질암

지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토질/암종
붕적층	3.0 (0.0)	45/30~50/8	SM
풍화토	1.0 (3.0)	28/30	SM
풍화암	4.0~5.2 (3.0~4.0)	50/9~50/2	-
기반암	- (3.0~7.0)	(83~97)/4~48	사질나질암, 선녕암류

나. STA.0+700~1+650(뭐기2, 3, 4구간, 쌓기2, 3, 4구간)



193

7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질물성시험

공	번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit LL(%)	PI	Sieve Analysis(%) #4	#10	#40	#200	0.02mm	USCS
뒤	CBB-3	1.0	풍화토	8.2	2.68	NP	-	100	93.1	44.8	24.6	-	SM
채	CBB-4	2.0	풍화토	7.1	2.70	NP	-	56.4	41.0	28.4	16.4	-	GM
움	CBB-5	1.0	풍화토	18.4	2.68	27.6	4.9	100	100	83.6	55.3	12.5	ML
부	CBB-6	2.0	풍화토	11.0	2.65	NP	-	97.8	70.7	31.5	13.2	-	SM
	CBB-7	1.0	풍화토	12.0	2.66	NP	-	97.9	65.3	26.4	12.4	-	SM
	CBB-10	2.0	풍화토	11.5	2.65	NP	-	100	92.6	43.3	22.5	-	SM
	CBB-11	1.0	풍화토	9.8	2.68	NP	-	100	75.1	22.4	8.2	-	SW-SM
	CBB-12	2.0	붕적층	15.5	2.67	26.8	4.3	100	97.8	82.2	43.2	8.0	SM
	CBB-15	1.0	풍화토	12.2	2.69	NP	-	100	82.3	24.4	7.5	-	SW-SM
	CBB-16	1.0	풍화토	11.3	2.69	NP	-	98.0	84.2	29.2	10.0	-	SW-SM
	CBB-20	4.0	붕적층	17.6	2.70	32.4	10.4	99.7	96.2	91.1	71.9	17.5	CL
	CBB-21	5.0	붕적층	10.5	2.71	32.6	10.9	84.7	83.4	70.9	47.6	15.0	SC
	CBB-22	1.0	붕적층	14.6	2.69	30.2	9.7	90.2	87.6	79.7	61.9	17.0	CL
	CBB-23	4.0	붕적층	20.6	2.70	28.2	4.8	74.5	64.5	67.8	59.2	7.5	ML
	CBB-26	6.0	풍화토	15.1	2.67	NP	-	100	98.4	60.6	29.9	-	SM
	CBB-28	5.0	붕적층	11.9	2.69	NP	-	81.4	75.1	52.0	28.9	-	SM
	CBB-29	1.0	붕적층	13.0	2.71	NP	-	47.9	42.3	28.6	15.2	-	GM
	CBB-30	8.0	붕적층	13.3	2.69	28.1	5.1	100	96.6	67.2	43.4	8.0	SM
	CBB-31	1.0	붕적층	16.9	2.71	27.3	4.5	100	97.3	82.8	60.9	12.0	ML
	CBB-32	6.0	붕적층	11.3	2.67	NP	-	98.1	92.7	60.8	28.7	-	SM
	CBB-33	3.0	풍화토	10.8	2.69	NP	-	98.9	92.1	59.9	30.8	7.0	SM
	CBB-34	1.0	풍화토	9.6	2.67	NP	-	100	96.2	49.8	23.6	-	SM
	CBB-35	1.0	풍화토	3.7	2.68	NP	-	92.3	80.8	32.8	14.2	-	SM
	CBB-36	1.0	풍화토	12.8	2.68	NP	-	76.3	60.8	31.3	14.4	-	SM
	CBB-43	3.0	풍화토	16.9	2.70	NP	-	100	95.6	60.6	27.7	-	SM
	CBB-44	3.0	풍화토	9.7	2.71	NP	-	100	88.6	34.7	13.2	-	SM
	CBB-45	1.0	풍화토	8.6	2.68	NP	-	91.2	75.1	39.5	18.6	-	SM
	CBB-46	1.0	풍화토	5.6	2.67	NP	-	98.3	90.7	38.5	17.1	-	SM
	CBB-47	1.0	붕적층	13.6	2.71	26.8	4.2	100	98.9	76.1	41.6	7.5	SM
	CBB-49	4.0	풍화토	17.7	2.71	NP	-	100	98.4	58.6	28.6	-	SM
	CBB-50	1.0	붕적층	29.3	2.73	28.2	4.9	100	100	97.8	58.7	9.0	ML
	CBB-50	2.0	붕적층	13.1	2.68	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.9	-	SM
앞	SBB-2	1.0	풍화토	7.9	2.67	NP	-	95.4	80.6	40.1	15.2	-	SM
채	SBB-3	2.0	붕화토	13.3	2.66	NP	-	100	95.6	53.6	33.6	7.5	SM
움	SBB-4	2.0	붕적층	19.0	2.68	31.5	9.2	97.0	90.1	69.5	51.8	14.5	CL
부	SBB-5	2.0	붕적층	8.3	2.64	NP	-	38.1	28.7	13.5	5.9	-	GW-GM
	SBB-6	1.0	붕적층	10.3	2.68	NP	-	34.3	26.9	14.9	4.9	-	GP
	SBB-7	3.0	풍화토	13.1	2.66	NP	-	90.5	83.3	51.2	26.2	-	SM
	SBB-8	4.0	풍화토	22.0	2.68	NP	-	99.2	95.0	51.7	28.3	-	SM
	SBB-10	1.0	풍화토	16.8	2.65	NP	-	100	89.8	62.7	39.2	7.5	SM
	SBB-11	3.0	퇴적층	14.1	2.64	NP	-	98.0	85.1	47.1	24.4	-	SM
	SBB-12	1.0	붕적층	13.5	2.64	NP	-	98.6	87.2	49.0	23.2	-	SM
	SBB-13	1.0	붕적층	12.3	2.67	27.1	4.9	100	100	87.4	58.8	14.0	ML
	SBB-15	2.0	붕적층	16.9	2.68	28.5	6.0	100	99.0	86.9	62.9	15.0	ML
	SBB-16	1.0	붕적층	5.4	2.67	NP	-	39.1	31.4	19.4	7.6	-	GW-GM

7.5.3 구조구 분류 결과



구 분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
암 상	Ka1-nm	Kgr	Ka1-num		Ka1-nm		Ka1-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-5 CBB-9 CBB-11 CBB-19 (SBB-12)	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
스텐라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	H03	111-1 S-12
STA.	1+319	4+597	5+453	6+430	7+688	8+980	10+140	
비 고	암상	암상	습곡축 및 구조물	암상	층리, 습곡축 및 단열	암상	단층, 층리 및 단열	

(2) 위기 2구간

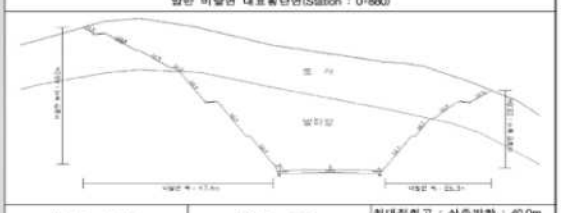
비탈면현황

평 면 도



검토구간(STA.)	0+810 ~ 0+970	연장	160m
지 반 특 성(상주방향)		지 반 특 성(영천방향)	
• 주불연속면 : J1:18/060, J2:75/194, J3:83/135, J4:81/277 • 비탈면 경사/경사방향 : 55° / 206°		• 주불연속면 : J1:18/060, J2:75/194, J3:83/135, J4:81/277 • 비탈면 경사/경사방향 : 55° / 028°	

암반 비탈면 대표횡단면(Station : 0+860)

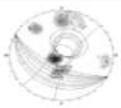
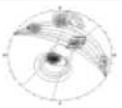
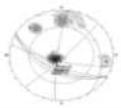


지반고 : 111.63m	계획고 : 77.53m	최대절취고 : 상주방향 : 40.0m 영천방향 : 22.8m

비탈면 안정성 검토

위기구간 안정성 검토

암 반 비 탈 면

구 분	상주방향	영천방향
평면 및 전도파괴 분석도		
쐐기파괴 분석도		

평 사 투 영 해 석

구 분	상주방향			영천방향		
	평면	전도	쐐기	평면	전도	쐐기
1:0.5	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정
1:0.7	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정
1:1.0	안 정	안 정	안 정	안 정	불안정	안 정

한 계 평 형 해 석

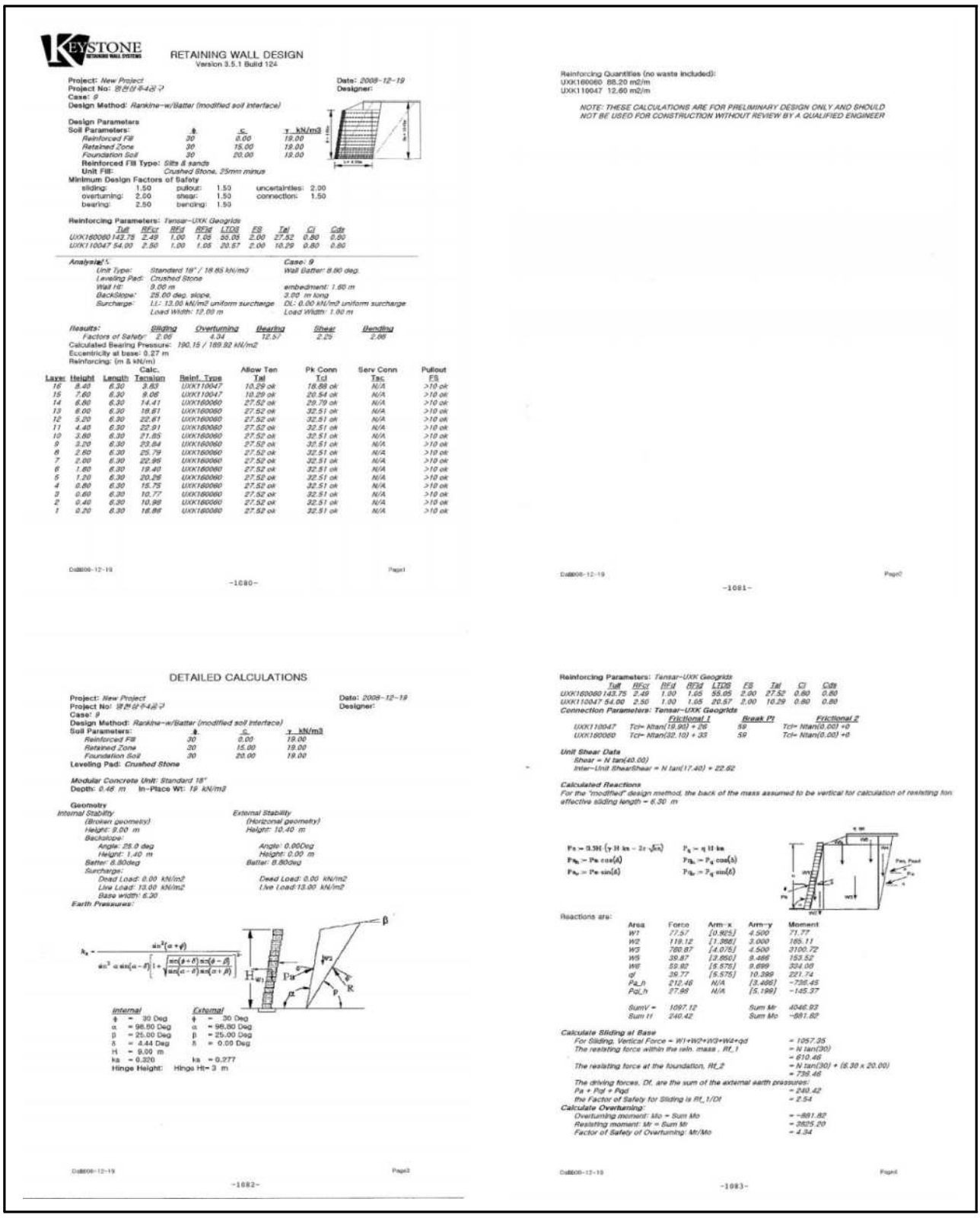
구 분	상주방향				영천방향			
	평면파괴		쐐기파괴		평면파괴		쐐기파괴	
	건기	우기	건기	우기	건기	우기	건기	우기
1:0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-	-	-	-	-

비고

- 암반층 평사투영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음.
- 영천방향 암반비탈면 불연속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 록앵공법, 낙석방지그물, 낙석방지볼타리를 적용하여 안정성 확보

2.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제3공구 : 도개~소보, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



KEYSTONE RETAINING WALL SYSTEMS

RETAINING WALL DESIGN
Version 3.5.1 Build 124

Project: New Project
Project No: 영천상주4공구
Case: 9
Design Method: Rankine–w/Batter (modified soil interface)
Date: 2009-12-19
Designer:

Design Parameters
Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Reinforced Fill Type: Silts & sands
Unit Fill: Crushed Stone, 25mm minus
Minimum Design Factors of Safety

sliding:	1.50	pullout:	1.50	uncertainties:	2.00
overturning:	2.00	shear:	1.50	connection:	1.50
bearing:	2.50	bending:	1.50		

Reinforcing Parameters: Tensar–UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDB	FS	Tal	Ci	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Analysis:
Unit Type: Standard 18" / 18.85 kN/m3
Leveling Pad: Crushed Stone
Wall Ht: 9.00 m
Backslope: 25.00 deg. slope,
Surcharge: LL: 13.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 12.00 m
Case: 9
Wall Batter: 8.80 deg.
embedment: 1.60 m
3.00 m long
DL: 0.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 1.00 m

Results:

	Sliding	Overturning	Bearing	Shear	Bending
Factors of Safety:	2.06	4.34	12.57	2.29	2.86

Calculated Bearing Pressure: 190.15 / 169.92 kN/m2
Eccentricity at base: 0.27 m
Reinforcing: (m & kN/m)

Layer	Height	Length	Calc. Tension	Reinf. Type	Allow Ten Tal	Pk Conn Tcl	Serv Conn Tac	Pullout FS
16	8.40	6.30	3.63	UXK110047	10.29 ok	18.88 ok	N/A	>10 ok
15	7.60	6.30	9.06	UXK110047	10.29 ok	20.54 ok	N/A	>10 ok
14	6.80	6.30	14.41	UXK160060	27.52 ok	29.79 ok	N/A	>10 ok
13	6.00	6.30	18.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
12	5.20	6.30	22.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
11	4.40	6.30	22.91	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
10	3.60	6.30	21.85	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
9	3.20	6.30	23.84	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
8	2.60	6.30	25.79	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
7	2.00	6.30	22.96	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
6	1.60	6.30	19.40	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
5	1.20	6.30	20.26	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
4	0.80	6.30	15.75	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
3	0.60	6.30	10.77	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
2	0.40	6.30	10.98	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
1	0.20	6.30	16.88	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok

Dat2009-12-19 Page1
-1080-

Reinforcing Quantities (no waste included):
UXK160060 88.20 m2/m
UXK110047 12.60 m2/m

NOTE: THESE CALCULATIONS ARE FOR PRELIMINARY DESIGN ONLY AND SHOULD NOT BE USED FOR CONSTRUCTION WITHOUT REVIEW BY A QUALIFIED ENGINEER

Dat2009-12-19 Page2
-1081-

DETAILED CALCULATIONS

Project: New Project
Project No: 영천상주4공구
Case: 9
Design Method: Rankine–w/Batter (modified soil interface)
Date: 2009-12-19
Designer:

Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Leveling Pad: Crushed Stone

Modular Concrete Unit: Standard 18"
Depth: 0.46 m In-Place Wt: 19 kN/m3

Geometry
Internal Stability (Broken geometry)
Height: 9.00 m
Backslope:
Angle: 25.0 deg
Height: 1.40 m
Batter: 8.80deg
Surcharge:
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load: 13.00 kN/m2
Base width: 6.30
External Stability (Horizontal geometry)
Height: 10.40 m
Angle: 0.00Deg
Height: 0.00 m
Batter: 8.80deg
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load:13.00 kN/m2

Earth Pressures:

$$k_a = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^3\alpha\sin(\alpha-\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

Internal		External	
φ	= 30 Deg	φ	= 30 Deg
α	= 98.80 Deg	α	= 98.80 Deg
β	= 25.00 Deg	β	= 25.00 Deg
δ	= 4.44 Deg	δ	= 0.00 Deg
H	= 9.00 m		
ka	= 0.320	ka	= 0.277

Hinge Height: Hinge Ht= 3 m

Dat2009-12-19 Page3
-1082-

Reinforcing Parameters: Tensar–UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDB	FS	Tal	Ci	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Connection Parameters: Tensar–UXK Geogrids

	Frictional 1	Break Pt	Frictional 2
UXK110047	Tcl= Ntan(19.90) + 26	59	Tcl= Ntan(0.00) +0
UXK160060	Tcl= Ntan(32.10) + 33	59	Tcl= Ntan(0.00) +0

Unit Shear Data
Shear = N tan(40.00)
Inter–Unit Shear/Shear = N tan(17.40) + 22.62

Calculated Reactions
For the "modified" design method, the back of the mass assumed to be vertical for calculation of resisting for effective sliding length = 6.30 m

$Pa = 0.5H\left(\gamma H\, ka - 2c\sqrt{ka}\right)$ $P_q = q\,H\,ka$
$Pa_h = Pa\cos(\delta)$ $Pq_h = P_q\cos(\delta)$
$Pa_v = Pa\sin(\delta)$ $Pq_v = P_q\sin(\delta)$

Reactions are:

Area	Force	Arm–x	Arm–y	Moment
W1	77.57	[0.925]	4.500	71.77
W2	119.12	[1.388]	3.000	165.11
W3	780.87	[4.075]	4.500	3100.72
W5	39.87	[3.850]	9.466	153.52
Wtl	59.80	[5.575]	9.699	324.05
qt	39.77	[5.575]	10.399	221.74
Pa_h	212.46	N/A	[3.466]	-736.45
Pq_h	27.98	N/A	[5.199]	-145.37
SumV =	1097.12		Sum Mr	4046.93
Sum H	240.42		Sum Mo	-881.82

Calculate Sliding at Base
For Sliding, Vertical Force = W1+W2+W3+W4+qd = 1057.35
The resisting force within the reln. mass , Rf_1 = N tan(30) = 610.46
The resisting force at the foundation, Rf_2 = N tan(30) + (6.30 x 20.00) = 736.46
The driving forces, Df, are the sum of the external earth pressures: = 240.42
Pa + Pqf + Pqd
the Factor of Safety for Sliding is Rf_1/Df = 2.54

Calculate Overturning:
Overturning moment: Mo = Sum Mo = -881.82
Resisting moment: Mr = Sum Mr = 3825.20
Factor of Safety of Overturning: Mr/Mo = 4.34

Dat2009-12-19 Page4
-1083-

Calculate eccentricity at base: with Surcharge / without Surcharge
Sum Moments = 3165.12 / 2943.38
Sum Vertical = 1097.12/1057.35
Base Length = 6.30
e = 0.265 / 0.366

Calculate Ultimate Bearing based on shear:
where:
Nq = 18.40
Nc = 30.14
Ng = 22.40 (ref. Vesic(1973, 1975) eqns)
Qult = 2390.15 kN/m2
Equivalent footing width, B' = L -2e = 5.77 / 5.57
Bearing pressure = sumV/B' = 190.15 kN/m2 / 189.92 kN/m2 [bearing is greatest with liveload]
Factor of Safety for bearing = Qult/bearing= 12.57

Calculate Tensions in Reinforcing:
The tensions in the reinforcing layer, and the assumed load at the connection,
is the vertical area supported by each respective layer, Sv.Column [7] is '2c sqrt(ka)'.

Table of Results kN/m

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] h1	[4] ka/rho	[5] Pa	[6] (Pas+Pasd)	[7] c	[8] (5+6)cos(d)-7	[9] Ti	[10] Tci	[11] Tsc
16	0.60	0.50	0.403/45	3.83	0.00	0.00	3.83	3.83	18.86	N/A
15	1.40	1.40	0.351/39	7.47	1.58	0.00	9.06	9.06	20.54	N/A
14	2.20	2.20	0.384/45	12.82	1.59	0.00	14.41	14.41	29.79	N/A
13	3.00	3.00	0.372/47	16.96	1.65	0.00	18.61	18.61	32.51	N/A
12	3.80	3.80	0.353/49	20.96	1.65	0.00	22.61	22.61	32.51	N/A
11	4.60	4.55	0.355/51	21.51	1.40	0.00	22.91	22.91	32.51	N/A
10	5.20	5.20	0.347/51	20.59	1.26	0.00	21.85	21.85	32.51	N/A
9	5.80	5.80	0.341/51	22.54	1.30	0.00	23.84	23.84	32.51	N/A
8	6.40	6.40	0.335/51	24.46	1.33	0.00	25.79	25.79	32.51	N/A
7	7.00	6.95	0.331/51	21.84	1.13	0.00	22.96	22.96	32.51	N/A
6	7.40	7.40	0.330/53	18.55	0.85	0.00	19.40	19.40	32.51	N/A
5	7.80	7.80	0.327/53	19.40	0.86	0.00	20.26	20.26	32.51	N/A
4	8.20	8.15	0.325/53	15.10	0.65	0.00	15.75	15.75	32.51	N/A
3	8.40	8.40	0.324/53	10.33	0.44	0.00	10.77	10.77	32.51	N/A
2	8.60	8.60	0.323/53	10.54	0.44	0.00	10.98	10.98	32.51	N/A
1	8.80	8.85	0.321/53	16.20	0.66	0.00	16.87	16.87	32.51	N/A

Db8606-12-19 Page5

Calculate sliding on the reinforcing:

The shear value is the lessor of base-shear or inter-unit shear.

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] N	[4] Li	[5] Cds	[6] x	[7] RF	[8] ka	[9] Pa	[10] Pas+Pasd	[11] DF	[12] FS
16	0.60	183.15	5.84	0.80	24.24	108.83	0.277	10.53	7.21	1.95	55.82
15	1.40	267.96	5.84	0.80	26.40	158.17	0.277	20.65	10.10	8.63	17.40
14	2.20	350.89	5.84	0.80	28.56	190.63	0.277	34.14	12.98	18.69	10.20
13	3.00	431.94	5.84	0.80	30.60	230.10	0.277	51.01	15.87	32.12	7.16
12	3.80	511.10	5.84	0.80	30.60	268.67	0.277	71.25	18.75	48.93	5.45
11	4.60	588.39	5.84	0.80	30.60	302.38	0.277	94.87	21.64	69.11	4.38
10	5.20	645.11	5.84	0.80	30.60	328.56	0.277	114.80	23.81	86.46	3.80
9	5.80	700.78	5.84	0.80	30.60	354.27	0.277	136.62	25.97	105.71	3.35
8	6.40	755.39	5.84	0.80	30.60	379.49	0.277	160.34	28.13	126.85	2.99
7	7.00	808.94	5.84	0.80	30.60	404.23	0.277	185.96	30.30	149.90	2.70
6	7.40	844.05	5.84	0.80	30.60	420.45	0.277	204.10	31.74	166.31	2.53
5	7.80	878.69	5.84	0.80	30.60	436.44	0.277	223.06	33.18	183.57	2.38
4	8.20	912.86	5.84	0.80	30.60	452.23	0.277	242.90	34.63	201.68	2.24
3	8.40	929.77	5.84	0.80	30.60	460.04	0.277	253.13	35.35	211.05	2.18
2	8.60	946.56	5.84	0.80	30.60	467.79	0.277	263.56	36.07	220.83	2.12
1	8.80	963.23	5.84	0.80	30.60	475.49	0.277	274.21	36.79	230.42	2.06

Db8606-12-19 Page6

Calculate pullout of each layer

The FoS (R+/S+) of pullout is calculated as the individual
layer pullout (Rf) divided by the tension (Df) in in that layer.
The angle of the failure plane is: 30.00 degrees from vertical

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Le	[4] SumV	[5] Ci	[6] PCi	[7] Ti	[8] FS_PO
16	0.60	2.29	87.10	0.80	80.46	3.83	21.01
15	1.40	2.63	139.94	0.80	129.27	9.06	14.28
14	2.20	2.97	203.05	0.80	187.57	14.41	13.02
13	3.00	3.31	276.44	0.80	255.37	18.61	13.72
12	3.80	3.65	360.11	0.80	332.65	22.61	14.71
11	4.60	3.98	445.42	0.80	411.46	22.91	17.96
10	5.20	4.24	517.81	0.80	478.33	21.85	21.89
9	5.80	4.49	594.91	0.80	549.55	23.84	23.05
8	6.40	4.74	676.73	0.80	625.13	25.79	24.24
7	7.00	5.00	763.26	0.80	705.07	22.96	30.70
6	7.40	5.17	823.57	0.80	760.79	19.40	39.22
5	7.80	5.34	885.98	0.80	818.44	20.26	40.40
4	8.20	5.50	936.60	0.80	865.38	15.75	54.94
3	8.40	5.59	962.36	0.80	888.99	10.77	82.56
2	8.60	5.67	988.82	0.80	911.58	10.98	83.03
1	8.80	5.76	1010.18	0.80	933.16	16.86	55.33

Check Shear & Bending at each layer

Bending on the top layer is the FOS of overturning of the Units
(Most surcharge loads need to be moved back from the face.)

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Si	[4] QM	[5] Py	[6] BM	[7] FS_b	[8] QS	[9] Hs	FS_Gh
16	0.60	0.60	0.28	5.17	1.42	3.18	1.36	24.24	17.58
15	1.40	0.80	0.73	8.62	3.09	4.25	3.86	26.40	6.84
14	2.20	0.80	1.25	13.51	4.77	3.81	6.46	28.56	4.42
13	3.00	0.80	1.72	22.41	6.44	3.75	8.77	30.60	3.49
12	3.80	0.80	2.13	25.45	7.18	3.38	10.81	30.60	2.83
11	4.60	0.80	2.51	25.45	7.18	2.86	12.72	30.60	2.40
10	5.20	0.60	1.59	25.45	7.29	4.59	10.67	30.60	2.87
9	5.80	0.60	1.74	25.45	7.29	4.19	11.67	30.60	2.62
8	6.40	0.60	1.89	25.45	7.29	3.86	12.65	30.60	2.42
7	7.00	0.60	2.03	25.45	7.29	3.59	13.63	30.60	2.25
6	7.40	0.40	0.95	25.45	7.42	7.77	9.58	30.60	3.19
5	7.80	0.40	1.00	25.45	7.42	7.43	10.02	30.60	3.05
4	8.20	0.40	1.04	25.45	7.42	7.12	10.45	30.60	2.93
3	8.40	0.20	0.27	25.45	7.57	28.33	5.38	30.60	5.71
2	8.60	0.20	0.27	25.45	7.57	27.77	5.48	30.60	5.60
1	8.80	0.20	0.28	25.45	7.57	27.25	5.57	30.60	5.49

Db8606-12-19 Page7

2.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 2-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽2에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽2에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽2에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽2에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽2의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 전면부 S21에 판넬 파손은 사용성에 문제가 없는 상태로 단면보수 후 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태)의 경우 손상이 없는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽2에 대한 정기안전점검결과, 패널 전면부 일부 구간에서 판넬 파손이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

2.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 2-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

2.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 2-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

2.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 2-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

2.3 현장조사 및 시험

2.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽02는 경상북도 군위군 소보면 달산리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 438.0m, 지면노출 높이 15.0m의 2단 보강토 옹벽이다.

<표 2-7> 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">RW2017-0000081</td><td>관리번호</td><td>SY RW2</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">패널식옹벽02</td><td>시설물구분</td><td>2종 시설물</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 군위군 소보면 달산리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 25′71.5″ 128° 45′12.8″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 25′71.1″ 128° 45′54.4″</td></tr>
<tr><td>노선명(이정)</td><td colspan="4">고속국도 301호선 25.414 ~ 25.852km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td>보강토</td><td>옹벽재료</td><td>패널식</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>438.0m</td><td>지면노출
높 이</td><td>15.0m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td>-</td><td>저 판 폭
길 이</td><td>-</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>옹벽상부</td><td colspan="3">상주영천고속도로 본선</td></tr>
<tr><td>옹벽하부</td><td colspan="3">농경지</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td><td>시 공 자</td><td>㈜한화건설, ㈜삼호</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 22개구간(S1~S22)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 2-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.2	12	220.0~240.0m	240.0	11.9
2	20.0~40.0m	40.0	7.1	13	240.0~260.0m	260.0	11.2
3	40.0~60.0m	60.0	14.0	14	260.0~280.0m	280.0	11.2
4	60.0~80.0m	80.0	14.0	15	280.0~300.0m	300.0	11.2
5	80.0~100.0m	100.0	15.0	16	300.0~320.0m	320.0	10.5
6	100.0~120.0m	120.0	15.0	17	320.0~340.0m	340.0	10.5
7	120.0~140.0m	140.0	14.0	18	340.0~360.0m	360.0	9.8
8	140.0~160.0m	160.0	13.3	19	360.0~380.0m	380.0	9.6
9	160.0~180.0m	180.0	12.6	20	380.0~400.0m	400.0	10.3
10	180.0~200.0m	200.0	12.6	21	400.0~420.0m	420.0	8.4
11	200.0~220.0m	220.0	12.6	22	420.0~438.0m	438.0	5.6

주1) 0000.0~438.0m 구간은 2단임

<표 2-9> 보강토 옹벽의 조사항목

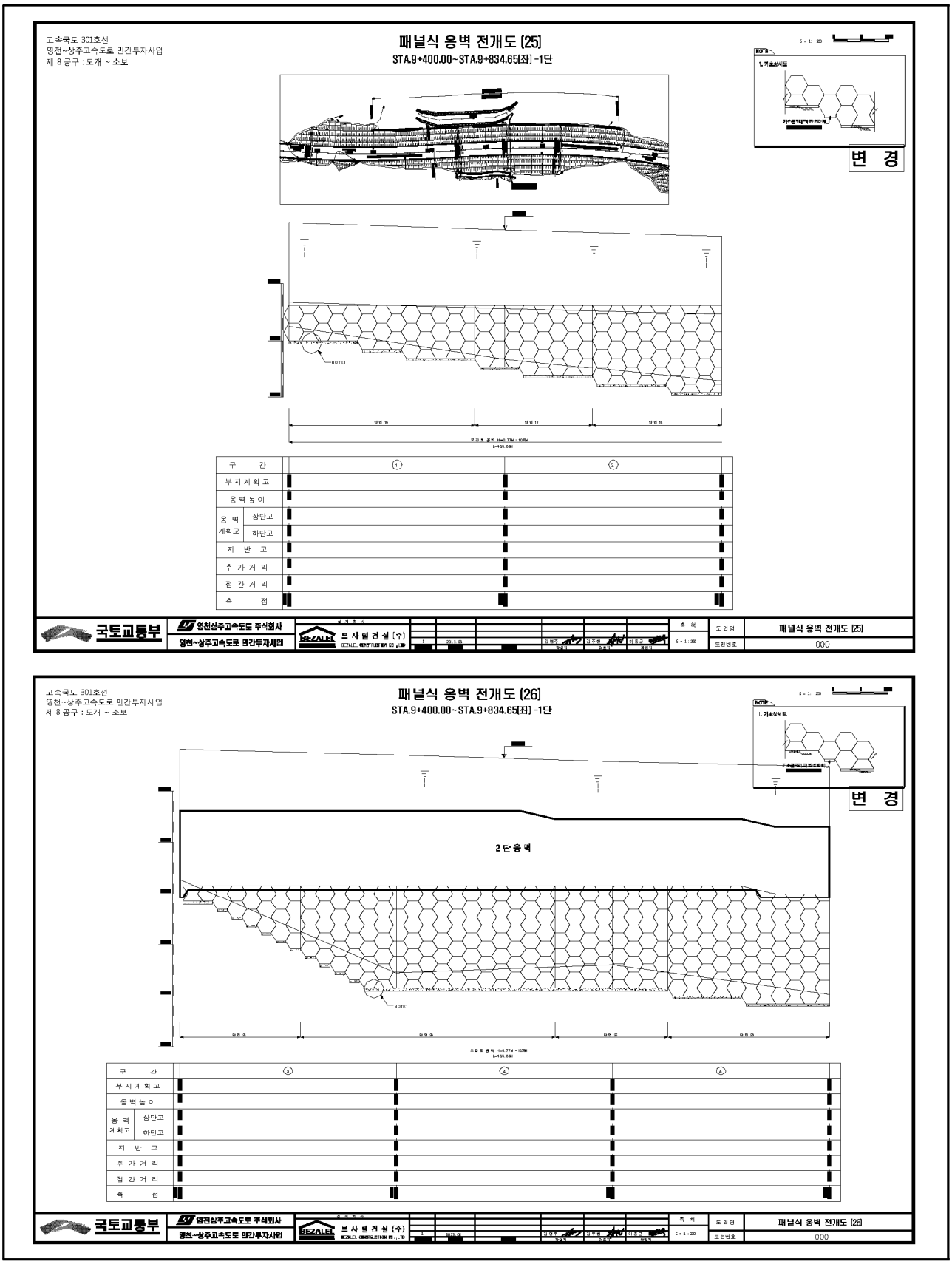
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

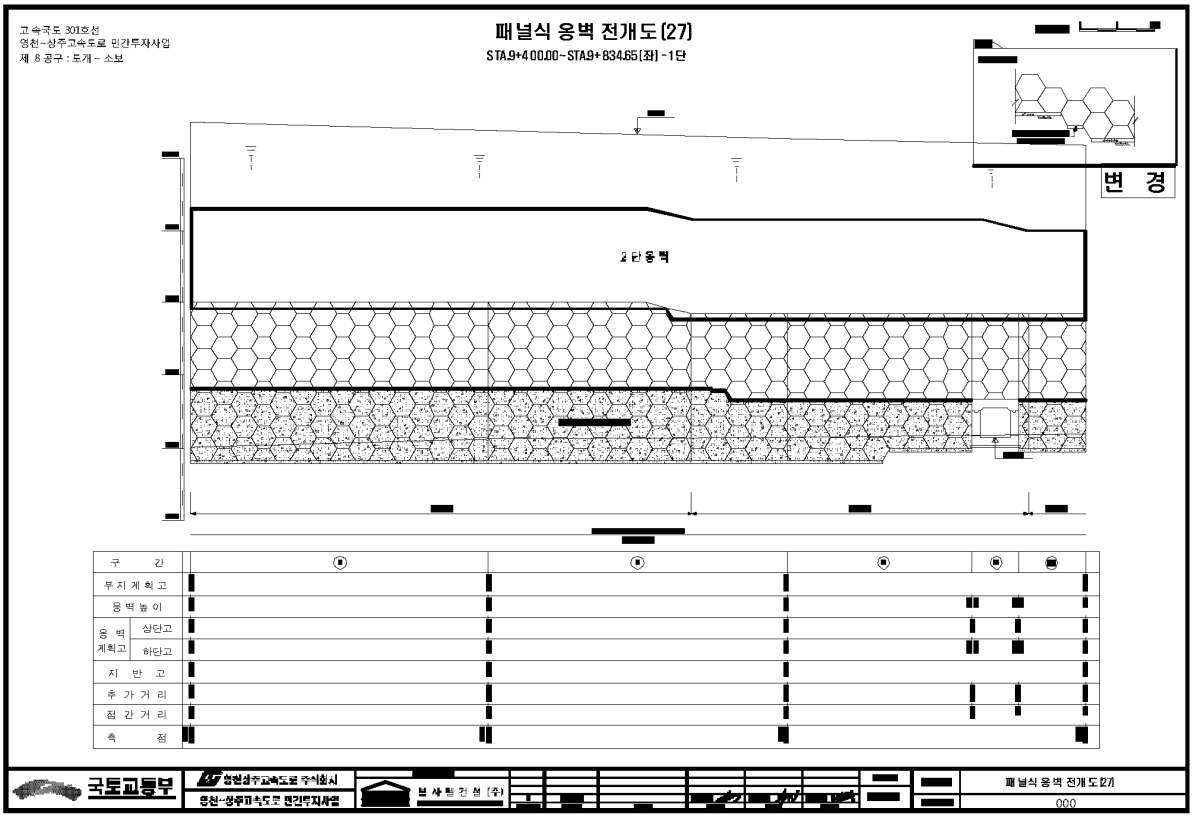
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

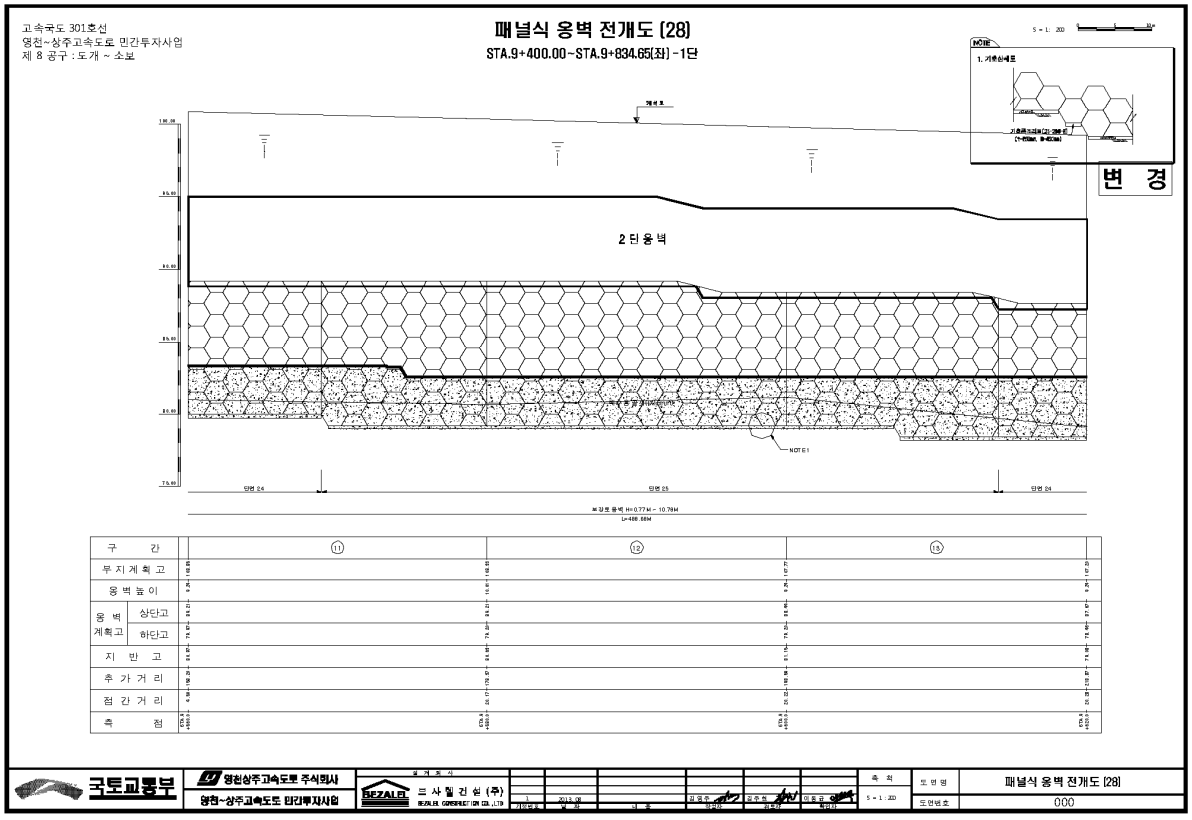
주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면

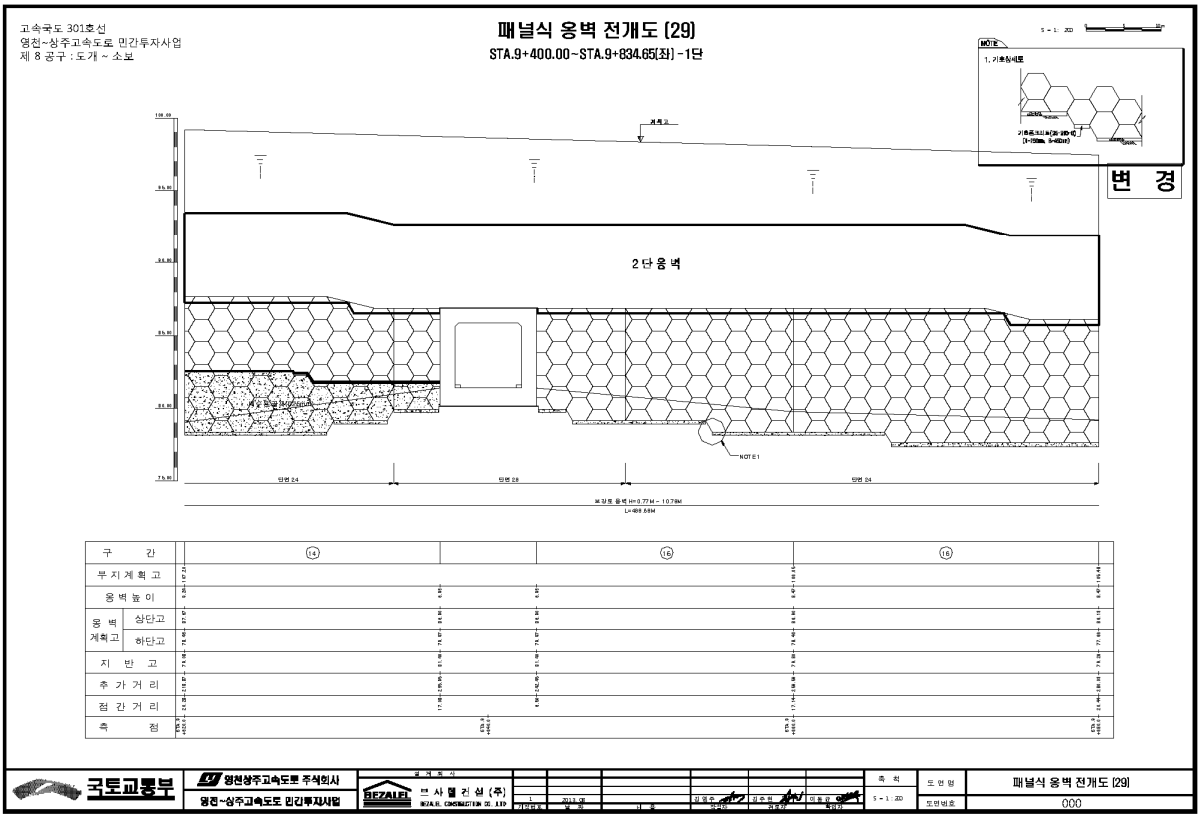


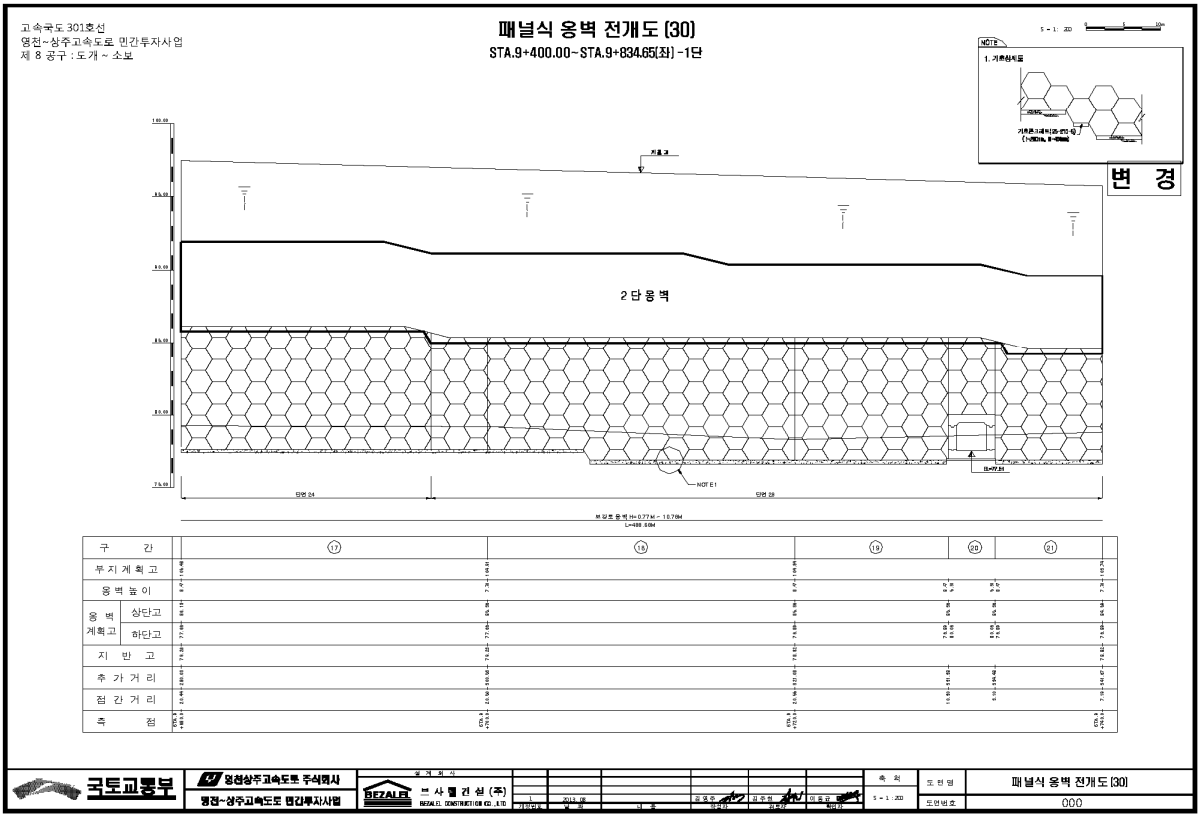
<그림 2-2> 전개도


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도(27)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단옹벽
구 간
무지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
패널식 옹벽 전개도(27)
000

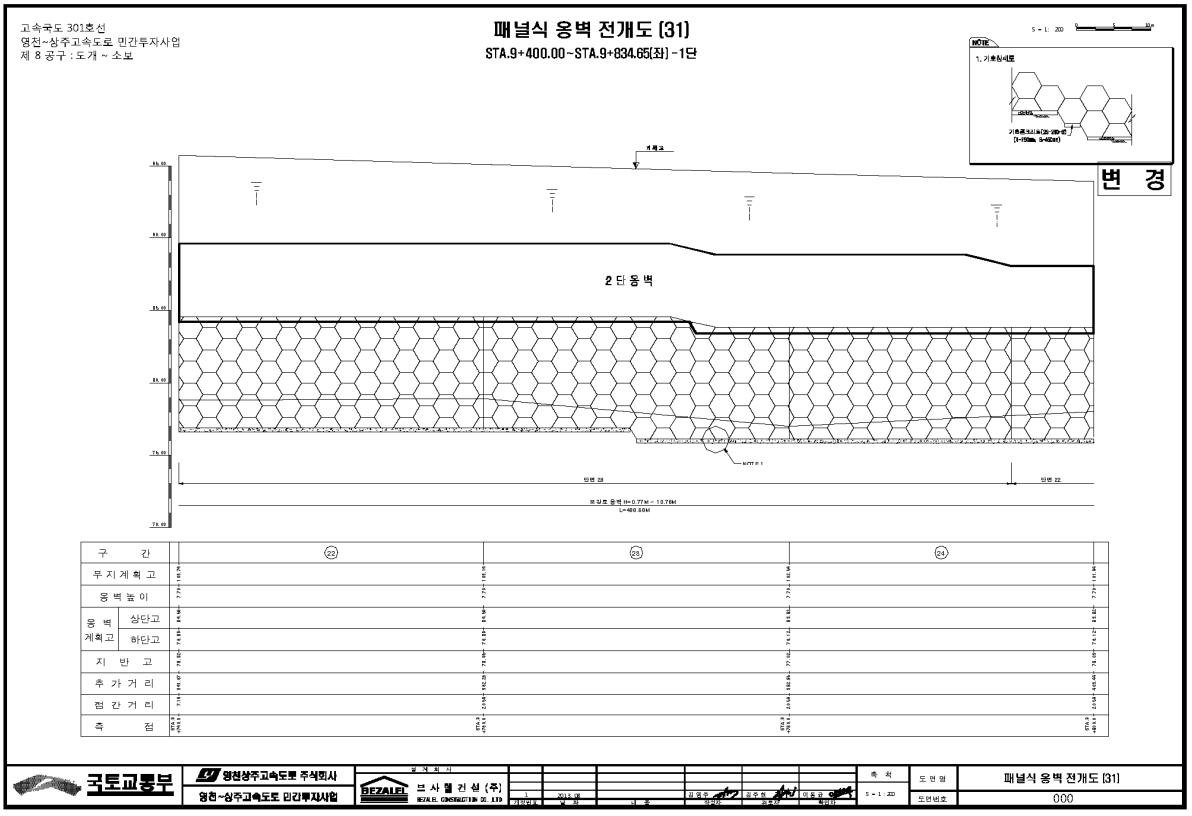

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도(28)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단옹벽
구 간
무지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
패널식 옹벽 전개도(28)
000

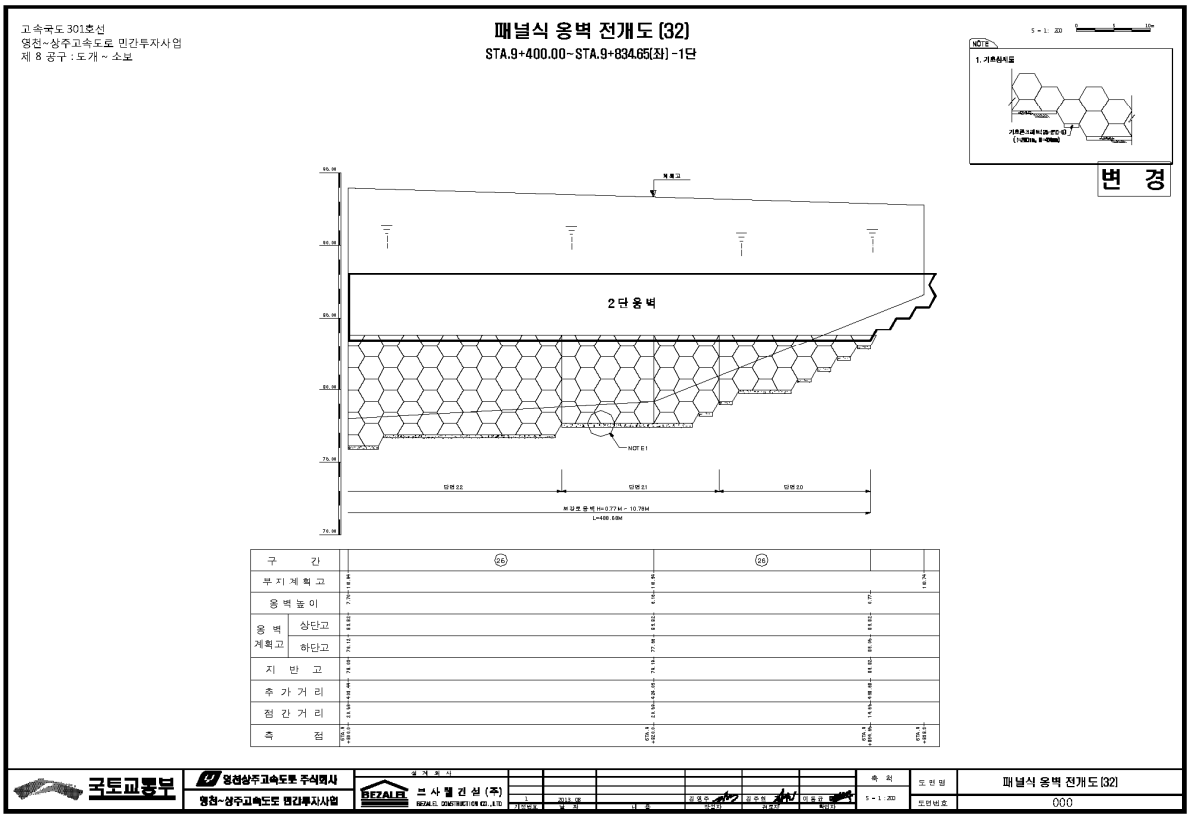
<그림 2-2>전개도(계속)


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (29)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단 옹 벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 델 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (29)
000

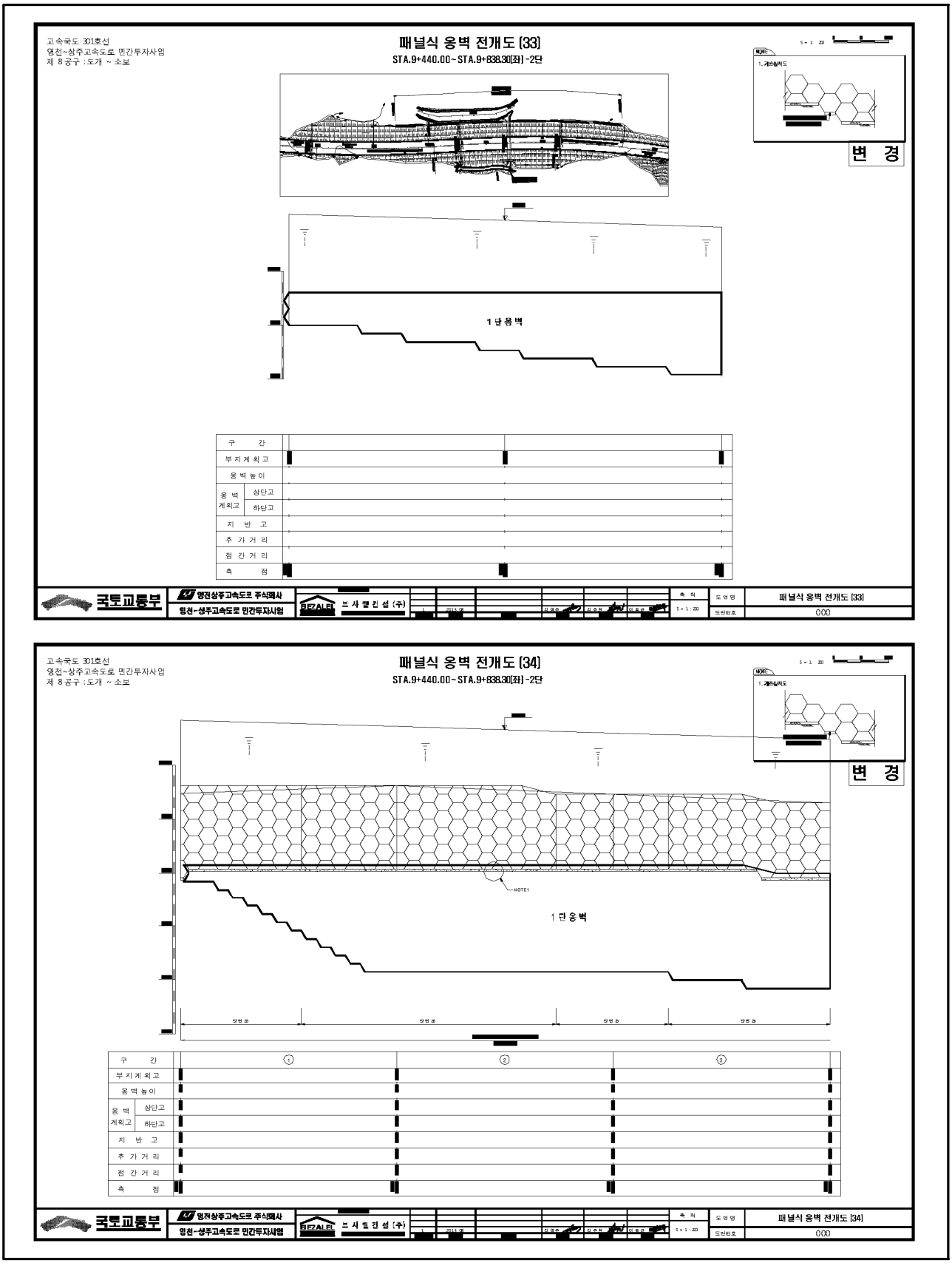

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (30)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단 옹 벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 델 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (30)
000

<그림 2-2>전개도(계속)

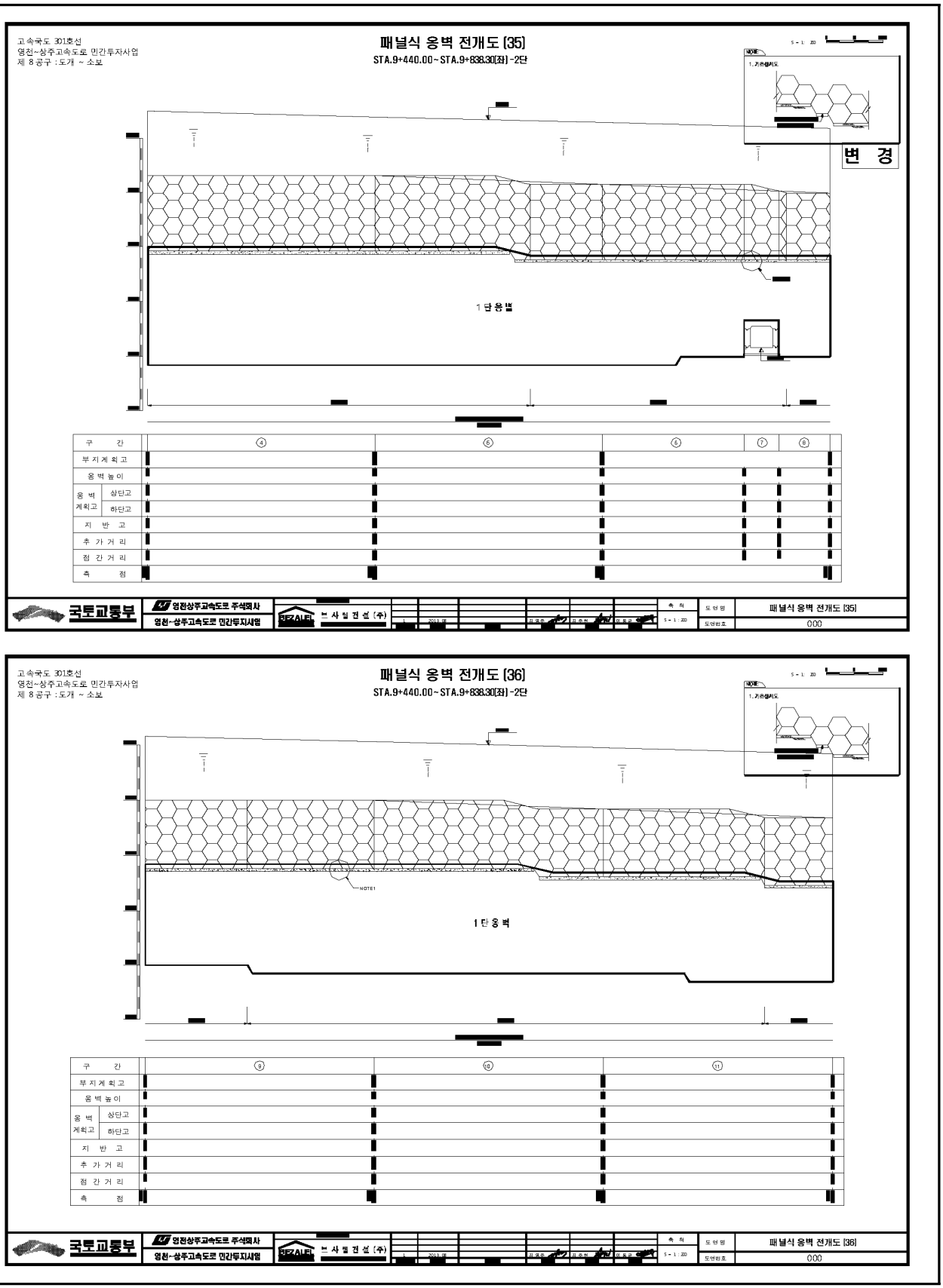

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (31)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브사텔건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (31)
000


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (32)
STA.9+400.00~STA.9+834.65(좌) -1단
변 경
2단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추가거리
점간거리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브사텔건설(주)
패널식 옹벽 전개도 (32)
000

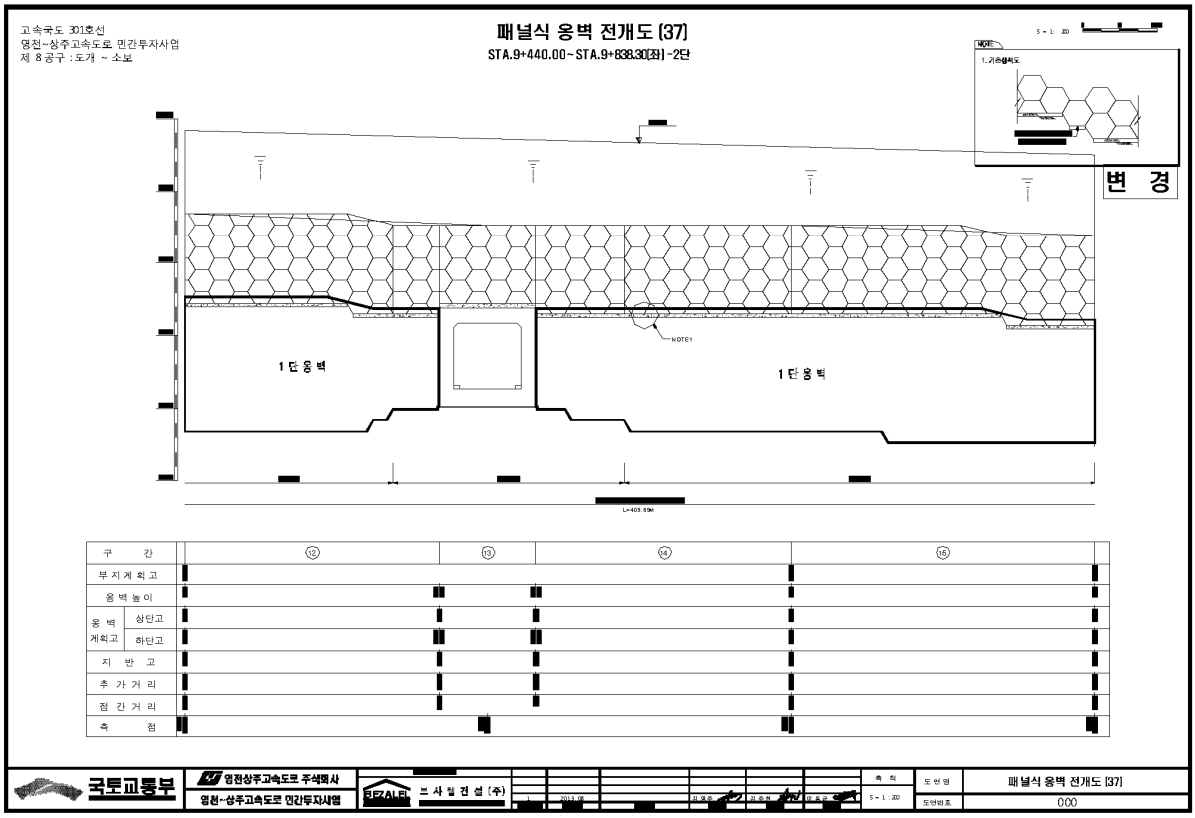
<그림 2-2>전개도(계속)

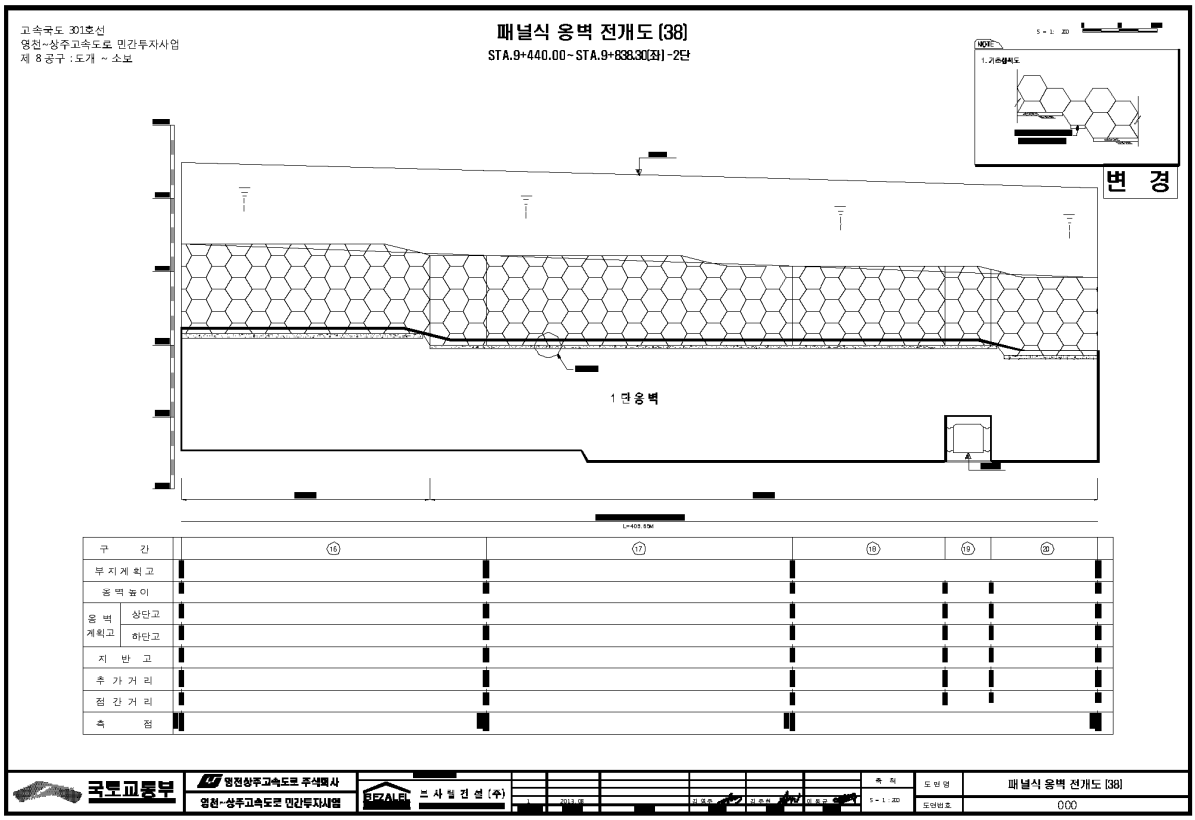

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [33]
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
패널식 옹벽 전개도 [33]
000
고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [34]
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
브사엘건설(주)
패널식 옹벽 전개도 [34]
000

<그림 2-2>전개도(계속)

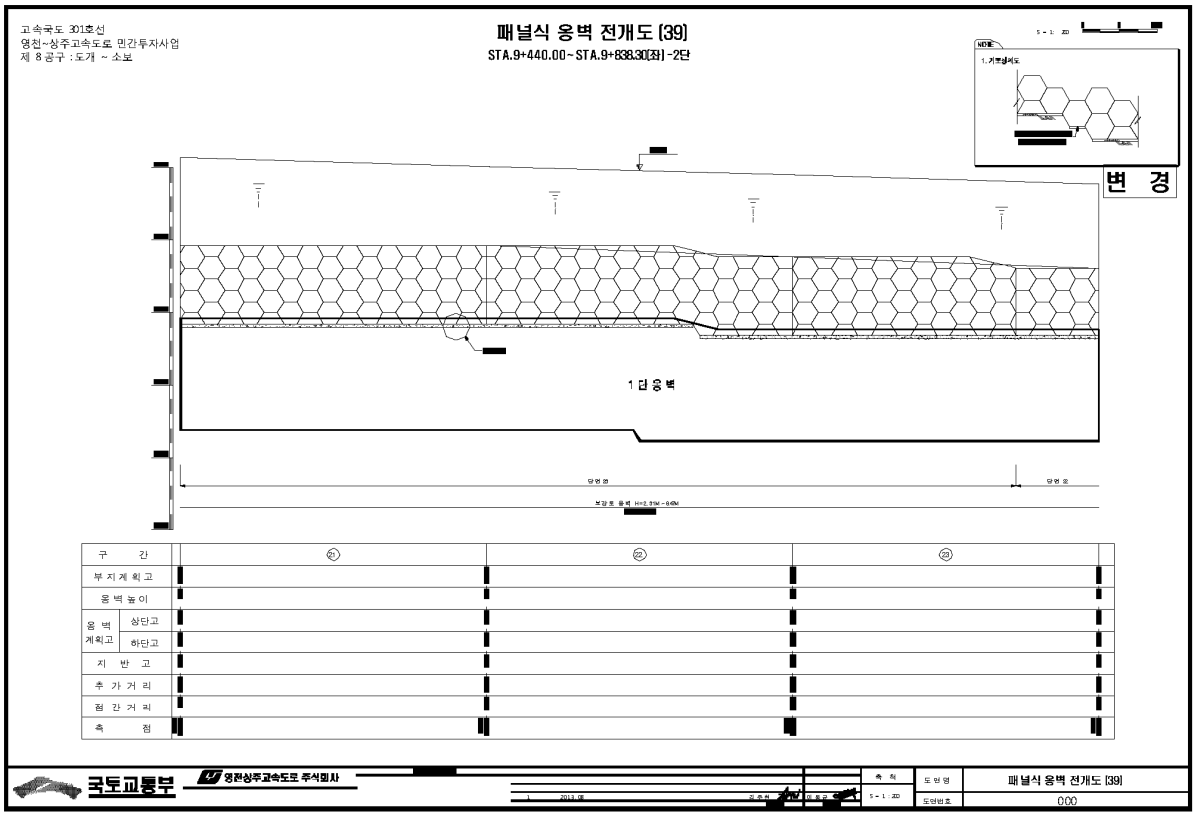

고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (35)
STA.9+440.00~STA.9+838.30(좌)-2단
변 경
1 단 옹 벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
한국시티 브 사 일 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (35)
000
고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (36)
STA.9+440.00~STA.9+838.30(좌)-2단
1 단 옹 벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
한국시티 브 사 일 건 설 (주)
패널식 옹벽 전개도 (36)
000

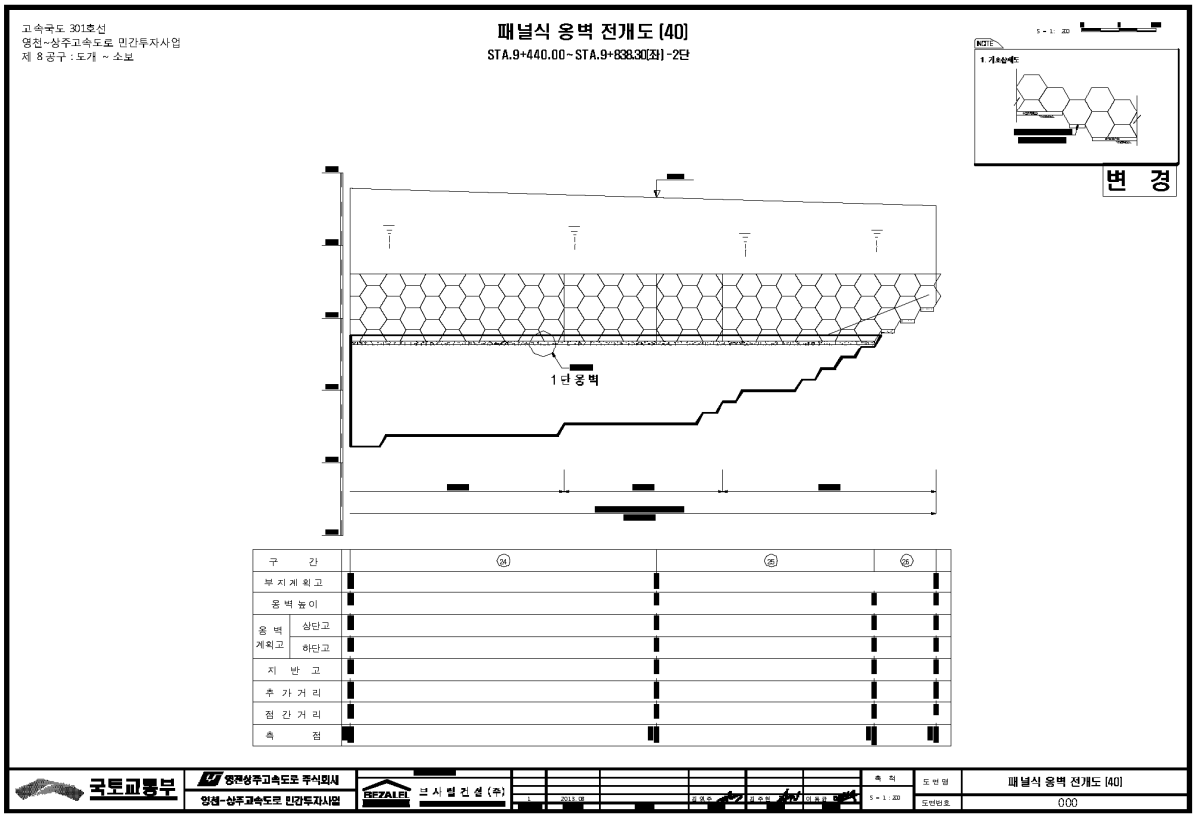
<그림 2-2>전개도(계속)


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [37]
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
1단옹벽
NOTE1
L=403.69M
구 간
⑫
⑬
⑭
⑮
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
도면명
패널식 옹벽 전개도 [37]
도면번호
000


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 [38]
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
L=403.69M
구 간
⑯
⑰
⑱
⑲
⑳
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고
상단고
하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
브 사 텔 건 설 (주)
도면명
패널식 옹벽 전개도 [38]
도면번호
000

<그림 2-2>전개도(계속)


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (39)
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
패널식 옹벽 전개도 (39)
000


고속국도 301호선
영천~상주고속도로 민간투자사업
제 8공구 : 도개 ~ 소보
패널식 옹벽 전개도 (40)
STA.9+440.00~STA.9+838.30[좌] -2단
변 경
1단옹벽
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
점 간 거 리
측 점
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
영천~상주고속도로 민간투자사업
RFZALFI 브시엘킨셜(주)
패널식 옹벽 전개도 (40)
000

<그림 2-2>전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



성토부 전경

2.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.



전면부 전경



전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 2-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S21	판넬 파손	㎡	1 / 0.03	시공미흡	-



현 황	S21 판넬 파손
원 인	시공미흡
대 책	단면보수



현 황	S21 판넬 파손
원 인	시공미흡
대 책	단면보수

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 2-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 2-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부(2단)에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
- 보강토 옹벽의 상단부(2단)에는 배수로가 설치되어있으며, 배수관 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.
- 금회 보당토 옹벽의 배수시설에 대한 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태이며, 구조물의 배수기능에 문제가 없는 것으로 확인되었다.




상부배수로 시공상태

<표 2-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
사면부 식생 상태 현황	1단 상부 현황

<표 2-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 2-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상 ○ 해당없음 ○ 해당없음	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

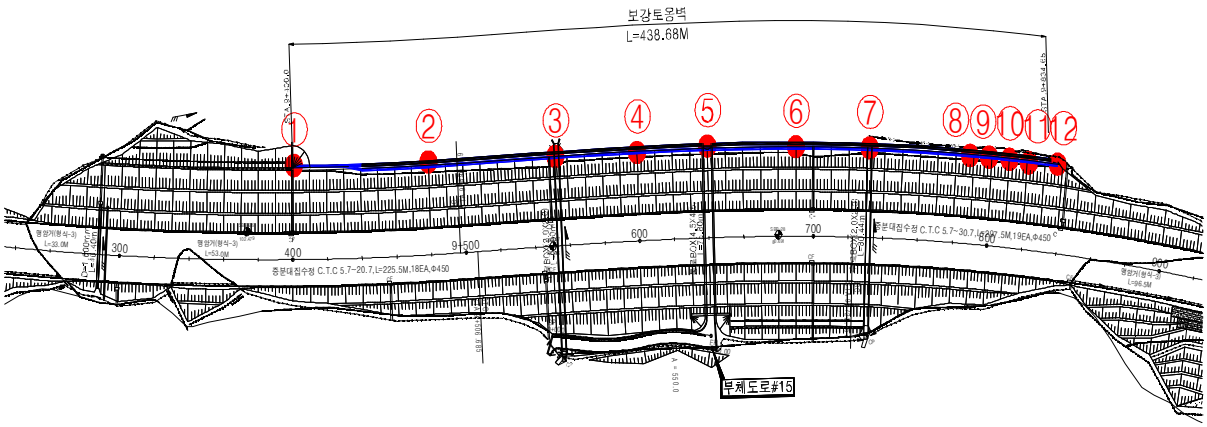
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 2-16> 기울기 측정결과

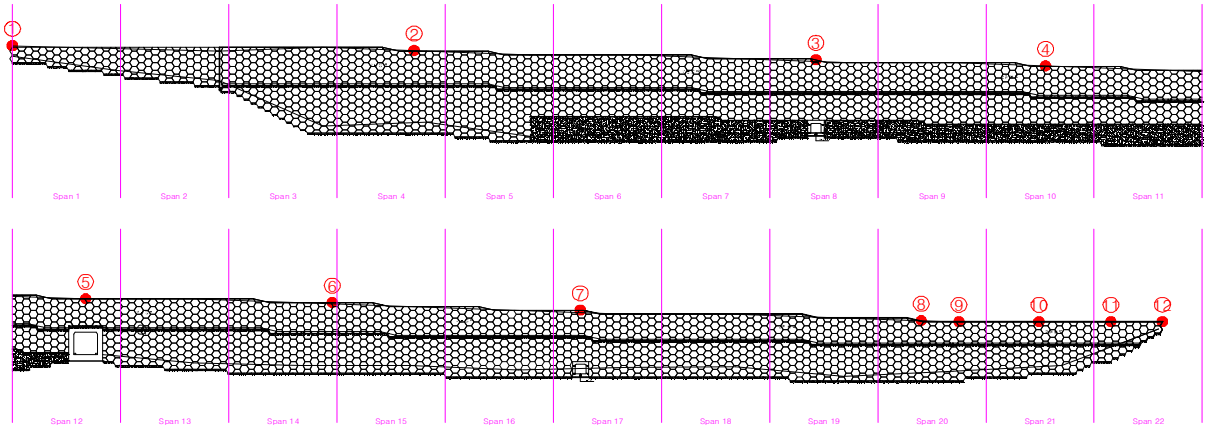
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	78m	88.9°	89.0°	비진행성, 2%미만
2	193m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	280m	89.5°	89.8°	비진행성, 2%미만
4	389m	89.5°	89.9°	비진행성, 2%미만

<표 2-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	406743.4	150643.9	91.711	⑦	406751.0	150969.5	89.112
②	406743.5	150720.4	91.512	⑧	406744.4	151075.4	88.412
③	406747.4	150792.7	91.020	⑨	406745.4	151064.7	88.175
④	406749.3	150836	90.621	⑩	406746.8	151051.0	88.355
⑤	406750.9	150877.8	90.101	⑪	406748.1	151037.6	88.422
⑥	406751.6	150927.7	89.631	⑫	406748.5	151030.1	88.301



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 2-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

2.4 안전성능 평가

2.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 2-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 2-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 2-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S22	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	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	a
									상태평가 결과					A	

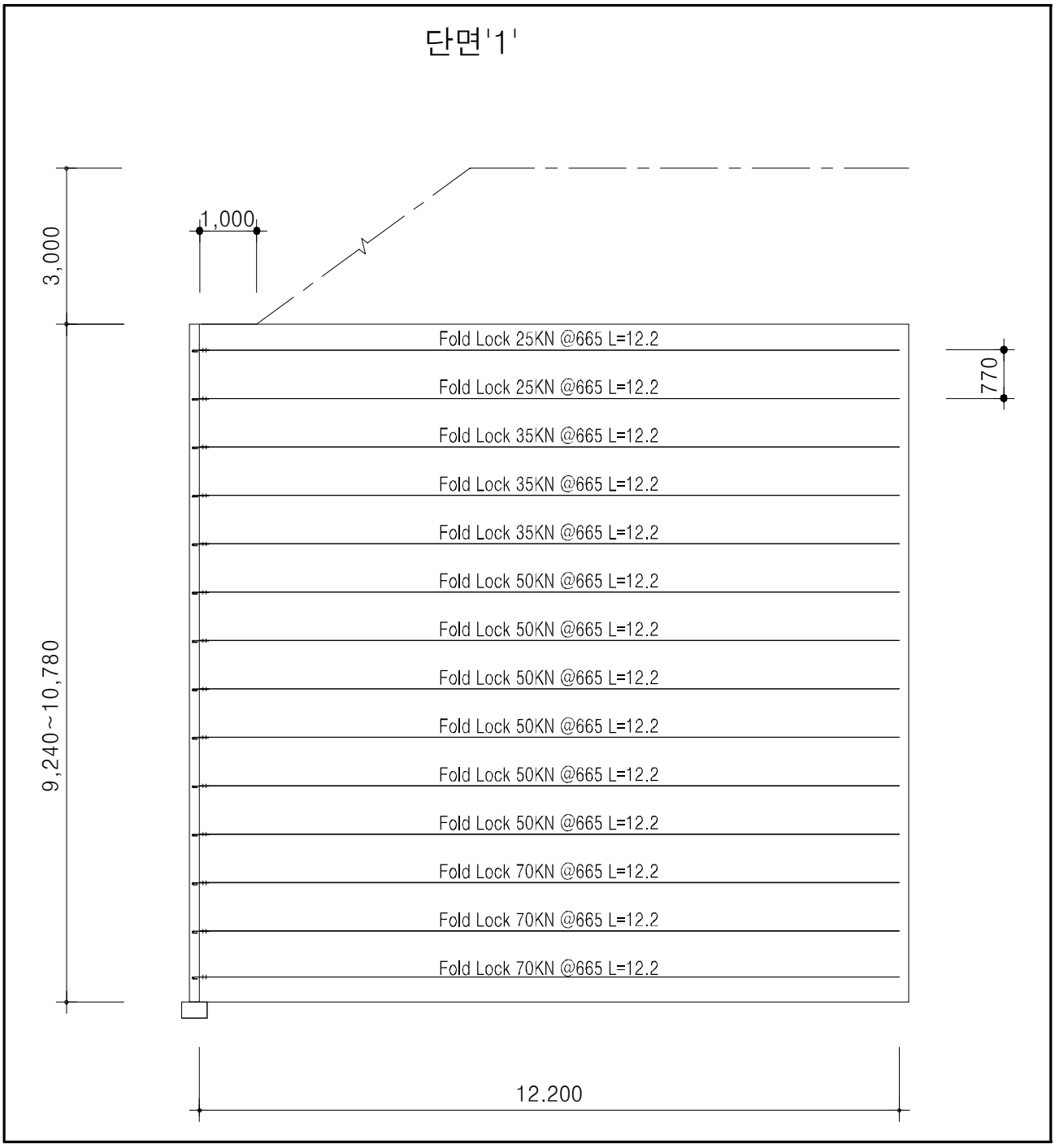
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

2.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 2-4> 검토단면도

다. 설계조건

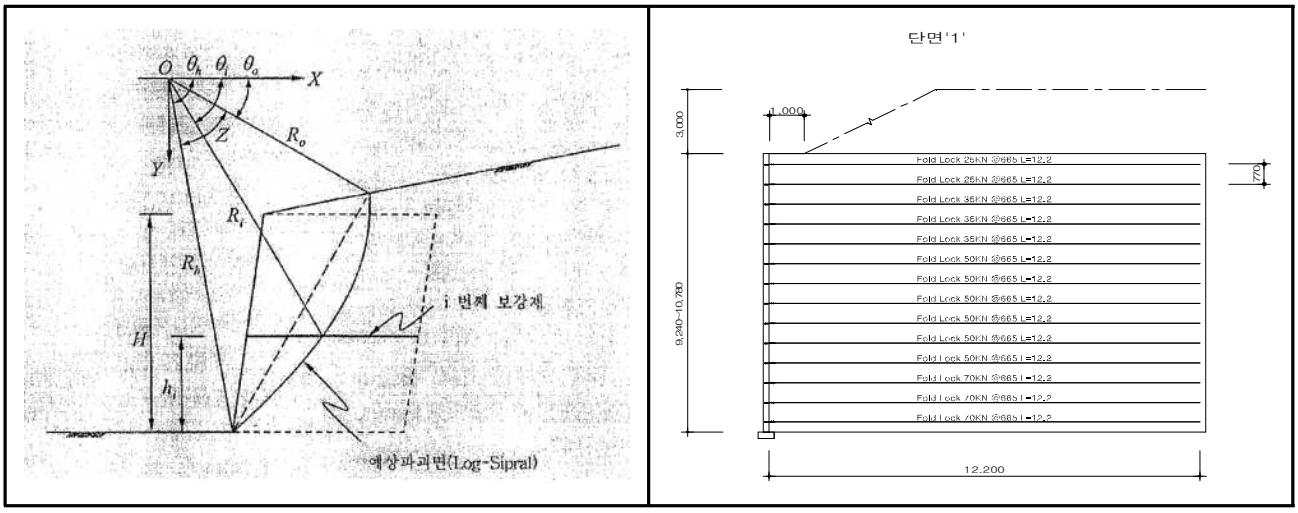
1) 토질정수

<표 2-21> 적용 토질정수

구분	단위중량 Υ_t (kN/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (kPa)	비 고
보강토 구간	1.90	30	0	
일 반 구 간	1.90	25	0	
기 초 지 반	1.75	30	1	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



<그림 2-5> 토압작용 모식도

2) 하중조건

가) 상재하중(활하중) : 1.50 tf/㎡ (15.0 kPa)

성토 높이와 구조물의 하중을 고려하여 검토하였다.

3) 토압계수

- 토압계수 ka = $\cos i \times \dfrac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.296$

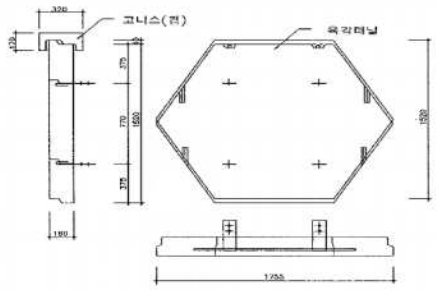
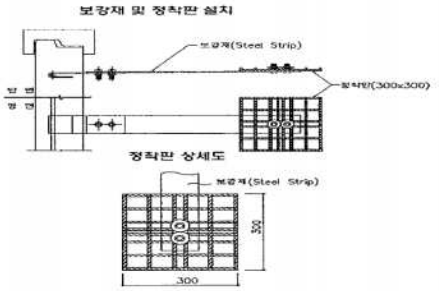
4) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

5) 사용재료 규격

- 폭(B) = 1,755㎜ - 높이(H) = 1,520㎜

<표 2-22> 적용 패널 제원

구 분	육각 P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

마. 안정해석 결과

<표 2-23> 시설물의 안정해석 결과표

구 분	외 적 안 정			내 적 안 정	
	지지력	활동	전도	보강재 파단	보강재 인발파괴
설계 안전률	2.50	1.50	2.00	1.50	2.00
계산치 안전율	3.66	1.85	3.24	1.83	6.39
검토결과	OK	OK	OK	OK	OK

다. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 2-24> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	활동	상시	1.85	a	1.5이상
	전도		3.24	a	2.0이상
	지지력	상시	3.66	a	3.0이상
내적 안전성 평가	보강재 파단		1.83	a	1.0이상
	보강재 인발		6.39	a	1.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

2.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 2-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽02		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 2-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

2.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

2.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 2-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 9개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 2-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S2	38.1	36.1	31.8	0.65	120.3	106.0	30.0
	S4	40.1	38.1	34.8	0.65	127.0	116.0	
	S6	39.1	37.1	33.3	0.65	123.7	111.0	
	S8	38.0	36.0	31.6	0.65	120.0	105.3	
	S10	41.9	39.8	37.5	0.65	132.7	125.0	
	S12	37.8	35.9	31.4	0.65	119.7	104.7	
	S14	40.1	38.1	34.8	0.65	127.0	116.0	
	S16	41.7	39.7	37.2	0.65	132.3	124.0	
	S18	41.1	39.1	36.3	0.65	130.3	121.0	

<표 2-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S2 건전부	120.3	106.0	-	a	-	30.0
S4 건전부	127.0	116.0	-	a	-	
S6 건전부	123.7	111.0	-	a	-	
S8 건전부	120.0	105.3	-	a	-	
S10 건전부	132.7	125.0	-	a	-	
S12 건전부	119.7	104.7	-	a	-	
S14 건전부	127.0	116.0	-	a	-	
S16 건전부	132.3	124.0	-	a	-	
S18 건전부	130.3	121.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 2-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 소보면 달산리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	A
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※인접 도시인 구미시의 기상자료를 활용하여 평가

2.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 2-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

2.6 종합평가

2.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 2-6> 종합평가 흐름도

1.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 2-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 2-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽02			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.140	A	0.8	
내구성능평가	0.080	B	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 2-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

2.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

2.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 2-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

2.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 2-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

2.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 2-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		파손	단면보수	손상진전 억제
			상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 2-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.05	㎡	138	7
순 공사비(천원)						**7**
재 경 비(천원)						**4**
총 공사비(천원)						**11**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 2-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공곡	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.05	138	7	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.0314	1
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

2.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 소보면 달산리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 15.0m로 측정되었으며, 총 연장은 L=438.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관상태는 판넬 파손이 조사되었으나, 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제3장 블럭식옹벽03

3.1 대상 시설물 현황

3.2 관련 자료의 분석

3.3 현장조사 및 시험

3.4 안전성능 평가

3.5 내구성능 평가

3.6 종합평가

3.7 유지관리 전략 제안

3.8 종합결론

제3장 블럭식옹벽03

3.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 산법리(상주영천고속도로 29.178~29.400km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 218.0m, 지면노출높이 8.7m의 블럭식 보강토옹벽이다.

<표 3-1> 시설물 현황(블럭식옹벽03)

시설물 번호	RW2017-0000083		**관리번호**	SY RW3
시설물명	블록식옹벽03		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 산법리		
	위치좌표	시점 : 36° 23′12.5″ 128° 50′55.9″		
		종점 : 36° 23′07.8″ 128° 50′71.2″		
	관리이정	고속국도 301호선 29.178~29.400km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	218.0m	지면 노출높이(m)	8.7m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	하천		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 3-1> 대상 시설물 현황도

3.2 관련 자료의 분석

3.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 3-2> 유지관리 관련자료 현황

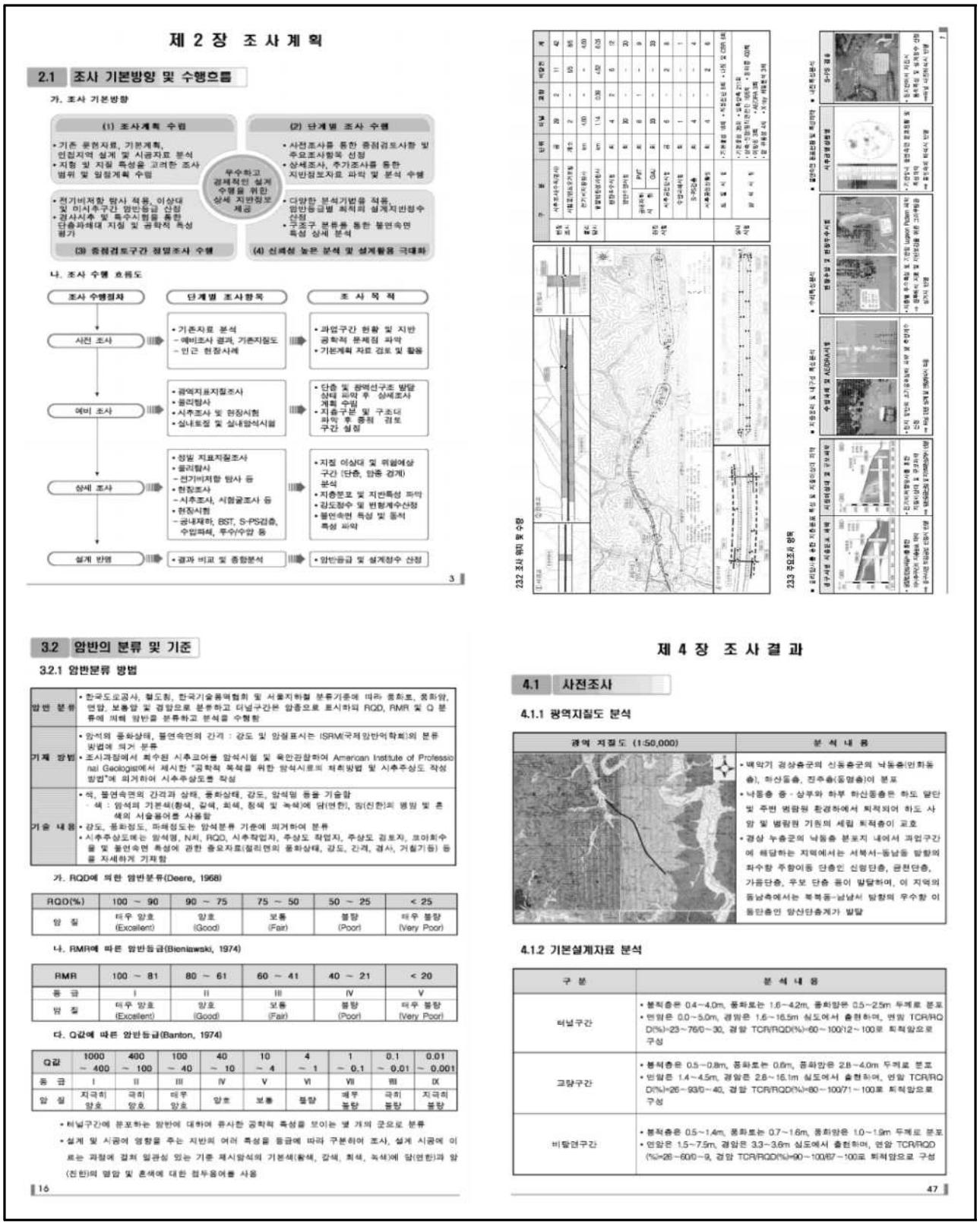
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

3.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립
- 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
- 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립

(2) 단계별 조사 수행
- 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
- 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

(3) 중점검토구간 정밀조사 수행
- 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
- 경사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화
- 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
- 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 – 예비조사 결과, 기존지질도 – 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 향액선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 – 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 – 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 – 공내재하, BST, S-PS검층, 수압파쇄, 투수/수압 등	• 지질 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 반형계수산정 • 불연속면 특성 및 동적 특성 파악
설계 반영	• 결과 비교 및 종합분석	• 암반등급 및 설계정수 산정

3

232 조사 위치 및 수량

233 주요조사 항목

3.2 암반의 분류 및 기준

3.2.1 암반분류 방법

암반 분류	• 한국도로공사, 철도청, 한국기술용역협회 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 분류하고 터널구간은 암종으로 표시하며 RQD, RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함
기재 방법	• 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반역학회)의 분류 방법에 의거 분류 • 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성 방법"에 의거하여 시추주상도를 작성
기술 내용	• 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기술함 – 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용함 • 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류 • 시추주상도에는 암석명, N치, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 코아회수율 및 불연속면 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 경사, 거칠기등) 등을 자세하게 기재함

가. RQD에 의한 암반분류(Deere, 1968)

RQD(%)	100 ~ 90	90 ~ 75	75 ~ 50	50 ~ 25	< 25
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

나. RMR에 따른 암반등급(Bieniawski, 1974)

RMR	100 ~ 81	80 ~ 61	60 ~ 41	40 ~ 21	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

다. Q값에 따른 암반등급(Banton, 1974)

Q값	1000 ~ 400	400 ~ 100	100 ~ 40	40 ~ 10	10 ~ 4	4 ~ 1	1 ~ 0.1	0.1 ~ 0.01	0.01 ~ 0.001
등 급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암 질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

• 터널구간에 분포하는 암반에 대하여 유사한 공학적 특성을 보이는 몇 개의 군으로 분류
• 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두용어를 사용

16

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:50,000)	분 석 내 용
	• 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(민화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포 • 낙동층 중 · 상부와 하부 하산동층은 하도 암단 및 주변 범람원 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 범람원 기원의 세립 퇴적층이 교호 • 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 하수향 주향이동 단층인 신원단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 양산단층계가 발달

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 붕적층은 0.4~4.0m, 풍화토는 1.6~4.2m, 풍화암은 0.5~2.5m 두께로 분포 • 연암은 0.0~5.0m, 경암은 1.6~16.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=23~76/0~30, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/12~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 붕적층은 0.5~0.8m, 풍화토는 0.6m, 풍화암은 2.8~4.0m 두께로 분포 • 연암은 1.4~4.5m, 경암은 2.6~16.1m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~93/0~40, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/71~100로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 붕적층은 0.5~1.4m, 풍화토는 0.7~1.6m, 풍화암은 1.0~1.9m 두께로 분포 • 연암은 1.5~7.5m, 경암은 3.3~3.6m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~60/0~9, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/67~100로 퇴적암으로 구성

47

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사의 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면 높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 빈생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면 높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 봉적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형 - 지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

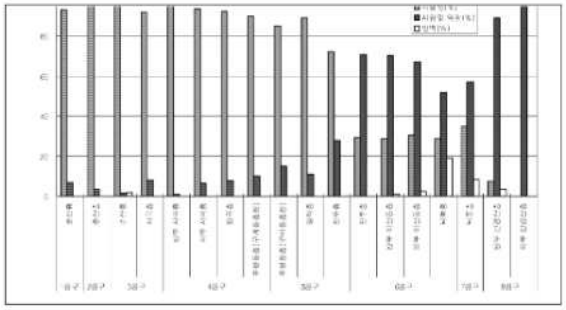
구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대깎기고 및 쌓기고	지층현황	조사내용 공번	조사내용 조사위치 (STA.)	비 고
깎기구간	깎기1구간	1+050 ~ 1+290	240	1+200(상주방향)	27.40	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기2구간	1+430 ~ 1+610	180	1+540(상주방향)	45.47	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기3구간	2+220 ~ 2+560	340	2+300(영천방향)	53.24	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기4구간	2+560 ~ 2+750	190	2+640(영천방향)	32.00	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기5구간	2+810 ~ 2+860	50	2+840(영천방향)	14.74	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기6구간	2+910 ~ 3+050	140	2+980(영천방향)	27.72	붕적층,풍화토 풍화암,연 암	CB3-12 CB3-13	2+968(영천) 2+960(영천)	

7.6.3 암종특성에 따른 비탈면 기울기 현황

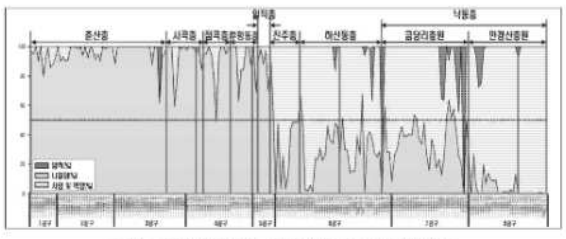
가. 지질 및 암종특성

① 지질특성

- 본 과업노선(상주~영천고속도로 제4공구) 경상분지의 퇴적암 지역에 위치하며 시점부터 낙동층, 하산동층, 진주층의 순서로 분포함.
- 구성암석은 이암과 세일로 구성된 니질암과 사암 및 역암으로 구성되며 니질암은 28.9~30.4%의 구성비를 보임
- 니질암은 사암이나 역암에 비해 업지간 공극이 크고 느슨한 특징을 보이며, 탄산염광물 함량이 높을 경우 짧은 시간 내에 풍화되는 특성을 나타냄

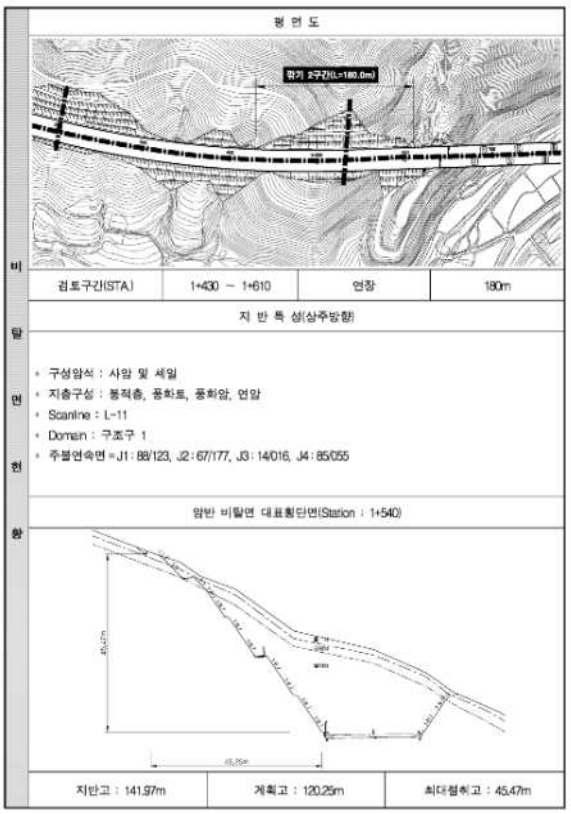


< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 >



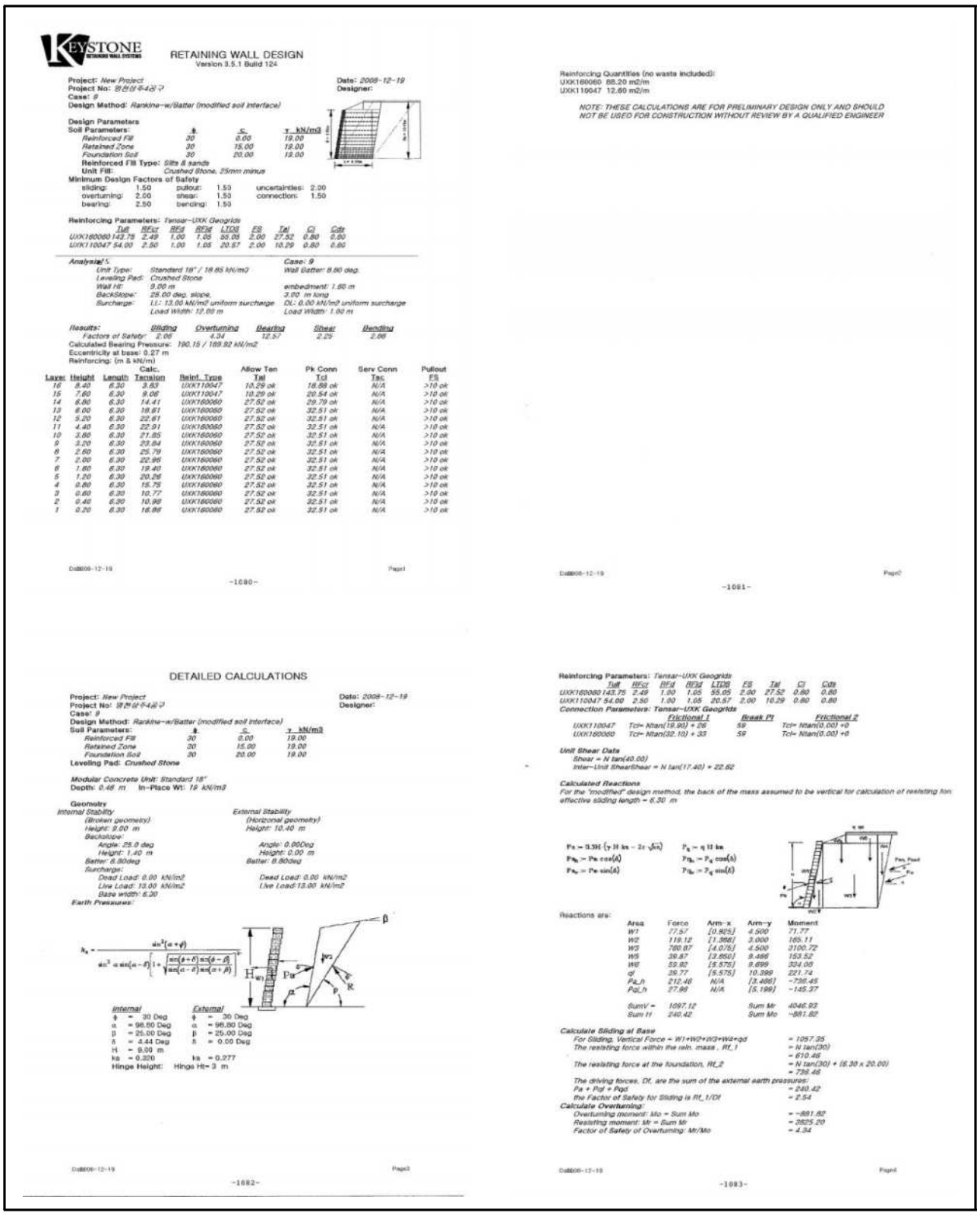
< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 지질종단도>

(2) 깎기 2구간



3.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



RETAINING WALL DESIGN
Version 3.5.1 Build 124

Project: New Project
Project No: 동원상주4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Design Parameters
Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Reinforced Fill Type: Silts & sands
Unit Fill: Crushed Stone, 25mm minus
Minimum Design Factors of Safety
sliding: 1.50 pullout: 1.50 uncertainties: 2.00
overturning: 2.00 shear: 1.50 connection: 1.50
bearing: 2.50 bending: 1.50

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Analysis:
Unit Type: Standard 18" / 18.85 kN/m3
Leveling Pad: Crushed Stone
Wall Ht: 9.00 m
Backslope: 25.00 deg. slope,
Surcharge: LL: 13.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 12.00 m
Case: 9
Wall Batter: 8.00 deg.
embedment: 1.50 m
3.00 m long
DL: 0.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 1.00 m

Results:

	Sliding	Overturning	Bearing	Shear	Bending
Factors of Safety:	2.06	4.34	12.57	2.29	2.66

Calculated Bearing Pressure: 190.15 / 169.92 kN/m2
Eccentricity at base: 0.27 m
Reinforcing: (m & kN/m)

Layer	Height	Length	Calc. Tension	Reinf. Type	Allow Ten Tal	Pk Conn Tcl	Serv Conn Tac	Pullout FS
16	8.40	6.30	3.83	UXK110047	10.29 ok	18.88 ok	N/A	>10 ok
15	7.60	6.30	9.06	UXK110047	10.29 ok	20.54 ok	N/A	>10 ok
14	6.80	6.30	14.41	UXK160060	27.52 ok	29.79 ok	N/A	>10 ok
13	6.00	6.30	18.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
12	5.20	6.30	22.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
11	4.40	6.30	22.91	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
10	3.60	6.30	21.85	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
9	2.20	6.30	23.84	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
8	2.60	6.30	25.79	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
7	2.00	6.30	22.96	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
6	1.80	6.30	19.40	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
5	1.20	6.30	20.26	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
4	0.80	6.30	15.75	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
3	0.60	6.30	10.77	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
2	0.40	6.30	10.98	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
1	0.20	6.30	16.88	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok

-1080-

Reinforcing Quantities (no waste included):
UXK160060 88.20 m2/m
UXK110047 12.60 m2/m

NOTE: THESE CALCULATIONS ARE FOR PRELIMINARY DESIGN ONLY AND SHOULD NOT BE USED FOR CONSTRUCTION WITHOUT REVIEW BY A QUALIFIED ENGINEER

-1081-

DETAILED CALCULATIONS

Project: New Project
Project No: 동원상주4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Soil Parameters:

	φ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Leveling Pad: Crushed Stone

Modular Concrete Unit: Standard 18"
Depth: 0.46 m In-Place Wt: 19 kN/m3

Geometry
Internal Stability (Broken geometry)
Height: 9.00 m
Backslope:
Angle: 25.0 deg
Height: 1.40 m
Batter: 8.00deg
Surcharge:
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load: 13.00 kN/m2
Base width: 6.30
External Stability (Horizontal geometry)
Height: 10.40 m
Angle: 0.00Deg
Height: 0.00 m
Batter: 8.00deg
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load:13.00 kN/m2

Earth Pressures:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

Internal		External	
φ	= 30 Deg	φ	= 30 Deg
α	= 98.80 Deg	α	= 98.80 Deg
β	= 25.00 Deg	β	= 25.00 Deg
δ	= 4.44 Deg	δ	= 0.00 Deg
H	= 9.00 m		
ka	= 0.320	ka	= 0.277
Hinge Height:		Hinge Ht= 3 m	

-1082-

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFid	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Connection Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Frictional 1	Break Pt	Frictional 2
UXK110047	Tcl= Ntan(19.90) + 26	59	Tcl= Ntan(0.00) +0
UXK160060	Tcl= Ntan(32.10) + 33	59	Tcl= Ntan(0.00) +0

Unit Shear Data
Shear = N tan(40.00)
Inter-Unit Shear/Shear = N tan(17.40) + 22.62

Calculated Reactions
For the "modified" design method, the back of the mass assumed to be vertical for calculation of resisting for
effective sliding length = 6.30 m

$Pa := 0.5H\left(\gamma H k_a - 2c\sqrt{k_a}\right)$ $P_q := q\,H\,k_a$
$Pa_h := Pa\cos(\delta)$ $Pq_h := P_q\cos(\delta)$
$Pa_v := Pa\sin(\delta)$ $Pq_v := P_q\sin(\delta)$

Reactions are:

Area	Force	Arm-x	Arm-y	Moment
W1	71.57	[0.925]	4.500	71.77
W2	119.12	[1.358]	3.000	165.11
W3	780.87	[4.075]	4.500	3100.72
W5	39.87	[3.850]	9.466	153.52
W7	59.80	[5.575]	9.699	324.00
qt	39.77	[5.575]	10.399	221.74
Pa_h	212.46	N/A	[3.466]	-736.45
Pq_h	27.96	N/A	[5.199]	-145.37
SumV =	1097.12		Sum Mr	4046.93
Sum H	240.42		Sum Mo	-881.82

Calculate Sliding at Base
For Sliding, Vertical Force = W1+W2+W3+W4+qd = 1057.35
The resisting force within the retn. mass , Rf_1 = N tan(30) = 610.46
The resisting force at the foundation, Rf_2 = N tan(30) + (6.30 x 20.00) = 736.46
The driving forces, Df, are the sum of the external earth pressures: = 240.42
Pa + Pqd + Pgd
the Factor of Safety for Sliding is Rf_1/Df = 2.54

Calculate Overturning:
Overturning moment: Mo = Sum Mo = -881.82
Resisting moment: Mr = Sum Mr = 3825.20
Factor of Safety of Overturning: Mr/Mo = 4.34

-1083-

Calculate eccentricity at base: with Surcharge / without Surcharge
Sum Moments = 3165.12 / 2943.38
Sum Vertical = 1097.12/1057.35
Base Length = 6.30
e = 0.265 / 0.366

Calculate Ultimate Bearing based on shear:
where:
Nq = 18.40
Nc = 30.14
Ng = 22.40 (ref. Vesic(1973, 1975) eqns)
Qult = 2390.15 kN/m2
Equivalent footing width, B' = L -2e = 5.77 / 5.57
Bearing pressure = sumV/B' = 190.15 kN/m2 / 189.92 kN/m2 [bearing is greatest with liveload]
Factor of Safety for bearing = Qult/bearing= 12.57

Calculate Tensions in Reinforcing:
The tensions in the reinforcing layer, and the assumed load at the connection,
is the vertical area supported by each respective layer, Sv.Column [7] is '2c sqrt(ka)'.

Table of Results kN/m

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] h1	[4] ka/rho	[5] Pa	[6] (Pas+Pasd)	[7] c	[8] (5+6)cos(d)-7	[9] Ti	[10] Tci	[11] Tsc
16	0.60	0.50	0.403/45	3.83	0.00	0.00	3.83	3.83	18.86	N/A
15	1.40	1.40	0.351/39	7.47	1.58	0.00	9.06	9.06	20.54	N/A
14	2.20	2.20	0.384/45	12.82	1.59	0.00	14.41	14.41	29.79	N/A
13	3.00	3.00	0.372/47	16.96	1.65	0.00	18.61	18.61	32.51	N/A
12	3.80	3.80	0.353/49	20.96	1.65	0.00	22.61	22.61	32.51	N/A
11	4.60	4.55	0.355/51	21.51	1.40	0.00	22.91	22.91	32.51	N/A
10	5.20	5.20	0.347/51	20.59	1.26	0.00	21.85	21.85	32.51	N/A
9	5.80	5.80	0.341/51	22.54	1.30	0.00	23.84	23.84	32.51	N/A
8	6.40	6.40	0.335/51	24.46	1.33	0.00	25.79	25.79	32.51	N/A
7	7.00	6.95	0.331/51	21.84	1.13	0.00	22.96	22.96	32.51	N/A
6	7.40	7.40	0.330/53	18.55	0.85	0.00	19.40	19.40	32.51	N/A
5	7.80	7.80	0.327/53	19.40	0.86	0.00	20.26	20.26	32.51	N/A
4	8.20	8.15	0.325/53	15.10	0.65	0.00	15.75	15.75	32.51	N/A
3	8.40	8.40	0.324/53	10.33	0.44	0.00	10.77	10.77	32.51	N/A
2	8.60	8.60	0.323/53	10.54	0.44	0.00	10.98	10.98	32.51	N/A
1	8.80	8.85	0.321/53	16.20	0.66	0.00	16.87	16.87	32.51	N/A

Db8606-12-19 Page5

Calculate sliding on the reinforcing:

The shear value is the lessor of base-shear or inter-unit shear.

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] N	[4] Li	[5] Cds	[6] x	[7] RF	[8] ka	[9] Pa	[10] Pas+Pasd	[11] DF	[12] FS
16	0.60	183.15	5.84	0.80	24.24	108.83	0.277	10.53	7.21	1.95	55.82
15	1.40	267.96	5.84	0.80	26.40	158.17	0.277	20.65	10.10	8.63	17.40
14	2.20	350.89	5.84	0.80	28.56	190.63	0.277	34.14	12.98	18.69	10.20
13	3.00	431.94	5.84	0.80	30.60	230.10	0.277	51.01	15.87	32.12	7.16
12	3.80	511.10	5.84	0.80	30.60	268.67	0.277	71.25	18.75	48.93	5.45
11	4.60	588.39	5.84	0.80	30.60	302.38	0.277	94.87	21.64	69.11	4.38
10	5.20	645.11	5.84	0.80	30.60	328.56	0.277	114.80	23.81	86.46	3.80
9	5.80	700.78	5.84	0.80	30.60	354.27	0.277	136.62	25.97	105.71	3.35
8	6.40	755.39	5.84	0.80	30.60	379.49	0.277	160.34	28.13	126.85	2.99
7	7.00	808.94	5.84	0.80	30.60	404.23	0.277	185.96	30.30	149.90	2.70
6	7.40	844.05	5.84	0.80	30.60	420.45	0.277	204.10	31.74	166.31	2.53
5	7.80	878.69	5.84	0.80	30.60	436.44	0.277	223.06	33.18	183.57	2.38
4	8.20	912.86	5.84	0.80	30.60	452.23	0.277	242.90	34.63	201.68	2.24
3	8.40	929.77	5.84	0.80	30.60	460.04	0.277	253.13	35.35	211.05	2.18
2	8.60	946.56	5.84	0.80	30.60	467.79	0.277	263.56	36.07	220.83	2.12
1	8.80	963.23	5.84	0.80	30.60	475.49	0.277	274.21	36.79	230.42	2.06

Db8606-12-19 Page6

Calculate pullout of each layer

The FoS (R+/S+) of pullout is calculated as the individual
layer pullout (Rf) divided by the tension (Df) in in that layer.
The angle of the failure plane is: 30.00 degrees from vertical

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Le	[4] SumV	[5] Ci	[6] PCi	[7] Ti	[8] FS_PO
16	0.60	2.29	87.10	0.80	80.46	3.83	21.01
15	1.40	2.63	139.94	0.80	129.27	9.06	14.28
14	2.20	2.97	203.05	0.80	187.57	14.41	13.02
13	3.00	3.31	276.44	0.80	255.37	18.61	13.72
12	3.80	3.65	360.11	0.80	332.65	22.61	14.71
11	4.60	3.98	445.42	0.80	411.46	22.91	17.96
10	5.20	4.24	517.81	0.80	478.33	21.85	21.89
9	5.80	4.49	594.91	0.80	549.55	23.84	23.05
8	6.40	4.74	676.73	0.80	625.13	25.79	24.24
7	7.00	5.00	763.26	0.80	705.07	22.96	30.70
6	7.40	5.17	823.57	0.80	760.79	19.40	39.22
5	7.80	5.34	885.98	0.80	818.44	20.26	40.40
4	8.20	5.50	936.60	0.80	865.38	15.75	54.94
3	8.40	5.59	962.36	0.80	888.99	10.77	82.56
2	8.60	5.67	988.82	0.80	911.58	10.98	83.03
1	8.80	5.76	1010.18	0.80	933.16	16.86	55.33

Check Shear & Bending at each layer

Bending on the top layer is the FOS of overturning of the Units
(Most surcharge loads need to be moved back from the face.)

