

4. 영천절토04

4.1 시설물 개요

4.2 자료수집 및 분석

4.3 현장조사 및 시험

4.4 상태평가

4.5 종합평가 및 안전등급 지정

4.6 보수·보강 및 유지관리 방안

4.7 종합결론

4. 영천절토04

4.1 시설물의 개요

영천절토04는 경상북도 상주시 낙동면 장곡리(상주영천고속도로 4.300~5.120km)에 위치한 사면으로서 총 연장 820.0m, 높이 48.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000019		관리번호	SY SL4
시설물명	영천절토04		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경상북도 상주시 낙동면 장곡리		
	위치좌표	시점 : 36 ° 22 ' 21 " 128 ° 16 ' 44 "		
		종점 : 36 ° 22 ' 7 " 128 ° 17 ' 1 "		
	관리이정	4.300~5.120km		
	공구이정	1공구 STA.4+300~5+120		
제 원	연 장	820.0m	높 이	48.0m
	경사/방향	45/038	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	20°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	대림산업(주)
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 수직도수로, 낙석방지울타리		
비 고				

4.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 4.1.1】 위치도

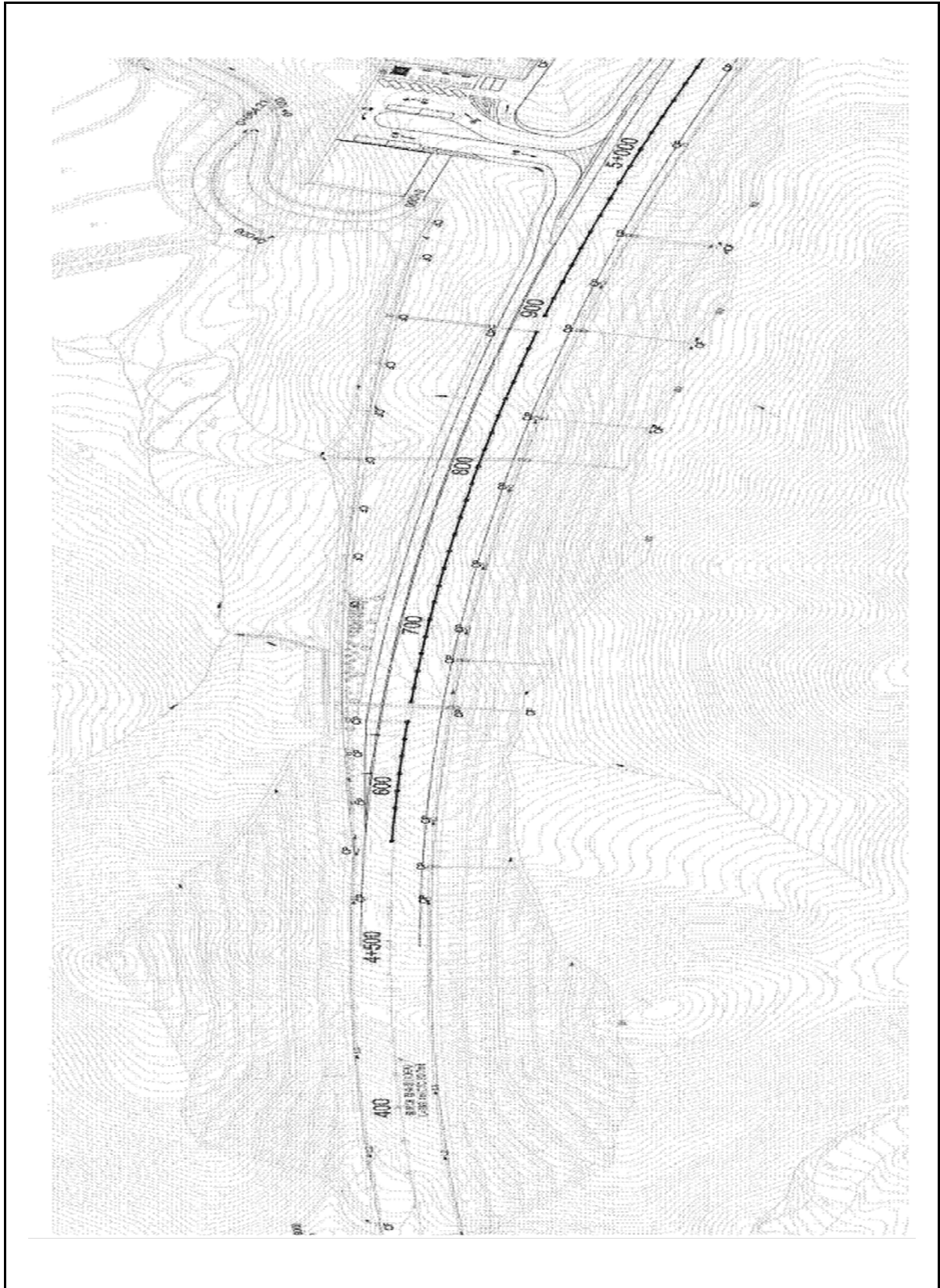


【그림 4.1.2】 전경사진

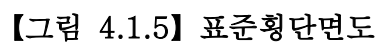
	
1소단 배수로 전경	소단배수로 낙석방지울타리 전경
	
점검계단, 산마루측구 전경	점검계단, 수직도수로 전경
	
낙석방지망, 사면부 전경	도로부, 낙석방지울타리 전경

【그림 4.1.3】 부재별 현황

4.1.3 시설물 일반도



【그림 4.1.4】 평면도



4.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 1공구]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

4.2.1 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

1) 방위기 비탈면 표준경사

가. 각 기층의 방위기 비탈면 표준경사

토질조건	방위기높이	비탈면 경사			
		건설교통부	도로공사	토지공사	주택공사
토사	5m 이상	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5
	0~5m	1:1.2	1:1.2	1:1.2	1:1.2
리필암 (불회암)	5m 이상	1:0.7~1.0	1:1.0	1:1.0	1:1.0
	0~5m				1:1.0
활파암	5m 이상				1:1.0
	0~5m				1:0.8
	경암				1:0.5

(한국지반공학회 학술발표집, 1995)

다. 일반특성에 따른 방위기 비탈면 표준경사

암석종류 (경도)	암반파쇄상태 T.C.R % R.Q.D %	굴착 난이도	경사	소단 설치	비고
중회암 또는 연경암으로 파쇄가 심한 경우	20%이하 10%이하	리필암	1:1.0~1.2	H-5m 이하 소단 1m	•최소한 기준 100m 이하 다 소단 설치 •리필암과 활파암 사이 는 소단 설치하지 않음 •소단사이에는 토사와 리 필 구별선이 발생시 많 은 폭 비탈면 경사 적용
경한 불회암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~40%	활파암 (면암)	1:0.8~1.0	H-10m 이하 소단 1~2m	
	40~60%	활파암 (면암)	1:0.7		
	60%이상	활파암 (경암)	1:0.5	H-20m 이하 소단 3m	

(한국도로공사 도로설계요령 2002)

1) 비탈면 경사의 결정

가. 방위기 비탈면 경사 결정에 따른 흐름도

상주~영천간 한자고속도로 1구구 건설공사

9

상주~영천간 한자고속도로 1구구 건설공사

10

나. 방위기 비탈면 경사결정에 따른 흐름도

2.2.4 지하수위 적용

1) 비탈면 침투해석 검토

건설공사 비탈면 설계기준(2011)은 "원상지반조사결과, 지형조건, 배수조건과 설계계곡반도에 따른 해당지역의 광우강도, 광우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 수행하고 적용 설계정수와 해석방법을 명확히 기술하여야 한다" 라고 제시하고 있으므로 이를 근거로 검토 조건 및 방법을 수립하였다.

가. 침투해석 방법

본 검토구간 방위기 비탈면의 지하수위는 한국도로공사 도로설계요령을 기준으로 설정하였으며, 근거시에는 지하수위를 고려하지 않고 무기시에는 침투해석 결과를 적용하였다.

