

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.

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

2023년 정밀안전점검(금회)



2021년 정밀안전점검(전회)

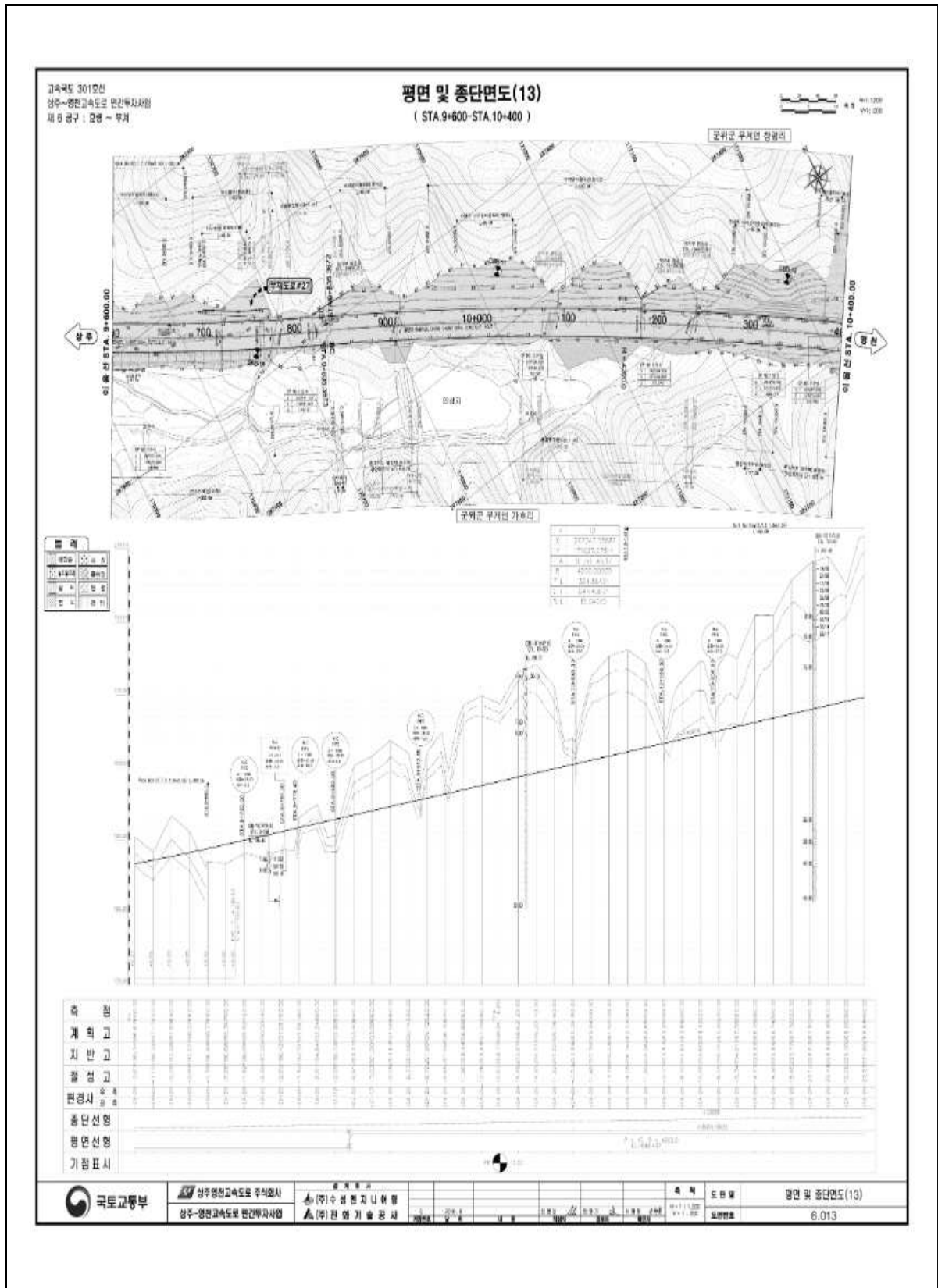


【그림 37.1.2】 전경사진

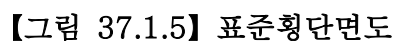
	
상부자연사면 전경	1소단 배수로 전경
	
수직도수로 전경	점점계단 전경
	
도로, 낙석방지울타리 전경	사면내 옹벽 전경

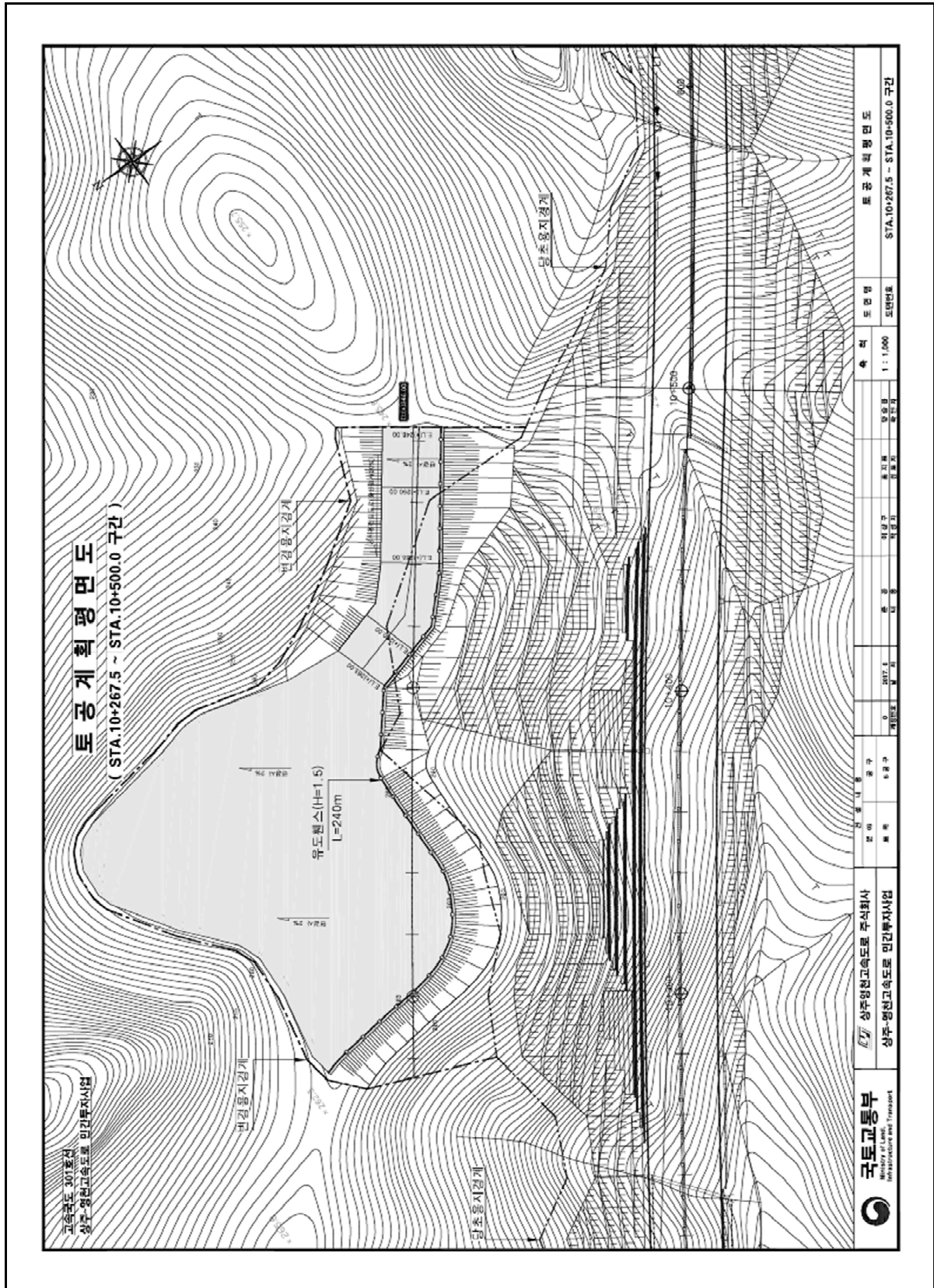
【그림 37.1.3】 부재별 현황

37.1.3 시설물 일반도



【그림 37.1.4】 평면도





【그림 37.1.6】 ‘옹벽 사면의 안정화 공사’ 토공계획평면도

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.

37.2.1 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 조성은 매우 불균일하고, 중화도, 상충상태 및 균열 등에 의해 지반의 강도는 현저하게 다르며 시공 후 시간의 경과에 따라 응력이완, 대기노출로 인한 풍화진행 등으로 원지반의 전단강도가 약해지므로 비탈면이 저차 불안정하게 된다.

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

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

[원지반 토질에 대한 비탈면 경사범위]

토질 조건	비탈면높이(m)	경사	비고
모래	-	1:1.5 이상	SW, SP
사질토	밀실한 것	5 이하 1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁜	5 이하 1:1.0 ~ 1:1.2	
	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암계 석인 사질토	밀실하고 입도분포가 좋은	10 이하 1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
	10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁜	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	
암계 또는 호박을 섞인 점성토	5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	GM, GC
충격암	-	1:1.0 ~ 1:1.2	

주) 1. 실훈은 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 설치면도 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 미만 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m마다 0.5~3.0m이다.

소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 점검보수통 등로 등의 유지관리에 있으므로 발파임층에서는 H=10.0m 미만 1.0m소단과 리빙 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하고 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내의 기관별 소단적용 기준]

구분	기관 및 규정명	소단적용 기준
