

제2편 시 설 물 편

1. 삼덕대절토사면 좌측
2. 당고개절토사면 좌측
3. 당고개절토사면 우측

1. 삼덕대절토사면 좌측

STA.2+263~2+632

1.1 시설물 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 현장조사 및 시험

1.4 상태평가

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.7 종합결론

1.1 시설물 개요

본 시설물은 대구광역시 수성구 범안로(삼덕동 산39-1번지선)에 위치한 사면으로서 총 연장 369.0m, 높이 38.5m의 절토사면으로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 삼덕대절토사면 좌측 일반사항

시설물번호	SL2002-0000199		관리번호	-	
시설물명	삼덕대절토사면 좌측		시설물구분	절토사면	
위 치	행정구역	대구광역시 수성구			
	위치좌표	시점 : 35° 49' 49.0" 128° 40' 06.0"			
		종점 : 35° 50' 00.0" 128° 40' 11.0"			
	이 정	STA. 2+263 ~ 2+632			
제 원	연 장	369.0m	높 이	38.5m	
	경사/방향	50/115	노 선	광역시도(범안로)	
관리주체	대구동부순환도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	연호지하차도			
	주변지형	준산악	상부사면경사	15°	
시공현황	준공년도	2002. 08. 24	시 공 자	코오롱글로벌(주)	
	부대시설	낙석방지망, 낙석방지울타리, 락볼트			
비 고					

삼덕대절토사면 좌측

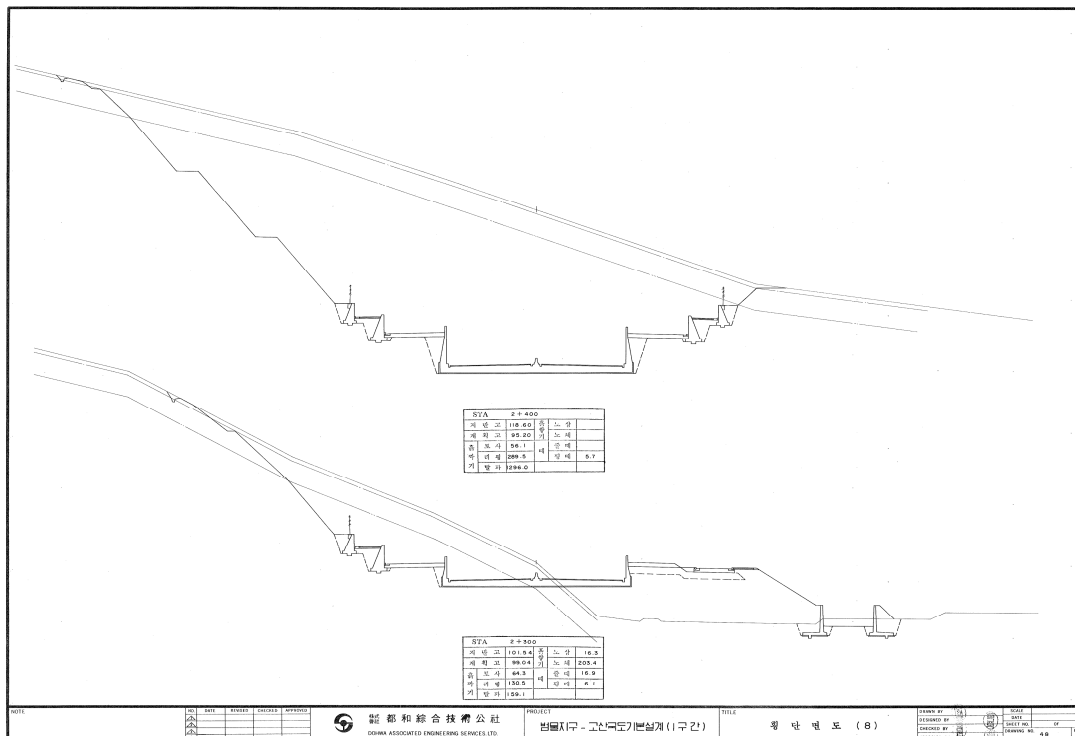
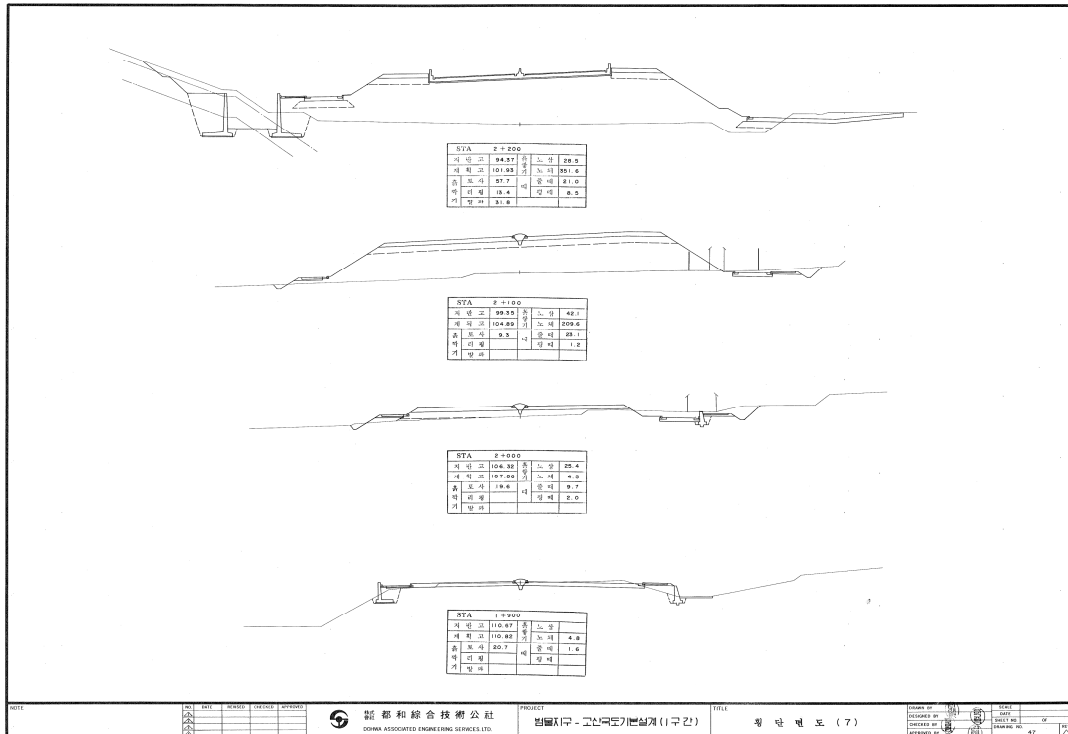


