

21. 영천절토21

21.1 시설물 개요

21.2 자료수집 및 분석

21.3 현장조사 및 시험

21.4 상태평가

21.5 종합평가 및 안전등급 지정

21.6 보수·보강 및 유지관리 방안

21.7 종합결론

21. 영천절토21

21.1 시설물의 개요

영천절토21은 대구광역시 군위군 소보면 달산리(상주영천고속도로 26.654~27.034km)에 위치한 사면으로서 총 연장 380.0m, 높이 33.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다. 또한, 준공 이후 별도의 용도변경 없이 공용중이다.

21.1.1 일반사항

【표 21.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000043		관리번호	SY SL21
시설물명	영천절토21		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	대구광역시 군위군 소보면 달산리		
	위치좌표	시점 : 36° 15′ 18″ 128° 27′ 40″		
		종점 : 36° 15′ 10″ 128° 28′ 02″		
	관리이정	26.654~27.034km		
	공구이정	3공구 STA.10+640~11+020		
제 원	연 장	380.0m	높 이	33.0m
	경사/방향	55/030	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	22~55°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	(주)한화건설, (주)삼호
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 소일네일링, 격자블럭, 옹벽		
비 고				

21.1.2 위치도 및 전경사진



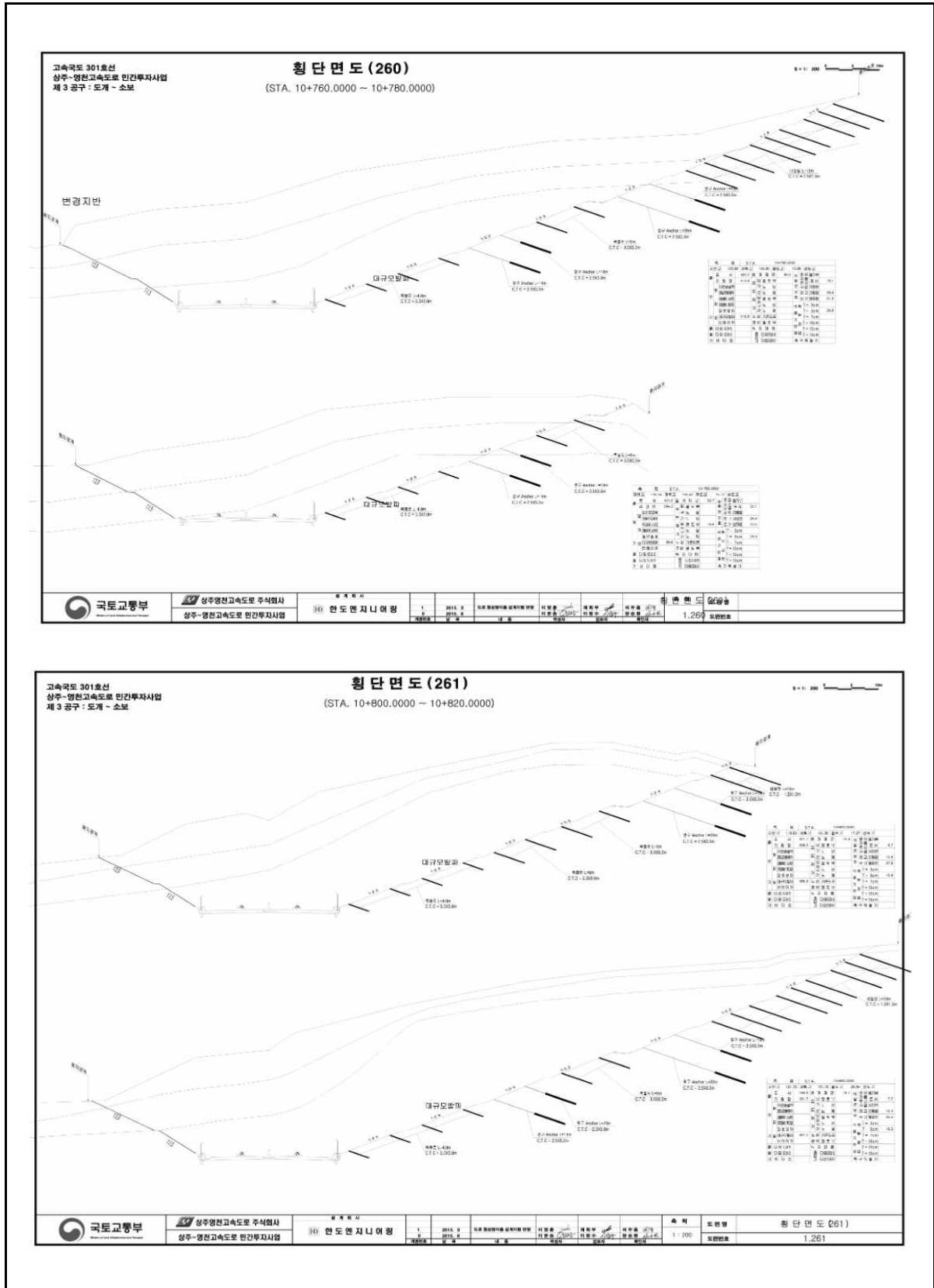
【그림 21.1.1】 위치도



【그림 21.1.2】 전경사진

	
1소단 배수로 전경	산마루측구, 점검계단 전경
	
점검계단 전경	도로, 하부 전경
	
격자블럭 전경	계단식옹벽 전경

【그림 21.1.3】 부재별 현황



【그림 21.1.5】 표준횡단면도

21.2 자료수집 및 분석

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

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

21.2.1 자료수집 현황

【표 21.2.1】 점검이력사항

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

21.2.2 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

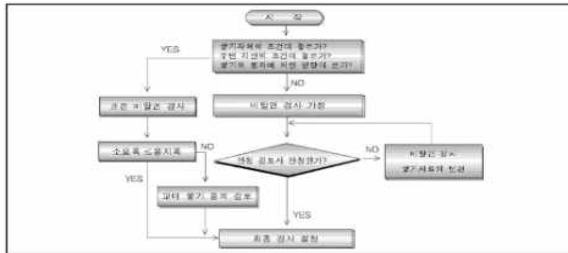
8.4 비탈면 설계기준

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

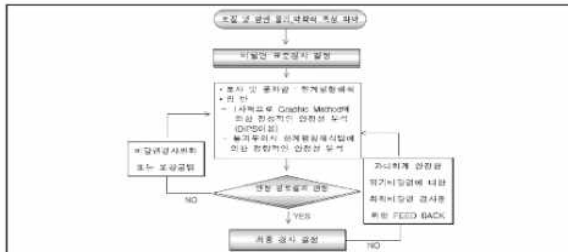
8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기 기준

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



(2) 쌓기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도



228

8.4.2 소단 설치기준

가. 국내의 기관별 소단 적용기준

소단 설치빈도 및 폭에 대하여 국내의 기관별, 비탈면의 층수 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음과 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일종의 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 유지관리에 있으므로 발파면층에서는 H=10.0m 미만 1.0m소단과 리빙암 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하되 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

구분	기관 및 규정명	소단적용 기준
국내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	· 비탈면 높이 10m 이상 : 원칙적으로 소단설치 · 비탈면 층간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리빙암 : 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
	한국토지공사	· H = 7m 미만 소단 0.5~1.5m
일본	도로공단 설계요령	· H = 7m 미만 소단설치
	국유철도토목구조물 표준시방서	· 알석과 접하는 토사 경계부 7m 미만 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m, 기울기3%

8.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

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

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

233

영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시설계

다. 쌓기 비탈면

자연지반의 도질은 매우 불균질하고, 풍화도, 성층상태 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 한층하게 다르며 시공후 시간의 경과에 따라 용해이완, 대기노출로 인한 중화전환 등으로 침식반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 자차 불안정하게 된다.

