14. 상주절토14

14.1 시설물 개요
14.2 자료수집 및 분석
14.3 현장조사 및 시험
14.4 상태평가
14.5 종합평가 및 안전등급 지정
14.6 보수·보강 및 유지관리 방안
14.7 종합결론

14. 상주절토14

14.1 시설물의 개요

상주절토14는 경상북도 구미시 도개면 다곡리(상주영천고속도로 17.304~17.504km)에 위치한 사면으로서 총 연장 200.0m, 높이 40.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다. 또한, 준공 이후 별도의 용도변경 없이 공용중이다.

14.1.1 일반사항

【표 14.1.1】 사면 일반사항

<table>
<tr><td>시설물번호</td><td colspan="2">SL2017-0000032</td><td>관리번호</td><td>SY SL14</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">상주절토14</td><td>시설물구분</td><td>절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="5">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 구미시 도개면 다곡리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 17′ 21.3″ 128° 22′ 06.0″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 17′ 17.5″ 128° 22′ 11.8″</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td colspan="3">17.304~17.504km</td></tr>
<tr><td>공구이정</td><td colspan="3">3공구 STA.1+290~1+490</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>200.0m</td><td>높 이</td><td>40.0m</td></tr>
<tr><td>경사/방향</td><td>50/220</td><td>노 선</td><td>고속국도 301호선</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>인공구조물</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>주변지형</td><td>산악지형</td><td>상부사면경사</td><td>20~30°</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017</td><td>시 공 자</td><td>㈜한화건설, ㈜삼호</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 계단식옹벽+앵커</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

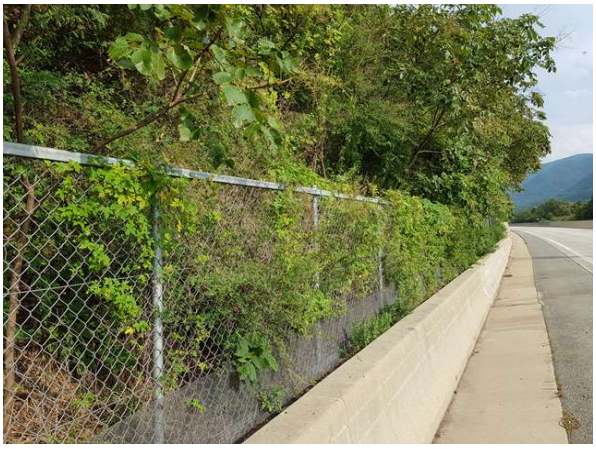
14.1.2 위치도 및 전경사진

【그림 14.1.1】 위치도

2025년 정밀안전점검(금회)

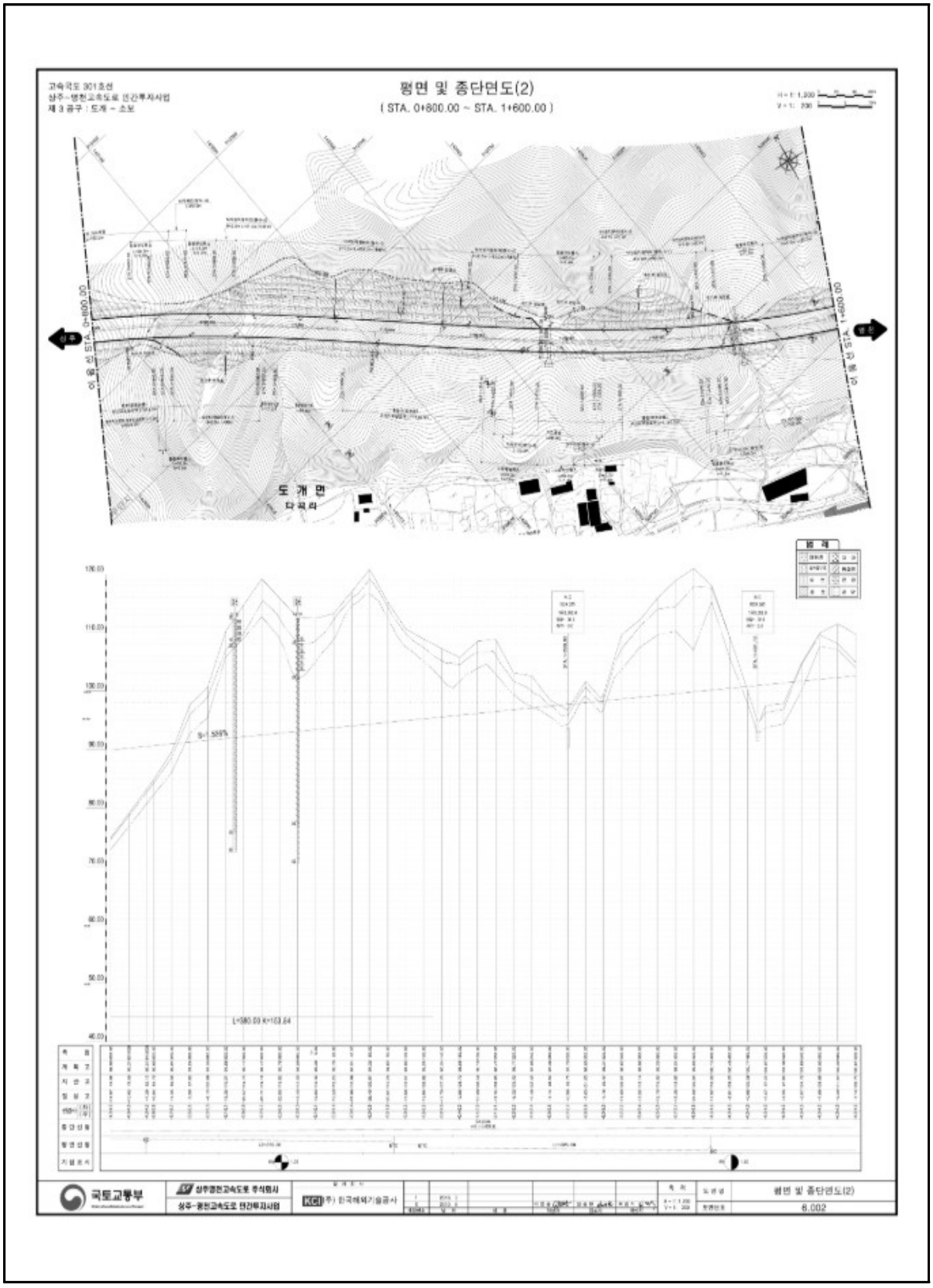
2023년 정밀안전점검(전회)

【그림 14.1.2】 전경사진

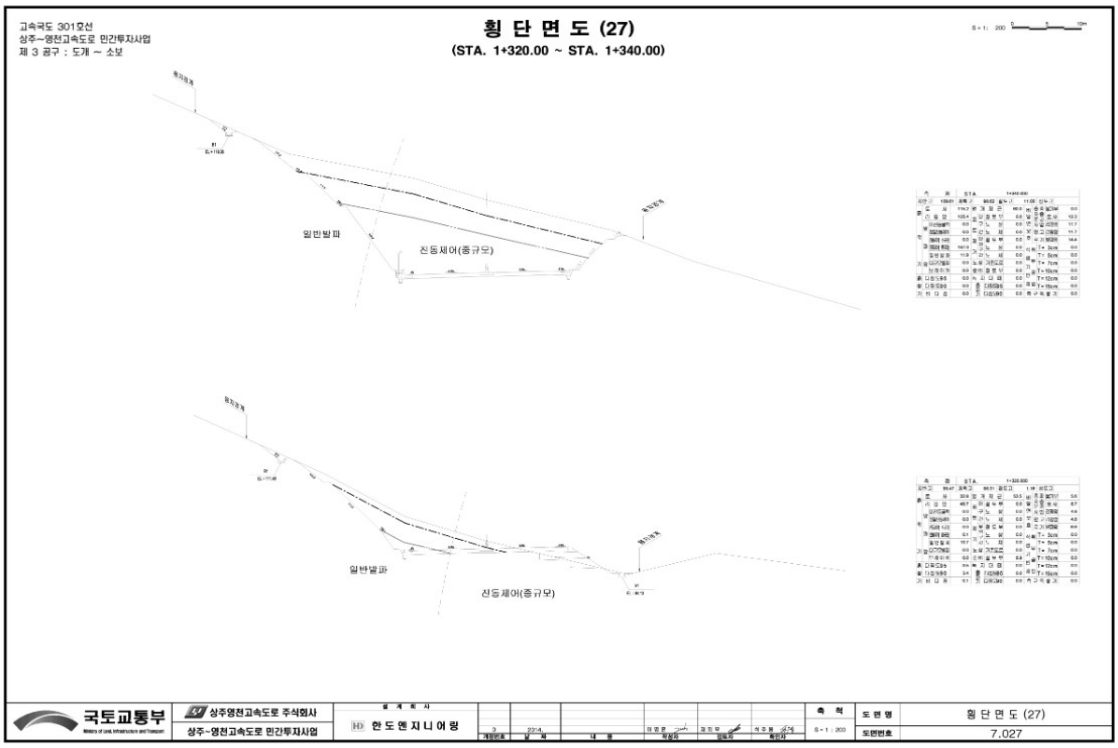
전체 전경	상부자연사면 전경
소단배수로, 낙석방지울타리 전경	산마루측구, 점검계단 전경
	