국내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	· 비탈면 높이 10m 이상 : 원칙적으로 소단설치 · 비탈면 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리빙함 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 미만 소단 1m · 발파함 R.Q.D = 10~25% : H = 10m 미만 소단 1~2m R.Q.D = 25~50% : H = 10m 미만 소단 1~2m R.Q.D = 50% 이상 : H = 20m 미만 소단 3m
	건설부 도로설계기준	· H = 5 ~ 10m 미만 소단 1 ~ 1.5m
	한국토지공사	· H = 7m 미만 소단 0.5 ~ 1.5m
일본	도로공단 설계요령	· H = 7m 미만 소단설치
	국유철도도로구조물 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 미만 소단 설치 · 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 바람직한것으로 사료된다.

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

7.4.4 안전율 적용기준

가. 쌓기 비탈면 안전율 기준

국내의 각 기관에서 적용하는 쌓기비탈면의 최소안전율은 쌓기 기초지반의 연약지반 분포여부, 침투해의 시공목적, 비탈면의 영구 구조를 여부 등에 따라 쌓기 비탈면의 안전율 기준에는 차이가 있으며, 각 기관의 쌓기 비탈면 안전율을 간략히 하면 아래와 같다.

[국내 기관별 최소안전율 적용기준]

구분	최소 안전율 (Minimum Safety Factor)	
건설교통부	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)	Fs ≥ 1.5
	우기시	Fs ≥ 1.3
	지진시	Fs ≥ 1.1
한국도로공사	도로설계요령	Fs ≥ 1.3
한양대학교	방파시설 기술상의 기준, 등재설	Fs ≥ 1.5

나. 쌓기 비탈면 안전율 기준

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

[국내의 기관별 쌓기 비탈면 최소안전율 적용기준]

구분	최소 안전율	
건설공사 비탈면 설계기준(2006)	건기시(지하수가 없는 것으로 해석)	Fs ≥ 1.5
	우기시(지하수위에 지하수위를 위치시킨 후 해석)	Fs ≥ 1.2
	지진시	Fs ≥ 1.1
도로설계요령 (2000)	건기시(지하수위 미고려)	Fs ≥ 1.5
	우기시(지하수위는 지표면에 위치)	Fs ≥ 1.1~1.2
미국 D'APPOLONIA Consulting Engineers (1979)	지진시(미국 D'APPOLONIA기준, NAVFAC - DM7.1-329기준)	Fs ≥ 1.1~1.2
	설치시점에 의해 강도를 구할 경우	1.5 > Fs > 1.3
NAVFAC - DM 7.1-329	최대지진가속도를 고려할 때	1.2 > Fs > 1.0
	하중이 오래 적용할 경우	Fs > 1.5
	구조물 기초인 경우	Fs > 2.0
지진하중이 작용하는 경우	일시적인 하중이 적용할 경우 및 시공시	Fs > 1.35 or 1.25
	지진하중이 작용하는 경우	Fs > 1.2 or 1.15

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

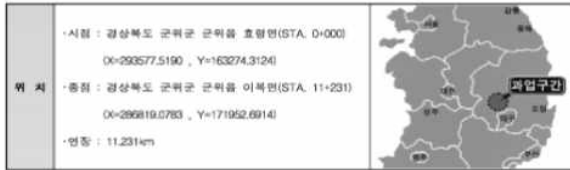
1.1 조사명

· 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 합리적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위



1.4 위치도



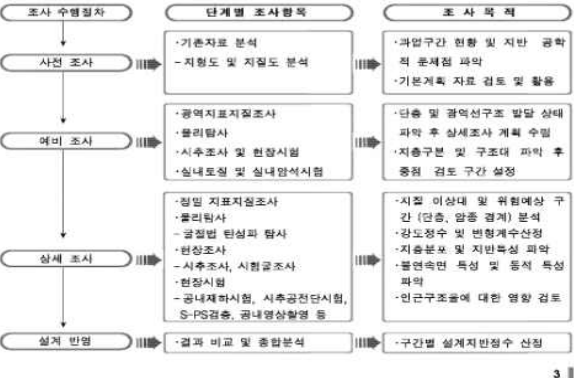
제 2 장 조 사 계 획

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 저할면에 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