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Si	[4] Qbl	[5] Pv	[6] BM	[7] FS_b	[8] Qb	[9] Hs	FS_Gh
16	0.60	0.60	0.28	5.17	1.42	5.18	1.36	24.24	17.58
15	1.40	0.80	0.73	8.62	3.09	4.25	3.86	26.40	6.84
14	2.20	0.80	1.25	13.51	4.77	3.81	6.46	28.56	4.42
13	3.00	0.80	1.72	22.41	6.44	3.75	8.77	30.60	3.49
12	3.80	0.80	2.13	25.45	7.18	3.38	10.81	30.60	2.83
11	4.60	0.80	2.51	25.45	7.18	2.86	12.72	30.60	2.40
10	5.20	0.60	1.59	25.45	7.29	4.59	10.67	30.60	2.87
9	5.80	0.60	1.74	25.45	7.29	4.19	11.67	30.60	2.62
8	6.40	0.60	1.89	25.45	7.29	3.86	12.65	30.60	2.42
7	7.00	0.60	2.03	25.45	7.29	3.59	13.63	30.60	2.25
6	7.40	0.40	0.95	25.45	7.42	7.77	9.58	30.60	3.19
5	7.80	0.40	1.00	25.45	7.42	7.43	10.02	30.60	3.05
4	8.20	0.40	1.04	25.45	7.42	7.12	10.45	30.60	2.93
3	8.40	0.20	0.27	25.45	7.57	28.33	5.38	30.60	5.71
2	8.60	0.20	0.27	25.45	7.57	27.77	5.46	30.60	5.60
1	8.80	0.20	0.28	25.45	7.57	27.25	5.57	30.60	5.49

Db8606-12-19 Page7

3.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 3-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	블럭식옹벽3에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블럭 전면부 백화현상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었고, 배수로 이물질 퇴적이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 청소 등의 조치가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	블럭식옹벽3에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블럭 전면부 백화현상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었고, 배수로 이물질 퇴적이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 청소를 실하는 유지관리가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	블럭식옹벽3에 대한 점검결과, 블럭 전면부 국부적인 백화현상 및 배수로 이물질 퇴적이 조사되었다. 기 발생된 손상의 경우 주의관찰 및 정비가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	블럭식옹벽3에 대한 점검결과, 블럭 전면부 국부적인 백화현상 및 파손, 배수로 이물질 퇴적이 조사되었다. 기 발생된 손상의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	블록식옹벽03의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	블럭식옹벽3에 대한 정기안전점검결과, 블록 전면부 일부 구간에서 블록 균열 및 파손이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

3.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

3.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 3-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

3.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 3-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

3.3 현장조사 및 시험

3.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 블럭식옹벽03은 경상북도 군위군 소보면 산법리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 218.0m, 지면노출 높이 8.7m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 3-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000083		관리번호	SY RW3
시설물명	블럭식옹벽03		시설물구분	2종 시설물
시설물위치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 산법리		
	위치좌표	시점 : 36° 23′12.5″ 128° 50′55.9″		
		종점 : 36° 23′07.8″ 128° 50′71.2″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 29.178~29.400km			
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	218.0m	지면노출 높 이	8.7m
	보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	하천		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 11개구간(S1~S11)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 3-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.8	7	120.0~140.0m	140.0	7.4
2	20.0~40.0m	40.0	6.4	8	140.0~160.0m	160.0	5.9
3	40.0~60.0m	60.0	7.0	9	160.0~180.0m	180.0	6.0
4	60.0~80.0m	80.0	7.7	10	180.0~200.0m	200.0	5.0
5	80.0~100.0m	100.0	8.2	11	200.0~218.0m	218.0	4.1
6	100.0~120.0m	120.0	8.7	-	-	-	-

<표 3-9> 보강토 옹벽의 조사항목

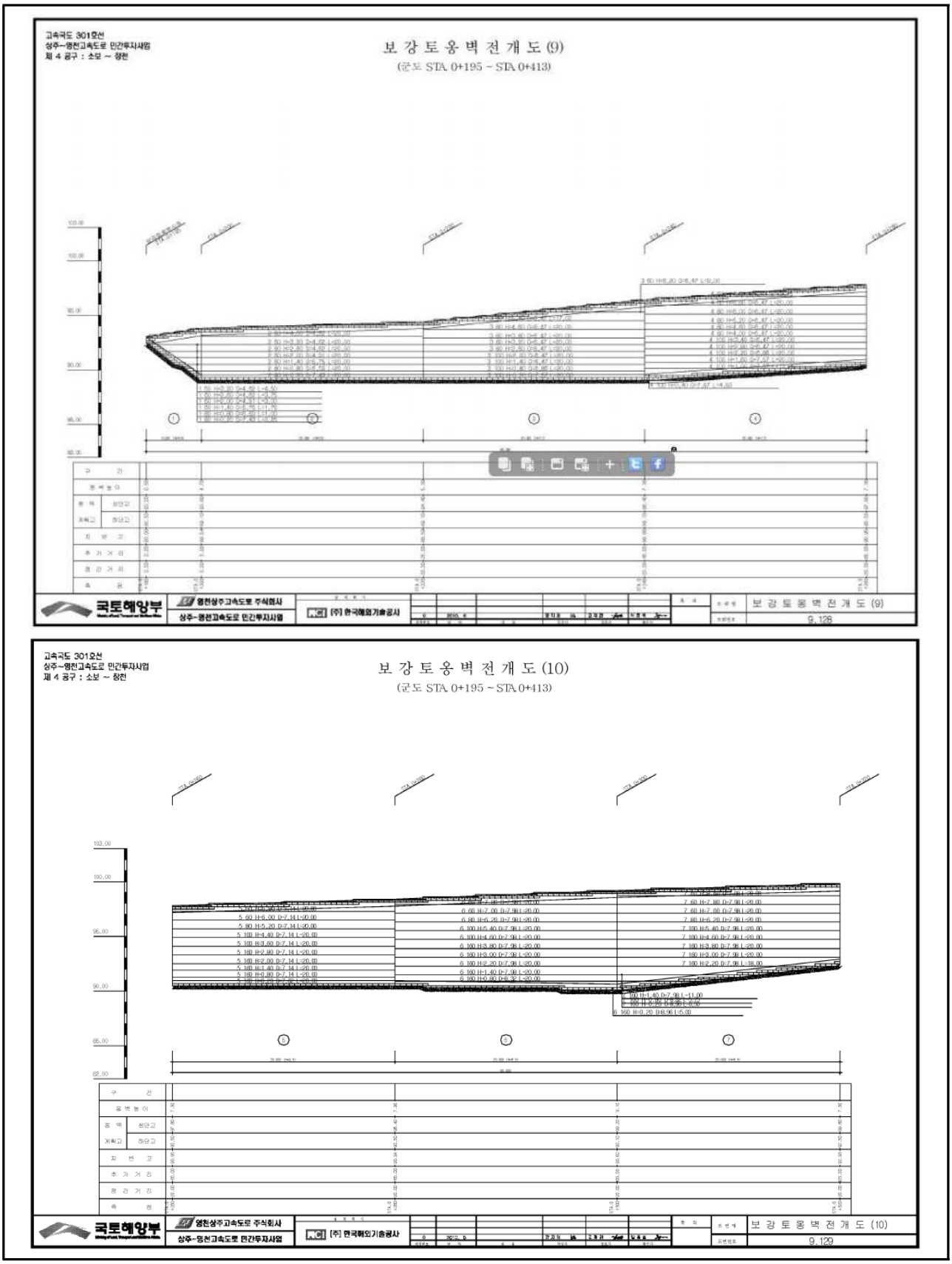
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

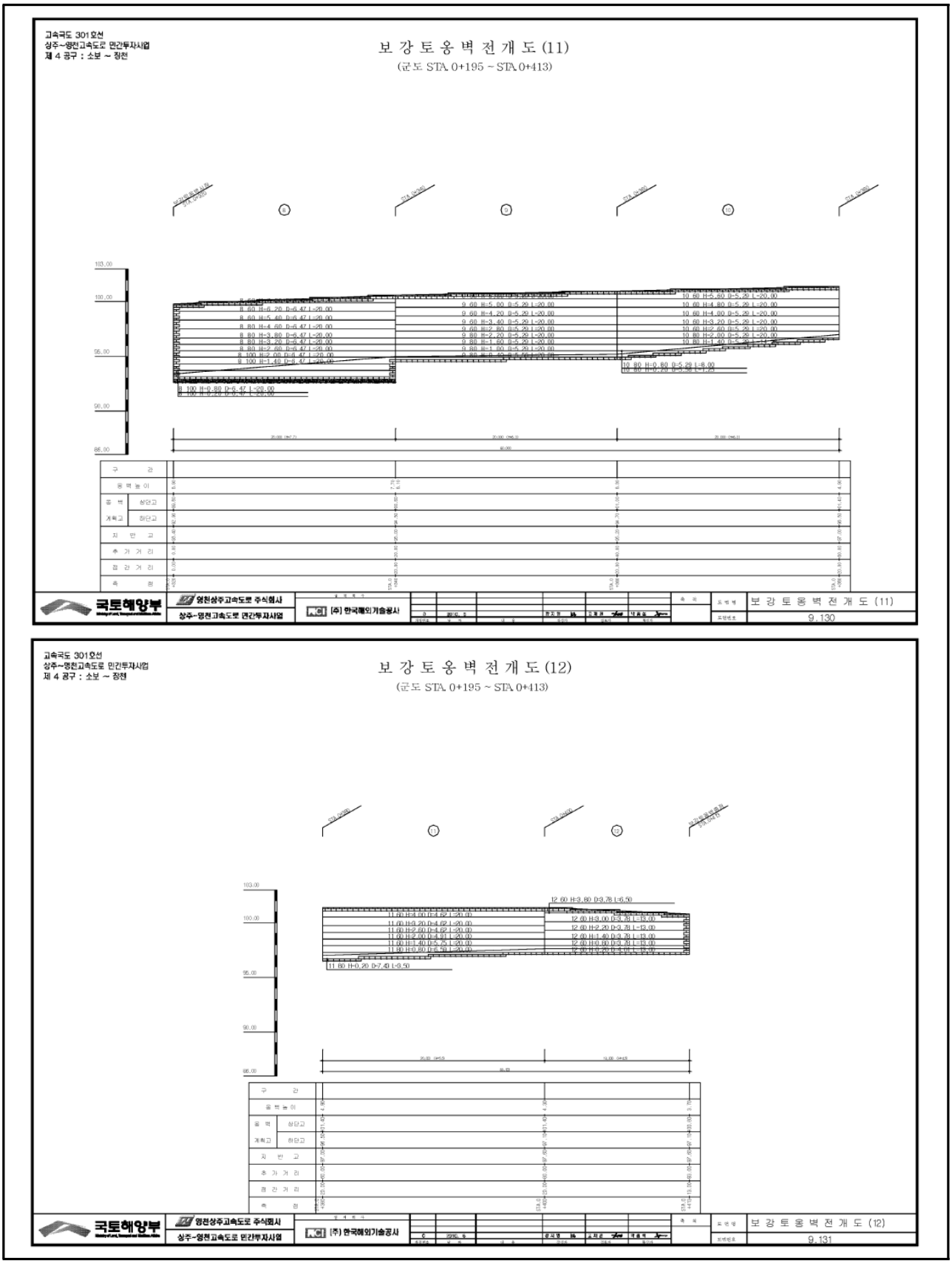
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

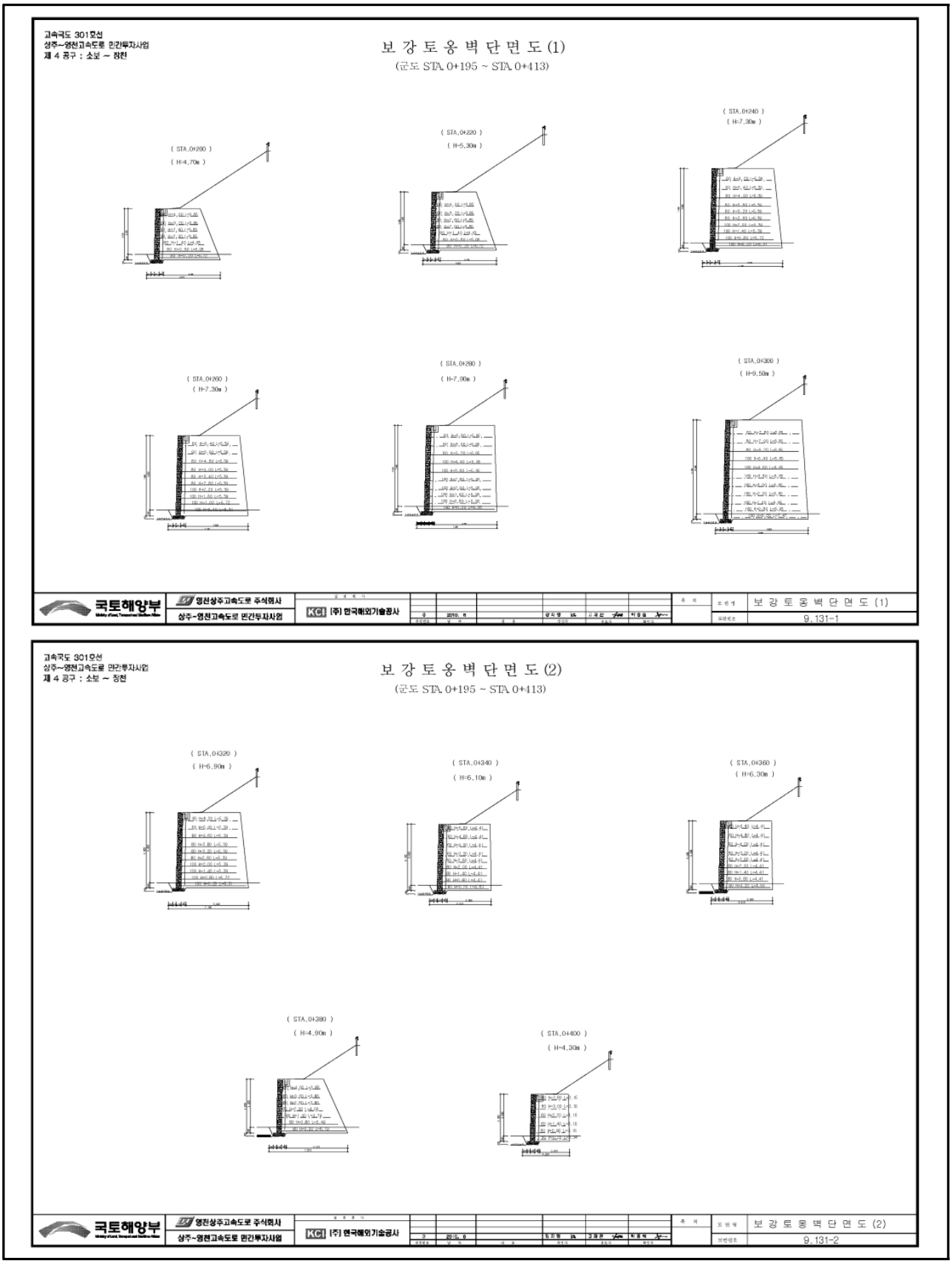
4) 관련도면



<그림 3-2> 전개도


고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (11)
(군도 STA. 0+195 ~ STA. 0+413)
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (11)
9.130
고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (12)
(군도 STA. 0+195 ~ STA. 0+413)
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (12)
9.131

<그림 3-2> 전개도(계속)


고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 청천
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (1)
(군도 STA. 0+195 ~ STA. 0+413)
(STA.0+200)
(H=4.70m)
(STA.0+220)
(H=5.30m)
(STA.0+240)
(H=7.30m)
(STA.0+260)
(H=7.30m)
(STA.0+280)
(H=7.90m)
(STA.0+300)
(H=9.50m)
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
KCI (주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (1)
9.131-1
고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 청천
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (2)
(군도 STA. 0+195 ~ STA. 0+413)
(STA.0+320)
(H=6.90m)
(STA.0+340)
(H=6.10m)
(STA.0+360)
(H=6.30m)
(STA.0+380)
(H=4.90m)
(STA.0+400)
(H=4.30m)
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
KCI (주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (2)
9.131-2

<그림 3-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 성토부 전경

3.3.2 조사결과

가. 전면부

본 보강토 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

	
전면부 전경	전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 3-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 3-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부와 전면부 하단에 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
- 보강토 옹벽의 상단부와 전면부 하단에 배수로가 설치되어있으며, 배수관 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.
- 금회 보강토 옹벽의 배수시설에 대한 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태이며, 구조물의 배수기능에 문제가 없는 것으로 확인되었다.




상부배수로 시공상태

<표 3-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
성토부 상태 현황	성토부 상태 현황

<표 3-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

3.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 3-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상 ○ 해당없음 ○ 해당없음	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

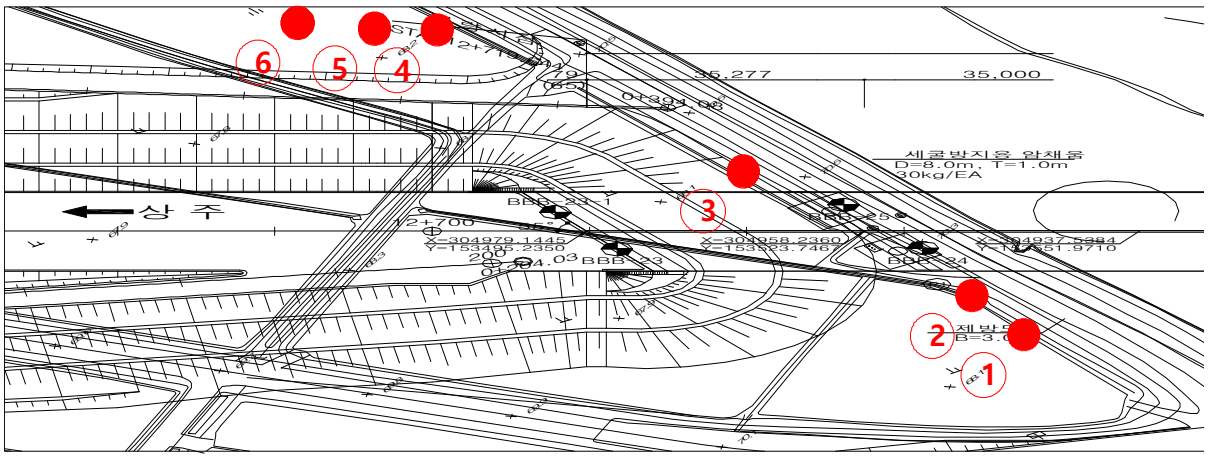
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 3-16> 기울기 측정결과

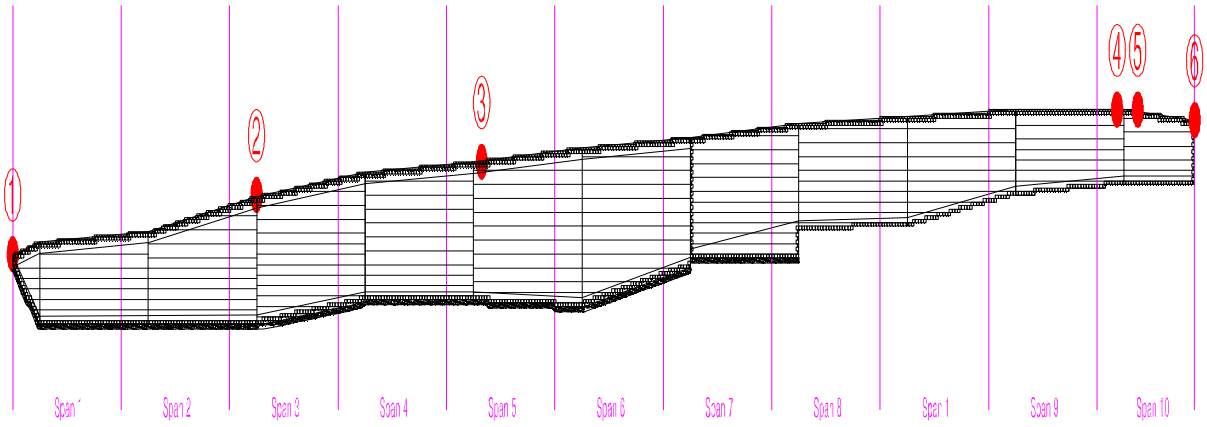
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	50m	88.7°	89.0°	비진행성, 2%미만
2	100m	89.3°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	150m	89.1°	89.5°	비진행성, 2%미만
4	200m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만

<표 3-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	405565.6	153478.7	74.742	④	405305.5	153580.6	74.956
②	405507.4	153536.9	74.857	⑤	405288.1	153579.9	74.955
③	405447.3	153560.3	74.901	⑥	405231.9	153583.7	74.953

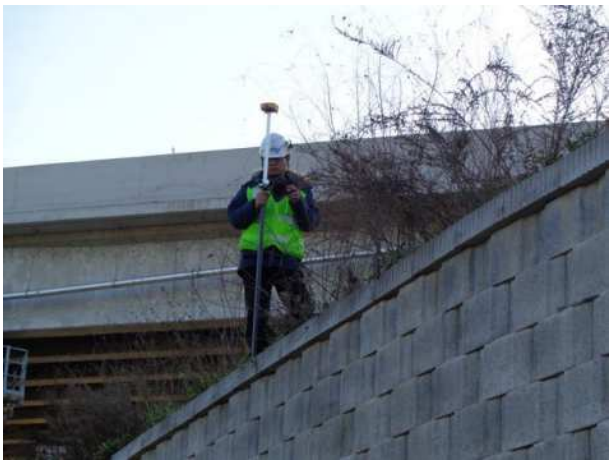


[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 3-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

3.4 안전성능 평가

3.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 3-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="2">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="2">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="2">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="2">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="2">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="2">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2">옹벽 결함지수
(F)</td><td colspan="5">① $\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$ ② $\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 3-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 3-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

구간	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 및 손상	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	a
									상태안전성능 평가 결과					A	

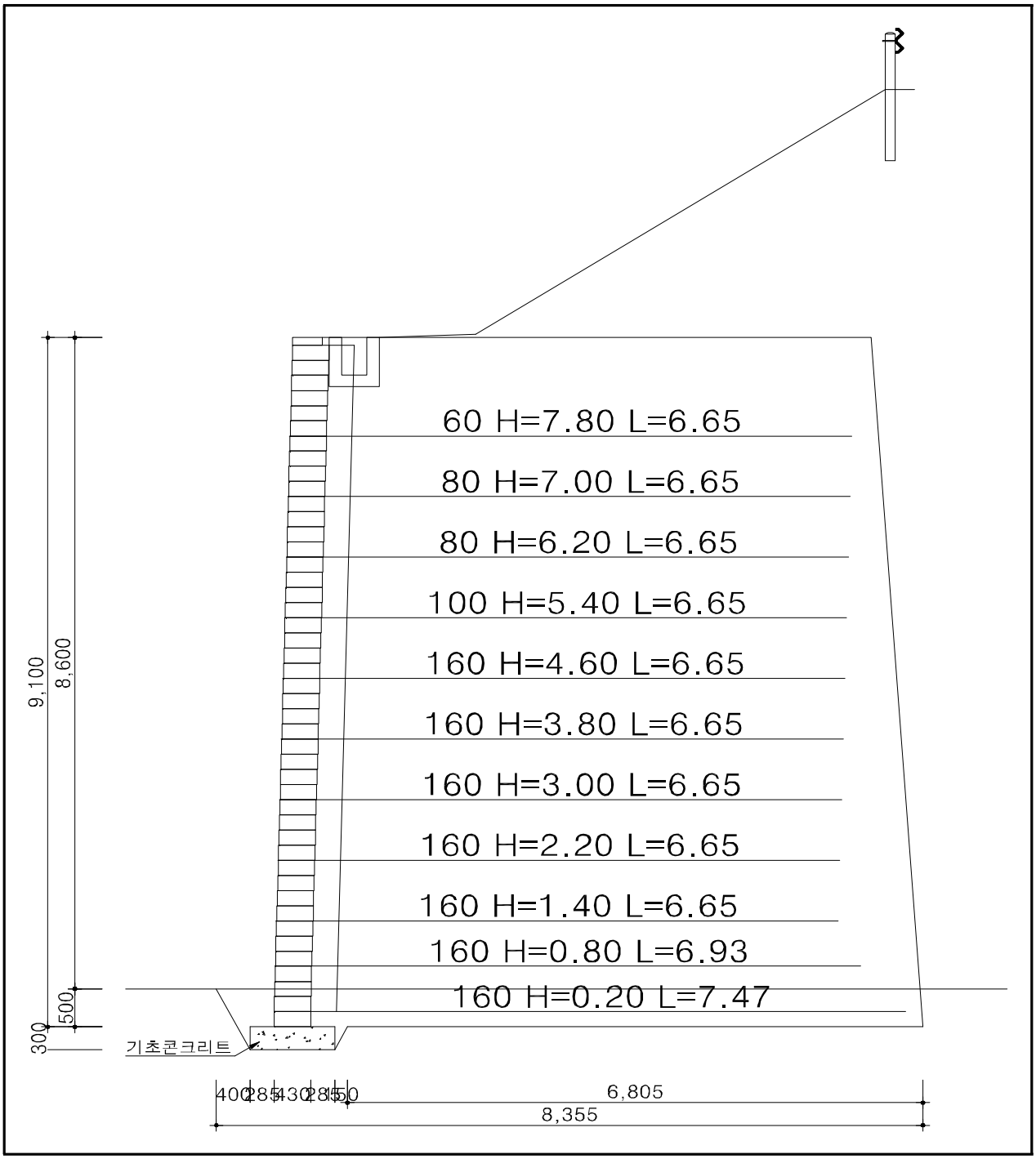
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

3.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 3-4> 검토단면도

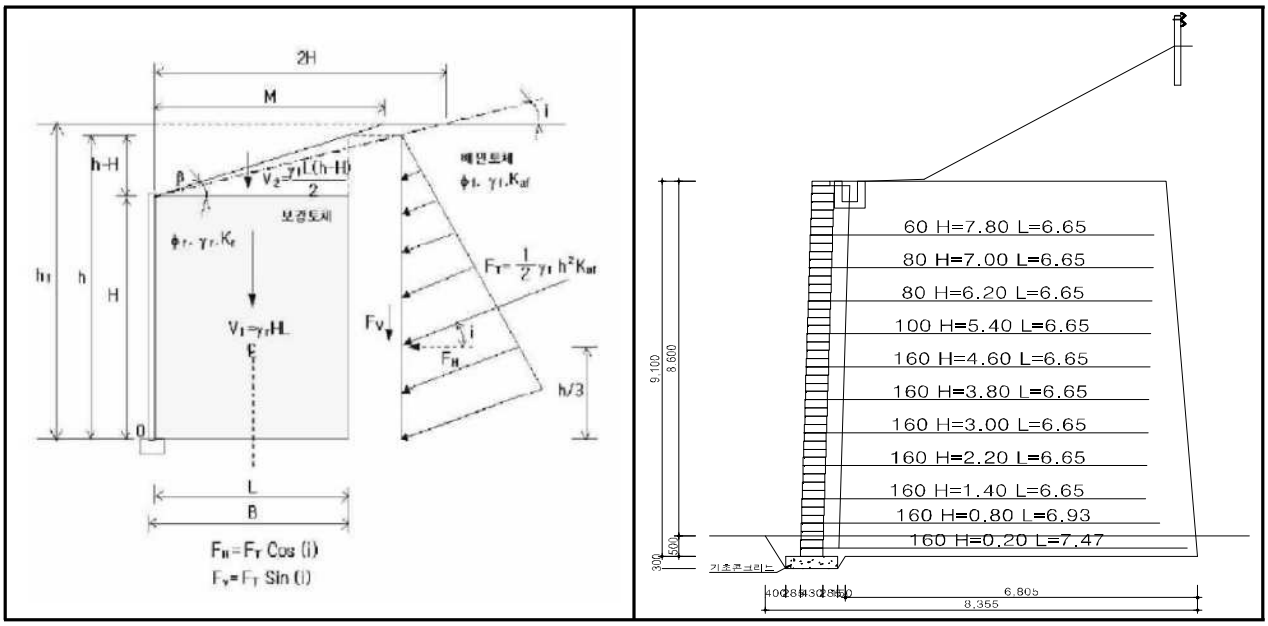
다. 지반정수

<표 3-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎡)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	19	0	30	
성토층	19	15	30	
기초	19	20	30	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



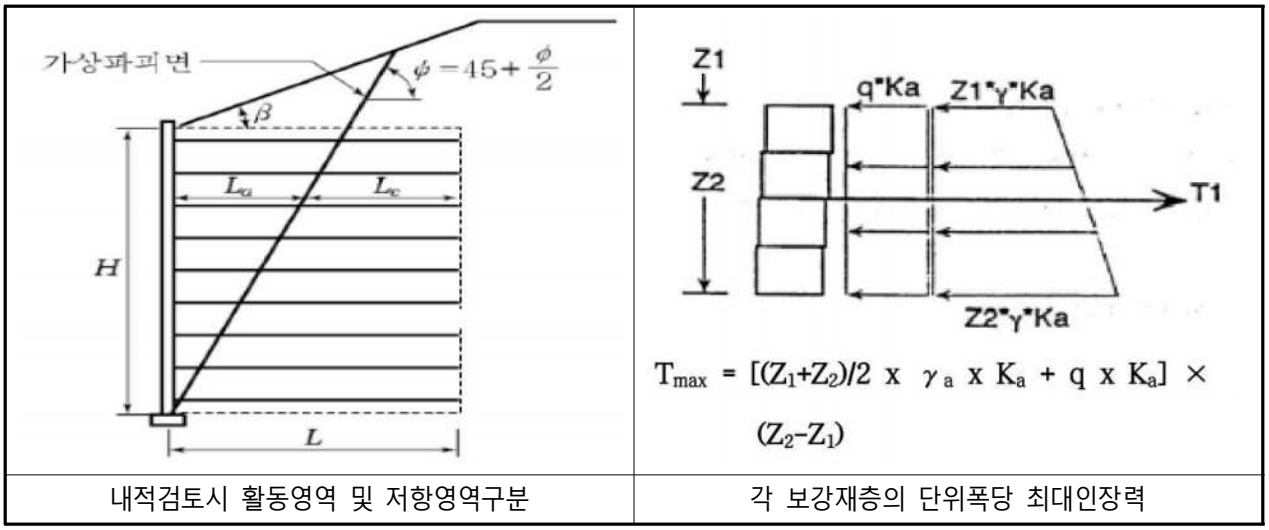
<그림 3-5> 검토단면도

2) 검토조건

- 벽체높이 H(m) = 9.00m h1(m) = 12.00 2h(m) = 24.00
- 보강재의 길이 Lbot(m) = 7.47 , Lup(M) = 6.65
- 상부사면의 경사 β(°) = 34, h-H=3.00
- 상재하중 q(kN/㎡) = 13.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.320$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분 | 각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 3-6> 토압작용 모식도

2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2) =$ 0.277

3) 보강재

<표 3-22> 보강재의 설계인장강도

보강재 최대인장강도	144kN/m	54kN/m	비 고
보강재의 설계인장강도(Td)	55.05	20.57	구조계산서 참조

바. 검토결과

<표 3-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분		검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
		상시	상시	
외적 안정	활 동	2.06	1.5	O.K
	전 도	4.34	1.5	O.K
	지지력	12.57	2.5	O.K
내적 안정	파 단	2.25	1.0	O.K
	인 발	2.86	1.5	O.K

주)보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계 인장강도(Fs=1.5)를 적용하였으므로 1.0으로 적용

사. 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 3-24> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분		안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	2.06	a	평상시 안전율 적용
	전 도	4.34	a	평상시 안전율 적용
	지지력	12.57	a	평상시 안전율 적용
내적 안정	파 단	2.25	a	평상시 안전율 적용
	인 발	2.86	a	평상시 안전율 적용
구조안전성능 평가 결과		· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

3.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 3-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	블럭식옹벽03		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 3-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

3.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

3.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 3-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 5개소를 실시하였다.

② 측정결과

옹벽의 재료시험 기준에 의해 5개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다. 설계자료에 기준강도자료가 없는 상태로, 근처 공구의 옹벽 설계기준강도를 참조하여 결과를 작성하였다.

<표 3-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			일본재료학회	일본건축학회		일본재료학회	일본건축학회	
전면부	S1	47.0	27.1	28.2	0.65	100.4	104.4	27.0
	S3	49.9	29.5	29.6	0.65	109.3	109.6	
	S5	49.0	28.7	29.1	0.65	106.3	107.8	
	S7	50.0	29.5	29.6	0.65	109.3	109.6	
	S9	47.2	27.3	28.3	0.65	101.1	104.8	

<표 3-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	일본재료학회	일본건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	100.4	104.4	-	a	-	27.0
S3 건전부	109.3	109.6	-	a	-	
S5 건전부	106.3	107.8	-	a	-	
S7 건전부	109.3	109.6	-	a	-	
S9 건전부	101.1	104.8	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 블럭식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 블럭식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 3-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 소보면 산법리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※ 인접 도시인 구미시의 기상청 자료로 평가함

3.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 3-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	-
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	-
	비래염분 염해환경	0.08	A	-
	동해환경	0.08	A	-

3.6 종합평가

3.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 3-7> 종합평가 흐름도

3.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 3-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 3-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	블럭식옹벽03			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 3-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

3.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

3.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 3-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

3.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 3-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

3.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 3-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		상태양호	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 3-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	상태양호	-	-	-	-	-
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
상부성토부	상태양호	-	-	-	-	-
기초부	상태양호	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						-
재 경 비(천원)						-
총 공사비(천원)						-

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 3-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	손상 내용	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

3.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 소보면 산법리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 8.7m를 보이며, 총 연장은 L=218.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제4장 블럭식옹벽04

4.1 대상 시설물 현황

4.2 관련 자료의 분석

4.3 현장조사 및 시험

4.4 안전성능 평가

4.5 내구성능 평가

4.6 종합평가

4.7 유지관리 전략 제안

4.8 종합결론

제4장 블럭식옹벽04

4.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 산법리(상주영천고속도로 29.178~29.400km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 218.0m, 지면노출높이 8.7m의 블럭식 보강토옹벽이다.

<표 4-1> 시설물 현황(블럭식옹벽04)

시설물 번호	RW2017-0000084		**관리번호**	SY RW4
시설물명	블럭식옹벽04		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 산법리		
	위치좌표	시점 : 36° 23′06.9″ 128° 50′51.8″		
		종점 : 36° 23′25.8″ 128° 50′19.7″		
	관리이정	고속국도 301호선 30.940~31.213km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	273.0m	지면 노출높이(m)	12.5m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	도로		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 4-1> 대상 시설물 현황도

4.2 관련 자료의 분석

4.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 4-2> 유지관리 관련자료 현황

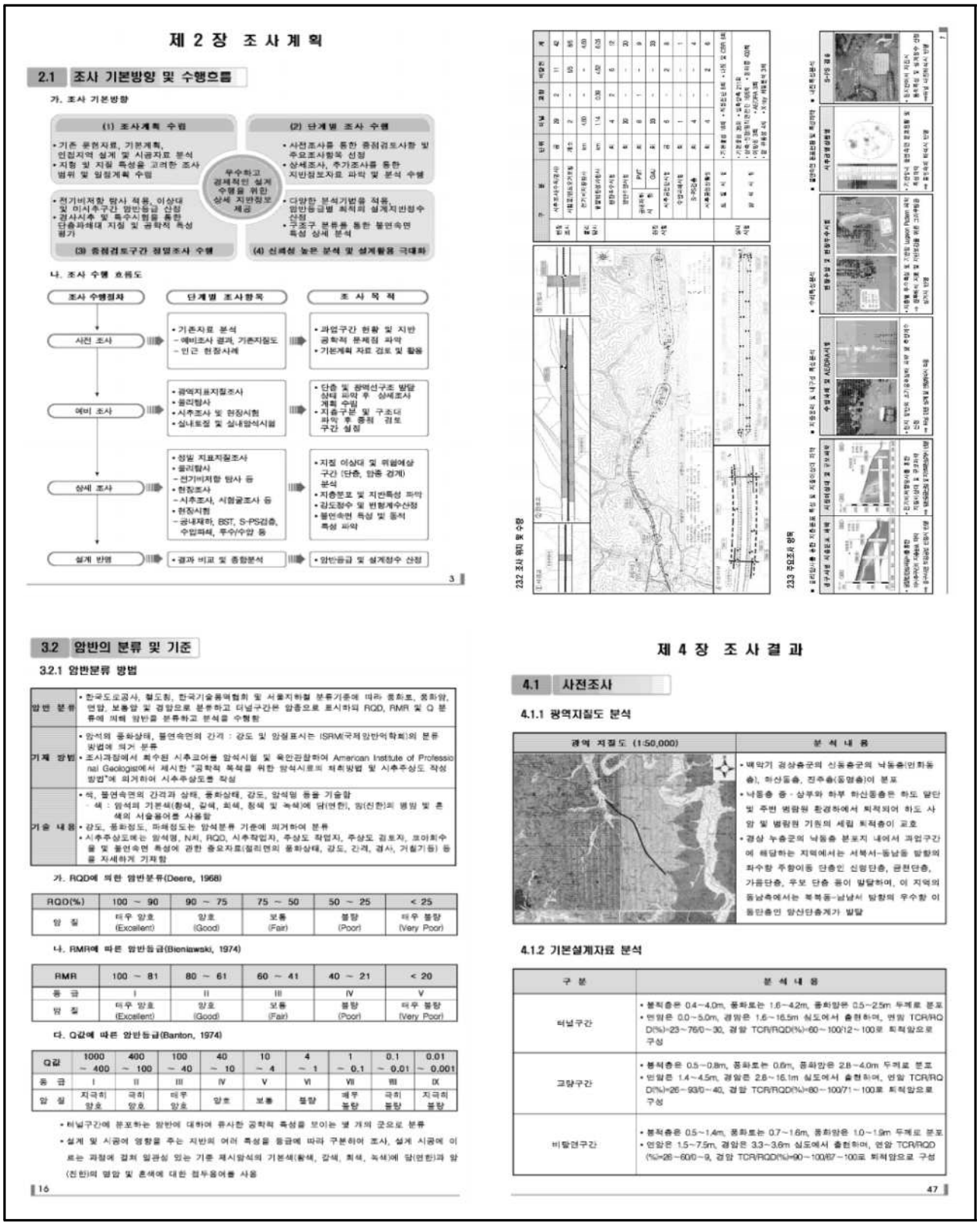
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

4.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립
- 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
- 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립

(2) 단계별 조사 수행
- 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
- 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

(3) 중점검토구간 정밀조사 수행
- 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
- 경사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화
- 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
- 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 – 예비조사 결과, 기존지질도 – 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 향맥선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 – 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 – 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 – 공내재하, BST, S-PS검층, 수압파쇄, 투수/수압 등	• 지질 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 반력계수산정 • 불연속면 특성 및 동적 특성 파악
설계 반영	• 결과 비교 및 종합분석	• 암반등급 및 설계정수 산정

3

232 조사 위치 및 수량

233 주요조사 항목

3.2 암반의 분류 및 기준

3.2.1 암반분류 방법

암반 분류	• 한국도로공사, 철도청, 한국기술용역협회 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 분류하고 터널구간은 암종으로 표시하며 RQD, RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함
기재 방법	• 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반역학회)의 분류 방법에 의거 분류 • 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성 방법"에 의거하여 시추주상도를 작성
기술 내용	• 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기술함 – 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용함 • 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류 • 시추주상도에는 암석명, N치, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 코아회수율 및 불연속면 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 경사, 거칠기등) 등을 자세하게 기재함

가. RQD에 의한 암반분류(Deere, 1968)

RQD(%)	100 ~ 90	90 ~ 75	75 ~ 50	50 ~ 25	< 25
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

나. RMR에 따른 암반등급(Bieniawski, 1974)

RMR	100 ~ 81	80 ~ 61	60 ~ 41	40 ~ 21	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

다. Q값에 따른 암반등급(Banton, 1974)

Q값	1000 ~ 400	400 ~ 100	100 ~ 40	40 ~ 10	10 ~ 4	4 ~ 1	1 ~ 0.1	0.1 ~ 0.01	0.01 ~ 0.001
등 급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암 질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

• 터널구간에 분포하는 암반에 대하여 유사한 공학적 특성을 보이는 몇 개의 군으로 분류
• 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두용어를 사용

16

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:50,000)	분 석 내 용
	• 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(민화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포 • 낙동층 중 · 상부와 하부 하산동층은 하도 말단 및 주변 범람원 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 범람원 기원의 세립 퇴적층이 교호 • 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 좌수향 주향이동 단층인 신령단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 양산단층계가 발달

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 붕적층은 0.4~4.0m, 풍화토는 1.6~4.2m, 풍화암은 0.5~2.5m 두께로 분포 • 연암은 0.0~5.0m, 경암은 1.6~16.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=23~76/0~30, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/12~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 붕적층은 0.5~0.8m, 풍화토는 0.6m, 풍화암은 2.8~4.0m 두께로 분포 • 연암은 1.4~4.5m, 경암은 2.6~16.1m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~93/0~40, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/71~100로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 붕적층은 0.5~1.4m, 풍화토는 0.7~1.6m, 풍화암은 1.0~1.9m 두께로 분포 • 연암은 1.5~7.5m, 경암은 3.3~3.6m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~60/0~9, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/67~100로 퇴적암으로 구성

47

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사의 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면 높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면 높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 봉적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형 - 지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

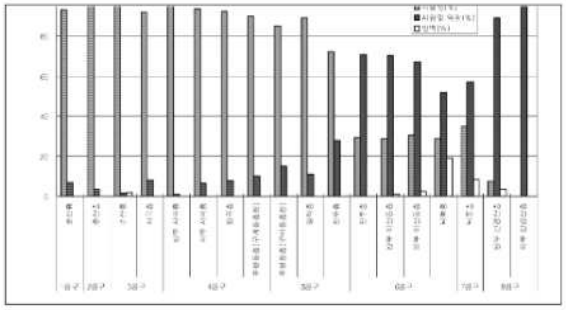
구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대깎기고 및 쌓기고	지층현황	조사내용 공번	조사내용 조사위치 (STA.)	비 고
깎기구간	깎기1구간	1+050 ~ 1+290	240	1+200(상주방향)	27.40	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기2구간	1+430 ~ 1+610	180	1+540(상주방향)	45.47	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기3구간	2+220 ~ 2+560	340	2+300(영천방향)	53.24	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기4구간	2+560 ~ 2+750	190	2+640(영천방향)	32.00	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기5구간	2+810 ~ 2+860	50	2+840(영천방향)	14.74	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기6구간	2+910 ~ 3+050	140	2+980(영천방향)	27.72	붕적층,풍화토 풍화암,연 암	CB3-12 CB3-13	2+968(영천) 2+960(영천)	

7.6.3 암종특성에 따른 비탈면 기울기 현황

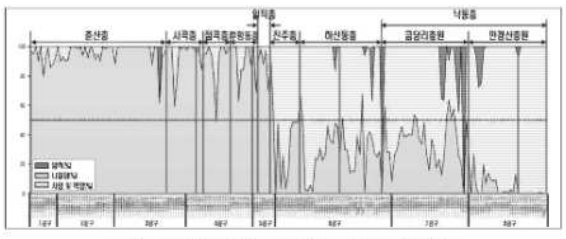
가. 지질 및 암종특성

① 지질특성

- 본 과업노선(상주~영천고속도로 제4공구) 경상분지의 퇴적암 지역에 위치하며 시점부터 낙동층, 하산동층, 진주층의 순서로 분포함.
- 구성암석은 이암과 세일로 구성된 니질암과 사암 및 역암으로 구성되며 니질암은 28.9~30.4%의 구성비를 보임
- 니질암은 사암이나 역암에 비해 업지간 공극이 크고 느슨한 특징을 보이며, 탄산염광물 함량이 높을 경우 짧은 시간 내에 풍화되는 특성을 나타냄

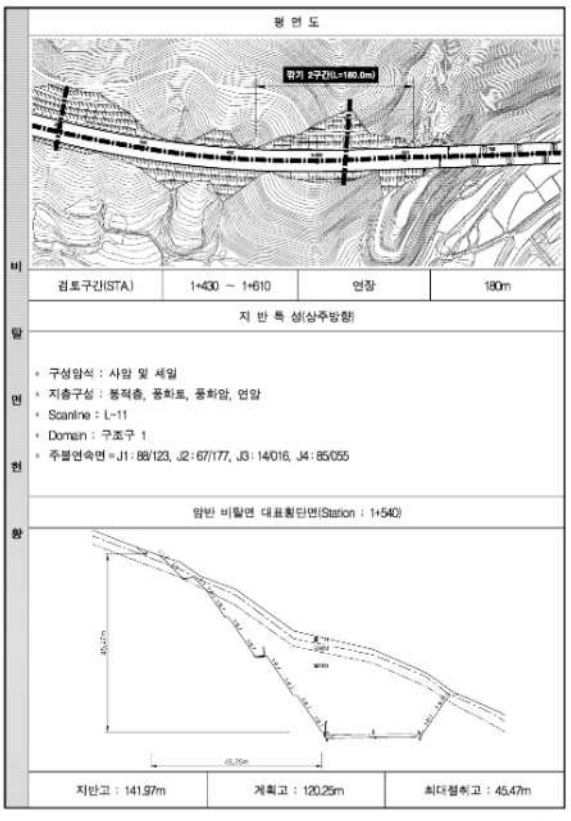


< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 >



< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 지질종단도>

(2) 깎기 2구간



4.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.

SOMO Holdings Co Ltd
Somo Building
984-1 Daechi-dong
Kangnam-ku
Seoul 135-842
Korea
Tel: 02 34506920 Fax: 02 5697792 E-mail: simon@sungam.co.kr

Page 1 of 10
Date 30 Jan 2009
Reference

Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion
Client:

Project:

보강토 옹벽 12m

Objective:

Calculations in accordance with:
Institut f? Bautechnik method

Calculations carried out using Winwall Version 8.22
Details of the theory used in this program are available on request from:
Tensar International Ltd, Cunningham Court, Shadsworth Business Park, BLACKBURN, BB1 2QX, UI
Telephone +44 1254 262431; Fax: +44 1254 266873; E-mail design@tensar.co.uk.

This document contains an Application Suggestion which has been prepared by SOMO Holdings Co Ltd, on a confidential basis, to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. The Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design.

This Application Suggestion is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids which are referenced within the calculations.

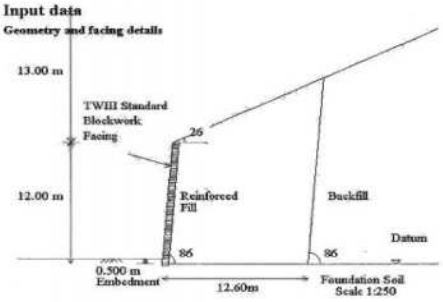
Copyright in this Application Suggestion belongs to Tensar International Limited. It may not be reproduced in whole or in part without the prior written permission of Tensar International. It must not be disclosed other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids.

This Application Suggestion does not form the whole or any part of a contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor SOMO Holdings Co Ltd are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar.**

Tensar and **Nedes** are registered trade marks.
?Tensar International Limited

Input data

Geometry and facing details



Soil properties

Soil type	c' (kN/m?)	φ'cv (degrees)	Unit weight (kN/m?)
Reinforced fill	0.00	30.00	19.00
Backfill	0.00	30.00	19.00
Foundation	10.00	30.00	19.00

Reinforcement data - Design Temperature = 20캜

Grid strengths are for a design life of up to 120 years

Tensar Geogrid type	Creep limited strength T_D/A_1 (kN/m)	Installation and compaction factor A_2	Calculated safety factor γ	Permissible working load at 20캜 (kN/m)
55RE	26.30	1.00	1.75	15.03
120RE	56.20	1.00	1.75	32.11

Coefficients of interaction:

Pullout	1.000
Sliding	0.800

Reinforcement layout

Tensar geogrid	Number of geogrids	Starting level above datum (m)	Vertical spacing (m)	Finishing level above datum (m)
55RE	8	7.600	0.600	11.800
120RE	16	1.000	0.400	7.000
120RE	2	0.400	0.200	0.600
120RE	1	0.200	-	-

Horizontal coverage of grids is 100.000%.
There are a total of 27 layers of Tensar main reinforcement

Grid coordinates

Tensar Geogrid	Level above datum (m)	Left end (m)	Right end (m)	Length (m)
120RE	0.200	0.015	12.615	12.600
120RE	0.400	0.030	12.630	12.600
120RE	0.600	0.045	12.645	12.600
120RE	1.000	0.075	12.675	12.600
120RE	1.400	0.105	12.705	12.600
120RE	1.800	0.135	12.735	12.600
120RE	2.200	0.165	12.765	12.600
120RE	2.600	0.195	12.795	12.600
120RE	3.000	0.225	12.825	12.600
120RE	3.400	0.255	12.855	12.600
120RE	3.800	0.285	12.885	12.600
120RE	4.200	0.315	12.915	12.600
120RE	4.600	0.345	12.945	12.600
120RE	5.000	0.375	12.975	12.600
120RE	5.400	0.405	13.005	12.600
120RE	5.800	0.435	13.035	12.600
120RE	6.200	0.465	13.065	12.600
120RE	6.600	0.495	13.095	12.600
120RE	7.000	0.525	13.125	12.600
55RE	7.600	0.570	13.170	12.600
55RE	8.200	0.615	13.215	12.600
55RE	8.800	0.660	13.260	12.600
55RE	9.400	0.705	13.305	12.600
55RE	10.000	0.750	13.350	12.600
55RE	10.600	0.795	13.395	12.600
55RE	11.200	0.840	13.440	12.600
55RE	11.800	0.885	13.485	12.600

RESULTS

External stability

All calculations are for 1m running length of structure with the width of the reinforced soil block = 12.600m at its base.

Calculation of forces and moments

The active forces on the back of the reinforced soil block calculated by iterative Coulomb

SOMO Holdings Co Ltd | Page 6 of 10
Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion | Date 30 Jan 2009
보강토 옹벽 12m | Reference

Internal stability check
Check of wedges at face starting at elevation = 0.000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m)	y(m)	Wedge Stability
0	-1268.7	0.0	12.600	0.000	OK
3	-999.3	96.3	12.650	0.663	OK
6	-758.1	128.5	12.700	1.335	OK
9	-541.7	192.7	12.752	2.020	OK
12	-347.5	256.9	12.804	2.722	OK
15	-173.3	315.2	12.858	3.445	OK
18	-17.7	353.3	12.915	4.196	OK
21	120.6	417.5	12.974	4.980	OK
24	242.4	482.8	13.035	5.804	OK
27	348.2	563.5	13.101	6.675	OK
30	438.1	610.9	13.170	7.604	OK
33	511.9	640.2	13.245	8.602	OK
36	569.4	678.3	13.328	9.682	OK
39	609.6	700.3	13.415	10.863	OK
42	632.9	730.4	13.513	12.167	OK
45	639.4	730.4	13.622	13.622	OK
48	632.5	730.4	13.745	15.266	OK
51	615.1	730.4	13.886	17.148	OK
54	592.1	730.4	14.010	17.906	OK
57	564.5	730.4	10.988	16.920	OK
60	532.1	730.4	9.291	16.092	OK
63	494.9	730.4	7.839	15.384	OK
66	452.8	730.4	6.575	14.768	OK
69	405.5	730.4	5.460	14.224	OK
72	352.4	730.4	4.464	13.738	OK
75	292.5	730.4	3.563	13.299	OK
78	224.6	730.4	2.742	12.898	OK
81	147.0	730.4	1.984	12.529	OK
84	57.5	730.4	1.281	12.186	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 0.908
Factor of Safety against sliding on this wedge is 2.001

SOMO Holdings Co Ltd | Page 7 of 10
Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion | Date 30 Jan 2009
보강토 옹벽 12m | Reference

Internal stability check
Check of wedges at face starting at elevation = 0.200m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m)	y(m)	Wedge Stability
0	-1257.2	0.0	12.615	0.200	OK
3	-991.3	64.2	12.665	0.863	OK
6	-753.3	128.5	12.715	1.535	OK
9	-540.0	181.5	12.767	2.220	OK
12	-348.6	224.8	12.819	2.922	OK
15	-177.1	289.0	12.873	3.645	OK
18	-23.9	353.3	12.930	4.396	OK
21	112.8	417.5	12.989	5.180	OK
24	231.6	481.7	13.050	6.004	OK
27	335.3	545.9	13.116	6.875	OK
30	423.2	593.1	13.185	7.804	OK
33	495.3	608.3	13.260	8.802	OK
36	551.1	638.2	13.341	9.882	OK
39	590.2	668.2	13.430	11.063	OK
42	612.1	698.3	13.528	12.367	OK
45	618.1	698.3	13.637	13.822	OK
48	611.4	698.3	13.760	15.466	OK
51	594.6	698.3	13.901	17.348	OK
54	572.6	698.3	12.808	17.808	OK
57	545.9	698.3	10.820	16.838	OK
60	514.5	698.3	9.151	16.034	OK
63	478.5	698.3	7.723	15.328	OK
66	437.9	698.3	6.480	14.722	OK
69	392.1	698.3	5.384	14.187	OK
72	340.8	698.3	4.404	13.709	OK
75	282.8	698.3	3.519	13.277	OK
78	217.2	698.3	2.711	12.883	OK
81	142.2	698.3	1.966	12.520	OK
84	55.6	698.3	1.274	12.183	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 0.908
Factor of Safety against sliding on this wedge is 2.011
Factor of Safety against sliding on the grid at this elevation is 1.508

SOMO Holdings Co Ltd | Page 8 of 10
Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion | Date 30 Jan 2009
보강토 옹벽 12m | Reference

Internal stability check
Check of wedges at face starting at elevation = 0.600m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m)	y(m)	Wedge Stability
0	-1233.7	0.0	12.645	0.600	OK
3	-974.8	32.1	12.695	1.263	OK
6	-743.3	96.3	12.745	1.935	OK
9	-536.0	148.8	12.797	2.620	OK
12	-350.2	192.7	12.849	3.322	OK
15	-184.0	256.9	12.903	4.045	OK
18	-35.9	321.1	12.960	4.796	OK
21	95.4	385.4	13.019	5.580	OK
24	210.6	449.6	13.080	6.404	OK
27	310.1	513.8	13.146	7.275	OK
30	394.2	529.6	13.215	8.204	OK
33	462.6	558.9	13.290	9.202	OK
36	515.2	589.0	13.371	10.283	OK
39	551.5	619.0	13.460	11.463	OK
42	571.3	634.1	13.558	12.767	OK
45	576.8	634.1	13.667	14.222	OK
48	570.3	634.1	13.790	15.866	OK
51	554.7	634.1	13.931	17.748	OK
54	534.4	634.1	12.404	17.611	OK
57	509.5	634.1	10.484	16.674	OK
60	480.2	634.1	8.871	15.888	OK
63	446.6	634.1	7.492	15.215	OK
66	408.7	634.1	6.291	14.629	OK
69	366.0	634.1	5.232	14.113	OK
72	318.0	634.1	4.286	13.651	OK
75	264.0	634.1	3.430	13.234	OK
78	202.7	634.1	2.650	12.853	OK
81	132.7	634.1	1.930	12.503	OK
84	51.9	634.1	1.262	12.176	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 1.814
Factor of Safety against sliding on this wedge is 1.938
Factor of Safety against sliding on the grid at this elevation is 1.526

SOMO Holdings Co Ltd | Page 9 of 10
Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion | Date 30 Jan 2009
보강토 옹벽 12m | Reference

Internal stability check
Check of wedges at face starting at elevation = 7.000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m)	y(m)	Wedge Stability
0	-782.3	0.0	13.125	7.000	OK
3	-631.2	15.0	13.175	7.663	OK
6	-499.4	30.1	13.225	8.335	OK
9	-384.7	45.1	13.277	9.020	OK
12	-285.2	60.1	13.329	9.722	OK
15	-199.5	75.1	13.384	10.445	OK
18	-126.6	90.2	13.440	11.196	OK
21	-65.5	120.2	13.499	11.980	OK
24	-15.3	120.2	13.560	12.804	OK
27	25.1	120.2	13.626	13.675	OK
30	56.8	120.2	13.696	14.604	OK
33	80.3	120.2	13.770	15.602	OK
36	96.3	120.2	13.851	16.682	OK
39	105.7	120.2	13.940	17.863	OK
42	109.9	120.2	12.198	17.510	OK
45	110.7	120.2	9.929	16.403	OK
48	109.4	120.2	8.259	15.589	OK
51	106.7	120.2	6.972	14.962	OK
54	102.8	120.2	5.946	14.461	OK
57	98.0	120.2	5.103	14.050	OK
60	92.4	120.2	4.396	13.705	OK
63	85.9	120.2	3.791	13.410	OK
66	78.6	120.2	3.265	13.153	OK
69	70.4	120.2	2.800	12.927	OK
72	61.2	120.2	2.385	12.724	OK
75	50.8	120.2	2.010	12.541	OK
78	39.0	120.2	1.667	12.374	OK
81	25.5	120.2	1.352	12.220	OK
84	10.0	120.2	1.059	12.077	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 2.717
Factor of Safety against sliding on this wedge is 2.231
Factor of Safety against sliding on the grid at this elevation is 1.900

4.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 4-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	블럭식옹벽4에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블럭 전면부 및 배수로 균열, 조인트 실란트 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수 등의 조치가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	블럭식옹벽4에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블럭 전면부 및 배수로 균열, 조인트 실란트 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수 등의 조치가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	블럭식옹벽4에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블럭 전면부 및 배수로 균열, 조인트 실란트 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수 등의 조치가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	블럭식옹벽4에 대한 점검결과, 블럭 전면부 및 배수로 균열, 배수로 들뜸, 조인트 실란트 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	블록식옹벽04의 전면부에는 배부름, 블록 재균열이 조사되었고, 배부름의 경우 주의관찰 및 계측을 통한 유지관리 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 블록 재균열의 경우 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 필요하다. 주변영향인자(사면부, 배수시설)에서는 배수로 파손, 배수로 균열 등이 조사되었으며, 내구성 증진 위한 단면보수, 주입보수 등의 보수가 필요하다고 판단된다. 금회 조사 시기에는 사용성에 문제는 없는 상태로 판단되나 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	블럭식옹벽4에 대한 점검결과, 블록 전면부 배부름, 블럭 전면부 및 배수로 균열, 배수로 파손, 조인트 실란트 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다. 특히, 배부름의 경우 주의관찰 및 계측을 통한 유지관리 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	양호

4.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 4-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

4.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 4-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

4.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 4-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

4.3 현장조사 및 시험

4.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 블럭식옹벽04는 경상북도 군위군 소보면 산법리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 273.0m, 지면노출 높이 12.5m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 4-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000084		관리번호	SY RW4
시설물명	블럭식옹벽04		시설물구분	2종 시설물
시설물위치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 산법리		
	위치좌표	시점 : 36° 23′06.9″ 128° 50′51.8″		
		종점 : 36° 23′25.8″ 128° 50′19.7″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 30.940~31.213km			
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	273.0m	지면노출 높 이	12.5m
	보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	도로		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 14개구간(S1~S14)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 4-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	11.8	8	140.0~160.0m	160.0	11.7
2	20.0~40.0m	40.0	12.0	9	160.0~180.0m	180.0	11.6
3	40.0~60.0m	60.0	12.3	10	180.0~200.0m	200.0	11.7
4	60.0~80.0m	80.0	12.0	11	200.0~220.0m	220.0	12.0
5	80.0~100.0m	100.0	12.5	12	220.0~240.0m	240.0	11.6
6	100.0~120.0m	120.0	11.9	13	240.0~260.0m	260.0	9.0
7	120.0~140.0m	140.0	11.9	14	260.0~273.0m	273.0	4.0

<표 4-9> 보강토 옹벽의 조사항목

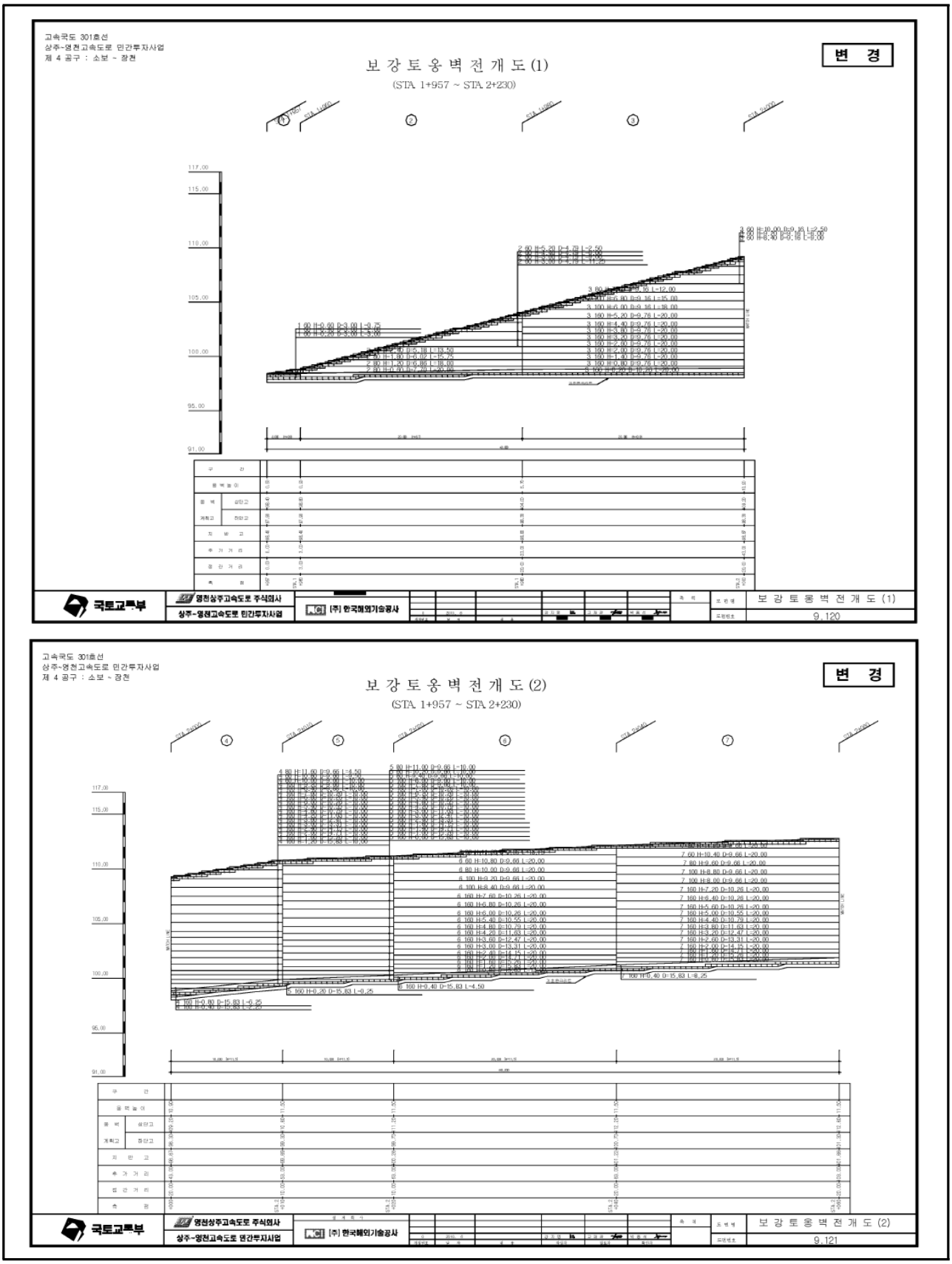
<table>
<tr><th colspan="5">평가항목</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="15">안전 성능</td><td rowspan="9">상태 안전 성능1)</td><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차(전도/경사)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">활동</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">유실</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">이격</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">세굴</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변영향인자</td><td colspan="2">배수시설</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면조사</td><td>사면구배</td><td></td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td></td></tr>
<tr><td>침출수</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">구조 안전 성능</td><td colspan="2" rowspan="2">저면활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">원호활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전도</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지지력</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">인발파괴</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">보강재 파단</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10" colspan="2">내구 성능</td><td colspan="2" rowspan="5">전면판</td><td>염화물침투량2)</td><td></td></tr>
<tr><td>탄산화깊이2)</td><td></td></tr>
<tr><td>피복(표면부)콘크리트 품질</td><td></td></tr>
<tr><td>염해환경2)</td><td></td></tr>
<tr><td>동해환경</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">보강재3) (강재)</td><td>발청</td><td></td></tr>
<tr><td>변색</td><td></td></tr>
<tr><td>도막(도금)두께</td><td></td></tr>
</table>

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

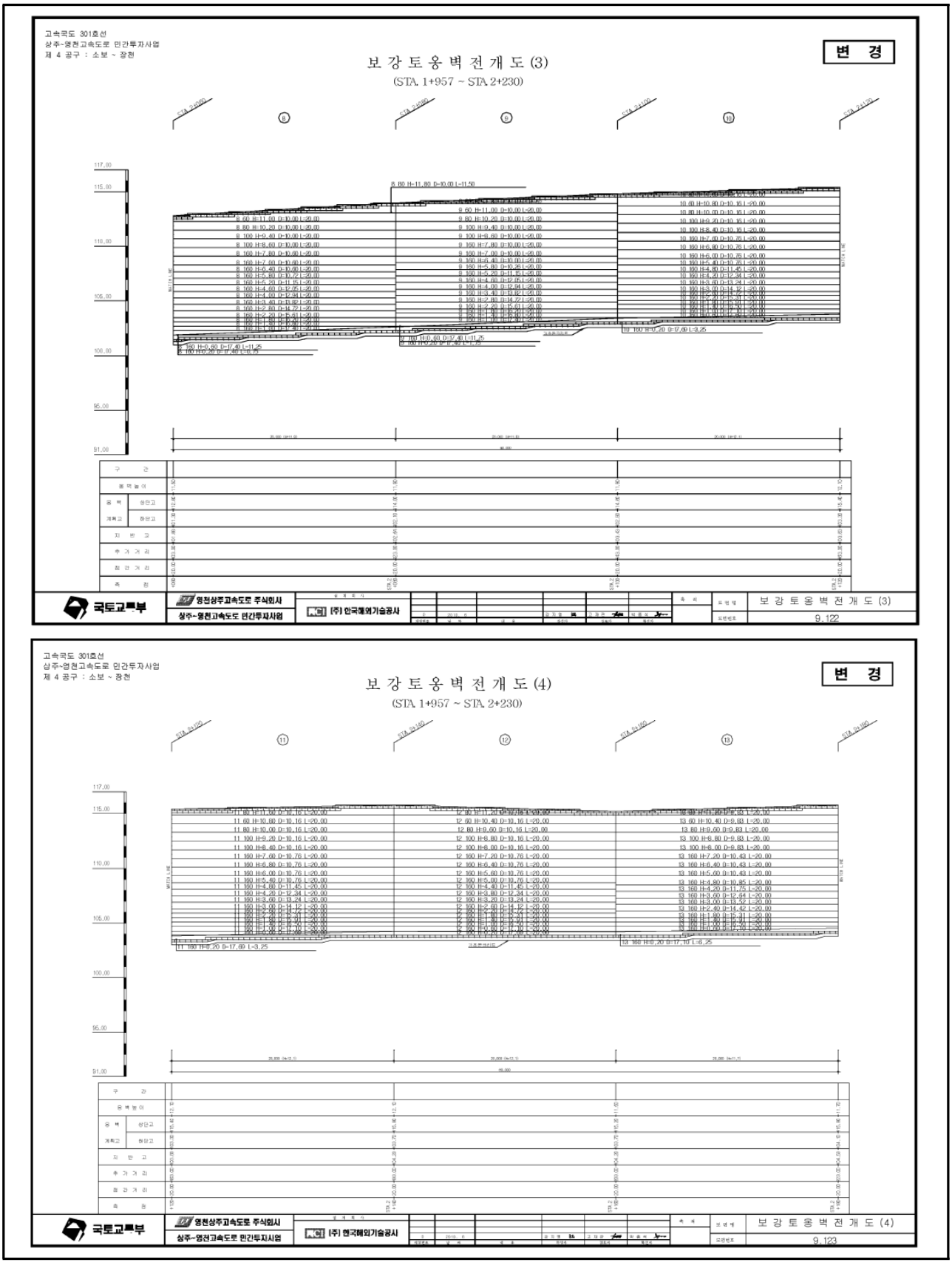
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

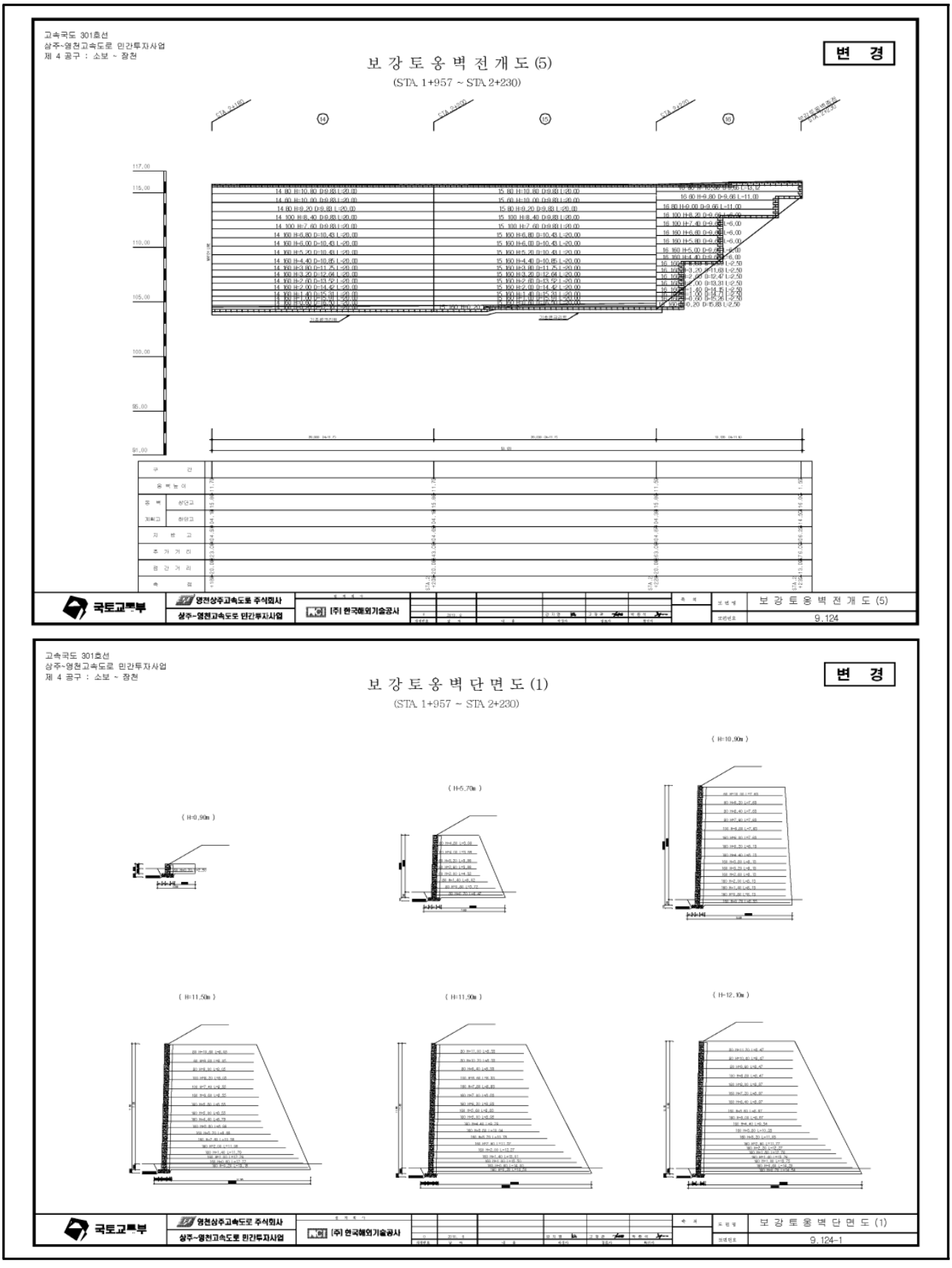
4) 관련도면



<그림 4-2> 전개도


고속국도 301호선
삼주-영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
변 경
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (3)
(STA. 1+957 ~ STA. 2+230)
국토교통부
영천삼주고속도로 주식회사
삼주-영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (3)
9.122
고속국도 301호선
삼주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
변 경
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (4)
(STA. 1+957 ~ STA. 2+230)
국토교통부
영천삼주고속도로 주식회사
삼주-영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (4)
9.123

<그림4-2>전개도(계속)


고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
변 경
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (5)
(STA. 1+957 ~ STA. 2+230)
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (5)
9.124
고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 4 공구 : 소보 ~ 장천
변 경
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (1)
(STA. 1+957 ~ STA. 2+230)
(H=0.90m)
(H=5.70m)
(H=10.90m)
(H=11.50m)
(H=11.90m)
(H=12.10m)
국토교통부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
보 강 토 옹 벽 단 면 도 (1)
9.124-1

<그림 4-2> 전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 성토부 전경

4.3.2 조사결과

가. 전면부

본 보강토 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

	
전면부 전경	전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 유실, 이격 등은 조사되지 않았으나, 전면부 블록에 재균열이 일부 조사되었다.
- S10, S12에서 전면부 배부름이 조사되었고, 현재 유지관리 업체에서 지속적인 계측을 하고 있는 중으로 파악되었다. 배부름은 주기적인 점검 및 계측으로 진전이 확인되면 보강 등의 조치가 필요하다.

<표 4-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S2	블록 재균열	m	1 / 11.00	공용기간 증가	-
전면부 진행성 배부름	S10, S12	배부름	㎡	2 / 400.00	시공미흡	-



현 황	S2 블록 재균열
원 인	공용기간 증가
대 책	균열 보수



현 황	S2 블록 재균열
원 인	공용기간 증가
대 책	균열 보수



현 황	S10 배부름
원 인	시공미흡
대 책	유지관리



현 황	S12 배부름
원 인	시공미흡
대 책	유지관리



현 황	S10 배부름
원 인	시공미흡
대 책	유지관리



현 황	S12 배부름
원 인	시공미흡
대 책	유지관리

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

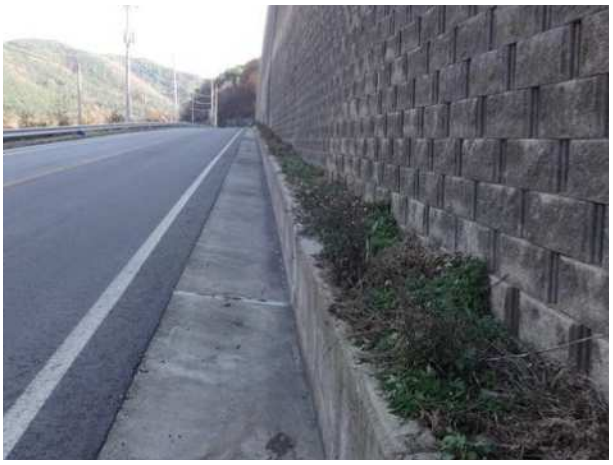
1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 4-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 4-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 상단배수로의 경우 일부구간 배수로 균열, 배수로 파손, 실란트 파손 등이 조사되었다.




상부배수로 시공상태

<표 4-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	구 간	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S7, S8, S13	배수로 파손	㎡	3 / 0.35	시공미흡	
	S13	실란트 파손	m	1 / 1.00	시공미흡	
	S14	배수로 균열	m	1 / 1.00	시공미흡	



현 황	S7 배수로 파손
원 인	시공미흡
대 책	단면보수



현 황	S8 배수로 파손
원 인	시공미흡
대 책	단면보수

			
현 황	S13 실란트 파손	현 황	S14 배수로 균열
원 인	시공미흡	원 인	시공미흡
대 책	실란트 재시공	대 책	균열보수

2) 사면조사

- 본 보강토 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
성토부 상태 현황	성토부 상태 현황

<표 4-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

4.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 4-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

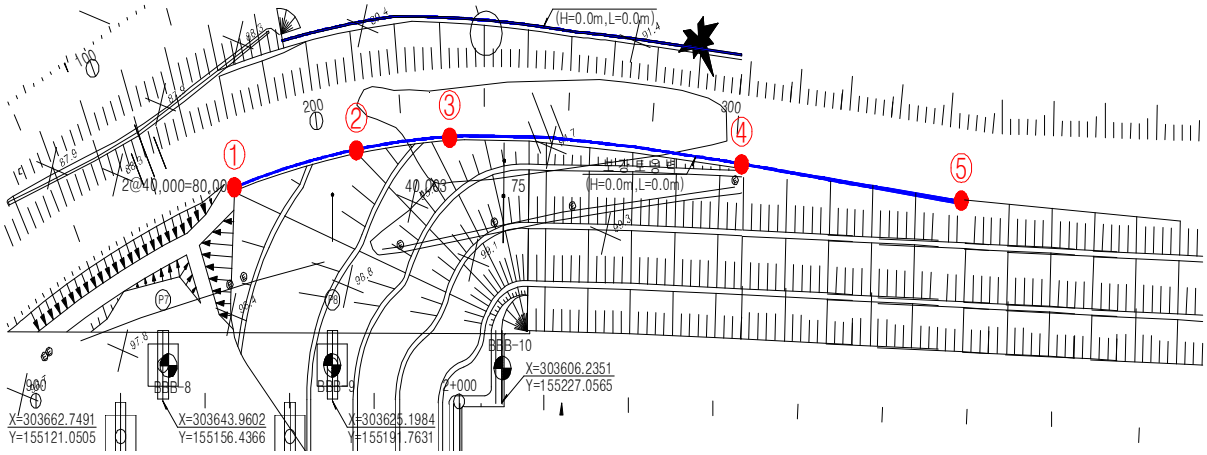
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 4-16> 기울기 측정결과

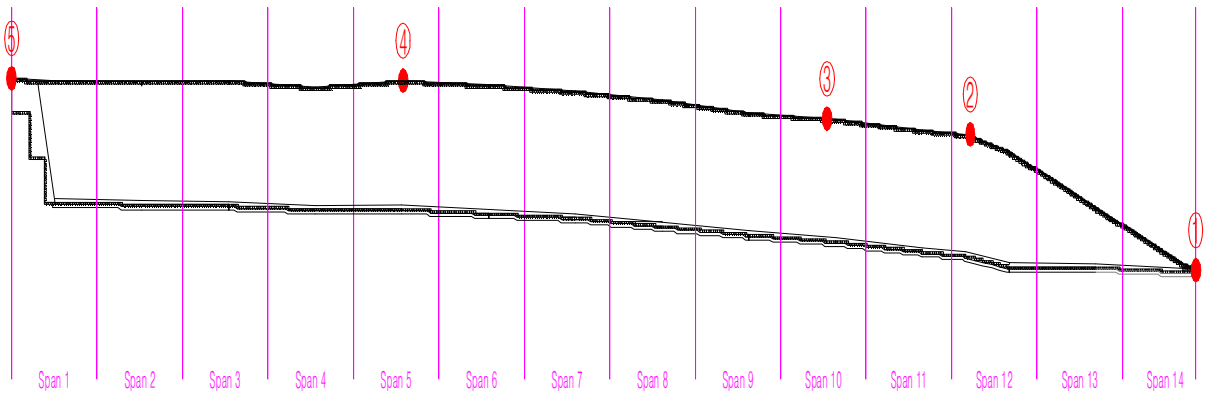
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	50m	88.5°	89.1°	비진행성, 2%미만
2	100m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	150m	88.8°	89.0°	비진행성, 2%미만
4	200m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만

<표 4-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	403971.6	155263.7	99.253	④	403785.5	155577.8	120.822
②	403920.6	155357	113.586	⑤	403693.1	155733.8	121.423
③	403885.6	155408.8	115.632				

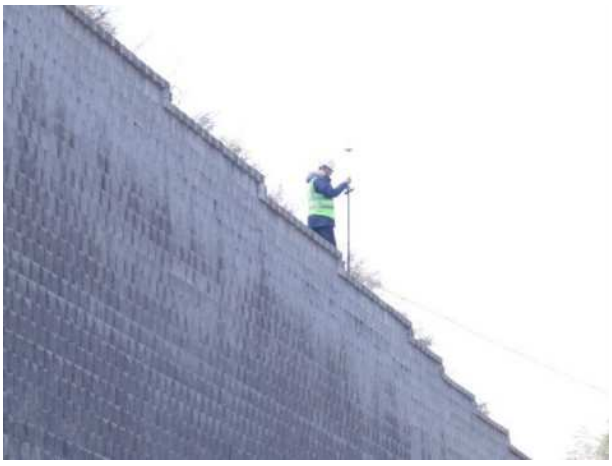


[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 4-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

4.4 안전성능 평가

4.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 4-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 4-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 4-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

구간	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 및 손상	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.50	0.01	a
									상태안전성능 평가 결과					A	

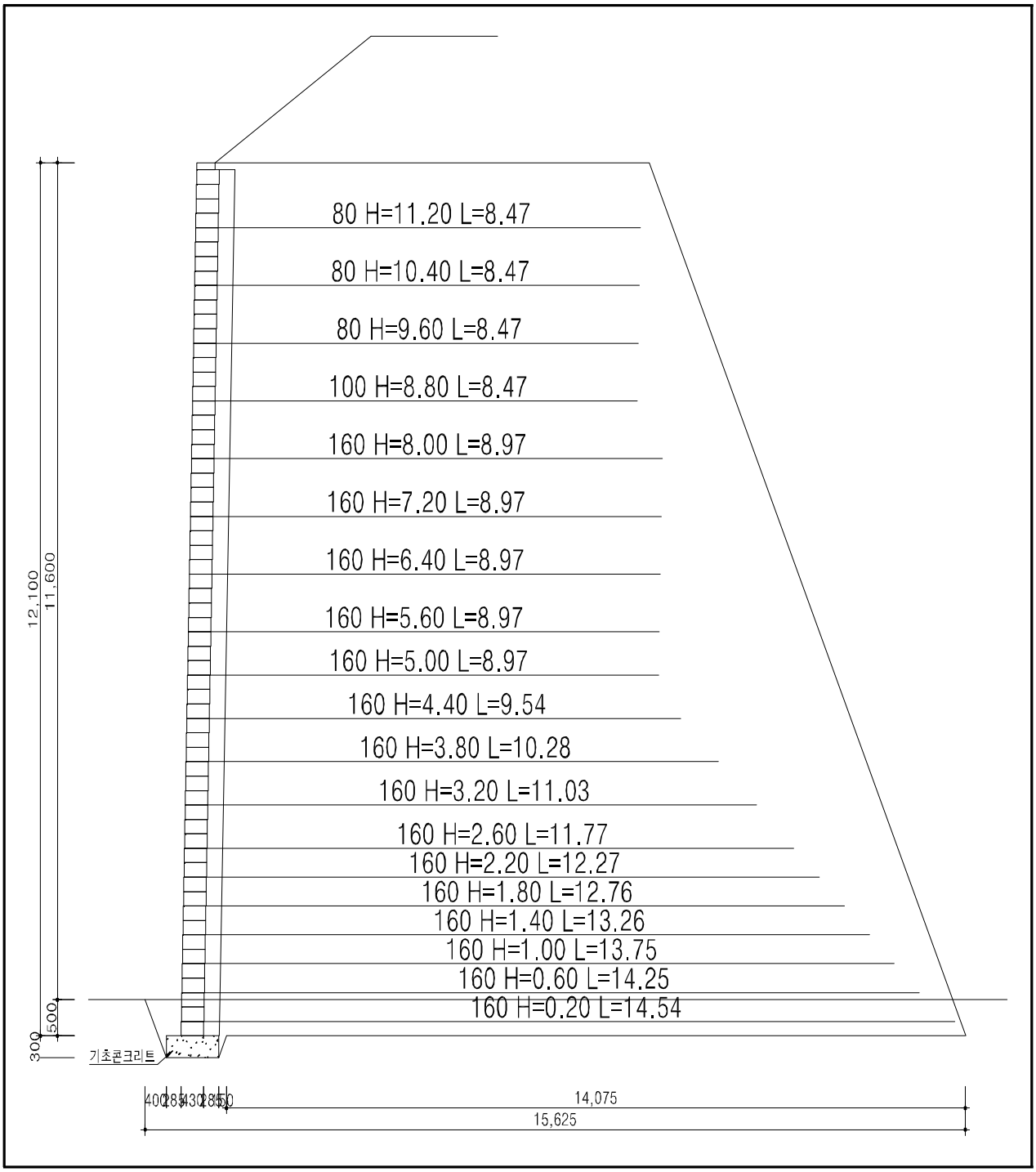
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.01로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

4.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 4-4> 검토단면도

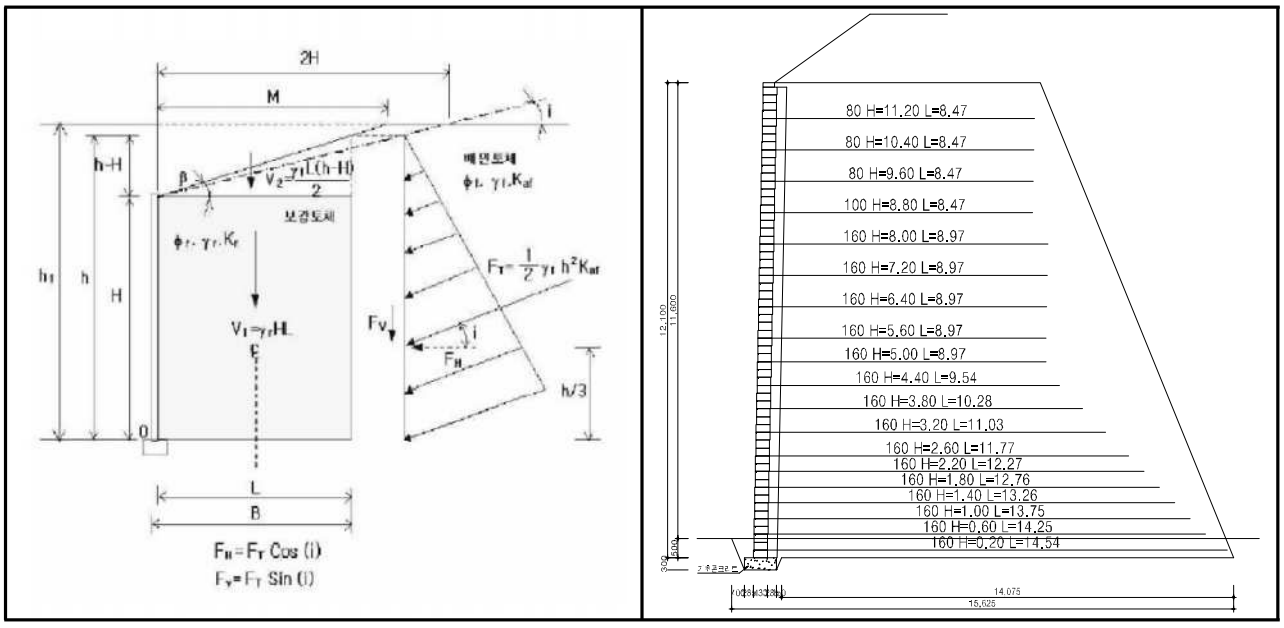
다. 지반정수

<표 4-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎡)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	19	0	30	
성토층	19	0	30	
기초	19	10	30	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



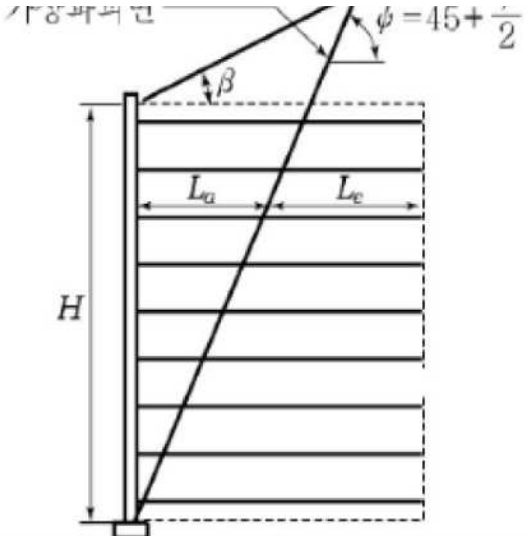
<그림 4-5> 검토단면도

2) 검토조건

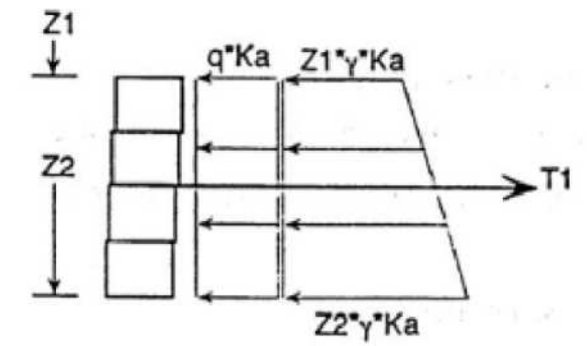
- 벽체높이 H(m) = 12.00m h1(m) = 25.00 2h(m) = 50.00
- 보강재의 길이 Lbot(m) = 14.54 , Lup(M) = 8.47
- 상부사면의 경사 β(°) = 26, h-H=13.00
- 상재하중 q(kN/㎡) = 13.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.390$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



$T_{max} = [(Z_1+Z_2)/2 \times \gamma_a \times K_a + q \times K_a] \times (Z_2-Z_1)$

각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 4-6> 토압작용 모식도

2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2)$ = 0.390

3) 보강재

<표 4-22> 보강재의 설계인장강도

보강재 최대인장강도	120N/m	55kN/m	비 고
보강재의 설계인장강도(Td)	56.20	26.30	구조계산서 참조

4) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

바. 검토결과

<표 4-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분		검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
		상시	상시	
외적 안정	활 동	2.00	1.5	O.K
	전 도	1.87	1.5	O.K
	지지력	2.72	2.5	O.K
내적 안정	파 단	1.57	1.0	O.K
	인 발	1.94	1.5	O.K

주)보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계 인장강도(Fs=1.5)를 적용하였으므로 1.0으로 적용

사. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 4-24> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분		안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	2.00	a	평상시 안전율 적용
	전 도	1.87	a	평상시 안전율 적용
	지지력	2.72	a	평상시 안전율 적용
내적 안정	파 단	1.57	a	평상시 안전율 적용
	인 발	1.94	a	평상시 안전율 적용
구조안전성능 평가 결과		· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

4.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 4-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	블럭식옹벽04		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 4-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

4.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

4.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 4-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 6개소를 실시하였다.

② 측정결과

옹벽의 재료시험 기준에 의해 6개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다. 설계자료에 기준강도자료가 없는 상태로, 근처 공구의 옹벽 설계기준강도를 참조하여 결과를 작성하였다.

<표 4-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			일본재료학회	일본건축학회		일본재료학회	일본건축학회	
전면부	S1	51.6	30.9	30.4	0.65	114.4	112.6	27.0
	S3	47.9	27.8	28.6	0.65	103.0	105.9	
	S5	47.7	27.6	28.5	0.65	102.2	105.6	
	S7	54.3	33.1	31.6	0.65	122.6	117.0	
	S9	49.2	28.9	29.2	0.65	107.0	108.1	
	S11	48.7	28.5	29.0	0.65	105.6	107.4	

※ 표면손상이 없으므로 건전부에서만 측정

<표 4-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	일본재료학회	일본건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	114.4	112.6	-	a	-	27.0
S3 건전부	103.0	105.9	-	a	-	
S5 건전부	102.2	105.6	-	a	-	
S7 건전부	122.6	117.0	-	a	-	
S9 건전부	107.0	108.1	-	a	-	
S11 건전부	105.6	107.4		a	-	

2) 탄산화깊이 측정-

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 4-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 소보면 달산리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	A
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※ 인접 도시인 구미시의 기상청 자료로 평가함

4.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 4-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

4.6 종합평가

4.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 4-7> 종합평가 흐름도

4.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 4-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 4-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	블럭식옹벽04			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 4-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

4.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

4.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 4-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

4.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 4-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

4.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 4-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		블록 재균열	표면처리	진전억제
	전면부 진행성 배부름		배부름	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 파손	단면보수	진전억제
			배수로 균열	주입보수	진전억제
			실란트 파손	실란트 재시공	진전억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 4-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	블록 재균열	표면처리	11.00	㎡	58	240
배수시설	배수로 균열	주입보수	1.00	m	70	105
	배수로 파손	단면보수	0.35	㎡	138	72
	실란트 파손	실란트 재시공	1.00	m	25	38
상부성토부	상태양호	-	-	-	-	-
기초부	상태양호	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						**455**
재 경 비(천원)						**228**
총 공사비(천원)						**683**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 4-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	손상 물량	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
표면처리	11.00	4.13	58	240	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.00092	4
주입보수	1.00	1.50	70	105	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.00210	3
단면보수	0.35	0.52	138	72	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.00306	2
실란트 재시공	1.00	1.50	25	38	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.00579	1
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

4.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 소보면 산법리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 12.5m를 보이며, 총 연장은 L=273.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 블록 재균열, 배부름, 배수로 균열, 배수로 파손, 실란트 파손 등의 손상이 조사되었으나, 옹벽의 사용성에는 영향을 주지 않는 것으로 판단되므로 내구성 증진을 위한 표면처리, 단면보수, 실란트 재시공 등의 적절한 보수가 필요하다고 판단된다. 또한, 전면부에 배부름 발생의 원인은 시공미흡으로 추정되며, 배부름의 진행성 확인을 위한 주기적인 점검 및 계측을 통한 자료분석 후 손상의 진전 시 적절한 보수를 통한 관리가 필요하다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제5장 패널식옹벽05

5.1 대상 시설물 현황

5.2 관련 자료의 분석

5.3 현장조사 및 시험

5.4 안전성능 평가

5.5 내구성능 평가

5.6 종합평가

5.7 유지관리 전략 제안

5.8 종합결론

제5장 패널식옹벽05

5.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 산법리(상주영천고속도로 31.230~31.335km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 155.0m, 지면노출높이 25.5m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 5-1> 시설물 현황(패널식옹벽05)

시설물 번호	RW2017-0000085		**관리번호**	SY RW5
시설물명	패널식옹벽05		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 소보면 산법리		
	위치좌표	시점 : 36° 23′11.1″ 128° 50′45.0″		
		종점 : 36° 23′03.3″ 128° 50′54.0″		
	관리이정	고속국도 301호선 31.230 ~ 31.335km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	155.0m	지면 노출높이(m)	25.5m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	자연사면		
	옹벽 하부	상주영천고속도로 본선		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	㈜대림산업
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 5-1> 대상 시설물 현황도

5.2 관련 자료의 분석

5.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 5-2> 유지관리 관련자료 현황

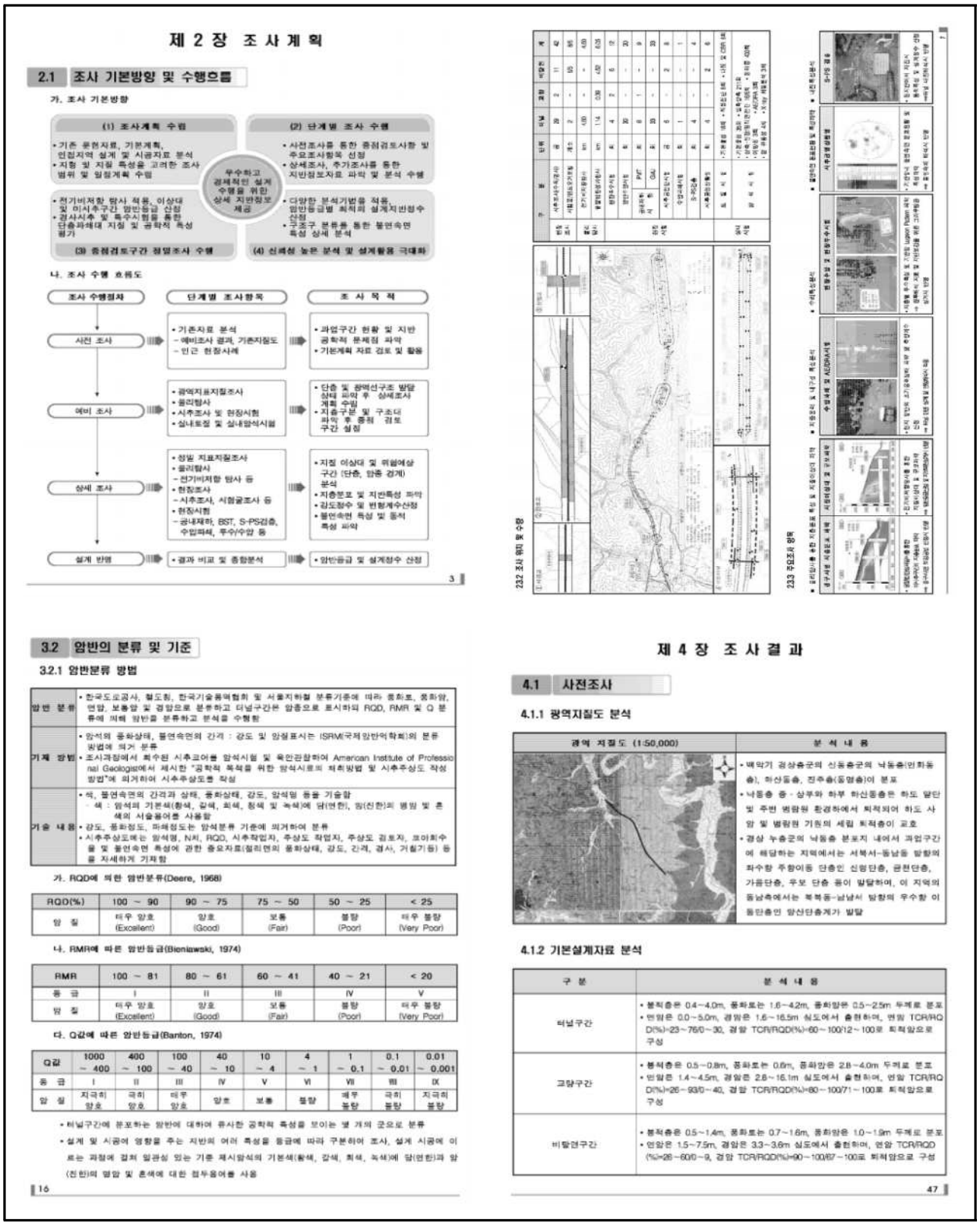
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

5.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립
- 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
- 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립

(2) 단계별 조사 수행
- 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
- 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

(3) 중점검토구간 정밀조사 수행
- 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
- 경사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화
- 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
- 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 – 예비조사 결과, 기존지질도 – 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 향액선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 – 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 – 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 – 공내재하, BST, S-PS검층, 수압파쇄, 투수/수압 등	• 지질 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 변형계수산정 • 불연속면 특성 및 동적 특성 파악
설계 반영	• 결과 비교 및 종합분석	• 암반등급 및 설계정수 산정

3

232 조사 위치 및 수량

233 주요조사 항목

3.2 암반의 분류 및 기준

3.2.1 암반분류 방법

암반 분류	• 한국도로공사, 철도청, 한국기술용역협회 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 분류하고 터널구간은 암종으로 표시하며 RQD, RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함
기재 방법	• 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반역학회)의 분류 방법에 의거 분류 • 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성 방법"에 의거하여 시추주상도를 작성
기술 내용	• 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기술함 – 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용함 • 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류 • 시추주상도에는 암석명, N치, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 코아회수율 및 불연속면 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 경사, 거칠기등) 등을 자세하게 기재함

가. RQD에 의한 암반분류(Deere, 1968)

RQD(%)	100 ~ 90	90 ~ 75	75 ~ 50	50 ~ 25	< 25
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

나. RMR에 따른 암반등급(Bieniawski, 1974)

RMR	100 ~ 81	80 ~ 61	60 ~ 41	40 ~ 21	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
암 질	매우 양호 (Excellent)	양호 (Good)	보통 (Fair)	불량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

다. Q값에 따른 암반등급(Banton, 1974)

Q값	1000 ~ 400	400 ~ 100	100 ~ 40	40 ~ 10	10 ~ 4	4 ~ 1	1 ~ 0.1	0.1 ~ 0.01	0.01 ~ 0.001
등 급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암 질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

• 터널구간에 분포하는 암반에 대하여 유사한 공학적 특성을 보이는 몇 개의 군으로 분류
• 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두용어를 사용

16

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:50,000)	분 석 내 용
	• 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(민화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포 • 낙동층 중·상부와 하부 하산동층은 하도 말단 및 주변 범람원 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 범람원 기원의 세립 퇴적층이 교호 • 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 하수향 주향이동 단층인 신령단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 암산단층계가 발달

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 붕적층은 0.4~4.0m, 풍화토는 1.6~4.2m, 풍화암은 0.5~2.5m 두께로 분포 • 연암은 0.0~5.0m, 경암은 1.6~16.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=23~76/0~30, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/12~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 붕적층은 0.5~0.8m, 풍화토는 0.6m, 풍화암은 2.8~4.0m 두께로 분포 • 연암은 1.4~4.5m, 경암은 2.8~16.1m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~93/0~40, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/71~100로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 붕적층은 0.5~1.4m, 풍화토는 0.7~1.6m, 풍화암은 1.0~1.9m 두께로 분포 • 연암은 1.5~7.5m, 경암은 3.3~3.6m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~60/0~9, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/67~100로 퇴적암으로 구성

47

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사의 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면 높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면 높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 봉적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형 - 지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

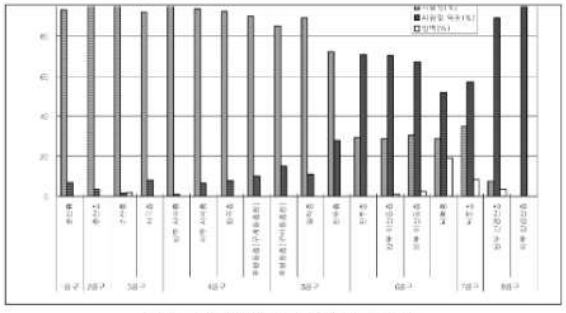
구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대깎기고 및 쌓기고	지층현황	조사내용 공번	조사내용 조사위치 (STA.)	비 고
깎기구간	깎기1구간	1+050 ~ 1+290	240	1+200(상주방향)	27.40	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기2구간	1+430 ~ 1+610	180	1+540(상주방향)	45.47	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기3구간	2+220 ~ 2+560	340	2+300(영천방향)	53.24	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기4구간	2+560 ~ 2+750	190	2+640(영천방향)	32.00	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기5구간	2+810 ~ 2+860	50	2+840(영천방향)	14.74	토사층 리핑암 발파암	-	-	미시추 탄성파 탐사수행
	깎기6구간	2+910 ~ 3+050	140	2+980(영천방향)	27.72	붕적층,풍화토 풍화암,연 암	CB3-12 CB3-13	2+968(영천) 2+960(영천)	

7.6.3 암종특성에 따른 비탈면 기울기 현황

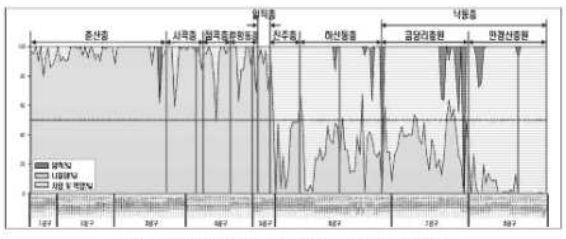
가. 지질 및 암종특성

① 지질특성

- 본 과업노선(상주~영천고속도로 제4공구) 경상분지의 퇴적암 지역에 위치하며 시점부터 낙동층, 하산동층, 진주층의 순서로 분포함.
- 구성암석은 이암과 세일로 구성된 니질암과 사암 및 역암으로 구성되며 니질암은 28.9~30.4%의 구성비를 보임
- 니질암은 사암이나 역암에 비해 업지간 공극이 크고 느슨한 특징을 보이며, 탄산염광물 함량이 높을 경우 짧은 시간 내에 풍화되는 특성을 나타냄

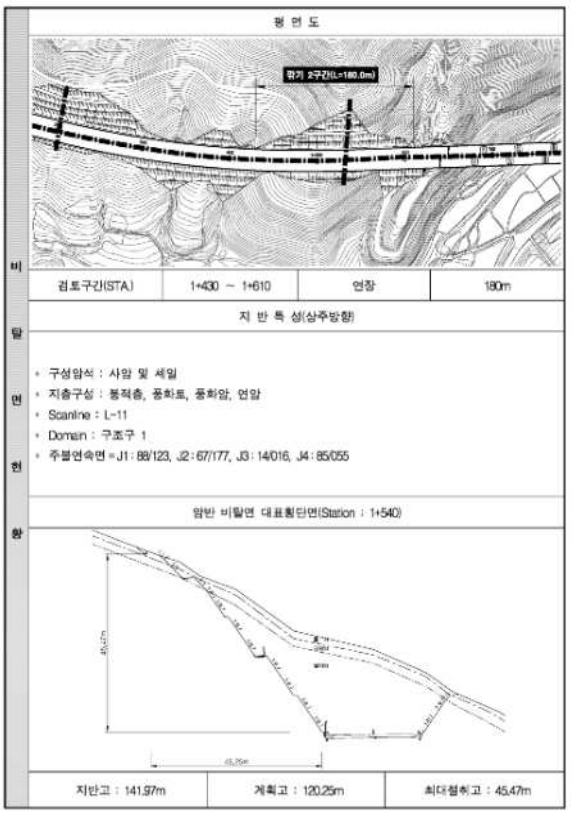


< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 >



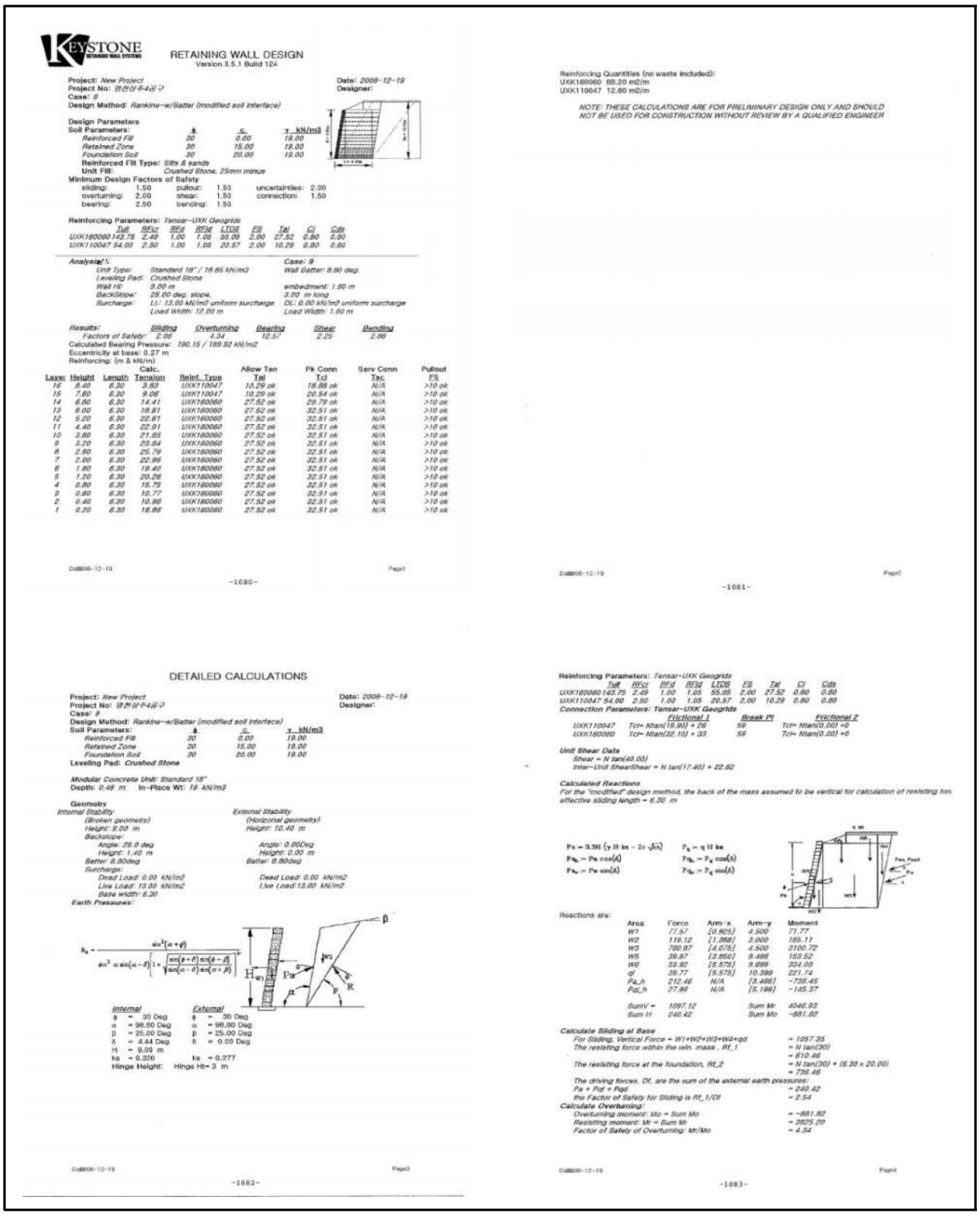
< 상주~영천고속도로 구간별 분포 층군 지질종단도>

(2) 깎기 2구간



5.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제4공구 : 소보~장천, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



KEYSTONE RETAINING WALL SYSTEMS

RETAINING WALL DESIGN
Version 3.5.1 Build 124

Project: New Project
Project No: 현천상부4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Design Parameters
Soil Parameters:

	ϕ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Reinforced Fill Type: Silts & sands
Unit Fill: Crushed Stone, 25mm minus
Minimum Design Factors of Safety
sliding: 1.50 pullout: 1.50 uncertainties: 2.00
overturning: 2.00 shear: 1.50 connection: 1.50
bearing: 2.50 bending: 1.50

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFId	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Analysis:
Unit Type: Standard 18" / 18.85 kN/m3
Leveling Pad: Crushed Stone
Wall Ht: 9.00 m
Backslope: 25.00 deg. slope,
Surcharge: LL: 13.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 12.00 m
Case: 9
Wall Batter: 8.80 deg.
embedment: 1.80 m
3.00 m long
DL: 0.00 kN/m2 uniform surcharge
Load Width: 1.00 m

Results:

	Sliding	Overturning	Bearing	Shear	Bending
Factors of Safety:	2.06	4.34	12.57	2.29	2.66

Calculated Bearing Pressure: 190.15 / 169.92 kN/m2
Eccentricity at base: 0.27 m
Reinforcing: (m & kN/m)

Layer	Height	Length	Calc. Tension	Reinf. Type	Allow Ten Tal	Pk Conn Tcl	Serv Conn Tac	Pullout FS
16	8.40	6.30	3.63	UXK110047	10.29 ok	18.88 ok	N/A	>10 ok
15	7.60	6.30	9.06	UXK110047	10.29 ok	20.54 ok	N/A	>10 ok
14	6.80	6.30	14.41	UXK160060	27.52 ok	29.79 ok	N/A	>10 ok
13	6.00	6.30	18.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
12	5.20	6.30	22.61	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
11	4.40	6.30	22.91	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
10	3.60	6.30	21.85	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
9	2.20	6.30	23.84	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
8	2.60	6.30	25.79	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
7	2.00	6.30	22.96	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
6	1.80	6.30	19.40	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
5	1.20	6.30	20.26	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
4	0.80	6.30	15.75	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
3	0.60	6.30	10.77	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
2	0.40	6.30	10.98	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok
1	0.20	6.30	16.88	UXK160060	27.52 ok	32.51 ok	N/A	>10 ok

Date2008-12-19 Page1
-1080-

Reinforcing Quantities (no waste included):
UXK160060 88.20 m2/m
UXK110047 12.60 m2/m

NOTE: THESE CALCULATIONS ARE FOR PRELIMINARY DESIGN ONLY AND SHOULD NOT BE USED FOR CONSTRUCTION WITHOUT REVIEW BY A QUALIFIED ENGINEER

Date2008-12-19 Page2
-1081-

DETAILED CALCULATIONS

Project: New Project
Project No: 현천상부4공구
Case: 9
Design Method: Rankine-w/Batter (modified soil interface)
Date: 2008-12-19
Designer:

Soil Parameters:

	ϕ	c	γ kN/m3
Reinforced Fill	30	0.00	19.00
Retained Zone	30	15.00	19.00
Foundation Soil	30	20.00	19.00

Leveling Pad: Crushed Stone

Modular Concrete Unit: Standard 18"
Depth: 0.46 m In-Place Wt: 19 kN/m3

Geometry
Internal Stability (Broken geometry)
Height: 9.00 m
Backslope:
Angle: 25.0 deg
Height: 1.40 m
Batter: 8.80deg
Surcharge:
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load: 13.00 kN/m2
Base width: 6.30
External Stability (Horizontal geometry)
Height: 10.40 m
Angle: 0.00Deg
Height: 0.00 m
Batter: 8.80deg
Dead Load: 0.00 kN/m2
Live Load:13.00 kN/m2

Earth Pressures:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

Internal		External	
ϕ	= 30 Deg	ϕ	= 30 Deg
α	= 98.80 Deg	α	= 98.80 Deg
β	= 25.00 Deg	β	= 25.00 Deg
δ	= 4.44 Deg	δ	= 0.00 Deg
H	= 9.00 m		
ka	= 0.320	ka	= 0.277
Hinge Height:		Hinge Ht= 3 m	

Date2008-12-19 Page3
-1082-

Reinforcing Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Tult	RFcr	RFd	RFId	LTDS	FS	Tal	Cl	Cds
UXK160060	143.75	2.49	1.00	1.05	55.05	2.00	27.52	0.80	0.80
UXK110047	54.00	2.50	1.00	1.05	20.57	2.00	10.29	0.80	0.80

Connection Parameters: Tensar-UXK Geogrids

	Frictional 1	Break Pt	Frictional 2
UXK110047	Tcl= Ntan(19.90) + 26	59	Tcl= Ntan(0.00) +0
UXK160060	Tcl= Ntan(32.10) + 33	59	Tcl= Ntan(0.00) +0

Unit Shear Data
Shear = N tan(40.00)
Inter-Unit Shear/Shear = N tan(17.40) + 22.62

Calculated Reactions
For the "modified" design method, the back of the mass assumed to be vertical for calculation of resisting for
effective sliding length = 6.30 m

$Pa := 0.5H\left(\gamma H k_a - 2c\sqrt{k_a}\right)$ $P_q := q\,H\,k_a$
$Pa_h := Pa\cos(\delta)$ $Pq_h := P_q\cos(\delta)$
$Pa_v := Pa\sin(\delta)$ $Pq_v := P_q\sin(\delta)$

Reactions are:

Area	Force	Arm-x	Arm-y	Moment
W1	71.57	[0.925]	4.500	71.77
W2	119.12	[1.358]	3.000	165.11
W3	780.87	[4.075]	4.500	3100.72
W5	39.87	[3.850]	9.466	153.52
Wt	59.80	[5.575]	9.699	324.00
qt	39.77	[5.575]	10.399	221.74
Pa_h	212.46	N/A	[3.466]	-736.45
Pq_h	27.96	N/A	[5.199]	-145.37
SumV =	1097.12		Sum Mr	4046.93
Sum H	240.42		Sum Mo	-881.82

Calculate Sliding at Base
For Sliding, Vertical Force = W1+W2+W3+W4+qd = 1057.35
The resisting force within the retn. mass , Rf_1 = N tan(30) = 610.46
The resisting force at the foundation, Rf_2 = N tan(30) + (6.30 x 20.00) = 736.46
The driving forces, Df, are the sum of the external earth pressures: = 240.42
Pa + Pqf + Pgd
the Factor of Safety for Sliding is Rf_1/Df = 2.54

Calculate Overturning:
Overturning moment: Mo = Sum Mo = -881.82
Resisting moment: Mr = Sum Mr = 3825.20
Factor of Safety of Overturning: Mr/Mo = 4.34

Date2008-12-19 Page4
-1083-

Calculate eccentricity at base: with Surcharge / without Surcharge
Sum Moments = 3165.12 / 2943.38
Sum Vertical = 1097.12/1057.35
Base Length = 6.30
e = 0.265 / 0.366

Calculate Ultimate Bearing based on shear:
where:
Nq = 18.40
Nc = 30.14
Ng = 22.40 (ref. Vesic(1973, 1975) eqns)
Qult = 2390.15 kN/m2
Equivalent footing width, B' = L -2e = 5.77 / 5.57
Bearing pressure = sumV/B' = 190.15 kN/m2 / 189.92 kN/m2 [bearing is greatest with liveload]
Factor of Safety for bearing = Qult/bearing= 12.57

Calculate Tensions in Reinforcing:
The tensions in the reinforcing layer, and the assumed load at the connection,
is the vertical area supported by each respective layer, Sv.Column [7] is '2c sqrt(ka)'.

