

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.

14.1.1 일반사항

【표 14.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000032		관리번호	SY SL14
시설물명	상주절토14		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
	위치좌표	시점 : 36° 17' 21.3" 128° 22' 06.0"		
		종점 : 36° 17' 17.5" 128° 22' 11.8"		
	관리이정	17.304~17.504km		
	공구이정	3공구 STA.1+290~1+490		
제 원	연 장	200.0m	높 이	40.0m
	경사/방향	50/220	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	20~30°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	(주)한화건설, (주)삼호
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리		
비 고				

14.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 14.1.1】 위치도

2023년 정밀안전점검(금회)



2021년 정밀안전점검(전회)

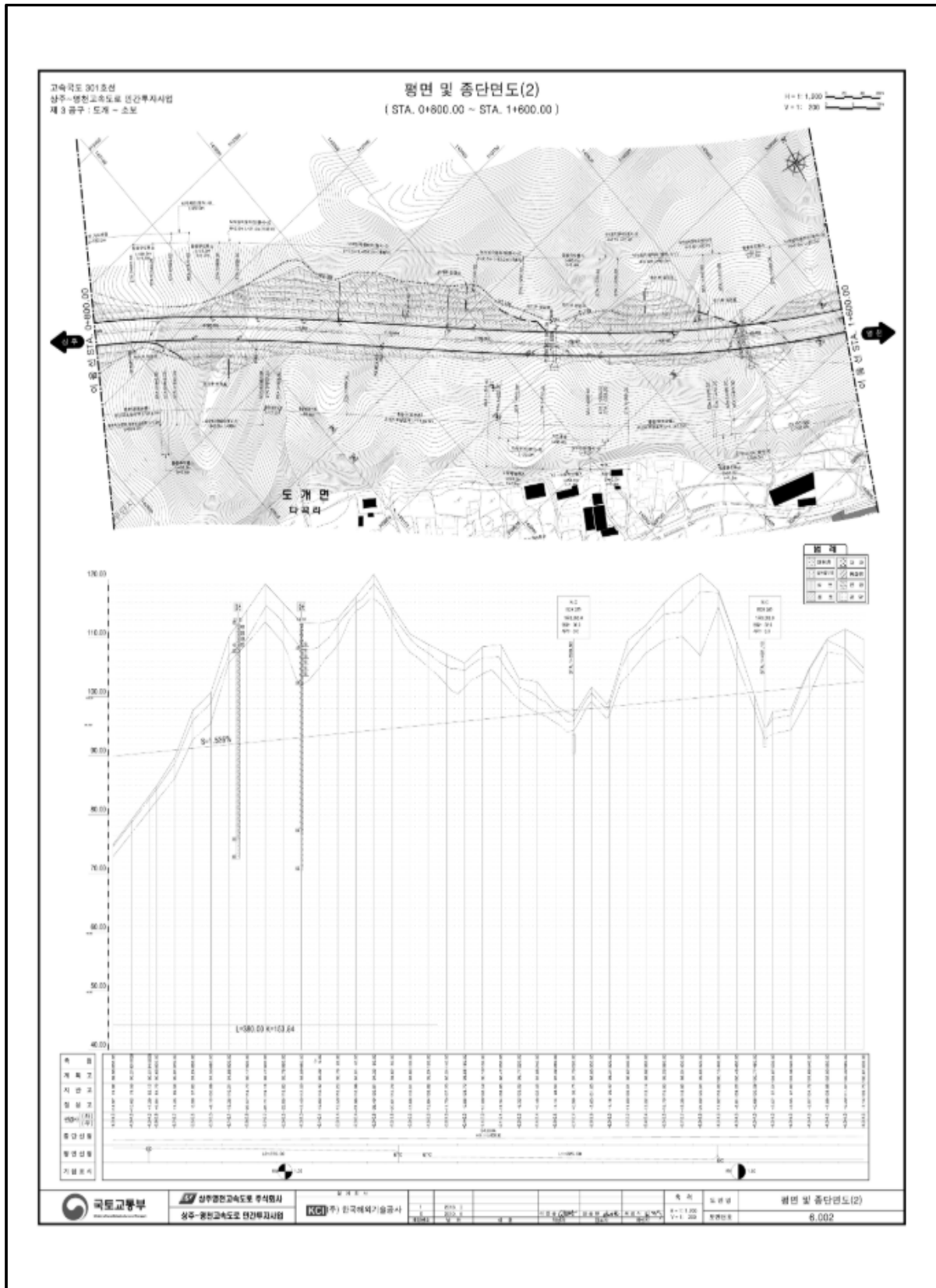


【그림 14.1.2】 전경사진

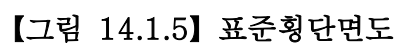
	
전체 전경	상부자연사면 전경
	
소단배수로, 낙석방지울타리 전경	산마루측구, 점검계단 전경
	
점검계단 전경	하단 도로부 전경

【그림 14.1.3】 부재별 현황

14.1.3 시설물 일반도



【그림 14.1.4】 평면도



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.

