

35. 상주절토35

35.1 시설물 개요

35.2 자료수집 및 분석

35.3 현장조사 및 시험

35.4 상태평가

35.5 종합평가 및 안전등급 지정

35.6 보수·보강 및 유지관리 방안

35.7 종합결론

35. 상주절토35

35.1 시설물의 개요

상주절토35는 대구광역시 군위군 부계면 산화리(상주영천고속도로 51.000km부근 이설도로#2 STA. 0+160~0+420)에 위치한 사면으로서 총 연장 260.0m, 높이 37.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다.

35.1.1 일반사항

【표 35.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000014		관리번호	SY SL35
시설물명	상주절토35		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	대구광역시 군위군 부계면 산화리		
	위치좌표	시점 : 36° 10' 62.2" 128° 64' 95.8"		
		종점 : 36° 10' 62.7" 128° 65' 20.5"		
	관리이정	51.000km 부근 이설도로 0.160~0.420k		
	공구이정	6공구 STA.0+160~0+420(이설도로#2)		
제 원	연 장	260.0m	높 이	37.0m
	경사/방향	55/190	노 선	지방도 919호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	45°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	지에스건설(주)
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 낙석방지망		
비 고				

35.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 35.1.1】 위치도

2023년 정밀안전점검(금회)



2021년 정밀안전점검(전회)



【그림 35.1.2】 전경사진

	
하단(이격부) 전경	소단배수로 전경
	
산마루측구, 점검계단 전경	2단 전경

【그림 35.1.3】 부재별 현황



35.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

35.2.1 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

다. 쌓기 비탈면

사면지반의 토질은 매우 불균질하고, 풍화도, 성층상태 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공 후 시간의 경과에 따라 용적이완, 대기노출로 인한 풍화진행 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 처차 불안정하게 된다.

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

국내 쌓기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준경사를 적용하고 있으며 암반층에서 층리나 절리등이 규칙있게 발달할 경우 경사 비탈면에 따라 큰 붕괴가 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 래	-	1:1.5 이상	SW, SP	
사 질 토	미실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2		
	미실하지 않고 입도분포가 나쁨	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5		
자갈 또는 알갱이 섞인 사 질 토	미실하고 입도분포가 나쁨	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
	10~15	1:1.0 ~ 1:1.2		
	미실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5		
점 성 토	0~10	1:0.8 ~ 1:1.2		ML, MH, CL, CH
	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2		
알갱이 또는 호박돌 섞인 점성토	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5		GM, GC
층 리 앞	-	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 앞	

주) 1. 실패는 점성토로 간주, 표에 표시한 토질 이외에 대해서는 별도로 고려한다.
2. 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 경사이다.

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

7.4.2 소단 설치기준

가. 국내의 기관별 소단 적용기준

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

소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 침점보수용 통로 등의 유지관리에 있으므로 발파임종에서는 H=10.0m 마다 1.0m소단과 리빙월 및 도사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하되 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 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리빙월 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 마다 소단 1m · 발파면 R.Q.D = 10~25% : H = 10m 마다 소단 1~2m R.Q.D = 25~50% : H = 10m 마다 소단 1~2m R.Q.D = 50% 이상 : H = 20m 마다 소단 3m
	건설부 도로시설기준	· H = 5 ~ 10m 마다 소단 1~1.5m
	한국토지공사	· H = 7m 마다 소단 0.5 ~ 1.5m
일 본	도로공단 설계요령	· H = 7m 마다 소단설치
	국유철도토목구조물 표시시서	· 암석과 접하는 도사 경계부와 7m 마다 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m, 경사3%

7.4.3 지하수위 적용기준

가. 적용기준

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

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

263

7.4.4 안전을 적용기준

가. 쌓기 비탈면 안전율 기준

국내의 각 기관에서 적용하는 쌓기비탈면의 최소안전율은 쌓기 기초지반의 연약지반 분포여부, 성토층의 시공목적, 비탈면의 형구 구조를 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)
건설공사 비탈면 설계기준 (2006년)	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)
	우기시
	지진시
한국도로공사	도로설계요령
한 국 토 지 공 사	한반시설 기술상의 기준, 등해설

나. 쌓기 비탈면 안전율 기준

비탈면 안정에 대한 최소안전율은 지역과 공사내용, 비탈면의 종류도, 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 최소안전율을 어떠한 가정에서 유도되었는지를 파악해야 하나 이런 가정들은 생략되어 있으며 단지 부분적인 서술만을 기재하는 방법으로 간략화 되어있다.

