

37. 상주절토37

37.1 시설물 개요

37.2 자료수집 및 분석

37.3 현장조사 및 시험

37.4 상태평가

37.5 종합평가 및 안전등급 지정

37.6 보수·보강 및 유지관리 방안

37.7 종합결론

37. 상주절토37

37.1 시설물의 개요

상주절토37은 대구광역시 군위군 부계면 창평리(상주영천고속도로 54.040~54.800km)에 위치한 사면으로서 총 연장 760.0m, 높이 50.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다. 또한, 준공 이후 별도의 용도변경 없이 공용중이다.

37.1.1 일반사항

【표 37.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2017-0000016		관리번호	SY SL37
시설물명	상주절토37		시설물구분	절토사면
위 치	행정구역	대구광역시 군위군 부계면 창평리		
	위치좌표	시점 : 36° 08′ 77.1″ 128° 67′ 57.1″		
		종점 : 36° 08′ 44.9″ 128° 68′ 24.6″		
	관리이정	54.040~54.800km		
	공구이정	6공구 STA.9+820~10+580		
제 원	연 장	760.0m	높 이	50.0m
	경사/방향	55/210	노 선	고속국도 301호선
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물	-		
	주변지형	산악지형	상부사면경사	45°
시공현황	준공년도	2017	시 공 자	지에스건설(주)
	부대시설	점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 솟크리트, 옹벽		
비 고				

37.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 37.1.1】 위치도

2025년 정밀안전점검(금회)



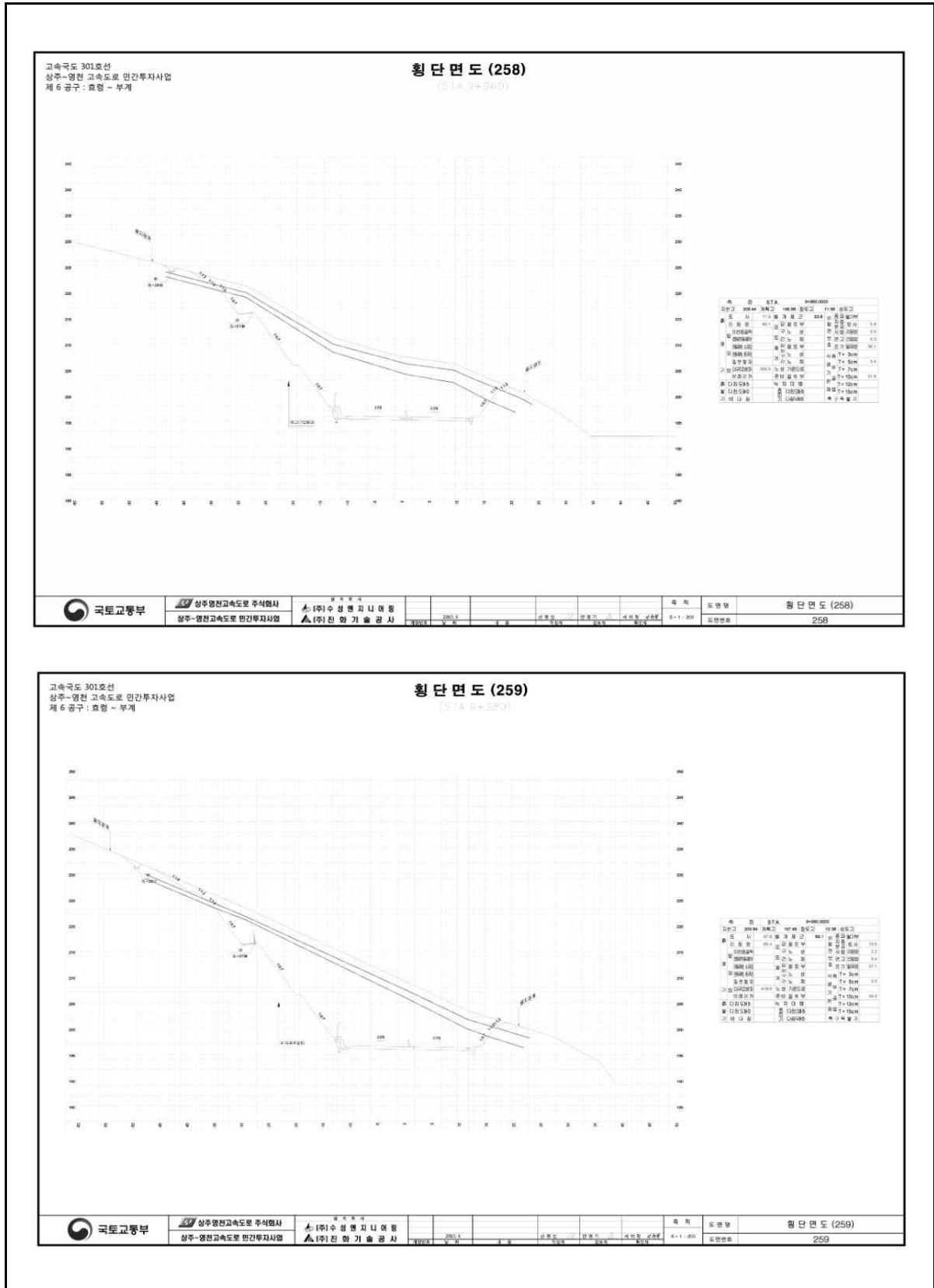
2023년 정밀안전점검(전회)



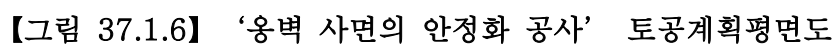
【그림 37.1.2】 전경사진

	
상부자연사면 전경	1소단 배수로 전경
	
수직도수로 전경	점점계단 전경
	
도로, 낙석방지울타리 전경	사면내 옹벽 전경

【그림 37.1.3】 부재별 현황



【그림 37.1.5】 표준횡단면도



37.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구]의 설계 및 준공도서, 비탈면 안정성 검토보고서(18년05월), 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.

37.2.1 자료수집 현황

【표 37.2.1】 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		○	

37.2.2 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

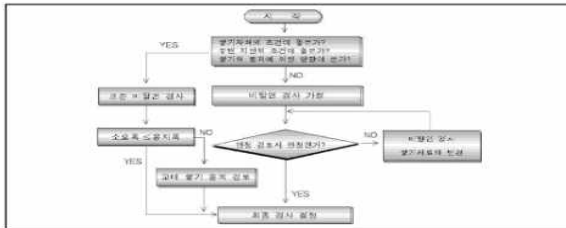
7.4 비탈면 설계기준

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

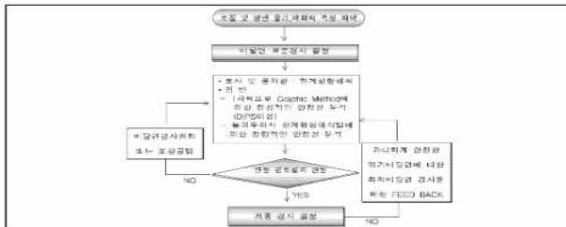
7.4.1 비탈면 경사기준

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 종류 및 지반의 특성 등을 고려하여 비교분석한 결과는 다음표와 같다. 소단 적용기준 현황을 보면 일본의 경우는 소단설치 높이 기준을 7m 보다 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m이다 0.5~3.0m이다. 소단의 설치목적은 비탈면침식방지 위한 배수시설 설치, 전경보수를 통로 등의 유지관리에 있으므로 발파면층에서는 H=10.0m 보다 1.0m소단과 리빙월 및 토사층에서는 H=5.0m보다 1.0m소단을 설치하여 H=20.0m보다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 적당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

구분	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)	· 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 도시설계기준	· 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 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 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 안정 조건에 가장 불리한 상태를 해석에 적용하는 것이 바람직한것으로 사료된다. 쌓기구간에서는 시공속도에 따른 장단기적인 배수조건과 토층 및 풍화암 지반조건에서는 강우시 침투해석에 의한 간극수압분포를 실제 안정해석에 이용하여야 하나 본 설계에서는 다음과 같이 적용하였다.

253

다. 쌓기 비탈면

지반지반의 토질은 매우 불균질하고, 풍화도, 상충상태 및 규질 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공 후 시간의 경과에 따라 응력이완, 대기노출로 인한 풍화진행 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 저지 불안정하게 된다.

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

국내 쌓기비탈면 설계기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준경사를 적용하고 있으며 일반층에서 층리나 절리등이 규칙있게 발달할 경우 경사 비탈면에 따라 큰 풍화가 예상되므로 지반조사 결과를 토대로 파괴할때를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 경사설정 및 추가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

[원지반 토질에 대한 비탈면 경사범위]

토질조건	비탈면높이(m)	경사	비고
모래	-	1:1.5 이상	SW, SP
사질토	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암석 섞인 사질토	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
	10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
	10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토	0~10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH
	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
암석 또는 호박돌 섞인 점성토	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	GM, GC
중하암	-	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 암

주) 1. 실효는 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 분류여부, 성토층의 시공목적, 비탈면의 영구 구조를 여부 등에 따라 쌓기 비탈면의 안전율 기준에는 차이가 있으며, 각 기관의 쌓기 비탈면 안전율을 간략화 하려 아래 표와 같다.

[국내 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구분		최 소 안 전 율 (Minimum Safety Factor)	
건설교통부	건설공사 비탈면 설계기준 (2006년)	건거시(지하수가 없는 것으로 해석)	$F_s \geq 1.5$
		우거시	$F_s \geq 1.3$
		지진시	$F_s \geq 1.1$
한국도로공사		도로설계요령	$F_s \geq 1.3$
항만협회		항만시설 기술상의 기준, 등해설	$F_s \geq 1.5$

나. 쌓기 비탈면 안전율 기준

비탈면 안정에 대한 최소안전율은 지역과 공사내용, 비탈면의 용도, 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 세세한을 기재하는 방법으로 간략화 되어있다.

