

제2편 시 설 물 편

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

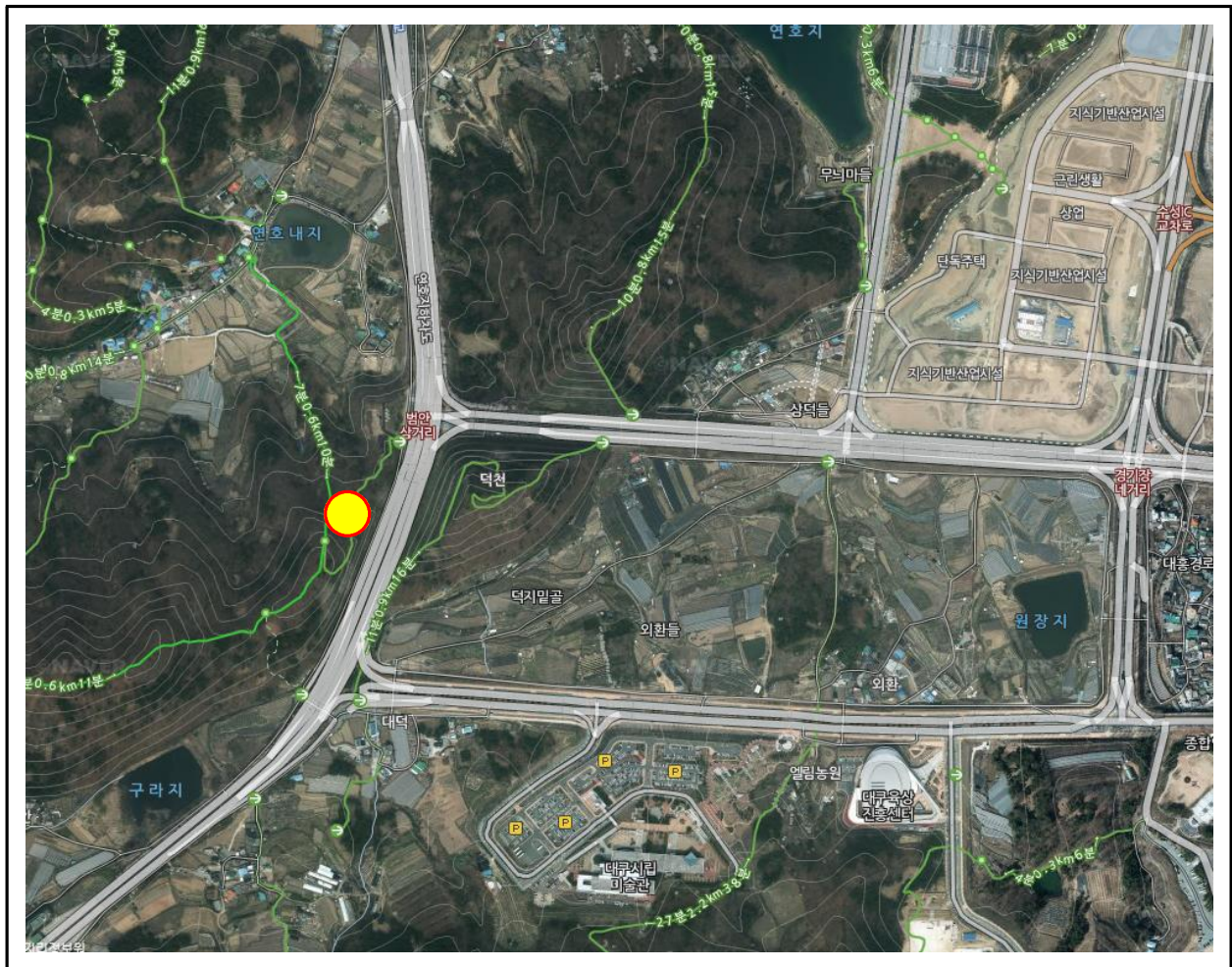
본 시설물은 대구광역시 수성구 범안로(삼덕동 산39-1번지선)에 위치한 사면으로서 총 연장 369.0m, 높이 38.5m의 절토사면으로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 사면 일반사항

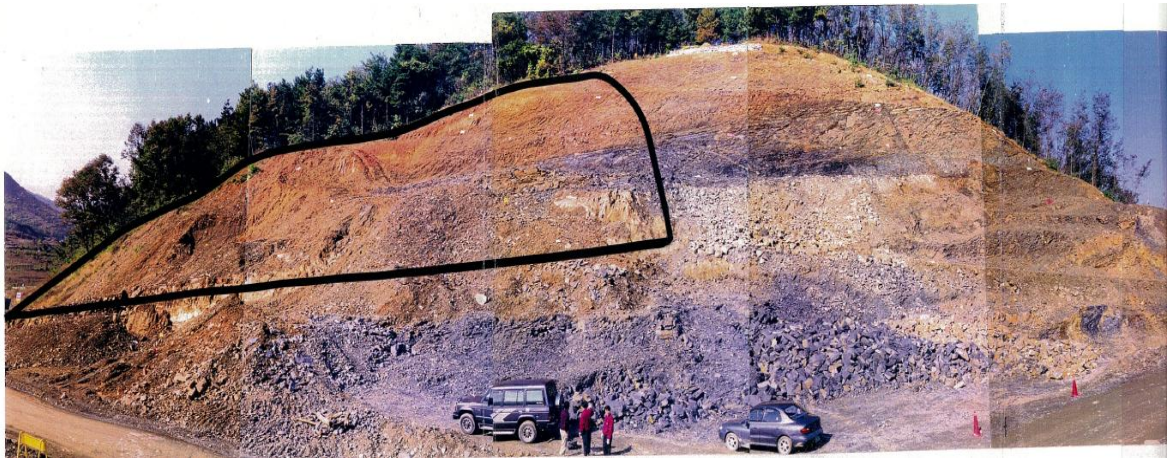
시설물번호	SL2002-0000199		관리번호	-	
시설물명	삼덕대절토사면 좌측		시설물구분	절토사면	
위 치	행정구역	대구광역시 수성구			
	위치좌표	시점 : 35° 49'49.0" 128° 40'06.0"			
		종점 : 35° 50'00.0" 128° 40'11.0"			
	이 정	STA. 2+263 ~ 2+632			
제 원	연 장	369.0m	높 이	38.5m	
	경사/방향	50/115	노 선	광역시도(범안로)	
관리주체	대구동부순환도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	연호지하차도			
	주변지형	산악지형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