14.2.1 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

8.4 비탈면 설계기준

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

8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기 기준

(1) 뽕기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도

(2) 뽕기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도

영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시계획

다. 뽕기 비탈면

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

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

국내 뽕기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준기울기를 적용하고 있으며 일반층에서 층리나 절리등이 규칙있게 발달할 경우 기울기 비탈면에 따라 큰 차이가 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 양재 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
암 계 또는 호박돌 섞인 점성토	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
풍 화 암	1:1.0 ~ 1:1.2	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 암

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

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

8.4.2 소단 설치기준

가. 국내의 기관별 소단 적용기준

소단 설치법도 및 폭에 대하여 국내의 기관별, 비탈면의 층수 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음과 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일본의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 미만 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m마다 0.5~3.0m이다.

소단의 설치목적은 비탈면 침식방지를 위한 배수시설 설치, 침전보수용 통로 등의 유지관리여에 있으므로 발파면층에서는 H=10.0m 미만 1.0m소단과 리필암 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하여 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내의 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)	· 리필암 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 미만 소단 1m · 발파암 R.Q.D = 10~25% : H = 10m 미만 소단 1~2m R.Q.D = 25~50% : H = 10m 미만 소단 1~2m R.Q.D = 50% 이상 : H = 20m 미만 소단 3m
	건설부 도시설계기준	· H = 5 ~ 10m 미만 소단 1~1.5m
	한국도지공사	· H = 7m 미만 소단 0.5 ~ 1.5m
	도로공단 설계요령	· H = 7m 미만 소단설치
일 본	국유철도토목구조물 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 미만 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m, 기울기3%

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	적용 경 사	소 단 설 치
뽕기 비탈면	토 사 층	1 : 1.2~1.5	· 토사 및 리필암 - 뽕기 높이 5m 미만 소단 1m 설치
	리 필 암	1 : 1.0	· 발파암 : - 수직높이 10m 미만 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용사)
	발 파 암	1 : 0.5~1.0	· 뽕기 높이 20m 미만 3m 소단설치 · 리필암과 발파암 사이에는 소단설치하지 않음
뽕기 비탈면	뽕 기 재	1 : 1.5~2.2	· 뽕기 높이 5m 미만 1m 소단설치

8.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

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

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

233

236

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)	분석 내용
	- 유리기의 관입암, 백악기 경상층군의 신동층군, 낙동층의 만경상층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포 - 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 편암과 경계부는 혼펠스화 - 충돌 내지 조립질, 동립질 조적 우세 - 우보단층 : 이 지역 동동변에서 북서부로 향한 우보단층은 선산 구조소봉지를 지난다. 다국동(형화산 남서)의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있을 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의 활동을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분석 내용
타원구간	- 본포지층 : 포토층(편암), 중화암, 중화암, 연암 - 포토층은 비탈면 편암층인 편암층으로 입구부는 지표에서 5.5~12.0m, 출구부는 18.0m 두께, 자갈층인 실트질 모래, 전석, 매우조립 - 중화암은 입구부에서부터 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매우조립 - 중화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세암, 사암 및 흑운모 화강암의 용화대 - 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세암 및 사암, 심한파괴, TCR=25~85%, RQD=0~45%
신계교 (석성교)	- 본포지층 : 매립층, 편암층, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트층인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 편암층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈층인 실트질 모래 및 점토질 실트, 매우느슨 내지 매우조립 - 중화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조립 - 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=0%
개랑교	- 본포지층 : 매립층, 편암층, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실트층인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 편암층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트층인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 중화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조립 - 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, TCR=60%, RQD=45%

51

구 분	분석 내용
다국교	- 본포지층 : 매립층, 연암 - 매립층은 지표에서 4.3m 두께로 분포, 모래질 자갈, 매우조립, 습윤 - 연암은 지표하 4.3~6.3m에 2.0m 두께로 분포, 역질사암, 보통중화 내지 심한 중화, 약한 내지 보통강화 TCR=87%, RQD=52%
도개교	- 본포지층 : 매립층, 편암층, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.5~2.6m 두께로 분포, 모래층인 전석 및 실트질 모래, 느슨 - 편암층은 지표하 1.5~12.0m에 4.5~9.4m 두께로 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조립 - 중화암은 지표하 6.0~8.5m에 2.5m 두께로 분포, 역질 사암, 매우조립 - 연암은 지표하 8.5~12.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, 사암 및 화강암, TCR=40~50%, RQD=0~43%
비탈면구간	- 본포지층 : 매립층, 편암층, 중화암, 연암 - 매립층은 전층에 분포, 모래층인 전석 및 실트질 모래, 느슨 - 편암층은 매립층 하부에 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조립 - 중화암은 역질 사암, 매우조립 - 연암은 용현심도가 대체로 얕음 - 표토의 층수는 얇고, 중화대 역시 수 미터 이내 - 본포지층은 주로 역질 사암, 역암 및 화강암 - 암 강도는 중화도에 따라 상이하나 보통 강함 내지 강함

4.1.3 현장답사를 통한 중점점검사항 도출

가. 주요 결과

테일러스(Talus) 분포 현황	테일러스 상세 견경	중점점검사항
		3공구 굴취된 중점부 인근 계곡부에 발달 - 사암과 역암이 혼펠스화 - 테일러스 직경은 30cm~200cm 정도, 심도 10m 정도로 추정 - 경구부 지층 정밀 파악 필요 (경구비탈면안정/보강공법설정)

