

16. 상주절토16

16.1 시설물 개요

16.2 자료수집 및 분석

16.3 현장조사 및 시험

16.4 상태평가

16.5 종합평가 및 안전등급 지정

16.6 보수·보강 및 유지관리 방안

16.7 종합결론

16. 상주절토16

16.1 시설물의 개요

상주절토16은 경상북도 구미시 도개면 다곡리(상주영천고속도로 21.194~22.054km)에 위치한 사면으로서 총 연장 860.0m, 높이 43.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다.

16.1.1 일반사항

【표 16.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000034		관리번호	SY SL16
시설물명	상주절토16		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
	위치좌표	시점 : 36° 16' 24.7" 128° 24' 32.5"		
		종점 : 36° 16' 15.3" 128° 55' 4.7"		
	관리이정	21.194~22.054km		
	공구이정	3공구 STA.5+180~6+040		
제 원	연 장	860.0m	높 이	43.0m
	경사/방향	45/200	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	20~30°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	(주)한화건설, (주)삼호
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 옹벽		
비 고				

16.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 16.1.1】 위치도

2023년 정밀안전점검(금회)



【그림 16.1.2】 전경사진



【그림 16.1.2】 전경사진(계속)



【그림 16.1.3】 부재별 현황



16.2 자료수집 및 분석

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

16.2.1 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

8.4 비탈면 설계기준

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

8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기 결정

(1) 뽕기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도

(2) 뽕기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도

영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시계획

다. 뽕기 비탈면

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

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

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

[원지반 토질에 대한 비탈면 기울기범위]

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

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

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

8.4.2 소단 설치기준

가. 국내의 기관별 소단 적용기준

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

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

[국내의 기관별 소단적용 기준]

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

8.4.5 설계기준 선정

가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

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

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

<비탈면 기울기 설계기준>

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

나. 지형 및 지질

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:500,000)	분석 내용
	- 유리기의 관입암, 백악기 경상층군의 신동층군, 낙동층의 만경상층원과 금당리층원, 백악기의 관입암류가 분포 - 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 편암과 경계부는 혼펠스화 - 충돌 내지 조립질, 동립질 조적 우세 - 우보단층 : 이 지역 동동변에서 북서부로 향한 우보단층은 선산 구조소봉지를 지난다. 다국동(침화산 남서)의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있을 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의 활동을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분석 내용
타일 구간	- 본토지층 : 포토층(편암), 중화암, 중화암, 연암 - 포토층은 비탈면 편암층으로 입구부는 지표에서 5.5~12.0m, 출구부는 18.0m 두께, 자갈적인 실트질 모래, 전석, 매우조밀 - 중화암은 입구부에서부터 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매우조밀 - 중화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세립, 사립 및 폭포로 화강암의 용해대 - 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세립 및 사립, 심한파괴, TCR=25~85%, RQD=0~45%
신계고 (석영교)	- 본토지층 : 매립층, 편암, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 - 편암층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈적인 실트질 모래 및 점토질 실트, 매우느슨 내지 매우조밀 - 중화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 - 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사립, TCR=14~60%, RQD=0%
개랑고	- 본토지층 : 매립층, 편암, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 - 편암층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 - 중화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 - 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사립, TCR=60%, RQD=45%

51

구 분	분석 내용
교량구간	- 본토지층 : 매립층, 연암 - 매립층은 지표에서 4.3m 두께로 분포, 모래질 자갈, 매우조밀, 습윤 - 연암은 지표하 4.3~6.3m에 2.0m 두께로 분포, 역질사립, 보통중하 내지 심한 풍화, 약한 내지 보통강한 TCR=87%, RQD=52%
도로구간	- 본토지층 : 매립층, 편암, 중화암, 연암 - 매립층은 지표에서 1.5~2.6m 두께로 분포, 모래적인 전석 및 실트질 모래, 느슨 - 편암층은 지표하 1.5~12.0m에 4.5~9.4m 두께로 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 - 중화암은 지표하 6.0~8.5m에 2.5m 두께로 분포, 역질 사립, 매우조밀 - 연암은 지표하 8.5~12.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사립, 사립 및 화강암, TCR=40~50%, RQD=0~43%
비탈면구간	- 본토지층 : 매립층, 편암, 중화암, 연암 - 매립층은 전층에 분포, 모래적인 전석 및 실트질 모래, 느슨 - 편암층은 매립층 하부에 분포, 실트질 모래, 자갈 및 전석, 매우조밀 - 중화암은 역질 사립, 매우조밀 - 연암층은 실트질 모래로 대체로 알음 - 표토의 층수는 얇고, 풍화대 역시 수 미터 이내 - 본토암층은 주로 역질 사립, 역암 및 화강암 - 암 강도는 풍화도에 따라 상이하나 보통 강한 내지 강한

4.1.3 현장답사를 통한 중점점검사항 도출

가. 주요 결과

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

나. 중점점검사항 도출

구 분	조사내용 및 분석결과	중점점검사항
타일 구간	- 아래 굴착시 봉역 등이 예상되는 세립 분포 - 굴취된 타일 구간에 우보단층 출현 - 굴취된 타일 인근에 계곡부 발달	- 지층 형상 및 구조적 심도 파악을 위한 시추 조사, 전기 비저항 탐사, 탐사와 탐사 수평 - 단층 굴착시 특성 분석을 위한 상세조사 수행 - 불적층 분포 파악을 위한 상세 시추 및 굴취조사 수행
교량 및 비탈면 구간	- 장년기~노년기 지형으로 풍화대 발달 - 굴착시 풍화에 민감한 편암 발달 - 암종 변화 및 지형기복에 따른 기초 지지층 변화가 심할 것으로 예상	- 지층분포 파악을 위한 시추조사 및 탐사파라미터 - 사립구간 주변 비탈면 시공 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. 지질 개요

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

나. 지형특성

산 계	수 계
- 과업지역의 중앙부에는 주변 산들에 비해 비교적 높은 고도를 보이는 침화산과 냉산이 위치 - 과업노선은 침화산과 냉산 사이의 저지대를 따라 지나가며 서북서 방향의 선구조를 위해 놓임	- 과업노선의 서쪽에는 낙동강이 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있으나 노선은 교차하지 않음 - 과업노선의 서쪽에는 북쪽으로 흐르는 위천의 지류인 국정천과 교차함

다. 본토 암종 특성

구 분	지질특성
만경상층원 하부 암석(역질 사립)	- 장석의 함량이 높기 때문에 다른 암석에 비해 풍화가 더 심할 것으로 예상됨 - 풍화심도가 상당히 깊을 것으로 예상됨
만경상층원 상부 암석(사립)	암의 크기는 수 cm~수십 cm이며 형태는 아원형으로 기질 지질성립
혼펠스(Hornfels)	본국사 화강암의 관입에 의한 열점착에 의해 지질한 구조를 보이며 풍화에 상당히 강함 것으로 예상됨
금당리층원 세립(Shale)	점층으로 인한 쪼개짐(fossil)이 발달. 또한 이 쪼개짐과 같은 방향으로 파쇄선이 침전 또는 충전되어 있어 층리발달의 이방성이 분 것으로 예상됨
화강암	- 암석의 중립 내지 세립질 암석으로 약간의 열기성광물 집합체를 함유 - 충돌~조립질을 보이며 동립질 조적기 우세, 수 cm 크기의 장석반정기 나타남 - 과업구간 주변의 높은 지형을 형성

53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

라. 지질 개요

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

마. 지질구조

지질구조	특 성
	- 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적층이 크게 발달하고 후기의 북쪽동향의 단층대가 도록의 동부지역을 통과 - 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당되는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 좌수향 주향미동 단층인 신원단층, 금천단층, 가문단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남단에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 미동단층인 양산단층계가 발달 - 과업구간에 대한 서북서 방향의 우보단층이 가장 중요한 구조선으로 노선을 지배하고 있음 - 경상 누층군의 편암층 내 층리 변화를 보면 동서 방향의 습곡축을 가지고 계곡을 따라 발달하는데, 이들 습곡축들은 서북서 방향의 좌수향 방향의 단층에 평행하고 있음

