

8. 절토사면-부산포항선

STA.47+050~47+630(부산)

8.1 시설물 개요

8.2 자료수집 및 분석

8.3 현장조사 및 시험

8.4 상태평가

8.5 종합평가 및 안전등급 지정

8.6 보수·보강 및 유지관리 방안

8.7 종합결론

8.1 시설물 개요

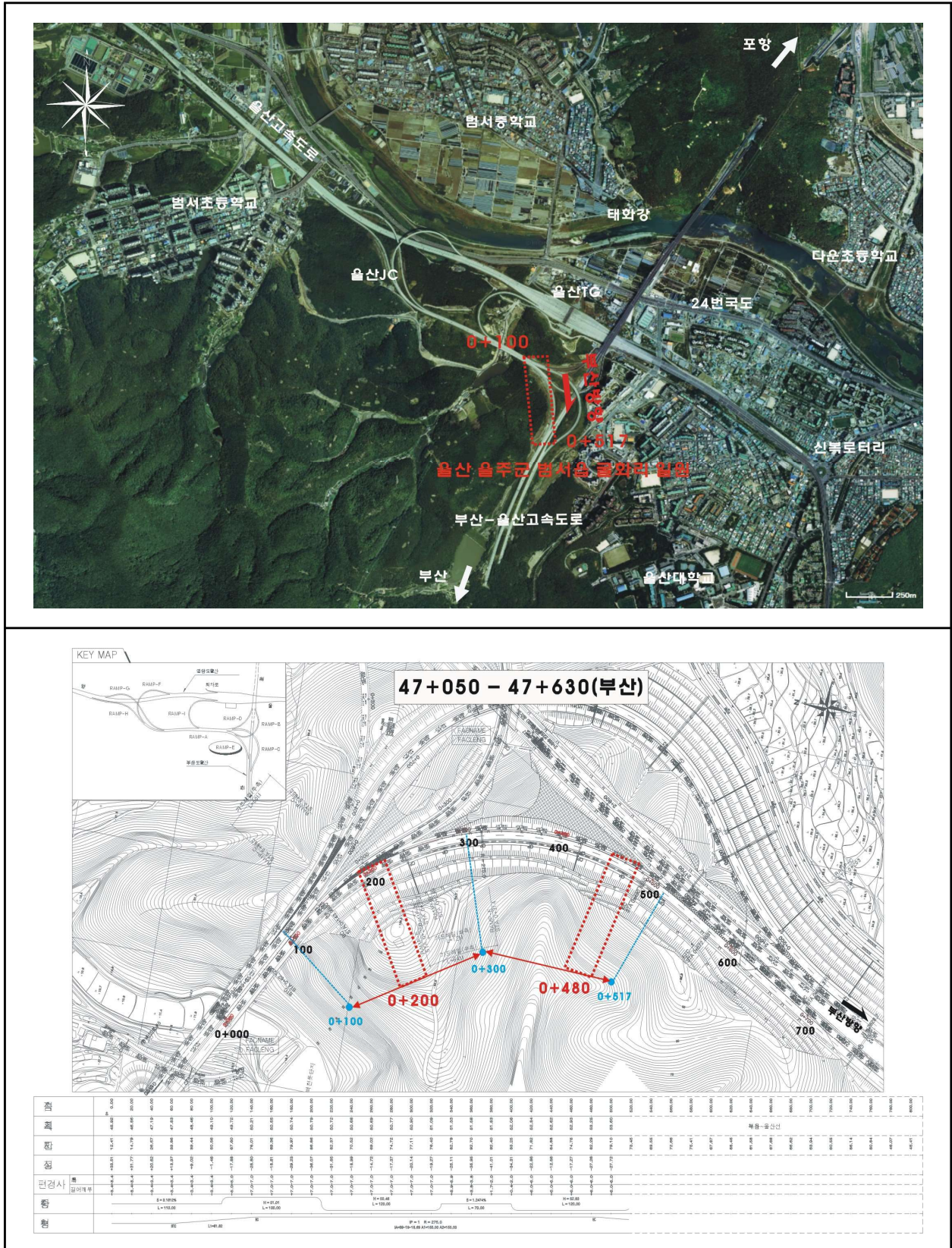
본 시설물은 울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 산 61-1(부산기점 47.05k)에 위치한 사면으로서 총 연장 580.0m, 높이 55.0m의 절토사면으로 시공되어 있다.

8.1.1 일반사항

【표 8.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	C-065-47.05-JC-Ra_E-142-R		관리번호	-	
시설물명	부산울산선 STA.47+050~47+630(부산방향)		시설물구분	2종 시설물	
위 치	행정구역	울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 산 61-1			
	위치좌표	시 점 : N (35° 33′ 20.58″), E (129° 14′ 49.34″)			
		중 점 : N (35° 33′ 08.26″), E (129° 14′ 53.46″)			
제 원	연 장	580.0m	높 이	55.0m	
	경사/방향	63 / 064	노 선	부산울산선	
관리주체	부산울산고속도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	-			
	주변지형	준산악	상부사면경사	-10 ~ -20°	
시공현황	준공년도	2008	시 공 자	삼성물산(주)	
	부대시설	L형 옹벽, 전면점검로, 소단배수로, 종배수로 등			
비 고					

8.1.2 위치도 및 전경사진



2016년 정밀안전점검(이전)



2019년 정밀안전점검(금회)



【그림 8.1.2】 전경사진

	
1소단 배수로 전경	2소단 배수로 전경
	
수직도수로 전경	계단식옹벽 전경
	
하부 전경	암반강도 측정

【그림 8.1.3】 사면 부재별 현황

8.2 자료수집 및 분석

8.2.1 설계자료 검토

가. 지형특성

조사 지역 주변의 지형은 북북동-남남서, 북서-남서 방향으로 평행하게 발달 된 수 개조의 단층선을 경계로 본 산계가 나란히 발달 된 것이 특징이다. 산계는 단층과 단층 사이에 발달하며 비교적 완만 한 산세를 보여주고 있 다. 조사 지역의 지형은 N20E 방향의 동측의 동래 단층과 서측의 양산 단층 사이에서 나타나는 해발 고도 평균 200m 정도의 준 산악 지형이며, 계곡들은 대부분 U 자곡을 형성하고있어 만장 년 기의 지형에 해당된다.

나. 지질의 영향

대체로 낮은 산악 지역 인 본 지역은 서쪽의 문수산 (해발 599.8m), 북쪽의 삼호 산 등을 주봉으로 이루고있다. 북동 남서의 방향으로 정면하게 연장되는 산계를 이루고있는 자세는이 지역에 분포 된 암석들의 암질과 지질-구조에 지배받은 것이라 할 수있다. 지역 내 분포하는 암종과 지형 기록은 상관 관계가 있으며, 풍화에 강한 혼 켤스의 분포지는 높은 해발 고도를 형성하며, 백 막기 쇄설 성 퇴적 암류는 풍화에 의해 지형적으로 구름 지 내지 완 안한 사면을 형성하고있다.



