32. 영천절토32

32.1 시설물 개요
32.2 자료수집 및 분석
32.3 현장조사 및 시험
32.4 상태평가
32.5 종합평가 및 안전등급 지정
32.6 보수·보강 및 유지관리 방안
32.7 종합결론

32. 영천절토32

32.1 시설물의 개요

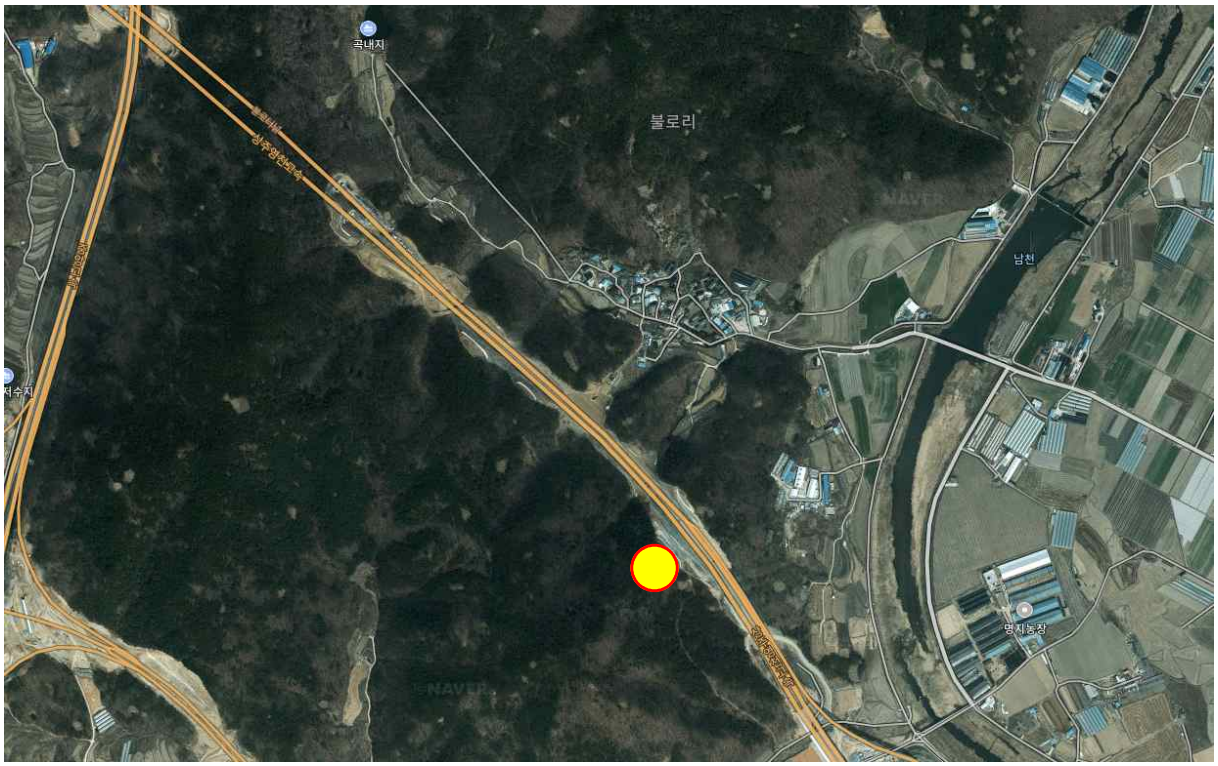
본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 불로리(상주영천고속도로 40.545~40.895km)에 위치한 사면으로서 총 연장 350.0m, 높이 47.0m의 절토사면으로 시공되어 있다.

32.1.1 일반사항

【표 32.1.1】 사면 일반사항

<table>
<tr><td>시설물번호</td><td colspan="2">SL2017-0000044</td><td>관리번호</td><td>SY SL32</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">영천절토32</td><td>시설물구분</td><td>절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="5">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="3">경상북도 군위군 효령면 불로리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">위치좌표</td><td colspan="3">시점 : 36° 16′ 17.7″ 128° 56′ 49.9″</td></tr>
<tr><td colspan="3">종점 : 36° 16′ 40.4″ 128° 56′ 28.7″</td></tr>
<tr><td>관리이정</td><td colspan="3">40.545～40.895km</td></tr>
<tr><td>공구이정</td><td colspan="3">5공구 STA.4+310～4+660</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>350m</td><td>높 이</td><td>47.0m</td></tr>
<tr><td>경사/방향</td><td>55/062</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>10~20°</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, 쏘일네일링</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