Table of Results kN/m

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] h1	[4] ka/sho	[5] Pa	[6] (Pas+Pasd)	[7] c	[8] (5+6)cos(d)-7	[9] Ti	[10] Tci	[11] Tsc
16	0.60	0.50	0.403/45	3.83	0.00	0.00	3.83	3.83	18.86	N/A
15	1.40	1.40	0.351/39	7.47	1.58	0.00	9.06	9.06	20.54	N/A
14	2.20	2.20	0.384/45	12.82	1.59	0.00	14.41	14.41	29.79	N/A
13	3.00	3.00	0.372/47	16.96	1.65	0.00	18.61	18.61	32.51	N/A
12	3.80	3.80	0.353/49	20.96	1.65	0.00	22.61	22.61	32.51	N/A
11	4.60	4.55	0.355/51	21.51	1.40	0.00	22.91	22.91	32.51	N/A
10	5.20	5.20	0.347/51	20.59	1.26	0.00	21.85	21.85	32.51	N/A
9	5.80	5.80	0.341/51	22.54	1.30	0.00	23.84	23.84	32.51	N/A
8	6.40	6.40	0.335/51	24.46	1.33	0.00	25.79	25.79	32.51	N/A
7	7.00	6.95	0.331/51	21.84	1.13	0.00	22.96	22.96	32.51	N/A
6	7.40	7.40	0.330/53	18.55	0.85	0.00	19.40	19.40	32.51	N/A
5	7.80	7.80	0.327/53	19.40	0.66	0.00	20.26	20.26	32.51	N/A
4	8.20	8.15	0.325/53	15.10	0.65	0.00	15.75	15.75	32.51	N/A
3	8.40	8.40	0.324/53	10.33	0.44	0.00	10.77	10.77	32.51	N/A
2	8.60	8.60	0.323/53	10.54	0.44	0.00	10.98	10.98	32.51	N/A
1	8.80	8.85	0.321/53	16.20	0.66	0.00	16.87	16.87	32.51	N/A

Calculate sliding on the reinforcing:

The shear value is the lessor of base-shear or inter-unit shear.

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] N	[4] Li	[5] Cds	[6] x	[7] RF	[8] ka	[9] Pa	[10] Pas+Pasd	[11] DF	[12] FS
16	0.60	183.15	5.84	0.80	24.24	108.93	0.277	10.53	7.21	1.95	55.82
15	1.40	267.96	5.84	0.80	26.40	160.17	0.277	20.65	10.10	8.63	17.40
14	2.20	350.89	5.84	0.80	28.56	190.62	0.277	34.14	12.98	18.69	10.20
13	3.00	431.94	5.84	0.80	30.60	230.10	0.277	51.01	15.87	32.12	7.16
12	3.80	511.10	5.84	0.80	30.60	266.67	0.277	71.25	18.75	48.93	5.45
11	4.60	588.39	5.84	0.80	30.60	302.36	0.277	94.87	21.64	69.11	4.38
10	5.20	645.11	5.84	0.80	30.60	328.56	0.277	114.80	23.81	86.46	3.80
9	5.80	703.78	5.84	0.80	30.60	354.27	0.277	136.62	25.97	105.71	3.35
8	6.40	755.39	5.84	0.80	30.60	379.49	0.277	160.34	28.13	128.85	2.99
7	7.00	808.94	5.84	0.80	30.60	404.23	0.277	185.96	30.30	149.90	2.70
6	7.40	844.05	5.84	0.80	30.60	420.45	0.277	204.10	31.74	166.31	2.53
5	7.80	878.69	5.84	0.80	30.60	436.44	0.277	223.06	33.18	183.57	2.38
4	8.20	912.86	5.84	0.80	30.60	452.23	0.277	242.90	34.63	201.68	2.24
3	8.40	929.77	5.84	0.80	30.60	460.04	0.277	253.13	35.35	211.05	2.18
2	8.60	946.56	5.84	0.80	30.60	467.79	0.277	263.56	36.07	220.63	2.12
1	8.80	963.23	5.84	0.80	30.60	475.49	0.277	274.21	36.79	230.42	2.06

Calculate pullout of each layer

The FoS (R*/S*) of pullout is calculated as the individual
layer pullout (Rf) divided by the tension (Df) in in that layer.
The angle of the failure plane is: 30.00 degrees from vertical

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Le	[4] SumV	[5] Ci	[6] PCi	[7] Ti	[8] FS_PO
16	0.60	2.29	87.10	0.80	80.46	3.83	21.01
15	1.40	2.63	139.94	0.80	129.27	9.06	14.28
14	2.20	2.97	203.05	0.80	187.57	14.41	13.02
13	3.00	3.31	276.44	0.80	255.37	18.61	13.72
12	3.80	3.65	360.11	0.80	332.65	22.61	14.71
11	4.60	3.98	445.42	0.80	411.48	22.91	17.96
10	5.20	4.24	517.81	0.80	478.33	21.85	21.89
9	5.80	4.49	594.91	0.80	549.55	23.84	23.05
8	6.40	4.74	678.73	0.80	625.13	25.79	24.24
7	7.00	5.00	783.26	0.80	705.07	22.96	30.70
6	7.40	5.17	823.57	0.80	760.79	19.40	39.22
5	7.80	5.34	885.98	0.80	818.44	20.26	40.40
4	8.20	5.50	938.60	0.80	865.38	15.75	54.94
3	8.40	5.59	962.36	0.80	888.99	10.77	82.56
2	8.60	5.67	986.82	0.80	911.58	10.98	83.03
1	8.80	5.76	1010.18	0.80	933.16	16.86	55.33

Check Shear & Bending at each layer

Bending on the top layer is the FOS of overturning of the Units
(Most surcharge loads need to be moved back from the face.)

[1] Layer	[2] Depth zi	[3] Si	[4] OM	[5] Pv	[6] RM	[7] FS_O	[8] OS	[9] RS	FS_Sh
16	0.60	0.60	0.28	5.17	1.42	5.16	7.36	24.24	17.58
15	1.40	0.80	0.73	8.62	3.09	4.25	3.06	26.40	6.84
14	2.20	0.80	1.25	13.51	4.77	3.81	8.46	28.56	4.42
13	3.00	0.80	1.72	22.41	6.44	3.75	8.77	30.60	3.49
12	3.80	0.80	2.13	25.45	7.18	3.38	10.81	30.60	2.83
11	4.60	0.80	2.51	25.45	7.18	2.86	12.72	30.60	2.40
10	5.20	0.60	1.59	25.45	7.29	4.59	10.67	30.60	2.87
9	5.80	0.60	1.74	25.45	7.29	4.19	11.67	30.60	2.62
8	6.40	0.60	1.89	25.45	7.29	3.86	12.65	30.60	2.42
7	7.00	0.60	2.03	25.45	7.29	3.59	13.63	30.60	2.25
6	7.40	0.40	0.95	25.45	7.42	7.77	9.58	30.60	3.19
5	7.80	0.40	1.00	25.45	7.42	7.43	10.02	30.60	3.05
4	8.20	0.40	1.04	25.45	7.42	7.12	10.45	30.60	2.93
3	8.40	0.20	0.27	25.45	7.57	28.33	5.39	30.60	5.71
2	8.60	0.20	0.27	25.45	7.57	27.77	5.46	30.60	5.60
1	8.80	0.20	0.28	25.45	7.57	27.25	5.57	30.60	5.49

5.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 5-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽5에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 긁힘 및 파손, 앵커캡 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽5에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 긁힘 및 파손, 앵커캡 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽5에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손 및 앵커캡 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽5에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손 및 들뜸, 앵커캡 파손, 배수로 균열 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽05의 전면부에 판넬 파손, 판넬 균열, 판넬 백태 및 표면열화, 앵커캡 파손이 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인 및 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태) 배수시설, 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽5에 대한 정기안전점검 결과, 패널 전면부 파손, 패널 전면부 균열, 패널 전면부 백태 및 표면열화, 패널 전면부 표면오염, 앵커캡 파손, 배수로 균열, 배수로 들뜸, 배수로 이격 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 손상의 진전 방지 및 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호

5.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 5-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
-	-	-	-	-

5.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 5-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

5.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 5-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

5.3 현장조사 및 시험

5.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽05는 경상북도 군위군 소보면 산법리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 155.0m, 지면노출 높이 25.5m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 5-7> 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">RW2017-0000085</td><td>관리번호</td><td>SY RW5</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">패널식옹벽05</td><td>시설물구분</td><td>2종 시설물</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 군위군 소보면 산법리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 23′11.1″ 128° 50′45.0″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 23′03.3″ 128° 50′54.0″</td></tr>
<tr><td>노선명(이정)</td><td colspan="4">고속국도 301호선 31.230 ~ 31.335km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td>보강토</td><td>옹벽재료</td><td>패널식</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>155.0m</td><td>지면노출
높 이</td><td>25.5m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td>-</td><td>저 판 폭
길 이</td><td>-</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>옹벽상부</td><td colspan="3">자연사면</td></tr>
<tr><td>옹벽하부</td><td colspan="3">상주영천고속도로 본선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td><td>시 공 자</td><td>㈜대림산업</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 8개구간(S1~S8)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 5-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	14.0	5	80.0~100.0m	100.0	23.8
2	20.0~40.0m	40.0	22.1	6	100.0~120.0m	120.0	23.7
3	40.0~60.0m	60.0	25.4	7	120.0~140.0m	140.0	23.5
4	60.0~80.0m	80.0	25.5	8	140.0~155.0m	155.0	14.0

<표 5-9> 보강토 옹벽의 조사항목

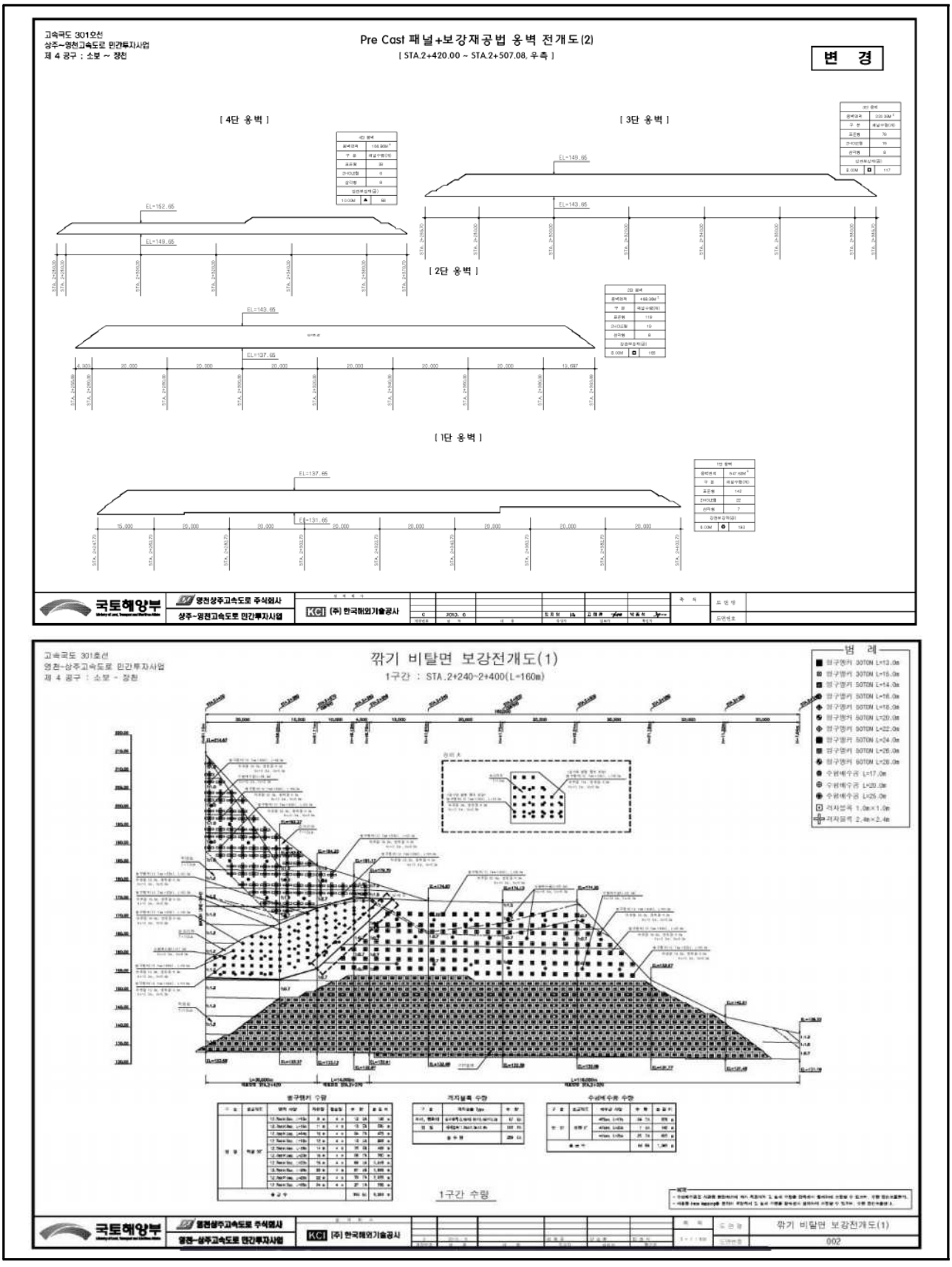
<table>
<tr><th colspan="5">평가항목</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="15">안전 성능</td><td rowspan="10">상태 안전 성능1)</td><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차(전도/경사)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">활동</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">유실</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">이격</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">세굴</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변영향인자</td><td colspan="2">배수시설</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면조사</td><td>사면구배</td><td></td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td></td></tr>
<tr><td>침출수</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">구조 안전 성능</td><td colspan="2" rowspan="2">저면활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">원호활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전도</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지지력</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">인발파괴</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">보강재 파단</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10" colspan="2">내구 성능</td><td colspan="2" rowspan="5">전면판</td><td>염화물침투량2)</td><td></td></tr>
<tr><td>탄산화깊이2)</td><td></td></tr>
<tr><td>피복(표면부)콘크리트 품질</td><td></td></tr>
<tr><td>염해환경2)</td><td></td></tr>
<tr><td>동해환경</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">보강재3) (강재)</td><td>발청</td><td></td></tr>
<tr><td>변색</td><td></td></tr>
<tr><td>도막(도금)두께</td><td></td></tr>
</table>

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 5-2> 전개도



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 사면 전경

5.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.



전면부 전경



전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 5-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S1	상태양호	㎡	-	-	-
	S2	판넬 백태 및 표면열화	㎡	1 / 40.00	공용기간 증가, 우수, 동결융해	-
	S3	판넬 백태 및 표면열화	㎡	1 / 40.00	공용기간 증가, 우수, 동결융해	-
	S4	판넬 백태 및 표면열화	㎡	1 / 2.00	공용기간 증가, 우수, 동결융해	-
	S5	상태양호	㎡	-	-	
	S6	판넬 백태 및 표면열화	㎡	1 / 60.00	공용기간 증가, 우수, 동결융해	-
	S7	앵커캡 파손	EA	2	시공미흡	-
	S8	판넬 파손	㎡	1 / 1.75	시공미흡, 외부충격	-
		앵커캡 파손	EA	1	시공미흡	-
		판넬 균열(Cw=0.5mm)	m	1 / 1.00	공용기간 증가, 우수, 동결융해	-



현 황	S2~3 판넬 백태 및 표면열화
원 인	공용기간 증가, 우수, 동결융해
대 책	표면처리



현 황	S2~3 판넬 백태 및 표면열화
원 인	공용기간 증가, 우수, 동결융해
대 책	표면처리



현 황	S4 판넬 백태 및 표면열화
원 인	공용기간 증가, 우수, 동결융해
대 책	표면처리



현 황	S7 앵커캡 파손
원 인	시공미흡
대 책	앵커캡 재설치



현 황	S8 판넬 균열(Cw=0.5mm)
원 인	공용기간 증가, 우수, 동결융해
대 책	주입보수



현 황	S8 판넬 파손
원 인	시공미흡, 외부충격
대 책	단면보수

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 5-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 5-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.




상부배수로 시공상태

<표 5-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
사면부 식생 상태 현황	사면부 락볼트 상태 현황

<표 5-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

5.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 5-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

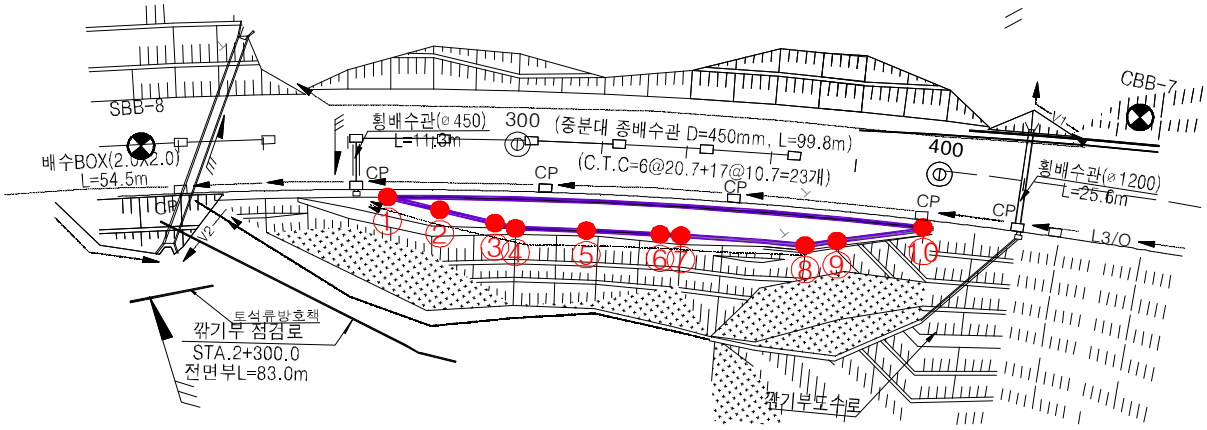
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 5-16> 기울기 측정결과

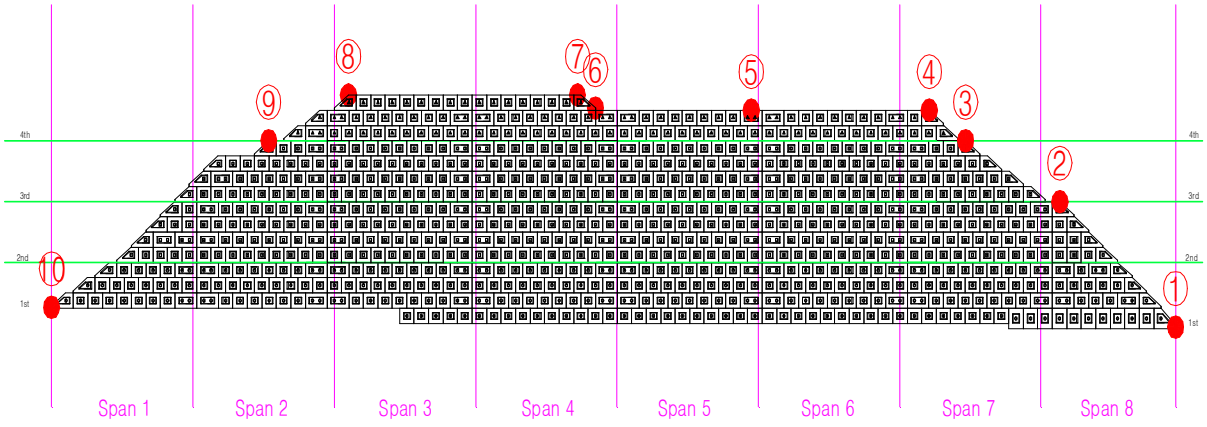
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	20m	90.0°	90.0°	비진행성, 2%미만
2	50m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	80m	89.7°	90.0°	비진행성, 2%미만
4	120m	89.8°	89.7°	비진행성, 2%미만

<표 5-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	403771.4	155470.9	131.36	⑥	403712.8	155525.6	152.807
②	403755.6	155482.4	144.593	⑦	403711.1	155527	154.227
③	403746.7	155489.1	149.755	⑧	403689.4	155547.3	154.232
④	403744	155492	152.707	⑨	403681.5	155554.7	149.723
⑤	403728.5	155509	152.691	⑩	403660	155574.7	131.201

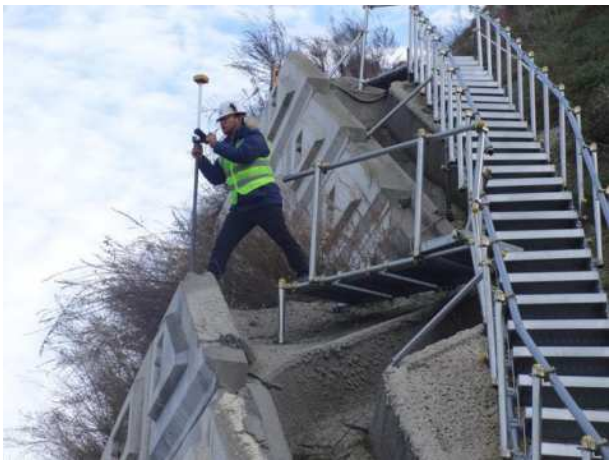


[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 5-3>선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

5.4 안전성능 평가

5.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 5-18> 보강토 옹벽 평가기준

결 함 점 수		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	2	3
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	2	3
활 동		0	2	4	6	8
전면부 진행성 배부름		0	2	5	8	10
파손, 손상 및 균열		0	1	2	4	6
유 실		0	1	2	4	6
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	2	4	6	8
주변 영향인자	배수 시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면 조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$	

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 5-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 5-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0.06	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.01	a
									상태평가 결과					A	

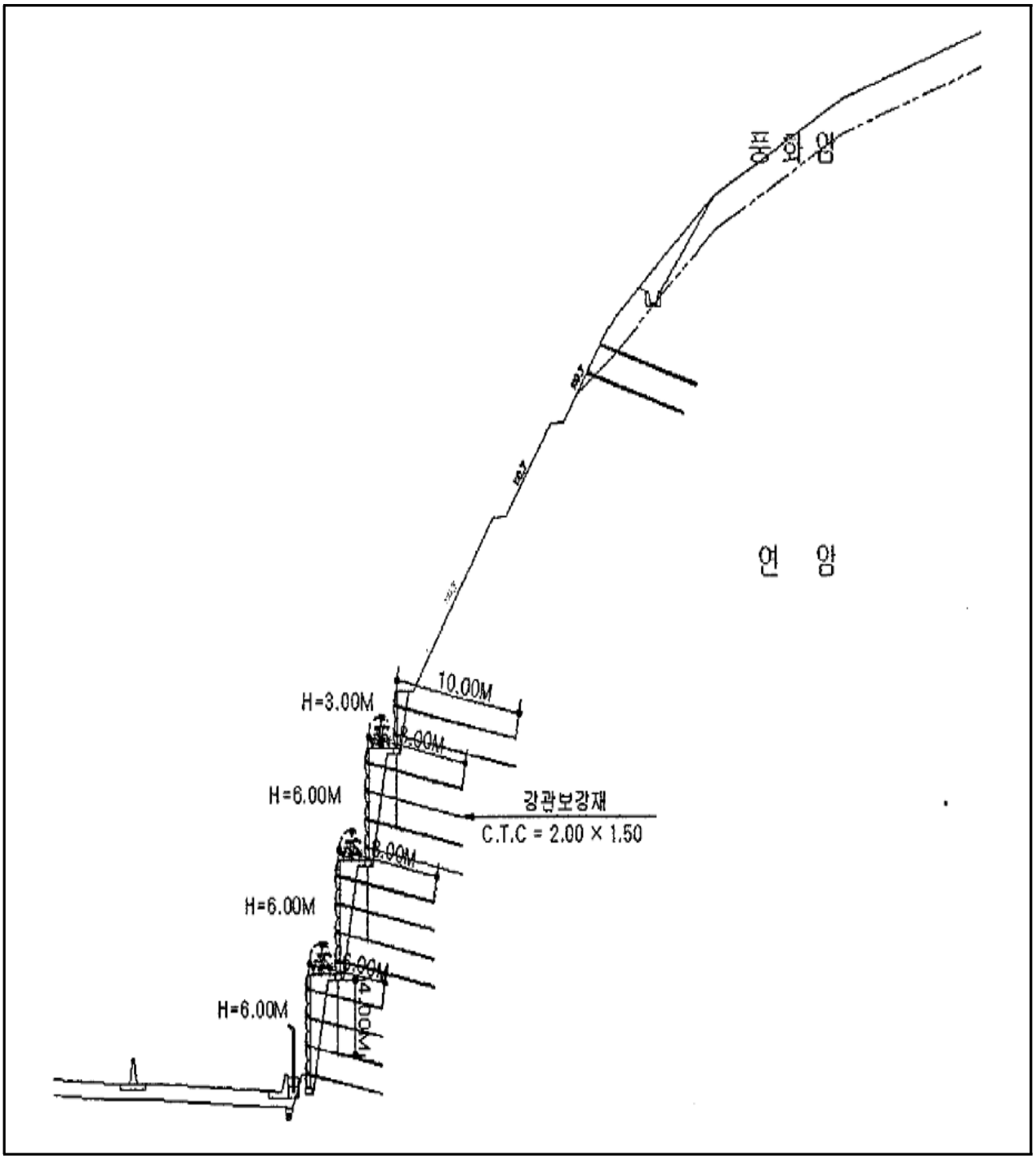
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.01로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

5.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 5-4> 검토단면도

다. 설계조건

1) 지반정수

<표 5-21> 적용 지반정수

구분	단위중량 Υ_t (t/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (t/m^3)	비 고
풍 화 토	1.95	29	1.80	
풍 화 암	2.00	31	2.70	
연 암(파쇄대)	2.30	28	3.70	
뒤채움재(토사)	1.95	28	0.00	

2) 건기시와 우기시 기준안전율

<표 5-22> 적용 안전율

구분	최소안전율	참 조
건 기 시	F.S > 1.50	건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부 P.127)
우 기 시	F.S > 1.20	건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부 P.127)

3) 하중조건

가) 상재하중(활하중) : 1.50 tf/㎡ (15.0 kPa)

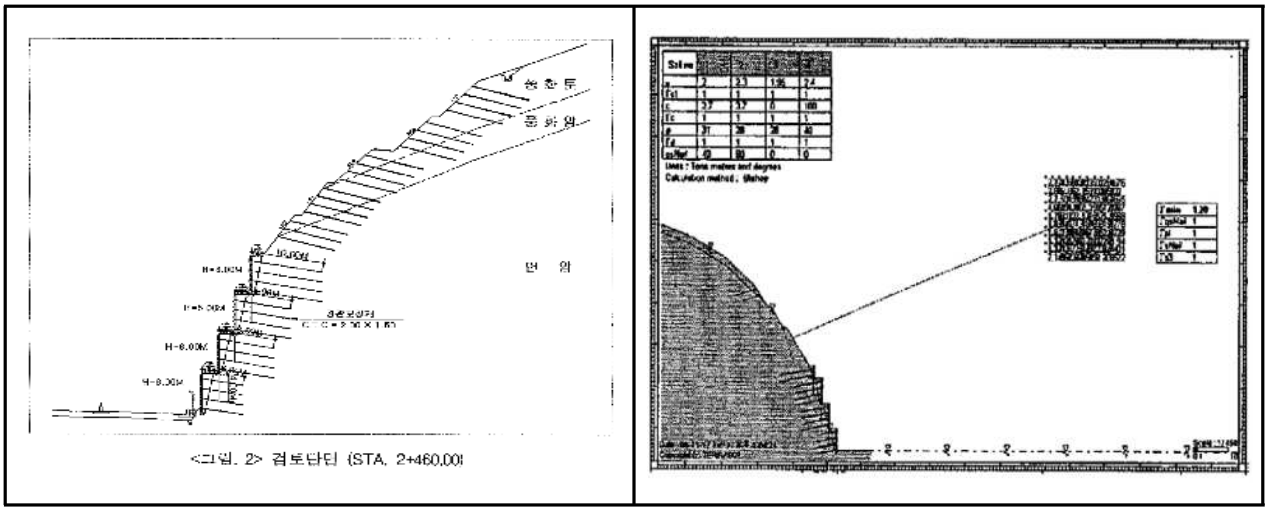
성토 높이와 구조물의 하중을 고려하여 검토하였다.

4) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



<그림 5-5> 검토단면도

2) 사용재료 규격

<표 5-23> 적용 패널 규격

구 분	PPP 패널	강관 보강재(Steel Strip)
내용	◦ 크기 : 표준형 2,000 x 1,500(B x H) ◦ 강도 : 240kgf/㎠	◦ 일반구조용 탄소강관(STK400)

4) 강관보강재 제원

<표 5-24> 적용 강관보강재 제원

외경 (㎜)	두께 (㎜)	단위중량 (kg/㎠)	단위면적 (㎠)	인장강도 (tonf)	단면2차 모멘트 (㎤)	단면계수 (㎤)	휨강성 (tf/㎡)	비고
Φ60.5	4.00	5.57	7.10	15.20	28.48	9.41	5.69	KSD3566

마. 안정해석 결과

1) 외적 안정성 검토결과

<표 5-25> 시설물의 외적 안정해석 결과표

구 분		건기시(>1.5)	판정	우기시(>1.2)	판정
STA. 2+320.00	보강전	1.23	NG	0.82	NG
	보강후	1.77	OK	1.28	OK
STA. 2+460.00	보강전	1.24	NG	0.83	NG
	보강후	1.80	OK	1.31	OK

2) 내적 안정성 검토결과

<표 5-26> 시설물의 내적 안정해석 결과표

구 분	인발(>2.0)	판정	파단(>1.0)	판정
H=6.00M	12.96	OK	2.26	OK

다. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 5-27> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
전체 안전성 평가	건기시	상시	1.77	a	1.5이상
	우기시	상시	1.28	a	1.2이상
내적 안전성 평가	보강재 파단		2.26	a	1.0이상
	보강재 인발		12.96	a	2.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

5.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 5-28> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽05		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 5-29> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

5.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

5.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토 옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 5-30> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (24.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 5-31> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
전면부	S1	45.8	26.1	27.6	0.65	108.8	115.0	24.0
	S3	44.4	25.0	27.0	0.65	104.2	112.5	
	S4	47.4	27.4	28.4	0.65	114.2	118.3	
	S6	44.6	25.1	27.1	0.65	104.6	112.9	

<표 5-32> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	재료학회	건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	108.8	115.0	-	a	-	24.0
S3 건전부	104.2	112.5	-	a	-	
S4 건전부	114.2	118.3	-	a	-	
S6 건전부	104.6	112.9	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 5-28> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 소보면 산법리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	A
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

5.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 5-29> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

5.6 종합평가

5.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 5-5> 종합평가 흐름도

5.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 5-30> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 5-31> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽05			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.140	A	0.8	
내구성능평가	0.080	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 5-32> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

5.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

5.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 5-33> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

5.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표와 동일한 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 5-34> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.140	0.080	0.128
평가결과	A	A	A

5.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 5-35> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		파손	단면보수	손상진전 억제
			판넬 균열(Cw=0.5㎜)	주입보수	손상진전 억제
			판넬 백태 및 표면열화	표면처리	손상진전 억제
			앵커캡 파손	정비	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 5-36> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 백태 및 표면열화	표면처리	243.00	㎡	58	14,094
	앵커캡 파손	정비	2.00	EA	200	400
	판넬 균열	주입보수	1.50	m	70	105
	판넬 파손	단면보수	2.63	㎡	138	363
순 공사비(천원)						**14,962**
재 경 비(천원)						**7,481**
총 공사비(천원)						**22,443**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 5-37> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	표면처리	243.00	58	14,094	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0000	3
	정비	2.00	200	400	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0006	2
	주입보수	1.50	70	105	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0021	1
	단면보수	2.63	138	363	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0006	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

5.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 구미시 도개면 다곡리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 25.5m를 보이며, 총 연장은 L=155.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 백태 및 표면열화, 판넬 파손, 앵커캡 파손 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제6장 블럭식옹벽06

6.1 대상 시설물 현황

6.2 관련 자료의 분석

6.3 현장조사 및 시험

6.4 안전성능 평가

6.5 내구성능 평가

6.6 종합평가

6.7 유지관리 전략 제안

6.8 종합결론

제6장 블럭식옹벽06

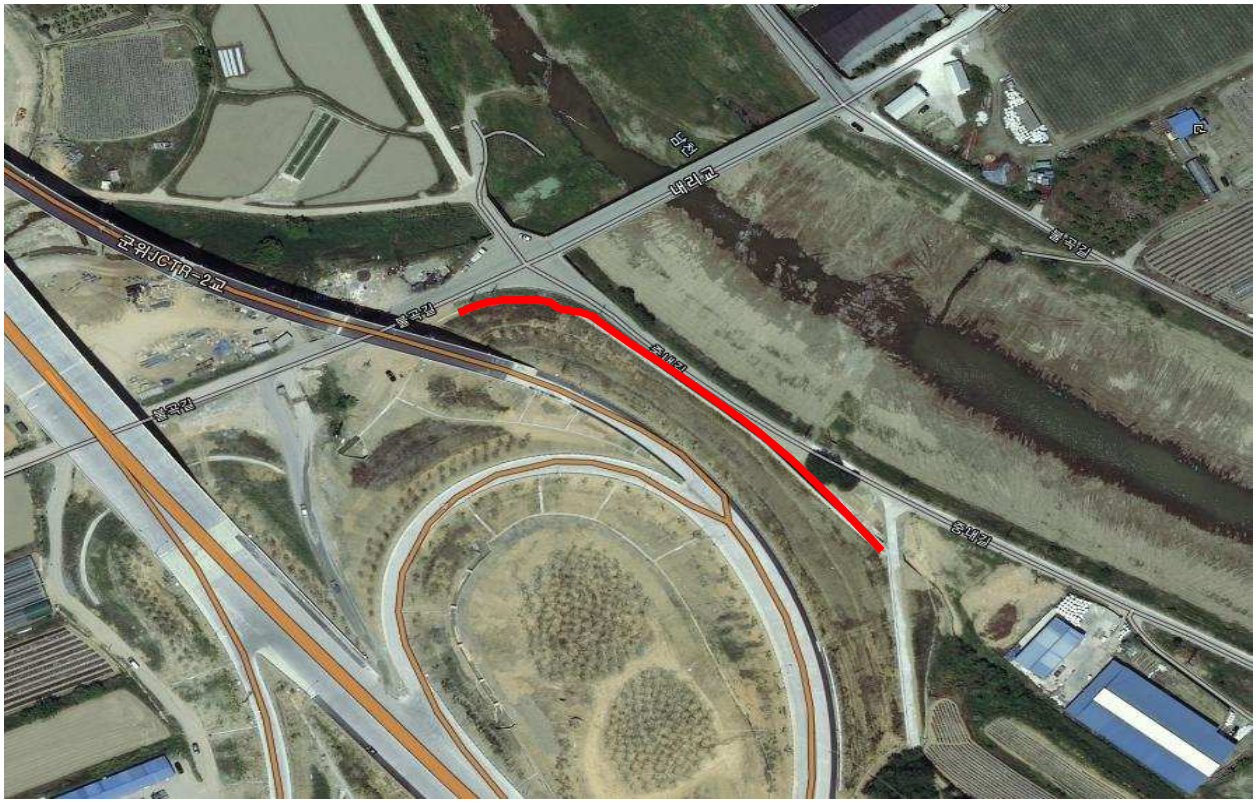
6.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 내리리(상주영천고속도로 군위 JCT R-A~군위 JCT R-C)에 위치한 2종 시설물로서 연장 184.0m, 지면노출높이 8.4m의 블럭식 보강토옹벽이다.

<표 6-1> 시설물 현황(블럭식옹벽06)

시설물 번호	RW2017-0000082		**관리번호**	SY RW6
시설물명	블럭식옹벽06		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 효령면 내리리		
	위치좌표	시점 : 36° 15′96.3″ 128° 56′85.9″		
		종점 : 36° 15′87.9″ 128° 57′03.9″		
	관리이정	고속국도 301호선 군위 JCT R-A~군위 JCT R-C		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	184.0m	지면 노출높이(m)	8.4m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 램프		
	옹벽 하부	도로		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 6-1> 대상 시설물 현황도

6.2 관련 자료의 분석

6.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 6-2> 유지관리 관련자료 현황

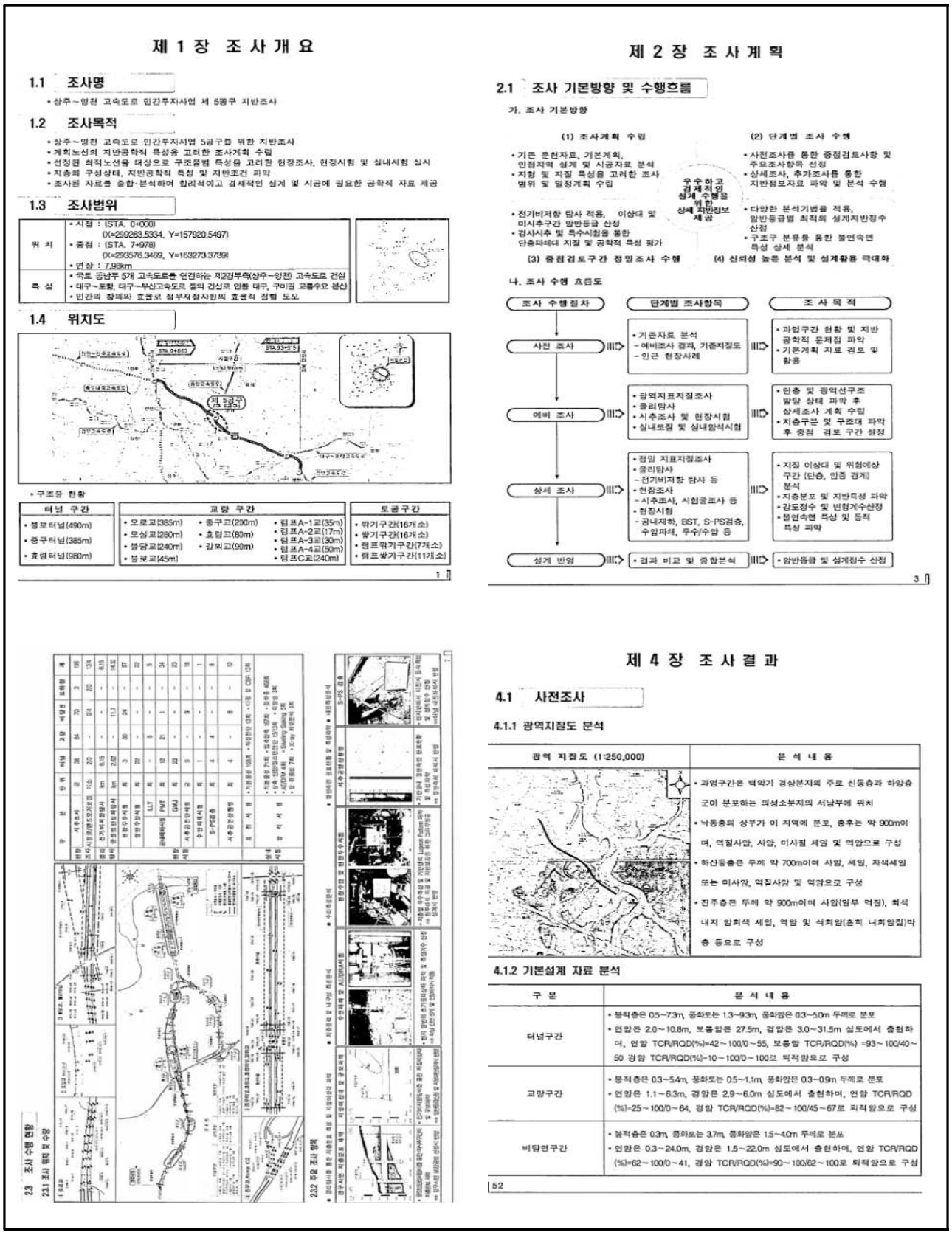
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

6.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제5공구 : 장천~효령, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명
• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 5공구 지반조사

1.2 조사목적
• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 5공구를 위한 지반조사
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위 치	• 시점 : (STA. 0+000) (X=292263.5334, Y=157920.5497) • 종점 : (STA. 7+978) (X=293576.3489, Y=163273.3739) • 연장 : 7.98km
특 성	• 국도 5남부 5개 고속도로를 연결하는 제2경부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 건심로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 창의와 효율로 정부재정지원의 효율적 집행 도모

1.4 위치도

• 구조물 현황

터널 구간	교량 구간			토공구간
• 봉로터널(490m)	• 오로교(385m)	• 중구교(200m)	• 램프A-1교(35m)	• 땅기구간(16개 소)
• 중구터널(385m)	• 오성교(280m)	• 효령교(80m)	• 램프A-2교(17m)	• 쌓기구간(16개 소)
• 효령터널(980m)	• 봉당교(240m)	• 감외고(90m)	• 램프A-3교(30m)	• 램프땅기구간(7개소)
	• 봉로교(45m)		• 램프A-4교(50m)	• 램프쌓기구간(11개소)
			• 램프C교(240m)	

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립
• 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
• 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립

(2) 단계별 조사 수행
• 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
• 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

• 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
• 검사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가

(3) 중점검토구간 정밀조사 수행

• 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
• 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 - 에비조사 결과, 기존지질도 - 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
에비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 광역선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 - 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 - 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 - 공내재하, BST, S-PS검층, 수압파쇄, 투수/수압 등	• 지질 이상대 및 위험암상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 변형계수산정 • 불연속면 특성 및 동적 특성 파악
설계 반영	• 결과 비교 및 종합분석	• 암반등급 및 설계정수 산정

3

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:250,000)	분 석 내 용
	• 과업구간은 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치 • 낙동층의 상부가 이 지역에 분포, 층후는 약 900m이며, 역질사암, 사암, 미사질 세암 및 역암으로 구성 • 하산동층은 두께 약 700m이며 사암, 세암, 자색세암 또는 미사암, 역질사암 및 역암으로 구성 • 진주층은 두께 약 900m이며 사암(일부 역질), 회색 내지 암회색 세암, 역암 및 석회암(흔히 니회암질)막층 등으로 구성

4.1.2 기본설계 자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 붕적층은 0.5~7.3m, 풍화토는 1.3~9.3m, 풍화암은 0.3~5.0m 두께로 분포 • 연암은 2.0~10.8m, 보통암은 27.5m, 경암은 3.0~31.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=42~100/0~55, 보통암 TCR/RQD(%) =93~100/40~50 경암 TCR/RQD(%)=10~100/0~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 붕적층은 0.3~5.4m, 풍화토는 0.5~1.1m, 풍화암은 0.3~0.9m 두께로 분포 • 연암은 1.1~6.3m, 경암은 2.9~6.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD (%)=25~100/0~64, 경암 TCR/RQD(%)=82~100/45~67로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 붕적층은 0.3m, 풍화토는 3.7m, 풍화암은 1.5~4.0m 두께로 분포 • 연암은 0.3~24.0m, 경암은 1.5~22.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD (%)=62~100/0~41, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/62~100로 퇴적암으로 구성

52

4.3 지층분포 특성을 위한 조사

4.3.1 개 요

가. 기본 방향

- 터널 및 교량구간 상세지층, 지질 이상대 파악, 암반 분류시 활용
- 지반의 공학적 성질 분석, 암종 경계 및 지층 분포 특성 파악

나. 조사 위치 및 수량

- 굴절법 탄성파 탐사 14.3km, 전기비저항탐사 6.15km, 시추조사 196공, 시험굴조사 13개소, 표준관입시험 480회

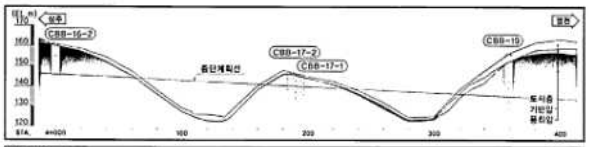


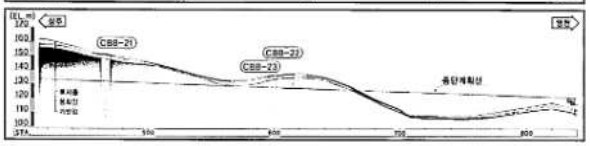
(1) 굴절법 탄성파 탐사

- 본선 구간

위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
비탈면 구간	0+000	횡	115
	0+950~1+180	종	230
	1+000	횡	115
	1+080	횡	115
	1+190~1+605	종	415
	1+720~2+675	종	955
블로터널 시점	(영천)3+010~3+125	종	115
	(상주)2+970~3+085	종	115
	3+020	횡	55
	3+100	횡	55
블로터널 종점	(영천)3+410~3+600	종	115
	(상주)3+410~3+525	종	115
	3+540	횡	55
	3+460	횡	55
비탈면 구간	3+600~4+000	종	1,245
	4+360	횡	115
	4+470	횡	115
	4+600	횡	115

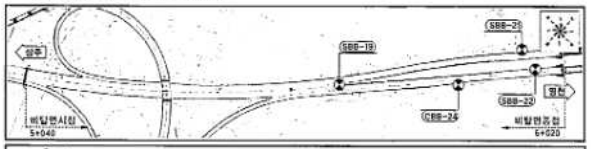
위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
중구터널 시점	(영천)6+000~6+080	종	80
	(상주)6+600~6+680	종	80
	6+030	횡	100
중구터널 종점	(영천)6+370~6+470	종	100
	(상주)6+370~6+470	종	100
	6+430	횡	100
효림터널 시점	(영천)6+545~6+660	종	115
	(상주)6+545~6+660	종	115
	6+590	횡	100
	6+635	횡	100
효림터널 종점	(영천)7+535~7+650	종	115
	(상주)7+535~7+650	종	115
	7+575	횡	100
	7+600	횡	100

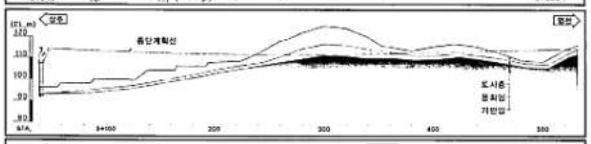


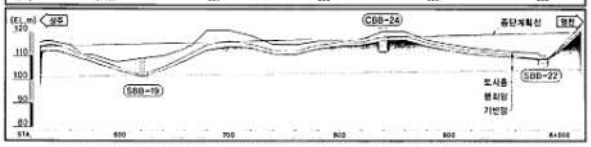


- 깎기 12구간은 토사층 0.5~5.7m, 풍화대층 1.8~2.8m의 두께로 분포하며 기반암은 2.7~7.5m에서 출현
- 쌓기 9, 10구간은 토사층 0.3m의 두께로 분포하며 기반암은 3.2m에서 출현
- 깎기 9, 10구간과 쌓기 7구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 1.0~3.0m의 두께로 분포
- 깎기 11구간과 쌓기 8구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 2.0~3.0m의 두께로 분포

(5) 비탈면 5구간(5+040~6+040)







- 깎기 13구간은 토사층 1.5~4.9m, 풍화대층 0.5~1.9m의 두께로 분포하며 기반암은 2.0~3.7m에서 출현
- 쌓기 11, 12구간은 토사층 6.7m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하며 기반암은 7.8m에서 출현
- 쌓기 13구간은 토사층 1.8~2.5m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하며 기반암은 1.8~2.5m에서 출현

7.6 설계 지반정수 산정

7.6.1 개 요

가. 기본 방향

- 기존 설계정수 산정의 문제점을 분석하고 대표값 선정시 신뢰도 향상을 위해 통계처리기법(Monte Carlo Simulation)을 적용하여 설계지반정수 산정
- 인근 유사현장의 설계·시공자료와 기존문헌자료를 분석하여 합리적인 설계 정수 산정

7.6.2 산정결과 요약

가. 연속체 해석을 위한 설계 지반정수 산정 결과

구 분	변형계수, E_m(MPa)	단위중량 γ_t(kN/㎥)	점착력, c(kPa)	내부마찰각, ϕ(°)	포아송비, υ
풍 적 층	10.0	18.0	10.0	30.0	0.350
풍 화 토	20.0	19.0	24.0	26.0	0.350
풍 화 암	100.0	20.0	29.0	32.0	0.320
기반암	-	25.0	240.0	36.0	-
파쇄암반(파쇄대)	-	23.0	37.0	28.0	-

나. 수리해석을 위한 설계지반 정수 산정 결과

구 분	붕적층	풍화토	풍화암	기반암	파쇄암반(파쇄대)
투수계수, k(cm/sec)	1.70×10^{-3}	6.00×10^{-4}	5.20×10^{-4}	6.70×10^{-5}	3.00×10^{-3}

다. 불연속체 해석을 위한 설계지반 정수 산정결과

(1) UDEC 및 3-DEC 해석을 위한 절리면 강도정수 산정결과

구조구	심도(m)	절리군	방향(Dip/Dir)	σ_c(MPa)	σ_n(MPa)	JRC	JCS(MPa)	ϕ_r(°)	a_j(mm)	V_m(mm)	K_{ni}(MPa/mm)	K_n(MPa/mm)	K_s(MPa/mm)
1	22.3	1	9/134	90.3	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	0.42	3.42	6.81	0.46
		2	81/283		3.71								
		3	90/155		33.22								
		4	75/218		2.24								
2	2-1	42.2	1	06/106	58.2	1.10	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	19.32	1.17
			2	86/221		15.73							
			3	79/337		5.75							
			4	85/297		12.59							
	2-2	26.0	1	04/088	85.2	0.68	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15	19.32	1.17
			2	83/358		5.55							
			3	73/083		2.31							
3	23.0	1	07/102	88.8	0.60	6.0	27.9	29.0	0.64	0.56	4.22	6.90	0.48
		2	81/358		3.82								
		3	89/295		34.26								
		4	82/036		4.30								
4	29.0	1	15/137	81.2	0.78	8.0	33.9	29.0	0.61	0.50	7.96	14.03	1.13
		2	82/009		5.42								
		3	65/071		1.78								
5	30.5	1	11/121	83.7	0.81	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	14.76	0.92
		2	84/052		7.59								
		3	85/330		9.10								
		4	82/291		5.70								

7.6.6 불연속체 해석을 위한 설계 지반정수 산정

가. 개요

- 방향성 및 역학적 특성을 고려하여 구조구별 물성치 산정
- 해석에 사용된 불연속면 자료는 지표지질조사, 시추공영상촬영의 조사성과를 종합분석하여 절리빈도가 높고 연장성이 좋은 절리군을 주 불연속면으로 구분하여 해석에 반영
- 해석에 이용된 입력정수는 현지암반 불연속면 조사결과와 절리면 전단시험 결과로부터 산정
- 계측요소해석시 실제 절리거동 표현 및 입력자료의 취득이 용이하고 객관성 측면에서 Mohr-Coulomb 모델보다 우수한 Barton-Bandis 모델을 적용하고 이에 따른 설계정수 산정

나. Barton-Bandis에 의한 절리면 수치강성 및 전단강성

- 수직강성 $K_n = K_{ni}\left[1-\frac{\sigma_n}{V_m K_{ni}+\sigma_n}\right]^{-2}$
- 전단강성 $K_s = \frac{100}{L}\sigma_n \tan\left[JRC\log_{10}\left(\frac{JCS}{\sigma_n}\right)+\phi_r\right]$

여기서, $K_{ni} = -7.15 + 1.75\,JRC + 0.02\left(\frac{JCS}{a_j}\right)$ $a_j = \frac{JRC}{5}(0.2\frac{\sigma_c}{JCS} - 0.1)$

$V_m = -0.2\sigma_n - 0.0056\,JRC + 2.241\left(\frac{JCS}{a_j}\right)^{-0.2400}$

구조구	심도(m)	절리군	방향(Dip/Dir)	σ_c(MPa)	σ_n(MPa)	JRC	JCS(MPa)	ϕ_r(°)	a_j(mm)	V_m(mm)	K_{ni}(MPa/mm)	K_n(MPa/mm)	K_s(MPa/mm)
1	22.3	1	9/134	90.3	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	0.42	3.42	6.81	0.46
		2	81/283		3.71							43.90	2.50
		3	90/155		33.22							1990.87	18.56
		4	75/218		2.24							22.40	1.57
2	2-1	42.2	1	06/106	58.2	1.10	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	19.32	1.17
			2	86/221		15.73							191.77	10.60
			3	79/337		5.75							54.76	4.62
			4	85/297		12.59							139.70	8.83
	2-2	26.0	1	04/088	85.2	0.68	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15	6.90	0.48
			2	83/358		5.55							76.11	3.31
			3	73/083		2.31							21.76	1.49
3	23.0	1	07/102	88.8	0.60	6.0	27.9	29.0	0.64	0.56	4.22	6.63	0.49
		2	81/358		3.82							28.89	2.59
		3	89/295		34.26							1013.50	18.57
		4	82/036		4.30							33.55	2.89
4	29.0	1	15/137	81.2	0.78	8.0	33.9	29.0	0.61	0.50	7.96	11.39	0.70
		2	82/009		5.42							44.40	3.85
		3	65/071		1.78							16.67	1.45
5	30.5	1	11/121	83.7	0.81	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	14.76	0.92
		2	84/052		7.59							60.62	6.10
		3	85/330		9.10							75.07	7.11
		4	82/291		5.70							44.71	4.79

6.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제5공구 : 장천~효령, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.

2) 지반정수 설계적용

구 분	점착력 c (t/m²)	내부마찰각 Φ (°)	단위중량 rt (t/m³)	비 고
뒤채움토	0	34	1.8	
배 면 토	0	34	1.8	
기초지반	1.5	34	1.8	

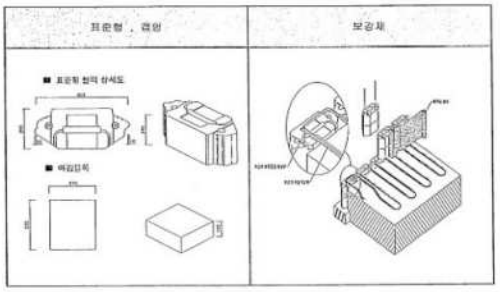
2. 블럭 및 보강재

1) 블럭

-블럭 제원

표준형: - 폭(B) = 650 mm - 높이(H) = 250 mm - 뒷길이(L) = 290 mm

마감형: - 폭(B) = 325 mm - 높이(H) = 125 mm - 뒷길이(L) = 250 mm



-28-

2) 보강재

종 류	보강재 규격(mm)	보강재 강도	비 고
FL 15KN	50 × 200	15KN	
FL 25KN	50 × 200	25KN	
FL 35KN	50 × 200	35KN	
FL 50KN	54 × 200	50KN	
FL 60KN	54 × 200	60KN	

3. 설계하중

1) 자중

블럭식 보강토옹벽의 구조는 보강재가 포설된 보강토체와 전면벽으로 구성되어 있으나, 전면벽의 중량은 보강토옹벽 전체의 중량에 비해 무시할 정도로 작으므로 자중은 보강토체만의 중량으로 하여도 된다.

2) 상재하중

상재하중으로는 차량에 의한 활하중과 상부성토하중 및 상부구조물에 의한 하중 등이 고려된다. 본 현장의 경우에는 활하중은 1.5tf/m² 을 고려하였고, 상부 상토 및 구조물 적용시는 성토높이와 구조물의 하중을 고려하여 구조 검토 하였다.

-29-

3.4 안정해석 결과

당 설계 검토 구간 중 가장 높은 단면에 대한 안정해석 결과는 다음과 같다.

표준형 옹벽 높이 H=9.625m

구 분	외적안정성			내적안정성	
	저면활동	전도	지반지지력	보강재 파단	보강재 인발
설계 안전율	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0
계산치 안전율	2.546	3.35	7.71	2.043	4.828
검 토 결 과	OK	OK	OK	OK	OK

-30-

옹벽H=9.625m

SOIL DATA
REINFORCED SOIL
Unit weight, gamma = 18.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, phi = 34.0 deg.
RETAINED SOIL
Unit weight, gamma = 18.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, phi = 34.0 deg.
FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, gamma_equiv. = 18.0 kN/m^3
Equivalent internal angle of friction, phi_equiv. = 34.0 deg.
Equivalent cohesion, c_equiv. = 14.0 kPa
Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS
Ka (internal stability) = 0.2827 (If batter is less than 10 deg., Ka is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 35 is utilized)
Ka (external stability) = 0.2827 (If batter is less than 10deg., Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)
BEARING CAPACITY
Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nc = 42.16
N_gamma = 41.06

SEISMICITY
---- Not Applicable ----

INPUT DATA: Metal strips (Analysis)

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy (MPa)	120.0	150.0	205.0	250.0	272.0
Gross width of strip, b (mm)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Vertical spacing, Sv (m)	Varies	Varies	Varies	Varies	Varies
Design cross section area, Ac (mm^2)	125.00	150.00	170.00	200.00	220.00
Ribbed steel strips.					
Uniformity Coefficient of reinforced soil, Cu = D60/D10 =			2.0		
Friction angle along reinforcement-soil interface, rp					
@ the top	56.33	56.33	56.33	56.33	56.33
@ 6.0 m or below	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
@ 6.0 m or below	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Scale-effect correct. factor, alpha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.63
2 m	1.55
3 m	1.45
4 m	1.35
5 m	1.23
6 m	1.20

INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.20 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.14 m.
Average unit weight of panel is gamma_f = 24.00 kN/m^3

Z / Ht	Te-static / Tmax
0.00	1.00
0.25	1.00
0.50	1.00
0.75	1.00
1.00	1.00

-47-

D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Strength reduction at the connection, Cfu = Fyc / Fy	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 9.63 [m] (Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 9.63 m)
Batter, omega 0.0 [deg]
Backslope, beta 0.0 [deg]
Backslope rise 0.0 [m] Broken back equiv. angle, i = 0.00deg. (see Fig. 25 in DEMO 02)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 35.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

Bearing capacity, Fs = 7.71, Foundation interface: Direct sliding, Fs = 2.545,
Eccentricity, e/L = 0.1493.

METAL STRIP #	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connect. break]	Fs-overall [Metal strip strength]	Metal strip Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccent. e/L
1	0.50	6.74	4	N/A	2.79	2.79	2.793	4.828	2.657	0.1363
2	1.00	6.74	4	N/A	4.42	4.42	4.419	6.953	2.778	0.1239
3	1.50	6.74	3	N/A	3.22	3.22	3.221	6.580	2.912	0.1120
4	2.00	6.74	3	N/A	3.38	3.38	3.376	6.226	3.051	0.1006
5	2.50	6.74	3	N/A	3.55	3.55	3.549	5.883	3.227	0.0898
6	3.00	6.74	2	N/A	2.67	2.67	2.669	5.550	3.414	0.0795
7	3.50	6.74	2	N/A	2.80	2.80	2.804	5.110	3.625	0.0698
8	4.00	6.74	2	N/A	2.90	2.90	2.897	4.990	3.869	0.0606
9	4.50	6.74	2	N/A	2.97	2.97	2.968	4.865	4.152	0.0519
10	5.00	6.74	2	N/A	3.09	3.09	3.085	4.871	4.485	0.0438
11	5.50	6.74	2	N/A	3.24	3.24	3.240	5.103	4.886	0.0363
12	6.00	6.74	1	N/A	2.04	2.04	2.043	5.265	5.360	0.0293
13	6.50	6.74	1	N/A	2.14	2.14	2.139	5.363	6.008	0.0229
14	7.00	6.74	1	N/A	2.26	2.26	2.259	5.432	6.841	0.0172
15	7.50	6.74	1	N/A	2.41	2.41	2.413	5.481	8.016	0.0120
16	8.00	6.74	1	N/A	2.63	2.63	2.627	5.533	9.825	0.0076
17	8.50	6.74	1	N/A	2.91	2.91	2.912	5.559	13.130	0.0043
18	9.00	6.74	1	N/A	3.26	3.26	3.259	5.474	21.305	0.0014
19	9.50	6.74	1	N/A	4.85	4.85	4.855	6.867	93.696	0.0001

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
Ultimate bearing capacity, q-ult	2399.9	N/A	[kPa]
Meyerhof stress, sigma_v	309.4	N/A	[kPa]
Eccentricity, e	0.95	N/A	[m]
Eccentricity, e/L	0.139	N/A	
Fs calculated	7.71	N/A	
Base length	6.74	N/A	[m]

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 2.545

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip type #
1	0.50	6.74	2.657	N/A	4
2	1.00	6.74	2.778	N/A	4
3	1.50	6.74	2.912	N/A	3
4	2.00	6.74	3.051	N/A	3
5	2.50	6.74	3.227	N/A	3
6	3.00	6.74	3.414	N/A	2
7	3.50	6.74	3.625	N/A	2
8	4.00	6.74	3.869	N/A	2
9	4.50	6.74	4.152	N/A	2
10	5.00	6.74	4.485	N/A	2
11	5.50	6.74	4.886	N/A	2
12	6.00	6.74	5.360	N/A	1
13	6.50	6.74	6.008	N/A	1
14	7.00	6.74	6.841	N/A	1
15	7.50	6.74	8.016	N/A	1
16	8.00	6.74	9.825	N/A	1
17	8.50	6.74	13.130	N/A	1
18	9.00	6.74	21.305	N/A	1
19	9.50	6.74	93.696	N/A	1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

Along reinforced and foundation soils interface: e/L static = 0.1493
Fs overturning(along the base), static = 3.360

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e/L Static	e/L Seismic	Metal strip type #
1	0.50	6.74	0.1363	N/A	4
2	1.00	6.74	0.1239	N/A	4
3	1.50	6.74	0.1120	N/A	3
4	2.00	6.74	0.1006	N/A	3
5	2.50	6.74	0.0898	N/A	3
6	3.00	6.74	0.0795	N/A	2
7	3.50	6.74	0.0698	N/A	2
8	4.00	6.74	0.0606	N/A	2
9	4.50	6.74	0.0519	N/A	2
10	5.00	6.74	0.0438	N/A	2
11	5.50	6.74	0.0363	N/A	2
12	6.00	6.74	0.0293	N/A	1
13	6.50	6.74	0.0229	N/A	1
14	7.00	6.74	0.0172	N/A	1
15	7.50	6.74	0.0120	N/A	1
16	8.00	6.74	0.0076	N/A	1
17	8.50	6.74	0.0043	N/A	1
18	9.00	6.74	0.0014	N/A	1
19	9.50	6.74	0.0001	N/A	1

RESULTS for STRENGTH (Note: Actual Fs-overall = (Yield stress) / (Actual stress))

#	Metal strip Elevation [m]	Cover. ratio, Ro=b/Sh	Horiz. spacing, [m]	Long-term strength [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall seismic	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.50	0.154	0.325	153.8	55.09	N/A	N/A	2.793	N/A	N/A
2	1.00	0.154	0.325	153.8	34.82	N/A	N/A	4.419	N/A	N/A
3	1.50	0.154	0.325	107.2	33.29	N/A	N/A	3.221	N/A	N/A
4	2.00	0.154	0.325	107.2	31.76	N/A	N/A	3.376	N/A	N/A
5	2.50	0.154	0.325	107.2	30.24	N/A	N/A	3.545	N/A	N/A
6	3.00	0.154	0.325	76.6	28.71	N/A	N/A	2.669	N/A	N/A
7	3.50	0.154	0.325	76.6	27.32	N/A	N/A	2.804	N/A	N/A
8	4.00	0.154	0.325	76.6	26.44	N/A	N/A	2.897	N/A	N/A
9	4.50	0.154	0.325	76.6	25.81	N/A	N/A	2.968	N/A	N/A
10	5.00	0.154	0.325	76.6	24.83	N/A	N/A	3.085	N/A	N/A
11	5.50	0.154	0.325	76.6	23.65	N/A	N/A	3.240	N/A	N/A
12	6.00	0.154	0.325	46.2	22.59	N/A	N/A	2.043	N/A	N/A
13	6.50	0.154	0.325	46.2	21.57	N/A	N/A	2.139	N/A	N/A
14	7.00	0.154	0.325	46.2	20.43	N/A	N/A	2.259	N/A	N/A
15	7.50	0.154	0.325	46.2	19.13	N/A	N/A	2.413	N/A	N/A
16	8.00	0.154	0.325	46.2	17.57	N/A	N/A	2.627	N/A	N/A
17	8.50	0.154	0.325	46.2	15.85	N/A	N/A	2.912	N/A	N/A
18	9.00	0.154	0.325	46.2	14.16	N/A	N/A	3.259	N/A	N/A
19	9.50	0.154	0.325	46.2	9.51	N/A	N/A	4.855	N/A	N/A

RESULTS for CONNECTION (static conditions)

#	M. Strips Elevation [m]	Coverage ratio Ro=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, To [kN/m]	Reduction factor for connect. break Cfu	Long-term M. Strips connect. strength, Tac (Break criterion) [kN/m]	Fs-overall long-term strength [kN/m]	connection break Spec.	Actu	M. strips strength Spec.	Actu
1	0.50	0.154	0.325	55.1	1.00	153.8	153.8	N/A	2.79	N/A	2.79
2	1.00	0.154	0.325	34.8	1.00	153.8	153.8	N/A	4.42	N/A	4.42
3	1.50	0.154	0.325	33.3	1.00	107.2	107.2	N/A	3.22	N/A	3.22
4	2.00	0.154	0.325	31.8	1.00	107.2	107.2	N/A	3.38	N/A	3.38
5	2.50	0.154	0.325	30.2	1.00	107.2	107.2	N/A	3.55	N/A	3.55
6	3.00	0.154	0.325	28.7	1.00	76.6	76.6	N/A	2.67	N/A	2.67
7	3.50	0.154	0.325	27.3	1.00	76.6	76.6	N/A	2.80	N/A	2.80
8	4.00	0.154	0.325	26.4	1.00	76.6	76.6	N/A	2.90	N/A	2.90
9	4.50	0.154	0.325	25.8	1.00	76.6	76.6	N/A	2.97	N/A	2.97
10	5.00	0.154	0.325	24.8	1.00	76.6	76.6	N/A	3.09	N/A	3.09
11	5.50	0.154	0.325	23.6	1.00	76.6	76.6	N/A	3.24	N/A	3.24
12	6.00	0.154	0.325	22.6	1.00	46.2	46.2	N/A	2.04	N/A	2.04
13	6.50	0.154	0.325	21.6	1.00	46.2	46.2	N/A	2.14	N/A	2.14
14	7.00	0.154	0.325	20.4	1.00	46.2	46.2	N/A	2.26	N/A	2.26
15	7.50	0.154	0.325	19.1	1.00	46.2	46.2	N/A	2.41	N/A	2.41
16	8.00	0.154	0.325	17.6	1.00	46.2	46.2	N/A	2.63	N/A	2.63
17	8.50	0.154	0.325	15.8	1.00	46.2	46.2	N/A	2.91	N/A	2.91
18	9.00	0.154	0.325	14.2	1.00	46.2	46.2	N/A	3.26	N/A	3.26
19	9.50	0.154	0.325	9.5	1.00	46.2	46.2	N/A	4.85	N/A	4.85

RESULTS for PULLOUT

NOTE: Distributed live load is not included in Tmax in pullout calculations.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Ro=b/Sh (See NOTE)	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	La [m]	La [m]	Avail. Static Pullout Pr [kN/m]	Specif. Static Fs	Actual Static Fs	Avail. Seismic Pr [kN/m]	Specif. Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.50	0.154	55.1	N/A	6.44	0.30	266.0	N/A	4.828	0.0	N/A	N/A
2	1.00	0.154	34.8	N/A	6.14	0.60	242.1	N/A	6.953	0.0	N/A	N/A
3	1.50	0.154	33.3	N/A	5.84	0.90	219.9	N/A	6.580	0.0	N/A	N/A
4	2.00	0.154	31.8	N/A	5.54	1.20	197.8	N/A	6.226	0.0	N/A	N/A
5	2.50	0.154	30.2	N/A	5.24	1.50	177.3	N/A	5.883	0.0	N/A	N/A
6	3.00	0.154	28.7	N/A	4.94	1.80	157.9	N/A	5.550	0.0	N/A	N/A
7	3.50	0.154	27.3	N/A	4.64	2.10	139.6	N/A	5.110	0.0	N/A	N/A
8	4.00	0.154	26.4	N/A	4.34	2.40	132.0	N/A	4.990	0.0	N/A	N/A
9	4.50	0.154	25.8	N/A	4.04	2.70	125.6	N/A	4.865	0.0	N/A	N/A
10	5.00	0.154	24.8	N/A	3.85	2.89	121.0	N/A	4.871	0.0	N/A	N/A
11	5.50	0.154	23.6	N/A	3.85	2.89	120.7	N/A	5.103	0.0	N/A	N/A
12	6.00	0.154	22.6	N/A	3.85	2.89	118.9	N/A	5.265	0.0	N/A	N/A
13	6.50	0.154	21.6	N/A	3.85	2.89	115.7	N/A	5.363	0.0	N/A	N/A
14	7.00	0.154	20.4	N/A	3.85	2.89	111.0	N/A	5.432	0.0	N/A	N/A
15	7.50	0.154	19.1	N/A	3.85	2.89	104.8	N/A	5.481	0.0	N/A	N/A
16	8.00	0.154	17.6	N/A	3.85	2.89	97.2	N/A	5.533	0.0	N/A	N/A
17	8.50	0.154	15.8	N/A	3.85	2.89	88.1	N/A	5.559	0.0	N/A	N/A
18	9.00	0.154	14.2	N/A	3.85	2.89	77.5	N/A	5.474	0.0	N/A	N/A
19	9.50	0.154	9.5	N/A	3.85	2.89	65.5	N/A	6.867	0.0	N/A	N/A

6.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 6-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	블록식옹벽6에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열 및 조인트 실란트 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	블록식옹벽6에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열 및 조인트 실란트 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다. 금회 조사시, 일부 보수를 실시한 것이 확인되었다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	블록식옹벽6에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열 및 조인트 실란트 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	블록식옹벽6에 대한 점검결과, 배수로 균열 및 조인트 실란트 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	블럭식옹벽06의 전면부에는 블록파손이 조사되었고, 주변 영향인자(사면부, 배수시설)에서는 배수로 파손 및 재균열 등이 조사되었으며, 상부성토부의 경우 손상이 없는 양호한 상태이다. 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	블록식옹벽6에 대한 점검결과, 블록 전면부 파손 및 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

6.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 6-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

6.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 6-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

6.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 6-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

6.3 현장조사 및 시험

6.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 블럭식옹벽06은 경상북도 군위군 효령면 내리리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 184.0m, 지면노출 높이 8.4m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 6-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000082		관리번호	SY RW6
시설물명	블럭식옹벽06		시설물구분	2종 시설물
시설물위치	행정구역	경상북도 군위군 효령면 내리리		
	위치좌표	시점 : 36° 15′96.3″ 128° 56′85.9″		
		종점 : 36° 15′87.9″ 128° 57′03.9″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 군위 JCT R-A~군위 JCT R-C			
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	184.0m	지면노출 높 이	8.4m
	보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	상주영천고속도로 램프		
	옹벽하부	도로		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	대림산업㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 10개구간(S1~S10)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 6-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	6.1	6	100.0~120.0m	120.0	7.0
2	20.0~40.0m	40.0	8.4	7	120.0~140.0m	140.0	5.7
3	40.0~60.0m	60.0	7.9	8	140.0~160.0m	160.0	3.4
4	60.0~80.0m	80.0	7.2	9	160.0~180.0m	180.0	1.3
5	80.0~100.0m	100.0	7.3	10	180.0~184.0m	184.0	0.5

<표 6-9> 보강토 옹벽의 조사항목

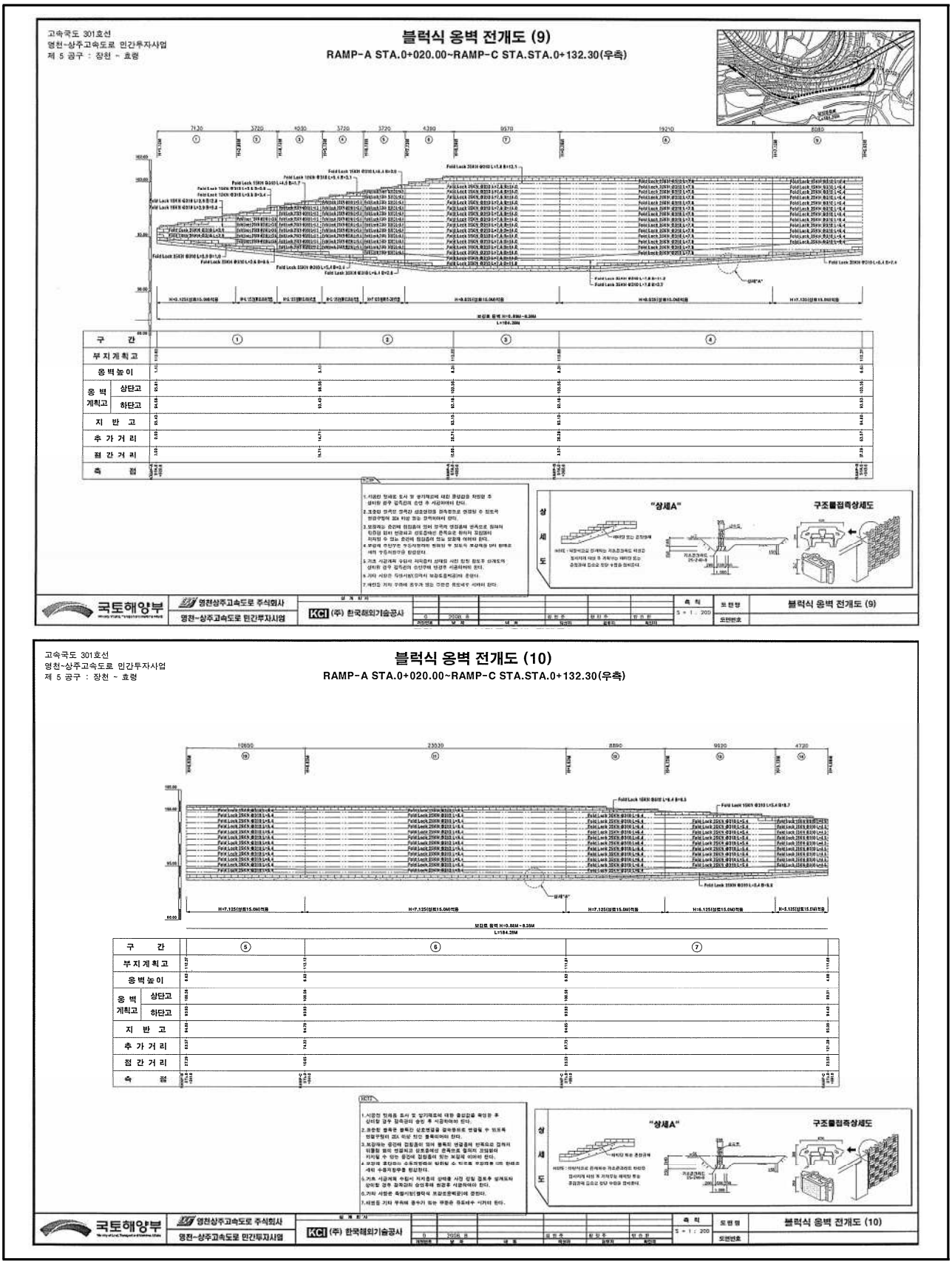
평가항목					비 고
안전 성능	상태 안전 성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조 안전 성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구 성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

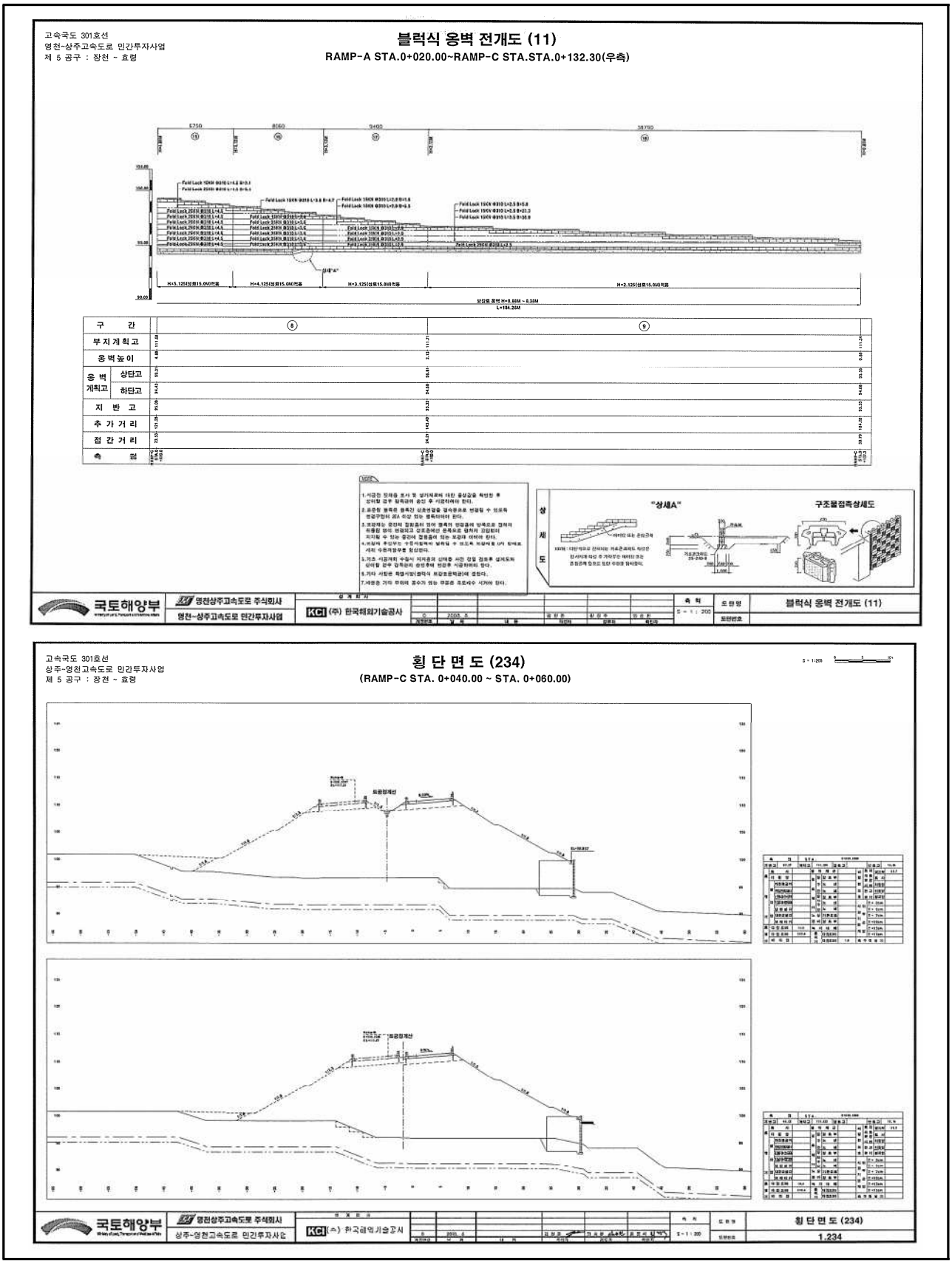
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 6-2> 전개도


고속국도 301호선
영천-상주고속도로 민간투자사업
제 5 공구 : 장천 ~ 효령
블럭식 옹벽 전개도 (11)
RAMP-A STA.0+020.00~RAMP-C STA.STA.0+132.30(우측)
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
절 간 거 리
측 점
"상세A"
구조물접촉상세도
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
영천-상주고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
블럭식 옹벽 전개도 (11)
고속국도 301호선
상주-영천고속도로 민간투자사업
제 5 공구 : 장천 ~ 효령
횡 단 면 도 (234)
(RAMP-C STA. 0+040.00 ~ STA. 0+060.00)
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주-영천고속도로 민간투자사업
(주) 한국해외기술공사
횡 단 면 도 (234)
1.234

<그림 6-2> 전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 성토부 전경

6.3.2 조사결과

가. 전면부

본 보강토 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

	
전면부 전경	전면부 전경

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사결과, 일부구간 S5 블록에 블록파손이 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 보수를 실시하고, 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대하 확인하는 유지관리가 필요하다.

<표 6-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S5	블록파손	㎡	1 / 0.02	공용기간 증가	-

			
현 황	S5 블록파손	현 황	–
원 인	공용기간 증가	원 인	–
대 책	단면보수	대 책	–

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 6-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 6-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

본 보강토 옹벽의 주변영향인자에 대하여 배수시설 손상, 사면구배, 낙석흔적, 침출수 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

1) 배수시설

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 상단배수로의 경우 일부구간 배수로 균열, 배수로 파손, 실란트 파손 등이 조사되었다.





상부배수로 시공상태

<표 6-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	구 간	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S10	배수로 균열	m	1 / 1.00	공용기간 증가	



현 황	S10 배수로 균열(Cw=0.3mm)	현 황	-
원 인	공용기간 증가	원 인	-
대 책	주입보수	대 책	-

2) 사면조사

- 본 보강토 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
성토부 상태 현황	성토부 상태 현황

<표 6-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

6.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 6-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

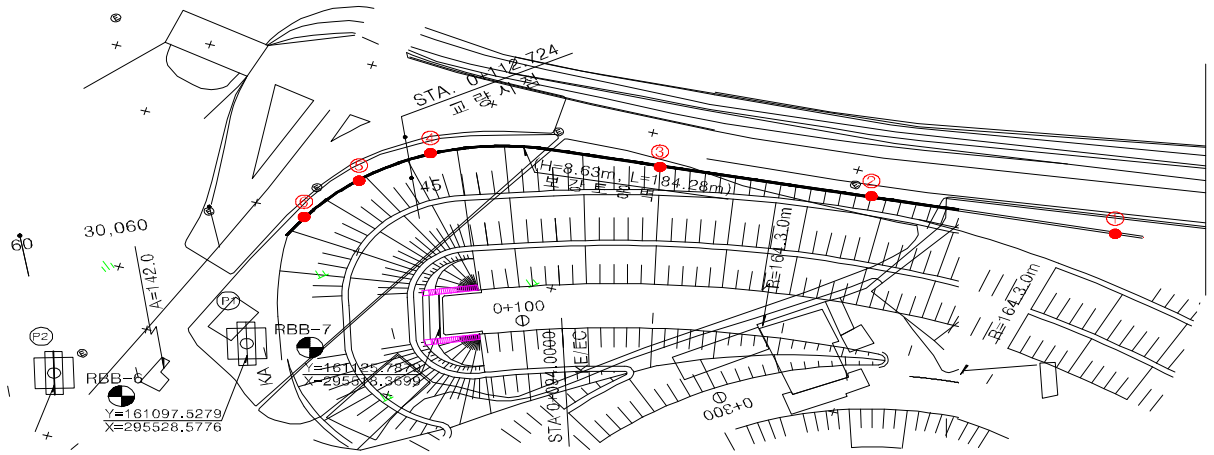
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 6-16> 기울기 측정결과

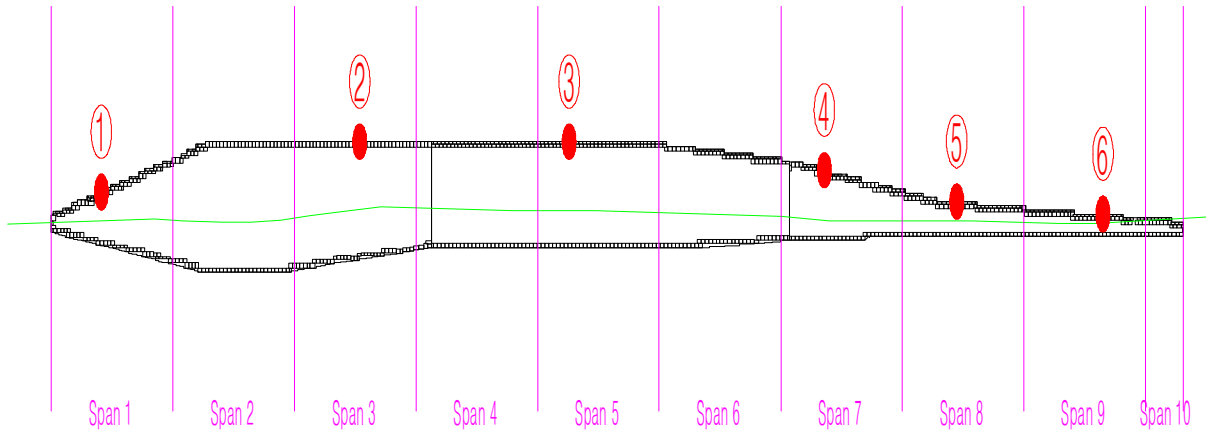
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	80m	89.2°	89.5°	비진행성, 2%미만
2	130m	89.4°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	150m	89.4°	89.5°	비진행성, 2%미만

<표 6-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	395787.3	161283.2	96.395	④	395856.1	161196.7	96.404
②	395811.7	161254.5	97.423	⑤	395857.1	161184.5	96.012
③	395834.3	161228.7	97.564	⑥	395854.4	161173.9	95.728



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 6-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

6.4 안전성능 평가

6.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 6-18> 보강토 옹벽 평가기준

결 함 점 수		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	2	3
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	2	3
활 동		0	2	4	6	8
전면부 진행성 배부름		0	2	5	8	10
파손, 손상 및 균열		0	1	2	4	6
유 실		0	1	2	4	6
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	2	4	6	8
주변 영향인자	배수 시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면 조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$	

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 6-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 6-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

구간	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 및 손상	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
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
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	a
									상태안전성능 평가 결과					A	

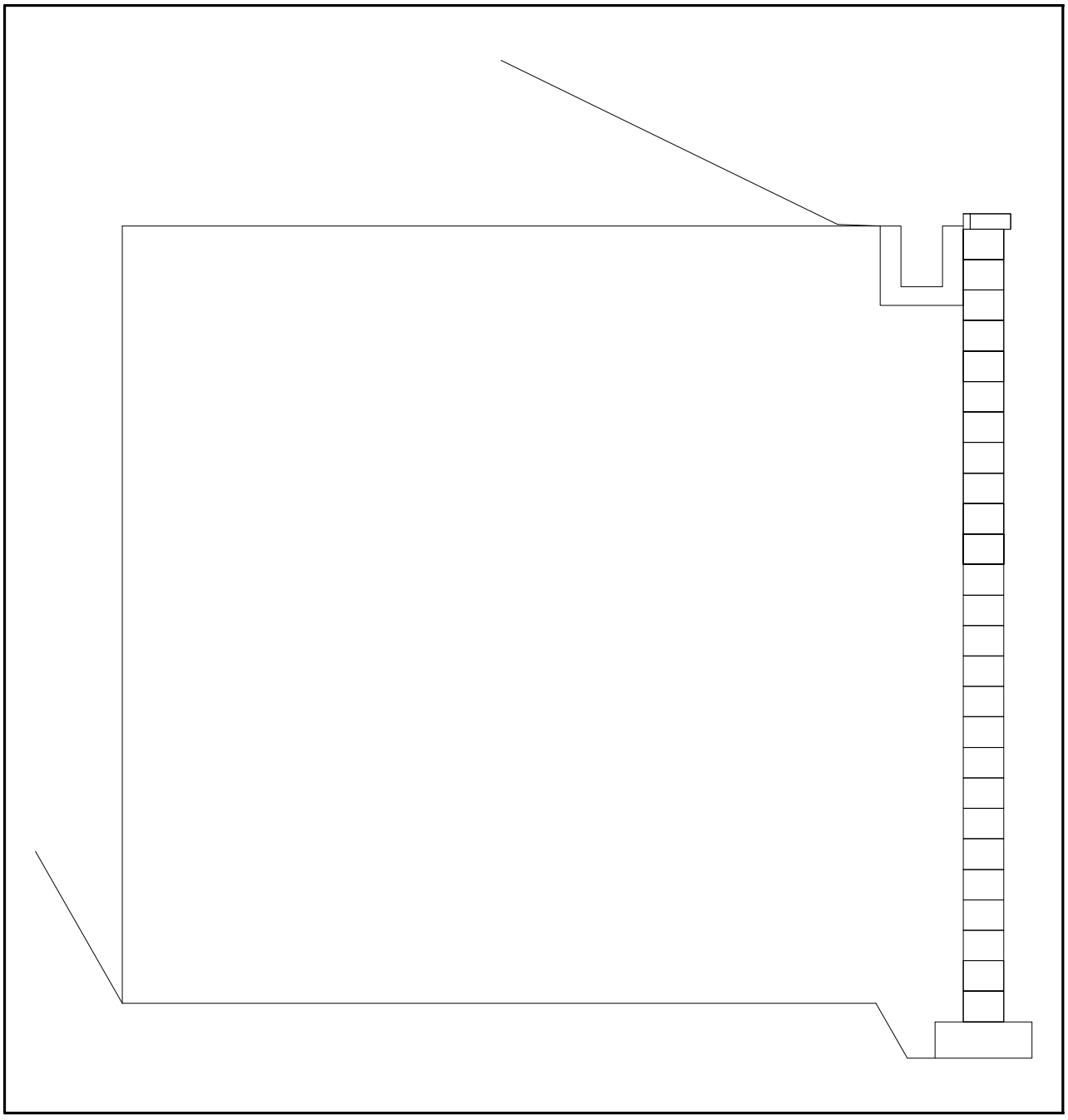
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

6.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 6-4> 검토단면도

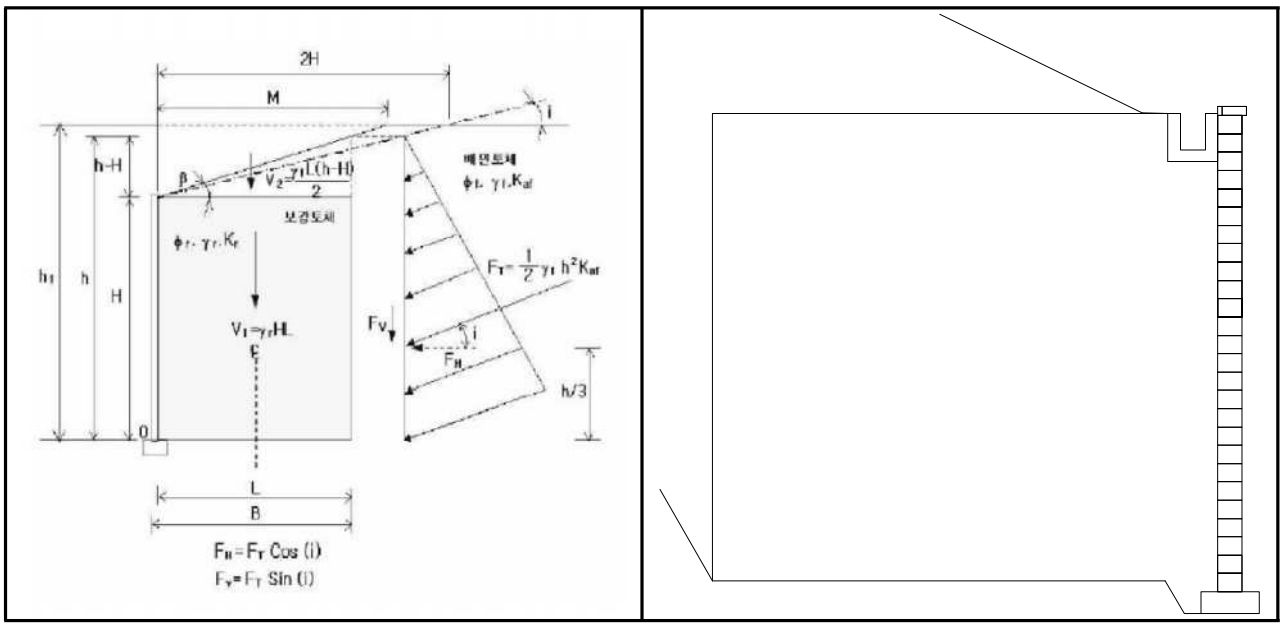
다. 지반정수

<표 6-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎡)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	18	0	34	
성토층	18	0	34	
기초	18	15	34	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



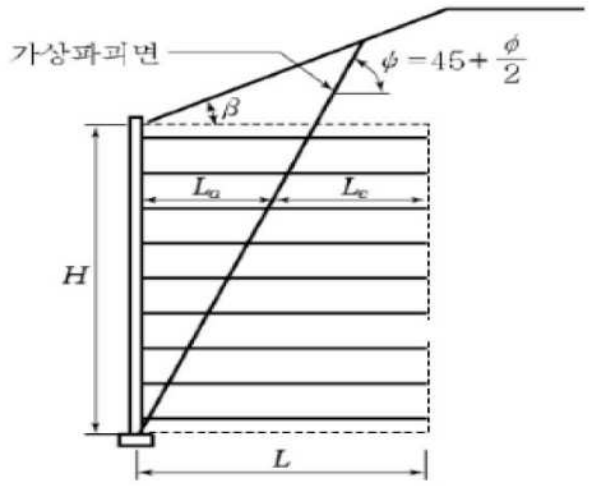
<그림 6-5> 검토단면도

2) 검토조건

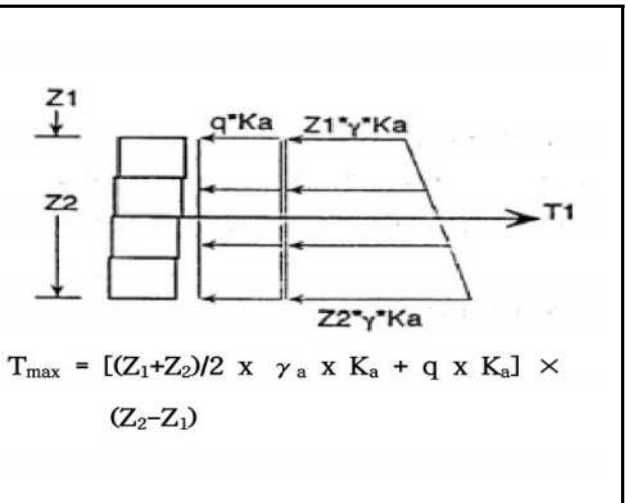
- 벽체높이 H(m) = 8.87m h1(m) = 10.93 2h(m) = 21.86
- 상부사면의 경사 β(°) = 34, h-H=2.06
- 상재하중 q(kN/㎡) = 15.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \dfrac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.283$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 6-6> 토압작용 모식도

2) 토압계수

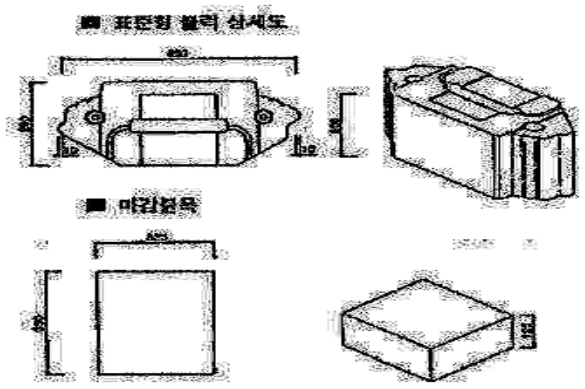
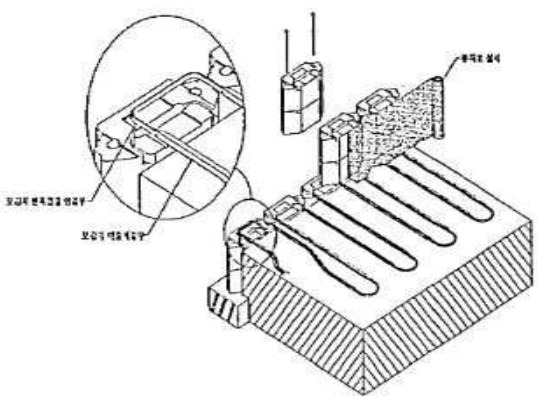
- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2) =$ 0.283

3) 블럭 및 보강재

- 블럭 제원

표준형: -폭(B) = 650mm -높이(H) = 250mm -뒷길이(L) = 290mm

마감형: -폭(B) = 325mm -높이(H) = 125mm -뒷길이(L) = 250mm

표준형, 캡형	보강재
	

<그림 6-7> 블럭 및 보강재 상세도

- 보강재

<표 6-22> 보강재 종류별 규격 및 강도

종 류	보강재 규격(mm)	보강재 강도	비 고
FL 15KN	50 X 200	15KN	
FL 25KN	50 X 200	25KN	
FL 35KN	50 X 200	35KN	
FL 50KN	54 X 200	50KN	
FL 60KN	54 X 200	60KN	

바. 검토결과

<표 6-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분		검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
		상시	상시	
외적 안정	활 동	2.55	1.5	O.K
	전 도	3.35	1.5	O.K
	지지력	7.71	2.5	O.K
내적 안정	파 단	2.04	1.0	O.K
	인 발	4.83	1.5	O.K

주)보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계 인장강도(Fs=1.5)를 적용하였으므로 1.0으로 적용

사. 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 6-24> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분		안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	2.55	a	평상시 안전율 적용
	전 도	3.35	a	평상시 안전율 적용
	지지력	7.71	a	평상시 안전율 적용
내적 안정	파 단	2.04	a	평상시 안전율 적용
	인 발	4.83	a	평상시 안전율 적용
구조안전성능 평가 결과		· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

6.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 6-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	블럭식옹벽06		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 6-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

6.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

6.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 6-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.

② 측정결과

옹벽의 재료시험 기준에 의해 4개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다. 설계자료에 기준강도자료가 없는 상태로, 근처 공구의 옹벽 설계기준강도를 참조하여 결과를 작성하였다.

<표 6-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			일본재료학회	일본건축학회		일본재료학회	일본건축학회	
전면부	S3	50.8	30.2	30.0	0.65	111.9	111.1	27.0
	S4	49.4	29.1	29.3	0.65	107.8	108.5	
	S5	52.4	31.5	29.3	0.65	116.7	108.5	
	S5	49.6	29.2	29.4	0.65	108.1	108.9	

※ 표면손상이 없으므로 건전부에서만 측정

<표 6-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	일본재료학회	일본건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	111.9	111.1	-	a	-	27.0
S3 건전부	107.8	108.5	-	a	-	
S5 건전부	116.7	108.5	-	a	-	
S7 건전부	108.1	108.9	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 6-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 효령면 내리리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※ 인접 도시인 구미시의 기상청 자료로 평가함

6.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 6-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	-
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	-
	비래염분 염해환경	0.08	A	-
	동해환경	0.08	A	-

6.6 종합평가

6.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 6-8> 종합평가 흐름도

6.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 6-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 6-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	블럭식옹벽06			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 6-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

6.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

6.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 6-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

6.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 6-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

6.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 6-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		블록파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 균열	주입보수	손상진전 억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 6-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	블록 파손	단면보수	0.02	㎡	138	4
배수시설	배수로 균열	주입보수	1.00	m	70	105
상부성토부	상태양호	-	-	-	-	-
기초부	상태양호	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						**109**
재 경 비(천원)						**55**
총 공사비(천원)						**164**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 6-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	손상 물량	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
주입보수	1.00	1.50	70	105	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.00210	2
단면보수	0.02	0.03	138	4	12.5	60	0.10	0.12	0.22	0.05500	1
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

6.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 효령면 내리리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 8.4m를 보이며, 총 연장은 L=184.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 블록파손, 배수로 균열 등의 손상이 조사되었으나, 옹벽의 사용성에는 영향을 주지 않는 것으로 판단되므로 내구성 증진을 위한 단면보수, 주입보수 등의 적절한 보수가 필요하다고 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제7장 패널식옹벽07

7.1 대상 시설물 현황

7.2 관련 자료의 분석

7.3 현장조사 및 시험

7.4 안전성능 평가

7.5 내구성능 평가

7.6 종합평가

7.7 유지관리 전략 제안

7.8 종합결론

제7장 패널식옹벽07

7.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 화계리(상주영천고속도로 49.152~49.320km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 173.0m, 지면노출높이 12.0m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 7-1> 시설물 현황(패널식옹벽07)

시설물 번호	RW2017-0000074		**관리번호**	SY RW7
시설물명	패널식옹벽07		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 효령면 화계리		
	위치좌표	시점 : 36° 11′55.7″ 128° 63′42.9″		
		종점 : 36° 11′50.0″ 128° 63′59.4″		
	관리이정	고속국도 301호선 49.152~49.320km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	173.0m	지면 노출높이(m)	12.0m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	지에스건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 7-1> 대상 시설물 현황도

7.2 관련 자료의 분석

7.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 7-2> 유지관리 관련자료 현황

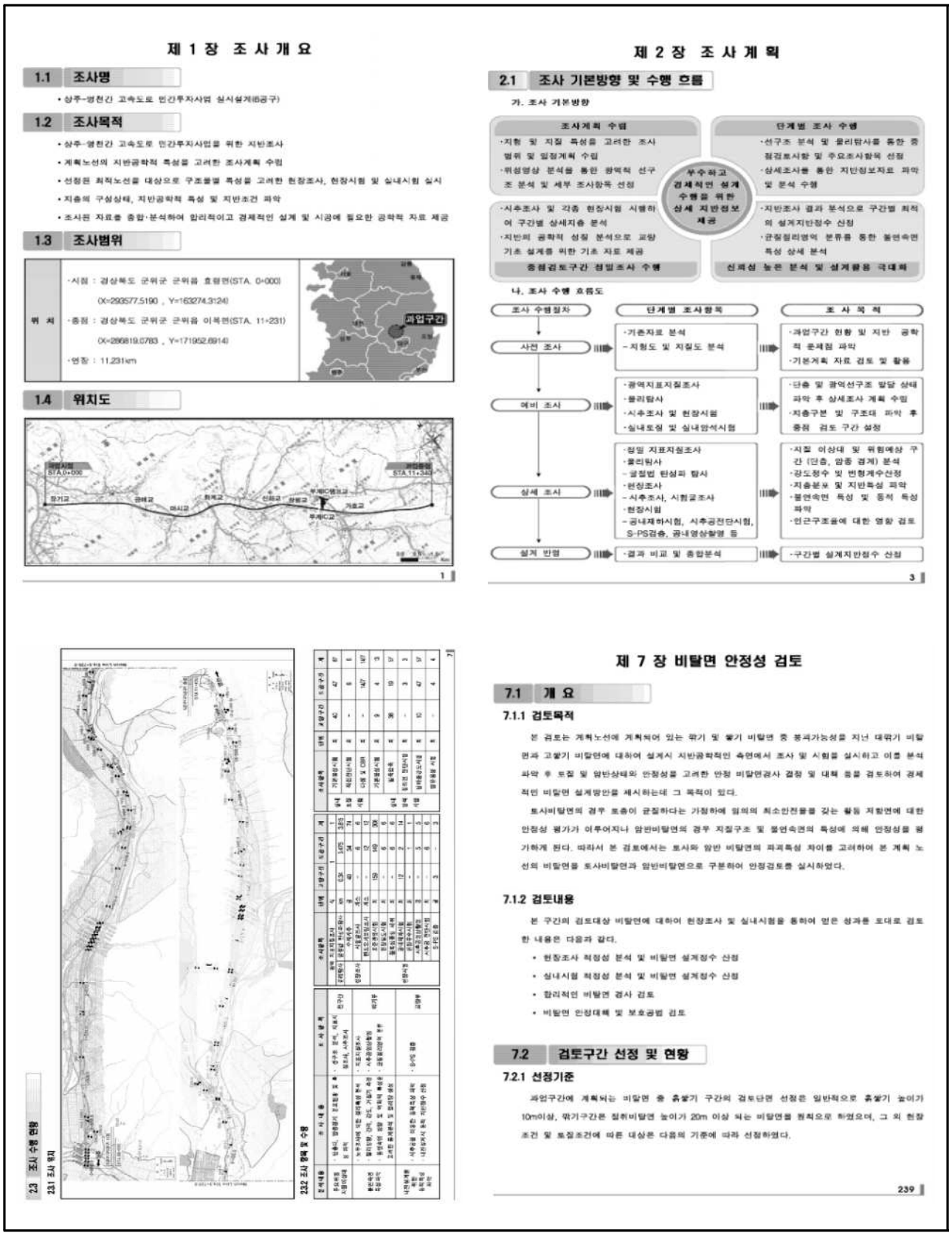
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

7.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 풍적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대 쌓기고	지층현황	조 사 내 용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
쌓기구간	쌓기1구간	0+340 ~2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	표토층 퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	CBB-1 참조	0+357 (우 24.0)	
	쌓기2구간	2+740 ~3+840	1,100	2+960(영천방향)	8.2m	퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	SBB-5	2+952 (우 2.0)	
	쌓기3구간	3+855 ~4+695	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	SBB-12	4+774 (우 14.0)	
	쌓기4구간	4+940 ~5+647	1,707	4+980(영천방향)	14.0m	퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	BBB-26	4+931 (좌 6.0)	
	쌓기5구간	6+663 ~7+257	594	7+240(상주방향)	10.7m	전단층 풍화암층 연암층	BBB-29	7+259	
	쌓기6구간	7+290 ~8+080	790	7+460(영천방향)	9.7m	퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	BBB-30	7+297	
	쌓기7구간	8+110 ~8+680	600	8+680(영천방향)	14.2m	퇴적층 풍화토층 풍화암층 연암층	BBB-35	8+713 (좌 7.0)	

7.6.3 암반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 깎기 경사 평가 및 검토를 암석별 깎기 적정경사 기준으로 실시하면 다음 표와 같다.

[암반 파쇄 상태에 따른 깎기비탈면 경사 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					적용사유
				암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 경사	RQD에 의한 경사	
깎기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 2구간	지방도919호선 0-040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 4구간	8+860 ~9+340	상주방향	CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
깎기 9구간	10+380 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 12구간	11+080 ~11+220	영천방향	CBB-17	사암 및 니질암	31~100	0~97	1:0.5	1:0.7	1:0.7

7.6 비탈면 안정해석 및 검토

7.6.1 개요

가. 깎기구간

본 지역에서의 깎기비탈면 안정해석은 깎기구간 중 깎기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 평사투영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 깎기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

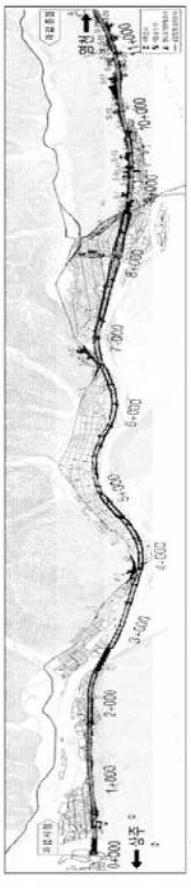
- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 건기시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 암반파쇄 상태에 의한 깎기 경사는 암석별 깎기 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사투영법으로 불연속면의 주향 및 경사방향을 구간별 투영으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. RQD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 풍화암과 같은 특성으로 고려될 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면을 따라 파괴하기 보다는 원호활동 파괴의 경향을 보이므로 풍화암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 쌓기구간

본 쌓기구간은 산지지형 말단부의 편측쌓기와 곡간형태의 충적층 지역에 대한 쌓기로서 전답토로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파악 및 연약지반 층현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으며, 감도정수는 쌓기지역의 지반강도정수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위기 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

■ 지반조사 위치도

1. 위치도

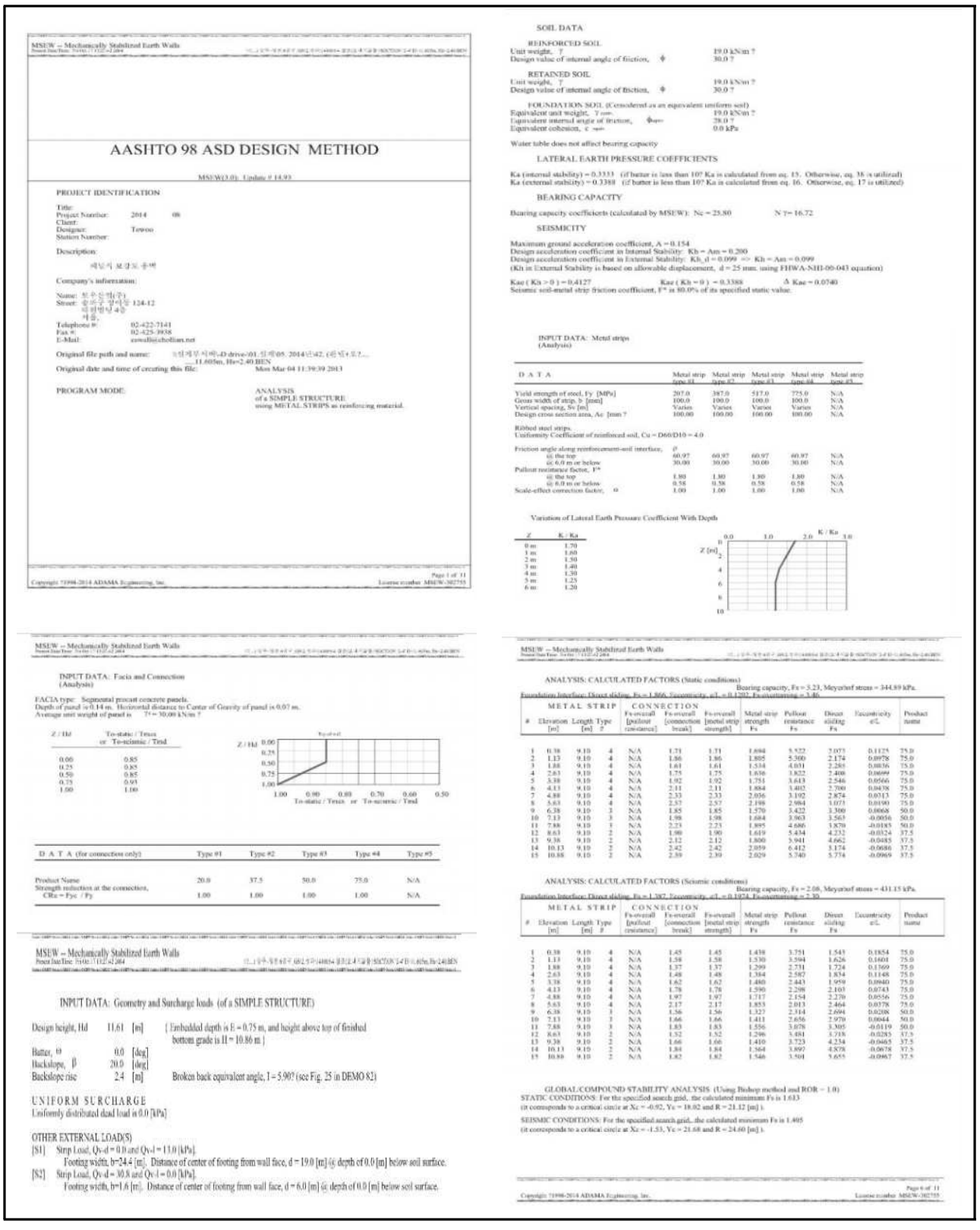


2. 수량

조사항목		단위	교량구간	토공구간	계	조사항목		단위	교량구간	토공구간	계
광역 지표지질조사		식	1		1	실내 토질 시험	기본물성시험	회	40	47	87
물리 탐사	굴절법 탄성파탐사	km	0.34	3.475	3.815		직접전단시험	회	-	6	6
현장 조사	수직사추	공	40	38	78		다짐 및 CBR	회	-	14/7	14/7
	시험굴조사	개소	-	6	6	실내 암석 시험	압축안축/분성	회	38/9	19/4	57/13
	핸드오거보링조사	개소	-	12	12		절리면 전단시험	회	-	3	3
현장 시험	표준관입시험	회	159	149	308		점하중강도시험	회	10	47	57
	현장밀도시험	회	-	6	6		압우용성 시험	회	-	4	4
	분묘굴착및 재취	회	-	6	6						
	투내계하시험	회	12	2	14						
	현장투수시험	회	-	1	1						
	시추공영상촬영	공	-	5	5						
	시추공 전단시험	회	-	6	6						
	S-파 검층	공	3	-	3						

7.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD

MSEW(3.0); Update # 14.93

PROJECT IDENTIFICATION

Title:
Project Number: 2014 08
Client:
Designer: Tewoo
Station Number:

Description:

Company's information:

Name:
Street: 124-12
Telephone #: 02-422-7141
Fax #: 02-425-3938
E-Mail: cswalls@chollian.net

Original file path and name: 11.605m, Hs=2.40.BEN
Original date and time of creating this file: Mon Mar 04 11:39:39 2013

PROGRAM MODE: ANALYSIS of a SIMPLE STRUCTURE using METAL STRIPS as reinforcing material.

