

64. 상주절토64

64.1 시설물 개요

64.2 자료수집 및 분석

64.3 현장조사 및 시험

64.4 상태평가

64.5 종합평가 및 안전등급 지정

64.6 보수·보강 및 유지관리 방안

64.7 종합결론

64. 상주절토64

64.1 시설물의 개요

상주절토64는 경상북도 영천시 고경면 대성리(상주영천고속도로 89.588~89.988km)에 위치한 사면으로서 총 연장 400.0m, 높이 40.1m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다. 또한, 준공 이후 별도의 용도변경 없이 공용중이다.

64.1.1 일반사항

【표 64.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000024		관리번호	SY SL64
시설물명	상주절토64		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	경상북도 영천시 고경면 대성리		
	위치좌표	시점 : 35° 18' 17.0" 127° 48' 33.0"		
		종점 : 35° 18' 24.0" 127° 48' 20.0"		
	관리이정	89.588~89.988km		
	공구이정	10공구 STA.4+900~5+300		
제 원	연 장	400.0m	높 이	40.1m
	경사/방향	45/234	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	45°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	대림산업(주)
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 솟크리트		
비 고				

64.1.2 위치도 및 전경사진



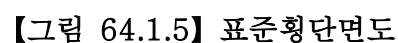
【그림 64.1.1】 위치도



【그림 64.1.2】 전경사진

	
상부자연사면 전경	소단배수로 전경
	
산마루측구, 점검계단 전경	낙석방지울타리 전경
	
하단(이격부) 전경	숏크리트, 점검계단 전경

【그림 64.1.3】 부재별 현황



64.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 10공구]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.

64.2.1 자료수집 현황

【표 64.2.1】 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		○	

64.2.2 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

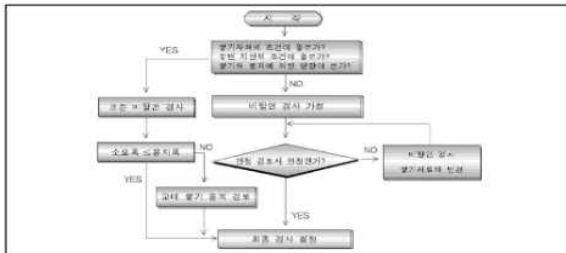
7.4 비탈면 설계기준

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

7.4.1 비탈면 경사기준

가. 비탈면 경사의 결정

(1) 쌓기 비탈면경사 결정에 따른 흐름도



(2) 쌓기 비탈면경사 결정에 따른 흐름도



248

7.4.2 소단 설치기준

가. 국내외 기관별 소단 적용기준

소단 설치방도 및 폭에 대하여 국내외 기관별, 비탈면의 층수 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석 한 결과는 다음과 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일본의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 이하 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m이다 0.5~3.0m이다. 소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 침전보수를 통해 등의 유지관리에 있으므로 말파임에서는 H=10.0m 이하 1.0m소단과 리빙 및 토사층에서는 H=5.0m이하 1.0m소단을 설치하되 H=20.0m이하 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

구 분	기관 및 규정명	소단적용 기준
국 내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	· 비탈면 높이 10m 이상 : 원칙적으로 소단설치 · 비탈면 층간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리빙함 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 이하 소단 1m · 발파함 R.Q.D = 10~25% : H = 10m 이하 소단 1~2m R.Q.D = 25~50% : H = 10m 이하 소단 1~2m R.Q.D = 50% 이상 : H = 20m 이하 소단 3m
	건설부 도로설계기준	· H = 5 ~ 10m 이하 소단 1~1.5m
	한국토지공사	· H = 7m 이하 소단 0.5~1.5m
일 본	도로공단 설계요령	· H = 7m 이하 소단설치
	국유철도도로구조물 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 이하 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m이하 소단 1.5m, 경사3%

7.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

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

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

253

다. 쌓기 비탈면

지반지반의 토질은 매우 불균질하고, 중화도, 성층상대 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 원저하게 다르며 시공 후 시간의 경과에 따라 용해이완, 대기노출로 인한 풍화진행 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 처지 불안정하게 된다.

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

국내 쌓기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준경사를 적용하고 있으며 말파임에서 층리나 절리등이 구축있을 발달할 경우 경사 비탈면에 따라 큰 풍화가 예상되므로 지반조사 결과를 토대로 파괴형태를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 경사설정 및 부가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

[원지반 토질에 대한 비탈면 경사범위]

토 질 조 건	비탈면높이(m)	경 사	비 고
모 레	-	1:1.5 이상	SW, SP
사 질 토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0
		5~10	1:1.0 ~ 1:1.2
	밀실하지 않고	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2
	임도분포가 나쁨	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5
자갈 또는 알개 석인 사 질 토	밀실하고 임도분포가 좋음	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0
		10~15	1:1.0 ~ 1:1.2
	밀실하지 않거나	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2
	임도분포가 나쁨	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5
점 상 토		0~10	1:0.8 ~ 1:1.2
		5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2
알개 또는 호박돌 섞인 점상토	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	GM, GC
충 화 암	-	1:1.0 ~ 1:1.2	시공이 현실되지 않는 일

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

2. 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 경사이다.

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

250

7.4.4 안전율 적용기준

가. 쌓기 비탈면 안전율 기준

국내외 각 기관에서 적용하는 쌓기비탈면의 최소안전율은 쌓기 기초지반의 연약지반 분류부터, 성토층의 시공특성, 비탈면의 영구 구조물 여부 등에 따라 쌓기 비탈면의 안전율 기준에는 차이가 있으며, 각 기관의 쌓기 비탈면 안전율을 간략히 하면 아래 표와 같다.

[국내 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구 분		최 소 안 전 율 (Minimum Safety Factor)	
건설교통부	건설공사 비탈면 설계기준 (2006년)	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)	$F_s \geq 1.5$
		우기시	$F_s \geq 1.3$
		지진시	$F_s \geq 1.1$
한 국 도 로 공 사		도로설계요령	$F_s \geq 1.3$
방 만 침 회		방한시설 기술상의 기준, 동해설	$F_s \geq 1.5$

나. 쌓기 비탈면 안전율 기준

비탈면 안정에 대한 최소안전율은 지역과 공사내용, 비탈면의 중요도, 비탈면 파괴시 주변에 미치는 영향 및 경제성 등에 따라 다르며, 비탈면안정 해석에 앞서 최소안전율 선정은 매우 중요한 의미를 지닌다. 각 기관별 쌓기비탈면에 대한 최소안전율에 대한 적용기준은 아래에 기술되어 있으며 기술된 최소안전율이 어떠한 가정에서 유도되었는지를 파악해야 하나 이런 가정들은 생략되어 있으며 단지 부분적인 서술만을 기재하는 방법으로 간략화 되어있다.