32.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 32.1.1】 위치도

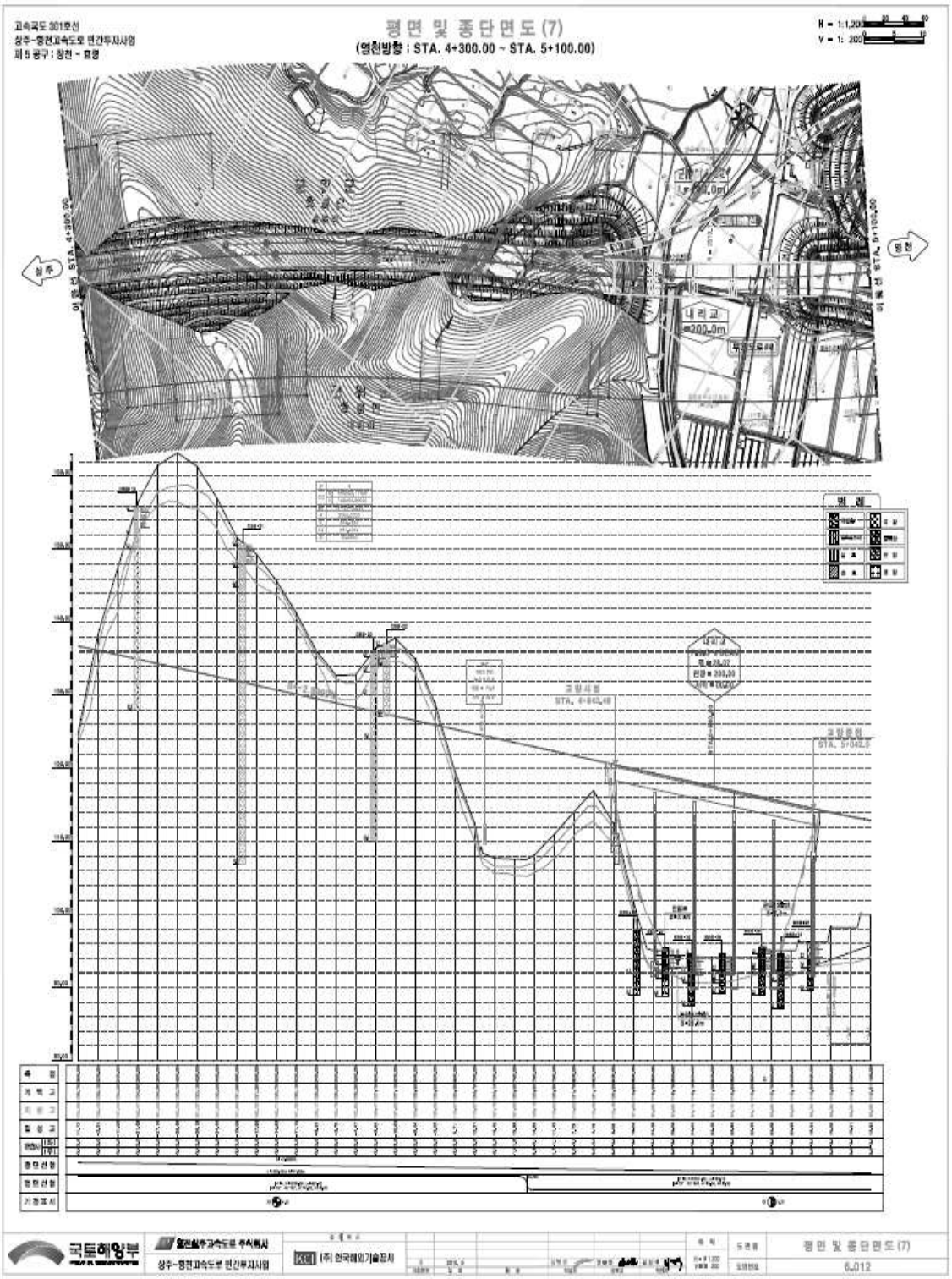
2019년 정밀안전점검(금회)

【그림 32.1.2】 전경사진

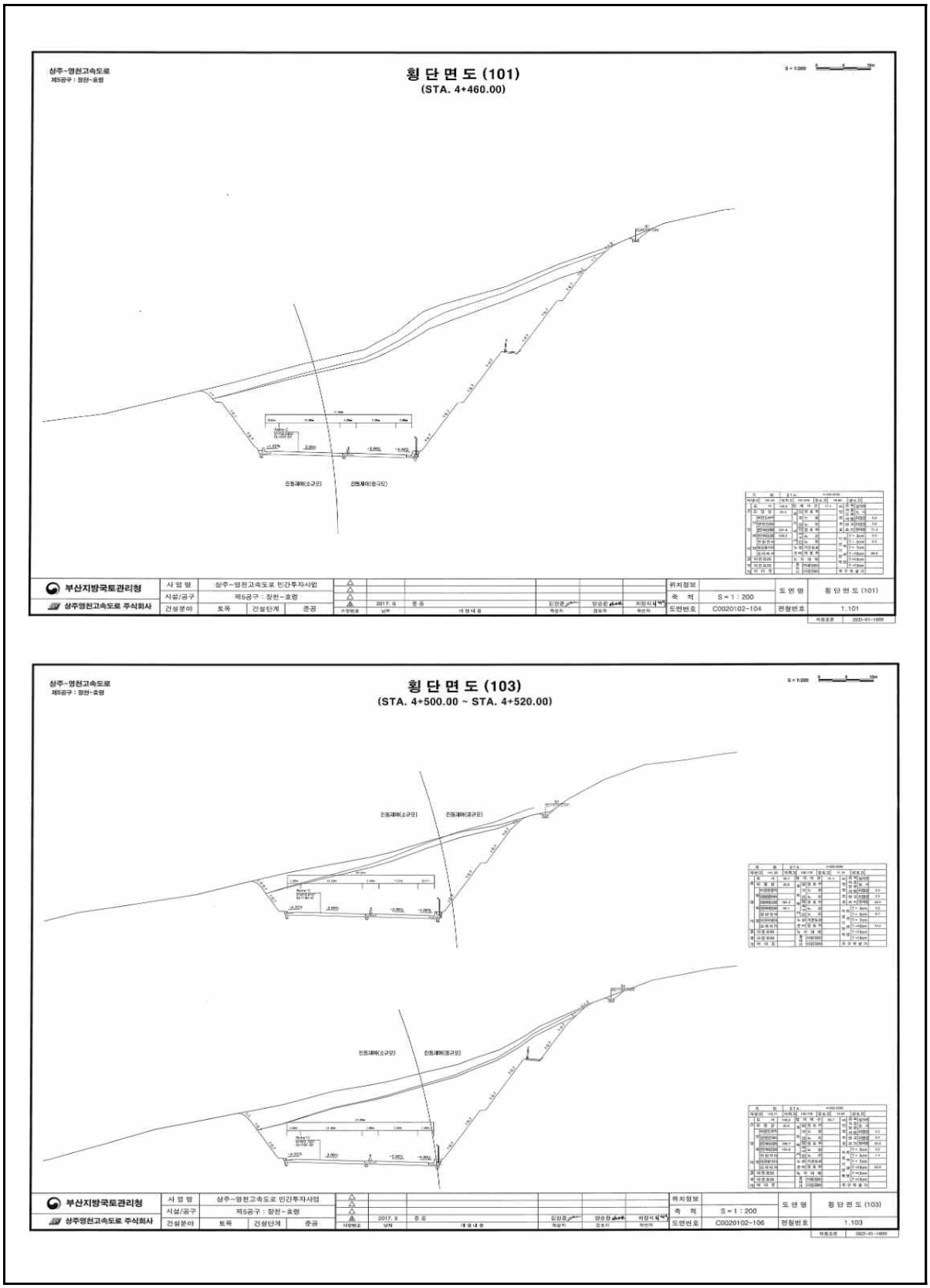
상단 전경	1소단 배수로 전경
산마루측구, 점검계단 전경	수직도수로, 점검계단 전경
하부 전경	낙삭방지망, 낙석방지울타리 전경