[국내외 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구분	최소 안전율	
건설공사 비탈면 설계기준(2006)	건거시(지하수가 없는 것으로 해석)	$F_s \geq 1.5$
	우거시(지표면에 지하수위를 위치시킨 후 해석)	$F_s \geq 1.2$
	지진시	$F_s \geq 1.1$
도로설계요령 (2000)	건거시(지하수위 미고려)	$F_s \geq 1.5$
	우거시(지하수위는 지표면에 위치)	$F_s \geq 1.1 \sim 1.2$
	지진시(미국 D'APPOLONIA 기준, NAVFAC - DM7.1-329기준)	$F_s \geq 1.1 \sim 1.2$
미국 D'APPOLONIA Consulting Engineers (1975)	실내시험에 의해 강도를 구할 경우	$1.5 > F_s > 1.3$
	최대지진가속도를 고려할때	$1.2 > F_s > 1.0$
NAVFAC - DM 7.1-329	하중이 오래 작용할 경우	$F_s > 1.5$
	구조물 기초인 경우	$F_s > 2.0$
	일시적인 하중이 적용될 경우 및 시공시	$F_s > 1.35 \text{ or } 1.25$
	지진하중이 작용하는 경우	$F_s > 1.2 \text{ or } 1.15$

255

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

· 상주-영천간 고속도로 민간투자사업 실시계획(6공구)

1.2 조사목적

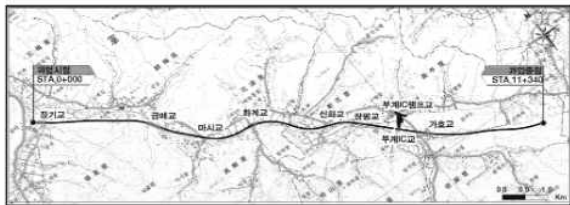
- 상주-영천간 고속도로 민간투자사업에 위한 지반조사
- 계획노선의 지반공학특성 특성을 고려한 조사계획 수립
- 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태, 지반공학특성 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

· 시점 : 경상북도 군위군 군위읍 효령면(STA. 0+000)
(X=29377.5190, Y=163274.3124)
· 종점 : 경상북도 군위군 군위읍 이북면(STA. 11+231)
(X=296819.0783, Y=171952.6914)
· 연장 : 11.231km



1.4 위치도



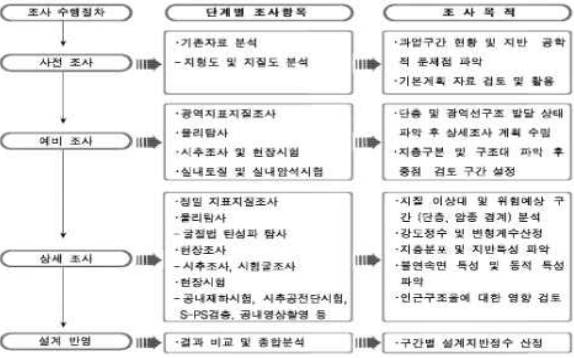
제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행 흐름

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 각기 및 쌓기 비탈면 중 붕괴가능성을 지닌 대궐기 비탈면과 고궐기 비탈면에 대하여 설계사 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석·파악 후 토질 및 암반상태의 안정성을 고려한 안정 비탈면경사 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 일의 최소안전율을 갖는 활동 저항면에 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 설계경사 선정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계경사 선정
- 합리적인 비탈면 경사 검토
- 비탈면 안정대책 및 보수공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

과원구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토구간 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 각기 구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현상 조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

23 조사수행현황
231 조사현황



232 조사결과 및 현황

구분	구간	구간명	구간길이 (m)	구간종류	구간특성	구간현황	구간비고
조사구간	1	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	2	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	3	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	4	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
조사구간	5	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	6	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	7	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	8	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
조사구간	9	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	10	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	11	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간
	12	과원구간	42	토사	과원구간	과원구간	과원구간

구분	실험기준
쌓기부	- 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 쌓기재료의 압축특성이 높고, 연단강도가 낮은 경우 - 통과시 폭우가 장시간 소우되거나 주변 인접 시설물에 중대한 영향, 재산상 피해를 주는 경우 - 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 - 중수시 비탈면이 침수되거나 비탈굴이 침식되는 경우 - 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(면역치판 등) - 내진안전해석이 필요한 경우
깎기부	- 비탈면높이가 20m 이상인 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 비탈면 지반이 붕괴로 이루어진 경우 - 암반의 풍화가 심하고 통수가 많은 경우 - 통과시 폭우가 장시간 소우되거나 주변 인접 시설물에 중대한 영향, 재산상 피해를 주는 경우 - 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 자질조건인 경우 - 내진안전해석이 필요한 경우 - 불안전 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 쌓기고	지층현황	조사내용	비고
쌓기구간	쌓기1구간	0+340 ~ 2+430	2,090	0+440(상주방향)	13.9m	CBB-1 0-357 (부 24.0)	
	쌓기2구간	2+740 ~ 3+840	1,100	2+900(영천방향)	8.2m	CBB-5 2-262 (부 2.2)	
	쌓기3구간	3+850 ~ 4+800	1,040	4+800(상주방향)	11.5m	CBB-12 4-774 (부 14.0)	
	쌓기4구간	4+940 ~ 5+640	1,700	4+980(영천방향)	14.0m	CBB-26 4-931 (부 6.0)	
	쌓기5구간	5+690 ~ 7+250	1,560	7+240(상주방향)	10.7m	CBB-29 7-259	
	쌓기6구간	7+290 ~ 8+000	710	7+400(영천방향)	9.7m	CBB-30 7-297	
	쌓기7구간	8+110 ~ 8+800	690	8+600(영천방향)	14.2m	CBB-35 8-715 (부 7.0)	

240

7.6.3 일반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

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

[암반 파쇄 상태에 따른 깎기비탈면 경사 검토]

구분 구간	점도구간 (STA.)	시공 추 호	암반 특성에 따른 비탈면 경사				적 경	용 사	
			암종	TCR(%)	RQD(%)	TCR에 의한 경사			RQD에 의한 경사
쌓기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 2구간	지검도919호선 0+040~0+300	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쌓기 4구간	8+860 ~9+340	상주방향	CBB-7	사암 및 니질암	46~100	0~90	1:0.5	1:0.5	1:0.5
			CBB-9	사암 및 니질암	100	29~75	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쌓기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
쌓기 9구간	10+580 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쌓기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
쌓기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	66~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
쌓기 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. 깎기구간

본 지역에서의 깎기비탈면 안정해석은 깎기구간 중 깎기 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 한계궤적해석 및 뿔사투입법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 깎기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기존 안전율을 건너서 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 일반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과를 근거로 일반파쇄 상태에 의한 깎기 경사는 암석별 깎기 적정경사를 기준으로 일반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 뿔사투입법으로 불연속면의 주향 및 경사방향을 구간별 투입으로 파괴양상을 예측하였다.
- 일반비탈면 경사에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. RQD = 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.

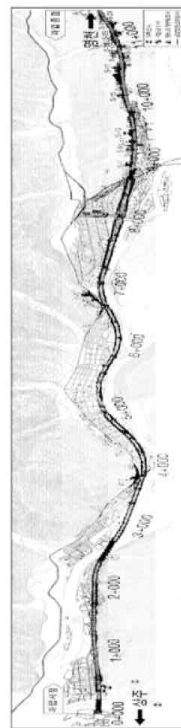
나. 쌓기구간

본 쌓기구간은 산지지형 발달부의 편층암기와 곡간형태의 층적층 지역에 대한 쌓기토사 전단모드로 형성된 구간을 견유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성암의 및 연암지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으나, 검토대상은 쌓기지역의 지반강도경수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 처량하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위가 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

259

■ 지반조사 위치도

1. 위치도



2. 수량

조사항목	단위	표준구간		조사항목	단위	표준구간	
		개	비율			개	비율
표면 지반조사	개	1	3.85	표면 지반조사	개	1	3.85
지반조사	개	38	78	지반조사	개	38	78
시추조사	개	6	6	시추조사	개	6	6
표면지반조사	개	12	12	표면지반조사	개	12	12
지반조사	개	149	308	지반조사	개	149	308
시추조사	개	6	6	시추조사	개	6	6
표면지반조사	개	6	6	표면지반조사	개	6	6
지반조사	개	12	14	지반조사	개	12	14
시추조사	개	1	1	시추조사	개	1	1
표면지반조사	개	5	5	표면지반조사	개	5	5
지반조사	개	6	6	지반조사	개	6	6
시추조사	개	6	6	시추조사	개	6	6
표면지반조사	개	8	8	표면지반조사	개	8	8

라. 사면안정 검토보고서(2018.05, 다산이엔지)



그림 2.2 사면활동 발생 현황

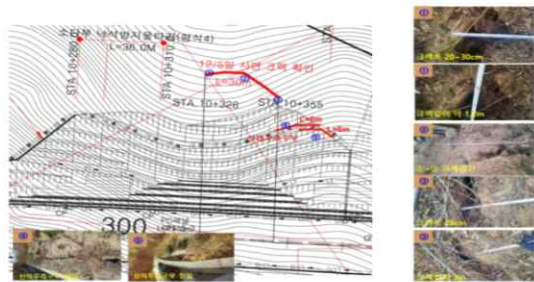


그림 2.3 사면활동 발생 영상



그림 2.14 타중 규모와 한계평형해석

사면안정성을 검토하기 위해서 수평시추조사한 결과를 토대로 타중의 존재 규모를 정의하고 한계평형 해석법을 적용하였다. 역해석을 통해 타중구간의 정착력을 $2.0t/m^2$ 으로 적용하였고, 영구영자로 보강된 단면의 안전율은 1.34로서 최소안전율 1.2를 상회하는 것으로 분석하였다.

2) 절토사면(타중 붕괴 구간) 보·보강 공법 반영(2016. 12)

절토사면 중 STA10+140~10+580(상주) 구간에서 공법위에 걸쳐 타중이 출현하여 사면 붕괴가 발생하였으므로 실험보고를 통해 설계 변경이 이루어졌다. 전문설계업체의 지표지질 조사 결과와 시험부에서 중점부적으로 탄질층(Coal Bed)이 우상향으로 출현하는 것으로 조사되었다. 비탈면의 도상은 세일과 이암이 반복적으로 나타나며 층리면은 비탈면과 유사한 방향으로 30° 내외의 경사를 가지고 있었다.



그림 2.15 사면내 타중 분포 현황

2) 상주-영한간 민자고속도로 건설공사 6공구 비탈면(영기 7.8 구간) 안정성 검토 보고서(대한건설ENG 2016. 11)

4

8

상주영천고속도로 6공구 절토사면(STA10+260~10+460 상주방향) 통과원인 분석 및 사면안정검토

2016년 9월에 실험보고된 구간 좌우측으로 탄질층이 안정을 확보할 수 없는 조건으로 판단되어 구간별로 보강공법을 적용하였다.

- ① 소일네일 보강과 슛크리트 타설
- ② 소일네일로 지지되는 계단식 옹벽과 슛크리트 타설
- ③ 높이가 30m 이상인 구간(STA10+380~10+480)은 당초 1:1경사에서 1:1.8 경사로 완화



그림 2.16 2016. 12 절토사면 공사 현황



그림 2.17 사면 보강공법 적용 내용

보강공법을 적용할 때 안정성 평가는 한계평형 해석법에 의거하여 수행되었으며, 사면 붕괴를 야기했던 타중의 경우 시공 시 노두에 노출 및 확인 전공을 통해 타중 깊이 및 폭을 반영하여 안전율을 검토하였다. 이때 탄질층의 지반물성치는 2016년 9월에 실험보고 내용에서 역해석을 통해 검토된 값을(점착력 $2.0t/m^2$, 내부 마찰각 29°)사용하였다.

4) 안정성 검토를 위한 지반정수 선정

추가 지반조사 중에 절리면 전단시험과 기반암 내 충전점토를 대상으로 직접전단시험 수행하였다. 당초 3차례에 걸친 사면 안정성 검토에서 사용된 물성치와 추가지반조사 후 얻어진 물성치를 비교하였다. 시추공 내에서 수행된 절리면 전단시험의 경우 점착력 성분은 대폭 감소되었으나 내부마찰각의 경우 $35.2^\circ \sim 37.9^\circ$ 로 설계값보다 크게 선정되었다. 조사 결과로 확인할 수 있듯이 리핑암부터 발파암까지 심한 풍화가 진행한 구간이 나타난다. 사면 활동 방향을 따라 발달된 파쇄와 코어유실에 의해 토체의 전단저항이 감소된 점을 감안하고 불확실한 지층의 특이성을 고려하여 파쇄대의 내부마찰각을 기존 설계값과 동일한 29.6° 로 해석에 적용하였다.