나. 중점점검사항 도출

구 분	조사내용 및 분석결과	중점점검사항
타원 구간	- 아래 굴착시 봉암 용이 예상되는 세암 분포 - 군위터널 구간에 우보단층 출현 - 군위터널 인근에 계곡부 발달	- 지층 형상 및 구조적 심도 파악을 위한 시추 조사, 전기 비저항 탐사, 탐사와 탐사 수행 - 단층 굴착시 특성 분석을 위한 상세조사 수행 - 불적층 분포 파악을 위한 상세 시추 및 굴취조사 수행
교량 및 비탈면 구간	- 장년기~노년기 지형으로 용화대 발달 - 굴착시 용화에 민감한 편암 발달 - 암층 변화 및 지형기복에 따른 기초 지지층 변화가 심할 것으로 예상	- 지층분포 파악을 위한 시추조사 및 탐사파라미터 - 사암구간 주변 비탈면 지층 형상 상세 조사 - 지층층 확인을 위한 시추조사와 암반 특성 파악을 위한 암석시험 수행

52

4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

- 백악기 경상층의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 역점소봉지의 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 형화산과 냉산이 위치 - 과업노선은 형화산과 냉산 사이의 저지대를 따라 지나가며 서북서 방향의 선구조를 위해 놓임	- 과업노선의 서쪽에는 낙동강이 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있으나 노선은 교차하지 않음 - 과업노선의 서쪽에는 북쪽으로 흐르는 위천의 지류인 국정천과 교차함

다. 본포 암층 특성

구 분	지질특성
만경상층원 하부	- 장석의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 - 용화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
만경상층원 상부	역의 크기는 수 cm~수십 cm이며 형태는 아원형으로 기암 지질성임
혼펠스 (Hornfels)	본국사 화강암의 관입에 의한 열점작용에 의해 치밀한 구조를 보이며 풍화에 상당히 강함 것으로 예상됨
금당리층원 세암(Shale)	점층으로 인한 쪼개짐(leafy)이 발달. 또한 이 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 용전되어 있어 용취발상층의 이방성이 분 것으로 예상됨
화강암	- 암석의 중립 내지 세립질 암석으로 약간의 열기성광물 집합체를 함유 - 충돌~조립질을 보이며 동립질 조적기 우세, 수 cm 크기의 장석방석이 나타남 - 과업구간 주변의 높은 지형을 형성

53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

라. 지질 개요

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Qu)	하천 및 산곡 퇴적물	
중생대	충성암층(K ₁)	과상의 지질	진 구간에서 기반암을 관입
	화강암(K ₂)	과상의 지질	3공구 중앙부
	연암층	과상의 지질	관입
	안산암질암(K ₃)	주로 중화암으로 구성	노선과 교차하지 않음
	신동층군	상부 : 사암과 역질사암, 역암 교호 하부 : 장석질 사암과 역질사암, 역암 교호	3공구 중앙 및 중점부 3공구 서점 및 중점부

마. 지세구조

지세구조	특성
	- 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적층이 크게 발달하고 후기의 북쪽동향의 단층대가 도록의 동부지역을 통과 - 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당되는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 좌수향 주향미동 단층인 신원동, 금천단층, 가문단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남동에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 미동단층인 양산단층계가 발달 - 과업구간에는 서북서방향의 우보단층이 가장 중요한 구조선으로 노선을 지배하고 있음 - 경상 누층군의 편암층 내 용취 변화를 보면 동서 방향의 습곡축을 가지고 계방굴곡이 발달하는데, 이들 습곡축들은 서북서 방향의 좌수향 방향의 단층에 평행하고 있음

4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 원격위성영상 분석

(1) 목적

- 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
- 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악
- 과업구간에 대한 지질정보의 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

(2) 원리 및 방법

- 15m급 해상도의 Landsat-7 ETM+ 위성영상상을 이용하여 분석 실시
- 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 텐드비율 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
- 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

54

Π - 14 - 10

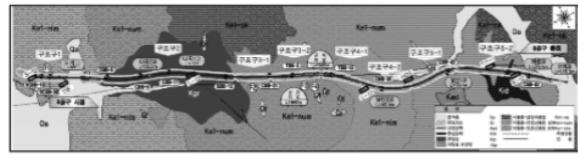
7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질분석시험