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

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

[원지반 토질에 대한 비탈면 기울기범위]

토질조건	비탈면높이(m)	기울기	비고			
모래	-	1:1.5 이상	SW, SP			
사질토	밀실한 것	5 이하 5~10	1:0.8 ~ 1:1.0 1:1.0 ~ 1:1.2	SM, SP		
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5 이하 5~10	1:1.0 ~ 1:1.2 1:1.2 ~ 1:1.5			
	자갈 또는 암괴 섞인 사질토	밀실하고 입도분포가 좋은	10 이하 10~15		1:0.8 ~ 1:1.0 1:1.0 ~ 1:1.2	SM, SC
		밀실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하 10~15		1:1.0 ~ 1:1.2 1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토		0~10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH		
	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2				
암괴 또는 호박을 섞인 점성토	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	GM, GC			
중화암	-	1:1.0 ~ 1:1.2		시편이 형성되지 않는 암		

주) 1. 실토는 점성토로 간주, 표에 표시한 토질 구역에 대해서는 별도로 고려한다.

2. 위 표의 기울기는 소단층 포함하지 않는 단일비탈면의 기울기이다.

주) 1. 실트는 점성토로 간주. 표에 표시한 토질 이외에 대해서는 별도로 고려한다.

2. 위 표의 기울기는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 기울기이다.

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

230

8.4.5 설계기준 선정

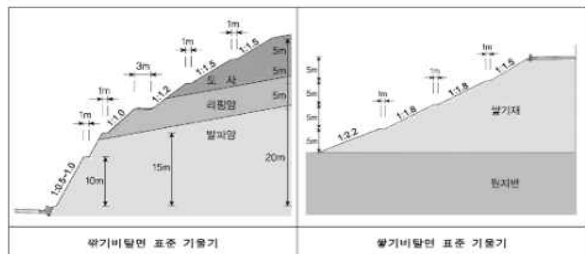
가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

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>

비탈면구분	토질	적용경사	소단설치
말파기 비탈면	토사층	1 : 1.2 ~ 1.5	· 토사 및 리빙암 - 망귀기 높이 5m 미만 소단 1m 설치
	리빙암	1 : 1.0	· 발파암 : - 수직높이 10m 미만 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용시)
	발파암	1 : 0.5 ~ 1.0	· 망귀기 높이 20m 미만 3m 소단설치 · 리빙암과 발파암 사이에는 소단설치하지 않음
쌓기 비탈면	쌓기재	1 : 1.5 ~ 2.2	· 쌓기 높이 5m 미만 1m 소단설치



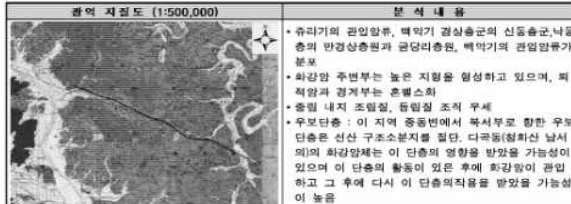
236

나. 지형 및 지질

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석



4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
타일 구간	- 분포지층 : 표토층(표적층), 풍화토, 풍화암, 연암 - 표토층은 비탈면 표적층인 표적층으로 일구부는 지표에서 5.5~12.0m, 충구부는 18.0m 두께, 자갈층인 실토질 모래, 점사, 매운조립 - 충화토는 일구부에서인 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매운조립 - 충화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세암, 사암 및 혼펠스 화강암의 풍화대 - 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세암 및 사암, 심한파쇄, TCR=25~85%, RQD=0~45%
교량 구간	- 분포지층 : 매립층, 표적층, 풍화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트질인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 표적층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈층인 실토질 모래 및 점토질 실트, 매운느슨 내지 매우조립 - 충화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실토질 모래, 매운조립 - 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=0%
개량로	- 분포지층 : 매립층, 표적층, 풍화암, 연암 - 매립층은 지표하 1.2m 두께로 분포, 실트질인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 표적층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트질인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조립 - 충화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실토질 모래, 매운조립 - 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, TCR=40%, RQD=45%

51

구 분	분 석 내 용
교량구간	- 분포지층 : 매립층, 연암 - 매립층은 지표에서 4.3m 두께로 분포, 모래질 자갈, 매운조립, 습윤 - 연암은 지표하 4.3~6.3m에 2.0m 두께로 분포, 역질사암, 보통풍화 내지 심한 풍화, 약한 내지 보통강한 TCR=87%, RQD=52%
도개고	- 분포지층 : 매립층, 표적층, 풍화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.5~2.6m 두께로 분포, 모래질인 실토 및 실토질 모래, 느슨 - 표적층은 지표하 1.5~12.0m에 4.5~9.4m 두께로 분포, 실토질 모래, 자갈 및 점사, 매운조립 - 풍화암은 지표하 6.0~8.5m에 2.5m 두께로 분포, 역질 사암, 매운조립 - 연암은 지표하 8.5~12.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, 사암 및 화강암, TCR=40~50%, RQD=0~43%
비탈면구간	- 분포지층 : 매립층, 표적층, 풍화암, 연암 - 매립층은 연층에 분포, 모래질인 점사 및 실토질 모래, 느슨 - 표적층은 매립층 하부에 분포, 실토질 모래, 자갈 및 점사, 매운조립 - 풍화암은 역질 사암, 매운조립 - 연암은 풍화암보다 대체로 얕음
뛰기	- 표토의 층수는 얇고, 풍화대 역시 수 미터 이내 - 분포지층은 주로 역질 사암, 역암 및 화강암 - 암 강도는 풍화도에 따라 상이하나 보통 강한 내지 강한