하단 도로부 전경	계단식옹벽 전경

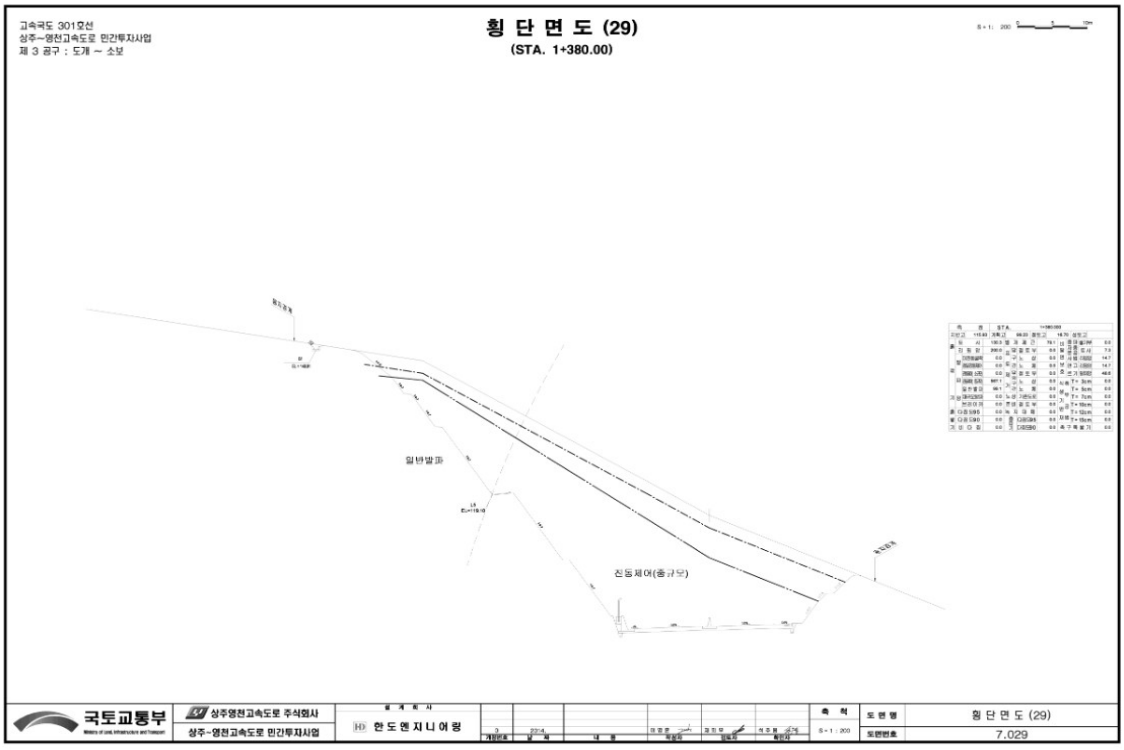
【그림 14.1.3】 부재별 현황

14.1.3 시설물 일반도



【그림 14.1.4】 평면도





【그림 14.1.5】 표준횡단면도

14.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

14.2.1 자료수집 현황

【표 14.2.1】 점검이력사항

보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇FMS
	◇설계도면	○	◇FMS
시설물 관리대장	◇기본현황 ◇상세제원 ◇유지관리 이력	○	◇FMS
시공 관련 자료	◇시공관련 자료 ◇품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇사고기록	일부	◇FMS
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇FMS
보수·보강 자료		○	

14.2.2 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

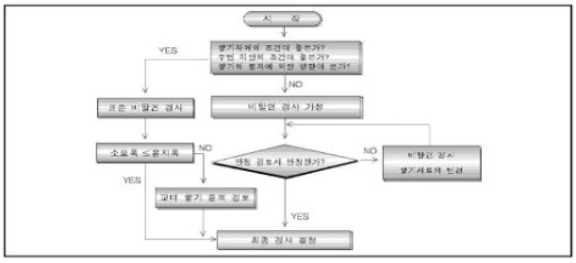
8.4 비탈면 설계기준

비탈면 안정해석을 위한 설계기준은 대체적으로 소단, 비탈면기울기 및 최소안전율 등으로 구분할 수 있으며 이에 대하여 검토하면 다음과 같다.

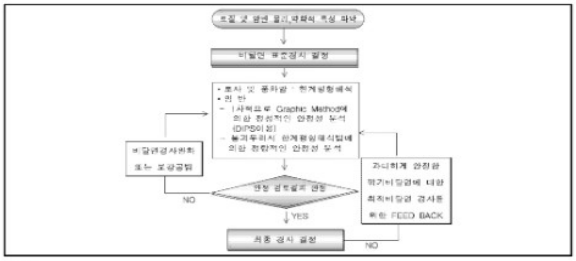
8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기의 결정

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



(2) 깎기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도



228

영천~상주 고속도로 민간투자사업 실시설계

다. 깎기 비탈면

자연지반의 토질은 매우 불균질하고, 풍화도, 성층상태 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공후 시간의 경과에 따라 응력이완, 대기노출로 인한 풍화진행 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 차차 불안정하게 된다.

따라서 깎기비탈면 안정을 위한 기울기기준 결정은 토질구성, 상태, 특성, 지형조건, 지하수위 상태 및 시공조건과 비탈면의 용도등을 종합적으로 분석 고려되어야 한다.

국내 깎기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준기울기를 적용하고 있으며 일반층에서 층리나 절리등이 규칙있게 발달할 경우 기울기 비탈면에 따라 큰 붕괴가 예상되므로 지반조사 결과를 토대로 파괴형태를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 기울기설정 및 부가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

[원지반 토질에 대한 비탈면 기울기범위]

토 질 조 건		비탈면높이(m)	기울기	비 고
모 래		-	1:1.5 이상	SW, SP
사 질 토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
		5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암괴 섞인 사 질 토	밀실하고 입도분포가 좋음	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점 성 토		0~10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH
		5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
암괴 또는 호박돌 섞인 점성토		5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
풍 화 암		-	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 암

주) 1. 실트는 점성토로 간주. 표에 표시한 토질 이외에 대해서는 별도로 고려한다.
2. 위 표의 기울기는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 기울기이다.

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

230

8.4.2 소단 설치기준

가. 국내외 기관별 소단 적용기준

소단 설치빈도 및 폭에 대하여 국내외 기관별, 비탈면의 종류 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음표와 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일본의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 마다 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m마다 0.5~3.0m이다.

소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 점검보수용 통로 등의 유지관리에 있으므로 발파암층에서는 H=10.0m 마다 1.0m소단과 리핑암 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하되 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

구 분	기관 및 규정명	소단적용 기준
국 내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	· 비탈면 높이 10m 이상 : 원칙적으로 소단설치 · 비탈면 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리핑암 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 마다 소단 1m · 발파암 RQD = 10~25% : H = 10m 마다 소단 1~2m RQD = 25~50% : H = 10m 마다 소단 1~2m RQD = 50% 이상 : H = 20m 마다 소단 3m
	건설부 도로시설기준	· H = 5 ~ 10m 마다 소단 1 ~1.5m
	한국토지공사	· H = 7m 마다 소단 0.5 ~1.5m
일 본	도로공단 설계요령	· H = 7m 마다 소단설치
	국유철도토목구조물 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 마다 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m. 기울기3%

8.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

비탈면안정해석시 지하수위는 계절적인 지하수위 변화, 지형 및 시간적 요소를 고려하여 비탈면의 안정조건에 가장 불리한 상태를 해석에 적용하는 것이 바람직한것으로 사료된다.

쌓기구간에서는 시공속도에 따른 장단기적인 배수조건과 토층 및 풍화암 지반조건에서는 강우시 침투해석에 의한 간극수압분포를 실제 안정해석에 이용하여야 하나 본 설계에서는 다음과 같이 적용하였다.