구분	건가시	지하수위	무기시
방위기 비탈면	지하수위 미고려	침투해석 결과 적용	

나. 적용 광우강도 선정

구분	지속시간	광우강도
상주	48 시간	7.6 mm/hr

상주~영천간 한자고속도로 1구구 건설공사

11

상주~영천간 한자고속도로 1구구 건설공사

13

나. 지형 및 지질

2.1 지형 및 지질

2.1.1 주변지형 특성

본 조사지역의 역치는 행정구역상 경상북도 상주시 낙동면 상촌리를 시점으로 하여 경상북도 의성군 단일면 낙동리를 종점으로 하는 연장 약 7.36km 구간에 해당한다.

과일지역은 천안도의 동서부를 가로지르는 낙동강의 상류지역에 속하며, 태백산맥에서 분기한 일월산맥의 주맥이 동쪽의 동북부를 북북서-남남동 방향으로 침투하는 지형이다. 과일지역은 안계령을 위치하여 비교적 완만한 경사를 가진 지평한 구릉지를 이룬다.

서북부 건지봉(420m)과 안계령 봉상동 봉화재는 표상의 산봉이 NNE 방향의 중앙선을 중심으로 어긋나며 대칭적으로 배열되어 있는 지형상의 특징을 갖고 있다.

본 조사지역 인근의 수계의 발달은 낙동강을 중심으로, 잘 발달된 수지상수계를 이루고 있다. 위층을 비롯한 비교적 큰 계류는 지층의 주향방향에 대략 평행한 유로를 만들고 있는 곳이 많다. 낙동강과 역경은 매우 완만히 사할하며, 하천 폭에 비하여 급속하천의 상고는 낮고, 산사 역시 매우 완만하며, 하강작용보다는 확대 및 퇴적작용이 우세한 단계에 있다. 일월산맥을 중심으로 동쪽 지역은 유수에 의한 침식이 활발히 진행되고 있는 장년기 단계이고, 서쪽 지역은 곳에 의한 하강보다는 유로의 확대 및 퇴적이 우세해지는 초기 노년기의 단계에 있다.

2.1.2 지질

본 조사지역은 낙동도곡(1:50,000) 남서측에 위치하며 선형보러가기에 열성암 흑운모화강암질 현마암을 중생대 쥐라기에 관입한 흑운모화강암이 기반암을 이룬다. 역경이 중생암역 및 산성암역이 다수 관입하여 분포하는 양상을 보이며 낙동강변을 중심으로 제4기 충적층이 두껍고 넓게 분포하고 있다. 흑운모 화강암은 상부상 산지를 구성하며 낙동측면에 의하여 부정합적으로 피복된다. 흑운모 화강암의 세립질암이나 2-3mm 정도의 신선한 광석이 관찰을 이룬다. 본 건로지역에서는 풍화도가 매우 무더운 층으로 분포한다.

각 지층에 대한 지질기호는 다음과 같다.

(1) 선형보러가 변성암류

본 암은 과일지역에 위치하고 있는 낙동도곡의 서남쪽의 백두암, 낙동암, 안계령에 분포한다. 선형보러가기의 변성암류는 선형보러가기의 영남계에 속하며, 흑운모화강암질현마암과 반상반정 현마암으로 구분되어 있다. 과일지역에 비롯해서 분포되어 지질기호를 이루고 과일지역의 서쪽으로 광범위한 분포를 보이고 있다.

상주~영천간 민자고속도로 1광구 건설공사

5

(2) 흑운모화강암

본 암은 과일지역에 위치한 상부상 산지를 구성하고 있으며, 흑운모화강암질현마암 및 반상 반정현마암을 결빙하며, 낙동측에 의하여 부정합으로 피복된다. 흑화색의 토착질암이나 신선한 광석이 분포를 이룬다. 본 암의 구성광물은 암반의 순위로 사장석, 석영, 미사상석, 쥬라석, 피어다이트, 흑운모 및 소량의 백운모이다. 사장석은 누대구조가 완전하고 편입에 심하여 누대구조의 내부는 녹색색으로 변해있다. 석영은 모두 파동소동이 현저하다. 미사상석과 피어다이트는 신선하며 대립작용 이루고 내부에 석영, 사장석, 흑운모를 포리는 법구조를 나타내는 것이 많다. 쥬라석은 고온부와 저온부로 변질되고 흑화 유자의 생성이 현저하다. 쥬라석 중에는 칼스밋도 관찰을 이루는 것이 있다. 흑운모는 일부 흑연석, 흑니석, 실량으로 변질되어 있다. 산성산 쪽에는 흑운모화강암의 연변성이 비교적 넓은 분포를 보이면서 나타나고 있다. 연변상은 미세한 조상 구조를 나타내는 세립질암이며 화강암질현마암에 유사하다. 경화에서 중합하여 세립상인 흑운모가 일정한 방향으로 배열하여 광물성분은 흑운모화강암과 동일하다.

(3) 매립성백암

본 층은 과일지역의 서부와 서북부에 위치하고 있으며 암색의 조밀한 암석으로 구성되어 있다. 주 구성광물은 사장석, 사장석, 흑운모이며 최소한 석영을 함유한다.

(4) 낙동층

본 층은 낙동층군의 최하부층으로 과일지역의 북동방향으로 대부분의 지역을 관하고 있다.

본 층은 편마암류 및 화성암류로 된 지반의 침식면상에 부정합적으로 퇴적되어 있으며, 주로 역암, 사암, 세암 및 역질사암등으로 구성되어, 하부는 역암이 대체로 두꺼워지고 상부는 사암과 세암이 우세하다. 과일지역 인근의 낙동층은 역암이 우세한 하부의 민경산층류로 구성되어 있다. 민경산층류는 과일지역의 동쪽방향의 민경산과 동북방향의 비룡산을 중심으로 광범하게 분포하고 있으며, 초기지부의 세암 및 역암, 하부의 사암, 사질역암, 역암 및 세암, 중부의 역암과 역질사암으로 구성된다.

(4) 암맥류

암맥류는 불구사회암암류를 관입하고 있으며, 산성암맥과 알기성 암맥으로 대별된다.

산성암맥은 규장암맥과 석영암맥으로 구성되며, 알기성암맥으로는 안산암맥 및 흑록암맥 암맥으로 구성된다.

상주~영천간 민자고속도로 1광구 건설공사

6

<조사지역 지질도>



이 지역의 지질도의 지질기호는 아래와 같다.

상부대 제4기	하	충적층
백악기	부	상성암역
	과	분리성충적
	과	다원충적
	부	대과성충적
시대미상	과	흑운모화강암
유리기	과	흑운모화강암질현마암
선형보러가	과	흑운모화강암질현마암

상주~영천간 민자고속도로 1광구 건설공사

7

2.4 적용 설계지반장수

지	층	단위중량 (γ_t , kN/m ³)	점착력 (c , kPa)	내부마찰각 (ϕ , °)	투수계수 (cm/s)
충적층		19.0	10.0	29	3.0×10^{-4}
분리성		18.0	15.0	30	1.5×10^{-3}
분리성		21.0	29.0	30	7.0×10^{-4}
기반암		26.0	200.0	35	4.0×10^{-5}

상주~영천간 민자고속도로 1광구 건설공사

20

다. 지반조사보고서

1.1 조사목적

본 조사의 목적은 『고속국도 제301호선 상주-영천고속도로 민간투자사업(제1공구)』에 대한 시설물 확인보통 지반조사로서 원장조사 및 현황사실을 기록, 지층의 분포상태 및 지반공학적 특성을 파악하여 설계 적용치와 비교 및 시공에 필요한 지반특성 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 조사구간

영 제 1 공구

- 연 장 : 7.394 km
- 시 점 : 경성북도 상주시 낙동면 송곡리 (STA. 0+000)
- 종 점 : 경성북도 의성군 단원면 낙정리 (STA. 7+394)

1.3 조사항목

조사의 목적을 수행하기 위하여 다음과 같은 내용의 원장조사 및 현상사실을 실시하였다.

구 분	대 상	수 량	비 고
현상조사	교량부	95 곳	NX 규격
	쌓기부	6 곳	
	막기부	5 곳	
	수계	106 곳	
원장사항	표준관입시험	시추조사	1식

1.4 조사기간

가. 원장조사 : 2013년 10월 14일 ~ 2015년 06월 05일

나. 성과분석 및 보고서 작성 : 2013년 10월 20일 ~ 2015년 06월 20일

1.5 조사장비

본 조사에 사용된 조사장비는 다음과 같다.