구분	점도 (m)	지층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limit		Sieve Analysis (%)				USCS	
					LL (%)	PI	#4	#10	#40	#200 (0.075mm)		
매기부	CBB-3	1.0	점화토	8.2	2.68	NP	-	100	93.1	44.8	24.6	SM
	CBB-4	2.0	점화토	7.1	2.70	NP	-	96.4	41.0	24.4	16.4	GM
	CBB-5	1.0	점화토	18.4	2.68	27.6	4.9	100	100	83.6	55.3	ML
	CBB-6	2.0	점화토	11.0	2.65	NP	-	97.8	70.7	31.5	13.2	SM
	CBB-7	1.0	점화토	12.0	2.66	NP	-	97.9	65.3	26.4	12.4	SM
	CBB-10	2.0	점화토	11.5	2.65	NP	-	100	92.6	43.3	22.5	SM
	CBB-11	1.0	점화토	9.8	2.68	NP	-	100	75.1	22.4	8.2	SW-SM
	CBB-12	2.0	점화토	15.5	2.67	26.8	4.3	100	97.8	82.2	43.2	SM
	CBB-15	1.0	점화토	12.2	2.69	NP	-	100	82.3	24.4	7.5	SW-SM
	CBB-16	1.0	점화토	11.3	2.69	NP	-	98.0	84.2	23.2	10.0	SW-SM
	CBB-20	4.0	점화토	17.6	2.70	32.4	10.4	96.7	90.2	91.1	71.9	CL
	CBB-21	5.0	점화토	10.5	2.71	32.6	10.9	84.7	83.4	70.9	47.6	SC
	CBB-22	1.0	점화토	14.6	2.69	30.2	9.7	90.2	87.6	79.7	61.9	CL
	CBB-23	4.0	점화토	20.6	2.70	28.2	4.8	74.5	64.5	67.8	59.2	ML
	CBB-26	6.0	점화토	15.1	2.67	NP	-	100	98.4	60.6	29.9	SM
	CBB-28	5.0	점화토	11.9	2.69	NP	-	81.4	75.1	52.0	28.9	SM
	CBB-29	1.0	점화토	13.0	2.71	NP	-	47.9	42.3	26.6	15.2	GM
	CBB-30	8.0	점화토	13.3	2.69	28.1	5.1	100	96.6	67.2	43.4	SM
	CBB-31	1.0	점화토	16.9	2.71	27.3	4.5	100	97.3	82.8	60.9	ML
	CBB-32	6.0	점화토	11.3	2.67	NP	-	98.1	92.7	60.8	28.7	SM
	CBB-33	3.0	점화토	10.8	2.69	NP	-	98.9	92.1	59.9	33.8	SM
	CBB-34	1.0	점화토	9.6	2.67	NP	-	100	96.2	49.8	23.6	SM
상기부	CBB-35	1.0	점화토	3.7	2.68	NP	-	92.3	83.6	32.8	14.2	SM
	CBB-36	1.0	점화토	12.8	2.68	NP	-	76.3	60.8	31.3	14.4	SM
	CBB-43	2.0	점화토	13.1	2.69	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.0	SM
	CBB-44	3.0	점화토	9.7	2.71	NP	-	100	88.6	34.7	13.2	SM
	CBB-45	1.0	점화토	8.6	2.68	NP	-	91.2	75.1	38.5	18.6	SM
	CBB-46	1.0	점화토	5.6	2.67	NP	-	98.3	90.7	36.5	17.1	SM
	CBB-47	1.0	점화토	13.6	2.71	26.8	4.2	100	98.9	76.1	41.6	SM
	CBB-49	4.0	점화토	17.7	2.71	NP	-	100	98.4	58.6	28.6	SM
	CBB-50	1.0	점화토	29.3	2.73	28.2	4.9	100	100	97.8	58.7	SM
	CBB-51	2.0	점화토	29.3	2.69	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.0	SM
	SBB-2	1.0	점화토	7.9	2.67	NP	-	95.4	80.6	40.1	15.2	SM
	SBB-3	2.0	점화토	13.3	2.66	NP	-	100	95.6	53.6	33.6	SM
	SBB-4	2.0	점화토	19.0	2.68	31.5	9.2	97.0	90.1	68.5	51.8	CL
	SBB-5	2.0	점화토	8.3	2.64	NP	-	38.1	28.7	13.5	5.9	GW-GM
	SBB-6	1.0	점화토	10.3	2.68	NP	-	34.3	26.9	14.9	4.9	GP
	SBB-7	3.0	점화토	13.1	2.66	NP	-	90.5	83.3	51.2	26.2	SM
SBB-8	4.0	점화토	22.0	2.69	NP	-	99.2	95.0	51.7	28.3	SM	
SBB-10	1.0	점화토	16.9	2.69	NP	-	100	98.8	62.7	39.2	SM	
SBB-11	3.0	점화토	14.1	2.64	NP	-	98.0	85.1	47.1	24.4	SM	
SBB-12	1.0	점화토	13.5	2.64	NP	-	98.8	87.2	49.0	23.2	SM	
SBB-13	1.0	점화토	12.3	2.67	27.1	4.9	100	100	87.4	58.8	SM	
SBB-15	2.0	점화토	16.9	2.68	28.5	6.0	100	99.0	86.9	62.9	SM	
SBB-16	1.0	점화토	5.4	2.67	NP	-	39.1	31.4	19.4	7.6	GW-GM	

