

31. 영천절토31

31.1 시설물 개요

31.2 자료수집 및 분석

31.3 현장조사 및 시험

31.4 상태평가

31.5 종합평가 및 안전등급 지정

31.6 보수·보강 및 유지관리 방안

31.7 종합결론

31. 영천절토31

31.1 시설물의 개요

영천절토31은 대구광역시 군위군 효령면 불로리(상주영천고속도로 40.025~40.175km)에 위치한 사면으로서 총 연장 150.0m, 높이 31.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다.

31.1.1 일반사항

【표 31.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000042		관리번호	SY SL31
시설물명	영천절토31		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	대구광역시 군위군 효령면 불로리		
	위치좌표	시점 : 36° 16′ 57.9″ 128° 56′ 08.6″		
		종점 : 36° 16′ 78.9″ 128° 55′ 76.7″		
	관리이정	40.025~40.175km		
	공구이정	5공구 STA.3+790~3+940		
제 원	연 장	150.0m	높 이	31.0m
	경사/방향	55/054	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	45°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	대림산업(주)
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 낙석방지망		
비 고				

31.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 31.1.1】 위치도

2023년 정밀안전점검(금회)



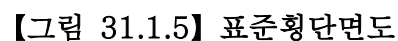
2021년 정밀안전점검(전회)



【그림 31.1.2】 전경사진

	
상부자연사면 전경	점검계단, 산마루측구 전경
	
하부 전경	소단배수로 전경
	
시점측 전경	종점측 전경

【그림 31.1.3】 부재별 현황



31.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

31.2.1 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 검토하여 다음과 같다.

8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기의 결정

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도

(2) 쌓기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도

다. 쌓기 비탈면

자연지반의 도정은 매우 불균질하고, 종파도, 성층상 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공후 시간의 경과에 따라 공력(이완, 대기노출로 인한 공화현상) 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면에 차차 불안전하게 된다.

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

국내 쌓기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준기울기 적용하고 있으며 일반적으로 층리나 질리등이 규칙있게 발달할 경우 기울기 비탈면에 따라 큰 통치가 예상되므로 지반조사 결과에 토대로 지반상태를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 기울기설정 및 추가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

토질조건	비탈면높이 (m)	기울기	비고	
모래	-	1:1.5 이상	SW, SP	
사질토	발생한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
	발생하지 않고	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	발생하지 않고	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	발생하지 않고	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
지갈 또는 일차적인 사질토	발생하고	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
	발생하고	10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	발생하고	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	발생하고	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토	0~10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH	
암기 또는 호박을 위한 점성토	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC	
용화암	-	1:1.0 ~ 1:1.2	사면이 형성되지 않는 암	

주) 1. 실패는 점성토로 간주, 표제 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 기결별 소단 적용기준

소단 설치위치 및 폭에 대하여 국내의 기결별, 비탈면의 종류 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음과 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일종의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 미만 1~2m로 규정하고 있으며 국내 기준은 5~10m이다 0.5~3.0m이다.

소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 침전보수를 통해 등의 유지관리로 있으므로 발파면에서는 H=10.0m 미만 1.0m소단과 리빙 및 토사층에서는 H=5.0m이다 1.0m소단을 설치하여 H=20.0m이다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

구분	기준 및 유형명	소단적용 기준
국내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	비탈면 높이 10m 이상 : 침적적으로 소단설치 비탈면 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	리빙함 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 미만 소단 1m 발파함 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 도로설계기준	H = 5 ~ 10m 미만 소단 1~1.5m
	한국토지공사	H = 7m 미만 소단 0.5 ~ 1.5m
일본	도로관망 설계요령	H = 7m 미만 소단설치
	국유림도로목구조물 표준시방서	암석과 침하는 토사 결계부와 7m 미만 소단 설치
	철도설계요령	H > 10m의 경우 7m미만 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 비와 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 구분	도정	적용경사	소단설치
광학비탈면	토사층	1 : 1.2~1.5	토사 및 리빙함 - 방파기 높이 5m 미만 소단 1m 설치
	리빙함	1 : 1.0	발파함 : - 수직높이 10m 미만 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용시)
	발파함	1 : 0.5~1.0	- 방파기 높이 20m 미만 3m 소단설치 - 리빙함과 발파함 사이에는 소단설치하지 않음
쌓기비탈면	쌓기재	1 : 1.5~3.2	- 쌓기 높이 5m 미만 1m 소단설치

나. 지형 및 지질

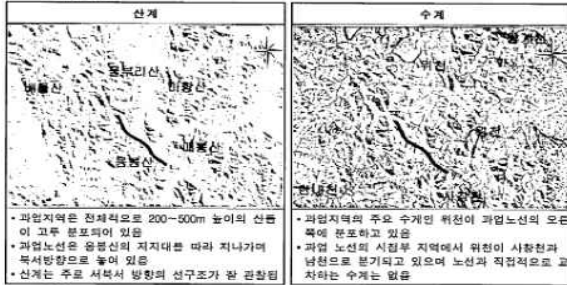
4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지형 개요

- 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 화성소분지의 서남부에 위치
- 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층(변화동층), 하양층, 진주층(동양층)이 분포

나. 지형 특성



다. 본토 암층 특성

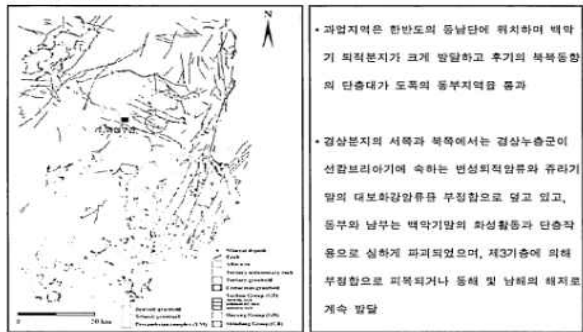
구 분	지질특성
낙동층 규질리층암 사암	• 낙동층의 하부층에 해당하는 낙동상층군의 역질사암과 역암은 원미도가 불탄한 석영과 알칼리장석이 주를 이루며, 탄질층과 반질층 유색광물리 주로 산출됨
하양층 사암	• 석영은 1 mm 내외의 것들로 원미도는 불탄한 것들이 우세 • 하양층 사암은 근거리에서 이용하여 함성
하양층 셰일	• 압축으로 인한 포개짐(foliation)이 발달 • 포개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이 방향성이 클 것으로 판단
진주층 셰일	• 압축으로 인한 포개짐(foliation)이 발달 • 포개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이 방향성이 클 것으로 판단

53

라. 지질 계층도

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Qal)	• 하천 및 산곡 퇴적물	
	--- 무정합 ---		
	중생암맥(Ked) 산성암맥(Kad)	• 피상의 지질	• 전 구간에서 기반암을 관입
	유천층군 안산암질암(Kal)	• 주로 충적암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
중생대	--- 관입 및 분출 ---		
	상부(Ke2-2)	• 사암 및 적색 미사암, 미암의 고르	• 5과구 중점
	신동층군 하부(Ke2-1)	• 사암과 역질사암, 역암의 고르	• 5과구 중앙 및 시점부
	하부(Ke2-1)	• 사암과 역질사암, 역암의 고르	• 5과구 중앙 및 시점부