품 목	규 격	수 량	비 고
시 추 기	DP-300 유압기	3대	
표준관입시험기	KSF 2307	3조	
D-30 코어타입	-	3조	
연진, 양수펌프	15P	3조	
기타부대장비	-	1식	

2.1 조사기준

지반조사는 본 과업에 대한 “과업지시서” 및 한국도로공사의 “교량구조 확인지반조사 설계기준(2004. 2)”을 기준으로 시행하였으며 조사기준은 다음과 같다.

< 조 사 기 준 >				
구 분	대 상	실 도	조 사 기 준	비 고
교 량 부	교대 및 교각 타다 1개소	경량 1회, 연장 3m 중량 1회 2개지	- 실시결과 지 미 시험한 구간 - 설계치 누락된 구간	
쌓 기 부	시추조사	-	- 필요없이 무지	
막 기 부	시추조사	거소와 1개소 이상 (조사등급별로 조정)	개척과와 3m	

주) 현상조견에 맞추어 시행

2.2 조사위지현황

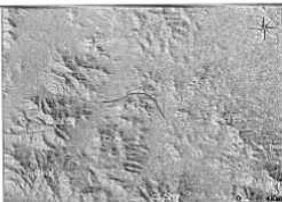
조사위지현황은 계획노선에 대하여 축척 1:1,200 현행도의 노선에서 구조물 및 토목공예를 고려하여 과업지시서에 명시된 조사기준에 의거하여 조사지점을 선정하고 원장조사 후 조사항목, 방법, 횡수 등을 합리적으로 계획하여 범주제 알리 후 최종적인 조사위치를 선정하였다. 조사실무별 조사위치는 다음과 같다.

2.2.1 시추조사 위치

시추조사는 교량부, 쌓기부 및 막기부를 대상으로 실시하였으며, 조사위치를 정리하면 다음 표와 같다.

< 시추조사 위치 (교량부) >									
교량명	위 치	공 번	위 치 (STA.)	좌 표		지반고 (m)	비 고		
				X	Y				
송곡교	A1	888-1-1	0+015.0(우 10.0m)	318,639.611	131,204.190	62.35			
	P1	888-2-1	0+045.9(우 3.5m)	318,644.218	131,234.557	57.38			
	P2	888-3-1	0+081.4(좌 5.9m)	318,651.660	131,270.494	57.13			
	A2	888-4-1	0+112.2(우 2.3m)	318,642.106	131,300.882	65.15			
	A1	888-5-1	0+406.2(좌 4.2m)	318,661.785	131,594.593	68.90			
	P1	888-6-1	0+442.7(좌 12.0m)	318,662.011	131,600.423	67.67			
낙동 JCT 교	P2	888-7-1	0+461.3(좌 9.4m)	318,644.479	131,680.580	70.10			
	A2	888-8-1	0+528.4(좌 11.0m)	318,666.218	131,715.571	69.66			
낙동 JCT R-F 교	A1	888-9-1	1+450.7(우 3.4m)	318,649.339	131,836.640	73.67			
상원교	A1	888-10-1	0+645.4(우 5.5m)	318,965.850	131,834.629	73.02			
낙동 JCT R-G 교	A1	888-12-1	0+669.8(우 4.4m)	318,414.709	131,569.331	67.42			

3.1 지형

산 계	수 계
 · 과업지역의 서쪽과 남서쪽은 관음산과 수선산 등 비교적 높은 고도의 산계를 형성하고 있으며 북쪽은 후안 낮은 구릉지대로 이루어져 있음 · 과업노선은 산봉상의 지지대를 따라서 지나가며 그 남북으로는 북우산에 위치함	 · 사행하천 형태를 보이는 낙동강이 과업노선의 서쪽부와 교차하며 남북으로 흐르고 있음 · 과업노선의 북쪽부는 북동 방향으로 흐르는 장천과 교차하고 있음 · 장천하천 수계는 수지상의 형태를 보이며 매우 복잡하게 나타남



2.3 시추조사

본 조사는 지층의 구성상태 및 기층의 종류, 암질분포 등을 파악하기 위하여 지반조사 위치현황도에 표시된 57개소의 지점에 대하여 시추조사를 실시하였다.

시추조사는 회전수세식(Rotary Wash Type) 시추기를 이용하여 표준관입시험과 병행하는 방법으로 실시하였으며, 시추 후 형성된 시추공은 각종 원위지 시험에 이용하였다. 굴진된 NX(φ76mm) 규격으로 실시하였으며 굴벽 붕괴가 없는 견고한 지층까지 Casing을 삽입하는 방식을 채택하였다.

3.2 지 질

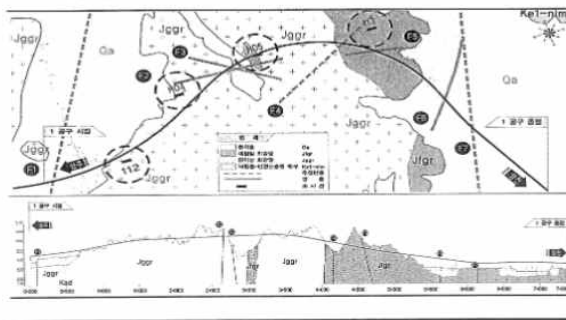
3.2.1 지질개요

과입지역에 분포하고 있는 암종으로는 두산천 권타구조가 발달하는 조립질의 편마암 화강암과 미약한 밀리를 보이며 세립질의 화강암(세립질 화강암)과 화강성섬암이 분포하고 있으며, 이를 상쇄암(규장암)과 암기성암(각성암)이 공침하고 있는 암상을 보임

3.2.2 지질개요표

지질시대	층 명	특 성
제4기	호적층(Qa)	-하천 및 산곡 퇴적물
	부암질	
	중쇄암(Kid), 산성암(Kac)	-과산성 지질
	화강암(Kgr)	-지질의 지질
	세립질 화강암(Jgr)	-밀리 발달 미약, 세립질, 부분적으로 세립질암상 암상 포함
중생대	편마암 화강암(Jgr)	-암상 발달, 조립질

3.2.3 지질종-평면도



③ 풍 화 토

기반암의 상부층에 대한 풍화토층은 전사주공에서 확인하였고, 층두께는 2.5-9.0m로 분포한다. 구성성분은 실트질 모래이며, 표준관입시험 결과 N값은 10/30-50/10의 범위로 보통조밀-매우조밀한 상태임을 보여준다. 함수 상태는 습한 상태이며, 색조는 갈색, 갈색을 띤다.

④ 풍 화 암

기반암의 하부층에 대한 풍화암층은 전사주공에서 확인하였고, 층두께는 0.5-9.0m로 분포한다. 구성성분은 실트질 모래이며, 표준관입시험 결과 N값은 50/10-50/5의 범위로 매우조밀한 상태임을 보여준다. 색조는 갈색, 갈색을 띤다.

⑤ 연 약 층

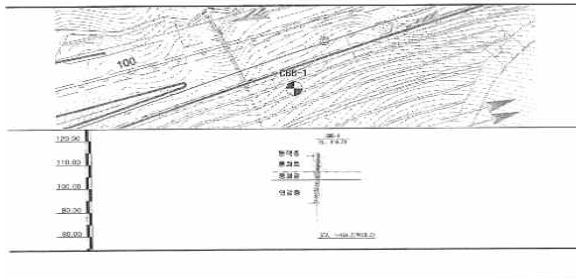
기반암의 하부층에 대한 연약층은 전사주공에서 확인하였고, 층두께는 0.0-20.0로 분포한다. 구성성분은 실트질 모래-점토질 모래를 보이고 있으며 강도는 약한-강한 상태 보여준다. 코어회수율(TOR)은 50-100%, 양공지수(RQD)는 10-75%로 확인되었으며, 색조는 갈색, 갈색을 띤다.

⑥ 경 약 층

기반암의 하부층에 대한 경약층은 전사주공에서 확인하였고, 층두께는 0.0-27.0m로 확인되었다. 구성성분은 실트질 모래-점토질 모래를 보이고 있으며 강도는 보통강-매우강한 상태 보여준다. 코어회수율(TOR)은 100%, 양공지수(RQD)는 60-90%로 확인되었으며, 색조는 갈색, 갈색을 띤다.