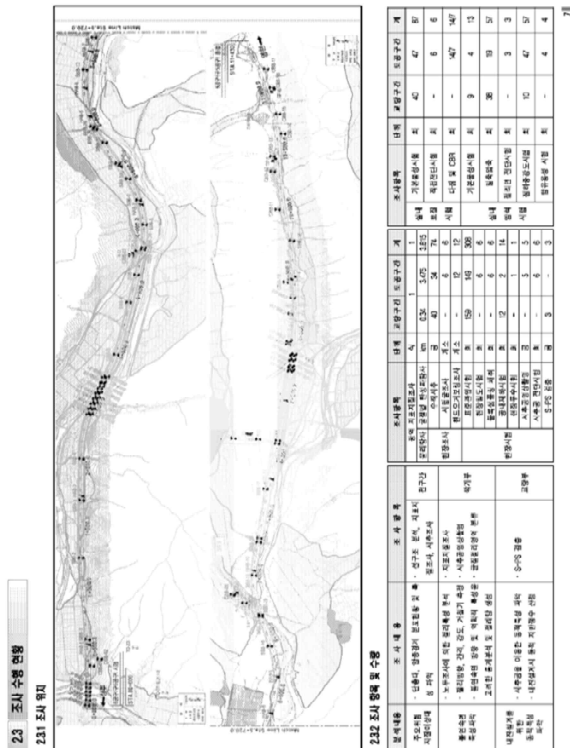
본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계경사 선정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계경사 선정
- 합리적인 비탈면 경사 검토
- 비탈면 안정대책 및 보충공법 검토

7.2 검토구간 선정 및 현황

7.2.1 선정기준

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



구분	선행기준
불기부	- 비탈면높이가 10m를 초과하는 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 쌓기재료의 압수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우 - 통과시 폭구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 - 지질특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 - 충수시 비탈면이 침수되거나 비탈갈이 침식되는 경우 - 쌓기비탈면의 원지반이 말로하지 못한 경우(연약지반 등)
깬기부	- 내전단강해석이 필요한 경우 - 비탈면높이가 20m 이상인 경우 - 비탈면경사가 표준경사보다 급한 경우 - 비탈면 지반이 불확실로 이루어진 경우 - 암반의 풍화가 심하고 풍수가 많은 경우 - 통과시 폭구가 장시간 소요되거나 주변 인접 시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우 - 불연속면이 비탈면 방향으로 경사진 자질조건인 경우 - 내전단강해석이 필요한 경우 - 불연속면을 갖는 지질·지질 조건인 경우

7.2.2 비탈면 현황

비탈면 안전검토 대상구간 선정기준에 의한 비탈면 현황은 다음과 같다.

구분	구간 (STA)	연장 (m)	대표단면 (STA)	최대 쌓기고	지층현황	조사내용	비고
불기부	불기1구간	0+340 ~ 2+430	0+440(상주방향)	13.9m	CBB-1	CBB-1 0-357 (부 24.0)	
	불기2구간	2+740 ~ 3+840	2+960(양방향)	8.2m	SBB-5	2-952 (부 2.0)	
	불기3구간	3+850 ~ 4+950	4+800(상주방향)	11.5m	SBB-12	4-774 (부 14.0)	
	불기4구간	4+940 ~ 5+640	4+980(양방향)	14.0m	SBB-25	4-921 (부 6.0)	
	불기5구간	5+690 ~ 7+250	7+240(상주방향)	10.7m	SBB-29	7-259	
	불기6구간	7+280 ~ 8+980	7+600(양방향)	9.7m	SBB-30	7-287	
	불기7구간	8+110 ~ 9+980	8+800(양방향)	14.2m	SBB-35	8-713 (부 7.0)	

240

7.6.3 일반파쇄에 따른 비탈면 경사 현황

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

[암반 파쇄 상태에 따른 깬기부비탈면 경사 검토]

구분 구간	검토구간 (STA.)	시 선 호	암반 특성에 따른 비탈면 경사					적 경	용 사
			암종	TCR(%)	ROD(%)	TCR에 의한 경사	ROD에 의한 경사		
궤기 1구간	0+220 ~0+450	영천방향	CBB-1	사암 및 니질암	81~100	27~58	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 2구간	지검도919호선 0+040~0+360	상주방향	CBB-3	사암 및 니질암	97	17~39	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 3구간	6+500 ~6+900	상주방향	CBB-5	사암 및 니질암	73~100	8~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
궤기 4구간	8+660 ~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
궤기 5구간	9+340 ~9+750	상주방향	CBB-10	사암 및 니질암	95~100	14~82	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 6구간	9+770 ~10+180	상주방향	CBB-11	사암 및 니질암	54~100	0~63	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 7구간	10+180 ~10+380	상주방향	CBB-12	사암 및 니질암	87~100	10~69	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 8구간	10+380 ~10+580	상주방향	CBB-13	니질암	58~100	0~76	1:0.5	1:1.0	1:1.0
궤기 9구간	10+580 ~10+700	영천방향	CBB-14	니질암	59~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
궤기 10구간	10+750 ~10+840	영천방향	CBB-15	니질암	48~100	11~100	1:0.5	1:0.7	1:0.7
궤기 11구간	10+970 ~11+080	영천방향	CBB-16	사암 및 니질암	65~100	0~100	1:0.5	1:0.5	1:0.5
궤기 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. 깬기부구간

본 지역에서의 깬기부비탈면 안정해석은 깬기부구간 중 깬기부 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 평가방법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 깬기부비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안정한 비탈면경사의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기준 안전율을 건거시 1.5 이상, 우거시 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 암반파쇄 상태에 의한 깬기부 경사는 암석별 깬기부 적정경사를 기준으로 암반비탈면 경사를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평가방법으로 불연속면의 추방 및 경사방향을 구간별 투입으로 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.

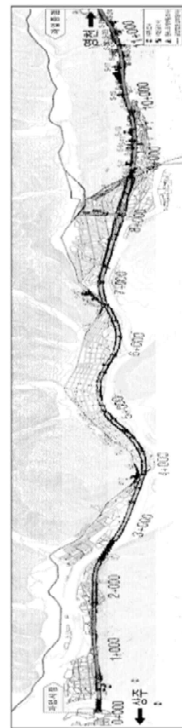
나. 불기부구간

본 깬기부구간은 산지지형 발달부의 편층암기와 곡간형태의 층적층 지역에 대한 불기부서 전단파괴로 형성된 구간을 점유하고 있으며 원지반의 지층분포 상향, 특성암 및 연암지반 층면 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 불기부 비탈면의 파괴형태는 원호활동 파괴로 해석하였으나, 검토대상은 불기부지역의 지반강도경수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 불기부 비탈면 해석을 실시함에 있어 처량하중의 고려와 우거시를 고려하여 지표면에 지하수위가 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