[국내외 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구 분	최 소 안 전 율	
건설공사 비탈면 설계기준(2006)	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)	$F_s \geq 1.5$
	우기시(지표면에 지하수위를 위치시킨 후 해석)	$F_s \geq 1.2$
	지진시	$F_s \geq 1.1$
도로설계요령 (2000)	건기시(지하수위 미고려)	$F_s \geq 1.5$
	우기시(지하수위는 지표면에 위치)	$F_s \geq 1.1 \sim 1.2$
	지진시(미국 D'APPOLINIA기준, NAVFAC - DM7.1-329기준)	$F_s \geq 1.1 \sim 1.2$
미 국 D'APPOLONIA Consulting Engineers (1975)	실내시험에 의해 강도를 구한 경우	$1.5 > F_s > 1.3$
	최대지진가속도를 고려함	$1.2 > F_s > 1.0$
	파괴시 오래 적용할 경우	$F_s > 1.5$
NAVFAC - DM 7.1-329	구조물 기초인 경우	$F_s > 2.0$
	일시적인 하중이 적용될 경우 및 시공시	$F_s \geq 1.35 \text{ or } 1.25$
	지진하중이 작용하는 경우	$F_s \geq 1.2 \text{ or } 1.15$

255

나. 지형 및 지질

제 4 장 조 사 결 과

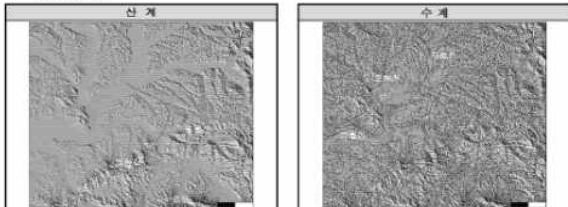
4.1 지표 지질 조사

4.1.1 지형 및 지질특성

지질 개요	- 조사지역의 지질은 변성암 상위를 부정합으로 놓인 사암, 역질사암, 역암, 니질암(세일 및 이암) 등으로 이루어지는 중생대 경상누층군의 퇴적암류들이 넓게 분포 - 조사지역의 구성암석은 충적퇴적물 호성환경에서 변화되는 암상으로 해당지역에 분포하는 산성층(반아열성)의 경우에는 니질층이 매우 우세한 호성 퇴적암임
-------	--



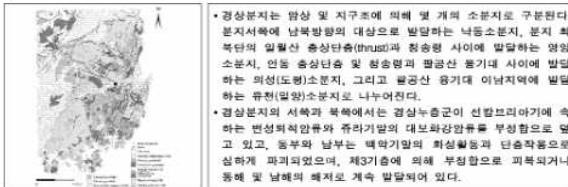
가. 지형 특성



- 과입지역은 전반적으로 낮은 구릉지를 이루고 있으며 과입노선은 주로 낮은 구릉지를 따라 지나가고 있음
- 과입노선의 남쪽과 남동쪽은 다른 지역에 비해 비교적 높은 산계를 이루고 있음
- 과입노선은 시, 종횡부는 충적층 및 하천과 접하고 있음
- 과입노선의 서쪽으로 1차 수계인 관호강이 흐르고 있음
- 과입노선의 북쪽에는 고현천과 자호천이 남쪽으로 흐르고 있으며 특히 노선의 종횡부는 자호천과 교차하고 있음
- 전체적인 수계는 수시상의 형태를 보이며 매우 복잡하게 나타남

53

라. 지체구조



4.1.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 인공위성영상 분석

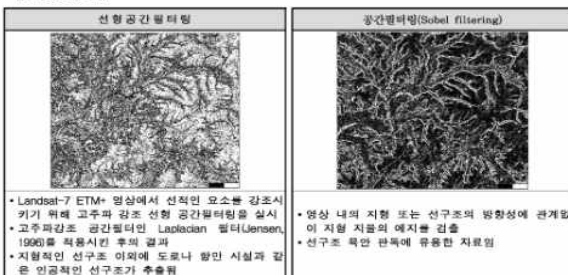
① 목적

- 과입지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
- 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조)파악
- 과입구간에 대한 지질정보와 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

② 원리 및 방법

- 30m급 해상도의 Landsat TM 위성영상 자료를 이용하여 분석 실시
- 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 엔드비틀 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
- 식생지수, 습도도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

③ 위성영상결과



• Landsat-7 ETM+ 영상에서 선적인 요소를 강조시키기 위해 고주파 강조 선형 공간필터링을 실시

• 고주파강조 공간필터링 Lanczos 필터(Lenssen, 1996)를 적용시킨 후의 결과

• 지형적인 선구조 이외에 도로나 항만 시설과 같은 인공적인 선구조가 추출됨

55

나. 분포암종 특성

구 분	지질 특성
산성층	층의 두께는 700m 내외이며 암회색 및 자색 이암과 실트암, 암회색 세일 및 사암으로 구성된다. 최하부는 2'3m 두께의 구상돌출 퇴적층으로, 층부는 기사돌출 암으로 특징 지워진다. 구상돌출암은 주로 화산기원의 장석 및 석영입자들과 화산회 기질로 구성되어있다. 수류특성을 지시하는 층리 및 모양을 갖고 있으며, 석류의 층기와 암 회색들이 산출된다(Tatewaka, 1929)

다. 지질 개황도

지질 시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Qa)	• 하천 및 산곡 퇴적물	— 부광량 —
	충적암(Ka)	• 과입의 퇴적	• 전 구간에서 기반암을 관입
	화강암(Kgr)	• 과입의 퇴적	• 3공구 종횡부
	안산암질암(Ka)	• 주로 열회암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
	신암돌출(Ka)	• 암회색 이암 및 세일과 사암이 교호	• 10공구 종횡부
	충적층(Ka)	• 암회색, 노회색, 자색 이암 및 세일	• 10'8공구에 걸쳐 분포
	사곡층(Ka)	• 암회색, 노회색, 자색 이암 및 세일	• 8공구 시암
	사곡층(Ka)	• 암회색, 노회색, 자색 이암 및 세일과 사암이 교호	• 8공구 시암과 7공구 종횡
	충적층(Ka)	• 암회색, 노회색, 자색 이암 및 세일	• 7공구 종횡 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 암회색, 노회색, 자색 이암 및 세일과 사암이 교호	• 7공구 시암부
중생대	구상돌출(Ka)	• 사암, 미사암 및 미사암 세일 및 이암(니질 무세)	• 6공구 종횡부
	구상돌출(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 종횡 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
산성층	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
기타	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부
	충적층(Ka)	• 사암, 미사암 세일, 자색 이암 및 미암(니질 무세)	• 6공구 시암 및 종횡부

