31. 영천절토31

31.1 시설물 개요
31.2 자료수집 및 분석
31.3 현장조사 및 시험
31.4 상태평가
31.5 종합평가 및 안전등급 지정
31.6 보수·보강 및 유지관리 방안
31.7 종합결론

31. 영천절토31

31.1 시설물의 개요

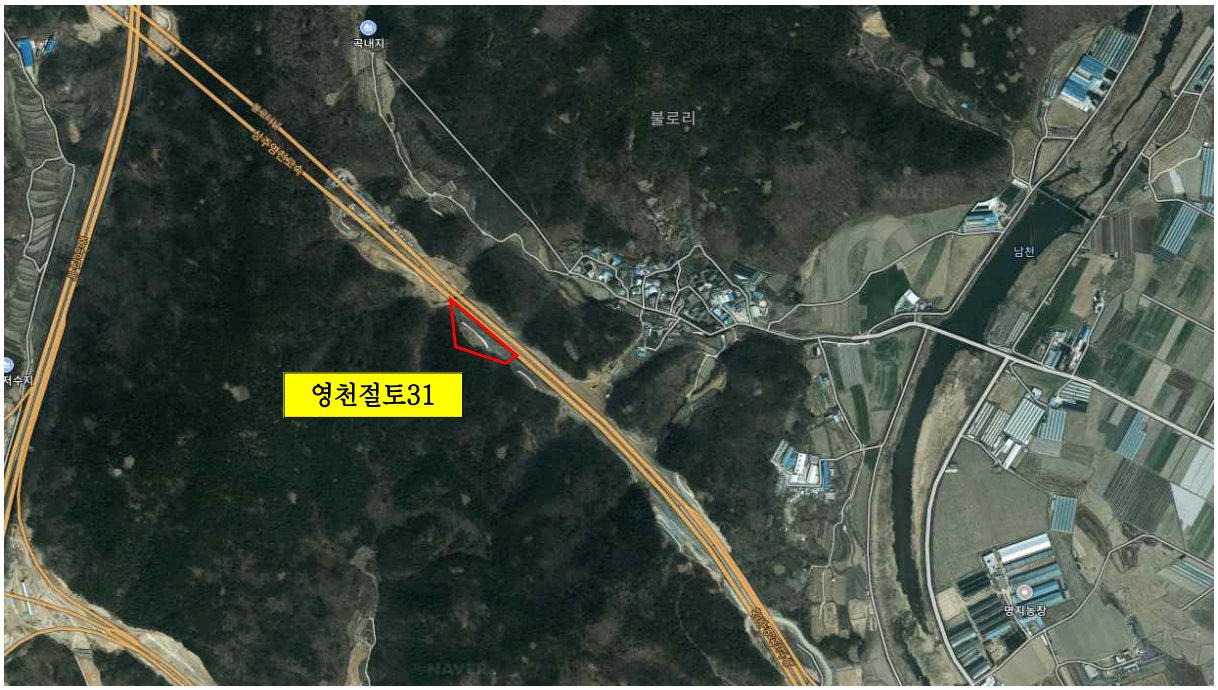
영천절토31은 대구광역시 군위군 효령면 불로리(상주영천고속도로 40.025~40.175km)에 위치한 사면으로서 총 연장 150.0m, 높이 31.0m로, 2017년 06월 준공된 절토사면이다. 또한, 준공 이후 별도의 용도변경 없이 공용중이다.

31.1.1 일반사항

【표 31.1.1】 사면 일반사항

<table>
<tr><td>시설물번호</td><td colspan="2">SL2017-0000042</td><td>관리번호</td><td>SY SL31</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">영천절토31</td><td>시설물구분</td><td>절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="5">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">대구광역시 군위군 효령면 불로리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 16′ 57.9″ 128° 56′ 08.6″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 16′ 78.9″ 128° 55′ 76.7″</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td colspan="3">40.025～40.175km</td></tr>
<tr><td>공구이정</td><td colspan="3">5공구 STA.3+790～3+940</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>150.0m</td><td>높 이</td><td>31.0m</td></tr>
<tr><td>경사/방향</td><td>55/054</td><td>노 선</td><td>고속국도 301호선</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체구분</td><td>민간</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변환경</td><td>인공구조물</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>주변지형</td><td>산악지형</td><td>상부사면경사</td><td>45°</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공현황</td><td>준공년도</td><td>2017</td><td>시 공 자</td><td>대림산업(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="3">점검로, 배수로, 산마루측구, 낙석방지울타리, 낙석방지망, 계단식옹벽</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

31.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 31.1.1】 위치도

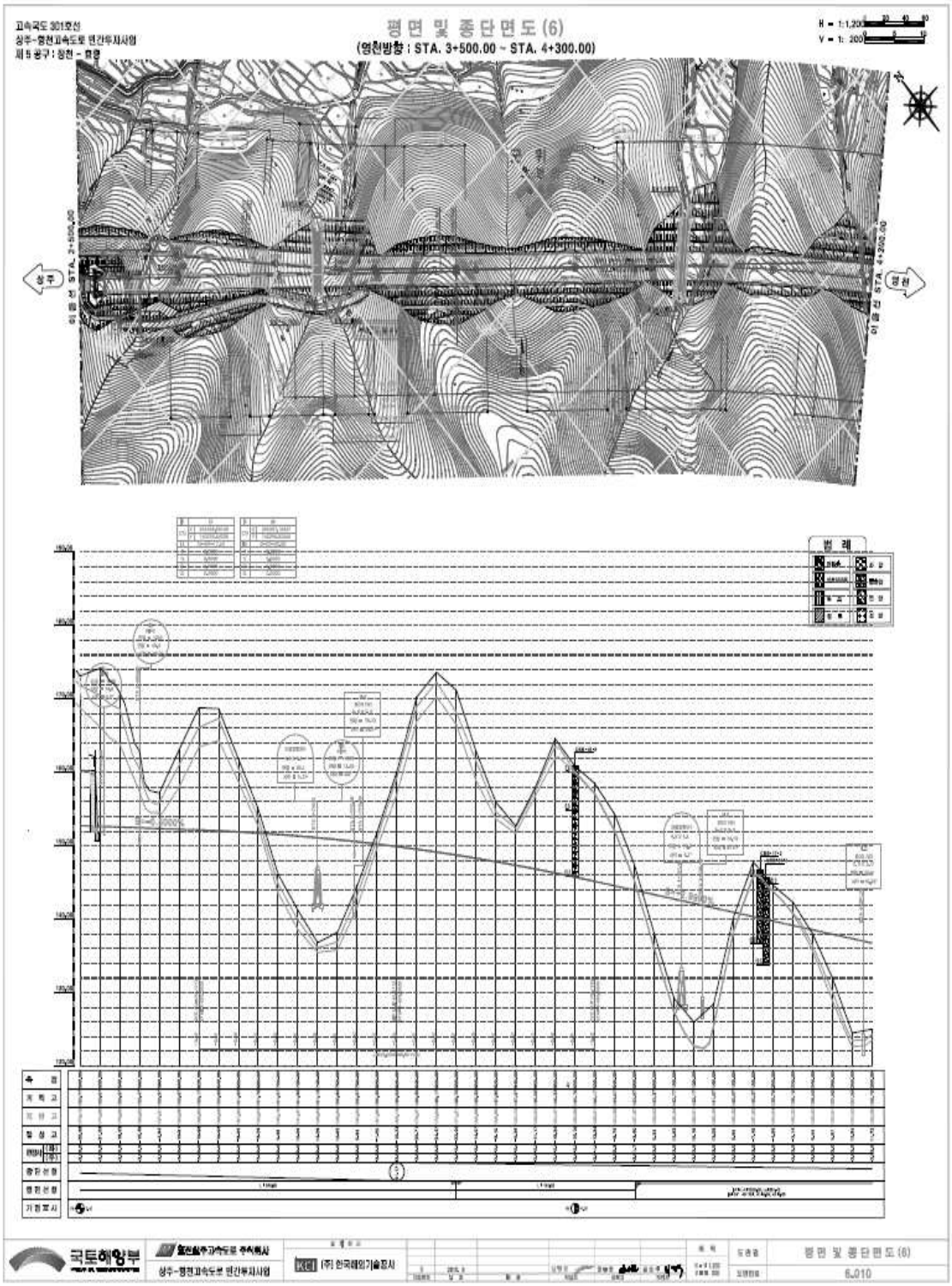
2025년 정밀안전점검(금회)
2023년 정밀안전점검(전회)

【그림 31.1.2】 전경사진

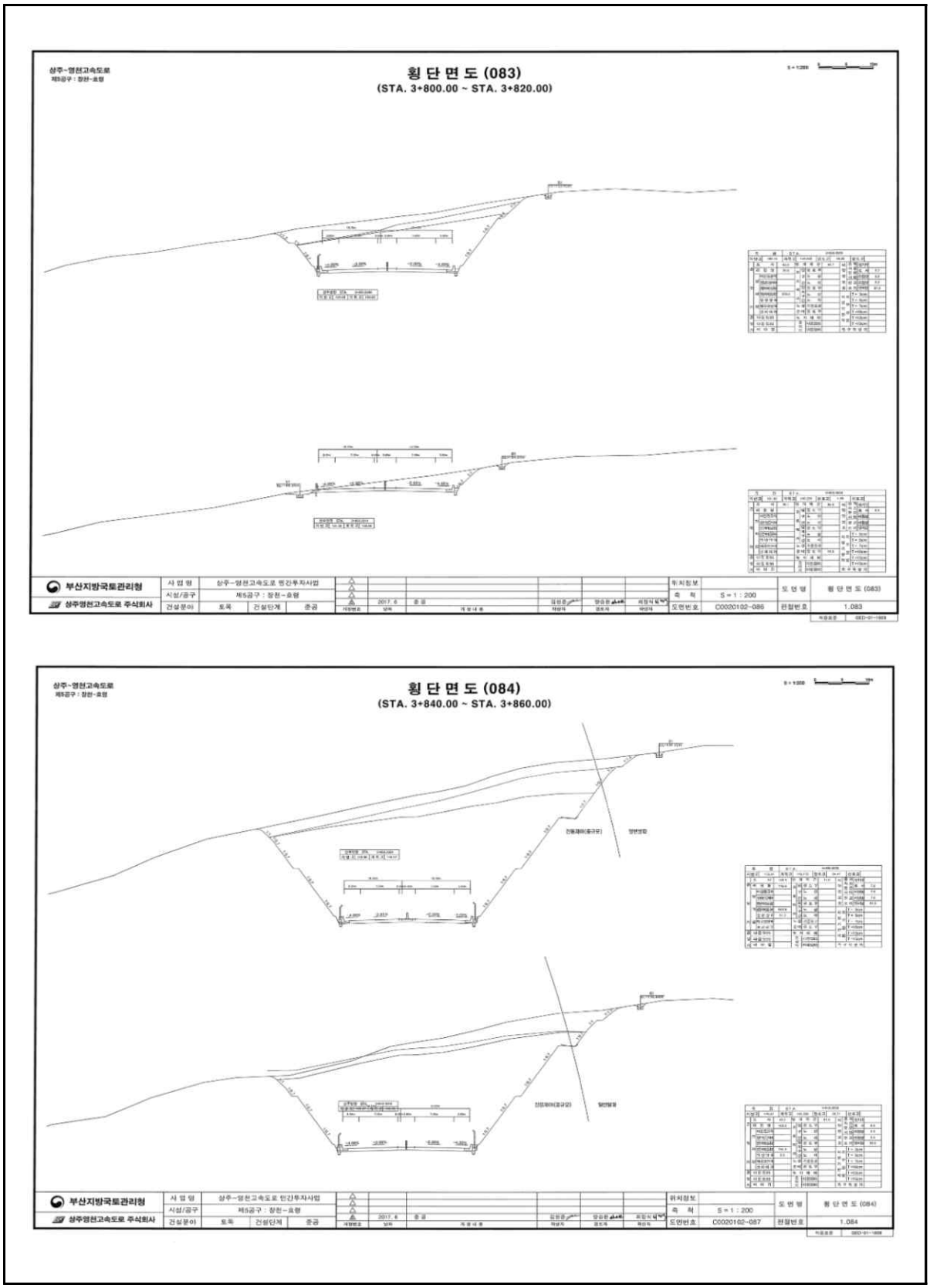
상부자연사면 전경	점검계단, 산마루측구 전경
하부 전경	소단배수로 전경
계단식옹벽 전경	야생동물유도울타리 전경

【그림 31.1.3】 부재별 현황

31.1.3 시설물 일반도



【그림 31.1.4】 평면도



【그림 31.1.5】 표준횡단면도

31.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요현황을 파악하기 위해 [상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구]의 설계 및 준공도서, 기존점검자료 등을 검토하여 주요현황을 요약하여 수록하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

31.2.1 자료수집 현황

【표 31.2.1】 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		○	

31.2.2 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

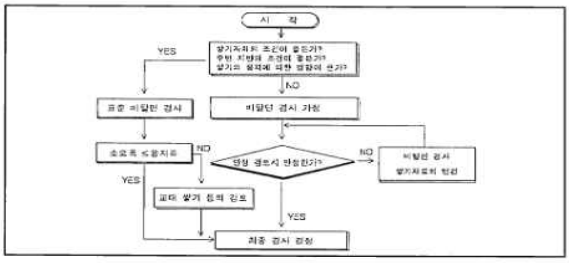
8.4 비탈면 설계기준

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

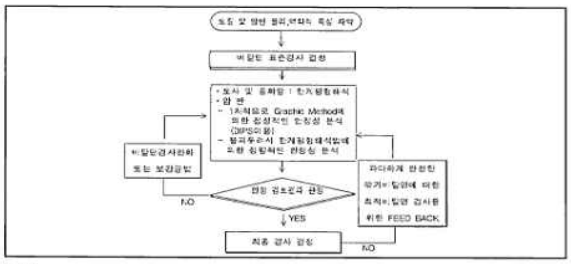
8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기의 결정

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



(2) 깎기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도



282

다. 깎기 비탈면

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

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

국내 깎기비탈면 설계기준 적용기준은 건설교통부 및 한국도로공사 설계기준에 의거한 표준기울기를 적용하고 있으며 암반층에서 슬리나 절리등이 규칙있게 발달한 경우 기울기 비탈면에 따라 큰 붕괴가 예상되므로 지반조사 결과를 토대로 파괴형태를 예상하여 이에 대한 적절한 비탈면 기울기설정 및 부가적인 안정대책을 수립하도록 계획하였다.