[국내의 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구 분	최 소 안 전 율
건설공사 비탈면 설계기준(2006)	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)
	우기시(지표면에 지하수위를 위치시킨 후 해석)
	지진시
도로설계요령 (2000)	건기시(지하수위 미고려)
	우기시(지하수위는 지표면에 위치)
미 국 D'APPOLONIA Consulting Engineers (1979)	원내지침에 의해 강도를 구할 경우
	최대지진가속도를 고려할 때
NAVFAC - DM 7.1-329	하중이 오래 적용할 경우
	구조물 기초인 경우
	일시적인 하중이 적용할 경우 및 시공시
	지진하중이 작용하는 경우

나. 지형 및 지질

제 4 장 조 사 결 과

4.1 지질조사

4.1.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

- 이 지역의 지질은 백악기 경성층군의 중·하부층인 진주층 상부로부터 최상부의 지인층까지 분포하고 있으며 경성층군 상부에 해당하는 신리층군에는 응회암층이 협재되어 있음
- 이 층을 불국산화강암을 비롯해서 산성 또는 중성 백암과 규장암 등이 관입하고 있음

나. 지형특성

군위군계의 팔공산(해발 1193m)을 최고봉으로 동서로 긴 산맥을 이루고, 정음군계의 보현산(해발 1124m)에서 서쪽으로 산맥을 이루며 팔각산(해발 750m)에 이르러 북서로 매봉과 북두산(해발 879m), 옥녀봉(해발 564m)으로 연결되는 산맥과 남서로 방가산(해발 755m)-화산(해발 828m)-월암산(해발 556m)으로 이어지는 산맥을 이룬다.

동부는 노고산-화산, 북서로 조월산(해발 637m), 매봉산(해발 489m) 능선, 마장산(해발 402m), 줄부리산(해발 354m), 건지봉(해발 471m) 등이 위치함

서부는 팔공산에서 분리된 서투봉(해발 714m)과 북서로 발달한 긴 능선, 적라산(해발 352m), 남쪽으로 길게 뻗은 울무리 산맥, 북부의 청화산에서 남동-북서로 발달하는 성산(해발 692m) 능과 상봉산(해발 448m) 북동부에서 남남서로 발달하여 북두산(해발 509m)으로 연결되는 긴 능선과 낮은 구릉들로 이루어짐

보현산 서쪽 산릉지에서 발달하는 고천천과 안천, 신원천과 용호천이 각각 합류하여, 금호강으로 유입되어 남류하고, 북으로 발달하여 흐르는 위천에 구천이 합류하고, 영천시 북서부 팔공산-주계산 계곡에서 발원 하여 북으로 흐르는 사창천이 남천에 합류하여 요령면에서 위천으로 유입되고, 군위를 동부에서 서류하는 신안천이 위천에 합류하며, 위천은 사형하면서 북동류하여 상주군 낙동면에서 낙동강으로 유입됨

다. 분포암종 특성

구 분	지질특성	지형도
동향층 (진주층)	·역암 또는 역질사암을 기저로 하는 암회색 세립로 구성 ·대체로 NNE의 주향과 10°~15°SE의 경사를 이룬다	
일직층 (원각층)	·역암, 역질사암, 사암, 실트스톤, 이회암, 이암 및 세립로 구성 ·대체로 N10°~15°E 주향과 10°~15°SE 경사를 이룬다	
산성 및 중성 암	·주로 산성암이며, 안산암질 암석도 일부 분포 ·지형적으로 저지대를 형성 대립스 및 층층에 의해 피복되어있으며 일부는 낮은 구릉의 형태를 보임	
암		

39

라. 지질 계통도

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Qa)	·하천 및 산록 퇴적물	
	산성암질(Kad)	·과상 및 침입	·전 구간에서 기반암을 관입
	충적암질(Kad)	·관입 및 분출	
	유전층군 안산암질암(Kat)	·주로 응회암으로 구성	·분포하지 않음
	하양층군 일직층(Ked)	·사암, 적색 미사질 세일, 역암	·4광구 중점부 및 5광구 중점
	신동층군 진주층(Kes)	·역질사암, 사암, 세일의 고조	·5광구 전 구간
		·하부층에서 이회암 호층 분포	
		·부정함	
신원층군	화강암질 편마암(Pogn)	·암리가 부분적으로 발달	·10광구 일원 일부 분포
		·과상의 침입	