259

■ 지반조사 위치도

1. 위치도



2. 수량

조사항목	단위	토목구간		단위	토목구간	단위	토목구간		단위	토목구간
		계	1		계	1	계	1		계
총량	km	3.475	3.475	총량	km	3.475	3.475	총량	km	3.475
평균	점	38	38	평균	점	38	38	평균	점	38
조사	점	6	6	조사	점	6	6	조사	점	6
점	점	12	12	점	점	12	12	점	점	12
점	점	159	159	점	점	159	159	점	점	159
점	점	308	308	점	점	308	308	점	점	308
점	점	6	6	점	점	6	6	점	점	6
점	점	12	12	점	점	12	12	점	점	12
점	점	1	1	점	점	1	1	점	점	1
점	점	5	5	점	점	5	5	점	점	5
점	점	6	6	점	점	6	6	점	점	6
점	점	3	3	점	점	3	3	점	점	3

라. 사면안정 검토보고서(2018.05, 다산이엔지)



그림 2.2 사면활동 발생 현황

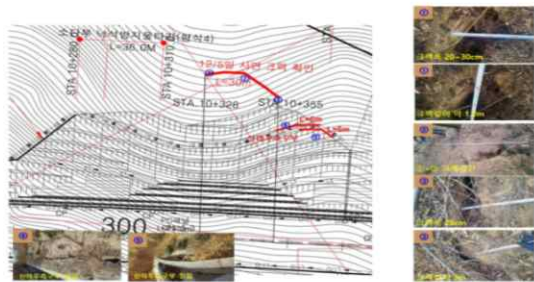


그림 2.3 사면활동 발생 양상

4



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 타설의 경우 시공 시 노두에 노출 및 확인 전공을 통해 타설 깊이 및 폭을 반영하여 안전성을 검토하였다. 이때 타설층의 지반물성치는 2016년 9월에 실정보고서 내용에서 역해석을 통해 검토된 값을(점착력 2.0t/m², 내부 마찰각 29°)사용하였다.

9



그림 2.14 타설 규모와 한계평형해석

사면안정성을 검토하기 위해서 수평시추조사한 결과를 토대로 타설의 존재 규모를 정의하고 한계평형 해석법을 적용하였다. 역해석을 통해 타설구간의 점착력을 2.0t/m²으로 적용하였고, 영구영구로 보강된 단면의 안전율은 1.34로서 최소안전율 1.2를 상회하는 것으로 분석하였다.

2) 절토사면(타설 붕괴 구간) 보호·보강 공법 반영(2016. 12)

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



그림 2.15 사면내 타설 분포 현황

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

8

4) 안정성 검토를 위한 지반정수 선정

추가 지반조사 중에 질리면 전단시험과 기반암 내 충전점토를 대상으로 직접전단시험 수행하였다. 당초 3차례에 걸친 사면 안정성 검토에서 사용된 물성치와 추가지반조사 후 얻어진 물성치를 비교하였다. 시추공 내에서 수행된 질리면 전단시험의 경우 점착력 성분은 대폭 감소되었으나 내부마찰각의 경우 35.2°~37.9°로 설계값보다 크게 선정되었다. 조사 결과로 확인할 수 있듯이 리핑암부터 발파암까지 심한 풍화가 진행된 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)		φ(°)		비 고
		Peak	Residual	Peak	Residual	
질 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	
척 입 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
	φ (°)	29.6	35.2~37.9
충 전 점 토	c (kPa)	-	7.3~11.9
	φ (°)	-	23.9~26.2
탄 질 층	c (kPa)	20.0	-
	φ (°)	29.0	-

24

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

4.3 계측자료 분석

활기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화등을 측정하고 이로부터 설계 시 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 내재적으로 취약요소가 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 비탈면 설계기준(국토해양부, 2013)

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

사면에 발생한 균열 양상은 기존에 발생한 균열 위치보다 무상향 측에서 관찰되었다. 광파 타겟에서 측정된 수평과 수직변위 양상은 PPP용백 상단과 추가 보강공사가 시행되지 않은 우측구간에서 주목할 만한 변위량이 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	412 No.8	412 No.3	1012 No.4	비고
3월17일	측정값 38.7mm 최초대비 0.2mm 전회대비 0.2mm	측정값 36.6mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.4mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 42.6mm 최초대비 0.4mm 전회대비 0.4mm	측정값 40.1mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	1월12일 계측일 후 측정값이 (8기타 40mm)
3월24일	측정값 38.9mm 최초대비 0.2mm 전회대비 0.2mm	측정값 36.9mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.8mm 최초대비 0.4mm 전회대비 0.4mm	측정값 43.0mm 최초대비 0.4mm 전회대비 0.4mm	측정값 40.4mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	
3월31일	측정값 38.7mm 최초대비 0.2mm 전회대비 0.2mm	측정값 36.6mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.4mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 42.6mm 최초대비 0.4mm 전회대비 0.4mm	측정값 40.1mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	
2월7일	측정값 38.7mm 최초대비 0.2mm 전회대비 0.2mm	측정값 36.6mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.4mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 42.6mm 최초대비 0.4mm 전회대비 0.4mm	측정값 40.1mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	
2월21일	측정값 38.8mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 36.8mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.7mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 43.3mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 40.2mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	
2월28일	측정값 38.8mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 36.7mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 57.6mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 43.2mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 40.1mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	
3월7일	측정값 39.0mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 36.9mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 58.0mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 43.6mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	측정값 40.5mm 최초대비 0.3mm 전회대비 0.3mm	2/28~3/7일 강수량 65mm
3월21일	측정값 40.0mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 37.9mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 60.4mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 45.2mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 42.6mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	3/7~3/21일 강수량 82mm
3월27일	측정값 40.1mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 37.8mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 60.4mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 45.1mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 43.0mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	
4월12일	측정값 40.3mm 최초대비 0.2mm 전회대비 0.2mm	측정값 38.5mm 최초대비 0.7mm 전회대비 0.7mm	측정값 61.4mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	측정값 52.4mm 최초대비 1.1mm 전회대비 1.1mm	측정값 44.1mm 최초대비 1.0mm 전회대비 1.0mm	추가한공 계측 중 안전망이 터져 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)

54

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

5.4 장기 안정성 확보 방안

사면의 안정성을 확보하는데 가장 효과적인 방법은 활동의 원인이 되는 사면의 균요를 완화시키는 것이다. 주변 여건상 제한이 있을 수 있으나 본 절토 현상과 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 감감시키는 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	1 안	2 안
적용 개념	사면 완화 백면 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 환원	사면 활동력 감소로 안정성 제고 강우시 수계확대로 지표수 유입 증가 상부 이완 영역 제거 효과
추천안	◎	

59

37.2.2 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 37.2.1】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	300	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

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	측구설치 필요	측구설치
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
배수시설	소단배수로 균열	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 기능발휘에 문제가 없으나, 54.580k 부근의 숯크리트 들뜸은 상부로부터의 지표수 및 침투수 등에 의한 손상으로 사면의 안정성을 위해 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 54.080km	48.2	94.3	보통암	
2구간 54.320km	52.8	116.4	경암	
4구간 54.630km	50.4	104.2	보통암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 48.2~52.8로 측정되었으며, 추정강도 94.3~116.4MPa로 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		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.25	B	근거표번호	【표 37.4.11】
	2구간	0.22	B		【표 37.4.12】
	3구간	0.14	A		【표 37.4.13】
	4구간	0.14	A		【표 37.4.14】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.25	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	—	식	—	—	—
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
부대시설	쫓크리트 들뜸	단면보수	203.2	304.80	m²	165	50,292	2
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	20.0	30.00	m	65	1,950	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	1,950		50,292		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	975		25,146		0		
	합계	2,925		75,438		0		
개략공사비 총계(천원)		78,363						

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.