[원지반 토질에 대한 비탈면 기울기범위]

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

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

(건설교통부, 건설공사비탈면설계기준, 2006년)

284

8.4.2 소단 설치기준

가. 국내외 기관별 소단 적용기준

소단 설치빈도 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 마다 1~2m로 규정하고 있으며 국내기준은 5~10m마다 0.5~3.0m이다.

소단의 설치목적은 비탈면침식방지를 위한 배수시설 설치, 점검보수용 통로 등의 유지관리에 있으므로 발파암층에서는 H=10.0m 마다 1.0m소단과 리핑암 및 토사층에서는 H=5.0m마다 1.0m소단을 설치하되 H=20.0m마다 3.0m소단을 설치하는 것이 대체적으로 타당한 것으로 사료된다.

[국내외 기관별 소단적용 기준]

구 분	기관 및 규정명	소단적용 기준
국 내	건설공사 비탈면 설계기준 (2006)	· 비탈면 높이 10m 이상 : 원칙적으로 소단설치 · 비탈면 중간에 5~20m 높이 마다 폭 1~3m 소단설치
	한국도로공사 도로설계요령 (2002)	· 리핑암 : R.Q.D = 0~10%, H=5m 마다 소단 1m · 발파암 RQD = 10~25% : H = 10m 마다 소단 1~2m RQD = 25~50% : H = 10m 마다 소단 1~2m RQD = 50% 이상 : H = 20m 마다 소단 3m
	건설부 도로시설기준	· H = 5 ~ 10m 마다 소단 1 ~1.5m
	한국토지공사	· H = 7m 마다 소단 0.5 ~1.5m
일 본	도로공단 설계요령	· H = 7m 마다 소단설치
	국유철도토목구조물 표준시방서	· 암석과 접하는 토사 경계부와 7m 마다 소단 설치
	철도설계요령	· H > 10m의 경우 7m마다 소단 1.5m, 기준기3%

8.4.3 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 이용하여야 하나 본 설계에서는 다음과 같이 적용하였다.

287

8.4.5 설계기준 선정

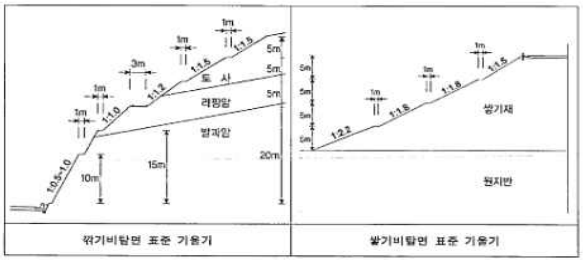
가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

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

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

<비탈면 기울기 설계기준>

비탈면 구분	토 질	적 용 검 사	소 단 설 치
깎기 비탈면	토 사 층	1 : 1.2~1.5	· 토사 및 리핑암 - 깎기 높이 5m 마다 소단 1m 설치 · 발파암 : - 수직높이 10m 마다 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용시) · 깎기 높이 20m 마다 3m 소단설치 · 리핑암과 발파암 사이에는 소단설치하지 않음
	리 핑 암	1 : 1.0	
	발 파 암	1 : 0.5~1.0	
쌓기 비탈면	쌓 기 재	1 : 1.5~3.2	· 쌓기 높이 5m 마다 1m 소단설치



깎기비탈면 표준 기울기 | 쌓기비탈면 표준 기울기

290

나. 지형 및 지질

4.2 지표지질 조사

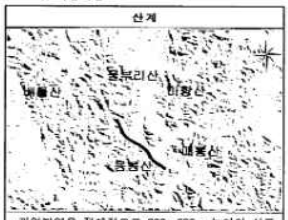
4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

- 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
- 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포

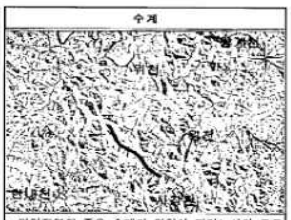
나. 지형특성

산계



- 과업지역은 전체적으로 200~500m 높이의 산릉이 고루 분포되어 있음
- 과업노선은 용봉산의 지지대를 따라 지나가며 북서방향으로 놓여 있음
- 산계는 주로 서북서 방향의 선구조가 잘 관찰됨

수계



- 과업지역의 주요 수계인 위천이 과업노선의 오른쪽에 분포하고 있음
- 과업 노선의 시점부 지역에서 위천이 사창천과 남천으로 분기되고 있으며 노선과 직접적으로 교차하는 수계는 없음

다. 본포 암종 특성

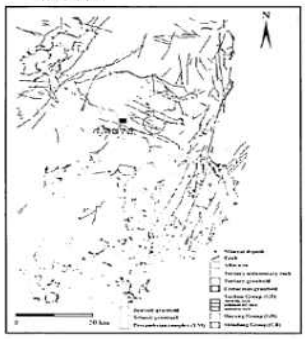
구 분	지질특성
낙동층 금당리층원 사암	• 낙동층의 하부층에 해당하는 만경상층원의 역질사암과 역암은 원마도가 불량한 석영과 암립리장석이 주를 이루며, 탄질물과 변질된 유색광물이 주로 산출됨
하산동층 사암	• 석영은 1 mm 내외의 것들로 원마도는 불량한 것들이 우세 • 하산동층 사암은 근거리에서 이동하여 형성
하산동층 세일	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달 • 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 판단
진주층 세일	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달 • 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 판단

53

라. 지질 계통도

지질시대				층 명	특 성	비 고
제4기				충적층(Qu)	• 하천 및 산록 퇴적물	
				~~ 부정합 ~~		
중생대	백악기			중성암맥(Kid) 산성암맥(Kad)	• 괴상의 시암	• 전 구간에서 기반암을 관입
		유천층군		안산암질암(Kat)	• 주로 응회암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
				--- 관입 및 분출 ---		
		신동층군	하산동층(Ke2)	상부(Ke2-2)	• 사암 및 적색 미사암, 이암의 교호	• 5공구 중점
				하부(Ke2-1)	• 사암과 역질사암, 역암의 교호	• 5공구 중앙 및 시점부

마. 지체구조



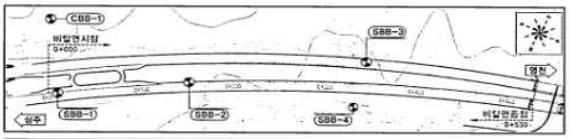
- 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 북북동향의 단층대가 도폭의 동부지역을 통과
- 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상누층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 쥬라기말의 대보화강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 피복되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달

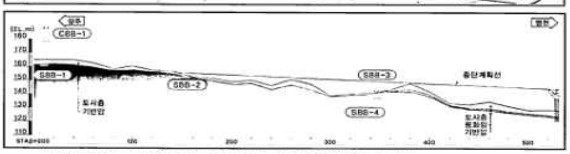
54

7.2 지층특성 분석

가. 본선비탈면구간

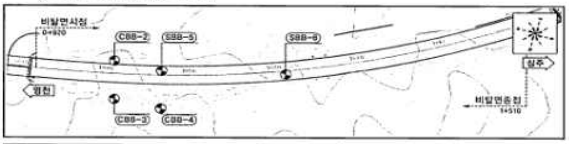
(1) 비탈면 1구간(STA.0+000~0+530)

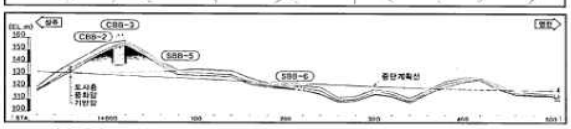




- 깎기 1구간은 토사층 2.3m의 두께로 분포하며 기반암은 9.7m에서 출현
- 쌓기 1구간은 토사층 0.8~3.0m, 풍화대층 0~2.5m의 두께로 분포하며 기반암은 0.8~5.0m에서 출현

(2) 비탈면 2구간(0+920~1+510)





- 깎기 2구간은 토사층 1.5~2.5m, 풍화대층 1.5~2.6m의 두께로 분포하며 기반암은 2.5~4.5m에서 출현
- 깎기 3구간은 토사층 0.5~1.0m, 풍화대층 0.5~3.0m의 두께로 분포하며 기반암은 1.0~4.0m에서 출현
- 쌓기 2구간은 토사층 0.8~3.5m, 풍화대층 0.0~2.2m의 두께로 분포하며 기반암은 3.0~3.5m에서 출현

248

7.3 지반특성 분석

7.3.1 토질 물성 시험

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit LL(%)	Atterberg Limit PI(%)	Sieve Analysis(%) #4	#10	#40	#200	0.02mm	USCS
깎기	CBB-2	1.00	풍화토	8.6	2.74	NP	-	47	34.7	23.8	15.3	-	GM
	CBB-4	1.00	퇴적층	16.4	2.73	NP	-	56	42.4	29.1	15.8	-	GM
	CBB-10	1.00	퇴적층	15.2	2.69	NP	-	92.4	85.1	43.9	20.0	-	SM
	CBB-12	1.00	퇴적층	28.0	2.74	39.7	19.5	72.8	64.4	53.0	32.7	15.5	SC
	CBB-18	1.00	풍화토	12.3	2.74	30.0	8.7	84	71.7	58.3	42.3	11.0	SC
	CBB-21	1.00	풍화암	11.9	2.70	NP	-	67.4	58.5	26.8	11.3	-	SW-SM
	CBB-22	2.00	풍화암	6.7	2.73	NP	-	100	95.2	35.8	19.1	-	SM
	CBB-24	2.00	풍화토	13.4	2.73	NP	-	59.1	45.7	32.6	21.0	-	GM
쌓기	SBB-1	1.00	퇴적층	28.7	2.68	44.3	22.1	100	97.0	86.5	69.9	28.5	CL
	SBB-3	2.00	퇴적층	8.0	2.65	NP	-	69	67.3	46.2	22.6	-	SM
	SBB-5	2.00	풍화암	7.2	2.65	NP	-	96.8	92.7	55.2	26.7	-	SM
	SBB-6	3.00	풍화토	9.5	2.63	NP	-	100	98.2	56.5	28.1	-	SM
	SBB-9	2.00	매립층	11.3	2.69	NP	-	57	51.5	36.4	17.7	-	GM
	SBB-10	1.00	풍화토	19.3	2.65	31.8	10.5	100.0	94.0	61.5	35.5	10.5	SC
	SBB-19	4.00	풍화토	13.5	2.69	28.8	5.2	100	76.1	57.6	37.4	6.5	SM
	SBB-21	2.00	퇴적층	19.4	2.67	NP	-	69.2	54.9	32.0	19.0	-	SM
	SBB-22	1.00	매립층	16.7	2.64	NP	-	83.9	75.5	49.7	22.7	-	SM
	SBB-23	1.00	매립층	8.8	2.64	NP	-	37.0	30.5	20.5	8.9	-	GW-GM
	6SBB-21	2.00	퇴적층	6.3	2.68	NP	-	-	20.6	10.2	3.5	-	GW
	6SBB-22	3.00	퇴적층	8.6	2.67	NP	-	-	51.7	39.3	30.5	-	SM
램프 깎기 구간	RCB-8	표토	표토	3.0	2.65	NP	-	99	84.8	24.8	4.6	7.5	SW
	RCB-13	1.00	풍화암	15.2	2.73	27.2	3.1	100.0	90.0	65.7	49.7	7.5	SM
	RCB-15-1	표토	표토	36.8	2.70	NP	-	78	61.0	42.5	30.4	-	SM
	RCB-17	3.00	풍화암	11.9	2.71	NP	-	83	62.9	39.9	24.8	-	SM
	RCB-18	2.00	풍화암	11.6	2.72	NP	-	93.2	90.2	81.9	28.3	-	SM
	RCB-19	2.00	풍화토	12.0	2.73	NP	-	100.0	98.0	53.3	21.3	-	SM
	RCB-20	3.00	풍화토	10.3	2.69	NP	-	100.0	97.3	40.4	20.4	-	SM
램프 쌓기 구간	RSB-11	1.00	퇴적층	17.0	2.71	27.9	4.8	100	100.0	92.4	68.5	11.0	ML
	RSB-12	1.00	매립층	11.0	2.68	NP	-	47.6	41.8	31.3	12.2	-	GM
	RSB-13	2.00	퇴적층	20.9	2.68	29.0	11.3	100.0	100.0	91.4	65.6	16.0	CL
	RSB-14	2.00	풍화토	17.4	2.69	27.9	10.6	100	97.4	83.3	49.0	14.5	SC
	RSB-15	2.00	풍화토	15.9	2.71	30.0	6.5	100.0	100.0	97.8	68.7	9.0	ML
	RSB-16	2.00	풍화토	12.7	2.67	NP	-	100	99.6	49.2	25.4	-	SM
	RSB-17	1.00	풍화토	10.6	2.71	NP	-	76	70.6	41.8	23.4	-	SM

- 비탈면구간 함수비는 6.7~28.7%, 비중은 2.63~2.74로 통일분류상 SC, SM, GM, CL, GW-GM, SW-SM에 해당됨
- 램프비탈면구간 함수비는 3.0~36.8%, 비중은 2.65~2.73로 통일분류상 SM, GM, SC, GM, ML, CL에 해당됨