4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 원격위성영상 분석

(1) 목적

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

(2) 원리 및 방법

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

54

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	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제 2당부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항 대구~부산고속도로 등의 간선로 인접 대구, 군위군 교동수요 분산 • 민간의 장외와 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모	

1.4 위치도



구도별 현황	<table border="1"> <tr> <th>터널 구간</th><th>교량 구간</th><th>토관 구간</th></tr> <tr> <td> • 군위터널 상주방향 : 1,085m • 연천방향 : 960m </td><td> • 도개교(360.0m) • 다국교(30.2m) • 다국교(10.0m) • 달산교(40.5m) </td><td> • 달산교(70.1m) • 개항교(25.5m) • 신개교(176.3m) </td></tr> </table>	터널 구간	교량 구간	토관 구간	• 군위터널 상주방향 : 1,085m • 연천방향 : 960m	• 도개교(360.0m) • 다국교(30.2m) • 다국교(10.0m) • 달산교(40.5m)	• 달산교(70.1m) • 개항교(25.5m) • 신개교(176.3m)	• 뽕기구간(14개소) • 뽕기구간(17개소)
터널 구간	교량 구간	토관 구간						
• 군위터널 상주방향 : 1,085m • 연천방향 : 960m	• 도개교(360.0m) • 다국교(30.2m) • 다국교(10.0m) • 달산교(40.5m)	• 달산교(70.1m) • 개항교(25.5m) • 신개교(176.3m)						

제 7 장 비탈면구간 지반특성 분석 및 설계적용

7.1 개요

7.1.1 기본방향

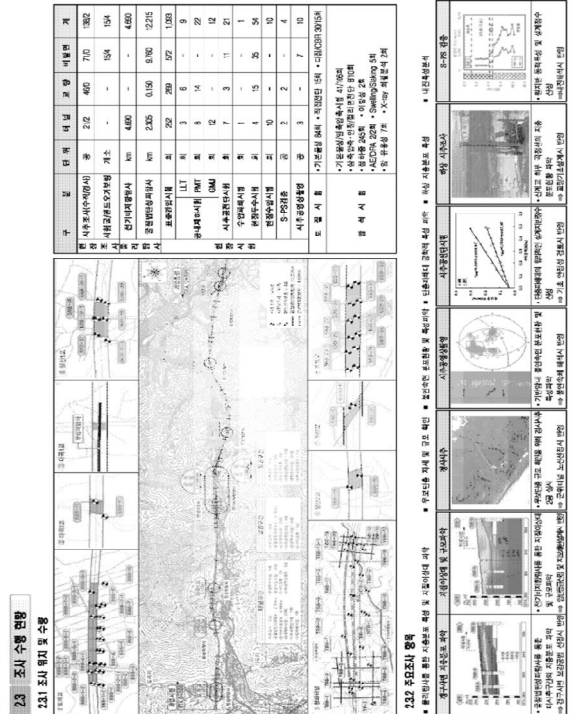
조 사 항목	조 사 기 본 방 향
지층 현황 및 경지반 공학적 특성 분석	• 뽕기구간 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 비탈면 계획 수립 • 뽕기구간 연막지반 분포 유무 파악 및 토사층의 역학적 특성 파악
불연속면 분포 특성 파악	• 불연속면 특성(간격, 방향, JRC, JCS)을 파악하여 합한 비탈면 안정성 분석 및 모강대체 선정시 반영
뽕기재 특성 분석	• 뽕기 및 터널구간에서 발생하는 토사 및 암반의 뽕기재 제하 여부 판단시 반영

7.1.2 조사위치 및 수량



조사 항목	수량 및 조사목적	조사 목적
총리항사	굴절면적성파달사 9,760km	• 지층의 분포 현황 및 두께 파악
현장조사	- 시추조사 71관 - 시험굴조사 15개소 - 현도모터보링 4개소 - 시추광전단시험 11회 - 현장투수시험 35회 - 시추광명상촬영 7점	• 지층분포 및 특성 파악, 암종 및 단층확인 • 뽕기재 적정성 검토, 토공 계획 • 뽕기구간의 토질상태 및 시료채취 • 중화대층의 강도정수 파악 • 토사층의 투수계수 파악 • 불연속면 크기 및 발달상태, 경사방향 및 경사각, 일련의 변화 및 공학적 특성 파악
실내토질시험	• 기본물성시험 77회, 직접전단시험 15회, 다짐/CBR시험 30/15회	
실내암석시험	• 점취중강도시험 38회, 물성시험/일축압축 12/12회, 질리면 전단시험 8회 Swelling/Shaking 5회, 분진함 유동성시험 5회	

192



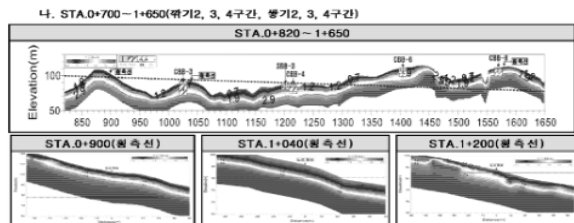
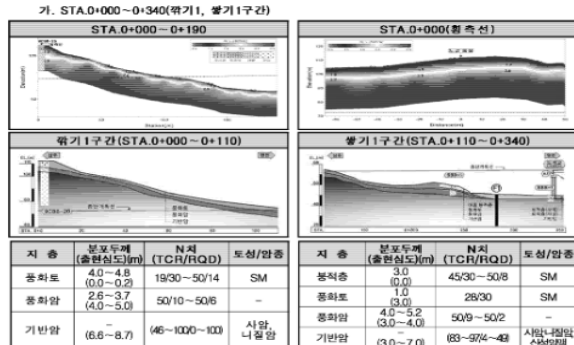
231

7.2 지층특성 분석

7.2.1 기본방향

• 지표지질조사, 시추조사, 탐사 결과를 각 교량구간에 분포하는 매질, 불연속, 피층을 및 중화대층 분포현황 파악

7.2.2 분포 현황 파악



193

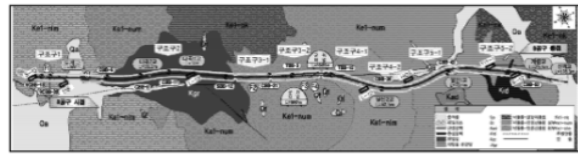
7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질분석시험