8.2.2 시설물 점검이력

대상시설물인 절토사면은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기 및 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 8.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2009.03.06. ~ 2009.06.30	정기 안전 점검	양호	양호
2	2009.08.04. ~ 2009.11.25	정기 안전 점검	양호	양호
3	2010.10.01. ~ 2010.11.29	정밀 안전 점검	1소단부에서 다수의 균열이 조사되었으며 사면 보호공인 녹생토 시공은 1사면부의 전구간에 걸쳐 탈락된 것으로 조사되었으나 2사면부의 경우 전반적으로 양호한 상태이다. 이 외 도수로, 점검계단 및 종점부의 계단식 옹벽의 경우 양호한 것으로 조사되었다.	A
4	2010.07.07. ~ 2010.12.08	정기 안전 점검	양호	양호
5	2011.05.23. ~ 2011.06.03	정기 안전 점검	양호	양호
6	2011.11.01. ~ 2011.11.10	정기 안전 점검	양호	양호
7	2012.05.02. ~ 2012.05.03	정기 안전 점검	양호	양호
8	2012.10.22. ~ 2012.10.24	정기 안전 점검	양호	양호
9	2013.04.15. ~ 2013.04.30	정기 안전 점검	양호	양호
10	2013.09.23. ~ 2013.09.27	정기 안전 점검	양호	양호

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
11	2013.12.06. ~ 2013.12.25	정밀 안전 점검	1소단부에서 균열 보수가 되었으며 사면 보호공인 녹생토 시공은 1사면부의 전구간에 걸쳐 탈락된 것으로 조사되었으나 2사면부의 경우 전반적으로 양호한 상태이다. 이 외 도수로, 점검계단 및 종점부의 계단식 옹벽의 경우 양호한 것으로 조사되었다.	A
12	2014.04.01	정기 안전 점검	양호	양호
13	2014.09.01	정기 안전 점검	양호	양호
14	2015.05.25	정기 안전 점검	양호	양호
15	2015.12.07	정기 안전 점검	양호	양호
16	2016.05.23. ~ 2016.05.26	정기 안전 점검	양호	양호
17	2016.06.24. ~ 2016.06.30	정밀 안전 점검	본 절토사면에 대한 외관조사 결과 녹생토공법이 전구간에 적용 되었으나 1소단 하부의 식생이 불량한 상태이다. 일부구간의 녹생토가 유실되어 L형 옹벽 배면에 집적 되어 제거가 필요한 상태이다. 최상부자연사면 점검결과 인장균열, 지반변형 등의 사면 안정성에 영향을 미칠만한 한특별한 손상은 관찰되지 않는다. 식생불량 구간:1소단하부(약2,800㎡) L형 옹벽 배면 녹생토 유실물 집적:20~445m구간(L=425.0m)	A
18	2016.12.07	정기 안전 점검	양호	양호
19	2017.04.27	정기 안전 점검	양호	양호
20	2017.12.04	정기 안전 점검	양호	양호

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
21	2018.04.23	정기 안전 점검	양호	양호
22	2018.11.29	정기 안전 점검	양호	양호
23	2019.04.05	정기 안전 점검	양호	양호

8.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2016년)

가. 현장조사 및 시험결과

1) 외관조사 결과

전반적인 비탈면의 시공상태는 양호하며 녹생토공법이 전구간에 적용되었으나 1소단 하부의 식생이 불량한 상태이다. 일부구간의 녹생토가 유실되어 L형옹벽 배면에 집적되어 있다. 최상부 자연사면 점검 결과 인장균열, 지반변형 등의 사면 안정성에 영향을 미칠만한 특별한 손상은 관찰되지 않는다.

구 분	외관조사 결과	비 고
사면부	•L형 옹벽 배면 녹생토 유실물 집적 : 20~445m구간(L=425.0m)	
식생상태	•식생불량구간 : 1소단 하부(약 2,800㎡)	
배수시설	• 배수시설 상태 양호	

※균열 기술 : 폭(mm)×연장(m)

2) 종합평가

본 절토사면에 대한 상태평가 결과 상태평가지수는 0.092로 산출되어 시설물의 상태평가기준상 『A등급 : $F < 0.150$ 』로 평가됨.

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	부산울산선(부산방향) 47.05K		표 번 호	<표 3.2-12>
평가구분	결합지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.092	A	근거표번호	<표 3.2-12>
안전성평가	－	－	근거표번호	－
종합평가	－	A		
종합평가결과	•상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 최소 기준을 선택 •깎기비탈면의 종합평가결과 : A			

3) 안전등급지정

■ 안전등급 : A등급(우수)

문제점이 없는 최상의 상태

8.2.4 시설물 보수 이력

【표 8.2.2】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	—

8.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 8.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	N		

8.3 현장조사 및 시험

8.3.1 현황 및 특성

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

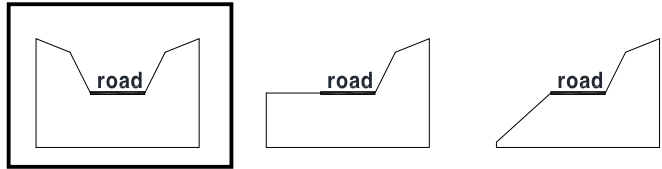
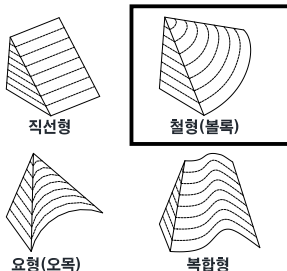
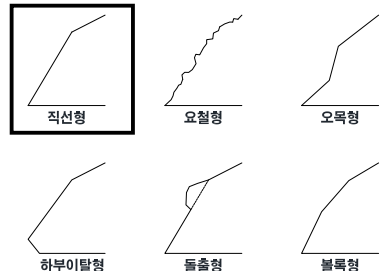
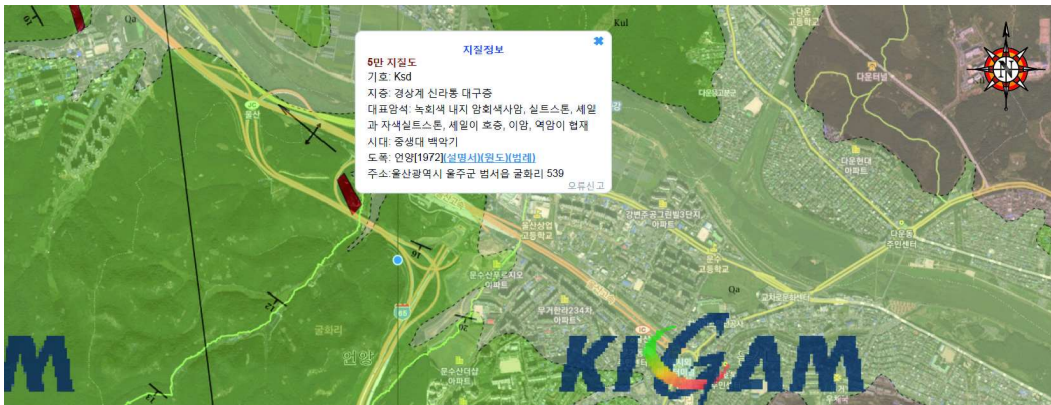
가. 일반현황 조사결과