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. Page 1 of 11 License number: MSEW-302755

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ 30.0°

RETAINED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ 30.0°

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γ 19.0 kN/m³
Equivalent internal angle of friction, φ 28.0°
Equivalent cohesion, c 0.0 kPa

Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

Ka (internal stability) = 0.3333 (if batter is less than 10° Ka is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized)
Ka (external stability) = 0.3388 (if batter is less than 10° Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nc = 25.80 N γ = 16.72

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Am = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.099 => Kh = Am = 0.099
(Kh in External Stability is based on allowable displacement, d = 25 mm, using FHWA-NHI-00-043 equation)

Kae (Ks > 0) = 0.4127 Kae (Ks = 0) = 0.3388 Δ Kae = 0.0740
Seismic soil-metal strip friction coefficient, F* is 80.0% of its specified static value.

INPUT DATA: Metal strips
(Analysis)

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	207.0	387.0	517.0	775.0	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	100.0	100.0	100.0	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	Varies	Varies	Varies	N/A
Design cross section area, Ac [mm²]	100.00	100.00	100.00	100.00	N/A
Ribbed steel strips.					
Uniformity Coefficient of reinforced soil, Cu = D60/D10 = 4.0					
Friction angle along reinforcement-soil interface, φ					
@ the top	60.97	60.97	60.97	60.97	N/A
@ 6.0 m or below	30.00	30.00	30.00	30.00	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	1.80	1.80	1.80	1.80	N/A
@ 6.0 m or below	0.58	0.58	0.58	0.58	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.50
3 m	1.40
4 m	1.30
5 m	1.25
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Facia and Connection
(Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel = 0.14 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
Average unit weight of panel is γ = 30.00 kN/m³

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	0.85
0.25	0.85
0.50	0.85
0.75	0.93
1.00	1.00

D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	20.0	37.5	50.0	75.0	N/A
Strength reduction at the connection, CRu = Fyc / Fy	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 11.61 [m] { Embedded depth is E = 0.75 m, and height above top of finished bottom grade is H = 10.86 m }
Batter, θ 0.0 [deg]
Backslope, β 20.0 [deg]
Backslope rise 2.4 [m] Broken back equivalent angle, I = 5.90° (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa]

OTHER EXTERNAL LOAD(S)
[S1] Strip Load, Qv-d = 0.0 and Qv-l = 13.0 [kPa].
Footing width, b=24.4 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 19.0 [m] @ depth of 0.0 [m] below soil surface.
[S2] Strip Load, Qv-d = 30.8 and Qv-l = 0.0 [kPa].
Footing width, b=1.6 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 6.0 [m] @ depth of 0.0 [m] below soil surface.

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)
Bearing capacity, Fs = 3.23, Meyerhof stress = 344.89 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.866, Eccentricity, e/L = 0.1202, Fs overturning = 3.46.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type β	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.71	1.71	1.694	5.522	7.073	0.1125	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.86	1.86	1.805	5.360	2.174	0.0978	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.61	1.61	1.534	4.031	2.285	0.0836	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.75	1.75	1.656	3.822	2.408	0.0699	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.92	1.92	1.751	3.613	2.546	0.0566	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	2.11	2.11	1.884	3.402	2.700	0.0438	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	2.33	2.33	2.036	3.192	2.874	0.0313	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.57	2.57	2.198	2.984	3.073	0.0190	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.85	1.85	1.570	3.422	3.300	0.0068	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.98	1.98	1.684	3.963	3.563	-0.0036	50.0
11	7.88	9.10	1	N/A	2.23	2.23	1.895	4.686	3.870	-0.0183	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.90	1.90	1.619	5.434	4.232	-0.0324	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	2.12	2.12	1.800	3.941	4.662	-0.0485	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	2.42	2.42	2.059	6.412	5.174	-0.0686	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	2.59	2.39	2.029	5.740	5.774	-0.0969	37.5

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)
Bearing capacity, Fs = 2.08, Meyerhof stress = 431.15 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.387, Eccentricity, e/L = 0.1074, Fs overturning = 2.39.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type β	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.45	1.45	1.438	3.751	1.545	0.1854	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.58	1.58	1.530	3.594	1.626	0.1601	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.37	1.37	1.299	2.731	1.724	0.1369	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.48	1.48	1.384	2.587	1.834	0.1148	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.62	1.62	1.480	2.443	1.959	0.0940	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	1.78	1.78	1.590	2.298	2.103	0.0743	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	1.97	1.97	1.717	2.154	2.270	0.0556	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.17	2.17	1.853	2.013	2.464	0.0378	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.56	1.56	1.327	2.314	2.694	0.0208	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.66	1.66	1.411	2.656	2.979	0.0044	50.0
11	7.88	9.10	3	N/A	1.83	1.83	1.556	3.078	3.305	-0.0119	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.52	1.52	1.296	3.481	3.718	-0.0285	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	1.66	1.66	1.410	3.723	4.234	-0.0465	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	1.84	1.84	1.564	3.892	4.878	-0.0678	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	1.82	1.82	1.546	3.501	5.655	-0.0967	37.5

GLOBAL/COMPOUND STABILITY ANALYSIS (Using Bishop method and ROR = 1.0)
STATIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.633
(it corresponds to a critical circle at Xc = -0.92, Yc = 18.02 and R = 21.12 [m]).

SEISMIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.405
(it corresponds to a critical circle at Xc = -1.53, Yc = 21.68 and R = 24.60 [m]).

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. Page 6 of 11 License number: MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for METAL STRIPS reinforcements)

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.866 and Fs-seismic = 1.387

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	2.073	1.543	4	75.0
2	1.13	9.10	2.174	1.626	4	75.0
3	1.88	9.10	2.285	1.724	4	75.0
4	2.63	9.10	2.408	1.834	4	75.0
5	3.38	9.10	2.546	1.959	4	75.0
6	4.13	9.10	2.700	2.103	4	75.0
7	4.88	9.10	2.874	2.270	4	75.0
8	5.63	9.10	3.073	2.464	4	75.0
9	6.38	9.10	3.300	2.694	3	50.0
10	7.13	9.10	3.563	2.970	3	50.0
11	7.88	9.10	3.870	3.305	3	50.0
12	8.63	9.10	4.232	3.718	2	37.5
13	9.38	9.10	4.662	4.234	2	37.5
14	10.13	9.10	5.174	4.878	2	37.5
15	10.88	9.10	5.774	5.655	2	37.5

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT (for Simplified Method)

At interface with foundation: e/L static = 0.1202, e/L seismic = 0.1974; Overturning: Fs-static = 3.46, Fs-seismic = 2.30

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	0.1125	0.1854	4	75.0
2	1.13	9.10	0.0978	0.1601	4	75.0
3	1.88	9.10	0.0836	0.1369	4	75.0
4	2.63	9.10	0.0699	0.1148	4	75.0
5	3.38	9.10	0.0566	0.0940	4	75.0
6	4.13	9.10	0.0438	0.0743	4	75.0
7	4.88	9.10	0.0313	0.0556	4	75.0
8	5.63	9.10	0.0190	0.0378	4	75.0
9	6.38	9.10	0.0068	0.0208	3	50.0
10	7.13	9.10	-0.0056	0.0044	3	50.0
11	7.88	9.10	-0.0185	-0.0119	3	50.0
12	8.63	9.10	-0.0324	-0.0285	2	37.5
13	9.38	9.10	-0.0485	-0.0465	2	37.5
14	10.13	9.10	-0.0686	-0.0678	2	37.5
15	10.88	9.10	-0.0969	-0.0967	2	37.5

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Note: Actual Fs-overall = (Yield stress) / (Actual stress)] For Simplified Method
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength FyEc/Rc/b [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.167	0.600	129.2	76.27	13.55	N/A	1.694	N/A	1.438
2	1.13	0.167	0.600	129.2	71.55	12.66	N/A	1.805	N/A	1.530
3	1.88	0.133	0.750	103.3	67.36	12.18	N/A	1.534	N/A	1.299
4	2.63	0.133	0.750	103.3	63.18	11.49	N/A	1.636	N/A	1.384
5	3.38	0.133	0.750	103.3	59.00	10.80	N/A	1.751	N/A	1.480
6	4.13	0.133	0.750	103.3	54.86	10.12	N/A	1.884	N/A	1.590
7	4.88	0.133	0.750	103.3	50.74	9.43	N/A	2.036	N/A	1.717
8	5.63	0.133	0.750	103.3	47.02	8.74	N/A	2.198	N/A	1.853
9	6.38	0.133	0.750	68.9	43.91	8.05	N/A	1.570	N/A	1.327
10	7.13	0.133	0.750	68.9	40.93	7.93	N/A	1.684	N/A	1.411
11	7.88	0.133	0.750	68.9	36.38	7.93	N/A	1.895	N/A	1.556
12	8.63	0.133	0.750	51.6	31.88	7.93	N/A	1.619	N/A	1.296
13	9.38	0.133	0.750	51.6	28.67	7.93	N/A	1.800	N/A	1.410
14	10.13	0.133	0.750	51.6	25.07	7.93	N/A	2.059	N/A	1.564
15	10.88	0.133	0.750	51.6	25.44	7.93	N/A	2.029	N/A	1.546

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Rc=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.167	76.27	13.55	8.87	0.23	421.1	N/A	5.522	336.9	N/A	3.751
2	1.13	0.167	71.55	12.66	8.42	0.68	379.2	N/A	5.300	303.3	N/A	3.594
3	1.88	0.133	67.36	12.18	7.97	1.13	271.5	N/A	4.031	217.2	N/A	2.731
4	2.63	0.133	63.18	11.49	7.52	1.58	241.5	N/A	3.822	193.2	N/A	2.587
5	3.38	0.133	59.00	10.80	7.07	2.03	213.2	N/A	3.613	170.5	N/A	2.443
6	4.13	0.133	54.86	10.12	6.62	2.48	186.6	N/A	3.402	149.3	N/A	2.298
7	4.88	0.133	50.74	9.43	6.17	2.93	162.0	N/A	3.192	129.6	N/A	2.154
8	5.63	0.133	47.02	8.74	5.72	3.38	140.3	N/A	2.984	112.3	N/A	2.013
9	6.38	0.133	43.91	8.05	5.27	3.83	150.3	N/A	3.422	120.2	N/A	2.314
10	7.13	0.133	40.93	7.93	5.19	3.91	162.2	N/A	3.963	129.8	N/A	2.656
11	7.88	0.133	36.38	7.93	5.19	3.91	170.5	N/A	4.086	136.4	N/A	3.078
12	8.63	0.133	31.88	7.93	5.19	3.91	173.2	N/A	5.434	138.6	N/A	3.491
13	9.38	0.133	28.67	7.93	5.19	3.91	170.3	N/A	5.941	136.3	N/A	3.723
14	10.13	0.133	25.07	7.93	5.19	3.91	160.7	N/A	6.412	128.6	N/A	3.897
15	10.88	0.133	25.44	7.93	5.19	3.91	146.0	N/A	5.740	116.8	N/A	3.501

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

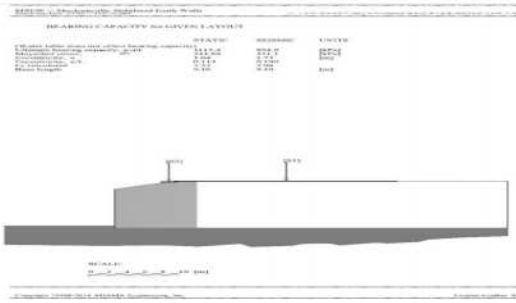
RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Ofb	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip Long-term strength [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	75.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.71	N/A	1.71	75.0
2	1.13	0.167	0.600	69.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.86	N/A	1.86	75.0
3	1.88	0.133	0.750	64.1	1.00	103.3	103.3	N/A	1.61	N/A	1.61	75.0
4	2.63	0.133	0.750	58.9	1.00	103.3	103.3	N/A	1.75	N/A	1.75	75.0
5	3.38	0.133	0.750	53.8	1.00	103.3	103.3	N/A	1.92	N/A	1.92	75.0
6	4.13	0.133	0.750	49.0	1.00	103.3	103.3	N/A	2.11	N/A	2.11	75.0
7	4.88	0.133	0.750	44.3	1.00	103.3	103.3	N/A	2.33	N/A	2.33	75.0
8	5.63	0.133	0.750	40.2	1.00	103.3	103.3	N/A	2.57	N/A	2.57	75.0
9	6.38	0.133	0.750	37.3	1.00	68.9	68.9	N/A	1.85	N/A	1.85	50.0
10	7.13	0.133	0.750	34.8	1.00	68.9	68.9	N/A	1.98	N/A	1.98	50.0
11	7.88	0.133	0.750	30.9	1.00	68.9	68.9	N/A	2.23	N/A	2.23	50.0
12	8.63	0.133	0.750	27.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.90	N/A	1.90	37.5
13	9.38	0.133	0.750	24.4	1.00	51.6	51.6	N/A	2.12	N/A	2.12	37.5
14	10.13	0.133	0.750	21.3	1.00	51.6	51.6	N/A	2.42	N/A	2.42	37.5
15	10.88	0.133	0.750	21.6	1.00	51.6	51.6	N/A	2.39	N/A	2.39	37.5

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Ofb	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip Long-term strength [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	88.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.45	N/A	1.45	75.0
2	1.13	0.167	0.600	81.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.58	N/A	1.58	75.0
3	1.88	0.133	0.750	75.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.37	N/A	1.37	75.0
4	2.63	0.133	0.750	69.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.48	N/A	1.48	75.0
5	3.38	0.133	0.750	63.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.62	N/A	1.62	75.0
6	4.13	0.133	0.750	58.0	1.00	103.3	103.3	N/A	1.78	N/A	1.78	75.0
7	4.88	0.133	0.750	52.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.97	N/A	1.97	75.0
8	5.63	0.133	0.750	47.6	1.00	103.3	103.3	N/A	2.17	N/A	2.17	75.0
9	6.38	0.133	0.750	44.2	1.00	68.9	68.9	N/A	1.56	N/A	1.56	50.0
10	7.13	0.133	0.750	41.5	1.00	68.9	68.9	N/A	1.66	N/A	1.66	50.0
11	7.88	0.133	0.750	37.7	1.00	68.9	68.9	N/A	1.83	N/A	1.83	50.0
12	8.63	0.133	0.750	33.8	1.00	51.6	51.6	N/A	1.52	N/A	1.52	37.5
13	9.38	0.133	0.750	31.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.66	N/A	1.66	37.5
14	10.13	0.133	0.750	28.0	1.00	51.6	51.6	N/A	1.84	N/A	1.84	37.5
15	10.88	0.133	0.750	28.4	1.00	51.6	51.6	N/A	1.82	N/A	1.82	37.5

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755



7.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 7-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽7에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수, 재설치 등의 조치가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽7에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수조치가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽7에 대한 점검결과, 기 손상인 패널 전면부 파손의 경우 보수를 실시하였으며, 현재 보수상태는 양호한 것으로 확인되었다. 그 외 추가 발생된 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 전반적으로 양호한 상태이다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽7에 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.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽7의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽7에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	양호

7.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 7-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
-	-	-	-	-

7.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 7-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

7.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 7-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

7.3 현장조사 및 시험

7.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽07은 군위군 효령면 화계리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 173.0m, 지면노출 높이 12.0m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 7-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000074		**관리번호**	SY RW7
시설물명	패널식옹벽07		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 군위군 효령면 화계리		
	위치좌표	시점 : 36° 11′55.7″ 128° 63′42.9″		
		종점 : 36° 11′50.0″ 128° 63′59.4″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 49.152~49.320km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	173.0m	**지면노출 높 이**	12.0m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	㈜대림산업
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 9개구간(S1~S9)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 7-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	6.0	6	100.0~120.0m	120.0	12.0
2	20.0~40.0m	40.0	9.5	7	120.0~140.0m	140.0	12.0
3	40.0~60.0m	60.0	10.8	8	140.0~160.0m	160.0	11.9
4	60.0~80.0m	80.0	11.2	9	160.0~173.0m	173.0	4.0
5	80.0~100.0m	100.0	11.7				

<표 7-9> 보강토 옹벽의 조사항목

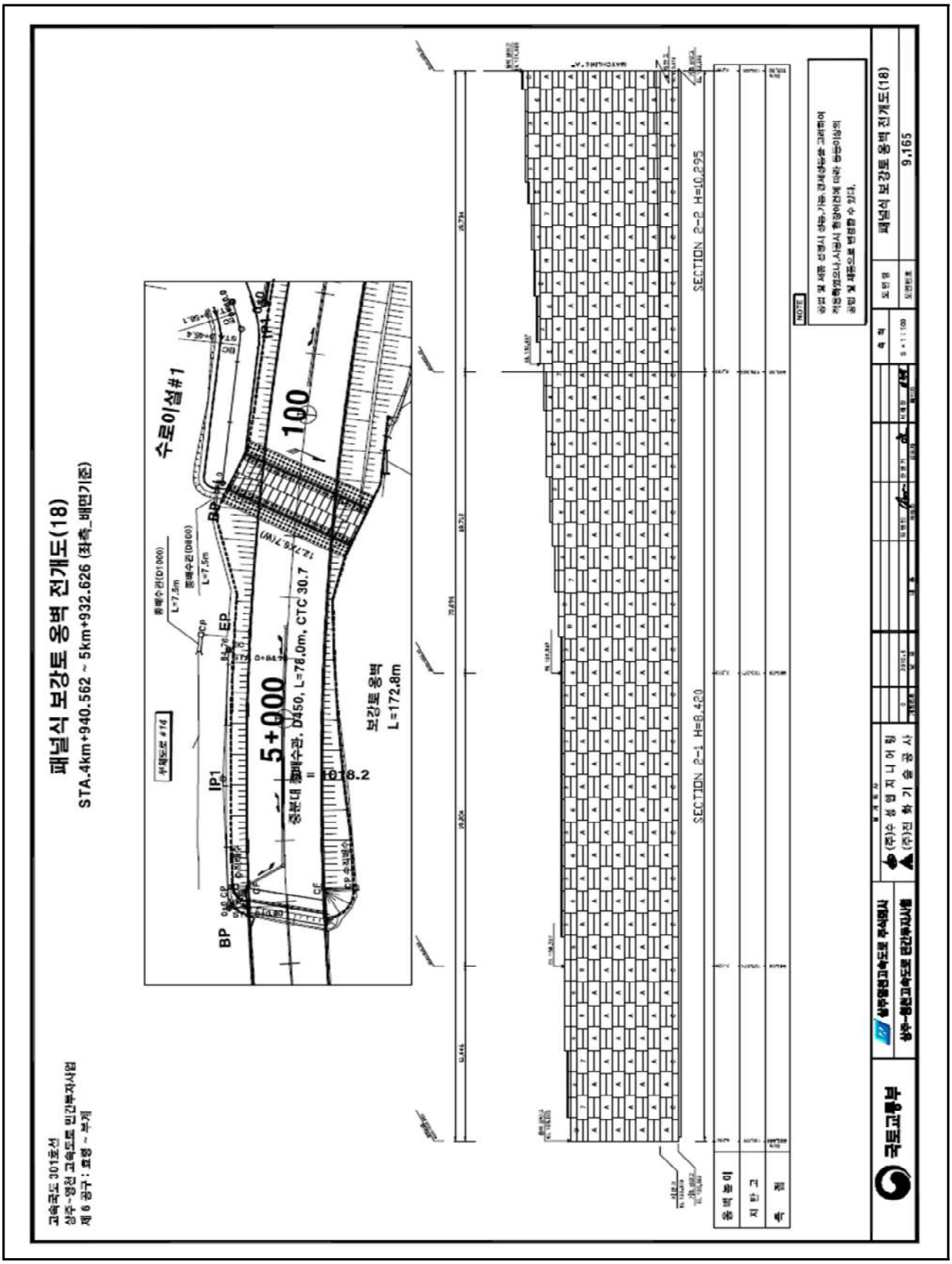
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

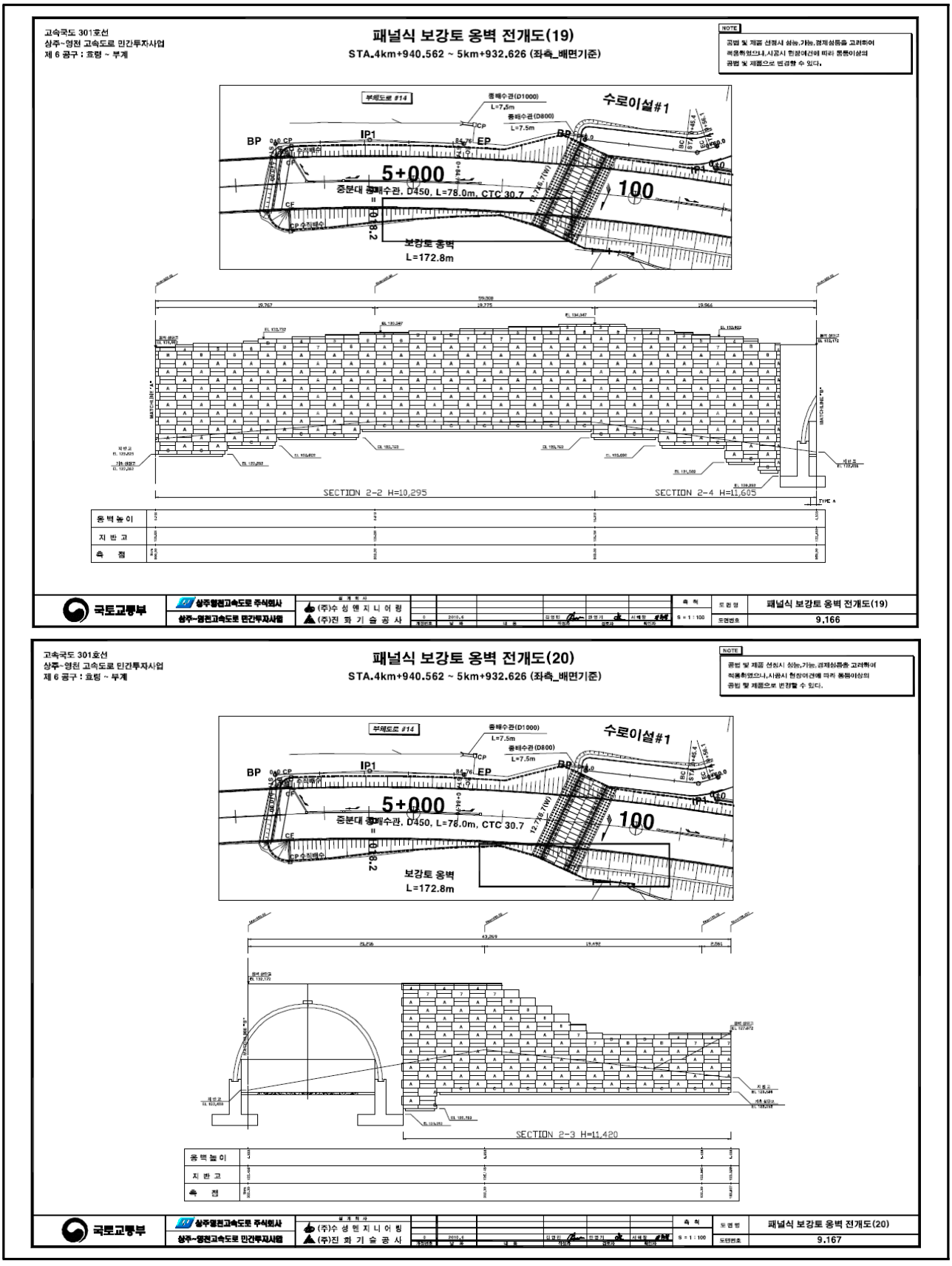
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림7-2>전개도


고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
패널식 보강토 옹벽 전개도(19)
STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)
NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,가능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.
부체도로 #14
종배수관(D1000) L=7.5m
종배수관(D800) L=7.5m
수로이설#1
BP
IP1
EP
5+000
중분대 종배수관, D450, L=78.0m, CTC 30.7
100
보강토 옹벽 L=172.8m
SECTION 2-2 H=10,295
SECTION 2-4 H=11,605
옹벽높이
지반고
측점
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주)수성엔지니어링
(주)진화기술공사
축척 S=1:100
패널식 보강토 옹벽 전개도(19)
9.166

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
패널식 보강토 옹벽 전개도(20)
STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)
NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,가능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.
부체도로 #14
종배수관(D1000) L=7.5m
종배수관(D800) L=7.5m
수로이설#1
BP
IP1
EP
5+000
중분대 종배수관, D450, L=78.0m, CTC 30.7
100
보강토 옹벽 L=172.8m
SECTION 2-3 H=11,420
옹벽높이
지반고
측점
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주)수성엔지니어링
(주)진화기술공사
축척 S=1:100
패널식 보강토 옹벽 전개도(20)
9.167

<그림7-2>전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

7.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

	
전면부 상태양호	전면부 상태양호

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 7-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 7-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 7-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 전면부에는 배수관가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.




배수시설 시공상태

<표 7-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 보강토 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.

	
사면부 식생 상태 현황	1단 상부 현황

<표 7-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

7.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 7-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

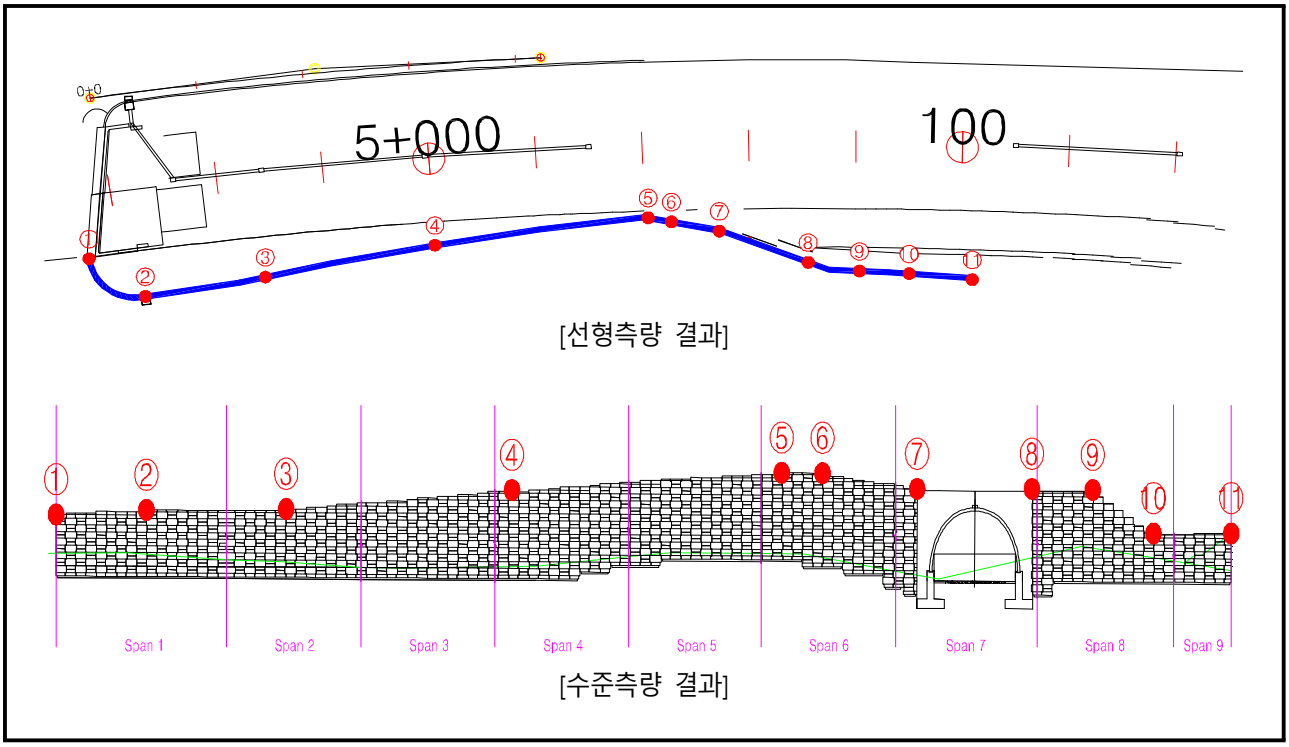
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 7-16> 기울기 측정결과

구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	0m	89.0°	89.1°	비진행성, 2%미만
2	20m	88.0°	88.0°	비진행성, 2%미만
3	60m	88.0°	88.9°	비진행성, 2%미만
4	100m	86.0°	88.7°	비진행성, 2%미만

<표 7-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	390902.8	167093.8	130.882	⑦	390859.1	167201.2	132.534
②	390891.9	167099.4	130.823	⑧	390847.3	167213.5	132.517
③	390885.9	167121.2	130.199	⑨	390840.6	167223.0	132.581
④	390877.4	167155.0	132.532	⑩	390835.8	167230.9	127.960
⑤	390866.2	167191.5	133.679	⑪	390830.1	167241.2	127.933
⑥	390863.5	167195.1	133.698	-	-	-	-



[선형측량 결과]

[수준측량 결과]

<그림 7-3> 선형 및 수준측량 결과



경사계를 이용한 경사각 조사



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

7.4 안전성능 평가

7.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 7-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 7-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 7-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	a
									상태평가 결과					A	

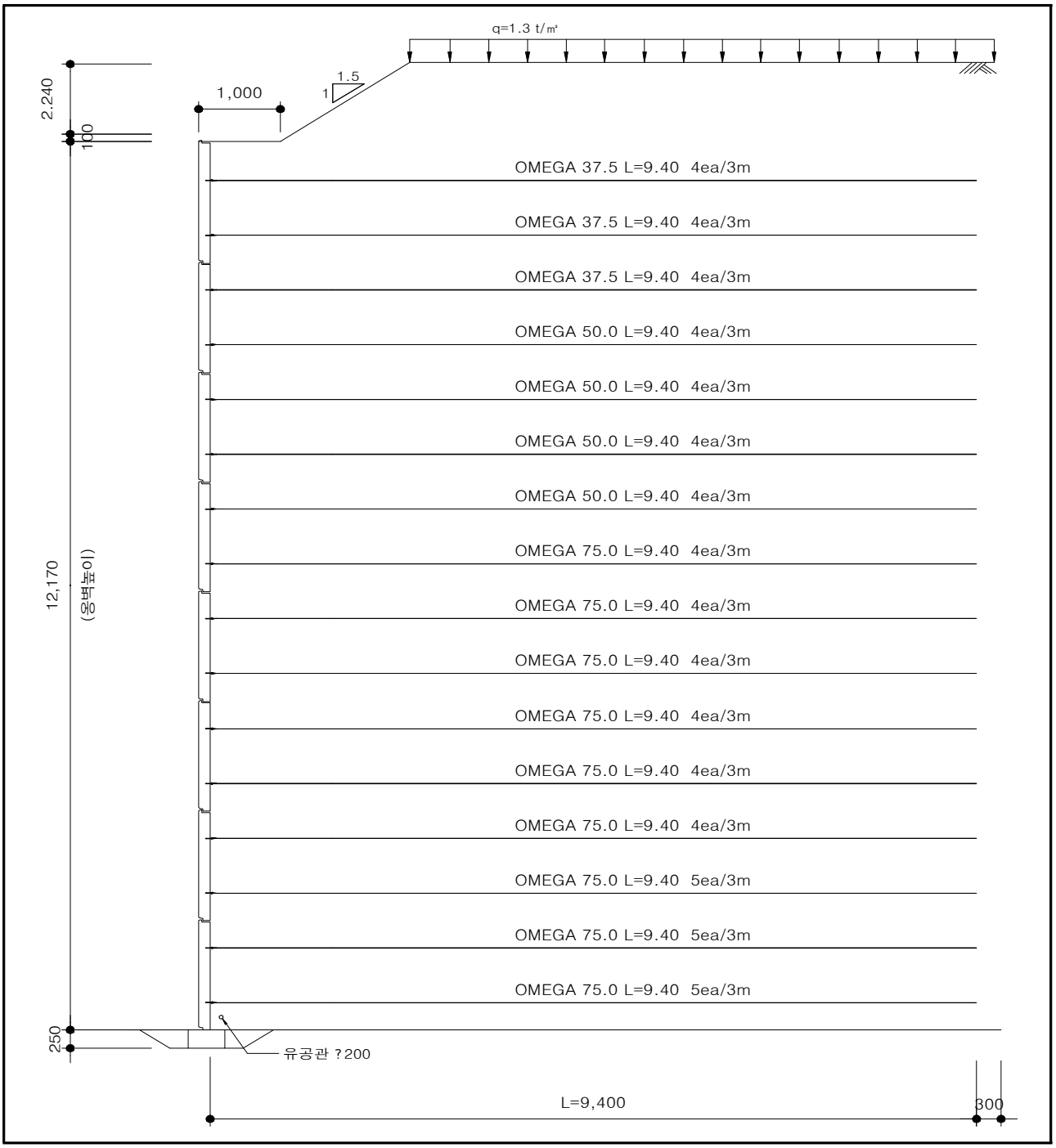
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

7.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 7-4> 검토단면도

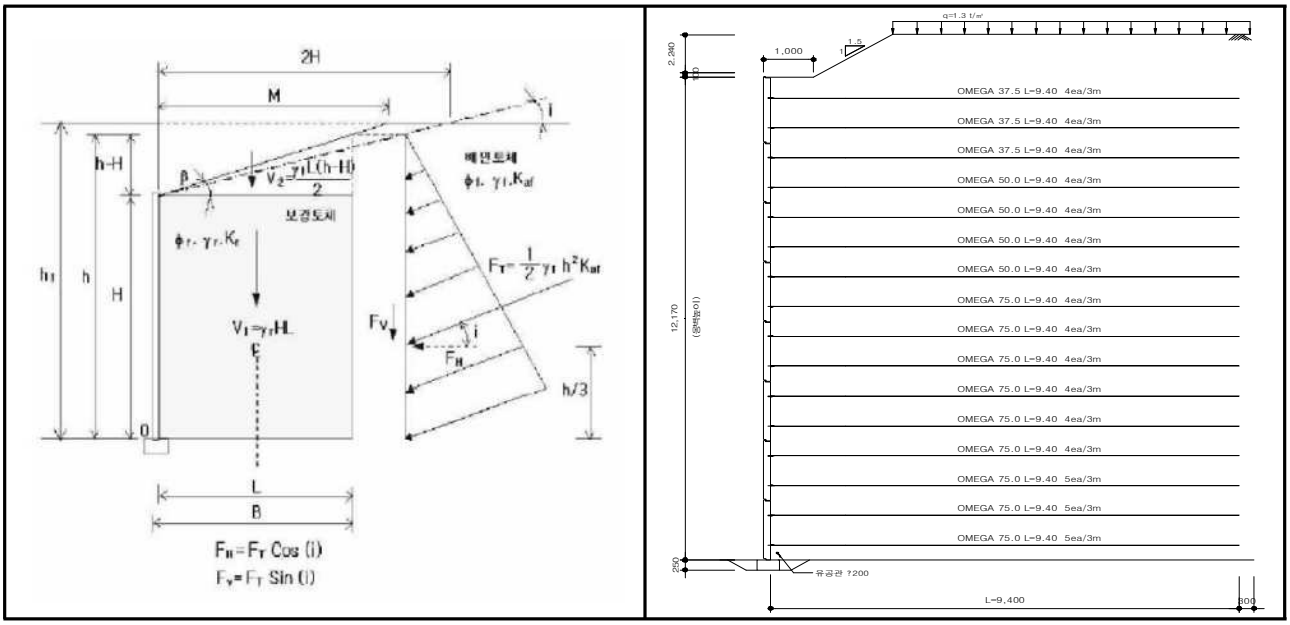
다. 지반정수

<표 7-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎥)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	19	0	30	
성토층	19	0	30	
기초	19	0	28	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



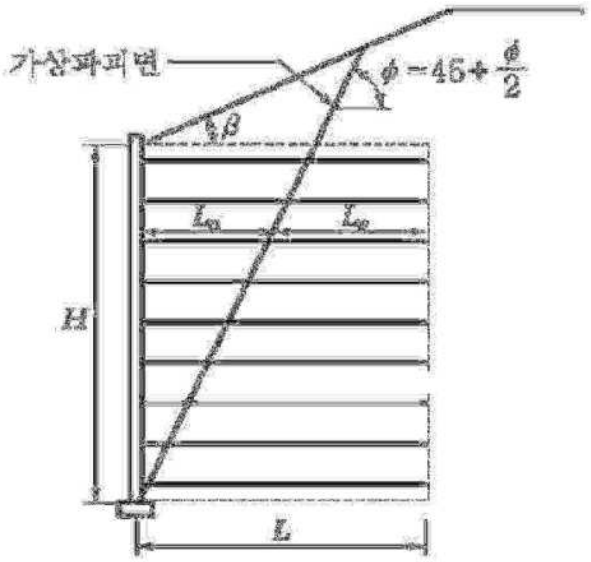
<그림 7-5> 검토단면도

2) 검토조건

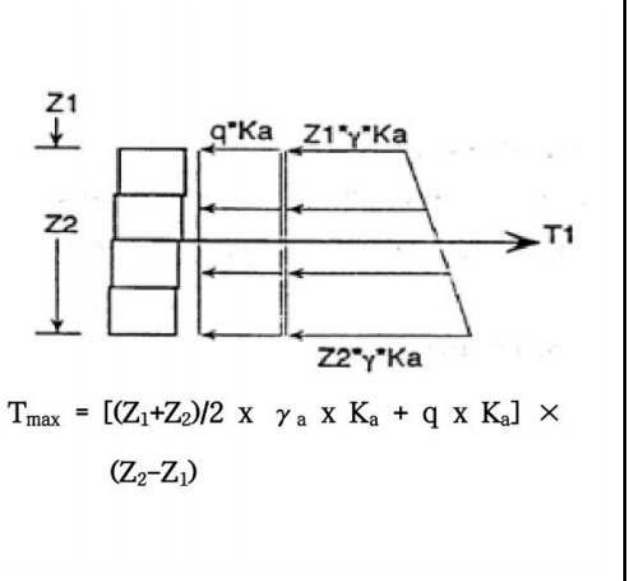
- 벽체높이 H(m) = 12.17m h1(m) = 14.51 2h(m) = 29.02
- 보강재의 길이 Lbot(m) = 9.40 , Lup(M) = 9.40
- 상부사면의 경사 β(°) = 22, h-H=2.34
- 상재하중 q(kN/㎡) = 13.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.337$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 7-6> 토압작용 모식도

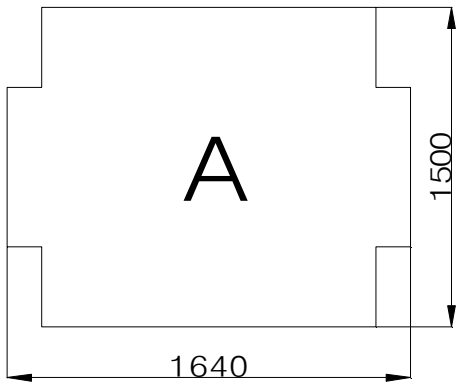
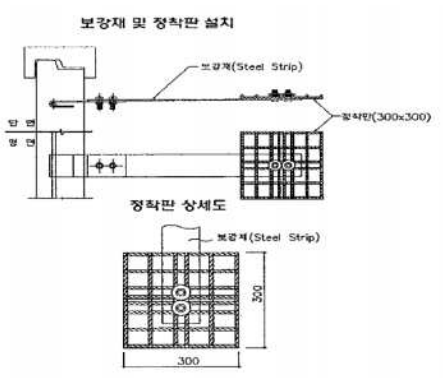
2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2)$ = 0.333

3) 전면판 및 보강재

- 폭(B) = 1,640㎜ - 높이(H) = 1500㎜

<표 7-22> 전면판 및 보강재

구 분	P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

바. 검토결과

<표 7-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분			검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
			상시	상시	
외적 안정	활 동	평상시	1.92	1.5	O.K
		지진시	1.42	1.1	O.K
	전 도	평상시	3.52	1.5	O.K
		지진시	2.32	1.1	O.K
	지지력	평상시	3.14	2.5	O.K
		지진시	2.02	2.0	O.K
내적 안정	파 단	평상시	1.54	1.5	O.K
		지진시	1.30	1.0	O.K
	인 발	평상시	3.02	1.5	O.K
		지진시	2.03	1.0	O.K

사. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 7-24> 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	평상시	1.92	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.42	a	
	전 도	평상시	3.52	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.32	a	
	지지력	평상시	3.14	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.02	a	
내적 안정	파 단	평상시	1.54	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.30	a	
	인 발	평상시	3.02	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.03	a	
구조안전성능 평가 결과			· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

7.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 7-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽07		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : **A등급**		

<표 7-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

7.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

7.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 7-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 7-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S3	38.4	36.4	32.2	0.65	121.3	107.3	30.0
	S4	37.1	35.2	30.3	0.65	117.3	101.0	
	S5	36.9	35.0	30.0	0.65	116.7	100.0	
	S5	36.9	35.0	30.0	0.65	116.7	100.0	

<표 7-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S3 건전부	121.3	107.3	-	a	-	30.0
S4 건전부	117.3	101.0	-	a	-	
S5 건전부	116.7	100.0	-	a	-	
S5 건전부	116.7	100.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 7-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 효령면 화계리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※인접 도시인 구미시의 기상자료를 활용하여 평가

7.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 7-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

7.6 종합평가

7.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 7-7> 종합평가 흐름도

7.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 7-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 7-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽07			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 7-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

7.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

7.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 7-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

7.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 7-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

7.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 7-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
			상태양호	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 7-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	-	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						-
재 경 비(천원)						-
총 공사비(천원)						-

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 7-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

7.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 효령면 화계리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 12.0m를 보이며, 총 연장은 L=173.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았으며, 옹벽의 외관도 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제8장 패널식옹벽08

8.1 대상 시설물 현황

8.2 관련 자료의 분석

8.3 현장조사 및 시험

8.4 안전성능 평가

8.5 내구성능 평가

8.6 종합평가

8.7 유지관리 전략 제안

8.8 종합결론

제8장 패널식옹벽08

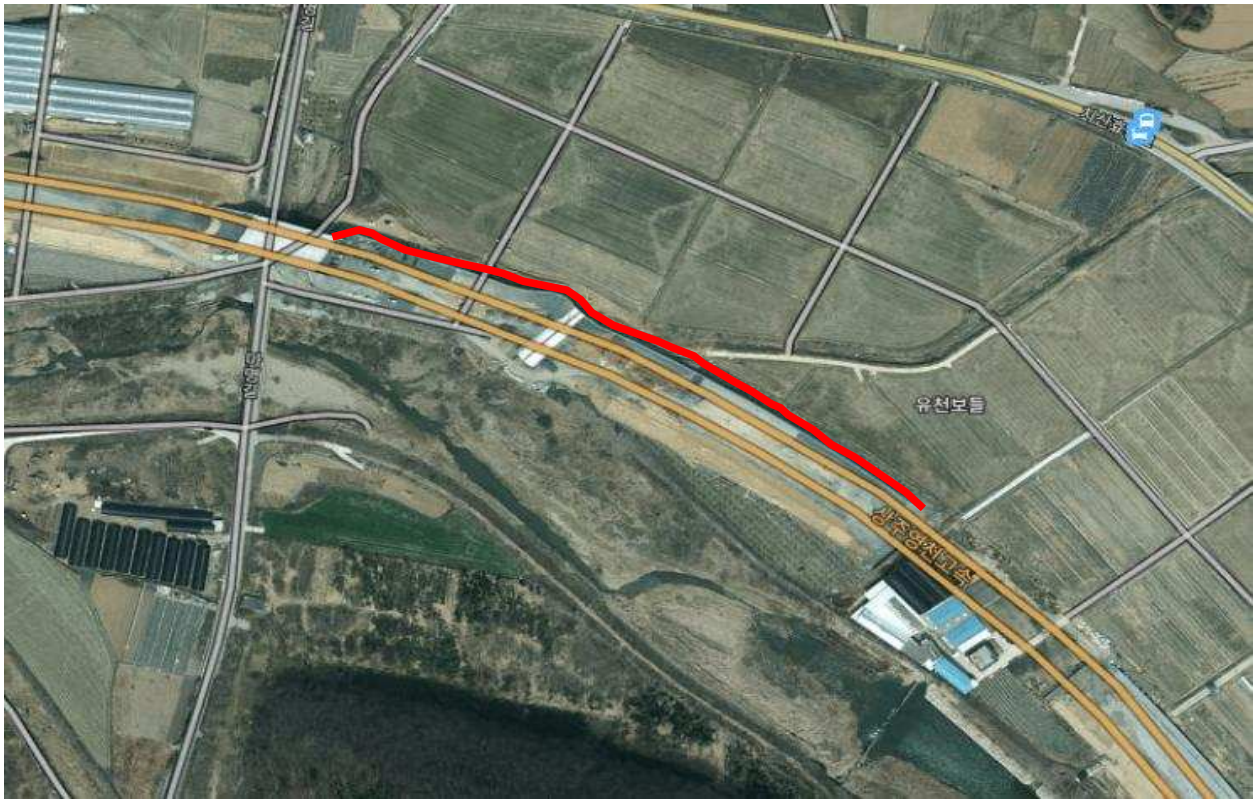
8.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 화계리(상주영천고속도로 49.160~50.151km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 977.0m, 지면노출높이 9.1m의 패널식 보강토옹벽이다.

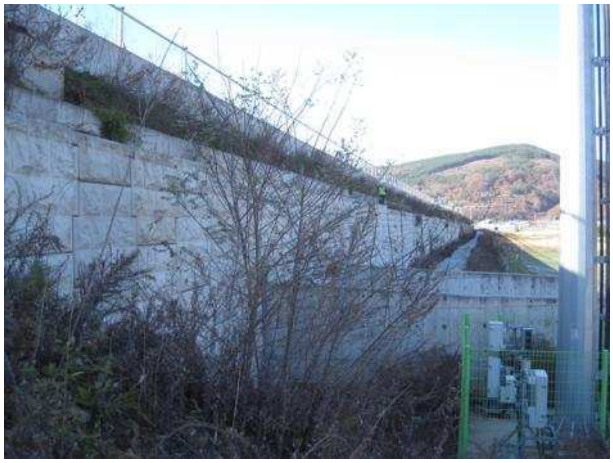
<표 8-1> 시설물 현황(패널식옹벽08)

시설물 번호	RW2017-0000075		**관리번호**	SY RW8
시설물명	패널식옹벽08		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 효령면 화계리		
	위치좌표	시점 : 36° 11′05.8″ 128° 64′15.0″		
		종점 : 36° 11′55.7″ 128° 63′42.9″		
	관리이정	고속국도 301호선 49.160~50.151km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	977.0m	지면 노출높이(m)	9.1m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	지에스건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 8-1> 대상 시설물 현황도

8.2 관련 자료의 분석

8.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 8-2> 유지관리 관련자료 현황

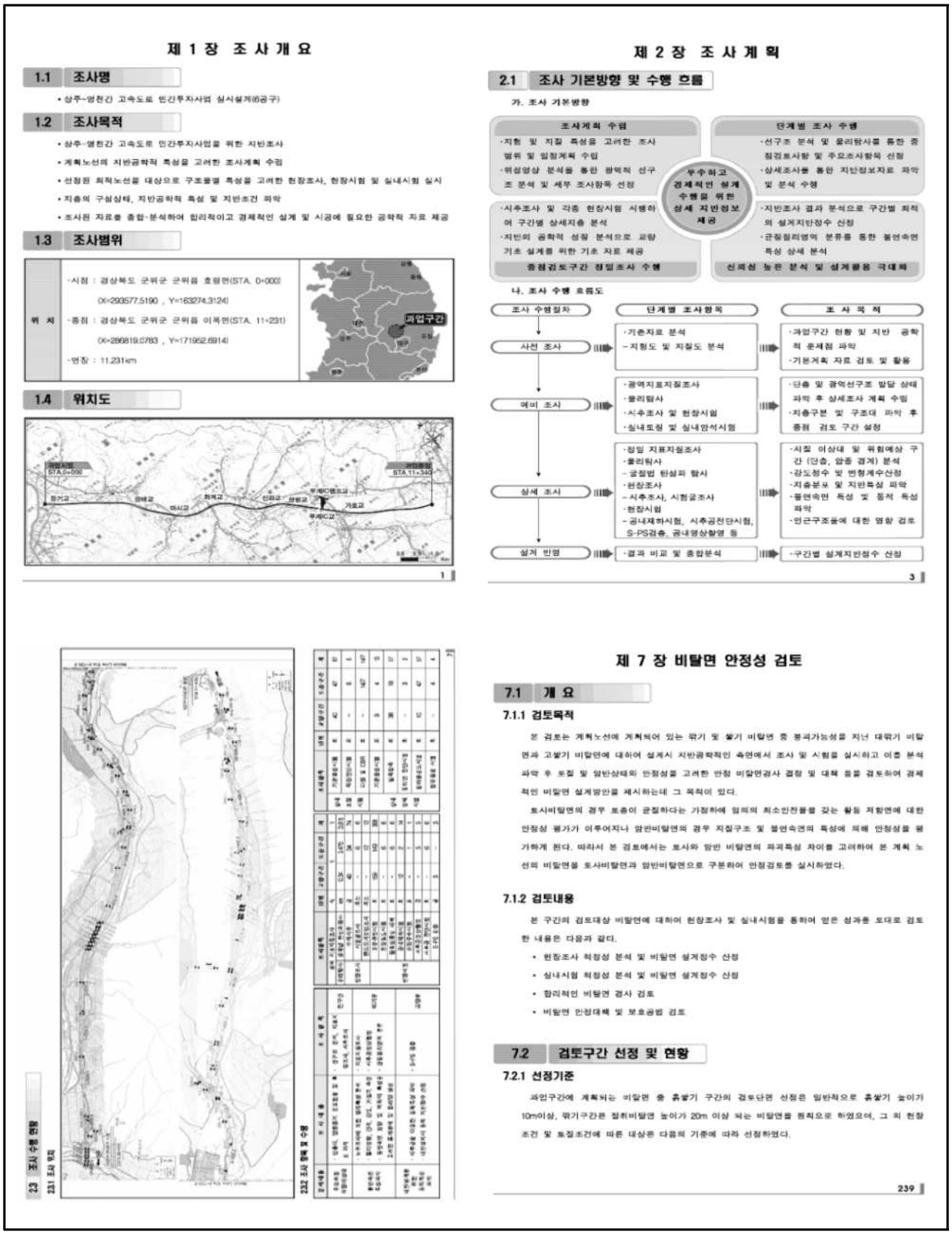
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

8.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명
• 상주-영천간 고속도로 민간투자사업 실시설계(6공구)

1.2 조사목적
• 상주-영천간 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위
위 치
·시점 : 경상북도 군위군 군위읍 효령면(STA. 0+000)
(X=293577.5190 , Y=163274.3124)
·종점 : 경상북도 군위군 군위읍 이북면(STA. 11+231)
(X=296819.0783 , Y=171952.6914)
·연장 : 11.231km
과업구간

1.4 위치도
시점(부계) STA.0+000
종점(부계) STA.11+340
부계IC램프교
부계IC교
기요교

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행 흐름

가. 조사 기본방향

조사계획 수립
·지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립
·위성영상 분석을 통한 광역적 선구조 분석 및 세부 조사항목 선정

단계별 조사 수행
·선구조 분석 및 문리탐사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
·상세조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

·시추조사 및 각종 현장시험 시행하여 구간별 상세지층 분석
·지반의 공학적 성질 분석으로 교량 기초 설계를 위한 기초 자료 제공
중점검토구간 정밀조사 수행

·지반조사 결과 분석으로 구간별 최적의 설계지반정수 산정
·굴절파리영역 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석
신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	·기존자료 분석 - 지형도 및 지질도 분석	·과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 ·기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	·광역지표지질조사 ·물리탐사 ·시추조사 및 현장시험 ·실내토질 및 실내암석시험	·단층 및 광역선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 ·지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	·정밀 지표지질조사 ·물리탐사 - 굴절법 탄성파 탐사 ·현장조사 - 시추조사, 시험굴조사 ·현장시험 - 공내재하시험, 시추공전단시험, S-PS검층, 공내영상촬영 등	·시점 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 ·강도정수 및 변형계수산정 ·지층분포 및 지반특성 파악 ·불연속면 특성 및 동적 특성 파악 ·인근구조물에 대한 영향 검토
설계 반영	·결과 비교 및 종합분석	·구간별 설계지반정수 산정

3

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태의 안정성을 고려한 안정 비탈면경사 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 일의의 최소안전율을 갖는 활동 지활면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 경사 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

239

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 풍적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형 · 지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대 쌓기고	지층현황	조사내용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
쌓기구간	쌓기1구간	0+340 ~2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	풍화토층 풍화암층 연암층	CBB-1 참조	0+357 (우 24.0)	
	쌓기2구간	2+740 ~3+840	1,100	2+960(영천방향)	8.2m	매립토층 풍화토층 풍화암층	SBB-5	2+952 (우 2.0)	
	쌓기3구간	3+855 ~4+895	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	매립토층 풍화토층 풍화암층	SBB-12	4+774 (우 14.0)	
	쌓기4구간	4+940 ~5+647	1,707	4+960(영천방향)	14.0m	매립토층 풍화토층 풍화암층	BBB-26	4+931 (좌 6.0)	
	쌓기5구간	5+663 ~7+257	594	7+240(상주방향)	10.7m	전단층 풍화토층 풍화암층	BBB-29	7+259	
	쌓기6구간	7+290 ~8+080	790	7+460(영천방향)	9.7m	매립층 풍화토층 풍화암층	BBB-30	7+297	
	쌓기7구간	8+110 ~8+680	600	8+660(영천방향)	14.2m	매립층 풍화토층 풍화암층	BBB-35	8+713 (좌 7.0)	

7.6.3 암반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 쿼기 경사 평가 및 검토를 암석별 쿼기 적정경사 기준으로 실시하면 다음 표와 같다.

[암반 파쇄 상태에 따른 쿼기비탈면 경사 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					최종 검토
				암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 경사	RQD에 의한 경사	
쿼기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 2구간	지방도919호선 0+040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 4구간	8+860 ~9+340	상주방향	CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
쿼기 9구간	10+380 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 12구간	11+080 ~11+220	영천방향	CBB-17	사암 및 니질암	31~100	0~97	1:0.5	1:0.7	1:0.7

7.6 비탈면 안정해석 및 검토

7.6.1 개요

가. 쿼기구간

본 지역에서의 쿼기비탈면 안정해석은 쿼기구간 중 쿼기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 몬사루영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 쿼기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 건기시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 암반파쇄 상태에 의한 쿼기 경사는 암석별 쿼기 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사투영법으로 불연속면의 주향 및 경사방향을 구간별 투영으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. RQD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 풍화암과 같은 특성으로 고려될 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면을 따라 파괴하기 보다는 원호활동 파괴의 경향을 보이므로 풍화암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 쌓기구간

본 쌓기구간은 산지지형 말단부의 편측쌓기와 곡간형태의 충적층 지역에 대한 쌓기로서 전답도로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파악 및 연약지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으며, 강도정수는 쌓기지역의 지반강도정수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위기 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

■ 지반조사 위치도

1. 위치도

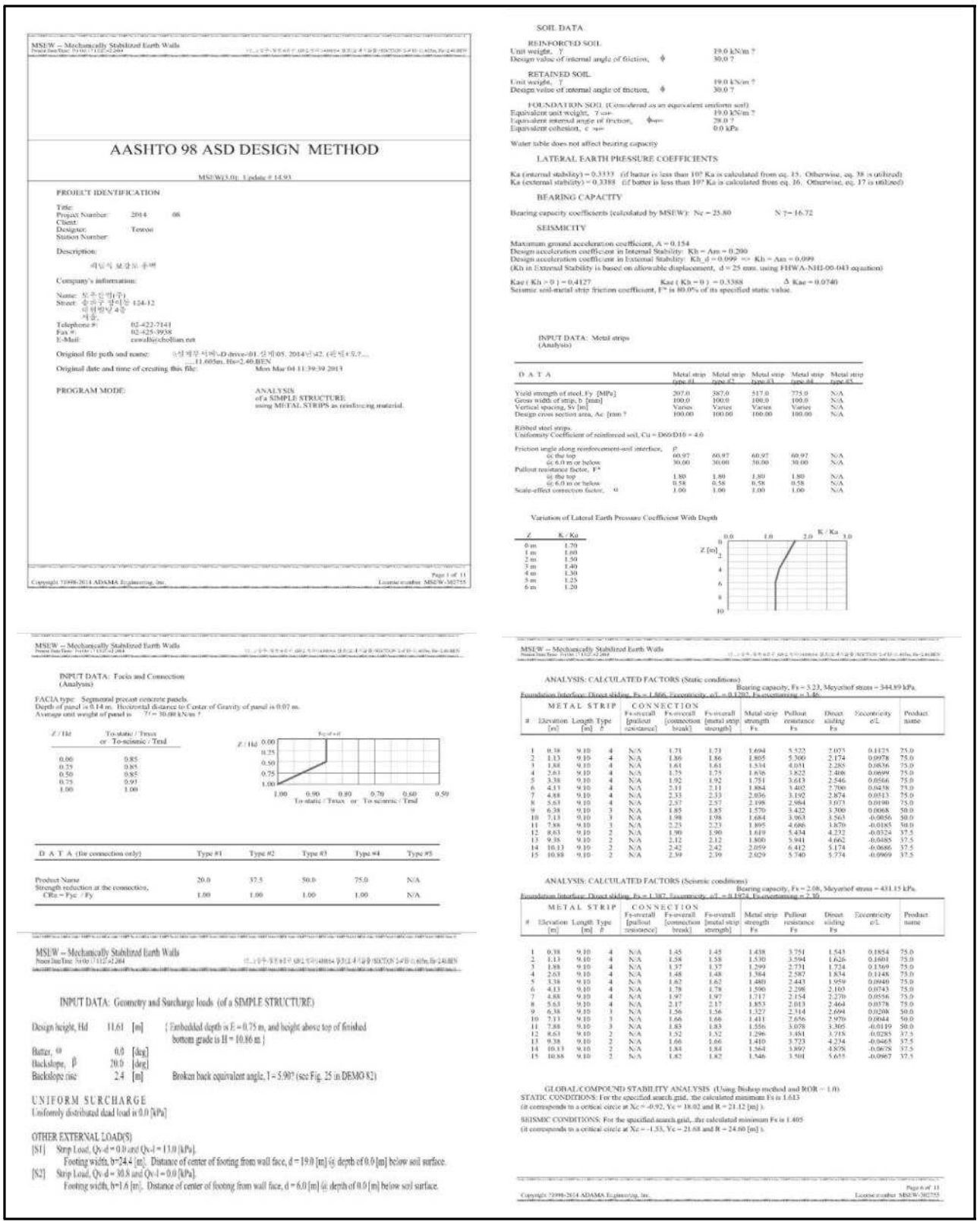


2. 수량

조사항목		단위	교량구간	토공구간	계	조사항목		단위	교량구간	토공구간	계
공통 자료정리조사		식	1	1	1	실내 토질 시험	기본물성시험	회	60	47	87
물리 탐사	굴절법 탄성파탐사	km	0.34	3.475	3.815		지질전단시험	회	-	6	6
환경 조사	수질시추	공	40	38	78		다짐 및 CBR	회	-	14/7	14/7
	시험굴조사	개소	-	6	6	실내 암석 시험	암석압축/점성	회	38/9	19/4	57/13
	웰드오거보링조사	개소	-	12	12		절리면 전단시험	회	-	3	3
환경 시험	표준관입시험	회	159	149	308		경화증도시험	회	10	47	57
	현장투도시험	회	-	6	6		암후층성 시험	회	-	4	4
	용적대환법 계측	회	-	6	6						
	공극수압시험	회	12	2	14						
	현장투수시험	회	-	1	1						
	시추공영상촬영	공	-	5	5						
	시추공 전단시험	회	-	6	6						
	S-PS 검층	공	3	-	3						

8.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD

MSEW(3.0); Update # 14.93

PROJECT IDENTIFICATION

Title:
Project Number: 2014 08
Client:
Designer: Tensar
Station Number:

Description:

Company's information:

Name:
Street:
Telephone #: 02-422-7143
Fax #: 02-425-9938
E-Mail: cowalls@chollian.net

Original file path and name:
Original date and time of creating this file: Mon Mar 04 11:39:39 2013

PROGRAM MODE: ANALYSIS of a SIMPLE STRUCTURE using METAL STRIPS as reinforcing material.

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number: MSEW-302755

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m ?
Design value of internal angle of friction, φ 30.0 ?

RETAINED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m ?
Design value of internal angle of friction, φ 30.0 ?

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γeq= 19.0 kN/m ?
Equivalent internal angle of friction, φeq= 28.0 ?
Equivalent cohesion, c eq= 0.0 kPa

Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

Ka (internal stability) = 0.3333 (if batter is less than 10? Ka is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized)
Ka (external stability) = 0.3388 (if batter is less than 10? Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nc = 25.80 N γ= 16.72

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Am = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.099 => Kh = Am = 0.099
(Kh in External Stability is based on allowable displacement, d = 25 mm. using FHWA-NHI-00-043 equation)

Kae (Kh > 0) = 0.4127 Kae (Kh = 0) = 0.3388 Δ Kae = 0.0740
Seismic soil-metal strip friction coefficient, F* is 80.0% of its specified static value.

INPUT DATA: Metal strips
(Analysis)

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	207.0	387.0	517.0	775.0	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	100.0	100.0	100.0	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	Varies	Varies	Varies	N/A
Design cross section area, Ac [mm ?	100.00	100.00	100.00	100.00	N/A
Ribbed steel strips.					
Uniformity Coefficient of reinforced soil, Cu = D60/D10 = 4.0					
Friction angle along reinforcement-soil interface, ρ					
@ the top	60.97	60.97	60.97	60.97	N/A
@ 6.0 m or below	30.00	30.00	30.00	30.00	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	1.80	1.80	1.80	1.80	N/A
@ 6.0 m or below	0.58	0.58	0.58	0.58	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ko
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.50
3 m	1.40
4 m	1.30
5 m	1.25
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Facia and Connection
(Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.14 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
Average unit weight of panel is γ = 30.00 kN/m ?

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	0.85
0.25	0.85
0.50	0.85
0.75	0.93
1.00	1.00

D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	20.0	37.5	50.0	75.0	N/A
Strength reduction at the connection, CRu = Fyc / Fy	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 11.61 [m] { Embedded depth is E = 0.75 m, and height above top of finished bottom grade is H = 10.86 m }
Batter, ω 0.0 [deg]
Backslope, β 20.0 [deg]
Backslope rise: 2.4 [m] Broken back equivalent angle, I = 5.90? (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa]

OTHER EXTERNAL LOAD(S)
[S1] Strip Load, Qv-d = 0.0 and Qv-l = 13.0 [kPa].
Footing width, b=24.4 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 19.0 [m] & depth of 0.0 [m] below soil surface.
[S2] Strip Load, Qv-d = 30.8 and Qv-l = 0.0 [kPa].
Footing width, b=1.6 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 6.0 [m] & depth of 0.0 [m] below soil surface.

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)
Bearing capacity, Fx = 3.23, Meyerhof stress = 344.89 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fx = 1.866, Eccentricity, e/L = 0.1202, Fs-overturning = 3.46.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type F	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fx	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.71	1.73	1.694	5.522	7.075	0.1125	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.86	1.86	1.805	5.300	2.174	0.0978	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.61	1.61	1.534	4.031	2.285	0.0836	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.75	1.75	1.656	3.822	2.406	0.0699	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.92	1.92	1.751	3.613	2.546	0.0566	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	2.11	2.11	1.884	3.402	2.700	0.0438	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	2.33	2.33	2.036	3.192	2.874	0.0313	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.57	2.57	2.198	2.984	3.073	0.0190	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.85	1.85	1.570	3.422	3.300	0.0068	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.98	1.98	1.684	3.063	3.563	-0.0056	50.0
11	7.88	9.10	3	N/A	2.23	2.23	1.895	4.686	3.870	-0.0185	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.90	1.90	1.619	5.434	4.232	-0.0324	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	2.12	2.12	1.800	5.941	4.662	-0.0485	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	2.42	2.42	2.059	6.412	5.174	-0.0686	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	2.39	2.39	2.029	5.740	5.774	-0.0969	37.5

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)
Bearing capacity, Fx = 2.08, Meyerhof stress = 431.15 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fx = 1.387, Eccentricity, e/L = 0.1974, Fs-overturning = 2.30.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type F	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fx	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.45	1.45	1.438	3.751	1.543	0.1854	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.58	1.58	1.530	3.594	1.626	0.1601	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.37	1.37	1.299	2.731	1.724	0.1369	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.48	1.48	1.364	2.587	1.834	0.1148	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.62	1.62	1.480	2.443	1.959	0.0940	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	1.78	1.78	1.590	2.298	2.103	0.0743	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	1.97	1.97	1.717	2.154	2.270	0.0556	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.17	2.17	1.853	2.013	2.464	0.0378	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.56	1.56	1.327	2.314	2.694	0.0208	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.66	1.66	1.411	2.656	2.979	0.0044	50.0
11	7.88	9.10	3	N/A	1.83	1.83	1.556	3.078	3.305	-0.0119	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.52	1.52	1.296	3.481	3.718	-0.0285	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	1.66	1.66	1.410	3.723	4.234	-0.0465	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	1.84	1.84	1.564	3.892	4.878	-0.0678	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	1.82	1.82	1.546	3.501	5.655	-0.0967	37.5

GLOBAL/COMPOUND STABILITY ANALYSIS (Using Bishop method and RtOR = 1.0)
STATIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.613
(it corresponds to a critical circle at Xc = -0.92, Yc = 18.02 and R = 21.12 [m]).

SEISMIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.405
(it corresponds to a critical circle at Xc = -1.53, Yc = 21.68 and R = 24.60 [m]).

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number: MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for METAL STRIPS reinforcements)

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.866 and Fs-seismic = 1.387

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	2.073	1.543	4	75.0
2	1.13	9.10	2.174	1.626	4	75.0
3	1.88	9.10	2.285	1.724	4	75.0
4	2.63	9.10	2.408	1.834	4	75.0
5	3.38	9.10	2.546	1.959	4	75.0
6	4.13	9.10	2.700	2.103	4	75.0
7	4.88	9.10	2.874	2.270	4	75.0
8	5.63	9.10	3.073	2.464	4	75.0
9	6.38	9.10	3.300	2.694	3	50.0
10	7.13	9.10	3.563	2.970	3	50.0
11	7.88	9.10	3.870	3.303	3	50.0
12	8.63	9.10	4.232	3.718	2	37.5
13	9.38	9.10	4.662	4.234	2	37.5
14	10.13	9.10	5.174	4.878	2	37.5
15	10.88	9.10	5.774	5.655	2	37.5

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT (for Simplified Method)

At interface with foundation: e/L static = 0.1202, e/L seismic = 0.1974; Overturning: Fs-static = 3.46, Fs-seismic = 2.30

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	0.1123	0.1854	4	75.0
2	1.13	9.10	0.0978	0.1601	4	75.0
3	1.88	9.10	0.0836	0.1369	4	75.0
4	2.63	9.10	0.0699	0.1148	4	75.0
5	3.38	9.10	0.0566	0.0940	4	75.0
6	4.13	9.10	0.0438	0.0743	4	75.0
7	4.88	9.10	0.0313	0.0556	4	75.0
8	5.63	9.10	0.0190	0.0378	4	75.0
9	6.38	9.10	0.0064	0.0208	3	50.0
10	7.13	9.10	-0.0056	0.0044	3	50.0
11	7.88	9.10	-0.0185	-0.0119	3	50.0
12	8.63	9.10	-0.0324	-0.0285	2	37.5
13	9.38	9.10	-0.0485	-0.0465	2	37.5
14	10.13	9.10	-0.0686	-0.0678	2	37.5
15	10.88	9.10	-0.0969	-0.0967	2	37.5

Copyright 1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Note: Actual Fs overall = (Yield stress) / (Actual stress)] For Simplified Method
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength FyEc*Rf/cb [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.167	0.600	129.2	76.27	13.55	N/A	1.694	N/A	1.438
2	1.13	0.167	0.600	129.2	71.55	12.86	N/A	1.805	N/A	1.530
3	1.88	0.133	0.750	103.3	67.36	12.18	N/A	1.534	N/A	1.299
4	2.63	0.133	0.750	103.3	63.18	11.49	N/A	1.636	N/A	1.384
5	3.38	0.133	0.750	103.3	59.00	10.80	N/A	1.751	N/A	1.480
6	4.13	0.133	0.750	103.3	54.86	10.12	N/A	1.884	N/A	1.590
7	4.88	0.133	0.750	103.3	50.74	9.43	N/A	2.036	N/A	1.717
8	5.63	0.133	0.750	103.3	47.02	8.74	N/A	2.198	N/A	1.853
9	6.38	0.133	0.750	68.9	43.91	8.05	N/A	1.570	N/A	1.327
10	7.13	0.133	0.750	68.9	40.93	7.93	N/A	1.684	N/A	1.411
11	7.88	0.133	0.750	68.9	36.38	7.93	N/A	1.895	N/A	1.556
12	8.63	0.133	0.750	51.6	31.88	7.93	N/A	1.619	N/A	1.296
13	9.38	0.133	0.750	51.6	28.67	7.93	N/A	1.800	N/A	1.410
14	10.13	0.133	0.750	51.6	25.07	7.93	N/A	2.059	N/A	1.564
15	10.88	0.133	0.750	51.6	25.44	7.93	N/A	2.029	N/A	1.546

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Rc=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.167	76.27	13.55	8.87	0.23	421.1	N/A	5.522	336.9	N/A	3.751
2	1.13	0.167	71.55	12.86	8.42	0.68	379.2	N/A	5.300	303.3	N/A	3.594
3	1.88	0.133	67.36	12.18	7.97	1.13	271.5	N/A	4.031	217.2	N/A	2.731
4	2.63	0.133	63.18	11.49	7.52	1.58	241.5	N/A	3.822	193.2	N/A	2.587
5	3.38	0.133	59.00	10.80	7.07	2.03	213.2	N/A	3.613	170.5	N/A	2.443
6	4.13	0.133	54.86	10.12	6.62	2.48	186.6	N/A	3.402	149.3	N/A	2.298
7	4.88	0.133	50.74	9.43	6.17	2.93	162.0	N/A	3.192	129.6	N/A	2.154
8	5.63	0.133	47.02	8.74	5.72	3.38	140.1	N/A	2.984	112.1	N/A	2.015
9	6.38	0.133	43.91	8.05	5.27	3.83	150.3	N/A	3.422	120.2	N/A	2.314
10	7.13	0.133	40.93	7.93	5.19	3.91	162.2	N/A	3.963	129.8	N/A	2.636
11	7.88	0.133	36.38	7.93	5.19	3.91	170.5	N/A	4.686	136.4	N/A	3.078
12	8.63	0.133	31.88	7.93	5.19	3.91	173.2	N/A	5.434	138.6	N/A	3.481
13	9.38	0.133	28.67	7.93	5.19	3.91	170.3	N/A	5.941	136.3	N/A	3.735
14	10.13	0.133	25.07	7.93	5.19	3.91	160.7	N/A	6.412	128.6	N/A	3.897
15	10.88	0.133	25.44	7.93	5.19	3.91	146.0	N/A	5.740	116.8	N/A	3.501

Copyright 1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

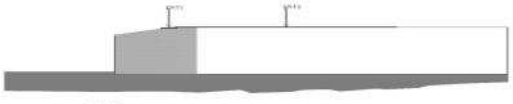
RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Rfc	Long-term connection strength Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	75.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.71	N/A	1.71	75.0
2	1.13	0.167	0.600	69.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.86	N/A	1.86	75.0
3	1.88	0.133	0.750	64.1	1.00	103.3	103.3	N/A	1.61	N/A	1.61	75.0
4	2.63	0.133	0.750	58.9	1.00	103.3	103.3	N/A	1.75	N/A	1.75	75.0
5	3.38	0.133	0.750	53.8	1.00	103.3	103.3	N/A	1.92	N/A	1.92	75.0
6	4.13	0.133	0.750	49.0	1.00	103.3	103.3	N/A	2.11	N/A	2.11	75.0
7	4.88	0.133	0.750	44.3	1.00	103.3	103.3	N/A	2.33	N/A	2.33	75.0
8	5.63	0.133	0.750	40.2	1.00	103.3	103.3	N/A	2.57	N/A	2.57	75.0
9	6.38	0.133	0.750	37.3	1.00	68.9	68.9	N/A	1.85	N/A	1.85	50.0
10	7.13	0.133	0.750	34.8	1.00	68.9	68.9	N/A	1.98	N/A	1.98	50.0
11	7.88	0.133	0.750	30.9	1.00	68.9	68.9	N/A	2.23	N/A	2.23	50.0
12	8.63	0.133	0.750	27.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.90	N/A	1.90	37.5
13	9.38	0.133	0.750	24.4	1.00	51.6	51.6	N/A	2.12	N/A	2.12	37.5
14	10.13	0.133	0.750	21.5	1.00	51.6	51.6	N/A	2.42	N/A	2.42	37.5
15	10.88	0.133	0.750	21.6	1.00	51.6	51.6	N/A	2.39	N/A	2.39	37.5

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Rfc	Long-term connection strength Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	88.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.45	N/A	1.45	75.0
2	1.13	0.167	0.600	81.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.58	N/A	1.58	75.0
3	1.88	0.133	0.750	75.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.37	N/A	1.37	75.0
4	2.63	0.133	0.750	69.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.48	N/A	1.48	75.0
5	3.38	0.133	0.750	63.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.62	N/A	1.62	75.0
6	4.13	0.133	0.750	58.0	1.00	103.3	103.3	N/A	1.78	N/A	1.78	75.0
7	4.88	0.133	0.750	52.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.97	N/A	1.97	75.0
8	5.63	0.133	0.750	47.6	1.00	103.3	103.3	N/A	2.17	N/A	2.17	75.0
9	6.38	0.133	0.750	44.2	1.00	68.9	68.9	N/A	1.56	N/A	1.56	50.0
10	7.13	0.133	0.750	41.5	1.00	68.9	68.9	N/A	1.66	N/A	1.66	50.0
11	7.88	0.133	0.750	37.7	1.00	68.9	68.9	N/A	1.83	N/A	1.83	50.0
12	8.63	0.133	0.750	33.8	1.00	51.6	51.6	N/A	1.52	N/A	1.52	37.5
13	9.38	0.133	0.750	31.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.66	N/A	1.66	37.5
14	10.13	0.133	0.750	28.0	1.00	51.6	51.6	N/A	1.84	N/A	1.84	37.5
15	10.88	0.133	0.750	28.0	1.00	51.6	51.6	N/A	1.82	N/A	1.82	37.5

Copyright 1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755





8.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 8-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽8에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수 가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽8에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열, 패널 전문부 파손, 식생이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽8에 대한 점검결과, 패널 전면부 식생 및 배수로 균열, 체수가 조사되었으며, 기존 손상인 패널 전면부 파손의 경우 보수를 실시하였으며 현재 보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다. 미보수된 기 손상부는 구조물의 내구성 증진을 위한 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽8에 대한 점검결과, 패널 전면부 식생 및 이격, 파손, 배수로 균열, 체수가 조사되었다. 기 손상부의 경우 구조물의 내구성 증진을 위한 보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽08의 전면부에서 판넬 파손, 이격 등이 조사되었으며, 주변영향인자(배수시설 및 사면상태) 상부성토부는 손상이 없는 양호한 상태이나 배수시설에서는 배수로 균열, 배수로 이격이 조사되었다. 전면부 이격과 배수시설의 배수로 이격의 원인은 시공미흡으로 판단되며, 옹벽의 사용성에 문제는 없으나 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽8에 대한 정기안전점검 결과, 패널 전면부 이격, 파손, 배수로 균열 및 이격이 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 구조물의 내구성 증진 및 손상의 진전방지를 위한 보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호

8.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 8-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

8.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 8-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

8.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 8-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

8.3 현장조사 및 시험

8.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽08은 경상북도 군위군 소보면 달산리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 977.0m, 지면노출 높이 9.1m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 8-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000075		**관리번호**	SY RW8
시설물명	패널식옹벽08		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 군위군 효령면 화계리		
	위치좌표	시점 : 36° 11′05.8″ 128° 64′15.0″		
		종점 : 36° 11′55.7″ 128° 63′42.9″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 49.160~50.151km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	977.0m	**지면노출 높 이**	9.1m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	농경지		
	옹벽하부	상주영천고속도로 본선		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	지에스건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 49개구간(S1~S49)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 8-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.5	26	500.0~520.0m	520.0	4.0
2	20.0~40.0m	40.0	3.9	27	520.0~540.0m	540.0	4.2
3	40.0~60.0m	60.0	5.2	28	540.0~560.0m	560.0	4.3
4	60.0~80.0m	80.0	5.2	29	560.0~580.0m	580.0	4.3
5	80.0~100.0m	100.0	6.5	30	580.0~600.0m	600.0	4.9
6	100.0~120.0m	120.0	4.9	31	600.0~620.0m	620.0	4.8
7	120.0~140.0m	140.0	3.9	32	620.0~640.0m	640.0	5.2
8	140.0~160.0m	160.0	3.8	33	640.0~660.0m	660.0	5.3
9	160.0~180.0m	180.0	3.8	34	660.0~680.0m	680.0	5.5
10	180.0~200.0m	200.0	3.9	35	680.0~700.0m	700.0	6.3
11	200.0~220.0m	220.0	3.9	36	700.0~720.0m	720.0	6.5
12	220.0~240.0m	240.0	3.7	37	720.0~740.0m	740.0	6.4
13	240.0~260.0m	260.0	4.7	38	740.0~760.0m	760.0	6.5
14	260.0~280.0m	280.0	4.5	39	760.0~780.0m	780.0	6.8
15	280.0~300.0m	300.0	3.1	40	780.0~800.0m	800.0	7.2
16	300.0~320.0m	320.0	3.2	41	800.0~820.0m	820.0	7.0
17	320.0~340.0m	340.0	3.0	42	820.0~840.0m	840.0	9.1
18	340.0~360.0m	360.0	3.2	43	840.0~860.0m	860.0	8.8
19	360.0~380.0m	380.0	2.9	44	860.0~880.0m	880.0	8.2
20	380.0~400.0m	400.0	3.7	45	880.0~900.0m	900.0	7.8
21	400.0~420.0m	420.0	3.5	46	900.0~920.0m	920.0	7.4
22	420.0~440.0m	440.0	3.3	47	920.0~940.0m	940.0	7.0
23	440.0~460.0m	460.0	3.9	48	940.0~960.0m	960.0	7.0
24	460.0~480.0m	480.0	4.0	49	960.0~977.0m	977.0	6.8
25	480.0~500.0m	500.0	3.9	-	-	-	

<표 8-9> 보강토 옹벽의 조사항목

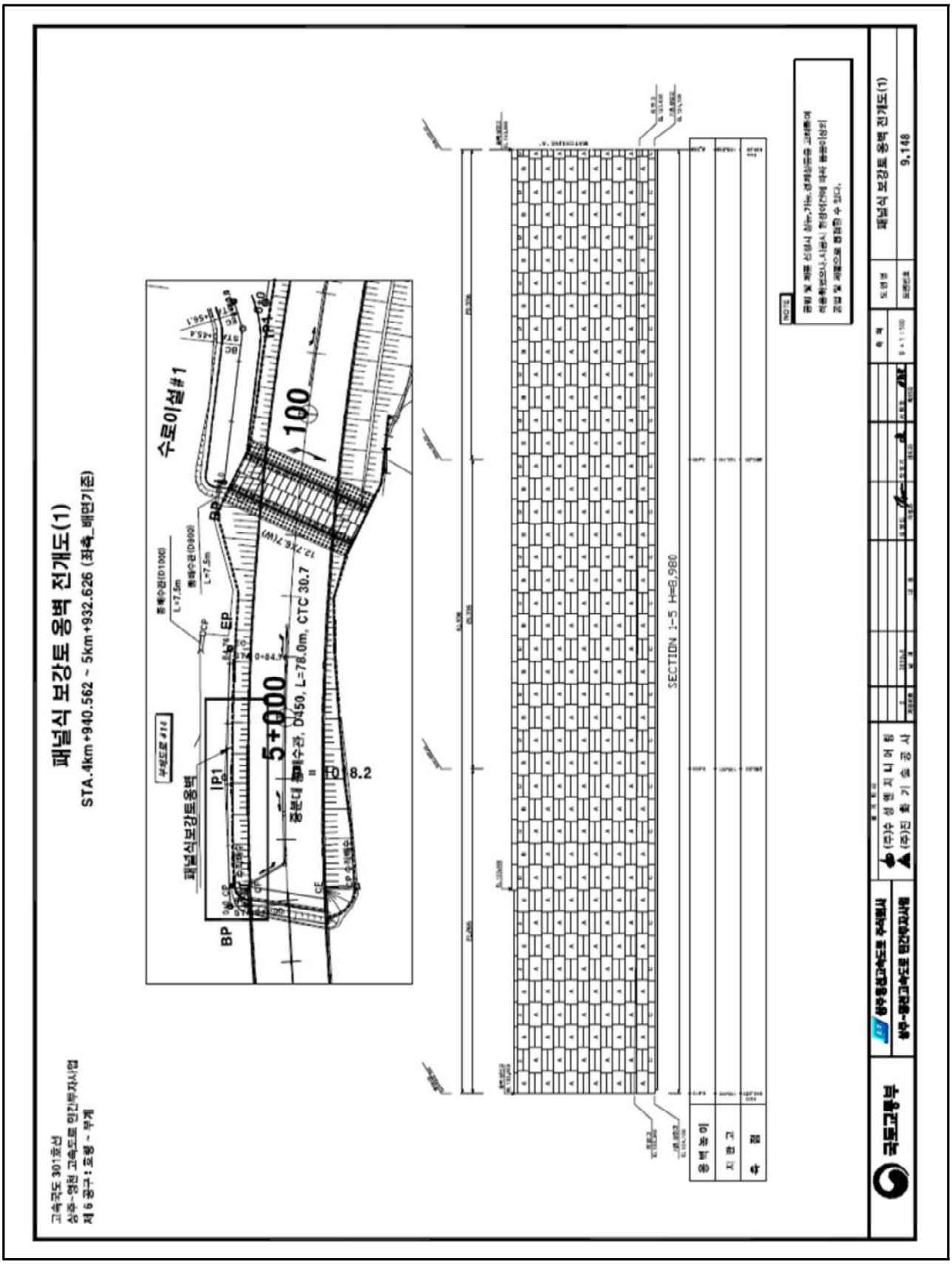
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

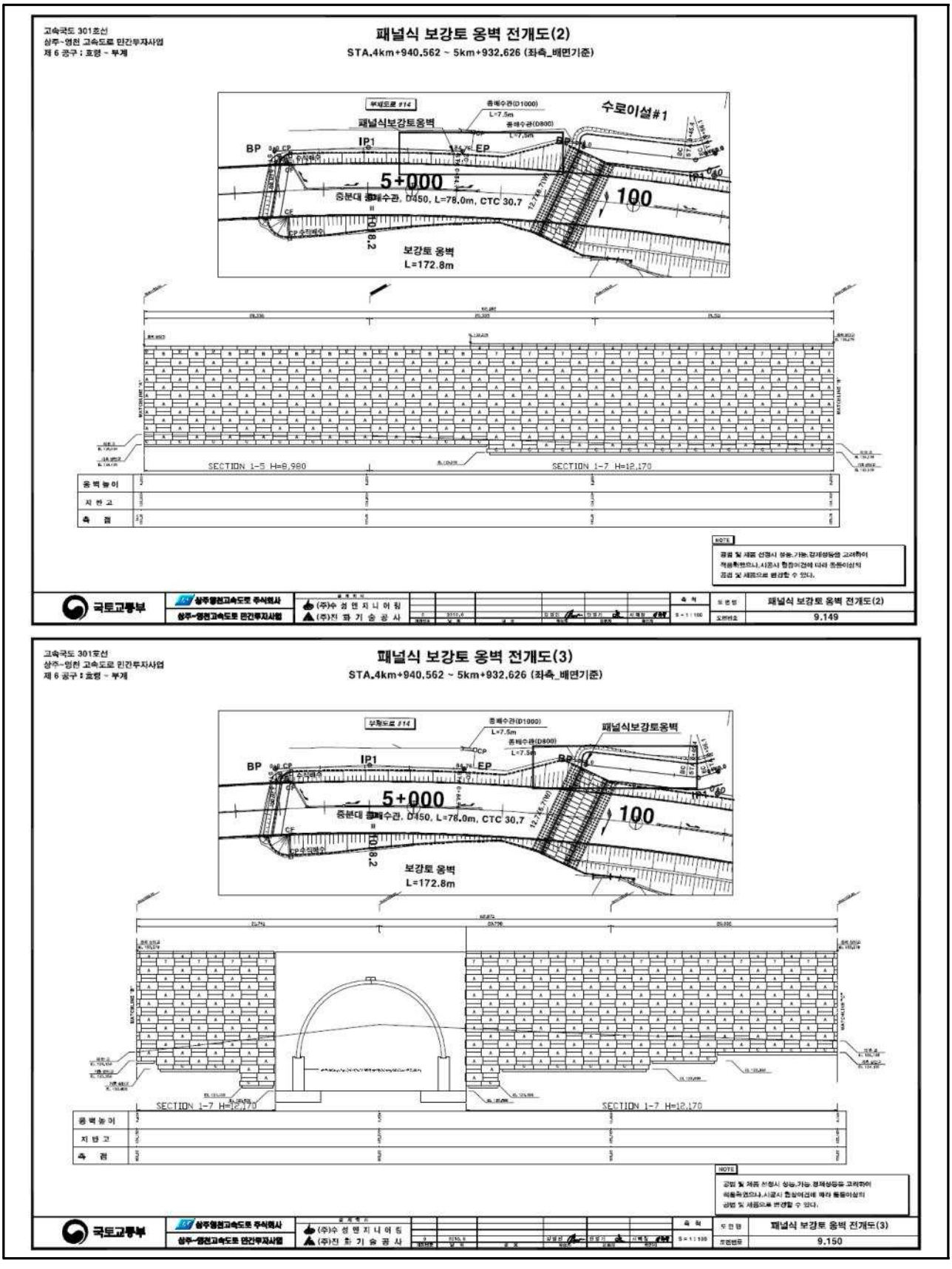
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

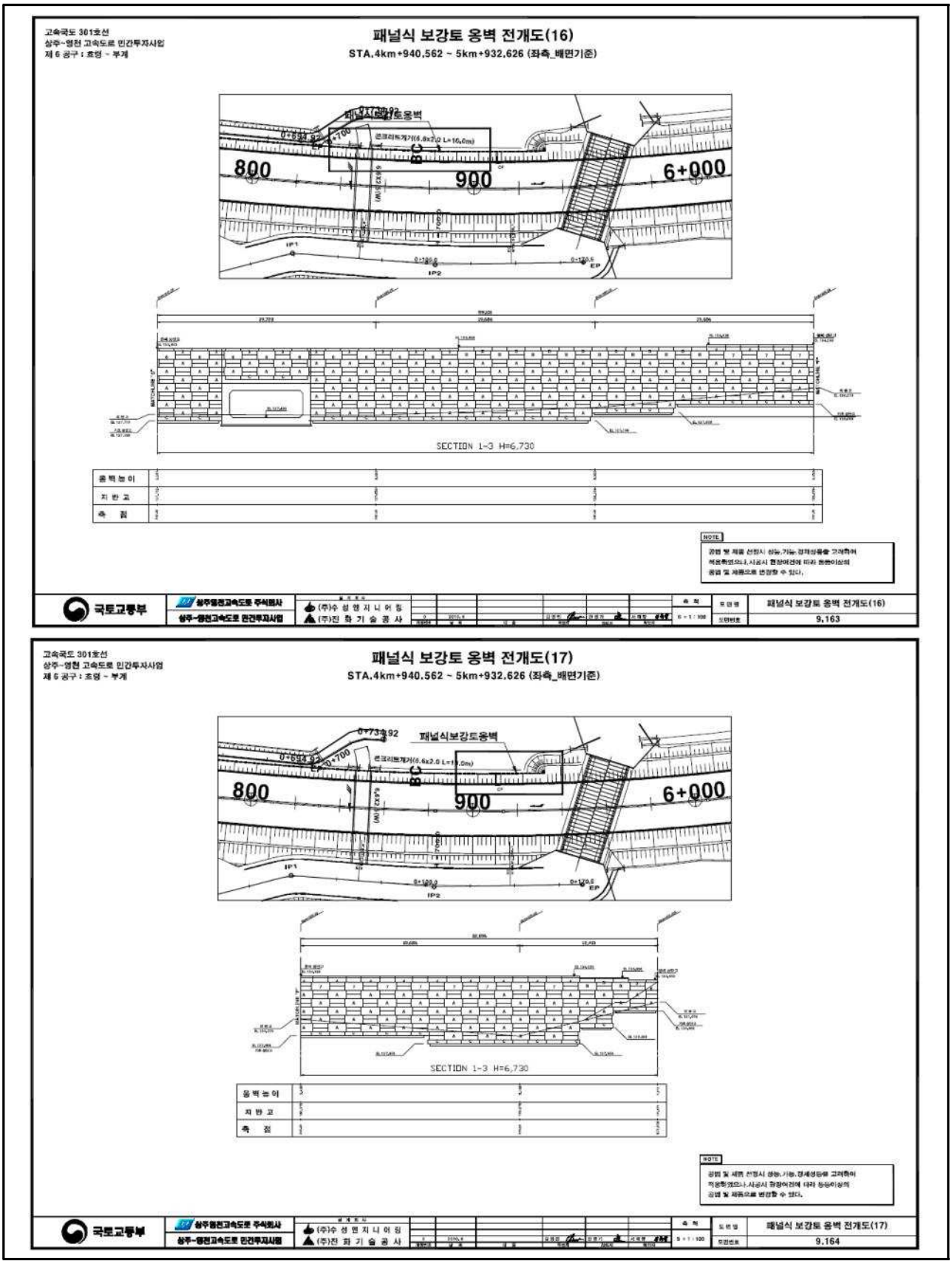
4) 관련도면



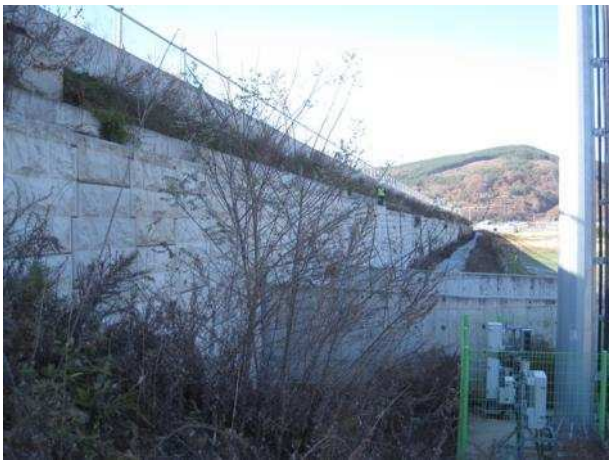
<그림 8-2> 전개도


고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
패널식 보강토 옹벽 전개도(2)
STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)
패널식보강토옹벽
수로이설#1
5+000
보강토 옹벽
L=172.8m
SECTION 1-5 H=8.980
SECTION 1-7 H=12.170
국토교통부
패널식 보강토 옹벽 전개도(2)
9.149
패널식 보강토 옹벽 전개도(3)
9.150

<그림 8-2> 전개도(계속)


고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
패널식 보강토 옹벽 전개도(16)
STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)
패널식보강토옹벽
800
900
6+000
SECTION 1-3 H=6,730
옹벽높이
지반고
측점
NOTE
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주)수성엔지니어링
(주)진화기술공사
패널식 보강토 옹벽 전개도(16)
9,163
고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
패널식 보강토 옹벽 전개도(17)
STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)
패널식보강토옹벽
800
900
6+000
SECTION 1-3 H=6,730
옹벽높이
지반고
측점
NOTE
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
(주)수성엔지니어링
(주)진화기술공사
패널식 보강토 옹벽 전개도(17)
9,164

<그림 8-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

8.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.



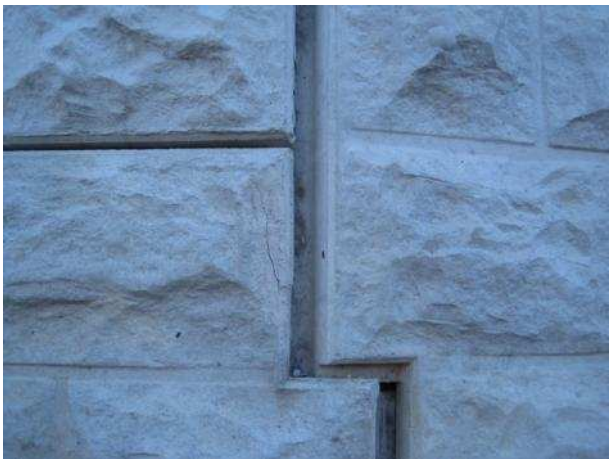

전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 8-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

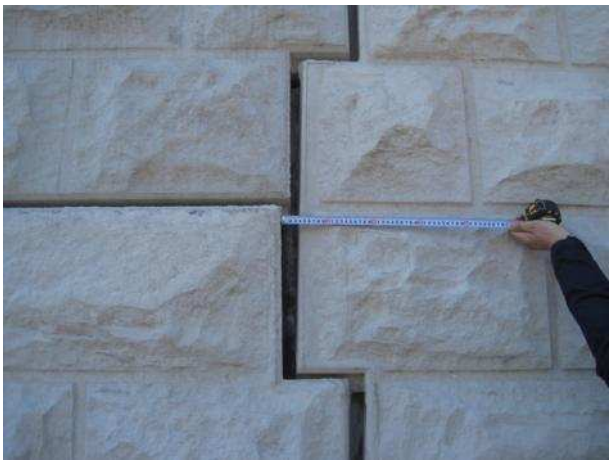
구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S14	판넬 파손	㎡	1 / 0.02	시공미흡, 외부충격	-
	S37	판넬 파손	㎡	1 / 0.02	시공미흡, 외부충격	-
		이격	m	1 / 5.00	시공미흡	-



현 황	S14 판넬 파손
원 인	시공미흡, 외부충격
대 책	단면보수



현 황	S37 판넬 파손
원 인	시공미흡, 외부충격
대 책	단면보수



현 황	S37 이격
원 인	시공미흡
대 책	주의관찰



현 황	S37 이격
원 인	시공미흡
대 책	단면보수

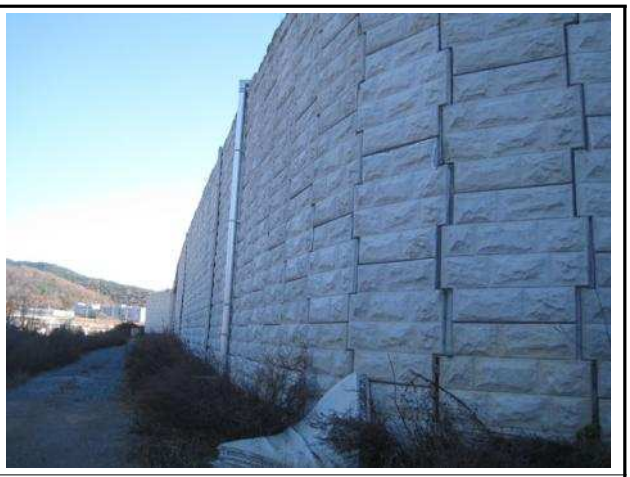
나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 8-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 8-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 건조수축 및 시공미흡으로 인한 배수로균열, 배수로 이격 등의 손상이 조사되었다.




상부배수로 시공상태

<표 8-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S3	배수로 균열 (Cw=0.3mm)	㎡	2 / 2.00	건조수축 및 공용기간증가	-
	S4	배수로 이격	㎡	1 / 1.00	시공미흡	-
	S5	배수로 이격	m	2 / 2.00	시공미흡	-

			
현 황	S3 배수로 균열	현 황	S3 배수로 이격
원 인	건조수축, 공용기간증가	원 인	시공미흡
대 책	주입보수	대 책	실란트 처리

			
현 황	S3 배수로 이격	현 황	전경
원 인	시공미흡	원 인	-
대 책	실란트 처리	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 8-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

8.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 8-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

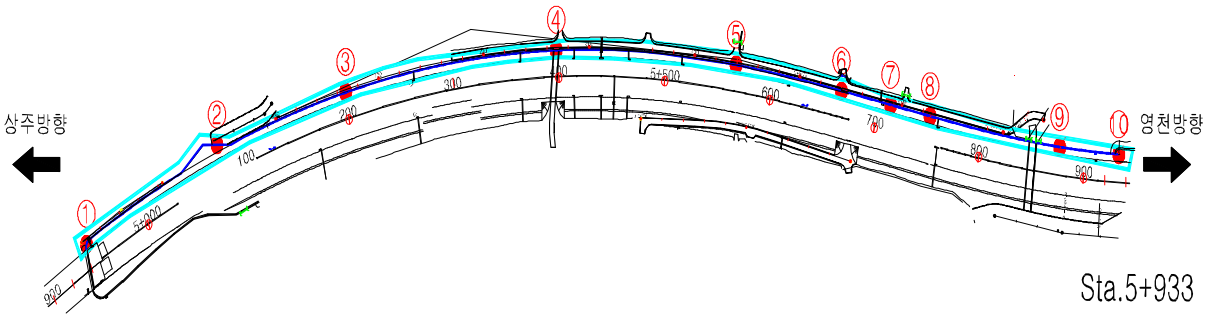
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 8-16> 기울기 측정결과

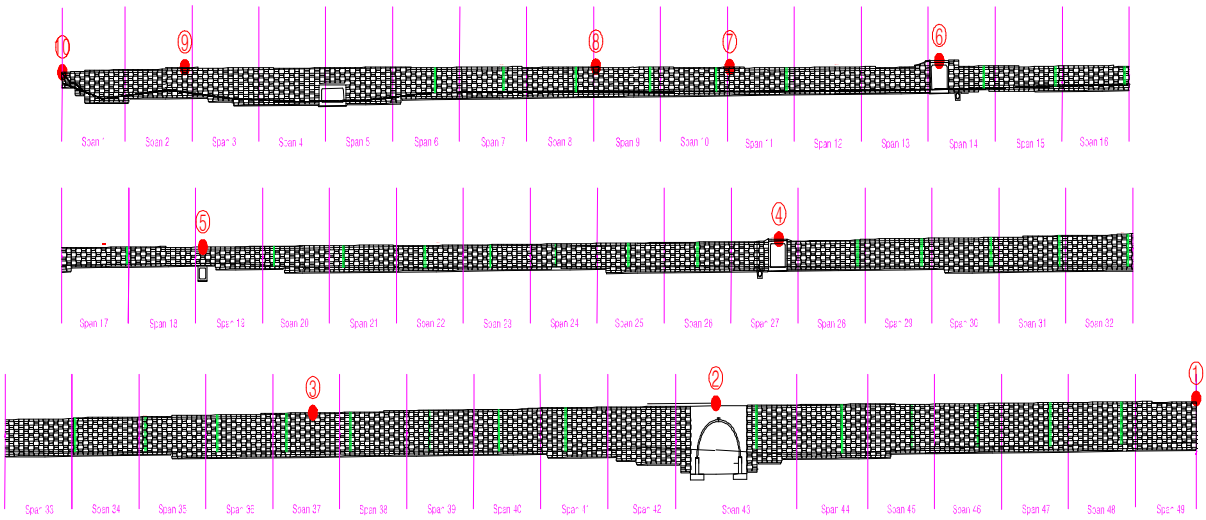
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	60m	87.3°	88.5°	비진행성, 2%미만
2	160m	88.7°	89.2°	비진행성, 2%미만
3	260m	88.2°	89.0°	비진행성, 2%미만
4	560m	87.7°	88.5°	비진행성, 2%미만

<표 8-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	390557.8	167522.8	134.634	⑥	390390.7	167725.7	133.523
②	390538.4	167571.2	134.721	⑦	390340.2	167763.9	133.263
③	390515.6	167608.6	134.921	⑧	390375.6	167733.9	133.414
④	390468.9	167664.9	133.723	⑨	390364.2	167741.7	133.617
⑤	390421.5	167704.8	132.821	⑩	390326.9	167768.1	133.627



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 8-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

8.4 안전성능 평가

8.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 8-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 8-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 8-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
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	1	0	0	0	1	0.02	a
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a

<표 8-20> 상태안전성능 평가 산정 결과(계속)

SPAN NO.	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S37	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0.04	a
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S49	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	0.04	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	a
									상태평가 결과					A	

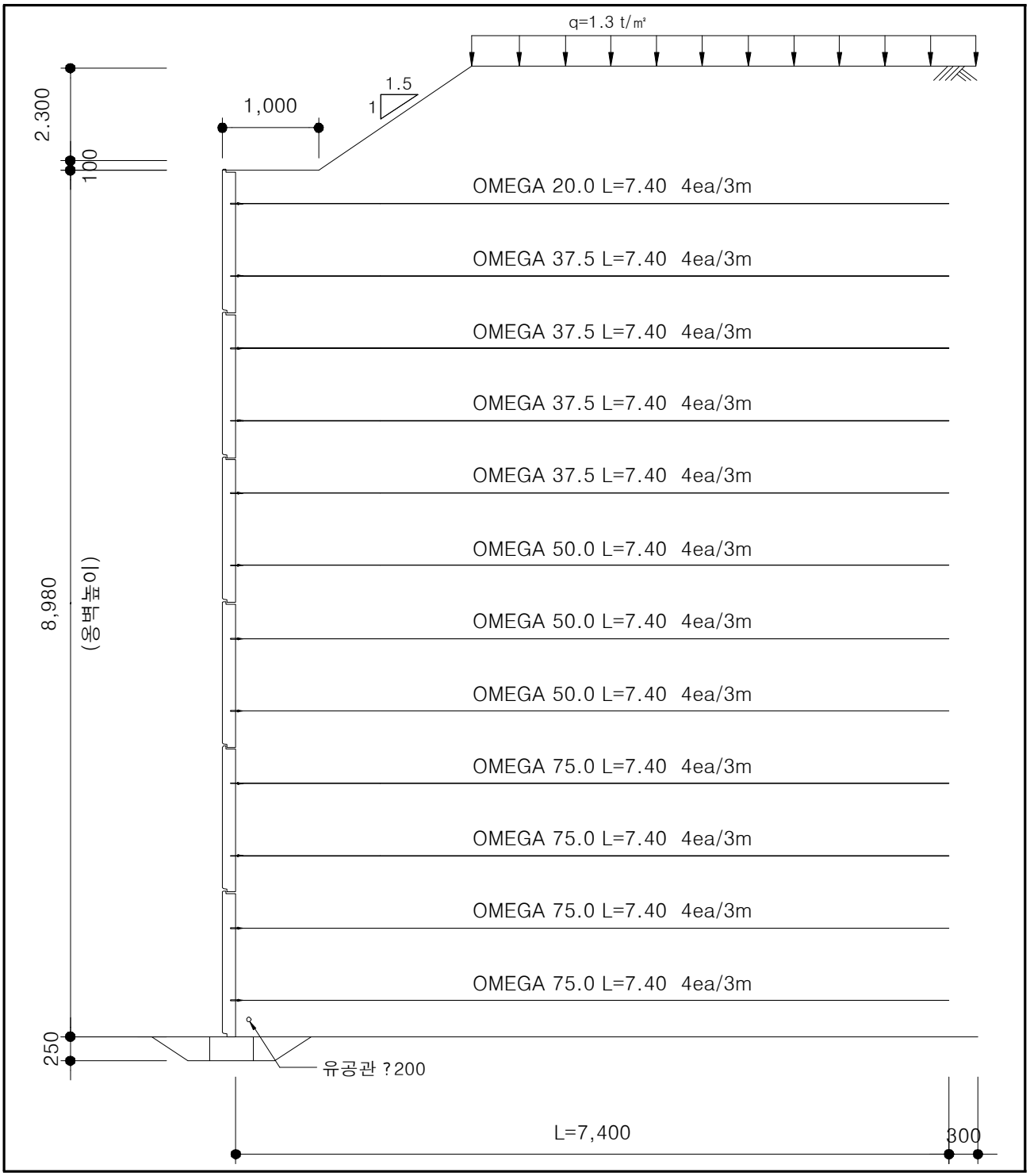
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

8.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 8-4> 검토단면도

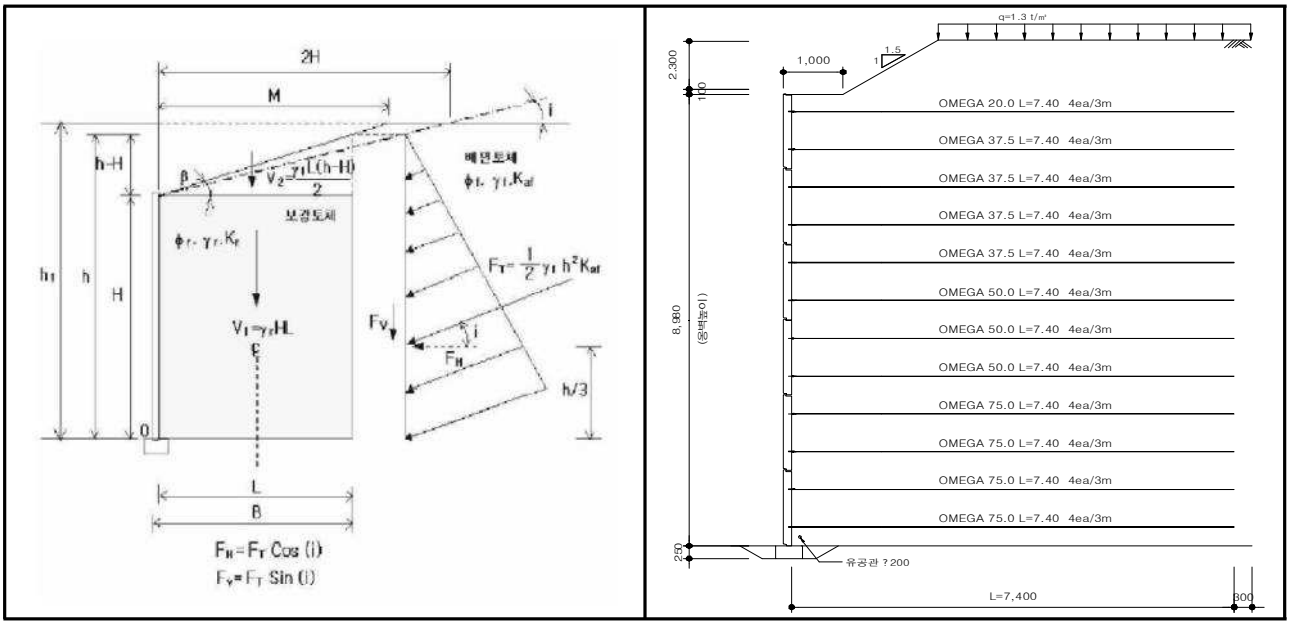
다. 지반정수

<표 8-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎥)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	19	0	30	
성토층	19	0	30	
기초	19	0	28	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



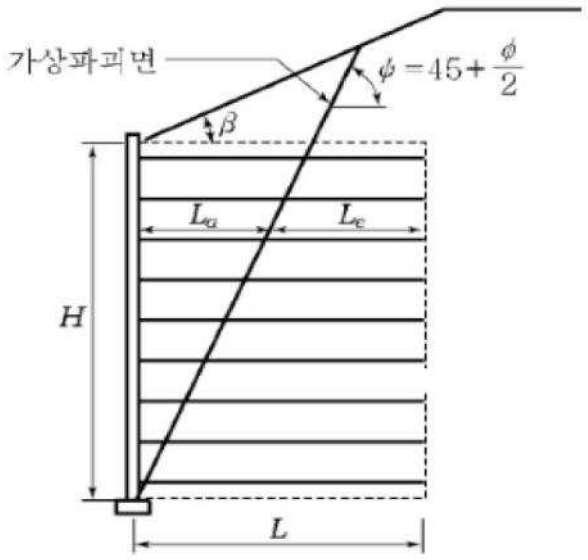
<그림 8-5> 검토단면도

2) 검토조건

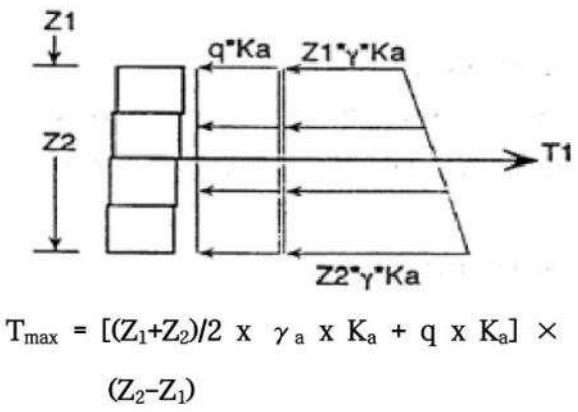
- 벽체높이 H(m) = 8.98m h1(m) = 11.38 2h(m) = 22.76
- 보강재의 길이 Lbot(m) = 7.40 , Lup(M) = 7.40
- 상부사면의 경사 β(°) = 23, h-H=2.40
- 상재하중 q(kN/㎡) = 13.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.342$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 8-6> 토압작용 모식도

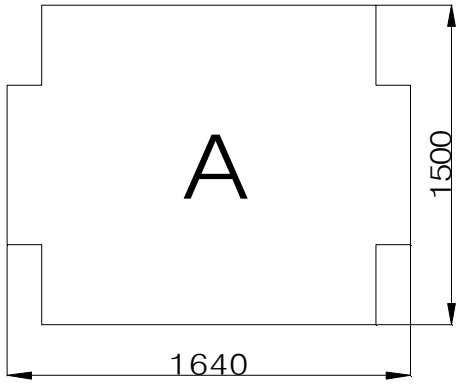
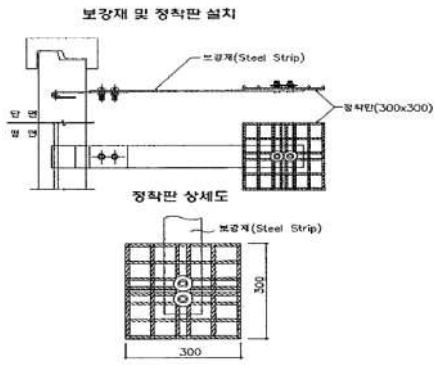
2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2)$ = 0.333

3) 전면판 및 보강재

- 폭(B) = 1,640㎜ - 높이(H) = 1500㎜

<표 8-22> 전면판 및 보강재

구 분	P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

바. 검토결과

<표 8-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분			검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
			상시	상시	
외적 안정	활 동	평상시	1.84	1.5	O.K
		지진시	1.38	1.1	O.K
	전 도	평상시	3.45	1.5	O.K
		지진시	2.33	1.5	O.K
	지지력	평상시	3.33	2.5	O.K
		지진시	2.18	2.0	O.K
내적 안정	파 단	평상시	1.50	1.0	O.K
		지진시	1.27	1.0	O.K
	인 발	평상시	2.97	1.0	O.K
		지진시	2.02	1.0	O.K

사. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 8-24> 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	평상시	1.84	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.38	a	
	전 도	평상시	3.45	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.33	a	
	지지력	평상시	3.33	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.18	a	
내적 안정	파 단	평상시	1.50	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.27	a	
	인 발	평상시	2.97	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.02	a	
구조안전성능 평가 결과			· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

8.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 8-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽08		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : **A등급**		

<표 8-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

8.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

8.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 8-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 20개소를 실시하였다.




콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 8-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S1	37.8	35.8	31.3	0.65	119.3	104.3	30.0
	S3	37.8	35.8	31.3	0.65	119.3	104.3	
	S5	36.9	35.0	30.0	0.65	116.7	100.0	
	S7	41.2	39.1	36.4	0.65	130.3	121.3	
	S9	40.1	38.1	34.8	0.65	127.0	116.0	
	S11	38.7	36.7	32.7	0.65	122.3	109.0	
	S13	38.1	36.1	31.8	0.65	120.3	106.0	
	S15	37.1	35.2	30.3	0.65	117.3	101.0	
	S17	37.5	35.5	30.9	0.65	118.3	103.0	
	S19	40.6	38.5	35.5	0.65	128.3	118.3	
	S21	41.7	39.7	37.2	0.65	132.3	124.0	
	S23	41.9	39.8	37.5	0.65	132.7	125.0	
	S25	37.0	35.1	30.1	0.65	117.0	100.3	
	S27	38.1	36.2	31.8	0.65	120.7	106.0	
	S29	40.3	38.3	35.1	0.65	127.7	117.0	
	S31	37.4	35.5	30.8	0.65	118.3	102.7	
	S33	42.7	40.6	38.7	0.65	135.3	129.0	
	S35	39.9	37.9	34.5	0.65	126.3	115.0	
	S37	40.9	38.9	36.0	0.65	129.7	120.0	
	S39	37.1	35.2	30.3	0.65	117.3	101.0	

<표 8-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	119.3	104.3	-	a	-	30.0
S3 건전부	119.3	104.3	-	a	-	
S5 건전부	116.7	100.0	-	a	-	
S7 건전부	130.3	121.3	-	a	-	
S9 건전부	127.0	116.0	-	a	-	
S11 건전부	122.3	109.0	-	a	-	
S13 건전부	120.3	106.0	-	a	-	
S15 건전부	117.3	101.0	-	a	-	
S17 건전부	118.3	103.0	-	a	-	
S19 건전부	128.3	118.3	-	a	-	
S21 건전부	132.3	124.0	-	a	-	
S23 건전부	132.7	125.0	-	a	-	
S25 건전부	117.0	100.3	-	a	-	
S27 건전부	120.7	106.0	-	a	-	
S29 건전부	127.7	117.0	-	a	-	
S31 건전부	118.3	102.7	-	a	-	
S33 건전부	135.3	129.0	-	a	-	
S35 건전부	126.3	115.0	-	a	-	
S37 건전부	129.7	120.0	-	a	-	
S39 건전부	117.3	101.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 8-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 효령면 화계리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※인접 도시인 구미시의 기상자료를 활용하여 평가

8.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 8-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

8.6 종합평가

8.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 8-7> 종합평가 흐름도

8.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 8-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 8-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽08			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 8-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

8.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

8.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 8-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

8.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 8-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

8.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 8-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 균열	주입보수	손상진전 억제
			배수로 이격	실란트 처리	손상진전 억제
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 8-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.06	㎡	138	8
배수시설	배수로 균열	주입보수	2.50	m	70	175
	배수로 이격	실란트 처리	3.50	m	25	88
순 공사비(천원)						**271**
재 경 비(천원)						**136**
총 공사비(천원)						**407**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 8-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.06	138	8	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0275	1
배수시설	주입보수	2.50	70	175	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0013	3
	실란트 처리	3.50	25	88	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0025	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

8.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 효령면 화계리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 9.1m를 보이며, 총 연장은 L=977.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 파손, 이격 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제9장 블럭식옹벽09

9.1 대상 시설물 현황

9.2 관련 자료의 분석

9.3 현장조사 및 시험

9.4 안전성능 평가

9.5 내구성능 평가

9.6 종합평가

9.7 유지관리 전략 제안

9.8 종합결론

제9장 블럭식옹벽09

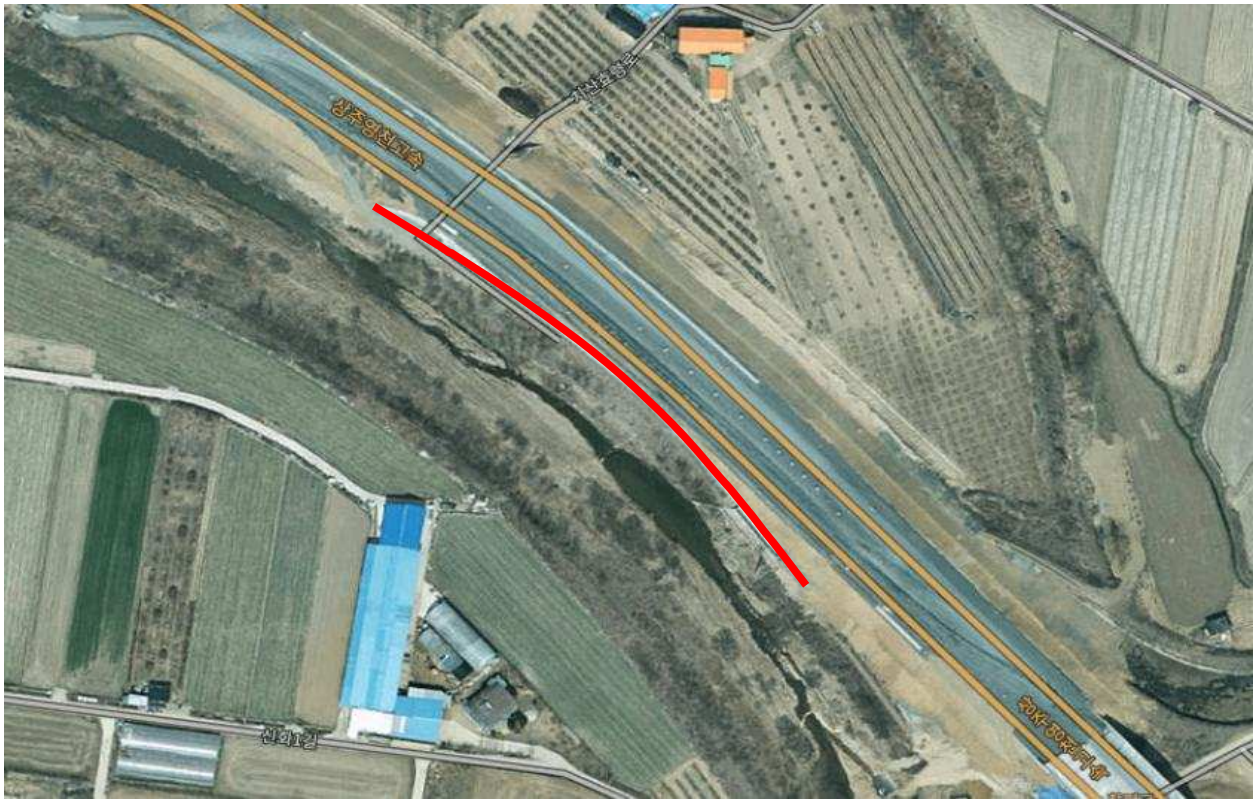
9.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리(상주영천고속도로 51.200~51.378km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 181.0m, 지면노출높이 9.3m의 블럭식 보강토옹벽이다.