사면활동을 지배하는 충전점토의 경우 원상계에서는 검토되지 않았으나 급회 직접전단시험에서 공학적 성질을 파악하였다. 점토충전층의 지반정수는 불안전성을 최소화 하고자 시험결과를 통해 획득한 값의 범위 내에서 가장 작은 값을 해석에 적용하였다. 탄질층의 경우 설계 변경시 역해석을 통하여 점착력 $20kPa$, 내부마찰각을 29° 로 적용하였으나 앞서 언급한 바와 같이 조금 더 안정적인 검토를 위해, 과거 탄질층을 포함한 사면 중 안정을 확보한 사례의 물성치로 조정하여 검토 할 필요가 있다.

표 3.5 추가 지반조사시 획득된 지반물성치

구 분		c(kPa)		$\phi(^{\circ})$		비 고
		Peak	Residual	Peak	Residual	
절 리 면 전단시험	B H - 1	40.0	16.0	38.0	35.2	이질암
	B H - 2	44.0	3.0	38.8	36.2	
	B H - 3	38.0	7.0	40.8	37.9	
직 접 전단시험	B H - 1	7.3	-	23.9	-	충전점토
	B H - 2	11.9	-	26.2	-	
	B H - 3	8.1	-	24.5	-	

표 3.6 기존 안정성 검토시와 추가 지반조사시 산정한 지반물성치

구 분	가	기	해
불 연 속 체	c (kPa)	40.0	3.0~16.0
	$\phi (^{\circ})$	29.6	35.2~37.9
충 전 점 토	c (kPa)	-	7.3~11.9
	$\phi (^{\circ})$	-	23.9~26.2
탄 질 층	c (kPa)	20.0	-
	$\phi (^{\circ})$	29.0	-

9

24

상주영천고속도로 6공구 절토사면(STA10+260~10+460 상주방향)
통과원인 분석 및 사면안정검토

4.3 계측자료 분석

광기비밀면 계측은 비밀면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화들을 측정하고 이로부터 설계시 예측한 거동이 적절했는지를 확인하여 구체적인 설계에 하거나, 기 설계된 내용을 보완하거나 향후 유지관리를 고려하여 계획한다. 시공 중 활동이 발생하였거나 절토 대상 지역과 같이 사면 내에 내재해가 위험요소가 있는 경우에는 안정성을 확보한 이후에도 주기적으로 거동상태를 확인하는 것이 바람직하다.

상주영천고속도로가 개통된 이후에 해당 구간에서 사면 거동을 살펴보기 위해 사면 내 10개소에 광파측량 타겟을 설치하였고, 2017년 11월 이후 11개소를 추가하였다. 2017년 12월 영구영커 보강공사가 진행되면서 영커 두부에 하중계를 5개소(4단 2개소, 5단 1개소, 6단 1개소, 10단 1개소)를 설치하여 현재까지 거동 상태를 측정하고 있다. 상주영천고속도로가 개통된 이후 2017. 7. 26~2018. 3. 7까지 측정된 누적 수평변위는 4~69mm 정도인데 보강 공사 후에는 0~3mm정도로서 보강공사 전에 대부분 수평변위가 발생하였다. 이는 추가로 설치한 영구영커의 정착부가 활동면 외부에 위치하여 효과적으로 지지능력을 발휘하고 있는 것으로 평가된다.



그림 4.10 사면내 광파 타겟 계측 현황

4) 건설공사 비밀면 설계기준(국토해양부, 2013)

상주영천고속도로 6공구 절토사면(STA10+260~10+460 상주방향)
통과원인 분석 및 사면안정검토

사면에 발생한 균열 양상은 기존에 발생한 균열 위치보다 우상향 측에서 관찰되었다. 광파 타겟에서 측정된 수평과 수직변위 양상은 PPP용역 상단과 추가 보강공사가 시행되지 않은 우측구간에서 주목할 만한 변화가 감지되었다. 영커가 받는 축력 상향은 우측구간을 중심으로 단기간 내에 증가양상을 보였다.

이와 같은 거동은 지반조건상 점토층이 협재된 층리면이 연속성이 낮아 사면 역제력의 차이, 즉 활동면 후방에서 정착부가 형성된 2017년 12월 추가보강 공사의 유무에 따라 거동 양상이 지배받고 있음을 지시한다. 아울러 연속적인 층리면이 형성된 퇴적암반 사면 활동이 불안정성 출현시 단기간 내에 즉시 발생하는 것과는 달리 완속 활동을 보이고 있는 것은 사면 내부 층리면이 단속되어 있기 때문이라고 분석된다.

표 5.1 하중계 계측 자료(2018년 4월)

구분	412 No.4	412 No.13	112 No.8	612 No.3	1012 No.4	비고
1월17일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	1월17일 계측일 후 측정값 (0.7기타 40mm)
1월24일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
1월31일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
2월7일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
2월21일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
2월28일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
3월7일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	2/28~3/7일 강수량 65mm
3월21일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	3/7~3/21일 강수량 62mm
3월27일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	
4월12일	측정값 최소대변 최대대변	38.75ton 0.2ton 0.2ton	36.65ton 0.3ton 0.3ton	57.45ton 0.4ton 0.4ton	42.65ton 0.3ton 0.3ton	추가한계 계측 중 안전성이 412 No.3 측정불가

57

상주영천고속도로 6공구 절토사면(STA10+260~10+460 상주방향)
통과원인 분석 및 사면안정검토



그림 5.3 사면 안정균열 발생 현황(2018년 4월)

5.4 장기 안정성 확보 방안

사면의 안정성을 확보하는데 가장 효과적인 방법은 활동의 원인이 되는 사면의 규모를 완화시키는 것이다. 주변 여건상 제한이 있을 수 있으나 본 절토 현장과 같이 내재된 불연속면의 특성을 감안할 때 장기적인 측면에서 상부 사면을 제거하고 지형 특성상 후방이 하강 사면이므로 이를 확대함으로써 지표수 유입을 감소시킬 수 있다. 또한 사면 상부에서 발생한 균열부를 제거하여 활동 가능성을 대폭 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

다음은 사면 완화와 지표수 처리, 이완 영역 제거의 측면에서 안을 비교한 것이다. 사면 활동 하중을 감소시키는 사면 완화는 공통적으로 적용하나 기존 사면 경사를 그대로 유지하는 2안과 후방으로 하향 경사를 형성하는 점이 다르다. 이미 사면에 불규칙하게 균열이 발생한 상태이므로 사면 완화로 인해 이완 영역의 상당부분이 제거될 것을 기대할 수 있다. 2안의 경우에는 보다 적극적으로 기존 내림함으로 보강된 부분까지 제거하여 보다 안정성을 높일 수 있다.

한편 1안의 경우에는 경사를 후방으로 유도함으로써 강우시 지표수가 사면으로 유입하는 것을 방지할 수 있는 장점이 있다. 미관상 내부 균열면이 있을 경우 지표수가 침투되어 수압을 증가시키는 것을 최소화하여 유도할 수 있는 장점이 있다. 평면상 적용범위는 균열이 발생한 끝에서부터 사면 정상부까지 시행하는 것이 바람직하다.

표 5.2 사면 장기안정성 확보 방안

구분	1안	2안
적용 개념	사면 완화 배면 하향 경사	사면 완화 원사면 경사 유지 상부 이완영역 제거
개념도		
문제점 및 기대 효과	사면 활동력 감소로 안정성 제고 하향 경사로 강우시 수계 후방 유도 상부 내림함 구간 이완 영역 간소	사면 활동력 감소로 안정성 제고 강우시 수계확대로 지표수 유입 증가 상부 이완 영역 제거 효과
추천안	○	

59

37.2.3 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 37.2.2】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 숏크리트 들뜸, 균열, 백태, 마감불량, 소단배수로 균열, 산마루측구 퇴적, 파손, 보수부 재파손 등이 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, 단면보수, 정비
2	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	275	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 숏크리트 들뜸, 균열, 백태, 마감불량, 소단배수로 균열, 산마루측구 퇴적, 파손, 보수부 재파손 등이 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	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 숏크리트 들뜸, 균열, 백태, 마감불량, 소단배수로 균열, 산마루측구 퇴적 등이 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	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 숏크리트 들뜸, 균열, 백태, 마감불량, 소단배수로 균열, 산마루측구 퇴적 등이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 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	1,064	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 4개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다. 소단배수로에 횡방향 균열이 일부 조사되었으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 슛크리트 보호공에 국부적인 들뜸이 조사되었으나, 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다. 본 사면은 계측기가 설치되어 있고, 지속적으로 계측중으로 확인되었다. 주기적인 계측으로 이상거동시 즉각조치가 필요하다.
	2019. 09. 16 2019. 12. 27	장진원	B	균열보수, 단면보수, 주의관찰
6	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	894	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴장후는 확인되지 않았으나, 슛크리트 들뜸, 소단배수로 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 단면보수
7	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	894	상주절토37 사면은 지반변형 등의 파괴장후는 확인되지 않았으나, 기존 점검시 자연사면 인장균열이 발생된 것으로 확인되었으며, 배수시설 및 보호시설의 경우 슛크리트 들뜸, 소단배수로 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 점검시 조사된 자연사면부 인장균열의 경우 금회 우수유입방지를 위한 임시보수를 실시한 상태이며, 배수시설 및 보호시설에 발생한 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다. 기 발생한 손상부의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 파악이 필요하며, 인장균열이 발생된 구간의 경우 손상의 진전 시 조치가 요망된다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 주의관찰

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2중 성능평가	(주)명성 엔지니어링	2,996	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 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 일부구간 슛크리트 들뜸이 조사되었으나, 사면의 안정성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 확인되었음. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 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, 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, 단면보수, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	894	상주절토 37 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 기존 점검시 자연사면 인장균열이 발생된 것으로 확인되었으며, 배수시설 및 보호시설의 경우 슛크리트 들뜸, 소단배수로 균열이 발생된 것으로 조사되었다. 기 점검시 조사된 자연사면부 인장균열의 경우 급회 우수유입방지를 위한 임시보수를 실시한 상태이며, 배수시설 및 보호시설에 발생한 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다. 기 발생한 손상부의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 파악이 필요하며, 인장균열이 발생된 구간의 경우 손상의 진전 시 조치가 요망된다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 단면보수