구분	점도 (m)	지층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limit		Sieve Analysis (%)				USCS		
					LL (%)	PI	#4	#10	#40	#200 (0.075mm)			
매기부	CBB-3	1.0	점화토	8.2	2.68	NP	-	100	93.1	44.8	24.6	SM	
	CBB-4	2.0	점화토	7.1	2.70	NP	-	56.4	41.0	28.4	16.4	GM	
	CBB-5	1.0	점화토	18.4	2.68	NP	4.9	100	100	83.6	55.3	ML	
	CBB-6	2.0	점화토	11.0	2.65	NP	-	97.8	70.7	31.5	13.2	SM	
	CBB-7	1.0	점화토	12.0	2.65	NP	-	97.9	65.3	26.4	12.4	SM	
	CBB-10	2.0	점화토	11.5	2.65	NP	-	100	92.6	43.3	22.5	SM	
	CBB-11	1.0	점화토	9.8	2.68	NP	-	100	75.1	22.4	8.2	SW-SM	
	CBB-12	2.0	점화토	15.5	2.67	NP	4.3	100	97.8	82.2	43.2	SM	
	CBB-15	1.0	점화토	12.2	2.69	NP	-	100	82.3	24.4	7.5	SW-SM	
	CBB-16	1.0	점화토	11.3	2.69	NP	-	98.0	84.2	23.2	10.0	SW-SM	
	CBB-20	4.0	점화토	17.6	2.70	NP	10.4	96.7	92.2	91.1	71.9	CL	
	CBB-21	5.0	점화토	10.5	2.71	NP	10.9	84.7	83.4	70.9	47.6	SC	
	CBB-22	1.0	점화토	14.6	2.69	NP	9.7	90.2	87.6	79.7	61.9	CL	
	CBB-23	4.0	점화토	20.6	2.70	NP	4.8	74.5	64.5	67.8	59.2	ML	
	CBB-26	6.0	점화토	15.1	2.67	NP	-	100	98.4	60.6	29.9	SM	
	CBB-28	5.0	점화토	11.9	2.69	NP	-	81.4	75.1	52.0	28.9	SM	
	CBB-29	1.0	점화토	13.0	2.71	NP	-	47.9	42.3	28.6	15.2	GM	
	CBB-30	8.0	점화토	13.3	2.69	NP	5.1	100	96.6	67.2	43.4	SM	
	CBB-31	1.0	점화토	16.9	2.71	NP	27.3	4.5	100	97.3	82.8	60.9	ML
	CBB-32	6.0	점화토	11.3	2.67	NP	-	98.1	92.7	60.8	28.7	SM	
	CBB-33	3.0	점화토	10.8	2.69	NP	-	98.9	92.1	59.9	33.8	SM	
	CBB-34	1.0	점화토	9.6	2.67	NP	-	100	96.2	49.8	23.6	SM	
	CBB-35	1.0	점화토	3.7	2.68	NP	-	92.3	83.6	32.8	14.2	SM	
	CBB-36	1.0	점화토	12.8	2.68	NP	-	76.3	60.8	31.3	14.4	SM	
	CBB-43	3.0	점화토	13.1	2.69	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.0	SM	
	CBB-44	3.0	점화토	9.7	2.71	NP	-	100	88.6	34.7	13.2	SM	
	CBB-45	1.0	점화토	8.6	2.68	NP	-	91.2	75.1	38.5	18.6	SM	
CBB-46	1.0	점화토	5.6	2.67	NP	-	98.3	90.7	38.5	17.1	SM		
CBB-47	1.0	점화토	13.6	2.71	NP	26.8	4.2	100	98.9	76.1	41.6	SM	
CBB-49	4.0	점화토	17.7	2.71	NP	-	100	98.4	58.6	28.6	SM		
CBB-50	1.0	점화토	29.3	2.73	NP	26.2	4.9	100	100	97.8	90	ML	
CBB-51	2.0	점화토	13.1	2.69	NP	-	67.2	57.2	36.5	14.0	SM		
상부기부	SBB-2	1.0	점화토	7.9	2.67	NP	-	95.4	80.6	40.1	15.2	SM	
	SBB-3	2.0	점화토	13.3	2.66	NP	-	100	95.6	53.6	33.6	SM	
	SBB-4	2.0	점화토	19.0	2.68	NP	31.5	9.2	97.0	90.1	68.5	51.8	CL
	SBB-5	2.0	점화토	8.3	2.64	NP	-	38.1	28.7	13.5	5.9	GW-GM	
	SBB-6	1.0	점화토	10.3	2.68	NP	-	34.3	26.9	14.9	4.9	GP	
	SBB-7	3.0	점화토	13.1	2.66	NP	-	90.5	83.3	51.2	26.2	SM	
	SBB-8	4.0	점화토	22.0	2.69	NP	-	99.2	95.0	51.7	28.3	SM	
	SBB-10	1.0	점화토	16.9	2.69	NP	-	100	98.8	62.7	33.2	SM	
	SBB-11	3.0	점화토	14.1	2.64	NP	-	98.0	85.1	47.1	24.4	SM	
	SBB-12	1.0	점화토	13.5	2.64	NP	-	98.8	87.2	49.0	23.2	SM	
SBB-13	1.0	점화토	12.3	2.67	NP	27.1	4.9	100	100	87.4	58.8	ML	
SBB-15	2.0	점화토	16.9	2.68	NP	28.5	6.0	100	99.0	86.9	62.9	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 구조구분류 결과

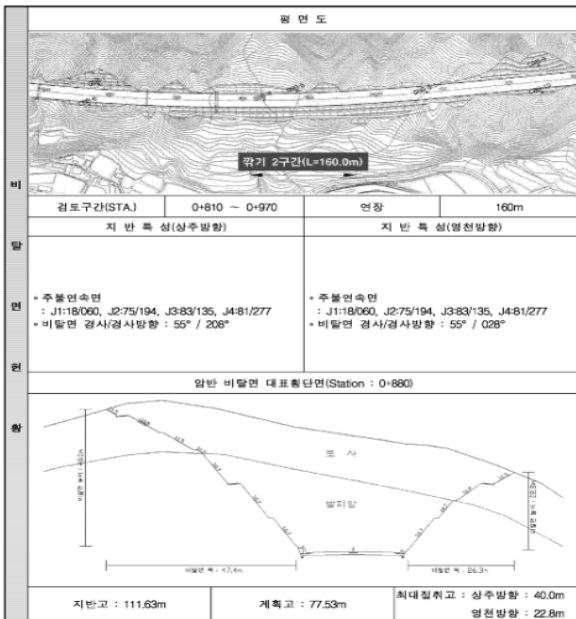


구분	구조구 1	구조구 2	구조구 3		구조구 4		구조구 5	
			3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2
말상	Kel-nm	Kgr	Kel-num		Kel-nm		Kel-num	
BIPS	9CBB-18 9CBB-20	CBB-5	CBB-21	TBB-3	TBB-15	CBB-36	CBB-43	CBB-52
		CBB-9						
		CBB-11						
		CBB-19 (SBB-12)						
스캔라인	S-13 118	L-13	-	-	-	L-12	HO3	111-1 S-12
STA.	1+319		4+597	5+453	6+430	7+688	8+990	10+140
비고	말상	말상	승곡축 및 구조물	말상	승리, 승곡축 및 단열	말상	단승, 승리 및 단열	

206

영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시계획

(2) 위기 2구간



246

제 8 장 비탈면 안정성 검토

위기구간 안정성 검토									
활 반 비 탈 면									
구분	상주방향				영천방향				비고
	평면	전도	제기	제기	평면	전도	제기	제기	
1:0.5	안정	안정	안정	안정	안정	안정	안정	안정	* 암반층 풍사주영 해석결과 영천방향 1:0.5~1:1.0기울기에서 전도파괴 가능성이 있음. * 영천방향 암반비탈면 불연속면이 Toppling Zone에 위치하여 전도파괴 가능성이 있으므로 녹회공법, 낙석방지그늘, 낙석방지물리틀을 적용하여 안정성 확보
	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	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	안정	안정	안정	안정	안정	안정	
구분	상주방향				영천방향				비고
	평면파괴	제기파괴	평면파괴	제기파괴	평면파괴	제기파괴	평면파괴	제기파괴	
1:0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	
1:0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	
1:1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	