37.2.4 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.

37.2.5 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 37.2.2】 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, 슛크리트 들뜸, 배수로 균열, 점검계단 식생관리를 확인하였고, 금회 점검시 세심한 점검을 실시함	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경된 경우 : 있음 - 상부자연사면 절토실시(21년 상반기)	
점검주기	○ 점검일 기준 정밀안전점검 총2회, 정기점검 총10회, 2중 성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

37.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 37.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	전구간	배수로, 슛크리트 균열보수(하자)	-	-	-	
2	54.56k 상부자연사면	사면의 안정화 공사(절토)	20.10~21.03	-	-	

37.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 37.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용	-	-

37.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

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.

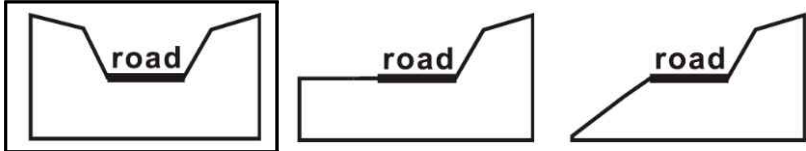
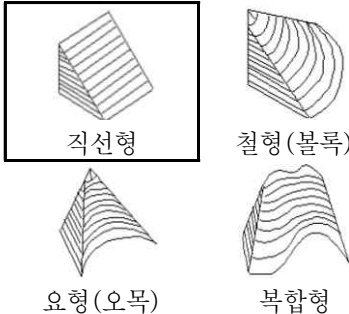
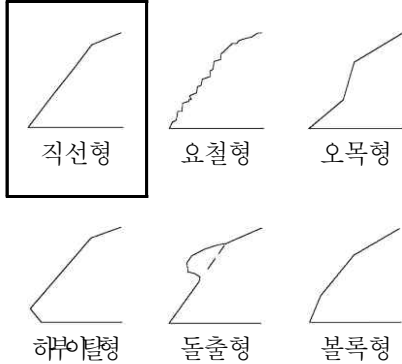
가. 일반현황 조사결과

【표 37.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023. 08. 10.		조 사 자	이 상 훈	
일 기	맑음		준공년도	2017년 06월 27일	
행정구역	대구광역시 군위군 부계면 창평리				
위 경 도	시점 : 36° 08′ 77.1″ 128° 67′ 57.1″				
	종점 : 36° 08′ 44.9″ 128° 68′ 24.6″				
절토사면	길 이 : 760.0m		높 이 : 50.0m		
	경 사/경사방향 : 55/210				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 약 1.0~5.0m		
	소 단 : 8				
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 없음		낙석의 양 : -		
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -				
	뜯돌 존재유무 : 없음		뜯돌의 양 : -		
	뜯돌 평균크기 : - 뜯돌 최대크기 : -				
절토사면 시공현황	종 류	위 치		상 태	
	식생현황	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	
	숯크리트	54.370~54.630k		들뜸	
	사면내 옹벽	54.490~54.620k		앵커파손(보강됨)	
	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	중 횡 단 면			중 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		20~30°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		4개소			
식 생	① 종 류		초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수
	② 밀 도		하	하	-	-
	③ 근계특징		천근성 (O), 심근성 ()			

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

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

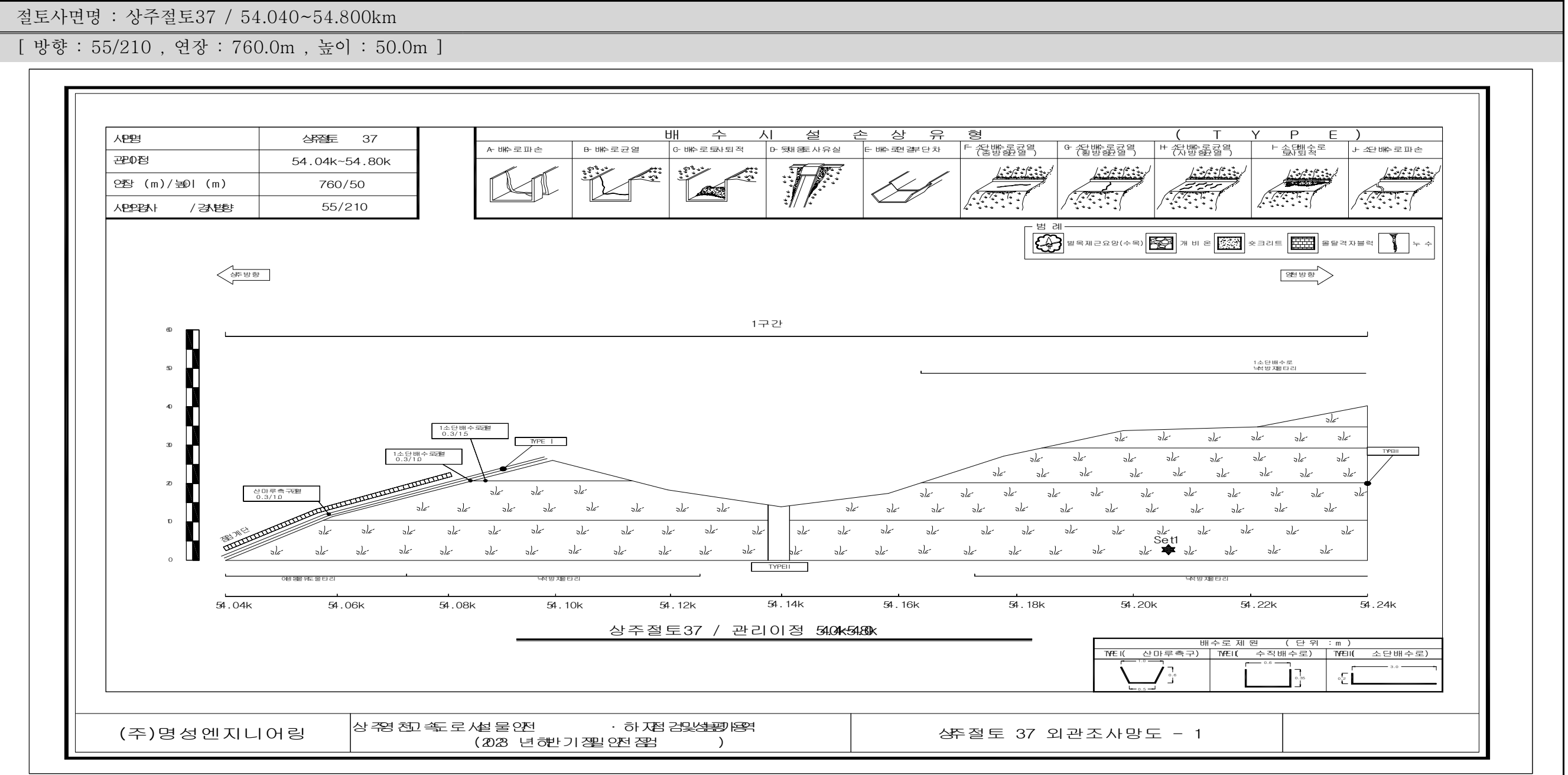
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성(상주기점 가까운 쪽을 1구간) 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 4개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 37.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	54.040~54.300	260.0	47.0	절리암반	
2구간	54.300~54.460	160.0	37.0	절리암반	
3구간	54.460~54.620	160.0	50.0	절리암반	
4구간	54.620~54.800	180.0	20.0	절리암반	