마. 지체구조

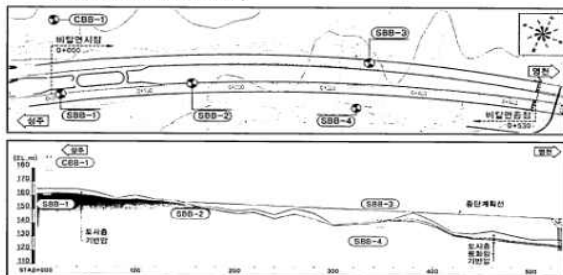


54

7.2 지층특성 분석

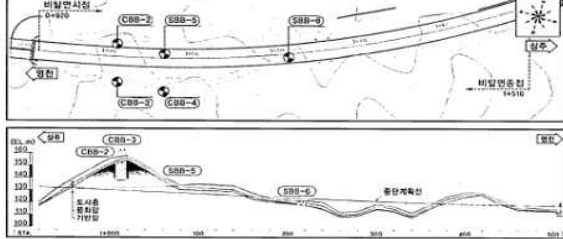
가. 분석비밀연구구간

(1) 비밀연구구간(STA.0+000~0+530)



- 1구간은 토사층 2.3m의 두께로 분포하며 기반암은 9.7m에서 출현
- 2구간은 토사층 0.8~3.0m, 중회대층 0~2.5m의 두께로 분포하며 기반암은 0.8~5.0m에서 출현

(2) 비밀연구구간(0+920~1+510)



- 1구간은 토사층 1.5~2.5m, 중회대층 1.5~2.6m의 두께로 분포하며 기반암은 2.5~4.5m에서 출현
- 2구간은 토사층 0.5~1.0m, 중회대층 0.5~3.0m의 두께로 분포하며 기반암은 1.0~4.0m에서 출현
- 3구간은 토사층 0.8~3.5m, 중회대층 0.0~2.2m의 두께로 분포하며 기반암은 3.0~3.5m에서 출현

248

7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질 특성 시험

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit LL(%)	PI(%)	#4	#10	#40	#200(0.075mm)	USCS
위 기	CBB-2	1.00	중회토	8.6	2.74	NP	-	47	34.7	23.8	15.3	GM
	CBB-4	1.00	중회토	16.4	2.73	NP	-	56	42.4	29.1	15.8	GM
	CBB-10	1.00	중회토	15.2	2.69	NP	-	92.4	85.1	43.9	20.0	SM
	CBB-12	1.00	중회토	28.0	2.74	39.7	19.5	72.8	64.4	53.0	32.7	SC
	CBB-18	1.00	중회토	12.3	2.74	30.0	8.7	84	71.7	58.3	42.3	SC
	CBB-21	1.00	중회토	11.9	2.70	NP	-	67.4	58.5	26.8	11.3	SW-SM
	CBB-22	2.00	중회토	6.7	2.73	NP	-	100	95.2	35.8	19.1	SM
	CBB-24	2.00	중회토	13.4	2.73	NP	-	59.1	45.7	32.6	21.0	GM
	SBB-1	1.00	중회토	28.7	2.68	44.3	22.1	100	97.0	65.5	69.9	CL
	SBB-3	2.00	중회토	8.0	2.65	NP	-	69	67.3	46.2	22.6	SM
중 기	SBB-5	2.00	중회토	7.2	2.65	NP	-	96.8	92.7	55.2	26.7	SM
	SBB-6	3.00	중회토	9.5	2.63	NP	-	100	98.2	56.5	28.1	SM
	SBB-9	2.00	중회토	11.3	2.69	NP	-	57	51.5	36.4	17.7	GM
	SBB-10	1.00	중회토	19.3	2.65	31.8	10.5	100.0	94.0	61.5	35.5	SC
	SBB-19	4.00	중회토	13.5	2.69	28.8	5.2	100	76.1	57.6	37.4	SC
	SBB-21	2.00	중회토	19.4	2.67	NP	-	69.2	54.9	32.0	19.0	SM
	SBB-22	1.00	중회토	16.7	2.64	NP	-	83.9	75.5	49.7	22.7	SM
	SBB-23	1.00	중회토	8.8	2.64	NP	-	37.0	30.5	20.5	8.9	GM
	6SBB-21	2.00	중회토	6.3	2.68	NP	-	-	20.6	10.2	3.5	GM
	6SBB-22	3.00	중회토	8.5	2.67	NP	-	-	51.7	39.3	30.5	SM
하 기	RCB-9	3.00	중회토	3.0	2.65	NP	-	99	84.8	24.8	4.6	SW
	RCB-13	1.00	중회토	15.2	2.73	27.2	3.1	100.0	90.0	65.7	49.7	SC
	RCB-15-1	3.00	중회토	36.8	2.70	NP	-	78	61.0	42.5	30.4	SM
	RCB-17	3.00	중회토	11.9	2.71	NP	-	83	62.9	39.9	24.8	SM
	RCB-18	2.00	중회토	11.6	2.72	NP	-	93.2	90.2	61.9	28.3	SM
	RCB-19	2.00	중회토	12.0	2.73	NP	-	100.0	98.0	53.3	21.3	SM
	RCB-20	3.00	중회토	10.3	2.69	NP	-	100.0	97.3	40.4	20.4	SM
	RSB-11	1.00	중회토	17.0	2.71	27.9	4.8	100	100.0	92.4	68.5	ML
	RSB-12	1.00	중회토	11.0	2.68	NP	-	47.8	41.8	31.3	12.2	GM
	RSB-13	2.00	중회토	20.9	2.68	29.0	11.3	100.0	100.0	91.4	65.6	ML
하 기	RSB-14	2.00	중회토	17.4	2.69	27.9	10.6	100	97.4	83.3	49.0	SC
	RSB-15	2.00	중회토	15.9	2.71	30.0	6.5	100.0	100.0	97.8	68.7	ML
	RSB-16	2.00	중회토	12.7	2.67	NP	-	100	99.6	49.2	25.4	SM
	RSB-17	1.00	중회토	10.6	2.71	NP	-	76	70.6	41.8	23.4	SM

- 비밀연구구간 함수비는 6.7~28.7%, 비중은 2.63~2.74로 통일분류상 SC, SM, GM, CL, GW-GM, SW-GM에 해당함
- 탐사비밀연구구간 함수비는 3.0~36.8%, 비중은 2.65~2.73로 통일분류상 SM, GM, CL, GW-GM, SW-GM에 해당함