【그림 32.1.3】 부재별 현황

32.1.3 시설물 일반도



【그림 32.1.4】 평면도



【그림 32.1.5】 표준횡단면도

32.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

32.2.1 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

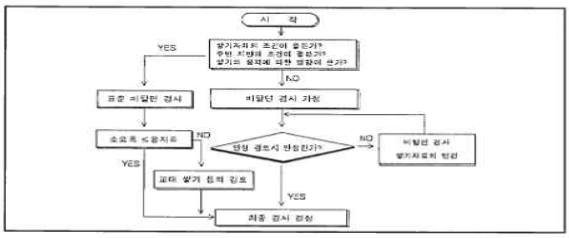
8.4 비탈면 설계기준

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

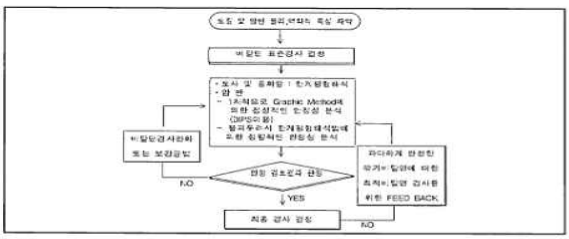
8.4.1 비탈면 기울기기준

가. 비탈면 기울기의 결정

(1) 쌓기 비탈면 기울기 결정에 따른 흐름도



(2) 깎기 비탈면 기울기결정에 따른 흐름도



282

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
	한국도지공사	· 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

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 층리나 절리등이 규칙있게 발달할 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 섞인 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 섞인 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

8.4.5 설계기준 선정

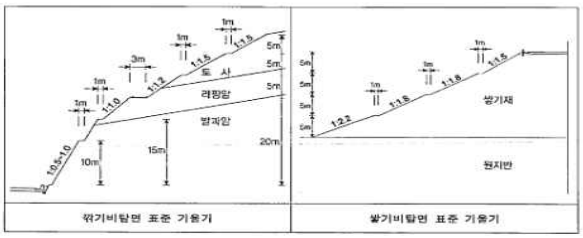
가. 비탈면 기울기 및 소단설치 기준

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
	리 핑 암	1 : 1.0	· 발파암 : - 수직높이 10m 마다 소단 1m 설치 (1:0.7~1:1.0 기울기 적용시)
	발 파 암	1 : 0.5~1.0	· 깎기 높이 20m 마다 3m 소단설치 · 리핑암과 발파암 사이에는 소단설치하지 않음
쌓기 비탈면	쌓 기 재	1 : 1.5~3.2	· 쌓기 높이 5m 마다 1m 소단설치



290

나. 지형 및 지질

4.2 지표지질 조사

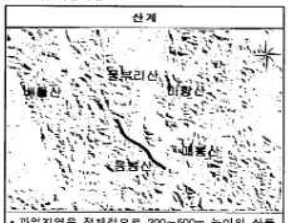
4.2.1 지형 및 지질특성

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

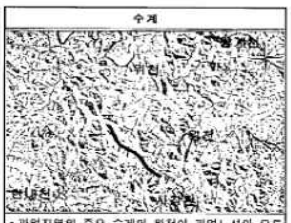
나. 지형특성

산계



- 과업지역은 전체적으로 200~500m 높이의 산릉이 고루 분포되어 있음
- 과업노선은 음봉산의 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

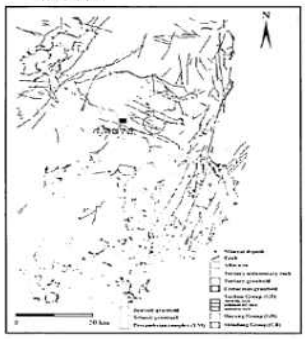
구 분	지질특성
낙동층 금담리층원 사암	• 낙동층의 하부층에 해당하는 만경상층원의 역질사암과 역암은 원마도가 불량한 석영과 암립리장석이 주를 이루며, 탄질물과 변질된 유색광물이 주로 산출됨
하산동층 사암	• 석영은 1 mm 내외의 것들로 원마도는 불량한 것들이 우세 • 하산동층 사암은 근거리에서 이동하여 형성
하산동층 세일	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달 • 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 판단
진주층 세일	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달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



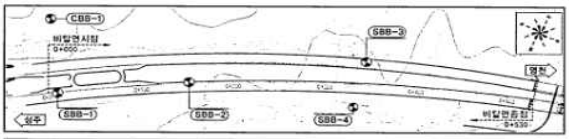
- 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 북북동향의 단층대가 도폭의 동부지역을 통과
- 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상누층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 쥬라기말의 대보화강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 피복되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달