1.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 1.1.1】위치도

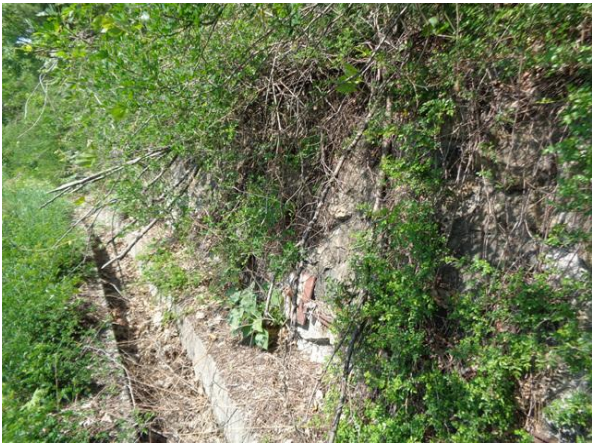
공사중 전경



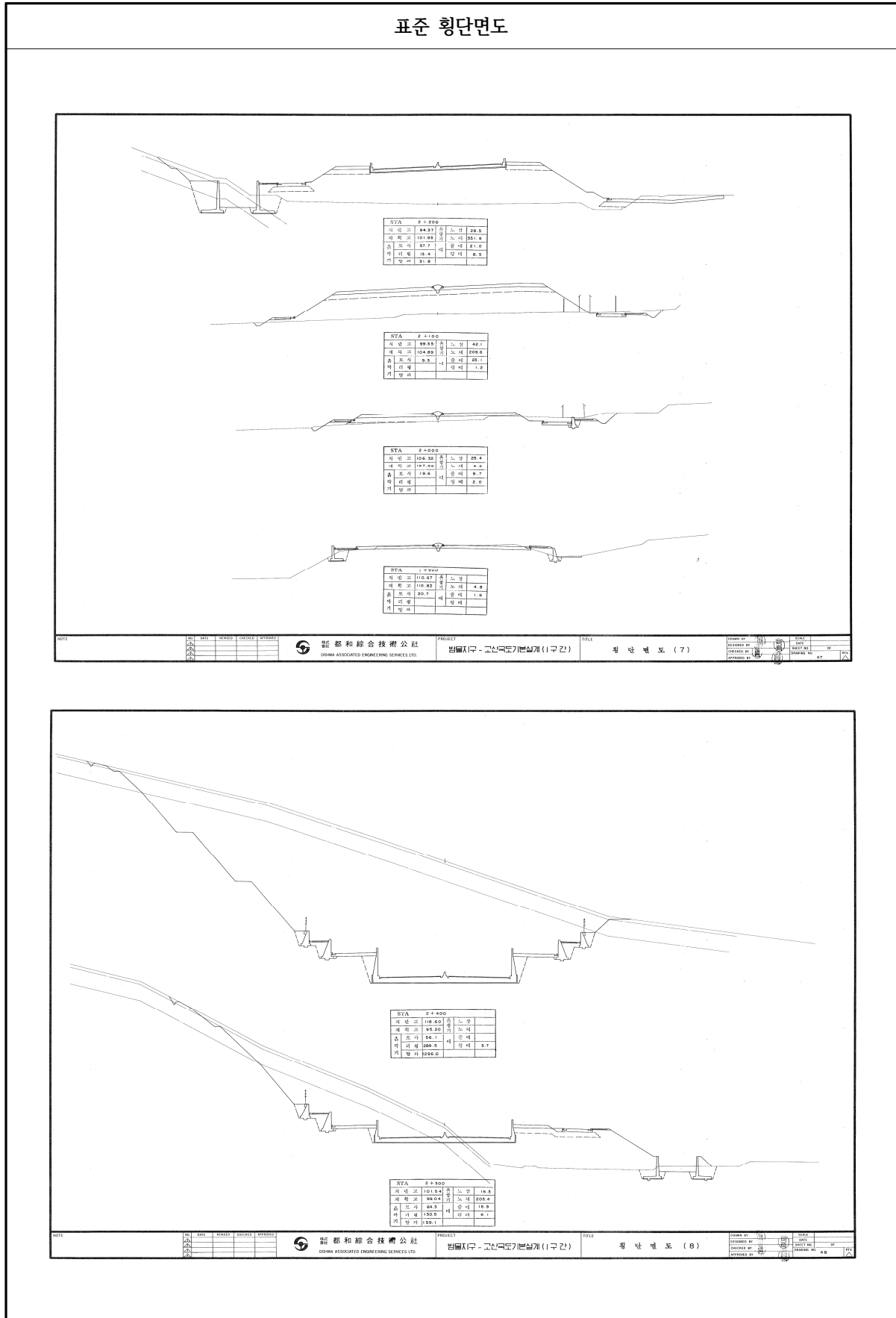
2019년 정밀점검(금회)