4.1.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 인공위성영상 분석

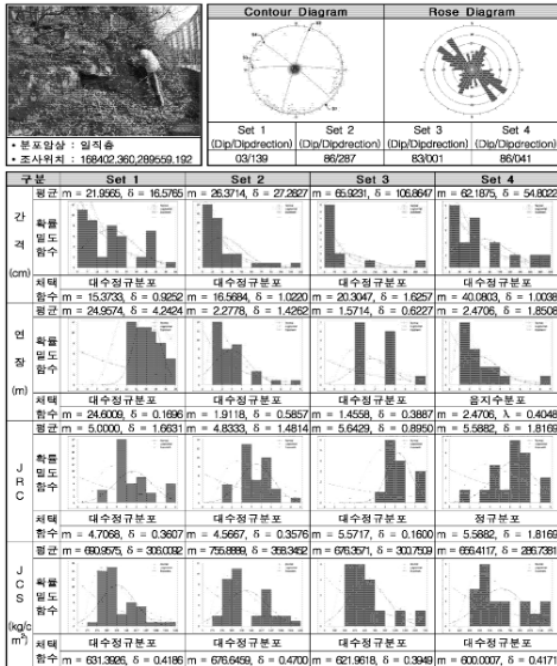
- 목적
 - 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
 - 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조)파악
 - 과업구간에 대한 지질정보와 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석
- 원리 및 방법
 - 30m급 해상도의 Landsat5 TM 위성영상을 이용하여 분석 실시
 - 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 맨디블 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
 - 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양현황 분석 실시
- 위성영상결과

선형공간필터링분석	공간필터링	위성영상 분석
·고수위강조 Laplacian 필터를 적용 인공적 선구조 관별	·영상 내의 지형 또는 선구조의 방향성에 관계없이 지형 지물의 에지를 강조	·68개의 대, 소 선구조 파악
·능경지수와 수로 등 지지대 인공 구조물이 잘 관찰됨	·선구조 육안 판독에 유용한 자료임	·우세한 방향은 N80°~90°W로 나타난다
		·과업노선과 4개의 선구조 교차

40

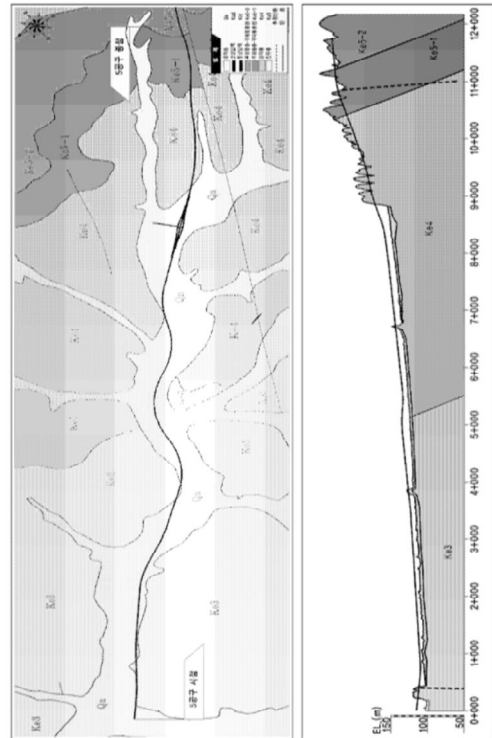
나. 조사결과

■ Scanline-106



48

■ 지질중평면도



구분	선정기준
불기부	- 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 불기재료의 함유특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 - 불기시 폭구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 영향, 재산상 피해를 주는 경우 - 지질특성으로 인하여 불기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 - 중수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우 - 불기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등) - 내진안정해석이 필요한 경우
깨기부	- 비탈면높이가 20m 이상인 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 비탈면 지반이 불적으로 이루어진 경우 - 암반의 풍화가 심하고 풍수가 많은 경우 - 불기시 폭구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 영향, 재산상 피해를 주는 경우 - 불면속면이 비탈면 방향으로 경사진 지질조건인 경우 - 내진안정해석이 필요한 경우 - 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안정검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구분	구간 (STA)	연장 (m)	대표단면 (STA)	최대 절고	지층현황	조사내용	비고
불기부	불기1구간	0+340 ~ 2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	CBB-1 중립층 원지반 불기부	CBB-1 8-357 (부 24.0)
	불기2구간	2+740 ~ 3+840	1,100	2+900(영천방향)	8.2m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-5 2-952 (부 2.0)
	불기3구간	3+850 ~ 4+865	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-12 4-774 (부 14.0)
	불기4구간	4+940 ~ 5+647	1,707	4+980(영천방향)	14.0m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-26 4-921 (부 6.0)
	불기5구간	5+693 ~ 7+257	594	7+240(상주방향)	10.7m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-29 7-259
	불기6구간	7+290 ~ 8+080	790	7+600(영천방향)	9.7m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-30 7-297
	불기7구간	8+110 ~ 9+680	800	8+680(영천방향)	14.2m	제1층 제2층 제3층 원지반 불기부	SBB-35 8-713 (부 7.0)