203

7.5.3 구조구분류 결과

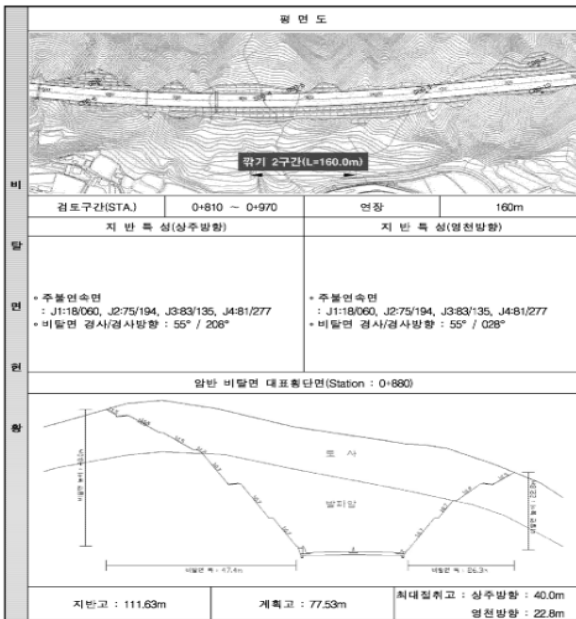


구분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
상	Kel-nm	Kgr	Kel-num		Kel-nm		Kel-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-9 CBB-11 CBB-19 (SBB-12)	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
스캔라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	HO3	111-1 S-12
STA.	1+319	4+597	5+453	6+430	7+688	8+980	10+140	
비고	상	상	상	상	상	상	상	상

206

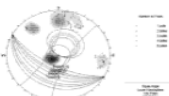
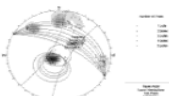
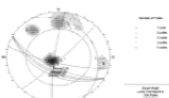
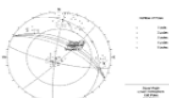
영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시계획

(2) 위기 2구간



246

제 8 장 비탈면 안정성 검토

		위기구간 안정성 검토							
		암 반 비 담 면							
비 담 면 안 정 성 검 토	구 분	상주방향				영천방향			
	평면 및 전도파괴 분석도								
	재기파괴 분석도								
	평 사 주 영 해 석								
	구 분	상주방향				영천방향			
	평면	전도	재기		평면	전도	재기		
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		
평 가	한 계 평 형 해 석								
	구 분	상주방향				영천방향			
		평면파괴		재기파괴		평면파괴		재기파괴	
		건기	우기	건기	우기	건기	우기	건기	우기
		1:0.5	-	-	-	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
1:1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
평 가	* 암반층 평사주영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음. * 영천방향 암반비탈면 불연속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 녹회공법, 낙석방지그물, 낙석방지물리틀을 적용하여 안정성 확보								

247

14.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 2017년 6월 준공이후 기준에 따라 13회(정밀안전점검 2회, 정기안전점검 10회, 2종 성능평가 1회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 14.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)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)	(주)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)	(주)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)	(주)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	(주)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 주의관찰이 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)	(주)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 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 정비
7	정기안전점검 (하반기)	(주)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	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)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)	(주)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	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	336	- 배수시설 균열, 토사퇴적 발생
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	- 균열보수, 정비, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)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)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 토사퇴적 - 보호시설 점검계단 식생
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	- 정비, 정비
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 토사퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 30	정지운	양호	- 정비

14.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적 산마루측구 균열	주입보수 정비 주입보수
부대시설	점검계단 식생	정비
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 보통풍화(MW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 상부자연사면 및 사면부는 특이손상이 없는 양호한 상태로, 식생활착은 양호~보통인 것으로 조사되었다. 배수시설에 균열 및 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(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 17.384km	47.7	92.1	보통암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 47.7로 측정되었으며, 추정강도 92.1MPa로 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	0.22	B	근거표번호	【표 14.4.5】
	－	－	－	－	－
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.22	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	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	점검계단 식생	정비	1	1	식	200	200	3
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	4.0	6.00	m	65	390	1
	소단배수로 토사퇴적	정비	5.0	7.50	m³	25	188	3
	산마루측구 균열	주입보수	2.0	3.00	m	65	195	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	585		0		388		
	재경비 (순공사비의 50%)	293		0		194		
	합계	878		0		582		
개략공사비 총계(천원)		1,460						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)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.

14.2.4 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	상주절토14		
평가 구분	결합지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.120	A	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.120	A	
안전성능 결과	○ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ○ 안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

평가항목	등급	등급 점수 (a)	가중치 (b)	결합지수 (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
결합도 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	○ 사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.120 \times 0.8) + (0.265 \times 0.2) = 0.149$ ○ 종합평가 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.

14.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 14.2.2】 수집자료 검토결과 및 점검방향

구 분	내 용	비 고
설계도서	○현장조사 시 준공도면과 비교·검토 후 상이할 경우 외관조사망도를 실측치와 동일하게 작성 하고, 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 관리대장에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경 등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전점검자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존점검 결과를 비교·검토하여 손상 확인, 보수여부 확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되었고, 기보수부 상태를 확인하여 세손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○기존점검 중점유지관리사항을 확인한 결과, 배수로 균열 및 토사퇴적, 점검계단 식생관리를 확인하였고, 급회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 기준 정밀안전점검 총2회, 정기점검 총10회, 2종 성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

14.2.6 시설물 보수 이력

2017년 06월에 준공되어 현재 FMS(시설물정보종합관리시스템)에 등록된 보수·보강실적은 없으나, 시설물의 하자보수를 실시한 것이 확인되었다.