247

16.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 2017년 6월 준공이후 기준에 따라 12회(정밀안전점검 2회, 정기안전점검 10회, 2종 성능평가 1회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 16.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 배수구 균열 및 비탈면 식생기반재 노출, 절토부 옹벽 누수흔적 및 백태가 부분적으로 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	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 배수구 균열 및 비탈면 식생기반재 노출, 절토부 옹벽 누수흔적 및 백태가 부분적으로 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	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적, 비탈면 식생기반재 노출, 절토부 옹벽 누수흔적 및 백태가 부분적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 10. 23 2018. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 정비
4	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 균열 및 토사퇴적, 체수, 비탈면 식생기반재 노출, 절토부 옹벽 누수흔적 및 백태가 부분적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	1,204	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 2개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다. 소단배수로에 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	1,011	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 건조수축 등에 의한 비구조적 손상으로 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전방지를 위한 조치가 필요하다. 특히 소단배수로에 발생된 종방향 균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	1,011	상주절토16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 건조수축 등에 의한 비구조적 손상으로 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전방지를 위한 조치가 필요하다. 특히 소단배수로에 발생된 종방향 균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)명성 엔지니어링	3,390	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 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, 일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 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	1,011	상주절토 16 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 건조수축 등에 의한 비구조적 손상으로 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전방지를 위한 조치가 필요하다. 특히 소단배수로에 발생한 종방향 균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	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	1,444	-사면부 개비온 공사중 -배수시설 균열, 토사퇴적 발생
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	-균열보수, 정비, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 균열, 토사퇴적
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	균열보수, 정비, 주의관찰
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 균열, 토사퇴적
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	균열보수, 정비, 주의관찰
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	- 배수시설 균열, 토사퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	균열보수, 정비, 주의관찰

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	상태양호(개비온 공사중)	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적	주입보수 정비
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도이다. 계곡부는 2개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 사면부 및 배후도로는 현재 개비온 공사중으로 공사완료 후 차기점검시 상태확인이 필요하다. 소단배수로에 발생한 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 정비가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
3구간 21.650km	50.1	102.8	보통암	
4구간 21.980km	45.8	84.3	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 45.8~50.1로 측정되었으며, 추정강도 84.3~102.8MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토16		표 번 호	【표 16.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.15	B	근거표번호	【표 16.4.11】
	2구간	0.14	A		【표 16.4.12】
	3구간	0.26	B		【표 16.4.13】
	4구간	0.27	B		【표 16.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.27	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	14.0	21.00	m	65	1,365	1
	소단배수로 토사퇴적	정비	6.0	9.00	m³	25	225	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	1,365		0		225		
	재경비 (순공사비의 50%)	683		0		113		
	합계	2,048		0		338		
개략공사비 총계(천원)		2,386						

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.

16.2.4 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	영천절토01		
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	0.25	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	영천절토01		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.150	B	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.220	B	0.2	
종합평가 결과	○ 사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간가중치}(Wn))$ $= (0.150 \times 0.8) + (0.220 \times 0.2) = 0.164$ ○ 종합평가 결과 : B등급			

라. 종합결론

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

16.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 16.2.2】 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, 배수로 균열, 점검계단 식생관리를 확인하였고, 금회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 기준 정밀안전점검 총2회, 정기점검 총10, 2중 성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

16.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 16.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	전구간	소단배수로 균열 보수	2018-01-01 ~ 2018-06-30	-	-	

16.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 16.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

16.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

16.3 현장조사 및 시험

16.3.1 현황 및 특성

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

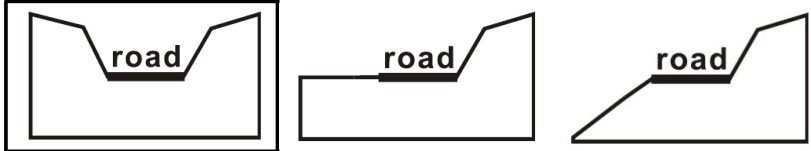
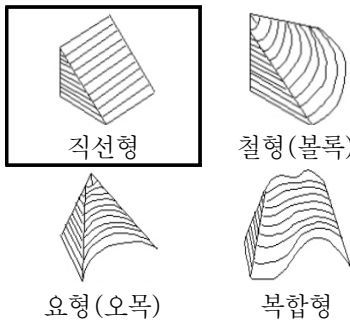
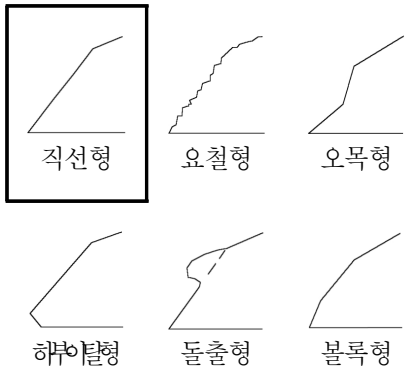
가. 일반현황 조사결과

【표 16.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 08. 10.	조 사 자	이 상 훈
일 기	맑음	준공년도	2017년 06월 27일
행정구역	경상북도 구미시 도개면 다곡리		
위 경 도	시점 : 36° 16′ 24.7″ 128° 24′ 32.5″		
	종점 : 36° 16′ 15.3″ 128° 55′ 4.7″		
절토사면	길 이 : 860.0m		높 이 : 43.0m
	경 사/경사방향 : 45/200		
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 8.0~17.0m
	소 단 : 5		
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -		
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -
	뜯돌 평균크기 : - 뜯돌 최대크기 : -		
절토사면 시공현황	종 류	위 치	상 태
	식생현황	21.194~22.054k	양호
	낙석방지울타리	21.924~22.054k	양호
	산마루 측구	21.194~21.634k	양호
	소단배수로	21.914~22.054k	균열
	사면내 판넬형 옹벽	21.360~21.590k	양호
	점검용 계단	21.974k	양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
기 타	·		

나. 사면특성 조사결과

【표 16.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	종 횡 단 면			종 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		20~30°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		2개소			
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

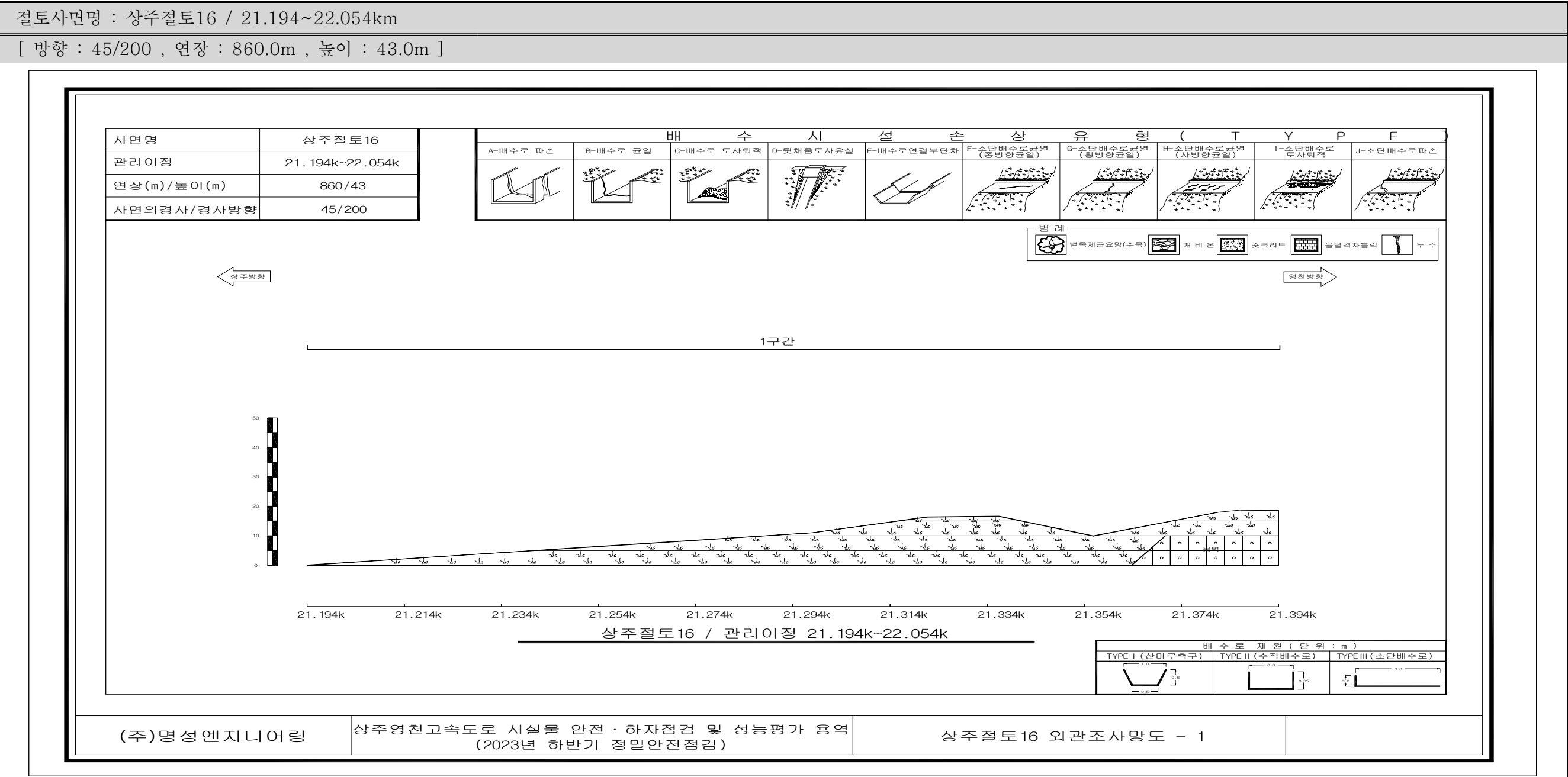
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 4개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 16.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	21.194~21.464	270.0	13.0	토사사면	
2구간	21.464~21.654	190.0	13.0	토사사면	
3구간	21.654~21.834	180.0	20.0	토사사면	
4구간	21.834~22.054	220.0	43.0	토사사면	