③ 지층 종평면도

• CBB-1 (STA. 1+151.2)



4.1.3 깎기부

깎기부에 대한 시추수평은 총 5개소로 이에 대한 조사결과는 다음과 같다.

(1) 조사 결과

공 번	위 치 (STA.)	지 층	심 도 (m, (-)m)	두께 (m)	구성상태	N치 (TOR/100)	지하수위 (m, (-)m)
CBB-1	1+151.2 (우 25.2m)	풍화토	0.0-1.4	1.4	자갈적인 실트질 모래	16/30	11.2
		풍화암	1.4-8.0	6.6	실트질 모래	10/30-50/21	
		연 약	8.0-11.4	3.4	기반암의 풍화암	50/9-50/5	
CBB-2	1+150.4 (우 22.7m)	풍화토	0.0-6.5	6.5	실트질 모래	33/30-50/17	7.5
		풍화암	6.5-9.0	2.5	기반암의 풍화암	-	
		연 약	9.0-1.8	1.8	자갈적인 실트질 모래	32/30	
CBB-3	2+409.8 (좌 56.5m)	풍화토	1.8-5.5	3.7	실트질 모래	50/30-50/10	22.0
		풍화암	5.5-14.5	9.0	기반암의 풍화암	50/9	
		연 약	14.5-33.0	18.5	기반암의 연약	(33-100/27-79)	
CBB-4	3+1854.8 (좌 30.0m)	풍화토	0.0-2.5	2.5	실트질 모래	50/15-50/13	17.5
		풍화암	2.5-3.0	0.5	기반암의 풍화암	-	
		연 약	3.0-11.0	8.0	기반암의 연약	(100/45-70)	
CBB-5	4+458.1 (우 38.2m)	경 약	11.0-33.0	22.0	기반암의 연약	(100/68-90)	17.0
		풍화토	0.0-9.0	9.0	실트질 모래	30/30-50/12	
		풍화암	9.0-10.0	1.0	기반암의 풍화암	50/10	

(2) 지층개요

① 매 입 층

본 층은 최상부 지층으로 시추공 CBB-3에서 확인되었으며, 층두께는 1.8m로 분포한다. 자갈적인 실트질 모래(SM)로 구성되어 있으며, 표준관입시험 결과 N값은 32/30으로 조밀한 상태임을 보여준다. 함수 상태는 습한 상태이고 색조는 갈색을 띤다.

② 풍 화 층

본 층은 시추공 CBB-11에서 확인되었으며, 층두께는 1.4m로 분포한다. 자갈적인 실트질 모래(SM)로 구성되어 있으며, 표준관입시험 결과 N값은 16/30으로 보통조밀한 상태임을 보여준다. 함수 상태는 습한 상태이고 색조는 갈색을 띤다.

공 사 명	상주-영천 고속도로 민간투자사업(제1공구) 시공중 확인보형
-------	----------------------------------

CBB-1	작업현황	CBB-1	작업현황

CBB-1	표준관입시험	CBB-1	시료채취

CBB-1	코어채취	CBB-2	작업현황

4.2.2 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 4.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	상주절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 국부적인 표면보호공 미시공이 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	영천절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 심한풍화구간이 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	영천절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 심한풍화구간이 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
4	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 심한풍화구간이 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	1,148	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 신선함(Fresh)~보통풍화(MW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있는 상태이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부는 4개소가 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 필요하다. 4.420~4.500k 사면부 심한풍화는 장기공용시 우수, 동결융해에 영향을 받을 수 있으므로, 손상 진전유무에 대한 주의관찰이 필요하다. 소단배수로에 중·횡방향 균열이 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, 주의관찰
6	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	964	영천절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 심한풍화구간이 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 주의관찰
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	964	영천절토4 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 사면부의 경우 일부 심한풍화구간이 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 주의관찰

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)명성 엔지니어링	3,232	안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 B등급으로 평가됨. 일부 구간에서 소단배수로 균열, 산마루측구 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 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. 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 B(양호)등급으로 평가됨. 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표와 동일한 "B등급"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	B	균열보수, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	964	영천절토 04 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 사면부의 경우 일부 심한풍화구간이 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 주의관찰

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	1,377	- 심한풍화 - 배수시설 균열 발생
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	- 균열보수, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 사면부 심한풍화 - 배수시설 보수부 재균열 발생
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	- 균열보수, 주의관찰
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 사면부 심한풍화 - 배수시설 보수부 재균열 발생
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	- 균열보수, 주의관찰
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 사면부 심한풍화 - 배수시설 균열 발생
	2023. 04. 03 2023. 06. 30	정지운	양호	- 균열보수, 주의관찰

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	심한풍화	주의관찰
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있고, 식생활착은 양호한 것으로 조사되었다. 계곡부는 4개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 사면부 심한풍화는 장기공용시 지표수, 동결융해에 영향을 받을 수 있으므로, 주기적인 관찰이 필요하다. 소단배수로에 발생한 균열은 균열보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 4.460km	53.2	118.3	경암	
2구간 4.520km	52.4	114.1	경암	
3구간 4.740km	54.4	125.4	경암	
4구간 4.930km	53.2	118.6	경암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 52.4~54.4로 측정되었으며, 추정강도 114.1~125.4MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토04		표 번 호	【표 4.5.1】
평가구분		결합지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.20	B	근거표번호	【표 4.4.11】
	2구간	0.18	B		【표 4.4.12】
	3구간	0.29	B		【표 4.4.13】
	4구간	0.18	B		【표 4.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.29	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	심한풍화	주의관찰	1600.0	240000	m²	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	41.0	61.50	m	65	3,998	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	3,998		0		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	1,999		0		0		
	합계	5,997		0		0		
개략공사비 총계(천원)		5,997						

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.

4.2.4 2종 성능평가 실시결과(2020년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	영천절토04		
평가 구분	결합지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.150	B	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.150	B	
안전성능 결과	○ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ○ 안전성능평가 결과 : B등급		

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	b	0.30	0.53	0.159
표면보호공	a	0.08	0.14	0.011
결합도 지수				0.196
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	영천절토04		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.150	B	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.196	B	0.2	
종합평가 결과	○ 사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.150 \times 0.8) + (0.196 \times 0.2) = 0.159$ ○ 종합평가 결과 : B등급			

라. 종합결론

본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급"인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가 저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

4.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 4.2.2】 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, 심한풍화, 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.	

4.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 4.2.3】 보수이력사항

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

4.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 4.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

4.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

4.3 현장조사 및 시험

4.3.1 현황 및 특성

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

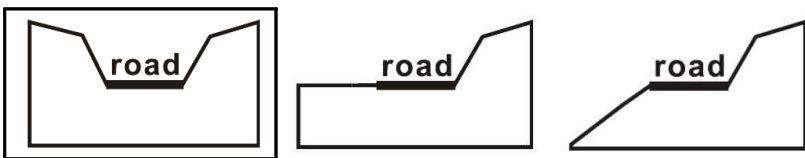
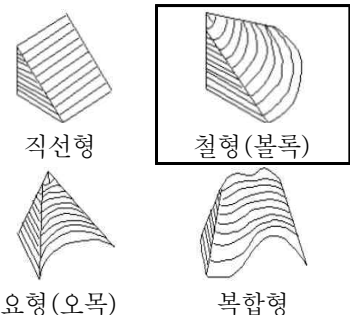
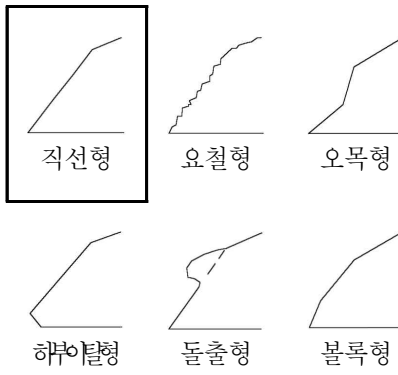
가. 일반현황 조사결과

【표 4.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 09. 01.		조 사 자	이 상 훈	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	경상북도 상주시 낙동면 장곡리				
위 경 도	시점 : 36 ° 22 ' 21 " 128 ° 16 ' 44 "				
	종점 : 36 ° 22 ' 7 " 128 ° 17 ' 1 "				
절토사면	길 이 : 820.0m		높 이 : 48.0m		
	경 사/경사방향 : 45/038				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 5.0m		
	소 단 : 9				
낙석/튼돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : -				
	낙석 최대크기 : -				
	튼돌 존재유무 : 없음		튼돌의 양 : -		
	튼돌 평균크기 : -				
	튼돌 최대크기 : -				
절토사면 시공현황	종 류		위 치		상 태
	식생현황		4.300~5.120k		양호
	낙석방지울타리		4.400~4.640k		양호
	낙석방지망		4.400~4.620k		양호
	산마루 측구		4.300~4.350k, 4.485~5.110k		양호
	소단배수로		4.340~4.560k, 4.700~4.960k		균열
	수직도수로		4.540, 4.640, 4.800, 4.820, 4.880, 4.950k		양호
	점검용 계단		4.300~4.350k, 4.420k, 4.700k, 4.830k		양호
붕괴이력	유 형		규 모		위 치
기 타	.				