【표 14.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	전구간	소단배수로, 산마루측구 균열보수	2017-07-01~2017-12-31	-	-	
2	전구간	산마루측구 균열보수	2019-01-01~2019-06-30	-	-	

14.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 14.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

14.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

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.

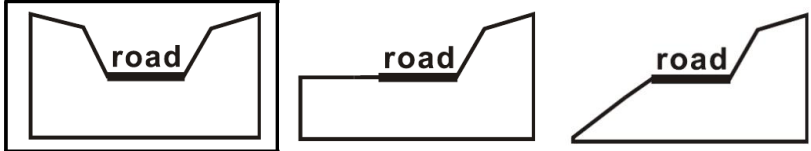
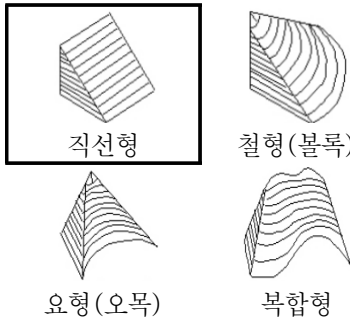
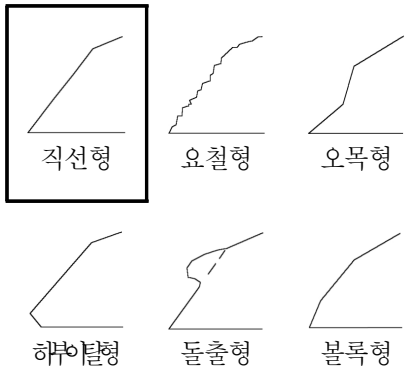
가. 일반현황 조사결과

【표 14.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 10. 11.	조 사 자	이 상 훈
일 기	맑음	준공년도	2017년 06월 27일
행정구역	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
위 경 도	시점 : 36° 17′ 21.3″ 128° 22′ 06.0″		
	종점 : 36° 17′ 17.5″ 128° 22′ 11.8″		
절토사면	길 이 : 200.0m		높 이 : 40.0m
	경 사/경사방향 : 50/220		
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 2.0~4.0m
	소 단 : 4		
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -		
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -
	뜯돌 평균크기 : - 뜯돌 최대크기 : -		
절토사면 시공현황	종 류	위 치	상 태
	식생현황	17.304~17.504k	양호
	낙석방지울타리	17.340~17.490k	양호
	산마루 측구	17.304~17.364k	양호
	소단배수로	17.354~17.454k	균열
	야생동물유도울타리	17.304~17.340k, 17.490~17.504k	양호
	점검용 계단	17.304~17.354k, 17.400k	양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
기 타	·		

나. 사면특성 조사결과

【표 14.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	종 횡 단 면			종 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		20~30°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		1개소			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	하	하	-	-	
	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

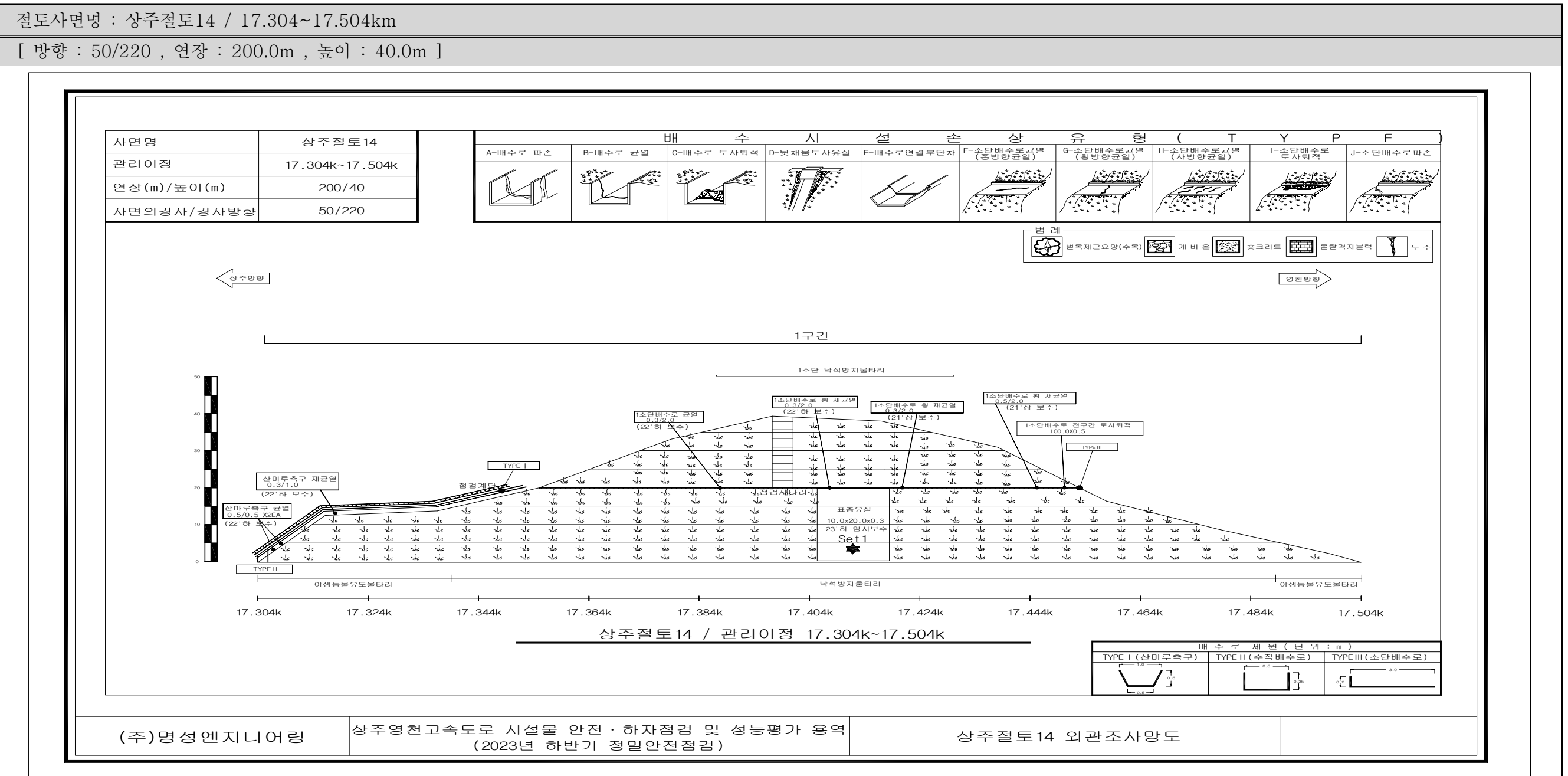
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 1개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