233

8.4.5 설계기준 선정

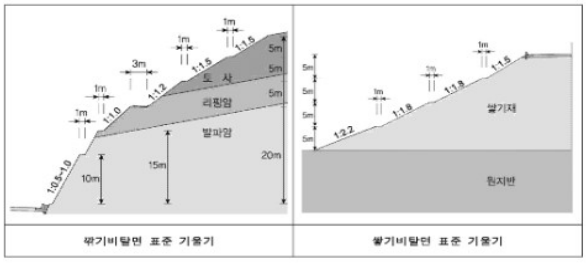
가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

비탈면안정 해석을 위한 비탈면의 설계기준은 8.4.1 비탈면 기울기 기준에서 서술한 바와 같이 검토하였으며, 설계기준으로는 건설교통부 및 한국도로공사 기준을 적용하였다.

아래의 표는 비탈면의 설계기준을 정리한 것이며 본 표를 준용하여 비탈면안정 해석을 실시하는 것을 원칙으로 하나 해석 후 불안정한 경우 비탈면기울기를 완화하거나 비탈면안정 대책공법을 제시한다.

<비탈면 기울기 설계기준>

비탈면 구분	토 질	적 용 경 사	소 단 설 치
땅깎기 비탈면	토 사 층	1 : 1.2~1.5	• 토사 및 리핑암 - 땅깎기 높이 5m 마다 소단 1m 설치 • 발파암 : - 수직높이 10m 마다 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용시) • 땅깎기 높이 20m 마다 3m 소단설치 • 리핑암과 발파암 사이에는 소단설치하지 않음
	리 핑 암	1 : 1.0	
	발 파 암	1 : 0.5~1.0	
쌓기 비탈면	쌓 기 재	1 : 1.5~2.2	• 쌓기 높이 5m 마다 1m 소단설치



깎기비탈면 표준 기울기 | 쌓기비탈면 표준 기울기

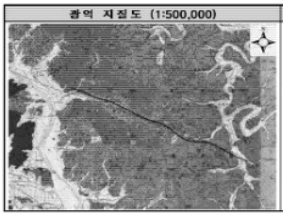
236

나. 지형 및 지질

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 만경상층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포 • 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 퇴적암과 경계부는 혼펠스화 • 중립 내지 조립질, 등립질 조직 우세 • 우보단층 : 이 지역 중동변에서 북서부로 향한 우보단층은 선산 구조소분지를 절단. 다곡동(청화산 남서의)의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있은 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의작용을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분		분 석 내 용
터널구간	군위터널 (정화터널)	• 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 흑문모 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 점토질 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%
	개량교	• 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 심한 풍화, 약함 내지 보통강함 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 천층에 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
	뚜기	• 표토의 층후는 얇고, 풍화대 역시 수 미터 이내 • 분포암종은 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

테일러스(Talus) 분포 현황	테일러스 상세 전경	
		• 3공구 군위터널 종점부 인근 계곡부에 발달 • 사암과 역암이 혼펠스화 • 테일러스 직경은 30cm~200cm 정도, 심도 10m 정도로 추정 • 갱구부 지층 정밀 파악 필요 (갱구비탈면안정/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 계극부 발달	• 지층 형상 및 구조대 심도 파악을 위한 시추조사, 전기 비저항 탐사, 탄성파 탐사 수행 • 단층 공학적 특성 분석을 위한 상세조사 수행 • 불적층 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

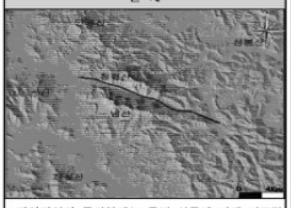
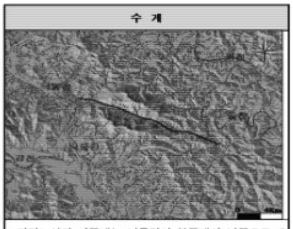
4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

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

나. 지형특성

산 계	수 계
	
• 과업지역의 중앙부에는 주변 산들에 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
만경산층원 하부 잘석질 역질 사암	• 장석의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 • 풍화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
만경산층원 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 세일(Shale)	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달. 또한 이 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 첨전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
화강암	• 담회색의 중립 내지 세립질 암석으로 약간의 열기성광물 집합체를 함유 • 중립~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(Qu)				• 하천 및 산록 퇴적물	
		~~ 부정합 ~~					
중생대	백악기	중성암맥(K_{di}) 산성암맥(K_{ad})				• 괴상의 치밀	• 전 구간에서 기반암을 관입
		~~ 관입 ~~					
		화강암(K_{gr})				• 괴상의 치밀	• 3공구 중앙부
		~~ 관입 ~~					
		유천층군	안산암질암(K_{an})			• 주로 풍화암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
		~~ 관입 및 분출 ~~					
		신동층군	낙동층 (ke1)	만경산층원 (Ka1-nm)	상부 (Ke1-num)	• 사암과 역질사암, 역암 교호	•3공구 중앙 및 종점부
					하부 (Ke1-nim)	• 장석질 사암과 역질사암, 역암 교호 • 최하부에 한질층 협재	•3공구 시점 및 중앙부

마. 지체구조

	• 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 북북동향의 단층대가 도폭의 동부지역을 통과 • 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 • 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 좌수향 발향의 단층에 끊기고 있음

4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 인공위성영상 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 지질분포와 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

다. 지반조사보고서

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

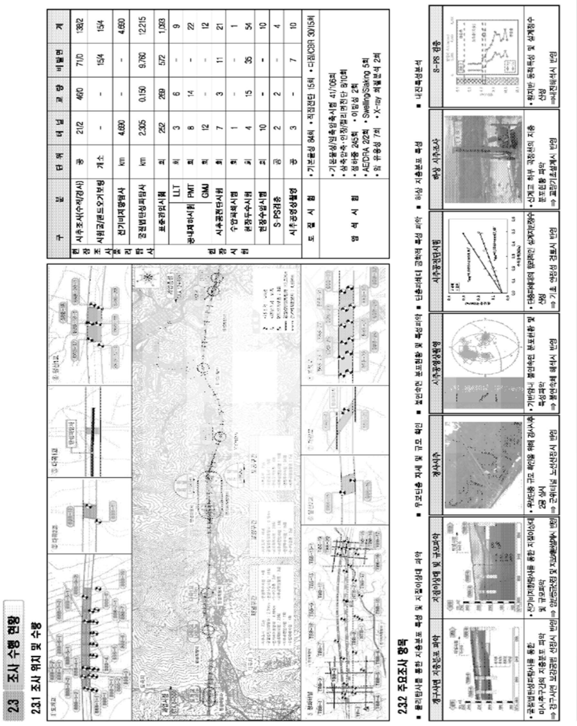
위 치	• 시점 : 경상북도 구미시 도개면 (STA. 0+000) (X=310,453.951, Y=142,180.556) • 종점 : 경상북도 군위군 소보면(STA. 12+935) (X=304,851.7911, Y=153,668.900) • 연장 : 12.935km
특 성	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제 2경부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 창의와 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모

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) • 개량교(25.5m) • 신계교(176.3m)	• 깎기구간(14개소) • 쌓기구간(17개소)

1



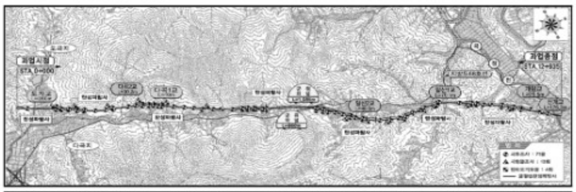
제 7 장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

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	• 깎기구간 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	• 깎기 및 터널구간에서 발생되는 토사 및 암버럭의 쌓기재 적합 어부 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 발달상태, 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, 절리면 전단시험 8회 Swelling/Slaking 5회, 본선암 유용성시험 5회

192

제 7장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

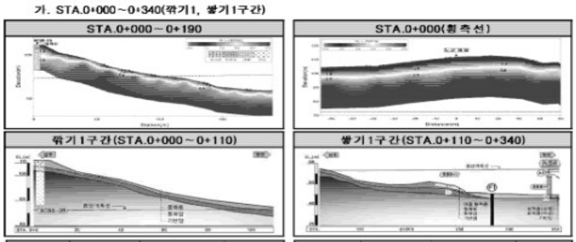
7.2 지층특성 분석

7.2.1 기본방향

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

7.2.3 분포 현황 파악

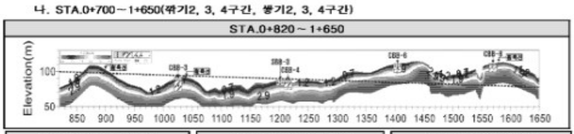
가. STA.0+000~0+340(깎기1, 쌓기1구간)