4.1.3 현장답사를 통한 중점검토사항 도출

가. 주요 결과

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

나. 중점검토사항 도출

구 분	조 사 내 용 및 분 석 결 과	중 점 검 토 사 항
타일 구간	- 아래 굴착시 풍화 암이 예상되는 세암 - 군위터널 구간에 우보단층 출현 - 군위터널 인근에 계곡부 발달	- 지층 형상 및 구조상 심도 파악을 위한 시추 조사, 전기 비저항 탐사, 탐사와 탐사 수평 - 단층 굴착시 특성 분석을 위한 상세조사 수행 - 불특정 분포 파악을 위한 상세 시추 및 굴착조사 수행
교량 및 비탈면 구간	- 장년기~노년기 지형으로 풍화대 발달 - 굴착시 풍화가 민감한 표적암 발달 - 암종 변화 및 지형기복에 따른 기초 지지능 변화가 심할 것으로 예상	- 지층분포 파악을 위한 시추조사 및 탐사파라미터 - 사암구간 주변 비탈면 지층 현황 상세 조사 - 지층 확인을 위한 시추조사와 암반 특성 파악을 위한 암석시험 수행

52

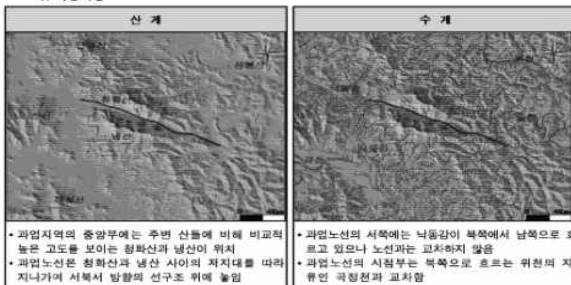
4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지형 개요

- 백악기 경상분지의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 역습소분지의 서남부에 위치
- 백악기 경상층군의 신동층군 낙동층의 반경상층과 금당리층, 백악기의 관입암류가 분포

나. 지형특성



다. 분포 암종 특성

구 분	지 질 특 성
반경상층군 하부 암석질 역질 사암	- 장석의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 - 풍화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
반경상층군 상부 역질 사암	암의 크기는 수 cm~수십 cm이며 형태는 아원형으로 기질 지질성임
혼펠스(Hornfels)	불국사 화강암의 관입에 의한 열영작용에 의해 치밀한 구조를 보이며 풍화에 상당히 강함 것으로 예상됨
금당리층현 세암(Shale)	암종으로 인한 분쇄성(fragmentation) 발달 또한 이 분쇄성과 같은 방향으로 파쇄가 된 점 또는 층리면이 있어 층리발달으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
화강암	- 암석의 중립 내지 세립질 암석으로 약간의 열기성광물 집합체를 함유 - 충돌~조립질을 보이며 돌림질 조적기 우세, 수 cm 크기의 장석방향이 나타남 - 과업구간 주변부의 높은 지형을 형성

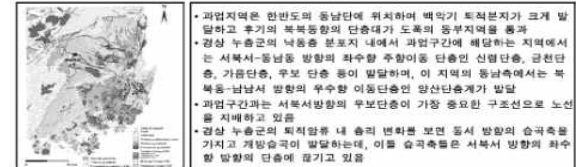
53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

라. 지질 개요도

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Qa)	하천 및 산곡 퇴적물	
	충적층(Ka)	하천 퇴적물	인 구간에서 기반암을 관입
	화강암(Kg)	과암의 치밀	3공구 중앙부
	유전층군	안산암질암(Ka)	주로 풍화암으로 구성
		관입 및 분출	노선과 교차하지 않음
신동층군	낙동층(Kel-nm)	사암과 역질사암, 역암 고호	3공구 중앙 및 중점부
	하부(Kel-nm)	장석질 사암과 역질사암, 역암 고호	3공구 서남 및 중점부

마. 지질구조



4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 원격위성영상 분석

(1) 국 제

- 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) 원 리 및 방 법

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

54

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구 지반조사

1.2 조사목적

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

1.3 조사범위

위 치	• 시험 : 경상북도 구미시 도개면 (STA. 0+000) (X=310,453.951, Y=142,180.596) • 종점 : 경상북도 군위군 소보면 (STA. 12+935) (X=304,851.7911, Y=153,668.900) • 연장 : 12.935km	
특 성	• 국도 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제 2당부속(상주~영천) 고속도로 간선 • 대구~포항 대구~부산고속도로 등의 간선로 인접 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 장외의 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모	

1.4 위치도



• 구조물 현황

타원 구간	교량 구간	토관 구간
• 군위하천 상수암상 : 1,085m • 영천방암 : 960m	• 도개교(360.0m) • 다곡교(30.2m) • 다곡교(10.0m) • 달산교(40.5m) • 달산1교(70.1m) • 개항교(25.3m) • 신계교(176.3m)	• 뽕기구간(14개소) • 뽕기구간(17개소)

제 7 장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

7.1 개요

7.1.1 기본방향

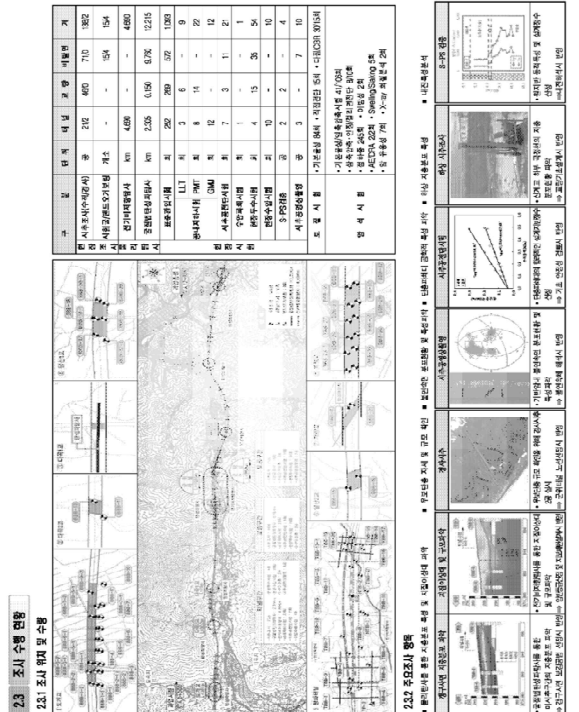
조 사 항 목	조 사 기 본 방 향
지층 현황 및 원지반 공학적 특성 분석	• 뽕기구간 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 비탈면 계획 수립 • 뽕기구간 연약지반 분포 유무 파악 및 토사층의 역학적 특성 파악
불연속면 분포 특성 파악	• 불연속면 특성(간격, 방향, JRC, JCS)을 파악하여 합한 비탈면 안정성 분석 및 보강대책 선정시 반영
뽕기재 특성 분석	• 뽕기 및 하널구간에서 발생하는 토사 및 암벽의 뽕기재 취함 여부 판단시 반영