– 72 –

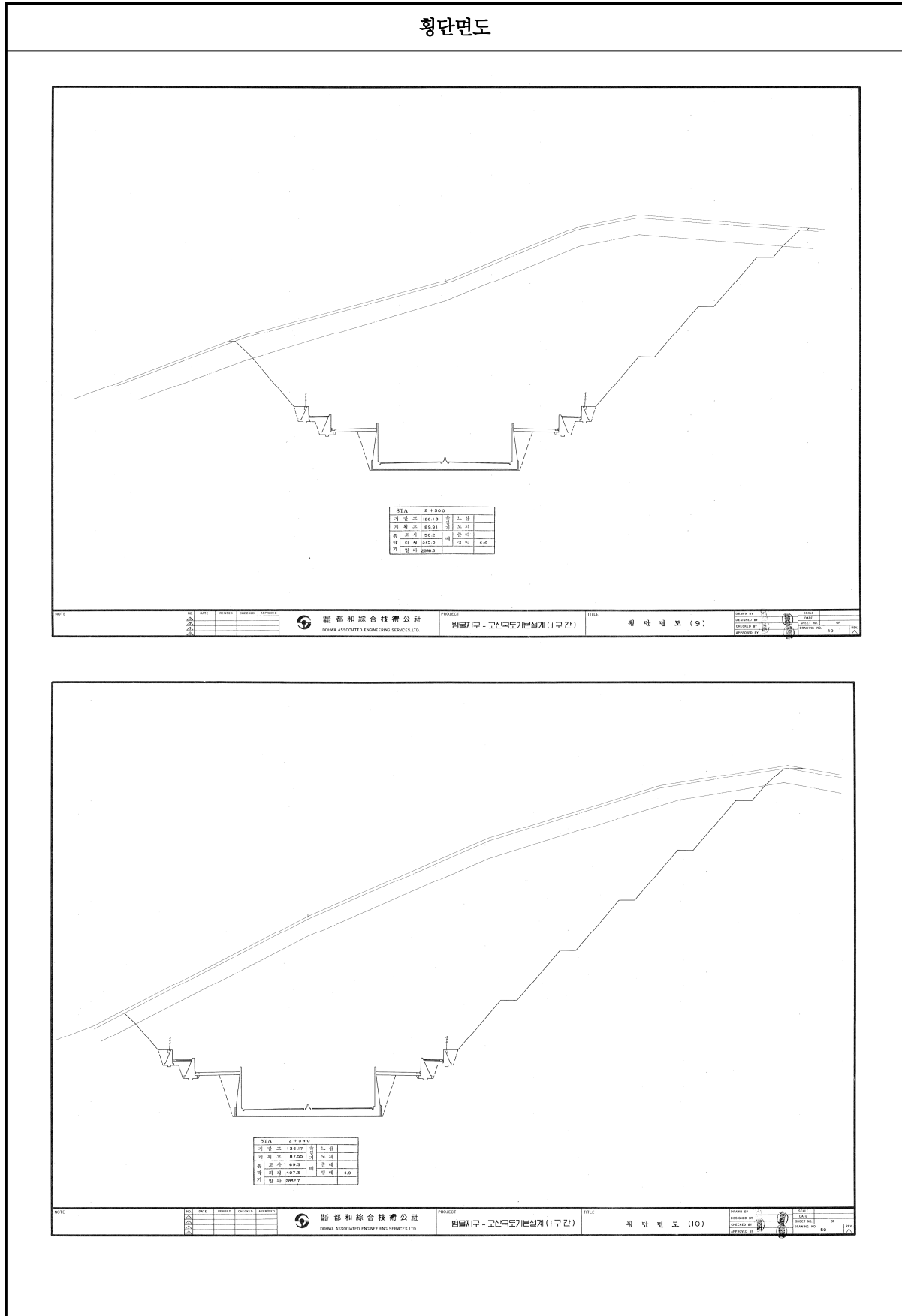
	
1소단 배수로 전경	2소단 배수로 전경
	
산마루측구 전경	낙석방지울타리 및 하부 전경
	
앵커 전경	암반강도 측정

【그림 1.1.3】 사면 부재별 현황

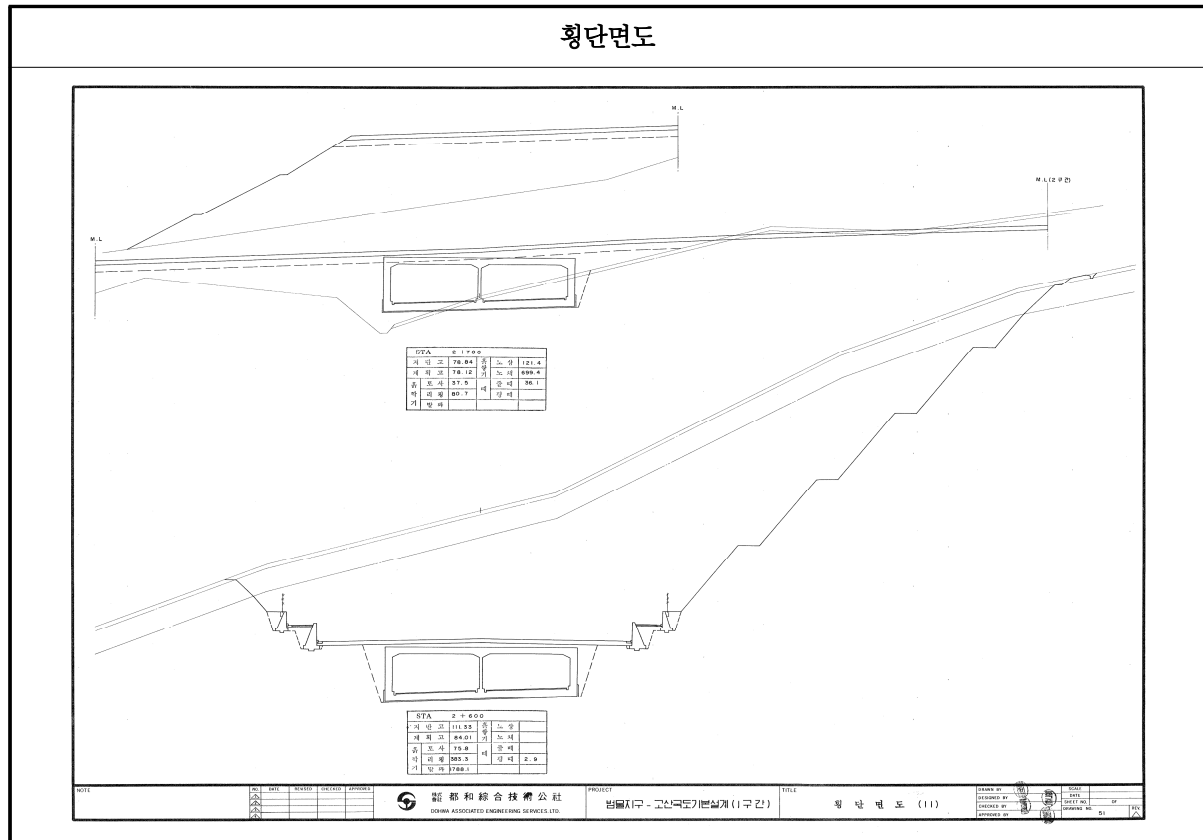
횡단면도



【그림 1.1.5】 횡단면도



【그림 1.1.5】 횡단면도(계속)



【그림 1.1.5】 횡단면도(계속)

1.2 자료수집 및 분석

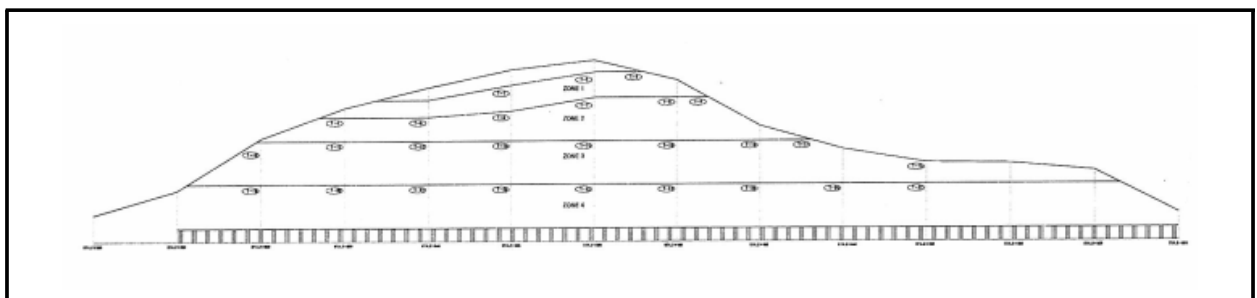
4차 순환도로 건설공사 사면 안정성 검토 및 설계보고서에 대한 검토 결과 해당 사면의 지표지질은 다음과 같다.

1.2.1 지표지질

- 1) 표토층 : 모래질 점토와 암편 또는 점토와 모래를 함유한 암편으로 구성되어 있으며, 두께 0.3~0.5m 정도로 분포함.
- 2) 풍화토층 : 사면 좌측부에서만 나타나는 층으로서 지표하 0.3m에서 두께 1.5m 내외의 모래질 실트와 암편으로 구성되어 있다.
- 3) 풍화암층 : 기반암인 셰일의 생성과정에서 발생한 층리면이 굴착에 의한 응력 해방으로 심하게 이완되어 있고 절취후 대기 노출로 인한 풍화로 그 표면의 균열이 매우 심하며 암의 강도는 매우약함~약한 상태이다. 지표하 0.5~1.7m 에서 두께 1~4m로 분포하고 있다.
- 4) 연암층 : 본 층은 기반암인 셰일의 연암 부분으로 심한풍화~보통풍화 정도이며, 암강도는 매우약함~보통강함 정도이다. 사면 우측부분에는 조산운동을 받는 과정에서 암반내의 면들이 휘어지거나 구부러지는 소위 습곡구조도 관찰되었다. 또한 사면 붕괴의 최대 원인인 층리면 사이의 점토충진물이 사면 중반부 이상에 협재되어 있다.
- 5) 경암층 : 본 층은 기반암인 셰일의 경암 부분으로 사암을 협재하고 있는 부분도 관찰되었다. 사면 중반부 이하에 나타나며, 풍화정도는 중간풍화~신선한 상태로, 보통강함~매우강함 정도의 강도를 나타내고 있다. 층리는 밀착되어 있으며 점토 충진물은 관찰되지 않아 사면 상부에 비해 상당히 안정된 구조를 이루고 있다.

1.2.2 암반사면의 조사 및 시험

정량적인 조사와 정리를 위하여 조사구간을 27개의 SECTION으로 구분하였으며, 4개의 ZONE으로 나누어 사면의 상태를 조사하였다.



① ZONE별 조사결과

(1) ZONE 1 (STA.2+340~STA.2+400, 측상단부 사면)

본 절취면은 118/45의 방향성을 지니며 적색~암회색 세일로 구성되어 있고, 풍화정도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다.

본 구역 전반에 걸쳐 작업 완료후에 발생한 불규칙한 균열이 매우 발달되어 있으며 잔적토의 흘러내림 상태가 매우 심하다.

불연속면의 틈새는 대부분 열려 있는 상태로써 조도는 완만하고, 점토가 다량 충전되어 있으며 국부적으로 점토의 두께가 20mm에 달하는 곳도 관찰되었다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.27>과 같다.

<표 2.27> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 1구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH
T-1	152/25	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	192	147 이하
T-2	165/24	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	218	147 이하
T-3	165/24 015/63 (단층)	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	251	129

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거칠, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(2) ZONE 2 (STA.2+320~STA.2+420, 상단에서 2번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 적색~암회색 세일로 구성되어 있고, 풍화정도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다.

ZONE 좌측부분에는 열리현상이 매우 심하며, ZONE 전반에 걸쳐 풍화에 따른 잔적토의 흘러내림 상태가 심하다. T-6 및 T-7 Section은 030/62 단층을 경계로 층리의 굴곡이 발생하여 있는 점으로 보아 습곡작용을 받은 것으로 보인다.

불연속면의 틈새는 열려 있는 상태로써 조도는 완만한 상태이며 점토가 다량 충전되어 있다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.28>과 같다.

<표 2.28> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 2구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH
T-4	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-
T-5	160/37	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	216	135 이하
T-6	160/37 030/62 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	327	147 이하
T-7	170/15 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	299	129 이하
T-8	170/15 000/45 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	248	147 이하
T-9	185/13 022/65 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	156	129 이하

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거칠, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(3) ZONE 3 (STA.2+280~STA.2+460, 상단에서 3번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 ZONE 좌측은 적색 세일, 중앙부는 적색~암회색 세일, 우측부는 적색~흑색 세일로 구성되어 있다. 풍화정도는 약간풍화~심한풍화(SW~HW) 상태로써 그 범위가 넓다.

ZONE 우측 T-16 및 T-17 Section에 습곡작용으로 인한 향사구조가 발달하여 있으며, 열리현상이 심하다.

불연속면 틈새의 상태는 점토가 충전되어 있으며, 조도는 비교적 완만한 편이다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.29>과 같다.

<표 2.29> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 3구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH
T-10	177/11	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	212	135 이하
T-11	177/11 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	315	159
T-12	177/11 180/13	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	489	247
T-13	177/11 160/38	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	524	376
T-14	174/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294
T-15	170/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	424	329
T-16	140/18 122/20	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	135 이하
T-17	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	188
T-18	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	425	171

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거칠, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(4) ZONE 4 (STA.2+280~STA.2+460, 상단에서 4번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 주로 암회색~흑색 세일로 구성되어 있고, 풍화정도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW)의 상태를 나타내고 있다.

틈새는 비교적 충충하며, 점토 등의 충전물은 다소 분포하는 것으로 조사되었다.

상부층에 비하여 암석의 강도가 높고, 안정적인 것으로 조사되었으며, 그 결과는 <표 2.30>과 같다.

<표 2.30> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 4구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH
T-19	112/51 180/13	5~10	5~10	1내외	점토충진	U/r	MW	386	188
T-20	112/51 180/13	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	942	435
T-21	112/51	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	748	541
T-22	112/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	521	412
T-23	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	895	294
T-24	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	908	376
T-25	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294
T-26	112/51	10~20	5~10	0.1~0.2	-	U/r	HW	458	553
T-27	112/51	5~10	10~20	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	712	671

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거칠, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

② 사면 파괴후 조사결과

(5) STA.2+260~STA.2+340구간 사면 파괴후 조사결과

(가) 파괴발생 개요

파괴발생은 STA.2+260~STA.2+335 구간에서 180/13 층리면을 따라서 평면파괴가 발생하였으며 파괴불력의 변형량은 사면의 경사방향으로 10~15cm 정도에 달한다.
파괴발생 직후 즉시 사면 하단에 암삽도를 실시하여 더 이상의 파괴진전을 방지한후 파괴원인 분석을 위한 조사를 실시하였다.