256

다. 지반조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 5공구 지반조사

1.2 조사목적

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 5공구를 위한 지반조사
- 계획노선의 지반공학적 특성을 고려한 조사계획 수립
- 선정된 최적노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태, 지반공학적 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위 치	• 시점 : (STA. 0+000) (X=299263.5334, Y=157920.5497) • 종점 : (STA. 7+978) (X=293576.3489, Y=163273.3739) • 연장 : 7.98km
특 성	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제2경부축(상주~영천) 고속도로 건설 • 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간의 참여와 효율적 정부재정지원의 효율적 집행 도모

1.4 위치도

- 구조물 현황

터널 구간	교량 구간		토공구간
• 봉포터널(490m) • 중구터널(385m) • 효령터널(980m)	• 오로교(385m) • 모상교(260m) • 봉당교(240m) • 봉로교(45m) • 중구교(200m) • 효령교(80m) • 강외교(90m)	• 램프A-1교(35m) • 램프A-2교(17m) • 램프A-3교(30m) • 램프A-4교(50m) • 램프C교(240m)	• 뒤기구간(16개소) • 쌓기구간(16개소) • 램프뒤기구간(7개소) • 램프쌓기구간(11개소)

1

제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

가. 조사 기본방향

(1) 조사계획 수립

- 기존 문헌자료, 기본계획, 인접지역 설계 및 시공자료 분석
- 지형 및 지질 특성을 고려한 조사 범위 및 일정계획 수립
- 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
- 경사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가

(2) 단계별 조사 수행

- 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
- 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보지표 파악 및 분석 수행
- 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
- 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

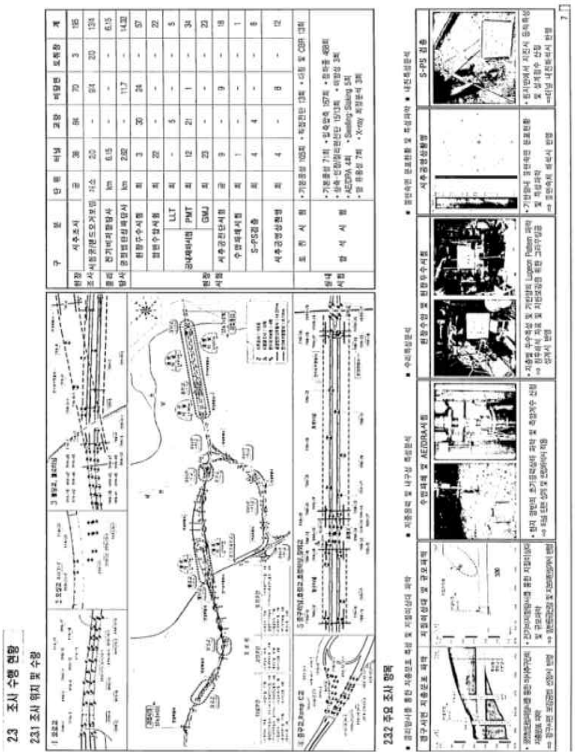
(3) 중점검토구간 정밀조사 수행

(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

나. 조사 수행 흐름도

조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 - 예비조사 결과, 기존지질도 - 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 광역선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 - 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 - 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 - 공내재하, BST, S-PS검층, 수압파쇄, 투수/수압 등	• 지질 이상대 및 위험예상 구간 (단층, 암층 경계) 분석 • 지층분포 및 지반특성 파악 • 강도정수 및 변형계수산정 • 불연속면 특성 및 동적 특성 파악
설계 반영	• 결과 비교 및 종합분석	• 암반등급 및 설계정수 산정

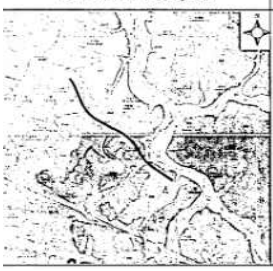
3



제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:250,000)	분 석 내 용
	• 과업구간은 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치 • 낙동층의 상부가 이 지역에 분포, 층후는 약 900m이며, 역질사암, 사암, 이사질 세암 및 역암으로 구성 • 하산동층은 두께 약 700m이며 사암, 세암, 자색세암 또는 이사암, 역질사암 및 역암으로 구성 • 전주층은 두께 약 900m이며 사암(일부 역질), 회색 내지 암회색 세암, 역암 및 석회암(흔히 니회암질)막층 등으로 구성

4.1.2 기본설계 자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 붕적층은 0.5~7.3m, 풍화토는 1.3~9.3m, 풍화암은 0.3~5.0m 두께로 분포 • 연암은 2.0~10.8m, 보통암은 27.5m, 경암은 3.0~31.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=42~100/0~55, 보통암 TCR/RQD(%) =93~100/40~50 경암 TCR/RQD(%)=10~100/0~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 붕적층은 0.3~5.4m, 풍화토는 0.5~1.1m, 풍화암은 0.3~0.9m 두께로 분포 • 연암은 1.1~6.3m, 경암은 2.9~6.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD (%)=25~100/0~64, 경암 TCR/RQD(%)=82~100/45~67로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 붕적층은 0.3m, 풍화토는 3.7m, 풍화암은 1.5~4.0m 두께로 분포 • 연암은 0.3~24.0m, 경암은 1.5~22.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD (%)=62~100/0~41, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/62~100로 퇴적암으로 구성

52

4.3 지층분포 특성을 위한 조사

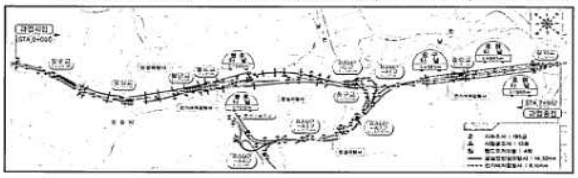
4.3.1 개 요

가. 기본 방향

- 터널 및 교량구간 상세지층, 지질 이상대 파악, 암반 분류시 활용
- 지반의 공학적 성질 분석, 암종 경계 및 지층 분포 특성 파악

나. 조사 위치 및 수량

- 굴절법 탄성파 탐사 14.32km, 전기비저항탐사 6.15km, 시추조사 196공, 시험굴조사 13개소, 표준관입시험 480회



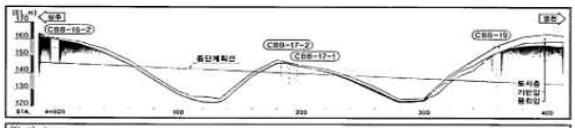
(1) 굴절법 탄성파 탐사

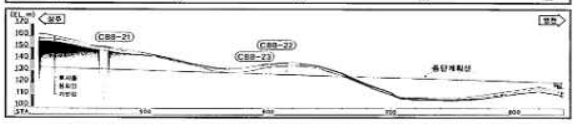
- 본선 구간

위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
비탈면 구간	0+000	횡	115
	0+950~1+180	종	230
	1+000	횡	115
	1+080	횡	115
	1+190~1+605	종	415
	1+720~2+675	종	955
블로터널 시점	(영천)3+010~3+125	종	115
	(상주)2+970~3+085	종	115
	3+020	횡	55
	3+100	횡	55
블로터널 종점	(영천)3+410~3+600	종	115
	(상주)3+410~3+525	종	115
	3+540	횡	55
	3+460	횡	55
비탈면 구간	3+600~4+000	종	1,245
	4+360	횡	115
	4+470	횡	115
	4+600	횡	115

위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
중구터널 시점	(영천)6+000~6+080	종	80
	(상주)6+600~6+680	종	80
	6+030	횡	100
중구터널 종점	(영천)6+370~6+470	종	100
	(상주)6+370~6+470	종	100
	6+430	횡	100
효령터널 시점	(영천)6+545~6+660	종	115
	(상주)6+545~6+660	종	115
	6+590	횡	100
	6+635	횡	100
효령터널 종점	(영천)7+535~7+650	종	115
	(상주)7+535~7+650	종	115
	7+575	횡	100
	7+600	횡	100

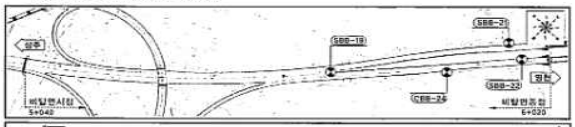
77

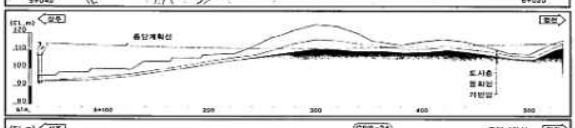


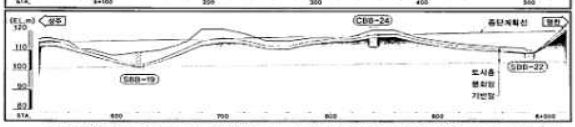


- 깎기 12구간은 토사층 0.5~5.7m, 풍화대층 1.8~2.8m의 두께로 분포하여 기반암은 2.7~7.5m에서 출현
- 쌓기 9, 10구간은 토사층 0.3m의 두께로 분포하여 기반암은 3.2m에서 출현
- 깎기 9, 10구간과 쌓기 7구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 1.0~3.0m의 두께로 분포
- 깎기 11구간과 쌓기 8구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 2.0~3.0m의 두께로 분포

(5) 비탈면 5구간(5+040~6+040)







- 깎기 13구간은 토사층 1.5~4.9m, 풍화대층 0.5~1.9m의 두께로 분포하여 기반암은 2.0~3.7m에서 출현
- 쌓기 11, 12구간은 토사층 6.7m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하여 기반암은 7.8m에서 출현
- 쌓기 13구간은 토사층 1.8~2.5m, 풍화대층 1.1m의 두께로 분포하여 기반암은 1.8~2.5m에서 출현

250

7.6 설계 지반정수 산정

7.6.1 개 요

가. 기본 방향

- 기존 설계정수 산정의 문제점을 분석하고 대표값 산정시 신뢰도 향상을 위해 통계처리기법(Monte Carlo Simulation)을 적용하여 설계지반정수 산정
- 인근 유사현장의 설계·시공자료와 기존물리탐사자료를 분석하여 합리적인 설계 정수 산정

7.6.2 산정결과 요약

가. 연속체 해석을 위한 설계 지반정수 산정 결과

구 분	변형계수, E_m(MPa)	단위중량 γ_t(kN/㎥)	점착력, c(kPa)	내부마찰각, φ(°)	포아송비, ν
붕 적 층	10.0	18.0	10.0	30.0	0.350
풍 화 토	20.0	19.0	24.0	26.0	0.350
풍 화 암	100.0	20.0	29.0	32.0	0.320
기반암	-	25.0	240.0	36.0	-
파쇄암반(파쇄대)	-	23.0	37.0	28.0	-

나. 수리해석을 위한 설계지반 정수 산정 결과

구 분	붕적층	풍화토	풍화암	기반암	파쇄암반(파쇄대)
투수계수, k(cm/sec)	1.70×10^{-3}	6.00×10^{-4}	5.20×10^{-4}	8.70×10^{-6}	3.00×10^{-3}

다. 불연속체 해석을 위한 설계지반 정수 산정결과

(1) UDEC 및 3-DEC 해석을 위한 절리면 강도정수 산정결과

구조구	심도(m)	절리군	방향(Dip/Dir)	σ_c(MPa)	σ_n(MPa)	JRC	JCS(MPa)	ϕ_r(°)	a_i(mm)	V_m(mm)	K_{ni}(MPa/mm)	K_n(MPa/mm)	K_s(MPa/mm)
1	22.3	1	9/134	90.3	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	0.42	3.42	6.81	0.46
		2	81/263		3.71								
		3	90/155		33.22								
		4	75/218		2.24								
2 2-1	42.2	1	06/106	58.2	1.10	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	19.32	1.17
		2	86/221		15.73								
		3	79/337		5.75								
		4	85/297		12.59								
2 2-2	26.0	1	04/088	85.2	0.68	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15	19.32	1.17
		2	83/358		5.55								
		3	73/083		2.31								
3	23.0	1	07/102	88.8	0.60	6.0	27.9	29.0	0.64	0.56	4.22	6.90	0.48
		2	81/358		3.82								
		3	89/295		34.26								
		4	82/036		4.30								
4	29.0	1	15/137	81.2	0.78	8.0	33.9	29.0	0.61	0.50	7.96	14.03	1.13
		2	82/009		5.42								
		3	65/071		1.78								
5	30.5	1	11/121	83.7	0.81	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	14.76	0.92
		2	84/052		7.59								
		3	85/330		9.10								
		4	82/291		5.70								

262

7.6.6 불연속체 해석을 위한 설계 지반정수 산정

가. 개요

- 방향성 및 역학적 특성을 고려하여 구조구별 물성치 산정
- 해석에 사용된 불연속면 자료는 지표지질조사, 시추공영상촬영의 조사성과를 종합분석하여 절리빈도가 높고 연장성이 좋은 절리군을 주 불연속면으로 구분하여 해석에 반영
- 해석에 이용된 입력정수는 현지암반 불연속면 조사결과와 절리면 전단시험 결과로부터 산정
- 개별요소해석시 실제 절리거동 표현 및 입력자료의 취득이 용이하고 객관성 측면에서 Mohr-Coulomb 모델보다 우수한 Barton-Bandis 모델을 적용하고 이에 따른 설계정수 산정

나. Barton-Bandis에 의한 절리면 수치강성 및 전단강성

- 수직강성 $K_n = K_{ni}\left[1-\frac{\sigma_n}{V_m K_{ni}+\sigma_n}\right]^{-2}$
- 전단강성 $K_s = \frac{100}{L}\sigma_n \tan\left[JRC \log_{10}\left(\frac{JCS}{\sigma_n}\right)+\phi_r\right]$