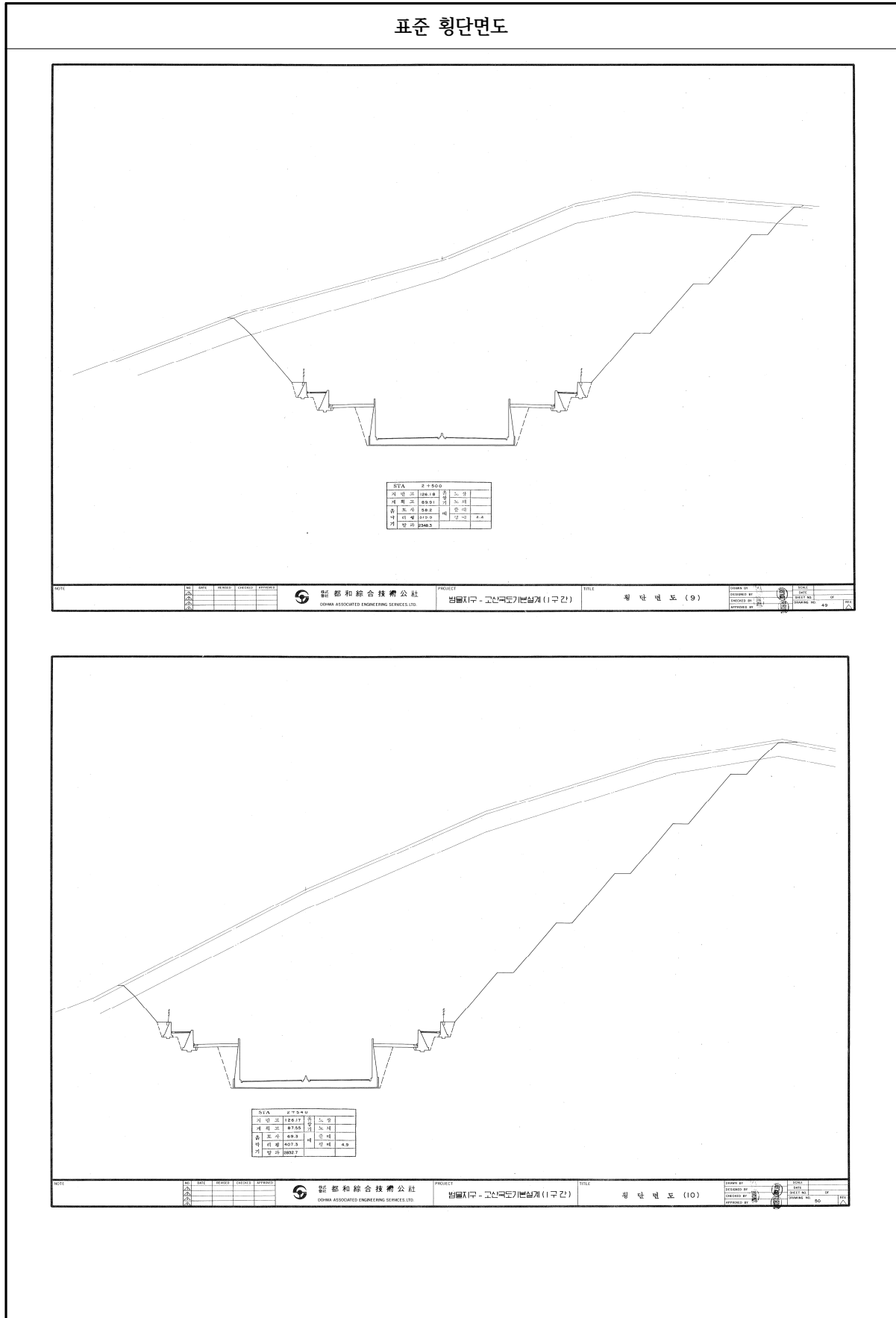
【그림 1.1.2】전경사진

	
산마루측구 전경	1소단 배수로 전경
	
2소단 배수로 전경	자연사면 석축보강 전경
	
낙석방지울타리 전경	하부 전경

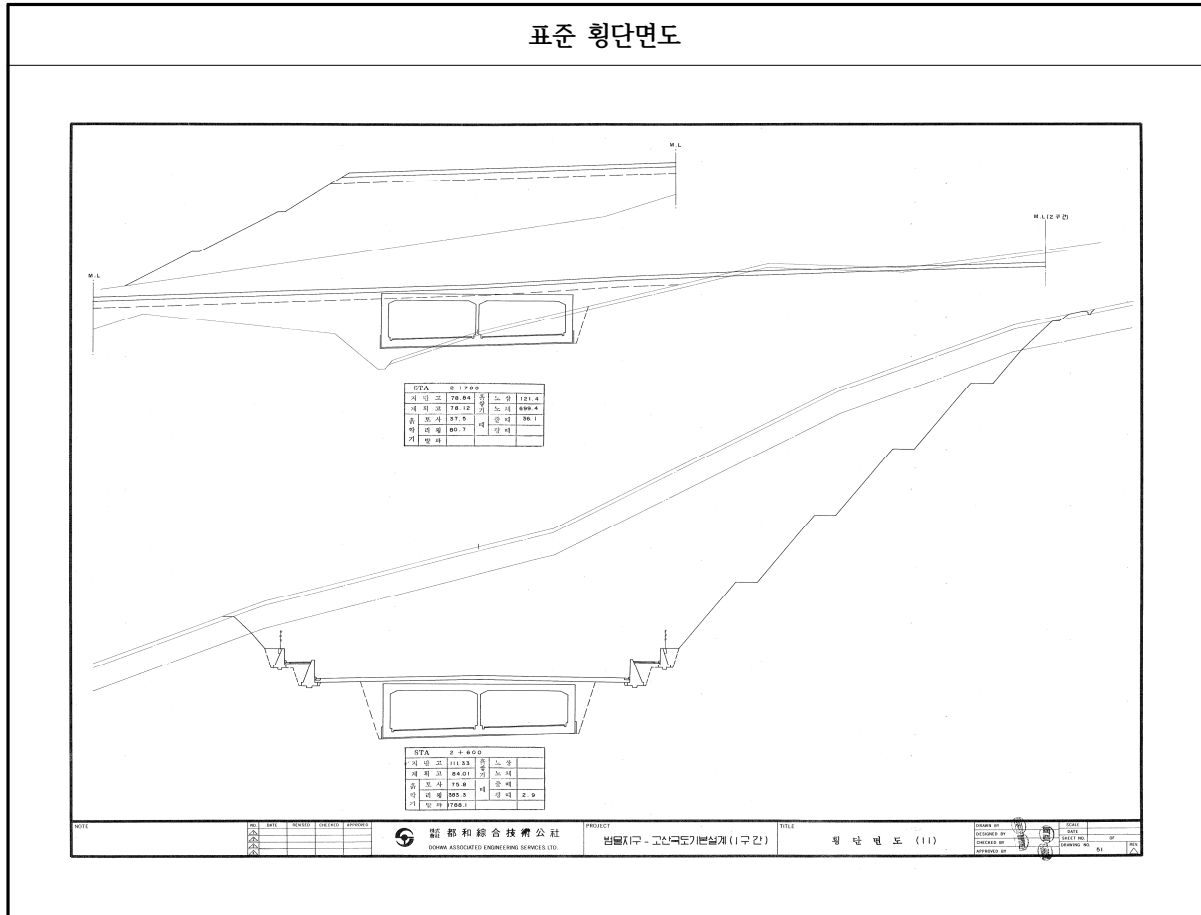
【그림 1.1.3】사면 부재별 현황사진



【그림 1.1.5】표준횡단면도



【그림 1.1.5】표준횡단면도(계속)



【그림 1.1.5】표준횡단면도(계속)

1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 설계자료, 사면 안정성 검토 및 보강공사 설계보고서 검토

가. 지표지질 조사

- 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 과정중에서 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.

나. 토사구간의 조사 및 시험

【표 1.2.1】 토사구간의 조사 및 시험결과

최상단부 사면										상단에서 2번째 사면									
구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	층세 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)		구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	층세 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH									PLT	SCH
T-1	152/25	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	192	147 이하	T-4	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-
T-2	165/24	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	218	147 이하	T-5	160/37	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	216	135 이하
T-3	165/24 015/63 (단층)	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	251	129	T-6	160/37 030/62 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	327	147 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										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									

상단에서 3번째 사면										상단에서 4번째 사면									
구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	층세 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)		구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	층세 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
								PLT	SCH									PLT	SCH
T-10	177/11	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	212	135 이하	T-19	112/51 180/13	5~10	5~10	1내외	점토충진	U/r	MW	386	188
T-11	177/11 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	315	159	T-20	112/51 180/13	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	942	435
T-12	177/11 180/13	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	489	247	T-21	112/51	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	748	541
T-13	177/11 160/38	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	524	376	T-22	112/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	521	412
T-14	174/12	10~20	10~20	0.1 ~ 밀착	-	U/r	SW~MW	327	294	T-23	112/51	10~20	10~20	0.2 ~ 밀착	-	U/r	SW~MW	895	294
T-15	170/12	10~20	10~20	0.1 ~ 밀착	-	U/r	SW~MW	424	329	T-24	112/51	10~20	10~20	0.2 ~ 밀착	-	U/r	SW~MW	928	376
T-16	140/18 122/20	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	135 이하	T-25	112/51	10~20	10~20	0.2 ~ 밀착	-	U/r	SW~MW	327	294
T-17	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	188	T-26	112/51	10~20	10~20	0.1~0.2	-	U/r	HW	458	553
T-18	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	425	171	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										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									

다. 사면 파괴후 결과조사

1) 파괴발생 개요

파괴발생은 STA.2+260~2+335 구간에서 180/13 층리면을 따라서 평면파괴가 발생하였으며 파괴 블록의 변형량은 사면의 경사방향으로 10~15cm 정도에 달한다.

파괴발생 직후 즉시 사면 하단에 압성토를 실시하여 더 이상의 파괴진전을 방지한 후 파괴원인 분석을 위한 조사를 실시하였다.

2) 파괴평면 및 횡단면

파괴는 평면적으로 사면의 하단인 ZONE 3에서 ZONE 4를 가로지르는 180/13 층리면에서 시작하여 사면의 최상단부인 산마루측구까지를 파괴블럭으로 하는 전형적인 평면파괴 형태로 발생하였다.

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

3) 파괴면 조사결과

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

하부 암회색 세일은 보통~심한풍화상태이며, 상부 적색 세일은 심한~완전풍화 상태를 나타내고 있고, 파괴면의 조도는 매끄러움 상태를 나타내고 있다.

【표 1.2.2】 파괴면 조사결과

파괴면 조사결과										
구분		주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm ²)	
ZONE	SECTION								PLT	SCH
2~4	T11~T12 T19~T20	180/13	20이상	10~20	1~5	점토충진	U/si	HW~CW	224	129
① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, 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										

라. 슈미트 해머시험

1) 시험방법

본 조사에서는 절취사면의 풍화정도 및 불연속면 정도에 따라 슈미트 해머로 암석의 강도를 측정하였으며 한 개소에서 10회 이상 실시하여 높은 값 5개의 평균값을 반발치수로 사용하였다.(ISRM)

2) 시험결과

사면을 절취한후 상당기간이 경과한 부분은 암반 표면에서 풍화가 내부로 어느 정도 진행되었기 때문에 측정강도에 편차가 매우 심하게 나타났다.