【표 8.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2019년 10월 16일	조 사 자	인승철
일 기	맑음	관리번호	
행정구역	울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 산 61-1		
위 경 도	시 점 : N (35° 33' 20.58"), E (129° 14' 49.34")		
	중 점 : N (35° 33' 08.26"), E (129° 14' 53.46")		
도 로	거 리 표 : -		
	편도 2 차선		도 로 폭 : 9.0m
	교 통 량 : 45,575 대/일		
깎기비탈면	길 이 : 580.0m		높 이 : 55.0m
	경 사/경사방향 : 63 / 064		
	도로와의 이격거리 : 1.0~2.0m		
	구성물질 : 암반		토층심도 : 5.0 ~ 15.0m
	소 단 : 3		
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 무		낙석의 양 : -
	낙석 평균크기 : -		
	낙석 최대크기 : -		
	뜯돌 존재유무 : 무		뜯돌의 양 : -
깎기비탈면 시공현황	종 류		상 태
	비탈면녹화		불량
	L형 옹벽(1.2m)		양호
	전면점검로		87m지점(10m), 123m지점(20m) 300m지점(24m)
	측면점검로		538~580m지점(42m)
	소단배수로		1소단 : 18.0~538.0m
	2소단 : 44.0~214.0m		양호
	중배수로		123m지점(40m), 298m지점(20m)
	숫크리트		1소단부 2개소, 2소단부 4개소
	양호		균열, 들뜸
붕괴이력	유 형		위 치
	-		-
기 타			

나. 사면특성 조사결과

【표 8.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		준산악			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
사면의 특성	중 형 단 면			중 단 면 특 성		
상부자연사면	경 사 도		-10° ~ -20°			
	인장균열		-			
	포행흔적		-			
	수목의 기울어짐		-			
	인공구조물		철탑(거리 10.0m)			
	산마루측구		-			
	계곡부		-			
지 질						
	지질각론		•경상계 신라통 대구층으로 대표암석은 녹색색 내지 암회색사암, 실트스톤, 셰일과 자색실트스톤, 이암, 역암이 협재 •녹생토 및 식생으로 덮여 있어 불연속면 관찰이 곤란			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	중	-	-	-	
	③ 근계특징	천근성 (○), 심근성 ()				

다. 기초조사 자료

일반현황	거리표	—		
	위경도	N (35° 33' 20.58"), E (129° 14' 49.34") N (35° 33' 08.26"), E (129° 14' 53.46")		
	차선	편도 (2) 차선		
	조사일자	2019년 10월 16일		
	조사자	인승철	조사기관	(주)명성엔지니어링
절토사면 특 성	길이	580.0m	최대높이	55.0m
	경사	63° (1:0.5)	상부경사	-10 ~ -20°
	이격거리	평균 1.0~2.0m	소단	3개소
	종류	☒ 암반 ☐ 혼합 ☐ 토사 ☐ 자연	주변지형	☐ 산악 ☒ 준산악 ☐ 구릉 ☐ 평 지
	지하수	☒ C.dry ☐ damp ☐ wet ☐ dripping ☐ flowing	누수위치	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우
	풍화도	☐ F ☒ S ☒ M ☐ H ☐ C ☐ R	불연속면 방향성	☐ 일치 ☐ 평행 ☐ 후방 ☒ 불가
	사면형상	☐ 직선형 ☒ 절형 ☐ 요형 ☐ 파형	측면형상	☒ 직선형 ☐ 요절형 ☐ 탈락형 ☐ 돌출형
	계곡부	—	붕괴이력	☐ 유(영향) ☐ 낙석 ☐ 유(미영향) ☐ 무
	튼돌	☐ 대 ☐ 중 ☐ 소 ☒ 무	낙석	☐ 대 ☐ 중 ☐ 소 ☐ 무
	암종	사암 및 셰일	토층심도	5.0 ~ 15.0m
	암반형태	☐ massive ☐ tabular ☐ columnar ☐ irregular ☒ blocky ☐ crushed	불연속면	☐ 절리 ☐ 층리 ☐ 엽리 ☐ 균열 ☐ 단층 ☐ 전단대 ☐ 암맥 ☐ 무
	시공현황 (상태)	☐ 낙석방지망() ☐ 낙석방지울타리() ☒ 측구(양호) ☒ 옹벽(양호) ☒ 식생공(불량) ☐ 돌망태옹벽() ☐ 계단식옹벽() ☒ 도수로(양호) ☐ 기타()		
조사자 소 견	위험도	☐ 상 ☐ 중 ☒ 하	피해도	☐ 상 ☐ 중 ☒ 하
	붕괴 유형	☐ 심층 ☐ 표층 ☒ 무	위험등급	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E
	위험구간 (붕괴유형)	☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 () ☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 () ☐ 상 ☐ 중 ☐ 하 / ☐ 좌 ☐ 중 ☐ 우 ()		
	필요 주공법	표면보호공	조치	☐ 응급 ☒ 미응급
	기타			