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)	사면분류	비 고
1구간	17.304~17.504	200.0	40.0	절리암반	

14.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



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 이완암괴, 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.
- 급회 점검시 17.414k 1단에 표층유실(10.0*20.0*0.3)에 대해 임시보수를 실시한 것이 확인되었다. 상기 손상은 집중강우에 의해 식생활착부 일부가 유실된 것으로 판단되며, 계단식옹벽+앵커공을 실시하는 것이 필요하다.

3) 사면하부

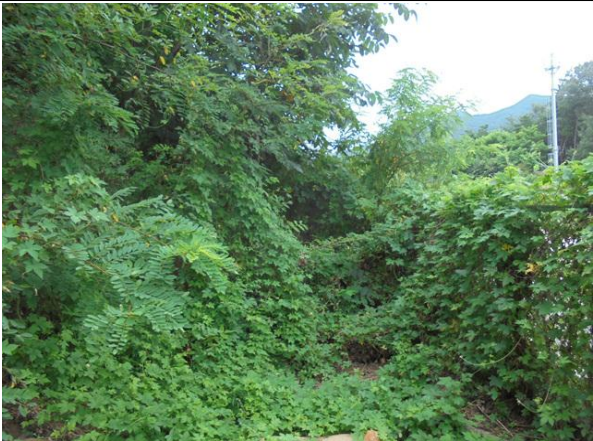
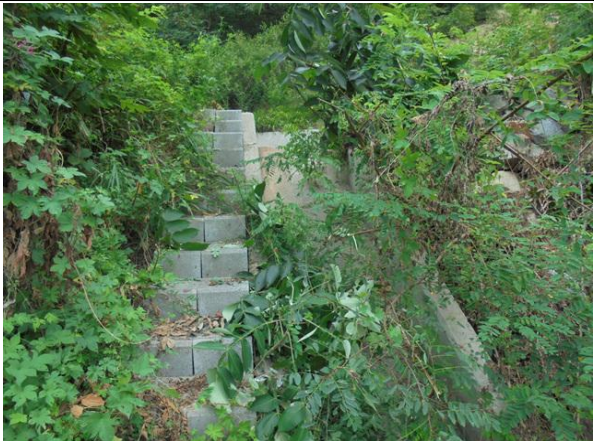
- 사면하부는 L형측구, 낙석방지울타리 등이 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 이격거리는 1.0~1.5m정도의 거리를 유지하고 있다.

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. 또한, 기존손상인 균열에 대해 전반적으로 보수를 실시하였고 보수부는 양호한 상태이다.
- 토사퇴적은 지표수유입에 따른 사면부 유실이 퇴적된 것으로 원활한 배수를 위해 정비가 필요하다.

			
현 황	소단배수로 전경	현 황	산마루측구, 점검계단 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	사면 하단 전경	현 황	산마루측구, 점검계단 전경
원 인	상태양호	원 인	식생
대 책	—	대 책	정비
			
현 황	전구간 소단배수로 토사퇴적(100*0.5*0.1)	현 황	전구간 소단배수로 토사퇴적(100*0.5*0.1)
원 인	지표수유입에 의한 토사유실	원 인	지표수유입에 의한 토사유실
대 책	정비	대 책	정비

【사진 14.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	17.414k 1단 표층유실(10.0*20.0*0.3)	현 황	17.414k 1단 표층유실(10.0*20.0*0.3)
원 인	집중강우, 지표수 유입	원 인	집중강우, 지표수 유입
대 책	계단식옹벽+앵커	대 책	계단식옹벽+앵커
			
현 황	17.414k 1단 표층유실(10.0*20.0*0.3)	현 황	17.414k 1단 표층유실(10.0*20.0*0.3)
원 인	집중강우, 지표수 유입	원 인	집중강우, 지표수 유입
대 책	계단식옹벽+앵커	대 책	계단식옹벽+앵커

【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	표층유실(임시보수)	m³	60.00	1	계단식옹벽+앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	소단배수로 토사퇴적	m³	5.00	1	정비	

14.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 14.3.5】 외관조사 결과 요약

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.	