54

7.6.2 암종특성에 따른 비탈면 기울기 현황

가. 지질 및 암종특성

(1) 지질 특성

- 본 과입노선은 경상분지의 퇴적암 지역에 위치하며 미세립의 니질암을 90%이상 함유한 충사층이 주로 분포함
- 퇴적암 중 이암과 세일로 구성된 니질암은 사암이나 역암에 비해 입자간 공극이 크고 느슨한 특성을 보이며, 탄성변형을 함량이 높을 경우 빠른 시간 내에 풍화되는 특성을 나타냄

(2) 암종 특성

- 분구간의 니질암 암종특성 및 풍화특성파악을 위해 XRD, 원미경분석, 산침수에 의한 분말화 시험 및 내구성 시험 등 각종분석 실시
- XRD 및 원미경 분석결과 주구성분들은 석영과 방해석, 그리고 미립의 점토로 구성되어있으며, 입자간 결합물질이 방해석인 것으로 판단
- 산침수에 의한 분말화 시험결과 물리에 따른 조제결과 분말화가 상당히 진행됨
- 따라서, 위기 비탈면 사공시 우수와 지표수에 노출되면 입자간 결합물질인 방해석의 용해가 발생하여 암반사면이 빠르게 풍화될 것으로 판단

구 분	일축강도(kg/cm ²)		XRD분석	원미경분석		NP시험
	나침암	사암	점토광물(%)	실트(%)	점토(%)	방백색함량(%)
10공구	339'852	958'1,317	27.2'41.8	31.8	68.4	29.7'39.9
9공구	395'814	433'884	28.2'39.7	52.6	47.4	5.8'16.8
8공구	535'1,066	654'1,345	36.4'43.6	21.1	78.9	22.7'28.1

주) XRD : X-선 회절분석, NP시험 : 중화잠재(Neutralization Potential) 시험

나. 인근비탈면조사

- 사립노선과 교차하는 4 개소의 고속도로(경부, 대구-포항, 중앙, 중부내륙) 및 기존 도로(국도 및 지방도)의 비탈면 기울기 적용 현황 조사



• 위치 : 신영~영천 한정사무소

• 설명 : 풍화되어 부피가 1/3로 축소됨

• 위치 : 신영~영천 역전마을 인근

• 설명 : 1:1.0절취, 국부적 풍화발생

52

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조 사 명

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계(10공구)

1.2 조 사 목 적

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
- 계획노선의 지반공학특성 특성을 고려한 조사계획 수립
- 선정된 계획노선을 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 조 사 범 위

위 치	- 시점 : 경상북도 영천시 연하동 (STA. 0+000) (X=275,770.3573, Y=197,045.8262) - 종점 : 경상북도 영천시 복안동 임포리(STA. 9+300) (X=269,280.9395, Y=200,559.7955) - 연장 : 9.36km	
특 성	- 상주~영천 고속도로 건설을 통한 기존 고속도로(경부, 중부내륙)의 기능 확충 및 연계를 통한 효율성 증대 - 고속도로 신설을 통해 통과 지역의 권역발 상에 균형 발전 을 통한 공익성 증대	

1.4 위 지 도



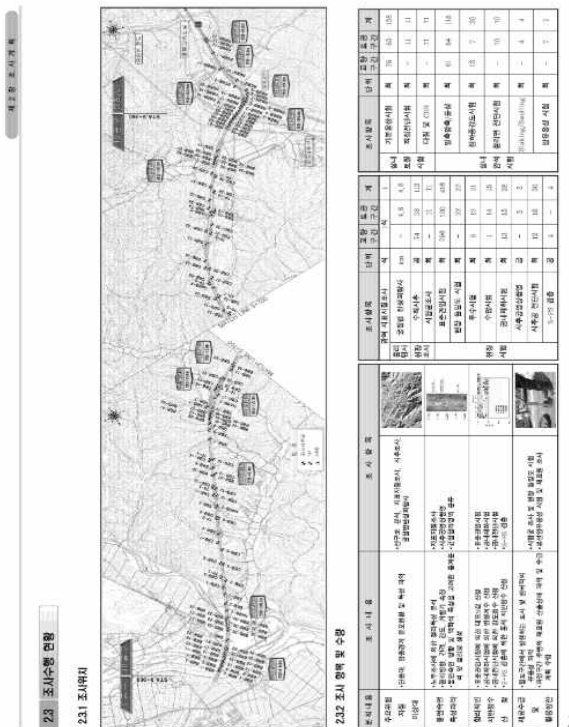
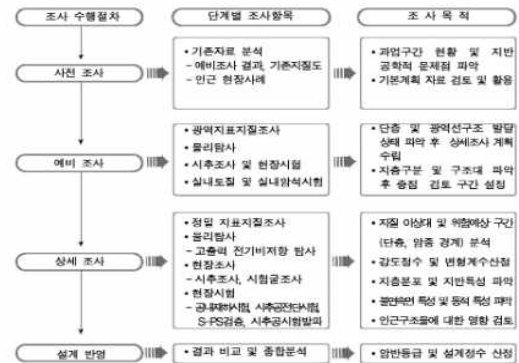
제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행행로

가. 조사 기본방향



나. 조사 수행 흐름도



제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 구간 및 붕괴 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대략기 비탈면과 고굴기 비탈면에 대하여 설계시 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석·파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기울기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 임의의 최소안전율을 갖는 활동 지향면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보호공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

파괴구간에 계획되는 비탈면 중 총괄기 구간의 검토대상 선정은 일반적으로 총괄기 높이가 10m 이상, 붕괴구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현장 조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

232

251 ■

[illegible]