라. 사면 구간분할 결과

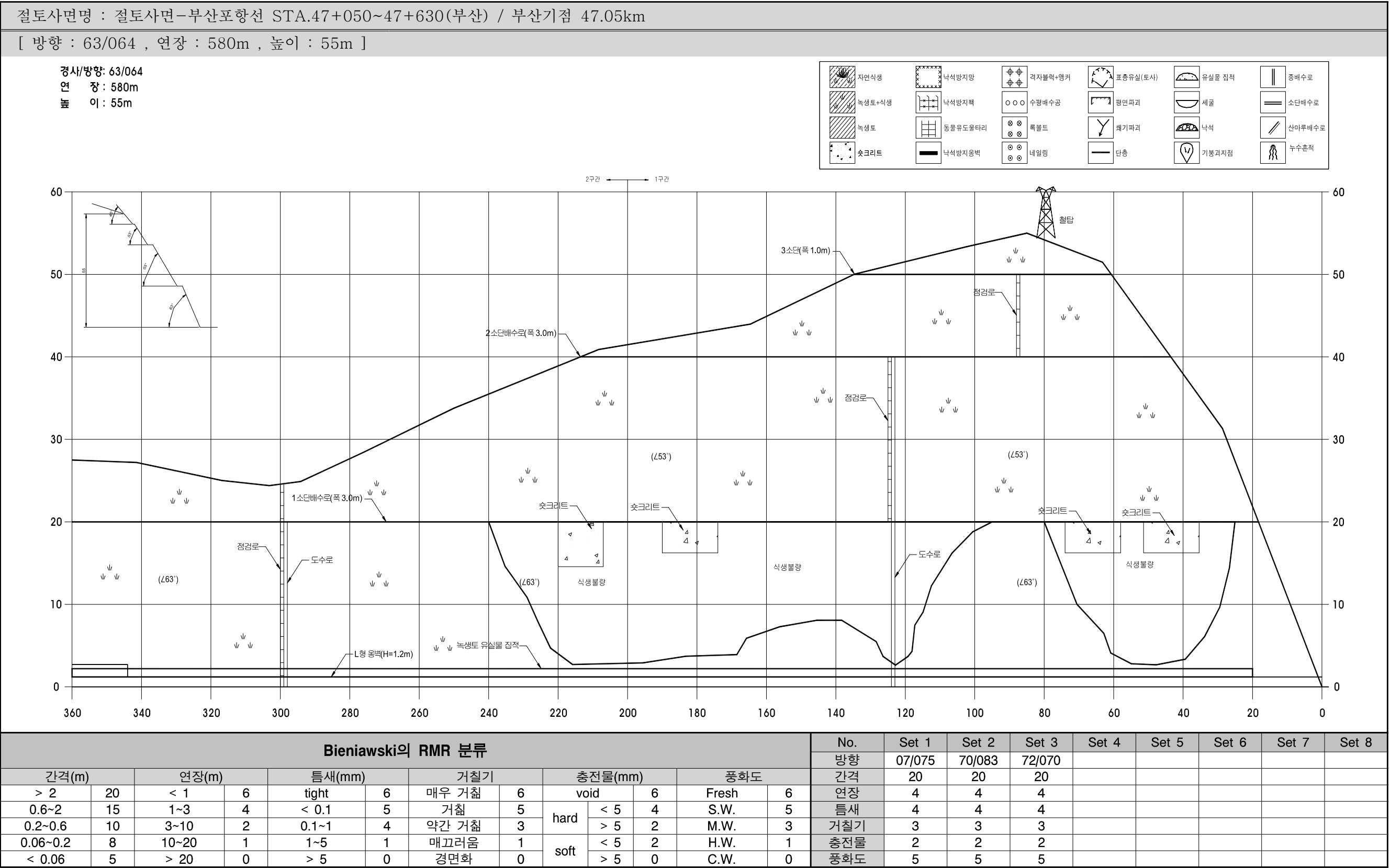
연장이 580m로써, 사면의 구간분할 기준인

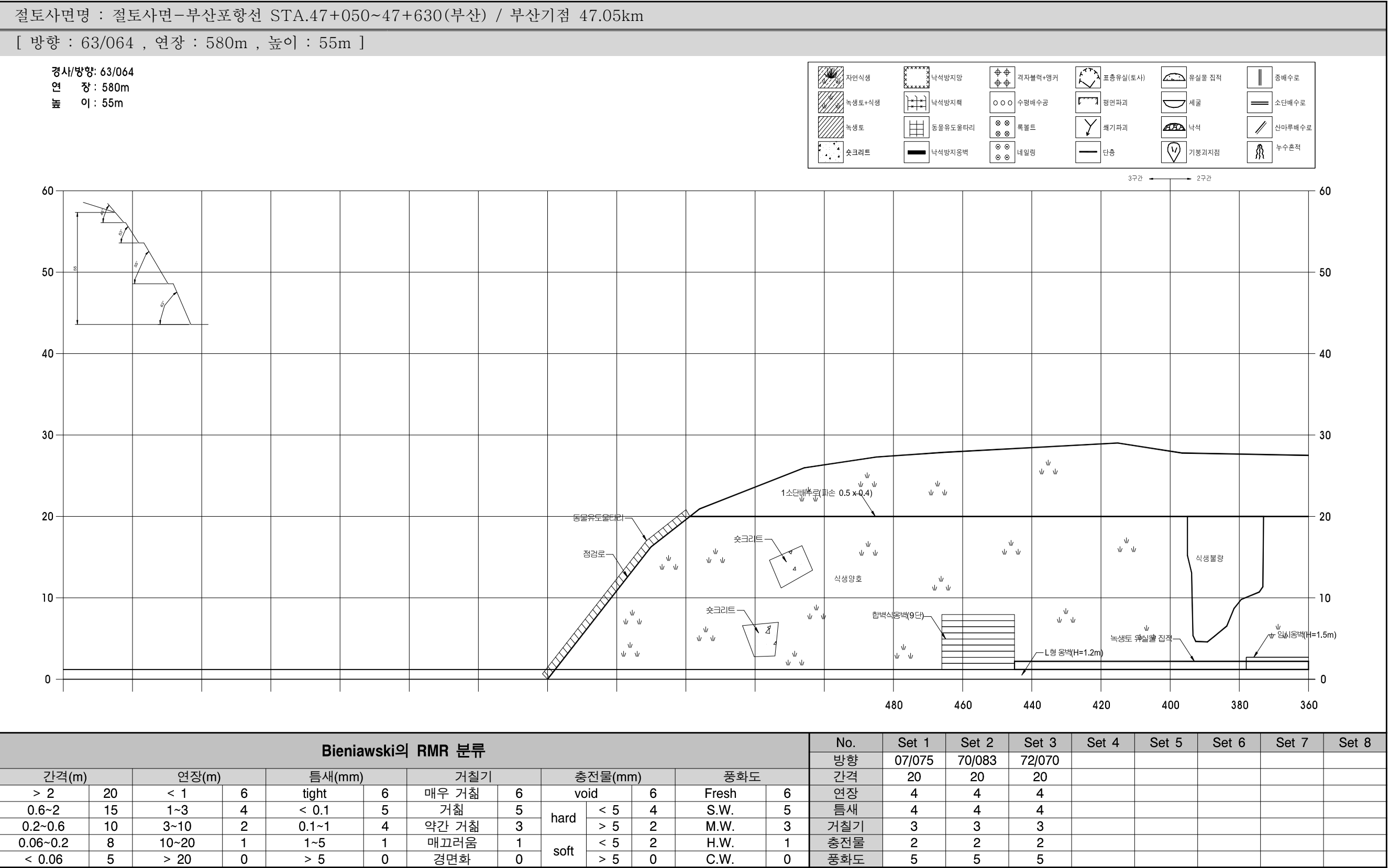
- 1) 사면의 구성재료가 변화할 경우
- 2) 사면의 경사가 10° 이상으로 변할 경우
- 3) 사면의 구성재료와 표준경사가 맞지 않을 경우
- 4) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
- 5) 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

위 기준에 따라 3개 구간으로 분할하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

구 분	측 점	비 고
1구간	0~200m	
2구간	200~400m	
3구간	400~580m	

8.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)





8.3.3 외관조사 결과

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 1~3구간 전체적으로 관목이 분포하고 있다.