【표 14.3.6】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	표층유실(임시보수)	m³	60.00	1	계단식옹벽+앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	소단배수로 토사퇴적	m³	5.00	1	정비	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 배수시설에 균열 보수를 실시하였고, 사면부 표층유실이 신규 발생한 것으로 확인되었다.

【표 14.3.7】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	표층유실(임시보수)	m³	—	—	60.00	1	▲60.00	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	4.00	2	—	—	▼4.00	
	소단배수로 토사퇴적	m³	5.00	1	5.00	1	—	
	산마루측구 균열	m	2.00	3	—	—	▼2.00	

14.3.5 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 14.3.8】 반발경도시험 결과

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

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 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 14.3.9】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2021년)		금회(2023년)		비고
		반발경도	추정강도(MPa)	반발경도	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	47.7	92.1	48.0	93.5	보통암

나. 불연속면 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.



【사진 14.3.2】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

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

【표 14.3.10】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간(Set1)		
	J1	J2	J3
방향성	55/260	70/165	35/090
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	MW	MW	MW

【표 14.3.11】 이전 점검 불연속면조사 결과표

구 분	2021년 정밀안전점검		
	1구간	—	—
방향성	55/260	—	—
간격(m)	0.2~0.6	—	—
연장성(m)	1.0~3.0	—	—
틈새(mm)	0.1mm 미만	—	—
거칠기	약간 거칠음	—	—
충진물질	딱딱함, 5mm미만	—	—
풍화도	MW	—	—

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	Set1

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2022.12, 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)

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

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

－ 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 14.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

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	10MPa	반발경도측정결과 93.5MPa으로 10MPa이상	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

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 최대 강우량(mm)									
일시(year)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
강우량(mm)	96.0	57.5	151.0	130.5	84.0	221.0	105.5	87.0	66.0	132.0
일시(year)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
강우량(mm)	158.0	202.0	133.5	135.0	125.5	108.5	62.5	88.5	115.5	171.5
일시(year)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
강우량(mm)	74.5	83.5	64.7	117.6	85.9	114.6	155.9	107.6	80.0	91.6
평균(mm)	113.6									

14.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【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
		위 치	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
		위 치	규모		
1-4	표층유실	17.414k 1단	60.0m³ (20.0*10.0*0.3)	3	
조사일시	2023. 10. 11		조사자	이 상 훈	

【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		
1-6		절리경사-사면경사	55° - 50° = 5°	1		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.2점)	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	50°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	2	2	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 10. 11		조사자	이 상 훈		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.25로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 14.4.5】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			상주절토14				표번호
근거표번호			[표 14.4.3], [표 14.4.4]				[표 14.4.5]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	3	f1=0.13	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		3	d			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	1	b	16	f2=0.31	c
		⑥ 절리경사-사면경사	1	b			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					19	F=0.25	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 3 / 24 = 0.13 ○ 파괴요인지수(f2) : 16 / 52 = 0.31 ○ 상태평가등급(F) : 19 / 76 = 0.25					

【표 14.4.6】상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토14	0.25	B	0.25	B

다. 공중이 이용하는 부위

본 사면에는 공중이 이용하는 부위인 [추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개]가 없는 것으로 확인되었다.

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 상태평가 후 그 값(등급)을 비교하여 수록하였다. 전회점검과 비교시, 세부지침상 강우량에 대해 상태점수가 감소되었고, 표층유실 발생으로 파괴유형 상태점수가 증가하여, 결함지수는 증가하였으나 등급은 B로 동일한 상태이다.

【표 14.4.7】이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.22	B	
금회 정밀안전점검	0.25	B	

14.5 종합평가 및 안전등급 지정

14.5.1 종합평가 결과

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 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	0.25	B	근거표번호	【표 14.4.5】
	－	－	－	－	－
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.25	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 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

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	표층유실	계단식옹벽 +앵커	60.00	90.00	m³	1 식	200,000	1
사면하부	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
부대시설	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
배수시설	소단배수로 토사퇴적	정비	5.0	7.50	m³	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(m²)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
사 면 부	• 표층유실 구간 → 현재 임시보수를 실시하였으나, 보수·보강시 및 그 이후로도 손상부, 주변부에 대한 주기적인 점검으로 통해 손상의 진전유무 확인	
배수 시설	• 배수로 토사퇴적 구간 → 토사퇴적에 대한 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	• 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, 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.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 48.0으로서 추정강도 93.5MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.25로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 표층유실로 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

- 17.414k 표층유실 구간에 대해서는 추가발생 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.