【표 1.2.3】슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm ²)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		중화도	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
3	T-10	18	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
	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		중화도	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

마. 점하중강도시험

1) 시험결과

【표 1.2.4】점하중강도시험 결과

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

바. 암반 분류에 의한 평가

1) RMR에 의한 평가

【표 1.2.5】 RMR에 의한 평가

ZONE	SEC TION	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	
3	T-9	142	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	III	
	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	
	T-18	298	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	III	
4	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	SEC TION	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.

2) SMR에 의한 평가

【표 1.2.6】 SMR에 의한 평가

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	-	

사. 사면안전검토

<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	

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

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

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

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, 충진율(f/a)은 약 40~60% 정도임.

○ <그림 4.14>에서 점토의 충진율 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)

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

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

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, 충진율(f/a)은 약 20~40% 정도임.

○ <그림 4.14>에서 점토의 충진율 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, 충진율(f/a)은 약 70~80% 정도임.

○ <그림 4.14>에서 점토의 충진율 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)

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

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

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 충진물이 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)

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

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

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 충진물이 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)

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

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

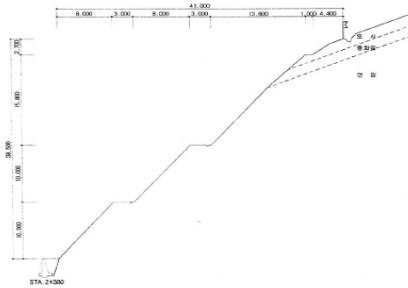
③ 위 두값중 $\phi=43^\circ$ 를 채택

(3) STA.2+280~STA.2+340 파괴구간의 강도정수

○ 후술하는 "5.4.1" (page 193)에 기재하였음.

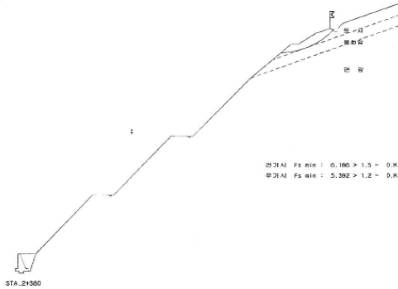
4.4.1.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 상단 토사/ : 해석결과 - 부록 5

(1) 해석단면 : <그림 4.20>



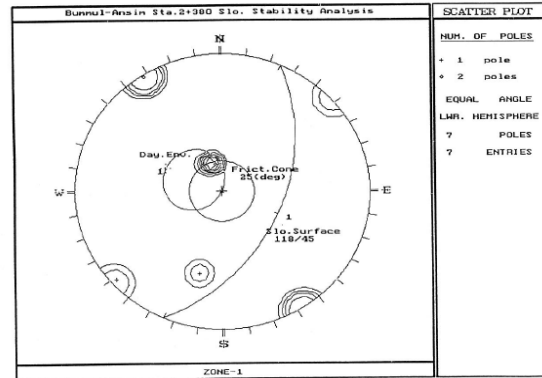
<그림 4.20> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측 토사사면 횡단도

(2) 안정해석 결과 : <그림 4.21>



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

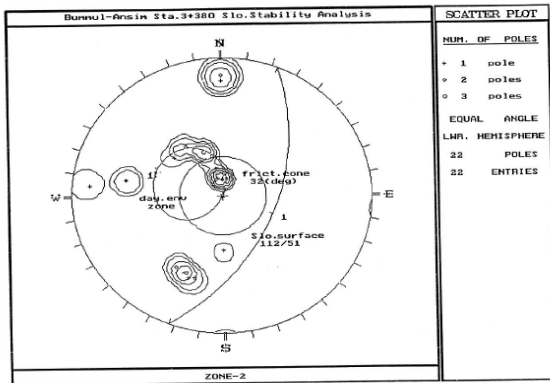
(1) ZONE 1구간(사면 상단에서 구배 1:0.8 변곡점까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.36> ZONE 1구간 평사투영해석

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

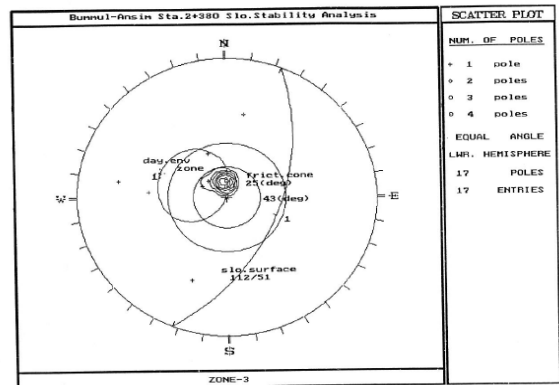
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.37> ZONE 2구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- 160/38, 180/13 층리 및 130/47 절리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색~암회색 셰일로서 심한풍화(HW) 상태를 나타내고 있고, 사면좌측 160/38 층리군에는 열리현상이 매우 진행되어 있으며, 특히 STA.2+390~STA.2+420 구간 130/47 절리군에서는 얇은 두께의 암파탈락 및 파괴가 진행되고 있음.
- ZONE 1에서부터 연결되는 우측의 022/65 방향성을 지나는 단층에 폭 50mm 정도의 단층결로 및 각력이 충전되어 있어 이들 면에서의 암파탈락이 예상됨.
- ZONE 1과 마찬가지로 표면 풍화가 많이 진행되어 있음.

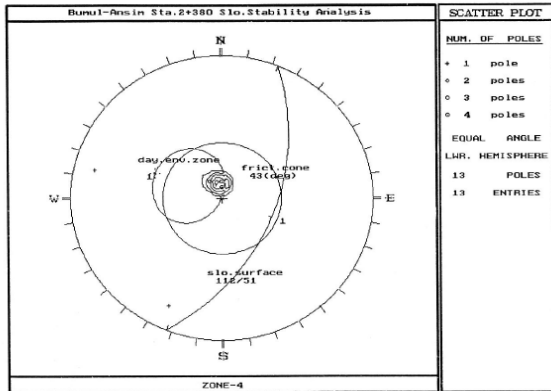
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<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 층리에서는 ZONE 2와 같이 평면파괴에 대하여 불안정하며 ZONE 우측의 습곡부위의 122/20 층리군에서 평면파괴~암파탈락의 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 층리군은 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	해석(대표) 단면 No.	ZONE	방 향 성		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+460 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	1.026	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 토성시험, 각종지표 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