여기서, $K_{ni} = -7.15 + 1.75\,JRC + 0.02\left(\frac{JCS}{a_i}\right)$, $a_i = \frac{JRC}{5}\left(0.2\frac{\sigma_c}{JCS} - 0.1\right)$

$V_m = -0.296 - 0.0056\,JRC + 2.241\left(\frac{JCS}{a_i}\right)^{-0.2400}$

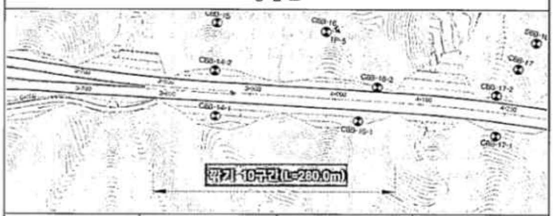
구조구	심도(m)	절리군	방향(Dip/Dir)	σ_c(MPa)	σ_n(MPa)	JRC	JCS(MPa)	ϕ_r(°)	a_i(mm)	V_m(mm)	K_{ni}(MPa/mm)	K_n(MPa/mm)	K_s(MPa/mm)
1	22.3	1	9/134	90.3	0.59	5.0	36.4	29.0	0.40	0.42	3.42	6.81	0.46
		2	81/263		3.71							43.90	2.50
		3	90/155		33.22							1990.87	18.56
		4	75/218		2.24							22.40	1.57
2 2-1	42.2	1	06/106	58.2	1.10	11.0	36.2	30.0	0.49	0.42	13.58	19.32	1.17
		2	86/221		15.73							191.77	10.60
		3	79/337		5.75							54.76	4.62
		4	85/297		12.59							139.70	8.83
2 2-2	26.0	1	04/088	85.2	0.68	5.0	32.5	27.0	0.42	0.45	3.15	6.90	0.48
		2	83/358		5.55							76.11	3.31
		3	73/083		2.31							21.78	1.49
3	23.0	1	07/102	88.8	0.60	6.0	27.9	29.0	0.64	0.56	4.22	6.63	0.49
		2	81/358		3.82							28.89	2.59
		3	89/295		34.26							1013.50	18.57
		4	82/036		4.30							33.55	2.89
4	29.0	1	15/137	81.2	0.78	8.0	33.9	29.0	0.61	0.50	7.96	11.39	0.70
		2	82/009		5.42							44.40	3.85
		3	65/071		1.78							16.67	1.45
5	30.5	1	11/121	83.7	0.81	10.0	36.3	32.0	0.72	0.51	11.36	14.76	0.92
		2	84/052		7.59							60.62	6.10
		3	85/330		9.10							75.07	7.11
		4	82/291		5.70							44.71	4.79

265

(10) 깎기 10구간

비탈면 현황

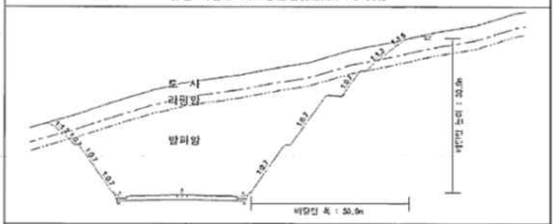
평면도



검토구간(STA.)	3+790 ~ 4+070	연장	280m

지 반 특 성(상주방향, CBB-16-2)	지 반 특 성(영천방향, CBB-16-1)
• 구성암석 : 사암, 세일	• 구성암석 : 사암, 세일
• 지층구성	• 지층구성
풍화토 : 0.0 ~ 0.8m 연 암 : 0.8 ~ 6.0m	붕적층 : 0.0 ~ 2.5m 풍화토 : 2.5 ~ 4.5m
경 암 : 6.0 ~ 15.0m	연 암 : 4.5 ~ 23.0m
• 주불연속면	• 주불연속면
: J1 : 11/ 142	: J1 : 11/ 142
• TCR 평균값 : 95.0 ⇒ 1:0.5	• TCR 평균값 : 94.5 ⇒ 1:0.5
• RQD 평균값 : 72.6 ⇒ 1:0.5	• RQD 평균값 : 64.4 ⇒ 1:0.5
• 비탈면 경사/경사방향 : 55° / 221°	• 비탈면 경사/경사방향 : 55° / 041°

암반 비탈면 대표횡단면(Station : 3+880)



지반고 : 171.21m	계획고 : 148.76m	최대절취고 : 30.90m

제5장 실시설계

5.2.7 암발파 공법 검토

가. 개요

- 암발파 설계는 설계단계에서 발파지점의 인근 지장물과 이격거리를 면밀하게 조사한 후 발파공해의 허용기준치를 설정하고 설계발파진동 추정식에 의해 지발당 장약량및 이격거리별로 6가지 TYPE의 표준발파패턴에 의거 설계를 실시한다.
- 시공단계에서는 현장의 암반지질 및 지형조건 등에 따라 발파진동 추정식이 변화되므로 발파작업 착수전에 시험발파를 실시하여 현장에 적합한 현장 발파진동 추정식을 산출하고, 지발당장약량에 의거 표준발파패턴에 대한 적용이격거리를 보정하여 공사를 실시함으로써 무리한 설계변경 등의 사항이 개선될 수 있다.
- 또한 발파작업시에 천공장, 천공간격, 최소저항선, 장약량 등의 상세한 발파패턴 등 설계도면작성으로 감리감독이 현장에서 체계적으로 감독할 수 있어, 발파공해로 인한 집단민원을 사전에 방지하여 피해를 최소화 할 수 있다.

나. 적용기준

1) 표준발파공법 및 진동규제기준별 적용되는 이격거리(m)

(단위 : cm/sec·kine)

TYPE	발파공법	V=0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	5.0	비고
I	미진동굴착공법	40m까지	25m까지	20m까지	15m까지	5m까지	3m까지	
II	정밀진동제어발파	40~80	25~50	20~40	15~30	5~20	3~7	
III	진동제어(소규모)	80~140	50~90	40~70	30~50	20~30	7~10	
IV	진동제어(중규모)	140~260	90~170	70~130	50~90	30~60	10~205	
V	일반발파	260~450	150~290	130~220	90~160	60~110	25~40	
VI	대규모발파	450m이상	290m이상	220m이상	160m이상	110m이상	40m이상	

라. 발파공법 비교

구 분	TYPE I 미진동 굴착공법	TYPE II 정밀진동 제어발파	TYPE III-IV 진동제어발파 소규모	TYPE III-IV 진동제어발파 중규모	TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모 발파
공법개요	보안물건 주변에서 TYPE II 공법 이내 수준으로 진동을 저감시킬 수 있는 공법으로서 대형 브레이커로 2차 파쇄를 실시하는 공법	소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시킨 후, 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법	발파영향권 내에 보안 물건이 존재하는 경우 "시험발파" 결과에 의해 발파설계를 실시하여 규제기준을 준수 할 수 있는 공법		1공당 최대 장약 량이 발파 규제 기준을 충족시킬 수 있을 만큼 보안 물건과 이격된 영역에 대해 적용 하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 전혀 존재하지 않는 산간 오지 등에서 발파효율 만을 고려하는 공법
주 사용폭약 또는 화공품	최소단위미만폭약 미진동파쇄기 미진동파쇄약 등	에멀젼 계열 폭약	에멀젼 계열 폭약		에멀젼 계열 폭약	주폭약:초유폭약 기폭약:에멀젼
지발당장약량 범위(kg)	폭약기준 0.125 미만	0.125 이상 0.5 미만	0.5 이상 1.6 미만	1.6 이상 5.0 미만	5.0 이상 15.0 미만	15.0 이상
천공직경	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ76mm	φ76mm	φ76mm 이상
천공장비	공기압축기식 크롤러 드릴 또는 유압식 크롤러 드릴 선택 사용					
표준패턴	미진동 굴착공법	정밀진동 제어발파	진동제어발파 소규모	진동제어발파 중규모	일반발파	대규모 발파
천공깊이(m) ※	1.5	2.0	2.7	3.4	5.7	8.7
최소저항선(m) ※	0.7	0.7	1.0	1.6	2.0	2.8
천공간격(m) ※	0.7	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2
표준 지발당 장약량(kg)	-	0.25	1.0	3.0	7.5	20.0
파쇄 정도	균열만 발생 (보통암 이하)	파쇄 + 균열	파쇄 + 균열		파쇄 + 대괴	파쇄 + 대괴
계측관리	필 수	필 수	필 수		선 택	선 택
발파보호공	필 수	필 수	필 수		불 필 요	불 필 요
2차 파쇄	대형브레이커 적용	대형브레이커 적용	-		-	-

※ 천공 깊이, 최소저항선, 천공간격 치수 등은 평균적으로 제시한 수치이며, 공사시행 전에는 시험발파에 따라 현장별로 검토·적용할 것.

마. 발파구간 적용공법

1) 본 과업구간 암발파공법 적용현황

- 본 과업 노선은 노선 주변에 산재된 주거지, 축사(돈사)등과 기타 지장물에 대한 환경피해를 최소화하여 민원 발생을 사전에 예방하고 구조물, 주민 및 가축 등에 손상을 주지 않도록 하기 위하여 진동속도가 허용기준치를 초과하지 않도록 하여야 한다. 따라서, 현 설계 단계에서는 지형여건과 주변여건을 고려하여 각 구간별로 검토한 바와 같은 발파공법을 적용하였으나, 시공시 각 지반 및 지역여건별로 시험발파를 통한 진동·소음 등을 측정한 결과에 따라 적정 발파 공법(장약량 조절 등)을 선정하여 발파 안전성 확보와 민원해소에 주력하여야 한다. (단, 시공시 시험발파를 시행한 후 시험결과를 토대로 현장여건을 고려한 암발파 계획을 수립하고, 암발파계획서와 공법 변경사유 등을 발주청과 협의 한 후 감독원 및 감리원의 승인을 득하여 공사를 시행하여야 한다.)
- 계획노선중 발파구간의 발파공법 설정 및 지발당 장약량의 선정은 거리~지발당 장약량 조건표(육상부 암발파 설계 및 계측기준검토(한국도로공사, 2007.2))를 참조후 발파시 소음, 진동의 발생량을 감안하여 최대한 청은한 환경이 유지될 수 있는 공법이 되도록 선정하였다.
- 본 과업 노선의 진동치 적용은 <구조물에 대한 발파진동 기준-(설계처-527:'07. 2.23)>을 적용하였으나 환경 영향 평가검과 재래주택(조적식, 목재)에 대한 기준은 진동치 0.2cm/sec로 적용 검토 하도록 하여 다음과 같이 적용하였다.

<구조물에 대한 발파진동 기준>

구 분	가축류등	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	재래주택 (조적식, 목재)	주택, 아파트 (R.C조)	상업용 건축물	철근콘크리트 건물 및 공장
진동치 (cm/sec)	0.1	0.2	0.2	0.5	1.0	5.0

<발파시 적용 공법 및 지발당장약>

공구	발파구간(STA.)	경은시설 (보안물건)	적용 발파공법	비 고
1	0+780(영천)	축사	TYPE-IV	
	1+080(영천)	가옥(조적)	TYPE-IV~TYPE-V	
	1+240(영천)	축사	TYPE-II~TYPE-IV	
	3+440(영천)	가옥(조적)	TYPE-IV~TYPE-V	
	3+500(영천)	가옥	TYPE-III~TYPE-V	
	4+020(상주)	가옥	TYPE-II~TYPE-V	
	5+100(상주)	가옥	TYPE-III~TYPE-V	

31.2.3 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 31.2.2】 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	300	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 산마루측구 일부구간에서 부분적인 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2017. 11. 13 2017. 12. 28	인승철	양호	균열보수
2	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	275	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 산마루측구, 소단배수로 균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2018. 05. 28 2018. 06. 30	인승철	양호	-
3	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	275	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 심한풍화, 산마루측구, 소단배수로 균열 및 재균열이 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, 낙석방지울타리 설치
4	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	275	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 이완암 및 심한풍화, 산마루측구, 소단배수로 균열 및 재균열, 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
	2019. 03. 18 2019. 05. 28	인승철	양호	균열보수, 단면보수, 소단 낙석방지울타리 설치

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
5	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	210	본 사면에 대한 정밀안전점검 결과, 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태인 "B" 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 사면 식생공 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 및 산마루측구에 균열이 일부 발생하였으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
	2019. 09. 16 2019. 12. 27	장진원	B	균열보수, 주의관찰
6	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	176	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 05. 12 2020. 06. 30	인승철	양호	균열보수, 정비
7	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	176	영천절토31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
8	2종 성능평가	㈜명성 엔지니어링	591	안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사 · 평가하였음. 상태안전성능평가 결과, 불연속면의 특성 및 지반 변형상태 등은 양호한 것으로 확인되었고, 상태안전성능평가 결과 A등급으로 평가됨. 일부 구간에서 소단배수로 및 산마루측구 균열이 조사되었으나, 현재 손상 상태는 경미한 결함으로 시설물의 안전성에 미치는 영향은 매우 미소한 상태임. 상기와 같은 사항을 종합적으로 분석한 결과, 외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준인 A등급으로 평가됨. 내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 비탈면의 절리상태 및 표면 보호상태에 대한 평가를 시행하였음. 그 결과 일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준인 B등급으로 평가됨. 안전성능평가, 내구성능평가 결과를 종합적으로 분석할 때, 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A(우수)등급으로 평가됨. 본 절토사면의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 이상인 “A등급”인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.
	2020. 08. 31 2020. 12. 31	인승철	A	균열보수, 주의관찰
9	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	176	영천절토 31 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 2단사면에서 표측유실, 소단배수로 및 산마루측구 일부구간에서 균열 및 재균열, 토사퇴적이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 손상부의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 08 2021. 06. 07	장진원	양호	균열보수, 정비