나. 사면특성 조사결과

【표 4.3.2】 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		4개소			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	중	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

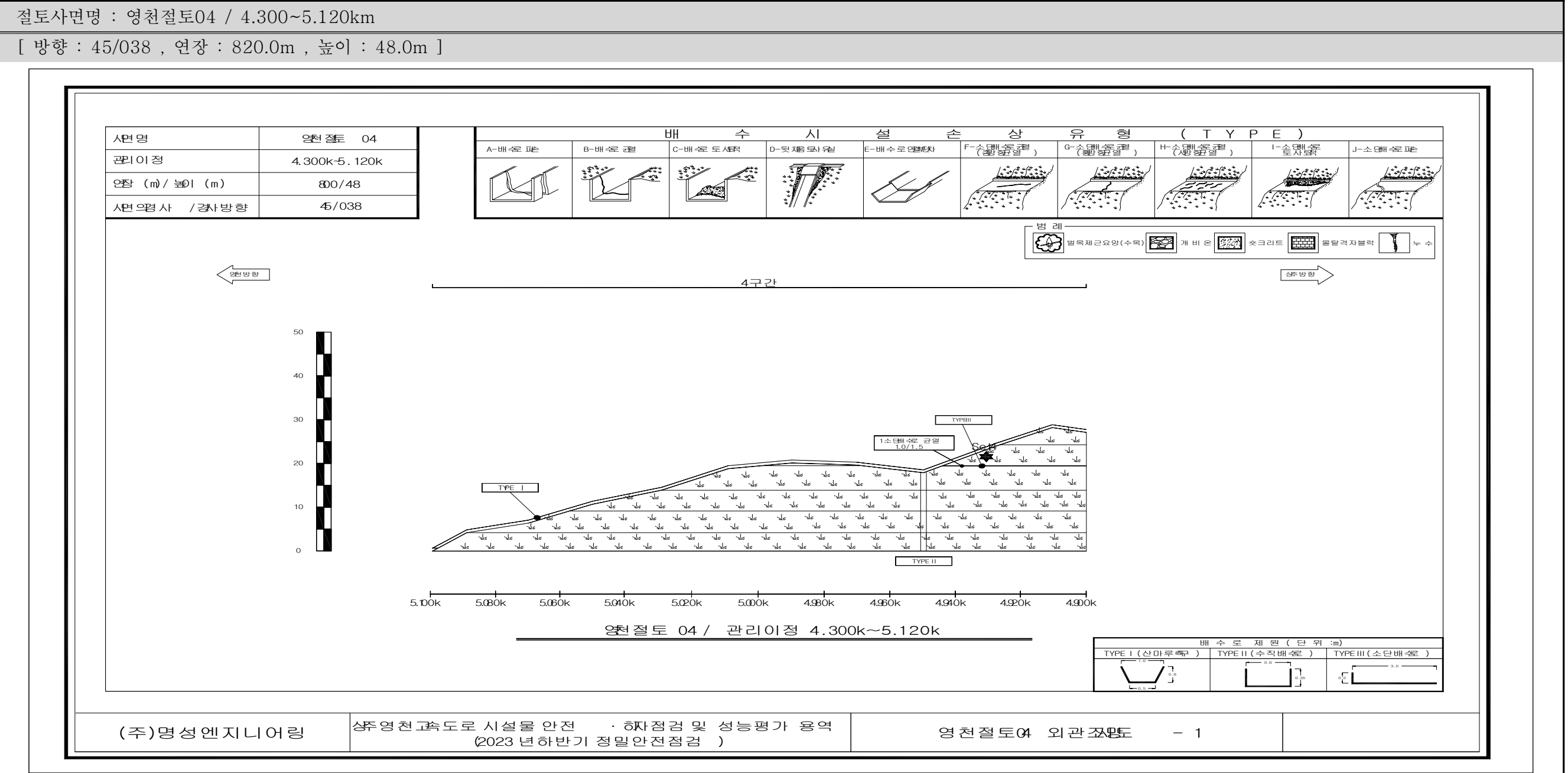
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 4개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 4.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	4.300~4.500	200.0	48.0	절리암반	
2구간	4.500~4.650	150.0	33.0	절리암반	
3구간	4.650~4.880	230.0	38.0	파쇄암반	
4구간	4.880~5.120	240.0	29.0	절리암반	

4.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set 1			Set 2			Set 3			Set 4		
													J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
																								방향
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void		6	Fresh	6	연장	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	거칠기	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충전물	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	5	3	1	1	3	3	3	3	3	5	

절토사면명 : 영천절토04 / 4.300~5.120km

[방향 : 45/038 , 연장 : 820.0m , 높이 : 48.0m]

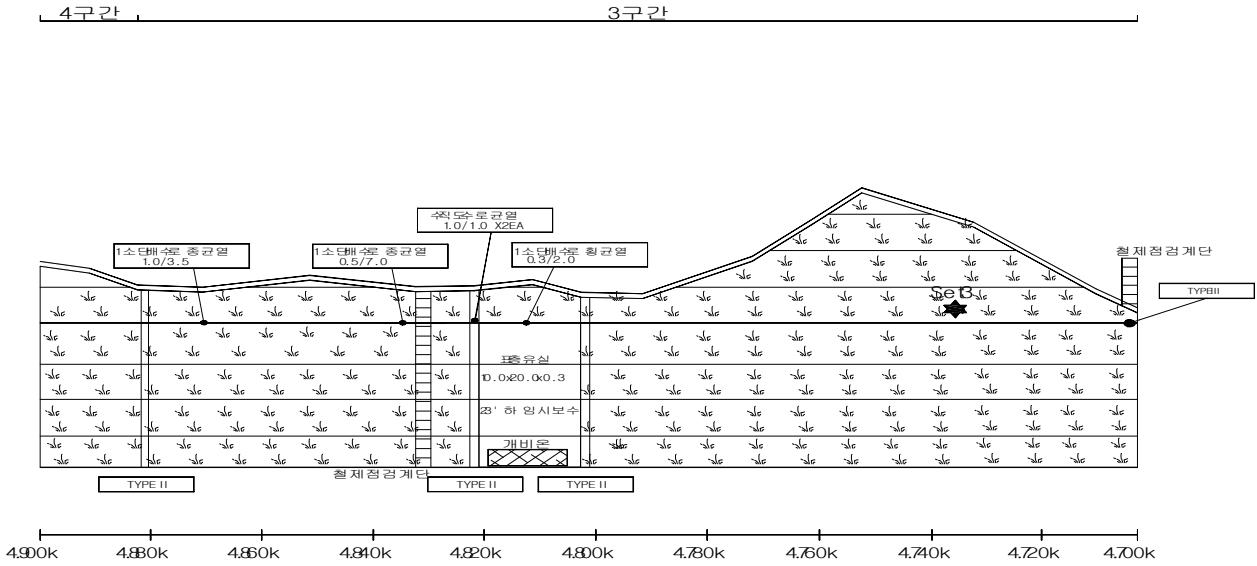
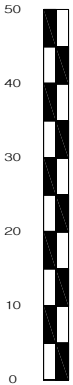
사면명	영천절토 04
관리이정	4.300k~5.120k
연장 (m) / 높이 (m)	820/48
사면경사 / 경사방향	45/038