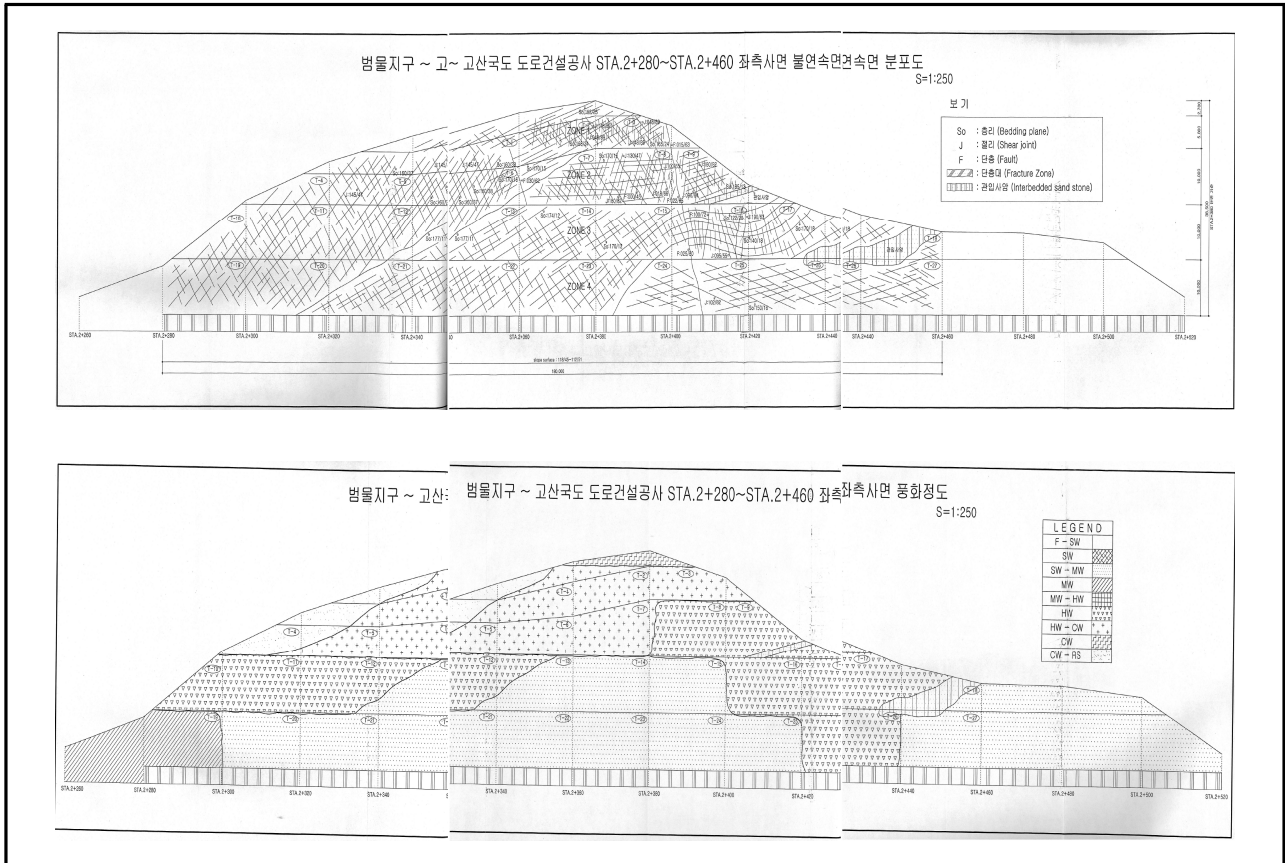
사면 최상단에서 제2소단까지는 낙석 예방대책이 우선적으로 고려되어야 하며 이와 병행하여 약간의 구조적인 보강대책이 요구된다.
사면 중간부 이하는 비교적 안정된 상태를 나타내고 있어 별도의 보강대책이 필요하지 않으나 사면 우측 단부 상단부분(ZONE 5구간)의 풍화도 사면의 인장균열에 대해서는 별도의 보강대책이 요구된다.
특히 사면 우측 구간에는 용수부위가 많아 이에 대한 대책도 요구됨.

(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.



1.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로 편입된 후, 2회의 정기점검을 실시하였고, 금회 정밀점검이 최초 정밀 점검이다. 시설물정보관리종합시스템에 작성된 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.7】 점검 이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2018. 03. 20 ~ 2018. 04. 15	정기 점검	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.	-
2	2018. 08. 21 ~ 2018. 09. 19	정기 점검	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.	-

1.2.3 전차 정기점검 실시결과

금회(19년 상반기) 점검이 최초 정밀점검으로 이전 정밀점검 자료가 없으므로, 이전 정기점검 실시결과를 검토하였다.

가. 현장조사 및 시험결과

1)외관조사 결과

구분	점검 결과	조치 방안
사면부	· 녹생토유실	· 주의관찰
배수시설	· 소단배수로 균열	· 균열보수
상부 자연사면	· 자연사면 수목전도	· 정비
보강시설	· 상태 양호	·
검토의견	· 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.	

2) 현장시험 결과

정기점검으로 비파괴시험 미실시.

나. 상태평가 결과

정기점검으로 상태평가 미실시.

다. 종합평가 결과

정기점검으로 종합평가 미실시.

라. 안전등급 지정

정기점검으로 안전등급지정 미실시.

마. 보수·보강 방안

■ 삼덕대절토사면 좌측			
손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	① STA. 2+370 1단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 A=15m*3m	주의관찰	
	② STA. 2+370 2단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 A=50m*7m	주의관찰	
	③ STA. 2+370 3단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 A=54m*6m	주의관찰	
	④ STA. 2+370 4단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출 A=20m*5m	주의관찰	
낙석위험			
배수시설	⑤ STA. 2+310 1소단배수로 균열 L=2.0m (1EA)	균열보수	
수 목	⑥ STA. 2+280 자연사면 수목전도	정비	
기 타			

바. 종합결론

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.

1.2.4 시설물 보수 이력

【표 1.2.8】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공사	비고
-	-	-	-	-	-	

1.3 현장조사 및 시험

1.3.1 현황 및 특성

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

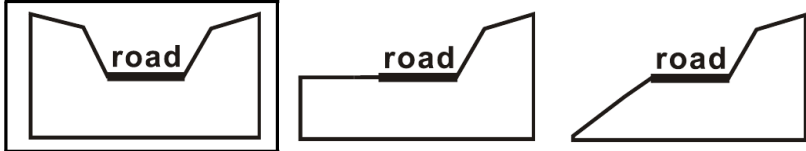
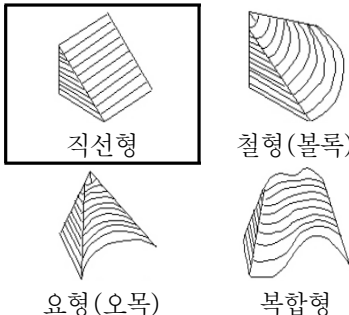
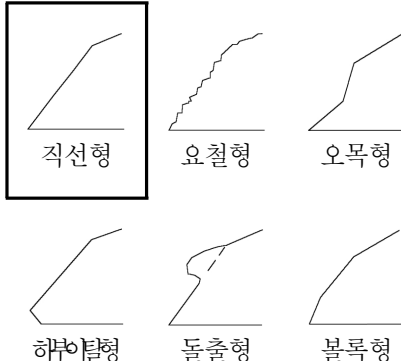
가. 일반현황 조사결과

【표 1.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2019년 05월 10일	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 : -
깎기비탈면 시공현황	뜯돌 평균크기 : -		
	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
붕괴이력	석축	STA. 2+390	양호
	유 형	규 모	위 치
	평면파괴	길이 70m, 깊이 12m, 활동면연장 20m 변형량 경사방향으로 10~15cm	STA.2+260~335
기 타			

나. 사면특성 조사결과

【표 1.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	종 횡 단 면			종 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		15°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		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 (0), 심근성 ()			

다. 사면 구간분할 결과

해당 사면은 연장 369.0m 로서, ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침’에 제시된 사면의 조사영역 및 사면의 분할 기준인