7.1.2 조사위치 및 수량



조 사 항 목	수 량 및 조 사 목 적	조 사 목 적
표 리 항 사	• 광범원탐사파일사 : 9,760km • 시추조사 : 71공 • 지질공조사 : 15개소 • 현장시험 : 4개소 • 시추광전단시험 : 11회 • 원장투수시험 : 35회 • 시추광영상촬영 : 7공	• 지층의 분포 현황 및 두께 파악 • 지층분포 및 특성 파악, 암종 및 단층확인 • 뽕기재 적정성 검토, 토관 계획 • 뽕기구간의 토질상태 및 시료채취 • 불연속면의 강도정수 파악 • 토사층의 투수계수 파악 • 불연속면 크기 및 발달상태, 경사방향 및 경사각, 암반의 변화 및 공학적 특성 파악
실내시험	• 기본공정시험 77회, 직접전단시험 15회, 다짐/CCR시험 30/15회	
실내암석시험	• 점하중강도시험 30회, 물성시험/압축시험 12/12회, 질리면 전단시험 8회 • Swelling/Shrinkage 5회, 분산암 유동성시험 5회	

192



232

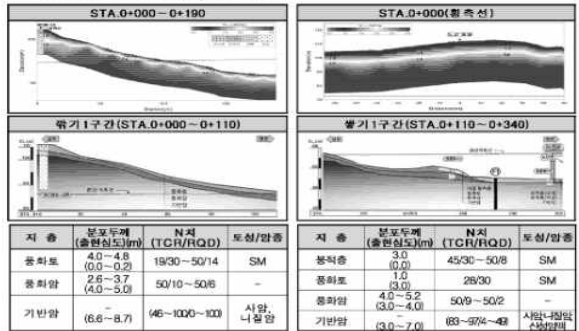
7.2 지층특성 분석

7.2.1 기본방향

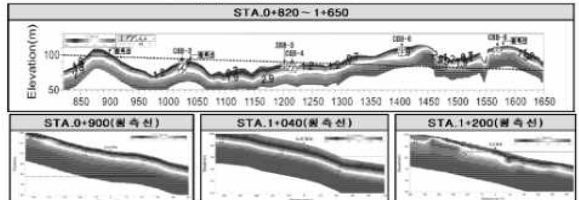
• 지표지질조사, 시추조사, 탐사 결과를 각 교량구간에 분포하는 대립, 불연속, 파쇄층 및 불확대층 분포현황 파악

7.2.2 분포 현황 파악

가. STA.0+000~0+340(뽕기1, 뽕기1구간)



나. STA.0+700~1+650(뽕기2, 3, 4구간, 뽕기2, 3, 4구간)



193

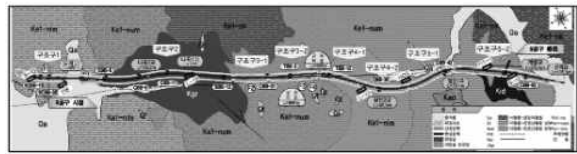
7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질분석시험

구분	점도 (m)	지층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)				USCS		
					LL(%)	PI	#4	#10	#40	#200(0.075mm)			
위 기 부	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	-	56.4	41.0	28.4	16.4	-	GM
	CBB-5	1.0	점화토	18.4	2.68	27.6	4.9	100	100	83.6	55.3	12.5	ML
	CBB-6	2.0	점화토	11.0	2.68	NP	-	97.8	87.7	31.5	13.2	-	SM
	CBB-7	1.0	점화토	12.0	2.68	NP	-	97.9	85.3	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	8.0	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	29.2	10.0	-	SW-SM
	CBB-20	4.0	점화토	17.6	2.70	32.4	10.4	98.7	98.2	91.1	71.9	17.5	CL
	CBB-21	5.0	점화토	10.5	2.71	32.6	10.9	84.7	83.4	70.9	47.6	15.0	SC
	CBB-22	1.0	점화토	14.6	2.69	30.2	9.7	90.2	87.6	79.7	61.9	17.0	CL
	CBB-23	4.0	점화토	20.6	2.70	28.2	4.8	74.5	64.5	67.8	59.2	7.5	ML
	CBB-25	6.0	점화토	15.1	2.67	NP	-	100	98.4	60.6	29.9	-	SM
	CBB-26	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	28.6	15.2	-	GM
	CBB-30	8.0	점화토	13.3	2.69	28.1	5.1	100	96.6	67.2	43.4	8.0	SM
	CBB-31	1.0	점화토	16.9	2.71	27.3	4.5	100	97.3	82.8	60.9	12.0	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	7.0	SM
	CBB-34	1.0	점화토	9.6	2.67	NP	-	100	96.2	49.8	23.6	-	SM
	CBB-35	1.0	점화토	3.7	2.68	NP	-	92.3	83.8	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	3.0	점화토	2.0	2.70	NP	-	100	96.6	60.6	27.7	-	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	38.5	17.1	-	SM
발 기 부	CBB-47	1.0	점화토	13.6	2.71	26.8	4.2	100	98.9	76.1	41.6	7.5	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	9.0	ML
	CBB-50	2.0	점화토	13.1	2.69	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.9	-	SM
	SBB-2	1.0	점화토	7.8	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	33.8	7.5	SM
	SBB-4	2.0	점화토	19.0	2.68	31.5	9.2	97.0	90.1	69.5	51.8	14.5	CL
	SBB-5	2.0	점화토	6.3	2.64	NP	-	38.1	29.7	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	2.68	NP	-	99.2	95.0	51.7	28.3	-	SM
	SBB-10	1.0	점화토	16.8	2.68	NP	-	100	89.8	62.7	38.2	7.5	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	14.0	ML
	SBB-15	2.0	점화토	16.9	2.68	28.5	6.0	100	99.0	86.9	62.9	15.0	ML
	SBB-16	1.0	점화토	5.4	2.67	NP	-	39.1	31.4	19.4	7.6	-	GW-GM

203

7.5.3 구조구분 분류 결과

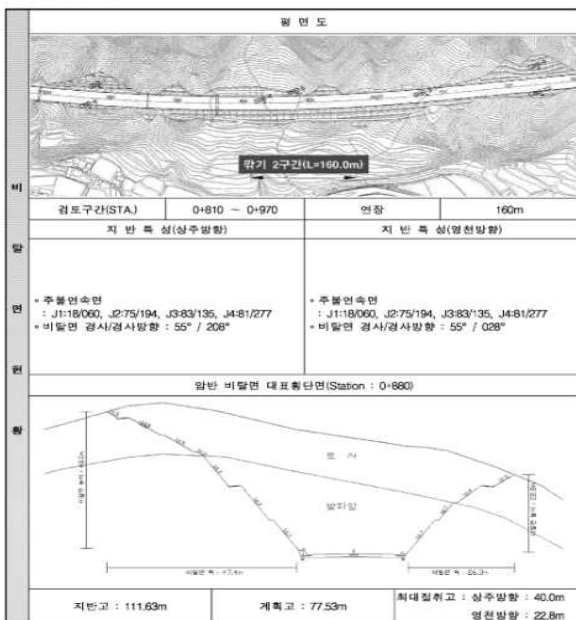


구 분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
말 상	Kel-nim	Kgr	Kel-num		Kel-nim		Kel-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-5	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
		CBB-9						
		CBB-11						
		CBB-19 (SBB-12)						
스캔라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	HO3	111-1 S-12
STA.	1+319		4+597	5+453	6+430	7+688	8+960	10+140
비 고	임상	임상	습곡축 및 구조물	임상	습곡, 습곡축 및 단열	임상	단습, 습곡 및 단열	