240

7.6.3 암반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

시추조사시 채취된 암반코어를 대상으로 TCR 및 ROD를 얻었으며, 암반의 파쇄상태에 따른 깨기 경사 평가 및 검토를 암석별 깨기 적정경사 기준으로 실시한 다음 표와 같다.

[암반 파쇄 상태에 따른 깨기비탈면 경사 검토]

구분 구간	킬로구간 (STA.)	시 선 호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					적 경	용 사
			암종	TCR(%)	ROD(%)	TCR에 의한 경사	ROD에 의한 경사		
깨기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 2구간	지랑도919호선 0+040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깨기 4구간	8+660 ~9+340	상주방향	CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
깨기 9구간	10+380 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깨기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
깨기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
깨기 12구간	11+080 ~11+220	영천방향	CBB-17	사암 및 니질암	31~100	0~97	1:0.5	1:0.7	1:0.7

263

7.6 비탈면 안정해석 및 검토

7.6.1 개요

가. 켜기구간

본 지역에서의 켜기비탈면 안정해석은 켜기구간 중 켜기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 평사투영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 켜기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안전한 비탈면검사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 겹치서 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층위의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인한 일반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 암반파쇄 상태에 의한 켜기 경사는 암석별 켜기 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사투영법으로 불면속면의 추상 및 경사방향을 구간별 투영으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. ROD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 풍화암과 같은 특성으로 고려할 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면을 따라 파괴하기 보다는 원호활동 파괴의 경향을 보임으로 풍화암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 불기구간

본 켜기구간은 산지지형 발달부의 편층불기와 곡간형태의 층적층 지역에 대한 켜기로서 전담도로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파악 및 연약지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 켜기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으며, 검토경우는 켜기지역의 지반강도경수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 켜기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위가 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

259

■ 지반조사 위치도

1. 위치도



2. 수량

구분	구간 (STA)	단위	조사현황		구간 (STA)	단위	조사현황	
			조사현황	토양구간			조사현황	토양구간
불기	0+220 ~ 0+450	km	3.475	3.475	불기	0+220 ~ 0+450	km	3.475
불기	2+740 ~ 3+840	km	1.100	1.100	불기	2+740 ~ 3+840	km	1.100
불기	3+850 ~ 4+865	km	1.040	1.040	불기	3+850 ~ 4+865	km	1.040
불기	4+940 ~ 5+647	km	1.707	1.707	불기	4+940 ~ 5+647	km	1.707
불기	5+693 ~ 7+257	km	0.594	0.594	불기	5+693 ~ 7+257	km	0.594
불기	7+290 ~ 8+080	km	0.790	0.790	불기	7+290 ~ 8+080	km	0.790
불기	8+110 ~ 9+680	km	0.800	0.800	불기	8+110 ~ 9+680	km	0.800

35.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 2017년 6월 준공이후 기준에 따라 13회(정밀안전점검 2회, 정기안전점검 10회, 2종 성능평가 1회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 35.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2017. 11. 13 2017. 12. 28	인승철	양호	균열보수
2	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 2단 사면 심한풍화, 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 05. 28 2018. 06. 30	인승철	양호	—
3	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 2단 사면 심한풍화, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 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
4	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 2단 사면 심한풍화, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	364	본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 사면 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 및 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	306	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 망상균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 손상부의 경우 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	306	상주절토35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 망상균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상의 경우 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 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	1,025	안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 A등급으로 평가됨. 일부 구간에서 소단배수로 및 산마루측구 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 A등급으로 평가됨. 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 비탈면의 절리상태 및 표면 보호상태에 대한 평가를 시행하였음. 그 결과 일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가됨. 안전성능평가, 내구성능평가 결과를 종합적으로 분석할 때, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가됨. 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 이상인 "A등급" 인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	A	균열보수, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	306	상주절토 35 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 망상균열, 낙석퇴적이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상의 경우 사면의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	437	심한풍화 배수시설 균열, 망상균열, 토사퇴적
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	균열보수, 청소, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 및 망상균열, 토사퇴적
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	균열보수, 정비
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 및 망상균열, 토사퇴적
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	균열보수, 정비
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	배수시설 균열 및 망상균열
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	균열보수, 정비