256

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 5공구 지반조사

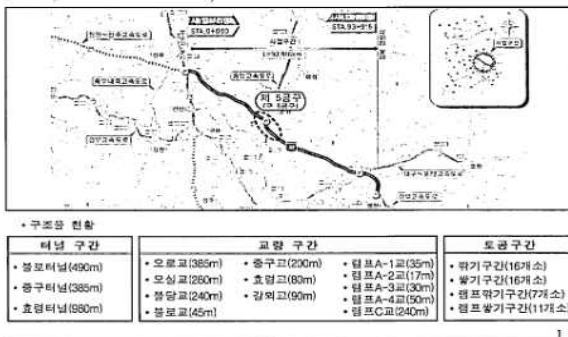
1.2 조사목적

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 5공구 구간 지반조사
- 계획노선의 지반공학특성 특성상 고려한 조사계획 수립
- 선진형 최적노선으로 구조물별 특성을 고려한 침강조사, 현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태, 지반공학특성 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위 치	• 시점 : (STA. 0+000) • 종점 : (STA. 7+978) • 연장 : 7.98km	
특 성	• 국토 중남부 5개 고속도로를 연결하는 제2연부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항, 대구~부산고속도로 등비 건설과 연접 대구, 국외인 교통수요 분산 • 민간회 참여와 효율적 정부투자사업의 효율적 집행 도모	

1.4 위치도



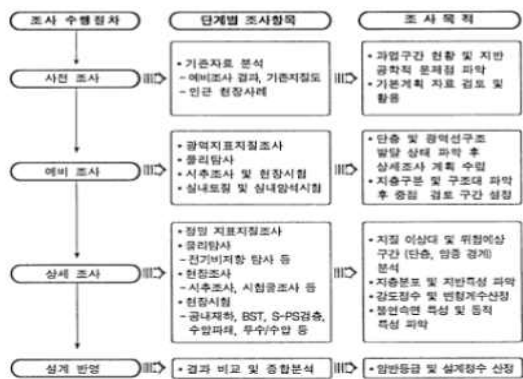
제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

- (1) 조사계획 수립
 - 기존 문헌자료, 기존계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
 - 지질 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립
- (2) 단계별 조사 수행
 - 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
 - 상세조사, 추가조사를 통한 지반조건자료 파악 및 분석 수행
 - 다양한 분석기법을 적용, 일반응답률 최적의 설계지반조사 선정
 - 구조물 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석
- (3) 중점검토구간 현장조사 수행
- (4) 신뢰성 높은 분석 및 설계안을 확대화

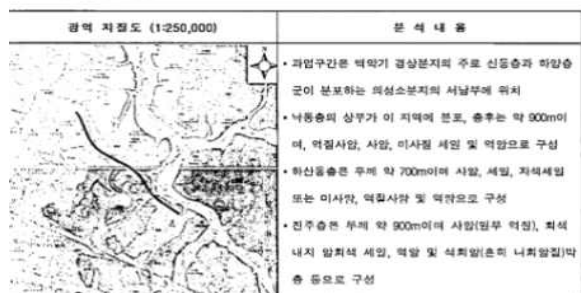
나. 조사 수행 흐름도



제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지점도 분석



4.1.2 기본설계 자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 불적층은 0.5~7.3m, 중회로는 1.3~9.3m, 중회로는 0.3~5.0m 두께로 분포 • 연장은 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 적회암으로 구성
교량구간	• 불적층은 0.3~5.4m, 중회로는 0.5~1.1m, 중회로는 0.3~0.9m 두께로 분포 • 연장은 1.1~6.3m, 경암은 2.9~6.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=25~100/0~64, 경암 TCR/RQD(%)=62~100/45~67로 적회암으로 구성
비탈면구간	• 불적층은 0.3m, 중회로는 3.3m, 중회로는 1.5~4.0m 두께로 분포 • 연장은 0.3~24.0m, 경암은 1.5~22.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=62~100/0~41, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/45~100로 적회암으로 구성

52

4.3 지중분포 특성을 위한 조사

4.3.1 개요

가. 기본 사항

- 터널 및 교량구간 상세지중, 지질 이상대 파악, 일반 분류서 활용
- 지반의 공학적 성질 분석, 암종 경계 및 지중 분포 특성 파악

나. 조사 위치 및 수량

- 굴착법 단면과 암사 14.33m, 전기저항탐사 8.19m, 시추조사 196점, 시정탐조사 13개소, 표준관입시험 480회

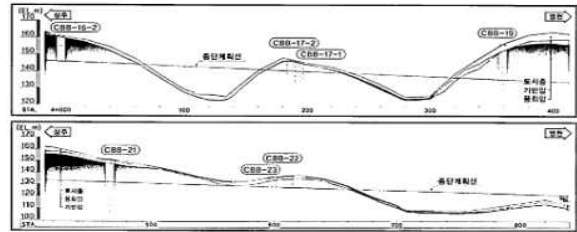


(1) 굴착법 단면과 암사

• 분석 구간

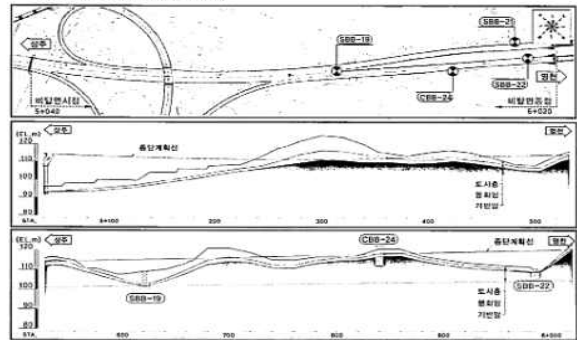
위 치	암사구간(STA.)	측선방향 연장(m)	위 치	암사구간(STA.)	측선방향 연장(m)	
비탈면 구간	0~000	횡 115	중구터널 시험	(영천)5+000~6+080	중 80	
	0+950~1+180	중 230		(상주)6+000~6+680	중 80	
	1+000	횡 115		6+030	횡 100	
	1+080	횡 115	중구터널 중점	(영천)6+370~6+470	중 100	
	1+190~1+605	중 415		(상주)6+370~6+470	중 100	
1+720~2+675	중 955	6+430		횡 100		
불로터널 시험	(영천)3+010~3+125	중 115	효령터널 시험	(영천)6+545~6+660	중 115	
	(상주)2+970~3+085	중 115		(상주)6+545~6+660	중 115	
	3+020	횡 55		6+590	횡 100	
불로터널 중점	3+100	횡 55		효령터널 중점	6+635	횡 100
	(영천)3+410~3+600	중 115			(영천)7+535~7+650	중 115
	(상주)3+410~3+525	중 115	(상주)7+535~7+650		중 115	
	3+540	횡 55	7+575	횡 100		
	3+460	횡 55	7+600	횡 100		
비탈면 구간	3+600~4+000	중 1,245				
	4+360	횡 115				
	4+470	횡 115				
	4+600	횡 115				