(나) 파괴평면 및 횡단면

파괴는 평면적으로 사면의 하단면 ZONE 3에서 ZONE 4를 가로지르는 180/13 층리면에서 시작하여 사면의 최상단부인 산마루 측구까지를 파괴불력으로 하는 전횡적인 평면 파괴 형태로 발생하였다.

파괴발생 부위의 평면도 및 횡단면도는 각각 <그림 2.8>~<그림 2.15>와 같다.

파괴구간 길이는 도로노선 방향으로 70m, 사면상단 관열발생 부위에서 파괴면(180/13 층리)까지 길이는 최대 12m, 활동면(층리면)의 연장은 사면 횡단방향으로 20m 내외이다.

(다) 파괴면(180/13, 층리) 조사결과

파괴면은 두께 1~5mm의 점토가 충전되어 있으며 그 하부는 암회색 셰일이 분포하고 있고 그 상부는 적색 셰일이 분포되어 있다.

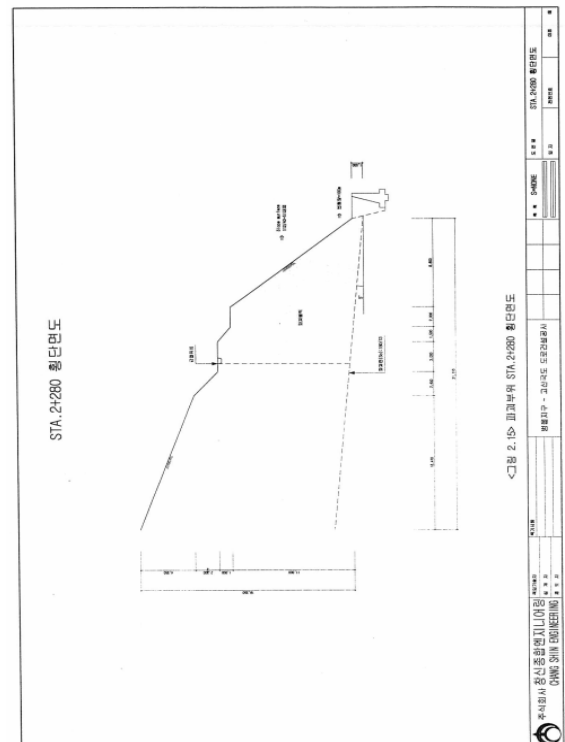
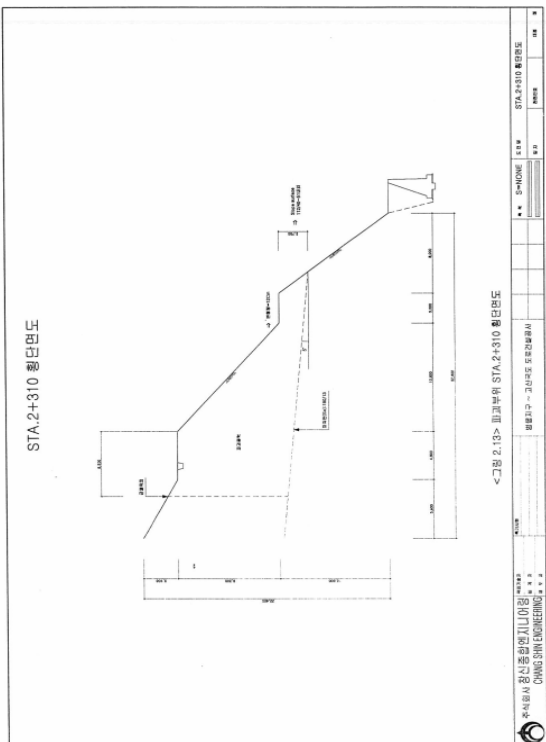
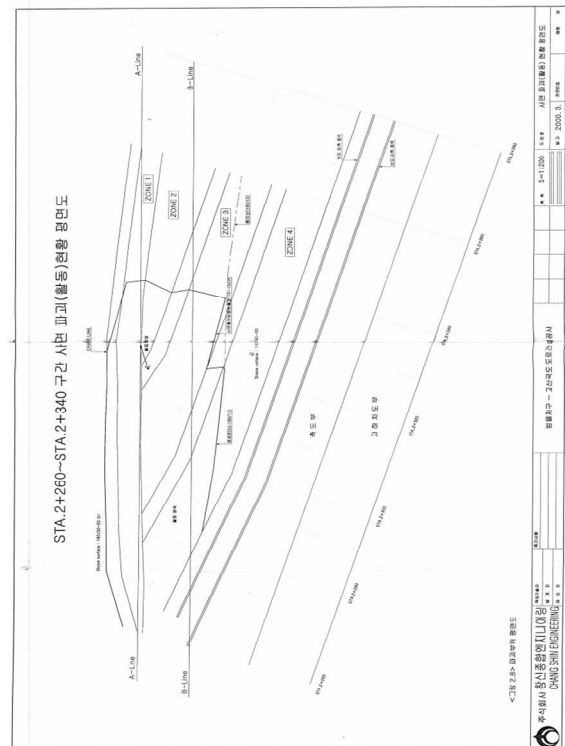
하부 암회색 셰일은 보통풍화~심한풍화(MW~HW) 상태이며, 상부 적색 셰일은 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있고, 파괴면의 조도는 매끄러운 상태를 나타내고 있다.

파괴 조사결과 요약은 <표 2.30-1>과 같다.

<표 2.30-1> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+260~STA.2+340 파괴면 조사결과

구분	주변연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	두께 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③	
								PLT	SCH
2~4	T11~T12 T19~T20	180/13	20이상	10~20	1~5	점토충진	U/si	224	129

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거름, sm : 완만, si : 매끄러운
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험



③ 슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과 및 점하중강도시험

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm ²)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		분화도	암석의 종류
1	T-1	13	-90°	147 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-2	14	-90°	147 이하	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-3	22	0°	129	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
2	T-4	-	-	-	RS	풍 화 토
	T-5	18	-45°	135 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-6	19	-90°	147 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-7	20	0°	129 이하	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-8	18	-90°	147 이하	HW	암회색 셰일
	T-9	16	0°	129 이하	HW	적색 셰일
	T-10	18	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
3	T-11	22	-45°	159	HW	적색 셰일
	T-12	28	-45°	247	HW	적색 셰일
	T-13	35	-90°	376	HW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-14	30	-90°	294	SW~MW	흑색 셰일
	T-15	32	-90°	329	SW~MW	흑색 셰일
	T-16	18	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
	T-17	23	-90°	188	HW	적색 셰일

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm ²)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		분화도	암석의 종류
4	T-18	22	-90°	171	HW	적색 셰일
	T-19	24	-45°	188	MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-20	41	0°	435	SW~MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-21	45	-45°	541	SW~MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-22	37	-90°	412	SW~MW	흑색 셰일
	T-23	30	-90°	294	SW~MW	흑색 셰일
	T-24	35	-90°	376	SW~MW	적색 ~ 흑색 셰일
	T-25	30	-90°	294	SW~MW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-26	45	-45°	553	HW	적색 ~ 흑색 셰일
	T-27	52	-45°	671	SW~MW	흑색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 (I ₅₀)	일축압축강도 환산값 (kg/cm ²)	비 고
1	T-1	8.0	192	적색 셰일
	T-2	9.1	218	적색 ~ 암회색 셰일
	T-3	10.5	251	적색 ~ 암회색 셰일
2	T-4	-	-	풍 화 토
	T-5	9.0	216	적색 셰일
	T-6	13.6	327	적색 셰일
	T-7	12.5	299	적색 ~ 암회색 셰일
	T-8	10.3	248	암회색 셰일
	T-9	6.5	156	적색 셰일
3	T-10	8.8	212	적색 셰일
	T-11	13.1	315	적색 셰일
	T-12	20.4	489	적색 셰일
	T-13	21.8	524	적색 ~ 암회색 셰일
	T-14	13.6	327	흑색 셰일
	T-15	17.7	424	흑색 셰일
	T-16	9.0	215	적색 셰일
	T-17	8.9	215	적색 셰일
	T-18	17.7	425	적색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 (I ₅₀)	일축압축강도 환산값 (kg/cm ²)	비 고
4	V-19	16.1	386	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-20	39.2	942	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-21	31.1	748	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-22	21.7	521	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-23	37.3	895	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-24	38.7	928	적색 ~ 흑색 셰일
	V-25	13.6	327	적색 ~ 암회색 셰일
	V-26	19.1	458	적색 ~ 흑색 셰일
	V-27	29.7	712	흑색 셰일

④ 암반 분류에 의한 평가(RMR, SMR)

ZONE	SECTION	암축강도 (kg/cm ²)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태						지 하 수	총 점 수	등 급
		q _c	점수	RQD	점수	J _s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도				
1	T-1	169	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	IV	
	T-2	182	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	IV	
	T-3	190	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	IV	
2	T-4	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	T-5	181	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-6	237	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-7	214	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-8	197	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-9	142	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
3	T-10	173	2	50	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-11	237	2	50	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	T-12	368	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	III	
	T-13	450	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	III	
	T-14	310	4	50	8	150	8	1	5	3	6	5	15	55	III	
	T-15	376	4	50	8	150	8	1	5	3	6	5	15	55	III	
	T-16	175	2	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	43	III	
	T-17	201	2	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	38	IV	
4	T-18	298	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	III	
	T-19	287	4	60	13	75	8	2	5	3	6	3	15	59	III	
	T-20	688	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II	

ZONE	SECTION	암축강도 (kg/cm ²)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태						지 하 수	총 점 수	등 급
		q _c	점수	RQD	점수	J _s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도				
4	V-21	644	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II	
	V-22	466	4	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	60	III	
	V-23	594	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II	
	V-24	652	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II	
	V-25	310	4	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	60	III	
	V-26	505	4	60	13	150	8	1	4	3	6	1	15	55	III	
	V-27	691	7	60	13	75	8	2	4	3	6	5	15	63	III	

※ 암축강도 : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치의 평균치를 채택함.

※ R Q D : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치 및 현장조사 결과를 고려하여 사면 최상단부 (ZONE 1)는 20%, 상단에서 2번째 사면(ZONE 2)은 40%, 상단에서 3번째 사면(ZONE 3)은 50%, 그 이하 사면(ZONE 4)은 60%를 적용함.