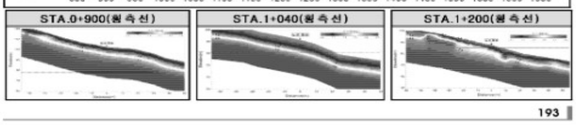


지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토성/암종
풍화토	4.0~4.8 (0.0~0.2)	19/30~50/14	SM
풍화암	2.6~3.7 (4.0~5.0)	50/10~50/6	-
기반암	- (6.6~8.7)	(46~100/0~100)	사암, 니질암

지 층	분포두께 (출현심도)(m)	N치 (TCR/RQD)	토성/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)	(83~97/4~49)	사암,니질암 산성암맥

나. STA.0+700~1+650(깎기2, 3, 4구간, 쌓기2, 3, 4구간)





193

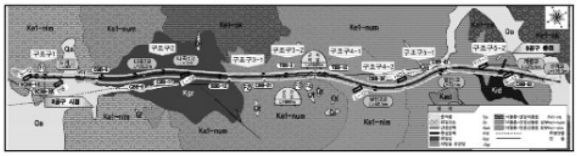
7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질물성시험

공 번		심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit LL(%)	Atterberg Limit PI	Sieve Analysis(%) #4	#10	#40	#200	0.02mm	USCS
쌓기부	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	96.7	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	32.0	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	33.8	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	83.8	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	-	98.8	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

203

7.5.3 구조구 분류 결과

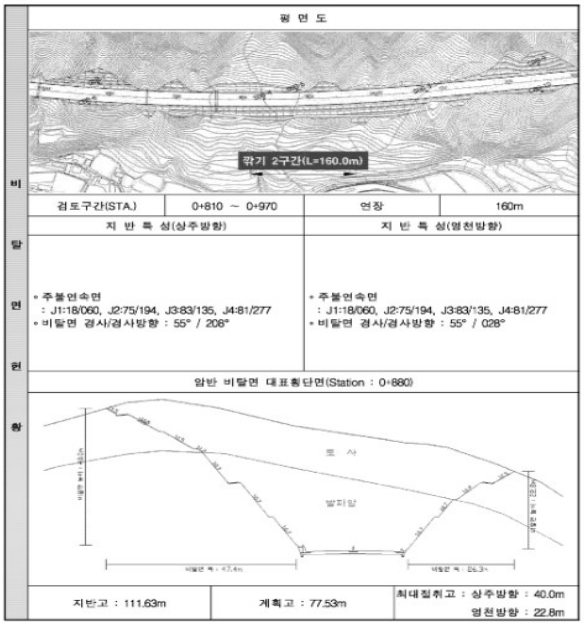


구 분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
암 상	Ka1-nlm	Kgr	Ka1-num		Ka1-nlm		Ka1-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-5 CBB-9 CBB-11 CBB-19 (SBB-12)	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
스캔라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	HO3	111-1 S-12
STA.	1+319	4+597	5+453	6+430	7+688	8+980	10+140	
비 고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

206

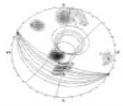
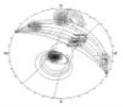
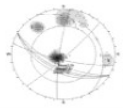
영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시설계

(2) 쌓기 2구간



246

제 8 장 비탈면 안정성 검토

쌓기구간 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	-	-	-	-	-	-	-	-
평가	◦ 암반층 평사투영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음. ◦ 영천방향 암반비탈면 불연속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 녹화공법, 낙석방지그물, 낙석방지옹타리를 적용하여 안정성 확보							

247

14.2.3 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 2017년 6월 준공이후 기준에 따라 17회(정밀안전점검 3회, 정기안전점검 13회, 2종 성능평가 1회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 14.2.2】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	300	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 마감불량이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2017. 11. 13 2017. 12. 28	인승철	양호	균열보수, 정비
2	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	275	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 마감불량이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 05. 28 2018. 06. 30	인승철	양호	-
3	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	275	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로에서 균열 및 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 10. 23 2018. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 정비
4	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	275	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로에서 재균열 및 토사퇴적이 일부구간 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	280	본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부가 1개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관칠이 요망된다. 소단배수로에 횡방향 균열, 토사퇴적이 일부 조사되었으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
	2019. 09. 16 2019. 12. 27	장진원	B	균열보수, 정비, 주의관찰
6	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	235	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구에서 균열, 재균열 및 토사퇴적이 일부구간 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 정비
7	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	235	상주절토14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구에서 균열, 재균열 및 토사퇴적이 일부구간 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 정비

번호	점검구분 점검기간	점검 기관명 책임 기술자	비용 (천원) 안전 등급	주요 점검결과 주요 보수보강(안)
8	2종 성능평가	㈜명성 엔지니어링	788	안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 A등급으로 평가됨. 일부 구간에서 소단배수로 균열 및 토사퇴적이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급으로 평가됨. 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 비탈면의 절리상태 및 표면 보호상태에 대한 평가를 시행하였음. 그 결과 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가됨. 안전성능평가, 내구성능평가 결과를 종합적으로 분석할 때, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가됨. 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표 이상인 "A등급"인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	A	균열보수, 정비, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	235	상주절토 14 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구에서 균열, 재균열 및 토사퇴적이 일부구간 발생한 것으로 조사되었고, 소단배수로 균열에 대한 보수가 실시되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 단면보수, 정비

번호	점검구분 점검기간	점검 기관명 책임 기술자	비용 (천원) 안전 등급	주요 점검결과 주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	336	- 배수시설 균열, 토사퇴적 발생
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	- 균열보수, 정비, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 배수시설 균열 및 보수부 재균열, 토사퇴적 - 보호시설 점검계단 식생
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	- 균열보수, 정비, 정비
12	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 배수시설 토사퇴적 - 보호시설 점검계단 식생
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	- 정비, 정비
13	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 배수시설 토사퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 30	정지운	양호	- 정비
14	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	493	- 표층유실(임시보수) - 배수시설 토사퇴적 발생
	2023. 07. 03 2023. 12. 08	이상훈	B	- 계단식옹벽+앵커, 정비, 주의관찰
15	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 계단식옹벽 설치중 - 배수시설 토사퇴적
	2024. 06. 10 2024. 06. 28	정지운	양호	- 청소
16	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 계단식옹벽 설치 - 배수시설 토사퇴적
	2024. 09. 23 2024. 12. 03	정지운	양호	- 청소
17	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	- 계단식옹벽 상태양호 - 배수시설 균열, 토사퇴적 - 보호시설 야생동물유도울타리 파손
	2025. 03. 24 2025. 06. 18	정지운	양호	- 청소

14.2.4 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-
사면부	표층유실(임시보수)	계단식옹벽+앵커
사면하부	상태양호	-
배수시설	소단배수로 토사퇴적	정비
부대시설	상태양호	-
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 보통풍화(MW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 특이손상이 없는 양호한 상태 조사되었다. 금회 발생한 17.414k 표층유실은 집중강우에 의한 손상으로 현재, 임시보수를 실시하였고, 사면 및 주행차량의 안전 확보를 위해 계단식옹벽+앵커공이 필요하다. 배수시설에 균열보수를 실시하였으며, 기존손상인 토사퇴적이 일부 조사되었다. 토사퇴적이 경우 지표수유입에 의한 유실된 토사가 퇴적된 것으로 원활한 배수를 위해 정비가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없으나, 점검계단의 경우 원활한 유지관리를 위해 정비가 필요한 상태이다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(㎫)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 17.414km	48.0	93.5	보통암	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 48.0로 측정되었으며, 추정강도 93.5㎫로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토14		표 번 호	【표 14.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.25	B	근거표번호	【표 14.4.5】
	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.25	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

라. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
사면부	표층유실	계단식옹벽 +앵커	60.00	90.00	㎥	1식	200,000	1
사면하부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
부대시설	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
배수시설	소단배수로 토사퇴적	정비	5.0	7.50	㎥	25	188	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	200,000		0			188	
	재경비 (순공사비의 50%)	100,000		0			94	
	합계	300,000		0			282	
개략공사비 총계(천원)		300,282						

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

바. 종합결론

· 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.

14.2.5 2종 성능평가 실시결과(2020년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	상주절토14		
평가 구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.120	A	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.120	A	
안전성능 결과	ㅇ상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ㅇ안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

평가항목	등급	등급 점수 (a)	가중치 (b)	결함지수 (a)×(b)
지반상태(암반)	a	0.08	0.33	0.026
절리상태 및 풍화진행도	c	0.43	0.53	0.228
표면보호공	a	0.08	0.14	0.011
결함도 지수				0.265
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	상주절토14		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.120	A	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.265	B	0.2	
종합평가 결과	ㅇ사면의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = (0.120 × 0.8) + (0.265 × 0.2) = 0.149 ㅇ종합평가 결과 : A등급			

라. 종합결론

본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 이상인 “A등급”인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

14.2.6 시설물 보수 이력

2017년 06월에 준공되어 현재 FMS(시설물정보종합관리시스템)에 등록된 보수·보강실적은 다음과 같다.