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	심한풍화	주의관찰
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 망상균열 소단배수로 토사퇴적 산마루측구 균열	주입보수 균열보수 청소 주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 및 사면부는 손상이 없는 상태이나, 심한풍화는 지속적인 지표수유입 및 동결융해작용으로 충전물유실이 발생하여 이완암이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 배수시설에 균열 및 토사퇴적이 조사되었고, 균열에 대해 보수를 실시하고, 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 0.320km	51.0	107.3	경암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 압반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.0로 측정되었으며, 추정강도 107.3MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토35		표 번 호	【표 35.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.18	B	근거표번호	【표 35.4.5】
	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.18	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

라. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천 원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	10.0	15.00	m	65	975	1
	소단배수로 망상균열	균열보수	5.0	7.50	m²	54	405	2
	소단배수로 토사퇴적	청소	5.0	7.50	m³	25	188	3
	산마루측구 균열	주입보수	1.0	1.50	m	65	98	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	1,073		405		188		
	재경비 (순공사비의 50%)	537		203		94		
	합계	1,610		608		282		
개략공사비 총계(천원)		2,500						

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.

35.2.4 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	상주절토35		
평가 구분	결합지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.110	A	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.110	A	
안전성능 결과	○ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ○ 안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

평가항목	등급	등급 점수 (a)	가중치 (b)	결합지수 (a) × (b)
지반상태(암반)	a	0.08	0.33	0.026
절리상태 및 풍화진행도	c	0.43	0.53	0.228
표면보호공	a	0.08	0.14	0.011
결합도 지수				0.265
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	상주절토35		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.140	A	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.265	B	0.2	
종합평가 결과	○ 사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.110 \times 0.8) + (0.265 \times 0.2) = 0.141$ ○ 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.

35.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 35.2.2】 수집자료 검토결과 및 점검방향

구 분	내 용	비 고
설계도서	○현장조사 시 준공도면과 비교·검토 후 상이할 경우 외관조사망도를 실측치와 동일하게 작성 하고, 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 관리대장에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경 등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전점검자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존점검 결과를 비교·검토하여 손상 확인, 보수여부 확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되었고, 기보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○기존점검 중점유지관리사항을 확인한 결과, 풍화구간, 배수로 균열, 점검계단 식생관리를 확인하였고, 급회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 기준 정밀안전점검 총2회, 정기점검 총10회, 2중 성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

35.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 35.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	산마루측구	균열 보수	2017.07.01. ~2017.12.31.	—	지에스건설(주)	

35.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 35.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	—	—

35.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

35.3 현장조사 및 시험

35.3.1 현황 및 특성

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

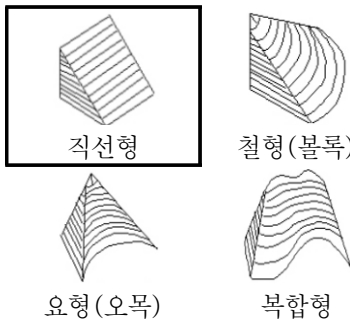
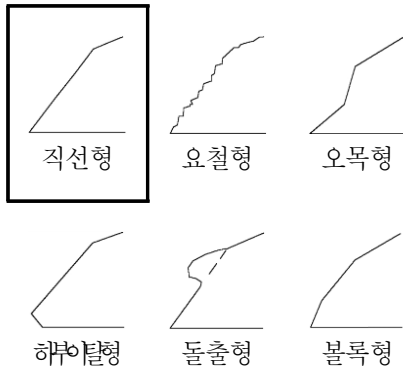
가. 일반현황 조사결과