64.2.3 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 64.2.2】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었으며 사면 상단부 낙석방지망 설치불량, 폐자재 적치가 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2017. 11. 13 2017. 12. 28	인승철	양호	균열보수, 정비
2	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열, 낙석방지망 설치불량, 폐자재 적치가 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	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열, 낙석방지망 설치불량, 폐자재 적치가 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	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열, 낙석방지망 설치불량, 폐자재 적치가 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	560	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 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부가 1개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 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	470	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로, 수직도수로, 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 비구조적 손상으로 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	470	상주절토64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로, 수직도수로, 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 비구조적 손상으로 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 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	1,577	안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 B등급으로 평가됨. 소단배수로 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었으나, 배수기능에는 큰 문제가 없는 것으로 확인됨. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 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 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 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 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준인 B(양호)등급으로 평가됨. 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 과 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	470	상주절토 64 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로, 수직도수로, 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 비구조적 손상으로 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	672	심한풍화 배수시설 균열, 토사퇴적
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	균열보수, 청소, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	사면부 심한풍화 배수시설 균열, 토사퇴적
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	균열보수, 정비, 주의관찰
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	사면부 심한풍화 배수시설 균열, 토사 및 낙석퇴적
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	균열보수, 정비, 주의관찰
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	사면부 심한풍화 배수시설 균열, 토사 및 낙석퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	균열보수, 정비, 주의관찰
14	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	985	심한풍화 등 배수시설 균열, 토사퇴적 등
	2023. 07. 03 2023. 12. 08	이상훈	B	주입보수, 정비, 주의관찰 등
15	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	심한풍화 등 배수시설 균열, 토사퇴적 등
	2024. 06. 10 2024. 06. 28	정지운	양호	주입보수, 정비, 지속관찰 등
16	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	심한풍화 등 배수시설 균열, 토사퇴적 등
	2024. 09. 23 2024. 12. 03	정지운	양호	주입보수, 정비, 지속관찰 등
17	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	심한풍화 등 배수시설 균열, 토사퇴적 등
	2025. 03. 24 2025. 06. 18	정지운	양호	주입보수, 정비, 지속관찰 등

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	심한풍화	주의관찰
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사 및 낙석퇴적 산마루측구 균열	주입보수 청소 주입보수
보강시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 상단에 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면부 심한풍화는 지표수에 영향을 받을 수 있으므로, 특히 장마기간은 주의관찰이 필요하며, 주의관찰 후 진전시 조치가 필요하다. 배수시설에 균열 및 심한풍화에 의한 토사 및 낙석퇴적이 일부 조사되었다. 원활한 배수기능을 위해 토사퇴적 정비가 필요하며, 균열에 대한 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 89.668km	47.5	91.2	보통암	
2구간 89.848km	48.1	93.8	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 47.5~48.1로 측정되었으며, 추정강도 91.2~93.8MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토64		표 번 호	【표 64.5.1】
평가구분		결합지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.26	B	근거표번호	【표 64.4.7】
	2구간	0.26	B		【표 64.4.8】
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.26	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

라. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	32.50	48.75	m	65	3,169	1
	소단배수로 토사퇴적	청소	14.50	21.75	m³	25	544	3
	산마루측구 균열	주입보수	3.00	4.50	m	65	293	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	3,462		0		544		
	재경비 (순공사비의 50%)	1,731		0		272		
	합계	5,193		0		816		
개략공사비 총계(천원)		6,009						

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.

64.2.5 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	상주절토64		
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	c	0.43	0.53	0.228
표면보호공	a	0.08	0.14	0.011
결합도 지수				0.265
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	상주절토64		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.150	B	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.265	B	0.2	
종합평가 결과	○ 사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.150 \times 0.8) + (0.265 \times 0.2) = 0.173$ ○ 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.

64.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 64.2.3】 보수이력사항

번호	공사명	공사구분	보수보강부위	시공사
	공사기간		공사내역	공사비(천원)
1	—	보수	배수로	—
	—		균열보수(하자)	—

64.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 64.2.4】 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)	
(5) 위기 5구간 265 (a) 구조계산서 영천-상주 고속도로 민간투자사업 실시설계 266 (b) 구조계산서		

64.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

64.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 64.2.5】 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	◇ 사면부 심한풍화 ◇ 소단배수로 균열, 토사퇴적, 산마루측구 균열 ◇ 배수로 균열보수(하차)	◇ 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

64.3 현장조사 및 시험

64.3.1 현황 및 특성

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

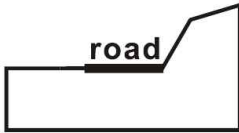
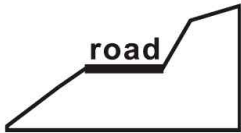
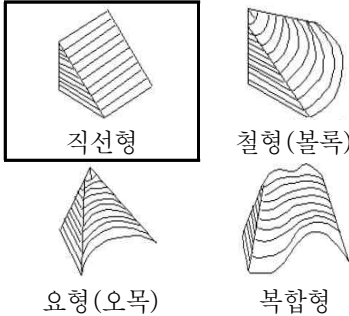
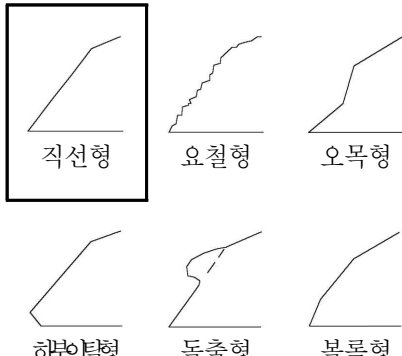
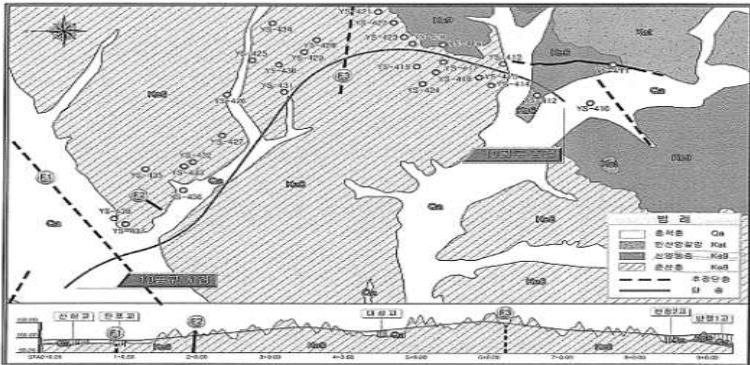
가. 일반현황 조사결과

【표 64.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2025. 10. 02		조 사 자	정 지 운	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	경상북도 영천시 고경면 대성리				
위 치	시점 : 35° 18' 17.0" 127° 48' 33.0"				
	종점 : 35° 18' 24.0" 127° 48' 20.0"				
도 로	관리이정 : 89.588~89.988km				
	왕복 4차선		도로폭 : 20.0m		
	교통량 : 대/일				
절토사면	길 이 : 400.0m		높 이 : 40.1m		
	경 사/경사방향 : 45/234				
	도로와의 이격거리 : 0.5~1.0m				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 1.0~2.0m		
	소 단 : 4				
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
	산마루 측구		89.588~89.628k		균열
	소단배수로		89.628~89.948k		균열, 토사 및 낙석퇴적
	수직도수로		89.868k		양호
	낙석방지울타리		89.608~89.968k		양호
	야생동물유도울타리		89.588~89.608k, 89.968~89.988k		양호
	숯크리트		89.868~89.888k, 89.908~89.928k		양호
붕괴이력	점검용 계단		89.588~89.628k, 89.748k, 89.908k 89.948~89.988k		양호
	유 형		규 모		위 치
기 타	.				