【표 14.2.3】 보수이력사항

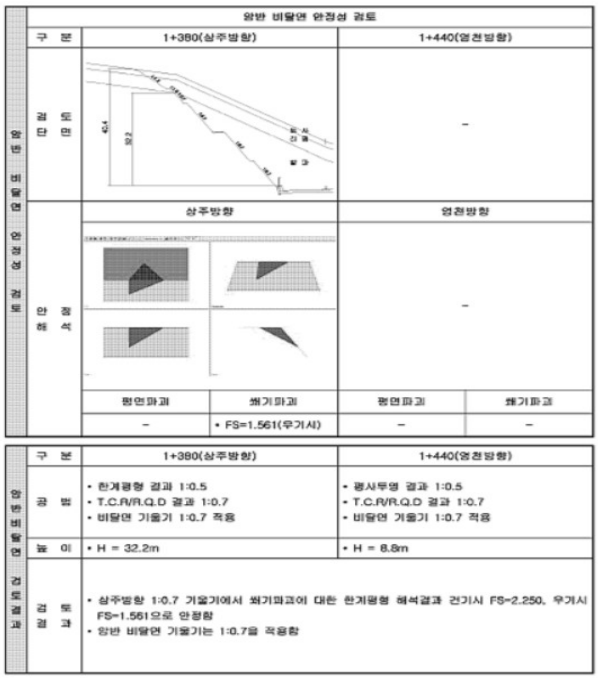
번호	공사명	공사구분	보수보강부위	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)
1	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구	보수	소단배수로, 산마루측구	㈜한화건설, ㈜삼호
	2017-07-01~2017-12-31		균열보수	-
2	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구	보수	산마루측구	㈜한화건설, ㈜삼호
	2020-01-01~2020-06-30		균열보수	-

14.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

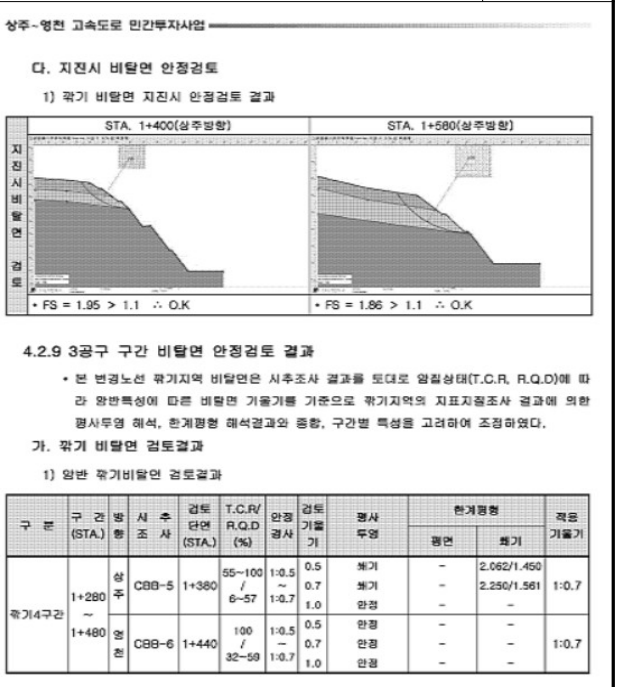
FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 14.2.4】 내진설계 여부 확인

적용유무	내진설계	비고
유	•내진등급 : 내진 I등급 (고속도로) •지진구역계수 : 0.11 (경상북도) •위험도계수 : 1.4 (재현주기 1000년) •가속도계수 : 0.154 (0.11 ×1.4)	



(a) 구조계산서



(b) 구조계산서

14.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

14.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 14.2.5】 수집자료 검토결과 및 점검방향

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 - 지반조사보고서 - 준공도면 - 실시설계보고서	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교・검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행
유 지 관 리 자 료	◇기 성능평가 보고서 ◇기 정밀안전점검 보고서	◇소단배수로 토사퇴적	◇전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교・검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
	◇보수・보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇배수로 균열보수(하자)	◇보수부 상태 확인

14.3 현장조사 및 시험

14.3.1 현황 및 특성

대상시설물은 고속국도 301호선(상주영천고속도로) 상에 위치한 절토사면으로, 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황, 사면특성, 구간분할, 외관조사 및 재료시험 결과는 다음과 같다.

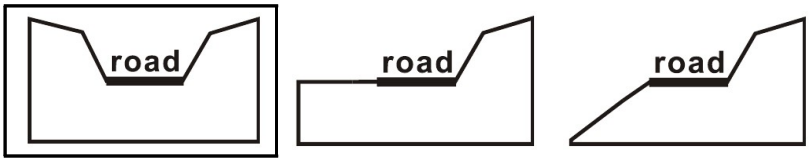
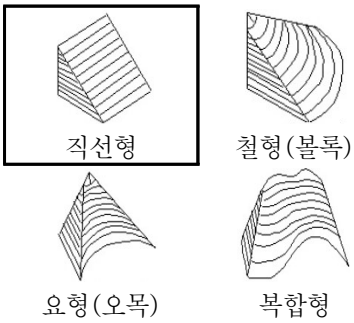
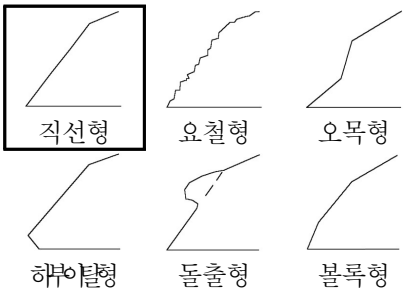
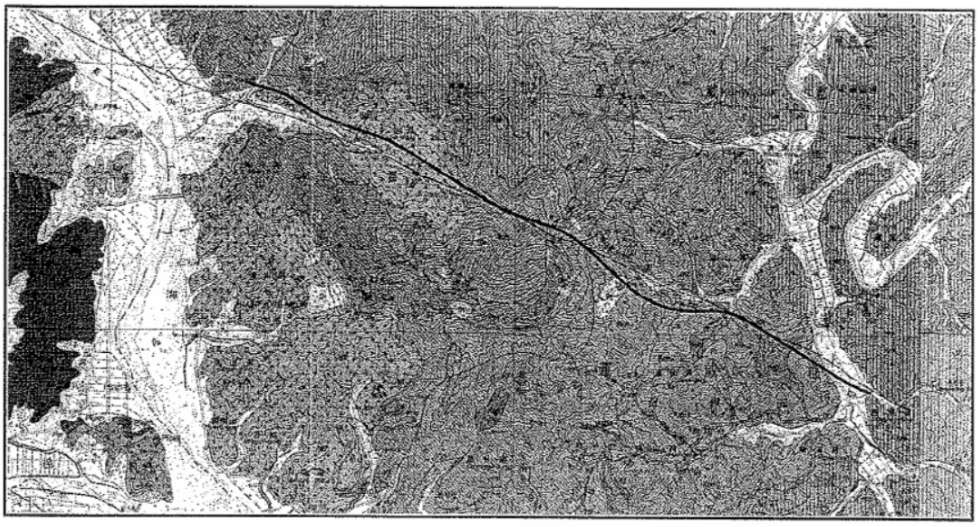
가. 일반현황 조사결과

【표 14.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td>2025. 10. 02.</td><td>조 사 자</td><td>정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td>맑음</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td></tr>
<tr><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 구미시 도개면 다곡리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위 치</td><td colspan="3">시점 : 36° 17′ 21.3″ 128° 22′ 06.0″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 17′ 17.5″ 128° 22′ 11.8″</td></tr>
<tr><td rowspan="3">도 로</td><td colspan="3">관리이정 : 17.304 ~ 17.504 km</td></tr>
<tr><td colspan="2">왕복 4차선</td><td>도로폭 : 20.0m</td></tr>
<tr><td colspan="3">교통량 : 50,000대/일</td></tr>
<tr><td rowspan="5">절토사면</td><td colspan="2">길 이 : 200.0m</td><td>높 이 : 40.0m</td></tr>
<tr><td colspan="3">경 사/경사방향 : 50/220</td></tr>
<tr><td colspan="3">도로와의 이격거리 : 평균 3.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">구성물질 : 암반</td><td>토층심도 : 약 2.0~4.0m</td></tr>
<tr><td colspan="3">소 단 : 4</td></tr>
<tr><td rowspan="4">낙석/뜬돌</td><td colspan="2">낙석 존재유무 : 없음</td><td>낙석의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="3">낙석 평균크기 : -
낙석 최대크기 : -</td></tr>
<tr><td colspan="2">뜬돌 존재유무 : 없음</td><td>뜬돌의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="3">뜬돌 평균크기 : -</td></tr>
<tr><td rowspan="9">절토사면
시공현황</td><td>종 류</td><td>위 치</td><td>상 태</td></tr>
<tr><td>식생현황</td><td>17.304~17.504k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지울타리</td><td>17.340~17.490k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>산마루 측구</td><td>17.304~17.364k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>소단배수로</td><td>17.354~17.454k</td><td>균열</td></tr>
<tr><td>야생동물유도울타리</td><td>17.304~17.340k, 17.490~17.504k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>점검용 계단</td><td>17.304~17.354k, 17.400k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>계단식옹벽+앵커</td><td>17.414k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td rowspan="3">붕괴이력</td><td>유 형</td><td>규 모</td><td>위 치</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td colspan="3">·</td></tr>
</table>