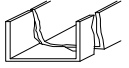
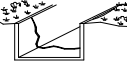
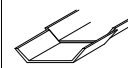
16.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



절토사면명 : 상주절토16 / 21.194~22.054km

[방향 : 45/200 , 연장 : 860.0m , 높이 : 43.0m]

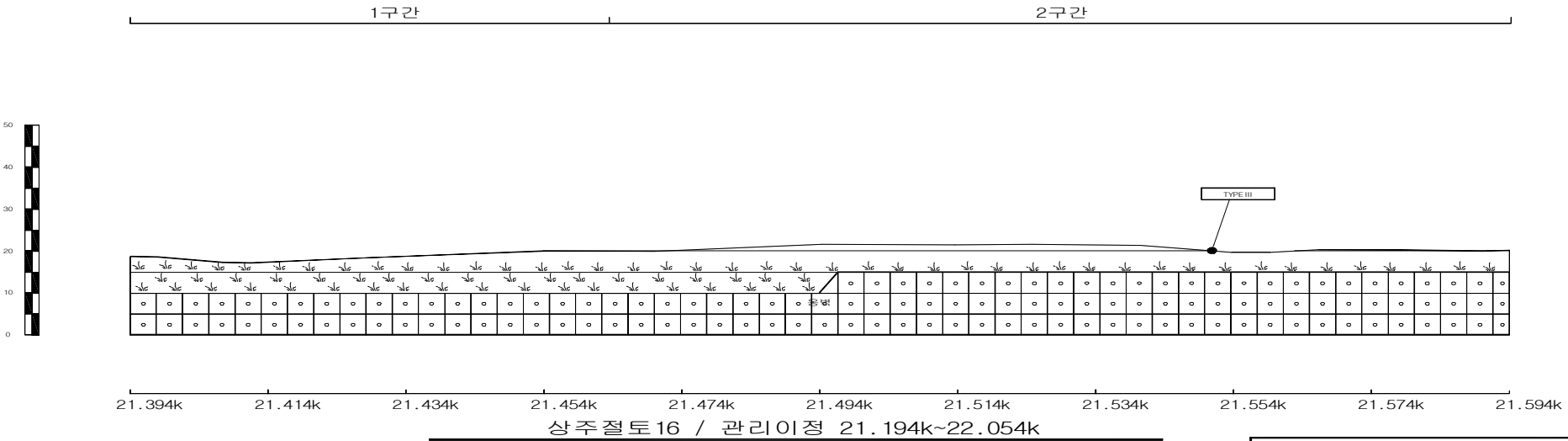
사면명	상주절토16
관리이정	21.194k~22.054k
연장(m)/높이(m)	860/43
사면의경사/경사방향	45/200

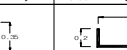
배수시설상유형 (T Y P E)									
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-빗채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
									

병레	방목제근요양(수목)	개비온	숏크리트	돌발격자블럭	누수
----	------------	-----	------	--------	----

← 상주방향

→ 영천방향



배수로 제원 (단위 : m)		
TYPE I (산마루측구)	TYPE II (수직배수로)	TYPE III (소단배수로)
		

(주)명성엔지니어링

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

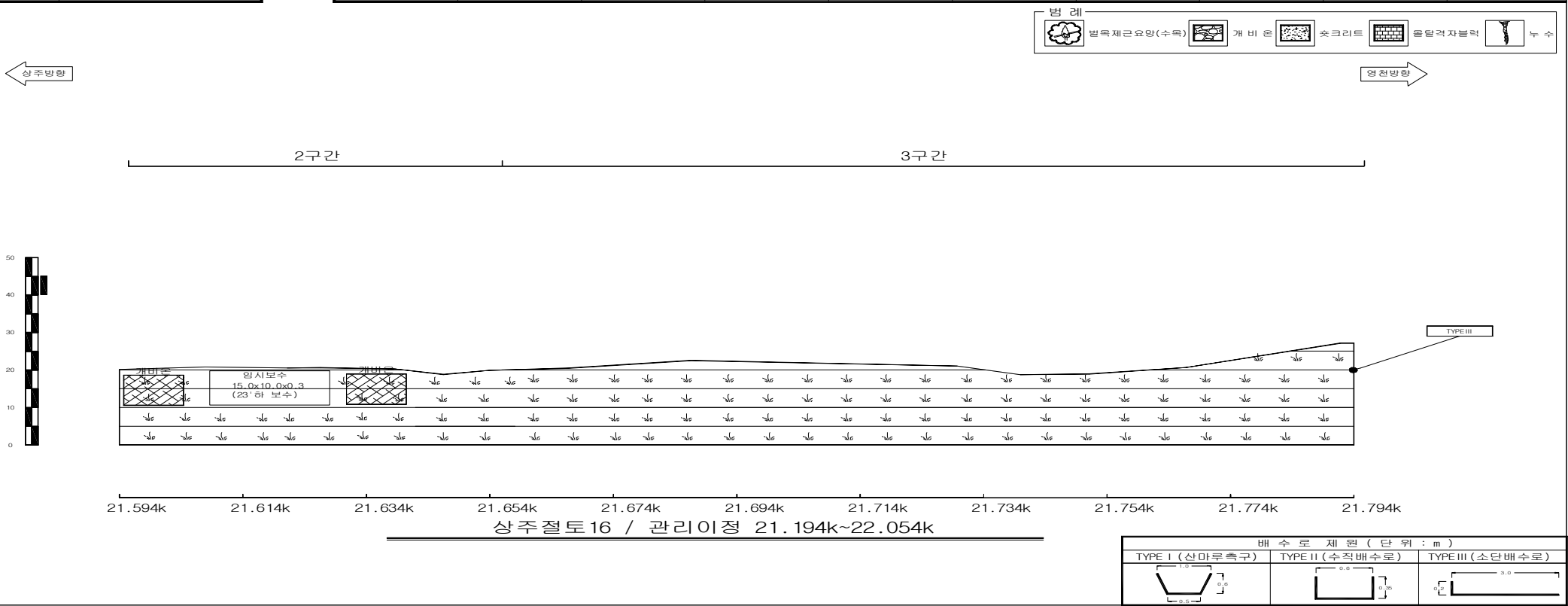
상주절토16 외관조사망도 - 2

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

절토사면명 : 상주절토16 / 21.194~22.054km

[방향 : 45/200 , 연장 : 860.0m , 높이 : 43.0m]