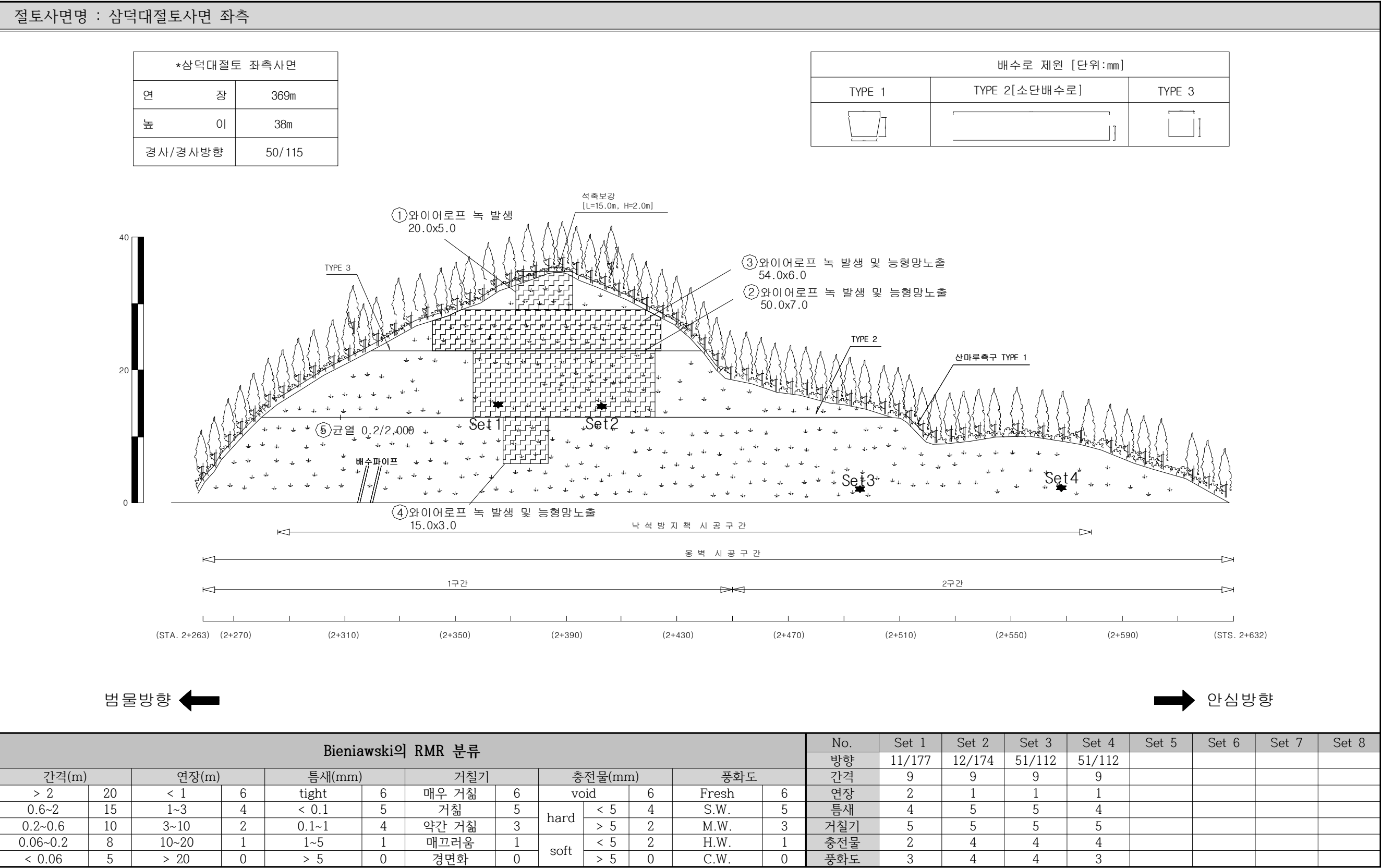
- 1) 수직도가 5m이하로 낮아지는 지점
- 2) 사면의 구성재료가 변화할 경우
- 3) 사면의 경사방향이 40°이상 변화할 경우
- 4) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

위 기준 중 4번에 해당하여, 그에 따라 2개 구간으로 분할하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

【표 1.3.3】 사면 구간분할 결과

구 분	측 점	비 고
1구간	STA. 2+263~2+463	L=200.0m
2구간	STA. 2+463~2+632	L=169.0m

1.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



1.3.3 구간별 외관조사 결과(1구간)

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 풍화토가 존재하고 있으며, 전체적으로 관목류가 분포하고 있다.



【그림 1.3.1】상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 전반적으로 식생이 양호하며, 인장균열 등의 파괴 징후는 없는 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 양호한 상태로서 전차(18년 하반기) 점검에 조사된 수목전도에 대해 정비를 실시하였다.

	
현황	STA.2+280 자연사면 수목전도 정비
원인	-
대책	-

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

사면 대부분에 녹생토가 시공되어 있고, 일부구간 락볼트가 설치되어 있다. 국부적으로 노출된 암의 풍화정도는 보통~심한풍화 정도이다.



【그림 1.3.2】사면 전경

2) 조사결과

- 사면에 시공된 녹생토 대부분은 식생이 양호한 상태이나, 국부적으로 식생이 불량한 곳이 조사되었다.
- 현장조사 결과, 사면에 발생한 식생불량은 공용기간 증가 및 급경사로 인한 것으로 판단되며, 주의관찰이 필요하다.
- 일부구간 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출이 조사되었고, 해당 손상은 전차(18년 하반기) 점검 시 현황과 비교한 결과, 진행성은 미미한 것으로 확인되어 지속적인 주의관찰 후 손상의 진전에 따라 보수여부를 결정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.



현 황	STA.2+340~430 3단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출
원 인	녹생토 표층불량에 의한 노출
대 책	주의관찰 후 조치



현 황	STA.2+350~420 2단 와이어로프 녹발생 및 능형망 노출
원 인	녹생토 표층불량에 의한 노출
대 책	주의관찰 후 조치

다. 배수시설

1) 현황

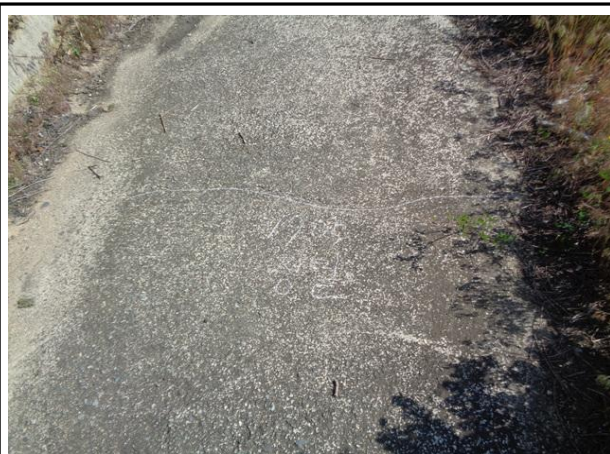
대상 사면의 배수시설은 산마루측구, 소단배수로가 시공되어 있다.



【그림 1.3.3】배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수 기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 소단배수로에 발생한 균열은 전차(18년 하반기) 점검 시 현황과 비교한 결과, 진행성은 미미한 것으로 확인되었고, 기능상의 문제가 없는 것으로 판단된다.
- 해당 손상은 주의관찰 후 진전시 보수여부를 결정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.



현 황	STA.2+310 1소단배수로 균열
원 인	건조수축
대 책	주의관찰

라. 사면 보호/보강시설

1) 현황

대상 사면 내에는 낙석방지망, 낙석방지 울타리, 락볼트, 석축보강이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【그림 1.3.4】보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 조사결과, 보호·보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태로 조사되었다.