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	1,277	-상부자연사면 절토부 측구 설치필요 -배수시설 균열 -보호/보강시설 슛크리트 들뜸
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	-측구설치, 균열보수, 단면보수, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 -보호시설 슛크리트 들뜸
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	-균열보수, 단면보수
12	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 -보호시설 슛크리트 들뜸
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	-균열보수, 단면보수
13	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 -보호시설 슛크리트 들뜸
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	-균열보수, 단면보수
14	정밀안전점검	(주)명성 엔지니어링	1,872	-상부자연사면 절토부 측구 설치필요 -사면부수목전도 -배수시설균열 -보호/보강시설 슛크리트들뜸
	2023. 07. 03 2023. 12. 08	이상훈	B	-측구설치, 균열보수, 단면보수, 정비, 주의관찰
15	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 -보호시설 슛크리트들뜸
	2024. 06. 10 2024. 06. 28	정지운	양호	-주입보수, 단면보수
16	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 -보호시설 슛크리트들뜸
	2024. 09. 23 2024. 12. 03	정지운	양호	-주입보수, 단면보수
17	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	350	-사면부 수목전도 -배수시설균열 -보호시설 슛크리트들뜸 -1소단배수로 낙석방지책설치상태양호
	2025. 03. 24 2025. 06. 18	정지운	양호	-주입보수, 단면보수, 지속관찰

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	측구설치 필요	측구설치
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열 산마루측구 균열	주입보수 주입보수
부대시설	숯크리트 들뜸	단면보수
결과요약	사면에 보호/보강공 및 식생공이 시공되어 있으며, 암의 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면에 절토를 실시한 것이 확인되었고 현재 절토부는 양호하나, 사면부로 지표수유입 가능성이 있으므로 측구설치가 요망된다. 소단배수로에 발생한 균열은 주입보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 숯크리트 들뜸은 상부로부터의 지표수 및 침투수 등에 의하여 손상이 진전될 우려가 있으므로 사면의 안정성을 위해 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 54.080km	48.6	95.7	보통암	
2구간 54.320km	53.0	117.5	경암	
4구간 54.630km	50.6	105.1	보통암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 48.6~53.0로 측정되었으며, 추정강도 95.7~117.5MPa로 보통~경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토37		표 번 호	【표 37.5.1】
평가구분		결합지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.24	B	근거표번호	【표 37.4.11】
	2구간	0.21	B		【표 37.4.12】
	3구간	0.13	A		【표 37.4.13】
	4구간	0.13	A		【표 37.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.24	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	측구설치 필요	측구설치	1.00	1.00	식	－	－	－
사면부	수목전도	정비	1.00	1.00	EA	100	100	3
사면하부	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
부대시설	숏크리트 들뜸	단면보수	373.20	559.80	m ²	165	92,367	2
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	54.50	81.75	m	65	5,314	1
	산마루측구 균열	주입보수	1.00	1.50	m	65	98	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	5,412		92,367		150		
	재경비 (순공사비의 50%)	2,706		46,184		75		
	합계	8,118		138,551		225		
개략공사비 총계(천원)		146,894						

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.

37.2.5 2중 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	상주절토37		
평가 구분	결합지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.140	A	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.140	A	
안전성능 결과	○상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ○안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

평가항목	등급	등급 점수 (a)	가중치 (b)	결합지수 (a) × (b)
지반상태(암반)	a	0.08	0.25	0.020
절리상태 및 풍화진행도	c	0.43	0.40	0.172
표면보호공	a	0.08	0.10	0.008
사면보강공	a	0.08	0.25	0.020
결합도 지수				0.220
등 급				B

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	상주절토37		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.140	A	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.220	B	0.2	
종합평가 결과	○사면의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.140 \times 0.8) + (0.220 \times 0.2) = 0.156$ ○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.

37.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 37.2.3】 보수이력사항

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

37.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 37.2.4】 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)	

(a) 구조계산서

(b) 구조계산서

37.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

37.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 37.2.5】 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 수목전도 ◇ 숏크리트 들뜸 ◇ 소단배수로 균열, 산마루측구 균열 ◇ 측구설치 필요 ◇ 배수로 균열보수(하자)	◇ 전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇ 구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인 ◇ 보수부 상태 확인

37.3 현장조사 및 시험

37.3.1 현황 및 특성

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

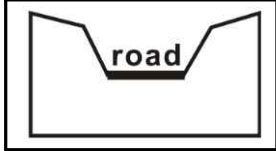
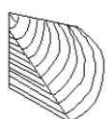
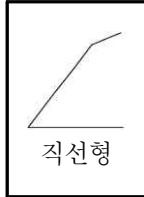
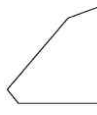
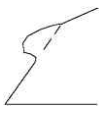
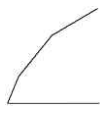
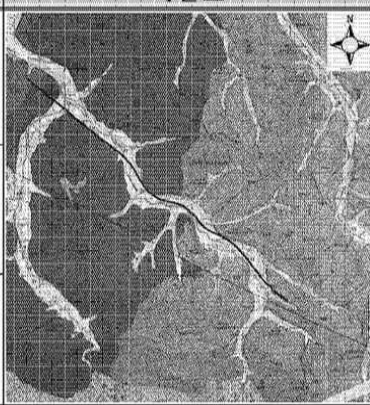
가. 일반현황 조사결과

【표 37.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2025. 10. 15.		조 사 자	정 지 운
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일
행정구역	대구광역시 군위군 부계면 창평리			
위 치	시점 : 36° 08′ 77.1″ 128° 67′ 57.1″			
	종점 : 36° 08′ 44.9″ 128° 68′ 24.6″			
도 로	관리이정 : 54.040~54.800km			
	왕복 4차선		도로폭 : 24.5m	
	교통량 : 30,787대/일			
절토사면	길 이 : 760.0m		높 이 : 50.0m	
	경 사/경사방향 : 55/210			
	도로와의 이격거리 : 평균 0.5~1.5m			
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 3.0~5.0m	
	소 단 : 8			
낙석/튼돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -	
	낙석 평균크기 : -			
	낙석 최대크기 : -			
	튼돌 존재유무 : 없음		튼돌의 양 : -	
	튼돌 평균크기 : -			
절토사면 시공현황	종 류	위 치		상 태
	식생현황	54.040~54.800k		양호
	낙석방지울타리	54.070~54.130k, 54.170~54.490k 54.620~54.720k		양호
	소단배수로	54.160~54.290k, 54.330~54.390k, 54.420~54.450k, 54.480~54.630k		균열
	수직도수로	54.140k, 54.300k, 54.400k, 54.460k		양호
	쑏크리트	54.370~54.630k		들뜸
	사면내 옹벽	54.490~54.620k		앵커파손(보강됨)
	격자블럭+앵커	54.520k, 54.510~54.520k		양호
	점검용 계단	54.040~54.080k, 54.310~54.330k 54.390~54.400k, 54.600~54.800k		양호
붕괴이력	유 형	규 모		위 치
기 타	· 54.520k 상부자연사면 절토, 2020.10~2021.03, 사면의 안정화 공사, 국토교통부고시 제2020-692호			

나. 사면특성 조사결과

【표 37.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	종 횡 단 면	 직선형		종 단 면 특 성	 절형(블록)	
		 요형(오목)			 복합형	
				 직선형	 요철형	 오목형
				 하부탈형	 돌출형	 블록형
상부 자연비탈면	경 사 도		20~30°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		4개소			
지 질	구 분		지질특성		지질도	
	동명층 (진주층)		·역암 또는 역질사암을 기저로 하는 암회색 세일로 구성 ·대체로 NNE의 주향과 10°~15°SE의 경사를 이룸			
	일직층 (칠곡층)		·역암, 역질사암, 사암, 실트스톤, 이회암, 이암 및 세일로 구성 ·대체로 N10°~15°E 주향과 10°~15°SE 경사 이룸			
	산성 및 중성 암맥		·주로 산성암맥이며, 안산암질 암맥도 일부 분포 ·지형적으로 저지대를 형성 테일러스 및 충적층에 의해 피복되어있으며 일부는 낮은 구릉의 형태를 보임			
	지질각론		백악기 경상층군의 중·하부층인 진주층 상부로부터 최상부의 자인층까지 분포하고 있으며, 경상층군 상부에 해당하는 신라아층군에는 응회암층이 협재되어 있음			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	하	4/2m²	-	-	
	③ 근계특징	천근성 (O), 심근성 ()				

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

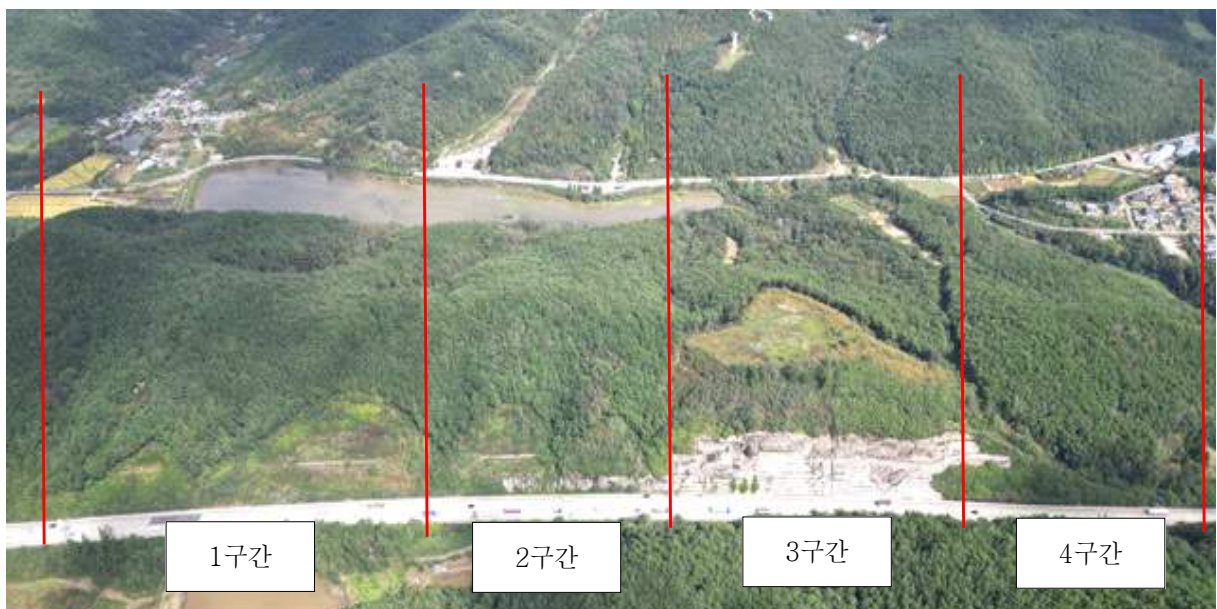
- 1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
- 2) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
- 3) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

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 4개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