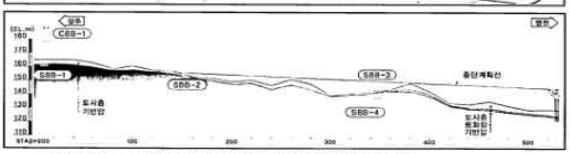
54

7.2 지층특성 분석

가. 본선비탈면구간

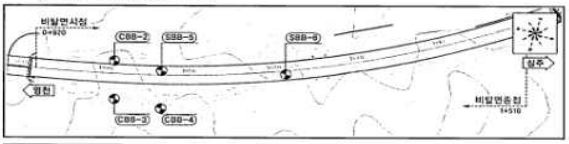
(1) 비탈면 1구간(STA.0+000~0+530)

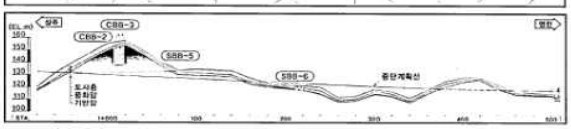




- 깎기 1구간은 토사층 2.3m의 두께로 분포하며 기반암은 9.7m에서 출현
- 쌓기 1구간은 토사층 0.8~3.0m, 풍화대층 0~2.5m의 두께로 분포하며 기반암은 0.8~5.0m에서 출현

(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 동일분류상 SC, SM, GM, CL, GW-GM, SW-SM에 해당됨
- 램프비탈면구간 함수비는 3.0~36.8%, 비중은 2.65~2.73로 동일분류상 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 창의와 효율로 정부재정지원의 효율적 집행 도모

1.4 위치도

• 구조물 현황

터널 구간	교량 구간		토공구간
• 불로터널(490m)	• 오로교(385m) • 모심교(260m) • 불당교(240m) • 불로교(45m)	• 중구교(200m) • 효령교(80m) • 갈외교(90m)	• 깎기구간(16개소)
• 중구터널(385m)		• 램프A-1교(35m) • 램프A-2교(17m) • 램프A-3교(30m) • 램프A-4교(50m) • 램프C교(240m)	• 쌓기구간(16개소) • 램프깎기구간(7개소)
• 효령터널(980m)			• 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

(2) 단계별 조사 수행
• 사전조사를 통한 중점검토사항 및 주요조사항목 선정
• 상세조사, 추가조사를 통한 지반정보자료 파악 및 분석 수행

우수하고 경제적인 설계 수행을 위한 상세 지반정보 제공

• 전기비저항 탐사 적용, 이상대 및 미시추구간 암반등급 산정
• 검사시추 및 특수시험을 통한 단층파쇄대 지질 및 공학적 특성 평가
(3) 중점검토구간 정밀조사 수행

• 다양한 분석기법을 적용, 암반등급별 최적의 설계지반정수 산정
• 구조구 분류를 통한 불연속면 특성 상세 분석
(4) 신뢰성 높은 분석 및 설계활용 극대화

나. 조사 수행 흐름도

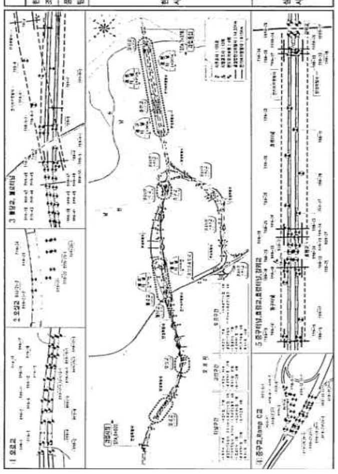
조사 수행절차	단계별 조사항목	조 사 목 적
사전 조사	• 기존자료 분석 - 예비조사 결과, 기존지질도 - 인근 현장사례	• 과업구간 현황 및 지반 공학적 문제점 파악 • 기본계획 자료 검토 및 활용
예비 조사	• 광역지표지질조사 • 물리탐사 • 시추조사 및 현장시험 • 실내토질 및 실내암석시험	• 단층 및 광역선구조 발달 상태 파악 후 상세조사 계획 수립 • 지층구분 및 구조대 파악 후 중점 검토 구간 설정
상세 조사	• 정밀 지표지질조사 • 물리탐사 - 전기비저항 탐사 등 • 현장조사 - 시추조사, 시험굴조사 등 • 현장시험 -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

3

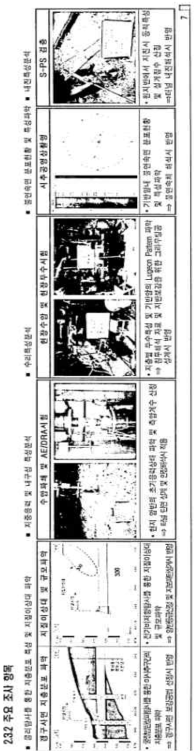
2.3 조사 수행 현황

2.3.1 조사 위치 및 수량

구 분		단 위	터널	교량	비탈면	토취장	계
현장조사	시추조사	공	38	84	70	3	195
	시험굴/핸드오거보링	개소	20	-	94	20	134
물리탐사	전기비저항탐사	km	6.15	-	-	-	6.15
	굴절법탄성파탐사	km	2.62	-	11.7	-	14.32
현장시험	현장투수시험	회	3	30	24	-	57
	암반수압시험	회	22	-	-	-	22
	공내재하시험 LLT	회	-	5	-	-	5
	공내재하시험 PMT	회	12	21	1	-	34
	공내재하시험 GMJ	회	23	-	-	-	23
	시추공진단시험	공	9	-	9	-	18
	수압파쇄시험	회	1	-	-	-	1
	S-PS검층	회	4	4	-	-	8
	시추공영상촬영	회	4	-	8	-	12
실내시험	토 질 시 험	• 기본물성 105회 • 직접전단 13회 • 다짐 및 CBR 13회					
	암 석 시 험	• 기본물성 71회 • 일축압축 167회 • 점하중 468회 • 삼축·인장/절리면전단 15/13회 • 이방성 3회 • AE/DRA 4회 • Swelling·Slaking 5회 • 암 응용성 7회 • X-ray 회절분석 3회					