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
10	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	252	-심한풍화 -배수시설 균열, 토사퇴적
	2021. 08. 25 2021. 12. 10	장진원	B	-균열보수, 청소, 주의관찰
11	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 및 보수부 재균열, 토사퇴적
	2022. 05. 16 2022. 06. 24	정지운	양호	-균열보수, 청소
12	정기안전점검 (하반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 및 보수부 재균열, 토사퇴적
	2022. 09. 19 2022. 11. 18	이상훈	양호	-균열보수, 청소
13	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 토사퇴적
	2023. 04. 03 2023. 06. 16	정지운	양호	-균열보수, 청소
14	정밀안전점검	㈜명성 엔지니어링	370	-사면붕괴 -배수시설균열,토사퇴적 -낙석방지울타리파손
	2023. 07. 03 2023. 12. 08	이상훈	C	-계단식옹벽+앵커, 균열보수, 청소, 주의관찰
15	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 토사퇴적
	2024. 06. 10 2024. 06. 28	정지운	양호	-주입보수, 청소
16	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 토사퇴적
	2024. 09. 23 2024. 12. 03	정지운	양호	-주입보수, 청소
17	정기안전점검 (상반기)	㈜명성 엔지니어링	350	-배수시설 균열 토사퇴적 -계단식옹벽+앵커상태양호
	2025. 03. 24 2025. 06. 18	정지운	양호	-주입보수, 청소

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

가. 외관조사결과

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-
사면부	사면붕괴	계단식옹벽+앵커
사면하부	상태양호	-
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적 산마루측구 균열	주입보수 청소 주입보수
부대시설	낙석방지울타리 파손	재설치
결과요약	사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 붕괴부를 제외하면 양호한 상태로 확인되었으며, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면은 양호한 상태이며, 장마에 의한 지반약화, 토사유실 등에 의해 사면부 붕괴가 발생하여 암파쇄 방호시설이 설치되어 있고, 계단식옹벽+앵커공 보수가 실시중이다. 배수시설에 발생한 균열, 토사퇴적은 원활한 배수기능 확보를 위해 보수 및 청소가 요구되며, 낙석방지울타리 파손의 경우 재설치를 통한 유지관리가 필요하다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시험위치	보정반발경도	추정강도(㎫)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 40.115km	52.0	92.6	경암	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 52.0로 측정되었으며, 추정강도 92.6㎫로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토31		표 번 호	【표 31.6.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.41	C	근거표번호	【표 31.5.5】
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.41	C	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : C			

라. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
사면부	사면 붕괴	계단식옹벽 +영구앵커 +수평배수공	3600.0	옹벽 1758.5㎡ 영구앵커 173공 수평배수공 45공		1식	1,000,000	1
사면하부								
부대시설	낙석방지울타리 파손	재설치	100.0	150.0	m	1식	100,000	1
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	27.0	40.50	m	65	2,633	1
	소단배수로 토사퇴적	청소	1.0	1.50	㎥	25	38	3
	산마루측구 균열	주입보수	0.5	0.75	m	65	49	1
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	1,102,682		0			38	
	재경비 (순공사비의 50%)	551341		0			19	
	합계	1,654,023		0			57	
개략공사비 총계(천원)		1,604,080						

마. 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.

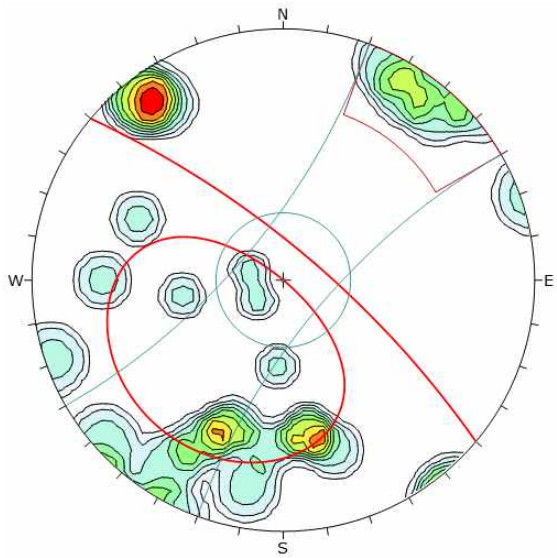
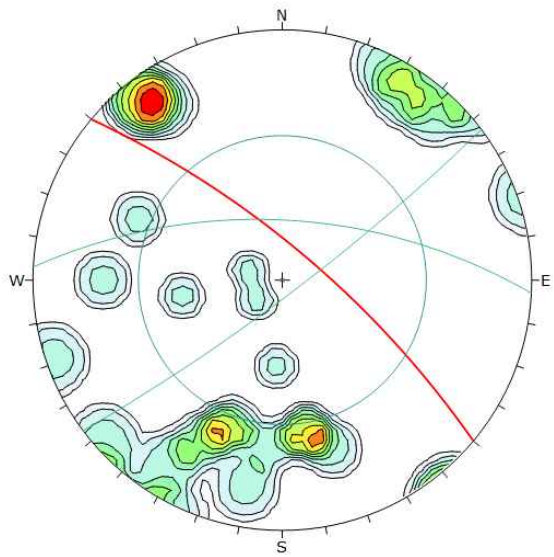
바. 사면 안정성 검토 및 보수·보강대책 수립

상주영천고속도로 유실 절토사면 항구복구 실시설계 보고서에서 사면 안정성 검토 및 보수·보강대책에 대한 자료를 참고하여 본문에 수록하였다.

1) 사면 안정성 검토

(1) 평사투영해석

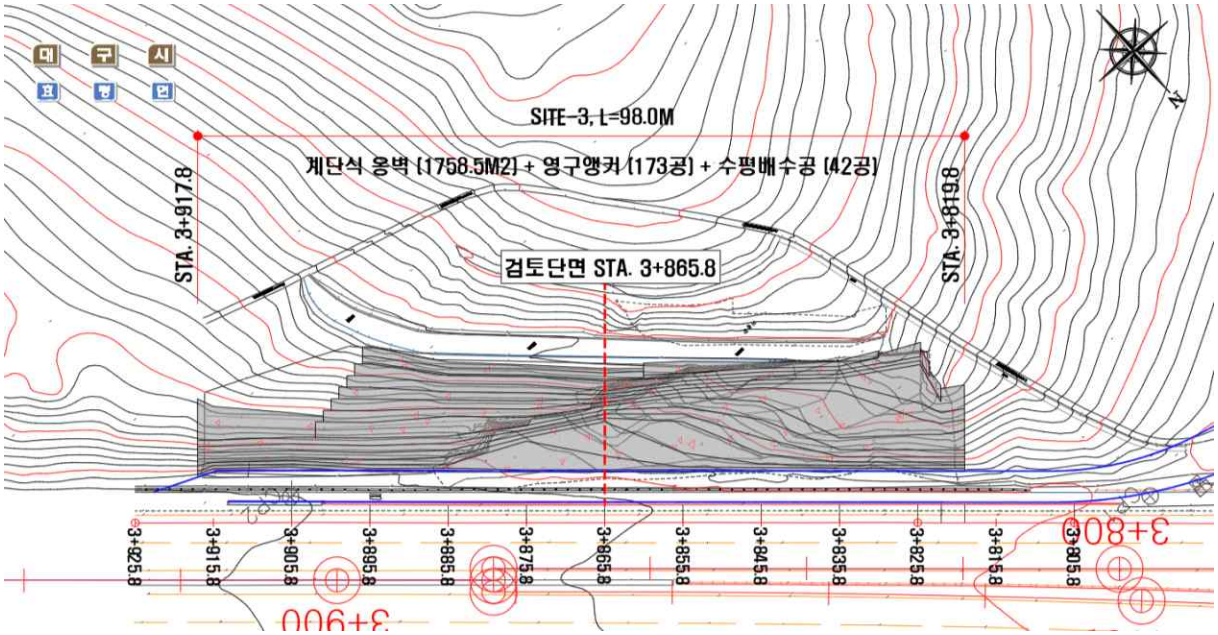
구 분	J1	J2	J3	J4
불연속면 종류	절리	절리	절리	절리
Dip/Dip Direction	83/143	88/035	59/096	63/003

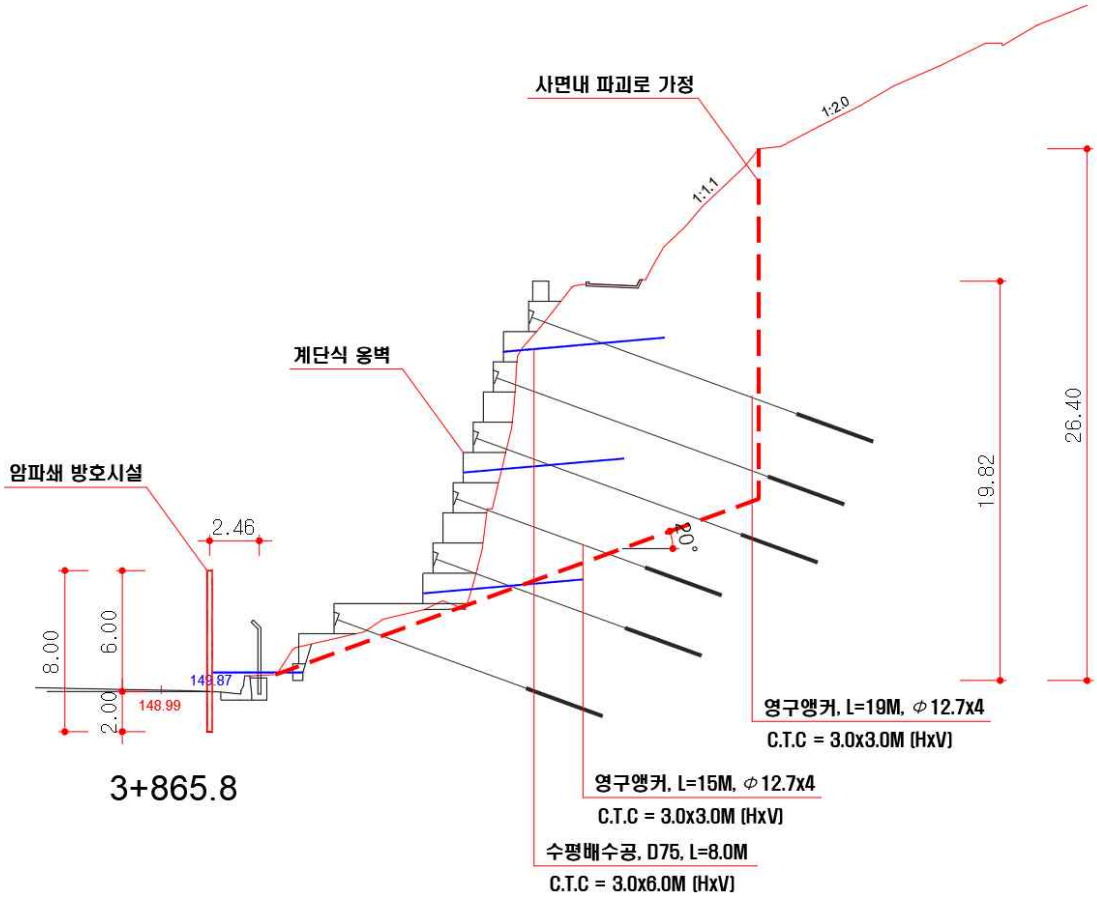
평면 및 전도	쐐기파괴
	

구분	평면	전도	쐐기	검토결과
DIP/DIR 75/040	불안정	불안정	불안정	**평면, 전도, 쐐기파괴 불안정**

- 해당 사면은 평면, 전도, 쐐기파괴에 대하여 불안정하므로 보강전 현상태 비탈면에 대하여 한계평형해석을 실시하여야 함
- 안정측 검토를 위하여 평면파괴 검토를 실시하여 보강검토를 실시함

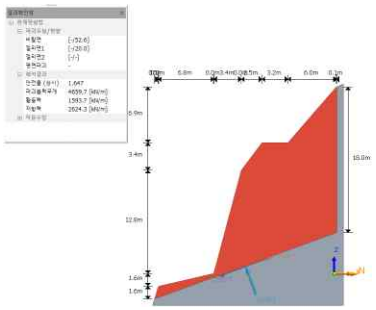
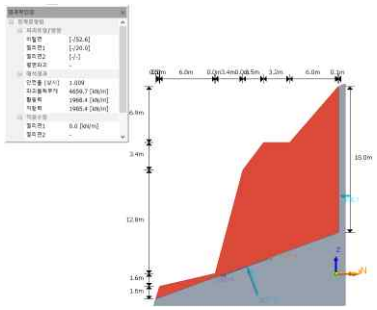
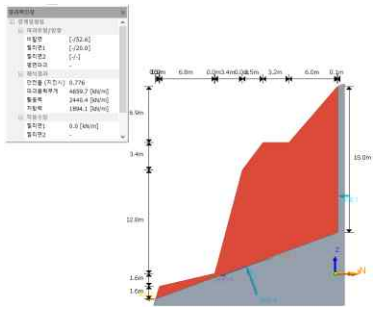
(2) 한계평형해석





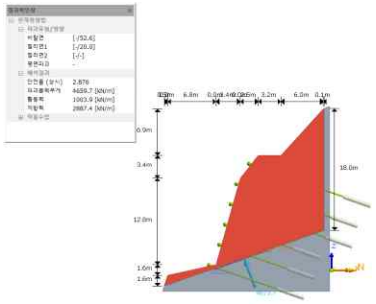
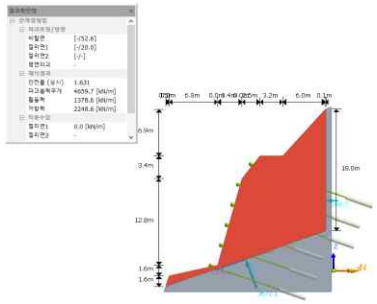
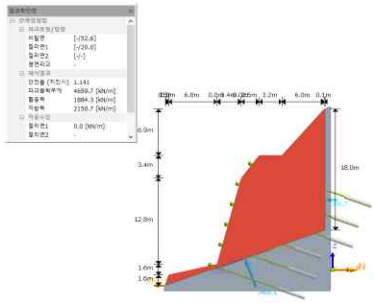
STA. 3+865.8