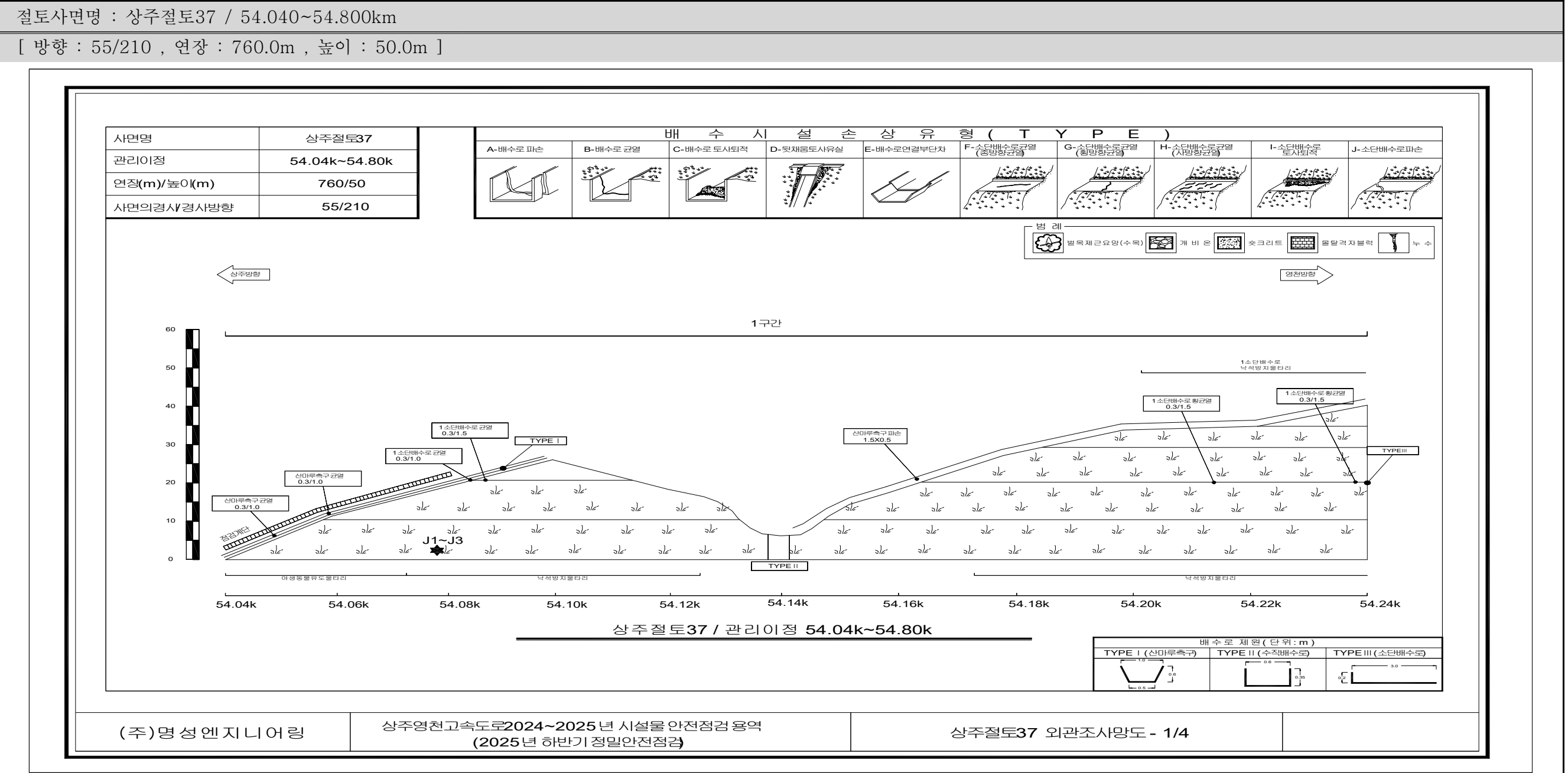
사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 37.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	경사/경사방향	토층심도(m)	구성물질
1구간	54.040~54.300	260.0	47.0	55/210	4.0	암
2구간	54.300~54.460	160.0	37.0	55/210	4.0	암
3구간	54.460~54.620	160.0	50.0	55/210	5.0	암
4구간	54.620~54.800	180.0	20.0	55/210	3.0	암



37.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

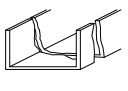
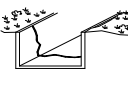
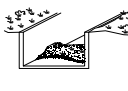
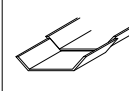
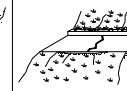


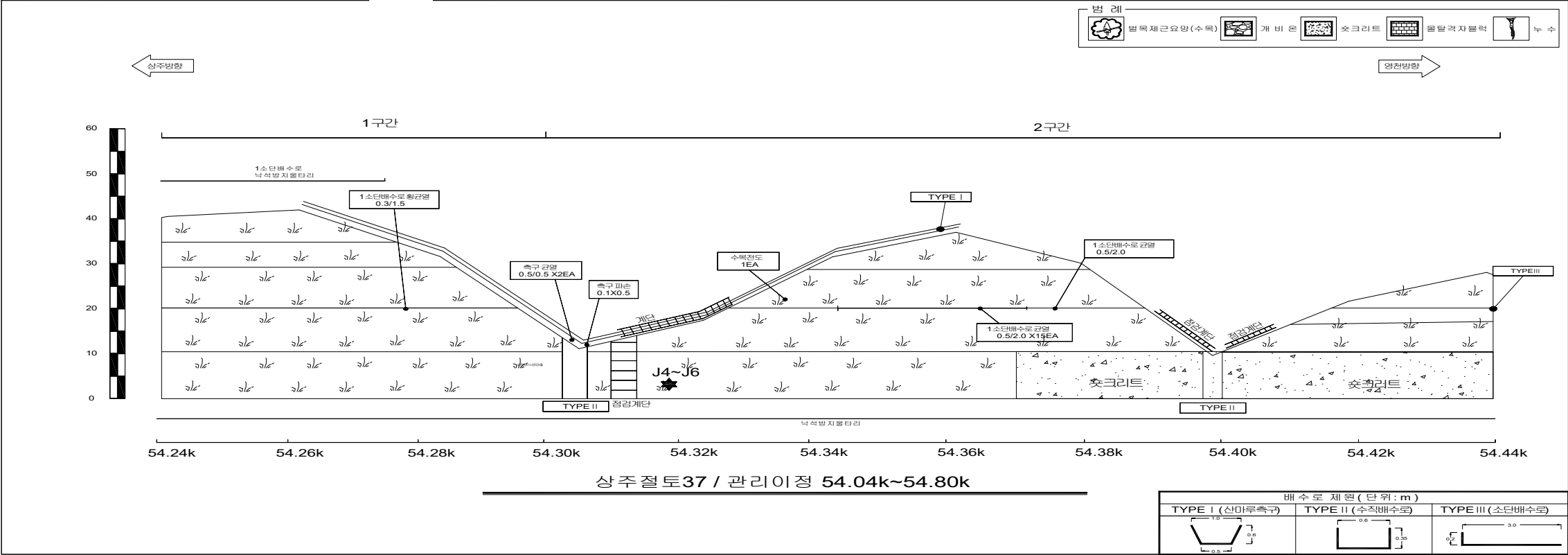
Bieniawski의 RMR 분류												No.	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9			
												방향	73/312	80/090	30/184	82/013	75/104	02/359	85/113	87/041	11/096			
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10				
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void		6	Fresh	6	연장	4	4	4	4	4	4	4				
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	틈새	5	5	5	5	5	5	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	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	4				
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	1	1	3	1	5	5	5	3		

절토사면명 : 상주절토37 / 54.040~54.800km

[방향 : 55/210 , 연장 : 760.0m , 높이 : 50.0m]

사면명	상주절토37
관리이정	54.04k~54.80k
연장(m)/높이(m)	760/50
사면의경사/경사방향	55/210

배수시설순상유형 (T Y P E)									
A-배수로 파손	B-배수로 균열	C-배수로 토사퇴적	D-빗재물토사유실	E-배수로 연결부 단차	F-소단배수로 균열 (종방향균열)	G-소단배수로 균열 (횡방향균열)	H-소단배수로 균열 (사방방향균열)	I-소단배수로 토사퇴적	J-소단배수로 파손
									

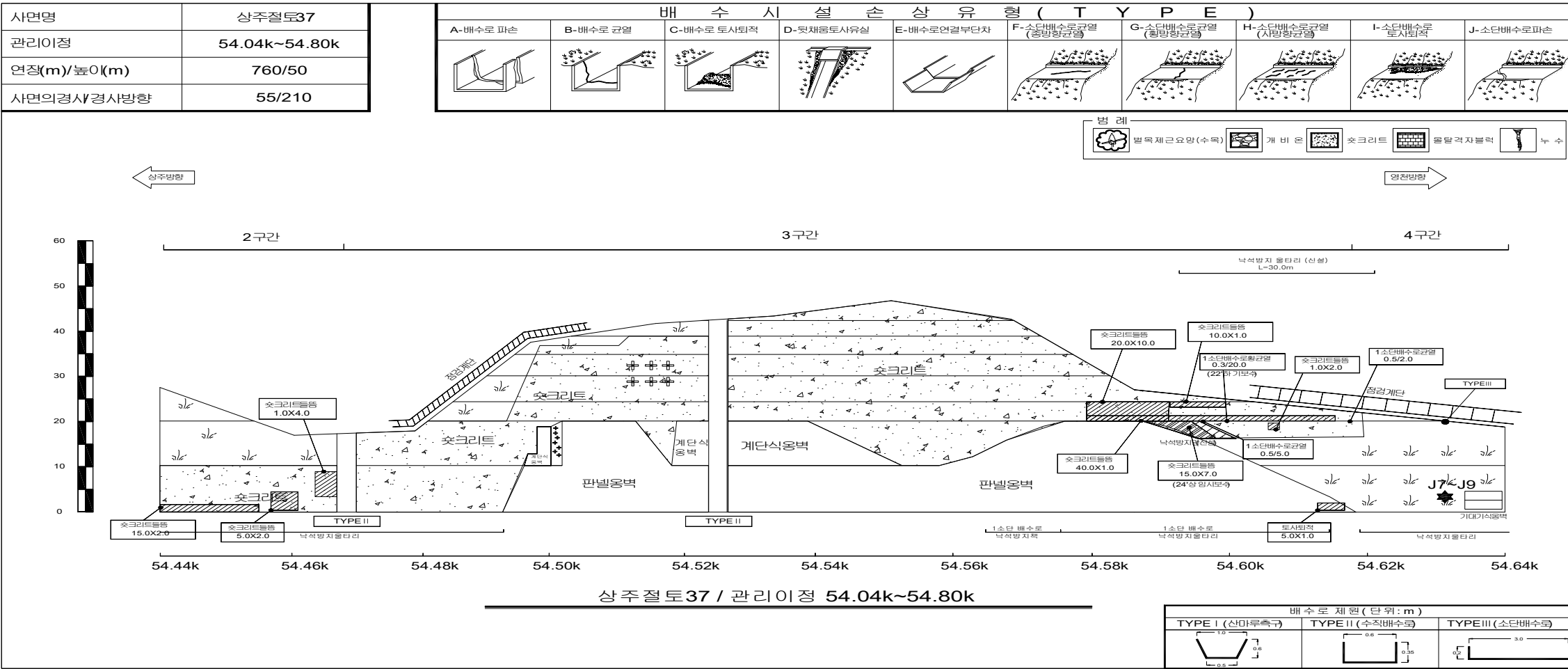


(주)명성엔지니어링	상주영천고속도로2024~2025년 시설물 안전점검 용역 (2025년 하반기 정밀안전점검)	상주절토37 외관조사망도 - 2/4
------------	--	---------------------

Bieniawski의 RMR 분류												No.	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9			
												방향	73/312	80/090	30/184	82/013	75/104	02/359	85/113	87/041	11/096			
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10				
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	4	4	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	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	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	4	4			
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	1	1	3	1	5	5	5	3		