2.3.2 주요 조사 항목

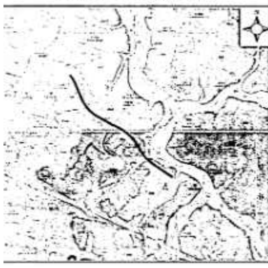


7

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, 미사질 세일 및 역암으로 구성 • 하산동층은 두께 약 700m이며 사암, 세일, 자색세일 또는 미사암, 역질사암 및 역암으로 구성 • 진주층은 두께 약 900m이며 사암(일부 역질), 회색 내지 암회색 세일, 역암 및 석회암(흔히 니회암질)박층 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

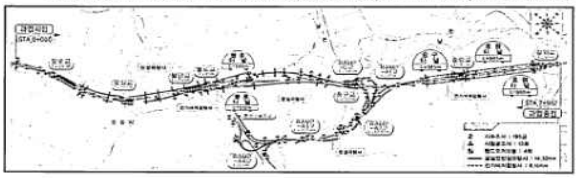
4.3.1 개 요

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

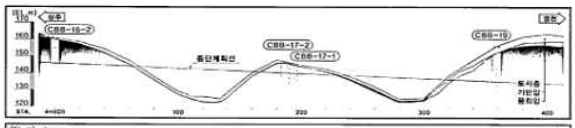


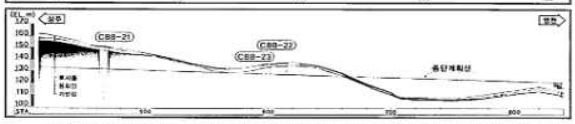
(1) 굴절법 탄성파 탐사

- 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

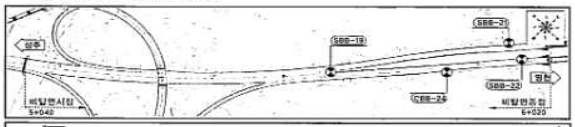
위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
중구터널 시점	(영천)6+000~6+080	종	80
	(상주)6+600~6+680	종	80
	6+030	횡	100
중구터널 종점	(영천)6+370~6+470	종	100
	(상주)6+370~6+470	종	100
	6+430	횡	100
효령터널 시점	(영천)6+545~6+660	종	115
	(상주)6+545~6+660	종	115
	6+590	횡	100
	6+635	횡	100
효령터널 종점	(영천)7+535~7+650	종	115
	(상주)7+535~7+650	종	115
	7+575	횡	100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

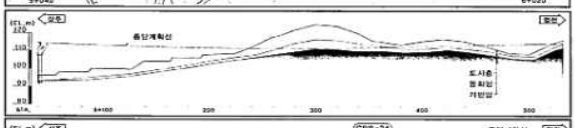


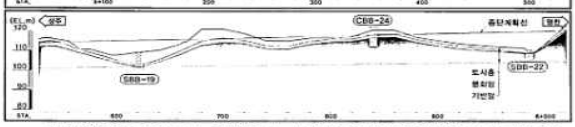


- 깎기 12구간은 토사층 0.5~5.7m, 풍화대층 1.8~2.8m의 두께로 분포하여 기반암은 2.7~7.5m에서 출현
- 쌓기 9, 10구간은 토사층 0.3m의 두께로 분포하여 기반암은 3.2m에서 출현
- 깎기 9, 10구간과 쌓기 7구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 1.0~3.0m의 두께로 분포
- 깎기 11구간과 쌓기 8구간은 토사층 0.5m, 풍화대층 2.0~3.0m의 두께로 분포

(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

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 기존굴착자료를 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, υ
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								

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

$V_m = -0.296 - 0.0056\,JRC + 2.241\left(\frac{JCS}{a_i}\right)^{-0.2500}$

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

32.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 32.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	영천절토32 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열 및 보수부 재균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	영천절토32 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 일부구간에서 균열 및 보수부 재균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	영천절토32 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 수직도수로 일부구간에서 균열 및 보수부 재균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 보수 및 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	영천절토32 사면은 지반변형 등의 파괴징후는 확인되지 않았으나, 소단배수로 및 수직도수로 일부구간에서 균열 및 보수부 재균열이 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 사면 안정성에 영향은 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.	양호

32.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

【표 32.2.2】 전차 정밀안전점검 사항

구 분	기간	실 시 결 과	비 고
영천절토32	해당사항 없음	본 시설물은 최초정밀안전점검임	

32.2.4 기존자료

【표 32.2.3】 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 비탈면 높이 : 47.0m, 연장 : 350.0m, 경사: 45°	실경사와 다소 차이가 있음 FMS 수정필요
시공관리자료	· 시공사 : 대림산업(주) 준공년(2017년 06월 27일) · 설계사 : ㈜한국해외기술공사	
기존점검	· 최초 정밀안전점검으로 정밀안전점검 자료 없음 · 기존 정기안전점검 4회 실시함	

32.2.5 시설물 보수 이력

【표 32.2.4】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

32.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 32.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	N		

32.3 현장조사 및 시험

32.3.1 현황 및 특성

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황 및 사면특성, 분류 및 구간분할 결과는 다음과 같다.