나. 사면특성 조사결과

【표 64.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형				
	종단면 형상						
	기타 특징		-				
절토사면의 특성	종 횡 단 면			종 단 면 특 성			
상부 자연사면	경 사 도		0~10°				
	인장균열		무				
	포행흔적		무				
	수목의 기울어짐		무				
	인공구조물		무				
	산마루측구		유				
계곡부		1개소					
지 질							
	지질각론 과업지역의 지질은 변성암 상위를 부정합으로 높인 사암, 역질사암, 역암, 니질암(세일 및 이암) 등으로 이루어지는 중생대 경상누층군의 퇴적암류들이다. 과업지역의 구성암석은 충 적평원과 호성환경에서 변화되는 양상으로 해당지역에 분포하는 춘산층(반야월층)의 경우 에는 니질층이 매우 우세한 호성 퇴적암의 양상을 보인다. 과업구간에 분포하는 신양동층 과 춘산층을 포함하는 함안층은 대구시로부터 남쪽으로 사천시에 이르며 의령군 부근에서 서 넓은 분포를 보인다. 세일과 사암, 이암, 응회질 사암등으로 이루어지며 주로 저색층 이 우세하다. 사암은 세립에서 조립질까지 다양하여 역질사암상을 보이기도 한다. 본층에 는 건열, 연존, 사층리 등의 퇴적구조들이 발달 이 현저하다. 함안층(사곡층)은 주로 자색 세일과 이암으로 구성되어 있으나 반야월층과의 경계부에서는 자색층과 담녹색층이 호층 을 이루며 담녹색 세일층으로 구성되어 있는 반야월층으로 이화한다. 반야월층의 상부에 서도 담녹색이 점차로 암회색으로 점이되어 암회색 암흑색 세일과 담수성 석회암으로 구 성되어 있는 자인층을 이룬다.						
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침엽수	활엽수		
	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(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.

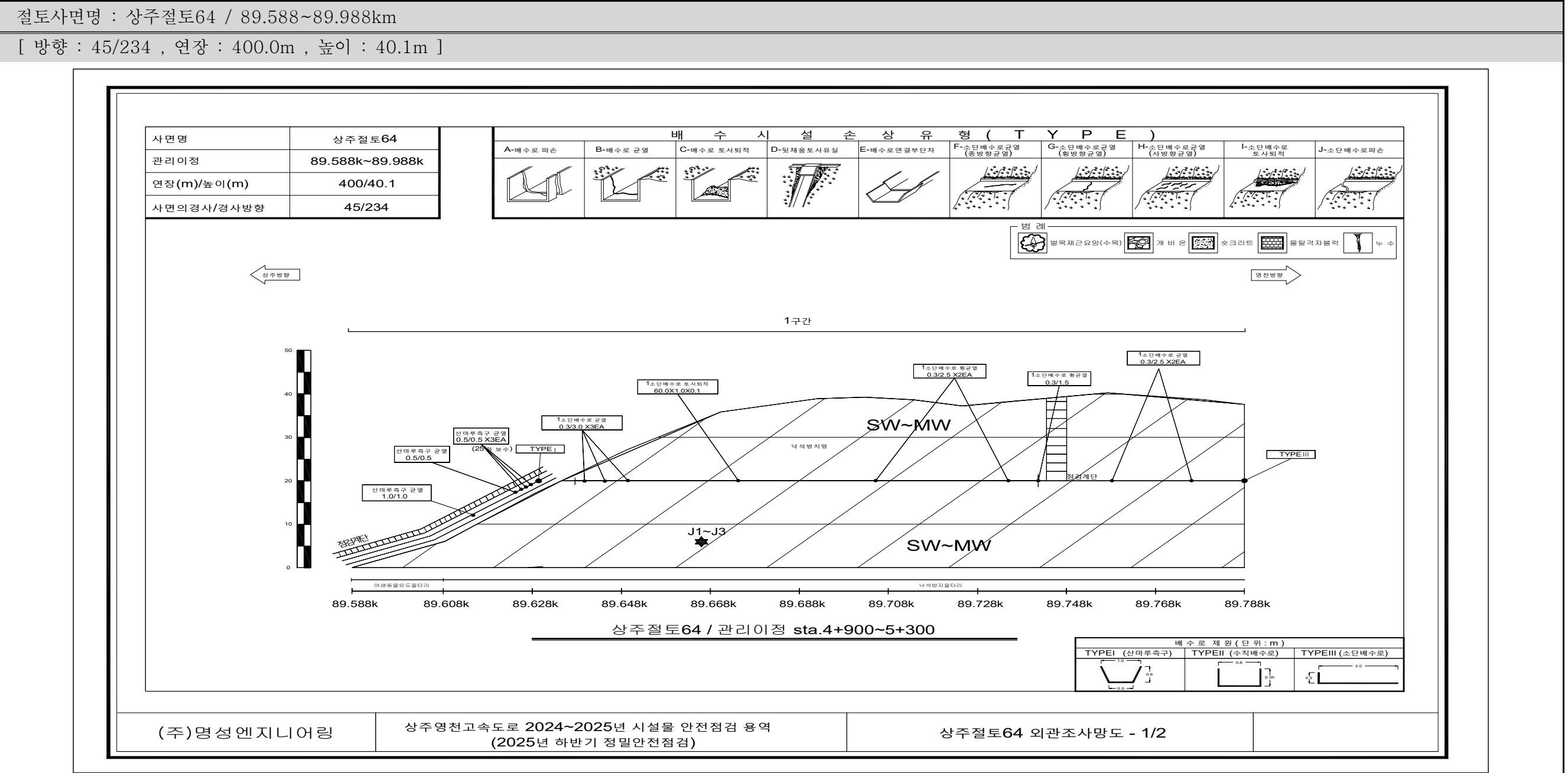
사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 64.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	경사/경사방향	토층심도	구성물질
1구간	89.588~89.788	200.0	40.1	45/234	1.0~2.0m	암
2구간	89.788~89.988	200.0	38.0	45/234	1.0~2.0m	암