절토사면명 : 상주절토37 / 54.040~54.800km

[방향 : 55/210 , 연장 : 760.0m , 높이 : 50.0m]



(주)명성엔지니어링

상주영천고속도로2024~2025년 시설물 안전점검 용역
(2025년 하반기 정밀안전점검)

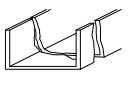
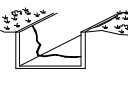
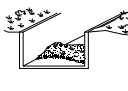
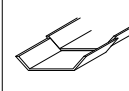
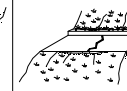
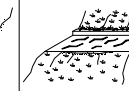
상주절토37 외관조사망도 - 3/4

Bieniawski의 RMR 분류												No.	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9			
												방향	73/312	80/090	30/184	82/013	75/104	02/359	85/113	87/041	11/096			
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	4	4	4	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	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	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	4	4			
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	1	1	3	1	5	5	5	3		

절토사면명 : 상주절토37 / 54.040~54.800km

[방향 : 55/210 , 연장 : 760.0m , 높이 : 50.0m]

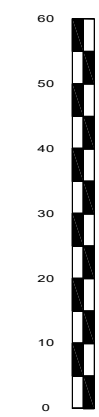
사면명	상주절토37
관리이정	54.04k~54.80k
연장(m)/높이(m)	760/50
사면의경사경사방향	55/210

배 수 시 설 손 상 유 형 (T Y P E)									
A-배수로파손	B-배수로균열	C-배수로토사위적	D-빗재물토사유실	E-배수로연결부단차	F-소단배수로균열 (종방향균열)	G-소단배수로균열 (횡방향균열)	H-소단배수로균열 (사방방향균열)	I-소단배수로 토사위적	J-소단배수로파손
									

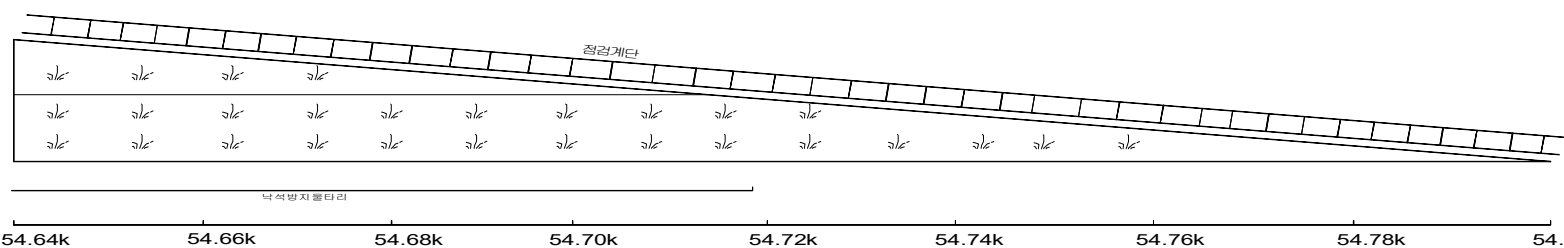
병 레	방목제근요양(수목)	개 비 온	숏크리트	불탈격자블럭	누 수
					

← 상주방향

→ 영천방향

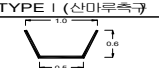


4구간



54.64k 54.66k 54.68k 54.70k 54.72k 54.74k 54.76k 54.78k 54.80k

상주절토37 / 관리이정 54.04k~54.80k

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

(주)명성엔지니어링

상주영천고속도로2024~2025년 시설물 안전점검 용역
(2025년 하반기 정밀안전점검)

상주절토37 외관조사망도 4/4

Bieniawski의 RMR 분류												No.	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9			
												방향	73/312	80/090	30/184	82/013	75/104	02/359	85/113	87/041	11/096			
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	10	10	10	10				
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void		6	Fresh	6	연장	4	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	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	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	4				
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	1	1	1	3	1	5	5	5	3		

37.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 상주절토37의 관리이정 54.040~54.300k의 구간으로 연장 260.0m, 높이 47.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 양호한 상태로 확인되었다.
- 노출암을 확인한 결과, 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다. 그 외의 특이손상은 없는 것으로 조사되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(54.070~54.130k, 54.170~54.300k), 야생동물유도울타리(54.040~54.070k), 점검계단(54.040~54.080k)이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로, 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 소단배수로 균열, 산마루측구 균열, 파손이 조사되었으며, 시공당시 건조수축, 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중 등에 의해 발생된 것으로 판단된다. 조사된 손상은 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현황	상부자연사면 전경	현황	하단(이격부) 전경
원인	상태양호	원인	상태양호
대책	-	대책	-
			
현황	54.165k 산마루측구 파손(1.5*0.5)	현황	54.240k 소단배수로 균열(0.3/1.5)
원인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대책	단면보수	대책	주입보수

【사진 37.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

【표 37.3.4】 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	7.00	5	주입보수	
	산마루측구 균열	m	2.00	2	주입보수	
	산마루측구 파손	m ²	0.75	1	단면보수	

나. 2구간

2구간은 상주절토37의 관리이정 54.300~54.460k의 구간으로 연장 160.0m, 높이 37.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 시공된 식생공은 양호한 상태로 확인되었고, 노출암반을 확인한 결과, 풍화 등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.
- 사면 54.340k 3단 수목전도(1ea)가 조사되었으며, 현재 소단배수로에 적치된 상태로 낙하의 위험은 적으나 시설물의 유지관리를 위한 정비가 요구된다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(54.300~54.460k), 솟크리트(54.370~54.460k), 점검계단(54.310~54.330k, 54.390~54.400k)가 설치되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 솟크리트 들뜸은 솟크리트-수직도수로 이음부, 솟크리트 하단부의 결합력이 약한 부위에 발생한 손상으로 우천시 누수에 의해 손상의 진전 가능성이 있으므로 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.
- 소단배수로 균열, 산마루측구 균열, 파손이 조사되었으며, 시공당시 건조수축, 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 손상은 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현황	상부자연사면 전경	현황	낙석방지울타리 전경
원인	상태양호	원인	상태양호
대책	-	대책	-
			
현황	수직도수로 전경	현황	소단배수로 전경
원인	상태양호	원인	-
대책	-	대책	-
			
현황	54.305k 산마루측구 균열 (0.5/0.5*2ea)	현황	54.305k 산마루측구 파손 (0.1*0.5)
원인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대책	주입보수	대책	단면보수

【사진 37.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	54.360k 소단배수로 균열 (0.5/2.0*15ea)	현 황	54.340k 3단 수목전도(1ea)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	강우, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	정비
			
현 황	54.460k 숯크리트 들뜸 (5.0*2.0)	현 황	54.460k 숯크리트 들뜸 (1.0*4.0)
원 인	강우, 지표수 유입	원 인	강우, 지표수 유입
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 37.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

【표 37.3.5】 2구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면부	수목전도	EA	1.00	1	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	숯크리트 들뜸	m ²	44.00	3	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	32.00	16	주입보수	
	산마루측구 균열	m	1.00	2	주입보수	
	산마루측구 파손	m ²	0.05	1	단면보수	

다. 3구간

3구간은 상주절토37의 관리이정 54.460~54.620k의 구간으로 연장 160.0m, 높이 50.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 옹벽공, 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 현재, 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 2020년 하반기 54.520k 상부자연사면에 인장균열 형태의 손상에 대한 조치로 [‘상주-영천고속도로 내 절토부 옹벽 사면의 안정화 공사’ , 2020.10~2021.03, 국토교통부고시 제 2020-692호]를 실시하였다.
- 사면안정화 공사로 인해 상부자연사면 절토부는 양호한 상태이나, 절토된 상부자연사면과 상주절토37의 사면경계에 측구가 설치되어 있지 않아 자연사면에서의 지표수가 사면부로 흘러 사면상단부 유실 및 침투수의 증가로 숏크리트 면에 손상을 야기시킬 수 있으므로, 측구설치가 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 숏크리트, 계단식옹벽, 패널식옹벽(패널식옹벽10(2종))이 시공되어 있다.
- 본 구간은 불연속면 조사가 불가하여, 인접구간의 풍화등급과 동일한, 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.
- 54.615k 사면 하단 토사퇴적이 조사되었으며, 강우, 지표수 유입 등에 의해 발생한 손상으로 정비를 통한 유지관리가 요구된다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구가 설치되어 있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 이격거리는 0.5~1.0m정도의 거리를 유지하고 있다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 숏크리트(54.460~54.620k), 격자블럭+앵커(54.500k, 54.510~54.520k), 옹벽(54.490~54.620k), 1소단배수로 낙석방지울타리(54.590~54.620k), 낙석방지망(54.590~54.600k), 점검계단(54.600~54.620k)이 설치되어 있다.
- 숏크리트부는 전반적으로 양호한 상태이며, 기 발생한 54.595k 숏크리트 들뜸에 대한 보수(낙성방지망 설치)가 실시되었고, 일부구간 숏크리트 들뜸이 조사되었다. 조사된 손상은 건조수축 및 상부자연사면 지표수 및 침투수에 의한 내부토사유실, 균열 및 이격부를 따라 발생한 식생 등에 의해 발생한 것으로 보이며, 공용기간 경과시 손상의 진전이 발생할 우려가 있으므로 단면보수를 실시하여 지표수의 내부침투를 방지하는 것이 안정성에 도움을 줄 것으로 판단된다.

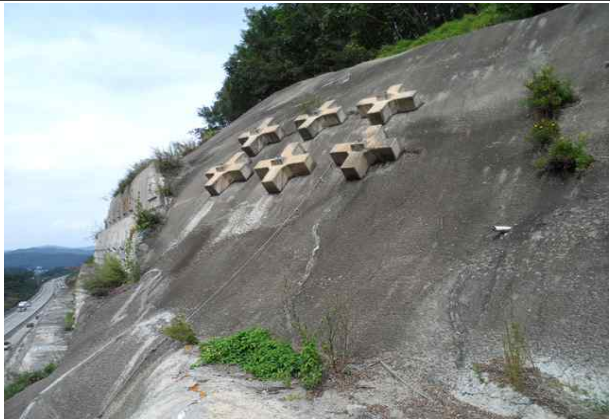
- 사면부에 설치된 옹벽은, 2중 옹벽(패널식옹벽10)으로 정밀안전점검을 실시하였고, 보고서-옹벽편에 수록되어 있다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 수직도수로가 시공되어 있으며, 수직도수로는 양호한 상태로 조사되었다.
- 소단배수로 균열이 조사되었으며, 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	상부자연사면 전경	현 황	1소단배수로 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	계단식옹벽 전경	현 황	격자블럭+앵커 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-

【사진 37.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	쏯크리트 들뜸부 낙석방지망 보수	현 황	옹벽, 쏯크리트 전경
원 인	강우 등, 기존 쏯크리트 들뜸부	원 인	-
대 책	주의관찰	대 책	-
			
현 황	54.590k 쏯크리트 들뜸(10.0*1.0)	현 황	2023년 정밀안전점검
원 인	쏯크리트 자중, 지표수 유입	원 인	쏯크리트 자중, 지표수 유입
대 책	단면보수	대 책	단면보수
			