위 치	S M R 평 가					비 고
	SMR	등급	암질평가	사면안정성	예상파괴	
ZONE 1	35	IV	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 2	39	IV	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 3	47	III	보통	부분적안정	일부불연속면 (평면파괴)	
ZONE 4	59	III	보통	부분적안정	-	

⑤ 사면안전성검토

<표 4.3> 각 사면 상단부 토사의 기본성질

위 치	단위체적중량 γ_t (t/m ³)	기 본 성 질			
		비중 (G_s)	LL	PL	PI
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측사면	1.70	2.62	23.9	20.9	3
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측사면	1.75	2.57	28.5	25.7	8
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측사면	1.80	2.46	37.3	30.4	7
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측사면	1.81	2.51	25.5	23.2	2

<표 4.4> 각 사면 상단부 토사의 강도정수

위 치	점 착 력 c (kg/cm ²)	전단저항각 ϕ (°)	비 고
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측사면	0.38	25.5	
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측사면	0.31	22.6	
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측사면	0.43	25.0	
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측사면	0.41	24.3	

$$\sigma_j = 600\text{kg/cm}^2 \text{ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)}$$

$$\text{JRC} \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{6,000}{69} = 9.7^\circ$$

$$\phi = \phi_0 + 9.7 = 35 + 9.7 = 44.7^\circ$$

③ 위 두값중 $\phi=43^\circ$ 를 채택

(2) STA.2+360단면 기준

(가) ZONE-1

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태(JRC=2~4), 두께 0.5~1mm 정도충진, 충전율(f/a)은 약 40~60% 정도임.

- <그림 4.14>에서 점토의 충전율 40~60%일 때 $\phi=25^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_0 = 20^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)

- JRC = 3

- $\sigma = 2.3 \times 10 = 23\text{t/m}^2$

- $\sigma_j = 220\text{kg/cm}^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)

$$\text{JRC} \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 3 \times \log_{10} \frac{2,200}{23} = 5.9^\circ$$

$$\phi = \phi_0 + 5.9 = 20 + 5.9 = 25.9^\circ$$

③ 위 두값중 $\phi=25^\circ$ 를 채택

(나) ZONE-2

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6), 두께 0.5~1mm 정도충진, 충전율(f/a)은 약 20~40% 정도임.

- <그림 4.14>에서 점토의 충전율 20~40%일 때 $\phi=32^\circ$

4.3.2.6 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측 사면의 강도정수

(1) STA.2+380단면 기준

(가) ZONE-1

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태(JRC=0~2), 두께 0.5~1mm 정도충진, 충전율(f/a)은 약 70~80% 정도임.

- <그림 4.14>에서 점토의 충전율 70~80%일 때 $\phi=20^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_0 = 20^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)

- JRC = 1

- $\sigma = 2.3 \times 10 = 23\text{t/m}^2$

- $\sigma_j = 220\text{kg/cm}^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)

$$\text{JRC} \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 1 \times \log_{10} \frac{2,200}{23} = 2.0^\circ$$

$$\phi = \phi_0 + 2.0 = 20 + 2.0 = 22^\circ$$

③ 위 두값중 $\phi=20^\circ$ 를 채택

(나) ZONE-2~ZONE-4

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6)로서 점토 등의 충전물이 없음.

- <그림 4.15>에서 JRC=4~6의 범위일 때 $\phi=43^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_0 = 35^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)

- JRC = 5

- $\sigma = 2.3 \times 30 = 69\text{t/m}^2$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_0 = 30^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)

- JRC = 5

- $\sigma = 2.3 \times 20 = 46\text{t/m}^2$

- $\sigma_j = 250\text{kg/cm}^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)

$$\text{JRC} \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{2,500}{46} = 8.6^\circ$$

$$\phi = \phi_0 + 8.6 = 30 + 8.6 = 38.6^\circ$$

③ 위 두값중 $\phi=32^\circ$ 를 채택

(다) ZONE-3 및 ZONE-4

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6)로서 점토 등의 충전물이 없음.

- <그림 4.15>에서 JRC=4~6의 범위일 때 $\phi=43^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_0 = 35^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)

- JRC = 5

- $\sigma = 2.3 \times 30 = 69\text{t/m}^2$

- $\sigma_j = 600\text{kg/cm}^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)

$$\text{JRC} \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{6,000}{69} = 9.7^\circ$$

$$\phi = \phi_0 + 9.7 = 35 + 9.7 = 44.7^\circ$$

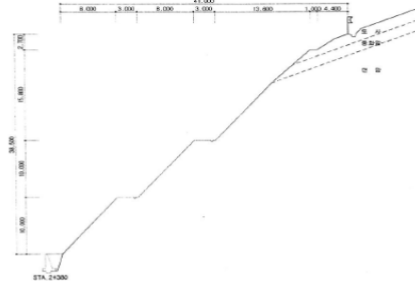
③ 위 두값중 $\phi=43^\circ$ 를 채택

(3) STA.2+280~STA.2+340 파괴구간의 강도정수

- 후술하는 "5.4.1" (page 193)에 기재하였음.

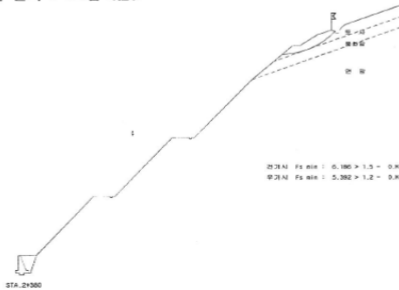
4.4.1.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 상단 토사 : 해석결과 - 부록 5

(1) 해석단면 : <그림 4.20>



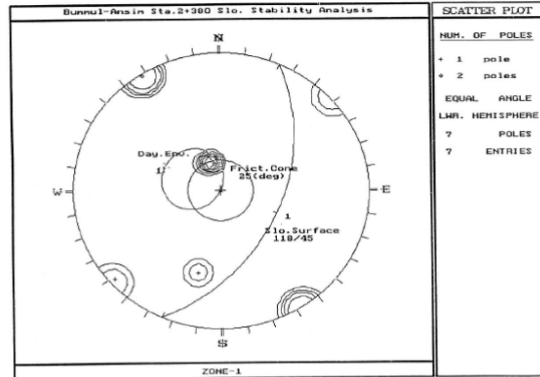
<그림 4.20> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측 토사사면 횡단도

(2) 안정해석 결과 : <그림 4.21>



<그림 4.21> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측 토사사면 안정검토

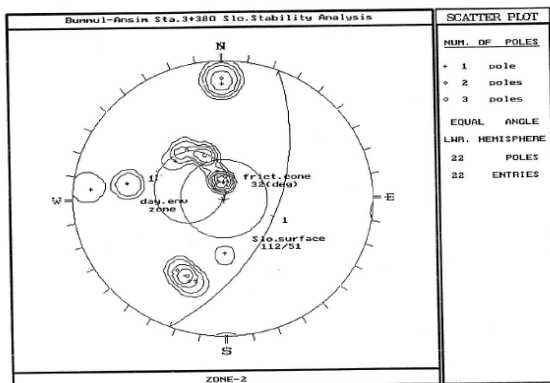
(1) ZONE 1구간(사면 상단에서 구배 1:0.8 변곡점까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.36> ZONE 1구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 118/45
- 주불연속면인 165/24, 152/25의 충리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색 셰일로서 심한풍화~완전풍화(CW~HW) 상태를 나타냄.
- 충리면에는 두께 0.5~1mm의 점토가 충전되어 있어 강우 침투시 전단강도를 현저히 약화시키는 요인으로 존재함.
- 충리의 간격이 10~20cm로서 암계 부서지는 특징을 지니며, 굴착후 표면 풍화가 많이 진행되어 있음.

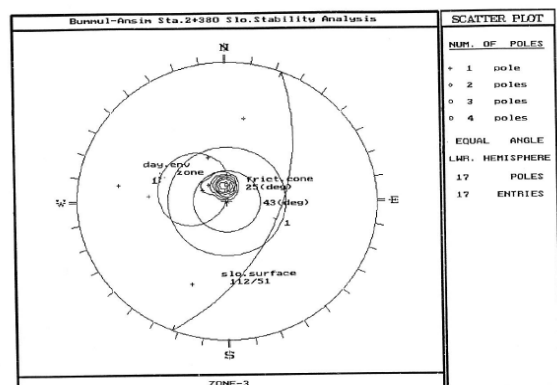
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.37> ZONE 2구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- 160/38, 180/13 충리 및 130/47 절리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색~암회색 셰일로서 심한풍화(HW) 상태를 나타내고 있고, 사면좌측 160/38 충리군에는 열리현상이 매우 진행되어 있으며, 특히 STA.2+380~STA.2+420 구간인 130/47 절리군에서는 얇은 두께의 암괴탈락 및 파괴가 진행되고 있음.
- ZONE 1에서부터 연결되는 우측의 022/65 방향성을 지니는 단층에 폭 50mm 정도의 단층검토 및 각력이 충전되어 있어 이들 면에서의 암괴탈락이 예상됨.
- ZONE 1과 마찬가지로 표면 풍화가 많이 진행되어 있음.

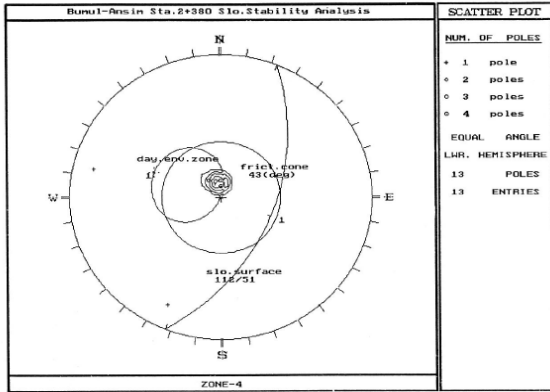
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.38> ZONE 3구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- ZONE의 중앙부(STA.2+360~STA.2+400)에서는 비교적 안정한 상태를 나타내나 ZONE 좌측의 160/38 절리군 및 180/13 충리군에서는 ZONE 2와 같이 평면파괴에 대하여 불안정하며 ZONE 우측의 습곡부위의 122/20 충리군에서 평면파괴~암괴탈락의 가능성이 있음.
- 사면의 풍화상태 : ZONE 중앙부는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태이나 ZONE 좌측 및 우측부분은 심한풍화(HW) 상태가 대부분임.
- ZONE 중앙부는 흑색 셰일, 좌측 및 우측은 주로 적색~암회색 셰일이 분포하고 있으며, 표면풍화가 진행되어 암석 표면의 강도는 많이 저하되어 있음.

(4) ZONE 4구간(제3소단에서 제4소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.39> ZONE 4구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- 주불연속면인 170/12, 177/71 등은 모두 friction cone 내에 위치하여 비교적 안정된 상태로 분석되었으나 ZONE 좌측부분의 177/11 및 180/13 등의 총리군은 다소 불안정한 상태를 나타냄.
- 사면의 풍화상태 : ZONE 중앙부는 흑색 셰일로서 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태를 나타내고 있고, ZONE 좌측 및 우측부분은 암회색~적색 셰일이 분포되어 있으며 표면풍화가 많이 진행되어 암석 표면의 강도는 많이 저하되어 있음.

4.4.2.6 한계평형해석 결과

평사투영법에 의한 안정해석 결과 파괴 가능성이 있는 불연속면 및 ZONE에 대하여 한계평형 해석법으로 안전율을 구하였으며(해석결과 : “부록 6”)해석결과 요약은 <표 4.15>와 같다.