77



- 약기 12구간은 토사층 0.5~5.7m, 풍화대층 1.8~2.8m의 두께로 분포하여 기반암은 2.7~7.5m에서 출현
- 약기 9, 10구간은 토사층 0.3m의 두께로 분포하여 기반암은 3.2m에서 출현
- 약기 9, 10구간과 약기 7구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 1.0~3.0m의 두께로 분포
- 약기 11구간과 약기 8구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 2.0~3.0m의 두께로 분포

(5) 비탈면 5구간(5+040~6+040)



- 약기 13구간은 토사층 1.5~4.9m, 풍화대층 0.5~1.9m의 두께로 분포하여 기반암은 2.0~3.7m에서 출현
- 약기 11, 12구간은 토사층 6.7m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하여 기반암은 7.8m에서 출현
- 약기 13구간은 토사층 1.8~2.5m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하여 기반암은 1.8~2.5m에서 출현

250

7.6 설계 지반정수 선정

7.6.1 개요

가. 기본 사항

- 기존 설계정수 선정의 원칙점을 분석하고 대표값 선정시 신뢰도 향상을 위해 통계처리기법 (Monte Carlo Simulation)을 적용하여 설계지반정수 선정
- 단면 유사한 설계·시공자료와 기존보존자료를 분석하여 합리적인 설계 정수 선정

7.6.2 선정결과 요약

가. 연속체 해석을 위한 설계 지반정수 선정 결과

구 분	변형계수, E (MPa)	단위중량, γ (kN/m³)	점착력, c (kPa)	내부마찰각, φ (°)	포아송비, ν
불로터널	10.5	18.0	10.0	30.0	0.350
불로터널	20.0	19.0	24.0	28.0	0.350
불로터널	100.0	20.0	29.0	32.0	0.350
기반암	-	25.0	240.0	36.0	-
파쇄암반(파쇄대)	-	23.0	37.0	28.0	-

나. 수리해석을 위한 설계지반 정수 선정 결과

구 분	토질층	풍화도	풍화암	기반암	파쇄암반(파쇄대)
부속계수, k (cm/sec)	1.70×10 ⁻³	6.00×10 ⁻⁴	5.20×10 ⁻⁴	9.76×10 ⁻⁵	3.00×10 ⁻⁵

다. 불연속체 해석을 위한 설계지반 정수 선정결과

(1) UDEC 및 3-DEC 해석을 위한 절리면 강도정수 선정결과

구 조 구 간 (m)	절리면 (ID) (mm)	방향 (ID) (mm)	c _n (MPa)	φ _n (°)	JCS (MPa)	α _n (mm)	β _n (mm)	V _n (mm)	K _{nc} (MPa/mm)	K _{ns} (MPa/mm)	K _{cs} (MPa/mm)
1	22.3	1	9134	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	3.42	6.81	0.46
		2	81503	3.71						43.90	2.50
		3	90155	33.22						1900.87	18.56
		4	75218	2.24						22.40	1.57
		5	00106	1.10						19.32	1.17
2	42.2	1	86221	15.73	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	1.17
		2	79337	5.75							
		3	86297	12.59							
		4	04086	0.68							
		5	83366	65.2	5.56	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15
3	23.0	1	07102	0.80							
		2	81366	3.92							
		3	85296	34.29							
		4	82036	4.30							
		5	15137	0.78							
4	29.0	1	82009	5.42	8.0	33.9	26.0	0.51	0.50	7.96	1.13
		2	65071	1.78							
		3	112121	0.81							
		4	84052	7.59							
		5	85330	9.10							
5	30.5	1	82591	5.70	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	0.92
		2									
		3									
		4									
		5									

262

7.6.6 불연속체 해석을 위한 설계 지반정수 선정

가. 개요

- 방향성 및 역학적 특성을 고려하여 구조구분 중심지 선정
- 해석에 사용된 불연속면 자료는 지리지질조사, 시추공명상향탐사의 조사결과를 종합분석하여 정리된도가 높고 영향성이 좋은 절리군을 주 불연속면으로 구분하여 해석에 반영
- 해석에 이용한 절리정수는 현지암반 불연속면 조사결과와 절리면 전단시험 결과로부터 선정
- 작업소태석시 실험 절리정수 표본 및 입력자료의 확률이 용이하고 극값성 측면에서 Mohr-Coulomb 모델보다 우수한 Barton-Bandis 모델을 적용하고 이에 따른 설계정수 선정
- 나. Barton-Bandis에 의한 절리면 수직강성 및 전단강성

$$\begin{aligned}
 & \bullet \text{수직강성 } K_n = K_w \left[1 - \frac{\sigma_n}{V_n} \frac{K_w}{K_n + \sigma_n} \right]^{-2} \\
 & \bullet \text{전단강성 } K_t = \frac{100}{L} \sigma_n \tan \left[\frac{JCS}{JCS_0} \log \left(\frac{JCS}{JCS_0} \right) + \phi_s \right] \\
 & \text{여기서, } K_w = -7.15 + 1.75 JRC + 0.02 \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \sigma_n = \frac{JRC}{5} \left(0.2 \frac{\sigma_n}{JCS} - 0.1 \right) \\
 & V_n = -0.298 - 0.0056 JRC + 2.241 \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right)^{-0.348}
 \end{aligned}$$

구 조 구 간 (m)	절리면 (ID) (mm)	방향 (ID) (mm)	c _n (MPa)	φ _n (°)	JCS (MPa)	α _n (mm)	β _n (mm)	V _n (mm)	K _{nc} (MPa/mm)	K _{ns} (MPa/mm)	K _{cs} (MPa/mm)
1	22.3	1	9134	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	3.42	6.81	0.46
		2	81503	3.71						43.90	2.50
		3	90155	33.22						1900.87	18.56
		4	75218	2.24						22.40	1.57
		5	00106	1.10						19.32	1.17
2	42.2	1	86221	15.73	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	1.17
		2	79337	5.75							
		3	86297	12.59							
		4	04086	0.68							
		5	83366	65.2	5.56	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15
3	23.0	1	07102	0.80							
		2	81366	3.92							
		3	85296	34.29							
		4	82036	4.30							
		5	15137	0.78							
4	29.0	1	82009	5.42	8.0	33.9	26.0	0.51	0.50	7.96	1.13
		2	65071	1.78							
		3	112121	0.81							
		4	84052	7.59							
		5	85330	9.10							
5	30.5	1	82591	5.70	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	0.92
		2									
		3									
		4									
		5									

265

31.2.2 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 31.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 산마루측구 일부구간에서 부분적인 균열이 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
2	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 산마루측구, 소단배수로 균열이 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	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 심한풍화, 산마루측구, 소단배수로 균열 및 재균열이 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, 낙석방지울타리 설치
4	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 심한풍화, 산마루측구, 소단배수로 균열 및 재균열, 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 소단 낙석방지울타리 설치