<표 9-1> 시설물 현황(블럭식옹벽09)

시설물 번호	RW2017-0000076		**관리번호**	SY RW9
시설물명	블럭식옹벽09		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 부계면 창평리		
	위치좌표	시점 : 36° 10′41.4″ 128° 65′32.8″		
		종점 : 36° 10′35.3″ 128° 65′39.8″		
	관리이정	고속국도 301호선 51.200~51.378km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	블록식
	연 장	181.0m	지면 노출높이(m)	9.3m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	지에스건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 9-1> 대상 시설물 현황도

9.2 관련 자료의 분석

9.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수・보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 9-2> 유지관리 관련자료 현황

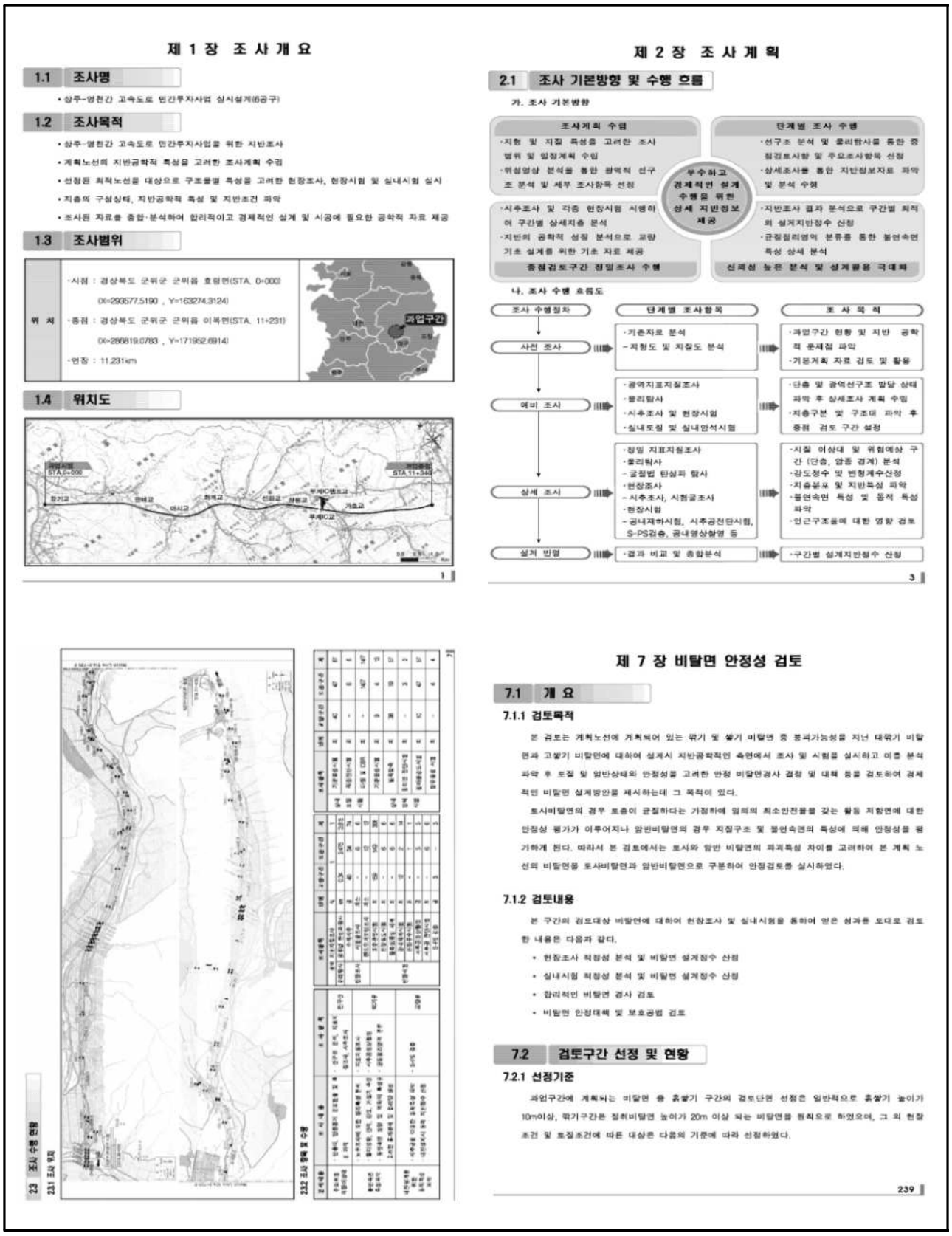
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종・횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수・보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

9.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명
• 상주-영천간 고속도로 민간투자사업 실시설계(6공구)

1.2 조사목적
• 상주-영천간 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위
위 치
·시점 : 경상북도 군위군 군위읍 효령면(STA. 0+000)
(X=293577.5190 , Y=163274.3124)
·종점 : 경상북도 군위군 군위읍 이북면(STA. 11+231)
(X=296819.0783 , Y=171952.6914)
·연장 : 11.231km
과업구간

1.4 위치도
시점(부계) STA.0+000
종점(부계) STA.11+340
장기교 금배교 마시교 화계교 신화교 상원교 부계IC램프교 가요교 부계IC교

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행 흐름

가. 조사 기본방향
조사계획 수립
·지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 입찰계획 수립
·위성영상 분석을 통한 광역적 선구조 분석 및 세부 조사항목 선정
단계별 조사 수행
·선구조 분석 및 문리탐사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
·상세조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행
우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공
·시추조사 및 각종 현장시험 시행하여 구간별 상세지층 분석
·지반의 공학적 성질 분석으로 교량 기초 설계를 위한 기초 자료 제공
중점검토구간 정밀조사 수행
·지반조사 결과 분석으로 구간별 최적의 설계지반정수 산정
·균질점리영역 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석
신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	·기존자료 분석 - 지형도 및 지질도 분석	·과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 ·기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	·광역지표지질조사 ·물리탐사 ·시추조사 및 현장시험 ·실내토질 및 실내암석시험	·단층 및 광역선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 ·지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	·정밀 지표지질조사 ·물리탐사 - 굴절법 탄성파 탐사 ·현장조사 - 시추조사, 시험굴조사 ·현장시험 - 공내재하시험, 시추공전단시험, S-PS검층, 공내영상촬영 등	·시점 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암종 경계) 분석 ·강도정수 및 변형계수산정 ·지층분포 및 지반특성 파악 ·불연속면 특성 및 동적 특성 파악 ·인근구조물에 대한 영향 검토
실적 반영	·결과 비교 및 종합분석	·구간별 설계지반정수 산정

3

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태의 안정성을 고려한 안정 비탈면경사 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 지합면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 경사 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

239

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 풍적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대 쌓기고	지층현황	조사내용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
쌓기구간	쌓기1구간	0+340 ~2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	풍화토층 풍화암층 연암층	CBB-1 참조	0+357 (우 24.0)	
	쌓기2구간	2+740 ~3+840	1,100	2+960(영천방향)	8.2m	매립토층 풍화토층 풍화암층	SBB-5	2+952 (우 2.0)	
	쌓기3구간	3+835 ~4+895	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	매립토층 풍화암층	SBB-12	4+774 (우 14.0)	
	쌓기4구간	4+940 ~5+647	1,707	4+960(영천방향)	14.0m	매립토층 퇴적층 풍화암층	BBB-26	4+931 (좌 6.0)	
	쌓기5구간	5+663 ~7+257	594	7+240(상주방향)	10.7m	전단층 풍화암층	BBB-29	7+259	
	쌓기6구간	7+290 ~8+080	790	7+460(영천방향)	9.7m	매립층 풍화암층	BBB-30	7+297	
	쌓기7구간	8+110 ~8+680	600	8+660(영천방향)	14.2m	매립층 풍화암층 연암층	BBB-35	8+715 (좌 7.2)	

7.6.3 암반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 쿼기 경사 평가 및 검토를 암석별 쿼기 적정경사 기준으로 실시하면 다음 표와 같다.

[암반 파쇄 상태에 따른 쿼기비탈면 경사 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					최종 검토
				암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 경사	RQD에 의한 경사	
쿼기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 2구간	지방도919호선 0+040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 4구간	8+860 ~9+340	상주방향	CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
쿼기 9구간	10+380 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쿼기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쿼기 12구간	11+080 ~11+220	영천방향	CBB-17	사암 및 니질암	31~100	0~97	1:0.5	1:0.7	1:0.7

7.6 비탈면 안정해석 및 검토

7.6.1 개요

가. 쿼기구간

본 지역에서의 쿼기비탈면 안정해석은 쿼기구간 중 쿼기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 몬사루영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 쿼기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 건기시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 암반파쇄 상태에 의한 쿼기 경사는 암석별 쿼기 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사투영법으로 불연속면의 주향 및 경사방향을 구간별 투영으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. RQD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 풍화암과 같은 특성으로 고려될 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면을 따라 파괴하기 보다는 원호활동 파괴의 경향을 보이므로 풍화암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 쌓기구간

본 쌓기구간은 산지지형 말단부의 편측쌓기와 곡간형태의 충적층 지역에 대한 쌓기로서 전답도로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파악 및 연약지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으며, 강도정수는 쌓기지역의 지반강도정수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위기 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

■ 지반조사 위치도

1. 위치도

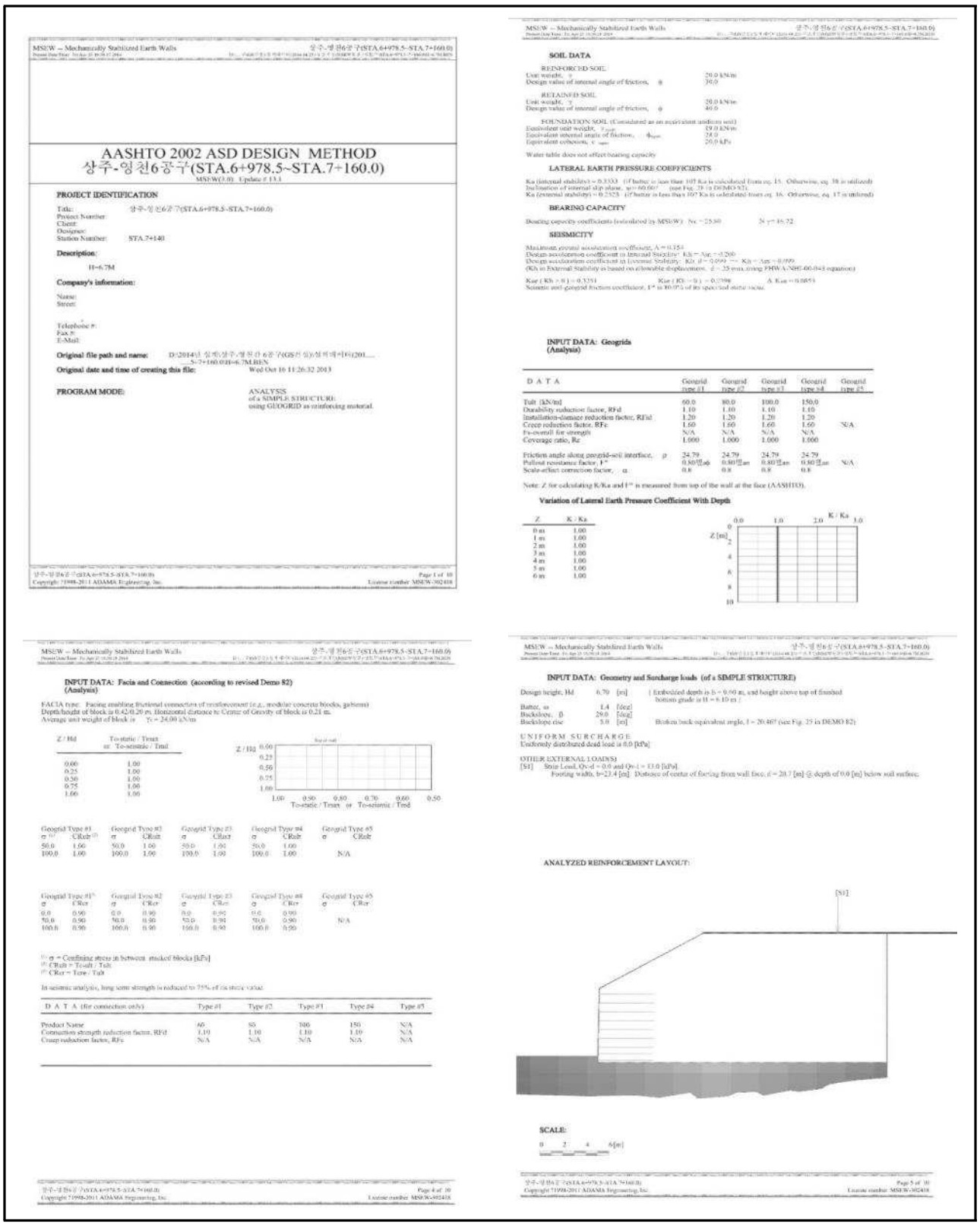


2. 수량

조사항목		단위	교량구간	토공구간	계	조사항목		단위	교량구간	토공구간	계
공정 계획 및 지표지질조사		식	1	1	1	실내 토질 시험	기본물성시험	회	60	47	87
물리 탐사	굴절법 탄성파탐사	km	0.34	3.475	3.815		직접전단시험	회	-	6	6
현장 조사	수직사주	공	40	38	78		다짐 및 CBR	회	-	14/7	14/7
	시험굴조사	개소	-	6	6	실내 암석 시험	암석압축/분성	회	38/9	19/4	57/13
	웰드오거보링조사	개소	-	12	12		절리면 전단시험	회	-	3	3
현장 시험	표준관입시험	회	159	149	308		점하중강도시험	회	10	47	57
	현장투도시험	회	-	6	6		압축강도시험	회	-	4	4
	용적대환법 계측	회	-	6	6						
	공내재하시험	회	12	2	14						
	현장투수시험	회	-	1	1						
	시추공영상촬영	공	-	5	5						
	시추공 전단시험	회	-	6	6						
	S-PS 검층	공	3	-	3						

9.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

Bearing capacity, Fs = 5.60, Meyerhof stress = 206.30 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 2.285, Eccentricity, e/L = 0.0811, Fs-overturning = 3.61

#	GEOGRID Elevation [m]	Length [m]	Type #	CONNECTION Fs-overall (connection strength)	Fs-overall (geogrid strength)	Geogrid strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.20	4.80	1	3.17	1.83	1.833	20.824	1.860	0.0753	100
2	0.80	4.80	3	2.84	1.64	1.644	16.263	1.963	0.0583	100
3	1.40	4.80	3	2.68	1.55	1.549	13.179	2.081	0.0420	100
4	2.20	4.80	3	2.65	1.53	1.531	10.452	2.266	0.0213	100
5	3.00	4.80	3	3.07	1.78	1.776	9.469	2.496	0.0014	100
6	3.80	4.80	2	2.92	1.69	1.691	8.501	2.738	-0.0190	80
7	4.60	4.80	1	2.71	1.57	1.567	7.548	3.013	-0.0414	60
8	5.40	4.80	1	3.54	2.05	2.049	6.849	3.320	-0.0692	60
9	6.20	4.80	1	4.68	2.71	2.706	5.355	3.610	-0.1118	60

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)

Bearing capacity, Fs = 3.53, Meyerhof stress = 281.04 kPa

Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.552, Eccentricity, e/L = 0.1875, Fs-overturning = 2.15

#	GEOGRID Elevation [m]	Length [m]	Type #	CONNECTION Fs-overall (connection strength)	Fs-overall (geogrid strength)	Geogrid strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.20	4.80	3	1.67	1.42	1.419	11.357	1.270	0.1753	100
2	0.80	4.80	3	1.58	1.32	1.322	9.365	1.362	0.1404	100
3	1.40	4.80	3	1.54	1.28	1.278	7.875	1.472	0.1080	100
4	2.20	4.80	3	1.56	1.29	1.290	6.442	1.650	0.0684	100
5	3.00	4.80	3	1.81	1.49	1.493	5.814	1.883	0.0328	100
6	3.80	4.80	2	1.71	1.42	1.417	5.191	2.169	-0.0002	80
7	4.60	4.80	1	1.58	1.31	1.306	4.574	2.536	-0.0320	60
8	5.40	4.80	1	2.04	1.69	1.693	3.979	3.006	-0.0659	60
9	6.20	4.80	1	2.69	2.24	2.236	3.206	3.525	-0.1114	60

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

		STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table does not affect bearing capacity)				
Ultimate bearing capacity, q-ult		1154.7	991.9	[kPa]
Meyerhof stress,	σ_V	206.30	281.0	[kPa]
Eccentricity, e		0.39	0.90	[m]
Eccentricity, e/L		0.081	0.188	
Fs calculated		5.60	3.53	
Base length		4.80	4.80	[m]

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for GEOGRID reinforcements)

Along reinforced soil foundation soils interface: Fs-static = 2.285 and Fs-seismic = 1.552

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.20	4.80	1.860	1.270	3	100
2	0.80	4.80	1.963	1.362	3	100
3	1.40	4.80	2.081	1.472	3	100
4	2.20	4.80	2.266	1.650	3	100
5	3.00	4.80	2.496	1.883	3	100
6	3.80	4.80	2.738	2.169	2	80
7	4.60	4.80	3.012	2.536	1	60
8	5.40	4.80	3.320	3.006	1	60
9	6.20	4.80	3.610	3.525	1	60

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.0811, e/L seismic = 0.1875; Overturning: Fs-static = 3.61, Fs-seismic = 2.15

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.20	4.80	0.0753	0.1753	3	100
2	0.80	4.80	0.0583	0.1404	3	100
3	1.40	4.80	0.0420	0.1080	3	100
4	2.20	4.80	0.0213	0.0684	3	100
5	3.00	4.80	0.0014	0.0328	3	100
6	3.80	4.80	-0.0190	-0.0002	2	80
7	4.60	4.80	-0.0414	-0.0320	1	60
8	5.40	4.80	-0.0692	-0.0659	1	60
9	6.20	4.80	-0.1118	-0.1114	1	60

Copyright ©1998-2011 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302418

RESULTS for STRENGTH Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Tavailable [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic	Product name
1	0.20	47.3	25.83	12.06	N/A	1.833	N/A	1.419	100
2	0.80	47.3	28.80	11.21	N/A	1.644	N/A	1.322	100
3	1.40	47.3	30.57	10.36	N/A	1.549	N/A	1.278	100
4	2.20	47.3	30.93	9.22	N/A	1.531	N/A	1.290	100
5	3.00	47.3	26.67	8.08	N/A	1.776	N/A	1.493	100
6	3.80	37.9	22.40	6.94	N/A	1.691	N/A	1.417	80
7	4.60	28.4	18.13	5.80	N/A	1.567	N/A	1.306	60
8	5.40	28.4	13.87	4.67	N/A	2.049	N/A	1.693	60
9	6.20	28.4	10.50	3.53	N/A	2.706	N/A	2.236	60

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Pullout, Pr [kN/m]	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.20	1.000	25.83	12.06	4.69	0.11	538.0	N/A	20.824	430.4	N/A	11.357
2	0.80	1.000	28.80	11.21	4.36	0.44	468.4	N/A	16.263	374.7	N/A	9.365
3	1.40	1.000	30.57	10.36	4.03	0.77	402.8	N/A	13.179	322.3	N/A	7.875
4	2.20	1.000	30.93	9.22	3.58	1.22	323.3	N/A	10.452	258.7	N/A	6.442
5	3.00	1.000	26.67	8.08	3.14	1.66	252.5	N/A	9.469	202.0	N/A	5.814
6	3.80	1.000	22.40	6.94	2.70	2.10	190.4	N/A	8.501	152.3	N/A	5.191
7	4.60	1.000	18.13	5.80	2.26	2.54	136.9	N/A	7.548	109.5	N/A	4.574
8	5.40	1.000	13.87	4.67	1.81	2.99	92.2	N/A	6.849	73.7	N/A	3.979
9	6.20	1.000	10.50	3.53	1.37	3.43	56.2	N/A	5.355	45.0	N/A	3.206

Copyright ©1998-2011 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302418

RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Connection force, Ta [kN/m]	Reduction factor for connection (short-term strength) CRstr	Reduction factor for connection (long-term strength) CRlt	Available connection strength [kN/m]	Available Geogrid strength; Tavailable [kN/m]	Fs-overall connection strength Specified	Fs-overall connection strength Actual	Fs-overall Geogrid strength Specified	Fs-overall Geogrid strength Actual	Product name
1	0.20	25.8	1.00	0.90	81.8	47.3	N/A	3.17	N/A	1.83	100
2	0.80	28.8	1.00	0.90	81.8	47.3	N/A	2.84	N/A	1.64	100
3	1.40	30.6	1.00	0.90	81.8	47.3	N/A	2.68	N/A	1.55	100
4	2.20	30.9	1.00	0.90	81.8	47.3	N/A	2.65	N/A	1.53	100
5	3.00	26.7	1.00	0.90	81.8	47.3	N/A	3.07	N/A	1.78	100
6	3.80	22.4	1.00	0.90	65.5	37.9	N/A	2.92	N/A	1.69	80
7	4.60	18.1	1.00	0.90	49.1	28.4	N/A	2.71	N/A	1.57	60
8	5.40	13.9	1.00	0.90	49.1	28.4	N/A	3.54	N/A	2.05	60
9	6.20	10.5	1.00	0.90	49.1	28.4	N/A	4.68	N/A	2.71	60

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Connection force, Ta [kN/m]	Reduction factor for connection (short-term strength) CRstr	Reduction factor for connection (long-term strength) CRlt	Available connection strength [kN/m]	Available Geogrid strength; Tavailable [kN/m]	Fs-overall connection strength Specified	Fs-overall connection strength Actual	Fs-overall Geogrid strength Specified	Fs-overall Geogrid strength Actual	Product name
1	0.20	37.9	1.00	0.67	61.4	47.3	N/A	1.67	N/A	1.42	100
2	0.80	40.0	1.00	0.67	61.4	47.3	N/A	1.58	N/A	1.32	100
3	1.40	40.9	1.00	0.67	61.4	47.3	N/A	1.54	N/A	1.28	100
4	2.20	40.2	1.00	0.67	61.4	47.3	N/A	1.56	N/A	1.29	100
5	3.00	34.7	1.00	0.67	61.4	47.3	N/A	1.81	N/A	1.49	100
6	3.80	29.3	1.00	0.67	49.1	37.9	N/A	1.71	N/A	1.42	80
7	4.60	23.9	1.00	0.67	36.8	28.4	N/A	1.58	N/A	1.31	60
8	5.40	18.5	1.00	0.67	36.8	28.4	N/A	2.04	N/A	1.69	60
9	6.20	14.0	1.00	0.67	36.8	28.4	N/A	2.69	N/A	2.24	60

Copyright ©1998-2011 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302418

9.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 9-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	블록식옹벽9에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블록 전면부 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	블록식옹벽9에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 블록 전면부 균열, 이격이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	블록식옹벽9에 대한 점검결과, 블록 전면부 균열 및 파손, 이격이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	블록식옹벽9에 대한 외관조사 결과, 블록 전면부 균열 및 파손, 이격이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	블럭식옹벽9의 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	블록식옹벽9에 대한 외관조사 결과, 블록 전면부 유간불량이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	양호

9.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 9-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

9.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 9-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

9.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 9-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

9.3 현장조사 및 시험

9.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 블럭식옹벽09는 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 181.0m, 지면노출 높이 9.3m의 1단 보강토 옹벽이다.

<표 9-7> 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">RW2017-0000076</td><td>관리번호</td><td>SY RW9</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">블럭식옹벽09</td><td>시설물구분</td><td>2종 시설물</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 군위군 부계면 창평리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">종점 : 36° 10′35.3″ 128° 65′39.8″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 15′87.9″ 128° 57′03.9″</td></tr>
<tr><td>노선명(이정)</td><td colspan="4">고속국도 301호선 51.200~51.378km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td>보강토</td><td>옹벽재료</td><td>블록식</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>181.0m</td><td>지면노출
높 이</td><td>9.3m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td>-</td><td>저 판 폭
길 이</td><td>-</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>옹벽상부</td><td colspan="3">상주영천고속도로 본선</td></tr>
<tr><td>옹벽하부</td><td colspan="3">농경지</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td><td>시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 10개구간(S1~S10)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 9-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	3.0	6	100.0~120.0m	120.0	5.4
2	20.0~40.0m	40.0	6.0	7	120.0~140.0m	140.0	4.4
3	40.0~60.0m	60.0	6.2	8	140.0~160.0m	160.0	9.3
4	60.0~80.0m	80.0	5.4	9	160.0~180.0m	180.0	9.3
5	80.0~100.0m	100.0	5.5	10	180.0~181.0m	181.0	1.0

<표 9-9> 보강토 옹벽의 조사항목

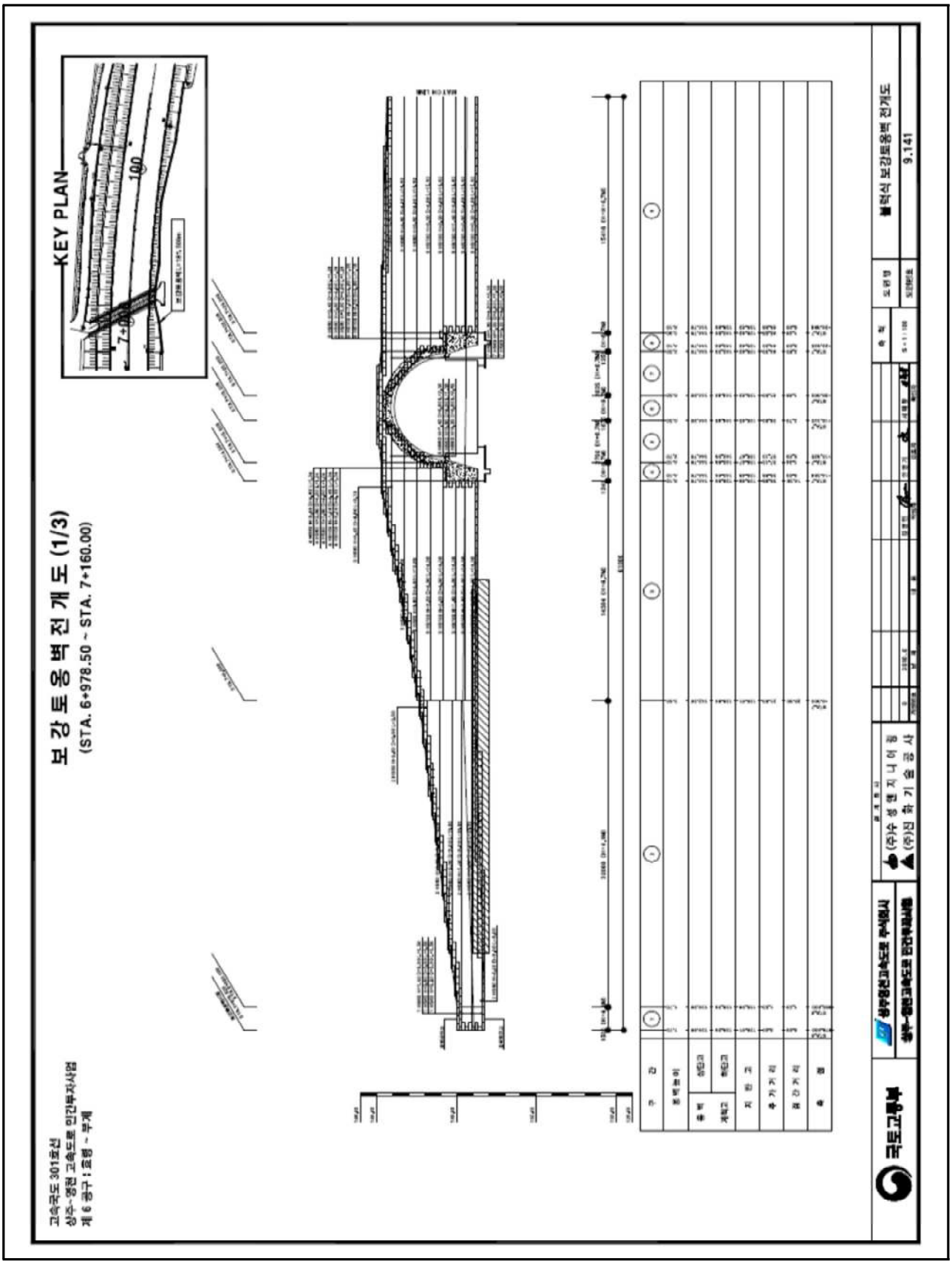
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록함.

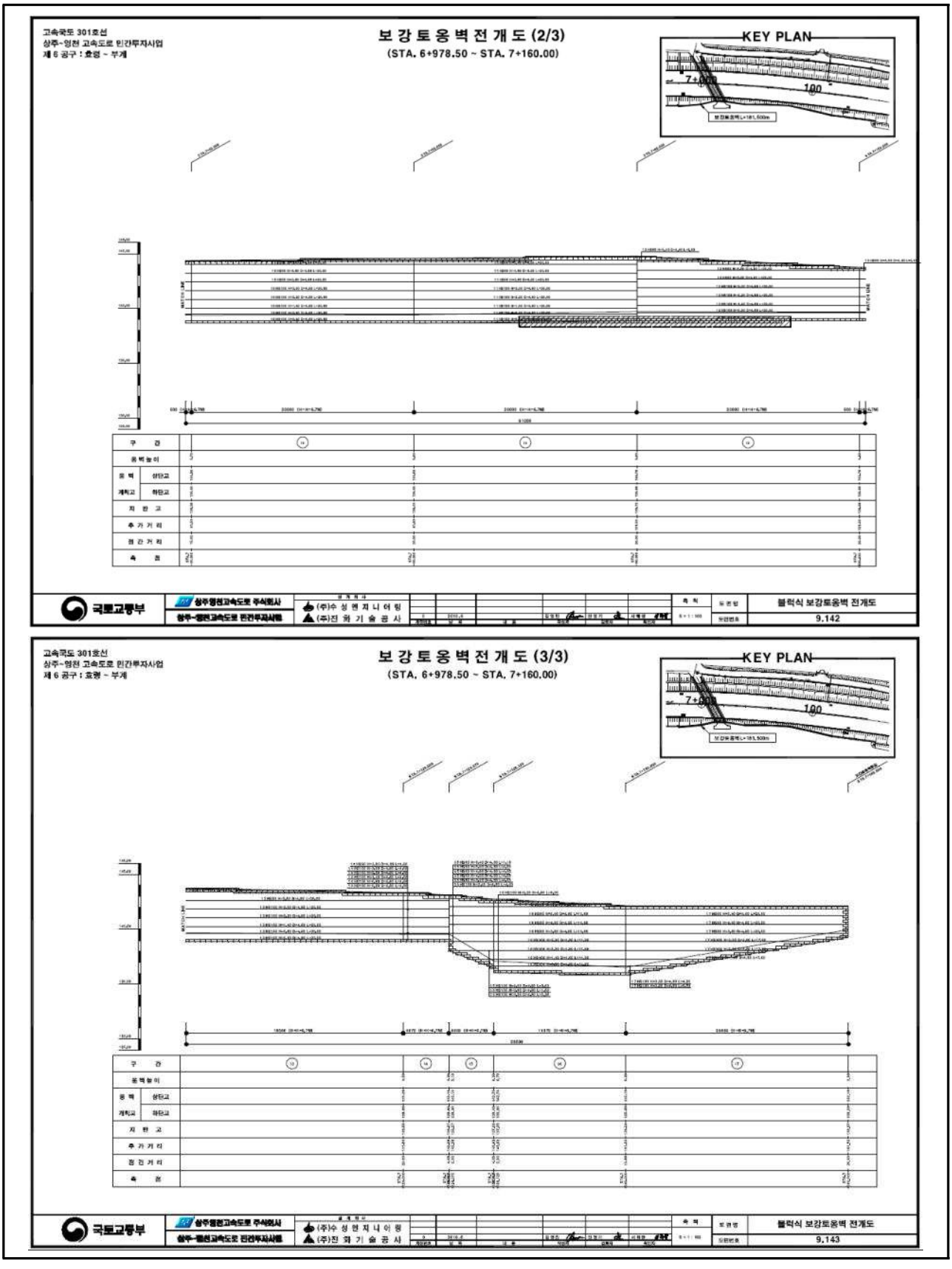
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 9-2> 전개도


고속국도 301호선
상주-영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (2/3)
(STA. 6+978.50 ~ STA. 7+160.00)
KEY PLAN
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주-영천고속도로 민간투자사업
(주)수 성 엔 지 니 어 링
(주)진 화 기 술 공 사
블럭식 보강토옹벽 전개도
9.142
고속국도 301호선
상주-영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계
보 강 토 옹 벽 전 개 도 (3/3)
(STA. 6+978.50 ~ STA. 7+160.00)
KEY PLAN
국토교통부
상주영천고속도로 주식회사
상주-영천고속도로 민간투자사업
(주)수 성 엔 지 니 어 링
(주)진 화 기 술 공 사
블럭식 보강토옹벽 전개도
9.143

<그림 9-2> 전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 성토부 전경

9.3.2 조사결과

가. 전면부

본 보강토 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

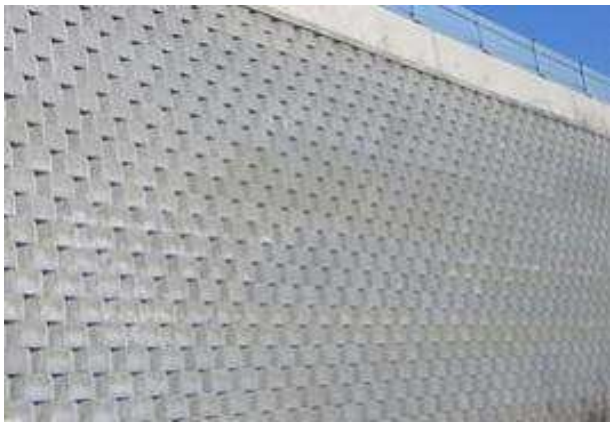
	
전면부 전경 및 손상이 없는 상태	전면부 전경 및 손상이 없는 상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 9-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 9-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 9-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

본 보강토 옹벽의 주변영향인자에 대하여 배수시설 손상, 사면구배, 낙석흔적, 침출수 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

1) 배수시설

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 정면부 하부배수로의 경우 손상이없는 양호한 상태로 조사되었다.




하부배수로 시공상태 및 손상 없는 상태

<표 9-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 보강토 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.



성토부 상태 현황



성토부 상태 현황

<표 9-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

9.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 9-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

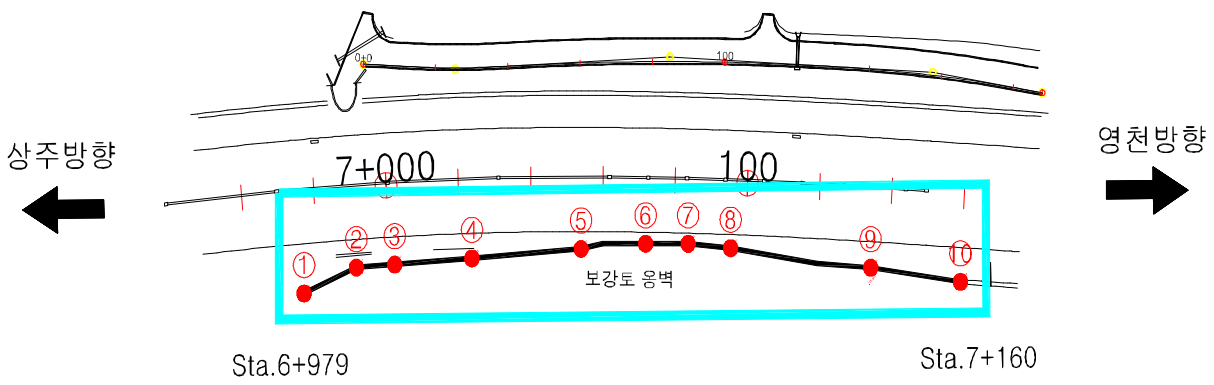
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 9-16> 기울기 측정결과

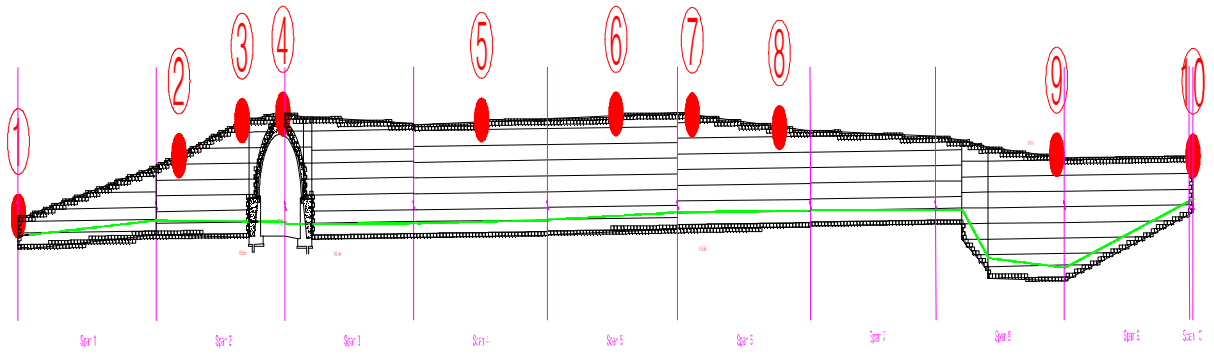
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	60m	88.0°	88.5°	비진행성, 2%미만
2	100m	87.0°	88.3°	비진행성, 2%미만
3	140m	88.0°	89.1°	비진행성, 2%미만
4	180m	87.0°	89.2°	비진행성, 2%미만

<표 9-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	389714.7	168681.9	139.988	⑥	389654.9	168758.5	145.522
②	389708.5	168697.0	144.515	⑦	389646.5	168767.1	145.554
③	389701.6	168705.4	144.465	⑧	389637.3	168774.8	144.971
④	389687.1	168721.6	143.949	⑨	389606.2	168799.4	142.137
⑤	389667	168744.9	145.101	⑩	389585.9	168814.8	141.772



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 9-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

9.4 안전성능 평가

9.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 9-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 9-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 9-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

구간	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 및 손상	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 결과
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	a
									상태안전성능 평가 결과					A	

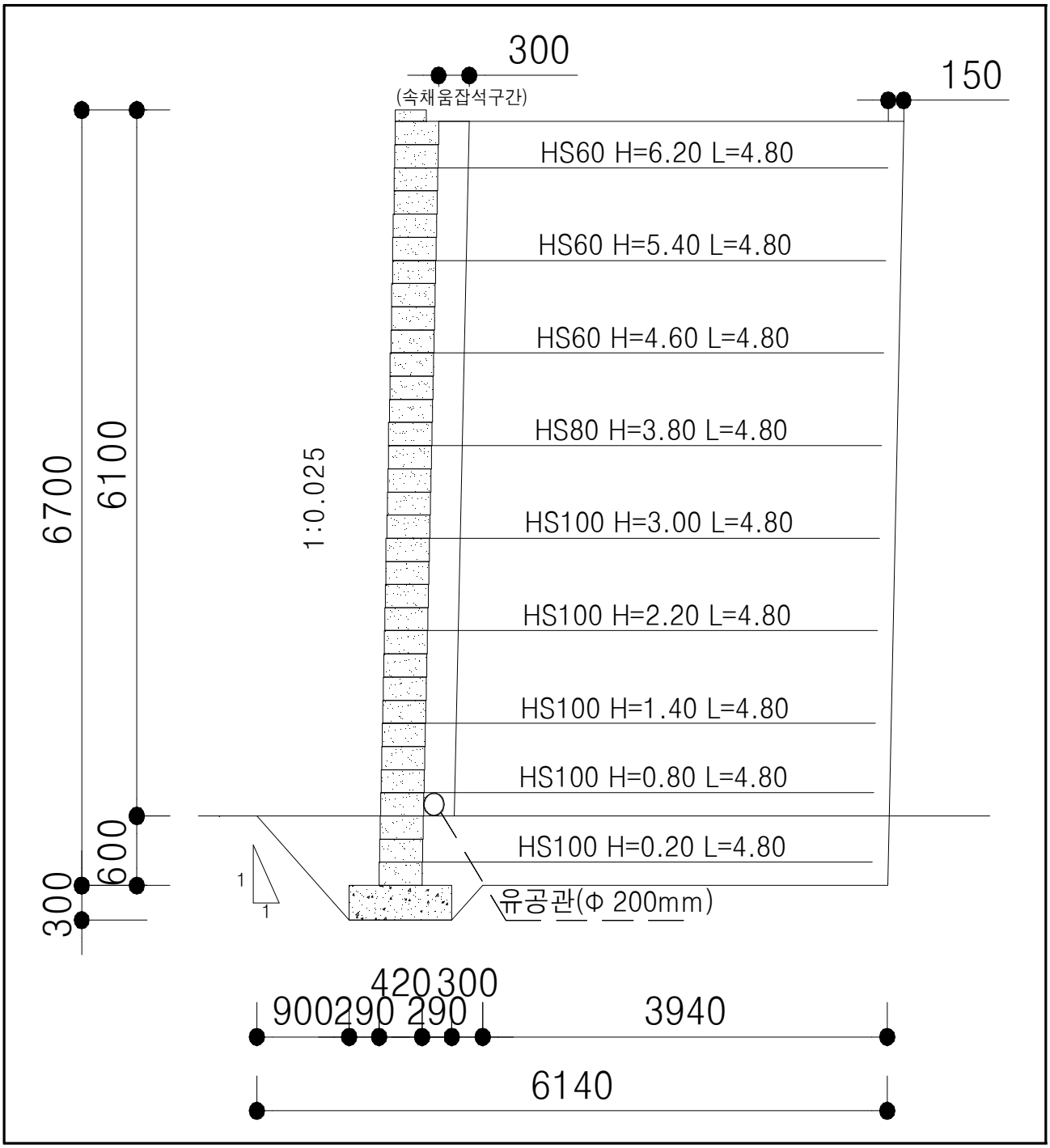
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

9.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 9-4> 검토단면도

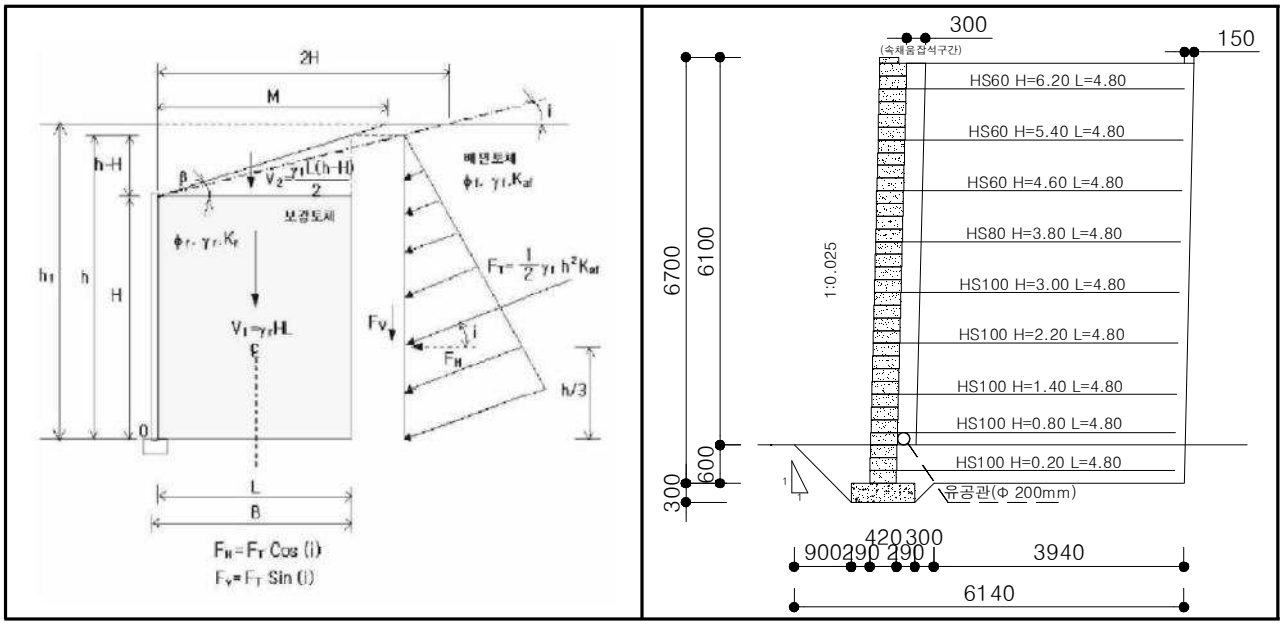
다. 지반정수

<표 9-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎥)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	20	0	30	
성토층	20	0	40	
기초	19	20	28	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



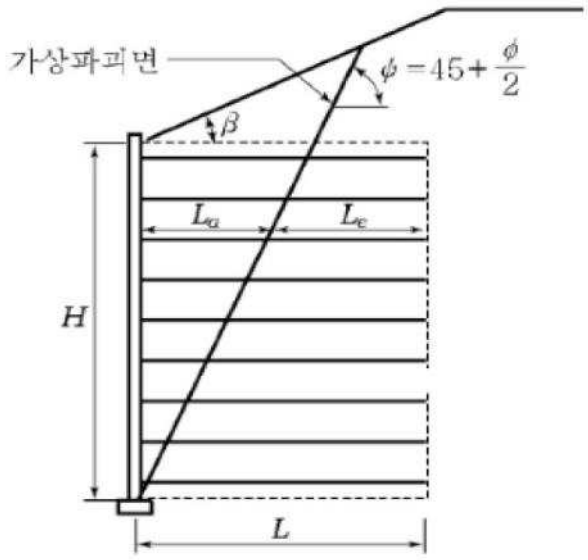
<그림 9-5> 검토단면도

2) 검토조건

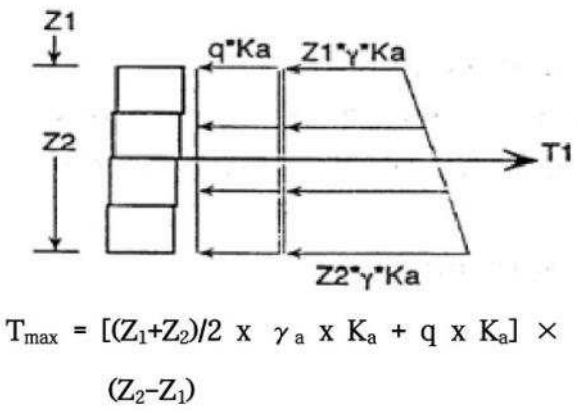
- 벽체높이 H(m) = 6.10m h1(m) = 7.00 2h(m) = 14.00
- 보강재의 길이 Lbot(m) = 4.80 , Lup(M) = 4.80
- 상부사면의 경사 β(°) = 34, h-H=2.06
- 상재하중 q(kN/㎡) = 15.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.333$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



$T_{max} = [(Z_1+Z_2)/2 \times \gamma_a \times K_a + q \times K_a] \times (Z_2-Z_1)$

각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 9-6> 토압작용 모식도

2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2) =$ 0.252

3) 보강재

<표 9-22> 보강재의 설계인장강도

보강재 최대인장강도	150kN/m	100kN/m	80kN/m	60kN/m	비 고
보강재의 설계인장강도(Td)	75.00	50.00	40.00	30.00	구조계산서 참조

바. 검토결과

<표 9-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분			검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
			상시	상시	
외적 안정	활 동	평상시	2.29	1.5	O.K
		지진시	1.55	1.1	O.K
	전 도	평상시	3.61	1.5	O.K
		지진시	2.15	1.5	O.K
	지지력	평상시	5.60	2.5	O.K
		지진시	3.53	2.0	O.K
내적 안정	파 단	평상시	1.53	1.0	O.K
		지진시	1.29	1.0	O.K
	인 발	평상시	5.36	1.0	O.K
		지진시	3.21	1.0	O.K

사. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 9-24> 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	평상시	2.29	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.55	a	
	전 도	평상시	3.61	a	평상시 안전율 적용
		지진시	2.15	a	
	지지력	평상시	5.60	a	평상시 안전율 적용
		지진시	3.53	a	
내적 안정	파 단	평상시	1.53	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.29	a	
	인 발	평상시	5.36	a	평상시 안전율 적용
		지진시	3.21	a	
구조안전성능 평가 결과			· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

9.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 9-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	블럭식옹벽09		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.00	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 9-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

9.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

9.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 9-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.

② 측정결과

옹벽의 재료시험 기준에 의해 4개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다. 설계자료에 기준강도자료가 없는 상태로, 근처 공구의 옹벽 설계기준강도를 참조하여 결과를 작성하였다.

<표 9-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			일본재료학회	일본건축학회		일본재료학회	일본건축학회	
전면부	S3	47.6	27.6	28.5	0.65	102.2	105.6	27.0
	S4	49.6	29.2	29.4	0.65	108.1	108.9	
	S5	48.0	27.9	28.7	0.65	103.3	106.3	
	S7	51.9	31.1	30.5	0.65	115.2	113.0	

※ 표면손상이 없으므로 건전부에서만 측정

<표 9-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	일본재료학회	일본건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	102.2	105.6	-	a	-	27.0
S3 건전부	108.1	108.9	-	a	-	
S5 건전부	103.3	106.3	-	a	-	
S7 건전부	115.2	113.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 9-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 부계면 창평리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※ 인접 도시인 구미시의 기상청 자료로 평가함

9.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 9-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	-
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	-
	비래염분 염해환경	0.08	A	-
	동해환경	0.08	A	-

9.6 종합평가

9.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 9-7> 종합평가 흐름도

9.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 9-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 9-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	블럭식옹벽09			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 9-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

9.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

9.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 9-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

9.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 9-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

9.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하는 "A등급"인 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 9-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		상태양호	주의관찰	현상유지
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 상회하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 9-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	손상 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	상태양호	-	-	-	-	-
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
상부성토부	상태양호	-	-	-	-	-
기초부	상태양호	-	-	-	-	-
순 공사비(천원)						**0**
재 경 비(천원)						**0**
총 공사비(천원)						**0**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 9-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	손상 물량	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

9.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 9.3m를 보이며, 총 연장은 L=181.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B등급"으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하는 "A등급" 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제10장 패널식옹벽10

10.1 대상 시설물 현황

10.2 관련 자료의 분석

10.3 현장조사 및 시험

10.4 안전성능 평가

10.5 내구성능 평가

10.6 종합평가

10.7 유지관리 전략 제안

10.8 종합결론

제10장 패널식옹벽10

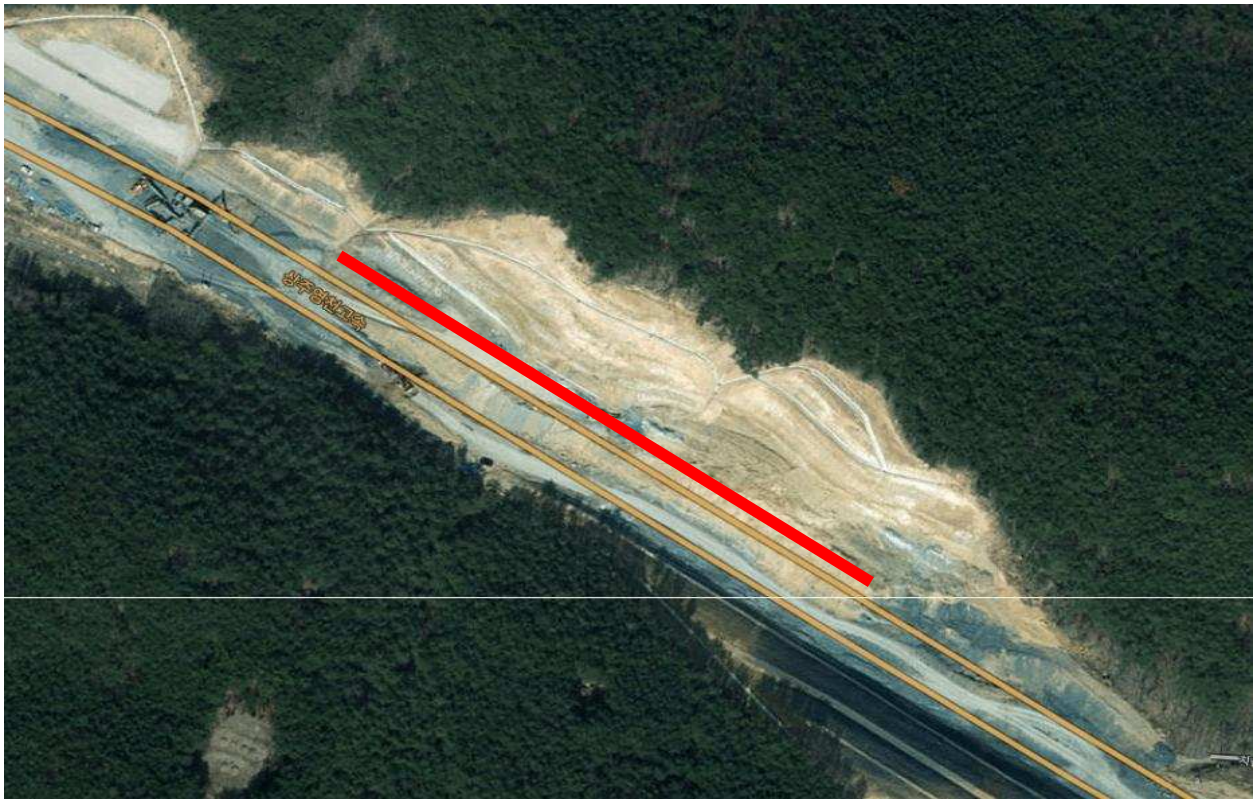
10.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리(상주영천고속도로 54.472~54.673km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 201.0m, 지면노출높이 27.5m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 10-1> 시설물 현황(패널식옹벽10)

시설물 번호	RW2017-0000077		**관리번호**	SY RW10
시설물명	패널식옹벽10		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 군위군 부계면 가호리		
	위치좌표	시점 : 36° 08′60.4″ 128° 67′89.8″		
		종점 : 36° 08′48.2″ 128° 68′11.7″		
	관리이정	고속국도 301호선 54.472~54.673km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	201.0m	지면 노출높이(m)	27.5m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	자연사면		
	옹벽 하부	상주영천고속도로 본선		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	지에스건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 10-1> 대상 시설물 현황도

10.2 관련 자료의 분석

10.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 10-2> 유지관리 관련자료 현황

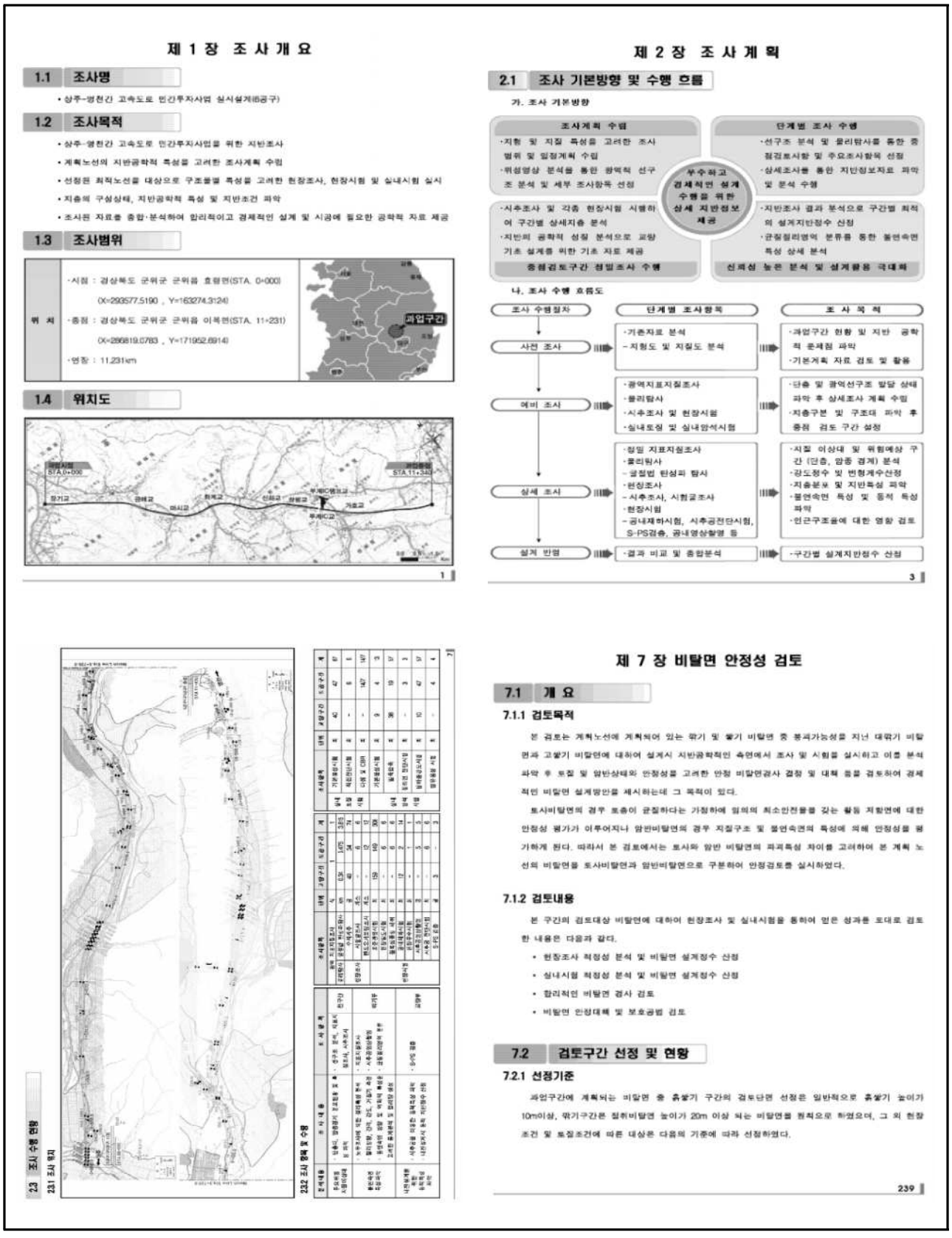
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	일부 보유 일부보유 일부보유 일부보유 - - -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		일부보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

10.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 붕적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대 쌓기고	지층현황	조사내용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
쌓기구간	쌓기1구간	0+340 ~2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	풍화토층 풍화암층 연암층	CBB-1 참조	0+357 (우 24.0)	
	쌓기2구간	2+740 ~3+840	1,100	2+960(영천방향)	8.2m	매립층 충적층 풍화토층 풍화암층 연암층	SBB-5	2+952 (우 2.0)	
	쌓기3구간	3+855 ~4+895	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	매립층 충적층 풍화암층	SBB-12	4+774 (우 14.0)	
	쌓기4구간	4+940 ~5+647	1,707	4+960(영천방향)	14.0m	매립층 충적층 풍화토층 풍화암층	BBB-26	4+931 (좌 6.0)	
	쌓기5구간	6+663 ~7+257	594	7+240(상주방향)	10.7m	잔류토층 풍화토층 풍화암층	BBB-29	7+259	
	쌓기6구간	7+290 ~8+080	790	7+460(영천방향)	9.7m	매립층 충적층 풍화토층 풍화암층	BBB-30	7+297	
	쌓기7구간	8+110 ~8+680	600	8+680(영천방향)	14.2m	매립층 충적층 풍화토층 풍화암층 연암층	BBB-35	8+713 (좌 7.0)	

7.6.3 암반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 깎기 경사 평가 및 검토를 암석별 깎기 적정경사 기준으로 실시하면 다음 표와 같다.

[암반 파쇄 상태에 따른 깎기비탈면 경사 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					적용 사례
				암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 경사	RQD에 의한 경사	
깎기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 2구간	지방도919호선 0-040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 4구간	8+860 ~9+340	상주방향	CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
깎기 9구간	10+380 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깎기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깎기 12구간	11+080 ~11+220	영천방향	CBB-17	사암 및 니질암	31~100	0~97	1:0.5	1:0.7	1:0.7

7.6 비탈면 안정해석 및 검토

7.6.1 개요

가. 깎기구간

본 지역에서의 깎기비탈면 안정해석은 깎기구간 중 깎기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 평사투영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 깎기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 건기시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 암반파쇄 상태에 의한 깎기 경사는 암석별 깎기 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사투영법으로 불연속면의 주향 및 경사방향을 구간별 투영으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. RQD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 풍화암과 같은 특성으로 고려될 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면을 따라 파괴하기 보다는 원호활동 파괴의 경향을 보이므로 풍화암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 쌓기구간

본 쌓기구간은 산지지형 말단부의 편측쌓기와 곡간형태의 충적층 지역에 대한 쌓기로서 전답토로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파악 및 연약지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으며, 강도정수는 쌓기지역의 지반강도정수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위기 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

■ 지반조사 위치도

1. 위치도

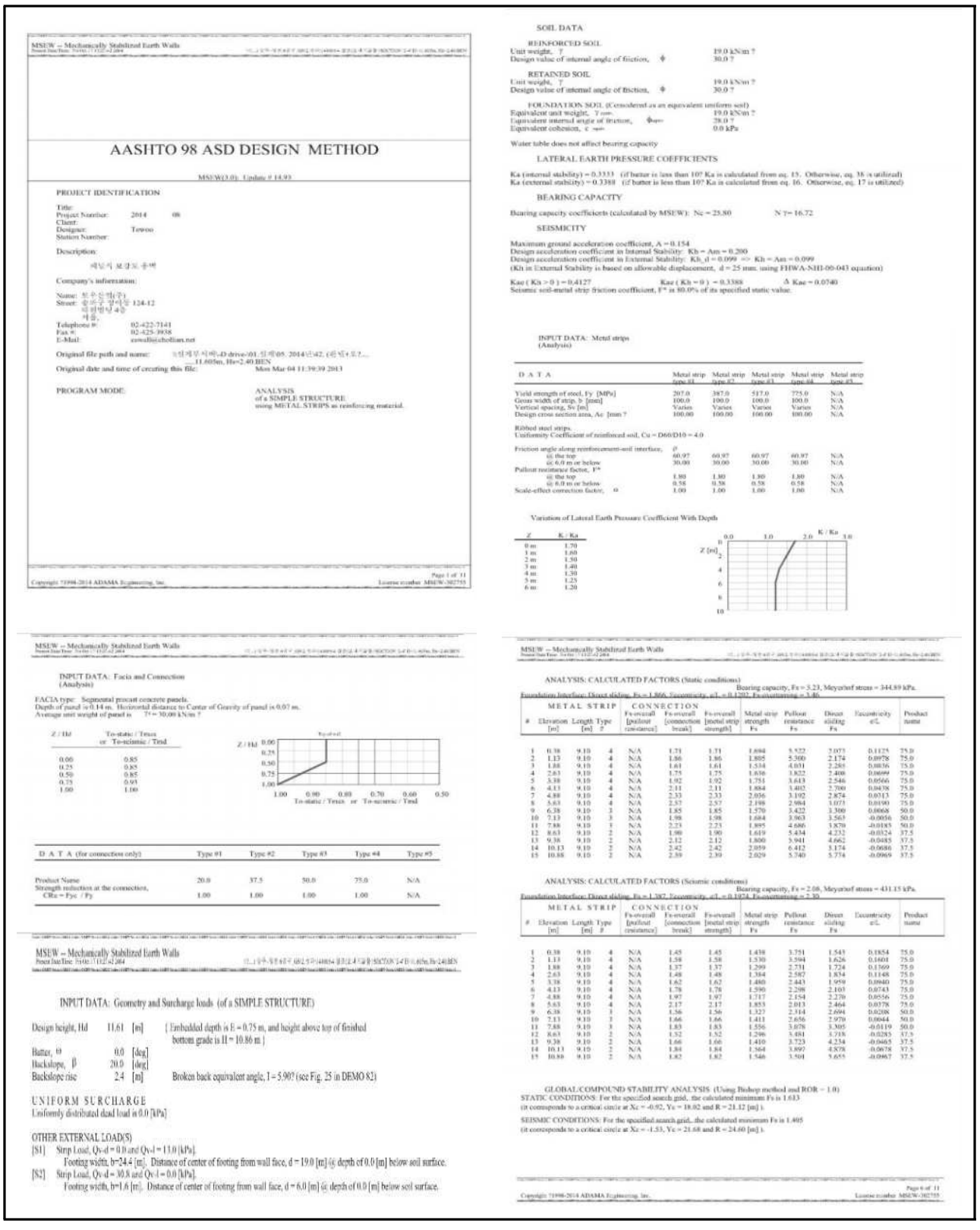


2. 수량

조사항목		단위	과업구간	토공구간	계	조사항목		단위	과업구간	토공구간	계
광역 지표지질조사		식		1	1	실내 토질 시험	기본물성시험	회	40	47	87
물리 탐사	굴절법 탄성파탐사	km	0.34	3.475	3.815		직접전단시험	회	-	6	6
현장 조사	수격사초	공	40	38	78		다짐 및 CBR	회	-	14/7	14/7
	시험굴조사	개소	-	6	6	실내 암석 시험	압축강도/물성	회	38/9	19/4	57/13
	핸드오거보링조사	개소	-	12	12		절리면 전단시험	회	-	3	3
현장 시험	표준관입시험	회	159	149	308		점하중강도시험	회	10	47	57
	현장밀도시험	회	-	6	6		암우물성 시험	회	-	4	4
	원위치전단시험	회	-	6	6						
	주개계하시험	회	12	2	14						
	현장투수시험	회	-	1	1						
	시추공영상촬영	공	-	5	5						
	시추공 전단시험	회	-	6	6						
	S-PS 검층	공	3	-	3						

10.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제6공구 : 효령~부계, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD

MSEW(3.0); Update # 14.93

PROJECT IDENTIFICATION

Title:
Project Number: 2014 08
Client:
Designer: Tewoo
Station Number:

Description:

Company's information:

Name:
Street: 124-12
Telephone #: 02-422-7141
Fax #: 02-425-3938
E-Mail: cswalli@chollian.net

Original file path and name: 11.605m, Hs=2.40.BEN
Original date and time of creating this file: Mon Mar 04 11:39:39 2013

PROGRAM MODE: ANALYSIS of a SIMPLE STRUCTURE using METAL STRIPS as reinforcing material.

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. Page 1 of 11 License number: MSEW-302755

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ 30.0°

RETAINED SOIL
Unit weight, γ 19.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ 30.0°

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γ 19.0 kN/m³
Equivalent internal angle of friction, φeq= 28.0°
Equivalent cohesion, c 0.0 kPa

Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

Ka (internal stability) = 0.3333 (if batter is less than 10° Ka is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized)
Ka (external stability) = 0.3388 (if batter is less than 10° Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nc = 25.80 N γ= 16.72

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Am = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.099 => Kh = Am = 0.099
(Kh in External Stability is based on allowable displacement, d = 25 mm, using FHWA-NHI-00-043 equation)

Kae (Kh > 0) = 0.4127 Kae (Kh = 0) = 0.3388 Δ Kae = 0.0740
Seismic soil-metal strip friction coefficient, F* is 80.0% of its specified static value.

INPUT DATA: Metal strips
(Analysis)

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	207.0	387.0	517.0	775.0	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	100.0	100.0	100.0	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	Varies	Varies	Varies	N/A
Design cross section area, Ac [mm²]	100.00	100.00	100.00	100.00	N/A
Ribbed steel strips.					
Uniformity Coefficient of reinforced soil, Cu = D60/D10 = 4.0					
Friction angle along reinforcement-soil interface, φ					
@ the top	60.97	60.97	60.97	60.97	N/A
@ 6.0 m or below	30.00	30.00	30.00	30.00	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	1.80	1.80	1.80	1.80	N/A
@ 6.0 m or below	0.58	0.58	0.58	0.58	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.50
3 m	1.40
4 m	1.30
5 m	1.25
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Facia and Connection
(Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel = 0.14 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
Average unit weight of panel is γ = 30.00 kN/m³

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	0.85
0.25	0.85
0.50	0.85
0.75	0.93
1.00	1.00

D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	20.0	37.5	50.0	75.0	N/A
Strength reduction at the connection, CRu = Fyc / Fy	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 11.61 [m] { Embedded depth is E = 0.75 m, and height above top of finished bottom grade is H = 10.86 m }
Batter, θ 0.0 [deg]
Backslope, β 20.0 [deg]
Backslope rise 2.4 [m] Broken back equivalent angle, I = 5.90° (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa]

OTHER EXTERNAL LOAD(S)
[S1] Strip Load, Qv-d = 0.0 and Qv-l = 13.0 [kPa].
Footing width, b=24.4 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 19.0 [m] @ depth of 0.0 [m] below soil surface.
[S2] Strip Load, Qv-d = 30.8 and Qv-l = 0.0 [kPa].
Footing width, b=1.6 [m]. Distance of center of footing from wall face, d = 6.0 [m] @ depth of 0.0 [m] below soil surface.

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)
Bearing capacity, Fs = 3.23, Meyerhof stress = 344.89 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.866, Eccentricity, e/L = 0.1202, Fs overturning = 3.46.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type β	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.71	1.71	1.694	5.522	7.073	0.1125	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.86	1.86	1.805	5.360	2.174	0.0978	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.61	1.61	1.534	4.031	2.285	0.0836	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.75	1.75	1.656	3.822	2.408	0.0699	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.92	1.92	1.751	3.613	2.546	0.0566	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	2.11	2.11	1.884	3.402	2.700	0.0438	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	2.33	2.33	2.036	3.192	2.874	0.0313	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.57	2.57	2.198	2.984	3.073	0.0190	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.85	1.85	1.570	3.422	3.300	0.0068	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.98	1.98	1.684	3.963	3.563	-0.0036	50.0
11	7.88	9.10	3	N/A	2.23	2.23	1.895	4.686	3.870	-0.0183	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.90	1.90	1.619	5.434	4.232	-0.0324	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	2.12	2.12	1.800	3.941	4.662	-0.0485	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	2.42	2.42	2.059	6.412	5.174	-0.0686	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	2.59	2.59	2.029	5.740	5.774	-0.0969	37.5

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)
Bearing capacity, Fs = 2.08, Meyerhof stress = 431.15 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.387, Eccentricity, e/L = 0.1074, Fs overturning = 2.39.

#	Elevation [m]	Length [m]	Type β	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	9.10	4	N/A	1.45	1.45	1.438	3.751	1.545	0.1854	75.0
2	1.13	9.10	4	N/A	1.58	1.58	1.530	3.594	1.626	0.1601	75.0
3	1.88	9.10	4	N/A	1.37	1.37	1.299	2.731	1.724	0.1369	75.0
4	2.63	9.10	4	N/A	1.48	1.48	1.384	2.587	1.834	0.1148	75.0
5	3.38	9.10	4	N/A	1.62	1.62	1.480	2.443	1.959	0.0940	75.0
6	4.13	9.10	4	N/A	1.78	1.78	1.590	2.298	2.103	0.0743	75.0
7	4.88	9.10	4	N/A	1.97	1.97	1.717	2.154	2.270	0.0556	75.0
8	5.63	9.10	4	N/A	2.17	2.17	1.853	2.013	2.464	0.0378	75.0
9	6.38	9.10	3	N/A	1.56	1.56	1.327	2.314	2.694	0.0208	50.0
10	7.13	9.10	3	N/A	1.66	1.66	1.411	2.656	2.979	0.0044	50.0
11	7.88	9.10	3	N/A	1.83	1.83	1.556	3.078	3.305	-0.0119	50.0
12	8.63	9.10	2	N/A	1.52	1.52	1.296	3.481	3.718	-0.0285	37.5
13	9.38	9.10	2	N/A	1.66	1.66	1.410	3.723	4.234	-0.0465	37.5
14	10.13	9.10	2	N/A	1.84	1.84	1.564	3.892	4.878	-0.0678	37.5
15	10.88	9.10	2	N/A	1.82	1.82	1.546	3.501	5.655	-0.0967	37.5

GLOBAL/COMPOUND STABILITY ANALYSIS (Using Bishop method and ROR = 1.0)
STATIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.633
(it corresponds to a critical circle at Xc = -0.92, Yc = 18.02 and R = 21.12 [m]).

SEISMIC CONDITIONS: For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.405
(it corresponds to a critical circle at Xc = -1.53, Yc = 21.68 and R = 24.60 [m]).

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. Page 6 of 11 License number: MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for METAL STRIPS reinforcements)

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.866 and Fs-seismic = 1.387

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	2.073	1.543	4	75.0
2	1.13	9.10	2.174	1.626	4	75.0
3	1.88	9.10	2.285	1.724	4	75.0
4	2.63	9.10	2.408	1.834	4	75.0
5	3.38	9.10	2.546	1.959	4	75.0
6	4.13	9.10	2.700	2.103	4	75.0
7	4.88	9.10	2.874	2.270	4	75.0
8	5.63	9.10	3.073	2.464	4	75.0
9	6.38	9.10	3.300	2.694	3	50.0
10	7.13	9.10	3.563	2.970	3	50.0
11	7.88	9.10	3.870	3.305	3	50.0
12	8.63	9.10	4.232	3.718	2	37.5
13	9.38	9.10	4.662	4.234	2	37.5
14	10.13	9.10	5.174	4.878	2	37.5
15	10.88	9.10	5.774	5.655	2	37.5

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT (for Simplified Method)

At interface with foundation: e/L static = 0.1202, e/L seismic = 0.1974; Overturning: Fs-static = 3.46, Fs-seismic = 2.30

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	9.10	0.1125	0.1854	4	75.0
2	1.13	9.10	0.0978	0.1601	4	75.0
3	1.88	9.10	0.0836	0.1369	4	75.0
4	2.63	9.10	0.0699	0.1148	4	75.0
5	3.38	9.10	0.0566	0.0940	4	75.0
6	4.13	9.10	0.0438	0.0743	4	75.0
7	4.88	9.10	0.0313	0.0556	4	75.0
8	5.63	9.10	0.0190	0.0378	4	75.0
9	6.38	9.10	0.0068	0.0208	3	50.0
10	7.13	9.10	-0.0056	0.0044	3	50.0
11	7.88	9.10	-0.0185	-0.0119	3	50.0
12	8.63	9.10	-0.0324	-0.0285	2	37.5
13	9.38	9.10	-0.0485	-0.0465	2	37.5
14	10.13	9.10	-0.0686	-0.0678	2	37.5
15	10.88	9.10	-0.0969	-0.0967	2	37.5

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Note: Actual Fs-overall = (Yield stress) / (Actual stress)] For Simplified Method
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength FyEs/RcSh [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.167	0.600	129.2	76.27	13.55	N/A	1.694	N/A	1.438
2	1.13	0.167	0.600	129.2	71.55	12.66	N/A	1.805	N/A	1.530
3	1.88	0.133	0.750	103.3	67.36	12.18	N/A	1.534	N/A	1.299
4	2.63	0.133	0.750	103.3	63.18	11.49	N/A	1.636	N/A	1.384
5	3.38	0.133	0.750	103.3	59.00	10.80	N/A	1.751	N/A	1.480
6	4.13	0.133	0.750	103.3	54.86	10.12	N/A	1.884	N/A	1.590
7	4.88	0.133	0.750	103.3	50.74	9.43	N/A	2.036	N/A	1.717
8	5.63	0.133	0.750	103.3	47.02	8.74	N/A	2.198	N/A	1.853
9	6.38	0.133	0.750	68.9	43.91	8.05	N/A	1.570	N/A	1.327
10	7.13	0.133	0.750	68.9	40.93	7.93	N/A	1.684	N/A	1.411
11	7.88	0.133	0.750	68.9	36.38	7.93	N/A	1.895	N/A	1.556
12	8.63	0.133	0.750	51.6	31.88	7.93	N/A	1.619	N/A	1.296
13	9.38	0.133	0.750	51.6	28.67	7.93	N/A	1.800	N/A	1.410
14	10.13	0.133	0.750	51.6	25.07	7.93	N/A	2.059	N/A	1.564
15	10.88	0.133	0.750	51.6	25.44	7.93	N/A	2.029	N/A	1.546

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Rc=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.167	76.27	13.55	8.87	0.23	421.1	N/A	5.522	336.9	N/A	3.751
2	1.13	0.167	71.55	12.66	8.42	0.68	379.2	N/A	5.300	303.3	N/A	3.594
3	1.88	0.133	67.36	12.18	7.97	1.13	271.5	N/A	4.031	217.2	N/A	2.731
4	2.63	0.133	63.18	11.49	7.52	1.58	241.5	N/A	3.822	193.2	N/A	2.587
5	3.38	0.133	59.00	10.80	7.07	2.03	213.2	N/A	3.613	170.5	N/A	2.443
6	4.13	0.133	54.86	10.12	6.62	2.48	186.6	N/A	3.402	149.3	N/A	2.298
7	4.88	0.133	50.74	9.43	6.17	2.93	162.0	N/A	3.192	129.6	N/A	2.154
8	5.63	0.133	47.02	8.74	5.72	3.38	140.3	N/A	2.984	112.3	N/A	2.015
9	6.38	0.133	43.91	8.05	5.27	3.83	150.3	N/A	3.422	120.2	N/A	2.314
10	7.13	0.133	40.93	7.93	5.19	3.91	162.2	N/A	3.963	129.8	N/A	2.656
11	7.88	0.133	36.38	7.93	5.19	3.91	170.5	N/A	4.086	136.4	N/A	3.078
12	8.63	0.133	31.88	7.93	5.19	3.91	173.2	N/A	5.434	138.6	N/A	3.491
13	9.38	0.133	28.67	7.93	5.19	3.91	170.3	N/A	5.941	136.3	N/A	3.723
14	10.13	0.133	25.07	7.93	5.19	3.91	160.7	N/A	6.412	128.6	N/A	3.897
15	10.88	0.133	25.44	7.93	5.19	3.91	146.0	N/A	5.740	116.8	N/A	3.501

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Ofb	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip Long-term strength [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	75.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.71	N/A	1.71	75.0
2	1.13	0.167	0.600	69.5	1.00	129.2	129.2	N/A	1.86	N/A	1.86	75.0
3	1.88	0.133	0.750	64.1	1.00	103.3	103.3	N/A	1.61	N/A	1.61	75.0
4	2.63	0.133	0.750	58.9	1.00	103.3	103.3	N/A	1.75	N/A	1.75	75.0
5	3.38	0.133	0.750	53.8	1.00	103.3	103.3	N/A	1.92	N/A	1.92	75.0
6	4.13	0.133	0.750	49.0	1.00	103.3	103.3	N/A	2.11	N/A	2.11	75.0
7	4.88	0.133	0.750	44.3	1.00	103.3	103.3	N/A	2.33	N/A	2.33	75.0
8	5.63	0.133	0.750	40.2	1.00	103.3	103.3	N/A	2.57	N/A	2.57	75.0
9	6.38	0.133	0.750	37.3	1.00	68.9	68.9	N/A	1.85	N/A	1.85	50.0
10	7.13	0.133	0.750	34.8	1.00	68.9	68.9	N/A	1.98	N/A	1.98	50.0
11	7.88	0.133	0.750	30.9	1.00	68.9	68.9	N/A	2.23	N/A	2.23	50.0
12	8.63	0.133	0.750	27.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.90	N/A	1.90	37.5
13	9.38	0.133	0.750	24.4	1.00	51.6	51.6	N/A	2.12	N/A	2.12	37.5
14	10.13	0.133	0.750	21.3	1.00	51.6	51.6	N/A	2.42	N/A	2.42	37.5
15	10.88	0.133	0.750	21.6	1.00	51.6	51.6	N/A	2.39	N/A	2.39	37.5

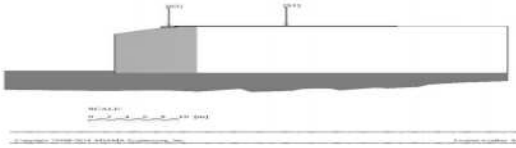
RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, Ofb	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip Long-term strength [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.167	0.600	88.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.45	N/A	1.45	75.0
2	1.13	0.167	0.600	81.9	1.00	129.2	129.2	N/A	1.58	N/A	1.58	75.0
3	1.88	0.133	0.750	75.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.37	N/A	1.37	75.0
4	2.63	0.133	0.750	69.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.48	N/A	1.48	75.0
5	3.38	0.133	0.750	63.7	1.00	103.3	103.3	N/A	1.62	N/A	1.62	75.0
6	4.13	0.133	0.750	58.0	1.00	103.3	103.3	N/A	1.78	N/A	1.78	75.0
7	4.88	0.133	0.750	52.6	1.00	103.3	103.3	N/A	1.97	N/A	1.97	75.0
8	5.63	0.133	0.750	47.6	1.00	103.3	103.3	N/A	2.17	N/A	2.17	75.0
9	6.38	0.133	0.750	44.2	1.00	68.9	68.9	N/A	1.56	N/A	1.56	50.0
10	7.13	0.133	0.750	41.5	1.00	68.9	68.9	N/A	1.66	N/A	1.66	50.0
11	7.88	0.133	0.750	37.7	1.00	68.9	68.9	N/A	1.83	N/A	1.83	50.0
12	8.63	0.133	0.750	33.8	1.00	51.6	51.6	N/A	1.52	N/A	1.52	37.5
13	9.38	0.133	0.750	31.1	1.00	51.6	51.6	N/A	1.66	N/A	1.66	37.5
14	10.13	0.133	0.750	28.0	1.00	51.6	51.6	N/A	1.84	N/A	1.84	37.5
15	10.88	0.133	0.750	28.4	1.00	51.6	51.6	N/A	1.82	N/A	1.82	37.5

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT



GLOBAL/COMPOUND STABILITY ANALYSIS (Using Bishop method and FOS = 1.0)

A horizontal seismic coefficient, K=(a/g)*(A_r), equal to 0.077, has been applied.
The seismic force is applied at the center of the sliding mass.

STATIC CONDITION:
For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.913
(a circle with center at Xc = -0.92, Yc = 16.02 and R = 21.42 [m] where Cx=0, y=0) is taken as the TOE or
Xc = 20.06, Yc = 118.03 and R = 71.12 [m] when the lowest considered circle is used as shown in the table below.)

SEISMIC CONDITION:
For the specified search grid, the calculated minimum Fs is 1.493
(a circle with center at Xc = -4.75, Yc = 21.88 and R = 24.80 [m] where Cx=0, y=0) is taken as the TOE or
Xc = 26.87, Yc = 121.58 and R = 74.80 [m] when the lowest considered circle is used as shown in the table below.)

TERRAIN/WATER PROFILE

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11
Soil layer #1											
x [m]	0.0	0.8	1.6	5.8	7.2	72.4	77.4	78.2	81.0	83.8	90.0
y [m]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	116.0	116.0

Copyright ©1998-2014 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302755

10.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 10-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	패널식옹벽10에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 앵커 지압판 및 보호캡 탈락, 앵커부 누수, 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 옹벽 배면부 숏크리트 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 진행여부를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	패널식옹벽10에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 앵커부 누수, 패널 균열 및 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 옹벽 배면부 숏크리트 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 진행여부를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하다. 금회 조사시, 패널 전면부 앵커 지압판 및 보호캡 탈락에 대해 보수를 실시한 것이 확인되었다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	패널식옹벽10에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 앵커부 누수, 패널 균열 및 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 옹벽 배면부 숏크리트 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 진행여부를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하다. 또한 전회 실시한 패널 전면부 앵커 지압판 및 보호캡 탈락 보수부의 경우 현재 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	패널식옹벽10에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 앵커부 누수, 균열 및 들뜸, 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 옹벽 배면부 숏크리트 들뜸 및 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 진행여부를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하다. 또한 패널 전면부에 발생된 단면손상의 경우 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	패널식옹벽10의 전면부에서 판넬 파손 및 균열, 숏크리트 들뜸 등의 손상이 조사되었으며, 손상은 공용기간 증가 및 숏크리트 마감불량에 의한 손상으로, 강우시 추가 손상 발생 가능성이 있으므로, 보수가 필요하다. 그 외의 손상에 대해서는 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요망된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	패널식옹벽10에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 누수흔적, 균열, 파손이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었으며, 옹벽 배면부 숏크리트 들뜸 및 내부 토사유실이 확인되었다. 기 발생된 손상부는 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 진행여부를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하며, 손상의 진전 발생시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 또한, 패널 전면부에 발생된 단면손상의 경우 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 요망된다.	양호

10.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 10-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

10.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 10-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

10.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 10-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

10.3 현장조사 및 시험

10.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽10은 경상북도 군위군 부계면 가호리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 201m, 지면노출 높이 27.5m의 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 10-7> 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">RW2017-0000077</td><td>관리번호</td><td>SY RW10</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">패널식옹벽10</td><td>시설물구분</td><td>2종 시설물</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 군위군 부계면 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 08′60.4″ 128° 67′89.8″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 08′48.2″ 128° 68′11.7″</td></tr>
<tr><td>노선명(이정)</td><td colspan="4">고속국도 301호선 54.472~54.673km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td>보강토</td><td>옹벽재료</td><td>패널식</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>201.0m</td><td>지면노출
높 이</td><td>27.5m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td>-</td><td>저 판 폭
길 이</td><td>-</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>옹벽상부</td><td colspan="3">자연사면</td></tr>
<tr><td>옹벽하부</td><td colspan="3">상주영천고속도로 본선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td><td>시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 11개구간(S1~S11)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 10-8> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	7.8	7	120.0~140.0m	140.0	4.0
2	20.0~40.0m	40.0	10.4	8	140.0~160.0m	160.0	4.2
3	40.0~60.0m	60.0	10.2	9	160.0~180.0m	180.0	4.3
4	60.0~80.0m	80.0	27.5	10	180.0~200.0m	200.0	4.3
5	80.0~100.0m	100.0	27.3	11	200.0~201.0m	201.0	4.9
6	100.0~120.0m	120.0	27.0				

<표 10-9> 보강토 옹벽의 조사항목

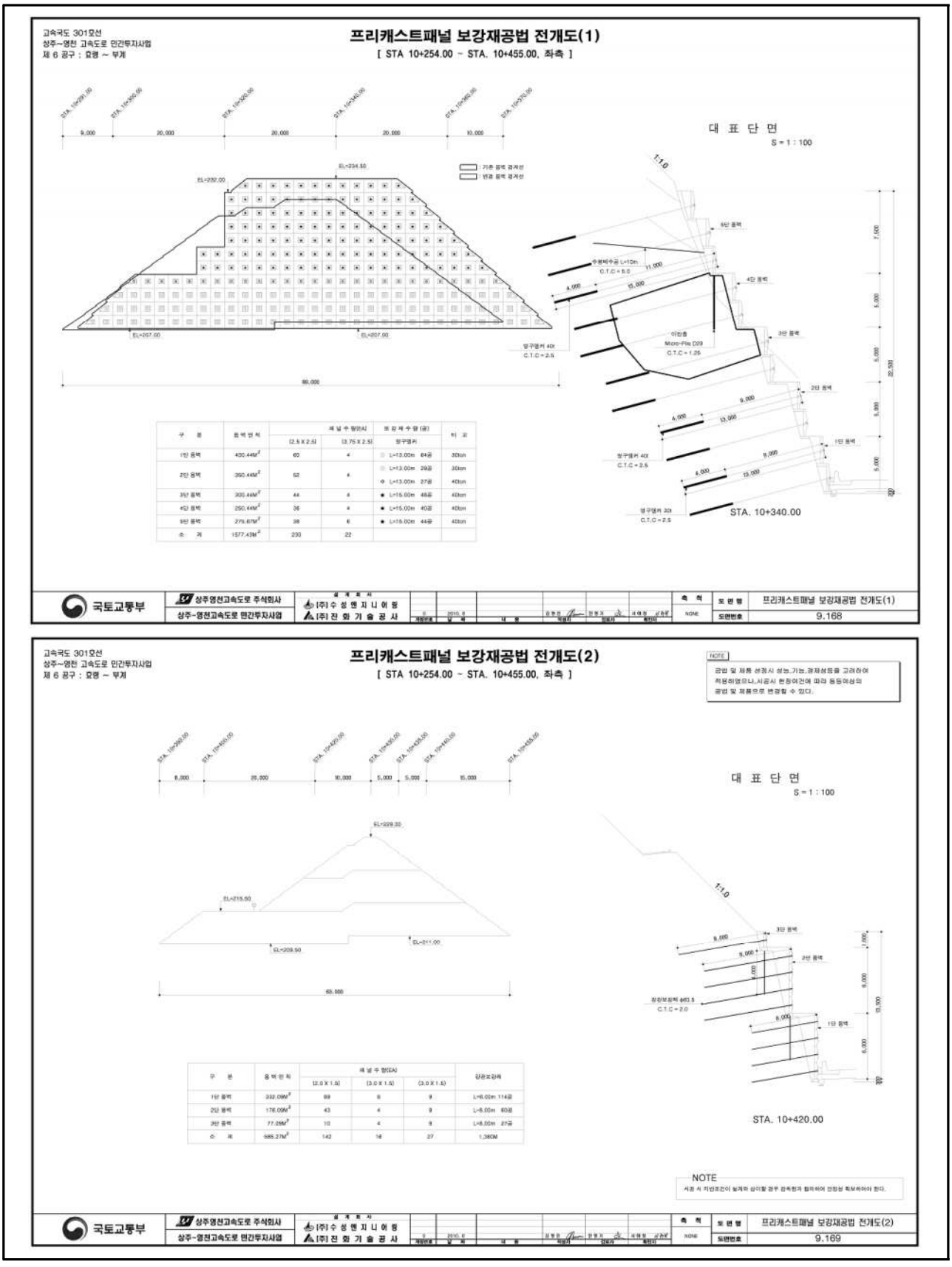
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면

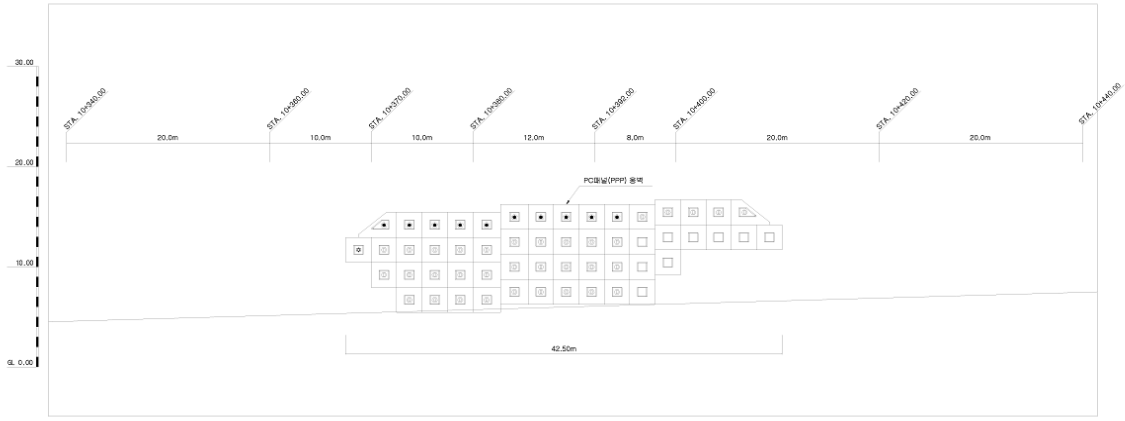


<그림 10-2> 전개도

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

프리캐스트패널 보강재공법 전개도(4)

(STA. 10+254.00 ~ STA. 10+455.00)



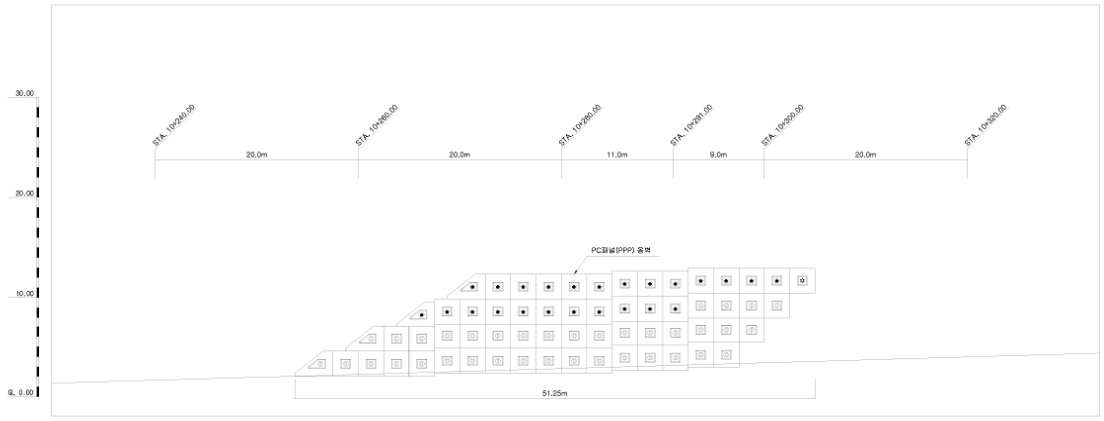
구 분	옹벽면적	패널수량(EA)		보강재수량(공)	비 고
		(2.5 X 2.5)	(3.75 X 2.5)	앵구앵커	
1단 옹벽	168.75M²	27	0	L= 9.00m 1공 L=11.00m 2공 L=15.00m 19공	30ton 30ton 30ton
2단 옹벽	168.97M²	25	2	L=13.00m 6공 L=13.00m 15공 L=13.00m 1공 L=15.00m 10공	30ton 30ton 40ton 40ton
소 계	337.72M²	52	2		

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사 (주)수성엔지니어링 (주)진화기술공사	0 / 2010. 6 / 최초 / 김영범 작성 / 안동기 검토 / 서태청 확인	축척 NONE	도면명 프리캐스트패널 보강재공법 전개도(4)
			개정번호 / 날 짜 / 내 용		도면번호 9.169-2

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

프리캐스트패널 보강재공법 전개도(3)

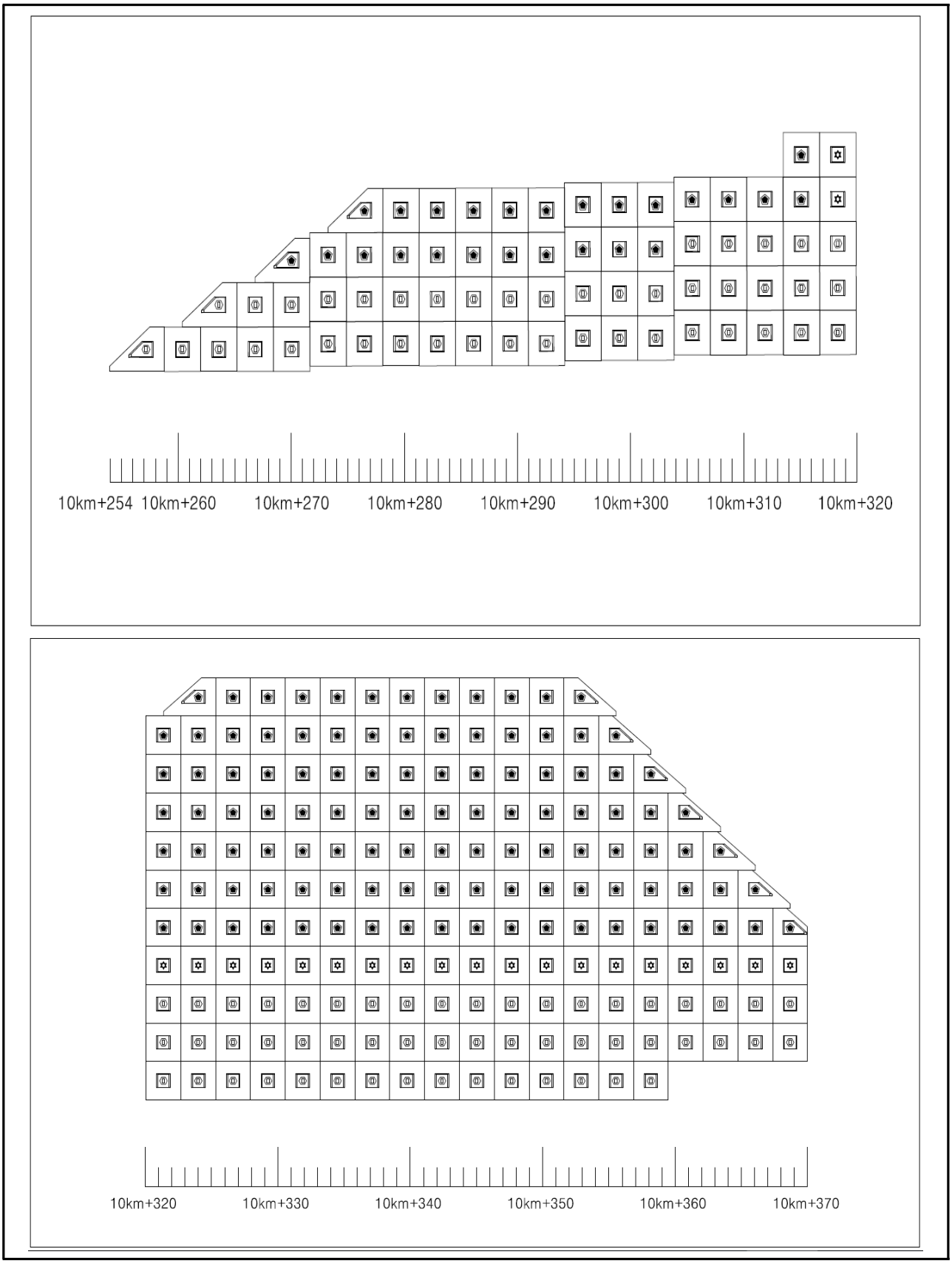
(STA. 10+254.00 ~ STA. 10+455.00)



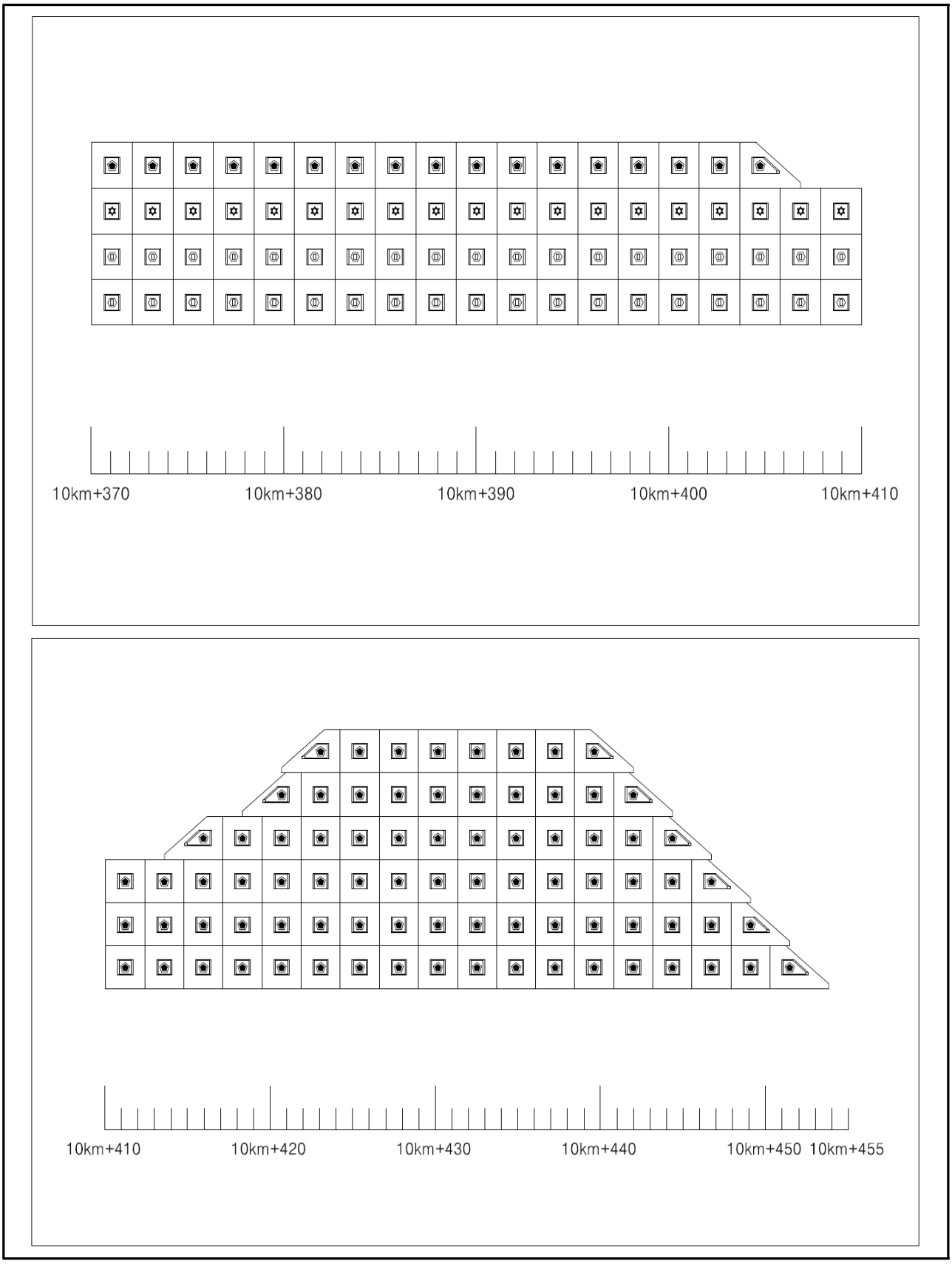
구 분	옹벽면적	패널수량(EA)		보강재수량(공)	비 고
		(2.5 X 2.5)	(3.75 X 2.5)	앵구앵커	
1단 옹벽	200.22M²	31	2	L=13.00m 33공	30ton
2단 옹벽	187.72M²	27	2	L=13.00m 4공 L=13.00m 1공 L=15.00m 24공	30ton 40ton 40ton
소 계	387.94M²	58	4		

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사 (주)수성엔지니어링 (주)진화기술공사	0 / 2010. 6 / 최초 / 김영범 작성 / 안동기 검토 / 서태청 확인	축척 NONE	도면명 프리캐스트패널 보강재공법 전개도(3)
			개정번호 / 날 짜 / 내 용		도면번호 9.169-1

<그림 10-2> 전개도(계속)


10km+254
10km+260
10km+270
10km+280
10km+290
10km+300
10km+310
10km+320
10km+320
10km+330
10km+340
10km+350
10km+360
10km+370

<그림 10-2> 전개도(계속)


10km+370
10km+380
10km+390
10km+400
10km+410
10km+410
10km+420
10km+430
10km+440
10km+450
10km+455

<그림 10-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

10.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 10-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S1	판넬 누수흔적	EA	5 / 5.00	시공미흡, 공용기간증가	-
	S2	판넬 균열	m	1 / 1.00	건조수축, 공용기간증가	-
	S3	판넬 파손	㎡	1 / 0.43	시공미흡	-
	S4	판넬 균열	m	1 / 2.00	건조수축, 공용기간증가	-
		판넬 파손(누수)	㎡	1 / 0.15	시공미흡	-
	S9	판넬 균열	m	1 / 2.00	건조수축, 공용기간증가	-
		판넬 파손	㎡	1 / 0.09	외부충격	-



현 황	S1 판넬 누수흔적
원 인	공용기간 증가, 시공미흡
대 책	주의관찰



현 황	S2 판넬 균열
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	표면처리



현 황	S3 판넬 파손
원 인	시공미흡
대 책	단면보수



현 황	S4 판넬 파손(누수)
원 인	시공미흡
대 책	단면보수



현 황	S9 판넬 균열
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	표면처리



현 황	S9 판넬 파손
원 인	외부 충격
대 책	단면보수

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 10-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 10-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	상태양호	-	-	-	

다. 주변영향인자

1) 배수시설

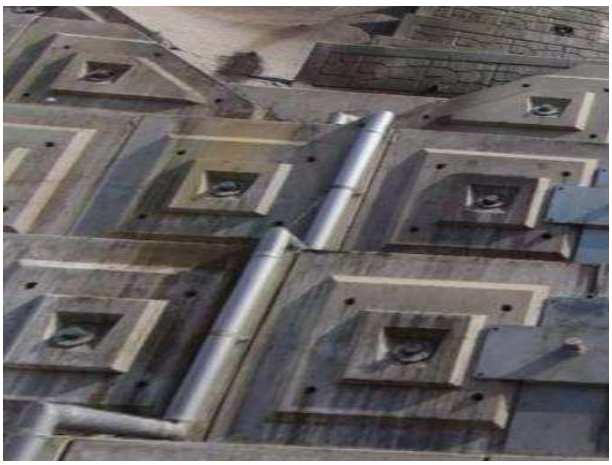
- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 전면부에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.