206

영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시계획

(2) 위기 2구간



246

제 8 장 비탈면 안정성 검토

위기구간 안정성 검토						
알 반 비 탈 면						
구분	상주방향			영천방향		
	평면	전도	채기	평면	전도	채기
1:0.5	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
1:0.7	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
1:1.0	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
	안정	안정	안정	안정	안정	안정
구분	상주방향			영천방향		
	평면파괴	채기파괴	채기파괴	평면파괴	채기파괴	채기파괴
1:0.5	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
비고	* 일반속 원사주영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음.					
	* 영천방향 일반비탈면 불안속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 녹화공법, 낙석방지그물, 낙석방지물타리를 적용하여 안정성 확보					

247

21.2.3 시설물 점검이력

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

【표 21.2.2】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 산마루측구 일부구간에서 균열 및 낙엽퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 정비 후 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2017. 11. 13 2017. 12. 28	인승철	양호	균열보수, 정비
2	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 산마루측구 일부구간에서 균열 및 낙엽퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 정비 후 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 05. 28 2018. 06. 30	인승철	양호	—
3	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 낙엽퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 정비 후 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 10. 23 2018. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 정비
4	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 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

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	532	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. 소단배수로 및 산마루측구 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	447	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 들뜸이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 단면보수
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	447	영천절토21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 들뜸이 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

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)명성 엔지니어링	1,498	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, 산마루측구 균열이 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 내구성능의 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, 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	447	영천절토 21 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었고, 산마루측구 들뜸에 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

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	638	- 배수시설 균열 발생
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	- 균열보수, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 균열
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	- 균열보수
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 상태양호
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	- 주의관찰
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 상태양호
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	- 주의관찰
14	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	936	- 상태양호
	2023. 07. 03 2023. 12. 08	이상훈	B	- 주의관찰
15	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 상태양호
	2024. 06. 10 2024. 06. 28	정지운	양호	- 없음
16	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 소단배수로 균열
	2024. 09. 23 2024. 12. 03	정지운	양호	- 균열보수
17	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 소단배수로 균열
	2025. 03. 24 2025. 06. 18	정지운	양호	- 주입보수

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	상태양호	—
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 사면부 식생상태가 양호인 상태로 조사되었다. 배수시설에 균열은 전개소 보수된 상태로 확인되었고, 배수시설은 배수기능에 큰 문제는 없는 상태로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 26.794km	46.0	85.1	보통암	
2구간 26.984km	47.9	92.9	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 46.0~47.9로 측정되었으며, 추정강도 85.1~92.9MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토21		표 번 호	【표 21.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.17	B	근거표번호	【표 21.4.7】
	2구간	0.17	B		【표 21.4.8】
	—	—	—	—	—
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.17	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	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		0		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		0		0		
	합계	0		0		0		
개략공사비 총계(천원)		0						

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.

21.2.5 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	영천절토21		
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	0.25	0.020
절리상태 및 풍화진행도	c	0.43	0.40	0.172
표면보호공	a	0.08	0.10	0.008
사면보강공	a	0.08	0.25	0.020
결합도 지수				0.220
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	영천절토21		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.120	A	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.220	B	0.2	
종합평가 결과	○사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.120 \times 0.8) + (0.220 \times 0.2) = 0.144$ ○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.

21.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 21.2.3】 보수이력사항

번호	공사명	공사구분	보수보강부위	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)
1	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구 2017-07-01~2017-12-31	보수	산마루측구	(주)한화건설, (주)삼호
			균열보수	—
2	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구 2018-07-01~2018-12-31	보수	소단배수로	(주)한화건설, (주)삼호
			균열보수	—
3	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구 2020-01-01~2020-06-30	보수	산마루측구	(주)한화건설, (주)삼호
			단면보수	—

21.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

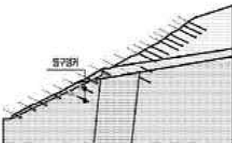
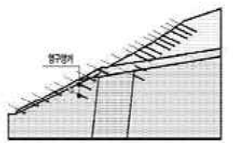
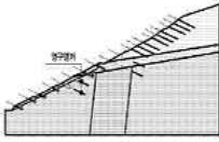
【표 21.2.4】 내진설계 여부 확인

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

(1) 상부사면(토사)-쏘일네일+영구앵커 보강

상부사면 건기시	상부사면 우기시	상부사면 지진시	
2.585 	1.323 	1.164 	
 FS = 2.446 > 1.5 ∴ 안정	 FS = 1.323 > 1.2 ∴ 안정	 FS = 1.164 > 1.1 ∴ 안정	
구 분	발생 안전율	기준 안전율	판 정
건기시	2.585	1.5	O.K
우기시	1.323	1.2	O.K
지진시	1.164	1.1	O.K

(2) 하부사면(암반)-영구앵커+락볼트 보강

하부사면 건기시	하부사면 우기시																
2.154 	1.420 																
FS = 2.154 > 1.5 ∴ 안정	FS = 1.420 > 1.2 ∴ 안정																
하부사면 지진시	검토 결과																
1.188 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th><th>발생 안전율</th><th>기준 안전율</th><th>판 정</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>건기시</td><td>2.154</td><td>1.5</td><td>O.K</td></tr> <tr> <td>우기시</td><td>1.420</td><td>1.2</td><td>O.K</td></tr> <tr> <td>지진시</td><td>1.188</td><td>1.1</td><td>O.K</td></tr> </tbody> </table>	구 분	발생 안전율	기준 안전율	판 정	건기시	2.154	1.5	O.K	우기시	1.420	1.2	O.K	지진시	1.188	1.1	O.K
구 분	발생 안전율	기준 안전율	판 정														
건기시	2.154	1.5	O.K														
우기시	1.420	1.2	O.K														
지진시	1.188	1.1	O.K														
FS = 1.188 > 1.1 ∴ 안정																	

(a) 구조계산서

(b) 구조계산서

21.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

21.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 21.2.5】 수집자료 검토결과 및 점검방향

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

21.3 현장조사 및 시험

21.3.1 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 21.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2025. 10. 02.		조 사 자	정 지 운	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	대구광역시 군위군 소보면 달산리				
위 치	시점 : 36° 15′ 18″ 128° 27′ 40″				
	종점 : 36° 15′ 10″ 128° 28′ 02″				
도 로	관리이정 : 26.654 ~ 27.034 km				
	왕복 4차선		도로폭 : 20.0m		
	교통량 : 50,000대/일				
절토사면	길 이 : 380.0m		높 이 : 33.0m		
	경 사/경사방향 : 55/030				
	도로와의 이격거리 : 평균 3.5m				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 2.0~5.0m		
	소 단 : 6				
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : -				
	낙석 최대크기 : -				
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -		
절토사면 시공현황	뜯돌 평균크기 : -				
	종 류	위 치		상 태	
	식생현황	26.654~27.034k		양호	
	산마루 측구	26.654~26.754k, 26.914~27.034k		양호	
	소단배수로	26.754~26.854k		균열	
	격자블럭+앵커	26.774~26.844k		양호	
	계단식옹벽	26.964k		양호	
	낙석방지울타리	26.914~27.024k		양호	
붕괴이력	점검용 계단		26.774k, 26.794k		양호
	유 형	규 모		위 치	
기 타	.				