사면명	상주절토16	배수시설상유형 (T Y P E)									
관리이정	21.194k~22.054k	A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-빗채움토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (중앙방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로파손
연장(m)/높이(m)	860/43										
사면의경사/경사방향	45/200										



(주)명성엔지니어링

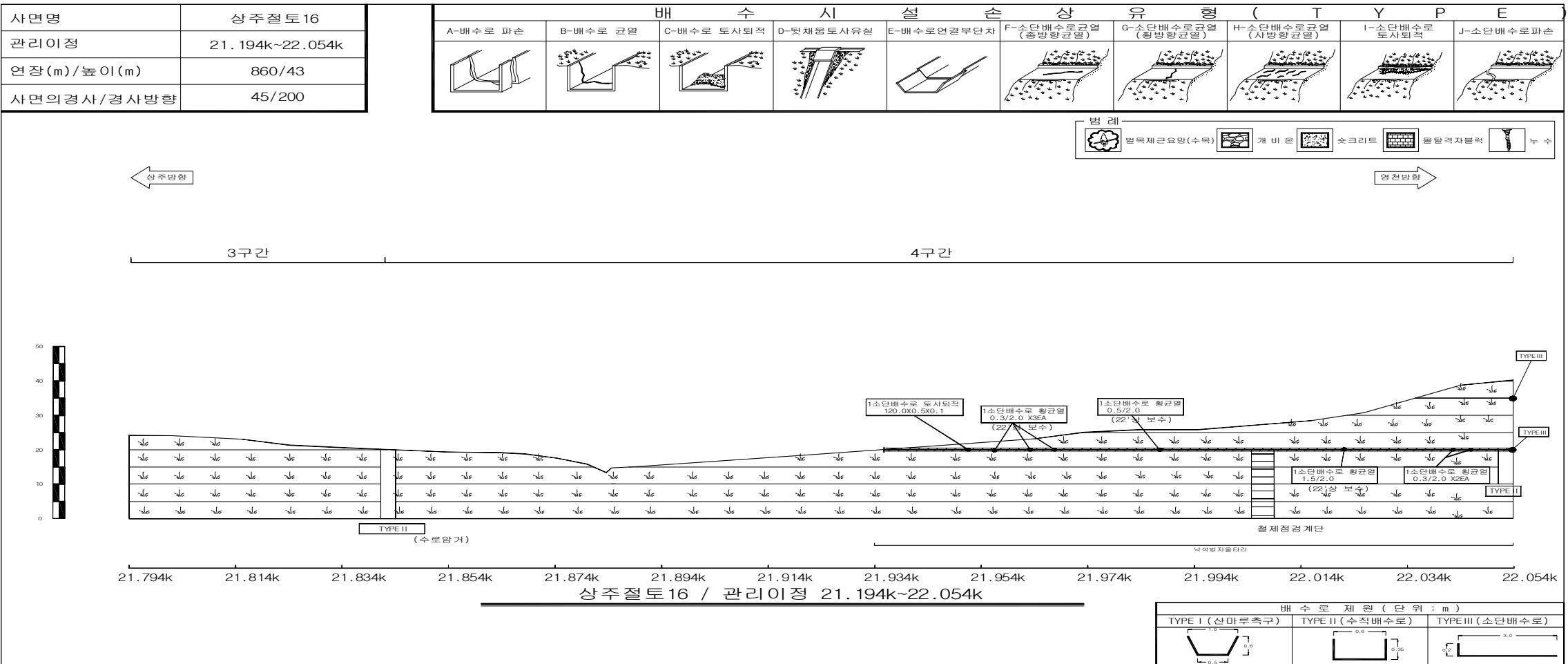
상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역
(2023년 하반기 정밀안전점검)

상주절토16 외관조사망도 - 3

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

절토사면명 : 상주절토16 / 21.194~22.054km

[방향 : 45/200 , 연장 : 860.0m , 높이 : 43.0m]



(주)명성엔지니어링

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

상주절토16 외관조사망도 - 4

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

16.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 상주절토16의 관리이정 21.194~21.464k의 구간으로 연장 270.0m, 높이 13.0m로 구성물질은 토사, 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 판넬형 옹벽이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 옹벽공, 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다. 그 외의 특이손상은 없는 것으로 조사되었다.

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 판넬형 옹벽(21.360~21.464k)이 설치되어있다. 1~2구간 옹벽의 전면판 개수는 400개로 되어있다. 옹벽은 하부 침하, 활동, 세굴 등의 기초부 손상은 없는 상태이며, 전면부 콘크리트 손상(파손, 균열, 배부름)도 없는 양호한 상태이다.

5) 배수시설

- 배수시설은 없는 것으로 확인되었다.



【사진 16.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

【표 16.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

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

나. 2구간

2구간은 상주절토16의 관리이정 21.464~21.654k의 구간으로 연장 190.0m, 높이 13.0m로 구성물질은 토사, 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 판넬형 옹벽이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 옹벽공, 식생공이 시공되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다. 급회 21.614k 표층유실 임시보수(20.0*20.0)를 실시한 것이 확인되었다. 상기 손상은 집중 강우에 의한 식생공 및 표층이 일부 유실된 것으로 현재 임시보수를 실시한 상태로, 추후 개비온 등의 보수를 실시하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

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 판넬형 옹벽(21.464~21.590k)가 설치되어있다.
- 옹벽은 하부 침하, 활동, 세굴 등의 기초부 손상은 없는 상태이며, 전면부 콘크리트 손상(파손, 균열, 배부름)도 없는 양호한 상태이다.

5) 배수시설

- 배수시설 및 유지관리를 위해 배후도로가 시공되어 있으며, 특이손상이 없는 양호한 상태로, 배수기능에 문제가 없는 것으로 조사되었다.

			
현 황	하부 판넬형 옹벽 전경	현 황	개비온 상태양호
원 인	상태양호	원 인	—
대 책	—	대 책	—
			
현 황	21.614k 표층유실 임시보수(15*10*0.3)	현 황	21.614k 표층유실 임시보수(15*10*0.3)
원 인	집중강우	원 인	집중강우
대 책	개비온설치	대 책	개비온설치

【사진 16.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

【표 16.3.5】 2구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	표층유실 임시보수	m ³	45.00	1	개비온	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	

다. 3구간

3구간은 상주절토16의 관리이정 21.654~21.834k의 구간으로 연장 180.0m, 높이 20.0m로 구성물질은 토사, 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도로 판단된다. 점검결과, 특이손상이 없는 것으로 조사되었다.

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 소일네일링이 시공되어 있고, 현재 식생공으로 덮여있는 상태로 확인은 불가하나, 이완에 의한 식생의 유실 및 탈락이 없는 것으로 보아 양호한 상태인 것으로 판단된다.

5) 배수시설

- 배수시설은 배후도로, 수직도수로가 시공되어 있고, 배수기능에 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

			
현 황	수직도수로 전경	현 황	하단 도로부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 16.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황

【표 16.3.6】 3구간 손상내용 총괄표

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

라. 4구간

4구간은 상주절토16의 관리이정 21.834~22.054k의 구간으로 연장 220.0m, 높이 43.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공, 소일네일링이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태로 확인되었다. 소일네일링은 현재 식생공으로 덮여있는 상태로 확인은 불가하나, 이완에 의한 식생의 유실 및 탈락이 없는 것으로 보아 양호한 상태인 것으로 판단된다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도로 판단된다.