배수시설상유형 (TYPE)									
A-배수로판	B-배수로판	C-배수로토사막	D-빗물통사막	E-배수로연결차	F-소단배수로판 (배수판)	G-소단배수로판 (배수판)	H-소단배수로판 (배수판)	I-소단배수로판 (배수판)	J-소단배수로판

범례	발목제근요양(수목)	개비문	숏크리트	굴삭기자발력	누수
----	------------	-----	------	--------	----

←영천방향

→상주방향



영천절토 04 / 관리이정 4.300k~5.120k

배수로제원 (단위 :m)		
TYPE I (산마루배수)	TYPE II (수직배수)	TYPE III (소단배수)

(주)명성엔지니어링

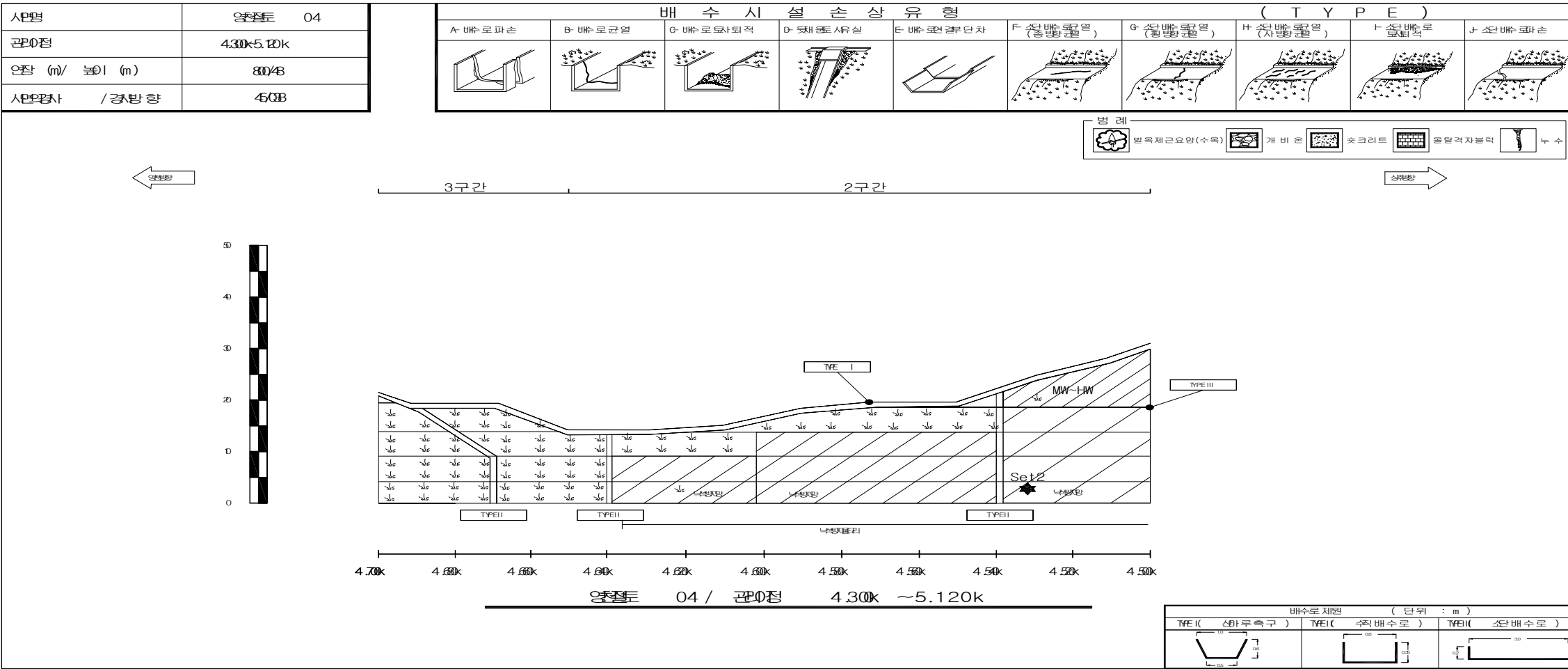
상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역
(2023년 하반기 정밀안전점검)

영천절토04 외관조사도 - 2

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set 1			Set 2			Set 3			Set 4		
													J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
												방향		70/110	75/250	52/095	80/250	75/270	70/200	60/075	55/075	50/090	60/075	60/080
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	거칠기	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충전물	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	5	3	1	1	3	3	3	3	3	5	

절토사면명 : 영천절토04 / 4.300~5.120km

[방향 : 45/038 , 연장 : 820.0m , 높이 : 48.0m]

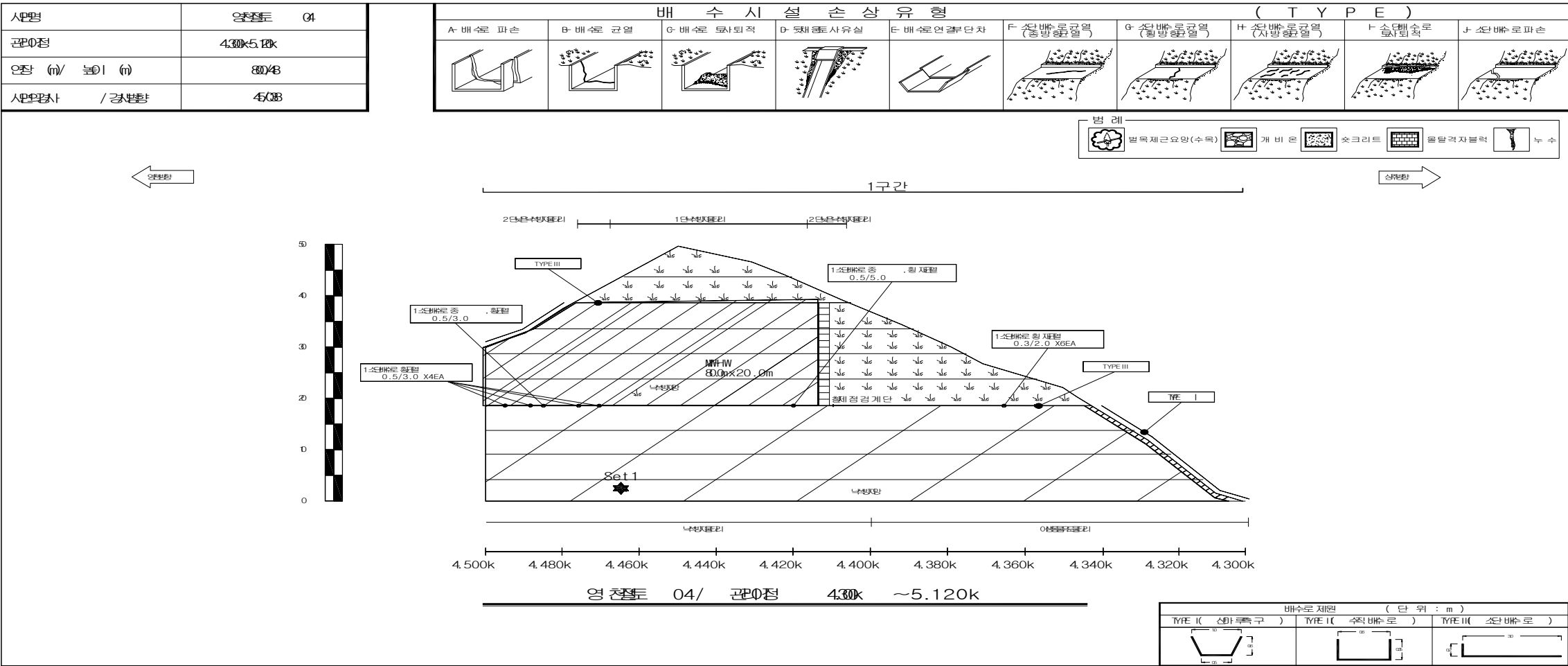


(주)명성엔지니어링 상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역 (2023년 하반기 정밀안전점검) 영천절토04 외관조사망도 - 3