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	210	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 식생공 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 및 산마루측구에 균열이 일부 발생하였으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
	2019. 09. 16 2019. 12. 27	장진원	B	균열보수, 주의관찰
6	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	176	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 정비
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	176	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)명성 엔지니어링	591	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 및 산마루측구 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 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 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 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, 성능목표인 "B등급" 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, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	176	영천절토 31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 2단사면에서 표측유실, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	252	심한풍화 배수시설 균열, 토사퇴적
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	균열보수, 청소, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 및 보수부 재균열, 토사퇴적
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	균열보수, 청소
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 및 보수부 재균열, 토사퇴적
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	균열보수, 청소
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 토사퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	균열보수, 청소

31.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2019년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	심한풍화(낙석방지망내)	주의관찰
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적 산마루측구 균열	주입보수 청소 주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 및 사면부는 손상이 없는 상태이며, 낙석방지망내 심한풍화구간은 지표수에 의한 손상증가 가능성이 있으므로, 주의관찰이 요망된다. 배수시설에 균열 및 토사퇴적이 전회비에 비해 추가 조사되었다. 균열보수가 필요하며, 토사퇴적의 경우 원활한 배수기능을 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 40.115km	52.1	112.8	경암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 52.1로 측정되었으며, 추정강도 112.8MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토31		표 번 호	【표 31.5.1】
평가구분		결합지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.26	B	근거표번호	【표 31.4.5】
	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.26	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	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	27.0	40.50	m	65	2,633	1
	소단배수로 토사퇴적	청소	1.0	1.50	m³	25	38	3
	산마루측구 균열	주입보수	0.5	0.75	m	65	49	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	2,682		0		38		
	재경비 (순공사비의 50%)	1,341		0		19		
	합계	4,023		0		57		
개략공사비 총계(천원)		4,080						

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.

31.2.4 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	영천절토31		
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	영천절토31		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.

31.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 31.2.2】 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 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 기존점검 중점유지관리사항을 확인한 결과, 풍화구간, 배수로 균열, 점검계단 식생관리를 확인하였고, 급회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 기준 정밀안전점검 총2회, 정기점검 총10회, 2중 성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

31.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 31.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	전구간	배수로 균열보수(하자)	-	-	-	

31.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 31.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

31.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

31.3 현장조사 및 시험

31.3.1 현황 및 특성

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

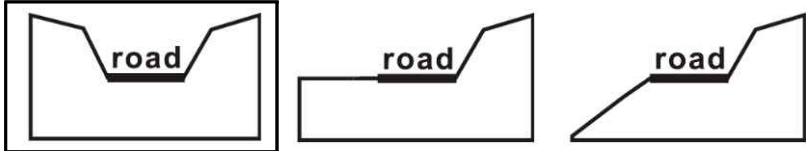
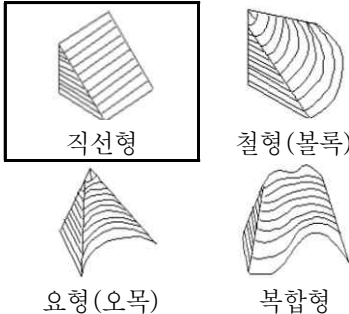
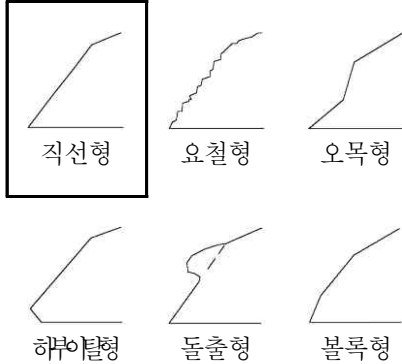
가. 일반현황 조사결과

【표 31.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 09. 12.		조 사 자	이 상 훈	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	대구광역시 군위군 효령면 불로리				
위 경 도	시점 : 36° 16′ 57.9″ 128° 56′ 08.6″				
	종점 : 36° 16′ 78.9″ 128° 55′ 76.7″				
절토사면	길 이 : 150.0m		높 이 : 31.0m		
	경 사/경사방향 : 55/054				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 1.0~6.0m		
	소 단 : 3				
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	
	산마루측구	40.025~40.175k		균열	
	소단배수로	40.075~40.165k		균열	
	수직도수로	40.175k		양호	
	낙석방지울타리	40.055~40.165k		양호	
	야생동물유도울타리	40.025~40.055k, 40.165~40.175k		양호	
	낙석방지망	40.055~40.165k		양호	
	점검계단	40.025~40.105k		양호	
붕괴이력	유 형	규 모		위 치	
기 타	.				

나. 사면특성 조사결과

【표 31.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	중 횡 단 면			중 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		10~20°			
	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

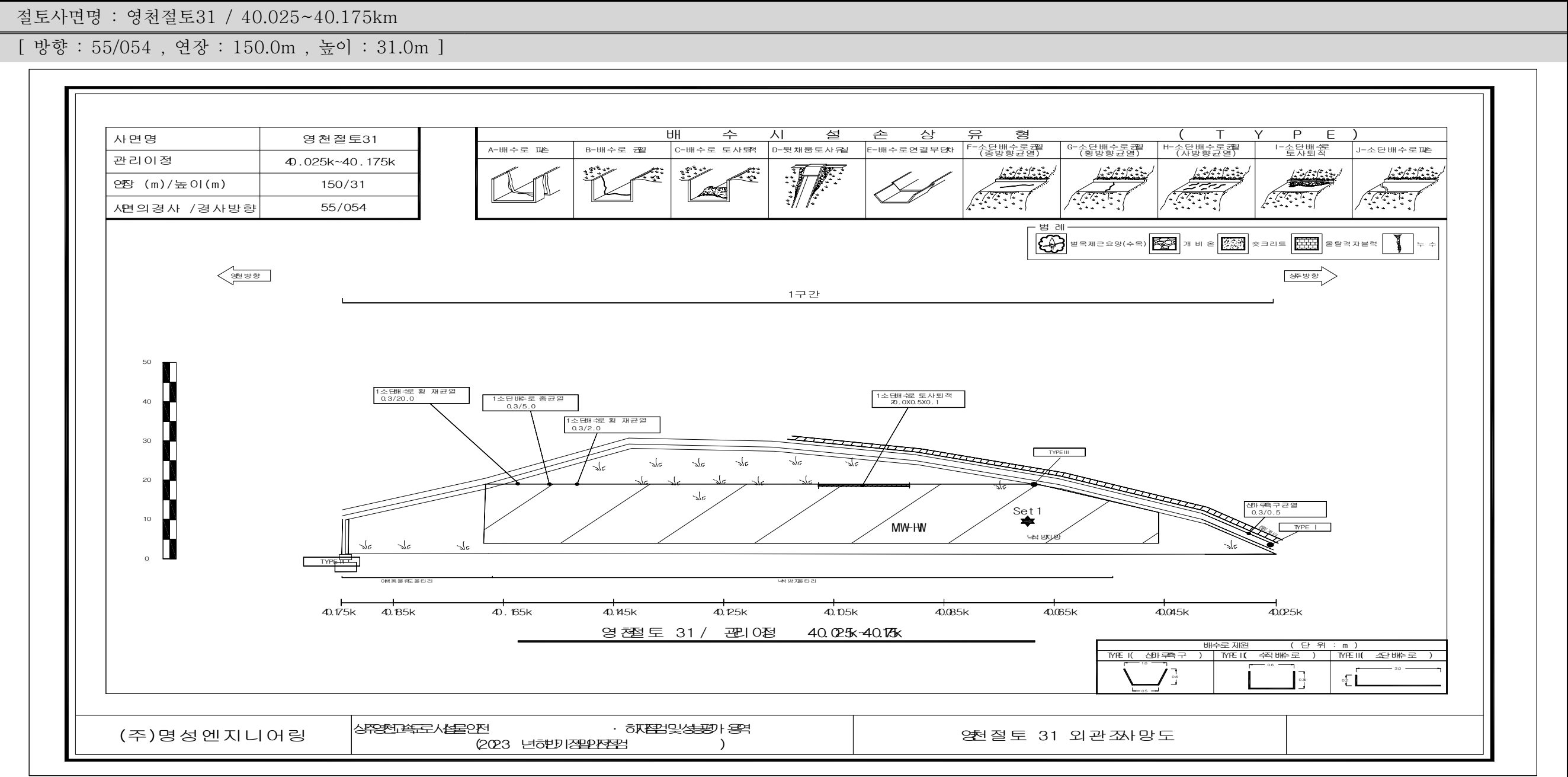
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 1개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 31.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	40.025~40.175	150.0	31.0	절리암반	