마. 1구간 외관조사 결과

【표 1.3.4】1구간 외관조사 결과

구 분	손상내용	수량	비고
상부자연사면	상태 양호	-	
사면 및 사면하부	와이어로프 녹발생 및 능형망 노출	A=15.0m*3.0m A=50.0m*7.0m A=54.0m*6.0m A=20.0m*5.0m	
배수시설	소단배수로 균열	L=2.0m	
사면보호/보강시설	상태 양호	-	

1.3.4 부재별 외관조사 결과(2구간)

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 풍화토가 존재하고 있으며, 전체적으로 관목류가 분포하고 있다.



【그림 1.3.5】상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 전반적으로 식생이 양호하며, 인장균열 등의 파괴 징후는 없는 것으로 조사되었다.

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

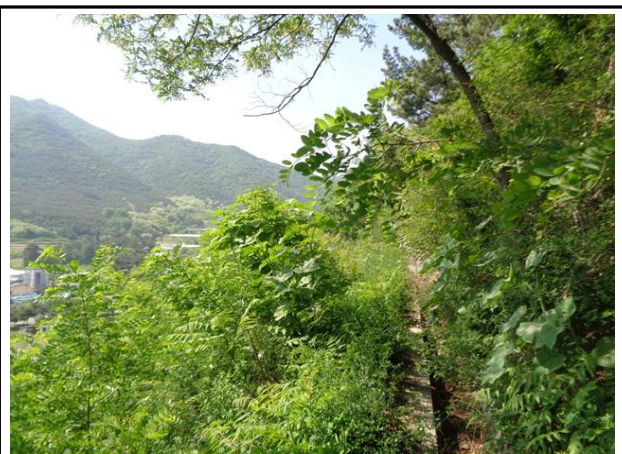
사면 대부분에 녹생토가 시공되어 있고, 일부구간 락볼트가 설치되어 있다. 국부적으로 노출된 암의 풍화정도는 보통풍화 정도이다.



【그림 1.3.6】사면 전경

2) 조사결과

- 사면에 시공된 녹생토 대부분은 식생이 양호한 상태이나, 국부적으로 식생이 불량한 곳이 조사되었다.
- 현장조사 결과, 사면에 발생한 식생이 불량한 구간은 공용기간 증가 및 급경사로 인한 것으로 판단된다.
- 전차(18년 하반기) 점검과 비교시 진전이 미미한 것으로 확인되었고, 손상의 정도가 작고, 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되므로 주의관찰을 실시하는 유지관리가 효율적이다.



현 황	STA.2+530 1단 식생불량
원 인	공용기간 증가, 급경사
대 책	주의관찰

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 산마루측구, 소단배수로가 시공되어 있다.



【그림 1.3.7】배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수 기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태이다.

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

대상 사면 내에는 낙석방지망, 낙석방지 울타리, 락볼트가 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【그림 1.3.8】보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 조사결과, 보호·보강시설은 기능발휘에 큰 문제가 없는 상태로 조사되었다.

마. 2구간 외관조사 결과

【표 1.3.5】 2구간 외관조사 결과

구 분	손상내용	수량	비고
상부자연사면	상태양호	-	
사면 및 사면하부	상태양호	-	
배수시설	상태양호	-	
사면보호/보강시설	상태양호	-	

1.3.6 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

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(18년 하반기) 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.

【표 1.3.6】외관조사 결과 요약

구분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	와이어로프 녹발생 및 능형망 노출	주의관찰
배수시설	균열	주의관찰
상부 자연사면	양호	-
보강시설	양호	-

나. 이전 점검과의 비교

해당 사면은 금회 최초 정밀점검으로 18년 하반기 정기점검과 외관상태 비교를 실시하였다.
비교 결과, 손상의 증가는 없고 수목전도에 대해 정비를 실시한 것이 확인되었다.

【표 1.3.7】 전회 손상물량표

2018년 하반기 정기점검(전회)		
손상유형	위치 및 수량	비고
표층유실	① STA. 2+370 1단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=15m*3m	
	② STA. 2+370 2단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=50m*7m	
	③ STA. 2+370 3단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=54m*6m	
	④ STA. 2+370 4단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=20m*5m	
낙석위험		
배수시설	⑤ STA. 2+310 1소단배수로 균열 L=2.0m (1EA)	
기 타	⑥ STA. 2+280 자연사면 수목전도	

【표 1.3.8】 금회 손상물량표

2019년 상반기 정밀점검(금회)		
손상유형	위치 및 수량	비고
표층유실	① STA. 2+370 1단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=15m*3m	
	② STA. 2+370 2단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=50m*7m	
	③ STA. 2+370 3단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=54m*6m	
	④ STA. 2+370 4단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=20m*5m	
낙석위험		
배수시설	⑤ STA. 2+310 1소단배수로 균열 L=2.0m (1EA)	
기 타		

【표 1.3.9】 전차대비 손상수량 증감표

구 분	손상내용	손상 수량/개소		증 감 (○,△)
		2018년 정기점검	2019년 정밀점검	
사면부	와이어로프 낙발생 및 능형망노출	819m ²	819m ²	-
배수시설	소단배수로 균열	2m	2m	-
보강시설 및 기타	수목전도	1EA	-	1EA△

1.3.7 재료시험 결과

가. 시험결과

금회 대상 사면에 대하여 암반용 슈미트해머를 이용한 반발경도시험을 실시하였으며, 시험수량은 외관조사편에 실시한 구간분할에 따라 각 구간별로 2개소를 측정하였다.

반발경도시험 결과는 다음과 같다.

【표 1.3.10】 반발경도시험 결과

시험위치	슈미트해머 반발도		타격방향		보정 반발경도(R)	암판정 결과
	측정 DATA	평균값	(°)	보정값		
STA.2+360 2단	48 46 44 52 50 50 50 48 50 52 50 50 48 46 46 46 50 58 56 50	51.8	0	-2.2	49.6	보통암
STA.2+400 2단	46 48 44 48 50 50 52 54 58 58 54 50 50 56 52 50 52 44 48 44	53.6	0	-2.2	51.4	경암
STA.2+500 1단	54 52 54 56 54 56 52 54 56 54 50 52 52 52 54 56 54 56 58 60	56.0	0	-2.2	53.8	경암
STA.2+570 1단	58 56 58 56 56 56 60 58 60 60 58 58 54 52 52 58 56 54 54 54	58.4	0	-2.2	56.2	경암
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 반발경도시험 결과, 보정반발경도는 49.6~56.2로 측정되었으며, 암판정 결과 경암~보통암으로 판정되어 암반의 강도는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.					
측정 사진						
						

나. 이전 정밀점검과의 비교

대상 사면은 금회 실시하는 점검이 최초 정밀점검이다.

【표 1.3.11】 이전 정밀점검과의 비교

구 분	보정반발경도(R)	환산 일축압축강도(MPa)	암 판정 결과
-	-	-	-
2019년 상반기 정밀점검(금회)	49.6~56.2	99~152	경암~보통암

1.3.8 불연속면 조사 결과

가. 측정현황

불연속면에 대한 조사를 실시하였고, 조사수량은 금회 구간분할 및 조사위치 선정에 따라 각 구간별 불연속면 2개소를 측정하였고, 조사위치는 발주자 제공자료‘사면 안정성 검토 및 보강공사 설계 보고서, 2000.03’를 참조하여 선정하였다.

조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~4으로 표기하였다.



【그림 1.3.9】불연속면 측정 현황

나. 측정결과

각 구간별 불연속면 조사결과는 다음과 같다.