구 분	단위중량, γt(kN/㎥)	점착력, c(kPa)	내부마찰각, ϕ(°)	비 고
SITE-3 (영천 40.0 K)	23.0	12.29	28.0	

건기시	우기시	지진시
		
FS = 1.647 > 1.50 ∴ O.K	FS = 1.009 < 1.20 ∴ N.G	FS = 0.776 < 1.10 ∴ N.G

대표단면 (STA.)	비탈면 높이(m)	평면파괴			비고
		건기시	우기시	지진시	
3+865.8	24.60	1.647	1.009	0.776	N.G

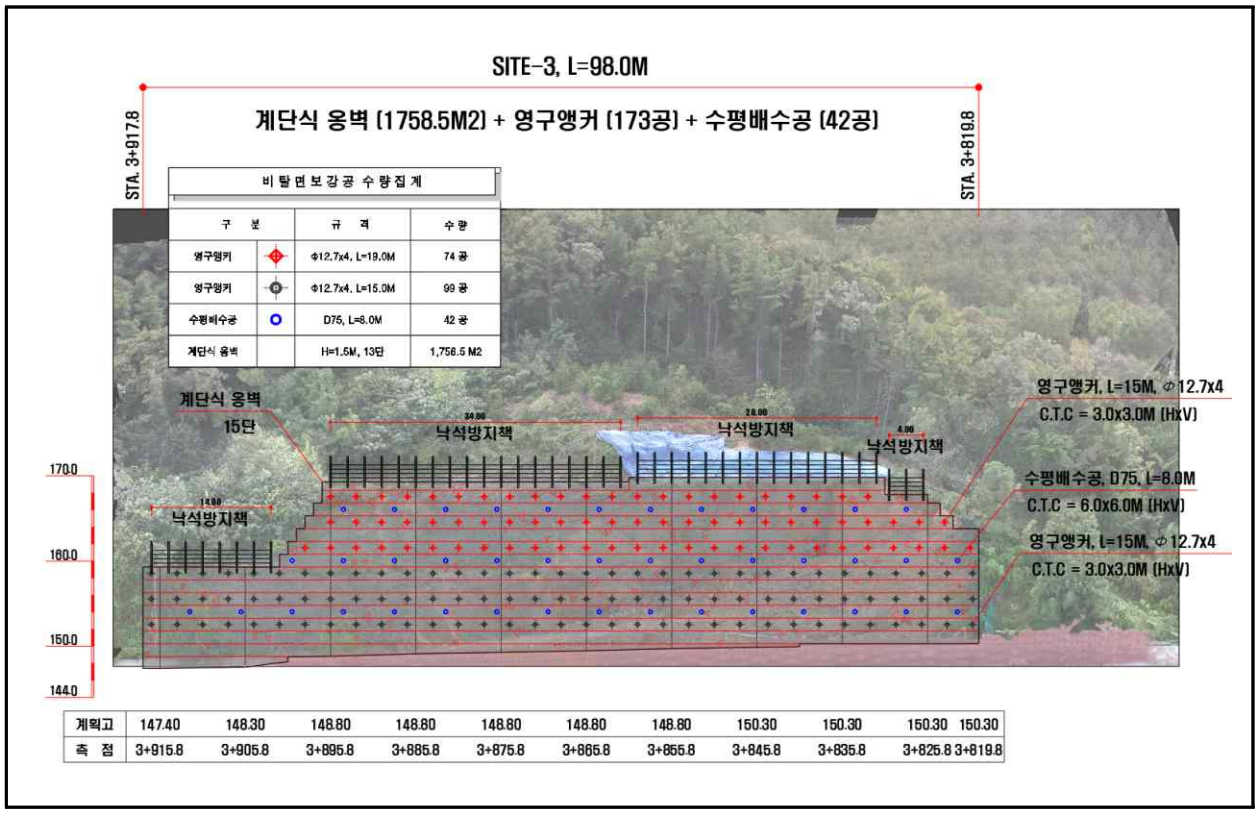
• 보강전 비탈면 검토결과 기준안전율을 하회하여 별도의 보강대책이 필요함

건기시	우기시	지진시
		
FS = 2.876 > 1.50 ∴ O.K	FS = 1.631 > 1.20 ∴ O.K	FS = 1.141 > 1.10 ∴O.K

대표단면 (STA.)	비탈면 높이(m)	평면파괴			비고
		건기시	우기시	지진시	
3+865.8	24.60	2.876	1.631	1.141	O.K

• 보강내용 : 계단식옹벽 + 영구앵커
• 상기 비탈면은 영구앵커 L=15~19M ∅12.7x4, C.T.C=3.0x3.0 (Hxv) 보강시 기준안전율을 상회하여 안정함

2) 사면 보수 · 보강대책



- 보강설계 과업 중 절취 및 암파쇄 방호시설 설치높이는 6.0m 적용하였으며, 근입깊이는 암반지층, 복합지층으로 2.0m 적용하였다. (기시공 완료, STA. 3+800~3+914, L=114M, 영천방향 40.0K 평면도 참조)
- 측구와 암파쇄방호시설 간의 이격거리는 비탈면 보강시공을 위한 장비의 작업반경 등을 고려하여 현장 상황에 맞게 감독원과 협의 후 결정하여야 한다.
- 본 보강비탈면 암파쇄 방호시설 높이는 현장조사(현황측량 미수행)를 반영하여 계획하였으므로, 시공시 현장상황에 맞게 암파쇄 방호시설 높이와 근입깊이를 감독원과 협의 후 적절한 변경이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

31.2.5 2종 성능평가 실시결과(2020년 12월, ㈜명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	영천절토31		
평가 구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.120	A	인장균열 없음
구조안전성능	0.080	A	특이파괴 유형 없음
안전성능	0.120	A	
안전성능 결과	ㅇ상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ㅇ안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

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

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	영천절토31		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.120	A	0.8	인장균열 없음
내구성능평가	Pd=0.265	B	0.2	
종합평가 결과	ㅇ사면의 종합평가 지수(P) = ∑(성능평가지수(pn) × 성능간 가중치(Wn)) = (0.120 × 0.8) + (0.265 × 0.2) = 0.149 ㅇ종합평가 결과 : A등급			

라. 종합결론

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

31.2.6 시설물 보수 이력

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

【표 31.2.3】 보수이력사항

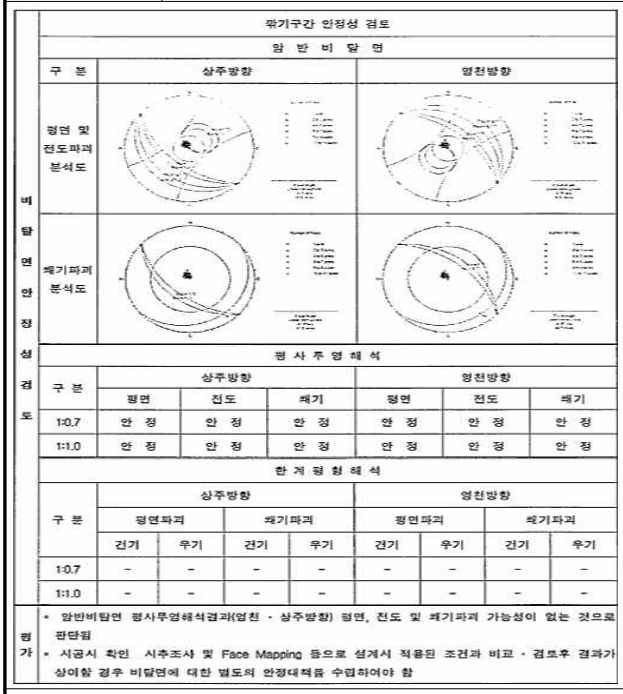
번호	공사명 공사기간	공사구분	보수보강부위 공사내역	시공자 공사비(천원)
1	–	보수	배수로	–
	–		균열보수(하자)	–
2	상주영천고속도로 유실절토사면 복구공사(영천40k외 3개소)	보강	절토사면	(주)부영이엔씨
	2023-12-14 ~ 2024-09-02		계단식옹벽시공	2,185,953

31.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

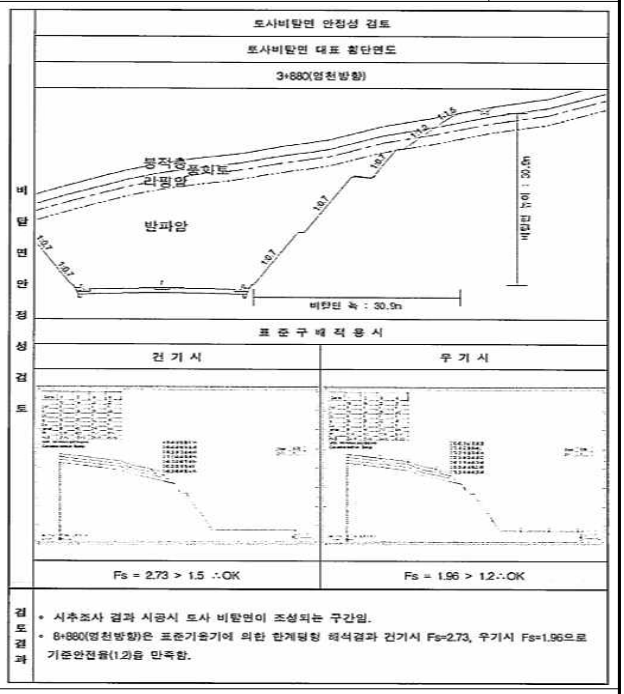
FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

【표 31.2.4】 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

31.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

31.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 31.2.5】 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	◇사면부 붕괴 ◇낙석방지울타리 파손 ◇소단배수로 균열, 토사퇴적, 산마루측구 균열	◇전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
	◇보수·보강 이력 – 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇배수로 균열보수(하자)	◇보수부 상태 확인

31.3 현장조사 및 시험

31.3.1 현황 및 특성

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

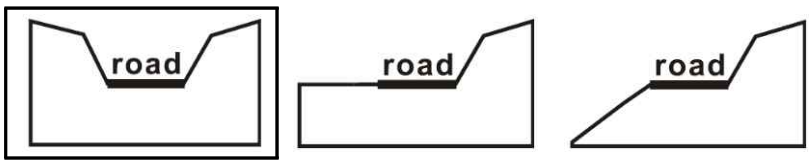
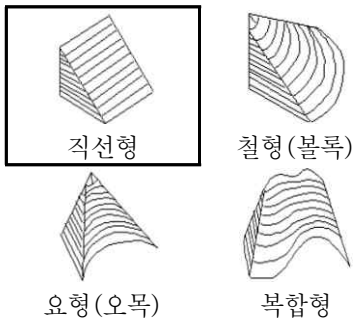
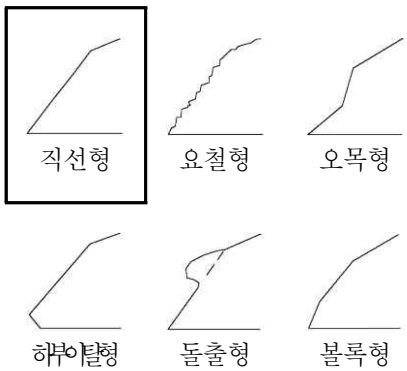
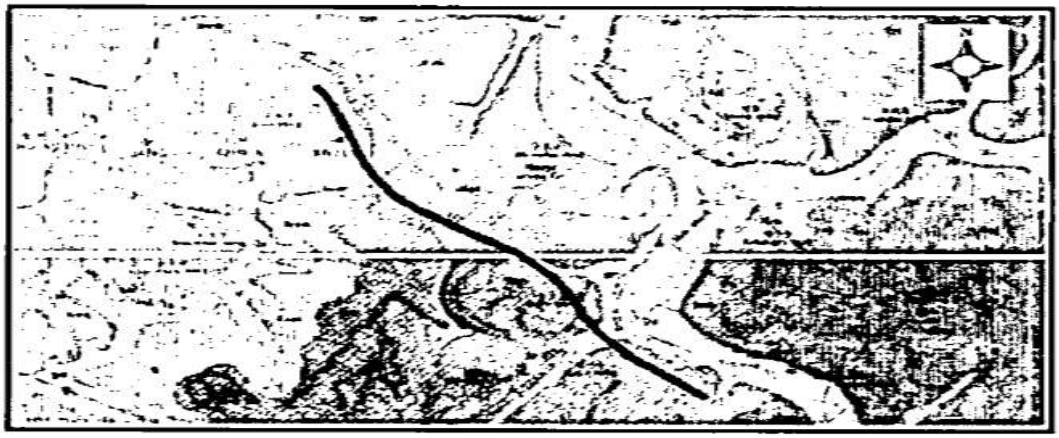
가. 일반현황 조사결과