31.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set1									
													J1	J2	J3							
												간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	간격	10	10	10							
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	연장	4	2	4						
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	틈새	5	5	5						
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	거칠기	3	3	3						
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	충전물	4	4	4						
												풍화도	1	3	1							

31.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 영천절토31의 관리이정 40.025~40.175k의 구간으로 연장 150.0m, 높이 31.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암반을 확인한 결과, 풍화등급은 보통풍화(MW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.
- 2023년 07월 05일 지속된 장마의 영향에 따라 지반 약화, 토사유실 등에 의해 붕괴가 일어났으며, 붕괴이후 암석 제거 및 전면부 2차 붕괴시 주행 차량의 안전을 위한 방벽을 설치한 상태이다. 현재 붕괴구간은 계단식옹벽, 영구앵커 등을 시공하여 근시일내 보수를 실시할 예정이다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구, 낙석방지울타리 등이 설치되어있었으나, 사면 붕괴에 따라 파손된 상태이며, 현재 붕괴구간은 계단식옹벽, 영구앵커 등을 시공하여 근시일내 보수를 실시할 예정이다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(40.055~40.165k), 야생동물유도울타리(40.025~40.055k, 40.165~40.175k), 점검계단(40.025~40.105k)이 설치되어 있으며, 낙석방지울타리는 현재 파손상태로 보수를 실시할 예정이다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로, 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 소단배수로에 40.155k 균열(0.3/2.0, 0.3/5.0, 0.3/20.0), 40.105k 토사퇴적(20.0*0.5*0.1)이, 산마루측구에 40.030k 균열(0.3/0.5)이 조사되었다.
- 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중, 공용기간 증가로 인해 지표수 유입에 의한 토층유실 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 하부 사면 붕괴에 대한 보수시 일괄로 보수 및 정비 예정인 상태이다.

			
현 황	상부자연사면 전경	현 황	산마루측구, 점검계단 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	2단 임시보수부 전경	현 황	전면부 방벽 전경
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-
			
현 황	40.030k 소단배수로 균열(0.3/2.0)	현 황	40.155k 소단배수로 균열(0.3/2.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

1차조사 - 2023년 07월 05일			
			
			
현 황	40.060k~40.150 사면붕괴	현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등	원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공	대 책	보수·보강공
			
현 황	40.060k~40.150 사면붕괴	현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등	원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공	대 책	보수·보강공

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)





현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공



현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공



현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공



현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

			
현 황	40.060k~40.150 사면붕괴	현 황	40.060k~40.150 사면붕괴
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등	원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등
대 책	보수·보강공	대 책	보수·보강공
			
현 황	40.060k~40.150 사면붕괴	현 황	절토부 2단 전경
원 인	장마에 의한 지반약화, 토사유실 등	원 인	—
대 책	보수·보강공	대 책	—

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 31.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	사면붕괴	식	1.0	1	계단식옹벽+앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	27.0	3	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	m³	1.0	1	청소	
	산마루측구 균열	m	0.5	1	주입보수	

31.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 31.3.5】외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	사면붕괴	계단식옹벽+앵커
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적 산마루측구 균열	주입보수 청소 주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면은 손상이 없는 상태이며, 사면부 붕괴가 발생하여 현재 임시조치로 흙막이공이 설치되어 있다. 붕괴부는 계단식옹벽+앵커공이 필요한 상태이다. 낙석방지망내 풍화구간은 지표수에 의한 손상증가 가능성이 있으므로, 주의관찰이 요망된다. 배수시설에 균열 및 토사퇴적이 전회에 비해 추가 조사되었다. 균열보수가 필요하며, 토사퇴적의 경우 원활한 배수기능을 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

【표 31.3.6】손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	사면붕괴	식	1.0	1	계단식옹벽+앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	27.0	3	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	m³	1.0	1	청소	
	산마루측구 균열	m	0.5	1	주입보수	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 사면부 붕괴 및 배수시설 손상이 일부 증가한 것으로 확인되었다.

【표 31.3.7】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	사면붕괴	식	—	—	1.0	1	▲1.0	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	22.0	2	27.0	3	▲5.0	
	소단배수로 토사퇴적	m³	—	—	1.0	1	▲1.0	
	산마루측구 균열	m	0.5	1	0.5	1	—	

31.3.5 재료시험 결과

영천절토31은 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 31.3.8】 반발경도시험 결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 40.115km	51.0	107.1	보통암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.0로 측정되었으며, 추정강도 107.1MPa로 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 31.3.9】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2021년)		금회(2023년)		비고
		반발경도	추정강도(MPa)	반발경도	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	52.1	112.8	51.0	107.1	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 31.3.2】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

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

【표 31.3.10】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간(Set1)		
	J1	J2	J3
방향성	75/210	35/030	82/220
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	1.0~3.0	3.0~10.0	1.0~3.0
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	MW	HW

【표 31.3.11】 이전 점검 불연속면조사 결과표

구 분	2021년 정밀안전점검		
	1구간	—	—
방향성	35/030	—	—
간격(m)	0.2~0.6	—	—
연장성(m)	3.0~10.0	—	—
틈새(mm)	0.1mm 미만	—	—
거칠기	약간 거칠음	—	—
충진물질	딱딱함, 5mm미만	—	—
풍화도	MW	—	—

31.4 사면 안정성 검토 및 보수·보강대책 수립

상주영천고속도로 유실 절토사면 항구복구 실시설계 보고서에서 사면 안정성 검토 및 보수·보강대책에 대한 자료를 참고하여 본문에 수록하였다.