【그림 8.3.1】 상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부 자연사면은 점검 결과 $-10 \sim -20^\circ$ 경사를 나타내며, 관목+목본류가 발달한다. 인장균열, 지반변형 등의 사면 안정성에 영향을 미칠만한 특별한 손상은 관찰되지 않는다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	
3구간	상태양호	—	

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

사면 대부분의 암종은 사암과 셰일이 분포하나, 비탈면 녹화공(녹생토)으로 철망이 덮여 있어, 불연속면 관찰이 곤란하다. 시점부 낙석방지망 내에서 관찰되었으며 기반암은 층리가 저각으로 발달하며 약간풍화~보통풍화 상태로 보인다.



【그림 8.3.2】 사면 전경

2) 조사결과

- 1~2구간은 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 녹생토유실(식생불량)이 조사되었다.
- 3구간은 양호한 상태로 확인되었다.
- 해당 손상은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 후 손상의 진전 시 seed spray 등의 조치가 요구된다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	1단 녹생토유실(식생불량)	A=2,800m ²	
	1단 녹생토유실 하부 퇴적	A=420.0m ²	
2구간	1단 녹생토유실(식생불량)	A=675.0m ²	
3구간	상태양호	—	

			
현 황	STA.0+380 1단 녹생토유실(식생불량)	현 황	STA.0+230 1단 녹생토유실 하부 퇴적
원 인	공용기간 증가, 우수유입	원 인	공용기간 증가, 우수유입
대 책	주의관찰	대 책	주의관찰

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 산마루측구, 소단배수로, 수직도수로가 시공되어 있다.



【그림 8.3.3】 배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수 기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 배수시설에 발생한 파손은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	
3구간	소단배수로 파손	A=0.20m ²	



현 황	STA.0+500 1소단배수로 파손
원 인	공용기간 증가, 우수유입
대 책	단면보수

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

대상 사면내에는 계단식옹벽, 낙석방지망, 낙석방지 울타리가 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【그림 8.3.4】 보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 조사결과, 보호시설은 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	상태양호	—	
3구간	상태양호	—	

8.3.7 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

사면 대부분의 암종은 사암과 셰일이 분포하나, 비탈면 녹화공(녹생토)으로 철망이 덮여 있어, 불연속면 관찰이 곤란하다. 시점부 낙석방지망 내에서 관찰되었으며 기반암은 층리가 저각으로 발달하며 약간풍화~보통풍화 상태로 보인다. 1~2구간은 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 녹생토유실(식생불량)이 조사되었다. 발생한 녹생토 유실은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 후 손상의 진전 시 seed spray 등의 조치가 요구된다. 배수시설에 발생한 파손은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다. 사면 보호, 보강시설, 상부자연사면은 영호한 상태로 조사되었다.

【표 8.3.3】 외관조사 결과 요약

구분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	중·하단 녹생토유실	주의관찰
배수시설	파손	단면보수
상부 자연사면	양호	—
보강시설	양호	—

【표 8.3.4】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
사면부	1단 녹생토유실(식생불량)	m ²	3,475	2	
	1단 녹생토유실 하부 퇴적	m ²	420	1	
배수시설	파손	m ²	0.20	1	
상부 자연사면	양호	—	—	—	
보강시설	양호	—	—	—	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

이전 정밀안전점검과 비교결과, 1소단배수로 파손 및 녹생토유실이 신규 조사되었다.

【표 8.3.5】 전차대비 손상수량 증감표

구분	손상 내용	단위	2016년	금회	증,감 (+, -)	비고
			물량	물량		
사면부	녹생토유실	m ²	2,800	3,475	+675	
	1단 녹생토유실 하부 퇴적	m ²	420	420	-	
배수시설	파손	m ²	-	0.20	+0.20	
상부 자연사면	양호	-	-	-	-	
보강시설	양호	-	-	-	-	

8.3.8 재료시험 결과

가. 시험결과

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

【표 8.3.6】 반발경도시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
STA.30 1단	44.6	79.7	연암	
STA.70 2단	45.6	83.6	연암	
STA.110 1단	46.7	87.9	연암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 44.6~46.7로 측정되었으며, 추정강도 79.7~87.9MPa로 연암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

이전 정밀안전점검과의 비교결과, 위치 및 암상태에 따른 반발경도의 값의 차이가 다소 있으나, 암판정결과 연암으로 큰 상태변화는 없는 것으로 판단된다.

【표 8.3.7】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	위 치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과
2016년 정밀안전점검	STA+040	25.0~67.0 (47.2)	69.3	연암
2019년 정밀안전점검 (금회)	1구간	15.0~60.0 (46.3)	79.7~87.9	연암