나. 사면특성 조사결과

【표 21.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형				
	종단면 형상						
	기타 특징		-				
절토사면의 특성	중 형 단 면	 직선형	 절형(불록)	중 단 면 특 성	 직선형	 요철형	 오목형
		 요형(오목)	 복합형		 하부인입형	 돌출형	 불록형
상부 자연사면	경 사 도	20~30°					
	인장균열	무					
	포행흔적	무					
	수목의 기울어짐	무					
	인공구조물	무					
	산마루측구	유					
	계곡부	1개소					
지 질							
	지질각론	만경산층의 하부로서 선백악기의 기반암을 난정합으로 덮는다. 구성암석은 사질역암, 역질사암, 역암, 사암, 실트질 사암, 셰일이며, 탄층을 협제한다. 화강암은 퇴적암층에 관입하였으며, 관입으로 그 주변의 퇴적암은 접촉변성작용을 받아 접촉환을 이루었고 지형적으로 이 변성대는 높은 산지를 이룬다.					
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수		
	② 밀 도	하	-그루/m ²	-그루/m ²	-그루/m ²		
	③ 근계특징	천근성 (O), 심근성 ()					

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

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

현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 2개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

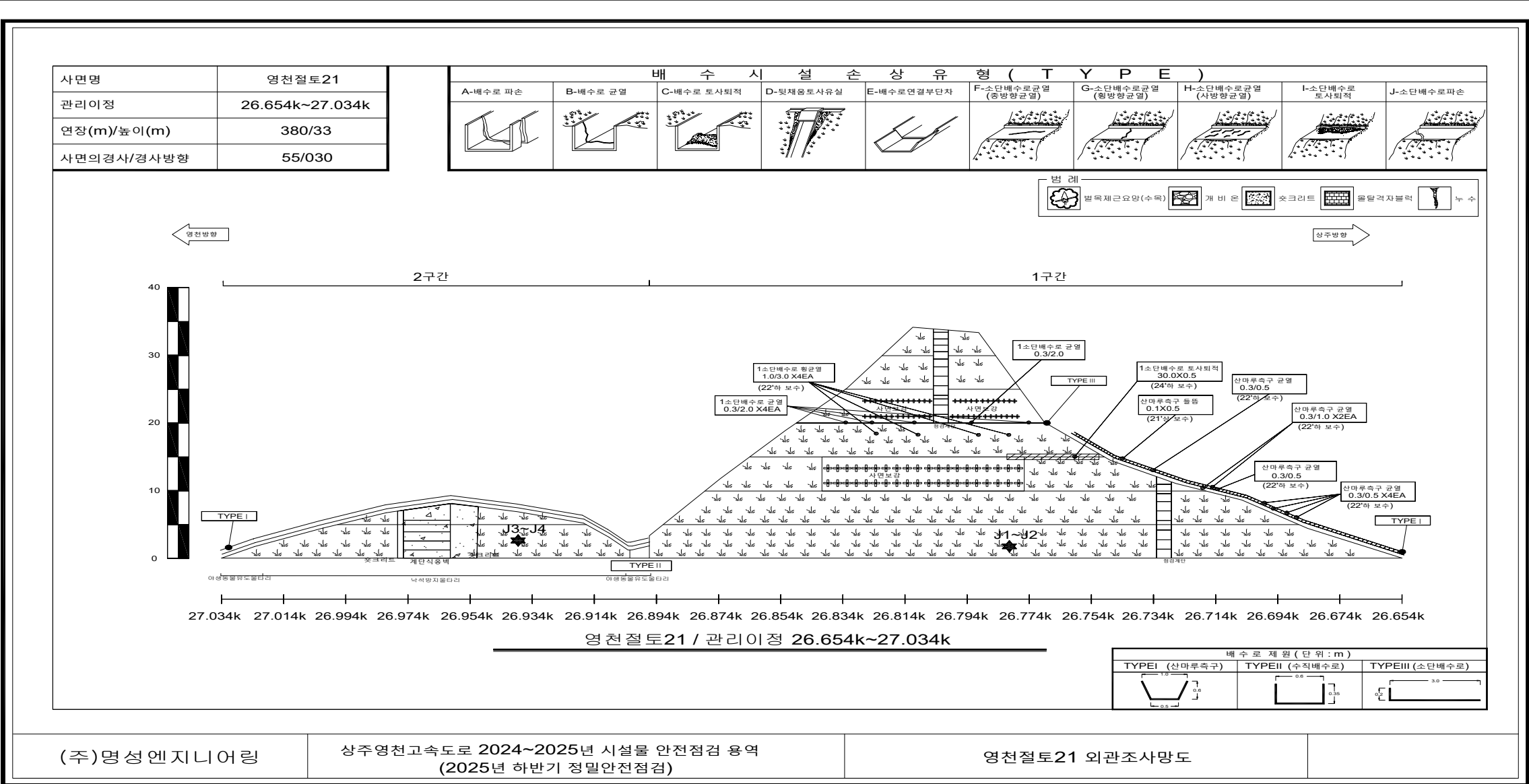
【표 21.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	경사/경사방향	토층심도	구성물질
1구간	26.654~26.894	240.0	33.0	55/030	5.0m	암
2구간	26.894~27.034	140.0	21.0	55/030	4.0m	암



21.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 영천절토21 / 26.654~27.034km
[방향 : 55/030 , 연장 : 380.0m , 높이 : 33.0m]



Bieniawski의 RMR 분류												No.	J1	J2	J3	J4					
												방향	63/245	75/288	60/232	62/253					
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10					
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	4	4	4	4					
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	4	4	4	4				
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	거칠기	3	3	3	3				
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충전물	4	4	4	4				
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	3	1	5				