<표 4.15> 한계평형해석 결과

구분	책석(대표) 단면 No.	ZONE	방 향 상		한 계 평 형 해 석 결 과				비 고
			사면	주불연속면	건기시 (소요안전율 1.5)	우기시(만수위×1/2) (소요안전율 1.2)	안전율	안전율	
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면	STA.0+260	1	185/51	165/12	1.270	N.G	1.078	N.G	평면파괴
	STA.0+260	2	185/51	168/12	1.276	N.G	1.099	N.G	평면파괴
	STA.0+260	3	185/51	169/12	1.380	N.G	1.171	N.G	평면파괴
	STA.0+260	4	185/51	190/13	1.642	O.K	1.390	O.K	국부파괴 가능성 잠재
	STA.0+260	5	185/51	178/14	1.633	O.K	1.387	O.K	국부파괴 가능성 잠재
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면	STA.0+200	1	010/51	341/36	1.165	N.G	1.020	N.G	평면파괴
	STA.0+200	2	008/51	337/38	1.296	N.G	1.057	N.G	평면파괴
범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~ STA.2+400 좌측사면	STA.2+340	3	112/51	160/38	1.384	N.G	0.999	N.G	평면파괴
	STA.2+360	1	118/45	152/25	1.247	N.G	0.943	N.G	평면파괴
	STA.2+360	2	112/51	160/38	1.384	N.G	1.006	N.G	평면파괴
	STA.2+380	1	118/45	165/24	1.261	N.G	0.905	N.G	평면파괴
	STA.2+380	2	112/51	130/47	0.962	N.G	0.521	N.G	현재파괴 진행중
	STA.2+420	3	112/51	122/20	1.302	N.G	1.086	N.G	평면파괴

4.5 안정성 종합 평가

각 사면별, 각 ZONE별 특성시험, 각중지표 지질조사 및 결과분석, 그리고 평사투영법 해석 및 한계평형 해석 등에 의한 사면의 안정성 평가를 종합적으로 분석하면 다음과 같다.

(1) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면

사면 중간부 이상의 불연속면은 평면파괴를 일으키기 쉬운 전형적인 기하구조를 이루고 있어 이에 대한 신뢰성이 높은 보강대책이 요구되며 사면 중간 이하 하단부는 불연속면을 따라 발생하는 대규모의 파괴 우려는 적으나 국부적으로 취약한 부분에 대한 대책이 요구됨.

(2) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면

사면 최상단에서 제2소단까지는 낙석 예방대책이 우선적으로 고려되어야 하며 이와 병행하여 약간의 구조적인 보강대책이 요구된다.

사면 중간부 이하는 비교적 안정된 상태를 나타내고 있어 별도의 보강대책이 필요하지 않으나 사면 우측 단부 상단부분(ZONE 5구간)의 풍화된 사면의 인장균열에 대해서는 별도의 보강대책이 요구된다.

특히 사면 우측 구간에는 용수부위가 많아 이에 대한 대책도 요구됨.

(3) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면

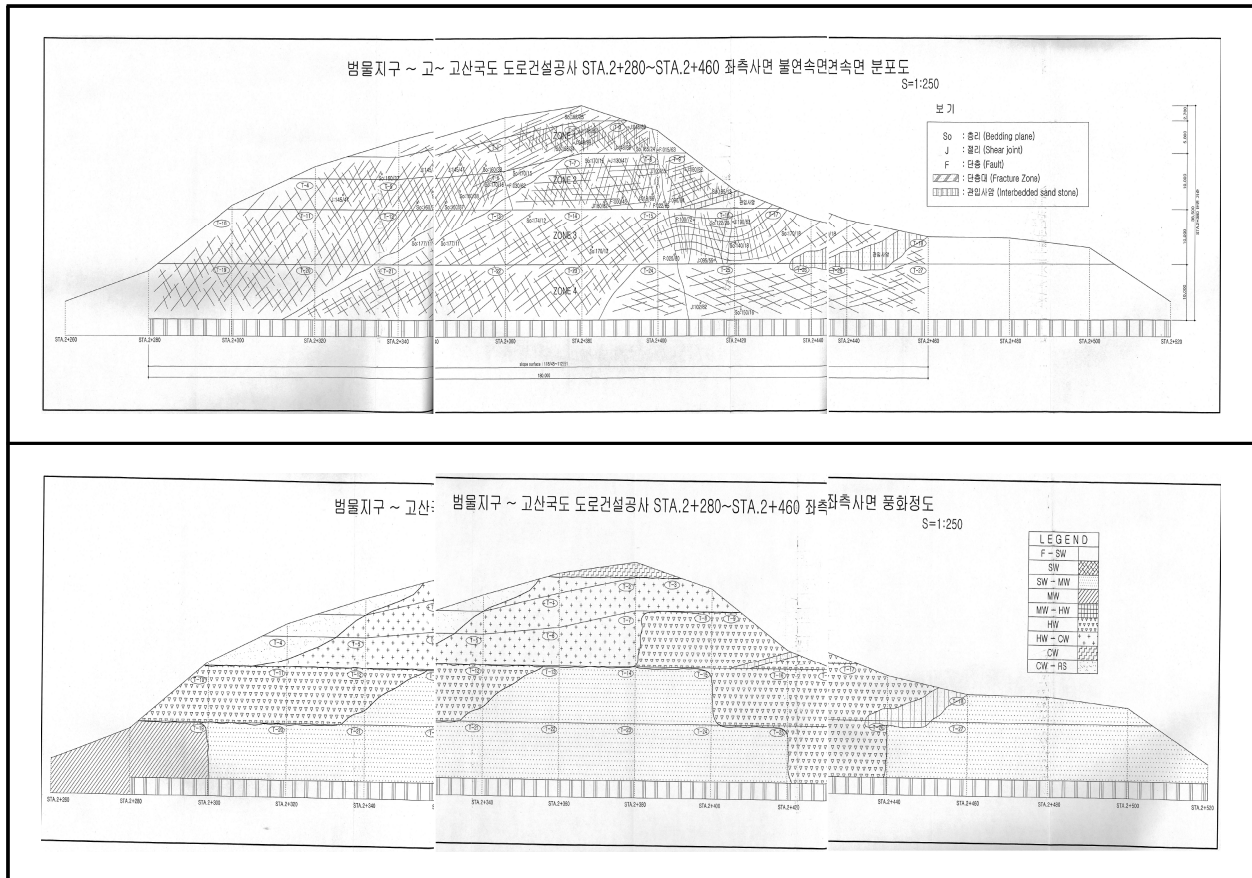
사면 중간부 이상의 불연속면은 평면파괴를 일으키기 쉬운 전형적인 기하구조를 이루고 있어 이에 대한 보강대책이 요구되며, 사면 중간부 이하 하단부는 대규모의 파괴우려는 적으나 사면의 좌측부분을 비롯한 국부적으로 취약한 부분에 대한 대책이 요구됨.

(4) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면

사면 좌측 곡선구간을 제외한 대부분의 구간은 비교적 안정된 상태로 분석되었으나 사면 상단부 일부 구간은 낙석에 대한 대책이 요구된다.

사면 좌측 곡선 구간은 절취사면과 평행한 불연속면에서 소규모의 파괴 및 급속한 풍화가 현재 진행중에 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다.

⑥ 불연속면분포도, 풍화도



1.2.3 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로 편입된 후, 기준에 따라 정기 및 정밀안전점검, 성능평가를 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.2】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검진단결과	비고
1	2018. 03. 20 ~ 2018. 04. 15	정기 안전점검	삼덕대절토사면(좌측사면)의 주요 손상현황으로는 일부 구간 우수유입에 의한 녹생토 유실 등의 손상이 발생하였다. 사면 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 기 손상은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	양호
2	2018. 08. 21 ~ 2018. 09. 19	정기 안전점검	삼덕대절토사면(좌측사면)의 주요 손상현황으로는 일부 구간 우수유입에 의한 녹생토 유실 등의 손상이 발생하였다. 사면 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 금회 점검시 자연사면 수목전도, 소단배수로 균열이 조사되었으며, 손상부는 정비 및 균열보수, 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	양호
3	2019. 04. 22 ~ 2019. 06. 09	정밀 안전점검	사면부 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 배수시설 균열	B
4	2019. 10. 28 ~ 2019. 11. 28	정기 안전점검	삼덕대절토사면 좌측사면은 대부분에 녹생토가 시공되어 있고, 국부적으로 노출된 암의 풍화정도는 보통~심한풍화 정도이다. 해당 사면은 초본 및 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면에 국부적으로 식생이 불량한 곳이 조사되었으며, 그로인해 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출이 확인되었다. 해당 손상은 전차 점검 시 현황과 비교한 결과, 진행성은 미미한 것으로 확인되어 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전에 따라 보수여부를 결정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 배수시설은 배수기능에 문제가 없는 것으로 조사되었고, 균열(1개소)는 진전이 미미한 상태로 주의관찰이 필요하다. 보호·보강시설로 낙석방지망, 낙석방지울타리, 락볼트가 시공되어 있고, 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태로 조사되었다.	양호
5	2020. 03. 09 ~ 2020. 04. 15	정기 안전점검	와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 → 주의관찰 소단배수로 균열 → 주의관찰 배수시설 집수구 퇴적 → 주의관찰	양호
6	2020. 10. 05 ~ 2020. 10. 31	정기 안전점검	와이어로프 녹발생 및 능형망 노출, 배수시설 집수구 퇴적	양호
7	2021. 04. 19 ~ 2021. 06. 09	정밀 안전점검	사면 표층유실, 사면 능형망노출, 사면 와이어로프부식, 배수로 낙엽, 토사 퇴적	B
8	2021. 04. 19 ~ 2021. 06. 09	성능평가	외관조사 : 표층유실, 능형망노출, 와이어로프부식, 배수로 낙엽, 토사 퇴적	B
9	2021. 09. 27 ~ 2021. 11. 25	정기 안전점검	사면 녹생토 유실, 사면 능형망 노출, 사면 락볼트지압판 부식, 사면 와이어로프 부식, 배수로 낙엽, 토사 퇴적	양호
10	2022. 03. 11 ~ 2022. 04. 03	정기 안전점검	능형망 노출, 로프부식, 표층유실 산마루측구 토사퇴적	양호
11	2022. 10. 11 ~ 2022. 11. 25	정기 안전점검	사면부 - 능형망 노출, 로프부식, 표층유실 배수시설 - 토사퇴적 상부자연사면 - 양호 보강시설 - 양호	양호

1.2.4 전차 정밀점검 실시결과(2021년 06월)

가. 현장조사 및 시험결과

1) 외관조사 결과

검토의견	· 외관조사 결과 비탈면내 인장균열 및 지반응기, 함몰 등이 발생되지 않은 대체로 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 일부 표층유실 및 능형망노출, 와이어로프부식이 관찰되었으나 비교적 경미한 상태로써 주의관찰이 요구되며, 우기시 원활한 배수를 위한 배수시설에 적치된 낙엽물의 제거가 필요한 것으로 나타났다.
------	--

2) 현장시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	압 판정 결과	실시 전경
암반강도시험	56.1~59.2	134.0~154.9	경암	
검토의견	· 암석강도에 의한 암석 분류기준에 따라 경암인 것으로 평가되어 암반의 강도는 어느정도 적절한 강도를 유지하고 있는 것으로 판단된다.			