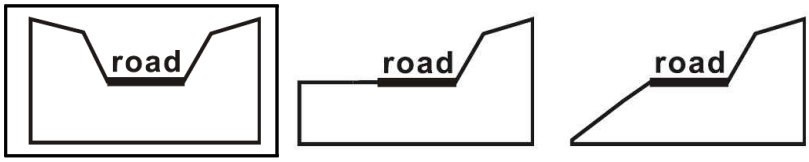
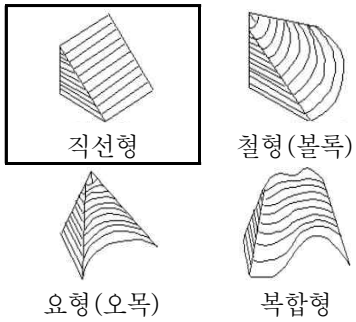
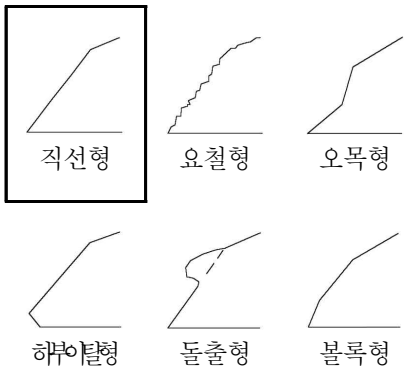
가. 일반현황 조사결과

【표 32.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2019. 11. 25.	조 사 자	장 진 원
일 기	맑음	준공년도	2017년 06월 27일
행정구역	경상북도 군위군 효령면 불로리		
위 경 도	시점 : 36° 16′ 17.7″ 128° 56′ 49.9″		
	종점 : 36° 16′ 40.4″ 128° 56′ 28.7″		
절토사면	길 이 : 350m	높 이 : 47.0m	
	경 사/경사방향 : 55/062		
	구성물질 : 암반	토층심도 : 약 1.0~7.0m	
	소 단 : 5		
낙석/뜬돌	낙석 존재유무 : 없음	낙석의 양 : -	
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -		
	뜬돌 존재유무 : 없음	뜬돌의 양 : -	
	뜬돌 평균크기 : - 뜬들 최대크기 : -		
절토사면 시공현황	종 류	위 치	상 태
	산마루 측구	40.545~40.895k	양호
	소단배수로	40.585~40.755k	양호
	수직도수로	40.805k	양호
	낙석방지울타리	40.585~40.765k	양호
	점검용 계단	40.805k	양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
기 타	·		

나. 사면특성 조사결과

【표 32.3.2】 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			
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

본 사면은 연장이 350m로써, 사면의 구간분할 기준인

1) 사면의 구성재료가 변화할 경우
2) 사면의 경사가 10° 이상으로 변할 경우
3) 사면의 구성재료와 표준경사가 맞지 않을 경우
4) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
5) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

위 기준에 의해, 구성재료가 비슷한 점과, 수직도수로를 기준으로 2개구간으로 구분하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