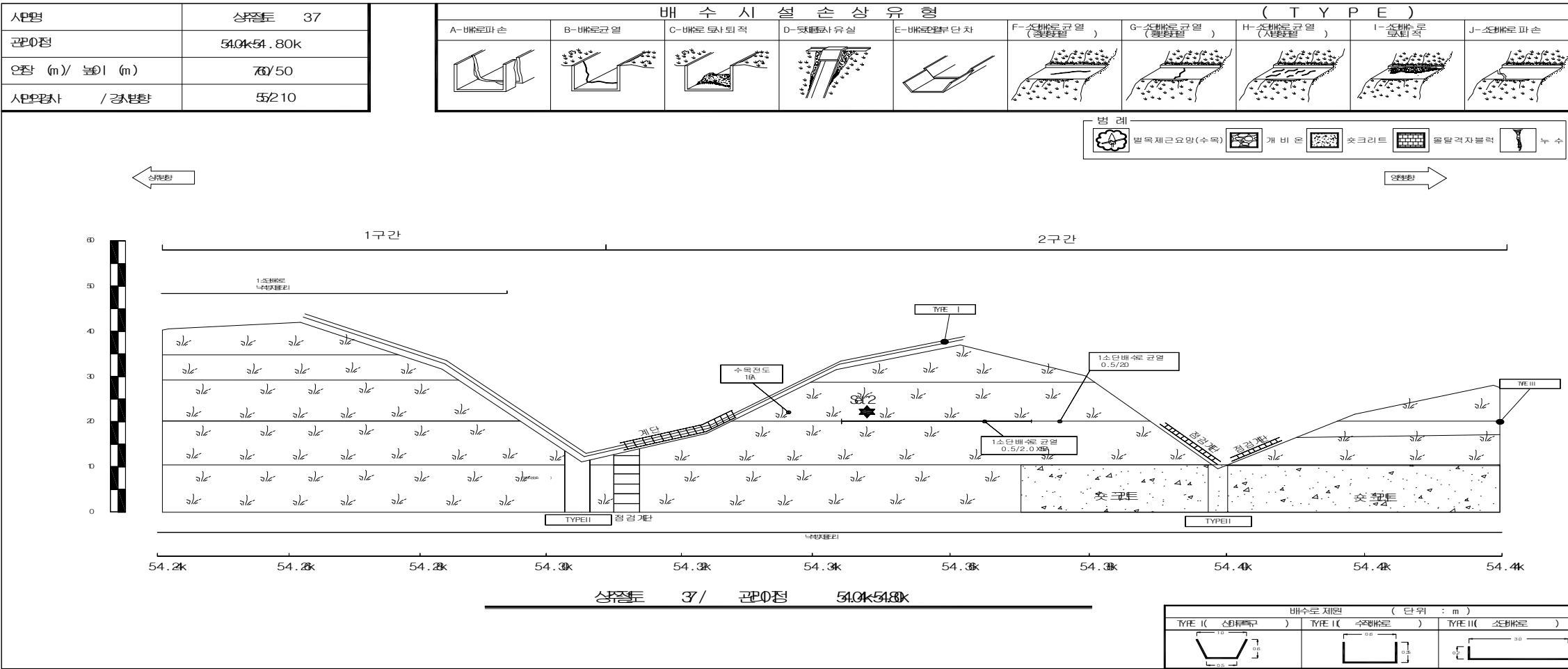
37.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set1			Set2			Set3					
													J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3			
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도		방향	50/190	70/180	15/100	78/215	45/217	11/115	75/110	60/190	65/110			
간격		연장		틈새		거칠기		충전물		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			
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]

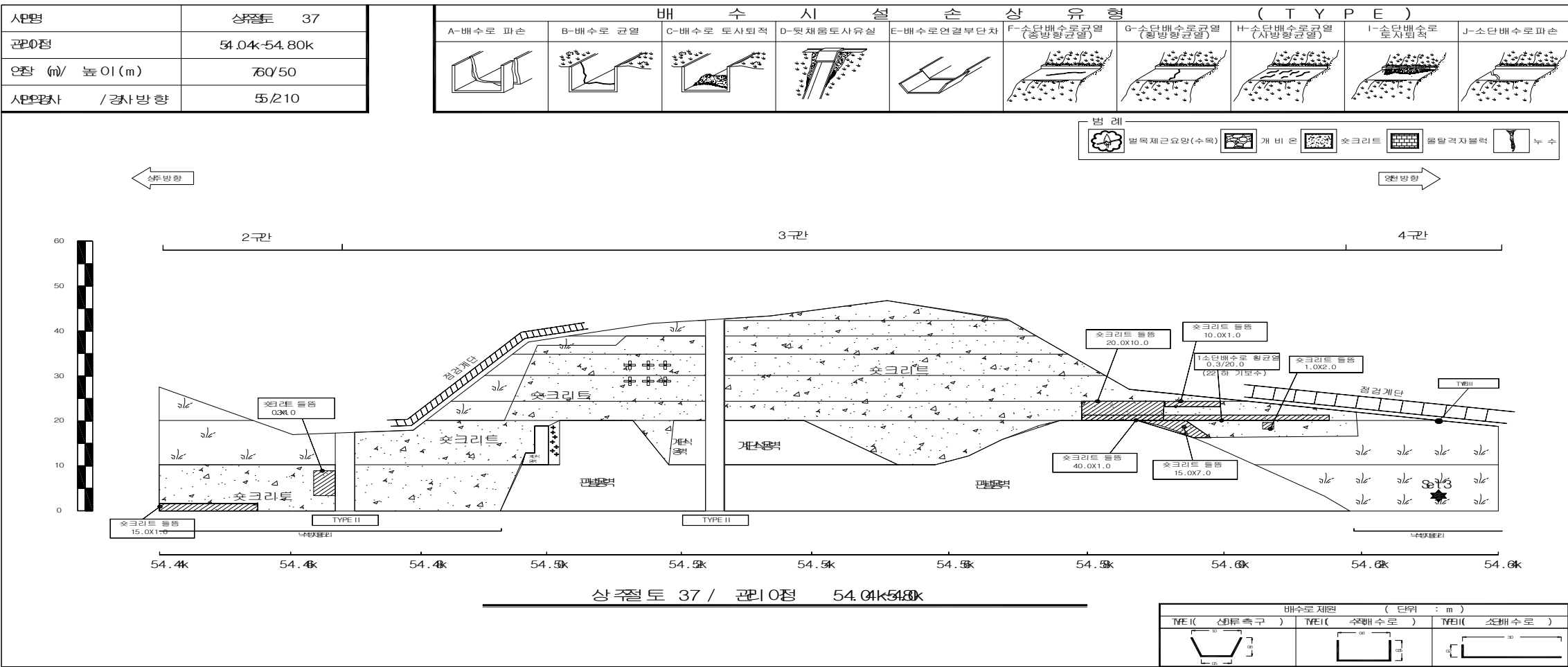


(주)명성엔지니어링 상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역 (2023년 하반기 정밀안전점검) 상주절토37 외관조사망도 -2