【표 1.3.12】 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)	5~10	10~20
틈새(mm)	0.5~1.0	0.1 미만
거칠기	거칠음	거칠음
충진물	부드러움	딱딱함
풍화도	MW	SW~MW
비고	♦ 1구간의 경우, 풍화 정도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태로서, 불연속면 틈새의 상태는 일부 점토가 충진되어 있으며, 거칠기는 비교적 거칠은 편이다.	

【표 1.3.13】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간	
	Set 3	Set 4
방향성	51/112	51/112
간격(m)	0.1~0.2	0.1~0.2
연장성(m)	10~20	10~20
틈새(mm)	0.1 미만	0.1~0.2
거칠기	거칠음	거칠음
충진물	딱딱함	딱딱함
풍화도	SW~MW	MW
비고	♦ 2구간의 경우, 풍화 정도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태로서, 불연속면 틈새의 상태는 비교적 촘촘하며, 일부 점토가 충진되어 있으며, 거칠기는 비교적 거칠은 편이다.	

1.4 상태평가

1.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

해당 사면은 연장이 369.0m의 사면으로서, 외관조사편에 실시한 구간분할과 동일하게 2개 구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다.

【표 1.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	특징	비고
1구간	STA. 2+263~2+463	경사/경사방향 : 50/115, 연장 : 369.0m 높이 : 38.5m	Set1, Set2
2구간	STA. 2+463~2+632		Set3, Set4

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로“시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 절토사면편 (2018.01, 한국시설안전공단)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 1.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서의 표준횡단면도(2.1.3 시설물 일반도에 수록) 및 발주자 제공자료‘사면 안정성 검토 및 보강공사 설계보고서, 2000.03’를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 불연속면 조사시 각 Set에 위치하는 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 1.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{0.5}{38.5} = 0.013 \leq 0.4$	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 99~106MPa > 10MPa	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in dex}{Slope\ height} = \frac{0.1}{38.5} = 0.002 \leq 0.01$	파쇄암반	

【표 1.4.2】비탈면 분류결과(계속)

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
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 132~152MPa > 10MPa	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in dex}{Slope\ height} = \frac{0.15}{15.4} = 0.009 \leq 0.01$	파쇄암반	

1.4.2 상태평가 결과

가. 사면 손상상태 조사결과표

【표 1.4.3】 1구간 사면 손상상태 조사 결과표

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	-	-	없음	0			
조사일시	2019.05.10.			조사자	이 상 훈		

【표 1.4.4】 2구간 사면 손상상태 조사 결과표

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.4]	
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	2019.05.10.			조사자	이 상 훈		

나. 사면 파괴요인 조사결과표

【표 1.4.5】 1구간 사면 파괴요인 조사 결과표

시설물명		삼덕대절토사면 좌측		표번호		[표 1.4.5]	
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		-	0	1	
		지하수위		사면높이의 1/3			1
4. 인위적 외부요인							
1-10	파쇄암반	절취상태		좋음	1		
1-11	배수조건			양호	1		
1-12	보호/보강상태			양호함	1		
조사일시	2019.05.10.			조사자	이 상 훈		

【표 1.4.6】 2구간 사면 파괴요인 조사 결과표

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		-	0	1	
		지하수위		사면높이의 1/3			1
4. 인위적 외부요인							
1-10	파쇄암반	절취상태		좋음	1		
1-11	배수조건			양호	1		
1-12	보호/보강상태			양호함	1		
조사일시	2019.05.10.			조사자	이 상 훈		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.25로서 평가결과는 “B”로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 암반사면의 특성상 사면경사, 저면경사가 고각인 점, 절리간격이 다소 취약한 점 등으로서 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 1구간 상태평가결과 산정표

시설물명			삼덕대절토사면 좌측				표번호
근거표번호			[표 1.4.3], [표 1.4.5]				[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	17	f2=0.33	c
		⑥ 저면경사	2	c			
		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)					17	F=0.22	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 17 / 52 = 0.33 ○ 상태평가등급(F) : 17 / 76 = 0.22					

【표 1.4.8】2구간 상태평가결과 산정표

시설물명			삼덕대절토사면 좌측				표번호
근거표번호			[표 1.4.4], [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	19	f2=0.36	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=0.25	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 19 / 52 = 0.36 ○ 상태평가등급(F) : 19 / 76 = 0.25					

【표 1.4.9】총괄 상태평가결과

구 분	1구간		2구간		평가결과(Min)	
	결함지수	등급	결함지수	등급	결함지수	등급
삼덕대절토사면 좌측	0.22	B	0.25	B	0.25	B

라. 이전 정밀점검과의 비교

대상 사면은 금회 실시하는 점검이 최초 정밀점검이다.

【표 1.4.10】이전 정밀점검과의 비교

-		금회 정밀점검		비 고
결함지수	평가결과	결함지수	평가결과	
-	-	0.25	B	• 금회 최초정밀점검임.

1.5 종합평가 및 안전등급 지정

1.5.1 종합평가 결과

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

【표 1.5.1】종합평가 결과

종합평가 결과 산정표				
시설물명	삼덕대절토사면 좌측		표 번 호	[표 1.5.1]
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.25	B	근거표번호	[표 1.4.9]
안전성평가	-	-	-	-
종합평가	0.25	B	최저등급 적용	
종합평가결과	절토사면의 종합평가 결과 : B			

※ 안전성평가는 안전점검(정밀점검, 긴급점검)에서는 상태기준이 D이하로 판정되거나 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우에 실시함 (시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 절토사면편, 2018.01.)

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
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, 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 보수방안은 다음과 같다.

【표 1.6.1】 손상별 보수.보강 방안

삼덕대절토사면 좌측			
손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	① STA. 2+370 1단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=15m*3m	주의관찰	
	② STA. 2+370 2단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=50m*7m	주의관찰	
	③ STA. 2+370 3단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=54m*6m	주의관찰	
	④ STA. 2+370 4단 와이어로프 낙발생 및 능형망 노출 A=20m*5m	주의관찰	
낙석위험			
배수시설	⑤ STA. 2+310 1소단배수로 균열 L=2.0m (1EA)	주의관찰	
수 목			
기 타			

1.6.2 유지관리방안

본 사면에 대한 정밀점검 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】 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	· 와이어로프 녹발생 및 능형망노출 구간 → 해당 손상은 녹생토 표면식생이 다소 불량하여 나타난 것으로 판단되므로, 주기적인 점검을 통해 녹생토식생 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 필요	
배수 시설	· 균열 구간 → 전회와 비교시 진전이 미미하므로, 주기적인 관찰을 실시하여 손상의 증가할 경우 보수를 실시하는 유지관리가 필요	

1.7 종합결론

1.7.1 정밀점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 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(18년 하반기) 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.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 49.6~56.2 으로서 환산 일축압축강도 99~152MPa로 경암~보통암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 파쇄암반사면으로서 평가기준에 따른 결함지수는 0.25, 상태평가결과는 “B”로 산정되었으며, 평가결과에 가장 주된 인자는 암반사면의 특성상 사면경사, 저면경사가 고각인 점, 절리간격이 다소 취약한 점 등으로서 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “B등급 : 경미한 손상, 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”으로 지정하였다.

1.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 절토사면에 대한 정밀점검 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 절토사면은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

1.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 와이어로프 녹발생 및 능형망노출 구간은 녹생토 표면식생이 다소 불량하여 나타난 것으로 판단되므로, 주기적인 점검을 통해 녹생토식생 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.
- 배수시설의 균열은 전회와 비교시 진전이 미미하므로, 주기적인 관찰을 실시하여 손상의 증가

할 경우 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

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.