31.4.1 사면 안정성 검토

가. 평사투영해석

【표 31.4.1】 불연속면 분포

구 분	J1	J2	J3	J4
불연속면 종류	절리	절리	절리	절리
Dip/Dip Direction	83/143	88/035	59/096	63/003

【표 31.4.2】 평사투영해석 결과

평면 및 전도			썩기파괴	
구분	평면	전도	썩기	검토결과
DIP/DIR 75/040	불안정	불안정	불안정	평면, 전도, 썩기파괴 불안정

- 해당 사면은 평면, 전도, 썩기파괴에 대하여 불안정하므로 보강전 현상태 비탈면에 대하여 한계평형해석을 실시하여야 함
- 안정측 검토를 위하여 평면파괴 검토를 실시하여 보강검토를 실시함

STA. 3+865.8

암파쇄 방호시설

계단식 옹벽

사면내 파괴로 가정

영구앵커, L=19M, φ 12.7x4
C.T.C = 3.0x3.0M (HxV)

영구앵커, L=15M, φ 12.7x4
C.T.C = 3.0x3.0M (HxV)

수평배수공, D75, L=8.0M
C.T.C = 3.0x6.0M (HxV)

3+865.8

3+875.8

19.82

26.40

1:1.1

1:2.0

0.0%

8.00

6.00

2.00

148.99

2.46

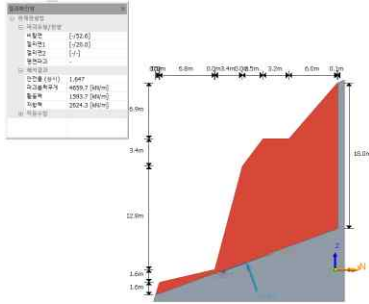
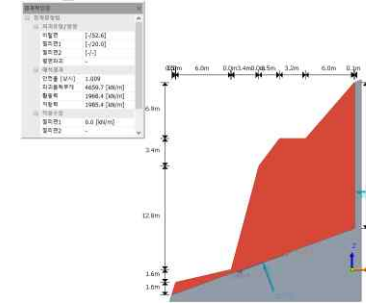
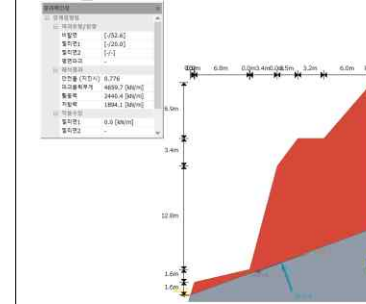
148.87

II - 31 - 35

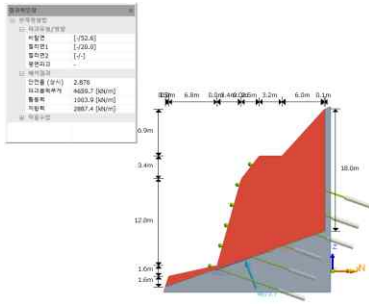
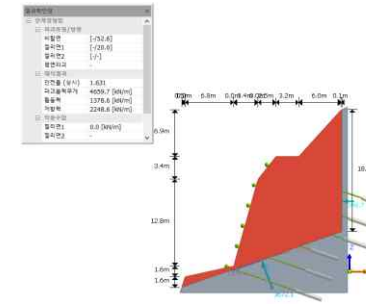
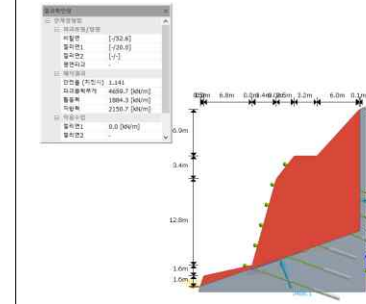
【표 31.4.3】 해석 검토조건

구 분	단위중량, $\gamma t(\text{kN/m}^3)$	점착력, $c(\text{kPa})$	내부마찰각, $\phi(^{\circ})$	비 고
SITE-3 (영천 40.0 K)	23.0	12.29	28.0	

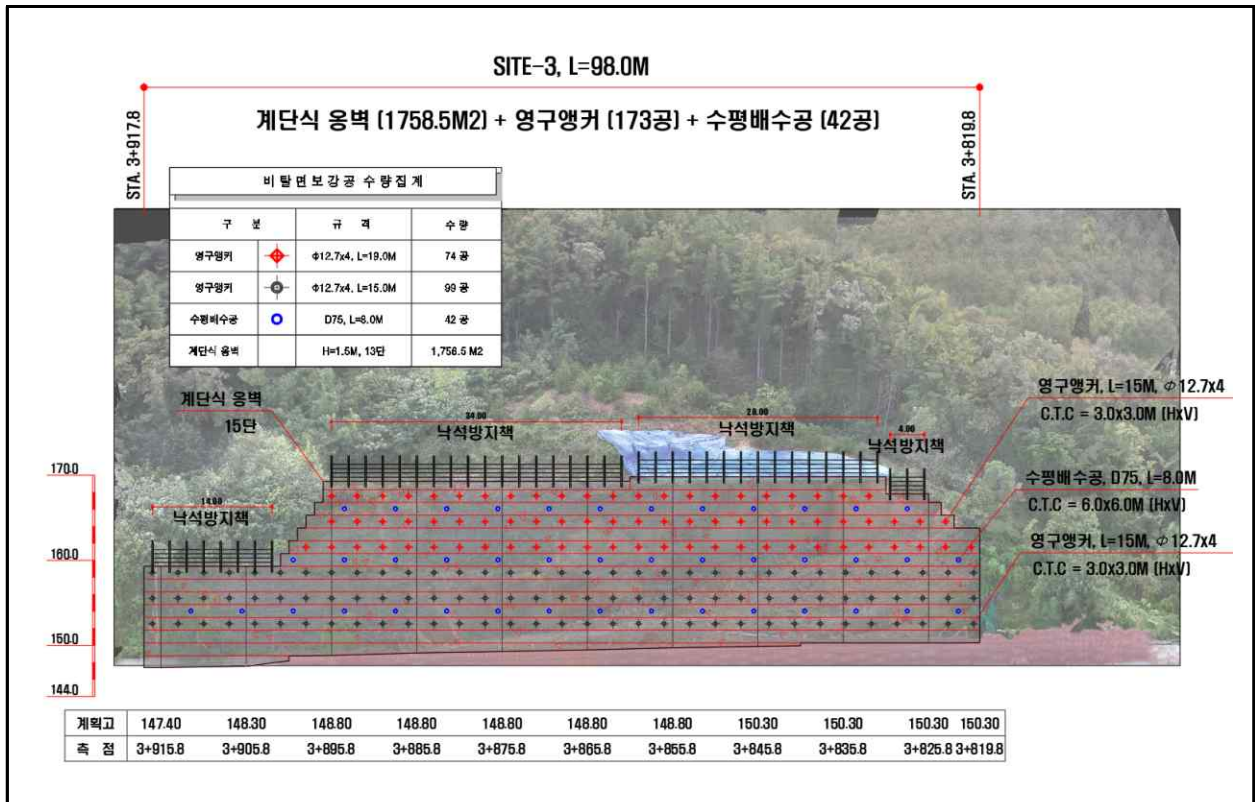
【표 31.4.4】 보강전 비탈면 안정성 검토

건기시		우기시		지진시	
					
FS = 1.647 > 1.50 ∴ O.K		FS = 1.009 < 1.20 ∴ N.G		FS = 0.776 < 1.10 ∴ N.G	
대표단면 (STA.)	비탈면 높이(m)	평면파괴			비고
		건기시	우기시	지진시	
3+865.8	24.60	1.647	1.009	0.776	N.G
보강전 비탈면 검토결과 기준안전율을 하회하여 별도의 보강대책이 필요함					