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set1			Set2			Set3						
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)		풍화도			J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3				
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	방향	50/190	70/180	15/100	78/215	45/217	11/115	75/110	60/190	65/110				
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	간격	10	10	10	10	10	10	10	10				
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	연장	4	4	4	4	4	4	4	4				
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	틈새	5	5	5	5	5	5	5	5				
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	거칠기	3	3	3	3	3	3	3	3				
												충전물	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
												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

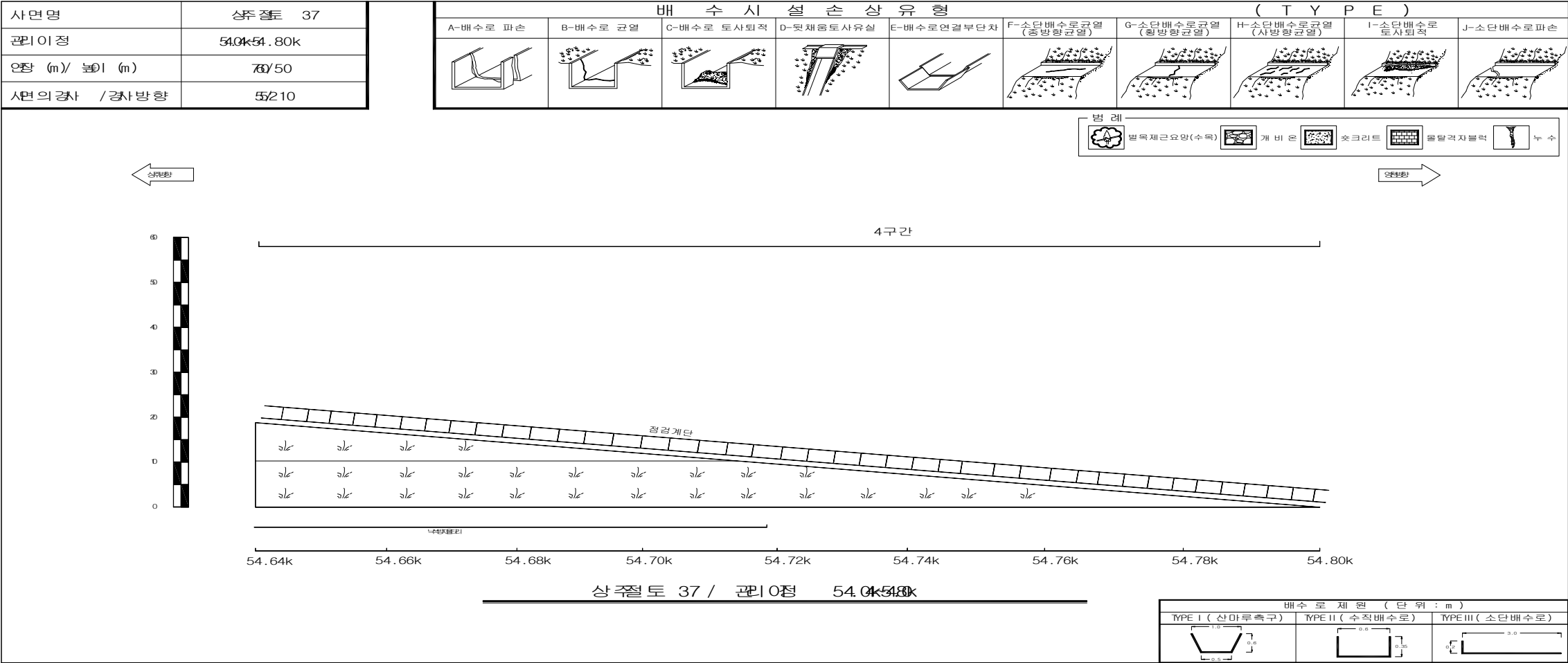
상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역
(2023년 하반기 정기점검 및 성능평가)

상주절토 37 외관 조사망도 - 3

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set1			Set2			Set3					
													J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3			
																								방향
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	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

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

상주절토 37 외관조사망도 - 4

Bieniawski의 RMR 분류												No.	Set1			Set2			Set3					
													J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3			
												방향		50/190	70/180	15/100	78/215	45/217	11/115	75/110	60/190	65/110		
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	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		

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 54.090k 균열(0.3/1.0, 0.3/1.5), 산마루측구 54.060k 균열(0.3/1.0)이 조사되었고, 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수 유입에 의해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.

			
현 황	도로, 낙석방지울타리 전경	현 황	하단(이격부) 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	54.090k 소단배수로 균열(0.3/1.0)	현 황	54.090k 소단배수로 균열(0.3/1.5)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	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	2.50	2	주입보수	
	산마루측구 균열	m	1.00	1	주입보수	

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, 풍화등급은 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 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(54.300~54.460k), 솟크리트(54.370~54.460k), 점검계단(54.310~54.330k, 54.390~54.400k)가 설치되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 점검결과, 54.450k 솟크리트 들뜸(15.0*1.0), 54.460k 들뜸(0.3*4.0)이 조사되었고, 상기손상은 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 54.330k~54.390k 균열(0.5/2.0*15ea, 0.5/2.0)이 조사되었고, 상기 발생한 손상은 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상부위로 지표수 유입에 의해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수가 필요하다.