3) 사면하부

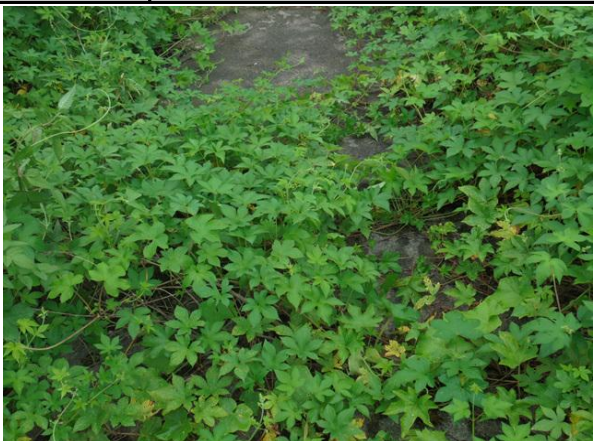
- 사면하부는 L형측구, 낙석방지울타리가 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 이격거리는 1.0~1.5m정도의 거리를 유지하고 있다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(21.924~22.054k), 점검계단(21.974k)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 배후도로가 시공되어 있다.
- 기존 손상인 소단배수로 22.040k 균열(0.3/2.0*2ea), 전구간 토사퇴적(120.0*0.5*0.1)이 확인되었고, 진전은 미미한 상태이다. 또한 전차에 조사된 일부균열에 대해 보수가 실시된 것이 확인되었고, 보수부는 양호한 상태이다.
- 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. 토사퇴적은 지표수에 의한 사면부 토사유실이 퇴적되어 발생한 손상으로 판단되며, 원활한 배수를 위해 정비가 필요하다.

			
현 황	점검계단 전경	현 황	소단배수로 전경
원 인	식생으로 인한 통행 불가	원 인	상태양호
대 책	정비	대 책	-
			
현 황	배후도로 전경	현 황	하부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	전구간 소단배수로 토사퇴적(120*0.5*0.1)	현 황	22.040k 소단배수로 균열(0.3/2.0)
원 인	지표수 유입에 의한 토사유실	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	정비	대 책	주입보수

【사진 16.3.4】 4구간 외관조사 결과 주요현황

【표 16.3.7】 4구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	4.00	2	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	m³	6.00	1	정비	

16.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 16.3.8】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	표층유실 임시보수	개비온
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수
	소단배수로 토사퇴적	정비
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면에 옹벽공, 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태이다. 암노출부에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도이다. 계곡부는 2개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 개비온 사이 사면부에 표층유실이 발생하여 현재 임시보수를 실시한 상태로, 주후 개비온 설치가 필요한 상태이다. 소단배수로에 발생한 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 정비가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

【표 16.3.9】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	표층유실 임시보수	m³	45.00	1	개비온	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	4.00	2	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	m³	6.00	1	정비	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 배수시설 균열보수를 실시하였고, 사면부 표층유실이 발생하여 일부 물량이 증가한 것으로 확인되었다.

【표 16.3.10】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	표층유실 임시보수	m³	—	—	45.00	1	▲45.00	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	14.00	7	4.00	2	▼10.00	
	소단배수로 토사퇴적	m³	6.00	1	6.00	1	—	

16.3.5 재료시험 결과

영천절토06은 비탈면 분류결과 토사사면으로 판정되었고, 토사사면 재료시험인 토양경도계를 이용한 토양경도시험을 분할된 구간별로 시험을 실시하였다.

가. 토양경도시험

1) 토양경도시험 위치 및 결과

토양경도계를 이용한 토양경도시험을 실시하였고, 구간별로 3개소에 대해 각 10회씩 측정하여 평균값으로 토양경도지수를 mm 단위로 나타내었다.

대상 비탈면의 토성은 사질토로 확인되었으며, 토양경도시험결과 21.4~22.6mm, 평균 22.1mm로 조사되어 보통인 상태로 측정되었다.

【표 16.3.11】 1구간 토양경도시험 측정결과

구분	위 치	측정치(mm)					평균(mm)	토질조건	점검사진
1	21.334k 상	20.6	22.5	25.0	23.8	22.0	22.1	사질토	
		21.5	22.0	21.5	21.4	20.2			
2	21.334k 중	22.5	21.5	22.4	22.0	20.4	22.1	사질토	
		23.5	21.8	23.6	21.8	21.8			
3	21.334k 하	21.6	22.0	20.8	21.8	20.8	21.4	사질토	
		21.6	22.4	20.8	21.6	20.8			

【표 16.3.12】 2구간 토양경도시험 측정결과

구분	위 치	측정치(mm)					평균(mm)	토질조건	점검사진
1	21.614k 상	22.5	23.8	20.8	21.6	22.6	22.1	사질토	
		20.8	22.6	23.5	21.6	20.8			
2	21.614k 중	21.4	21.5	23.4	22.0	21.8	22.3	사질토	
		23.5	21.6	23.0	22.8	22.4			
3	21.614k 하	21.8	22.8	23.0	23.0	22.6	22.6	사질토	
		21.0	22.1	23.0	23.4	23.0			

【표 16.3.13】 3구간 토양경도시험 측정결과

구분	위 치	측정치(mm)					평균(mm)	토질조건	점검사진
1	21.814k 상	21.6	22.5	24.0	23.0	22.1	22.4	사질토	
		20.5	22.8	23.8	22.6	20.8			
2	21.814k 중	21.8	21.6	23.8	21.5	20.4	21.7	사질토	
		22.6	22.0	22.0	21.5	20.0			
3	21.814k 하	21.4	22.3	22.0	21.5	22.5	22.1	사질토	
		21.4	22.4	22.0	22.6	23.0			

【표 16.3.14】 4구간 토양경도시험 측정결과

구분	위 치	측정치(mm)					평균(mm)	토질조건	점검사진
1	22.014k 상	22.4	22.4	21.0	23.0	22.0	22.2	사질토	
		21.5	23.6	21.8	23.0	21.0			
2	22.014k 중	22.0	22.4	21.5	21.0	22.0	22.1	사질토	
		23.6	22.8	21.6	22.5	21.5			
3	22.014k 하	21.0	23.5	22.6	23.0	21.5	22.6	사질토	
		23.0	23.4	22.4	23.0	22.5			

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)에서 파쇄암반사면으로 평가되어 상태평가를 실시하였지만, 금회 조사시 토사사면으로 평가되어 비교가 불가하다.

나. 토층심도 조사

본 사면의 준공도면 및 초기점검보고서를 통한 조사결과 토층심도는 약 8.0~17.0m 정도인 것으로 확인되었다.

16.4 상태평가

16.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 860m의 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 16.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	21.194~21.464km	270m	토사사면	—
2구간	21.464~21.654km	190m	토사사면	—
3구간	21.654~21.834km	180m	토사사면	—
4구간	21.834~22.054km	220m	토사사면	—

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 6.4.2]에 수록하였다.

토층심도는 준공도서, 초기점검보고서, 전회 정밀안전점검, 현장조사를 종합적으로 고려하여 작성하였다.

－ 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 16.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{8.0}{13.0} = 0.61$ 로 0.4이상	토사사면	토사사면
	압축강도	10MPa	—	—	
	블록크기	0.01	—	—	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{8.0}{13.0} = 0.61$ 로 0.4이상	토사사면	토사사면
	압축강도	10MPa	—	—	
	블록크기	0.01	—	—	
3구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{10.0}{20.0} = 0.50$ 로 0.4이상	토사사면	토사사면
	압축강도	10MPa	—	—	
	블록크기	0.01	—	—	
4구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{17.0}{42.0} = 0.41$ 로 0.4이상	토사사면	토사사면
	압축강도	10MPa	—	—	
	블록크기	0.01	—	—	

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

다. 토질조건, 사면경사

대상 시설물의 조사결과 토질조건은 사질토의 보통인 상태이며, 사면 하단의 경사도는 45° 이고 상태평가를 위한 사면의 평균 사면경사는 40° 로 확인되었다.