배수로 시공상태

<표 10-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




옹벽 상부 상태 현황

<표 10-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	S2	숏크리트 들뜸	㎡	1 / 17.50	열화, 공용기간증가	-
		S1	숏크리트 내부 토사유실	㎡	1 /	숏크리트 마감불량	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	S1 숏크리트 내부 토사유실	현 황	S2 숏크리트 들뜸
원 인	숏크리트 마감불량	원 인	열화, 공용기간증가
대 책	주의관찰	대 책	단면보수

10.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 10-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

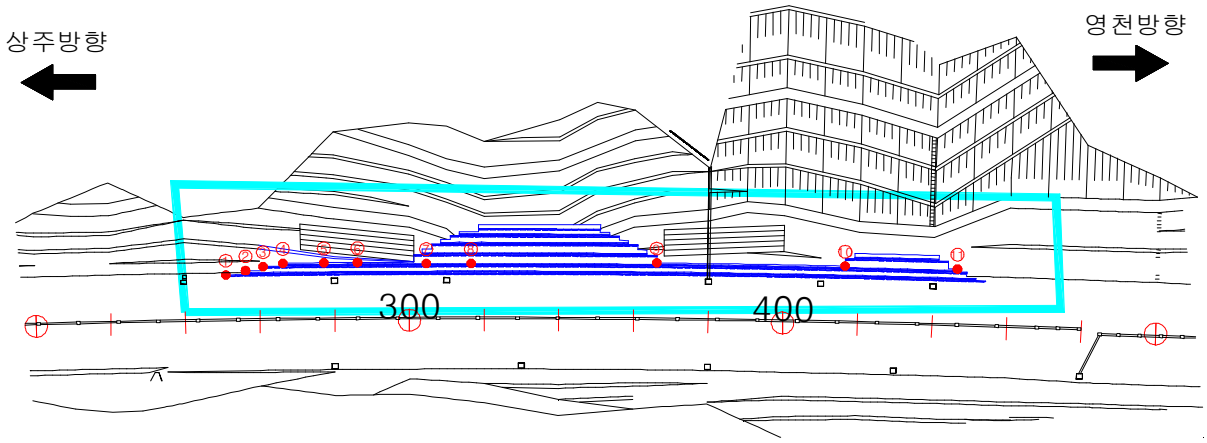
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 10-16> 기울기 측정결과

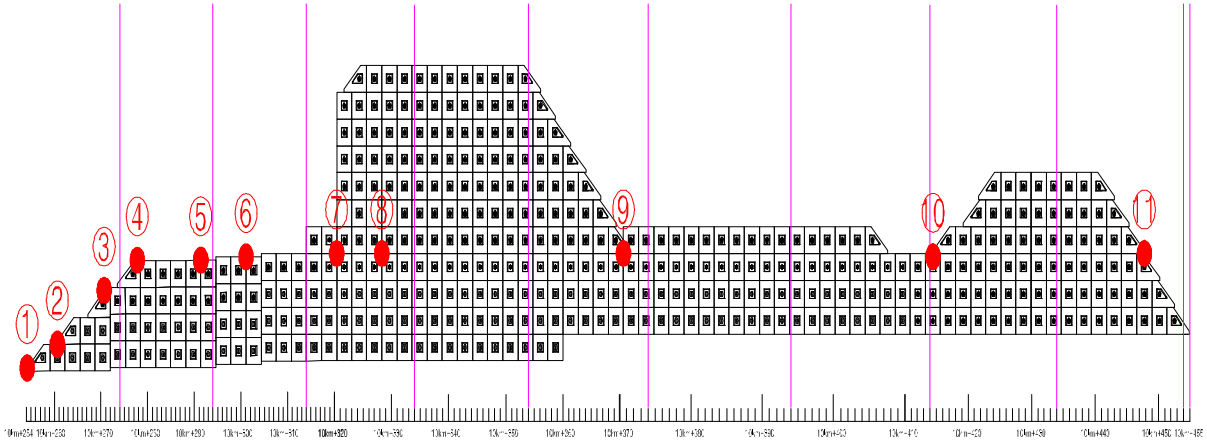
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	40m	89.3°	89.5°	비진행성, 2%미만
2	80m	88.6°	89.3°	비진행성, 2%미만
3	120m	89.0°	89.5°	비진행성, 2%미만
4	160m	89.7°	89.7°	비진행성, 2%미만

<표 10-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	387601.2	171168.4	208.475	⑦	387575.2	171212.3	216.649
②	387598.3	171175.2	211.007	⑧	387569.9	171220.8	216.747
③	387598.3	171178.5	213.781	⑨	387542.6	171261.2	216.961
④	387598.3	171181.6	216.129	⑩	387514.2	171301.0	217.002
⑤	387590.1	171192.5	216.431	⑪	387496.4	171326.1	217.231
⑥	387585.6	171198.5	216.702	-	-	-	-



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 10-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

10.4 안전성능 평가

10.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 10-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 10-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 10-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.02	a
S2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0.05	a
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S11	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	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.55	0.01	a
									상태평가 결과					A	

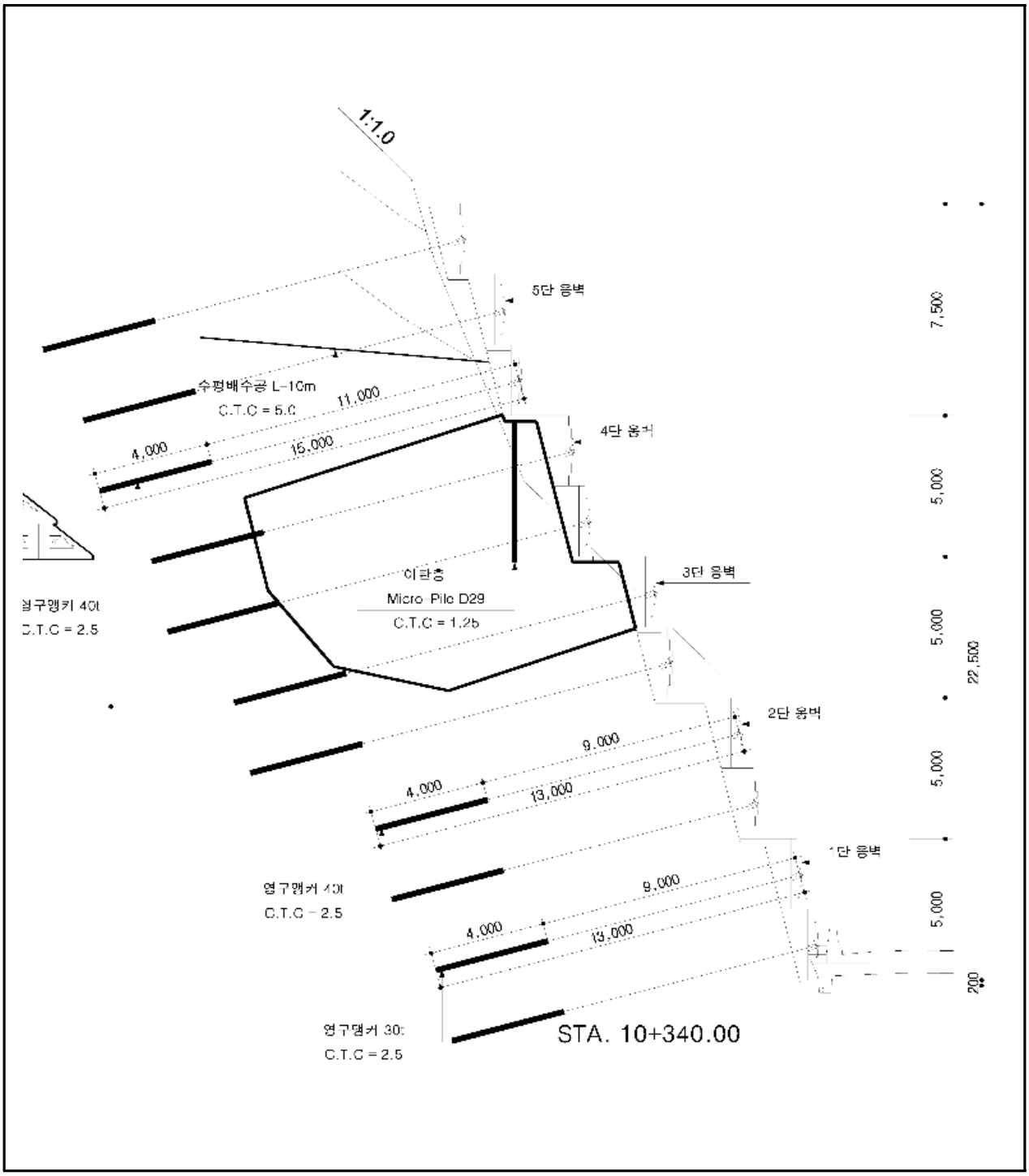
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

10.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 10-4> 검토단면도

다. 설계조건

1) 지반의 강도정수

<표 10-21> 대상 옹벽 지반 강도정수

구분	단위중량 Υ_t (kN/m^3)	내부마찰각 Φ (°)	점착력 C (kPa)	비 고
풍 화 토	19.0	28.0	20.0	상주~영천고속도로 민간투자사업 실시설계 보고서
풍 화 암	20.0	29.0	30.0	상주~영천고속도로 민간투자사업 실시설계 보고서
기 반 암	24.0	32.0	200.0	상주~영천고속도로 민간투자사업 실시설계 보고서
불연속면	23.0	29.6	40.0	상주~영천고속도로 민간투자사업 실시설계 보고서
탄 질 층	20.0	29.0	20.0	PPP옹벽 사면안정해석 검토 보고서, 2016.05

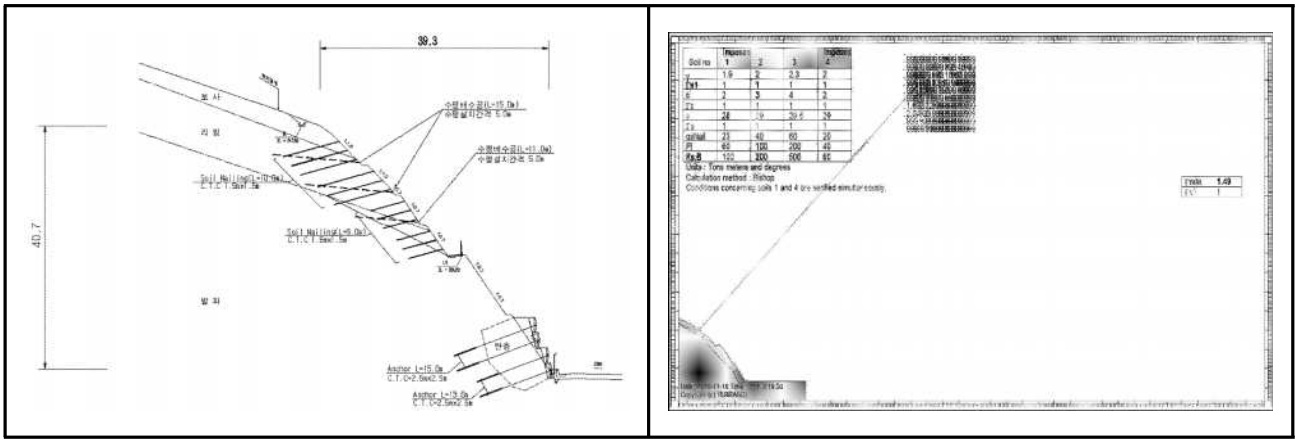
2) 건기시와 우기시 기준안전율

<표 10-22> 건기시와 우기시 기준안전율

구분	최소안전율	참 조
건 기 시	F.S > 1.50	건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부 P.127)
우 기 시	F.S > 1.20	건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부 P.127)

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



<그림 10-5> 검토단면도

2) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

3) 사용재료 규격

<표 10-23> 사용재료 규격표

구 분	PPP 패널	강관 보강재(Steel Strip)
내용	◦ 크기 : 1. 2,500 x 2,500(B x H) 2. 3,750 x 2,500(B x H) 3. 3,000 x 1,500(B x H)	◦ 일반구조용 탄소강관(STK400)

4) 강관보강재 제원

<표 10-24> 강관보강재 제원표

외경 (㎜)	두께 (㎜)	단위중량 (kg/㎠)	단위면적 (㎠)	인장강도 (tonf)	단면2차 모멘트 (㎤)	단면계수 (㎤)	휨강성 (tf/㎡)	비고
Φ60.5	4.00	5.57	7.10	15.20	28.48	9.41	5.69	KSD3566

마. 안정해석 결과

1) 전체 안정성 검토결과(보강전)

<표 10-25> 안정성 검토결과(보강전)

구 분		한계평형해석			판정	비고
		건기시(>1.5)	우기시(>1.2)	지진시(>1.1)		
STA. 10+160	보강전	1.49	0.97	0.86	NG	
STA. 10+220	보강전	1.81	1.08	0.92	NG	
STA. 10+280	보강전	1.83	1.09	0.93	NG	
STA. 10+300	보강전	1.29	0.78	0.67	NG	
STA. 10+380	보강전	1.51	1.08	0.93	NG	
STA. 10+400	보강전	1.57	0.94	0.80	NG	
STA. 10+460	보강전	1.41	1.00	0.87	NG	
STA. 10+480	보강전	1.49	0.92	0.81	NG	

2) 전체 안정성 검토결과(보강후)

<표 10-26> 안정성 검토결과(보강후)

구 분		한계평형해석			판정	비고
		건기시(>1.5)	우기시(>1.2)	지진시(>1.1)		
STA. 10+160	보강후	1.99	1.33	1.14	OK	Nailing + 숏크리트
STA. 10+220	보강후	3.28	2.10	1.70	OK	
STA. 10+280	보강후	2.23	1.39	1.16	OK	계단식옹벽 + Nailing
STA. 10+300	보강후	1.90	1.34	1.12	OK	
STA. 10+380	보강후	2.17	1.72	1.44	OK	경사조정 + Nailing
STA. 10+400	상부 보강후	2.17	1.37	1.12	OK	
	하부 보강후	2.67	1.94	1.63	OK	
STA. 10+460	상부 보강후	2.33	1.46	1.19	OK	
	하부 보강후	2.46	1.76	1.52	OK	
STA. 10+480	보강후	2.02	1.30	1.11	OK	

바. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 10-27> 구조안전성능 평가 결과표

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
전체 안전성 평가	건기시	상시	1.90	a	1.5이상
	우기시	상시	1.30	a	1.2이상
	지진시		1.11	a	1.1이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

10.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 10-28> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽10		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ 안전성능평가 결과 : **A등급**		

<표 10-29> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

10.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

10.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토옹벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 10-30> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 5개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (24.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 10-31> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			재료학회	건축학회		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S1	48.3	28.1	28.8	0.65	117.1	120.0	24.0
	S3	47.8	27.7	28.6	0.65	115.4	119.2	
	S5	48.3	28.1	28.8	0.65	117.1	120.0	
	S7	46.1	26.3	27.8	0.65	109.6	115.8	
	S9	44.1	24.7	26.9	0.65	102.9	112.1	

<표 10-32> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	재료학회	건축학회		설계값대비	건전부대비	
S1 건전부	117.1	120.0	-	a	-	24.0
S3 건전부	115.4	119.2	-	a	-	
S5 건전부	117.1	120.0	-	a	-	
S7 건전부	109.6	115.8	-	a	-	
S9 건전부	102.9	112.1	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 10-33> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 군위군 부계면 가호리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 1.8회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

※인접 도시인 구미시의 기상자료를 활용하여 평가

10.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 10-34> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

10.6 종합평가

10.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 10-6> 종합평가 흐름도

10.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 10-35> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 10-36> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽10			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 10-37> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

10.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

10.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 10-38> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

10.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표와 동일한 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 10-39> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

10.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 10-40> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		판넬 누수흔적	주의관찰	손상진전 억제
			판넬 균열	표면처리	손상진전 억제
			판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	상부성토부	숏크리트 들뜸	단면보수	손상진전 억제
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 10-41> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.78	㎡	138	108
	판넬 균열	표면처리	1.88	㎡	58	109
상부 성토부	숏크리트 들뜸	단면보수	26.25	㎡	138	3,623
순 공사비(천원)						**3,840**
재 경 비(천원)						**1,920**
총 공사비(천원)						**5,760**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 10-42> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	손상 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.78	138	108	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0020	1
	표면처리	1.88	58	109	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0020	1
상부 성토부	단면보수	26.25	138	3,623	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0000	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

10.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 구미시 도개면 다곡리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 높이는 9.1m를 보이며, 총 연장은 L=977.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 누수흔적, 판넬 균열, 판넬 파손 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제11장 패널식옹벽11

11.1 대상 시설물 현황

11.2 관련 자료의 분석

11.3 현장조사 및 시험

11.4 안전성능 평가

11.5 내구성능 평가

11.6 종합평가

11.7 유지관리 전략 제안

11.8 종합결론

제11장 패널식옹벽11

11.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 신녕면 화남리(상주영천고속도로 62.388~62.470km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 136.9m, 지면노출높이 7.5m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 11-1> 시설물 현황(패널식옹벽11)

시설물 번호	RW2017-0000082		**관리번호**	SY RW11
시설물명	패널식옹벽11		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 영천시 신녕면 화남리		
	위치좌표	시점 : 36° 06′01.6″ 128° 75′91.8″		
		종점 : 36° 06′07.1″ 128° 76′11.0″		
	관리이정	고속국도 301호선 62.330~62.470km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	136.9m	지면 노출높이(m)	7.5m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	경남기업㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 11-1> 대상 시설물 현황도

11.2 관련 자료의 분석

11.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 11-2> 유지관리 관련자료 현황

보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	일부 보유 일부보유 일부보유 일부보유 - - -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		일부보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

11.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구 : 부계~신녕, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 7공구 지반조사

1.2 조사목적

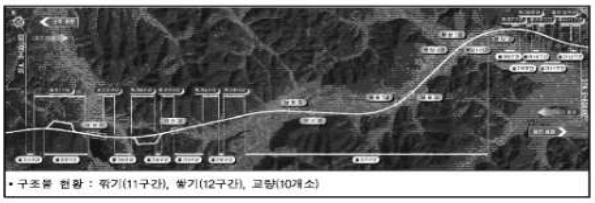
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사/현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위치	• 시점 : 경상북도 군위군 부계면 창평리(STA. 0+000) (X=287099.61, Y=172291.69) • 종점 : 경상북도 영천시 신녕면 화성리(STA. 9+800) (X=286866.14, Y=181553.04) • 연장 : 9.80km
특성	• 국도 등급부 5개 고속도로를 연결하는 제2경부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 창의와 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모



1.4 위치도



• 구조물 현황 : 깎기(11구간), 쌓기(12구간), 교량(10개소)

1

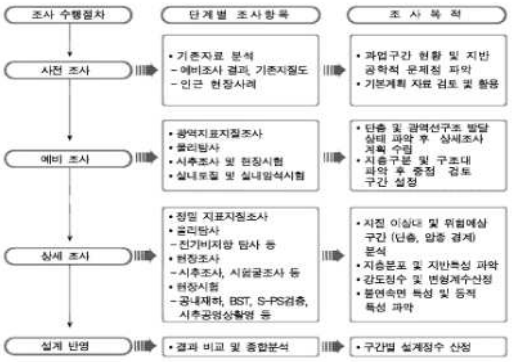
제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

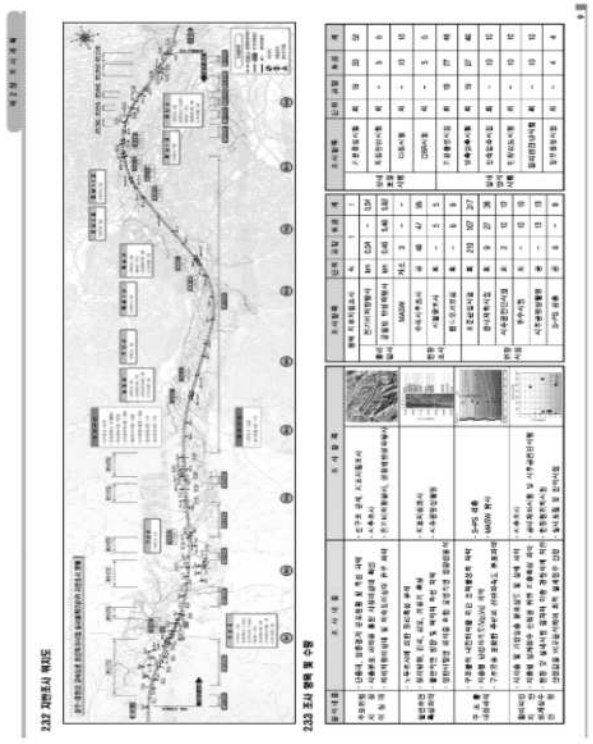
2.1.1 조사 기본방향



2.1.2 조사 수행 흐름도



3



제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 [redacted]

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m이상, 암기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

179

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이기 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 흥수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 붕적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형 · 지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대쌓기고 및 깎기고	지층현황	조 사 내 용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
깎기구간	깎기1구간	0+140~1+000	860	0+280(정천방향) 0+580(정천방향) 0+700(정천방향)	17.3 m 21.5 m 35.6 m	풍화토 및 연암암반	CB-1(정천) CB-2(정천) CB-3(정천) CB-4(정천) CB-5(삼주) CB-6(정천)	0+263 0+398 0+585 0+732 0+731 0+935	
	깎기2구간	1+300~1+480	180	1+380(삼주방향) 1+360(정천방향)	16.2m 24.7m	풍화토 및 연암암반	CB-7(삼주) CB-8(정천)	1+383 1+353	
	깎기3구간	1+760~2+150	390	1+820(삼주방향)	15.1 m	풍화토 및 연암암반	CB-9(삼주) CB-10(삼주) CB-11(삼주) CB-12(정천) CB-13(정천)	1+810 1+910 2+040 2+070 2+152	
	깎기4구간	2+250~2+460	210	2+280(삼주방향) 2+340(정천방향)	34.0 m 15.1 m	풍화토 및 연암암반	CB-14(정천)	2+348	
	깎기5구간	2+960~3+230	270	3+140(삼주방향) 3+140(정천방향)	32.4 m 8.9 m	풍화암 및 연암암반	CB-15(삼주) CB-16(삼주)	3+090 3+151	
	깎기6구간	3+310~3+670	360	3+380(삼주방향) 3+460(정천방향)	37.3 m 8.30 m	풍화토 및 연암암반	CB-17(삼주) CB-18(삼주) CB-19(정천) CB-20(삼주)	3+336 3+429 3+429 3+600	
	깎기7구간	8+630~8+750	120	8+700(삼주방향)	14.1 m	(표토층) 풍화암 및 연암암반	CB-21(삼주)	8+692	

7.6.4 암반파쇄에 따른 비탈면 기울기 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 깎기 기울기 평가 및 검토를 암석별 깎기 적정기울기 기준으로 실시하면 다음 표와 같다

[암반 파쇄 상태에 따른 깎기비탈면 기울기 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	심도 (GL.-m)	암반 특성에 따른 비탈면 기울기					최종 기울기
					암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 기울기	RQD에 의한 기울기	
제1깎기부	0+140 ~ 1+000	정천방향	CB-1	12m이하	세일	73.3	35.3	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-2	4m이하	사암, 세일	59.3	26.3	1:0.7	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-3	12.5m이하	세일	60.0	43.4	1:0.7	1:1.0	1:0.7
		정천방향	CB-4	3.8m이하	세일	89.3	47.0	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		삼주방향	CB-5	4.2m이하	사암, 세일	100.0	45.6	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-6	1.0m이하	사암, 세일	95.4	49.4	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제2깎기부	1+300 ~ 1+480	삼주방향	CB-7	10.7m이하	세일	96.1	53.6	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-8	2.4m이하	세일	86.7	41.6	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제3깎기부	1+760 ~ 2+150	삼주방향	CB-9	1.0m이하	세일	100.0	47.9	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		삼주방향	CB-10	1.0m이하	세일	97.1	45.9	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-11	1.0m이하	세일	95.9	71.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-12	1.0m이하	세일	100.0	80.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-13	1.4m이하	세일	98.6	80.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제4깎기부	2+250 ~ 2+460	정천방향	CB-14	1.0m이하	세일	99.2	80.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제5깎기부	2+960 ~ 3+230	삼주방향	CB-15	0.9m이하	사암	95.9	68.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		삼주방향	CB-16	1.5m이하	세일	90.6	51.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제6깎기부	3+310 ~ 3+670	삼주방향	CB-17	3.9m이하	세일	93.3	74.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-18	0.8m이하	세일	98.9	78.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-19	3.7m이하	세일	86.3	54.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		삼주방향	CB-20	0.0m이하	세일	88.2	61.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제7깎기부	8+630 ~ 8+750	삼주방향	CB-21	1.2m이하	사암, 세일	73.3	31.8	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제8깎기부	8+670 ~ 8+950	정천방향	CB-22	1.2m이하	세일	78.8	57.5	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제9깎기부	9+070 ~ 9+170	정천방향	CB-23	1.5m이하	세일	94.0	77.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제10깎기부	9+450 ~ 9+620	정천방향	CB-24	3.0m이하	세일	99.1	85.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		삼주방향	CB-25	1.0m이하	세일	98.4	91.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제11깎기부	9+650 ~ 9+800	삼주방향	CB-26	1.0m이하	세일	100.0	85.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-27	1.0m이하	세일	98.6	83.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7

제 1 장 지반조사 위치도

1) 위치도



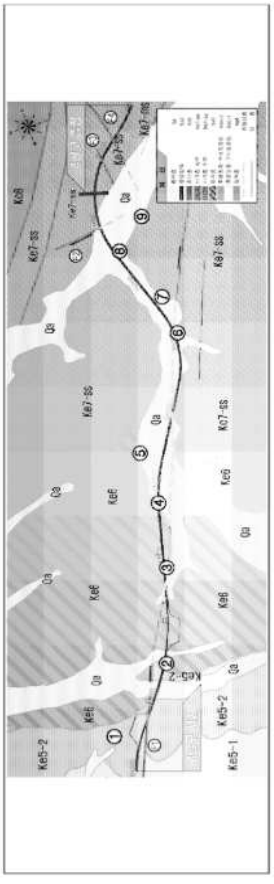
2) 수량

조사항목			단위	물량	계
원위치 시험	표준관입시험	기본표준관입시험	회	19	33
		세부현장시험	회	-	5
	공내재하시험	대심시험	회	-	10
		CBR시험	회	-	5
실내 시험	토질시험	기본토질	회	19	46
		일축압축시험	회	19	27
		삼축압축시험	회	-	10
	암질시험	만능공시험	회	-	10
		블러먼전단시험	회	-	10
		암석흡수 시험	회	-	4

조사항목			단위	물량	계
물리 탐사	전기비저항탐사		km	0.24	1
	굴절법 탄성파탐사		km	0.48	0.24
	MASW		측선	3	5.52
현장 조사	수직시추조사	공	개소	48	-
	시험굴조사	개소	개소	-	96
	핸드오거보링	개소	개소	2	2
현장 시험	표준관입시험	회	회	310	9
	공내재하시험	회	회	9	317
	시추공횡파주시험	회	회	2	36
	공수시험	회	회	-	13
	시추공영상촬영	공	공	-	10
	공구	공	공	13	13
			공	8	8

제 3 장 지질도

1) 지질평면도

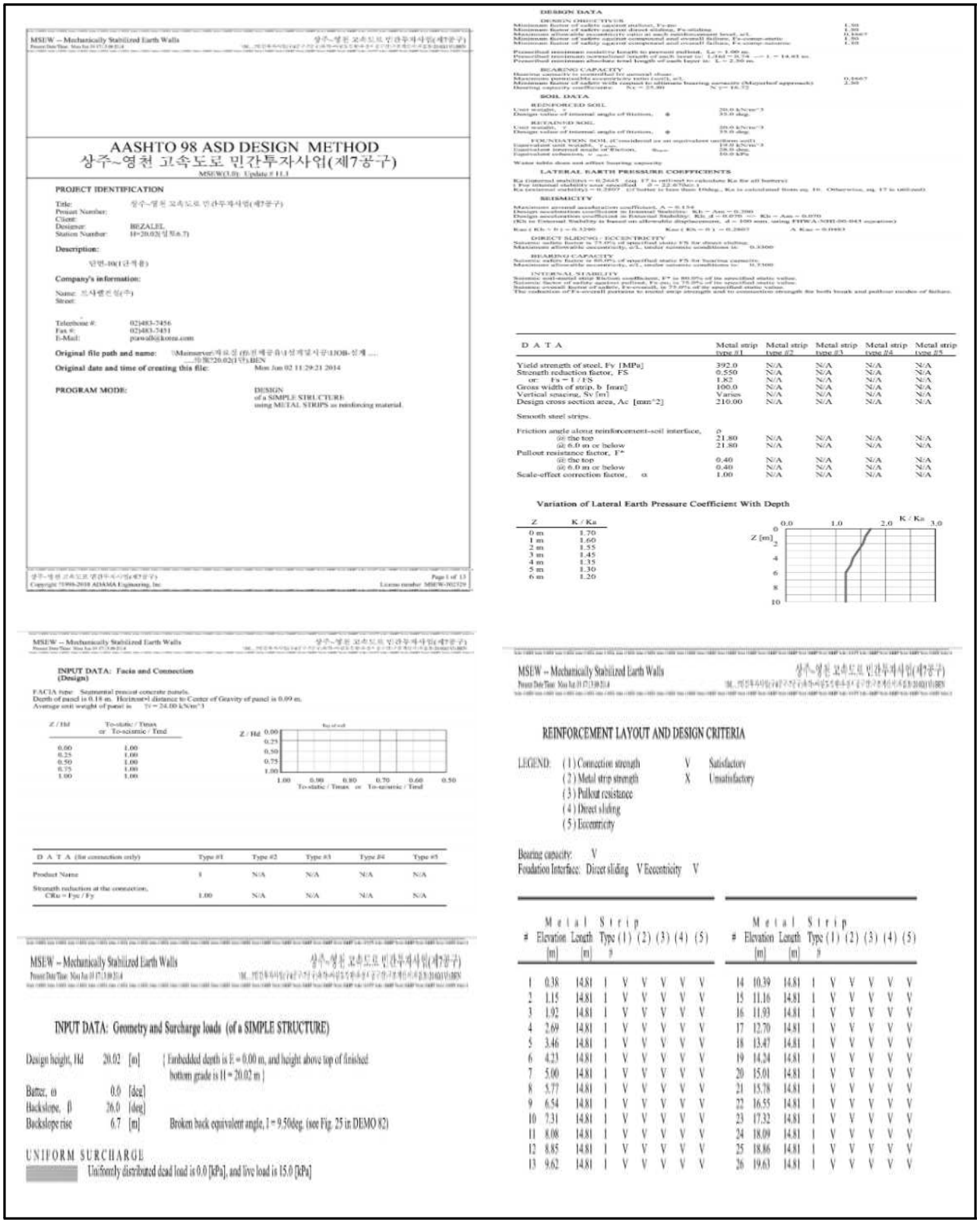


2) 지질단면도



11.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구 : 부계~신녕, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD
상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구)
MSEW(3.0) Update # 11.1

PROJECT IDENTIFICATION
Title:
Project Number:
Client:
Designer: BEZALEL
Station Number: H=20.02(입점6.7)

Description:
단면-10(1곤적용)

Company's information:
Name: 드사랜드일(주)
Street:
Telephone #: 02)483-7456
Fax #: 02)483-7451
E-Mail: pjswall@korea.com

Original file path and name: \\Mainserver\자료실\01.민간제공용\1설계및시공\10JOB-설계 ...
...70\B220.02(1단).BEN
Original date and time of creating this file: Mon Jun 02 11:29:21 2014

PROGRAM MODE: DESIGN
of a SIMPLE STRUCTURE
using METAL STRIPS as reinforcing material.

Page 1 of 13
Copyright ©1990-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number: MSEW-3021529

DESIGN DATA

DESIGN OBJECTIVES
Minimum factor of safety against pullout, Fs-po: 1.50
Minimum factor of safety against direct sliding, Fs-sliding: 1.50
Maximum allowable eccentricity ratio at each reinforcement level, e/L: 0.1667
Minimum factor of safety against component and overall failure, Fs-comp-static: 1.50
Minimum factor of safety against component and overall failure, Fs-comp-seismic: 1.10

Prescribed minimum resistive length to prevent pullout, Le = 1.00 m.
Prescribed minimum normalized length of each layer is: L/H = 0.74 --- L = 14.81 m.
Prescribed minimum absolute total length of each layer is: L = 2.50 m.

BEARING CAPACITY
Bearing capacity is controlled by: general shear.
Maximum permissible eccentricity ratio (e/L): 0.3667
Minimum factor of safety with respect to ultimate bearing capacity (Meyerhof approach): 2.50
Bearing capacity coefficients: Nc = 25.80 N gamma = 16.72

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, gamma: 20.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, phi: 35.0 deg.

RETAINED SOIL
Unit weight, gamma: 20.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, phi: 35.0 deg.

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Undrained unit weight, gamma: 19.0 kN/m^3
Undrained angle of friction, phi: 28.0 deg.
Undrained cohesion, c' coh: 10.0 kPa

Water table does not affect bearing capacity.

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS
Ka (internal stability) = 0.2645 eq. 17 is utilized to calculate Ka for all battery)
[For internal stability, minimum allowable delta = 22.67(beta)]
Ka (external stability) = 0.2807 (Coulomb is less than Hedge., Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

SEISMICITY
Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Aam = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.070 --- Kh = Aam = 0.070
(Kh in External Stability is based on allowable displacement, d = 100 mm, using FHWA-NHI-00-043 equation)
Kae (Kh = 0) = 0.3200 Kae (Kh = 0) = 0.2807 A Kae = 0.0393

DIRECT SLIDING - ECCENTRICITY
Seismic safety factor is 75.0% of specified static FS for direct sliding.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3300

BEARING CAPACITY
Seismic safety factor is 66.9% of specified static FS for bearing capacity.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3300

INTERNAL STABILITY
Seismic coefficient, Kh, is 80.0% of the specified static value.
Seismic factor of safety against pullout, Fs-po, is 75.0% of its specified static value.
Seismic overall factor of safety, Fs-overall, is 75.0% of its specified static value.
The reduction of Fs-overall pertains to model strip strength and to connection strength for both break and pullout modes of failure.

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	392.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Strength reduction factor, FS	0.550	N/A	N/A	N/A	N/A
or: Fs = 1 / FS	1.82	N/A	N/A	N/A	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	N/A	N/A	N/A	N/A
Design cross section area, Ac [mm^2]	210.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Smooth steel strips.					
Friction angle along reinforcement-soil interface,					
@ the top	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Scale-effect correction factor, alpha	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.55
3 m	1.45
4 m	1.35
5 m	1.30
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Facia and Connection
(Design)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.18 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.09 m.
Average unit weight of panel is: Gamma = 24.00 kN/m^3

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	1.00
0.25	1.00
0.50	1.00
0.75	1.00
1.00	1.00

D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	1	N/A	N/A	N/A	N/A
Strength reduction at the connection, CRu = Fyc / Fy	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 20.02 [m] { Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 20.02 m }
Batter, omega 0.0 [deg]
Backslope, beta 26.0 [deg]
Backslope rise 6.7 [m] Broken back equivalent angle, I = 9.50deg. (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

REINFORCEMENT LAYOUT AND DESIGN CRITERIA

LEGEND: (1) Connection strength V Satisfactory
(2) Metal strip strength X Unsatisfactory
(3) Pullout resistance
(4) Direct sliding
(5) Eccentricity

Bearing capacity: V
Foundation Interface: Direct sliding V Eccentricity V

#	Metal Strip Elevation [m]	Length [m]	Type	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.38	14.81	1	V	V	V	V	V
2	1.15	14.81	1	V	V	V	V	V
3	1.92	14.81	1	V	V	V	V	V
4	2.69	14.81	1	V	V	V	V	V
5	3.46	14.81	1	V	V	V	V	V
6	4.23	14.81	1	V	V	V	V	V
7	5.00	14.81	1	V	V	V	V	V
8	5.77	14.81	1	V	V	V	V	V
9	6.54	14.81	1	V	V	V	V	V
10	7.31	14.81	1	V	V	V	V	V
11	8.08	14.81	1	V	V	V	V	V
12	8.85	14.81	1	V	V	V	V	V
13	9.62	14.81	1	V	V	V	V	V

#	Metal Strip Elevation [m]	Length [m]	Type	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14	10.39	14.81	1	V	V	V	V	V
15	11.16	14.81	1	V	V	V	V	V
16	11.93	14.81	1	V	V	V	V	V
17	12.70	14.81	1	V	V	V	V	V
18	13.47	14.81	1	V	V	V	V	V
19	14.24	14.81	1	V	V	V	V	V
20	15.01	14.81	1	V	V	V	V	V
21	15.78	14.81	1	V	V	V	V	V
22	16.55	14.81	1	V	V	V	V	V
23	17.32	14.81	1	V	V	V	V	V
24	18.09	14.81	1	V	V	V	V	V
25	18.86	14.81	1	V	V	V	V	V
26	19.63	14.81	1	V	V	V	V	V

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for DESIGNED LAYOUT

Specified Fs-static = 1.500 and Fs-seismic = 1.125

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.942 and Fs-seismic = 1.515

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	14.81	2.254	1.763	1	1
2	1.15	14.81	2.307	1.812	1	1
3	1.92	14.81	2.361	1.864	1	1
4	2.69	14.81	2.419	1.929	1	1
5	3.46	14.81	2.479	1.979	1	1
6	4.23	14.81	2.542	2.041	1	1
7	5.00	14.81	2.609	2.108	1	1
8	5.77	14.81	2.679	2.178	1	1
9	6.54	14.81	2.752	2.254	1	1
10	7.31	14.81	2.830	2.335	1	1
11	8.08	14.81	3.013	2.506	1	1
12	8.85	14.81	3.102	2.602	1	1
13	9.62	14.81	3.196	2.706	1	1
14	10.39	14.81	3.296	2.817	1	1
15	11.16	14.81	3.401	2.938	1	1
16	11.93	14.81	3.512	3.067	1	1
17	12.70	14.81	3.628	3.207	1	1
18	13.47	14.81	3.751	3.357	1	1
19	14.24	14.81	3.879	3.519	1	1
20	15.01	14.81	4.012	3.691	1	1
21	15.78	14.81	4.148	3.874	1	1
22	16.55	14.81	4.285	4.064	1	1
23	17.32	14.81	4.419	4.257	1	1
24	18.09	14.81	4.542	4.441	1	1
25	18.86	14.81	4.643	4.598	1	1
26	19.63	14.81	4.699	4.692	1	1

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc.
License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ECCENTRICITY for DESIGNED LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1277, e/L seismic = 0.1961; Overturning: Fs-static = 3.12, Fs-seismic = 2.24

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	14.81	0.1232	0.1890	1	1
2	1.15	14.81	0.1142	0.1747	1	1
3	1.92	14.81	0.1054	0.1609	1	1
4	2.69	14.81	0.0968	0.1474	1	1
5	3.46	14.81	0.0882	0.1342	1	1
6	4.23	14.81	0.0799	0.1215	1	1
7	5.00	14.81	0.0716	0.1090	1	1
8	5.77	14.81	0.0635	0.0969	1	1
9	6.54	14.81	0.0555	0.0852	1	1
10	7.31	14.81	0.0475	0.0737	1	1
11	8.08	14.81	0.0397	0.0625	1	1
12	8.85	14.81	0.0318	0.0516	1	1
13	9.62	14.81	0.0240	0.0409	1	1
14	10.39	14.81	0.0161	0.0305	1	1
15	11.16	14.81	0.0082	0.0202	1	1
16	11.93	14.81	0.0002	0.0099	1	1
17	12.70	14.81	-0.0081	-0.0003	1	1
18	13.47	14.81	-0.0166	-0.0105	1	1
19	14.24	14.81	-0.0256	-0.0210	1	1
20	15.01	14.81	-0.0352	-0.0319	1	1
21	15.78	14.81	-0.0457	-0.0434	1	1
22	16.55	14.81	-0.0574	-0.0559	1	1
23	17.32	14.81	-0.0708	-0.0700	1	1
24	18.09	14.81	-0.0868	-0.0864	1	1
25	18.86	14.81	-0.1067	-0.1065	1	1
26	19.63	14.81	-0.1329	-0.1329	1	1

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc.
License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Live Load included in calculating Tmax(ss) / (Actual stress)]

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Tavailable (Fy Ac Rc) /(b Fs) [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.222	0.450	100.6	98.6	28.2	1.818	1.856	1.364	1.443
2	1.15	0.222	0.450	100.6	96.0	27.3	1.818	1.805	1.364	1.484
3	1.92	0.222	0.450	100.6	92.8	26.4	1.818	1.971	1.364	1.535
4	2.69	0.222	0.450	100.6	89.6	25.5	1.818	2.041	1.364	1.589
5	3.46	0.222	0.450	100.6	86.4	24.6	1.818	2.117	1.364	1.648
6	4.23	0.222	0.450	100.6	83.2	23.7	1.818	2.199	1.364	1.711
7	5.00	0.222	0.450	100.6	80.0	22.8	1.818	2.287	1.364	1.780
8	5.77	0.222	0.450	100.6	76.8	21.9	1.818	2.383	1.364	1.854
9	6.54	0.222	0.450	100.6	73.6	21.0	1.818	2.487	1.364	1.934
10	7.31	0.222	0.450	100.6	70.4	20.1	1.818	2.600	1.364	2.022
11	8.08	0.149	0.670	67.6	67.1	19.2	1.818	1.850	1.364	1.422
12	8.85	0.149	0.670	67.6	63.9	18.3	1.818	1.922	1.364	1.493
13	9.62	0.149	0.670	67.6	60.7	17.5	1.818	2.023	1.364	1.572
14	10.39	0.149	0.670	67.6	57.5	16.6	1.818	2.136	1.364	1.659
15	11.16	0.149	0.670	67.6	54.3	15.7	1.818	2.263	1.364	1.756
16	11.93	0.149	0.670	67.6	51.1	15.0	1.818	2.405	1.364	1.859
17	12.70	0.149	0.670	67.6	47.9	15.0	1.818	2.566	1.364	1.953
18	13.47	0.149	0.670	67.6	44.7	15.0	1.818	2.750	1.364	2.058
19	14.24	0.149	0.670	67.6	42.5	15.0	1.818	2.893	1.364	2.137
20	15.01	0.149	0.670	67.6	41.1	15.0	1.818	2.992	1.364	2.191
21	15.78	0.149	0.670	67.6	39.1	15.0	1.818	3.139	1.364	2.268
22	16.55	0.149	0.670	67.6	37.2	15.0	1.818	3.306	1.364	2.354
23	17.32	0.149	0.670	67.6	35.3	15.0	1.818	3.486	1.364	2.444
24	18.09	0.149	0.670	67.6	32.7	15.0	1.818	3.758	1.364	2.575
25	18.86	0.149	0.670	67.6	29.5	15.0	1.818	4.161	1.364	2.758
26	19.63	0.149	0.670	67.6	26.4	15.0	1.818	4.654	1.364	2.967

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc.
License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

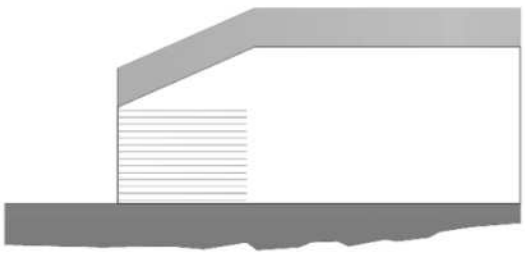
Design height, Hd 10.78 [m] [Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 10.78 m]

Batter, as 0.0 [deg]
Backslope, B 26.0 [deg]
Backslope rise 6.7 [m] Broken back equivalent angle, I = 17.26deg. (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE

Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

DESIGNED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:

0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc.
License number: MSEW-302329

11.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 11-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽11에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽11에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽11에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽11에 대한 외관조사 결과, 주요 손상으로는 배수로 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽11의 전면부에 판넬 파손이 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태)에서는 옹벽상부 배수로에서 배수로 균열이 조사되었으나, 사용성에 문제는 없는 상태이고, 사면 내의 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로서 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽11에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 일부구간 판넬 파손이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

11.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 11-6> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

11.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 11-7> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

11.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 11-8> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

11.3 현장조사 및 시험

11.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽11은 경상북도 영천시 신녕면 화남리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 136.9m, 지면노출 높이 7.5m의 1단 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 11-8> 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">RW2017-0000082</td><td>관리번호</td><td>SY RW11</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">패널식옹벽11</td><td>시설물구분</td><td>2종 시설물</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시설물위치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 영천시 신녕면 화남리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 06′01.6″ 128° 75′91.8″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 06′07.1″ 128° 76′11.0″</td></tr>
<tr><td>노선명(이정)</td><td colspan="4">고속국도 301호선 62.330~62.470km</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제 원</td><td>옹벽형식</td><td>보강토</td><td>옹벽재료</td><td>패널식</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>136.9m</td><td>지면노출
높 이</td><td>7.5m</td></tr>
<tr><td>보 강 재
길 이</td><td>-</td><td>저 판 폭
길 이</td><td>-</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>옹벽상부</td><td colspan="3">상주영천고속도로 본선</td></tr>
<tr><td>옹벽하부</td><td colspan="3">농경지</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td><td>시 공 자</td><td>경남기업㈜</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 7개구간(S1~S7)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 11-9> 옹벽 구간 분할

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.3	5	80.0~100.0m	100.0	7.0
2	20.0~40.0m	40.0	5.1	6	100.0~120.0m	120.0	6.8
3	40.0~60.0m	60.0	7.4	7	120.0~136.9m	136.9	6.9
4	60.0~80.0m	80.0	7.5	-	-	-	

<표 11-10> 보강토 옹벽의 조사항목

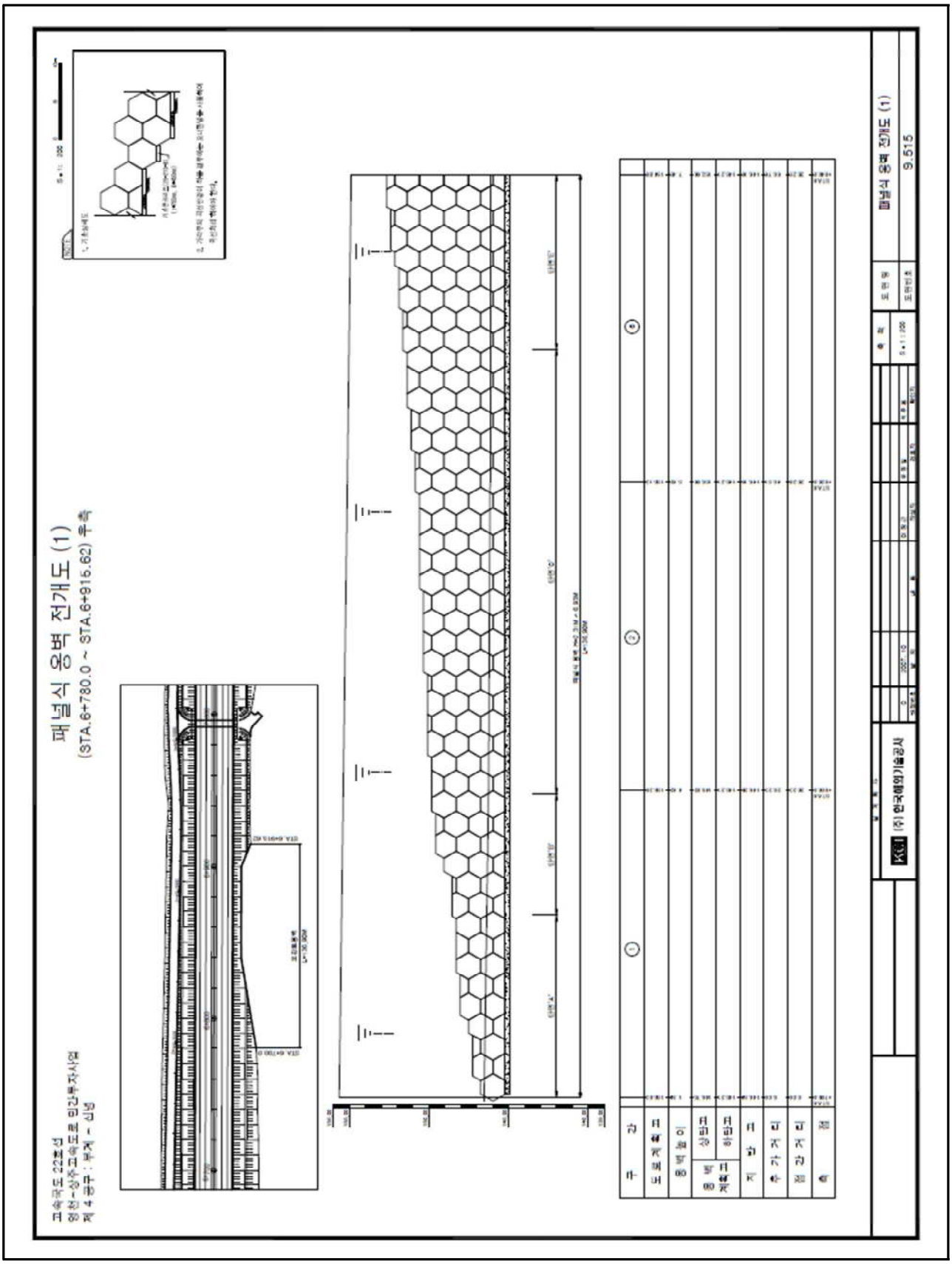
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능[1]	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량[2]	
				탄산화깊이[2]	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경[2]	
				동해환경	
		보강재[3] (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

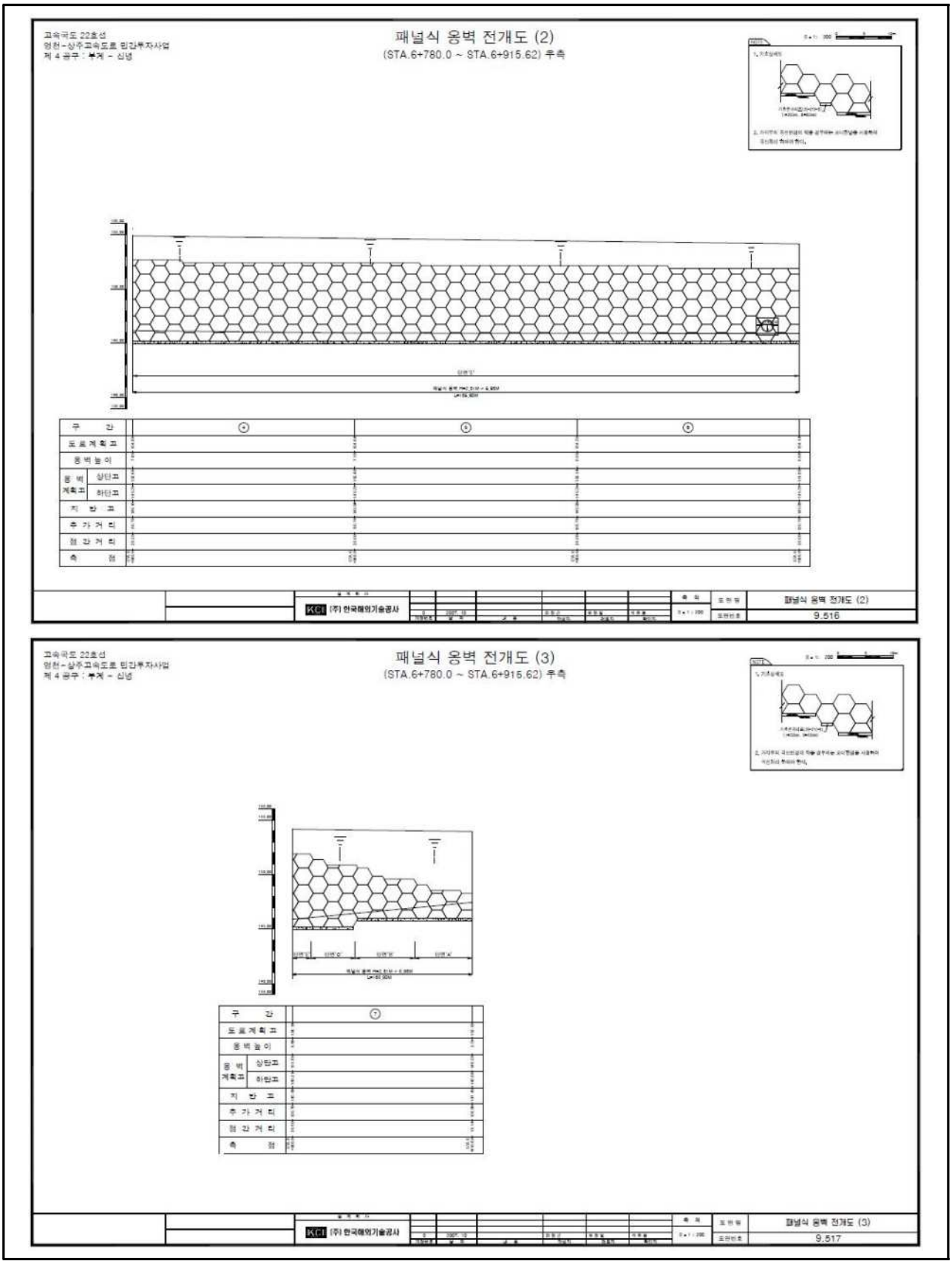
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 11-2> 전개도


패널식 옹벽 전개도 (2)
(STA.6+780.0 ~ STA.6+915.62) 우측
패널식 옹벽 전개도 (3)
(STA.6+780.0 ~ STA.6+915.62) 우측

<그림 11-2> 전개도 - 계속



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 전경

11.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 11-11> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S7	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	-




현 황	S7 판넬 파손	현 황	상태양호
원 인	외부 충격	원 인	-
대 책	단면보수	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 11-13> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	상태양호	-	-	-	
활동	상태양호	-	-	-	
세굴	상태양호	-	-	-	



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 11-14> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상부, 하부에는 배수로가 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 배수로 균열의 손상이 조사되었다.




상부배수로 시공상태

<표 11-15> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S5	배수로 균열	m	1 / 0.50	건조수축	-




현 황	S5 배수로 균열	현 황	상태양호
원 인	건조수축	원 인	-
대 책	표면처리	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 11-16> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

11.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 11-17> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

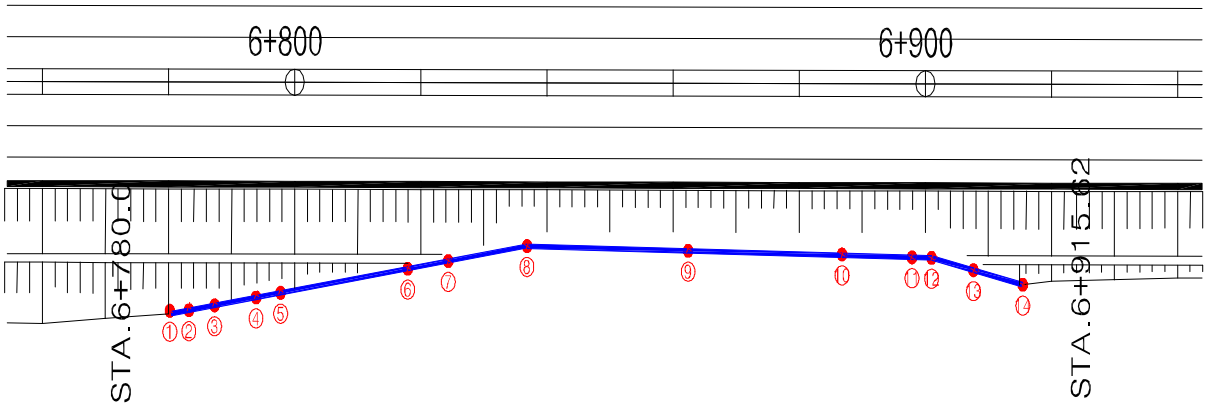
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 11-18> 기울기 측정결과

구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	40m	89.8°	89.8°	비진행성, 2%미만
2	80m	89.5°	89.8°	비진행성, 2%미만
3	120m	90.0°	89.9°	비진행성, 2%미만

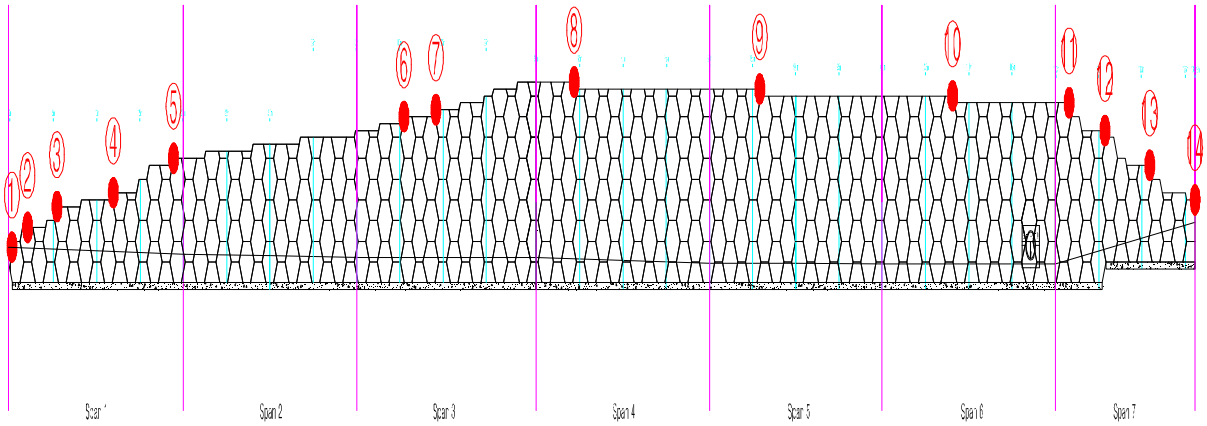
<표 11-19> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	384690.9	178262.2	147.705	⑧	384717.0	178312.3	152.573
②	384692.3	178264.8	148.127	⑨	384725.3	178336.2	152.560
③	384694.2	178268.4	148.55	⑩	384733.0	178359.1	152.331
④	384697.3	178274.3	149.484	⑪	384736.4	178369.5	152.077
⑤	384699	178277.7	149.999	⑫	384737.4	178372.5	151.805
⑥	384708.2	178295.6	151.035	⑬	384738.4	178379.2	151.501
⑦	384711.2	178301.3	151.338	⑭	384739.5	178386.9	150.259



L=136.90M

[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 11-2> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

11.4 안전성능 평가

11.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 11-20> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 11-21> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 11-22> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
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	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.29	0.01	a
									상태평가 결과					A	

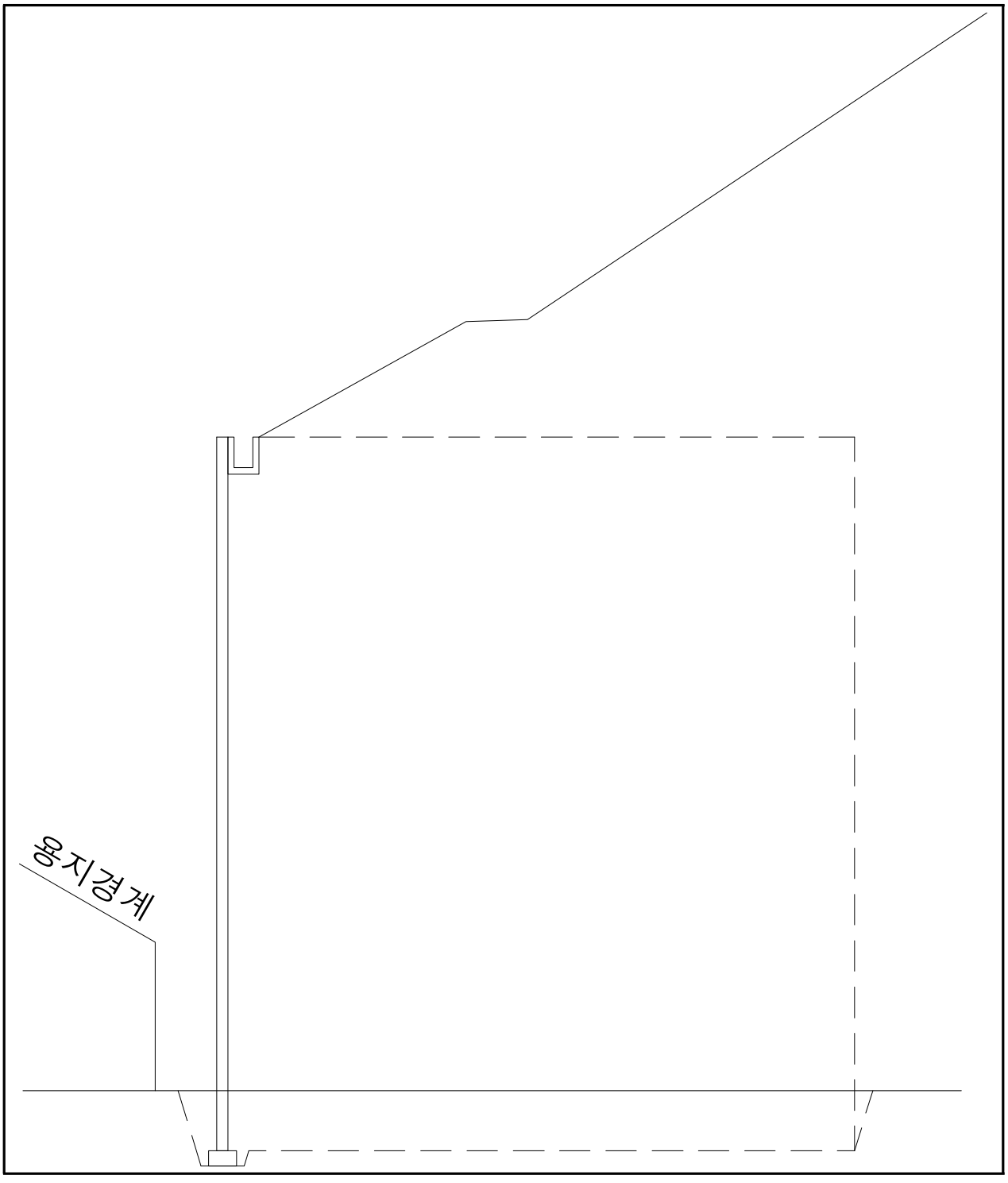
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.01로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

11.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면 및 검토조건



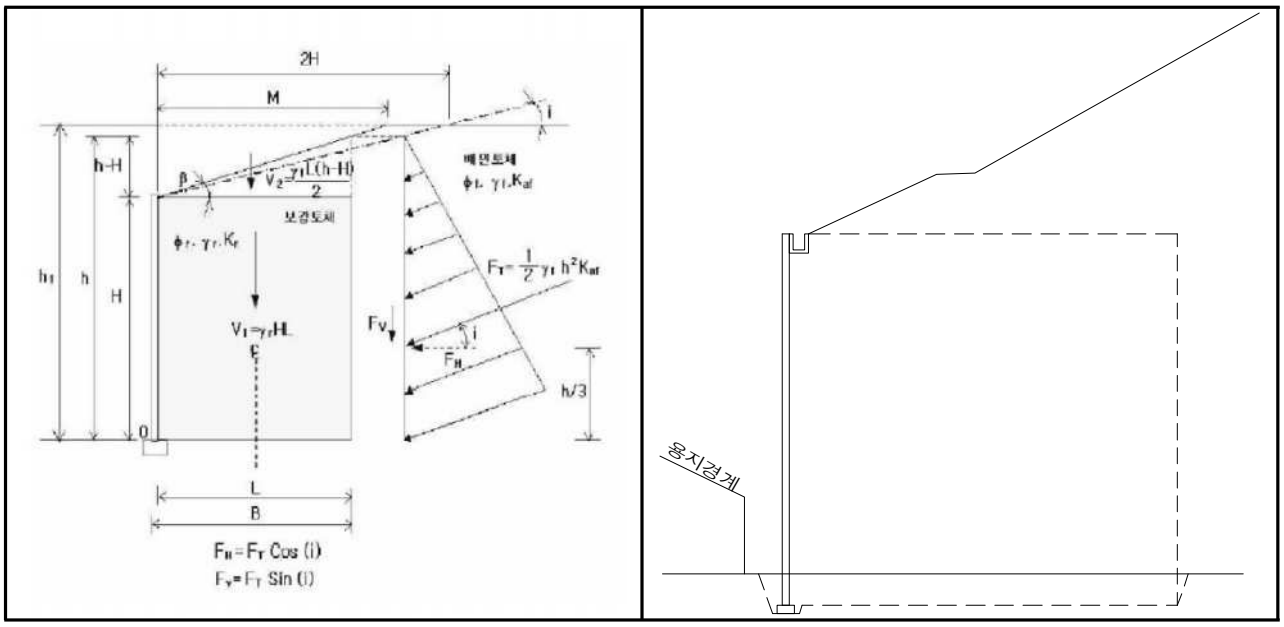
다. 지반정수

<표 11-23> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 Υ_t (kN/m^2)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (kN/m^2)	비 고
보강토체	19.0	30.0	0.0	
성토층	20.0	35.0	0.0	
기초	19.0	28.0	10.0	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



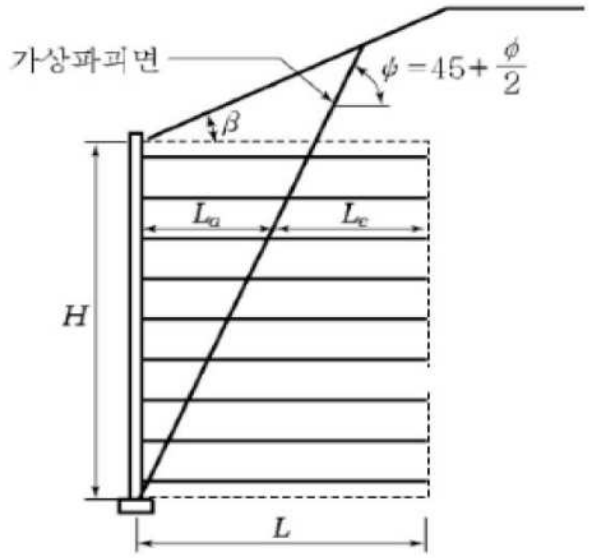
<그림 11-5> 검토단면도

2) 검토조건

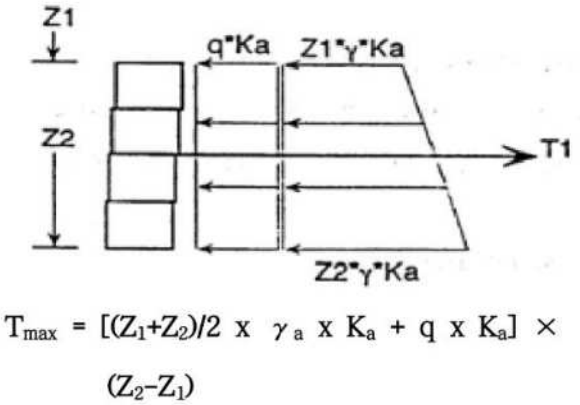
- 벽체높이 H(m) = 10.78m
- 상부사면의 경사 β(°) = 18.7, h-H=1.0
- 상재하중 q(kN/㎡) = 15.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \dfrac{\cos i - (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i + (\cos^2 i - \cos^2 \Phi)^{1/2}} = 0.2962$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 11-6> 토압작용 모식도

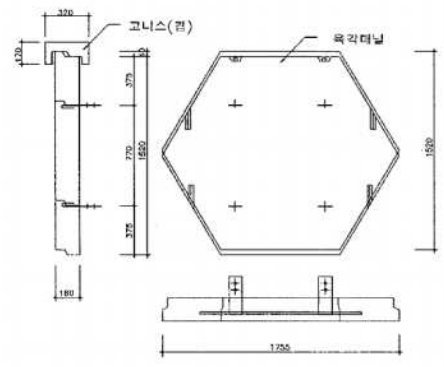
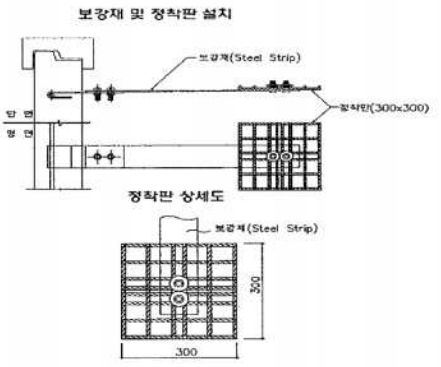
2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2)$ = 0.2962

3) 전면판 및 보강재

- 폭(B) = 1,755㎜ - 높이(H) = 1,520㎜

<표 11-24> 전면판 및 보강재

구 분	육각 P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

바. 검토결과

<표 11-25> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분		검토결과(Fs)		기준치(Fs)		판정
		상시	지진시	상시	지진시	
외적 안정	활 동	2.18	1.86	1.5	1.1	O.K
	전 도	4.21	3.50	1.5	1.1	O.K
	지지력	1.77	1.44	1.5	1.1	O.K
내적 안정	파 단	2.08	1.69	1.0	1.0	O.K
	인 발	12.75	8.05	1.0	1.0	O.K

주)보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계 인장강도(Fs=1.5)를 적용하였으므로 1.0으로 적용

사. 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

<표 11-26> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과 산정표					
평가항목구분			안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	상시	2.18	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.86	a	지진시 안전율 적용
	전 도	상시	4.21	a	평상시 안전율 적용
		지진시	3.50	a	지진시 안전율 적용
	지지력	상시	1.77	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.44	a	지진시 안전율 적용
내적 안정	파 단	상시	2.08	a	평상시 안전율 적용
		지진시	1.69	a	지진시 안전율 적용
	인 발	상시	12.75	a	평상시 안전율 적용
		지진시	8.05	a	지진시 안전율 적용
구조안전성능 평가 결과			· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

11.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 11-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽11		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ **안전성능평가 결과 : A등급**		

<표 11-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

11.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

11.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 11-24> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 3개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 11-25> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S3	39.0	37.0	33.2	0.65	123.3	110.7	30.0
	S4	39.1	37.1	33.3	0.65	123.7	111.0	
	S5	39.1	37.1	33.3	0.65	123.7	111.0	

<표 11-31> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S3 건전부	123.3	110.7	-	a	-	30.0
S4 건전부	123.7	111.0	-	a	-	
S5 건전부	123.7	111.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 11-28> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 영천시 신녕면 화남리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.2회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

11.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 11-29> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

11.6 종합평가

11.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 11-5> 종합평가 흐름도

11.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 11-30> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 11-31> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽11			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○ 옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○ 종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 11-32> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

11.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

11.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"A(0≤X<0.15)"으로 설정하였다.

<표 11-33> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

11.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표와 동일한 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 11-34> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

11.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "A등급"을 만족하는 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 11-35> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	균열	표면처리	손상진전 억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 11-36> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.02	㎡	138	3
배수시설	배수로 균열	표면처리	0.56	㎡	58	33
순 공사비(천원)						**36**
재 경 비(천원)						**13**
총 공사비(천원)						**49**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 11-37> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.02	138	3	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0733	1
배수시설	표면처리	0.56	58	33	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0067	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

11.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 영천시 신녕면 화남리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 최대 높이는 7.5m로 측정되었으며, 총 연장은 L=136.9m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 백태 및 표면열화, 페널 파손, 앵커캡 파손 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제12장 패널식옹벽12

12.1 대상 시설물 현황

12.2 관련 자료의 분석

12.3 현장조사 및 시험

12.4 안전성능 평가

12.5 내구성능 평가

12.6 종합평가

12.7 유지관리 전략 제안

12.8 종합결론

제12장 패널식옹벽12

12.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 신녕면 화남리(상주영천고속도로 63.430~63.788km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 798.0m, 지면노출높이 18.7m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 12-1> 시설물 현황(패널식옹벽12)

시설물 번호	RW2017-0000079		**관리번호**	SY RW12
시설물명	패널식옹벽12		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 영천시 신녕면 화남리		
	위치좌표	시점 : 36° 06′26.7″ 128° 76′99.5″		
		종점 : 36° 06′25.1″ 128° 77′41.1″		
	관리이정	고속국도 301호선 63.430~63.788km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	798.0m	지면 노출높이(m)	18.7m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	경남기업㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 12-1> 대상 시설물 현황도

12.2 관련 자료의 분석

12.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 12-2> 유지관리 관련자료 현황

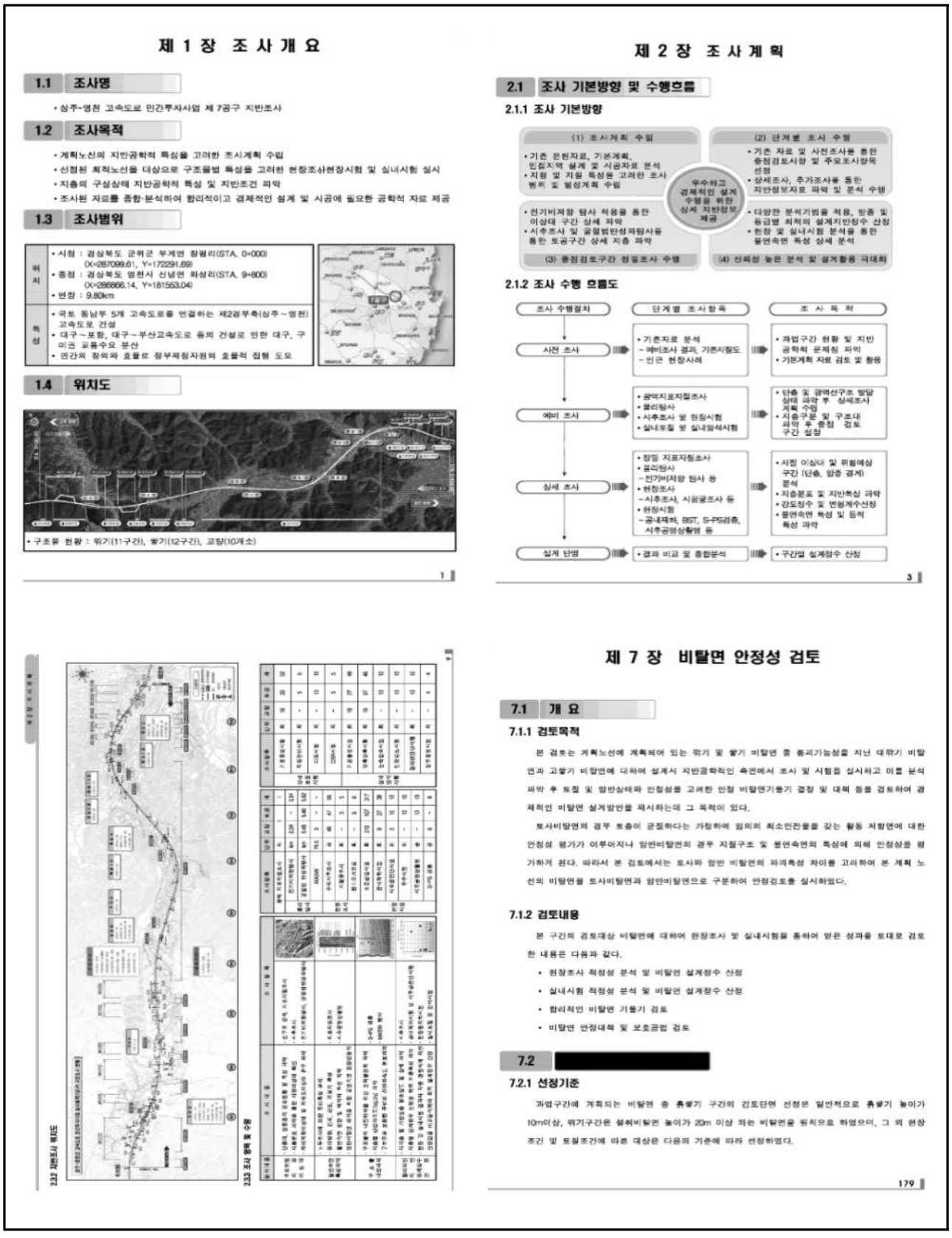
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

12.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구 : 부계~신녕, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 7공구 지반조사

1.2 조사목적

• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사/현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위치
• 시점 : 경상북도 군위군 부계면 창평리(STA. 0+000) (X=287099.61, Y=172291.69)
• 종점 : 경상북도 영천시 신녕면 화성리(STA. 9+800) (X=286866.14, Y=181553.04)
• 연장 : 9.80km

연계
• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제2경부축(상주~영천) 고속도로 건설
• 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산
• 민간의 창의와 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모

1.4 위치도

• 구조물 현황 : 옹기(11구간), 쌓기(12구간), 교량(10개소)

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

2.1.1 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립
• 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
• 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 물성계획 수립

(2) 단계별 조사 수행
• 기존 자료 및 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
• 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

• 전기비저항 탐사 적용을 통한 이상대 구간 상세 파악
• 시추조사 및 공절법반성파탐사를 통한 토공구간 상세 지층 파악

(3) 중점검토구간 정밀조사 수행

• 다양한 분석기법을 적용, 인접 및 등급별 최적의 설계지반정수 산정
• 현장 및 실내시험 분석을 통한 물연속면 특성 상세 분석

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

2.1.2 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 - 예비조사 결과, 기존시점도 - 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 광역산구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 탄성 지표자질조사 • 물리탐사 - 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 - 시추조사, 시굴굴조사 등 • 현장시험 - 공내재하, BST, S-PS검층, 시추공영상촬영 등	• 시점 이심대 및 위험예상 구간 (단층, 암층 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 변형계수산정 • 물연속면 특성 및 등적 특성 파악
설계 단계	• 결과 비교 및 종합분석	• 구간별 설계정수 산정

3

제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 옹기 및 쌓기 비탈면 중 중요기능성을 지닌 대옹기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 물연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

• 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
• 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
• 합리적인 비탈면 기울기 검토
• 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 [redacted]

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m이상, 옹기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

179

구 분	선 정 기 준
설 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 침수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 민원 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깍 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 풍적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 민원 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표단면 (STA.)	최대쌓기고 및 깎기고	지층현황	조 사 내 용		비 고
							공번	조사위치 (STA.)	
구분없음	쌓기1구간	0+140~1+000	860	0+280(정천방향) 0+580(정천방향) 0+700(정천방향)	17.3 m 21.5 m 35.6 m	풍화토 풍화암 연암경암	CB-1(정천) CB-2(정천) CB-3(정천) CB-4(정천) CB-5(상주) CB-6(정천)	0+263 0+398 0+585 0+732 0+731 0+935	
	쌓기2구간	1+300~1+480	180	1+380(상주방향) 1+380(정천방향)	16.2m 24.7m	풍화토 연암경암	CB-7(상주) CB-8(정천)	1+383 1+383	
	쌓기3구간	1+760~2+150	390	1+820(상주방향)	15.1 m	풍화암 연암	CB-9(상주) CB-10(상주) CB-11(상주) CB-12(정천) CB-13(정천)	1+810 1+910 2+040 2+131 2+192	
	쌓기4구간	2+250~2+460	210	2+280(상주방향) 2+340(정천방향)	34.0 m 15.1 m	풍화토 풍화암 연암경암	CB-14(정천)	2+348	
	쌓기5구간	2+960~3+230	270	3+140(상주방향) 3+140(정천방향)	32.4 m 8.9 m	풍화암 연암	CB-15(상주) CB-16(상주)	3+990 3+151	
	쌓기6구간	3+310~3+670	360	3+380(상주방향) 3+480(정천방향)	37.3 m 8.30 m	풍화토 풍화암 연암경암	CB-17(상주) CB-18(상주) CB-19(정천) CB-20(상주)	3+335 3+429 3+529 3+600	
	쌓기7구간	8+630~8+750	120	8+700(상주방향)	14.1 m	(표토층) 풍화암 연암	CB-21(상주)	8+692	

7.6.4 암반파쇄에 따른 비탈면 기울기 현황

시추조사시 채취된 암반코아를 대상으로 TCR 및 RQD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 깎기 기울기 평가 및 검토를 암석별 깎기 적정기울기 기준으로 실시하면 다음 표와 같다

[암반 파쇄 상태에 따른 깎기비탈면 기울기 검토]

구분 / 구간	검토구간 (STA.)		시추번호	심도 (GL.-m)	암반 특성에 따른 비탈면 기울기					적용 기울기
					암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 기울기	RQD에 의한 기울기	
제1깎기부	0+140 ~ 1+000	정천방향	CB-1	12m이하	세일	73.3	35.3	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-2	4m이하	사암, 세일	59.3	26.3	1:0.7	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-3	12.5m이하	세일	60.0	43.4	1:0.7	1:1.0	1:0.7
		정천방향	CB-4	3.8m이하	세일	89.3	47.0	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		상주방향	CB-5	4.2m이하	사암, 세일	100.0	45.6	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-6	1.0m이하	사암, 세일	95.4	49.4	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제2깎기부	1+300 ~ 1+480	상주방향	CB-7	10.7m이하	세일	96.1	53.6	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-8	2.4m이하	세일	86.7	41.6	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제3깎기부	1+760 ~ 2+150	상주방향	CB-9	1.0m이하	세일	100.0	47.9	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		상주방향	CB-10	1.0m이하	세일	97.1	45.9	1:0.5	1:0.7	1:0.7
		정천방향	CB-11	1.0m이하	세일	95.9	71.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-12	1.0m이하	세일	100.0	80.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-13	1.4m이하	세일	98.6	80.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제4깎기부	2+250 ~ 2+460	정천방향	CB-14	1.0m이하	세일	99.2	80.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제5깎기부	2+960 ~ 3+230	상주방향	CB-15	0.9m이하	사암	95.9	68.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		상주방향	CB-16	1.5m이하	세일	90.6	51.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제6깎기부	3+310 ~ 3+670	상주방향	CB-17	3.9m이하	세일	93.3	74.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-18	0.8m이하	세일	98.9	78.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천반향	CB-19	3.7m이하	세일	86.3	54.1	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		상주방향	CB-20	0.0m이하	세일	88.2	61.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제7깎기부	8+630 ~ 8+750	상주방향	CB-21	1.2m이하	사암, 세일	73.3	31.8	1:0.5	1:0.7	1:0.7
제8깎기부	8+670 ~ 8+950	정천방향	CB-22	1.2m이하	세일	78.8	57.5	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제9깎기부	9+070 ~ 9+170	정천방향	CB-23	1.5m이하	세일	94.0	77.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제10깎기부	9+450 ~ 9+620	정천반향	CB-24	3.0m이하	세일	99.1	85.2	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		상주방향	CB-25	1.0m이하	세일	98.4	91.0	1:0.5	1:0.5	1:0.7
제11깎기부	9+650 ~ 9+800	상주방향	CB-26	1.0m이하	세일	100.0	85.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7
		정천방향	CB-27	1.0m이하	세일	98.6	83.7	1:0.5	1:0.5	1:0.7

제 1 장 지반조사 위치도

1) 위치도



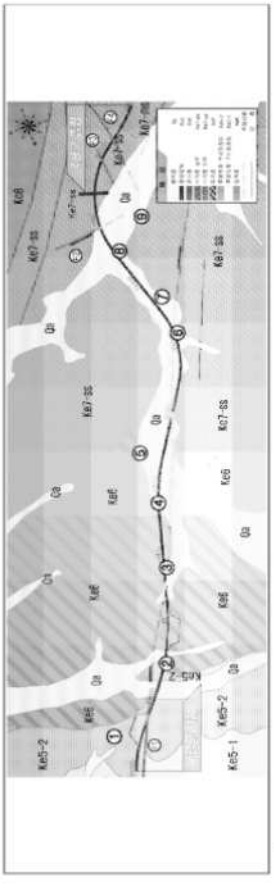
2) 수량

조사항목			단위	교량	보강	계
공학적 지질조사	원거리측량조사		㎢	1		1
	노선측량 단면측량조사		km	0.24	-	0.24
			개소	0.48	5.55	6.03
탐사	MASW		개소	3	-	-
탐사	수직시추조사	토	공	48	47	95
		암	개소	-	3	3
현장조사	시험굴조사		개소	-	3	3
	핸드오거보링		개소	-	8	8
현장시험	표준관입시험		회	210	167	377
	공내재하시험		회	9	27	36
	시추공횡파주파		회	2	10	12
	투수시험		회	-	10	10
	시추공방향측정		공	-	13	13
	공구손		공	2	-	2

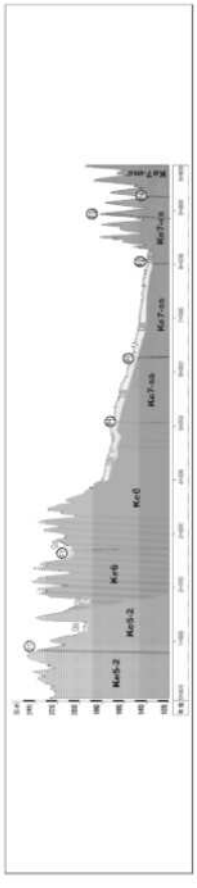
조사항목			단위	교량	보강	계
실내시험	기본물성시험		개	19	33	52
	세립분함유시험		개	-	5	5
	다짐시험		회	-	10	10
	CBR시험		개	-	5	5
	기본물성		회	19	27	46
	일축압축시험		회	19	27	46
	삼축압축시험		회	-	10	10
	반영공시험		회	-	10	10
	풀러면전시험		회	-	10	10
	암모늄염 시험		회	-	4	4

제 3 장 지질도

1) 지질평면도

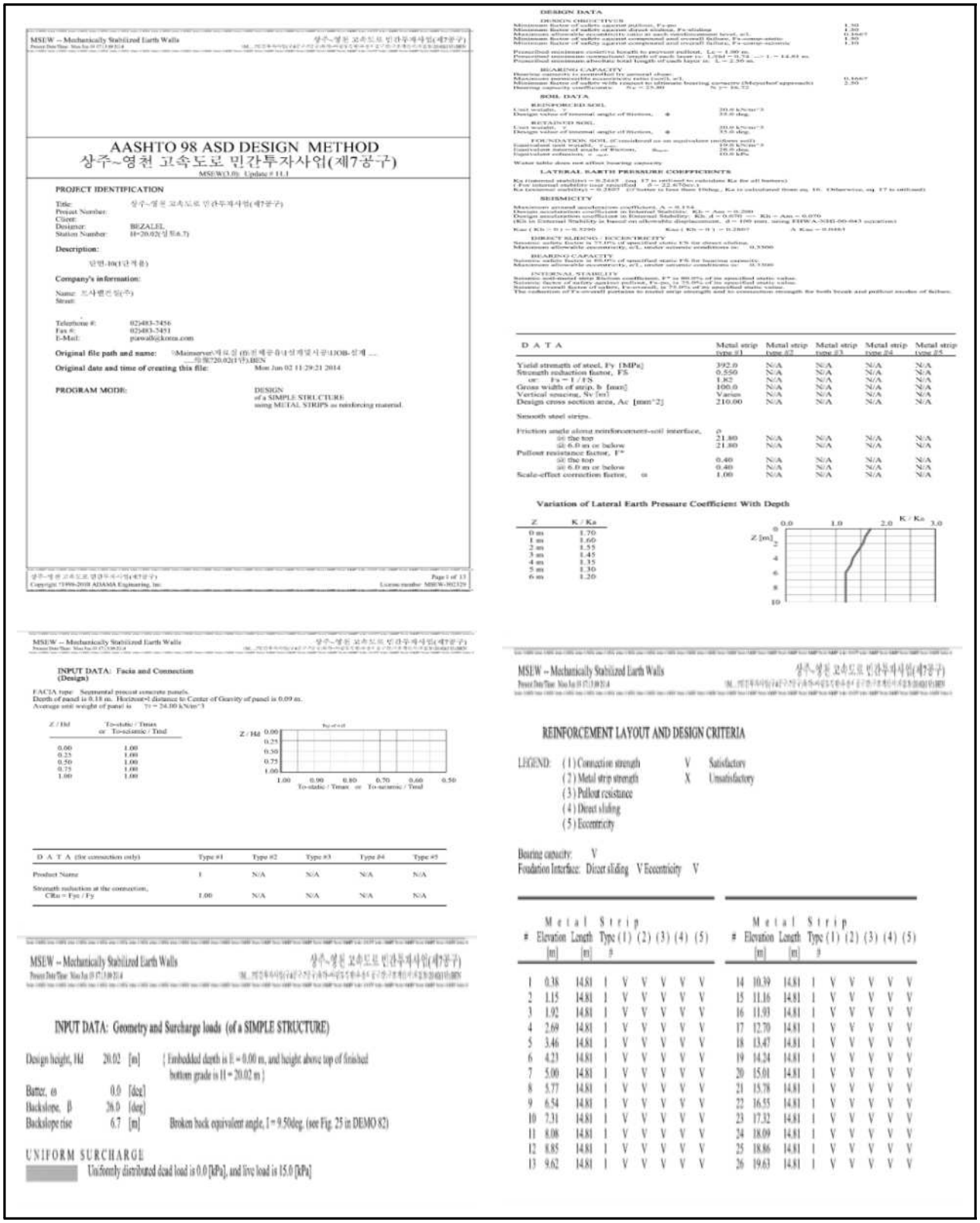


2) 지질단면도



12.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구 : 부계~신녕, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD
상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구)
MSEW(3.0) Update # 11.1

PROJECT IDENTIFICATION
Title: 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제7공구)
Project Number:
Client:
Designer: BEZALEL
Station Number: 16+20.02(상행6.7)

Description:
단면-10(1단적용)

Company's information:
Name: 드사랜드일(주)
Street:
Telephone #: 02)483-7456
Fax #: 02)483-7451
E-Mail: pawall@korea.com

Original file path and name: ...JOB-설계 ...
...상행6720.02(1단).BEN
Original date and time of creating this file: Mon Jun 02 11:29:21 2014

PROGRAM MODE: DESIGN of a SIMPLE STRUCTURE using METAL STRIPS as reinforcing material.

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc. Page 1 of 13 License number: MSEW-302329

DESIGN DATA

DESIGN OBJECTIVES
Minimum factor of safety against pullout, Fs-po 1.50
Minimum factor of safety against direct sliding, Fs-sliding 1.50
Maximum allowable eccentricity ratio at each reinforcement level, e/L 0.1667
Minimum factor of safety against compound and overall failure, Fs-comp-static 1.30
Minimum factor of safety against compound and overall failure, Fs-comp-seismic 1.10

Bearing capacity is controlled by allowable eccentricity
Maximum permissible eccentricity ratio (e/L), e/L 0.1667
Minimum factor of safety with respect to ultimate bearing capacity (Meyerhof approach) 2.50
Bearing capacity coefficient: Nγ = 25.80 Nq = 86.72

SOIL DATA
REINFORCED SOIL
Unit weight, γ 21.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, φ 35.0 deg.
RETAINED SOIL
Unit weight, γ 21.0 kN/m^3
Design value of internal angle of friction, φ 35.0 deg.
FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γeq 19.0 kN/m^3
Equivalent internal angle of friction, φeq 29.0 deg.
Equivalent cohesion, c eq 10.0 kPa
Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS
Ka (internal stability) = 0.2603 (eq. 17 is utilized to calculate Ka for all batters)
(For internal stability: δ = 22.670e(-)
Ka (external stability) = 0.2607 (17 batter is less than 10deg., Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

SEISMICITY
Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Amax = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.070 --- Kh = Amax = 0.070
(Kh in External Stability is based on allowable displacement, d = 100 mm, using FHWA-NHI-00-043 notation)
Kmax (Kh = 0) = 0.3200 Kmax (Kh = 0) = 0.2607 A Kmax = 0.1600

DIRECT SLIDING - ECCENTRICITY
Seismic safety factor is 75.0% of specified static FS for direct sliding.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3500

BEARING CAPACITY
Seismic safety factor is 66.6% of specified static FS for bearing capacity.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3500

INTERNAL STABILITY
Seismic reduction factor for friction coefficient, fr* is 80.0% of its specified static value.
Seismic factor of safety against pullout, Fs-po, is 75.0% of its specified static value.
Seismic overall factor of safety, Fs-overall, is 75.0% of its specified static value.
The reduction of Fs overall pertains to metal strip strength and to connection strength for both break and pullout modes of failure.

DATA	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	392.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Strength reduction factor, FS	0.550	N/A	N/A	N/A	N/A
or: Fs = 1 / FS	1.82	N/A	N/A	N/A	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	N/A	N/A	N/A	N/A
Design cross section area, Ac [mm^2]	210.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Smooth steel strips.					
Friction angle along reinforcement-soil interface,					
@ the top	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.55
3 m	1.45
4 m	1.35
5 m	1.30
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Facia and Connection (Design)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.18 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.09 m.
Average unit weight of panel is γ = 24.00 kN/m^3

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	1.00
0.25	1.00
0.50	1.00
0.75	1.00
1.00	1.00

DATA (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	1	N/A	N/A	N/A	N/A
Strength reduction at the connection, CRα = Fys / Fy	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 20.02 [m] { Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 20.02 m }
Batter, α 0.0 [deg]
Backslope, β 26.0 [deg]
Backslope rise 6.7 [m] Broken back equivalent angle, I = 9.50deg. (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

REINFORCEMENT LAYOUT AND DESIGN CRITERIA

LEGEND: (1) Connection strength V Satisfactory
(2) Metal strip strength X Unsatisfactory
(3) Pullout resistance
(4) Direct sliding
(5) Eccentricity

Bearing capacity: V
Foundation Interface: Direct sliding V Eccentricity V

#	Metal Strip Elevation [m]	Length [m]	Type	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.38	14.81	1	V	V	V	V	V
2	1.15	14.81	1	V	V	V	V	V
3	1.92	14.81	1	V	V	V	V	V
4	2.69	14.81	1	V	V	V	V	V
5	3.46	14.81	1	V	V	V	V	V
6	4.23	14.81	1	V	V	V	V	V
7	5.00	14.81	1	V	V	V	V	V
8	5.77	14.81	1	V	V	V	V	V
9	6.54	14.81	1	V	V	V	V	V
10	7.31	14.81	1	V	V	V	V	V
11	8.08	14.81	1	V	V	V	V	V
12	8.85	14.81	1	V	V	V	V	V
13	9.62	14.81	1	V	V	V	V	V

#	Metal Strip Elevation [m]	Length [m]	Type	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14	10.39	14.81	1	V	V	V	V	V
15	11.16	14.81	1	V	V	V	V	V
16	11.93	14.81	1	V	V	V	V	V
17	12.70	14.81	1	V	V	V	V	V
18	13.47	14.81	1	V	V	V	V	V
19	14.24	14.81	1	V	V	V	V	V
20	15.01	14.81	1	V	V	V	V	V
21	15.78	14.81	1	V	V	V	V	V
22	16.55	14.81	1	V	V	V	V	V
23	17.32	14.81	1	V	V	V	V	V
24	18.09	14.81	1	V	V	V	V	V
25	18.86	14.81	1	V	V	V	V	V
26	19.63	14.81	1	V	V	V	V	V

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for DESIGNED LAYOUT

Specified Fs-static = 1.500 and Fs-seismic = 1.125

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.942 and Fs-seismic = 1.515

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	14.81	2.254	1.763	1	1
2	1.15	14.81	2.307	1.812	1	1
3	1.92	14.81	2.361	1.864	1	1
4	2.69	14.81	2.419	1.920	1	1
5	3.46	14.81	2.479	1.979	1	1
6	4.23	14.81	2.542	2.041	1	1
7	5.00	14.81	2.609	2.108	1	1
8	5.77	14.81	2.679	2.178	1	1
9	6.54	14.81	2.752	2.254	1	1
10	7.31	14.81	2.830	2.335	1	1
11	8.08	14.81	3.013	2.506	1	1
12	8.85	14.81	3.102	2.602	1	1
13	9.62	14.81	3.196	2.706	1	1
14	10.39	14.81	3.296	2.817	1	1
15	11.16	14.81	3.401	2.938	1	1
16	11.93	14.81	3.512	3.067	1	1
17	12.70	14.81	3.628	3.207	1	1
18	13.47	14.81	3.751	3.357	1	1
19	14.24	14.81	3.879	3.519	1	1
20	15.01	14.81	4.012	3.691	1	1
21	15.78	14.81	4.148	3.874	1	1
22	16.55	14.81	4.285	4.064	1	1
23	17.32	14.81	4.419	4.257	1	1
24	18.09	14.81	4.542	4.441	1	1
25	18.86	14.81	4.643	4.598	1	1
26	19.63	14.81	4.699	4.692	1	1

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ECCENTRICITY for DESIGNED LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1277, e/L seismic = 0.1961; Overturning: Fs-static = 3.12, Fs-seismic = 2.24

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	14.81	0.1232	0.1890	1	1
2	1.15	14.81	0.1142	0.1747	1	1
3	1.92	14.81	0.1054	0.1609	1	1
4	2.69	14.81	0.0968	0.1474	1	1
5	3.46	14.81	0.0882	0.1342	1	1
6	4.23	14.81	0.0799	0.1215	1	1
7	5.00	14.81	0.0716	0.1090	1	1
8	5.77	14.81	0.0635	0.0969	1	1
9	6.54	14.81	0.0555	0.0852	1	1
10	7.31	14.81	0.0475	0.0737	1	1
11	8.08	14.81	0.0397	0.0625	1	1
12	8.85	14.81	0.0318	0.0516	1	1
13	9.62	14.81	0.0240	0.0409	1	1
14	10.39	14.81	0.0161	0.0305	1	1
15	11.16	14.81	0.0082	0.0202	1	1
16	11.93	14.81	0.0002	0.0099	1	1
17	12.70	14.81	-0.0081	-0.0003	1	1
18	13.47	14.81	-0.0166	-0.0105	1	1
19	14.24	14.81	-0.0256	-0.0210	1	1
20	15.01	14.81	-0.0352	-0.0319	1	1
21	15.78	14.81	-0.0457	-0.0434	1	1
22	16.55	14.81	-0.0574	-0.0559	1	1
23	17.32	14.81	-0.0708	-0.0700	1	1
24	18.09	14.81	-0.0868	-0.0864	1	1
25	18.86	14.81	-0.1067	-0.1065	1	1
26	19.63	14.81	-0.1329	-0.1329	1	1

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Live Load included in calculating Tmax(us) / (Actual stress)]

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Tavailable (Fv Ac Rc) /(b Fs) [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.222	0.450	100.6	98.6	28.2	1.818	1.856	1.364	1.443
2	1.15	0.222	0.450	100.6	96.0	27.3	1.818	1.905	1.364	1.484
3	1.92	0.222	0.450	100.6	92.8	26.4	1.818	1.971	1.364	1.535
4	2.69	0.222	0.450	100.6	89.6	25.5	1.818	2.043	1.364	1.589
5	3.46	0.222	0.450	100.6	86.4	24.6	1.818	2.117	1.364	1.648
6	4.23	0.222	0.450	100.6	83.2	23.7	1.818	2.199	1.364	1.711
7	5.00	0.222	0.450	100.6	80.0	22.8	1.818	2.287	1.364	1.780
8	5.77	0.222	0.450	100.6	76.8	21.9	1.818	2.383	1.364	1.854
9	6.54	0.222	0.450	100.6	73.6	21.0	1.818	2.487	1.364	1.934
10	7.31	0.222	0.450	100.6	70.4	20.1	1.818	2.600	1.364	2.022
11	8.08	0.149	0.670	67.6	67.1	19.2	1.818	1.870	1.364	1.422
12	8.85	0.149	0.670	67.6	63.9	18.3	1.818	1.922	1.364	1.493
13	9.62	0.149	0.670	67.6	60.7	17.5	1.818	2.023	1.364	1.572
14	10.39	0.149	0.670	67.6	57.5	16.6	1.818	2.136	1.364	1.659
15	11.16	0.149	0.670	67.6	54.3	15.7	1.818	2.263	1.364	1.756
16	11.93	0.149	0.670	67.6	51.1	15.0	1.818	2.405	1.364	1.859
17	12.70	0.149	0.670	67.6	47.9	15.0	1.818	2.566	1.364	1.953
18	13.47	0.149	0.670	67.6	44.7	15.0	1.818	2.750	1.364	2.058
19	14.24	0.149	0.670	67.6	42.5	15.0	1.818	2.893	1.364	2.137
20	15.01	0.149	0.670	67.6	41.1	15.0	1.818	2.992	1.364	2.191
21	15.78	0.149	0.670	67.6	39.1	15.0	1.818	3.139	1.364	2.268
22	16.55	0.149	0.670	67.6	37.2	15.0	1.818	3.386	1.364	2.354
23	17.32	0.149	0.670	67.6	35.3	15.0	1.818	3.486	1.364	2.444
24	18.09	0.149	0.670	67.6	32.7	15.0	1.818	3.758	1.364	2.575
25	18.86	0.149	0.670	67.6	29.5	15.0	1.818	4.161	1.364	2.758
26	19.63	0.149	0.670	67.6	26.4	15.0	1.818	4.654	1.364	2.967

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc License number: MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

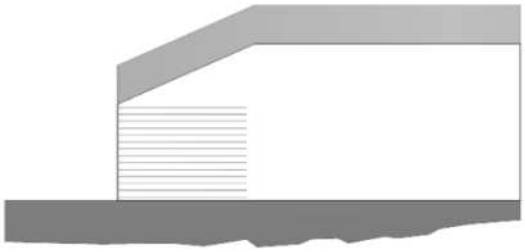
INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 10.78 [m] [Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 10.78 m]

Batter, as 0.0 [deg]
Backslope, B 26.0 [deg]
Backslope rise 6.7 [m] Broken back equivalent angle, I = 17.26deg. (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

DESIGNED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:

0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ©1998-2018 ADAMA Engineering, Inc License number: MSEW-302329

12.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 12-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽12에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽12에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽12에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽12에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 유도배수관 하부 물받이 미설치가 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한 패널 일부구간에서 경미한 배부름이 조사되었으며, 기 손상부의 경우 추후 정밀안전점검시 정확한 계측을 통한 손상의 정도 및 진전 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽12의 전면부에서 판넬 파손, 배부름의 손상이 조사되었으며, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단되고, 주변영향인자(배수시설 및 사면상태) 전면부 배수관 하부에 집수정이 설치되어있지 않아 우천시 토사유실이 우려된다고 판단됨으로 집수정 설치가 필요하다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽12에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 유도배수관 하부 집수정 미설치가 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 및 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 패널 일부구간 발생된 배부름의 경우 추후 주기적인 계측 및 점검을 통한 손상의 정도 및 진전 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호

12.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 12-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
-	-	-	-	-

12.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 12-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

12.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 12-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

12.3 현장조사 및 시험

12.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽12는 경상북도 영천시 신녕면 화남리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 798.0m, 지면노출 높이 18.7m의 2단 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 12-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000079		**관리번호**	SY RW12
시설물명	패널식옹벽12		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 영천시 신녕면 화남리		
	위치좌표	시점 : 36° 06′26.7″ 128° 76′99.5″		
		종점 : 36° 06′25.1″ 128° 77′41.1″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 63.430~63.788km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	798.0m	**지면노출 높 이**	1.87m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	경남건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 40개구간(좌측 S1~S20, 우측 S1~S20)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 12-8> 옹벽 구간 분할

Span	좌 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	우 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	16.9	21	400.0~420.0m	420.0	5.2
2	20.0~40.0m	40.0	18.3	22	420.0~440.0m	440.0	5.8
3	40.0~60.0m	60.0	18.7	23	440.0~460.0m	460.0	5.1
4	60.0~80.0m	80.0	17.6	24	460.0~480.0m	480.0	4.0
5	80.0~100.0m	100.0	17.1	25	480.0~500.0m	500.0	4.7
6	100.0~120.0m	120.0	15.6	26	500.0~520.0m	520.0	7.9
7	120.0~140.0m	140.0	14.7	27	520.0~540.0m	540.0	8.9
8	140.0~160.0m	160.0	13.6	28	540.0~560.0m	560.0	9.9
9	160.0~180.0m	180.0	12.5	29	560.0~580.0m	580.0	11.3
10	180.0~200.0m	200.0	11.2	30	580.0~600.0m	600.0	12.3
11	200.0~220.0m	220.0	10.4	31	600.0~620.0m	620.0	13.0
12	220.0~240.0m	240.0	9.3	32	620.0~640.0m	640.0	14.2
13	240.0~260.0m	260.0	7.9	33	640.0~660.0m	660.0	14.8
14	260.0~280.0m	280.0	7.0	34	660.0~680.0m	680.0	16.0
15	280.0~300.0m	300.0	5.2	35	680.0~700.0m	700.0	16.8
16	300.0~320.0m	320.0	4.6	36	700.0~720.0m	720.0	17.6
17	320.0~340.0m	340.0	4.4	37	720.0~740.0m	740.0	18.0
18	340.0~360.0m	360.0	4.2	38	740.0~760.0m	760.0	17.3
19	360.0~380.0m	380.0	4.0	39	760.0~780.0m	780.0	16.9
20	380.0~400.0m	400.0	5.0	40	780.0~788.0m	788.0	16.6

<표 12-9> 보강토 옹벽의 조사항목

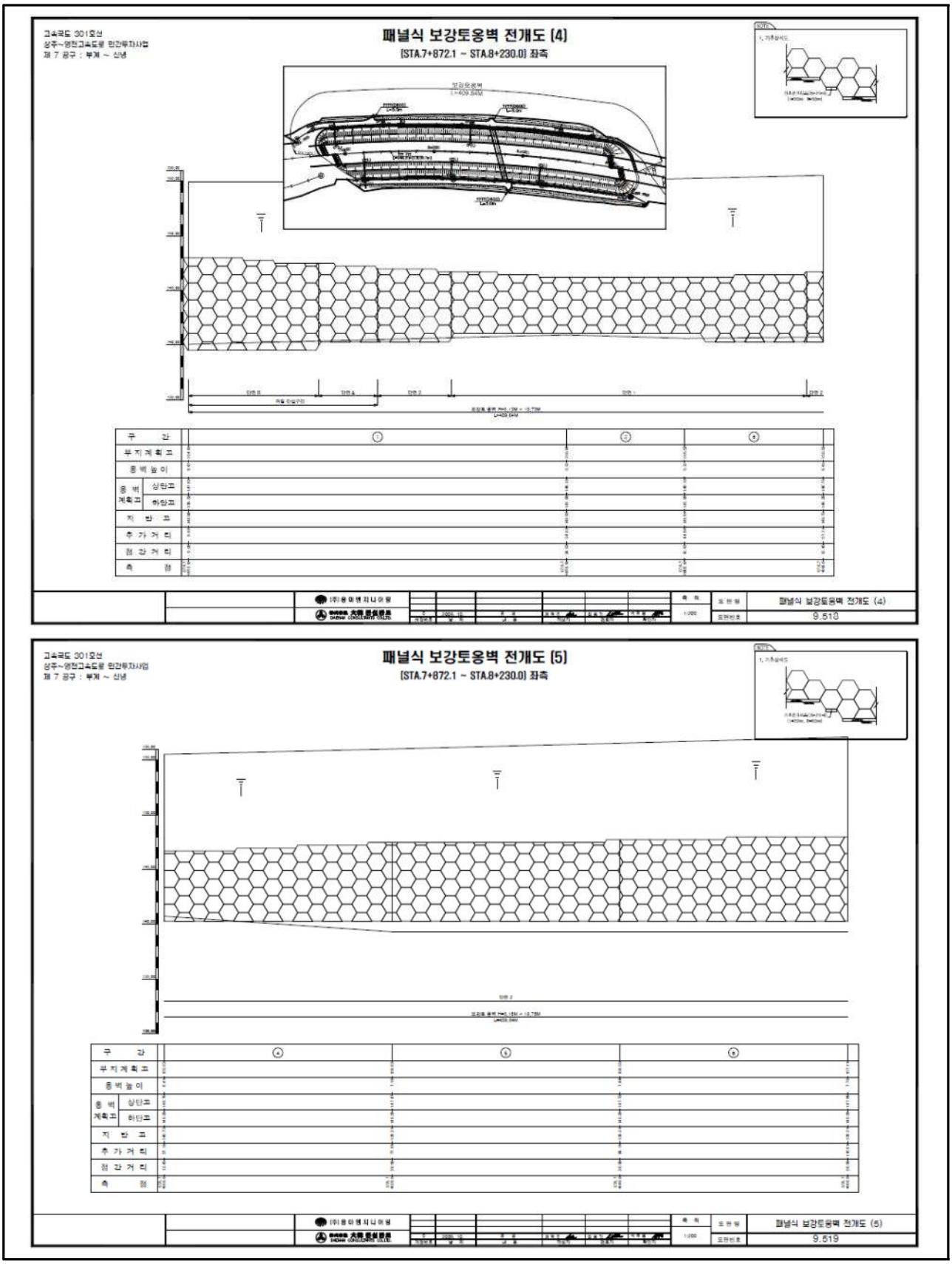
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

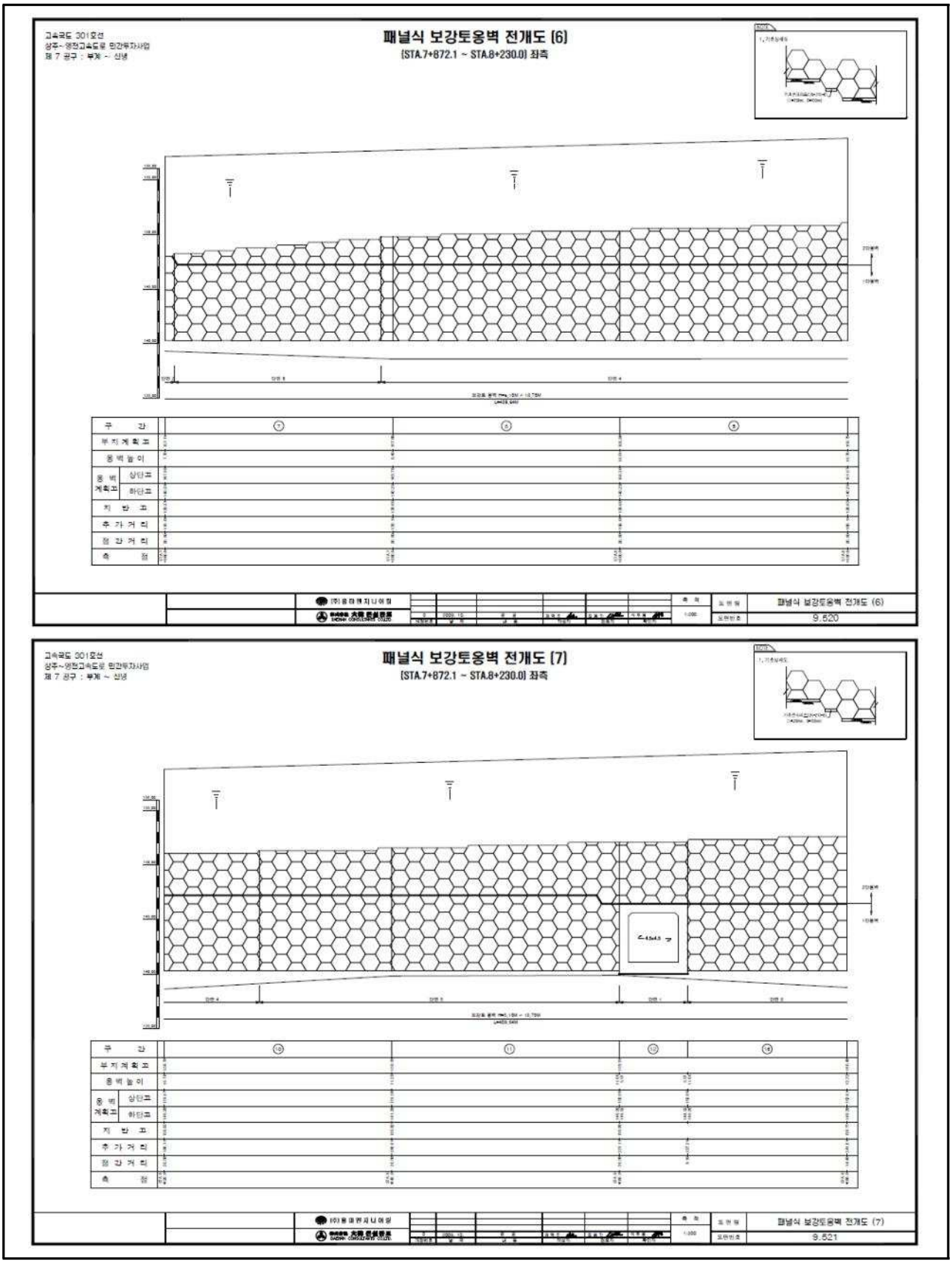
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

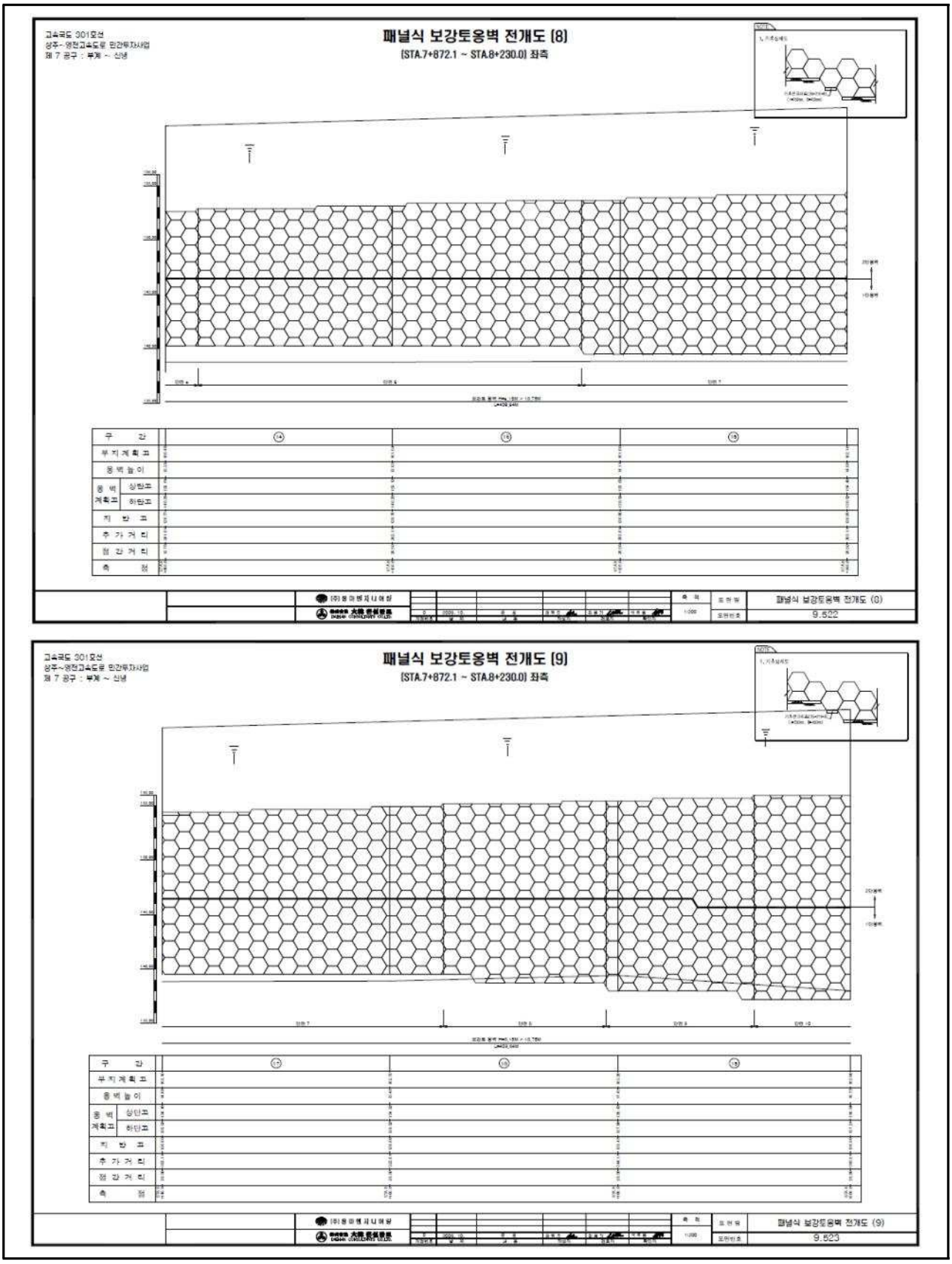
4) 관련도면



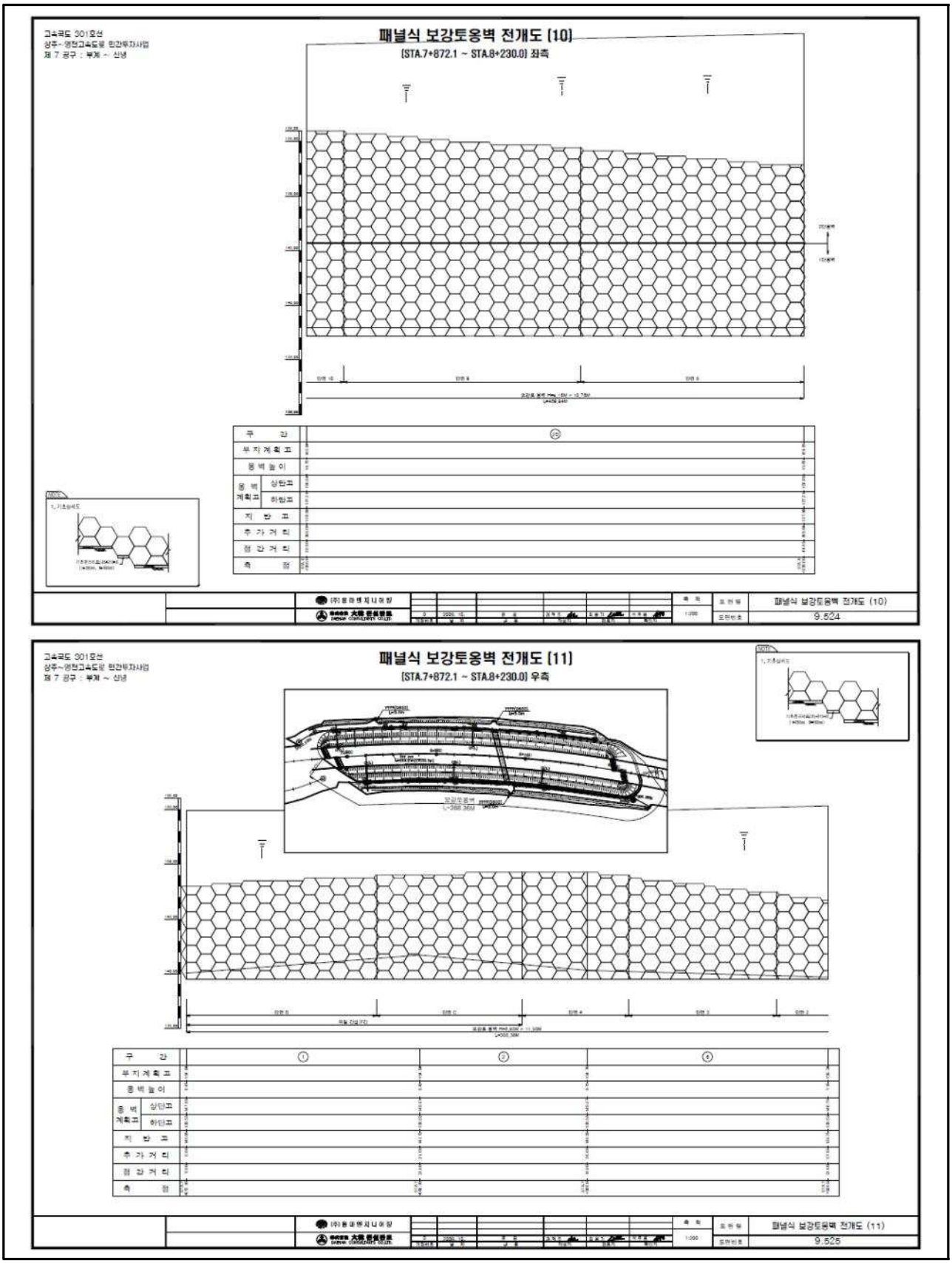
<그림 12-2> 전개도


패널식 보강토옹벽 전개도 (6)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 좌측
패널식 보강토옹벽 전개도 (7)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 좌측

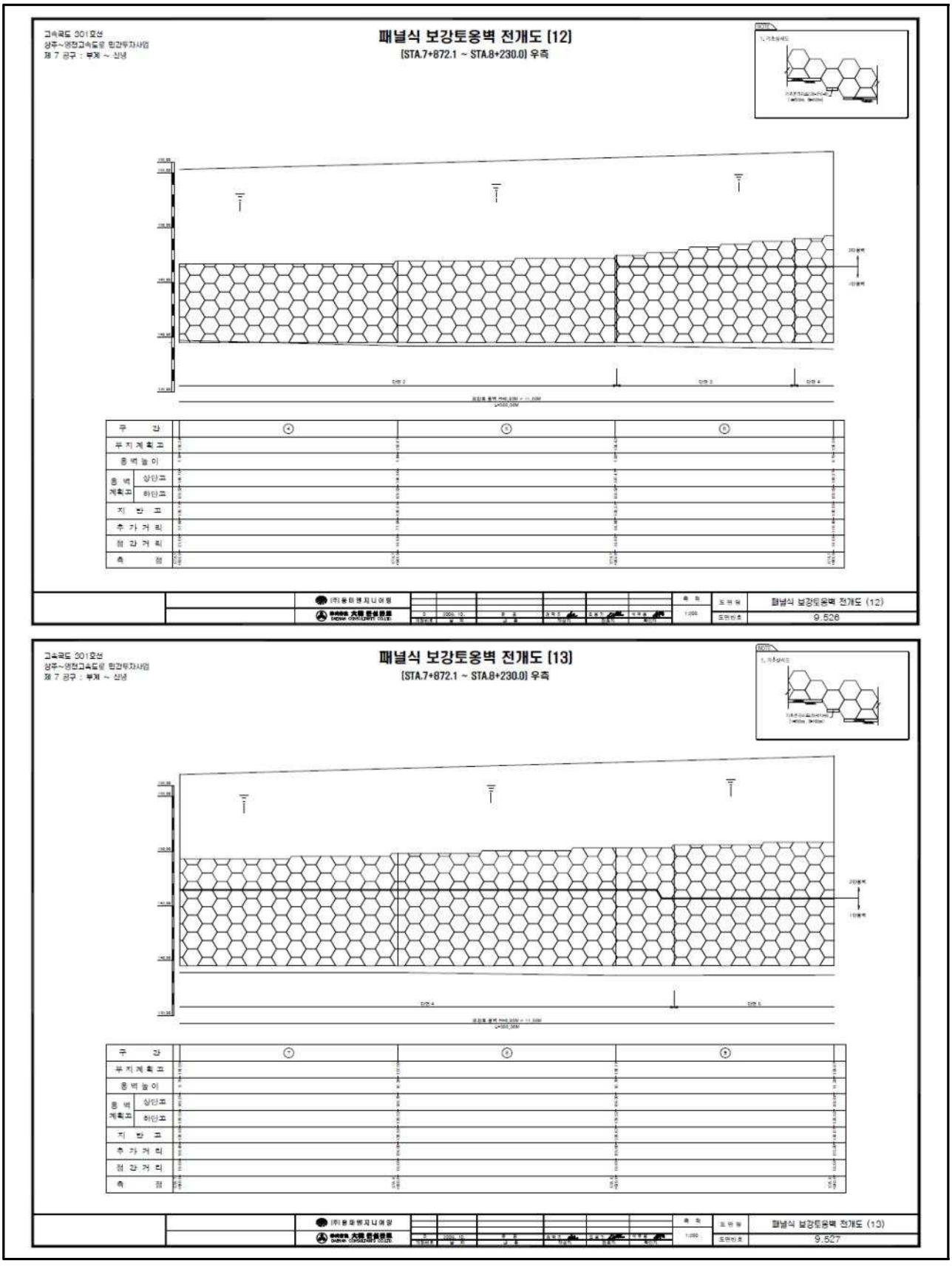
<그림 12-2> 전개도(계속)


패널식 보강토옹벽 전개도 (8)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 좌측
패널식 보강토옹벽 전개도 (9)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 좌측

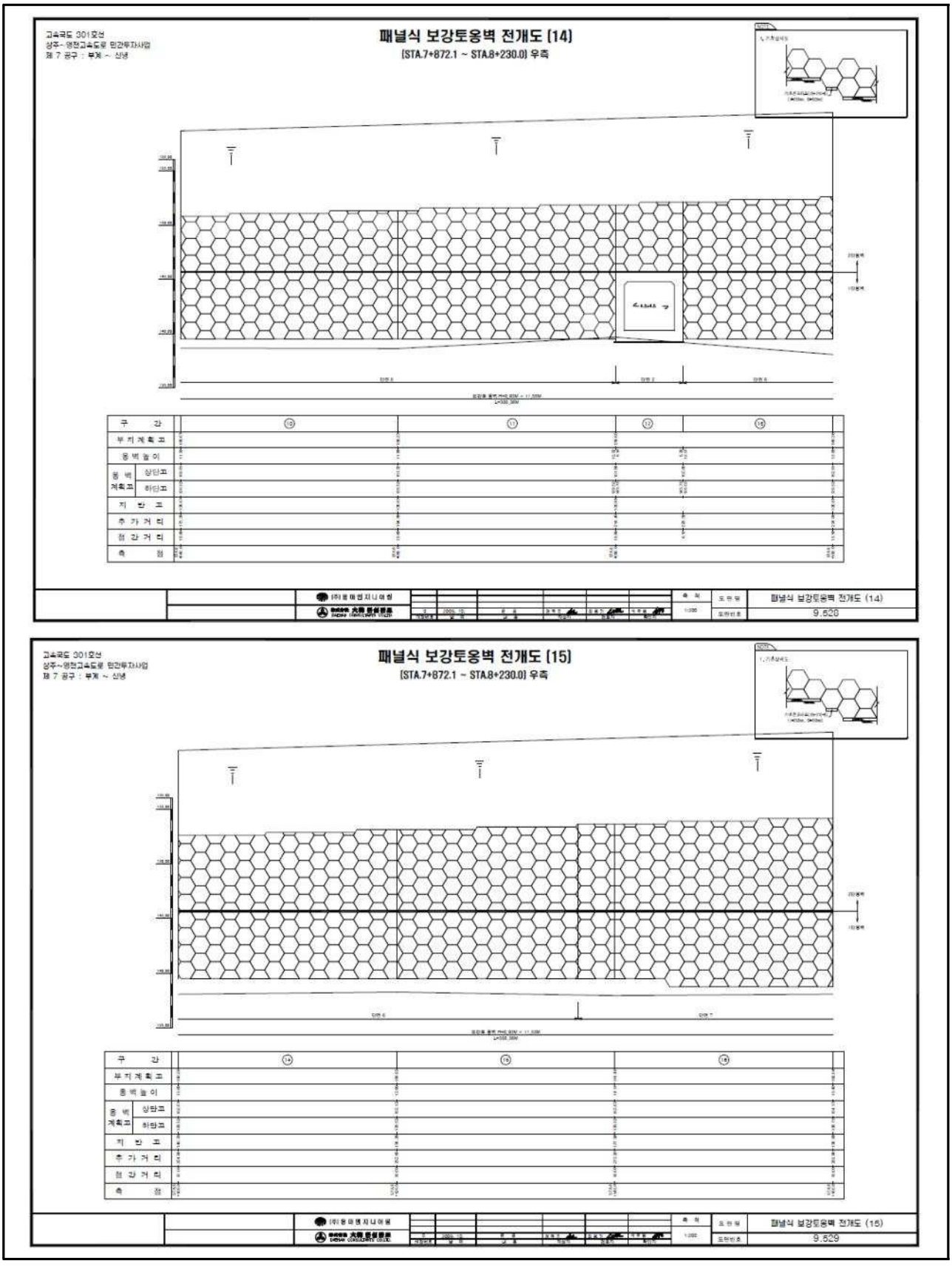
<그림 12-2> 전개도(계속)


패널식 보강토옹벽 전개도 (10)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 좌측
패널식 보강토옹벽 전개도 (10)
9.524
패널식 보강토옹벽 전개도 (11)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 우측
패널식 보강토옹벽 전개도 (11)
9.525

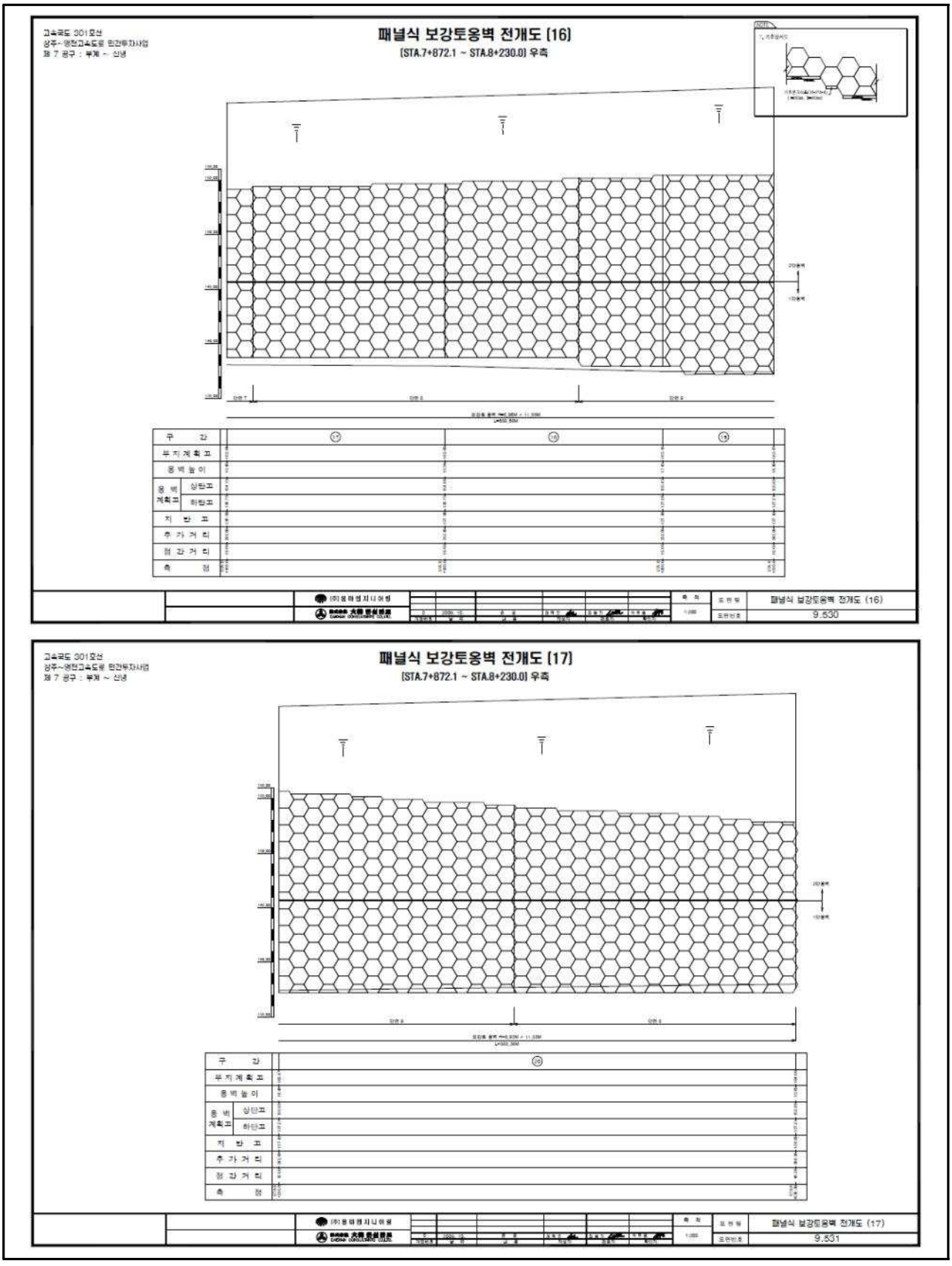
<그림 12-2> 전개도(계속)


패널식 보강토옹벽 전개도 (12)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 우측
패널식 보강토옹벽 전개도 (13)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 우측

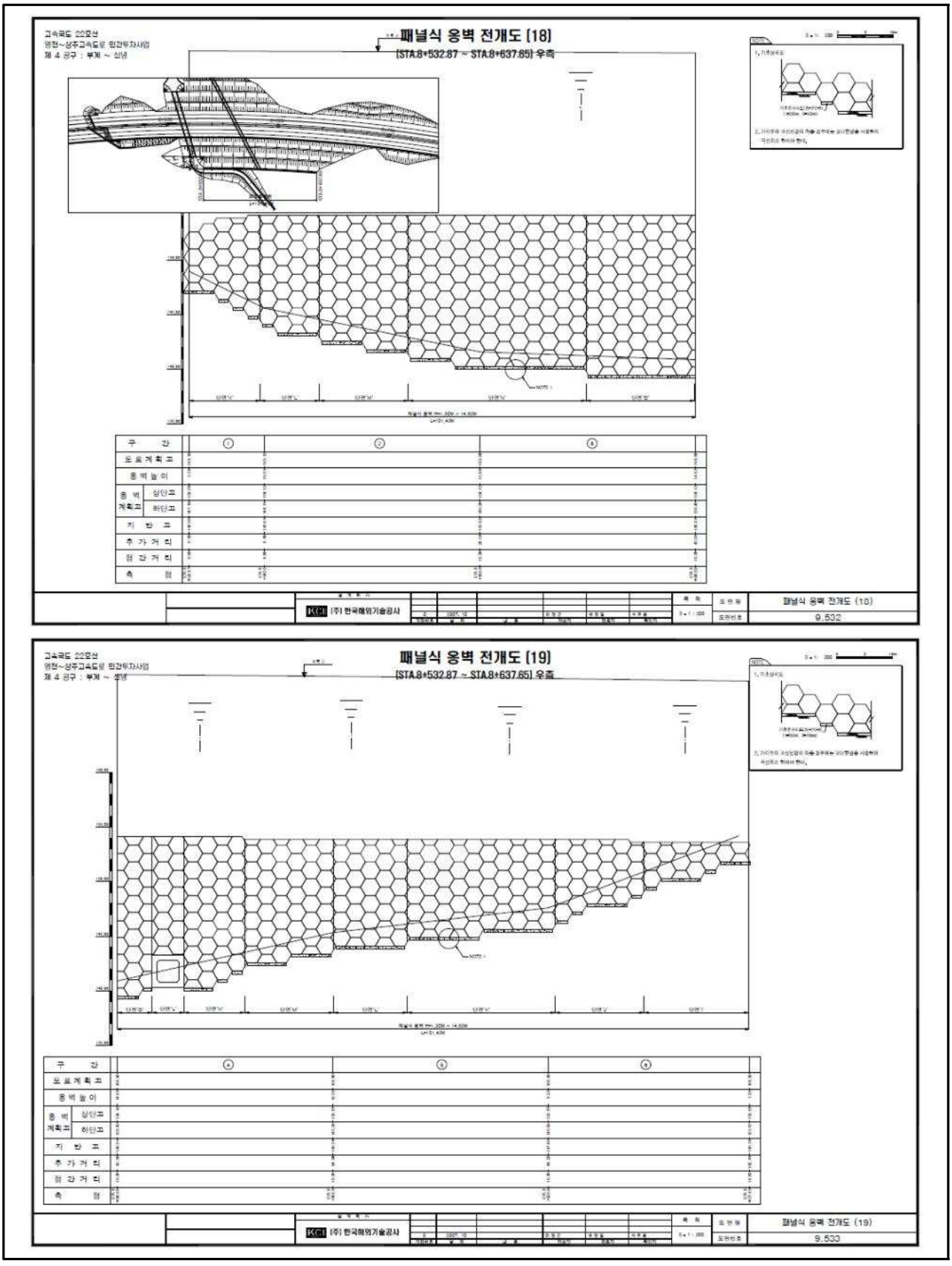
<그림 12-2> 전개도(계속)


고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 7 공구 : 부계 ~ 신녕
패널식 보강토옹벽 전개도 (14)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 우측
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
절 감 거 리
측 점
패널식 보강토옹벽 전개도 (14)
9.628
고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 7 공구 : 부계 ~ 신녕
패널식 보강토옹벽 전개도 (15)
(STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0) 우측
구 간
부지계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
절 감 거 리
측 점
패널식 보강토옹벽 전개도 (15)
9.629

<그림 12-2> 전개도(계속)


패널식 보강토옹벽 전개도 (16)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 우측
패널식 보강토옹벽 전개도 (16)
9.530
패널식 보강토옹벽 전개도 (17)
[STA.7+872.1 ~ STA.8+230.0] 우측
패널식 보강토옹벽 전개도 (17)
9.531

<그림 12-2> 전개도(계속)


패널식 옹벽 전개도 (18)
[STA.8+532.87 ~ STA.8+637.65] 우측
패널식 옹벽 전개도 (19)
[STA.8+532.87 ~ STA.8+637.65] 우측
KCI (주) 한국해외기술공사
패널식 옹벽 전개도 (18)
9.532
패널식 옹벽 전개도 (19)
9.533

<그림 12-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

12.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 12-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S3	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	-
	S4	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	
	S11	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	
	S13	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	
	S16	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	
배부름	S13~15	배부름	㎡	1 / 200.0	시공미흡	



현 황	S3 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S4 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S11 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S13 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S13~15 배부름
원 인	시공미흡
대 책	주의관찰



현 황	S13~15 배부름
원 인	시공미흡
대 책	주의관찰

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 12-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 12-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상부, 전면부에는 배수로, 배수관이 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, S20 배수관 하부에 집수정이 설치되지 않은 것으로 조사되었다.