나. 사면특성 조사결과

【표 14.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형	산악지형			
	종단면 형상				
	기타 특징	-			
절토사면의 특성	종횡단면		종단면특성		
상부 자연사면	경 사 도	20~30°			
	인장균열	무			
	포행흔적	무			
	수목의 기울어짐	무			
	인공구조물	무			
	산마루측구	유			
	계곡부	1개소			
지 질					
	지질각론	만경산층의 하부로서 선백악기의 기반암을 난정합으로 덮는다. 구성암석은 사질역암, 역질사암, 역암, 사암, 실트질 사암, 세일이며, 탄층을 협재한다. 화강암은 퇴적암층에 관입하였으며, 관입으로 그 주변의 퇴적암은 접촉변성작용을 받아 접촉환을 이루었고 지형적으로 이 변성대는 높은 산지를 이룬다.			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수
	② 밀 도	하	-그루/㎡	-그루/㎡	-그루/㎡
	③ 근계특징	천근성 (O), 심근성 ( )			

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
2) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
3) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 1개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

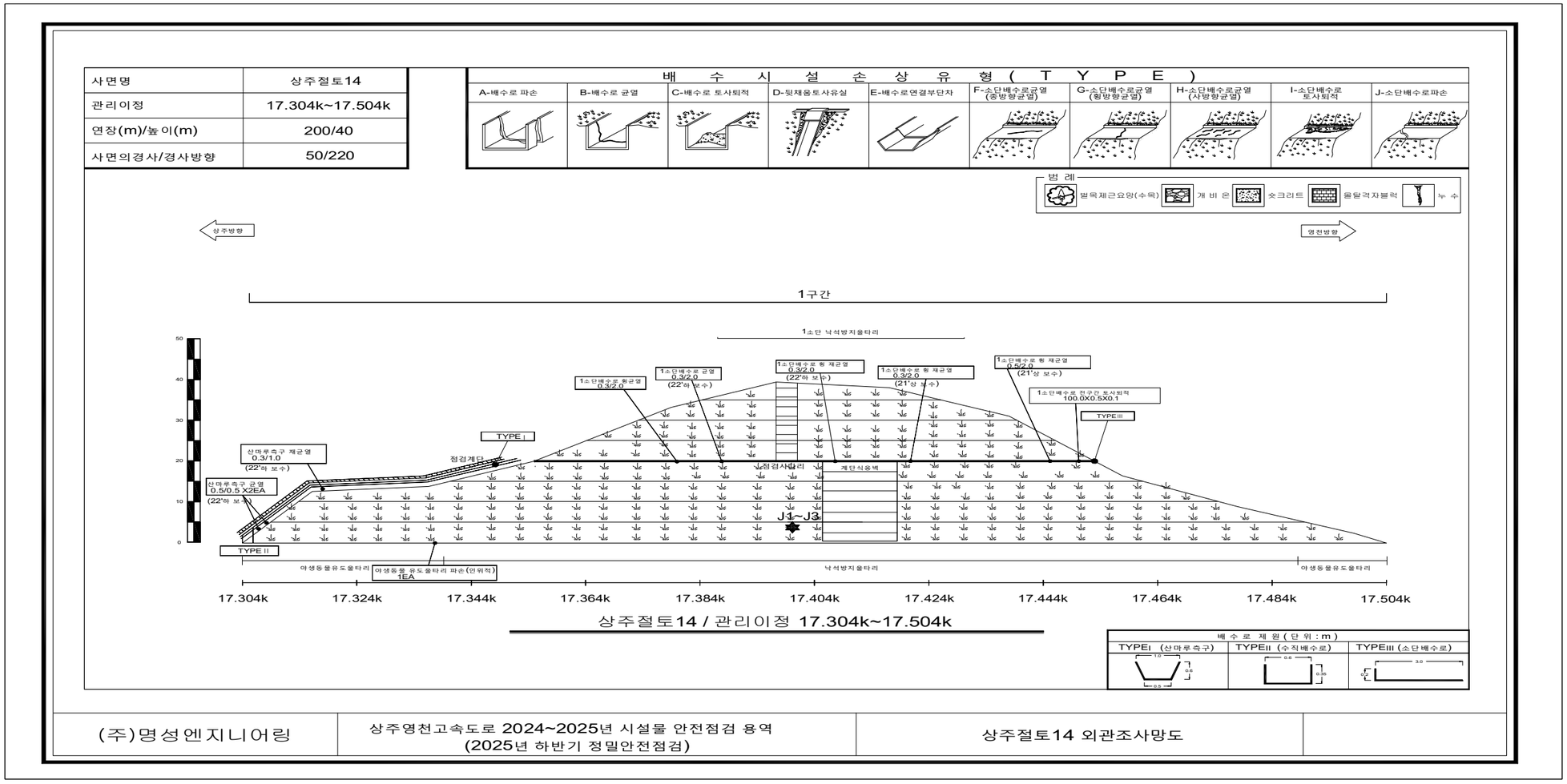
【표 14.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	경사/경사방향	토층심도	구성물질
1구간	17.304~17.504	200.0	40.0	50/220	4.0m	암

14.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 상주절토14 / 17.304~17.504km

[방향 : 50/220 , 연장 : 200.0m , 높이 : 40.0m]



Bieniawski의 RMR 분류

간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)				풍화도	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칢	6	void			6	Fresh	6
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칢	5	hard	< 5		4	S.W.	5
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칢	3		> 5		2	M.W.	3
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5		2	H.W.	1
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5		0	C.W.	0

No.	J1	J2	J3
방향	55/260	78/065	76/020
간격	10	10	10
연장	4	4	4
틈새	4	4	4
거칠기	3	3	3
충전물	4	4	4
풍화도	3	3	3

14.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 상주절토14의 관리이정 17.304~17.504k의 구간으로 연장 200.0m, 높이 40.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 지반의 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 계곡부는 1개소가 있으며, 계곡부 주변상태는 표층유실 및 침식의 흔적이 없는 것으로 조사되었다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도로 판단된다.
- 전회에 조사된 17.414k의 표층붕괴는 24년 하반기 계단식옹벽+앵커를 설치하였고, 현재 양호한 상태이다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구, 낙석방지울타리 등이 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 도로와의 이격거리는 3.5m정도의 거리를 유지하고 있다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(17.340~17.490k), 야생동물유도울타리(17.304~17.340k, 17.490~17.504k), 점검계단(17.304~17.354k, 17.400k)이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로, 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구가 시공되어 있다.
- 기존손상인 소단배수로 전구간 토사퇴적(100.0*0.5*0.1)이 확인되었다. 금회 배수로 균열이 1개소 추가 조사되었다.
- 균열 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중, 장기공용, 우수유입

에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

- 토사퇴적은 공용기간 증가로 인해 지표수 유입에 의한 토층유실이 퇴적된 것으로 판단되며, 원활한 배수를 위해 정비가 필요하다.

6) 공중이 이용하는 부위

- 추락방지시설, 도로포장은 손상이 확인되지 않은 양호한 상태이며, 도로부 신축이음부, 환기구 등 덮개는 관찰되지 않았다.

현 황	17.414k 계단식옹벽+앵커 설치	현 황	2023년 정밀안전점검
원 인	상태양호	원 인	-
대 책	-	대 책	-
현 황	전구간 소단배수로 토사퇴적(100*0.5*0.1)	현 황	17.384k 소단배수로 균열(0.3/2.0)
원 인	지표수유입에 의한 토사유실	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	정비	대 책	주입보수

【사진 14.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

현 황	산마루측구, 점검계단	현 황	도로부, 낙석방지울타리
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-

【사진 14.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 14.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면하부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
부대시설	상태양호	-	-	-	지속관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	2.00	1	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	㎥	5.00	1	정비	

나. 시설물내 옹벽 점검결과

시설물내 옹벽에 대한 현장조사를 [시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검 · 진단)_옹벽편]에 의거하여 실시하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

【표 14.3.5】 옹벽 점검결과

구 분		점검항목	점검결과
콘크리트 옹벽	지반, 기초부	침하	무(양호)
		활동	무(양호)
		계획선형 오차(전도/경사)	무(양호)
		세굴	무(양호)
	전면부	파손 및 손상(재료분리)	무(양호)
		균열	무(양호)
		마모/침식	무(양호)
		배수공의 상태	무(양호)
		누수	무(양호)
		재질열화	무(양호)
		박락 및 층분리	무(양호)
		박리	무(양호)
		백태	무(양호)
		철근노출	무(양호)
	기타	주변영향인지(배수시설 및 비탈면상태 등)	무(양호)
기타사항		특이사항 없음.	