나. 상태평가 결과

평가요소			결함점수	평가결과	총점	결함지수	상태평가결과
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리간격	5	d	19	f2=0.365	c
		⑥ 저면경사	4	e			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	1	b			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	1	a			
합계(Σ)					19	F=0.250	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 19 / 52 = 0.365 ○상태평가등급(F) : 19 / 76 = 0.250					

다. 종합평가 결과

구 분	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과 Min(상태평가, 안전성평가)
	결합지수	결과	최소 안전율	결과	
삼덕대절토사면 좌측	0.250	B	—	—	B

라. 안전등급 지정

구 분	안전등급	시설물의 상태
삼덕대절토사면 좌측	B	안전등급 결과는 종합평가 등급이 B 등급으로 평가됨에 따라 삼덕대절토사면 좌측에 대한 안전등급은 B등급으로 지정하였다.

마. 보수·보강 방안

연번	위치	손상종류	손상물량	단위	보수·보강방안	비고
1	사면	표층유실, 능형망노출	25.0	m ²	주의관찰	
2	사면	능형망노출, 와이어로프부식	562.5	m ²	주의관찰	
3	사면	와이어로프부식	75.0	m ²	주의관찰	
4	배수로	낙엽·토사 퇴적	3.0	m ²	주의관찰	

바. 종합결론

외관조사 결과 비탈면내 인장균열 및 지반응기, 함몰 등이 발생되지 않은 대체로 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 일부 표층유실 및 능형망노출, 와이어로프부식이 관찰되었으나 비교적 경미한 상태로써 주의관찰이 요구되며, 우기시 원활한 배수를 위한 배수시설에 적치된 낙엽물의 제거가 필요한 것으로 나타났다. 전반적으로 사면의 안정성에 영향을 끼칠만한 심각한 손상 및 중대결함은 발생되지 않은 상태이며, 결합도 지수를 이용한 상태평가 점수는 0.250로 나타나 종합 안전등급은 B등급으로 평가 되었다. 이에 따라 현 상태에서의 정밀안전진단의 필요성은 없는 것으로 판단되며, 금회 조사된 손상들에 대하여 적절한 보수 후 지속적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 절토사면의 기능 및 사용성에는 문제점은 없을 것으로 판단된다. 향후 공용기간 중대 및 기타 환경적인 요건에 의하여 사면부 추가손상이 나타날 수 있으므로 유지관리시 풍화에 의한 비탈면 안전의 변화, 하중조건이나 기후·수위변화로 인한 불연속면 지하수 유출, 노후된 낙석방지망의 변형 및 파손 등의 손상여부에 대해 지속적인 유지관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

1.2.5 시설물 보수 이력

【표 1.2.3】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비(천원)	시공사	비고
1	소단배수로	범안대교 외 5개소 시설물 보수공사 - 균열보수	2020.08.12~ 2020.08.31	100	(주)천수	

1.2.6 자료수집 및 현황조사

【표 1.2.4】 자료수집 및 현황조사

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	· 공통 - 준공보고서, 설계보고서, - 구조계산서 - 기타 특이사항 보고서 · 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면(중·횡)도, 구조물도	보유	· FMS · 4차순환도로 사면안전성 검토
시설물 관리대장	· 기본현황, 상세제원 · 유지관리 이력	보유	· FMS
시공 관련 자료	· 시공관련자료 · 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료	-	-
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	· 정밀안전점검보고서 (2019년 06월, 2021년 06월)
시설물 보수·보강 자료		보유	· FMS · 4차순환도로 사면안전성 검토

1.2.7 내진설계 여부 확인

【표 1.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	N	-	-
· FMS상 내진설계는 미적용 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

1.3 현장조사 및 시험

1.3.1 현황 및 특성

대상시설물은 대구동부순환도로 상에 위치한 절토사면으로, 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황, 사면특성, 구간분할, 외관조사 및 재료시험 결과는 다음과 같다.

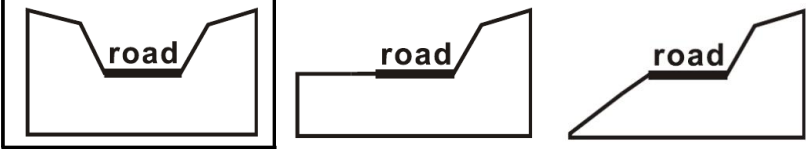
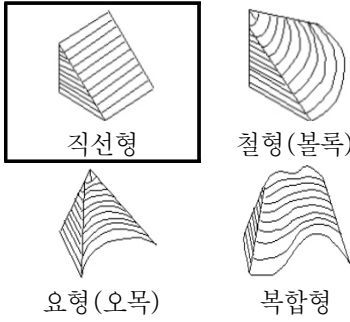
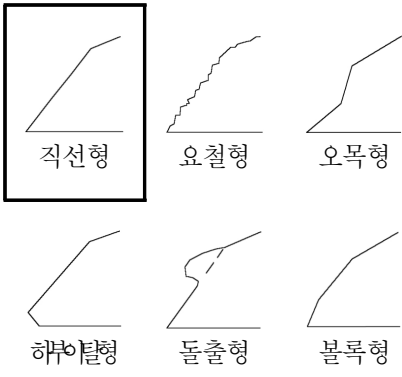
가. 일반현황 조사결과

【표 1.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2023년 03월 07일	조 사 자	이 상 훈
일 기	맑음	시설물번호	SL2002-0000199
행정구역	대구광역시 수성구		
위 경 도	시점 : 35° 49' 49.0" 128° 40' 06.0"		
	종점 : 35° 50' 00.0" 128° 40' 11.0"		
도 로	거 리 표 : -		
	왕복 10차선(지하차도 왕복6차선+외측도로 왕복4차선)		도 로 폭 : 39m
	교 통 량 : - 대/일		
깎기비탈면	길 이 : 369.0m		높 이 : 38.5m
	경 사/경사방향 : 50/115		
	도로와의 이격거리 : 평균 6.0m		
	구성물질 : 암반		토층심도 : 0.3~0.5m
	소 단 : 4소단		
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 무		낙석의 양 : -
	낙석 평균크기 : - 낙석 최대크기 : -		
	뜯돌 존재유무 : 무		뜯돌의 양 : -
	뜯돌 평균크기 : -		
깎기비탈면 시공현황	종 류	위 치	상 태
	산마루측구	STA. 2+263~2+632	양호
	소단배수로	1~2소단	균열
	낙석방지울타리	STA. 2+280~2+580	양호
	녹생토, 방지망	STA. 2+263~2+632	양호
	락볼트	STA. 2+263~2+420	양호
	석축	STA. 2+390	양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
	평면파괴	길이 70m, 깊이 12m, 활동면연장 20m 변형량 경사방향으로 10~15cm	STA.2+260~335
기 타	점검로 : ☐ 유 ☒ 무	-	☐ 보수필요 ☒ 보수불필요

나. 사면특성 조사결과

【표 1.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형	준산악			
	종단면 형상				
	기타 특징	—			
절토사면의 특성	중 형 단 면		중 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도	15°			
	인장균열	무			
	포행흔적	무			
	수목의 기울어짐	무			
	인공구조물	자연사면 석축			
	산마루측구	유			
	계곡부	무			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수
	② 밀 도	하	하	하	하
	③ 근계특징	천근성 (O), 심근성 ()			

다. 사면 구간분할 결과

사면의 구간분할 기준

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

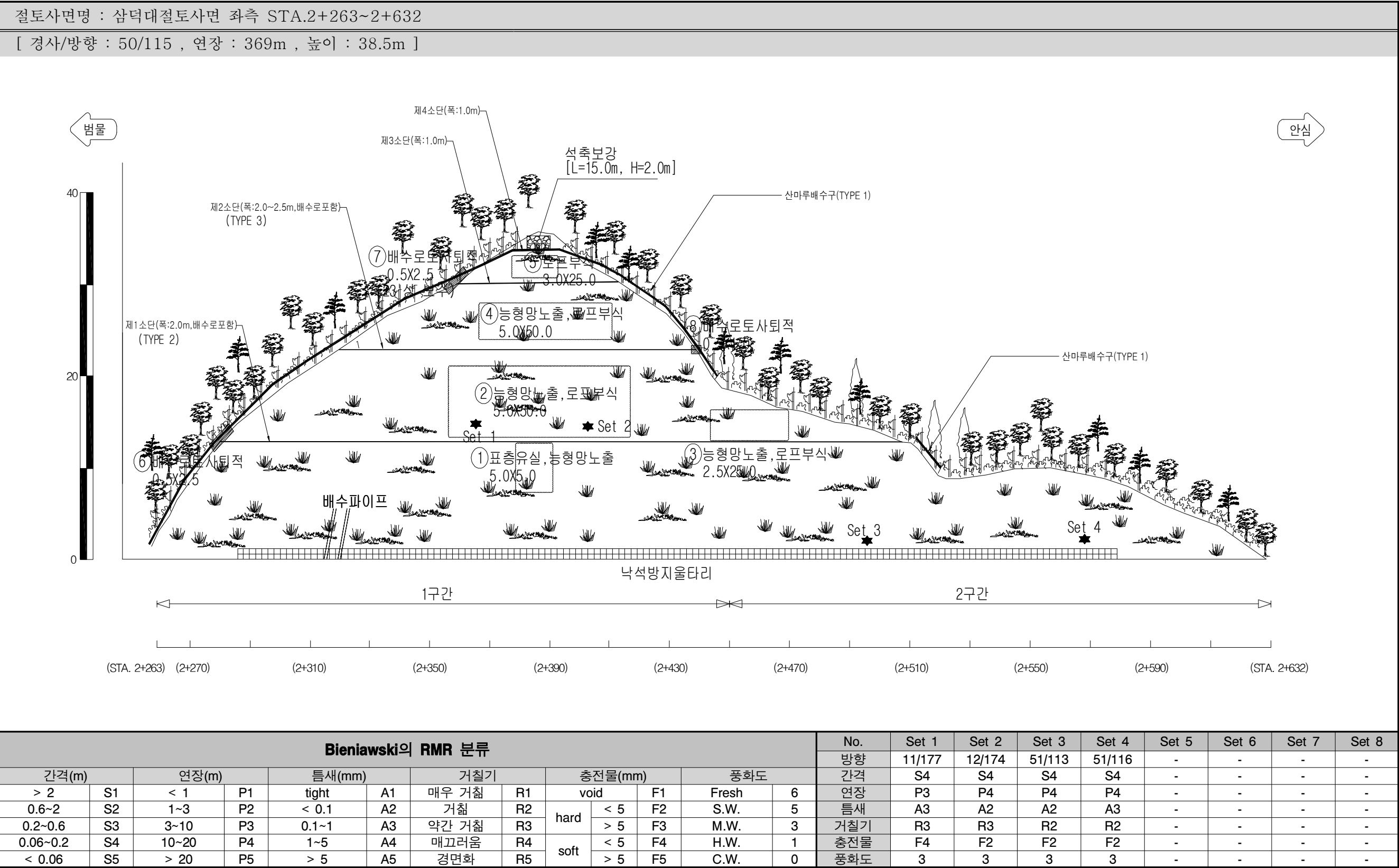
현장조사, 재료시험 및 상태평가는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부, 국토안전관리원), 지형특성, 절토사면 시공현황, 사면의 유지관리 및 점검시 외관조사망도 직관성 등을 종합적으로 고려하여 다음 표와 같이 2개의 구간으로 선정하여 조사 및 시험, 평가를 실시하였다.