8.3.8 불연속면 조사 결과

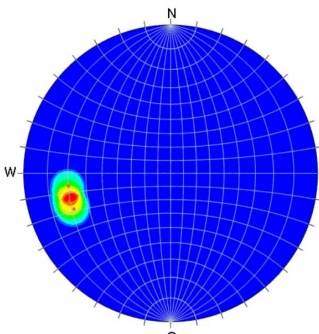
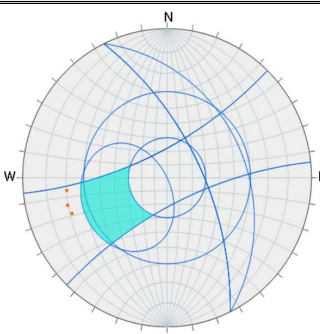
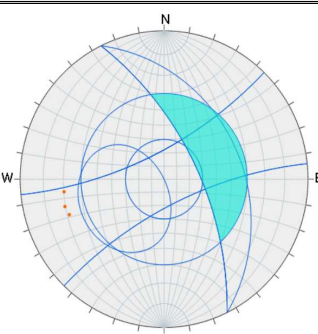
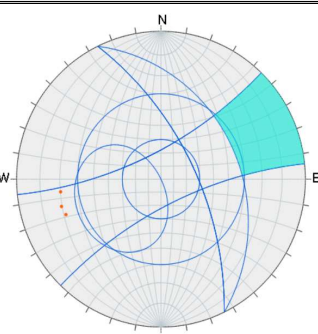
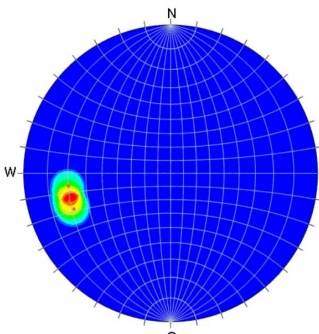
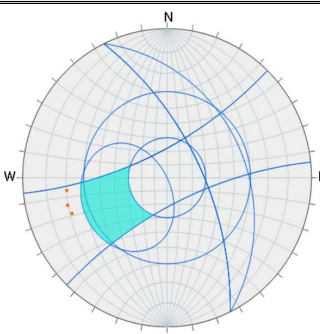
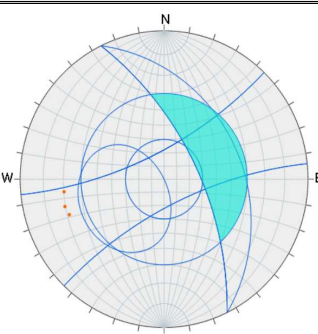
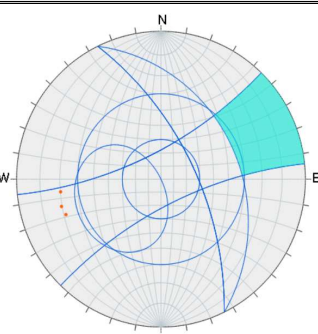
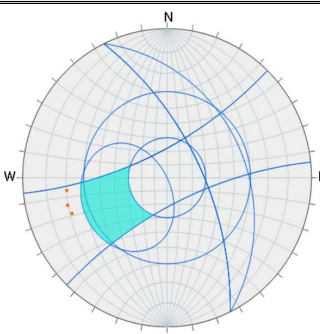
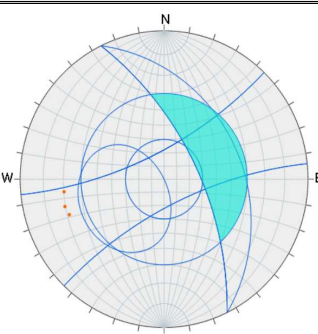
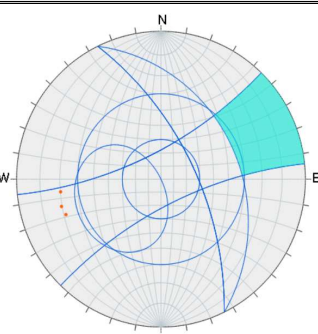
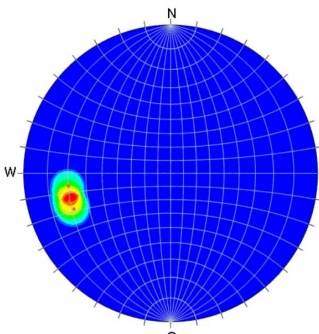
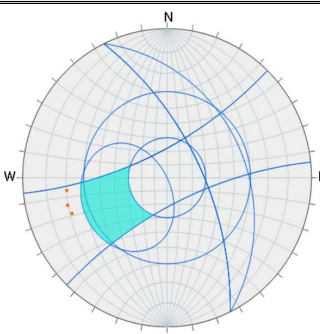
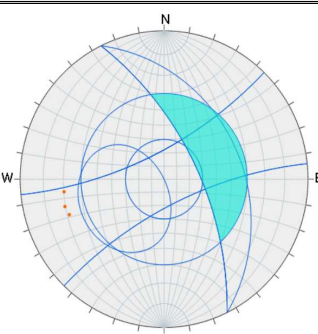
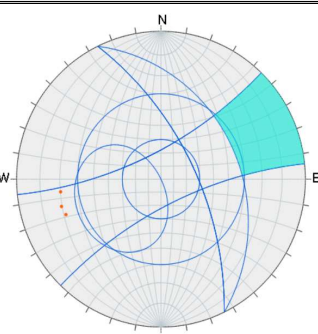
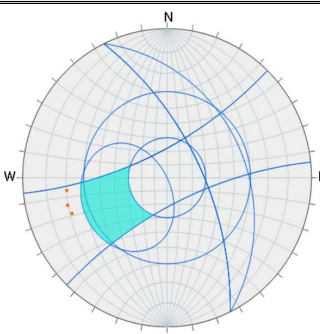
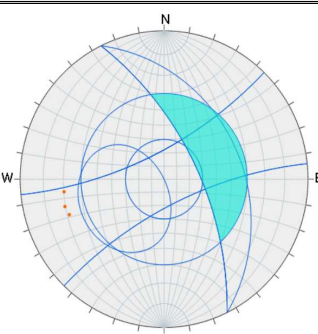
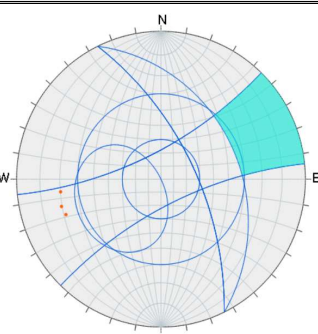
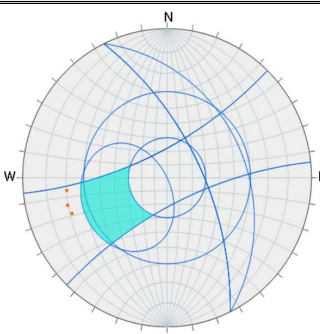
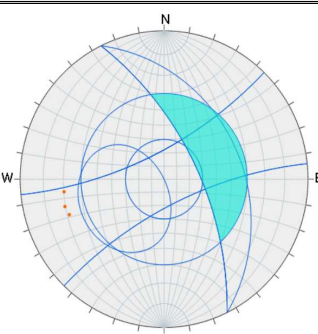
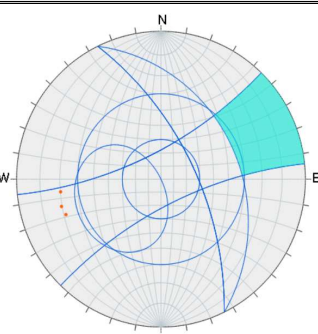
가. 측정현황

금회 구간분할 및 조사위치 선정에 따라 구간별 불연속면에 대해 조사를 실시하였으며, 1구간 외는 녹생토 및 낙석방지망으로 인해 측정불가 하였다. 조사결과는 다음과 같다.