21.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 영천절토21의 관리이정 26.654~26.894k의 구간으로 연장 240.0m, 높이 33.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 보호공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다. 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 보통풍화(MW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 격자블럭(26.774~26.844k), 점검계단(26.774k, 26.794k)이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 격자블럭은 사면부에 91공이 설치되어 있으며, 격자콘크리트 및 앵커부는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 계단식옹벽 또한 양호한 상태로 조사되었다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로, 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 소단배수로에 26.794k 균열(0.3/2.0*4ea, 0.3/2.0)이 조사되었고, 산마루측구, 수직도수로는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	26.794k 소단배수로 균열 (0.3/2.0*4ea)	현 황	26.794k 소단배수로 균열 (0.3/2.0*4ea)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	26.794k 소단배수로 균열 (0.3/2.0*4ea)	현 황	26.794k 소단배수로 균열 (0.3/2.0*4ea)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 21.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

【표 21.3.4】 1구간 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	10.00	5	주입보수	

나. 2구간

2구간은 영천절토21의 관리이정 26.894~27.034k의 구간으로 연장 140.0m, 높이 21.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 보호공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다. 특이손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 보통풍화(MW)~심한 풍화(HW) 정도로 판단된다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

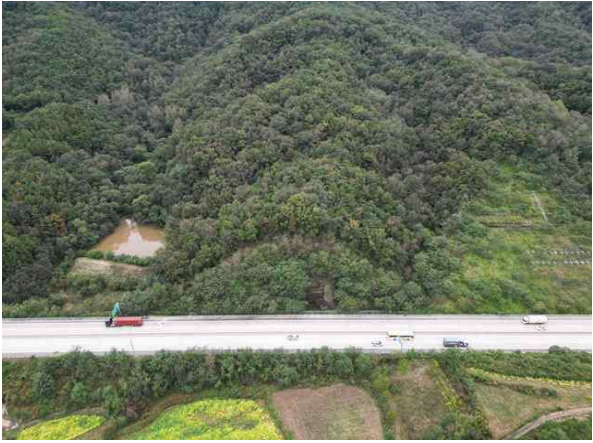
- 부대시설로는 낙석방지울타리(26.914~27.024k), 계단식옹벽(26.964k), 솟크리트(26.954~26.974k)가 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 옹벽은 하부 침하, 활동, 세굴 등의 기초부 손상은 없는 상태이며, 콘크리트 손상(파손, 균열, 배부름)도 없는 양호한 상태이다.

5) 배수시설

- 배수시설은 산마루측구가 시공되어 있고, 균열 및 토사퇴적 등의 손상이 없는 양호한 상태로, 배수기능도 원활한 상태로 조사되었다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	계단식옹벽 전경	현 황	숯크리트 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	하부 전경	현 황	2구간 전체 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 21.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

【표 21.3.5】 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. 시설물내 옹벽 점검결과

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

【표 21.3.6】 옹벽 점검결과(계단식옹벽)

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



라. 시설물내 보강공 점검결과

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

【표 21.3.7】 앵커 점검결과

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

21.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결함 항목별 발생원인 분석

【표 21.3.8】외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	발생원인	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—	—
사면부	상태양호	집중강우	—
사면하부	상태양호	표층유실에 의한 퇴적	—
배수시설	소단배수로 균열	다짐미흡, 우수유입	주입보수
부대시설	상태양호	—	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호/보강시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었다. 자연사면 및 사면부 식생상태가 양호인 상태로 조사되었다. 배수시설에 균열은 5개소 신규 조사되었고, 배수시설의 배수기능에 큰 문제는 없는 상태로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.		

【표 21.3.9】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	10.00	5	주입보수	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교(결함의 진행성 분석)

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 금회 배수시설 균열이 추가 조사되어 전반적인 손상물량은 다소 증가하였다.

【표 21.3.8】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	산마루측구 균열	m	—	—	10.00	5	▲10.00	

21.3.5 공중이 이용하는 부위 점검

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

【표 21.3.9】 공중이 이용하는 부위 점검내용

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

21.3.6 재료시험

영천절토21은 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 21.3.9】 반발경도시험 결과

시험위치	상위50% 평균값 (대표값)	일축압축강도 추정(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 26.794km	49.7	84.0	보통암	
2구간 26.984km	51.0	88.6	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 49.7~51.0으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 84.0~88.6MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

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

【표 21.3.10】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2023년)	금회(2025년)	비고
		추정강도(MPa)	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	85.1	84.0	보통암
	2구간	92.9	88.6	보통암

영천절토21 반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 10. 02. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 외관조사 위치(m) 참조
시험 대상 구조물	영천절토21 (L=380.0m, H=33.0m)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정, 암반노출부
시험시의 온도	19.8℃, 3000일 이상
표본 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구분	내용
측정기의 종류	슈미트 해머 암반형
3. 시험 방법	
구분	내용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정치의 상위 50% 의 평균값
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 불연속면 특성 조사

1) 불연속면 조사 위치

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

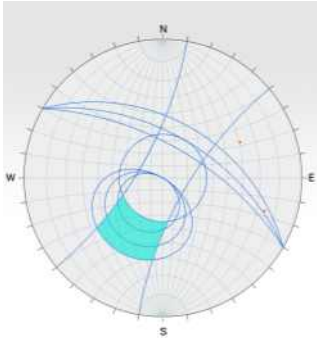
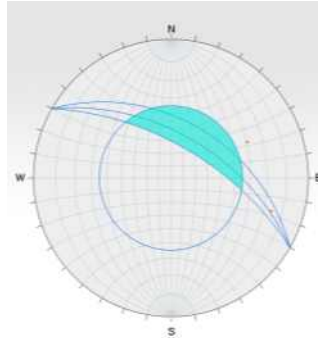
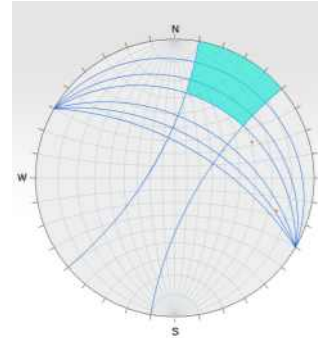


【사진 21.3.3】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

불연속면 조사는 구간별로 각 2개조를 실시하였고, 불연속면의 특성 조사결과는 다음의 표와 같다.

【표 21.3.11】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	—	절리상태 점수		
					J1	J2	—
종류		절리	절리	—	—	—	—
방향성		63/245	75/288	—	—	—	—
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	—	2	2	—
	틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	—	4	4	—
	거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	—	4	4	—
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	—	2	2	—
	풍화도	HW	MW	—	6	4	—
누수상태		완전건조	완전건조	—	3.6	3.2	—
암괴크기		—	—	—			
블록형상		불규칙상	불규칙상	—			
평사투영해석							
평면파괴		썰기파괴		전도파괴			
							
안정		안정		안정			
● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썰기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음							

【표 21.3.12】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분		J3	J4	—	절리상태 점수		
					J3	J4	—
종류		절리	절리	—	—	—	—
방향성		60/232	62/253	—	—	—	—
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	—	2	2	—
	틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	—	4	4	—
	거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	—	4	4	—
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	—	2	2	—
	풍화도	HW	MW	—	6	4	—
누수상태		완전건조	완전건조	—	3.6	3.2	—
암괴크기		—	—	—			
블록형상		불규칙상	불규칙상	—			
평사투영해석							
평면파괴		썰기파괴		전도파괴			
안정		안정		안정			
● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썰기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음							

21.4 상태평가

21.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 380m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 2구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 표기하였다.