현 황	54.580k 쏯크리트 들뜸(20.0*10.0)	현 황	2023년 정밀안전점검
원 인	자중, 지표수 유입, 침투수, 식생	원 인	자중, 지표수 유입, 침투수, 식생
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 37.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

			
현 황	54.590k 숯크리트 들뜸(40.0*1.0)	현 황	54.615k 1단 토사퇴적(5.0*1.0)
원 인	자중, 지표수 유입, 침투수, 식생	원 인	강우, 지표수 유입
대 책	단면보수	대 책	정비
			
현 황	54.600k 소단배수로 균열(0.5/5.0)	현 황	54.615k 소단배수로 균열(0.5/2.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수

【사진 37.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 37.3.6】 3구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	측구설치 필요	식	1.00	1	측구설치	
사면부	토사퇴적	m ²	5.00	1	정비	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	숯크리트 들뜸	m ²	252.00	4	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	7.00	2	주입보수	

라. 4구간

4구간은 상주절토37의 관리이정 54.620~54.800k의 구간으로 연장 180.0m, 높이 20.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

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

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리(54.620~54.720k), 기대기식옹벽(54.635k), 점검계단(54.620~54.800k)이 설치되어 있으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

5) 배수시설

- 점검결과, 4구간의 배수시설은 없는 것으로 확인되었다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

			
현 황	점검계단 전경	현 황	하단(이격부) 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	도로, 낙석방지울타리 전경	현 황	기대식용벽 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【사진 37.3.4】 4구간 외관조사 결과 주요현황

【표 37.3.7】 4구간 손상내용 총괄표

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

마. 시설물내 옹벽 점검결과

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

【표 37.3.8】 옹벽 점검결과

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

바. 시설물내 보강공 점검결과

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

【표 37.3.9】 앵커 점검결과

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

37.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결함 항목별 발생원인 분석

【표 37.3.10】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	발생원인	보수·보강 방안
상부 자연사면	측구설치 필요	—	측구설치
사면부	수목전도	강우, 지표수 유입 등의 열화	정비
	토사퇴적	강우, 지표수 유입 등의 열화	정비
사면하부	상태양호	—	—
배수시설	소단배수로 균열, 산마루측구 균열	다짐미흡, 우수유입	주입보수
	산마루측구 파손	다짐미흡, 우수유입	단면보수
부대시설	숯크리트 들뜸	강우, 지표수 유입 등의 열화	단면보수
결과요약	사면에 보호/보강공 및 식생공이 시공되어 있으며, 암의 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면에 절토를 실시한 것이 확인되었고 현재 절토부는 양호하나, 사면부로 지표수유입 가능성이 있으므로 측구설치가 요망된다. 사면부 수목전도, 토사퇴적은 사면의 안정성에 미치는 영향이 미미하나 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 배수시설에 발생한 균열, 파손은 내구성 확보를 위해 보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 숯크리트 들뜸은 상부로부터의 지표수 및 침투수 등에 의하여 손상이 진전될 우려가 있으므로 사면의 안정성을 위해 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.		

【표 37.3.9】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	측구설치 필요	식	1.00	1	측구설치	
사면부	수목전도	EA	1.00	1	정비	
	토사퇴적	m ²	5.00	1	정비	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	숯크리트 들뜸	m ²	296.00	7	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	46.00	23	주입보수	
	산마루측구 균열	m	3.00	4	주입보수	
	산마루측구 파손	m ²	0.80	2	단면보수	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교(결함의 진행성 분석)

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 슛크리트 들뜸, 소단배수로 균열에 대한 보수가 실시되었으며, 금회 점검시 토사퇴적, 소단배수로 균열, 산마루측구 균열, 파손이 추가 조사되었다.

【표 37.3.10】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	측구설치 필요	식	1.00	1	1.00	1	—	
사면부	수목전도	EA	1.00	1	1.00	1	—	
	토사퇴적	m ²	—	—	5.00	1	▲5.00	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	슛크리트 들뜸	m ²	373.20	7	296.00	7	▼77.20	
배수시설	소단배수로 균열	m	54.50	19	46.00	23	▼8.50	
	산마루측구 균열	m	1.00	1	3.00	4	▲2.00	
	산마루측구 파손	m ²	—	—	0.80	2	▲0.80	

37.3.5 공중이 이용하는 부위 점검

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

【표 37.3.9】 공중이 이용하는 부위 점검내용

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

37.3.6 재료시험 결과

상주절토37은 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 3구간(조사불가)을 제외한, 구간별로 1회씩 강도조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 세부시험값은 부록에 첨부하였다.

【표 37.3.11】 반발경도시험 결과

시험위치	상위50% 평균값 (대표값)	일축압축강도 추정 (MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 54.080km	50.4	86.7	보통암	
2구간 54.320km	53.5	98.6	경암	
4구간 54.630km	50.6	87.4	보통암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 50.4~53.5 으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 86.7~98.6MPa로 보통암~경암으로 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 37.3.12】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2023년)	금회(2025년)	비고
		일축압축 추정강도(MPa)	일축압축 추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	95.7	86.7	보통암
	2구간	117.5	98.6	경암
	3구간	—	—	—
	4구간	105.1	87.4	보통암

상주절토37 반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 10. 15. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 외관조사 위치(m) 참조
시험 대상 구조물	상주절토37 (L=760.0m, H=50.0m)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정, 암반노출부
시험시의 온도	19.8℃, 3000일 이상
표본 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구분	내용
측정기의 종류	슈미트 해머 암반형
3. 시험 방법	
구분	내용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정치의 상위 50% 의 평균값
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 불연속면 특성 조사

1) 불연속면 조사 위치

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

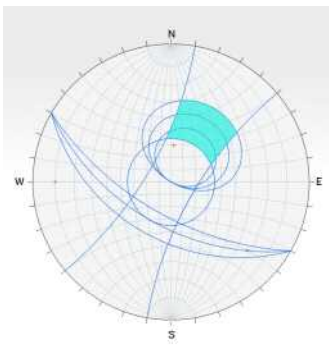
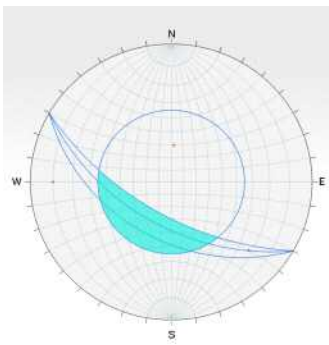
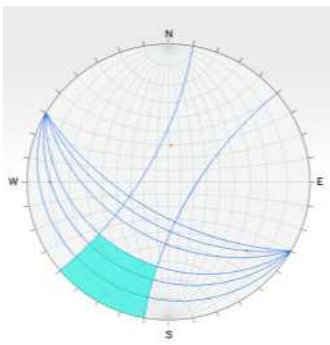
		
경사/방향 측정	거칠기 측정	간격 측정

【사진 37.3.5】 불연속면 측정 현황

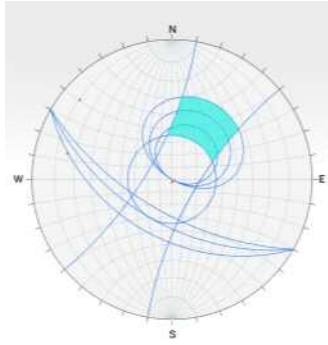
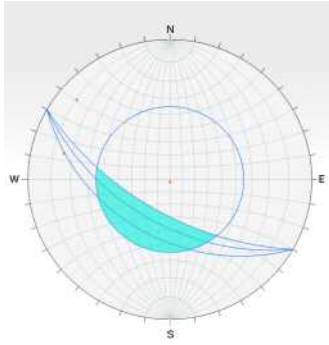
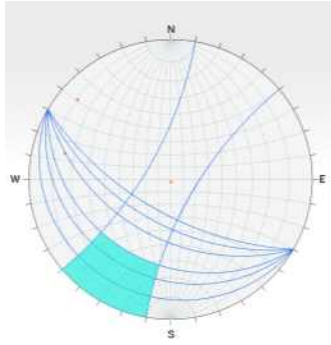
2) 불연속면 조사 결과

불연속면 조사는 구간별로 각 3개조를 실시하였으며, 불연속면의 특성 조사결과는 다음의 표와 같다. 다만 3구간의 경우 초기자료 미비 및 보호공 등에 의해 조사가 불가한 것으로 확인되었고, 불연속면에 대한 자료는 주변 사면의 조사자료를 참고하여 작성하였다.

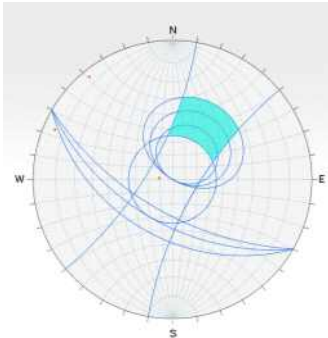
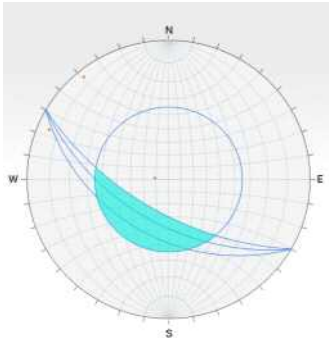
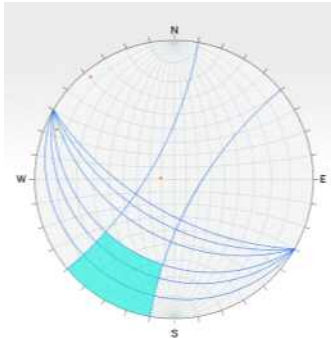
【표 37.3.13】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	J3	절리상태 점수		
					J1	J2	J3
종류		절리	절리	절리	—	—	—
방향성		73/312	80/090	30/184	—	—	—
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	1	1	1
	틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	1	1	1
	거칠기	약간 거침	약간 거침	약간 거침	3	3	3
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	1	1	1
	풍화도	HW	HW	HW	5	5	5
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	2.2	2.2	2.2
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							

【표 37.3.14】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분		J4	J5	J6	절리상태 점수		
					J4	J5	J6
종류		절리	절리	절리	—	—	—
방향성		82/013	75/104	02/359	—	—	—
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	1	1	1
	틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	1	1	1
	거칠기	약간 거침	약간 거침	약간 거침	3	3	3
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	1	1	1
	풍화도	MW	HW	SW	3	5	1
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	1.8	2.2	1.4
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							

【표 37.3.15】 4구간 불연속면조사 결과표

구 분		J7	J8	J9	절리상태 점수		
					J7	J8	J9
종류		절리	절리	절리	—	—	—
방향성		85/113	87/041	11/096	—	—	—
간격(m)		0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	—
상세 절리 상태	연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0	1	1	1
	틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만	1	1	1
	거칠기	약간 거침	약간 거침	약간 거침	3	3	3
	충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	1	1	1
	풍화도	SW	SW	MW	1	1	3
누수상태		완전건조	완전건조	완전건조	1.4	1.4	1.8
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							