【표 31.3.1】 일반현황 조사결과

<table>
<tr><td>조사일자</td><td>2025. 09. 30.</td><td>조 사 자</td><td>정 지 운</td></tr>
<tr><td>일 기</td><td>맑음</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월 27일</td></tr>
<tr><td>행정구역</td><td colspan="3">대구광역시 군위군 효령면 불로리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위 치</td><td colspan="3">시점 : 36° 16′ 57.9″ 128° 56′ 08.6″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 16′ 78.9″ 128° 55′ 76.7″</td></tr>
<tr><td rowspan="3">도 로</td><td colspan="3">관리이정 : 40.025 ~ 40.175km</td></tr>
<tr><td colspan="2">왕복 4차선</td><td>도로폭 : 24.5m</td></tr>
<tr><td colspan="3">교통량 : 30,787대/일</td></tr>
<tr><td rowspan="6">절토사면</td><td colspan="2">길 이 : 150.0m</td><td>높 이 : 31.0m</td></tr>
<tr><td colspan="3">경 사/경사방향 : 55/054</td></tr>
<tr><td colspan="3">도로와의 이격거리 : 평균 1.0~1.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">구성물질 : 암</td><td>토층심도 : 약 1.0~6.0m</td></tr>
<tr><td colspan="3">소 단 : 3</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">낙석/뜬돌</td><td colspan="2">낙석 존재유무 : 유</td><td>낙석의 양 : 0.1㎥</td></tr>
<tr><td colspan="3">낙석 평균크기 : 0.3×0.3×0.3
낙석 최대크기 : 0.3×0.3×0.3</td></tr>
<tr><td colspan="2">뜬돌 존재유무 : 없음</td><td>뜬돌의 양 : -</td></tr>
<tr><td colspan="3">뜬돌 평균크기 : -</td></tr>
<tr><td rowspan="9">절토사면
시공현황</td><td>종 류</td><td>위 치</td><td>상 태</td></tr>
<tr><td>산마루측구</td><td>40.025~40.175k</td><td>균열</td></tr>
<tr><td>소단배수로</td><td>40.075~40.165k</td><td>균열</td></tr>
<tr><td>수직도수로</td><td>40.175k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>계단식옹벽+앵커공</td><td>40.035~40.155k</td><td>균열, 파손 등</td></tr>
<tr><td>낙석방지울타리</td><td>40.065~40.145k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>야생동물유도울타리</td><td>40.165~40.175k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>낙석방지망</td><td>40.095~40.165k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td>점검계단</td><td>40.025~40.105k</td><td>양호</td></tr>
<tr><td rowspan="3">붕괴이력</td><td>유 형</td><td>규 모</td><td>위 치</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td colspan="3">·</td></tr>
</table>

나. 사면특성 조사결과

【표 31.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형	산악지형			
	종단면 형상				
	기타 특징	-			
절토사면의 특성	종횡단면		종단면특성		
상부 자연비탈면	경 사 도	10~20°			
	인장균열	무			
	포행흔적	무			
	수목의 기울어짐	무			
	인공구조물	무			
	산마루측구	유			
	계곡부	1개소			
지 질					
	지질각론	백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포, 사암 및 범람원 기원의 퇴적층이 교호			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수
	② 밀 도	하	4/2㎡	-	-
	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 1개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

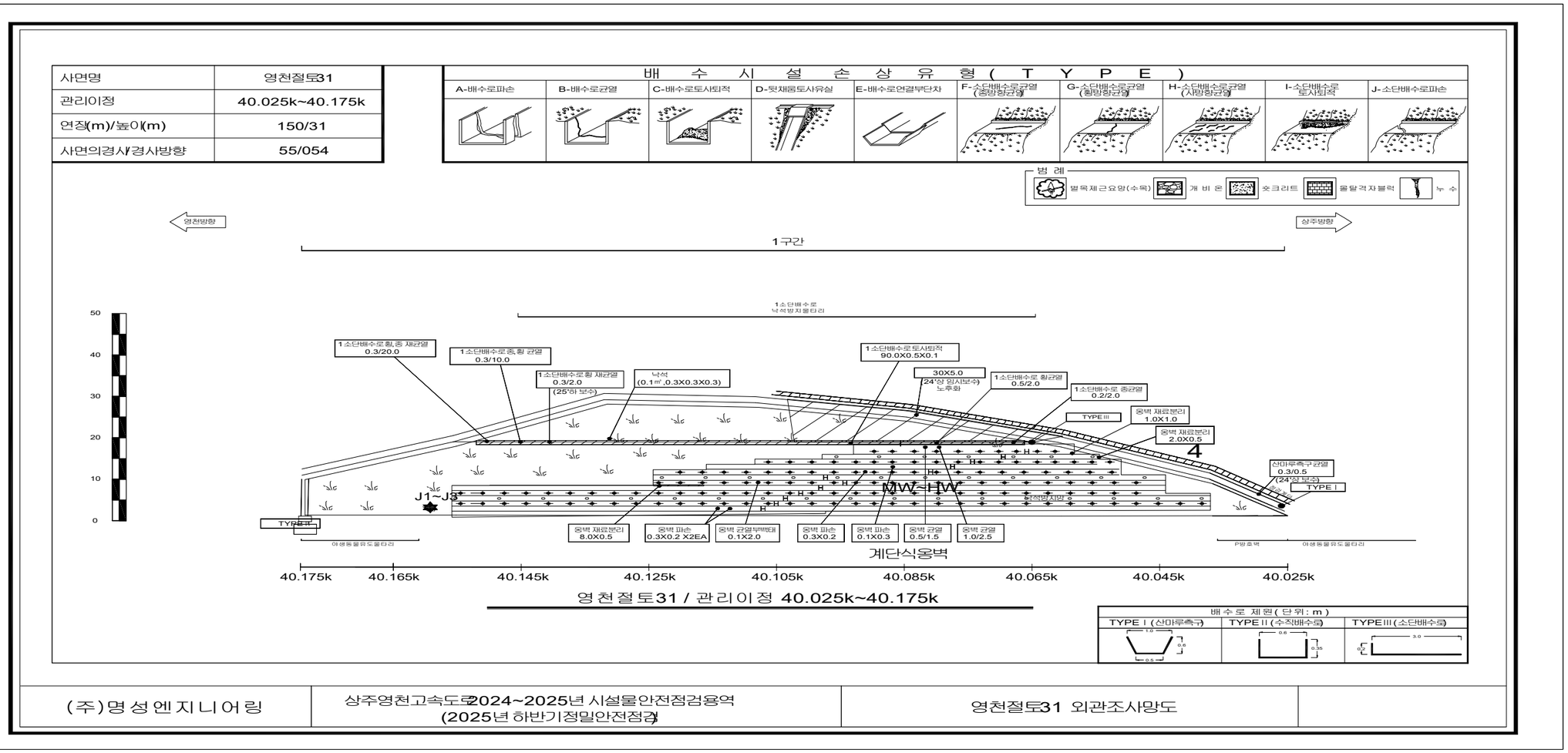
【표 31.3.3】 구간분할 결과

구 분	관리이정(k)	연 장(m)	높 이(m)	경사/경사방향	토층심도(m)	구성물질
1구간	40.025~40.175	150.0	31.0	55/054	4.5	암

31.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 영천절토31 / 40.025~40.175km

[방향 : 55/054 , 연장 : 150.0m , 높이 : 31.0m]



Bieniawski의 RMR 분류

간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)				풍화도	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칢	6	void		6		Fresh	6
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칢	5	hard	< 5	4		S.W.	5
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칢	3		> 5	2		M.W.	3
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2		H.W.	1
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0		C.W.	0

No.	J1	J2	J3						
방향	78/320	75/030	82/220						
간격	10	10	10						
연장	4	4	4						
틈새	5	5	5						
거칠기	3	3	3						
충전물	4	4	4						
풍화도	1	1	1						

31.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 영천절토31의 관리이정 40.025~40.175k의 구간으로 연장 150.0m, 높이 31.0m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 보호공, 식생공, 배수시설이 시공되어 있는 상태이다.

2023년 07월 05일 지속된 장마로 인한 지반악화 등에 의해 사면 붕괴가 일어났으며, 09월 12일 조사시 추가 붕괴우려로 인해 사면 외측 및 배수로 접근, 드론 등을 이용한 조사를 실시하였다.

1) 상부자연사면

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

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.
- 사면 붕괴 전 노출암반을 확인한 결과, 풍화등급은 보통풍화(MW)~심한풍화(HW) 정도로 판단된다.
- 2023년 07월 05일 지속된 장마의 영향에 따라 지반 약화, 토사유실 등에 의해 붕괴가 일어났으며, 2023년 12월~2024년 09월 계단식옹벽+앵커공 시공을 위한 사면 보강공사를 실시하였다.
- 40.065~40.095k 2단 사면부 유실에 대한 임시보수부의 경우 점검일 현재 노후화인 상태로 소단배수로 토사퇴적이 진행중이므로 표면보호공 등을 통한 유지관리가 요구된다.

3) 사면하부

- 사면하부는 L형측구 등이 설치되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설)

- 부대시설로는 계단식옹벽+앵커공(40.035~40.155k), 낙석방지울타리(40.065~40.145k), (야생동물유도울타리(40.165~40.175k), 점검계단(40.025~40.105k)이 설치되어 있으며, 낙석방지울타리, 야생동물유도울타리 및 점검계단은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리는 시공초기 건조수축, 온도변화, 수분접촉, 외부충격, 품질불량, 다짐미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 40.130k 2단 하부 낙석은 집중강우 등에 의해 발생된 것으로 소단배수로 낙석방지울타리에 의해 하부로 낙하 가능성이 낮은 것으로 판단되므로 낙석에 대한 정비를 실시하고 추가 손상 발생에 대한 주의관찰이 요구된다.
- 점검계단은 주변식생으로 인한 유지관리의 불편함을 초래할 수 있으므로 주기적인 정비를 실시하는 관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있으며, 산마루측구, 수직도수로는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 소단배수로 균열, 토사퇴적이 조사되었으며, 시공당시 다짐미흡으로 압밀작용 부위를 따라 배수로 자중, 강우, 지표수 유입에 의한 사면부 열화 등에 의해 발생된 것으로 판단된다. 조사된 손상은 손상부위로 지표수의 유입으로 인해 손상의 진전이 예상되므로 원활한 배수 및 유지관리를 위해 주입보수, 정비 등의 조치가 필요하다.

6) 공중이 이용하는 부위

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

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>상부자연사면 전경</td><td>현 황</td><td>계단식옹벽+앵커공 전경</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>상태양호</td><td>원 인</td><td>-</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>-</td><td>대 책</td><td>-</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>40.065~40.095k 2단 임시보수부 노후화</td><td>현 황</td><td>40.065~40.095k 2단 임시보수부 노후화</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>장마에 의한 지반약화, 토사유실 등</td><td>원 인</td><td>장마에 의한 지반약화, 토사유실 등</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>표면보호공</td><td>대 책</td><td>표면보호공</td></tr>
</table>

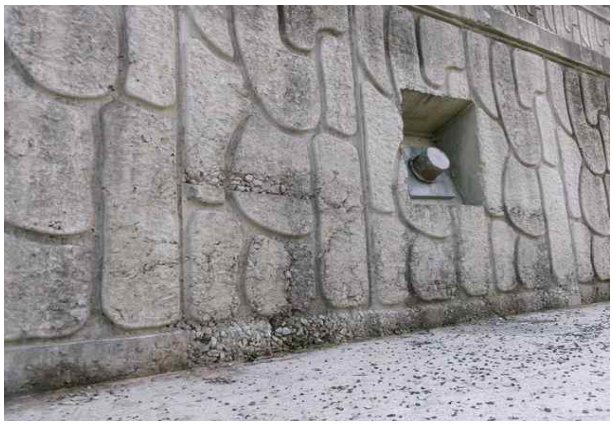
【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

현 황	40.105k 소단배수로 토사퇴적(90.0*0.5*0.1)	현 황	40.080k 소단배수로 균열(0.5/2.0)
원 인	강우, 지표수 유입 등에 의한 열화	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	정비	대 책	주입보수
현 황	40.130k 소단배수로 낙석(0.1㎥)	현 황	40.145k 소단배수로 균열(0.3/10.0)
원 인	집중강우	원 인	다짐미흡, 배수로 자중, 지표수 유입
대 책	정비	대 책	주입보수
현 황	40.060k 계단식옹벽 재료분리(1.0*1.0)	현 황	40.080k 계단식옹벽 균열(1.0*2.5)
원 인	다짐미흡	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	단면보수	대 책	주입보수

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

현 황	40.110k 계단식옹벽 균열부백태
원 인	건조수축, 수분접촉
대 책	표면처리

현 황	40.090k 계단식옹벽 파손
원 인	외부충격
대 책	다면보수



현 황	40.120k 계단식옹벽 재료분리
원 인	다짐미흡
대 책	단면보수

현 황	소단배수로 낙석방지울타리 전경
원 인	상태양호
대 책	-

【사진 31.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 31.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	주의관찰	
사면부	임시보수 노후화	㎡	150.0	1	표면보호공	
	낙석	㎥	0.10	1	정비	
사면하부	상태양호	-	-	-	주의관찰	
부대시설	계단식옹벽 균열	m	4.00	2	주입보수	
	계단식옹벽 균열부백태	㎡	0.20	1	표면처리	
	계단식옹벽 파손	㎡	0.21	4	단면보수	
	계단식옹벽 재료분리	㎡	6.00	3	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	34.00	4	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	㎥	4.50	1	정비	

다. 시설물내 옹벽 점검결과

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

【표 31.3.5】 옹벽 점검결과

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

31.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결함 항목별 발생원인 분석

【표 31.3.6】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	발생원인	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	-	-
사면부	임시보수 노후화 낙석	강우, 지표수 유입에 의한 열화 강우, 지표수 유입에 의한 풍화	계단식옹벽+앵커
사면하부	상태양호	-	-
배수시설	소단배수로 균열 소단배수로 토사퇴적	다짐미흡, 우수유입 강우, 지표수 유입 등의 열화	주입보수 정비
부대시설	계단식옹벽 균열 계단식옹벽 균열부백태 계단식옹벽 파손 계단식옹벽 재료분리	건조수축, 온도변화 수분접촉 외부충격 다짐미흡	주입보수 표면처리 단면보수 단면보수
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면은 양호한 상태이며, 사면부는 기존 붕괴이후 계단식옹벽+앵커공이 시공된 상태이다. 사면부 임시보수 노후화, 낙석은 소단배수로 토사퇴적이 진행중이므로 표면보호공, 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 배수시설에 발생한 균열, 토사퇴적은 원활한 배수기능 확보를 위해 보수 및 청소가 요구된다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 국부적인 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리 등은 손상의 정도가 경미하나 내구성 확보 차원에서 보수를 실시하는 것이 필요하다.		