【표 35.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 09. 12.		조 사 자	이 상 훈	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	대구광역시 군위군 부계면 산화리				
위 경 도	시점 : 36° 10′ 62.2″ 128° 64′ 95.8″				
	종점 : 36° 10′ 62.7″ 128° 65′ 20.5″				
절토사면	길 이 : 260.0m		높 이 : 37.0m		
	경 사/경사방향 : 55/190				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 1.0~3.0m		
	소 단 : 4				
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -				
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -		
	뜯돌 평균크기 : - 뜯돌 최대크기 : -				
절토사면 시공현황	종 류		위 치		상 태
	산마루측구		0.160~0.250k		균열
	소단배수로		0.250~0.380k		균열
	낙석방지울타리		0.160~0.420k		양호
	낙석방지망		0.180~0.400k		양호
	점검계단		0.160~0.190k		양호
붕괴이력	유 형		규 모		위 치
기 타	·				

나. 사면특성 조사결과

【표 35.3.2】 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		10~20°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		무			
식 생	① 종 류		초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수
	② 밀 도		하	하	-	-
	③ 근계특징		천근성 (O), 심근성 ()			

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

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

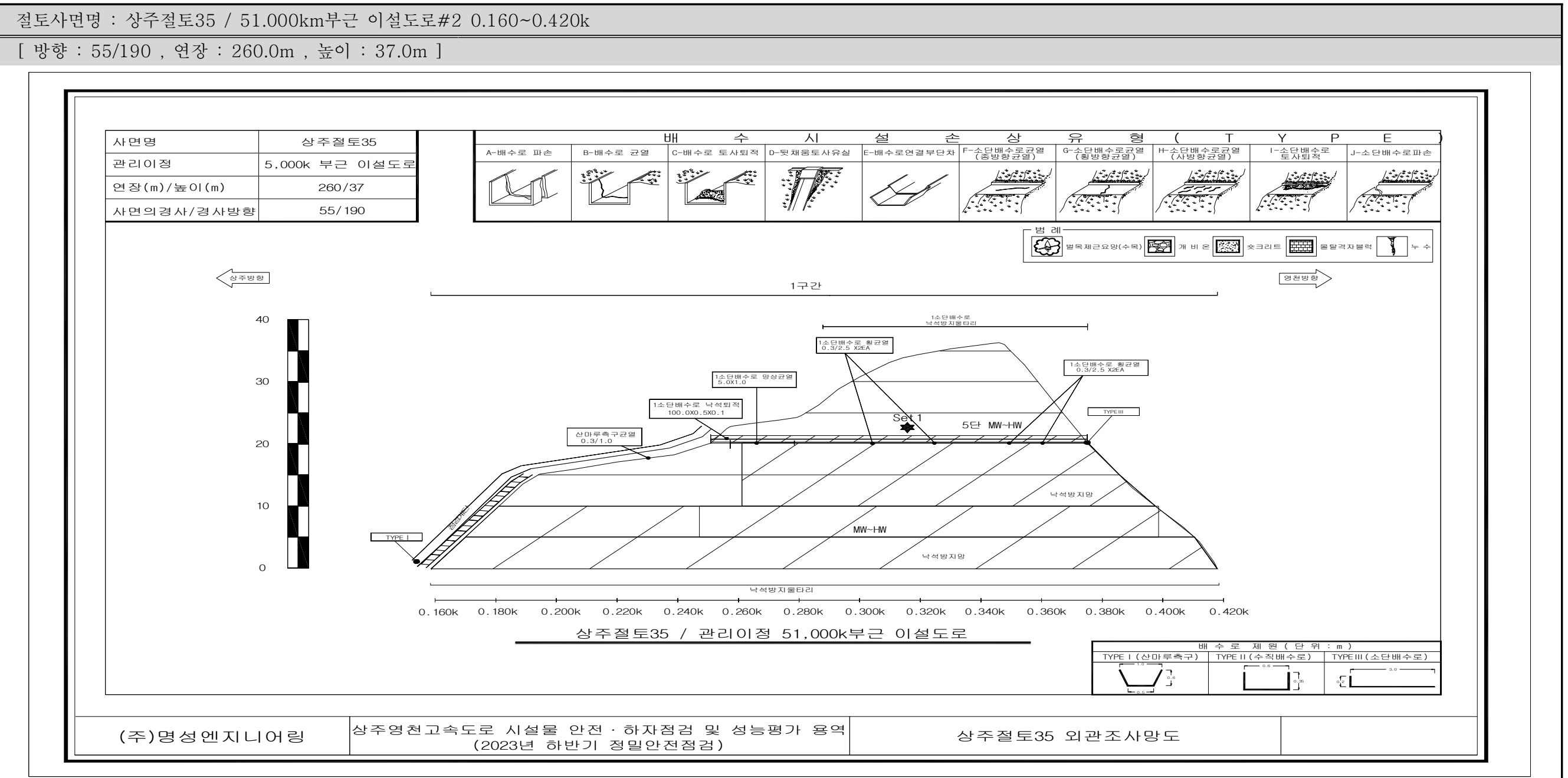
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 1개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 35.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	0.160~0.420k	260.0	31.0	절리암반	