사면분류를 실시한 결과는 상태평가의 지반특성에 따른 사면분류 편에 작성하였다.

【표 1.3.3】 구간분할 결과

구 분	측 점	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	STA. 2+263~2+463	200.0	38.5	파쇄암반	
2구간	STA. 2+463~2+632	169.0	15.4	파쇄암반	

1.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



1.3.3 외관조사 결과

가. 1구간

1구간은 관리이정 STA.2+263~2+463의 구간으로 연장 200.0m, 높이 38.5m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 록볼트 등이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 파괴징후가 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 장기공용중 강우, 집중호우 등 환경적 요인으로 인하여 일부구간 식생공 유실로 인한 와이어로프 및 능형망 노출 발생하였고, 로프부식 등의 손상이 조사되었다.
- 암의 풍화정도는 일부 오픈구간 및 공사중 사면보고서를 확인한 결과 보통~심한풍화 정도로 평가되었다. 과거 이력으로 공사중 평면파괴가 있었고 그로 인한 록볼트 보강을 실시하였다. 현재 그로 인한 특이손상은 없는 상태로, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

3) 사면하부

- 사면하부 낙석방지울타리가 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 낙석방지울타리와의 이격거리는 1.0~1.5m, 도로와의 이격거리는 6.0m정도의 거리를 유지하고 있다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 록볼트, 석축보강이 시공되어 있고, 전반적으로 양호한 상태로 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 노출구간의 와이어로프 부식 및 록볼트 점부식이 확인되었고, 경미하게 진행중인 것으로 판단되며, 고정상태는 대체로 양호한 상태이다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구가 시공되어 있다.
- 소단배수로는 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 산마루측구 일부구간에서 토사토적이 확인되었다. 토사토적의 경우 우수의 원활한 배수 및 유지관리를 위해 정비가 필요하다.

			
현 황	1구간 사면 전경	현 황	1구간 1소단배수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	1구간 2소단배수로 전경	현 황	1구간 산마루측구 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	1구간 자연사면 석축보강 전경	현 황	1구간 하부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-

【사진 1.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황

			
현 황	1구간 1단 능형망 노출 ,로프부식		
원 인	강우, 집중호우 등에 의한 식생공유실		
대 책	주의관찰 후 조치		

			
현 황	1구간 2단 능형망 노출 ,로프부식		
원 인	강우, 집중호우 등에 의한 식생공유실		
대 책	주의관찰 후 조치		

			
현 황	1구간 3단 능형망 노출 ,로프부식		
원 인	강우, 집중호우 등에 의한 식생공유실		
대 책	주의관찰 후 조치		

【사진 1.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

			
현 황	록볼트 점부식	현 황	1구간 산마루측구 토사퇴적
원 인	장기공용 및 우수에 의한 부식	원 인	공사도로 및 우수
대 책	주의관찰 후 조치	대 책	정비

【사진 1.3.1】 1구간 외관조사 결과 주요현황(계속)

【표 1.3.4】 1구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	표층유실, 능형망노출	m³	25.00	1	주의관찰 후 조치	
	능형망노출, 와이어로프부식	m³	500.00	2	주의관찰 후 조치	
	와이어로프부식	m³	75.00	1	주의관찰 후 조치	
배수시설	산마루측구 토사퇴적	m³	1.75	2	정비	

나. 2구간

2구간은 관리이정 STA.2+463~2+632의 구간으로 연장 169.0m, 높이 15.4m로 구성물질은 암반으로 사면전반에 걸쳐 식생공, 배수시설, 록볼트 등이 시공되어 있는 상태이다.

1) 상부자연사면

- 상부자연사면은 인장균열 및 이완암괴, 지반의 변형 등의 파괴징후가 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 향후 외부 요인 및 환경적 요인으로 인한 손상 발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하다.

2) 사면

- 사면전반에 걸쳐 식생공이 시공되어 있으며, 장기공용중 강우, 집중호우 등 환경적 요인으로 인하여 일부구간 식생공 유실로 인한 와이어로프 및 능형망 노출 발생하였고, 로프부식 등의 손상이 조사되었다.
- 암의 풍화정도는 일부 오픈구간 및 공사중 사면보고서를 확인한 결과 보통~심한풍화 정도로 평가되었다. 과거 이력으로 공사중 평면파괴가 있었고 그로 인한 록볼트 보강을 실시하였다. 현재 그로 인한 특이손상은 없는 상태로, 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

3) 사면하부

- 사면하부 낙석방지울타리가 설치되어있으며, 구조물의 변형 및 파손 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이다. 낙석방지울타리와의 이격거리는 1.0~1.5m, 도로와의 이격거리는 6.0m정도의 거리를 유지하고 있다.

4) 부대시설(보호시설, 유지관리시설, 이격거리내 시설)

- 부대시설로는 낙석방지울타리, 록볼트가 시공되어 있고, 전반적으로 양호한 상태로 기능발휘에 큰 문제가 없는 것으로 조사되었다.
- 노출구간의 와이어로프 부식이 확인되었고, 경미하게 진행중인 것으로 판단되며, 고정상태는 대체로 양호한 상태이다.

5) 배수시설

- 배수시설은 소단배수로 및 산마루측구가 시공되어 있고, 배수상태도 원활한 것으로 조사되었다.

			
현 황	2구간 자연사면, 정면 전경	현 황	2구간 1소단배수로 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	2구간 산마루측구 전경	현 황	2구간 하부 전경
원 인	상태양호	원 인	상태양호
대 책	-	대 책	-
			
현 황	2구간 2단 능형망 노출, 로프부식		
원 인	강우, 집중호우 등에 의한 식생공유실		
대 책	주의관찰 후 조치		

【사진 1.3.2】 2구간 외관조사 결과 주요현황

【표 1.3.5】 2구간 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	능형망 노출 및 로프부식	m³	62.50	1	주의관찰 후 조치	
배수시설	상태양호	—	—	—	지속관찰	

1.3.4 외관조사 결과

가. 결과요약

【표 1.3.6】 외관조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
상부 자연사면	상태양호	—
사면부	상태양호	—
사면하부	상태양호	—
부대시설	표층유실, 능형망노출 능형망노출, 로프부식	주의관찰 후 조치 주의관찰 후 조치
배수시설	토사퇴적	정비
결과요약	사면 전반에 걸쳐 식생공, 능형망, 록볼트, 낙석방지울타리 등의 보호시설 및 소단배수로, 산마루측구 등의 배수시설이 설치되어 있다. 풍화정도는 보통~심한풍화 정도로 판단되며, 상단에 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면에 전반에 걸쳐 시공 되어 있는 식생공은 장기공용중 강우, 집중호우 등으로 인하여 일부구간 표층유실로 인한 능형망 노출, 로프부식 등의 손상이 조사되었다. 상기 손상부는 주의관찰을 실시하고, 향후 진전시 부재의 사용성 확보차원의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	

【표 1.3.7】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	비고
상부자연사면	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
사면하부	상태양호	—	—	—	지속관찰	
부대시설	표층유실, 능형망노출	m³	25.00	1	주의관찰 후 조치	
	능형망노출, 로프부식	m³	562.50	3	주의관찰 후 조치	
	로프부식	m³	75.00	1	주의관찰 후 조치	
배수시설	토사퇴적	m³	1.75	2	정비	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 외관조사 후 손상수량 증감을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 전회 점검이후 사면부 손상은 전전은 미미한 상태로, 배수시설 토사퇴적은 일부 정비가 된 것으로 조사되었다.

【표 1.3.8】 이전 정밀안전점검과의 손상수량 비교증감표

구 분	손상 내용	단위	전회(2021년)		금회(2023년)		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
상부자연사면	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
	상태양호	—	—	—	—	—	—	
사면하부	상태양호	—	—	—	—	—	—	
부대시설	표층유실, 능형망노출	m³	25.00	1	25.00	1	—	
	능형망노출, 로프부식	m³	562.50	3	562.50	3	—	
	로프부식	m³	75.00	1	75.00	1	—	
배수시설	상태양호	m³	3.00	3	1.75	2	▼ 1.25	

1.3.5 재료시험

본 사면은 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 2회씩 강도조사를 실시하였으며, 전구간 식생공이 시공되었으나, 일부유실 구간에 확인된 암 위주로 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과는 다음과 같다. 세부시험값은 부록에 첨부하였다.

【표 1.3.9】 반발경도시험 결과

시험위치	보정반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
1구간 STA.2+360 2단	51.9	111.7	경암	
1구간 STA.2+400 2단	52.0	112.0	경암	
2구간 STA.2+470 2단	53.9	122.5	경암	
2구간 STA.2+500 1단	54.3	124.7	경암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.9~54.3로 측정되었으며, 추정강도 111.7~124.7MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

2) 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 반발경도시험 후 값을 비교하여 수록하였다. 그 결과, 위치의 상이함으로 인해 값의 차이는 다소 있으나 암판정 결과 동일하게 경암으로 확인되었다.

【표 1.3.10】 이전 정밀안전점검과의 반발경도 비교

구 분		전회(2021년)	금회(2023년)	비고
반발경도시험	보정반발경도(Ro)	56.1~59.2	51.9~54.3	이전상태 유지
	추정강도(MPa)	134.0~154.9	111.7~124.7	

나. 불연속면 조사

1) 불연속면 조사 위치

상태평가에서 실시한 사면분류 및 구간분할에 따라 구간을 분할하였고, 구간별 불연속면에 대해 조사를 실시하였다. 조사위치는 식생공유실에 의해 절리관측이 가능한 곳 위주로 측정하였고, 측정이 불가능한 곳은 시공자료인 “4차 순환도로 건설공사 사면 안정성 검토 및 보강공사 설계보고서” 및 “기존 정밀안전점검 보고서”에 수록되어있는 절리를 사용하였다. 금회 조사한 불연속면은 외관조사 결과현황도(Face Map)에 Set1~Set4 으로 표시하였다.