37.4 상태평가

37.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 760m의 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 37.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	54.040~54.300km	260.0m	암반사면	
2구간	54.300~54.460km	160.0m	암반사면	
3구간	54.460~54.620km	160.0m	암반사면	
4구간	54.620~54.800km	180.0m	암반사면	

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2024.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 37.4.2]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 37.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{4.0}{47.0} = 0.09$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 86.7MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.5, \frac{Ib}{H} = \frac{0.5}{47.0} = 0.011$ 로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{4.0}{37.0} = 0.11$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 98.6MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.5, \frac{Ib}{H} = \frac{0.5}{37.0} = 0.013$ 로 0.01초과	절리암반	
3구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{5.0}{50.0} = 0.10$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	조사불가 - 동일사면(2구간) 활용	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	조사불가 - 동일사면(2구간) 활용	절리암반	
4구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{20.0} = 0.15$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 87.4MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3} = 0.5, \frac{Ib}{H} = \frac{0.5}{20.0} = 0.025$ 로 0.01초과	절리암반	

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

구분	S ₁	S ₂	S ₃	Ib	H	블록크기비(BR)
1구간	0.5	0.5	0.5	0.5	47.0	0.011
2구간	0.5	0.5	0.4	0.5	37.0	0.013
3구간	조사불가 - 동일사면(2구간) 활용					
4구간	0.5	0.5	0.5	0.5	20.0	0.025

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)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
강우량(mm)	151.0	130.5	84.0	221.0	105.5	87.0	66.0	132.0	158.0	202.0
일시(year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
강우량(mm)	133.5	135.0	125.5	108.5	62.5	88.5	115.5	171.5	74.5	83.5
일시(year)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
강우량(mm)	64.7	117.6	85.9	114.6	155.9	107.6	80.0	91.6	166.8	133.0
평균(mm)	118.4									

37.4.2 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. 절리방향(사면과의 차이)

$|184 - 210| = 26^\circ$ 로 사면방향과 $20^\circ \sim 30^\circ$ 범위이므로 4점(c)

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음. 0점(a)

1-7. 절리상태

1구간 J3의 절리상태 점수는 불연속면에 2.2점으로 기재하여 3점(c)

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 1점(b)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 진동제어발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 1점(b)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수로 균열, 산마루측구 균열, 파손 등에 의해 보통인 2점(c)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 1점(a)

【표 37.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	54.040~54.300km	
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. 15.		조사자	정 지 운	

【표 37.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	54.040~54.300km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	184 - 210 = 26°	4	J3	
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 2.2점)	3	J3	
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4mm(구미)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2025. 10. 15.		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. 절리방향(사면과의 차이)

$|104 - 210| = 106^\circ$ 로 사면방향과 45° 이상이므로 0점(a)

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음. 0점(a)

1-7. 절리상태

2구간 J5의 절리상태 점수는 불연속면에 2.2점으로 기재하여 3점(c)

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 1점(b)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 진동제어발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 1점(b)

1-11. 배수조건

배수시설은 소단배수로 균열, 산마루측구 균열, 파손 등에 의해 보통인 2점(c)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태는 슛크리트 들뜸이 조사되었으나 전반적으로 양호한 상태로 2점(b)

【표 37.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	54.300~54.460km	
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. 15.		조사자	정 지 운	

【표 37.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	54.300~54.460km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	104 - 210 = 106°	0	J5	
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 2.2점)	3	J5	
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4mm(구미)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		보통	2		
1-12	보호/보강상태		양호함	2		
조사일시	2025. 10. 15.		조사자	정 지 운		

다. 3구간 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. 절리방향(사면과의 차이)

$|104 - 210| = 106^\circ$ 로 사면방향과 45° 이상이므로 0점(a) - 동일사면(2구간) 활용

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음. 0점(a) - 동일사면(2구간) 활용

1-7. 절리상태

2구간 J5의 절리상태 점수는 불연속면에 2.2점으로 기재하여 3점(c) - 동일사면(2구간) 활용

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 1점(b)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 진동제어발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 1점(b)

1-11. 배수조건

배수시설은 상부 산마루측구 설치가 필요하다 판단하여 불량인 3점(d)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태는 슛크리트 들뜸이 조사되었으나 전반적으로 양호한 상태로 2점(b)

【표 37.4.7】 사면 손상상태 조사결과표 (3구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.7]	
조사영역번호	3구간		조사영역 위치	54.460~54.620km	
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. 15.		조사자	정 지 운	

【표 37.4.8】 사면 파괴요인 조사결과표 (3구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.8]		
조사영역 번호	3구간		조사영역 위치	54.460~54.620km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	104 - 210 = 106°	0	J5	
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 2.2점)	3	J5	
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4mm(구미)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	2		
조사일시	2025. 10. 15.		조사자	정 지 운		

라. 4구간 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. 절리방향(사면과의 차이)

$|113 - 210| = 97^\circ$ 로 사면방향과 45° 이상이므로 0점(a)

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음. 0점(a)

1-7. 절리상태

4구간 J7의 절리상태 점수는 불연속면에 1.4점으로 기재하여 2점(b)

1-8. 사면경사

사면경사는 55° 로 1:1.0이상, 1:0.7미만으로 1점(b)

1-9. 강우 및 지하수

1일 강우량은 본 사면 지역 최근 30개년 최대 일강우강도의 누년 평균값인 118.4mm이며, 지하수위는 시추조사 미설시로 육안으로 조사하여 누수 등의 손상이 없으므로 2점(c)

1-10. 절취상태

실시설계보고서 자료를 참고하여 진동제어발파에 의해 시공된 것으로 판단되어 1점(b)

1-11. 배수조건

배수시설은 미설치된 상태로 불량인 3점(d)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태에 문제가 없으므로 1점(a)

【표 37.4.9】 사면 손상상태 조사결과표 (4구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.9]	
조사영역번호	4구간		조사영역 위치	54.620~54.800km	
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. 15.		조사자	정 지 운	

【표 37.4.10】 사면 파괴요인 조사결과표 (4구간)

시설물명	상주절토37		표번호	[표 37.4.10]		
조사영역 번호	4구간		조사영역 위치	54.620~54.800km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	113 - 210 = 97°	0	J7	
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없음	0		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 1.4점)	2	J7	
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4mm(구미)	2	2	
		지하수위	누수 등의 손상없음	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	1		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	1		
조사일시	2025. 10. 15.		조사자	정 지 운		

마. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1~4구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.24로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

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

【표 37.4.11】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			상주절토37				표번호
근거표번호			[표 37.4.3], [표 37.4.4]				[표 37.4.11]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	4	c	14	f2=0.27	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					14	F=0.18	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 14 / 52 = 0.27 ○상태평가등급(F) : 14 / 76 = 0.18					

【표 37.4.12】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			상주절토37				표번호
근거표번호			[표 37.4.5], [표 37.4.6]				[표 37.4.12]
평가요소			결합점수	결합종류별 평가결과	총점	결합지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	11	f2=0.21	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
합계(Σ)					11	F=0.14	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 11 / 52 = 0.21 ○ 상태평가등급(F) : 11 / 76 = 0.14					

【표 37.4.13】 상태평가결과 산정표(3구간)

시설물명			상주절토37				표번호
근거표번호			[표 37.4.7], [표 37.4.8]				[표 37.4.13]
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 절리방향-사면방향	0	a	12	f2=0.23	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
합계(Σ)					12	F=0.16	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 12 / 52 = 0.23 ○ 상태평가등급(F) : 12 / 76 = 0.16					

【표 37.4.14】 상태평가결과 산정표(4구간)

시설물명			상주절토37				표번호
근거표번호			[표 37.4.9], [표 37.4.10]				[표 37.4.14]
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 절리방향-사면방향	0	a	10	f2=0.19	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					10	F=0.13	A
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 10 / 52 = 0.19 ○상태평가등급(F) : 10 / 76 = 0.13					

【표 37.4.15】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		3구간		4구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
상주절토37	0.18	B	0.14	A	0.16	B	0.13	A	0.18	B

바. 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

37.5 종합평가 및 안전등급 지정

37.5.1 종합평가 결과

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

【표 37.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		상주절토37		표 번 호	【표 37.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.18	B	근거표번호	【표 37.4.11】
	2구간	0.14	A		【표 37.4.12】
	3구간	0.16	B		【표 37.4.13】
	4구간	0.13	A		【표 37.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.18	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

37.5.2 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 37.5.2】 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

37.5.3 이전 정밀안전점검과의 비교

【표 37.5.3】이전 정밀안전점검과의 비교

평가구분		전차 정밀안전점검 (2023년)		금회 정밀안전점검 (2025년)	
		결합지수	평가결과	결합지수	평가결과
상태평가	1구간	F=0.24	B	F=0.18	B
	2구간	F=0.21	B	F=0.14	A
	3구간	F=0.13	A	F=0.16	B
	4구간	F=0.13	A	F=0.13	A
안전성평가		해당없음	—	해당없음	—
등급 변경사유		지반상태, 배수조건이 상이하여 결합지수는 다소 감소하였지만, 등급의 변경은 없는 상태이다.			

37.6 보수·보강 및 유지관리방안

37.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 37.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	측구설치 필요	측구설치	1.00	1.00	식	－	－	－
사면부	수목전도	정비	1.00	1.00	EA	100	100	3
	토사퇴적	정비	5.00	7.50	m²	25	188	3
사면하부	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
부대시설	췌크리트 들뜸	단면보수	296.00	444.00	m³	165	73,260	2
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	54.50	81.75	m	65	5,314	1
	산마루측구 균열	주입보수	1.00	1.50	m	65	98	1
	산마루측구 파손	단면보수	0.80	1.20	m²	165	198	2
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	5,412		73,458		288		
	재경비 (순공사비의 50%)	2,706		36,729		144		
	합계	8,118		110,187		432		
개략공사비 총계(천원)		118,737						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

37.6.2 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 37.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
배수 시설	· 배수로 균열, 파손 구간 → 손상부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호 시설	· 슛크리트 들뜸 구간 → 들뜸부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
	· 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

37.7 종합결론

37.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면에 보호/보강공 및 식생공이 시공되어 있으며, 암의 풍화등급은 약한풍화(SW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면에 절토를 실시한 것이 확인되었고 현재 절토부는 양호하나, 사면부로 지표수유입 가능성이 있으므로 측구설치가 요망된다. 사면부 수목전도, 토사퇴적은 사면의 안정성에 미치는 영향이 미미하나 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 배수시설에 발생한 균열, 파손은 내구성 확보를 위해 보수가 필요하며, 배수시설의 배수기능은 양호한 것으로 확인되었다. 사면보호/보강시설은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 슛크리트 들뜸은 상부로부터의 지표수 및 침투수 등에 의하여 손상이 진전될 우려가 있으므로 사면의 안정성을 위해 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 50.4~53.5 으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 86.7~98.6MPa로 보통암~경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1~4구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.24로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 지반상태로 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.

37.7.2 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.

37.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 국부적인 슛크리트 들뜸은 지표수 및 침투수 등에 의하여 손상이 진전될 우려가 있으므로 사면의 안정성을 위해 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 소단배수로에 발생한 균열, 파손은 배수기능 확보 및 손상 진전 방지 차원에서 보수가 필요하다.

37.7.4 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.