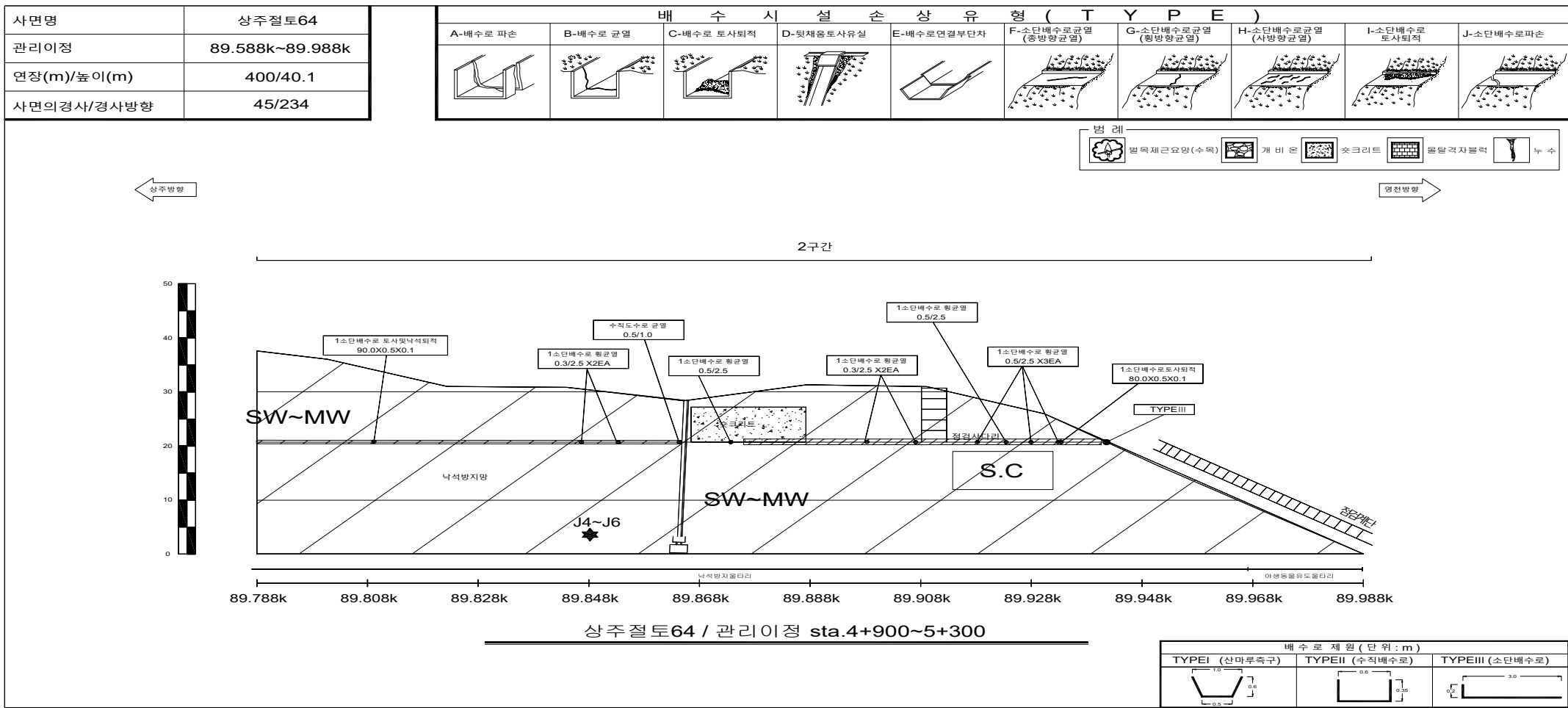


64.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



절토사면명 : 상주절토64 / 89.588~89.988km

[방향 : 45/234 , 연장 : 400.0m , 높이 : 40.1m]



(주)명성엔지니어링

상주영천고속도로 2024~2025년 시설물 안전점검 용역
(2025년 하반기 정밀안전점검)

상주절토64 외관조사망도 - 2/2

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set 1			Set 2			-			
													J1	J2	J3	J1	J2	J3	-	-	-	
												방향										
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	8	8	8	8	8	8	-	-	-	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void		6	Fresh	6	연장	4	4	4	4	4	4	-	-	-
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	-	-	-
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	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	4	4	-	-	-
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	1	1	1	1	1	-	-	-

64.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 상주절토64의 관리이정 89.588~89.788k의 구간으로 연장 200.0m, 높이 40.1m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 보호공이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 낙석방지망내 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다. 사면의 심한풍화구간은 공용기간이 증가함에 따라 지표수 유입 및 해빙기(반복적인 동결융해작용)에 의해 불연속면 충전물 유실 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통해 상태확인 필요하다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(89.608~89.788k), 야생동물유도울타리(89.588~89.608k), 점검계단(89.588~89.628k, 89.748k)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.
- 점검결과, 소단배수로 89.708k 균열(0.3/2.5*2ea), 89.768k 균열(0.3/2.5*2ea), 89.668k 토사퇴적(60.0*1.0*0.1), 산마루측구 89.618k 균열(1.0/1.0), 89.628k 균열(0.5/0.5*4ea)이 조사되었고, 25년 상반기 정기안전점검시 소단배수로 89.648k 균열(0.3/3.0*3), 금회 소단배수로 89.738k 균열(0.3/1.5)이 신규 확인되었고, 산마루측구 89.628k 균열이 보수된 상태로 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.
- 토사퇴적은 장기공용에 따른 지표수에 의한 유실된 토사가 퇴적된 것으로 판단되며, 배수로의 원활한 배수기능을 위해 청소를 실시하는 유지관리가 요망된다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	89.648k 소단배수로 균열(0.3/3.0)	현 황	89.648k 소단배수로 균열(0.3/3.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	89.708k 소단배수로 균열(0.3/2.5)	현 황	89.618k 산마루측구 균열(1.0/1.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 64.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	89.748k 소단배수로 균열(0.3/2.5)	현 황	89.758k 소단배수로 균열(0.3/2.5)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	89.668k 소단배수로 토사퇴적(60.0*1.0*0.1)	현 황	89.618k 산마루측구 균열(1.0/1.0)
원 인	지표수유입, 심한풍화, 표층유실	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	청소	대 책	주입보수

【사진 64.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

【표 64.3.4】 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	20.50	8	주입보수	일부신규
	소단배수로 토사퇴적	m³	6.00	1	청소	
	산마루측구 균열	m	1.50	2	주입보수	일부보수

나. 2구간

2구간은 상주절토64의 관리이정 89.788~89.988k의 구간으로 연장 200.0m, 높이 38.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 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 보호공이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 낙석방지망내 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다. 사면의 심한풍화구간은 공용기간이 증가함에 따라 지표수 유입 및 해빙기(반복적인 동결융해작용)에 의해 불연속면 충전물 유실 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통해 상태확인 등의 유지관리가 필요하다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(89.788~89.968k), 야생동물유도울타리(89.968~89.988k), 점검계단(89.908k 89.948~89.988k), 슛크리트(89.868~89.888k, 89.908~89.928k)가 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 수직도수로가 시공되어 있다.
- 점검결과, 소단배수로 89.848k 균열(0.3/2.5*2ea), 89.878k 균열(0.5*2.5), 89.898k 균열(0.3/2.5*2ea), 89.938k 균열(0.5/2.5*4ea), 89.808k 토사퇴적(90.0*0.5*0.1), 89.928k 토사퇴적(80.0*0.5*0.1)이 조사되었고, 금회 점검시 수직도수로 89.868k 균열(0.5/1.0)이 추가 조사되었으며, 손상부는 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중, 건조수축 등에 의한 복합적인 손상으로 판단되며, 손상부위로 지표수 유입으로 인해 손상의 진전 및 추가 손상 발생이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수 등의 조치가 필요하다.