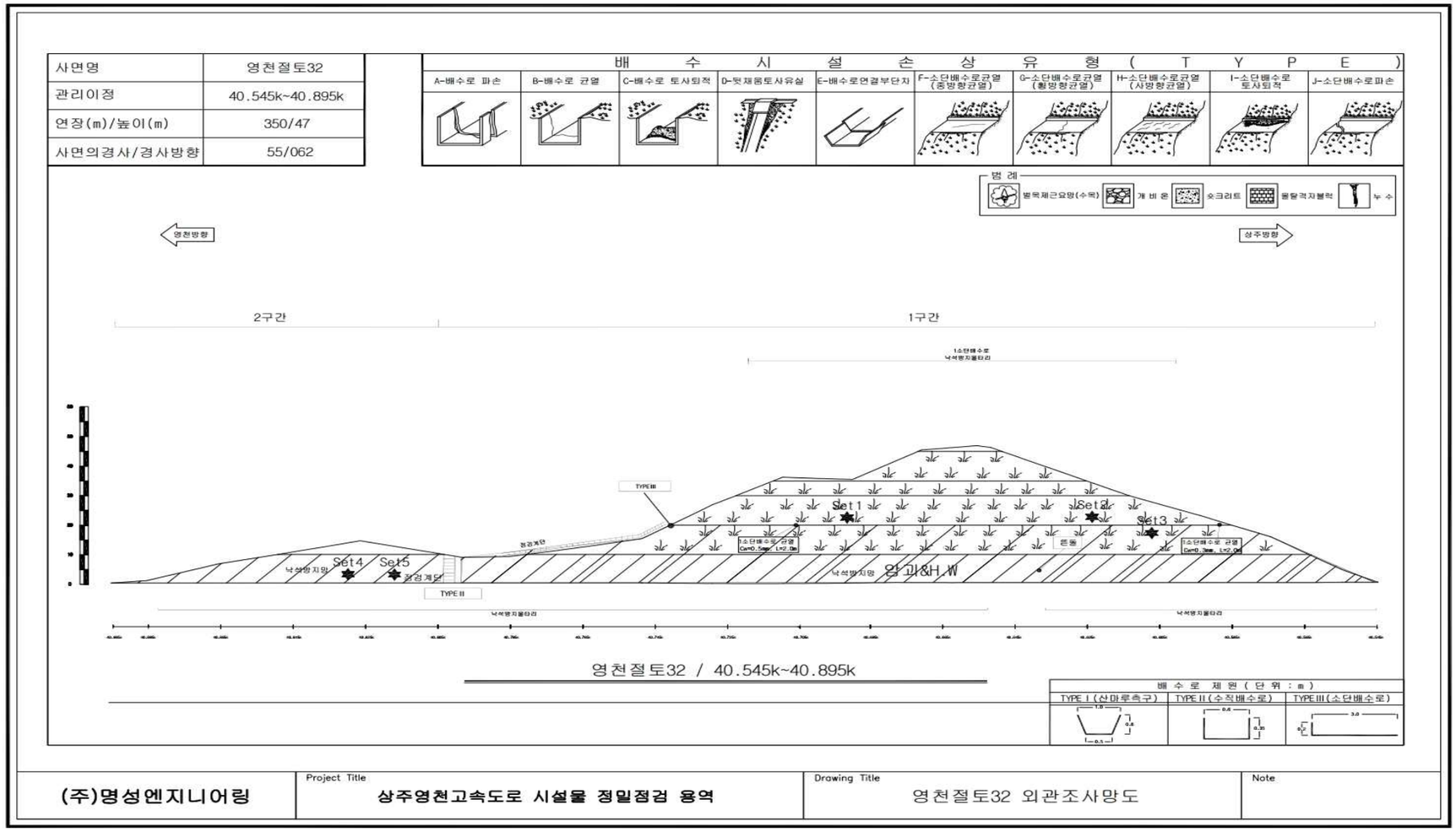
【표 32.3.3】 구간분할 결과

구 분	측 점	비 고
1구간	40.545~40.805km	260m
2구간	40.805~40.895km	90m

32.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)

절토사면명 : 영천절토32 / 40.545~40.895km

[방향 : 55/062 , 연장 : 350m , 높이 : 47.0m]



Bieniawski의 RMR 분류														No.	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6	Set 7	Set 8	Set 9
														방향	80/008	78/285	83/350	85/270	76/030				
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충전물(mm)			풍화도			간격	10	10	10	10	10				
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칢	6	void		6	Fresh	6		연장	4	4	4	4	4				
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칢	5	hard	< 5	4	S.W.	5		틈새	5	5	5	5	5				
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칢	3		> 5	2	M.W.	3		거칠기	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				
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0		풍화도	1	1	1	1	1				

32.3.3 외관조사 결과

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 사면 10~20° 의 경사로 되어 있으며, 풍화토 및 퇴적토가 존재하고, 관목이 서식하고 있다.

【그림 32.3.1】 상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 전반적으로 양호하다.
- 계곡부가 1개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	-	
2구간	상태양호	-	

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

사면에 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다.

【그림 32.3.2】 사면 전경

2) 조사결과

- 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 기점검인 19년 정기안전점검과 비교시 식생이 양호해 진 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이다.
- 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	-	
2구간	상태양호	-	

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구, 수직도수로가 시공되어 있다.

【그림 32.3.3】 배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 배수시설에 대한 점검결과, 소단배수로에 균열이 일부 조사되었다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	소단배수로 균열	L=6.0m, 3EA	
2구간	상태양호	-	

현 황	40.705K 소단배수로 균열	현 황	40.855K 소단배수로 균열
원 인	건조수축, 우수유입	원 인	건조수축, 우수유입
대 책	균열보수	대 책	균열보수

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

대상 사면 내에는 점검계단, 낙석방지망, 낙석방지울타리가 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

【그림 32.3.4】 보호/보강시설 전경

2) 조사결과

■ 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	-	
2구간	상태양호	-	

32.3.4 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 32.3.4】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	상태양호	-
배수시설	소단배수로 균열	균열보수
상부 자연사면	상태양호	-
보강시설	상태양호	-
결과요약	사면 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부가 1개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 균열이 일부 조사되었으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.	

【표 32.3.5】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
사면부	상태양호	-	-	-	
배수시설	소단배수로 균열	m	6.0	3	
상부자연사면	상태양호	-	-	-	
보강시설	상태양호	-	-	-	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이다.

【표 32.3.6】 전차대비 손상수량 증감표

구 분	손상 내용	단위	전회	금회	증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	물량		
사면부	상태양호	-	-	-	-	
배수시설	소단배수로 균열	m	-	6.0	▲6.0	
상부자연사면	상태양호	-	-	-	-	
보강시설	상태양호	-	-	-	-	

32.3.5 재료시험 결과

가. 시험결과

본 사면에 대하여 암반용 슈미트해머를 이용한 강도조사를 실시하였으며, 시험결과는 다음과 같다.

【표 32.3.7】 반발경도시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(㎫)	암 판정 결과	실시 전경
40.565km	59.2	140.2	경암	
40.845km	58.0	132.8	경암	
-	-	-	-	
검토의견	·암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 58.0~59.2로 측정되었으며, 추정강도 132.8~140.2㎫로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

나. 이전 정밀점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이다.

초기점검과 비교시 위치차이에 의한 추정강도 차이가 다소 있으나, 강도저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 32.3.8】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	위 치	반발경도(Ro)	추정강도(㎫)	암 판정 결과
초기점검	-	50.8~54.0	80.5~114.6	-
금회	40.565km	59.2	140.2	경암
	40.845km	58.0	132.8	경암

32.3.6 불연속면 조사 결과

가. 측정현황

금회 구간분할 및 조사위치 선정에 따라 구간별 불연속면에 대해 조사를 실시하였으며, 조사결과는 다음과 같다.

절리경사/방향 측정	거칠기 측정	간격 측정

【그림 32.3.5】 불연속면 측정 현황

나. 측정결과

【표 32.3.9】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간		
	Set 1	Set 2	Set 3
방향성	80/008	78/285	83/350
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0
틈새(mm)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만
풍화도	HW	HW	HW

【표 32.3.10】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간		
	Set 4	Set 5	-
방향성	85/270	76/030	-
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	-
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	-
틈새(mm)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 미만	-
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	-
충진물질	딱딱함, 5㎜미만	딱딱함, 5㎜미만	-
풍화도	HW	HW	-

32.4 상태평가

32.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 350m의 사면으로서, 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 2구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~5으로 표기하였다.