배수시설 시공상태

<표 12-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S20	배수관 하부 집수정 미설치	EA	1 / 1.00	시공미흡	-




현 황	배수관 하부 집수정 미설치	현 황	상태양호
원 인	시공미흡	원 인	-
대 책	집수정 시공	대 책	-

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.





사면부 식생 상태 현황

<표 12-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-





현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

12.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 12-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

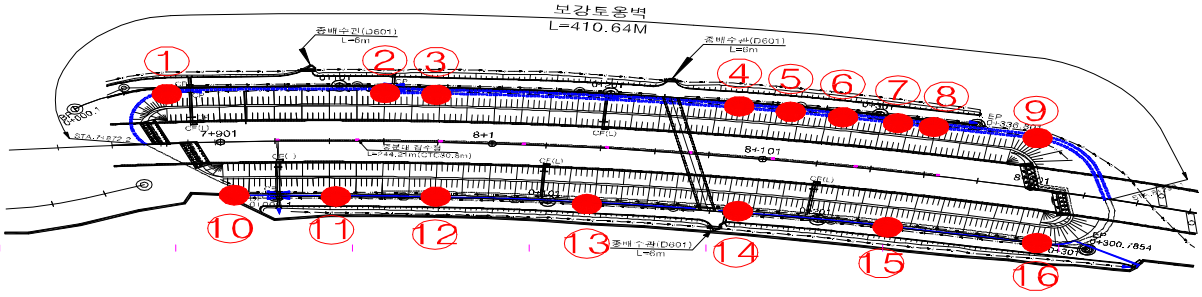
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 12-16> 기울기 측정결과

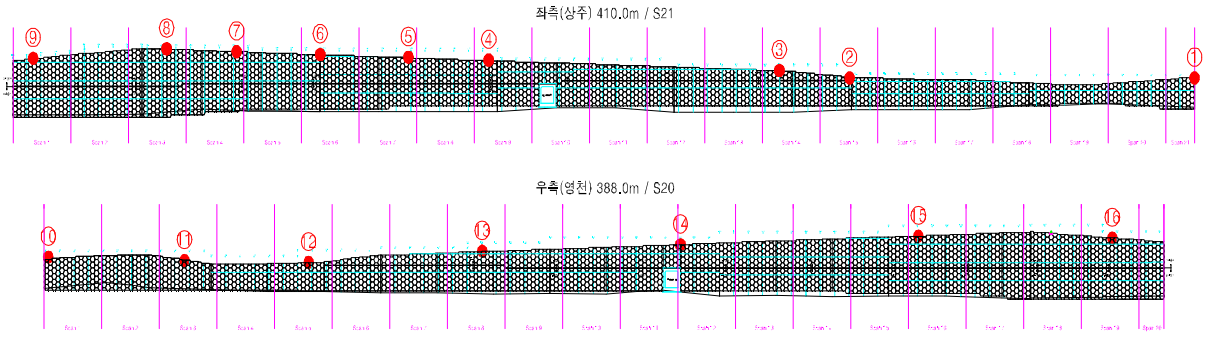
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	80m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
2	160m	89.1°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	240m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만
4	320m	88.9°	89.0°	비진행성, 2%미만
5	400m	88.9°	89.0°	비진행성, 2%미만
6	480m	88.9°	89.1°	비진행성, 2%미만

<표 12-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치 (좌측)	X	Y	Z	측정위치 (우측)	X	Y	Z
①	385045.3	179501.6	144.219	⑨	385034	179629.7	155.489
②	385045.2	179530.8	145.723	⑩	385022.2	179511.6	148.268
③	385045.2	179541.2	149.623	⑪	385022.1	179526.7	147.991
④	385041.1	179585.7	154.663	⑩	385022	179541.2	146.892
⑤	385039.9	179594.5	155.015	⑬	385020.4	179563.4	151.761
⑥	385038.7	179602.7	155.239	⑭	385018.8	179585.7	153.888
⑦	385037.4	179610.8	155.522	⑮	385015.2	179607.7	155.426
⑧	385036.7	179615.8	155.511	⑯	385011.6	179629.7	154.989
⑨	385034	179629.7	155.489	-	-	-	-



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 12-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

12.4 안전성능 평가

12.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 12-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 12-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 12-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수 합계	평가단위 결함지수	평가단위 평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석 흔적	침출수			
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	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S13	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.06	a
S14	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04	a
S15	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04	a
S16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a

<표 12-20> 상태안전성능 평가 산정 결과 - 계속

SPAN NO.	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
S26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	a
									상태평가 결과					**A**	

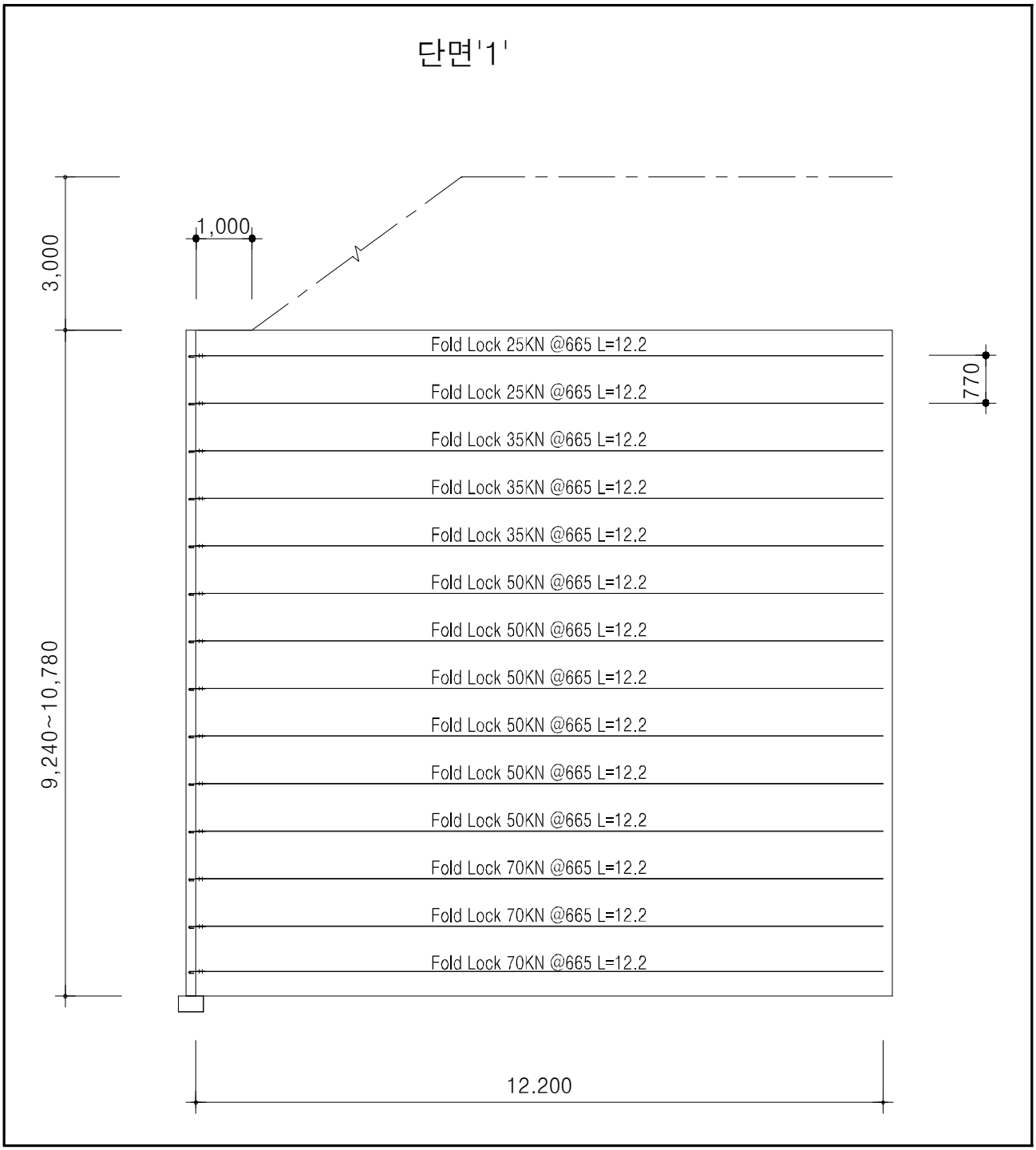
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.00로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

12.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면도



<그림 12-4> 검토단면도

다. 설계조건

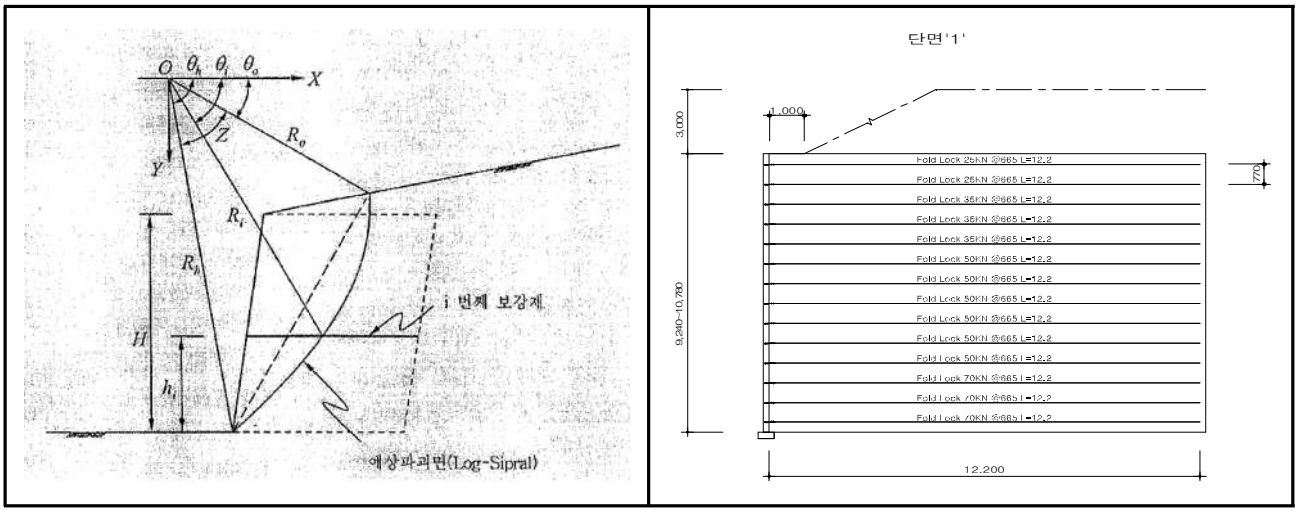
1) 토질정수

<표 12-21> 대상 옹벽 토질정수

구분	단위중량 γ_t (kN/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (kPa)	비 고
보강토 구간	20.0	35.0	0	
일 반 구 간	20.0	35.0	0	
기 초 지 반	19.0	28.0	10.0	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



<그림 12-5> 토압작용 모식도

2) 하중조건

가) 상재하중(활하중) : 1.50 tf/㎡ (15.0 kPa)

성토 높이와 구조물의 하중을 고려하여 검토하였다.

3) 토압계수

- 토압계수 = 0.2445

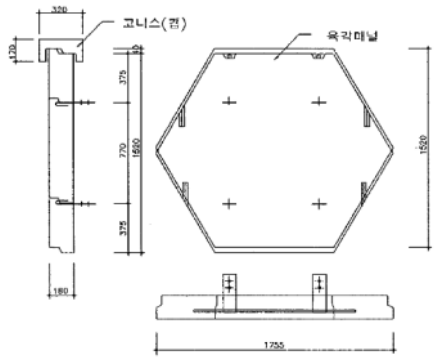
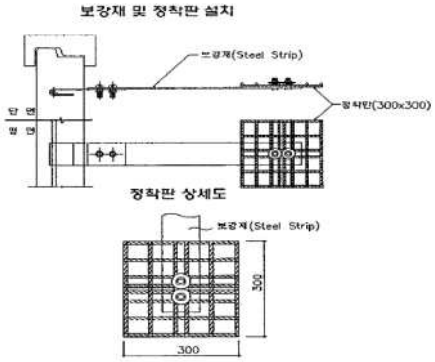
4) 설계 내구 년수

* 영구 구조물 : 100년

5) 사용재료 규격

- 폭(B) = 1,755㎜ - 높이(H) = 1,520㎜

<표 12-22> 사용재료 규격표

구 분	육각 P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

마. 안정해석 결과

1) 1단 안정해석 결과

<표 12-23> 1단 안정석해석 결과

구 분		검토결과(Fs)		기준치(Fs)		판정
		상시	지진시	상시	지진시	
외적 안정	활 동	2.25	1.81	1.50	1.13	O.K
	전 도	3.25	2.44	2.00	1.50	O.K
	지지력	2.28	1.80	1.82	1.36	O.K
내적 안정	파 단	2.28	1.80	1.82	1.36	O.K
	인 발	2.37	1.27	1.50	1.13	O.K

2) 2단 안정해석 결과

<표 12-24> 2단 안정석해석 결과

구 분		검토결과(Fs)		기준치(Fs)		판정
		상시	지진시	상시	지진시	
외적 안정	활 동	2.76	2.47	1.50	1.13	O.K
	전 도	6.60	5.85	2.00	1.50	O.K
	지지력	5.22	4.44	1.82	1.36	O.K
내적 안정	파 단	5.22	4.44	1.82	1.36	O.K
	인 발	3.01	1.88	1.50	1.13	O.K

다. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 12-25> 구조안전성능 평가 결과표

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	활동	상시	2.25	a	1.5이상
		지진시	1.81	a	1.1이상
	전도	상시	3.25	a	2.0이상
		지진시	2.44	a	1.5이상
	지지력	상시	2.28	a	1.8이상
		지진시	1.80	a	1.3이상
내적 안전성 평가	보강재 파단	상시	2.28	a	1.8이상
		지진시	1.80	a	1.3이상
	보강재 인발	상시	3.01	a	1.5이상
		지진시	1.88	a	1.1이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

12.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 12-26> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽12		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : **A등급**		

<표 12-27> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

12.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

12.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 12-28> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 16개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 12-29> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S2	39.4	37.4	33.7	0.65	124.7	112.3	30.0
	S4	40.5	38.5	35.4	0.65	128.3	118.0	
	S6	40.9	38.9	36.0	0.65	129.7	120.0	
	S8	38.9	36.9	33.0	0.65	123.0	110.0	
	S10	40.3	38.3	35.1	0.65	127.7	117.0	
	S12	40.7	38.6	35.7	0.65	128.7	119.0	
	S14	37.2	35.3	30.5	0.65	117.7	101.7	
	S16	38.2	36.2	31.9	0.65	120.7	106.3	
	S18	38.2	36.2	31.9	0.65	120.7	106.3	
	S20	37.3	35.4	30.6	0.65	118.0	102.0	
	S22	39.1	37.1	33.3	0.65	123.7	111.0	
	S24	40.6	38.6	35.6	0.65	128.7	118.7	
	S26	40.7	38.7	35.7	0.65	129.0	119.0	
	S28	41.0	38.9	36.1	0.65	129.7	120.3	
	S30	41.4	39.3	36.7	0.65	131.0	122.3	
	S32	41.1	39.0	36.3	0.65	130.0	121.0	

<표 12-30> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S2 건전부	124.7	112.3	-	a	-	30.0
S4 건전부	128.3	118.0	-	a	-	
S6 건전부	129.7	120.0	-	a	-	
S8 건전부	123.0	110.0	-	a	-	
S10 건전부	127.7	117.0	-	a	-	
S12 건전부	128.7	119.0	-	a	-	
S14 건전부	117.7	101.7	-	a	-	
S16 건전부	120.7	106.3	-	a	-	
S18 건전부	120.7	106.3	-	a	-	
S20 건전부	118.0	102.0	-	a	-	
S22 건전부	123.7	111.0	-	a	-	
S24 건전부	128.7	118.7	-	a	-	
S26 건전부	129.0	119.0	-	a	-	
S28 건전부	129.7	120.3	-	a	-	
S30 건전부	131.0	122.3	-	a	-	
S32 건전부	130.0	121.0	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 12-31> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 영천시 신녕면 화남리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.2회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

1.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 12-32> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

12.6 종합평가

12.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 12-6> 종합평가 흐름도

12.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 12-33> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 12-34> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽12			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 12-35> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

12.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

12.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 12-36> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

12.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 12-37> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

12.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 12-38> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	집수정 미설치	집수정 설치	손상진전 억제
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 12-39> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.05	㎡	138	7
순 공사비(천원)						**7**
재 경 비(천원)						**4**
총 공사비(천원)						**12**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 12-40> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.05	138	7	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0314	1
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

12.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 영천시 신녕면 화남리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 최대 높이는 18.7m로 측정되었으며, 총 연장은 L=798.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 파손 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제13장 패널식옹벽13

13.1 대상 시설물 현황

13.2 관련 자료의 분석

13.3 현장조사 및 시험

13.4 안전성능 평가

13.5 내구성능 평가

13.6 종합평가

13.7 유지관리 전략 제안

13.8 종합결론

제13장 패널식옹벽13

13.13 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 화산면 화산리(상주영천고속도로 73.125~73.250km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 125.6m, 지면노출높이 13.9m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 13-1> 시설물 현황(패널식옹벽13)

시설물 번호	RW2017-0000088		**관리번호**	SY RW13
시설물명	패널식옹벽13		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 영천시 화산면 화산리		
	위치좌표	시점 : 36° 04′23.0″ 128° 86′80.6″		
		종점 : 36° 04′16.8″ 128° 86′93.2″		
	관리이정	고속국도 301호선 73.125~73.250km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	125.6m	지면 노출높이(m)	13.9m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	㈜대우건설
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 13-1> 대상 시설물 현황도

13.2 관련 자료의 분석

13.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 13-2> 유지관리 관련자료 현황

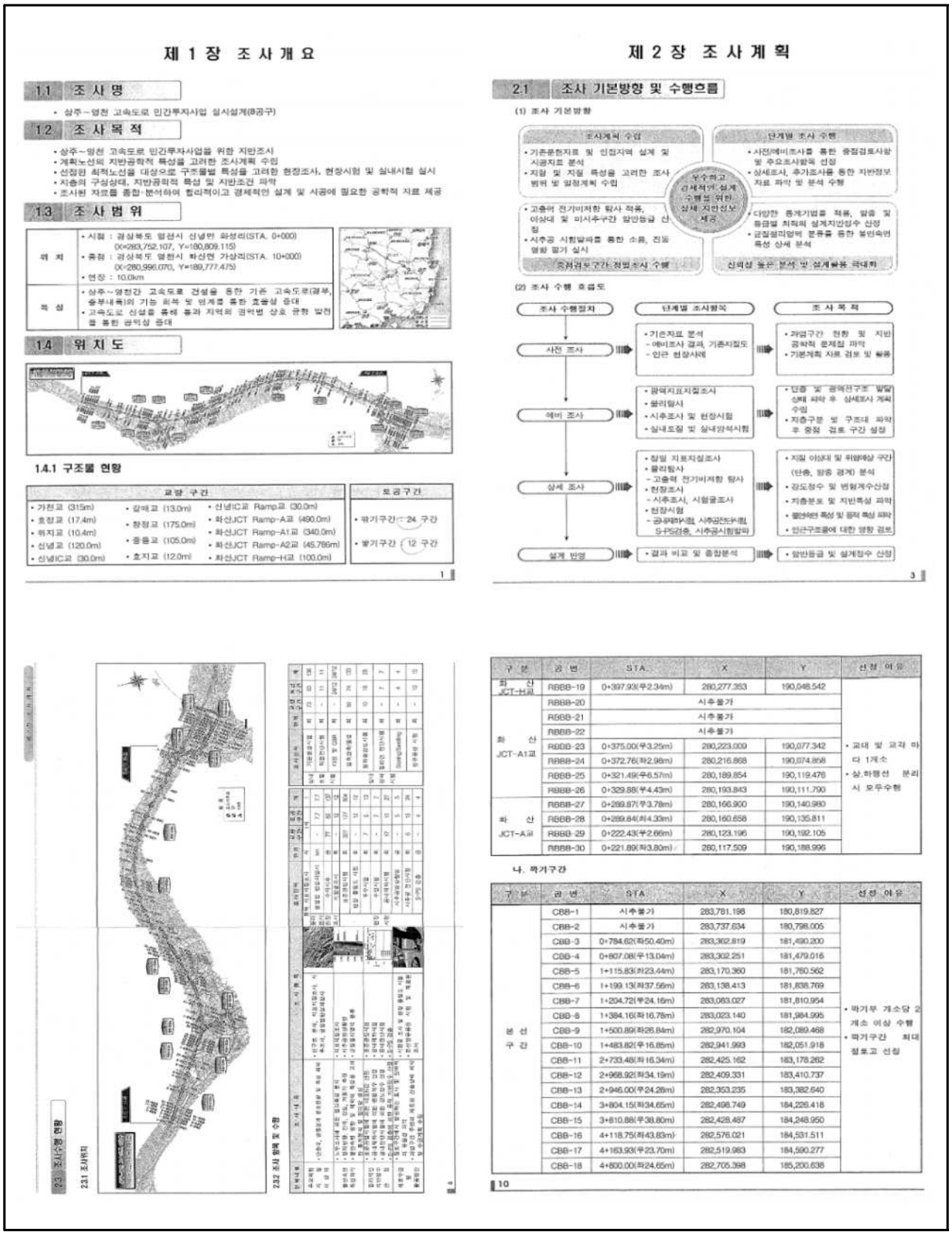
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	 보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 8공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

13.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구 : 신녕~화산, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조 사 명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계(8공구)

1.2 조 사 목 적

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조 사 범 위

위 치	• 시점 : 경상북도 영천시 신녕면 화성리(STA. 0+000) (X=283,752.107, Y=190,809.115) • 종점 : 경상북도 영천시 화산면 가상리(STA. 10+000) (X=280,996.070, Y=189,777.475) • 연장 : 10.0km
목 적	• 상주~영천간 고속도로 건설을 통한 기존 고속도로(경부, 중부내륙)의 기능 회복 및 연계를 통한 효율성 증대 • 고속도로 신설을 통해 동과 지역의 경쟁력 상호 균형 발전을 통한 균형성 증대

1.4 위 치 도

1.4.1 구조물 현황

교량 구간			토공구간
• 가천교 (315m)	• 갈매교 (13.0m)	• 신녕IC교 Ramp교 (30.0m)	• 박기구간 : 24 구간
• 효정교 (17.4m)	• 창정교 (175.0m)	• 화산JCT Ramp-A교 (490.0m)	• 방기구간 : 12 구간
• 위지교 (10.4m)	• 중동교 (105.0m)	• 화산JCT Ramp-A1교 (340.0m)	
• 신녕교 (120.0m)	• 호지교 (12.0m)	• 화산JCT Ramp-A2교 (45.786m)	
• 신녕IC교 (30.0m)		• 화산JCT Ramp-H교 (100.0m)	

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

(1) 조사 기본방향

(2) 조사 수행 흐름도

구 분	공 번	STA.	X	Y	선정 이유
화 산 JCT-H교	RBBB-19	0+397.93(우2.34m)	280,277.353	190,048.542	
화 산 JCT-A1교	RBBB-20	시추불가			
	RBBB-21	시추불가			
	RBBB-22	시추불가			
	RBBB-23	0+375.00(우3.25m)	280,223.009	190,077.342	• 교대 및 교각 마다 1개소
	RBBB-24	0+372.76(좌2.98m)	280,216.868	190,074.858	• 상,하행선 분리시 모두수행
	RBBB-25	0+321.49(우6.57m)	280,189.854	190,119.476	
	RBBB-26	0+329.88(우4.43m)	280,193.843	190,111.790	
화 산 JCT-A교	RBBB-27	0+289.87(우3.78m)	280,166.900	190,140.980	
	RBBB-28	0+289.84(좌4.33m)	280,160.658	190,135.811	
	RBBB-29	0+222.43(우2.66m)	280,123.196	190,192.105	
	RBBB-30	0+221.89(좌3.80m)	280,117.509	190,188.996	

나. 박기구간

구 분	공 번	STA	X	Y	선정 이유
본 선 구 간	CBB-1	시추불가	283,781.186	180,819.827	
	CBB-2	시추불가	283,737.634	180,798.005	
	CBB-3	0+784.62(좌50.40m)	283,302.819	181,490.200	
	CBB-4	0+807.08(우13.04m)	283,302.251	181,479.016	
	CBB-5	1+115.83(좌23.44m)	283,170.360	181,760.562	
	CBB-6	1+199.13(좌37.56m)	283,138.413	181,838.769	
	CBB-7	1+204.72(우24.16m)	283,083.027	181,810.954	
	CBB-8	1+384.16(좌16.78m)	283,023.140	181,984.995	• 박기부 개소당 2개소 이상 수행
	CBB-9	1+500.89(좌26.84m)	282,970.104	182,089.468	• 박기구간 최대 절토고 선정
	CBB-10	1+483.82(우16.85m)	282,941.993	182,051.918	
	CBB-11	2+733.48(좌16.34m)	282,425.162	183,178.262	
	CBB-12	2+968.92(좌34.19m)	282,409.331	183,410.737	
	CBB-13	2+946.00(우24.28m)	282,353.235	183,382.640	
	CBB-14	3+804.15(좌34.65m)	282,498.749	184,226.418	
	CBB-15	3+810.88(우38.80m)	282,428.487	184,248.950	
	CBB-16	4+118.75(좌43.83m)	282,576.021	184,531.511	
	CBB-17	4+163.93(우23.70m)	282,519.983	184,590.277	
	CBB-18	4+800.00(좌24.65m)	282,705.398	185,200.638	

구 분	공 번	STA	X	Y	선정 이유
터널구간	CBB-19	4+804.44(우38.95m)	282,644.283	185,218.792	
	CBB-20	4+993.80(좌17.98m)	282,741.003	185,391.258	
	CBB-21	4+982.21(우26.79m)	282,694.169	185,389.806	
	CBB-22	5+219.11(좌9.40m)	282,781.593	185,613.049	
	CBB-23	5+203.41(우31.83m)	282,737.935	185,606.678	
	CBB-24	5+313.56(좌46.03m)	282,837.865	185,697.276	
	CBB-25	5+646.27(우15.14m)	282,842.212	186,035.814	
	CBB-26	5+769.12(좌26.95m)	282,899.268	186,152.708	
	CBB-27	5+771.33(우30.67	282,842.181	186,160.880	
	CBB-28	시추불가			
	CBB-29	6+104.79(우35.30m)	282,853.333	186,490.349	
	CBB-30	6+216.64(좌39.26m)	282,924.901	186,604.192	
	CBB-31	6+190.79(우9.36m)	282,877.374	186,576.252	
	CBB-32	7+177.27(좌25.75m)	282,714.891	187,548.103	
	CBB-33	7+091.30(우38.83m)	282,683.739	187,445.347	• 짝기부 개소당 2개소 이상 수행 • 짝기구간 최대 절토고 선정
	CBB-34	시추불가			
	CBB-35	시추불가			
	CBB-36	시추불가			
	CBB-37	8+127.91(좌16.17m)	282,230.008	188,368.900	
	CBB-38	8+132.64(우29.82m)	282,191.349	188,343.540	
	CBB-39	8+659.13(좌20.76m)	281,887.303	188,775.450	
	CBB-40	8+677.54(우25.93m)	281,839.962	188,758.848	
	CBB-41	9+033.14(우34.76m)	281,588.008	189,037.588	
	CBB-42	시추불가			
	CBB-43	9+676.09(좌41.10m)	281,236.688	189,558.987	
	CBB-44	9+668.78(우38.64m)	281,183.071	189,501.379	
	CBB-45	시추불가			
	CBB-46	9+926.46(우45.57m)	281,009.572	189,692.027	
램프구간	RCBB-1	0+248.23(좌20.04m)	282,487.486	183,063.957	
	RCBB-2	0+360.23(우4.61m)	282,373.617	182,825.716	
	RCBB-3	1+642.21(우15.78m)	281,272.049	189,662.934	
	RCBB-4	0+198.41(우31.41m)	281,182.170	189,474.097	
	RCBB-5	1+237.41(우9.68m)	280,867.466	189,603.369	

11

• 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시

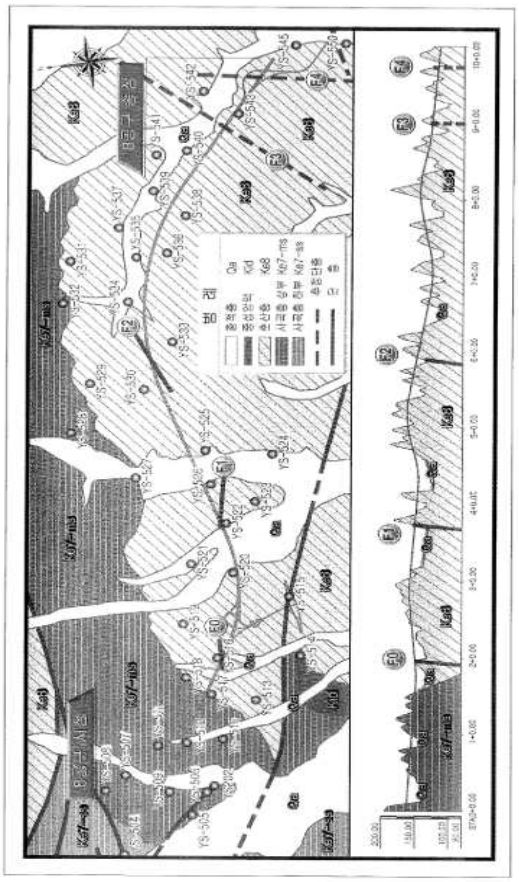
• 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 흰색에 대한 접두용어를 사용

암반 분류	• 한국도로공사, 철도청, 한국기술용역협회 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 분류하고 터널구간은 Rock Type으로 표시하되 RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함
기재 방법	• 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반역학회)의 분류방법에 의거 분류 • 조사과정에서 획수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법"에 의거하여 시추주상도를 작성
기술 내용	• 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기술함 - 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 흰 색의 서술용어를 사용함 • 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류 • 시추주상도에는 암석명, N치, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 코아회수율 및 불연속면 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 경사, 거칠기 등) 등을 자세하게 기재함

표준단면	암질	특 징	RMR	Q값	탄성파속도 (km/s)	압축압축강도 (MPa)	크 이 획수율 (%)
I	경암	인장성이 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대괴상의 암질	100~81	60이상	3.4이상	100 이상	90이상
II	보통암	균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며 일반으로 절리가 존재하는 층상의 암질	80~61	5.8~60	2.6~3.4	80~100	70~90
III	연암	층리, 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며, 파쇄대가 존재하는 소괴상의 암질	60~41	0.6~5.8	1.8~2.6	60~80	40~70
IV	풍화암	물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	40~21	0.1~0.6	0.99~1.8	25~60	40이하
V	풍화토	풍화작용이 심하고 일부가 토괴화된 상태이며, 매우 쉽게 부서지고 쉽게 뜯어낼 수 있는 암질	20이하	0.1이하	0.99이하	25 이하	-

21

제 3 장 지질도



8.1. 광역 지표지질조사

8.1.1. 지질개요

• 화업구간은 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 동남부에 위치한다. 경상분지는 처음에는 일본의 북구주지방과 중국, 대마도에 분포하는 퇴적분지를 총괄하여 대마도분지로 불려왔다. 그 후 1961년 원종관은 수차례 조사결과 경상누층군이 구조상으로 분지형을 이루고 있으므로 경상분지라고 명명하였다. 경상분지의 분포는 남북방향인 장축이 200km, 동서단축이 120km, 총면적이 24,000km2에 달한다. 경상분지는 조산운동에 의해 형성된 3개의 소분지로 구성되어 있고, 이들은 다시 여러 개의 단층계에 의해 파괴되어 있다(그림 1).



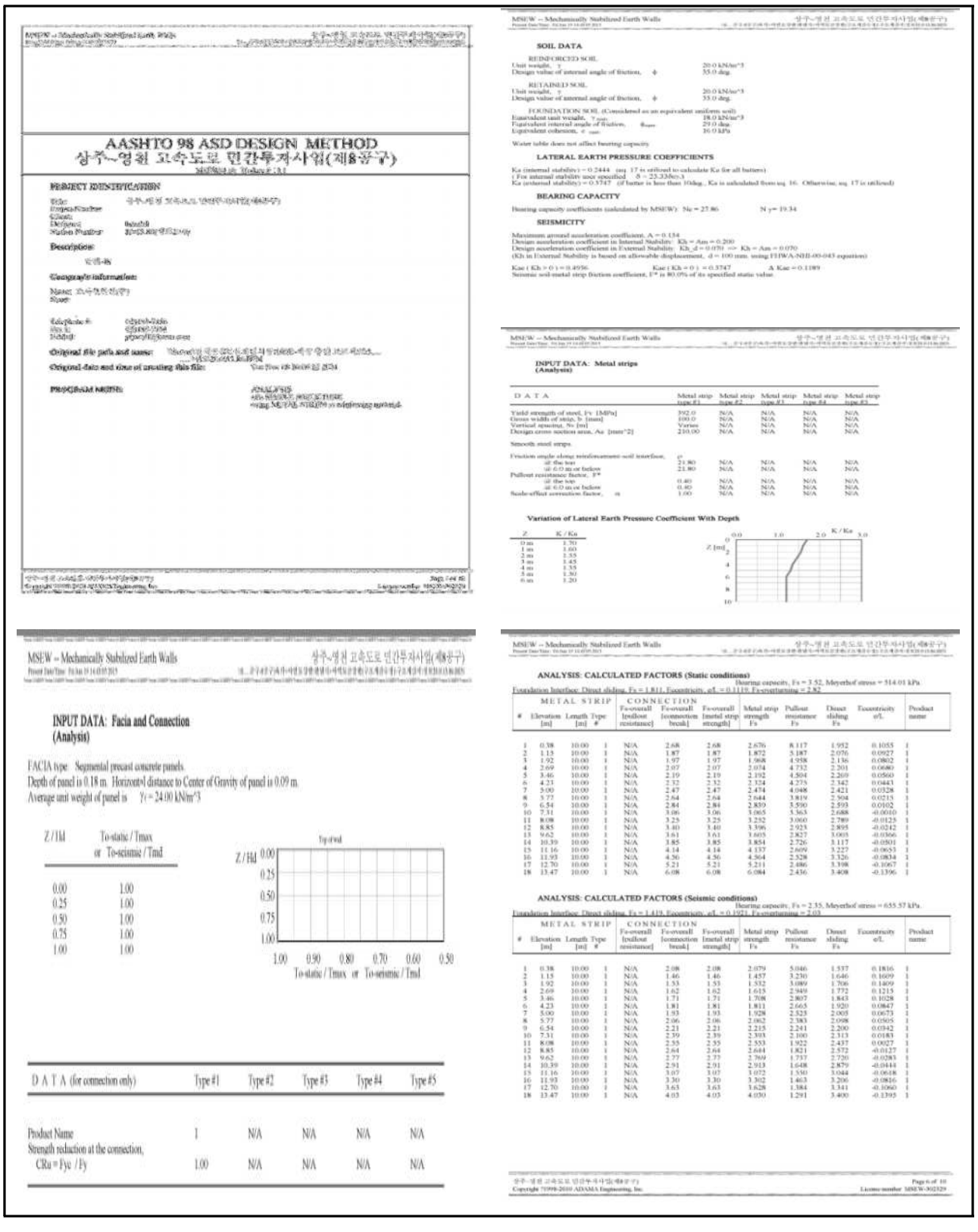
그림 1. 경상분지와 소분지 분포

• 경상분지는 암상 및 지구조에 의해 몇 개의 소분지로 구분된다. 분지서쪽에 남북방향의 대상으로 발달하는 낙동소분지, 분지 최북단의 일월산 충상단층(thrust)과 청송령 사이에 발달하는 영양소분지, 안동충상단층 및 청송령과 팔공산 융기대 사이에 발달하는 의성(도개)소분지, 그리고 팔공산 융기대 이남지역에 발달하는 유천(밀양)소분지로 나누어진다(그림 1).

• 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상누층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 쥬라기말의 대보화강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 피복되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달되어 있다(그림 2).

13.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구 : 신녕~화산, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD
상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)

PROJECT IDENTIFICATION

SOIL DATA

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

BEARING CAPACITY

SEISMICITY

INPUT DATA: Metal strips (Analysis)

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.18 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.09 m.
Average unit weight of panel is γc = 24.00 kN/m^3

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	1.00
0.25	1.00
0.50	1.00
0.75	1.00
1.00	1.00

DATA (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	1	N/A	N/A	N/A	N/A
Strength reduction at the connection, CRu = Fyc / Fy	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for METAL STRIPS reinforcements)

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 1.811 and Fs-seismic = 1.419

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.00	1.952	1.537	1	1
2	1.15	10.00	2.076	1.646	1	1
3	1.92	10.00	2.136	1.706	1	1
4	2.69	10.00	2.201	1.772	1	1
5	3.46	10.00	2.269	1.843	1	1
6	4.23	10.00	2.342	1.920	1	1
7	5.00	10.00	2.421	2.005	1	1
8	5.77	10.00	2.504	2.098	1	1
9	6.54	10.00	2.593	2.200	1	1
10	7.31	10.00	2.688	2.313	1	1
11	8.08	10.00	2.789	2.437	1	1
12	8.85	10.00	2.895	2.572	1	1
13	9.62	10.00	3.005	2.720	1	1
14	10.39	10.00	3.117	2.879	1	1
15	11.16	10.00	3.227	3.044	1	1
16	11.93	10.00	3.326	3.206	1	1
17	12.70	10.00	3.398	3.341	1	1
18	13.47	10.00	3.408	3.400	1	1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1119, e/L seismic = 0.1921; Overturning: Fs-static = 2.82, Fs-seismic = 2.03

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.00	0.1055	0.1816	1	1
2	1.15	10.00	0.0927	0.1609	1	1
3	1.92	10.00	0.0802	0.1409	1	1
4	2.69	10.00	0.0680	0.1215	1	1
5	3.46	10.00	0.0560	0.1028	1	1
6	4.23	10.00	0.0443	0.0847	1	1
7	5.00	10.00	0.0328	0.0673	1	1
8	5.77	10.00	0.0215	0.0505	1	1
9	6.54	10.00	0.0102	0.0342	1	1
10	7.31	10.00	-0.0010	0.0183	1	1
11	8.08	10.00	-0.0123	0.0027	1	1
12	8.85	10.00	-0.0242	-0.0127	1	1
13	9.62	10.00	-0.0366	-0.0283	1	1
14	10.39	10.00	-0.0501	-0.0444	1	1
15	11.16	10.00	-0.0653	-0.0618	1	1
16	11.93	10.00	-0.0834	-0.0816	1	1
17	12.70	10.00	-0.1067	-0.1060	1	1
18	13.47	10.00	-0.1396	-0.1395	1	1

Copyright ©1998-2010 ADAMA Engineering, Inc.

License number MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [Live Load included in calculating Tmax]

(Tmax/ss) / (Actual stress)

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength Fy Ac Rc/b [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.222	0.450	182.9	68.37	19.61	N/A	2.676	N/A	2.079
2	1.15	0.149	0.670	122.9	65.64	18.68	N/A	1.872	N/A	1.457
3	1.92	0.149	0.670	122.9	62.44	17.75	N/A	1.908	N/A	1.532
4	2.69	0.149	0.670	122.9	59.25	16.83	N/A	2.074	N/A	1.615
5	3.46	0.149	0.670	122.9	56.05	15.90	N/A	2.192	N/A	1.708
6	4.23	0.149	0.670	122.9	52.86	14.97	N/A	2.324	N/A	1.811
7	5.00	0.149	0.670	122.9	49.67	14.05	N/A	2.474	N/A	1.928
8	5.77	0.149	0.670	122.9	46.47	13.12	N/A	2.644	N/A	2.062
9	6.54	0.149	0.670	122.9	43.28	12.19	N/A	2.839	N/A	2.213
10	7.31	0.149	0.670	122.9	40.09	11.26	N/A	3.065	N/A	2.393
11	8.08	0.149	0.670	122.9	37.78	10.34	N/A	3.252	N/A	2.553
12	8.85	0.149	0.670	122.9	36.18	10.29	N/A	3.396	N/A	2.644
13	9.62	0.149	0.670	122.9	34.08	10.29	N/A	3.605	N/A	2.769
14	10.39	0.149	0.670	122.9	31.88	10.29	N/A	3.854	N/A	2.913
15	11.16	0.149	0.670	122.9	29.70	10.29	N/A	4.137	N/A	3.072
16	11.93	0.149	0.670	122.9	26.92	10.29	N/A	4.564	N/A	3.302
17	12.70	0.149	0.670	122.9	23.58	10.29	N/A	5.211	N/A	3.628
18	13.47	0.149	0.670	122.9	20.19	10.29	N/A	6.084	N/A	4.030

RESULTS for PULLOUT

Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Rc=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.222	68.37	19.61	9.77	0.23	555.0	N/A	8.117	444.0	N/A	5.046
2	1.15	0.149	65.64	18.68	9.31	0.69	340.4	N/A	5.187	272.4	N/A	3.230
3	1.92	0.149	62.44	17.75	8.85	1.15	309.6	N/A	4.958	247.7	N/A	3.089
4	2.69	0.149	59.25	16.83	8.39	1.61	280.4	N/A	4.732	224.3	N/A	2.949
5	3.46	0.149	56.05	15.90	7.92	2.08	252.4	N/A	4.504	202.0	N/A	2.807
6	4.23	0.149	52.86	14.97	7.46	2.54	226.0	N/A	4.275	180.8	N/A	2.665
7	5.00	0.149	49.67	14.05	7.00	3.00	201.1	N/A	4.048	160.9	N/A	2.525
8	5.77	0.149	46.47	13.12	6.54	3.46	177.5	N/A	3.819	142.0	N/A	2.383
9	6.54	0.149	43.28	12.19	6.08	3.92	155.4	N/A	3.590	124.3	N/A	2.241
10	7.31	0.149	40.09	11.26	5.61	4.39	134.8	N/A	3.363	107.9	N/A	2.100
11	8.08	0.149	37.78	10.34	5.15	4.85	115.6	N/A	3.060	92.5	N/A	1.922
12	8.85	0.149	36.18	10.29	5.13	4.87	105.8	N/A	2.923	84.6	N/A	1.821
13	9.62	0.149	34.08	10.29	5.13	4.87	96.3	N/A	2.827	77.1	N/A	1.737
14	10.39	0.149	31.88	10.29	5.13	4.87	86.9	N/A	2.726	69.5	N/A	1.648
15	11.16	0.149	29.70	10.29	5.13	4.87	77.5	N/A	2.609	62.0	N/A	1.550
16	11.93	0.149	26.92	10.29	5.13	4.87	68.0	N/A	2.528	54.4	N/A	1.463
17	12.70	0.149	23.58	10.29	5.13	4.87	58.6	N/A	2.486	46.9	N/A	1.384
18	13.47	0.149	20.19	10.29	5.13	4.87	49.2	N/A	2.436	39.3	N/A	1.291

Copyright ©1998-2010 ADAMA Engineering, Inc.

License number MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for CONNECTION (static conditions)

Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, ORu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.222	0.450	68.4	1.00	182.9	182.9	N/A	2.68	N/A	2.68	1
2	1.15	0.149	0.670	65.6	1.00	122.9	122.9	N/A	1.87	N/A	1.87	1
3	1.92	0.149	0.670	62.4	1.00	122.9	122.9	N/A	1.97	N/A	1.97	1
4	2.69	0.149	0.670	59.2	1.00	122.9	122.9	N/A	2.07	N/A	2.07	1
5	3.46	0.149	0.670	56.1	1.00	122.9	122.9	N/A	2.19	N/A	2.19	1
6	4.23	0.149	0.670	52.9	1.00	122.9	122.9	N/A	2.32	N/A	2.32	1
7	5.00	0.149	0.670	49.7	1.00	122.9	122.9	N/A	2.47	N/A	2.47	1
8	5.77	0.149	0.670	46.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.64	N/A	2.64	1
9	6.54	0.149	0.670	43.3	1.00	122.9	122.9	N/A	2.84	N/A	2.84	1
10	7.31	0.149	0.670	40.1	1.00	122.9	122.9	N/A	3.06	N/A	3.06	1
11	8.08	0.149	0.670	37.8	1.00	122.9	122.9	N/A	3.25	N/A	3.25	1
12	8.85	0.149	0.670	36.2	1.00	122.9	122.9	N/A	3.40	N/A	3.40	1
13	9.62	0.149	0.670	34.1	1.00	122.9	122.9	N/A	3.61	N/A	3.61	1
14	10.39	0.149	0.670	31.9	1.00	122.9	122.9	N/A	3.85	N/A	3.85	1
15	11.16	0.149	0.670	29.7	1.00	122.9	122.9	N/A	4.14	N/A	4.14	1
16	11.93	0.149	0.670	26.9	1.00	122.9	122.9	N/A	4.56	N/A	4.56	1
17	12.70	0.149	0.670	23.6	1.00	122.9	122.9	N/A	5.21	N/A	5.21	1
18	13.47	0.149	0.670	20.2	1.00	122.9	122.9	N/A	6.08	N/A	6.08	1

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)

Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Rc=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, ORu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.222	0.450	88.0	1.00	182.9	182.9	N/A	2.08	N/A	2.08	1
2	1.15	0.149	0.670	84.3	1.00	122.9	122.9	N/A	1.46	N/A	1.46	1
3	1.92	0.149	0.670	80.2	1.00	122.9	122.9	N/A	1.53	N/A	1.53	1
4	2.69	0.149	0.670	76.1	1.00	122.9	122.9	N/A	1.62	N/A	1.62	1
5	3.46	0.149	0.670	72.0	1.00	122.9	122.9	N/A	1.71	N/A	1.71	1
6	4.23	0.149	0.670	67.8	1.00	122.9	122.9	N/A	1.81	N/A	1.81	1
7	5.00	0.149	0.670	63.7	1.00	122.9	122.9	N/A	1.93	N/A	1.93	1
8	5.77	0.149	0.670	59.6	1.00	122.9	122.9	N/A	2.06	N/A	2.06	1
9	6.54	0.149	0.670	55.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.21	N/A	2.21	1
10	7.31	0.149	0.670	51.4	1.00	122.9	122.9	N/A	2.39	N/A	2.39	1
11	8.08	0.149	0.670	48.1	1.00	122.9	122.9	N/A	2.55	N/A	2.55	1
12	8.85	0.149	0.670	46.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.64	N/A	2.64	1
13	9.62	0.149	0.670	44.4	1.00	122.9	122.9	N/A	2.77	N/A	2.77	1
14	10.39	0.149	0.670	42.2	1.00	122.9	122.9	N/A	2.91	N/A	2.91	1
15	11.16	0.149	0.670	40.0	1.00	122.9	122.9	N/A	3.07	N/A	3.07	1
16	11.93	0.149	0.670	37.2	1.00	122.9	122.9	N/A	3.30	N/A	3.30	1
17	12.70	0.149	0.670	33.9	1.00	122.9	122.9	N/A	3.63	N/A	3.63	1
18	13.47	0.149	0.670	30.5	1.00	122.9	122.9	N/A	4.03	N/A	4.03	1

Copyright ©1998-2010 ADAMA Engineering, Inc.

License number MSEW-302329

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

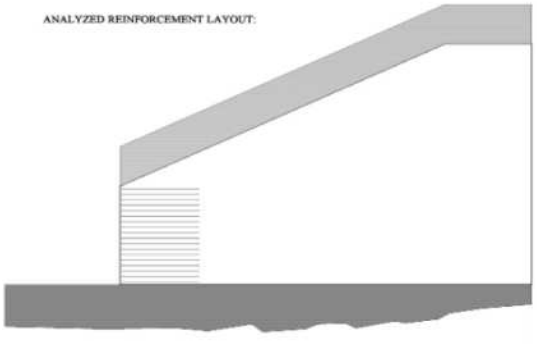
INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 13.86 [m] [Embedded depth is E = 0.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 13.86 m.]

Batter, α 0.0 [deg]
Backslope, β 26.0 [deg]
Backslope rise 20.0 [m] Broken back equivalent angle, I = 26.00deg. (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:

0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ©1998-2010 ADAMA Engineering, Inc.

License number MSEW-302329

13.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 13-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽13에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽13의 전면부에 판넬 파손, 배수로 균열 및 파손이 조사되었고, 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 상부성토부는 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로서 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽13에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

13.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 13-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

13.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 13-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

13.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 13-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

13.3 현장조사 및 시험

13.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽13은 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 125.6m, 지면노출 높이 13.9m의 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 13-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000088		**관리번호**	SY RW13
시설물명	패널식옹벽13		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 영천시 화산면 화산리		
	위치좌표	시점 : 36° 04′23.0″ 128° 86′80.6″		
		종점 : 36° 04′16.8″ 128° 86′93.2″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 73.125~73.250km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	125.6m	**지면노출 높 이**	13.9m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	경남건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 7개구간(S1~S7)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 13-8> 옹벽 구간 분할

Span	좌 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	우 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	10.2	5	80.0~100.0m	100.0	13.9
2	20.0~40.0m	40.0	13.8	6	100.0~120.0m	120.0	13.9
3	40.0~60.0m	60.0	13.6	7	120.0~125.6m	125.6	13.7
4	60.0~80.0m	80.0	13.8	-	-	-	

<표 13-9> 보강토 옹벽의 조사항목

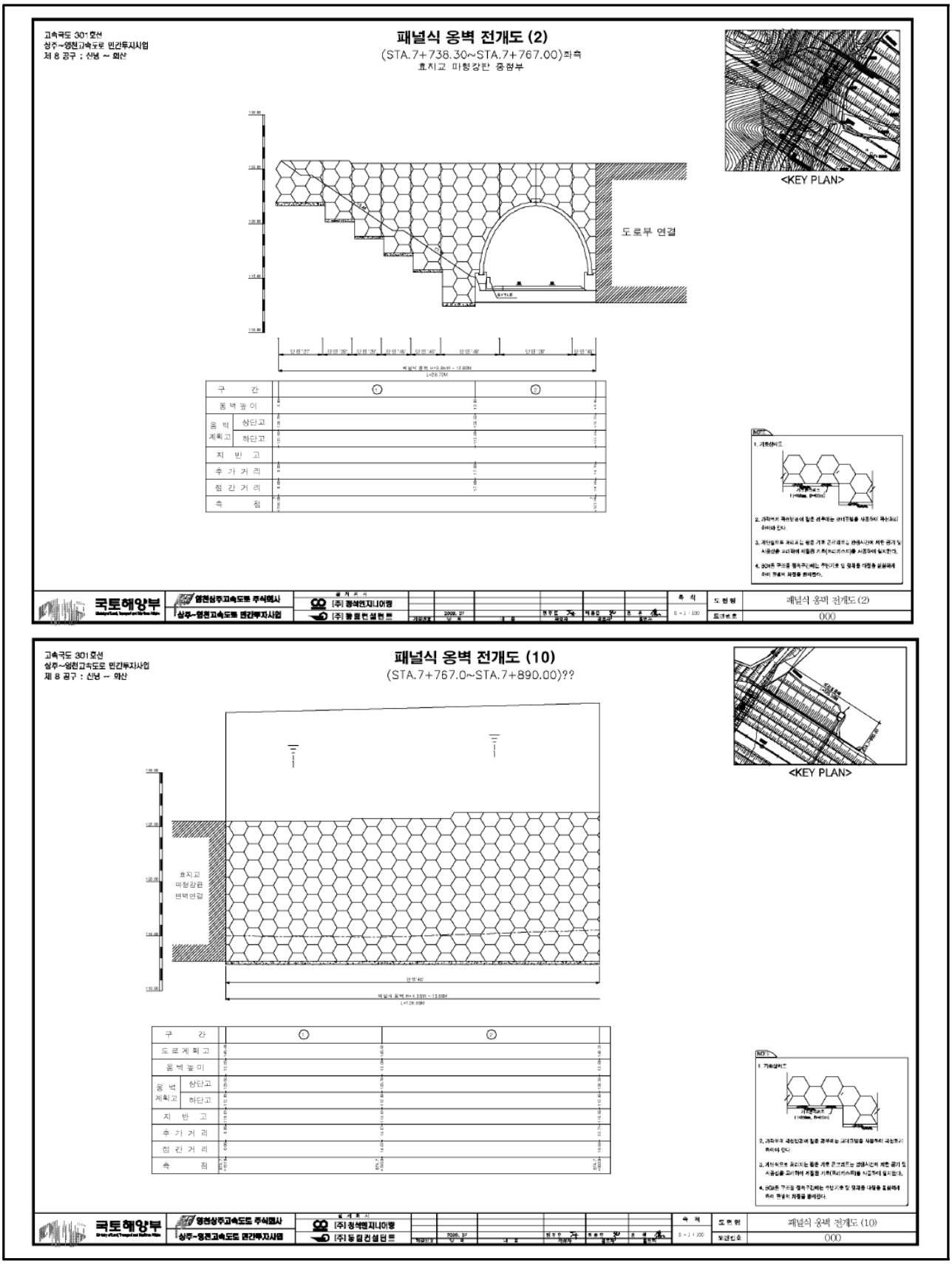
<table>
<tr><th colspan="5">평가항목</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="17">안전 성능</td><td rowspan="10">상태 안전 성능1)</td><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차(전도/경사)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">활동</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">유실</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">이격</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">세굴</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변영향인자</td><td colspan="2">배수시설</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면조사</td><td>사면구배</td><td></td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td></td></tr>
<tr><td>침출수</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">구조 안전 성능</td><td colspan="2" rowspan="2">저면활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">원호활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전도</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지지력</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">인발파괴</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">보강재 파단</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8" colspan="2">내구 성능</td><td colspan="2" rowspan="5">전면판</td><td>염화물침투량2)</td><td></td></tr>
<tr><td>탄산화깊이2)</td><td></td></tr>
<tr><td>피복(표면부)콘크리트 품질</td><td></td></tr>
<tr><td>염해환경2)</td><td></td></tr>
<tr><td>동해환경</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">보강재3) (강재)</td><td>발청</td><td></td></tr>
<tr><td>변색</td><td></td></tr>
<tr><td>도막(도금)두께</td><td></td></tr>
</table>

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

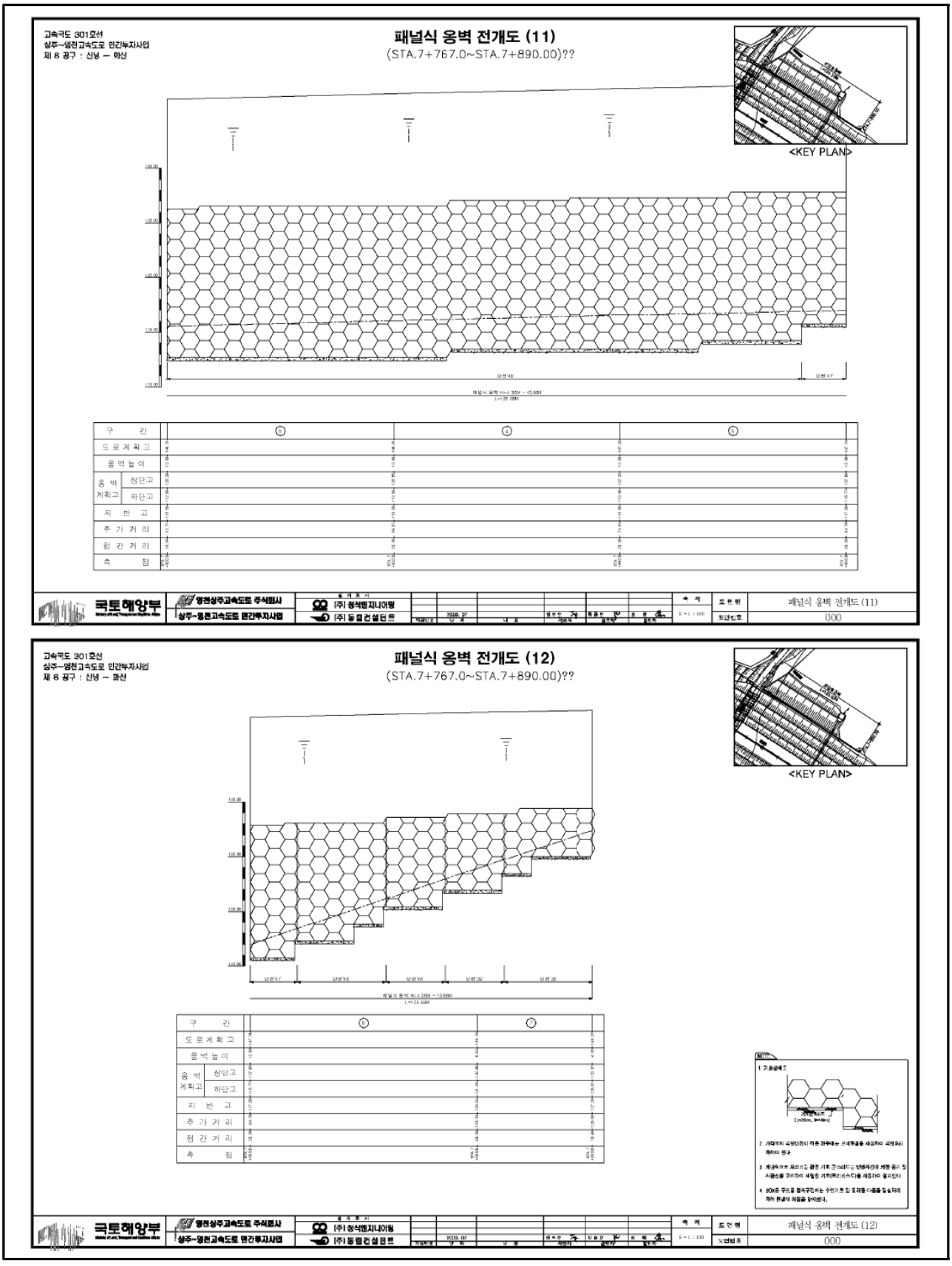
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 13-2> 전개도


고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 신녕 ~ 화산
패널식 옹벽 전개도 (11)
(STA.7+767.0~STA.7+890.00)??
<KEY PLAN>
구 간
도로계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
절 간 거 리
측 점
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
[주] 청석엔지니어링
[주] 동림건설엔트
패널식 옹벽 전개도 (11)
000
고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 8 공구 : 신녕 ~ 화산
패널식 옹벽 전개도 (12)
(STA.7+767.0~STA.7+890.00)??
<KEY PLAN>
구 간
도로계획고
옹벽높이
옹벽계획고 상단고
옹벽계획고 하단고
지 반 고
추 가 거 리
절 간 거 리
측 점
국토해양부
영천상주고속도로 주식회사
상주~영천고속도로 민간투자사업
[주] 청석엔지니어링
[주] 동림건설엔트
패널식 옹벽 전개도 (12)
000

<그림 13-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

13.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 13-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S3	판넬 파손	㎡	1 / 0.01	외부충격	-




현 황	S3 판넬 파손	현 황	상태양호
원 인	외부충격	원 인	-
대 책	단면보수	대 책	-

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 13-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 13-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상부, 전면부에는 배수로, 배수관이 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 배수로 균열, 배수로 파손 등이 조사되었다.




배수시설 시공상태

<표 13-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S1	배수로 균열	m	1 / 1.00	건조수축, 공용기간 증가	-
	S2	배수로 균열	m	2 / 2.00	건조수축, 공용기간 증가	-
		배수로 파손	㎡	1 / 0.12	외부 충격	-
	S6	배수로 균열	m	1 / 0.50	건조수축, 공용기간 증가	-



현 황	S1 배수로 균열(Cw=0.3mm)
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	주입보수



현 황	S2 배수로 균열(Cw=0.3mm)
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	주입보수



현 황	S2 배수로 균열(Cw=0.3mm)
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	주입보수



현 황	S2 배수로 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S2 배수로 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S6 배수로 균열(Cw=0.2mm)
원 인	건조수축, 공용기간 증가
대 책	표면처리

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 13-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

13.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 13-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

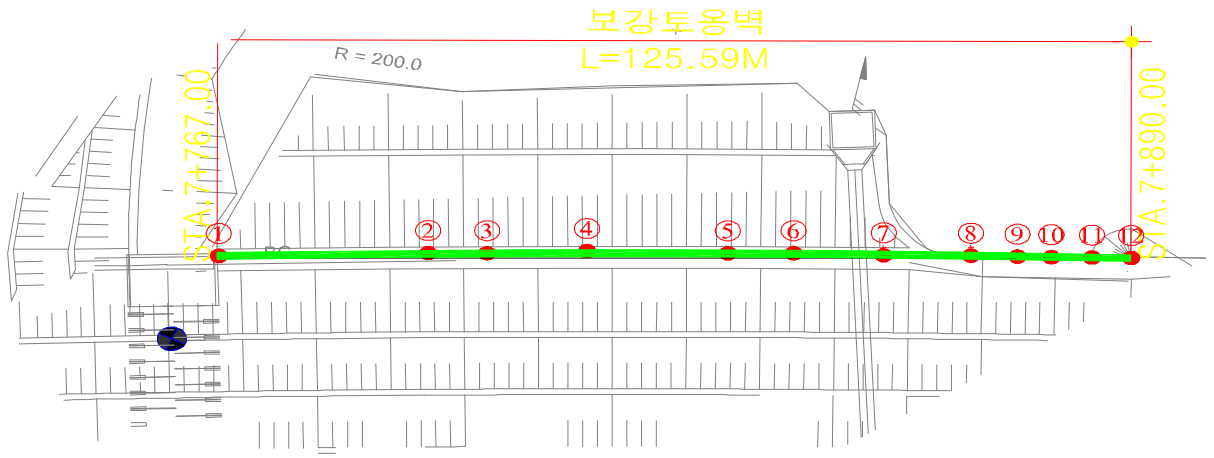
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 13-16> 기울기 측정결과

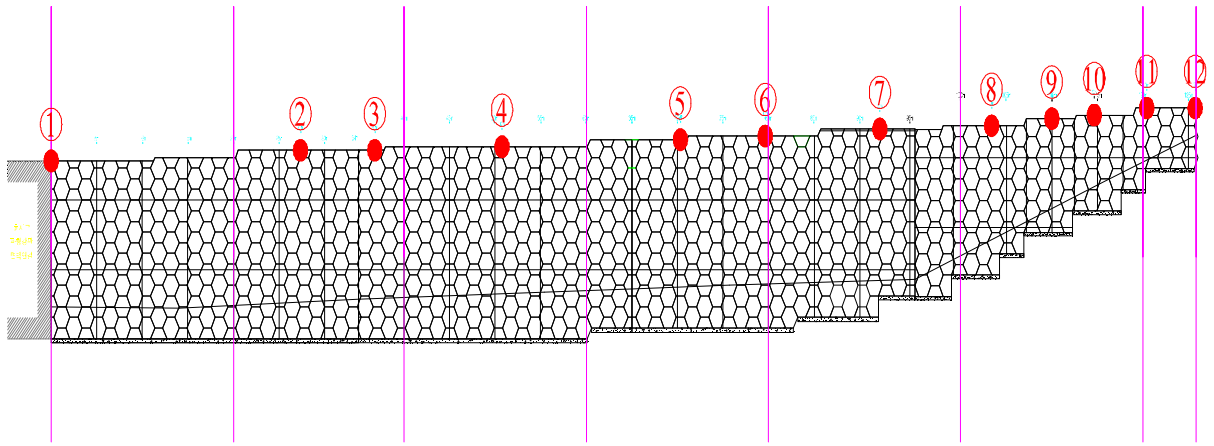
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	20m	87.3°	88.1°	비진행성, 2%미만
2	60m	87.3°	87.9°	비진행성, 2%미만
3	100m	88.0°	88.5°	비진행성, 2%미만

<표 13-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치 (좌측)	X	Y	Z	측정위치 (우측)	X	Y	Z
①	382794.2	188130.4	125.86	⑦	382735.9	188220.5	127.681
②	382775.9	188158.9	125.387	⑧	382728.1	188232.3	127.779
③	382770.8	188166.8	126.065	⑨	382722.1	188237.4	128.59
④	382762.1	188180.5	126.277	⑩	382718.9	188241.9	128.845
⑤	382749.9	188199.5	126.792	⑪	382715.3	188247.3	129.398
⑥	382744	188208.4	127.052	⑫	382711.8	188252.5	129.468



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 13-3> 선형 및 수준측량 결과

	
경사계를 이용한 경사각 조사	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량
	
GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량	GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

13.4 안전성능 평가

13.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 13-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 13-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 13-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S7	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	0.14	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	a
									상태평가 결과					A	

대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.01로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

13.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 보강토 옹벽의 설계

1) 외적 안정성

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

가) 활동에 대한 검토

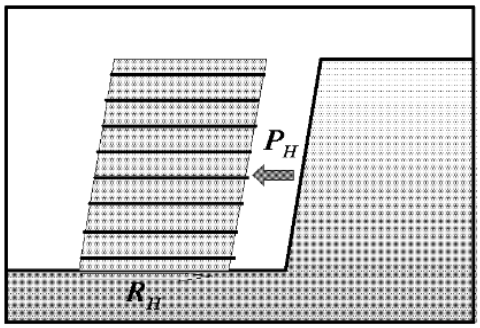
보강토체 배면에 작용하는 활동력에 대한 보강토체 저면의 활동에 대한 저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{slid} = \frac{R_H}{P_H} \geq 1.5$$

여기서, FS_{slid} ; 활동에 대한 안전율

R_H : 보강토체의 저항력

P_H ; 활동력



나) 전도에 대한 검토

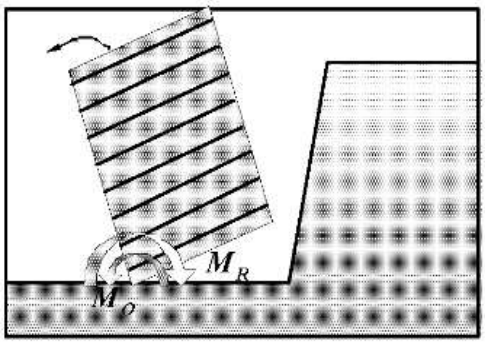
보강토체 선단에 대한 전도모멘트에 대한 저항모멘트의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{over} = \frac{M_R}{M_O} \geq 2.0$$

여기서, FS_{over} ; 전도에 대한 안전율

M_R : 저항모멘트

M_O : 전도모멘트



다) 지지력에 대한 검토

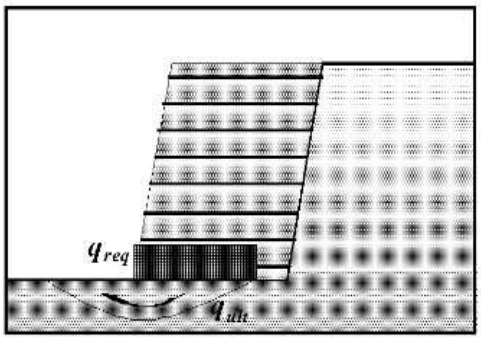
보강토체에 의해 하부지반에 부과되는 소요지지력에 대한 극한지지력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{bear} = \frac{q_{ult}}{q_{req}} \geq 2.5$$

여기서, FS_{bear} : 지지력에 대한 안전율

q_{ult} : 지반의 극한지지력

q_{req} : 소요지지력



라) 지지력에 대한 검토

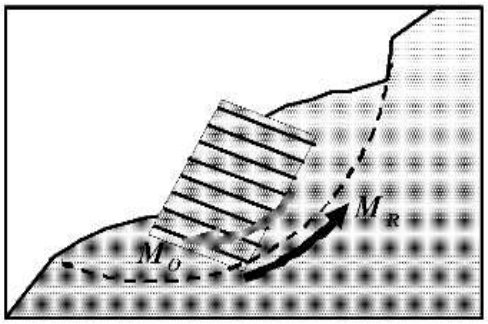
보강토 옹벽을 포함한 전체 사면의 사면활동에 대한 안정성 검토.

$$FS_g = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \geq 1.5$$

여기서, FS_g ; 전반활동에 대한 안전율

ΣM_R : 저항모메트

ΣM_O ; 활동모멘트



2) 내적 안정성

보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누소, 각 각의 보강대 위치에서 발생하는 최대작용하중을 계산한 후 보강재의 인장파괴 또는 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.

가) 보강재 파단에 대한 검토

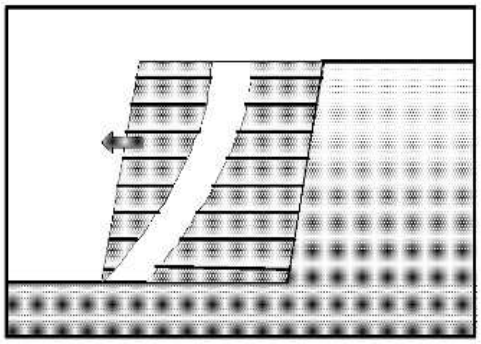
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 보강재 장기설계인장강도의 비율로서 설계기준 안정율을 만족해야 한다.

$$FS_{to} = \frac{T_l}{T_{\max}} \geq 1.0$$

여기서, FS_{to} : 보강재 파단에 대한 안전율

T_d : 보강재의 장기설계인장강도

$T_{\max}$; 보강재의 최대인발하중



나) 보강재 인발에 대한 검토

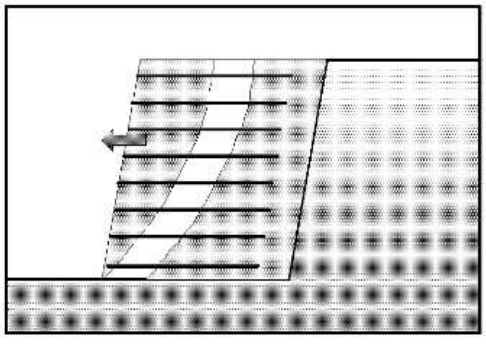
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 저항영역 내 보강재의 인발저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{po} = \frac{T_{po}}{T_{\max}} \geq 1.5$$

여기서, FS_{po} : 보강재 인발에 대한 안전율

T_{po} : 보강재 인발저항력

$T_{\max}$: 보강재의 최대인발하중



다. 설계기준 안전율

국토해양부 제정 건설공사 보강토 옹벽 설계, 시공 및 유지관리 잠정지침(2013.01)에 제시된 보강토 옹벽의 설계안전율에 따라 설계하였다.

<표 13-21> 설계기준 안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비 고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

※ 보강재 파단에 대한 안전율을 보강재의 장기설계강도를 적용하므로 1.0으로 한다.
※ 보강재의 불확실성 및 구조물의 중요도를 고려한 안전율 Fs=1.5를 적용하였다.(섬유)
※ 금속보강재의 장기설계인장강도는 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 안전율 Fs=1.82(1/0.55)를 적용하였다.

라. 설계조건

1) 지반정수

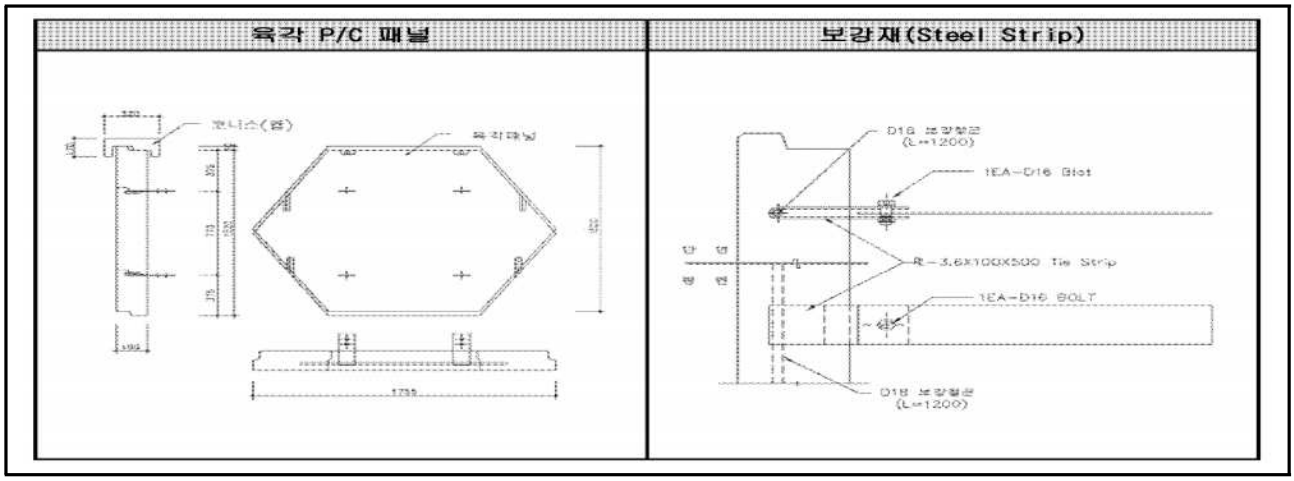
<표 13-22> 적용 지반정수

구분	단위중량 γ_t (t/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (t/m^2)	비 고
보 강 토 체	2.0	35	0	암버럭
	1.9	30	0	토 사
배 면 토	2.0	35	0	암버럭
	1.9	30	0	토 사
기 초 지 반	1.8	29	1.6	

※ 암버럭 : 지반조사보고서(FMS) 7.5.1 참조

2) 전면판 및 보강재

가) 전면판



<그림 13-4> 사용재료 규격표

다. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 13-23> 구조안전성능 평가 결과표

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	활동	상시	1.81	a	1.5이상
		지진시	1.41	a	1.1이상
	전도	상시	2.82	a	2.0이상
		지진시	2.03	a	1.5이상
	지지력	상시	3.52	a	2.5이상
		지진시	2.35	a	2.0이상
내적 안전성 평가	보강재 파단	상시	1.87	a	1.0이상
		지진시	1.45	a	1.0이상
	보강재 인발	상시	2.44	a	1.5이상
		지진시	1.29	a	1.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

13.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 13-24> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽13		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : A등급		

<표 13-25> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

13.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

13.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 13-26> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 3개소를 실시하였다.



콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 13-27> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령계수 (α)	강도비(%)		설계기준강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S2	38.9	36.9	33.0	0.65	123.0	110.0	30.0
	S4	37.1	35.2	30.3	0.65	117.3	101.0	
	S6	37.2	35.3	30.5	0.65	117.7	101.7	

<표 13-28> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S2 건전부	123.0	110.0	-	a	-	30.0
S4 건전부	117.3	101.0	-	a	-	
S6 건전부	117.7	101.7	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 13-29> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 영천시 화산면 화산리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.2회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

13.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 13-30> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

13.6 종합평가

13.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 13-5> 종합평가 흐름도

13.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 13-31> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 13-32> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽13			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 13-33> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

13.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

13.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 13-34> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

13.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 13-35> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

13.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 13-36> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 균열	주입보수	손상진전 억제
			배수로 파손	단면보수	손상진전 억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능을 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 13-37> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.02	㎡	138	3
배수시설	배수로 균열	주입보수	5.25	m	70	368
	배수로 파손	단면보수	0.18	㎡	138	25
순 공사비(천원)						**396**
재 경 비(천원)						**198**
총 공사비(천원)						**594**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 13-38> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	0.02	138	3	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0733	1
배수시설	주입보수	5.25	70	368	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0006	3
	단면보수	0.18	138	25	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0088	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

13.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 최대 높이는 13.9m로 측정되었으며, 총 연장은 L=125.6m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 파손 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제14장 패널식옹벽14

14.1 대상 시설물 현황

14.2 관련 자료의 분석

14.3 현장조사 및 시험

14.4 안전성능 평가

14.5 내구성능 평가

14.6 종합평가

14.7 유지관리 전략 제안

14.8 종합결론

제14장 패널식옹벽14

14.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 화산면 가상리(상주영천고속도로 75.448~75.520km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 198.0m, 지면노출높이 10.3m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 14-1> 시설물 현황(패널식옹벽14)

시설물 번호	RW2017-0000086		**관리번호**	SY RW14
시설물명	패널식옹벽14		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 영천시 화산면 가상리		
	위치좌표	시점 : 36° 02′79.7″ 128° 88′85.9″		
		종점 : 36° 02′89.7″ 128° 88′83.3″		
	관리이정	고속국도 301호선 75.448~75.520km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	198.0m	지면 노출높이(m)	10.3m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	두산건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 14-1> 대상 시설물 현황도

14.2 관련 자료의 분석

14.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 14-2> 유지관리 관련자료 현황

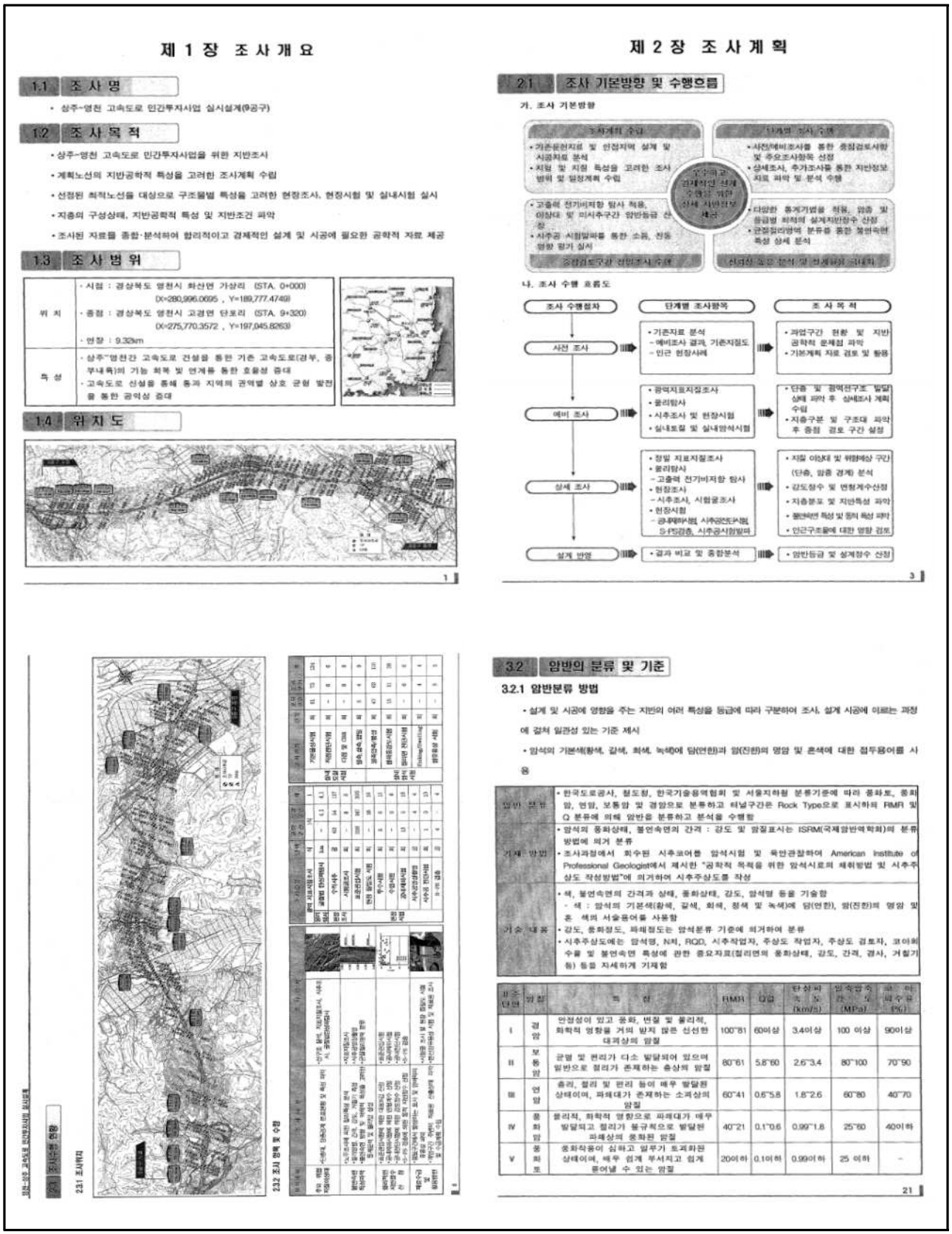
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

14.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구 : 화산~언하, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조 사 명

• 상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계(8공구)

1.2 조 사 목 적

• 상주-영천 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
• 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
• 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
• 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
• 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조 사 범 위

위 치	• 시점 : 경상북도 영천시 화산면 가상리 (STA. 0+000) (X=280,996.0695 , Y=189,777.4749) • 종점 : 경상북도 영천시 고경면 단포리 (STA. 9+320) (X=275,770.3572 , Y=197,045.8263) • 연장 : 9.32km
특 성	• 상주~영천간 고속도로 건설을 통한 기존 고속도로(경부, 중부내륙)의 기능 회복 및 연계를 통한 효율성 증대 • 고속도로 신설을 통해 통과 지역의 권역별 상호 균형 발전을 통한 공익성 증대

1.4 위 치 도

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

나. 조사 수행 흐름도

3

2.3.1 조사위치

2.3.2 조사 항목 및 수량

8

3.2 암반의 분류 및 기준

3.2.1 암반분류 방법

• 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 특성을 등급에 따라 구분하여 조사, 설계 시공에 이르는 과정에 걸쳐 일관성 있는 기준 제시
• 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두용어를 사용

암반 분류	• 한국도로공사, 철도청, 한국기술용역협회 및 서울지하철 분류기준에 따라 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 분류하고 터널구간은 Rock Type으로 표시하되 RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함
기재 방법	• 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격 : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제암반역학회)의 분류방법에 의거 분류 • 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법"에 의거하여 시추주상도를 작성
기술 내용	• 색, 불연속면의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등을 기술함 - 색 : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼 색의 서술용어를 사용함 • 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류 • 시추주상도에는 암석명, N치, RQD, 시추작업자, 주상도 작업자, 주상도 검토자, 코아회수율 및 불연속면 특성에 관한 중요자료(절리면의 풍화상태, 강도, 간격, 경사, 거칠기 등) 등을 자세하게 기재함

구분	암질	특 성	RMR	Q값	탄성파 속도 (km/s)	압축강도 (MPa)	코아 회수율 (%)
I	경암	안정성이 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대체상의 암질	100~81	60이상	3.4이상	100 이상	90이상
II	보통암	균열 및 절리가 다소 발달되어 있으며 일반으로 절리가 존재하는 층상의 암질	80~61	5.8~60	2.6~3.4	80~100	70~90
III	연암	층리, 절리 및 균리 등이 매우 발달된 상태이며, 파쇄대가 존재하는 소괴상의 암질	60~41	0.6~5.8	1.8~2.6	60~80	40~70
IV	풍화암	물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	40~21	0.1~0.6	0.99~1.8	25~60	40이하
V	풍화토	풍화작용이 심하고 입루기 토괴화된 상태이며, 매우 쉽게 부서지고 쉽게 흙어낼 수 있는 암질	20이하	0.1이하	0.99이하	25 이하	-

21

제 7 장 비탈면 안정 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전률을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 붕적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

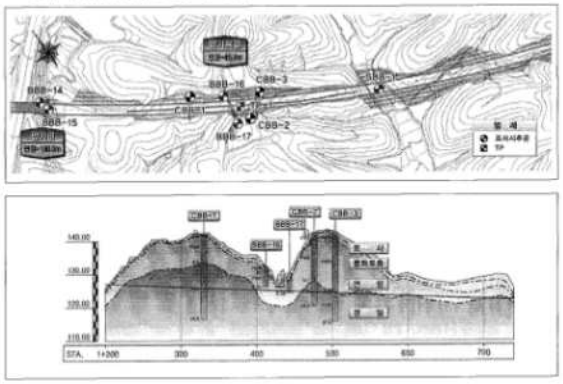
비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표 단면 (STA.)	최대깎기고 및 쌓기고(m)	지층현황	조사내용 공번	조사내용 조사위치 (STA.)	비 고
쌓기구간	제1쌓기	0+030~1+220	1,190	0+660 (상주)	24.2m (23.61m)	전답토 퇴적층 풍화토 연 암	NSB-3	0+593.89 (우21.55m)	지환공법 적용구간 (0+150~0+200)
	제2쌓기	1+750~2+140	390	1+840 (염천)	19.8m (14.33m)	전답토 붕적층 풍화토 연 암	SBB-1	1+800	-
	제3쌓기	2+370~2+490	120	2+460 (상주)	14.7m (13.23m)	풍화토 풍화암 연 암	CBB-6	2+631.02 (좌28.56m)	-
	제4쌓기	2+790~4+320	1,530	4+260 (상주)	17.9m (17.77m)	매립층 퇴적층 풍화토 풍화암 연 암	BBB-30	3+147	-

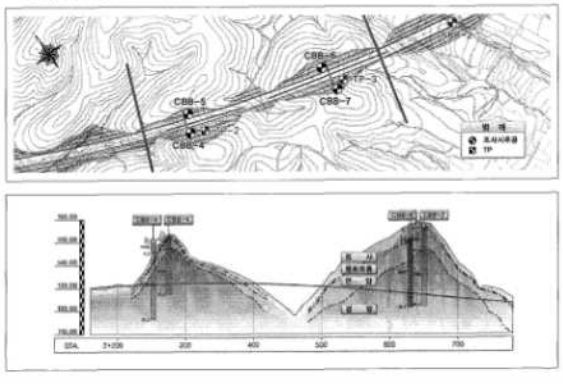
2.2 토공구간

가. 깎기구간

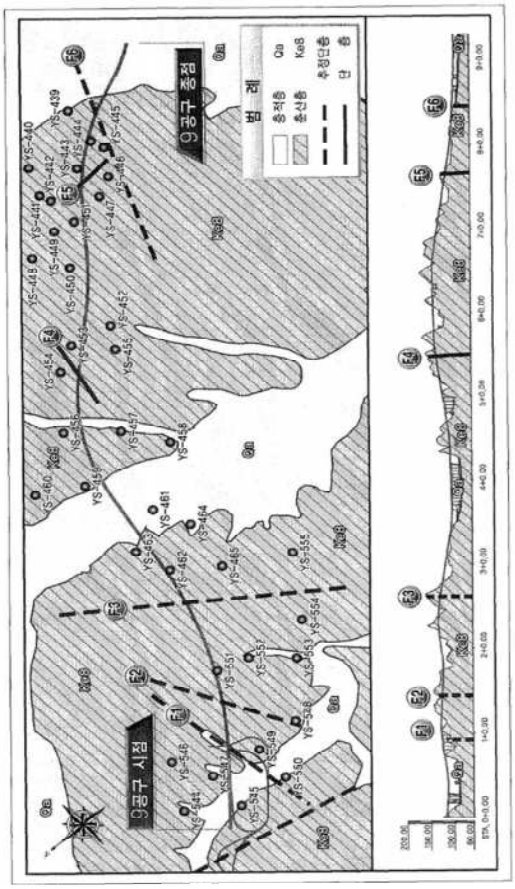
① 깎기1구간(STA.1+220~1+740)



② 깎기2구간(STA.2+140~2+780)

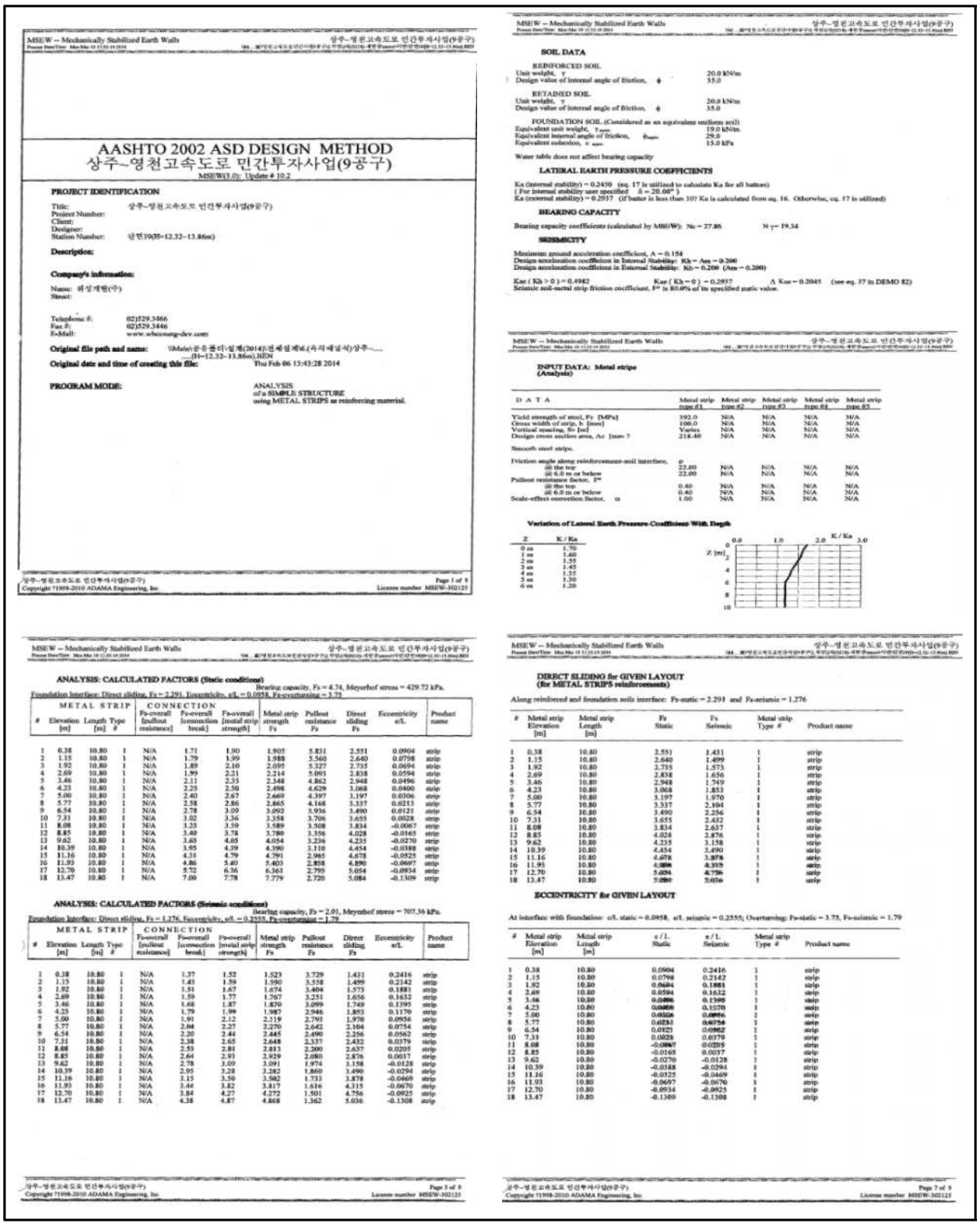


제 3 장 지질도



14.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구 : 화산~언하, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



AASHTO 2002 ASD DESIGN METHOD
상주~영천고속도로 민간투자사업(9공구)
MSEW3.0; Update # 10.2

PROJECT IDENTIFICATION

SOIL DATA

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

BEARING CAPACITY

SEISMICITY

INPUT DATA: Metal stripe (Analysis)

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT (for METAL STRIPS reinforcements)

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [NLive Load included in calculating Tmax) / (Actual stress)]

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength Fy*fy*c*Rc/b [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.149	0.670	127.8	67.09	16.82	N/A	1.905	N/A	1.523
2	1.15	0.149	0.670	127.8	64.26	16.09	N/A	1.988	N/A	1.590
3	1.92	0.149	0.670	127.8	60.98	15.35	N/A	2.095	N/A	1.674
4	2.69	0.149	0.670	127.8	57.71	14.62	N/A	2.214	N/A	1.767
5	3.46	0.149	0.670	127.8	54.43	13.88	N/A	2.348	N/A	1.870
6	4.23	0.149	0.670	127.8	51.15	13.15	N/A	2.498	N/A	1.987
7	5.00	0.149	0.670	127.8	47.88	12.41	N/A	2.669	N/A	2.119
8	5.77	0.149	0.670	127.8	44.60	11.68	N/A	2.865	N/A	2.270
9	6.54	0.149	0.670	127.8	41.33	10.94	N/A	3.092	N/A	2.445
10	7.31	0.149	0.670	127.8	38.05	10.21	N/A	3.358	N/A	2.648
11	8.08	0.149	0.670	127.8	35.61	9.82	N/A	3.589	N/A	2.813
12	8.85	0.149	0.670	127.8	33.81	9.82	N/A	3.780	N/A	2.929
13	9.62	0.149	0.670	127.8	31.52	9.82	N/A	4.054	N/A	3.091
14	10.39	0.149	0.670	127.8	29.11	9.82	N/A	4.390	N/A	3.282
15	11.16	0.149	0.670	127.8	26.67	9.82	N/A	4.791	N/A	3.502
16	11.93	0.149	0.670	127.8	23.65	9.82	N/A	5.403	N/A	3.817
17	12.70	0.149	0.670	127.8	20.09	9.82	N/A	6.361	N/A	4.272
18	13.47	0.149	0.670	127.8	16.46	9.82	N/A	7.779	N/A	4.868

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Re=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.149	67.09	16.82	10.57	0.23	391.2	N/A	5.831	312.9	N/A	3.729
2	1.15	0.149	64.26	16.09	10.11	0.69	357.3	N/A	5.560	285.9	N/A	3.558
3	1.92	0.149	60.98	15.35	9.65	1.15	324.8	N/A	5.327	259.9	N/A	3.404
4	2.69	0.149	57.71	14.62	9.19	1.61	293.9	N/A	5.093	235.1	N/A	3.251
5	3.46	0.149	54.43	13.88	8.72	2.08	266.7	N/A	4.862	231.7	N/A	3.099
6	4.23	0.149	51.15	13.15	8.26	2.54	236.4	N/A	4.629	188.4	N/A	2.946
7	5.00	0.149	47.88	12.41	7.80	3.00	208.5	N/A	4.397	168.4	N/A	2.793
8	5.77	0.149	44.60	11.68	7.34	3.46	185.9	N/A	4.168	148.7	N/A	2.642
9	6.54	0.149	41.33	10.94	6.88	3.92	162.7	N/A	3.936	130.1	N/A	2.490
10	7.31	0.149	38.05	10.21	6.41	4.39	141.0	N/A	3.706	112.8	N/A	2.337
11	8.08	0.149	35.61	9.82	6.17	4.63	126.9	N/A	3.508	98.9	N/A	2.200
12	8.85	0.149	33.81	9.82	6.17	4.63	113.5	N/A	3.356	90.8	N/A	2.080
13	9.62	0.149	31.52	9.82	6.17	4.63	102.0	N/A	3.226	83.6	N/A	1.974
14	10.39	0.149	29.11	9.82	6.17	4.63	90.5	N/A	3.110	72.4	N/A	1.860
15	11.16	0.149	26.67	9.82	6.17	4.63	79.1	N/A	2.965	63.3	N/A	1.733
16	11.93	0.149	23.65	9.82	6.17	4.63	67.6	N/A	2.858	54.1	N/A	1.616
17	12.70	0.149	20.09	9.82	6.17	4.63	56.1	N/A	2.795	44.9	N/A	1.501
18	13.47	0.149	16.43	9.82	6.17	4.63	44.7	N/A	2.720	35.7	N/A	1.362

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, CRu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.149	0.670	67.1	0.90	115.0	127.8	N/A	1.71	N/A	1.90	strip
2	1.15	0.149	0.670	64.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.79	N/A	1.99	strip
3	1.92	0.149	0.670	61.0	0.90	115.0	127.8	N/A	1.89	N/A	2.10	strip
4	2.69	0.149	0.670	57.7	0.90	115.0	127.8	N/A	1.99	N/A	2.21	strip
5	3.46	0.149	0.670	54.4	0.90	115.0	127.8	N/A	2.11	N/A	2.35	strip
6	4.23	0.149	0.670	51.2	0.90	115.0	127.8	N/A	2.25	N/A	2.50	strip
7	5.00	0.149	0.670	47.9	0.90	115.0	127.8	N/A	2.40	N/A	2.67	strip
8	5.77	0.149	0.670	44.6	0.90	115.0	127.8	N/A	2.58	N/A	2.86	strip
9	6.54	0.149	0.670	41.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.78	N/A	3.09	strip
10	7.31	0.149	0.670	38.0	0.90	115.0	127.8	N/A	3.02	N/A	3.36	strip
11	8.08	0.149	0.670	35.6	0.90	115.0	127.8	N/A	3.23	N/A	3.59	strip
12	8.85	0.149	0.670	33.8	0.90	115.0	127.8	N/A	3.40	N/A	3.78	strip
13	9.62	0.149	0.670	31.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.65	N/A	4.05	strip
14	10.39	0.149	0.670	29.1	0.90	115.0	127.8	N/A	3.95	N/A	4.39	strip
15	11.16	0.149	0.670	26.7	0.90	115.0	127.8	N/A	4.31	N/A	4.79	strip
16	11.93	0.149	0.670	23.7	0.90	115.0	127.8	N/A	4.86	N/A	5.40	strip
17	12.70	0.149	0.670	20.1	0.90	115.0	127.8	N/A	5.72	N/A	6.36	strip
18	13.47	0.149	0.670	16.4	0.90	115.0	127.8	N/A	7.00	N/A	7.78	strip

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, Tc [kN/m]	Reduction factor for connection break, CRu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.149	0.670	83.9	0.90	115.0	127.8	N/A	1.37	N/A	1.52	strip
2	1.15	0.149	0.670	80.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.43	N/A	1.59	strip
3	1.92	0.149	0.670	76.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.51	N/A	1.67	strip
4	2.69	0.149	0.670	72.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.59	N/A	1.77	strip
5	3.46	0.149	0.670	68.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.68	N/A	1.87	strip
6	4.23	0.149	0.670	64.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.79	N/A	1.99	strip
7	5.00	0.149	0.670	60.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.91	N/A	2.12	strip
8	5.77	0.149	0.670	56.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.04	N/A	2.27	strip
9	6.54	0.149	0.670	52.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.20	N/A	2.44	strip
10	7.31	0.149	0.670	48.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.38	N/A	2.65	strip
11	8.08	0.149	0.670	45.4	0.90	115.0	127.8	N/A	2.53	N/A	2.81	strip
12	8.85	0.149	0.670	43.6	0.90	115.0	127.8	N/A	2.64	N/A	2.93	strip
13	9.62	0.149	0.670	41.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.78	N/A	3.09	strip
14	10.39	0.149	0.670	38.9	0.90	115.0	127.8	N/A	2.95	N/A	3.28	strip
15	11.16	0.149	0.670	36.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.15	N/A	3.50	strip
16	11.93	0.149	0.670	33.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.44	N/A	3.82	strip
17	12.70	0.149	0.670	29.9	0.90	115.0	127.8	N/A	3.84	N/A	4.27	strip
18	13.47	0.149	0.670	26.2	0.90	115.0	127.8	N/A	4.38	N/A	4.87	strip

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

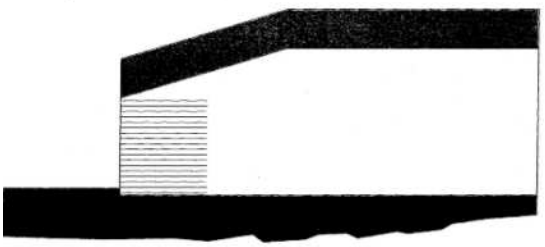
INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 13.86 [m] { Embedded depth is E = 1.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 12.86 m }

Batter, ω 0.0 [deg]
Backslope, β 18.7 [deg]
Backslope rise 7.0 [m] Broken back equivalent angle, I = 14.177 (see Fig. 25 in DEMO 82)

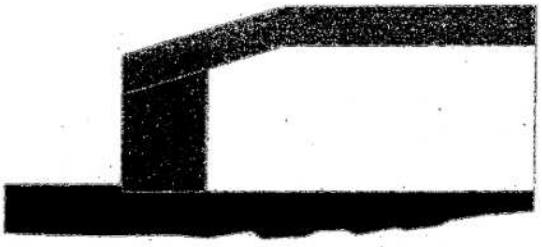
UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:
0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125



14.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 14-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	패널식옹벽14에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 이격, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	패널식옹벽14에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 이격, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 금회 조사시, 일부 보수를 실시한 것이 확인되었다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	패널식옹벽14에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 옹벽 상면 균열 및 파손, 배수로 파손 등이 조사되었다. 특히 기존 손상이었던 패널 접합부 이격 보수부의 경우 재이격이 발생된 것으로 확인되었으며, 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	패널식옹벽14에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 접합부 기울음, 옹벽 상면 균열 및 파손, 배수로 파손 등이 조사되었다. 특히 기존 손상이었던 패널 접합부 이격 보수부의 경우 재이격이 발생된 것으로 확인되었으며, 조치가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 패널 접합부 상부 기울음의 경우 주기적인 주의관찰을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	패널식옹벽14의 전면부에서 판넬 파손, 들뜸, 배부름 등의 손상이 조사되었으며, 배수시설에서 배수로 파손이 조사되었다. 배부름의 원인은 시공미흡에 의한 것으로 비진행성이라 판단되나 주기적으로 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	패널식옹벽14에 대한 외관조사 결과, 패널 전면부 파손, 패널 접합부 기울음, 패널 전면부 배부름, 배수로 파손, 배수로 들뜸 등이 조사되었다. 특히, 기존 손상이었던 패널 접합부 이격 보수부의 경우 재이격이 발생된 것으로 확인되었으며, 조치가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 패널 접합부 상부 기울음과 패널 전면부 배부름의 경우 주기적인 검검 및 계측을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호

14.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 14-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

14.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 14-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

14.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 14-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

14.3 현장조사 및 시험

14.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽14는 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 125.6m, 지면노출 높이 13.9m의 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 14-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000086		**관리번호**	SY RW14
시설물명	패널식옹벽14		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 영천시 화산면 가상리		
	위치좌표	시점 : 36° 02′79.7″ 128° 88′85.9″		
		종점 : 36° 02′89.7″ 128° 88′83.3″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 75.448~75.520km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	198.0m	**지면노출 높 이**	10.3m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	경남건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 10개구간(S1~S10)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 14-8> 옹벽 구간 분할

Span	좌 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	우 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	3.2	6	100.0~120.0m	120.0	8.7
2	20.0~40.0m	40.0	5.4	7	120.0~140.0m	140.0	9.9
3	40.0~60.0m	60.0	6.3	8	140.0~160.0m	160.0	10.3
4	60.0~80.0m	80.0	6.2	9	160.0~180.0m	180.0	10.3
5	80.0~100.0m	100.0	7.2	10	180.0~198.0m	198.0	5.4

<표 14-9> 보강토 옹벽의 조사항목

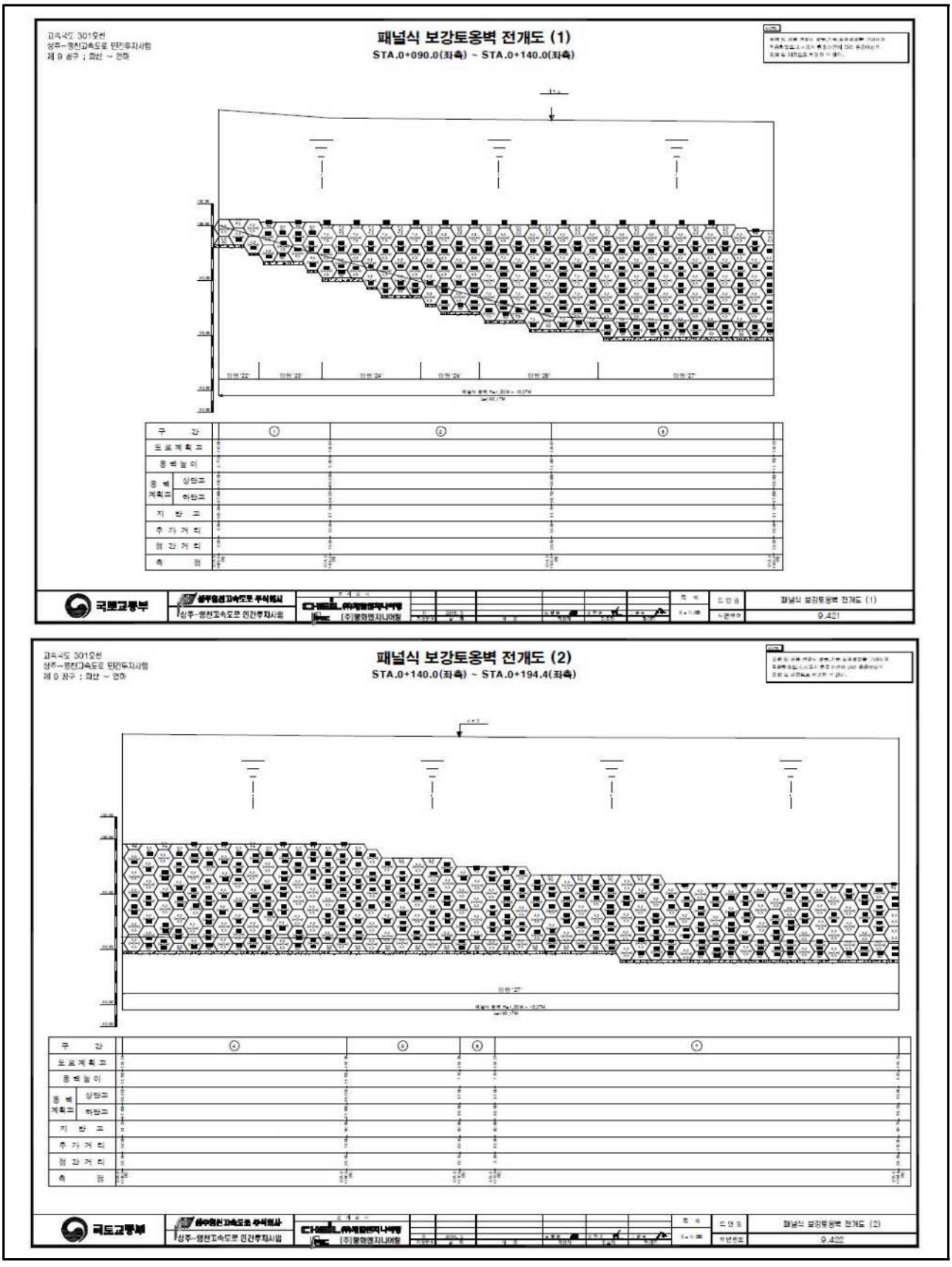
평가항목					비 고
안전성능	상태안전성능1)	침하			
		계획선형오차(전도/경사)			
		활동			
		전면부 진행성 배부름			
		파손, 손상 및 균열			
		유실			
		이격			
		세굴			
		주변영향인자	배수시설		
			사면조사	사면구배	
				낙석흔적	
				침출수	
	구조안전성능	저면활동		평상시	
				지진시	
		원호활동		평상시	
				지진시	
		전도			
		지지력		평상시	
				지진시	
		침하			
		인발파괴			
		보강재 파단			
내구성능		전면판		염화물침투량2)	
				탄산화깊이2)	
				피복(표면부)콘크리트 품질	
				염해환경2)	
				동해환경	
		보강재3) (강재)		발청	
				변색	
				도막(도금)두께	

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

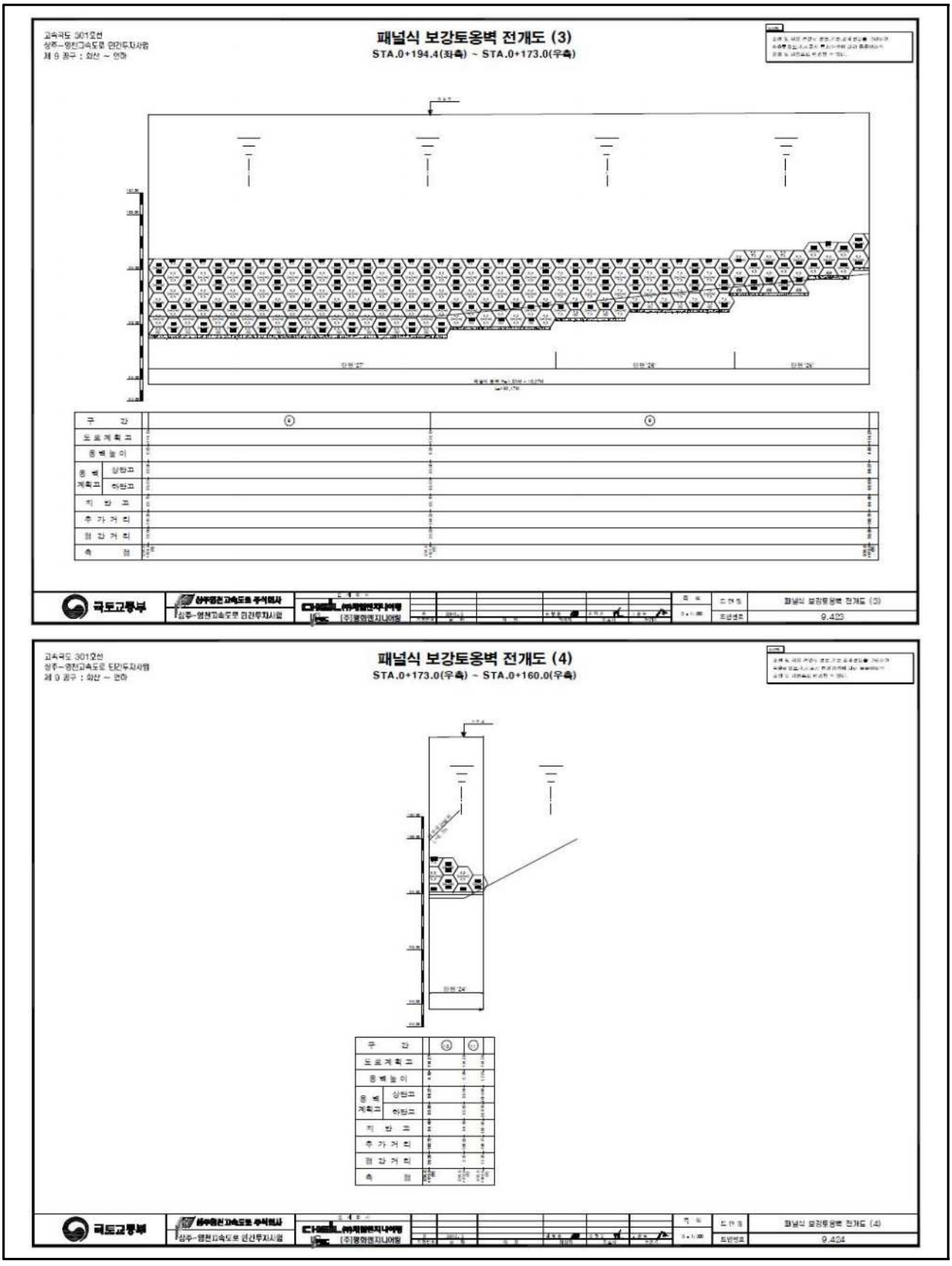
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 14-2> 전개도


패널식 보강토옹벽 전개도 (3)
STA.0+194.4(좌측) ~ STA.0+173.0(우측)
패널식 보강토옹벽 전개도 (4)
STA.0+173.0(우측) ~ STA.0+160.0(우측)

<그림 14-2> 전개도(계속)

	
시점부 전경	종점부 전경
	
전면부 전경	하부 전경
	
배수시설 전경	상부 전경

14.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 14-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S3	판넬 파손	㎡	1 / 0.02	외부충격	-
	S4	들뜸	㎡	1 / 1.80	건조수축, 공용기간증가, 우수유입	
	S5	들뜸	㎡	1 / 0.20	건조수축, 공용기간증가, 우수유입	
	S8	판넬 파손	㎡	1 / 0.03	외부충격	
	S9	배부름	㎡	1 / 100.00	시공미흡	
	S10	판넬 파손	㎡	1 / 0.06	외부충격	



현 황	S3 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S5 들뜸
원 인	건조수축, 공용기간증가, 우수유입
대 책	단면보수



현 황	S5 들뜸
원 인	건조수축, 공용기간증가, 우수유입
대 책	단면보수



현 황	S10 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수



현 황	S9 배부름
원 인	시공미흡
대 책	주의관찰



현 황	S9 배부름
원 인	시공미흡
대 책	주의관찰

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 14-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-

			
현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 14-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상부, 전면부에는 배수로, 배수관이 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 배수로 균열, 배수로 파손 등이 조사되었다.