다. 시설물내 보강공 점검결과

시설물내 보강공 현장조사결과를 [그라운드 앵커 설계 · 시공 및 유지관리 매뉴얼 2021.08, 국토교통부]에 의거하여 실시하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

【표 14.3.6】 앵커 점검결과

구 분		점검항목	점검결과
앵커체	강연선	돌출	–
		손실	–
		부식	–
앵커두부	두부콘크리트	돌출 · 박리	무(양호)
		파손 · 낙하	무(양호)
		성능저하 · 균열	무(양호)
		유리석회(Free CaO)	무(양호)
		용수 유무	무(양호)
	두부캡	파손 · 변형 · 낙하	일부파손
		재료성능저하	무(양호)
		고정방법 · 고정상황	무(양호)
		씰부 성능저하	무(양호)
		용수 유무	무(양호)
	방청유	기름누출	무(양호)
	지압판	돌출	무(양호)
		용수 유무	무(양호)
수압구조물		변형 · 침하	무(양호)
		콘크리트 성능저하	무(양호)
		유리석회(Free CaO)	무(양호)
		파손 · 낙하	무(양호)
		균열	무(양호)
		배면지반으로부터의 돌출	무(양호)
그 외		용수	무(양호)
		지반전체의 변형된 상태	무(양호)
		주변구조물의 변형된 상태	무(양호)

14.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결함 항목별 발생원인 분석

【표 14.3.7】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	발생원인	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-	-
사면부	상태양호	-	-
사면하부	상태양호	-	-
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적	다짐미흡, 우수유입 집중강우	주입보수 정비
부대시설	상태양호	-	-
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 보통풍화(MW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 양호한 상태 조사되었다. 전회 발생한 17.414k 표층유실은 현재 계단식옹벽+앵커가 설치되어 양호한 상태이다. 배수시설에 기존손상인 토사퇴적이, 금회 추가균열이 조사되었다. 원활한 배수기능 확보를 위해 정비, 균열보수를 실시하는 유지관리가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없으나, 점검계단의 경우 원활한 유지관리를 위해 정비가 필요한 상태이다.		

【표 14.3.8】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
사면하부	상태양호	-	-	-	지속관찰	
부대시설	상태양호	-	-	-	지속관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	2.00	1	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	m^3	5.00	1	정비	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교(결함의 진행성 분석)

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 계단식옹벽을 설치하였고, 소단배수로 균열이 추가 조사되어 전반적인 손상물량은 감소한 것으로 확인되었다.

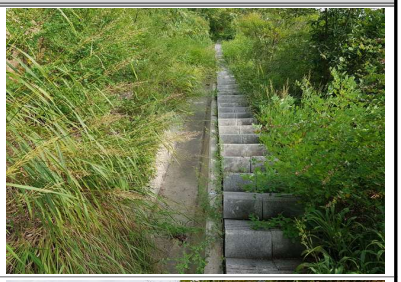
【표 14.3.9】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	
사면부	표층유실(임시보수)	㎥	60.00	1	–	–	▼60.00	
사면하부	상태양호	–	–	–	–	–	–	
부대시설	상태양호	–	–	–	–	–	–	
배수시설	소단배수로 균열	m	–	–	2.00	1	▲2.00	
	소단배수로 토사퇴적	㎥	5.00	1	5.00	1	–	

14.3.5 공중이 이용하는 부위 점검

비탈면 시설물 중 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 부위에 대하여 세부지침에 의거한 점검항목 및 점검내용은 다음과 같다.

【표 14.3.10】 공중이 이용하는 부위 점검내용

구 분	점검 결과	비고
추락방지시설	추락방지시설인 점검계단은 손상이 관찰되지 않은 양호한 상태로, 유지관리에 문제가 없는 것으로 판단된다.	
도로부 포장	도로부 포장은 조사결과 손상이 관찰되지 않아 차량 주행에 특별한 문제가 없는 것으로 판단된다.	
도로부 신축이음부	해당사항 없음	
환기구 등의 덮개	해당사항 없음	
기타	해당사항 없음	

14.3.6 재료시험

상주절토14는 비탈면 분류결과 암반사면으로 판정되었고, 암반사면 재료시험인 슈미트해머를 이용한 반발경도시험 및 풍화등급, 불연속면 특성조사를 분할된 구간별로 시험을 실시하였다.

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 위치 및 결과

암반용 슈미트해머를 이용한 반발경도시험은 구간별로 1회씩 강도조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 세부시험값은 부록에 첨부하였다.

【표 14.3.11】 반발경도시험 결과

시험위치	상위50% 평균값 (대표값)	일축압축강도 추정(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 17.414km	51.8	91.8	경암	
–	–	–	–	
–	–	–	–	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 51.8 으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 91.8MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 반발경도시험 후 값을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 조사위치와 기타 요인으로 인해 다소 차이가 발생하였으나, 대체적으로 동일한 상태를 유지하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 14.3.12】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2023년)	금회(2025년)	비고
		추정강도(MPa)	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	93.5	91.8	경암

상주절토14 반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 10. 02. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 외관조사 위치(m) 참조
시험 대상 구조물	상주절토14 (L=200.0m, H=40.0m)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정, 암반노출부
시험시의 온도	19.8℃, 3000일 이상
표본 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구분	내용
측정기의 종류	슈미트 해머 암반형
3. 시험 방법	
구분	내용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정치의 상위 50% 의 평균값
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 불연속면 특성 조사

1) 불연속면 조사 위치

상태평가에서 실시한 사면분류 및 구간분할에 따라 구간을 분할하였고, 구간별 불연속면에 대해 조사를 실시하였다. 조사위치는 외관조사 결과현황도(Face Map)에 표시하여 지속적이고 연속적인 유지관리가 될 수 있게 하였다.

경사/방향 측정

거칠기 측정

간격 측정

【사진 14.3.2】 불연속면 측정 현황

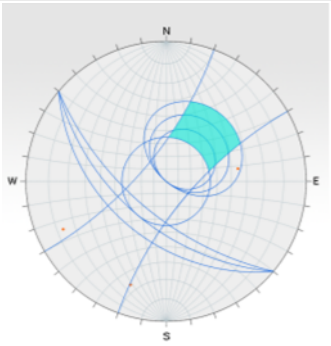
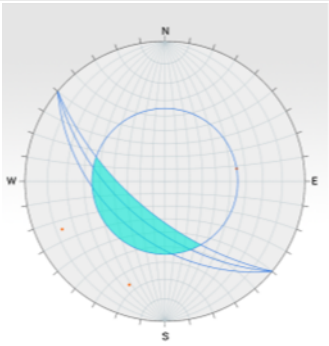
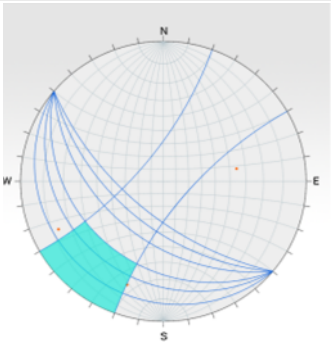
2) 불연속면 조사 결과

불연속면 조사는 구간별로 각 3개조를 실시하였으며, 불연속면의 특성 조사결과는 다음의 표와 같다.

【표 14.3.13】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	J3	절리상태 점수		
					J1	J2	J3
종류		절리	절리	절리	–	–	–
방향성		55/260	78/065	76/020	–	–	–
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	–	–	–
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	2	2	2
	틈새(㎜)	0.1~1.0㎜	0.1~1.0㎜	0.1~1.0㎜	4	4	4
	거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음	4	4	4
	충진물질	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	2	2	2
	풍화도	MW	MW	MW	4	4	4
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	3.2	3.2	3.2
암괴크기		–	–	–			
블록형상		불규칙상	불규칙상	불규칙상			

평사투영해석

평면파괴	쐐기파괴	전도파괴
		
안정	안정	안정

- 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음
- 쐐기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음
- 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음

14.4 상태평가

14.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 200m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 1구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 표기하였다.