【표 31.4.5】 보강후 비탈면 안정성 검토

건기시		우기시		지진시	
					
FS = 2.876 > 1.50 ∴ O.K		FS = 1.631 > 1.20 ∴ O.K		FS = 1.141 > 1.10 ∴ O.K	
대표단면 (STA.)	비탈면 높이(m)	평면파괴			비고
		건기시	우기시	지진시	
3+865.8	24.60	2.876	1.631	1.141	O.K
- 보강내용 : 계단식옹벽 + 영구앵커 - 상기 비탈면은 영구앵커 L=15~19M Ø12.7x4, C.T.C=3.0x3.0 (Hxv) 보강시 기준안전율을 상회하여 안정함					

31.4.2 사면 보수·보강대책



【그림 31.4.2】 보강 전개도

- 보강설계 과업 중 절취 및 암파쇄 방호시설 설치높이는 6.0m 적용하였으며, 근입깊이는 암반 지층, 복합지층으로 2.0m 적용하였다. (기시공 완료, STA. 3+800~3+914, L=114M, 영천 방향 40.0K 평면도 참조)
- 측구와 암파쇄방호시설 간의 이격거리는 비탈면 보강시공을 위한 장비의 작업반경 등을 고려하여 현장 상황에 맞게 감독원과 협의 후 결정하여야 한다.
- 본 보강비탈면 암파쇄 방호시설 높이는 현장조사(현황측량 미수행)를 반영하여 계획하였으므로, 시공시 현장상황에 맞게 암파쇄 방호시설 높이와 근입깊이를 감독원과 협의 후 적절한 변경이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

31.5 상태평가

31.5.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 150m의 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 31.5.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	40.025~40.175km	150m	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 31.5.2]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)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 31.5.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{6.0}{31.0} = 0.19$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 107.1MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.4, \frac{I_b}{H} = \frac{0.4}{31.0} = 0.013$ 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									

라. 사면안정성 검토 결과 및 보수·보강대책 반영

상주영천고속도로 유실 절토사면 항구복구 실시설계 보고서에서 보수·보강대책을 수립하였으며, 보수시 사면 안정성 검토결과 안정한 것으로 확인되었다. 근시일내 보수가 이루어질 것이라 상태평가 결과에 보수·보강대책을 반영하여 안전등급을 산정하였다.

31.5.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 31.5.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토31		표번호	[표 31.5.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	40.025~40.175km	
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	붕괴	40.100k	64㎡ 이상	4	
조사일시	2023. 09. 12.		조사자	이 상 훈	

【표 31.5.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토31		표번호	[표 31.5.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	40.025~40.175km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-경사방향	030 - 054 = -24°	3		
1-6		절리경사-사면경사	35 - 55 = -20°	7		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.2점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	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	좋음	1		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 09. 12.		조사자	이 상 훈		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.29로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

상주영천고속도로 유실 절토사면 항구복구 실시설계 보고서에서 보수·보강대책을 수립하였으며, 근시일내 보수가 이루어질 것이라 상태평가 결과에 보수·보강대책을 반영하여 안전등급을 산정하였다.

【표 31.5.5】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			영천절토31				표번호
근거표번호			[표 31.5.3], [표 31.5.4]				[표 31.5.5]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	4	f1=0.17	b
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		4	e			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	3	c	18	f2=0.35	c
		⑥ 절리경사-사면경사	7	e			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					22	F=0.29	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 4 / 24 = 0.17 ○파괴요인지수(f2) : 18 / 52 = 0.35 ○상태평가등급(F) : 22 / 76 = 0.29					

【표 31.5.6】상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급
영천절토31	0.29	B	0.29	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 상태점수(3→2)가 감소되었고, 파괴현황에 사면부 붕괴가 발생되어 결함점수가 증가하였으나, 등급은 B로 동일한 상태이다.

【표 31.5.7】이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.26	B	
금회 정밀안전점검	0.29	B	

31.6 종합평가 및 안전등급 지정

31.6.1 종합평가 결과

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

【표 31.6.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토31		표 번 호	【표 31.6.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.29	B	근거표번호	【표 31.5.5】
	－	－	－	－	－
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.29	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

31.6.2 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 31.6.2】 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

31.7 보수·보강 및 유지관리방안

31.7.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 31.7.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
사면부	사면 붕괴	계단식옹벽 +영구앵커 +수평배수공	1식				1,000,000	1
사면하부								
부대시설	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	27.0	40.50	m	65	2,633	1
	소단배수로 토사퇴적	청소	1.0	1.50	m³	25	38	3
	산마루측구 균열	주입보수	0.5	0.75	m	65	49	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	1,002,682		0			38	
	재경비 (순공사비의 50%)	501,341		0			19	
	합계	1,504,023		0			57	
개략공사비 총계(천원)		1,504,080						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

31.7.2 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 31.7.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 붕괴구간 → 사면 붕괴구간에 대한 계단식옹벽, 영구앵커 등의 보강공을 실시하고, 보강상태 확인, 추가 손상 발생여부에 대한 주기적인 유지관리가 필요	
배 수 시 설	• 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보 호 시 설	• 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

31.8 종합결론

31.8.1 정밀안전점검 결과 요약

- 사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면은 손상이 없는 상태이며, 사면부 붕괴가 발생하여 현재 임시조치로 흙막이공이 설치되어 있다. 붕괴부는 계단식옹벽+앵커공이 필요한 상태이다. 낙석방지망내 풍화구간은 지표수에 의한 손상증가 가능성이 있으므로, 주의관찰이 요망된다. 배수시설에 균열 및 토사퇴적이 전회에 비해 추가 조사되었다. 균열보수가 필요하며, 토사퇴적의 경우 원활한 배수기능을 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 52.1으로서 추정강도 112.8MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.29로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 절리경사, 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.

31.8.2 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.

31.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 사면 붕괴구간에 대한 계단식옹벽, 영구앵커 등의 보강공을 실시하고, 보강상태 확인, 추가 손상 발생여부에 대한 주기적인 유지관리가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

31.8.4 기타 필요한 사항

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