2) 불연속면 조사 결과

불연속면은 1구간 2개소, 2구간 2개소를 조사하여, 각각 Set1~Set4 로 명명하였고, 불연속면의 특성 조사결과는 다음의 표와 같다.

		
경사/방향 측정	거칠기 측정	간격 측정

【사진 1.3.3】 불연속면 측정 현황

【표 1.3.11】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간	
	Set 1	Set 2
방향성	11/177	12/174
간격(m)	0.05~0.1	0.1~0.2
연장성(m)	3.0~10.0	10.0~20.0
틈새(mm)	0.1~1.0	0.1 미만
거칠기	약간거칠	약간거칠
충진물질	연약한 충전물(<5mm)	단단한 충전물(<5mm)
풍화도	MW	MW

【표 1.3.12】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간	
	Set 3	Set 4
방향성	51/113	54/116
간격(m)	0.1~0.2	0.1~0.2
연장성(m)	10.0~20.0	10.0~20.0
틈새(mm)	0.1 미만	0.1~1.0
거칠기	거칠음	거칠음
충진물질	단단한 충전물(<5mm)	단단한 충전물(<5mm)
풍화도	MW	MW

1.4 상태평가

1.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 369.0m의 사면으로서, 지반특성에 따른 사면분류를 실시하였고 외관조사시 실시한 구간분할과 동일하게 2구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~4 로 표기하였다.

【표 1.4.1】 사면분할 현황

구 분	측 점	연 장(m)	높 이(m)	사면분류	비 고
1구간	STA. 2+263~2+463	200.0	38.5	파쇄암반	
2구간	STA. 2+463~2+632	169.0	15.4	파쇄암반	

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2021.12, 국토교통부, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 1.4.2]에 수록하였다.

토층심도 및 암반 블록크기는 준공도서, 발주자 제공자료, 전회 정밀안전점검, 현장조사를 종합적으로 고려하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 불연속면 조사시 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

－ 토층심도율(SR)

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

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

－ 암반의 블록크기 비(BR)

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

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

Ib(블록크기 지수) : Si의 산술평균

Slope height(사면의 연직 최고높이)

【표 1.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류 기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{0.5}{38.5} = 0.013 \leq 0.4$	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 111.7~112.0MPa > 10MPa	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.1}{38.5} = 0.002 \leq 0.01$	파쇄암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{0.5}{15.4} = 0.032 \leq 0.4$	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 122.5~124.7MPa > 10MPa	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.15}{15.4} = 0.009 \leq 0.01$	파쇄암반	

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

대상 비탈면의 분류결과, 1,2구간 모두 파쇄암반사면으로 판정되었고, 상태평가지 파쇄암반사면으로 평가를 실시하였다.

1.4.2 상태평가 결과

가. 상태평가 조사결과표

【표 1.4.3】 사면 손상상태 조사 결과표 (1구간)

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.3]	
조사영역번호		1구간		조사영역 위치		STA. 2+263~2+463	
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	0			
조사일시	2023.03.07.			조사자	이 상 훈		

【표 1.4.4】 사면 파괴요인 조사 결과표 (1구간)

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.4]	
조사영역 번호		1구간		조사영역 위치		STA. 2+263~2+463	
1. 지반상태							
일련번호	구 분		상 태		상태점수		비고
1-5	파쇄암반	절리간격	0.05~0.2m		5		
1-6		저면경사	12 °		2		
1-7		절리상태	보통		3		
2. 사면형상							
1-8	파쇄암반	사면의 경사	50°		3		
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	81.1mm(2022년 9월 6일)		3	3	
		지하수위	사면높이의 1/3		1		
4. 인위적 외부요인							
1-10	파쇄암반	절취상태	좋음		1		
1-11	배수조건		양호		1		
1-12	보호/보강상태		양호함		2		
조사일시	2023.03.07.		조사자	이 상 훈			

【표 1.4.5】 사면 손상상태 조사 결과표 (2구간)

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.5]	
조사영역번호		2구간		조사영역 위치		STA. 2+463~2+632	
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	-	-	없음		0		
조사일시	2023.03.07.			조사자	이 상 훈		

【표 1.4.6】 사면 파괴요인 조사 결과표 (2구간)

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.6]	
조사영역 번호		2구간		조사영역 위치		STA. 2+463~2+632	
1. 지반상태							
일련번호	구 분			상 태		상태점수	비고
1-5	파쇄암반	절리간격		0.1~0.2m		5	
1-6		저면경사		51 °		4	
1-7		절리상태		보통		3	
2. 사면형상							
1-8	파쇄암반	사면의 경사		50°		3	
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량		81.1mm(2022년 9월 6일)		3	3
		지하수위		사면높이의 1/3		1	
4. 인위적 외부요인							
1-10	파쇄암반	절취상태		좋음		1	
1-11	배수조건			양호		1	
1-12	보호/보강상태			양호함		2	
조사일시	2023.03.07.			조사자	이 상 훈		

나. 상태평가조사 산정표

대상 사면은 파쇄암반사면으로, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 저면경사 및 1일 강우량으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			삼덕대절토사면 좌측				표번호
근거표번호			[표 1.4.3], [표 1.4.4]				[표 1.4.7]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리간격	5	d	20	f2=0.38	c
		⑥ 저면경사	2	c			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3	c			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
합계(Σ)					20	F=0.26	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 20 / 52 = 0.38 ○ 상태평가등급(F) : 20 / 76 = 0.26					

【표 1.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			삼덕대절토사면 좌측			표번호	
근거표번호			[표 1.4.5], [표 1.4.6]			[표 1.4.8]	
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리간격	5	d	22	f2=0.42	c
		⑥ 저면경사	4	e			
		⑦ 절리상태	3	c			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
		자연요인	⑨ 강우 및 지하수	3			
	인위요인	⑩ 절취상태	1	b			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
합계(Σ)				22	F=0.28	B	
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 22 / 52 = 0.42 ○ 상태평가등급(F) : 22 / 76 = 0.28					

【표 1.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별 평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
삼덕대절토사면 좌측	0.26	B	0.28	B	0.28	B

다. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 비교시, 1일 강우량의 변화, 보호/보강상태 값의 변화로 인해 결함지수가 상승하였으나, 평가등급은 B로 동일한 것으로 평가되었다.

【표 1.4.10】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
전회 정밀안전점검	0.25	B	
금회 정밀안전점검	0.28	B	

라. 공중이 이용하는 부위

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

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.5.1 종합평가 결과

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

【표 1.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표 번 호	【표 1.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.26	B	근거표번호	【표 1.4.7】
	2구간	0.28	B	근거표번호	【표 1.4.8】
	—	—	—	—	—
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.28	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

1.5.2 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 1.5.2】 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태	비고
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	

1.6 보수·보강 및 유지관리방안

1.6.1 보수·보강 방안

대상 절토사면 점검결과, 일부 구간에서 식생공유실로 인한 능형망노출, 로프부식, 록볼트 점부식 등의 손상이 확인되었으나, 사면의 안전성에 중대한 결함은 없는 상태로서 기능성은 확보되고 있으므로 현 상태에서 보수의 필요성은 낮은 것으로 판단된다. 대상 절토사면은 주기적인 점검을 통한 관리를 실시한 후 손상의 증가 및 확대여부에 따라 보수시기를 결정하는 것이 효율적이다.

대상 절토사면의 손상별 보수방안 및 개략공사비는 다음과 같다.

【표 1.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단 위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
사면	표층유실, 능형망노출	주의관찰	25.00	37.50	m³	－	－	3
	능형망노출, 로프부식	주의관찰	562.50	843.75	m³	－	－	3
	로프부식	주의관찰	75.00	112.50	m³	－	－	3
배수로	토사퇴적	정비	1.75	2.63	m³	32	84	3
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		－		84		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		－		42		
	합계	－		－		126		
개략공사비 총계(천원)		126						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

1.6.2 유지관리방안

본 사면에 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 1.6.2】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	- 표층유실, 능형망노출 구간 → 해당 손상은 식생이 다소 불량하여 나타난 것으로 판단되므로, 주기적인 점검을 통해 식생 및 와이어로프 열화에 대해 주의관찰을 실시하고, 열화에 의한 로프 단면손상이 과다해질 경우 기능이 저하될 수 있으므로 일정규모 이상 단면손상이 관찰될 경우 정비를 통한 관리 필요	
배 수 시 설	- 토사퇴적 → 원활한 배수기능 확보를 위해 주기적인 정비를 실시하는 유지관리가 필요	
보 호 보 강 시 설	- 낙석방지울타리, 와이어로프, 락볼트 등 → 낙석방지울타리, 락볼트, 와이어로프 등에 대해 주기적인 점검을 통해 추가 손상발생 유무, 부식의 진전여부를 확인하는 유지관리가 필요	 

1.7 종합결론

1.7.1 정밀안전점검 결과요약

- 외관조사 결과, 사면 전반에 걸쳐 식생공, 능형망, 록볼트, 낙석방지울타리 등의 보호시설 및 소단배수로, 산마루측구 등의 배수시설이 설치되어 있다. 풍화정도는 보통~심한풍화 정도로 판단되며, 상단에 관목류가 서식하고 있는 상태이다. 사면에 전반에 걸쳐 시공 되어 있는 식생공은 장기공용중 강우, 집중호우 등으로 인하여 일부구간 표층유실로 인한 능형망 노출, 로프부식 등의 손상이 조사되었다. 상기 손상부는 주의관찰을 실시하고, 향후 진전시 부재의 사용성 확보차원의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 전회(2021년 정밀안전점검)점검 이후 배수시설 정비를 실시하여, 일부 손상물량이 감소한 것으로 확인되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 보정반발경도는 51.9~54.3로 측정되었으며, 추정 강도 111.7~124.7MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 파쇄암반사면으로, 평가기준에 따른 결함지수는 0.28로서 평가결과는 “B”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 저면경사 및 1일 강우량으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 전회(2021년 정밀안전점검)와 금회 실시하는 점검의 비교시, 1일 강우량의 변화, 보호/보강 상태 값의 변화로 인해 결함지수가 상승하였으나, 평가등급은 B로 동일한 것으로 평가되었다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

1.7.2 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.

1.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 와이어로프 녹발생 및 능형망노출 구간은 표면식생이 다소 불량하여 나타난 것으로 판단되므로, 주기적인 점검을 통해 식생공 및 와이어로프 열화 등에 대해 주의관찰을 실시하고, 열화에 의한 로프 단면손상이 과다해질 경우 기능이 저하될 수 있으므로 일정규모 이상 단면손상이 관찰될 경우 정비를 통한 관리 필요하다.
- 대구동부순환도로는 2026년 8월 대구광역시로 이관될 시설물로써 금회 점검한 삼덕대절토사면의 경우 현재 발생된 손상에 대한 보수를 실시한다면 시설물의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

1.7.4 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.