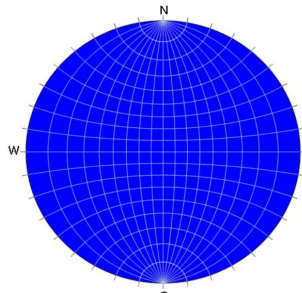


【그림 8.3.5】 불연속면 측정 현황

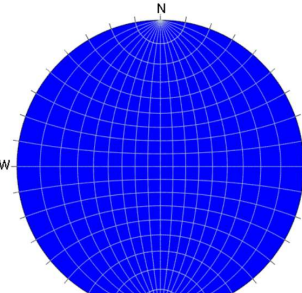
【표 8.3.8】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간																																						
	Set 1	Set 2	Set 3																																				
방향성	71/075	70/083	72/070																																				
간격(m)	0.3~0.5	0.1~0.6	0.4~0.9																																				
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0																																				
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm	0.1~1.0mm																																				
거칠기	약간거침	약간거침	약간거침																																				
충진물질	hard	hard	hard																																				
풍화도	S.W	S.W	S.W																																				
비고	<table><tr><th>구 분</th><th colspan="2">점 검 결 과</th></tr><tr><td rowspan="5">평사 투영 도</td><td></td><td><table><tr><td>dip</td><td>dip direction</td></tr><tr><td>71</td><td>75</td></tr><tr><td>70</td><td>83</td></tr><tr><td>72</td><td>70</td></tr></table></td></tr><tr><td colspan="2"><table><tr><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr><tr><td colspan="2"><table><tr><th>구 분</th><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td>해석결과</td><td>안정</td><td>안정</td><td>안정</td></tr><tr><td>평 가</td><td colspan="3">● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</td></tr></table></td></tr></table>			구 분	점 검 결 과		평사 투영 도		<table><tr><td>dip</td><td>dip direction</td></tr><tr><td>71</td><td>75</td></tr><tr><td>70</td><td>83</td></tr><tr><td>72</td><td>70</td></tr></table>	dip	dip direction	71	75	70	83	72	70	<table><tr><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>		평면파괴	썩기파괴	전도파괴				<table><tr><th>구 분</th><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td>해석결과</td><td>안정</td><td>안정</td><td>안정</td></tr><tr><td>평 가</td><td colspan="3">● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</td></tr></table>		구 분	평면파괴	썩기파괴	전도파괴	해석결과	안정	안정	안정	평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음		
	구 분	점 검 결 과																																					
	평사 투영 도		<table><tr><td>dip</td><td>dip direction</td></tr><tr><td>71</td><td>75</td></tr><tr><td>70</td><td>83</td></tr><tr><td>72</td><td>70</td></tr></table>	dip	dip direction	71		75	70	83	72	70																											
		dip	dip direction																																				
		71	75																																				
		70	83																																				
		72	70																																				
	<table><tr><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>		평면파괴	썩기파괴	전도파괴																																		
	평면파괴	썩기파괴	전도파괴																																				
																																							
<table><tr><th>구 분</th><th>평면파괴</th><th>썩기파괴</th><th>전도파괴</th></tr><tr><td>해석결과</td><td>안정</td><td>안정</td><td>안정</td></tr><tr><td>평 가</td><td colspan="3">● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음</td></tr></table>		구 분	평면파괴	썩기파괴	전도파괴	해석결과	안정	안정	안정	평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음																												
구 분	평면파괴	썩기파괴	전도파괴																																				
해석결과	안정	안정	안정																																				
평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음																																						

【표 8.3.9】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간		
	—	—	—
방향성	—	—	—
간격(m)	—	—	—
연장성(m)	—	—	—
틈새(mm)	—	—	—
거칠기	—	—	—
충진물질	—	—	—
풍화도	—	—	—
비고	구 분	점 검 결 과	
	평사 투영 도	 dip dip direction 녹화공법 적용으로 노출된 노두없음(측정불가)	

【표 8.3.10】 3구간 불연속면조사 결과표

구 분	3구간		
	—	—	—
방향성	—	—	—
간격(m)	—	—	—
연장성(m)	—	—	—
틈새(mm)	—	—	—
거칠기	—	—	—
충진물질	—	—	—
풍화도	—	—	—
비고	구 분	점 검 결 과	
	평사 투영 도	 dip dip direction 녹화공법 적용으로 노출된 노두없음(측정불가)	

8.4 상태평가

8.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장이 580m의 사면으로서, 외관조사 시 실시한 구간분할과 동일하게 연장기준 (200m 이상)에 따라 3개구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~3으로 표기하였고, 2~3구간은 전구간 녹색토로 인해 측정 불가 상태로 확인되었다.

【표 8.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	특징	비고
1구간	STA.47+050~47+250	방향:63/064, 연장:580m, 높이 : 55m	Set1, Set2, Set3
2구간	STA.47+250~47+450		—
3구간	STA.47+450~47+630		—

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “정밀안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 절토사면편 (2019.01, 한국시설전공단)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 8.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 표준횡단면도(8.1.3 시설물 일반도에 수록)를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 사면특성조사시 Set1~3에 위치하는 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 8.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{1.1}{55} = 0.02$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 79.7~87.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in dex}{Slope\ height} = \frac{1.5}{55} = 0.027$ 로 0.01초과	절리암반	

【표 8.4.3】 비탈면 분류결과

(MPa = 10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{1.1}{55} = 0.016$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 79.7~87.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{1.3}{55} = 0.024$ 로 0.01초과	절리암반	

【표 8.4.4】 비탈면 분류결과

(MPa = 10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
3구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{1.4}{55} = 0.025$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 79.7~87.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{1.6}{55} = 0.029$ 로 0.01초과	절리암반	

8.4.2 상태평가 결과

가. 사면 손상상태 조사결과표

【표 8.4.5】 손상상태 조사 결과표 (1구간)

시설물명	Sta.47+050~47+630	표번호	[표 8.4.5]		
조사영역번호	1구간	조사영역 위치	부산기점 STA.47+050~47+250		
1. 파괴징후					
일련번호	징후종류	상 태		상태 점수	비고
		위 치	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
		위 치	규모		
1-4	—	—	—	0	
조사일시	2019. 10. 16		조사자	인 승 철	

【표 8.4.6】 손상상태 조사 결과표 (2구간)

시설물명	Sta.47+050~47+630		표번호	[표 8.4.6]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	부산기점 STA.47+250~47+450	
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. 10. 16		조사자	인 승 철	

【표 8.4.7】 손상상태 조사 결과표 (3구간)

시설물명	Sta.47+050~47+630	표번호	[표 8.4.7]		
조사영역번호	3구간	조사영역 위치	부산기점 STA.47+450~47+630		
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	소단배수로	파손	1	
2. 파괴현황					
일련번호	파괴유형	상 태		상태 점수	비고
		위치	규모		
1-4	-	-	-	0	
조사일시	2019. 10. 16		조사자	인 승 철	

나. 사면 파괴요인 조사결과표

【표 8.4.8】 사면 파괴요인 조사 결과표 (1구간)

시설물명		Sta.47+050~47+630		표번호		[표 8.4.8]	
조사영역 번호		1구간		조사영역 위치		부산기점 STA.47+050~47+250	
1. 지반상태							
일련번호	구 분		상 태		상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	사면주향과 45° 이상		0		
1-6		절리경사-사면경사	0° 초과 10° 미만		1		
1-7		절리상태	유리		1		
2. 사면형상							
1-8	절리암반	사면의 경사	1:0.5 이상 1:0.3 미만		3		
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	11.8mm(울산, 30년 평년값)		1	1	
		지하수위	-		-		
4. 인위적 외부요인							
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음		0		
1-11	배수조건		양호함		1		
1-12	보호/보강상태		양호함		0		
조사일시	2019. 10. 16			조사자	인 승 철		

【표 8.4.9】 사면 파괴요인 조사 결과표 (2구간)

시설물명		Sta.47+050~47+630		표번호	[표 8.4.9]		
조사영역 번호		2구간		조사영역 위치		부산기점 STA.47+250~47+450	
1. 지반상태							
일련번호	구 분		상 태		상태점수		비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향	사면주향과 45° 이상		0		
1-6		절리경사-사면경사	0° 초과 10° 미만		1		
1-7		절리상태	유리		1		
2. 사면형상							
1-8	절리암반	사면의 경사	1:0.5 이상 1:0.3 미만		3		
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	11.8mm(울산, 30년 평년값)		1	1	
		지하수위	-		-		
4. 인위적 외부요인							
1-10	절리암반	절취상태	매우 좋음		0		
1-11	배수조건		양호함		1		
1-12	보호/보강상태		양호함		0		
조사일시	2019. 10. 16			조사자	인 승 철		