【표 31.3.7】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	-	-	-	주의관찰	
사면부	임시보수 노후화	㎡	150.0	1	표면보호공	
	낙석	㎥	0.10	1	정비	
사면하부	상태양호	-	-	-	주의관찰	
부대시설	계단식옹벽 균열	m	4.00	2	주입보수	
	계단식옹벽 균열부백태	㎡	0.20	1	표면처리	
	계단식옹벽 파손	㎡	0.21	4	단면보수	
	계단식옹벽 재료분리	㎡	6.00	3	단면보수	
배수시설	소단배수로 균열	m	34.00	4	주입보수	
	소단배수로 토사퇴적	㎥	4.50	1	정비	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교(결함의 진행성 분석)

전회(2023년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 사면붕괴, 낙석방지울타리 파손, 산마루측구 균열에 대한 보수 · 보강이 실시되었으며, 금회 점검시 임시보수 노후화, 낙석, 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리, 소단배수로 균열, 토사퇴적 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 31.3.8】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2023년)		금회(2025년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	
사면부	사면붕괴	㎥	3,600.0	1	–	–	▼3,600	
	임시보수 노후화	㎡	–	–	150.0	1	▲150.0	
	낙석	㎥	–	–	0.10	1	▲150.0	
사면하부	상태양호	–	–	–			–	
부대시설	계단식옹벽 균열	m	–	–	4.00	2	▲4.00	
	계단식옹벽 균열부백태	㎡	–	–	0.20	1	▲0.20	
	계단식옹벽 파손	㎡	–	–	0.21	4	▲0.21	
	계단식옹벽 재료분리	㎡	–	–	6.00	3	▲6.00	
	낙석방지울타리 파손	m	100.0	1	–	–	▼100.0	
배수시설	소단배수로 균열	m	27.0	3	34.00	4	▲7.00	
	소단배수로 토사퇴적	㎥	1.0	1	4.50	1	▲3.50	
	산마루측구 균열	m	0.5	1	–	–	▼0.50	

31.3.5 공중이 이용하는 부위 점검

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

【표 31.3.9】 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	

31.3.6 재료시험 결과

영천절토31은 비탈면 분류결과 암반사면으로 판정되었고, 암반사면 재료시험인 슈미트해머를 이용한 반발경도시험 및 풍화등급, 불연속면 특성조사를 분할된 구간별로 시험을 실시하였다.

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 위치 및 결과

암반용 슈미트해머를 이용한 반발경도시험은 구간별로 1회씩 강도조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 세부시험값은 부록에 첨부하였다.

【표 31.3.8】 반발경도시험 결과

시험위치	상위50% 평균값 (대표값)	일축압축강도 추정(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 40.115km	53.5	98.6	경암	
–	–	–	–	
–	–	–	–	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 53.5 으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 98.6MPa로 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 31.3.9】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분	위 치	전회(2023년)	금회(2025년)	비고
		일축압축 추정강도(MPa)	일축압축 추정강도(MPa)	
반발경도시험	1구간	92.6	98.6	경암

영천절토31 반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 09. 30. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 외관조사 위치(m) 참조
시험 대상 구조물	영천절토01 (L=400.0m, H=34.2m)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정, 암반노출부
시험시의 온도	20.9℃, 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

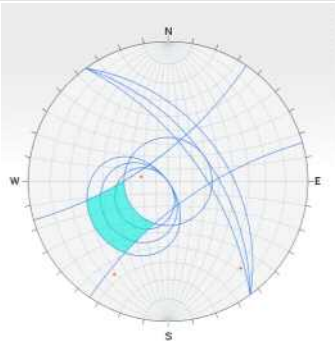
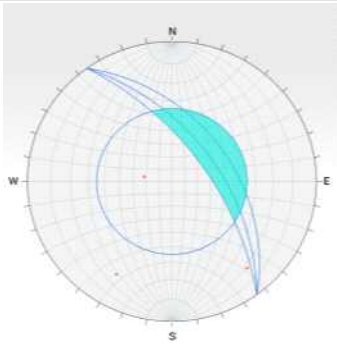
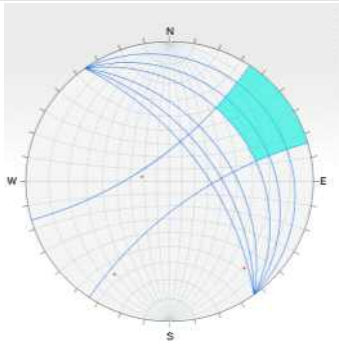
【사진 31.3.2】 불연속면 측정 현황

2) 불연속면 조사 결과

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

【표 31.3.10】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분		J1	J2	J3	절리상태 점수		
					J1	J2	J3
종류		절리	절리	절리	–	–	–
방향성		78/320	75/030	82/220	–	–	–
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(㎜)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 미만	1	1	1
	거칠기	약간 거침	약간 거침	약간 거침	3	3	3
	충진물질	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	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	쐐기파괴	전도파괴
		
안정	안정	안정

- 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음
- 쐐기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음
- 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음

31.4 상태평가

31.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 150m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 1구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 표기하였다.

【표 31.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	40.025~40.175km	150m	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 31.5.2]에 수록하였다.

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

- 토층심도율(SR)

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

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

- 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 31.4.2】 비탈면 분류결과

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height} = \frac{4.5}{31.0} = 0.15$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	반발경도측정결과 98.6㎫으로 10㎫이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3} Si}{3} = 0.4,\ \frac{Ib}{H} = \frac{0.4}{31.0} = 0.013$로 0.01초과	절리암반	

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

구분	S_1	S_2	S_3	Ib	H	블록크기비(BR)
1구간	0.5	0.3	0.4	0.4	31.0	0.013

다. 강우량

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

본 사면은 구미에 위치한 사면으로 기상청자료(최근 30개년)를 획득하여 다음에 정리하였다.

구분	일 최다 강우량(㎜)									
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									

31.4.2 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)

|30 - 54| = 24° 로 사면방향과 20° ~30° 범위이므로 4점(c)

1-6. 절리경사-사면경사

사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리 없음. 0점(a)

1-7. 절리상태

1구간 J2의 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 118.4㎜이며, 지하수위는 시추조사 미실시로 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, 토사퇴적 등에 의해 보통인 2점(c)

1-12. 보호/보강상태

보호/보강상태인 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리가 조사되었으나 전반적으로 양호한 상태로 2점(b)

【표 31.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토31		표번호	[표 31.5.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	40.025~40.175km	
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태점수	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		상태점수	비고
		위치	규모		
1-4	-	-	-	0	
조사일시	2025. 09. 30.		조사자	정 지 운	

【표 31.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토31		표번호	[표 31.5.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	40.025~40.175km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-경사방향	|030 - 054| = 24°	4		
1-6		절리경사-사면경사	사면방향과 20° 이내의 차이를 보이는 절리가 없음	0		
1-7		절리상태	보통(절리상태 점수 2.2점)	3		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	118.4㎜(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. 09. 30.		조사자	정 지 운		

나. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다.

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

【표 31.4.5】 상태평가결과 산정표(1구간)

<table>
<tr><th colspan="3">시설물명</th><th colspan="4">영천절토31</th><th>표번호</th></tr>
<tr><th colspan="3">근거표번호</th><th colspan="4">[표 31.5.3], [표 31.5.4]</th><th>[표 31.5.5]</th></tr>
<tr><th colspan="3">평가요소</th><th>결함점수</th><th>결함종류별 평가결과</th><th>총점</th><th>결함지수</th><th>상태등급</th></tr>
<tr><td rowspan="4">손상상태</td><td rowspan="3">파괴징후</td><td>① 인장균열</td><td>0</td><td>a</td><td rowspan="4">0</td><td rowspan="4">f1=0.00</td><td rowspan="4">a</td></tr>
<tr><td>② 지반변형</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>③ 구조물변형</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="2">④ 파괴현황</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="9">파괴요인</td><td rowspan="3">지반상태</td><td>⑤ 절리방향-사면방향</td><td>4</td><td>c</td><td rowspan="9">15</td><td rowspan="9">f2=0.29</td><td rowspan="9">b</td></tr>
<tr><td>⑥ 절리경사-사면경사</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>⑦ 절리상태</td><td>3</td><td>c</td></tr>
<tr><td>사면형상</td><td>⑧ 사면의 경사</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>자연요인</td><td>⑨ 강우 및 지하수</td><td>2</td><td>c</td></tr>
<tr><td rowspan="3">인위요인</td><td>⑩ 절취상태</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>⑪ 배수조건</td><td>2</td><td>c</td></tr>
<tr><td>⑫ 보호/보강 상태</td><td>2</td><td>b</td></tr>
<tr><td colspan="3">합계(Σ)</td><td></td><td></td><td>15</td><td>F=0.20</td><td>A</td></tr>
<tr><td colspan="3">상태평가결과</td><td colspan="5">○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00
○파괴요인지수(f2) : 15 / 52 = 0.29
○상태평가등급(F) : 15 / 76 = 0.20</td></tr>
</table>

【표 31.4.6】 상태평가결과(총괄)

구 분	영천절토31		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급
1구간	0.20	B	0.20	B

다. 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	ㅇ손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	ㅇ추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	ㅇ추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	ㅇ고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	ㅇ추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

평가기준	상 태
a	ㅇ포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	ㅇ포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	ㅇ포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	ㅇ깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ㅇ배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	ㅇ도로포장 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

31.5 종합평가 및 안전등급 지정

31.5.1 종합평가 결과

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

【표 31.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토31		표 번 호	【표 31.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.20	B	근거표번호	【표 31.4.5】
	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.20	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

31.5.2 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 31.5.2】 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	· 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C (보통)	· 보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장이 없으며, 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	· 손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	· 심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

31.5.3 이전 정밀안전점검과의 비교

【표 31.5.3】 이전 정밀안전점검과의 비교

평가구분		전차 정밀안전점검(2023년)		금회 정밀안전점검(2025년)	
		결함지수	평가결과	결함지수	평가결과
상태평가	1구간	F=0.41	C	F=0.20	B
	2구간				
	3구간				
안전성평가		해당없음	-	해당없음	-
등급 변경사유		계단식옹벽 시공으로 인하여 기존 붕괴에 대한 보수가 실시되어 결함지수는 감소하였으며, 등급의 변경은 C등급에서 B등급으로 상향된 상태이다.			

31.6 보수·보강 및 유지관리방안

31.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 31.7.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

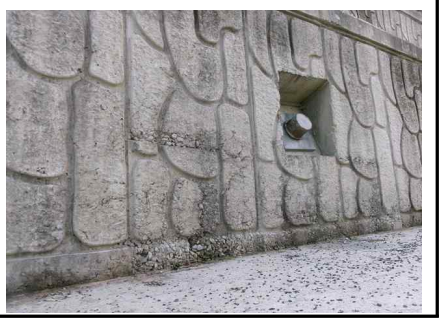
구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
사면부	임시보수 노후화	표면보호공	150.0	225.00	㎡	1식	10,000	2
	낙석	정비	0.10	0.15	㎥	25	4	3
사면하부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
부대시설	계단식옹벽 균열	주입보수	4.00	6.00	m	65	390	2
	계단식옹벽 균열부백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	54	16	2
	계단식옹벽 파손	단면보수	0.21	0.32	㎡	165	53	2
	계단식옹벽 재료분리	단면보수	6.00	9.00	㎡	165	1,485	2
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	34.00	51.00	m	65	3,315	1
	소단배수로 토사퇴적	정비	4.50	6.75	㎥	25	169	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	3,315		11,944			173	
	재경비 (순공사비의 50%)	1,658		5,972			87	
	합계	4,973		17,916			260	
개략공사비 총계(천원)		23,149						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.
주3) 사면붕괴에 대한 보강공사가 진행중이므로 사면붕괴, 낙석방지울타리 파손에 대한 공사비는 1식으로 산정함

31.6.2 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 31.7.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사면부	· 임시보수부 노후화 → 장기공용시 집중강우 등에 의한 유실이 발생할 수 있으므로 표면보호공과 같은 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
배수시설	· 배수로 균열, 토사퇴적 구간 → 손상부에 대한 보수 및 정비가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호시설	· 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리 등 → 손상부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요 · 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	 

31.7 종합결론

31.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 풍화등급은 보통풍화(MW) ~ 심한풍화(HW) 정도이다. 상부자연사면은 양호한 상태이며, 사면부는 기존 붕괴이후 계단식옹벽+앵커공이 시공된 상태이다. 사면부 임시보수 노후화, 낙석은 소단배수로 토사퇴적이 진행중이므로 표면보호공, 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 배수시설에 발생한 균열, 토사퇴적은 원활한 배수기능 확보를 위해 보수 및 청소가 요구되며, 계단식옹벽 균열, 균열부백태, 파손, 재료분리 등은 손상의 정도가 경미하나 내구성 확보 차원에서 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도 시험결과, 상위50% 평균값(대표값)은 53.5 으로 측정되었으며, 일축압축강도추정 98.6㎫로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 지반상태로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다. 계단식옹벽 시공으로 인하여 기존 붕괴에 대한 보수가 실시되어 결함지수는 감소하였으며, 등급의 변경은 C등급에서 B등급으로 상향된 상태이다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

31.7.2 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.

31.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 임시보수부 노후화 구간은 집중강우 등에 의한 유실이 발생할 수 있으므로 표면보호공과 같은 보수가 필요하다.
- 배수로 균열, 토사퇴적 등은 배수기능 확보차원에서 보수 및 정비가 요구된다.
- 계단식옹벽 균열, 파손 등의 손상부는 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.

31.7.4 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.