현 황	54.340k 소단배수로 균열(0.5/2.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수



현 황	54.340k 3단 수목전도(1ea)
원 인	지표수 유입
대 책	정비



현 황	54.370k 소단배수로 균열(0.5/2.0)
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수



현 황	54.450k 숯크리트 들뜸(15.0*1.0)
원 인	지표수 유입, 결합력 저하
대 책	주의관찰 후 조치



현 황	54.460k 숯크리트 들뜸(0.3*4.0)
원 인	지표수 유입, 결합력 저하
대 책	주의관찰 후 조치



현 황	하단(이격부) 전경
원 인	상태양호
대 책	-

【사진 37.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	1소단배수로 전경	현 황	산마루측구 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—
			
현 황	도로, 낙석방지울타리 전경	현 황	점검사다리 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	—	대 책	—

【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	쑏크리트 들뜸	m²	16.20	2	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	32.00	16	주입보수	

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 실시하였고, 금회조사시 안전화 공사는 마무리된 상태로 조사되었다.
- 금회점검결과, 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. 현재, 특이손상은 없는 것으로 조사되었다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구가 설치되어있으며, 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), 옹벽(54.490~54.620k), 점검계단(54.600~54.620k)이 설치되어 있다.
- 점검결과, 숏크리트 54.580k~54.620k 들뜸(40.0*1.0, 20.0*10.0, 15.0*7.0, 10.0*1.0, 1.0*2.0)이 조사되었다. 상기손상은 초기건조수축 및 상부자연사면으로부터의 지표수 및 침투수에 의한 내부토사유실, 균열 및 이격부를 따라 발생한 식생 등에 의해 발생한 것으로 보이며, 전회와 비교시 손상의 추가 및 진전이 확인되어 손상에 대하여 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 있고, 소단배수로 54.590k 균열(0.3/20.0)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 필요하다.

			
현 황	계단식 옹벽 전경	현 황	수직도수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	숏크리트부 수평배수공 전경	현 황	상부자연사면 전경
원 인	상태양호	원 인	공사구간 상태양호
대 책	-	대 책	-

【사진 37.3.3】 3구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	54.590k 소단배수로 균열(0.3/20.0)	현 황	2021년 정밀안전점검
원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	54.590k 숯크리트 들뜸(10.0*1.0)	현 황	54.590k 숯크리트 들뜸(15.0*7.0)
원 인	숯크리트 자중, 지표수 유입	원 인	숯크리트 자중, 지표수 유입
대 책	단면보수	대 책	단면보수
			
현 황	54.580k 숯크리트 들뜸(20.0*10.0)	현 황	2021년 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)

【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	상태양호	—	—	—	주의관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	숫크리트 들뜸	m ²	357.00	5	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	20.00	1	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 상태로, 식생활착도 좋음 상태로 확인되었다.

3) 사면하부

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

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

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

5) 배수시설

- 점검결과, 4구간의 배수시설은 없는 것으로 확인되었다.

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

37.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 37.3.8】외관조사 결과 요약

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.	

【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	
사면하부	상태양호	—	—	—	주의관찰	
부대시설	숯크리트 들뜸	m ²	373.20	7	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	54.50	19	주입보수	
	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 수목전도, 솟크리트 들뜸, 배수시설 균열에 대해 손상이 일부 추가 및 증가한 것으로 확인되었다.

【표 37.3.10】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		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	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	솟크리트 들뜸	m ²	203.20	3	373.20	7	▲170.00	
배수시설	소단배수로 균열	m	20.00	1	54.50	19	▲34.50	
	산마루측구 균열	m	—	—	1.00	1	▲1.00	

37.3.5 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	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.			

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 37.3.12】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2021년)		금회(2023년)		비고
		반발경도	추정강도(MPa)	반발경도	추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	48.2	94.3	48.6	95.7	보통암
	2구간	52.8	116.4	53.0	117.5	경암
	3구간	—	—	—	—	—
	4구간	50.4	104.2	50.6	105.1	보통암

나. 불연속면 조사

1) 불연속면 조사 위치

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

		
경사/방향 측정	거칠기 측정	간격 측정

【사진 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	1구간(Set1)		
	J1	J2	J3
방향성	50/190	70/180	15/100
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)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	HW	HW

【표 37.3.14】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간(Set2)		
	J1	J2	J3
방향성	78/215	45/217	11/115
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)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	MW	HW	SW

【표 37.3.15】 4구간 불연속면조사 결과표

구 분	4구간(Set3)		
	J1	J2	J3
방향성	75/110	60/190	65/110
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)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	SW	SW	MW

【표 37.3.16】 이전 점검 불연속면조사 결과표

구 분	2021년 정밀안전점검		
	1구간	2구간	4구간
방향성	50/190	78/215	75/110
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)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	HW	MW	SW

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	Set1
2구간	54.300~54.460km	160.0m	암반사면	Set2
3구간	54.460~54.620km	160.0m	암반사면	—
4구간	54.620~54.800km	180.0m	암반사면	Set3

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 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)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 37.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{4.0}{47.0} = 0.08$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 95.7MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.5, \frac{I_b}{H} = \frac{0.5}{47.0} = 0.011$ 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 117.5MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.5, \frac{I_b}{H} = \frac{0.5}{47.0} = 0.011$ 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 105.1MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$I_b = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{3} = 0.5, \frac{I_b}{H} = \frac{0.5}{20.0} = 0.025$ 로 0.01초과	절리암반	

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

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									

37.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【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	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈	

【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	190 - 210 = -20°	4		
1-6		절리경사-사면경사	50 - 55 = -5°	5		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 3.2점)	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
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	좋음	1		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈		

나. 2구간 상태평가 조사결과표

【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	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈	

【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	215 - 210 = 5°	7		
1-6		절리경사-사면경사	78 - 55 = 23°	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 2.8점)	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
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	좋음	1		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈		

다. 3구간 상태평가 조사결과표

【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	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈	

【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	—	0		
1-6		절리경사-사면경사	—	0		
1-7		절리상태	—	0		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
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	좋음	1		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	2		
조사일시	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈		

라. 4구간 상태평가 조사결과표

【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	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈	

【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	110 - 210 = -100°	0		
1-6		절리경사-사면경사	75 - 55 = 20°	0		
1-7		절리상태	유리(절리상태 점수 2.4점)	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	2		
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	좋음	1		
1-11	배수조건		불량	3		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2023. 08. 10.		조사자	이 상 훈		

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	18	f2=0.35	c
		⑥ 절리경사-사면경사	5	d			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					18	F=0.24	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 18 / 52 = 0.35 ○ 상태평가등급(F) : 18 / 76 = 0.24					

【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	7	e	16	f2=0.31	c
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					16	F=0.21	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 16 / 52 = 0.31 ○ 상태평가등급(F) : 16 / 76 = 0.21					

【표 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	10	f2=0.19	b
		⑥ 절리경사-사면경사	0	a			
		⑦ 절리상태	0	a			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	3	b			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
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 37.4.14】 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	2	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	2	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	3	d			
		⑫ 보호/보강 상태	0	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	0.24	B	0.21	B	0.13	A	0.13	A	0.24	B

바. 공중이 이용하는 부위

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

사. 이전 정밀안전점검과의 비교

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

【표 37.4.16】이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.25	B	
금회 정밀안전점검	0.24	B	

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	0.24	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			

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

37.6 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
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						

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 구간 → 균열부에 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. 소단배수로에 발생한 균열은 주입보수가 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 강도 측정결과, 반발경도는 48.6~53.0로 측정되었으며, 추정강도 95.7~117.5MPa로 보통~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 균열은 배수기능 확보 및 손상진전 방지 차원에서 주입보수가 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.