라. 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									

16.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 16.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	21.194~21.464km	
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. 08. 10		조사자	이 상 훈	

【표 16.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	21.194~21.464km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	토사사면	토질조건	사질토 보통	3		
1-6		토층심도율	0.61	3		
2. 사면형상						
1-7	토사사면	사면경사	40° (평균사면경사)	2		
1-8		집수지형	무관	0		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	3	3	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	토사사면	표면보호	식생양호	1		
1-11	배수조건		불량	5		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈		

나. 2구간 상태평가 조사결과표

【표 16.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	21.464~21.654km	
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	21.614k	45.0m³ (15.0*10.0*0.3)	3	
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈	

【표 16.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	21.464~21.654km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	토사사면	토질조건	사질토 보통	3		
1-6		토층심도율	0.61	3		
2. 사면형상						
1-7	토사사면	사면경사	40° (평균사면경사)	2		
1-8		집수지형	무관	0		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	3	3	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	토사사면	표면보호	식생양호	1		
1-11	배수조건		불량	5		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈		

다. 3구간 상태평가 조사결과표

【표 16.4.7】 사면 손상상태 조사결과표 (3구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.7]	
조사영역번호	3구간		조사영역 위치	21.654~21.834km	
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태 점수	비고
		위 치	상태 및 규모		
1-1	인장균열	—	없음	0	
1-2	지반변형	—	없음	0	
1-3	구조물변형	—	없음	0	
2. 파괴현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위 치	규모		
1-4	—	—	—	0	
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈	

【표 16.4.8】 사면 파괴요인 조사결과표 (3구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.8]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	21.654~21.834km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	토사사면	토질조건	사질토 보통	3		
1-6		토층심도율	0.50	2		
2. 사면형상						
1-7	토사사면	사면경사	40° (평균사면경사)	2		
1-8		집수지형	1	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	3	3	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	토사사면	표면보호	식생양호	1		
1-11	배수조건		보통	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈		

라. 4구간 상태평가 조사결과표

【표 16.4.9】 사면 손상상태 조사결과표 (4구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.9]	
조사영역번호	4구간		조사영역 위치	21.834~22.054km	
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태 점수	비고
		위 치	상태 및 규모		
1-1	인장균열	—	없음	0	
1-2	지반변형	—	없음	0	
1-3	구조물변형	—	없음	0	
2. 파괴현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위 치	규모		
1-4	—	—	—	0	
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈	

【표 16.4.10】 사면 파괴요인 조사결과표 (4구간)

시설물명	상주절토16		표번호	[표 16.4.10]		
조사영역 번호	4구간		조사영역 위치	21.834~22.054km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	토사사면	토질조건	사질토 보통	3		
1-6		토층심도율	0.41	0		
2. 사면형상						
1-7	토사사면	사면경사	40° (평균사면경사)	2		
1-8		집수지형	1	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	3	3	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	토사사면	표면보호	식생양호	1		
1-11	배수조건		불량	5		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10		조사자	이 상 훈		

마. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1~4구간은 토사사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.26로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 16.4.11】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			상주절토16				표번호
근거표번호			[표 16.4.3], [표 16.4.4]				[표 16.4.11]
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 토질조건	3	c	17	f2=0.33	c
		⑥ 토층심도율	3	d			
	사면형상	⑦ 사면경사	2	b			
		⑧ 집수지형	0	a			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 표면보호	1	b			
		⑪ 배수조건	5	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					17	F=0.22	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 17 / 52 = 0.33 ○ 상태평가등급(F) : 17 / 76 = 0.22					

【표 16.4.12】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			상주절토16			표번호	
근거표번호			[표 16.4.5], [표 16.4.6]			[표 16.4.12]	
평가요소			결합점수	결합종류별 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 토질조건	3	c	17	f2=0.33	c
		⑥ 토층심도율	3	d			
	사면형상	⑦ 사면경사	2	b			
		⑧ 집수지형	0	a			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 표면보호	1	b			
		⑪ 배수조건	5	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					20	F=0.26	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 3 / 24 = 0.13 ○ 파괴요인지수(f2) : 17 / 52 = 0.33 ○ 상태평가등급(F) : 20 / 76 = 0.26					

【표 16.4.13】 상태평가결과 산정표(3구간)

시설물명			상주절토16				표번호
근거표번호			[표 16.4.7], [표 16.4.8]				[표 16.4.13]
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 토질조건	3	c	15	f2=0.29	b
		⑥ 토층심도율	2	c			
	사면형상	⑦ 사면경사	2	b			
		⑧ 집수지형	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 표면보호	1	b			
		⑪ 배수조건	3	c			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					15	F=0.20	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 15 / 52 = 0.29 ○ 상태평가등급(F) : 15 / 76 = 0.20					

【표 16.4.14】 상태평가결과 산정표(4구간)

시설물명			상주절토16				표번호
근거표번호			[표 16.4.9], [표 16.4.10]				[표 16.4.14]
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 토질조건	3	c	15	f2=0.29	b
		⑥ 토층심도율	0	a			
	사면형상	⑦ 사면경사	2	b			
		⑧ 집수지형	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 표면보호	1	b			
		⑪ 배수조건	5	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					15	F=0.20	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 15 / 52 = 0.29 ○ 상태평가등급(F) : 15 / 76 = 0.20					

【표 16.4.15】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		3구간		4구간		구간별평가결과(Mn)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토16	0.22	B	0.26	B	0.20	B	0.20	B	0.26	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, 토사사면으로 평가되어 결함지수가 감소하였으나, 등급은 B로 동일한 상태이다.

【표 16.4.16】이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.27	B	
금회 정밀안전점검	0.26	B	

16.5 종합평가 및 안전등급 지정

16.5.1 종합평가 결과

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

【표 16.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토16		표 번 호	【표 16.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.22	B	근거표번호	【표 16.4.11】
	2구간	0.26	A		【표 16.4.12】
	3구간	0.20	B		【표 16.4.13】
	4구간	0.20	B		【표 16.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.26	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

16.5.2 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 16.5.2】 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

16.6 보수·보강 및 유지관리방안

16.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 16.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면부	표층유실	개비운	45.00	67.50	m³	1식	50,000	1
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	4.00	6.00	m	65	390	1
	소단배수로 토사퇴적	정비	6.00	9.00	m³	25	225	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	50,390		0		225		
	재경비 (순공사비의 50%)	25,195		0		113		
	합계	75,585		0		338		
개략공사비 총계(천원)		75,923						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

16.6.2 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 16.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사면부	· 표층유실 구간 → 현재 임시보수가 된 상태로 손상의 진전유무 확인 및 보수후에도 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
배수 시설	· 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요 · 배수로 토사퇴적 구간 → 원활한 배수를 위해 정비가 필요하며, 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	· 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

16.7 종합결론

16.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면에 옹벽공, 식생공이 시공되어 있으며, 식생활착은 양호한 상태이다. 암 노출부에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~보통풍화(MW) 정도이다. 계곡부는 2개소가 조사되었고, 주변부 유실, 인장균열 등의 손상은 없는 것으로 확인되었다. 개비온 사이 사면부에 표층유실이 발생하여 현재 임시보수를 실시한 상태로, 추후 개비온 설치가 필요한 상태이다. 소단배수로에 발생한 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 정비가 필요한 상태이다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 토양경도계에 의한 토양경도 측정결과, 21.4~22.6mm, 평균 22.1mm로 조사되어 보통인 상태로 측정되었다.
- 대상 사면은 1~4구간은 토사사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.26로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 사면부 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.

16.7.2 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.

16.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 사면부 표층유실 임시보수부는 주기적으로 주의관찰하는 유지관리가 필요하다.
- 배수시설 토사퇴적에 대해 정비를 주기적으로 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

16.7.4 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.