35.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



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

35.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 상주절토35의 관리이정 0.160~0.420k의 구간으로 연장 260.0m, 높이 31.0m로 구성 물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암반을 확인한 결과, 풍화등급은 보통풍화(MW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다. 점검결과, 식생공의 식생확장 상태는 양호한 편이고, 보호공인 방지망 내 퇴적은 없는 것으로 조사되었다.
- 낙석방지망내 풍화구간은 현재 손상발생은 없으나, 지속적인 지표수유입 및 동결융해작용으로 충전 물유실이 발생하여 이완암이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 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(0.160~0.420k), 점검계단(0.160~0.190k)이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로, 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구가 시공되어 있다.
- 소단배수로에 전구간 낙석퇴적(100.0*0.5*0.1), 0.270k 망상균열(5.0*1.0), 0.310k 균열(0.3/2.5*2ea), 0.350k 균열(0.3/2.5*2ea), 산마루측구에 0.230k 균열(0.3/1.0)이 조사되었다.
- 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 요구된다.

- 낙석퇴적은 사면부 풍화구간에 지표수유입으로 흘러내린 풍화토가 퇴적된 것으로 원활한 배수기능 확보를 위해 청소가 필요하다.

			
현 황	상단 사면 풍화구간	현 황	중·하단 사면 풍화구간
원 인	풍화	원 인	풍화
대 책	주의관찰	대 책	주의관찰
			
현 황	소단배수로 낙석퇴적(100.0*0.5*0.1)	현 황	0.270k 소단배수로 망상균열(5.0*1.0)
원 인	지표수유입으로 인한 풍화토 퇴적	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	청소	대 책	주입보수
			
현 황	0.310k 소단배수로 균열(0.3/2.5)	현 황	0.340k 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

【사진 35.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	0.350k 소단배수로 균열(0.3/2.5)	현 황	0.230k 산마루측구 균열(0.3/1.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 35.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 35.3.4】 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	4	주입보수	
	소단배수로 망상균열	m ²	5.00	1	균열보수	
	소단배수로 낙석퇴적	m ³	5.00	1	청소	
	산마루측구 균열	m	1.00	1	주입보수	

35.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 35.3.5】외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	풍화구간	주의관찰
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 망상균열 소단배수로 낙석퇴적 산마루측구 균열	주입보수 균열보수 청소 주입보수
부대시설	상태양호	—
결과요약	사면 전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 및 사면부는 손상이 없는 상태이나, 풍화구간은 지속적인 지표수유입 및 동결융해작용으로 충전물유실이 발생하여 이완암이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 배수시설에 균열 및 낙석퇴적이 조사되었으며, 균열에 대해 보수를 실시하고, 낙석퇴적은 원활한 배수를 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.	

【표 35.3.6】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	4	주입보수	
	소단배수로 망상균열	m ²	5.00	1	균열보수	
	소단배수로 낙석퇴적	m ³	5.00	1	청소	
	산마루측구 균열	m	1.00	1	주입보수	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 35.3.7】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	
배수시설	소단배수로 균열	m	10.00	4	10.00	4	—	
	소단배수로 망상균열	m ²	5.00	1	5.00	1	—	
	소단배수로 낙석퇴적	m ³	5.00	1	5.00	1	—	
	산마루측구 균열	m	1.00	1	1.00	1	—	

35.3.5 재료시험 결과

상주절토35는 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 35.3.8】 반발경도시험 결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 0.320km	51.4	109.0	경암	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.4로 측정되었으며, 추정강도 109.0MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 반발경도시험 후 값을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 조사위치와 기타 요인으로 인해 다소 차이가 발생하였으나, 대체적으로 동일한 상태를 유지하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 35.3.9】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2021년)		금회(2023년)		비고
		반발경도	추정강도(MPa)	반발경도	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	51.0	107.3	51.4	109.0	경암

나. 불연속면 조사

1) 불연속면 조사 위치

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



【사진 35.3.2】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

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

【표 35.3.10】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간(Set1)		
	J1	J2	J3
방향성	75/035	78/300	88/315
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	HW	HW

【표 35.3.11】 이전 점검 불연속면조사 결과표

구 분	2021년 정밀안전점검		
	1구간	—	—
방향성	75/035	—	—
간격(m)	0.2~0.6	—	—
연장성(m)	1.0~3.0	—	—
틈새(mm)	0.1~1.0mm	—	—
거칠기	약간 거칠음	—	—
충진물질	딱딱함, 5mm미만	—	—
풍화도	HW	—	—

35.4 상태평가

35.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 260m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 1구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 표기하였다.