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set 1			Set 2			Set 3			Set 4		
													J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
																								방향
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	거칠기	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충전물	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	5	3	1	1	3	3	3	3	3	3	5

절토사면명 : 영천절토04 / 4.300~5.120km

[방향 : 45/038 , 연장 : 820.0m , 높이 : 48.0m]



(주)명성엔지니어링

상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가용역
(2023년 하반기 정밀 안전점검)

영천절토 04 외관 조사망도 - 4

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set 1			Set 2			Set 3			Set 4		
													J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
																								방향
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	거칠기	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충전물	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	5	3	1	1	3	3	3	3	3	3	5

4.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 영천절토04의 관리이정 4.300~4.500k의 구간으로 연장 200.0m, 높이 48.0m로 구성 물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 낙석방지망내 노출암반을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다. 그 외의 특이손상은 없는 것으로 조사되었다.
- 기존손상인 4.460k 보통~심한풍화(80.0*20.0)는 사면절개부 노출암으로 지속적인 지표수 유입 및 장기공용으로 인한 손상으로 판단되며, 전회와 비교시 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 상기 손상부는 낙석방지망이 설치되어 있으므로, 낙석 등의 위험성은 낮으므로, 주기적인 점검(정기점검)시 주의관찰하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구, 낙석방지울타리, 야생동물유도울타리 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 낙석방지망(4.400~4.500k), 낙석방지울타리(4.400~4.500k), 야생동물유도울타리(4.300~4.400k), 점검계단(4.300~4.350k, 4.420k)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.
- 소단배수로에 기존손상인 4.360k 균열(0.3/2.0*6ea), 4.420k 균열(0.5/5.0), 4.480k 균열(0.5/3.0*5ea)이 조사되었다.
- 전회 점검과의 비교결과, 균열의 폭 및 길이증가는 없는 것으로 확인되었다.
- 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

			
현 황	사면부 전경	현 황	소단배수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	산마루측구, 점검계단 전경	현 황	도로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 4.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	4.360k 소단배수로 균열 (0.3/2.0*6ea)	현 황	4.420k 소단배수로 균열 (0.5/5.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	4.480k 소단배수로 균열 (0.5/3.0)	현 황	4.460k 사면 보통~심한풍화(80.0*20.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	장기공용, 지표수유입
대 책	주입보수	대 책	주의관찰

【사진 4.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 4.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	보통~심한풍화	m ²	1600.00	1	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	32.00	12	주입보수	

나. 2구간

2구간은 영천절토04의 관리이정 4.500~4.650k의 구간으로 연장 150.0m, 높이 33.0m로 구성 물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 계곡부는 2개소가 있으며, 계곡부 주변상태는 표층유실 및 침식의 흔적이 없는 것으로 조사되었다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암반을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.
- 보통~심한풍화구간은 1구간에서 이어지는 사면절개부 노출암으로 지속적인 지표수 유입 및 장기공용으로 인한 손상으로 판단되며, 전회와 비교시 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 상기 손상부는 낙석방지망이 설치되어 있으므로, 낙석 등의 위험성은 낮으므로, 주기적인 점검(정기점검)시 주의관찰하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

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 낙석방지망(4.500~4.620k), 낙석방지울타리(4.500~4.640k)가 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 배수시설은 특이손상이 없는 양호한 상태로, 배수기능에 문제가 없는 것으로 조사되었다.

			
현 황	소단배수로 전경	현 황	수직도수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	사면부 전경	현 황	도로, 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 4.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

【표 4.3.5】 2구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	

다. 3구간

3구간은 영천절토04의 관리이정 4.650~4.880k의 구간으로 연장 230.0m, 높이 38.0m로 구성 물질은 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, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도로 판단된다.
- 점검결과, 4.810k 1단에 표층유실(20.0*20.0)이 발생하였고, 하부는 개비온으로 중상단부는 임시보수를 실시한 상태이다. 상기 손상부는 집중강우에 의해 발생한 손상으로 계단식옹벽+앵커 설치가 필요하다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 점검계단(4.700k, 4.830k)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 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있고, 소단배수로에 4.810k 균열(0.3/2.0), 4.840k 균열(0.5/7.0), 4.870k 균열(1.0/3.5)이 수직도수로에 4.820k 균열(1.0/1.0*2ea)이 조사되었다.
- 금회 점검시, 기존손상 중 균열의 폭 및 길이증가는 없는 것으로 확인되었다. 일부 균열이 추가 조사되었다. 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

			
현 황	소단배수로 전경	현 황	수직도수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	사면하부(이격부) 전경	현 황	점검계단 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	4.810k 소단배수로 균열(0.3/2.0)	현 황	4.840k 소단배수로 균열(0.5/7.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 4.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	4.870k 소단배수로 균열(1.0/3.5)	현 황	4.820k 수직도수로 균열(1.0/1.0*2ea)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	4.810k 표층유실(10.0*20.0*0.3)	현 황	4.810k 표층유실(10.0*20.0*0.3)
원 인	집중강우	원 인	집중강우
대 책	계단식옹벽+영구앵커	대 책	계단식옹벽+영구앵커

【사진 4.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 4.3.6】 3구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	표층유실	m³	60.00	1	계단식옹벽+영구앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	12.50	3	주입보수	
	수직도수로 균열	m	2.00	2	주입보수	

라. 4구간

4구간은 영천절토04의 관리이정 4.880~5.120k의 구간으로 연장 240.0m, 높이 29.0m로 구성 물질은 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, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도로 판단된다. 점검결과, 특이손상이 없는 양호한 상태로, 식생활착도 좋음 상태로 확인되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 보호시설, 유지관리시설은 없는 것으로 확인되었다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 점검결과, 소단배수로에 4.940k 균열(1.0/1.5)이 신규 조사되었다.
- 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

			
현 황	소단배수로 전경	현 황	산마루측구 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	사면하부(이격부) 전경	현 황	4.940k 소단배수로 균열(1.0/1.5)
원 인	상태양호	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	—	대 책	주입보수

【사진 4.3.4】 4구간 외관조사 결과 주요현황

【표 4.3.7】 4구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	1.50	1	주입보수	

4.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 4.3.8】외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	표층유실	개비온
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 수직도수로 균열	주입보수 주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 계곡부는 4개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 사면부 보통~심한풍화는 장기공용시 지표수, 동결융해에 영향을 받을 수 있으므로, 주기적인 관찰이 필요하다. 급회 조사시 확인된 표층유실부는 집중강우에 의한 손상으로, 계단식옹벽+앵커 설치가 필요하다. 배수시설에 발생한 균열은 균열보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

【표 4.3.9】손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	표층유실	m ³	60.00	1	계단식옹벽+앵커	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	46.00	16	주입보수	
	수직도수로 균열	m	2.00	2	주입보수	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

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

【표 4.3.10】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	표층유실	m ²	—	—	60.00	1	▲60.00	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	41.00	14	46.00	16	▲5.00	
	수직도수로 균열	m	—	—	2.00	2	▲2.00	

4.3.5 재료시험 결과

영천절토04는 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 4.3.11】 반발경도시험 결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 4.460km	52.7	115.9	경암	
2구간 4.520km	51.5	109.6	경암	
3구간 4.740km	51.7	110.7	경암	
4구간 4.930km	52.0	111.9	경암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.5~52.7로 측정되었으며, 추정강도 109.6~115.9MPa로 경암으로 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 4.3.12】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2021년)		금회(2023년)		비고
		반발경도	추정강도(MPa)	반발경도	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	53.2	118.3	52.7	115.9	경암
	2구간	52.4	114.1	51.5	109.6	경암
	3구간	54.4	125.4	51.7	110.7	경암
	4구간	53.2	118.6	52.0	111.9	경암

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 4.3.5】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

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

【표 4.3.13】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간(Set1)		
	J1	J2	J3
방향성	70/110	75/250	52/095
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	< 1	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	거칠음	거칠음	거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	SW	MW	HW

【표 4.3.14】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간(Set2)		
	J1	J2	J3
방향성	80/250	75/270	70/200
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	< 1	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	거칠음	거칠음	거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	MW	MW

【표 4.3.15】 3구간 불연속면조사 결과표

구 분	3구간(Set3)		
	J1	J2	J3
방향성	60/075	55/075	50/090
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	< 1	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	거칠음	거칠음	거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	MW	MW	MW

【표 4.3.16】 4구간 불연속면조사 결과표

구 분	4구간(Set4)		
	J1	J2	J3
방향성	60/075	60/080	50/090
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	< 1	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	거칠음	거칠음	거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	MW	MW	SW

【표 4.3.17】 이전 점검 불연속면조사 결과표

구 분	2021년 정밀안전점검			
	1구간	2구간	3구간	4구간
방향성	52/095	80/250	50/090	50/090
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	< 1	< 1	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	거칠음	거칠음	거칠음	거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	HW	MW	SW

4.4 상태평가

4.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 820m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 4구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 표기하였다.