【표 32.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	40.545~40.805km	260m	암반사면	Set1, Set2, Set3
2구간	40.805~40.895km	90m	암반사면	Set4, Set5

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면(2019.01, 한국시설전공단)” 의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 32.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 및 초기점검보고서를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 불연속면 조사시 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 32.4.2】 비탈면 분류결과

(㎫=10.2kg/㎠)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height}=\frac{7.0}{48.0}=0.15$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	반발경도측정결과 132.8~140.2㎫으로 10㎫이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height}=\frac{0.5}{48.0}=0.010$로 0.01초과	절리암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\,depth}{Slope\,height}=\frac{1.0}{20.0}=0.05$로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10㎫	반발경도측정결과 132.8~140.2㎫으로 10㎫이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\,size \in dex}{Slope\,height}=\frac{0.5}{20.0}=0.025$로 0.01초과	절리암반	

32.4.2 상태평가 결과

가. 1구간 상태평가 조사결과표

【표 32.4.3】 사면 손상상태 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토32		표번호	[표 32.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	40.545~40.805km	
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	2019. 11. 25		조사자	장 진 원	

【표 32.4.4】 사면 파괴요인 조사결과표 (1구간)

시설물명	영천절토32		표번호	[표 32.4.4]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	40.545~40.805km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	008 - 062 = -54°	0		
1-6		절리경사-사면경사	80 - 55 = 25°	0		
1-7		절리상태	유리	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	155.9㎜(구미, 10월 2일)	7	7	
		지하수위	-	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	2		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2019. 11. 25		조사자	장 진 원		

나. 2구간 상태평가 조사결과표

【표 32.4.5】 사면 손상상태 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토32		표번호	[표 32.4.5]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	40.805~40.895km	
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	2019. 11. 25		조사자	장 진 원	

【표 32.4.6】 사면 파괴요인 조사결과표 (2구간)

시설물명	영천절토32		표번호	[표 32.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	40.805~40.895km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	030 - 062 = -32°	2		
1-6		절리경사-사면경사	76 - 55 = 21°	0		
1-7		절리상태	유리	2		
2. 사면형상						
1-8	절리암반	사면의 경사	55°	1		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	155.9㎜(구미, 10월 2일)	7	7	
		지하수위	-	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	절리암반	절취상태	좋음	2		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2019. 11. 25		조사자	장 진 원		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다.

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

【표 32.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			영천절토32				표번호
근거표번호			[표 32.4.3], [표 32.4.4]				[표 32.4.7]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	0 0 2	a a b	13	f2=0.25	b
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	7	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	2 1 0	b b a			
합계(Σ)					13	F=0.17	B
상태평가결과	○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 13 / 52 = 0.25 ○상태평가등급(F) : 13 / 76 = 0.17						

【표 32.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			영천절토32				표번호
근거표번호			[표 32.4.5], [표 32.4.6]				[표 32.4.8]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상상태	파괴징후	① 인장균열 ② 지반변형 ③ 구조물변형	0 0 0	a a a	0	f1=0.00	a
		④ 파괴현황	0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향 ⑥ 절리경사-사면경사 ⑦ 절리상태	2 0 2	b a b	15	f2=0.29	b
	사면형상	⑧ 사면의 경사	1	b			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	7	e			
	인위요인	⑩ 절취상태 ⑪ 배수조건 ⑫ 보호/보강 상태	2 1 0	b b a			
합계(Σ)					15	F=0.20	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 15 / 52 = 0.29 ○상태평가등급(F) : 15 / 76 = 0.20					

【표 32.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
영천절토32	0.17	B	0.20	B	0.20	B

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

본 시설물의 금회 실시하는 점검이 최초 정밀안전점검이다.

초기점검과 비교시 강우량에 대해 상태점수가 추가되어 지수상향으로 등급이 B로 하락하였다.

【표 32.4.10】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
초기점검	0.12	A	
금회	0.20	B	

32.5 종합평가 및 안전등급 지정

32.5.1 종합평가 결과

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

【표 32.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		영천절토32		표 번 호	【표 32.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.17	B	근거표번호	【표 32.4.7】
	2구간	0.20	B		【표 32.4.8】
	–	–	–	–	–
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.20	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

32.5.2 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 32.5.2】 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

32.6 보수·보강 및 유지관리방안

32.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 32.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
사면부	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
배수시설	소단배수로 균열	주입보수	6.0	9.00	m	70	630	1
상부자연사면	상태양호	–	–	–	–	–	–	–
보강시설	상태양호	–	–	–	–	–	–	–

개략공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	630	0	0
	재경비 (순공사비의 50%)	315	0	0
	합계	945	0	0
개략공사비 총계(천원)		945		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

32.6.2 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 32.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사면부	· 풍화구간 → 현재 낙석방지울타리 및 낙석방지망 설치로 안전성에 는 문제가 없는 상태이나, 장기공용시 우수 및 동결융해로 인한 유실이 발생할 수 있으므로, 주기적인 점검으로 통해 손상의 발생유무에 대한 확인, 유지관리를 실시	
배수시설	· 배수로 균열 구간 → 균열부에 대한 보수가 필요하며, 보수후에도 재손상 발생에 대한 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요	
보호시설	· 점검계단 식생 → 원활한 점검 및 유지관리를 위해 식생에 대한 정비가 필요	

32.7 종합결론

32.7.1 정밀점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 식생공, 낙석방지망이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 약한풍화(SW)~심한풍화(HW) 정도이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호~보통인 것으로 조사되었다. 계곡부가 1개소 조사되었고, 하절기 강우시 주의관찰이 요망된다. 일부 노출암 구간은 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 안전성에는 문제가 없으나, 공용기간이 증가할수록 우수 및 동결융해작용으로 풍화가 진행될 수 있으므로, 주기적인 주의관찰이 요망된다. 소단배수로 균열이 일부 조사되었으나, 배수기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다. 사면보호/보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 58.0~59.2으로서 추정강도 132.8~140.2㎫로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1, 2구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.20로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 1일 강우량, 절리상태로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

32.7.2 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.

32.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 점검계단 식생에 대해서는 정비를 실시하는 유지관리가 필요하다.

32.7.4 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.