- 토사퇴적은 장기공용에 따른 지표수에 의한 유실된 토사가 퇴적된 것으로 판단되며, 배수로의 원활한 배수기능을 위해 청소를 실시하는 유지관리가 요망된다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	89.898k 소단배수로 균열(0.5/2.5)	현 황	89.908k 소단배수로 균열(0.5/2.5)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	89.908k 소단배수로 균열(0.5/2.5)	현 황	89.928k 소단배수로 토사퇴적(80.0*0.5*0.1)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	지표수유입, 심한풍화, 표층유실
대 책	주입보수	대 책	청소

【사진 64.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	89.928k 소단배수로 균열 (0.5/2.5)	현 황	89.808k 소단배수로 토사 및 낙석퇴적(90.0*0.5*0.1)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	지표수유입, 심한풍화, 표층유실
대 책	주입보수	대 책	청소
			
현 황	89.868k 수직도수로 균열 (0.5/1.0)	현 황	89.938k 소단배수로 균열 (0.5/2.5)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 64.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 64.3.5】 2구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	심한풍화	—	—	—	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	23.50	10	주입보수	일부신규
	소단배수로 토사 및 낙석퇴적	m³	8.50	2	청소	

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 64.3.6】 앵커 점검결과

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

64.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 64.3.7】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	발생 원인	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—	—
사면부	심한풍화	공용중 열화	주의관찰
사면하부	상태양호	—	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사 및 낙석퇴적 산마루측구 균열	건조수축 등 공용중 열화 건조수축 등	주입보수 청소 주입보수
보강시설	상태양호	—	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 상단에 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면부 심한풍화는 지표수에 영향을 받을 수 있으므로, 특히 장마기간은 주의관찰이 필요하며, 주의관찰 후 진전시 조치가 필요하다. 배수시설에 균열 및 심한풍화에 의한 토사 및 낙석퇴적이 일부 조사되었다. 금회 균열이 신규 확인되었고, 배수시설에 발생한 손상부는 원활한 배수기능을 위해 토사퇴적 정비가 필요하며, 균열에 대한 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.		

【표 64.3.8】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	심한풍화	—	—	—	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	상태양호	—	—	—	주의관찰	
배수시설	소단배수로 균열	m	44.00	18	주입보수	일부신규
	소단배수로 토사 및 낙석퇴적	m³	14.50	3	청소	
	산마루측구 균열	m	1.50	2	주입보수	일부보수

나. 이전 정밀안전점검과의 비교(결함의 진행성 분석)

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 배수시설 손상이 일부 증가한 것으로 확인되었다.

【표 64.3.9】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	심한풍화	—	—	—	—	—	—	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	32.50	10	44.00	18	▲11.50	
	소단배수로 토사퇴적	m³	14.50	3	14.50	3	—	
	산마루측구 균열	m	3.00	5	1.50	2	▼1.50	

64.3.5공중이 이용하는 부위 점검

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

【표 64.3.10】 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	

64.3.6 재료시험

상주절토64는 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 64.3.9】 반발경도시험 결과

시험위치	상위50% 평균값 (대표값)	일축압축강도 추정 (MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 89.668k	48.6	80.3	보통암	
2구간 89.848k	49.8	84.4	보통암	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 48.2~49.8으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 80.3~84.4MPa로 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 64.3.10】 이전 정밀안전점검과의 추정강도 비교

구 분	위 치	전회(2023년)	금회(2025년)	비고
		추정강도(MPa)	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	91.2	80.3	보통암
	2구간	93.8	84.4	보통암

상주절토64 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	절토사면 L=400.0m, H=40.1m
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정, 암반노출부
시험시의 온도	19.2℃, 3000일 이상
표본 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구분	내용
측정기의 종류	슈미트 해머 압반형
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 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.

		
경사/방향 측정	거칠기 측정	간격 측정

【사진 64.3.3】 불연속면 측정 현황

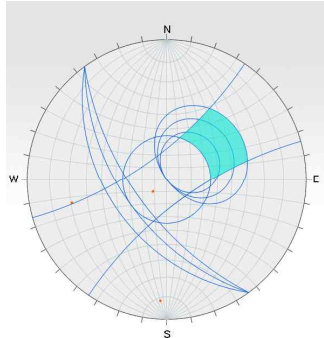
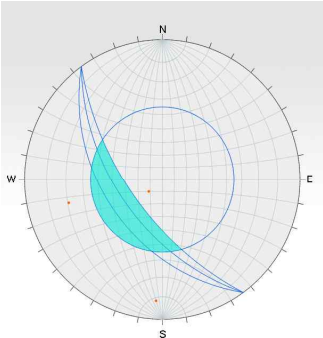
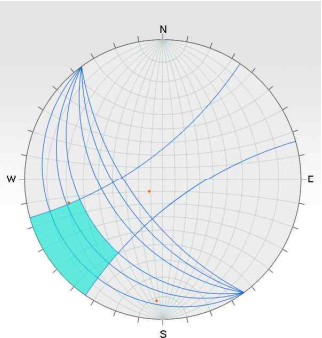
2) 불연속면 조사 결과

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

【표 64.3.11】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	J3	절리상태 점수		
					J1	J2	J3
종류		절리	절리	절리	—	—	—
방향성		18/220	70/075	72/102	—	—	—
간격(m)		0.06~0.2	0.06~0.2	0.06~0.2	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	2	2	2
	틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	2	2	2
	거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음	4	4	4
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	4	4	4
	풍화도	HW	HW	HW	6	6	6
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	3.6	3.6	3.6
암괴크기		—	—	—			
블록형상		불규칙상	불규칙상	불규칙상			
평사투영해석							
평면파괴		췌기파괴		전도파괴			
안정		안정		안정			
● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 췌기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음							

【표 64.3.12】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	J3	절리상태 점수		
					J1	J2	J3
종류		절리	절리	절리	—	—	—
방향성		15/048	70/075	82/003	—	—	—
간격(m)		0.06~0.2	0.06~0.2	0.06~0.2	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	2	2	2
	틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	2	2	2
	거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음	4	4	4
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	4	4	4
	풍화도	HW	HW	HW	6	6	6
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	3.6	3.6	3.6
암괴크기		—	—	—			
블록형상		불규칙상	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							

64.4 상태평가

64.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 400m의 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 64.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	89.588~89.788km	200m	암반사면	Set1
2구간	89.788~89.988km	200m	암반사면	Set2

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 64.4.2]에 수록하였다.