【표 21.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	26.654~26.894km	240m	암반사면	
2구간	26.894~27.034km	140m	암반사면	

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면(2024.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 21.4.2]에 수록하였다.

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

－ 토층심도율(SR)

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

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

－ 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 21.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{33.0} = 0.15$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 84.0MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.4, \frac{Ib}{H} = \frac{0.4}{33.0} = 0.012$ 로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{4.0}{21.0} = 0.19$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 88.6MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.4, \frac{Ib}{H} = \frac{0.4}{21.0} = 0.019$ 로 0.01초과	절리암반	

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

구분	S ₁	S ₂	S ₃	Ib	H	블록크기비(BR)
1구간	0.5	0.4	0.3	0.4	33.0	0.012
2구간	0.4	0.4	0.4	0.4	21.0	0.019

다. 강우량

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

본 사면은 군위에 위치한 사면으로 기상청자료와 가까운 대구의 기상청자료(최근 30개년)를 획득하여 다음에 정리하였다.

구분	일 최대 강우량(mm)									
일시(year)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
강우량(mm)	51.4	113.0	101.4	225.8	96.5	118.2	94.9	134.5	187.0	161.0
일시(year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
강우량(mm)	68.5	122.0	98.0	135.0	79.0	104.5	168.0	146.0	157.0	95.0
일시(year)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
강우량(mm)	79.5	113.0	65.0	127.5	104.5	168.2	69.0	81.1	100.8	191.3
평균(mm)	118.6									

21.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가

1-1. 인장균열

인장균열은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-2. 지반변형

지반변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-3. 구조물변형

구조물의 변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-4. 발생규모

붕괴없음 0점(a)

1-5. 절리방향(사면과의 차이)

$|245 - 030| = 215^\circ$ 로 사면방향과 45° 이상 범위이므로 0점(a)

1-6. 절리경사-사면경사

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

1-7. 절리상태

1구간 J1의 절리상태 점수는 불연속면에 3.6점으로 기재하여 4점(c)

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:0.7이상, 1:0.5미만으로 2점(c)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.6mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 일반발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 5점(d)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수, 측구가 있으므로 보통인 2점(c)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 1점(a)

【표 21.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토21		표번호	[표 21.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	26.654~26.894km	
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	2025. 10. 02		조사자	정 지 운	

【표 21.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토21		표번호	[표 21.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	26.654~26.894km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	245 - 030 = 215°	0		
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.6점)	4		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.6mm(대구)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2025. 10. 02		조사자	정 지 운		

나. 2구간 상태평가

1-1. 인장균열

인장균열은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-2. 지반변형

지반변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-3. 구조물변형

구조물의 변형은 없는 것으로 확인되었다. 0점(a)

1-4. 발생규모

붕괴없음 0점(a)

1-5. 절리방향(사면과의 차이)

$|232 - 030| = 202^\circ$ 로 사면방향과 45° 이상 범위이므로 0점(a)

1-6. 절리경사-사면경사

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

1-7. 절리상태

2구간 J3의 절리상태 점수는 불연속면에 3.6점으로 기재하여 4점(c)

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:0.7이상, 1:0.5미만으로 2점(c)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.6mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 일반발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 5점(d)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수, 측구가 있으므로 보통인 2점(c)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 1점(a)

【표 21.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토21		표번호	[표 21.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	26.894~27.034km	
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	2025. 10. 02		조사자	정 지 운	

【표 21.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토21		표번호	[표 21.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	26.894~27.034km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	232 - 030 = 202°	0		
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.6점)	4		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.6mm(대구)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	나쁨	5		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2025. 10. 02		조사자	정 지 운		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.21로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 21.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			영천절토21				표번호
근거표번호			[표 21.4.3], [표 21.4.4]				[표 21.4.7]
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	16	f2=0.31	c
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	4	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					16	F=0.21	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 16 / 52 = 0.31 ○상태평가등급(F) : 16 / 76 = 0.21					

【표 21.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			영천절토21				표번호
근거표번호			[표 21.4.3], [표 21.4.4]				[표 21.4.7]
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	16	f2=0.31	c
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	4	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	5	d			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					16	F=0.21	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 16 / 52 = 0.31 ○상태평가등급(F) : 16 / 76 = 0.21					

【표 21.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
영천절토21	0.21	B	0.21	B	0.21	B

라. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

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

2) 도로포장

평가기준	상 태
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

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

21.5 종합평가 및 안전등급 지정

21.5.1 종합평가 결과

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

【표 21.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토21		표 번 호	【표 21.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.21	B	근거표번호	【표 21.4.7】
	2구간	0.21	B		【표 21.4.8】
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.21	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

21.5.2 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 21.5.2】 안전등급 기준

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

21.5.3 이전 정밀안전점검과의 비교

【표 21.5.3】이전 정밀안전점검과의 비교

평가구분		전차 정밀안전점검 (2023년)		금회 정밀안전점검 (2025년)	
		결합지수	평가결과	결합지수	평가결과
상태평가	1구간	F=0.17	B	F=0.21	B
	2구간	F=0.17	B	F=0.21	B
안전성평가		해당없음	—	해당없음	—
등급 변경사유		결합지수 및 등급변경사유 기술 또는 결합지수 및 등급의 변경은 없는 상태이다.			

21.6 보수·보강 및 유지관리방안

21.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 21.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	10.00	15.00	m	65	975	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	975		0		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	488		0		0		
	합계	1,463		0		0		
개략공사비 총계(천원)		1,463						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

21.6.2 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 21.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 격자블럭 설치 구간 → 격자앵커부는 현재 양호한 상태이나, 장기공용시 우수 및 동결융해로 인한 정착력 저하 및 주변부 유실이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검으로 통해 손상의 발생유무에 대한 확인, 유지관리를 실시	
배수 시설	• 배수로 구간 → 균열 발생, 진전에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	• 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

21.7 종합결론

21.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 보호/보강시설이 설치되어 있으며, 풍화 등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었다. 자연사면 및 사면부 식생상태가 양호인 상태로 조사되었다. 배수시설에 균열은 5개소 신규 조사되었고, 배수시설의 배수기능에 큰 문제는 없는 상태로 확인되었다. 사면보호/보강 시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 49.7~51.0로 측정되었으며, 추정 강도 84.0~88.6MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.21로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 절리상태로 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.

21.7.2 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.

21.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

21.7.4 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.