배수시설 시공상태

<표 14-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S1	배수로 파손	㎡	1 / 0.06	건조수축, 공용기간 증가	-
	S2	배수로 파손	㎡	1 / 0.06	외부 충격	-
	S3	배수로 파손	㎡	1 / 0.03	건조수축, 공용기간 증가	-




현 황	S1 배수로 파손	현 황	S2 배수로 파손
원 인	건조수축, 공용기간 증가	원 인	외부충격
대 책	단면보수	대 책	단면보수

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면과 교량의 교대로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 14-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

14.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 14-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상 ○ 해당없음 ○ 해당없음	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

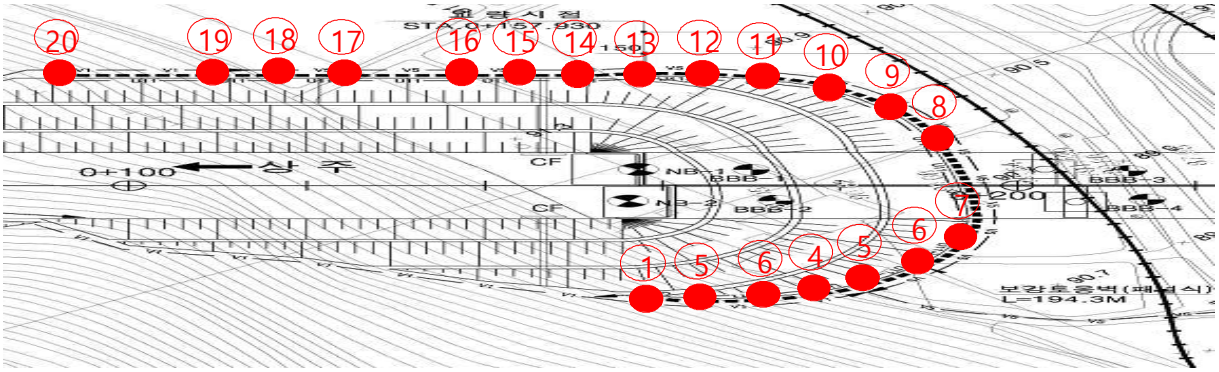
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 14-16> 기울기 측정결과

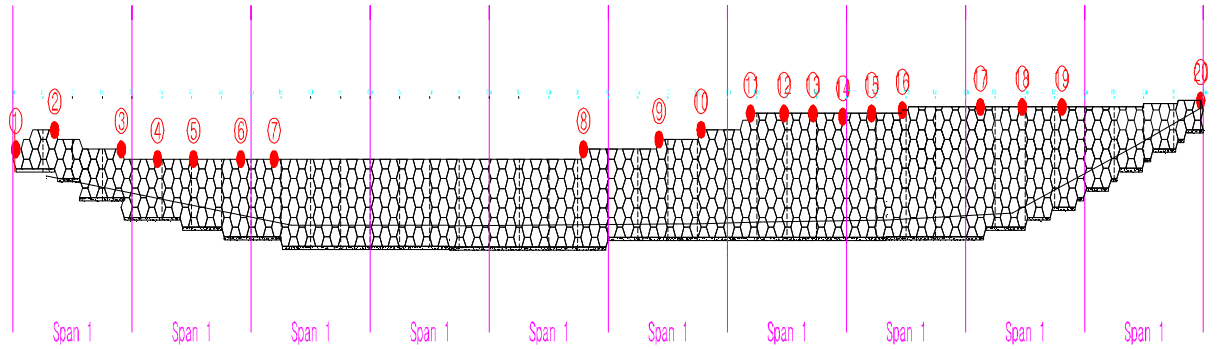
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	60m	89.4°	89.7°	비진행성, 2%미만
2	120m	90.0°	90.0°	비진행성, 2%미만
3	140m	89.9°	90.0°	비진행성, 2%미만

<표 14-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	381163.9	189934.2	98.267	⑪	381215.0	189993.3	96.721
②	381161.1	189937.9	96.788	⑫	381217.7	189992.7	97.500
③	381157.0	189946.2	95.985	⑬	381221.3	189991.2	97.503
④	381156.8	189950.9	95.888	⑭	381223.3	189990.0	98.240
⑤	381157.8	189956.9	95.918	⑮	381226.4	189987.2	98.238
⑥	381160.2	189964.4	95.876	⑯	381227.9	189985.7	99.259
⑦	381162.6	189968.9	95.914	⑰	381237.2	189974.1	99.250
⑧	381194.7	189991.1	96.003	⑱	381242.0	189968.6	99.228
⑨	381203.1	189993.5	95.976	⑲	381250.5	189958.8	99.979
⑩	381205.9	189993.7	96.713	⑳	381271.7	189933.0	100.471



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 14-3> 선형 및 수준측량 결과



경사계를 이용한 경사각 조사



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

14.4 안전성능 평가

14.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 14-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 14-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 14-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구배	낙석 흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.04	a
S4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	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
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04	a
S10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.00	0.02	a
									상태평가 결과					A	

대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.02로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

14.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 보강토 옹벽의 설계

1) 외적 안정성

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

가) 활동에 대한 검토

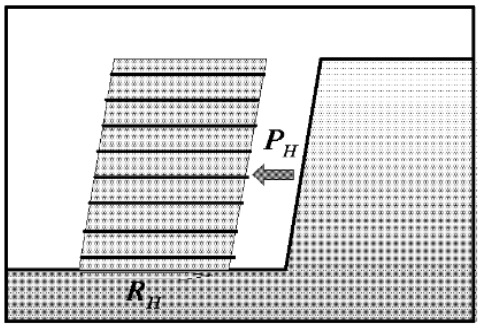
보강토체 배면에 작용하는 활동력에 대한 보강토체 저면의 활동에 대한 저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{slid} = \frac{R_H}{P_H} \geq 1.5$$

여기서, FS_{slid} ; 활동에 대한 안전율

R_H : 보강토체의 저항력

P_H ; 활동력



나) 전도에 대한 검토

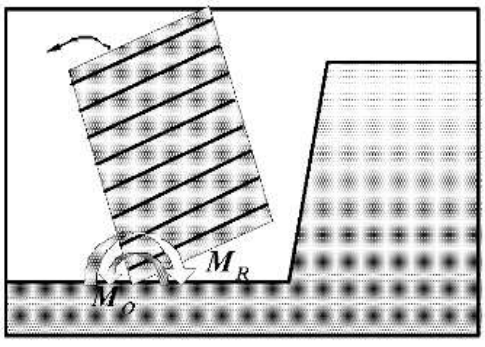
보강토체 선단에 대한 전도모멘트에 대한 저항모멘트의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{over} = \frac{M_R}{M_O} \geq 2.0$$

여기서, FS_{over} ; 전도에 대한 안전율

M_R : 저항모멘트

M_O : 전도모멘트



다) 지지력에 대한 검토

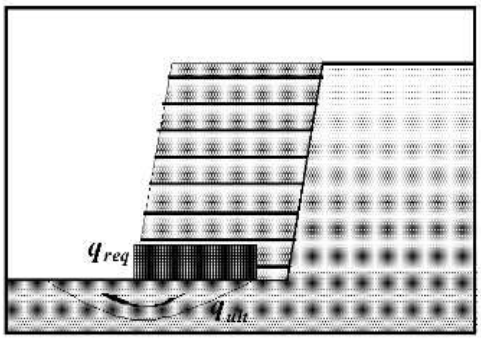
보강토체에 의해 하부지반에 부과되는 소요지지력에 대한 극한지지력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{bear} = \frac{q_{ult}}{q_{req}} \geq 2.5$$

여기서, FS_{bear} : 지지력에 대한 안전율

q_{ult} : 지반의 극한지지력

q_{req} : 소요지지력



라) 지지력에 대한 검토

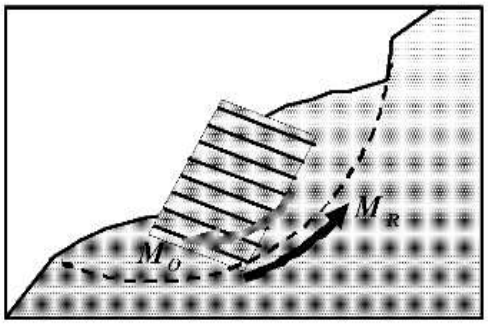
보강토 옹벽을 포함한 전체 사면의 사면활동에 대한 안정성 검토.

$$FS_g = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \geq 1.5$$

여기서, FS_g ; 전반활동에 대한 안전율

ΣM_R : 저항모메트

ΣM_O ; 활동모멘트



2) 내적 안정성

보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누소, 각 각의 보강대 위치에서 발생하는 최대작용하중을 계산한 후 보강재의 인장파괴 또는 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.

가) 보강재 파단에 대한 검토

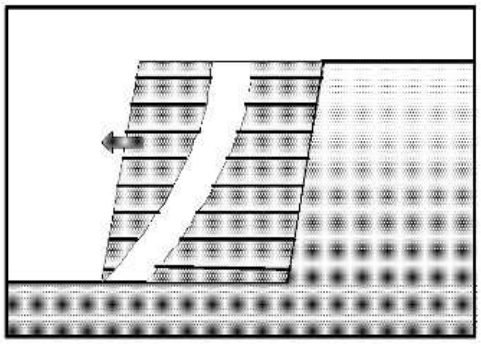
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 보강재 장기설계인장강도의 비율로서 설계기준 안정율을 만족해야 한다.

$$FS_{to} = \frac{T_l}{T_{\max}} \geq 1.0$$

여기서, FS_{to} : 보강재 파단에 대한 안전율

T_d : 보강재의 장기설계인장강도

$T_{\max}$; 보강재의 최대인발하중



나) 보강재 인발에 대한 검토

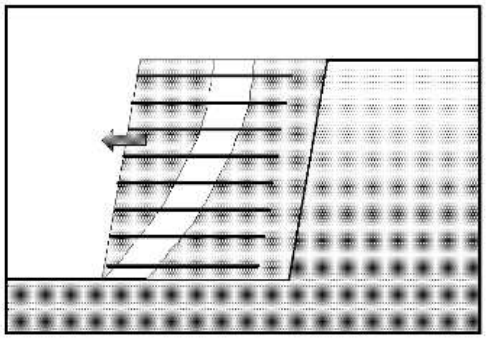
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 저항영역 내 보강재의 인발저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{po} = \frac{T_{po}}{T_{\max}} \geq 1.5$$

여기서, FS_{po} : 보강재 인발에 대한 안전율

T_{po} : 보강재 인발저항력

$T_{\max}$: 보강재의 최대인발하중



다. 설계기준 안전율

국토해양부 제정 건설공사 보강토 옹벽 설계, 시공 및 유지관리 잠정지침(2013.01)에 제시된 보강토 옹벽의 설계안전율에 따라 설계하였다.

<표 14-21> 적용 설계기준 안절율

구분	외적안정성			내적안정성	
	저면활동	전도	지반지지력	보강재 파단	보강재 인발
구조물기초설계기준	1.5	1.5	2.5	1.0	1.5
도로설계편람(II)	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0
설 계 적 용	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0

라. 설계조건

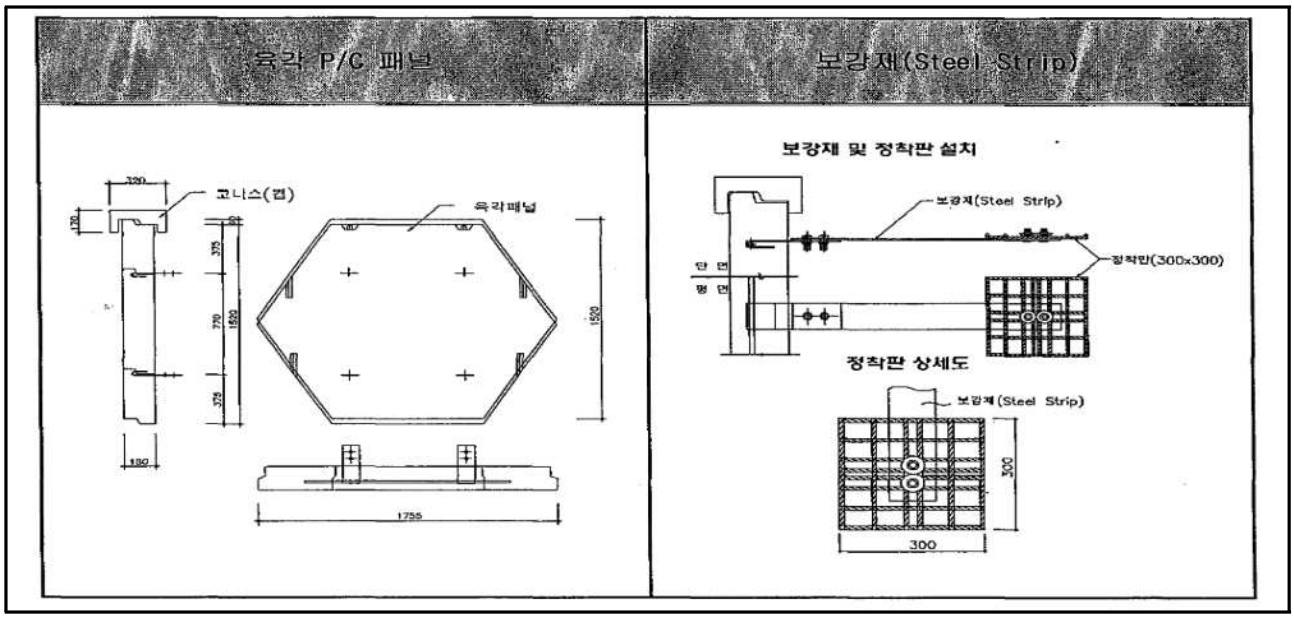
1) 지반정수

<표 14-22> 적용 지반정수

구분	단위중량 γ_t (t/m^3)	내부마찰각 Φ (deg)	점착력 C (t/m^2)	비 고
뒤 채 움 토	2.0	40	0	
배 면 토	2.0	40	0	
기 초 지 반	1.9	29	1.5	
기초지반(붕적층)	1.7	27	1.2	

2) 전면판 및 보강재

가) 전면판



<그림 14-4> 적용 재료 제원

마. 구조계산서 안전율 집계

구 분	옹벽높이	외적안정			내적안정	
		활동 (Fs>1.50/1.10)	전도 (Fs>2.00/1.50)	지지력 (Fs>2.50/2.00)	파단 (Fs>1.00/1.00)	인발 (Fs>1.50/1.10)
단면-20	H=3.08(성토15.0)	2.556/2.283	5.63/4.92	11.51/10.81	6.099/5.241	1.83/1.14
단면-21	H=4.62(성토15.0)	2.448/2.083	4.85/4.03	8.94/8.07	4.622/3.863	2.12/1.25
단면-22	H=6.16(성토15.0)	2.216/1.833	4.04/3.20	6.88/5.86	3.842/3.122	2.06/1.17
단면-23	H=7.70(성토15.0)	2.125/1.735	3.81/2.94	6.03/4.97	3.178/2.551	2.33/1.29
단면-24	H=9.24(성토15.0)	1.999/1.607	3.39/2.54	5.01/3.88	2.666/2.117	2.27/1.24
단면-25	H=10.78(성토15.0)	1.902/1.510	3.07/2.26	4.25/3.09	2.296/1.806	2.22/1.20
단면-27	H=4.62(성토20.0)	2.448/2.083	4.85/4.03	8.94/8.07	4.622/3.863	2.12/1.25
단면-28	H=6.16(성토20.0)	2.216/1.833	4.04/3.20	6.88/5.86	3.842/3.122	2.06/1.17
단면-29	H=7.70(성토20.0)	2.125/1.735	3.81/2.94	6.03/4.97	3.178/2.551	2.33/1.29
단면-45	H=9.24(성토20.0)	1.999/1.607	3.39/2.54	5.01/3.88	2.666/2.117	2.27/1.24
단면-46	H=10.78(성토20.0)	1.902/1.510	3.07/2.26	4.25/3.09	2.296/1.806	2.22/1.20
단면-47	H=12.32(성토20.0)	1.824/1.435	2.84/2.05	3.67/2.49	2.016/1.571	2.17/1.17
단면-48	H=13.86(성토20.0)	1.811/1.419	2.82/2.03	3.52/2.35	1.872/1.457	2.44/1.29

<그림 14-5> 안전율 해석 결과표

바. 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

<표 14-23> 구조안전성능 평가 결과

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	저면활동	상시	3.41	a	1.5이상
	전도	상시	5.87	a	2.0이상
	지반지지력	상시	4.77	a	2.5이상
내적 안전성 평가	보강재 파단	상시	2.49	a	1.5이상
	보강재 인발	상시	11.70	a	2.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

14.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 14-24> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽14		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.02	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : A등급		

<표 14-25> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

14.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

14.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 14-26> 내구성능 평가항목 및 대상

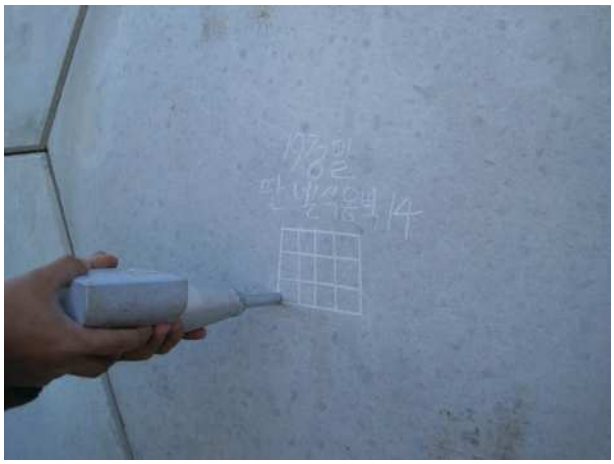
구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.

콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 14-27> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S2	37.9	36.0	31.5	0.65	120.0	105.0	30.0
	S4	37.6	35.7	31.1	0.65	119.0	103.7	
	S6	39.6	37.6	34.1	0.65	125.3	113.7	
	S8	41.4	39.3	36.7	0.65	131.0	122.3	

<표 14-28> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S2 건전부	120.0	105.0	-	a	-	30.0
S4 건전부	119.0	103.7	-	a	-	
S6 건전부	125.3	113.7	-	a	-	
S8 건전부	131.0	122.3	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 14-29> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 영천시 화산면 화산리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.2회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

14.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 14-30> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

14.6 종합평가

14.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 14-6> 종합평가 흐름도

14.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 14-31> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 14-32> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽14			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 14-33> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

14.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

14.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 14-34> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

14.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 14-35> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.14	0.08	0.128
평가결과	A	A	A

14.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 만족하는 "A등급"상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 14-36> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
			들뜸	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 파손	단면보수	손상진전 억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 14-37> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.17	㎡	138	24
	들뜸	단면보수	3.00	㎡	138	414
배수시설	배수로 파손	단면보수	0.23	㎡	138	32
순 공사비(천원)						**470**
재 경 비(천원)						**235**
총 공사비(천원)						**705**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 14-38> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	3.17	138	438	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0005	1
배수시설	단면보수	0.23	138	32	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0069	2
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

14.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 영천시 화산면 가상리에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 최대 높이는 10.3m로 측정되었으며, 총 연장은 L=198.0m의 규모를 가지는 2종시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 파손, 들뜸, 배부름 등의 손상이 조사되었으나, 판넬 파손, 들뜸은 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단되고, 배부름의 경우 진행성이 없는 시공초기에 발생된 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제15장 패널식옹벽15

15.1 대상 시설물 현황

15.2 관련 자료의 분석

15.3 현장조사 및 시험

15.4 안전성능 평가

15.5 내구성능 평가

15.6 종합평가

15.7 유지관리 전략 제안

15.8 종합결론

제1장 패널식옹벽15

15.1 대상 시설물 현황

본 시설물은 경상북도 영천시 매산동(상주영천고속도로 78.940~78.983km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 182.2m, 지면노출높이 12.8m의 패널식 보강토옹벽이다.

<표 15-1> 시설물 현황(패널식옹벽15)

시설물 번호	RW2017-0000087		**관리번호**	SY RW15
시설물명	패널식옹벽15		**시설물구분**	2종 시설물
위 치	행정구역	경상북도 영천시 매산동		
	위치좌표	시점 : 36° 01′41.0″ 128° 92′95.7″		
		종점 : 36° 01′37.3″ 128° 92′99.6″		
	관리이정	고속국도 301호선 78.940~78.983km		
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	182.2m	지면 노출높이(m)	12.8m
	저판폭(m)	-	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽 상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽 하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	두산건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

※ 상기의 제원 및 현황은 FMS의 시설물관리대장상의 제원을 표기한 것임.
※ 성능평가 결과 관리대장과 상이한 사항은 보고서내 별도 표기 및 이를 기준으로 조사 및 평가를 시행함.



위 치 도



시점부 전경



종점부 전경

<그림 15-1> 대상 시설물 현황도

15.2 관련 자료의 분석

15.2.1 유지관리 관련 자료 현황

1) 관련 자료 수집 및 분석 현황

자료조사 및 분석은 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료 및 주변현황 자료로 구분되며 수집된 자료에 대한 분석을 통하여, 첫째로 과업수행의 전체적인 추진방향과 계획을 수립하고, 둘째로 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강 대책 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였으며, 자료수집 현황은 다음과 같다.

<표 15-2> 유지관리 관련자료 현황

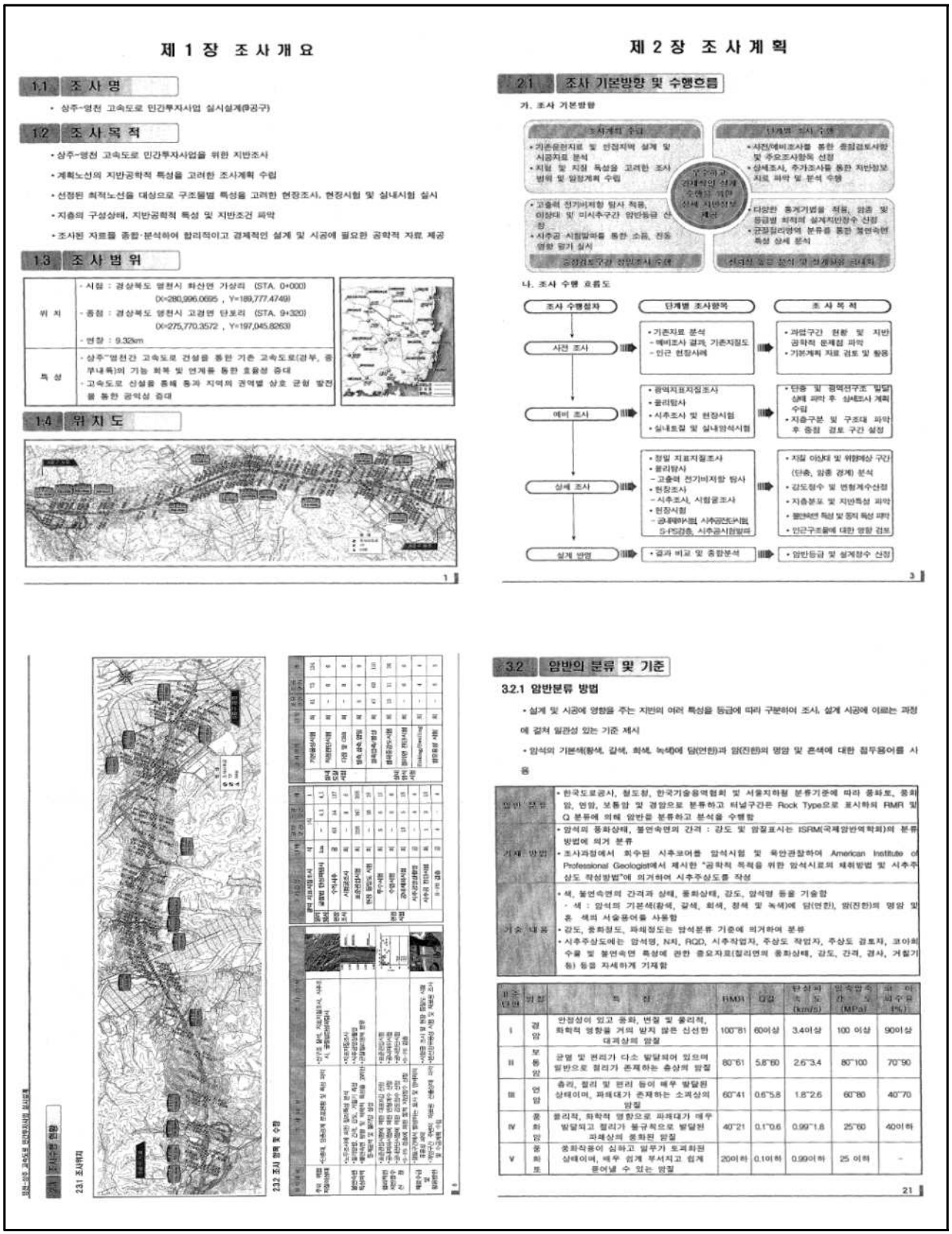
보존대상 목록		보유현황	비 고
설계도서	ㅇ공통 - 준공내역서 - 공사 및 특별시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 -	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
	ㅇ설계도면 - 위치도, 전개도, 평면도, 종·횡단면도 등	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
시 설 물 관리대장	ㅇ기본현황 ㅇ상세제원 ㅇ유지관리 이력	보유 보유 보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자 료	ㅇ시공관련자료 ㅇ품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 각종 시험기록 - 시설물 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ㅇ사고자료	보유	ㅇ상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 9공구
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	ㅇ시설물정보관리 종합시스템(FMS)

2) 관련 자료 수집 및 분석 결과

본 시설물은 2017년 06월 27일 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 관련자료 분석을 통해 당초 시공시의 개략적인 지반상태를 파악할 수 있다.

15.2.2 지반조사 보고서 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제9공구 : 화산~언하, 2017년) 지반조사보고서"를 분석하였다.



제 7 장 비탈면 안정 검토

7.1 개 요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 깎기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대깎기 비탈면과 고쌓기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토단면 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 깎기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

구 분	선 정 기 준
쌓 기 부	· 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 · 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 · 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) · 내진안정해석이 필요한 경우
깎 기 부	· 비탈면높이가 20m 이상인 경우 · 비탈면기울기가 표준기울기보다 급한 경우 · 비탈면 지반이 풍적토로 이루어진 경우 · 암반의 풍화가 심하고 용수가 많은 경우 · 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 · 불연속면이 비탈면 방향으로 기울기진 지질조건인 경우 · 내진안정해석이 필요한 경우 · 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

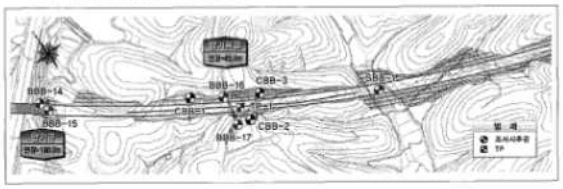
비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

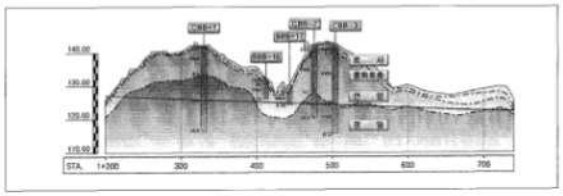
구 분		구 간 (STA.)	연 장 (m)	대표 단면 (STA.)	최대깎기고 및 쌓기고(m)	지층현황	조사내용 공번	조사위치 (STA.)	비 고
쌓기구간	제1쌓기	0+030~1+220	1,190	0+660 (상주)	24.2m (23.61m)	전답토 퇴적층 풍화토 연 암	NSB-3	0+593.89 (우21.55m)	지환공법 적용구간 (0+150~0+200)
	제2쌓기	1+750~2+140	390	1+840 (영천)	19.8m (14.33m)	전답토 퇴적층 풍화토 연 암	SBB-1	1+800	-
	제3쌓기	2+370~2+490	120	2+460 (상주)	14.7m (13.23m)	풍화토 풍화암 연 암	CBB-6	2+631.02 (좌28.56m)	-
	제4쌓기	2+790~4+320	1,530	4+260 (상주)	17.9m (17.77m)	매립층 퇴적층 풍화토 풍화암 연 암	BBB-30	3+147	-

2.2 토공구간

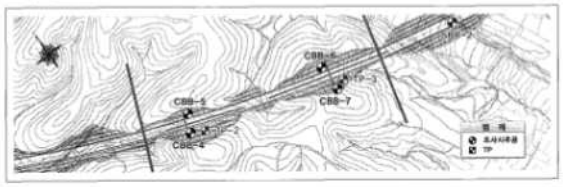
가. 깎기구간

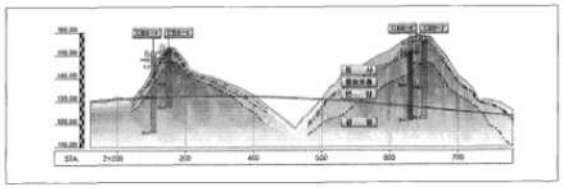
① 깎기1구간(STA.1+220~1+740)



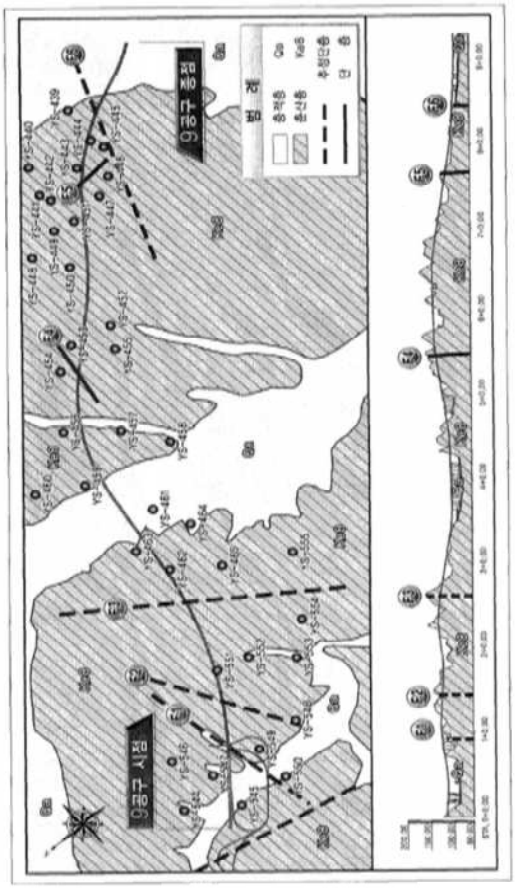


② 깎기2구간(STA.2+140~2+780)



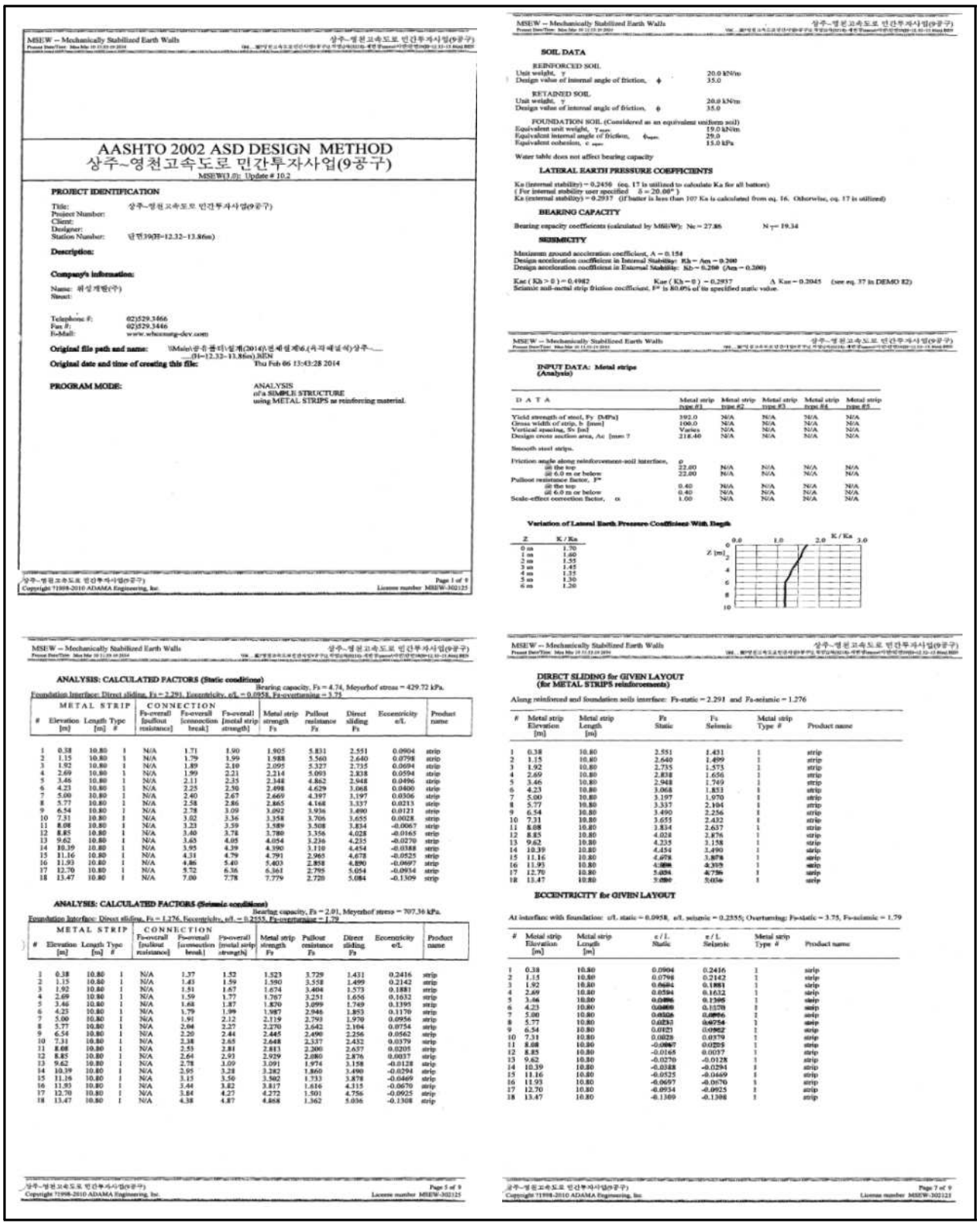


제 3 장 지질도



15.2.3 구조 및 수리계산서 분석

본 시설물의 구조 및 수리계산 분석은 준공도서에 포함된「고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제9공구 : 화산~언하, 2017년) 구조 및 수리계산서」를 분석하였으며, 검토결과, 내적 및 외적의 안전성평가시 허용안전율 이상으로 분석되었다.



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

AASHTO 2002 ASD DESIGN METHOD
상주~영천고속도로 민간투자사업(9공구)
MSEW(3.0); Update # 10.2

PROJECT IDENTIFICATION
Title: 상주~영천고속도로 민간투자사업(9공구)
Project Number:
Client:
Designer:
Station Number: 담면39(F=12.32~13.86m)
Description:

Company's information:
Name: 위성개발(주)
Street:
Telephone #: 02)529.3466
Fax #: 02)529.3446
E-Mail: www.wheesung-dev.com

Original file path and name: \\Main\공유폴더\설계(2014)\전체설계6.(자곡배널식)\상주~...\담=12.32~13.86m).MDN
Original date and time of creating this file: Thu Feb 06 13:43:28 2014

PROGRAM MODE: ANALYSIS of a SIMPLE STRUCTURE using METAL STRIPS as reinforcing material.

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. Page 1 of 9 License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, γ = 20.0 kN/m
Design value of internal angle of friction, ϕ = 35.0

RETAINED SOIL
Unit weight, γ = 20.0 kN/m
Design value of internal angle of friction, ϕ = 35.0

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γeqv = 19.0 kN/m
Equivalent internal angle of friction, ϕeqv = 29.0
Equivalent cohesion, c eqv = 15.0 kPa

Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

Ka (internal stability) = 0.2450 (eq. 17 is utilized to calculate Ka for all batters)
(For internal stability user specified δ = 20.00°)
Ka (external stability) = 0.2937 (If batter is less than 10? Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nc = 27.86 Nγ = 19.34

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Am = 0.200
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh = 0.200 (Am = 0.200)

Kae (Kh > 0) = 0.4982 Kae (Kh = 0) = 0.2937 Δ Kae = 0.2045 (see eq. 37 in DEMO 02)
Seismic soil-metal strip friction coefficient, F* is 80.0% of its specified static value.

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Metal stripe (Analysis)

D A T A	Metal strip type #1	Metal strip type #2	Metal strip type #3	Metal strip type #4	Metal strip type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	392.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	N/A	N/A	N/A	N/A
Design cross section area, Ac [mm ?	218.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Smooth steel strips.					
Friction angle along reinforcement-soil interface, ρ					
@ the top	22.00	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	22.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Pullout resistance factor, F*					
@ the top	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
@ 6.0 m or below	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.55
3 m	1.45
4 m	1.35
5 m	1.30
6 m	1.20

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)
Bearing capacity, Fs = 4.74, Meyerhof stress = 429.72 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 2.291, Eccentricity, e/L = 0.0958, Fs-overturning = 3.75

#	METAL STRIP Elevation [m]	Length [m]	Type #	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	10.80	1	N/A	1.71	1.90	1.905	5.831	2.551	0.0904	strip
2	1.15	10.80	1	N/A	1.79	1.99	1.988	5.560	2.640	0.0798	strip
3	1.92	10.80	1	N/A	1.89	2.10	2.095	5.327	2.735	0.0694	strip
4	2.69	10.80	1	N/A	1.99	2.21	2.214	5.093	2.838	0.0594	strip
5	3.46	10.80	1	N/A	2.11	2.25	2.348	4.862	2.948	0.0496	strip
6	4.23	10.80	1	N/A	2.25	2.50	2.498	4.629	3.068	0.0400	strip
7	5.00	10.80	1	N/A	2.40	2.67	2.669	4.397	3.197	0.0306	strip
8	5.77	10.80	1	N/A	2.58	2.86	2.865	4.168	3.337	0.0213	strip
9	6.54	10.80	1	N/A	2.78	3.09	3.092	3.936	3.490	0.0121	strip
10	7.31	10.80	1	N/A	3.02	3.36	3.358	3.706	3.655	0.0028	strip
11	8.08	10.80	1	N/A	3.23	3.59	3.589	3.508	3.834	-0.0067	strip
12	8.85	10.80	1	N/A	3.40	3.78	3.780	3.356	4.028	-0.0165	strip
13	9.62	10.80	1	N/A	3.65	4.05	4.054	3.236	4.235	-0.0270	strip
14	10.39	10.80	1	N/A	3.95	4.39	4.390	3.110	4.454	-0.0388	strip
15	11.16	10.80	1	N/A	4.31	4.79	4.791	2.965	4.678	-0.0525	strip
16	11.93	10.80	1	N/A	4.86	5.40	5.403	2.858	4.890	-0.0697	strip
17	12.70	10.80	1	N/A	5.72	6.36	6.361	2.795	5.054	-0.0934	strip
18	13.47	10.80	1	N/A	7.00	7.78	7.779	2.720	5.084	-0.1309	strip

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)
Bearing capacity, Fs = 2.01, Meyerhof stress = 707.36 kPa.
Foundation Interface: Direct sliding, Fs = 1.276, Eccentricity, e/L = 0.2555, Fs-overturning = 1.79

#	METAL STRIP Elevation [m]	Length [m]	Type #	CONNECTION Fs-overall [pullout resistance]	Fs-overall [connection break]	Fs-overall [metal strip strength]	Metal strip strength Fs	Pullout resistance Fs	Direct sliding Fs	Eccentricity e/L	Product name
1	0.38	10.80	1	N/A	1.37	1.52	1.523	3.729	1.431	0.2416	strip
2	1.15	10.80	1	N/A	1.43	1.59	1.590	3.558	1.499	0.2142	strip
3	1.92	10.80	1	N/A	1.51	1.67	1.674	3.404	1.573	0.1881	strip
4	2.69	10.80	1	N/A	1.59	1.77	1.767	3.251	1.656	0.1632	strip
5	3.46	10.80	1	N/A	1.68	1.87	1.870	3.099	1.749	0.1395	strip
6	4.23	10.80	1	N/A	1.79	1.99	1.987	2.946	1.853	0.1170	strip
7	5.00	10.80	1	N/A	1.91	2.12	2.119	2.793	1.970	0.0956	strip
8	5.77	10.80	1	N/A	2.04	2.27	2.270	2.642	2.104	0.0754	strip
9	6.54	10.80	1	N/A	2.20	2.44	2.445	2.490	2.256	0.0562	strip
10	7.31	10.80	1	N/A	2.38	2.65	2.648	2.337	2.432	0.0379	strip
11	8.08	10.80	1	N/A	2.53	2.81	2.813	2.200	2.637	0.0205	strip
12	8.85	10.80	1	N/A	2.64	2.93	2.929	2.080	2.876	0.0037	strip
13	9.62	10.80	1	N/A	2.78	3.09	3.091	1.974	3.158	-0.0128	strip
14	10.39	10.80	1	N/A	2.95	3.28	3.282	1.860	3.490	-0.0294	strip
15	11.16	10.80	1	N/A	3.15	3.50	3.502	1.733	3.878	-0.0469	strip
16	11.93	10.80	1	N/A	3.44	3.82	3.817	1.616	4.315	-0.0670	strip
17	12.70	10.80	1	N/A	3.84	4.27	4.272	1.501	4.756	-0.0925	strip
18	13.47	10.80	1	N/A	4.38	4.87	4.868	1.362	5.036	-0.1308	strip

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. Page 5 of 9 License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

DIRECT SLIDING for GIVEN LAYOUT
(for METAL STRIPS reinforcements)

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 2.291 and Fs-seismic = 1.276

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.80	2.551	1.431	1	strip
2	1.15	10.80	2.640	1.499	1	strip
3	1.92	10.80	2.735	1.573	1	strip
4	2.69	10.80	2.838	1.656	1	strip
5	3.46	10.80	2.948	1.749	1	strip
6	4.23	10.80	3.068	1.853	1	strip
7	5.00	10.80	3.197	1.970	1	strip
8	5.77	10.80	3.337	2.104	1	strip
9	6.54	10.80	3.490	2.256	1	strip
10	7.31	10.80	3.655	2.432	1	strip
11	8.08	10.80	3.834	2.637	1	strip
12	8.85	10.80	4.028	2.876	1	strip
13	9.62	10.80	4.235	3.158	1	strip
14	10.39	10.80	4.454	3.490	1	strip
15	11.16	10.80	4.678	3.878	1	strip
16	11.93	10.80	4.890	4.315	1	strip
17	12.70	10.80	5.054	4.756	1	strip
18	13.47	10.80	5.084	5.036	1	strip

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.0958, e/L seismic = 0.2555; Overturning: Fs-static = 3.75, Fs-seismic = 1.79

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.80	0.0904	0.2416	1	strip
2	1.15	10.80	0.0798	0.2142	1	strip
3	1.92	10.80	0.0694	0.1881	1	strip
4	2.69	10.80	0.0594	0.1632	1	strip
5	3.46	10.80	0.0496	0.1395	1	strip
6	4.23	10.80	0.0400	0.1170	1	strip
7	5.00	10.80	0.0306	0.0956	1	strip
8	5.77	10.80	0.0213	0.0754	1	strip
9	6.54	10.80	0.0121	0.0562	1	strip
10	7.31	10.80	0.0028	0.0379	1	strip
11	8.08	10.80	-0.0067	0.0205	1	strip
12	8.85	10.80	-0.0165	0.0037	1	strip
13	9.62	10.80	-0.0270	-0.0128	1	strip
14	10.39	10.80	-0.0388	-0.0294	1	strip
15	11.16	10.80	-0.0525	-0.0469	1	strip
16	11.93	10.80	-0.0697	-0.0670	1	strip
17	12.70	10.80	-0.0934	-0.0925	1	strip
18	13.47	10.80	-0.1309	-0.1308	1	strip

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. Page 7 of 9 License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for STRENGTH [NLive Load included in calculating Tmax) / (Actual stress)]

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio, Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Long-term strength Fy*Re*Rc/b [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall static	Actual calculated Fs-overall static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic
1	0.38	0.149	0.670	127.8	67.09	16.82	N/A	1.905	N/A	1.523
2	1.15	0.149	0.670	127.8	64.26	16.09	N/A	1.988	N/A	1.590
3	1.92	0.149	0.670	127.8	60.98	15.35	N/A	2.095	N/A	1.674
4	2.69	0.149	0.670	127.8	57.71	14.62	N/A	2.214	N/A	1.767
5	3.46	0.149	0.670	127.8	54.43	13.88	N/A	2.348	N/A	1.870
6	4.23	0.149	0.670	127.8	51.15	13.15	N/A	2.498	N/A	1.987
7	5.00	0.149	0.670	127.8	47.88	12.41	N/A	2.669	N/A	2.119
8	5.77	0.149	0.670	127.8	44.60	11.68	N/A	2.865	N/A	2.270
9	6.54	0.149	0.670	127.8	41.33	10.94	N/A	3.092	N/A	2.445
10	7.31	0.149	0.670	127.8	38.05	10.21	N/A	3.358	N/A	2.648
11	8.08	0.149	0.670	127.8	35.61	9.82	N/A	3.589	N/A	2.813
12	8.85	0.149	0.670	127.8	33.81	9.82	N/A	3.780	N/A	2.929
13	9.62	0.149	0.670	127.8	31.52	9.82	N/A	4.054	N/A	3.091
14	10.39	0.149	0.670	127.8	29.11	9.82	N/A	4.390	N/A	3.282
15	11.16	0.149	0.670	127.8	26.67	9.82	N/A	4.791	N/A	3.502
16	11.93	0.149	0.670	127.8	23.66	9.82	N/A	5.403	N/A	3.817
17	12.70	0.149	0.670	127.8	20.09	9.82	N/A	6.361	N/A	4.272
18	13.47	0.149	0.670	127.8	16.48	9.82	N/A	7.779	N/A	4.868

RESULTS for PULLOUT Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage Ratio Re=b/Sh	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic Fs	Actual Seismic Fs
1	0.38	0.149	67.09	16.82	10.57	0.23	391.2	N/A	5.831	512.9	N/A	3.729
2	1.15	0.149	64.26	16.09	10.11	0.69	357.3	N/A	5.560	285.9	N/A	3.558
3	1.92	0.149	60.98	15.35	9.65	1.15	324.8	N/A	5.327	259.9	N/A	3.404
4	2.69	0.149	57.71	14.62	9.19	1.61	293.9	N/A	5.093	235.1	N/A	3.251
5	3.46	0.149	54.43	13.88	8.72	2.08	266.7	N/A	4.862	231.7	N/A	3.099
6	4.23	0.149	51.15	13.15	8.26	2.54	246.4	N/A	4.629	188.4	N/A	2.946
7	5.00	0.149	47.88	12.41	7.80	3.00	231.5	N/A	4.397	168.4	N/A	2.793
8	5.77	0.149	44.60	11.68	7.34	3.46	195.9	N/A	4.168	148.7	N/A	2.642
9	6.54	0.149	41.33	10.94	6.88	3.92	162.7	N/A	3.936	130.1	N/A	2.490
10	7.31	0.149	38.05	10.21	6.41	4.39	141.0	N/A	3.706	112.8	N/A	2.337
11	8.08	0.149	35.61	9.82	6.17	4.63	126.9	N/A	3.508	99.9	N/A	2.200
12	8.85	0.149	33.81	9.82	6.17	4.63	113.5	N/A	3.356	90.8	N/A	2.080
13	9.62	0.149	31.52	9.82	6.17	4.63	102.0	N/A	3.236	83.6	N/A	1.974
14	10.39	0.149	29.11	9.82	6.17	4.63	90.5	N/A	3.110	72.4	N/A	1.860
15	11.16	0.149	26.67	9.82	6.17	4.63	79.1	N/A	2.965	63.3	N/A	1.733
16	11.93	0.149	23.65	9.82	6.17	4.63	67.6	N/A	2.858	54.1	N/A	1.616
17	12.70	0.149	20.09	9.82	6.17	4.63	56.1	N/A	2.795	44.9	N/A	1.501
18	13.47	0.149	16.43	9.82	6.17	4.63	44.7	N/A	2.720	35.7	N/A	1.362

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for CONNECTION (static conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, To [kN/m]	Reduction factor for connection break, CRu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.149	0.670	67.1	0.90	115.0	127.8	N/A	1.71	N/A	1.90	strip
2	1.15	0.149	0.670	64.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.79	N/A	1.99	strip
3	1.92	0.149	0.670	61.0	0.90	115.0	127.8	N/A	1.89	N/A	2.10	strip
4	2.69	0.149	0.670	57.7	0.90	115.0	127.8	N/A	1.99	N/A	2.21	strip
5	3.46	0.149	0.670	54.4	0.90	115.0	127.8	N/A	2.11	N/A	2.35	strip
6	4.23	0.149	0.670	51.2	0.90	115.0	127.8	N/A	2.25	N/A	2.50	strip
7	5.00	0.149	0.670	47.9	0.90	115.0	127.8	N/A	2.40	N/A	2.67	strip
8	5.77	0.149	0.670	44.6	0.90	115.0	127.8	N/A	2.58	N/A	2.86	strip
9	6.54	0.149	0.670	41.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.78	N/A	3.09	strip
10	7.31	0.149	0.670	38.0	0.90	115.0	127.8	N/A	3.02	N/A	3.36	strip
11	8.08	0.149	0.670	35.6	0.90	115.0	127.8	N/A	3.23	N/A	3.59	strip
12	8.85	0.149	0.670	33.8	0.90	115.0	127.8	N/A	3.40	N/A	3.78	strip
13	9.62	0.149	0.670	31.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.65	N/A	4.05	strip
14	10.39	0.149	0.670	29.1	0.90	115.0	127.8	N/A	3.95	N/A	4.39	strip
15	11.16	0.149	0.670	26.7	0.90	115.0	127.8	N/A	4.31	N/A	4.79	strip
16	11.93	0.149	0.670	23.7	0.90	115.0	127.8	N/A	4.86	N/A	5.40	strip
17	12.70	0.149	0.670	20.1	0.90	115.0	127.8	N/A	5.72	N/A	6.36	strip
18	13.47	0.149	0.670	16.4	0.90	115.0	127.8	N/A	7.00	N/A	7.78	strip

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)
Live Load included in calculating Tmax

#	Metal strip Elevation [m]	Coverage ratio Re=b/Sh	Horizontal spacing, Sh [m]	Connection force, To [kN/m]	Reduction factor for connection break, CRu	Long-term connection strength,Tac (break criterion) [kN/m]	Metal strip long-term strength, [kN/m]	Fs-overall connection break Specified	Fs-overall connection break Actual	Fs-overall Metal strip strength Specified	Fs-overall Metal strip strength Actual	Product name
1	0.38	0.149	0.670	83.9	0.90	115.0	127.8	N/A	1.37	N/A	1.52	strip
2	1.15	0.149	0.670	80.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.43	N/A	1.59	strip
3	1.92	0.149	0.670	76.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.51	N/A	1.67	strip
4	2.69	0.149	0.670	72.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.59	N/A	1.77	strip
5	3.46	0.149	0.670	68.2	0.90	115.0	127.8	N/A	1.68	N/A	1.87	strip
6	4.23	0.149	0.670	64.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.79	N/A	1.99	strip
7	5.00	0.149	0.670	60.3	0.90	115.0	127.8	N/A	1.91	N/A	2.12	strip
8	5.77	0.149	0.670	56.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.04	N/A	2.27	strip
9	6.54	0.149	0.670	52.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.20	N/A	2.44	strip
10	7.31	0.149	0.670	48.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.38	N/A	2.65	strip
11	8.08	0.149	0.670	45.4	0.90	115.0	127.8	N/A	2.53	N/A	2.81	strip
12	8.85	0.149	0.670	43.6	0.90	115.0	127.8	N/A	2.64	N/A	2.93	strip
13	9.62	0.149	0.670	41.3	0.90	115.0	127.8	N/A	2.78	N/A	3.09	strip
14	10.39	0.149	0.670	38.9	0.90	115.0	127.8	N/A	2.95	N/A	3.28	strip
15	11.16	0.149	0.670	36.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.15	N/A	3.50	strip
16	11.93	0.149	0.670	33.5	0.90	115.0	127.8	N/A	3.44	N/A	3.82	strip
17	12.70	0.149	0.670	29.9	0.90	115.0	127.8	N/A	3.84	N/A	4.27	strip
18	13.47	0.149	0.670	26.2	0.90	115.0	127.8	N/A	4.38	N/A	4.87	strip

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 13.86 [m] { Embedded depth in E = 1.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 12.86 m }

Batter, ω 0.0 [deg]
Backslope, β 18.7 [deg]
Backslope rise 7.0 [m] Broken back equivalent angle, I = 14.177 (see Fig. 25 in DEMO 82)

UNIFORM SURCHARGE
Uniformly distributed dead load is 0.0 [kPa], and live load is 15.0 [kPa]

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:



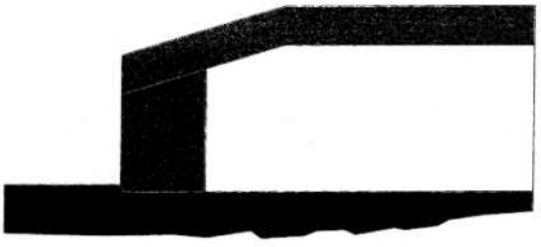
SCALE:
0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

		STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table does not affect bearing capacity)				
Ultimate bearing capacity, q-ult		2038.2	1420.3	[kPa]
Meyerhof stress,	σ_V	429.72	707.4	[kPa]
Eccentricity, e		0.99	2.67	[m]
Eccentricity, e/L		0.092	0.247	
Fs calculated		4.74	2.01	
Base length		10.80	10.80	[m]



SCALE:
0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright ?1998-2010 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-302125

15.2.4 점검 및 진단 이력

본 보강토 옹벽은 2017년 정기안전점검을 시작으로 정기안전점검 5회, 정밀안전점검 1회로 총 6회에 걸쳐 실시한 것으로 조사되었다. 점검 결과 전반적으로 양호한 상태로 특별한 보수·보강이 필요한 구간은 없는 것으로 분석되었다.

<표 15-3> 안전점검 및 정밀안전점검 이력

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	패널식옹벽15에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽15에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	패널식옹벽15에 대한 점검결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요한 상태이다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	패널식옹벽15에 대한 점검결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요한 상태이다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전 점검	패널식옹벽15의 전면부에서 판넬 파손, 들뜸, 파손, 이격 등의 손상이 조사되었으며, 배수시설에서 배수로 파손, 배수로 균열이 조사되었다. 옹벽의 사용성에 영향을 주는 손상으로 조사되지는 않았으나, 주기적으로 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다고 판단된다.	A
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전 점검	패널식옹벽15에 대한 정기안전점검 결과, 패널 전면부 판넬 파손, 상단 들뜸, 상단 이격, 상단 파손, 배수로 균열 및 파손 등이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 옹벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

15.2.5 보수·보강이력

본 보강토 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 유지관리중 보수·보강이력은 없는 것으로 조사되었다.

<표 15-4> 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
		-		

15.2.6 내진설계 적용 여부

본 콘크리트 옹벽은 유지관리 기초자료 분석 결과 내진설계 가 적용된 것으로 분석되었다.

<표 15-5> 내진 설계 적용 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약	근거
보강토 옹벽	적용	-	구조계산서 검토결과 내진설계 반영	

15.2.7 관련 자료 분석 결과 요약

금회 성능평가 유지관리 관련자료를 분석한 결과, 본 시설물은 특별한 사고이력 및 상태 변화가 없는 양호한 시설인 것으로 평가되었다. 관련 자료 분석 결과 요약 및 이를 기초로 한 금회 성능평가 시행 방향은 다음과 같다.

<표 15-6> 관련 자료 분석 결과 요약 및 점검 방향

구 분	자료 분석 결과	성능평가 방향
설계도서	ㅇ준공도서 유지관리중 ㅇ위치도, 횡단면도 등 파악 가능	ㅇ설계도서 분석을 통한 성능평가 기본 자료 획득 ㅇ설계도면과 현재 제원 비교
시설물 관리대장	ㅇ기본현황, 상세제원 확인 가능 ㅇ유지관리 이력 파악 ㅇ시설물 준공 후 최초 성능평가	ㅇ현장조사를 위한 기초자료로 활용 ㅇ준공후 특별한 보수·보강이력이 없는 상태로서 금회 성능평가시 손상 조사시 필요에 따라 보수·보강방안 수립
안전점검 및 정밀안전진단 자료	ㅇ준공후 정기안전점검, 정밀안전점검이 시행되었음. ㅇ자료 분석결과 특별한 손상이 없는 전반적으로 양호한상태	ㅇ기시행된 정밀안전점검과 비교한 현 상태의 면밀한 조사 ㅇ필요시 보수보수·보강방안 수립 ㅇ시설물 특성을 고려한 적정한 유지관리방안 제시
보수·보강 자료	ㅇ준공전 보강자료 없음. ㅇ공용중 보수·보강이력 없음.	ㅇ현장조사를 통한 보강여부 확인
유지관리 전략 제안	-	ㅇ현장조사 및 관련자료 분석을 통한 항목별 성능평가 시행 ㅇ성능평가 결과에 따라 성능목표 유지를 위한 유지관리 전략 제안

15.3 현장조사 및 시험

15.3.1 외관조사

대상 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수하였다.

또한, 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 기본시설물 및 부대시설물 등 주요 부재의 현 상태와 시설물의 안전성을 저해할 만한 손상의 유무를 확인하였으며, 시설물의 구성부재별로 외관조사 결과는 외관조사망도와 주요 사진을 중심으로 부록자료에 수록하여 향후 시설물 점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

가. 시설물 현황

1) 일반 사항

본 과업대상인 패널식옹벽15는 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 있으며, 2017년 06월에 준공된 연장 182.2m, 지면노출 높이 12.8m의 패널식 보강토 옹벽이다.

<표 15-7> 일반현황 조사결과

시설물 번호	RW2017-0000087		**관리번호**	SY RW15
시설물명	패널식옹벽15		**시설물구분**	2종 시설물
시설물위치	**행정구역**	경상북도 영천시 매산동		
	위치좌표	시점 : 36° 01′41.0″ 128° 92′95.7″		
		종점 : 36° 01′37.3″ 128° 92′99.6″		
노선명(이정)	고속국도 301호선 78.940~78.983km			
제 원	**옹벽형식**	보강토	**옹벽재료**	패널식
	연 장	182.2m	**지면노출 높 이**	12.8m
	보 강 재 길 이	-	**저 판 폭 길 이**	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		**관리주체구분**	민간
주변환경	**옹벽상부**	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	**준공년도**	2017년 06월 27일	**시 공 자**	경남건설㈜
	부대시설	-		
비 고				

2) 구간분할

금회 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 10개구간(S1~S10)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

<표 15-8> 옹벽 구간 분할

Span	좌 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	우 측 구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	9.3	6	100.0~120.0m	120.0	12.8
2	20.0~40.0m	40.0	11.0	7	120.0~140.0m	140.0	11.5
3	40.0~60.0m	60.0	11.3	8	140.0~160.0m	160.0	9.2
4	60.0~80.0m	80.0	9.3	9	160.0~180.0m	180.0	9.2
5	80.0~100.0m	100.0	11.4	10	180.0~182.2m	182.2	9.4

<표 15-9> 보강토 옹벽의 조사항목

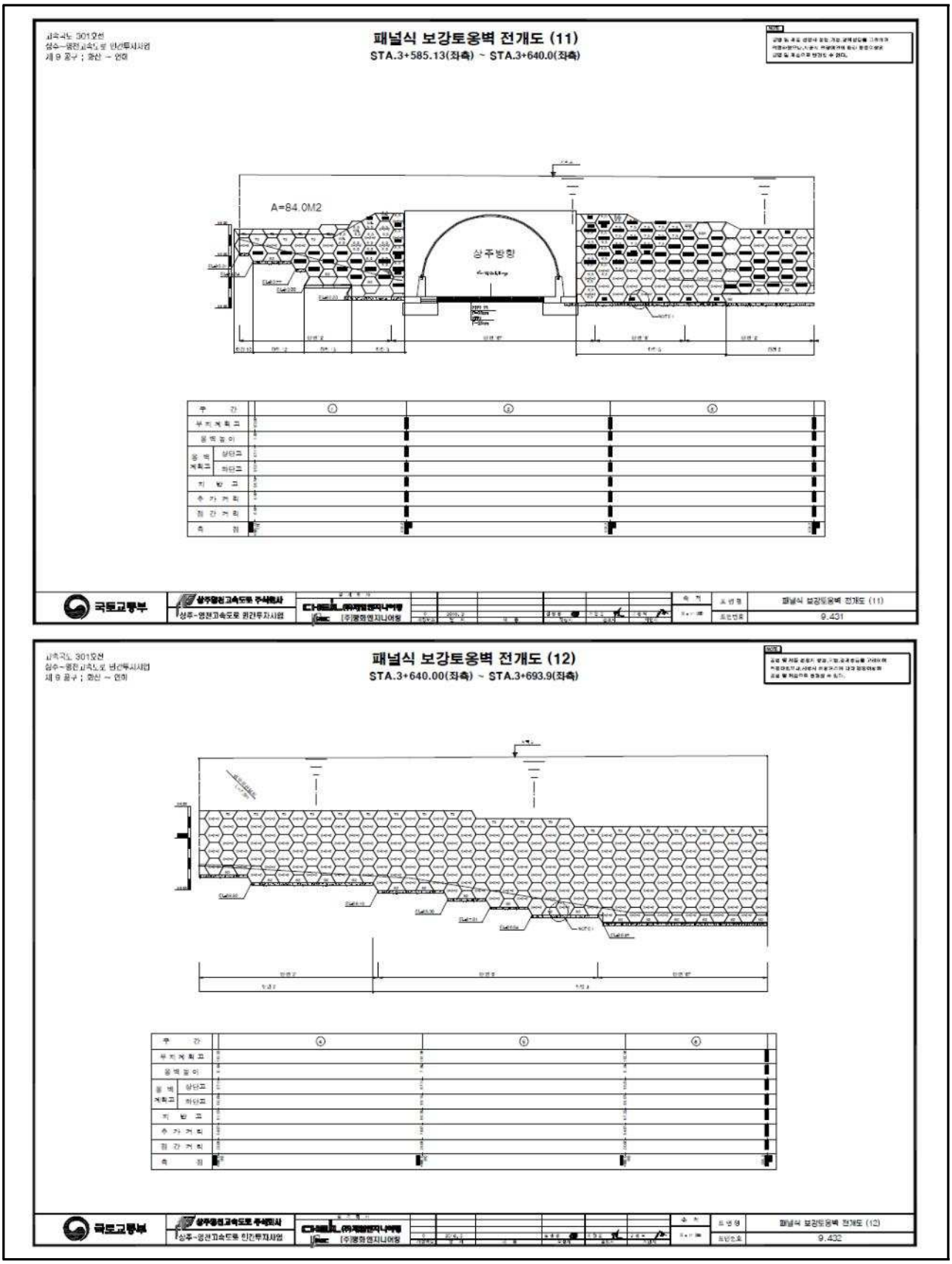
<table>
<tr><th colspan="5">평가항목</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="15">안전성능</td><td rowspan="9">상태안전성능1)</td><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차(전도/경사)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">활동</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">유실</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">이격</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">세굴</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변영향인자</td><td colspan="2">배수시설</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면조사</td><td>사면구배</td><td></td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td></td></tr>
<tr><td>침출수</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">구조안전성능</td><td colspan="2" rowspan="2">저면활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">원호활동</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">전도</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지지력</td><td>평상시</td><td></td></tr>
<tr><td>지진시</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">침하</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">인발파괴</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">보강재 파단</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8" colspan="2">내구성능</td><td colspan="2" rowspan="5">전면판</td><td>염화물침투량2)</td><td></td></tr>
<tr><td>탄산화깊이2)</td><td></td></tr>
<tr><td>피복(표면부)콘크리트 품질</td><td></td></tr>
<tr><td>염해환경2)</td><td></td></tr>
<tr><td>동해환경</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">보강재3)
(강재)</td><td>발청</td><td></td></tr>
<tr><td>변색</td><td></td></tr>
<tr><td>도막(도금)두께</td><td></td></tr>
</table>

주1) 상태안전성능 조사시, 점검자의 안전확보를 위한 점검로 보수 필요유무 및 점검로 상태 등을 육안 점검 하도록 함.

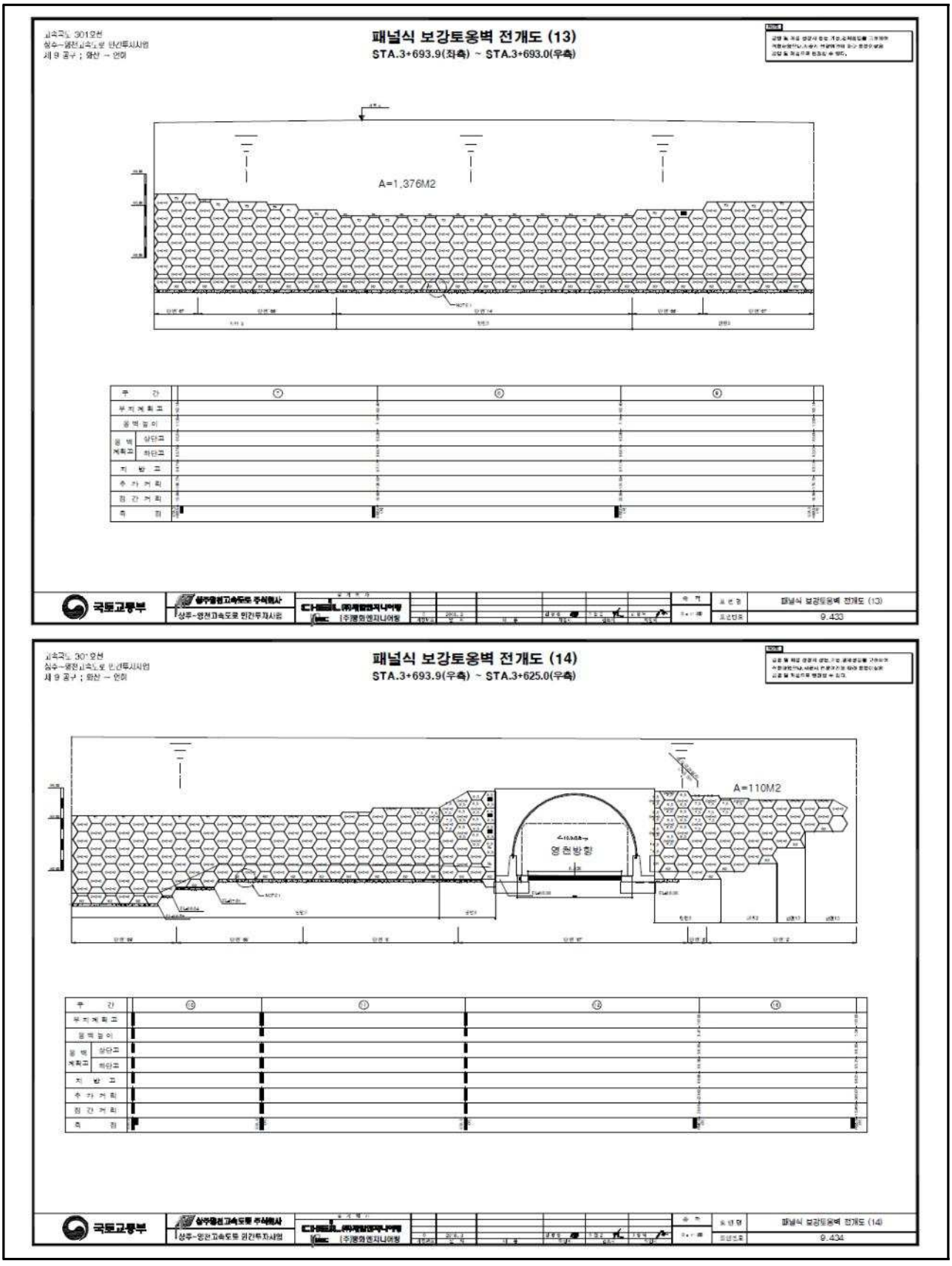
주2) 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 염화물침투량, 탄산화깊이, 염해환경에 대한 평가 제외

주3) 보강토 옹벽의 보강재(강재)에 대한 편가는 필요시 선택과업으로 수행

4) 관련도면



<그림 15-2> 전개도


패널식 보강토옹벽 전개도 (13)
STA.3+693.9(좌측) ~ STA.3+693.0(우측)
A=1,376M2
패널식 보강토옹벽 전개도 (13)
9.433
패널식 보강토옹벽 전개도 (14)
STA.3+693.9(우측) ~ STA.3+625.0(우측)
A=110M2
영천방향
패널식 보강토옹벽 전개도 (14)
9.434

<그림 15-2> 전개도(계속)



시점부 전경



종점부 전경



전면부 전경



하부 전경



배수시설 전경



상부 전경

15.3.2 조사결과

가. 전면부

본 콘크리트 옹벽의 전면부에 대하여 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.




전면부 시공상태

1) 파손, 손상 및 균열

- 조사 결과, 옹벽에 영향을 미치는 주요한 손상은 없는 상태이다.
- 현재 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검으로 신규 손상의 발생 등에 대해 적절한 보수를 통한 유지관리를 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 15-10> 파손, 손상 및 균열 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
파손, 손상 및 균열	S1	판넬 파손	㎡	1 / 0.15	시공불량, 외부충격	
		파손	㎡	1 / 0.06	시공불량	
	S3	판넬 파손	㎡	1 / 0.03	외부충격	
	S5	들뜸	㎡	1 / 0.30	시공불량	
		이격	m	1 / 1.00	시공불량	
	S6	들뜸	㎡	1 / 0.70	시공불량	
	S9	판넬 파손	㎡	1 / 0.24	외부충격	



현 황	S1 파손
원 인	시공불량
대 책	단면보수



현 황	S1 판넬 파손
원 인	시공불량, 외부충격
대 책	단면보수



현 황	S5 들뜸
원 인	시공불량
대 책	단면보수



현 황	S5 이격
원 인	시공불량
대 책	주의관찰



현 황	S6 들뜸
원 인	시공불량
대 책	주의관찰



현 황	S9 판넬 파손
원 인	외부충격
대 책	단면보수

나. 지반, 기초부

본 보강토 옹벽의 지반 및 기초부에 대한 조사를 통해 침하, 활동, 세굴, 계획선형 오차 등에 대한 면밀한 조사를 각 Span별로 수행토록 하였다.

금회 성능평가인 보강토 옹벽은 인접부의 특이사항(굴착공사 등)은 없는 상태이다.

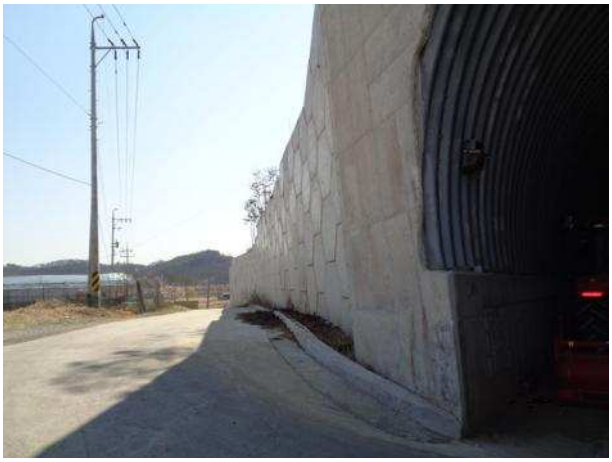
1) 침하, 활동, 세굴

- 침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수 있으며, 발생원인으로는 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽에서는 시공이음부 단차현상이나 이격으로 인한 틈 발생이 관찰되지 않는 상태인바, 침하로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 추가하중으로 인한 작용하중의 증가, 지반 전단강도 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 본 보강토 옹벽 내에는 활동에 대한 평가를 위하여 기울기를 측정하였으며, 기존 정밀안전점검(2019년)에서는 측정된 값을 참고하고 관련자료의 검토를 통해 비교.검토를 수행토록 하였다. 금회 성능평가를 위한 기울지 측정 결과 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었으며, 진행성 여부 등도 없는 것으로 판단된다.(측정값은 1.3.3절 측정 및 시험 참조)
- 세굴은 기초지반이 유실되는 현상으로 기초지반의 지지력 저하와 수동토압의 감소로 침하, 전도, 활동 등의 외적안전성에 영향을 미치는 요인이다. 금회 성능평가시 옹벽 주변부에는 대규모의 굴착 및 토공사 등은 없으며, 배수로 주변부의 패임 및 침식 등의 여부도 없는 바, 세굴에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 다만, 일상유지 및 점검을 통한 보강토 옹벽 주변의 이상여부를 관찰토록 하는 것이 필요할 것이다.

	
하단부 기초노출 없는 상태	하단부 세굴, 침하 여부 없는 상태

<표 15-11> 침하, 활동, 세굴 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
침하	-	상태양호	-	-	-	-
활동	-	상태양호	-	-	-	-
세굴	-	상태양호	-	-	-	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-



현 황	상태양호
원 인	-
대 책	-

2) 계획선형 오차(전도/경사)

- 본 성능평가시 계획선형 오차에 대한 평가를 수행하였으며, 준공도면 상에서는 전개도 및 단면도 등을 보유하고 있으나 세부적인 사항은 확인인 불가한 상태이다. 따라서 금회 수행한 성능평가시 측정된 값은 관련자료와 비교하여 추후 진행성 여부 등을 확인토록 하는 것이 바람직할 것이다.
- 측정결과, 전도 및 경사에 의한 문제는 없는 상태로 분석되었으며, 세부내용은 "1.3.3절 측정 및 시험"에 수록하였다.

<표 15-12> 계획선형 오차(전도/경사) 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
계획선형 오차	-	상태양호	-	-	-	-

다. 주변영향인자

1) 배수시설

- 보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상부에는 배수로, 배수관이 설치되어 있으며, 금회 점검 결과, 배수로 균열, 배수로 파손 등이 조사되었다.




배수시설 시공상태

<표 15-13> 배수시설 외관조사 결과

구 분	Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
배수시설	S3	배수로 파손	㎡	1 / 0.10	시공미흡	-
	S4	배수로 파손	㎡	1 / 0.10	시공미흡, 외부충격	
		배수로 균열	㎡	1 / 0.50	건조수축, 우수유입	-
	S8	배수로 균열	㎡	1 / 0.50	건조수축	-




현 황	S3 배수로 파손	현 황	S8 배수로 균열
원 인	시공미흡	원 인	건조수축
대 책	단면보수	대 책	표면처리

2) 사면조사

- 본 콘크리트 옹벽 상단부는 토공의 성토사면과 교량의 교대로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다. 사면 내의 침식, 유실 등의 손상도 없는 상태로서 전반적으로 보통의 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다.
- 옹벽 구간 내의 사면부에는 침출수 등에 의한 누수현상은 없는 것으로 확인되었다.
- 본 보강토 옹벽에는 별도의 점검로 시설은 설치되어 있지 않은 상태이다.




사면부 식생 상태 현황

<표 15-14> 사면조사 외관조사 결과

구 분		Span	손상 내용	단위	손상수량 (개소 / 수량)	손상 원인	비 고
사면 조사	사면 구배	-	상태양호	-	-	-	-
	침출수	-	상태양호	-	-	-	-




현 황	상태양호	현 황	상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

15.3.3 측정 및 시험

가. 항목 및 평가방법

측정 및 시험은 지침상의 조사항목과 외관조사와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 금회 보강토 옹벽에서 수행한 시험 항목은 다음과 같다.

<표 15-15> 제2종 성능평가 재료시험 항목(보강토 옹벽)

구 분	항 목	평가 방법	비 고
공 통	○ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 선형 및 수준측량 등	○ 20m간격으로 측점분할·평가 ○ 선형 및 수준측량 등	
보 강 토 옹 벽	○블록 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험 ○탄산화 깊이 측정 ○염화물 침투량 평가	○ 전면부 대상 ○ 해당없음 ○ 해당없음	

※ 세부사항은 "시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2019.01)을 참조하여 결정하였음.

나. 계획선형오차(전도/경사) 조사

1) 개 요

옹벽 기울기 상태는 현재 설치된 옹벽 블록의 전도 및 활동 여부를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사 방법은 GPS측량기 및 측정기를 이용한 옹벽의 전체적인 선형 및 기울기를 조사함으로써 시설상태를 평가하기로 한다.

2) 측정결과 및 분석

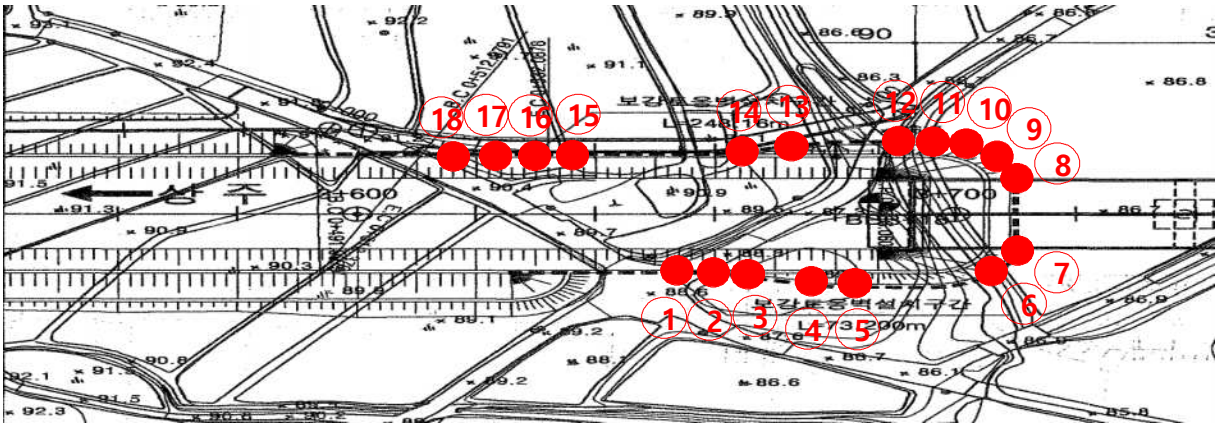
- 본 성능평가 대상의 보강토 옹벽의 초기점검보고서와 비교 결과 배부름 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 상태이다.
- 대상구조물의 계획선형 오차(전도/경사)에 의한 영향을 평가하기 위해 실시한 선형 및 기울기 측정값은 아래와 같으며, 금번 선형 및 기울기값은 전회차 정밀안전점검의 자료 등을 참고하고 관련자료 등을 토대로 비교.검토를 수행토록 하였다.
- 측정은 옹벽높이가 높은 구간을 선정하여 실시하였으며, 설계도서와 비교하여 검토한 결과, 침하 및 전도, 활동이 발생하지 않은 상태로 평가되었다.
- 금번 실시한 측정자료는 추후 점검시 동 위치에서 선형 및 기울기를 측정하여 선형 및 기울기 변화유무를 확인토록 하여야 할 것으로 판단된다.

<표 15-16> 기울기 측정결과

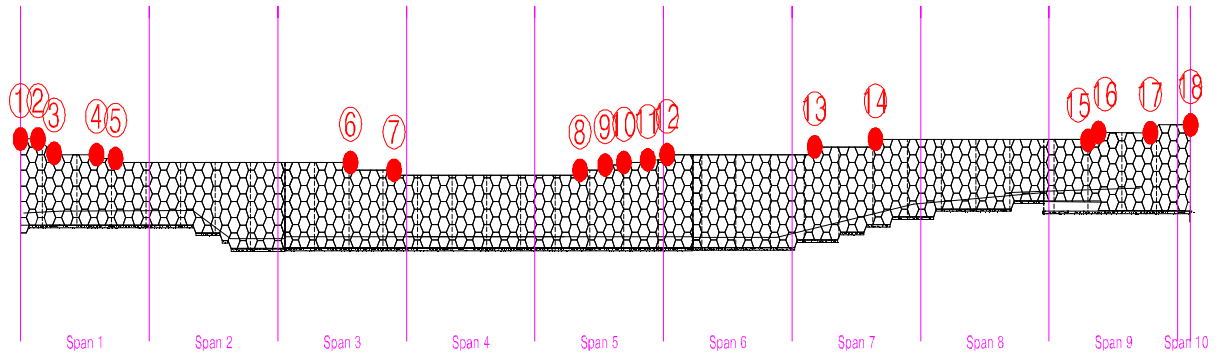
구 분	측정위치(m)	경사도		비 고
		초기점검	금회	
1	80m	89.1°	89.5°	비진행성, 2%미만
2	120m	89.1°	89.5°	비진행성, 2%미만
3	160m	89.5°	89.5°	비진행성, 2%미만

<표 15-17> 선형 및 수준측량 측정결과

측정위치	X	Y	Z	측정위치	X	Y	Z
①	379692.6	193036.9	97.567	⑩	379723.8	193087.1	94.368
②	379691.2	193040.5	97.597	⑪	379726.2	193085.6	94.494
③	379690.2	193042.9	96.807	⑫	379728.1	193083.4	94.761
④	379687.8	193049.4	96.770	⑬	379732.2	193062.4	95.252
⑤	379686.6	193052.5	95.336	⑭	379732.9	193043.8	96.077
⑥	379685.8	193080.6	93.779	⑮	379736.9	193018.8	96.819
⑦	379689.8	193083.5	93.494	⑯	379737.3	193015.7	97.176
⑧	379717.4	193088.3	93.339	⑰	379738.2	193009.3	97.618
⑨	379720.0	193088.2	93.708	⑱	379738.7	193006.4	99.079



[선형측량 결과]



[수준측량 결과]

<그림 15-3> 선형 및 수준측량 결과



경사계를 이용한 경사각 조사



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량



GPS측량기를 이용한 선형 및 수준측량

15.4 안전성능 평가

15.4.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

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

<표 15-18> 보강토 옹벽 평가기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">결 함 점 수</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0 ≤ f <0 .15</th><th>0.15 ≤ f <0 .30</th><th>0.30 ≤ f < 0.55</th><th>0.55 ≤ f < 0.75</th><th>0.75 ≤ f</th></tr>
<tr><td colspan="3">침 하</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">계획선형오차
(전도/경사)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="3">활 동</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="3">전면부 진행성 배부름</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="3">파손, 손상 및 균열</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 실</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr>
<tr><td colspan="3">이 격</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="3">세 굴</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">주변
영향인자</td><td>배수
시설</td><td colspan="5">배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사면
조사</td><td>사면구배</td><td>적절</td><td>0</td><td>부적절</td><td>1</td></tr>
<tr><td>낙석흔적</td><td>미발생</td><td>0</td><td>발생</td><td>1</td></tr>
<tr><td>침출수</td><td>무</td><td>0</td><td>유</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">옹벽 결함지수
(F)</td><td>①</td><td colspan="2">$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$</td><td>②</td><td>$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{44}$</td></tr>
</table>

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

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

<표 15-19> 보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f

<표 15-20> 상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획선형오차	활동	전면부진행성배부름	파손손상및균열	유실	이격	세굴	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가등급
									배수시설	사면조사					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
S1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.04	a
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	a
S5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.04	a
S6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.02	a
S9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	a
S10	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	0.50	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.90	0.02	a
									상태평가 결과					A	

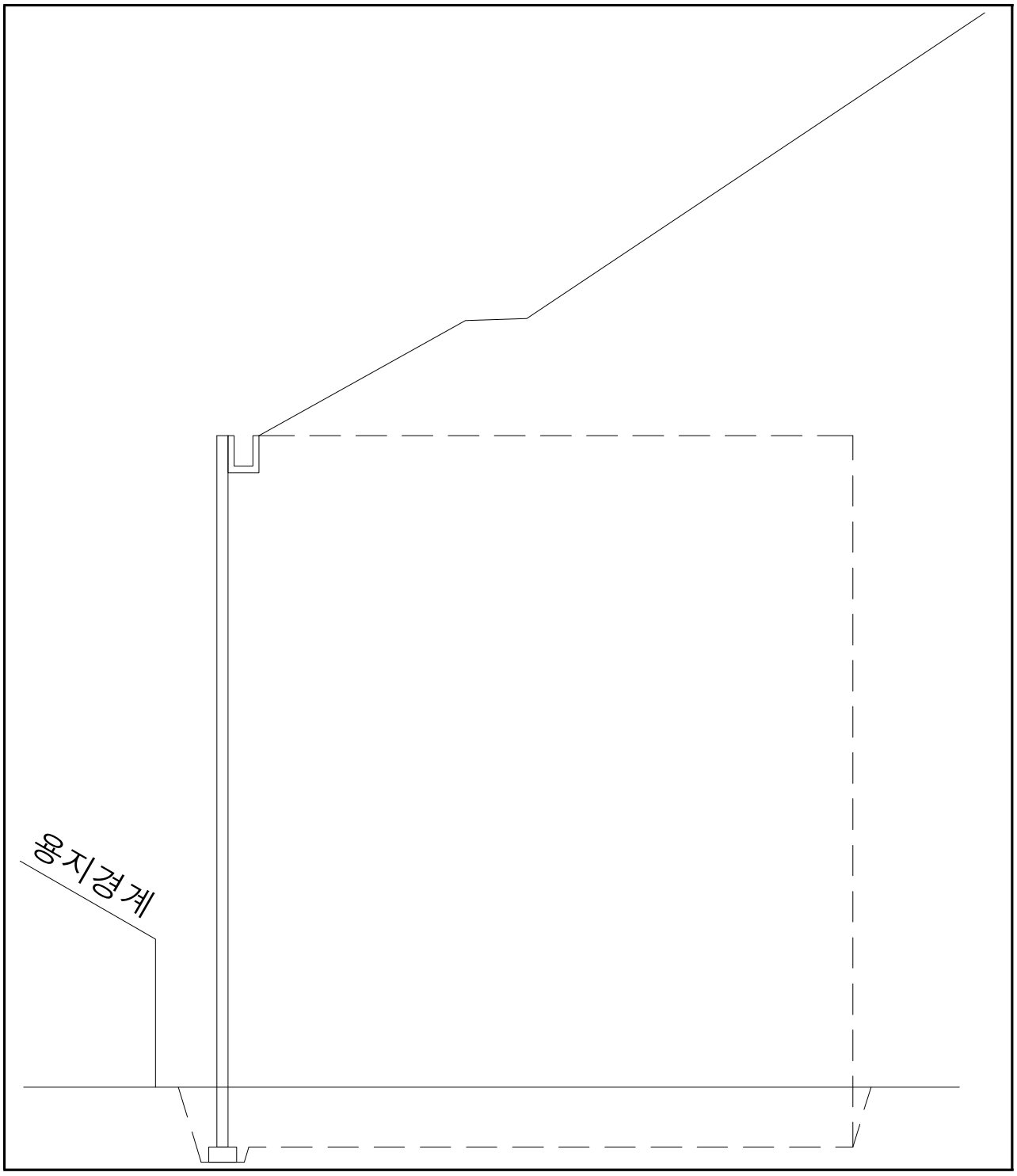
대상 옹벽에 대한 상태안전성능 평가 기준에 따른 결함지수는 0.02로서 상태안전성능 평가 등급은 "A"등급이다.

15.4.2 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 검토단면 및 검토조건



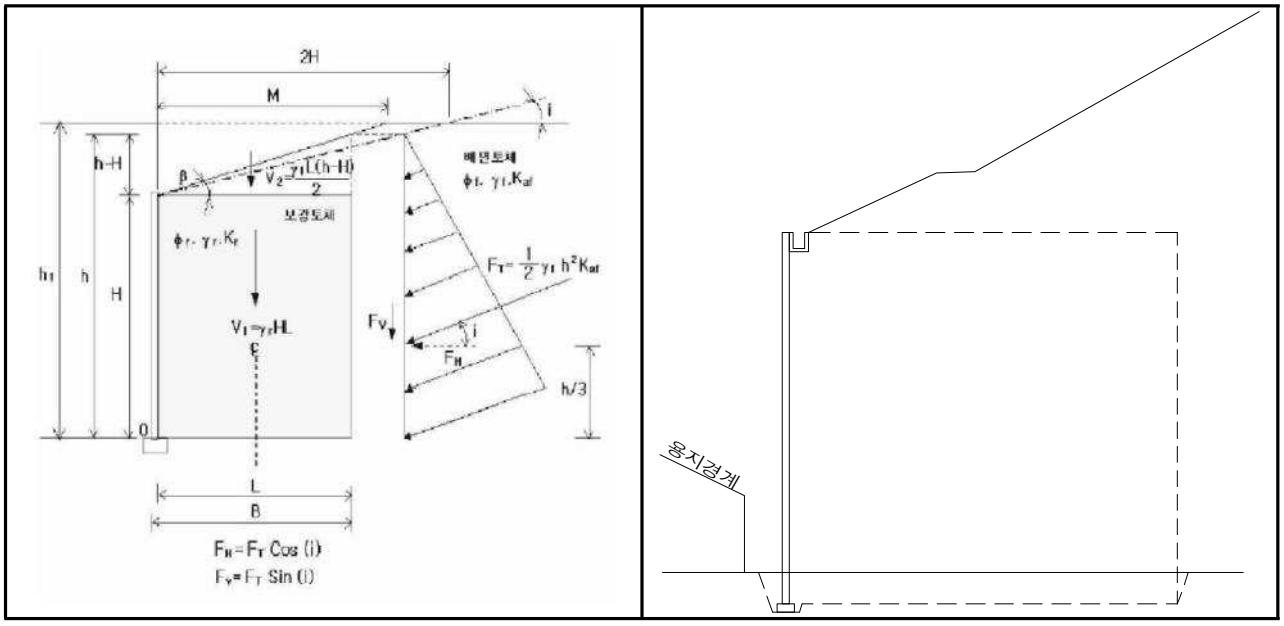
다. 지반정수

<표 15-21> 대상 옹벽 지반정수

토 층	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (kN/㎡)	내부마찰각(°)	비 고
보강토체	20	0	35	
성토층	20	0	35	
기초	19	15	29	

라. 외적안정성

1) 토압작용 모식도



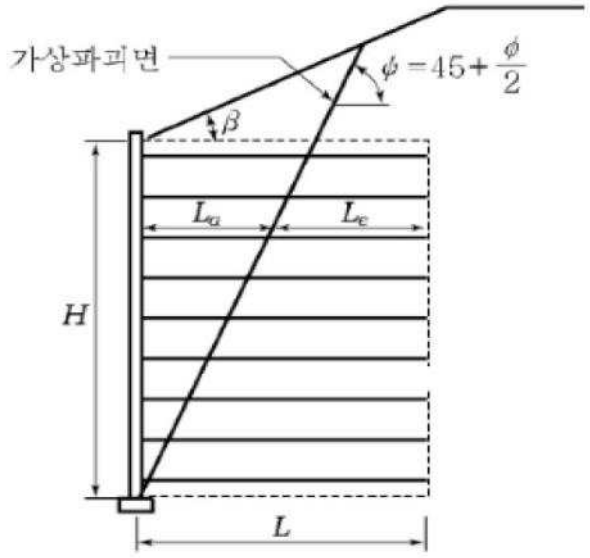
<그림 15-5> 검토단면도

2) 검토조건

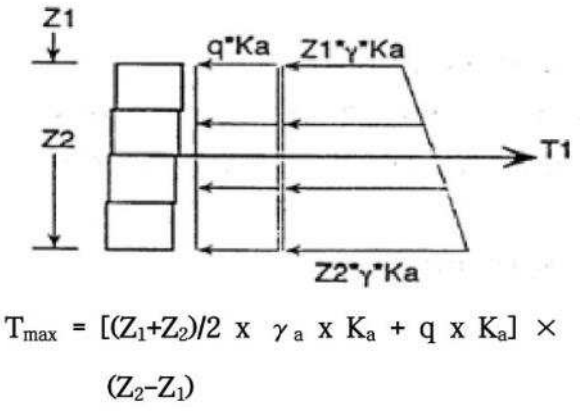
- 벽체높이 H(m) = 11.00m h1(m) = 12.30 2h(m) = 24.60
- 상부사면의 경사 β(°) = 34, h-H=1.30
- 상재하중 q(kN/㎡) = 15.00
- 토압계수 ka = $\cos i \times \frac{\cos i-(\cos^2 i-\cos^2 \Phi)^{1/2}}{\cos i+(\cos^2 i-\cos^2 \Phi)^{1/2}}=0.294$

마. 내적안정성

1) 토압작용 모식도



내적검토시 활동영역 및 저항영역구분



$T_{max} = [(Z_1+Z_2)/2 \times \gamma_a \times K_a + q \times K_a] \times (Z_2-Z_1)$

각 보강재층의 단위폭당 최대인장력

<그림 15-6> 토압작용 모식도

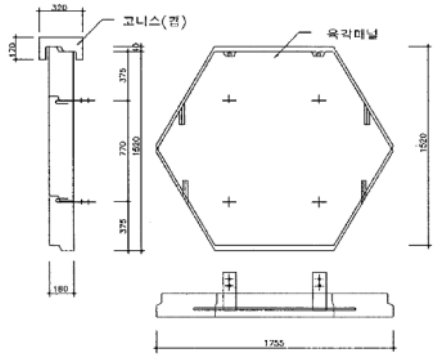
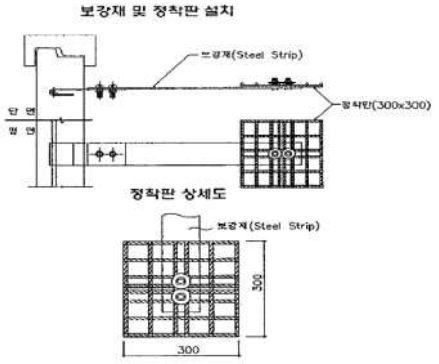
2) 토압계수

- 토압계수 ka = $\tan^2(45-\Phi/2) =$ 0.245

3) 전면판 및 보강재

- 폭(B) = 1,755㎜ - 높이(H) = 1,520㎜

<표 15-22> 전면판 및 보강재

구 분	육각 P/C 패널	보강재(Steel Strip)
전면판 제원		

바. 검토결과

<표 15-23> 시설물의 구조안전성능 평가 결과표

구 분		검토결과(Fs)	기준치(Fs)	판정
		상시	상시	
외적 안정	활 동	2.29	1.5	O.K
	전 도	3.75	2.0	O.K
	지지력	4.74	2.5	O.K
내적 안정	파 단	1.91	1.0	O.K
	인 발	2.72	1.5	O.K

주)보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계 인장강도(Fs=1.5)를 적용하였으므로 1.0으로 적용

사. 보강토 옹벽의 구조안전성능 평가 결과

<표 15-24> 보강토옹벽의 구조안전성능 평가 결과

구조안전성능 평가 결과 산정표				
평가항목구분		안전율	평가결과	비고
외적 안정	활 동	2.29	a	평상시 안전율 적용
	전 도	3.75	a	평상시 안전율 적용
	지지력	4.74	a	평상시 안전율 적용
내적 안정	파 단	1.91	a	평상시 안전율 적용
	인 발	2.72	a	평상시 안전율 적용
구조안전성능 평가 결과		· 구조안전성능 평가 등급 = a · 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14		

15.4.3 안전성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

<표 15-25> 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식옹벽15		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.02	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦안전성능평가 결과 : A등급		

<표 15-26> 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	0.00≤P<0.15	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	0.15≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

15.5 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

15.5.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

보강토 옹벽에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

<표 15-27> 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	비 고
보강토 옹벽	열화진전평가	탄산화 깊이	×	
		피복(표면부) 콘크리트 품질	o	
		염화물 침투량	×	
	열화환경평가	염해환경	o	
		동해환경	o	

가. 열화진전평가

1) 반발경도시험 결과

① 개요

보강토 옹벽의 반발경도시험은 전면부에서 4개소를 실시하였다.




콘크리트 강도조사(반발경도시험) 전경

② 측정결과

반발경도법에 의한 콘크리트 강도 조사결과, 전 구간에서 측정값이 설계기준강도 (30.0 ㎫)를 상회하는 것으로 분석되었다.

<표 15-28> 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			과학기술부	권영웅 외		과학기술부	권영웅 외	
전면부	S2	37.0	35.1	30.1	0.65	117.0	100.3	30.0
	S4	37.2	35.3	30.4	0.65	117.7	101.3	
	S6	37.7	35.7	31.2	0.65	119.0	104.0	
	S8	37.2	35.3	30.4	0.65	117.7	101.3	

<표 15-29> 피복콘크리트 품질 평가

측 정 위 치	설계값 대비 강도추정값(%)		건전부/비건전부 비율(%)	개별 평가등급		설계기준 강도(MPa)
	과학기술부	권영웅 외		설계값대비	건전부대비	
S2 건전부	117.0	100.3	-	a	-	30.0
S4 건전부	117.7	101.3	-	a	-	
S6 건전부	119.0	104.0	-	a	-	
S8 건전부	117.7	101.3	-	a	-	

2) 탄산화깊이 측정

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 탄산화깊이 측정은 해당되지 않는다.

3) 염화물 침투량 평가

본 패널식 보강토옹벽은 무근 콘크리트로 확인되어, 염화물 침투량 평가는 해당되지 않는다.

나. 열화환경평가

본 보강토 옹벽의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

<표 15-30> 열화 환경 평가 결과

구 분	열화 환경 평가 결과	평가 등급
위 치	경상북도 영천시 화산면 화산리	
동결융해 반복지수 X	수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.2회	a
평가 결과	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태	

15.5.2 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

<표 15-31> 열화환경지표의 평가결과

구분		평가결과	평가등급	비고
열화진전평가	탄산화 깊이	-	-	해당없음
	피복(표면부) 콘크리트 품질	0.08	A	
	염화물 침투량 평가	-	-	해당없음
열화환경평가	제설제 염해환경	0.08	A	
	비래염분 염해환경	0.08	A	
	동해환경	0.08	A	

15.6 종합평가

15.6.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

○ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때

· 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정

◯ 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우

· 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



<그림 15-7> 종합평가 흐름도

15.6.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 옹벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

옹벽의 종합평가지수(P)=Σ(성능 평가지수(Pn)×성능항목 가중치(Wn))

<표 15-32> 콘크리트옹벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

<표 15-33> 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식옹벽15			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.14	A	0.8	
내구성능평가	0.08	A	0.2	
종합성능 평가결과	○옹벽의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = 0.14 × 0.8 + 0.08 × 0.2 = 0.128 ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

<표 15-34> 옹벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	0.00≤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≤P<0.30	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	0.30≤P<0.55	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	0.55≤P<0.75	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	0.75≤P	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

15.7 유지관리 전략 제안

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

15.7.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2019.01)』에서의 옹벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

□시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법□제6조 제9항 및 동법 시행령 제3조 제4항, 제5항에 의거 5년 주기의 "중기 시설물 관리계획"을 수립하여야 한다. 중기 시설물 관리계획에 성능평가 대상시설물에 대한 성능목표 및 관리기준이 설정되어야 하나 아직 계획수립 전에 금회 성능평가가 실시되기 때문에 본 시설물의 성능목표는 관리주체 의견과 관련 법규를 종합적으로 분석하여"B(0.15≤X<0.3)"으로 설정하였다.

<표 15-35> 성능목표 등급의 분류기준에 따른 결함도 범위

기준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤X<0.15	0.15≤X<0.3	0.3≤X<0.55	0.55≤X<0.75	0.75≤X
성능목표	**B등급** 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준				

15.7.2 성능평가 결과 검토.분석

본 시설물에 대한 종합성능평가 결과 "A등급(0.128)"으로 평가되었다. 이는 성능목표를 상회하는 등급을 유지하고 있는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.

<표 15-36> 종합평가 결과 요약

평가구분	안전성능	내구성능	종합성능
평가지수	0.140	0.080	0.128
평가결과	A	A	A

15.7.3 유지관리 전략 제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 손상별 보수·보강 방안

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 공법 및 수준을 정한다.

본 보강토 옹벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"을 상회하여 매우 만족하는 상태로 금회 조사된 손상들에 대해서는 현상유지 수준의 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.

<표 15-37> 현재 성능목표를 고려한 보수·보강방안

구 분			손상 내용	보수·보강방안	보수.보강 수준
전면부	파손 / 손상 및 균열		판넬 파손	단면보수	손상진전 억제
			들뜸	단면보수	손상진전 억제
			이격	단면보수	손상진전 억제
			파손	단면보수	손상진전 억제
지반 / 기초부	침하		상태양호	주의관찰	현상유지
	활동		상태양호	주의관찰	현상유지
	세굴		상태양호	주의관찰	현상유지
	계획선형오차		상태양호	주의관찰	현상유지
주변 영향인자	배수 시설	상단배수로	배수로 파손	단면보수	손상진전 억제
			배수로 균열(Cw=0.2㎜)	표면처리	손상진전 억제
			배수로 균열(Cw=0.4㎜)	주입보수	손상진전 억제
		하단배수로	상태양호	주의관찰	현상유지
		배수관(흄관)	상태양호	주의관찰	현상유지
	사면 조사	사면구배	상태양호	주의관찰	현상유지
		낙석흔적	상태양호	주의관찰	현상유지
		침출수	상태양호	주의관찰	현상유지

나. 유지관리 전략 제안

1) 성능수준 향상을 위한 전략 제안

본 보강토 옹벽은 현재 목표성능인 "B들급"을 상회하여 매우 만족하는 "A등급"의 상태를 유지하고 있으나, 관리주체의 장기적 운영계획에 따라 성능수준 유지 등이 필요할 경우, 발생 손상들에 대해 아래와 같은 우선순위별 보수방안을 통한 유지관리 전략을 제안한다.

<표 15-38> 보수.보강 개략공사비

구 분	손상 내용	보수·보강방안	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)
전면부	판넬 파손	단면보수	0.63	㎡	138	87
	들뜸	단면보수	1.50	㎡	138	207
	이격	단면보수	0.38	㎡	138	53
	파손	단면보수	0.09	㎡	138	13
배수시설	배수로 파손	단면보수	0.17	㎡	138	24
	배수로 균열(Cw=0.2mm)	표면처리	0.19	㎡	58	11
	배수로 균열(Cw=0.4mm)	주입보수	0.75	m	70	53
순 공사비(천원)						**448**
재 경 비(천원)						**224**
총 공사비(천원)						**672**

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

2) 성능수준 향상을 위한 우선순위 산정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수(PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

<표 15-39> 성능수준 향상을 위한 우선순위

구분	보수공법	보수 물량	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	요소별 가중치(%)		성능별(EI)		합계 (EI)	우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순위
					안전 성능 (E_1)	내구 성능 (E_2)	안전 성능 $E_1 \times P$	내구 성능 $E_2 \times P$			
전면부	단면보수	2.60	138	359	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0006	4
배수시설	단면보수	0.17	138	24	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0092	2
	표면처리	0.19	58	11	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0200	1
	주입보수	0.75	70	53	12.5	60.0	0.10	0.12	0.22	0.0042	3
종합평가 가중치 : P_1 × 80%, P_2 × 20%											

15.8 종합결론

본 성능평가는 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데 그 목적을 두고 시행하였다. 본 과업 대상 보강토 옹벽은 경상북도 영천시 매산동에 위치하고 있으며, 선형은 완만한 곡선을 가지며, 최대 높이는 12.8m로 측정되었으며, 총 연장은 L=182.2m의 규모를 가지는 2종 시설물이다. 본 성능평가는 시설물 종별에 부합되는 제2종 성능평가를 시행하였다.

1) 안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았고, 옹벽의 외관에는 판넬 파손, 파손, 들뜸, 상부 배수시설의 경우 배수로 파손, 배수로 균열 등의 손상이 조사되었으나, 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 "A"로 평가되었다.

2) 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

3) 종합평가 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가되었다.

4) 본 보강토 옹벽의 성능목표 등급은 세부지침에 의거하여 옹벽의 일반적인 성능목표인 "B "등급으로 성능목표를 설정하였으며, 현재 성능은 목표성능을 상회하여 매우 만족하는 "A"등급 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해 요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.