【표 35.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	0.160~0.420k	260m	암반사면	Set1

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2022.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 35.4.2]에 수록하였다.

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

－ 토층심도율(SR)

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

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

－ 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 35.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{31.0} = 0.09$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 109.0MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.4, \frac{I_b}{H} = \frac{0.4}{31.0} = 0.013$ 로 0.01초과	절리암반	

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

다. 강우량

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

본 사면은 군위에 위치한 사면으로 기상청자료와 가까운 구미의 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									

35.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 35.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토35		표번호	[표 35.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	0.160~0.430k	
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. 09. 12.		조사자	이 상 훈	

【표 35.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토35		표번호	[표 35.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	0.160~0.430k		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-경사방향	035 - 190 = -155°	0		
1-6		절리경사-사면경사	75 - 55 = 20°	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.6점)	4		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	113.6mm(구미)	2	2	
		지하수위	사면 높이의 1/3	1		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	보통	3		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 09. 12.		조사자	이 상 훈		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.17로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 35.4.5】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			상주절토35				표번호
근거표번호			[표 35.4.3], [표 35.4.4]				[표 35.4.5]
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	13	f2=0.25	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	4	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	3	c			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					13	F=0.17	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 13 / 52 = 0.25 ○ 상태평가등급(F) : 13 / 76 = 0.17					

【표 35.4.6】상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토35	0.17	B	0.17	B

다. 공중이 이용하는 부위

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

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 상태평가 후 그 값(등급)을 비교하여 수록하였다. 전회점검과 비교시, 세부지침상 강우량에 대해 상태점수(3→2)가 감소되어 결함지수가 감소되었으나 등급은 B로 동일한 상태이다.

【표 35.4.7】이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.18	B	
금회 정밀안전점검	0.17	B	

35.5 종합평가 및 안전등급 지정

35.5.1 종합평가 결과

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

【표 35.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토35		표 번 호	【표 35.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.17	B	근거표번호	【표 35.4.5】
	－	－	－	－	－
	－	－	－	－	－
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.17	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

35.5.2 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 35.5.2】 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

35.6 보수·보강 및 유지관리방안

35.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 35.6.1】 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
	소단배수로 망상균열	균열보수	5.00	7.50	m²	54	405	2
	소단배수로 낙석퇴적	청소	5.00	7.50	m³	25	188	3
	산마루측구 균열	주입보수	1.00	1.50	m	65	98	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	1,073		405		188		
	재경비 (순공사비의 50%)	537		203		94		
	합계	1,610		608		282		
개략공사비 총계(천원)		2,500						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

35.6.2 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 35.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 풍화구간 → 현재 낙석방지울타리 및 낙석방지망 설치로 안전성에는 문제가 없는 상태이나, 장기공용시 지표수 및 동결융해로 인한 충전물유실이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검으로 통해 손상의 발생유무에 대한 확인	
배수 시설	• 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요 • 배수로 낙석퇴적 구간 → 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적으로 청소를 실시하는 유지관리가 필요	 
보호 시설	• 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

35.7 종합결론

35.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 설치되어 있으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면 및 사면부는 손상이 없는 상태이나, 풍화구간은 지속적인 지표수유입 및 동결융해작용으로 충전물유실이 발생하여 이완암이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 배수시설에 균열 및 낙석퇴적이 조사되었으며, 균열에 대해 보수를 실시하고, 낙석퇴적은 원활한 배수를 위해 청소가 필요하다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트헤머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 51.4로 측정되었으며, 추정강도 109.0MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.17로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 배수조건으로 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.

35.7.2 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.

35.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 풍화구간은 공용기간이 증가할수록 지표수유입 및 동결융해작용으로 인해 진전될 가능성이 있으므로 지속적인 관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

35.7.4 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.