【표 4.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	4.300~4.500km	200m	암반사면	Set1
2구간	4.500~4.650km	150m	암반사면	Set2
3구간	4.650~4.880km	230m	암반사면	Set3
4구간	4.880~5.120km	240m	암반사면	Set4

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 4.4.2]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)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 4.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{50.0} = 0.10$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 115.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.6, \frac{Ib}{H} = \frac{0.6}{50.0} = 0.012$ 로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{33.0} = 0.15$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 109.6MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.5, \frac{Ib}{H} = \frac{0.5}{33.0} = 0.015$ 로 0.01초과	절리암반	
3구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{38.0} = 0.13$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 110.7MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.3, \frac{Ib}{H} = \frac{0.3}{38.0} = 0.008$ 로 0.01이하	파쇄암반	
4구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{29.0} = 0.17$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 111.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.3, \frac{Ib}{H} = \frac{0.3}{29.0} = 0.010$ 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 상주에 위치한 사면으로 기상청자료(최근 21개년)를 획득하여 다음에 정리하였다.

구분	일 최대 강우량(mm)						
일시(year)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
강우량(mm)	192.5	115.5	131.0	114.0	117.0	106.5	105.0
일시(year)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
강우량(mm)	81.5	73.0	128.5	141.0	91.5	90.1	50.3
일시(year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
강우량(mm)	91.6	133.6	91.6	132.2	107.2	56.5	70.1
평균(mm)	105.7						

4.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 4.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	4.300~4.500km	
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	—	—	—	0	
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈	

【표 4.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	4.300~4.500km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	$095^{\circ} - 038^{\circ} = 57^{\circ}$	0		
1-6		절리경사-사면경사	$52^{\circ} - 45^{\circ} = 7^{\circ}$	1		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.4점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	105.7mm(상주)	2	2	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈		

나. 2구간 상태평가 조사결과표

【표 4.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	4.500~4.650km	
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	—	—	—	0	
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈	

【표 4.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	4.500~4.650km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	250° - 038° = 212°	0		
1-6		절리경사-사면경사	80° - 45° = 35°	0		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.4점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	105.7mm(상주)	2	2	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈		

다. 3구간 상태평가 조사결과표

【표 4.4.7】 사면 손상상태 조사결과표 (3구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.7]	
조사영역번호	3구간		조사영역 위치	4.650~4.880km	
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	표층유실	4.810k	60.00m³ (10.0*20.0*0.3)	3	
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈	

【표 4.4.8】 사면 파괴요인 조사결과표 (3구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.8]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	4.650~4.880km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	파쇄암반	절리간격	0.2~0.6m	3		
1-6		저면경사	50°	4		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.0점)	2		
2. 사면형상						
1-8	파쇄암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	105.7mm(상주)	3	3	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	파쇄암반	절취상태	나쁨	3		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈		

라. 4구간 상태평가 조사결과표

【표 4.4.9】 사면 손상상태 조사결과표 (4구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.9]	
조사영역번호	4구간		조사영역 위치	4.880~5.120km	
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	—	—	—	0	
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈	

【표 4.4.10】 사면 파괴요인 조사결과표 (4구간)

시설물명	영천절토04		표번호	[표 4.4.10]		
조사영역 번호	4구간		조사영역 위치	4.880~5.120km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	$090^{\circ} - 038^{\circ} = 52^{\circ}$	0		
1-6		절리경사-사면경사	$50^{\circ} - 45^{\circ} = 5^{\circ}$	1		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 1.6점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	45°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	105.7mm(상주)	2	2	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2023. 09. 01		조사자	이 상 훈		

마. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2, 4구간은 절리암반사면, 3구간은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.29로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 4.4.11】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			영천절토04				표번호
근거표번호			[표 4.4.3], [표 4.4.4]				[표 4.4.11]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	14	f2=0.27	b
		⑥ 절리경사-사면경사	1	b			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					14	F=0.18	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 14 / 52 = 0.27 ○상태평가등급(F) : 14 / 76 = 0.18					

【표 4.4.12】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			영천절토04				표번호
근거표번호			[표 4.4.5], [표 4.4.6]				[표 4.4.12]
평가요소			결합점수	결함종류별 평가결과	총점	결합지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	13	f2=0.25	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					13	F=0.17	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 13 / 52 = 0.25 ○ 상태평가등급(F) : 13 / 76 = 0.17					

【표 4.4.13】 상태평가결과 산정표(3구간)

시설물명			영천절토04				표번호
근거표번호			[표 4.4.7], [표 4.4.8]				[표 4.4.13]
평가요소			결합점수	결함종류별 평가결과	총점	결합지수	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 절리간격	3	c	19	f2=0.37	c
		⑥ 저면경사	4	e			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	3	d			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					22	F=0.29	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 3 / 24 = 0.13 ○파괴요인지수(f2) : 19 / 52 = 0.37 ○상태평가등급(F) : 22 / 76 = 0.29					

【표 4.4.14】 상태평가결과 산정표(4구간)

시설물명			영천절토04				표번호
근거표번호			[표 4.4.9], [표 4.4.10]				[표 4.4.14]
평가요소			결합점수	결합종류별 평가결과	총점	결합지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	13	f2=0.25	b
		⑥ 절리경사-사면경사	1	b			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					13	F=0.17	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 13 / 52 = 0.25 ○상태평가등급(F) : 13 / 76 = 0.17					

【표 4.4.15】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		3구간		4구간		구간별평가결과(Min)	
	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급
영천절토04	0.18	B	0.17	B	0.29	B	0.17	B	0.29	B

바. 공중이 이용하는 부위

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

사. 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, 표층유실로 상태점수가 상승하여, 결합지수와 등급은 B로 동일한 상태이다.

【표 4.4.16】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결합지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.29	B	
금회 정밀안전점검	0.29	B	

4.5 종합평가 및 안전등급 지정

4.5.1 종합평가 결과

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

【표 4.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토04		표 번 호	【표 4.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.18	B	근거표번호	【표 4.4.11】
	2구간	0.17	B		【표 4.4.12】
	3구간	0.29	B		【표 4.4.13】
	4구간	0.17	B		【표 4.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.29	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

4.5.2 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 4.5.2】 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

4.6 보수·보강 및 유지관리방안

4.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 4.6.1】 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	m²	1식	200,000	1
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	46.00	69.00	m	65	4,485	1
	수직도수로 균열	주입보수	2.00	3.00	m	65	195	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	204,680		0		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	102,340		0		0		
	합계	307.020		0		0		
개략공사비 총계(천원)		307,020						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

4.6.2 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 4.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 보통~심한풍화 구간 → 보통~심한풍화구간은 현재 낙석방지망 및 낙석방지울타리 등 보호공이 설치되어 있어 안전성에 문제는 없으나, 공용기간 증가에 따른 지표수유입, 풍화에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
배수 시설	• 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	• 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

4.7 종합결론

4.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 계곡부는 4개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 사면부 보통~심한풍화는 장기공용시 지표수, 동결융해에 영향을 받을 수 있으므로, 주기적인 관찰이 필요하다. 금회 조사시 확인된 표층유실부는 집중강우에 의한 손상으로, 계단식옹벽+앵커 설치가 필요하다. 배수시설에 발생한 균열은 균열보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 51.5~52.7으로서 추정강도 109.6~115.9MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1,2, 4구간은 절리암반사면, 3구간은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.29로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 저면경사, 표층유실로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

4.7.2 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.

4.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 표층유실(임시보수)구간에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리 실시가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

4.7.4 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.