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

－ 토층심도율(SR)

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

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

－ 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 64.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{2.0}{40.1} = 0.05$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 80.3MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{40.1} = 0.005$ 로 0.01이하	파쇄암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{2.0}{38.0} = 0.05$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 84.4으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.2, \frac{I_b}{H} = \frac{0.2}{38.0} = 0.005$ 로 0.01이하	파쇄암반	

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

구분	S ₁	S ₂	S ₃	I _b	H	블록크기비(BR)
1구간	0.19	0.19	0.22	0.20	40.1	0.005
2구간	0.18	0.19	0.22	0.20	38.0	0.005

다. 강우량

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

본 사면은 영천에 위치한 사면으로 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)	122.0	109.0	101.5	111.5	104.0	95.0	118.0	135.5	159.0	79.5
일시(year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
강우량(mm)	54.5	99.0	90.0	76.5	82.0	102.5	141.0	129.0	156.0	128.0
일시(year)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
강우량(mm)	102.0	125.5	96.5	94.0	121.5	110.6	95.6	71.0	111.6	158.8
평균(mm)	109.4									

64.4.2 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

파괴가 없는 상태임 0점(a)

1-5. 절리간격

0.06~0.2m 이므로 5점(d)

1-6. 저면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 있으므로(18-45=-27°) 0° 0점(a)

1-7. 절리상태

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

1-8. 사면경사

사면경사는 45° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 3점(c)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 109.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 3점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 일반발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 3점(d)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수, 측구가 있고, 배수로 토사퇴적이 있으므로 불량인 3점(d)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 0점(a)

【표 64.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토64		표번호	[표 64.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	89.588~89.788km	
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 64.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토64		표번호	[표 64.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	89.588~89.788km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	파쇄암반	절리간격	0.06~0.2m	5		
1-6		저면경사	-27°	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.6점)	4	J1	
2. 사면형상						
1-8	파쇄암반	사면의 경사	45°	2		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	109.4mm(영천)	3	3	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	파쇄암반	절취상태	나쁨	3		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
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

파괴가 없는 상태임 0점(a)

1-5. 절리간격

0.06~0.2m 이므로 5점(d)

1-6. 저면경사

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 45° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 3점(c)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 109.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 3점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 일반발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 3점(d)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수, 측구가 있고, 배수로 토사퇴적이 있으므로 불량인 3점(d)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 0점(a)

【표 64.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토64		표번호	[표 64.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	89.788~89.988km	
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 64.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토64		표번호	[표 64.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	89.788~89.988km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	파쇄암반	절리간격	0.06~0.2m	5		
1-6		저면경사	-	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.6점)	4	J2	
2. 사면형상						
1-8	파쇄암반	사면의 경사	45°	3		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	109.4mm(영천)	3	3	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	파쇄암반	절취상태	나쁨	3		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2025. 10. 02		조사자	정 지 운		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2구간은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 64.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			영천절토32				표번호
근거표번호			[표 64.4.3], [표 64.4.4]				[표 64.4.7]
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	5	d	21	f2=0.40	c
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	4	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	3	d			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					21	F=0.28	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 21 / 52 = 0.40 ○ 상태평가등급(F) : 21 / 76 = 0.28					

【표 64.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			영천절토32				표번호
근거표번호			[표 32.4.5], [표 32.4.6]				[표 32.4.8]
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	5	d	21	f2=0.40	c
		⑥ 절리경사-사면경사	0	□			
		⑦ 절리상태	4	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	3	d			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					21	F=0.28	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 21 / 52 = 0.40 ○상태평가등급(F) : 21 / 76 = 0.28					

【표 64.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토64	0.28	B	0.28	B	0.28	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 발생된 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

64.5 종합평가 및 안전등급 지정

64.5.1 종합평가 결과

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

【표 64.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토64		표 번 호	【표 64.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.28	B	근거표번호	【표 64.4.7】
	2구간	0.28	B		【표 64.4.8】
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.28	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

64.5.2 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 64.5.2】 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

64.5.3 이전 정밀안전점검과의 비교

【표 64.5.3】이전 정밀안전점검과의 비교

평가구분		전차 정밀안전점검 (2023년)		금회 정밀안전점검 (2025년)	
		결함지수	평가결과	결함지수	평가결과
상태평가	1구간	F=0.26	B	F=0.28	B
	2구간	F=0.26	B	F=0.28	B
안전성평가		해당없음	—	해당없음	—
등급 변경사유		저면경사 결함점수 상승하여 결함지수가 소폭 상승하였으나, 등급의 변경은 없는 상태이다.			

64.6 보수·보강 및 유지관리방안

64.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 64.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	44.00	66.00	m	65	4,290	1
	소단배수로 토사퇴적	청소	14.50	21.75	m³	25	544	3
	산마루측구 균열	주입보수	1.50	2.25	m	65	146	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	4,436		0		544		
	재경비 (순공사비의 50%)	2,218		0		272		
	합계	6,654		0		816		
개략공사비 총계(천원)		7,470						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

64.6.2 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 64.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 심한풍화구간 → 현재 낙석방지울타리 및 낙석방지망 설치로 안전성에는 문제가 없는 상태이나, 장기공용시 지표수유입 및 동결융해로 인한 충전물유실이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검으로 통해 손상의 발생유무에 대한 확인	
배수 시설	• 배수로 토사퇴적 구간 → 정비가 필요하며, 이후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	• 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

64.7 종합결론

64.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 전반에 걸쳐 배수시설, 보호시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한 풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 계곡부는 1개소가 확인되었고, 상단에 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면부 심한풍화는 지표수에 영향을 받을 수 있으므로, 특히 장마기간은 주의관찰이 필요하며, 주의관찰 후 진전시 조치가 필요하다. 배수시설에 균열 및 심한풍화에 의한 토사 및 낙석퇴적이 일부 조사되었다. 금회 균열이 신규 확인되었고, 배수시설에 발생한 손상부는 원활한 배수기능을 위해 토사퇴적 정비가 필요하며, 균열에 대한 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 48.2~48.6으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 78.9~80.3MPa로 보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1, 2구간은 과쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 지반상태, 배수조건으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

64.7.2 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.

64.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 배수시설의 토사퇴적은 정비가 필요하며, 심한풍화와 함께 주기적인 관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

64.7.4 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.