【표 14.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	17.304~17.504km	200m	암반사면	

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면(2024.12, 국토안전관리원)” 의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 14.4.2]에 수록하였다.

토층심도는 준공도서, 초기점검보고서, 전회 정밀안전점검, 현장조사를 종합적으로 고려하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 불연속면 조사시 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

- 토층심도율(SR)

· $SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$

여기서, Soil depth(토사층의 두께), Slope height(사면의 연직 최고높이)

- 암반의 블록크기 비(BR)

· $BR = \frac{\text{Block size index (Ib)}}{\text{Slope height (H)}}$, $Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3} Si}{3}$

여기서, Si(절리군의 간격) : 현장조사시 측정된 절리군의 간격적용

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 14.4.2】 비탈면 분류결과

(㎫=10.2kg/㎠)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height}=\frac{4.0}{40.0}=0.10$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	반발경도측정결과 91.8㎫으로 10㎫이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib=\frac{\sum_{i=1}^{3}Si}{3}=0.5,\ \frac{Ib}{H}=\frac{0.5}{40.0}=0.013$로 0.01초과	절리암반	

※토층심도율이 0.2~0.4일 경우, 혼합사면으로 규정하여 토사사면과 암반사면의 특성을 모두 고려

구분	S_1	S_2	S_3	Ib	H	블록크기비(BR)
1구간	0.5	0.4	0.6	0.5	40.0	0.013

다. 강우량

강우에 대한 항목은 해당지역의 최근 30개년의 최대 일강우강도의 누년 평균값을 사용한다.

본 사면은 구미에 위치한 사면으로 기상청자료(최근 30개년)를 획득하여 다음에 정리하였다.

구분	일 최다 강우량(㎜)									
일시(year)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
강우량(mm)	151.0	130.5	84.0	221.0	105.5	87.0	66.0	132.0	158.0	202.0
일시(year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
강우량(mm)	133.5	135.0	125.5	108.5	62.5	88.5	115.5	171.5	74.5	83.5
일시(year)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
강우량(mm)	64.7	117.6	85.9	114.6	155.9	107.6	80.0	91.6	166.8	133.0
평균(mm)	118.4									

14.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가

1-1. 인장균열

인장균열은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-2. 지반변형

지반변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-3. 구조물변형

구조물의 변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-4. 발생규모

표층붕괴 이력 있음 60.0㎥, 3점(d)

1-5. 절리방향(사면과의 차이)

| 260 - 220 | = 40° 로 사면방향과 30° ~45° 범위이므로 1점(b)

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없으므로 최상의 등급판정 0점(a)

1-7. 절리상태

1구간 J1의 절리상태 점수는 불연속면에 3.2점으로 기재하여 3점(c)

1-8. 사면경사

사면경사는 50° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 1점(b)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.4㎜이며, 지하수위는 시추조사 미실시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 진동제어발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 1점(b)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수, 측구가 있으나, 토사퇴적 있으므로 불량인 3점(d)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 1점(a)

【표 14.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토14		표번호	[표 14.4.3]		
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	17.304~17.504km		
1. 파괴징후						
일련번호	징후종류	상 태			상태 점수	비고
		위치	상태 및 규모			
1-1	인장균열	-	없음		0	
1-2	지반변형	-	없음		0	
1-3	구조물변형	-	없음		0	
2. 파괴현황						
일련번호	파괴유형	상 태			상태 점수	비고
		위치	규모			
1-4	표층붕괴	17.414k 1단	60.0㎥(20.0*10.0*0.3)		3	
조사일시	2025. 10. 02		조사자	정 지 운		

【표 14.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토14		표번호	[표 14.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	17.304~17.504km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태		상태점수	비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	260° - 220° = 40°		1	J1
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음		0	
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.2점)		3	J1
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	50°		1	
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4㎜(구미)		2	2
		지하수위	누수 등의 손상없음		-	
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음		1	
1-11	배수조건		불량		3	
1-12	보호/보강상태		양호함		1	
조사일시	2025. 10. 02		조사자	정 지 운		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 배수조건으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 14.4.5】 상태평가결과 산정표(1구간)

<table>
<tr><th colspan="3">시설물명</th><th colspan="4">상주절토14</th><th>표번호</th></tr>
<tr><th colspan="3">근거표번호</th><th colspan="4">[표 14.4.3], [표 14.4.4]</th><th>[표 14.4.5]</th></tr>
<tr><th colspan="3">평가요소</th><th>결함점수</th><th>결함종류별 평가결과</th><th>총점</th><th>결함지수</th><th>상태등급</th></tr>
<tr><td rowspan="4">손상상태</td><td rowspan="3">파괴징후</td><td>① 인장균열</td><td>0</td><td>a</td><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">f1=0.13</td><td rowspan="4">a</td></tr>
<tr><td>② 지반변형</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>③ 구조물변형</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="2">④ 파괴현황</td><td>3</td><td>d</td></tr>
<tr><td rowspan="9">파괴요인</td><td rowspan="3">지반상태</td><td>⑤ 절리방향-사면방향</td><td>1</td><td>b</td><td rowspan="9">12</td><td rowspan="9">f2=0.23</td><td rowspan="9">b</td></tr>
<tr><td>⑥ 절리경사-사면경사</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>⑦ 절리상태</td><td>3</td><td>c</td></tr>
<tr><td>사면형상</td><td>⑧ 사면의 경사</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>자연요인</td><td>⑨ 강우 및 지하수</td><td>2</td><td>c</td></tr>
<tr><td rowspan="3">인위요인</td><td>⑩ 절취상태</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>⑪ 배수조건</td><td>3</td><td>d</td></tr>
<tr><td>⑫ 보호/보강 상태</td><td>1</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="3">합계(Σ)</td><td></td><td></td><td>15</td><td>F=0.20</td><td>B</td></tr>
<tr><td colspan="3">상태평가결과</td><td colspan="5">○손상상태지수(f1) : 3 / 24 = 0.13
○파괴요인지수(f2) : 12 / 52 = 0.23
○상태평가등급(F) : 15 / 76 = 0.20</td></tr>
</table>

【표 14.4.6】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토14	0.20	B	0.20	B

다. 공중이 이용하는 부위

본 사면에는 공중이 이용하는 부위인 [추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개] 중 추락방지시설, 도로포장이 있으며, 이에 대한 평가결과 추락방지시설은 a등급, 도로포장은 a등급으로 평가되었고, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

1) 추락방지시설

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

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

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

14.5 종합평가 및 안전등급 지정

14.5.1 종합평가 결과

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

【표 14.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토14		표 번 호	【표 14.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.20	B	근거표번호	【표 14.4.5】
	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.20	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

14.5.2 안전등급 지정

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

【표 14.5.2】 안전등급 기준

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

14.5.3 이전 정밀안전점검과의 비교

【표 14.5.3】 이전 정밀안전점검과의 비교

평가구분		전차 정밀안전점검(2023년)		금회 정밀안전점검(2025년)	
		결함지수	평가결과	결함지수	평가결과
상태평가	1구간	F=0.25	B	F=0.20	B
안전성평가		해당없음	-	해당없음	-
등급 변경사유		절취상태에 대한 결함점수가 감소하여 결함지수가 감소하였지만, 등급의 변경은 없는 상태이다.			

14.6 보수·보강 및 유지관리방안

14.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 14.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
사면부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
사면하부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
부대시설	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	2.00	3.00	m	65	195	1
	소단배수로 토사퇴적	정비	5.0	7.50	㎥	25	188	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	195		0			188	
	재경비 (순공사비의 50%)	98		0			94	
	합계	293		0			282	
개략공사비 총계(천원)		575						

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

14.6.2 유지관리방안

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

【표 14.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사면부	· 계단식옹벽 설치 구간 → 주변부에 대한 주기적인 점검으로 통해 손상의 진전유무 확인	
배수시설	· 배수로 토사퇴적 구간 → 토사퇴적에 대한 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호시설	· 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

14.7 종합결론

14.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 보통풍화(MW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 양호한 상태 조사되었다. 전회 발생한 17.414k 표층붕괴는 현재 계단식옹벽+앵커가 설치되어 양호한 상태이다. 배수시설에 기존손상인 토사퇴적이, 금회 추가균열이 조사되었다. 원활한 배수기능 확보를 위해 정비, 균열보수를 실시하는 유지관리가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없으나, 점검계단의 경우 원활한 유지관리를 위해 정비가 필요한 상태이다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.8으로서 추정강도 91.8㎫로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 배수조건으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

14.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

14.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 계단식옹벽 설치 구간에 대해서는 주변부 추가 손상발생 유무에 대한 주의관찰이 필요하다.
- 배수시설 토사퇴적 및 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

14.7.4 기타 필요한 사항

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