【표 8.4.10】 사면 파괴요인 조사 결과표 (3구간)

시설물명		부산울산선(부산방향) Sta.47+050~47+630		표번호		[표 8.4.10]	
조사영역 번호		3구간		조사영역 위치		부산기점 STA.47+450~47+630	
1. 지반상태							
일련번호	구 분			상 태		상태점수	비고
1-5	절리암반	절리방향-사면방향		사면주향과 45° 이상		0	
1-6		절리경사-사면경사		0° 초과 10° 미만		1	
1-7		절리상태		유리		1	
2. 사면형상							
1-8	절리암반	사면의 경사		1:0.5 이상 1:0.3 미만		3	
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량		11.8mm(울산, 30년 평년값)		1	1
		지하수위		-		-	
4. 인위적 외부요인							
1-10	절리암반	절취상태		매우 좋음		0	
1-11	배수조건			양호함		1	
1-12	보호/보강상태			양호함		0	
조사일시	2019. 10. 16			조사자		인 승 철	

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1~3구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.12로서 평가결과는 “A”로 산정되었다.

【표 8.4.11】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			Sta.47+050~47+630				표번호
근거표번호			[표 8.4.5], [표 8.4.8]				[표 8.4.11]
평가요소			결함점수	결함종류별 평가결과	총점	결함지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	8	f2=0.15	b
		⑥ 절리경사-사면경사	1	a			
		⑦ 절리상태	1	b			
	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	0	a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○ 상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11					

【표 8.4.12】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			Sta.47+050~47+630			표번호	
근거표번호			[표 8.4.6], [표 8.4.9]			[표 8.4.12]	
평가요소			결합점수	결함종류별 평가결과	총점	결합지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	0	f1=0.00	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	8	f2=0.15	b
		⑥ 절리경사-사면경사	1	a			
		⑦ 절리상태	1	b			
	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	0	a			
합계(Σ)					8	F=0.11	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 8 / 52 = 0.15 ○ 상태평가등급(F) : 8 / 76 = 0.11					

【표 8.4.13】 상태평가결과 산정표(3구간)

시설물명			Sta.47+050~47+630				표번호
근거표번호			[표 8.4.7], [표 8.4.10]				[표 8.4.13]
평가요소			결합점수	결함종류별 평가결과	총점	결합지수	상태등급
손상 상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	1	f1=0.04	a
		② 지반변형	0	a			
		③ 구조물변형	1	b			
	④ 파괴현황		0	a			
파괴 요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	0	a	8	f2=0.15	b
		⑥ 절리경사-사면경사	1	a			
		⑦ 절리상태	1	b			
	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	0	a			
합계(Σ)					9	F=0.12	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 1 / 24 = 0.04 ○ 파괴요인지수(f2) : 15 / 52 = 0.15 ○ 상태평가등급(F) : 16 / 76 = 0.12					

【표 8.4.14】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		3구간		구간별평가결과 (Min)	
	결함 지수	등급	결함 지수	등급	결함 지수	등급	결함 지수	등급
절토사면	0.11	A	0.11	A	0.12	A	0.12	A

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2016년) 정밀안전점검시 절리암반사면으로 상태평가를 실시하였고, 금회(2019년) 정밀안전점검은 조사된 자료를 토대로 사면분류결과 1~3구간은 절리암반사면으로 구분하여 평가를 실시하였다. 결함지수에 다소 차이가 있으나, 등급은 A등급을 유지한 상태이다.

【표 8.4.13】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
2016년 정밀안전점검(전회)	0.092	A	
2019년 정밀안전점검(금회)	0.12	A	

8.5 종합평가 및 안전등급 지정

8.5.1 종합평가 결과

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

【표 8.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		STA.47+050~47+630(부산)		표 번 호	【표 8.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.11	A	근거표번호	【표 8.4.11】
	2구간	0.11	A		【표 8.4.12】
	3구간	0.12	A		【표 8.4.13】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.12	A	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

8.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 절토사면의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 “A등급”으로 지정하였다.

【표 8.5.2】 안전등급 기준

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

8.6 보수·보강 및 유지관리방안

8.6.1 보수·보강 방안

가. 손상별 보수·보강 방안

대상 절토사면의 손상별 보수방안은 다음과 같다.

【표 8.6.1】 손상별 보수·보강 방안

■ 부산울산선(부산방향) 47.05K (L=300m, 부산기점 STA.47+050~47+250)			
손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	① 1단 녹생토유실(식생불량)	주의관찰	
	② 1단 녹생토유실 하부 퇴적	주의관찰	
배수시설	③ 1소단배수로 파손 A=0.20㎡	단면보수	
기 타			

나. 보수·보강방안 및 개략공사비

【표 8.6.2】 보수·보강방안 및 개략공사비

구 분	수량	단위	단가(천원)	공사비(천원)	비고
1소단배수로 파손	0.2	㎡	230	46	
순 공사비(천원)				46	
재 경 비(천원)				23	
총 공사비(천원)				69	

8.6.2 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 8.6.3】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 녹생토유실 구간 → 일부 국부적인 녹생토유실이 발생함 → 주기적인 점검을 통한 손상의 신규 발생 및 진전여부 확인 필요	
배수 시설	• 파손 구간 → 사면의 원활한 배수를 위해 균열 보수 필요	
보호 시설	• 계단식옹벽 등 → 현재 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구됨	

8.7 종합결론

8.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 대부분의 암종은 사암과 셰일이 분포하나, 비탈면 녹화공(녹생토)으로 철망이 덮여 있어, 불연속면 관찰이 곤란하다. 시점부 낙석방지망 내에서 관찰되었으며 기반암은 층리가 저각으로 발달하며 약간풍화~보통풍화 상태로 보인다. 1~2구간은 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 녹생토유실(식생불량)이 조사되었다. 발생한 녹생토 유실은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 후 손상의 진전 시 seed spray 등의 조치가 요구된다. 배수시설에 발생한 파손은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다. 사면 보호, 보강 시설, 상부자연사면은 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 평균반발경도는 44.6~46.7로 측정되었으며, 추정 강도 79.7~87.9MPa로 연암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1~3구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.12로서 평가결과는 “A”로 산정되었다.
- 종합평가 결과에 따른 본 절토사면의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 “A등급”으로 지정하였다.

8.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 절토사면에 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 절토사면은 금회 정밀안전점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

8.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 녹생토유실 구간 일부 국부적인 녹생토유실이 발생하였고, 주기적인 점검을 통한 손상의 신규 발생 및 진전여부 확인 필요하다.
- 배수시설의 원활한 배수를 위해 주기적인 정비가 필요하다.

8.7.4 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.

