

7. 절토사면-부산포항선

STA.47+050~47+350(부산)

7.1 시설물 개요

7.2 자료수집 및 분석

7.3 현장조사 및 시험

7.4 상태평가

7.5 종합평가 및 안전등급 지정

7.6 보수·보강 및 유지관리 방안

7.7 종합결론

7.1 시설물 개요

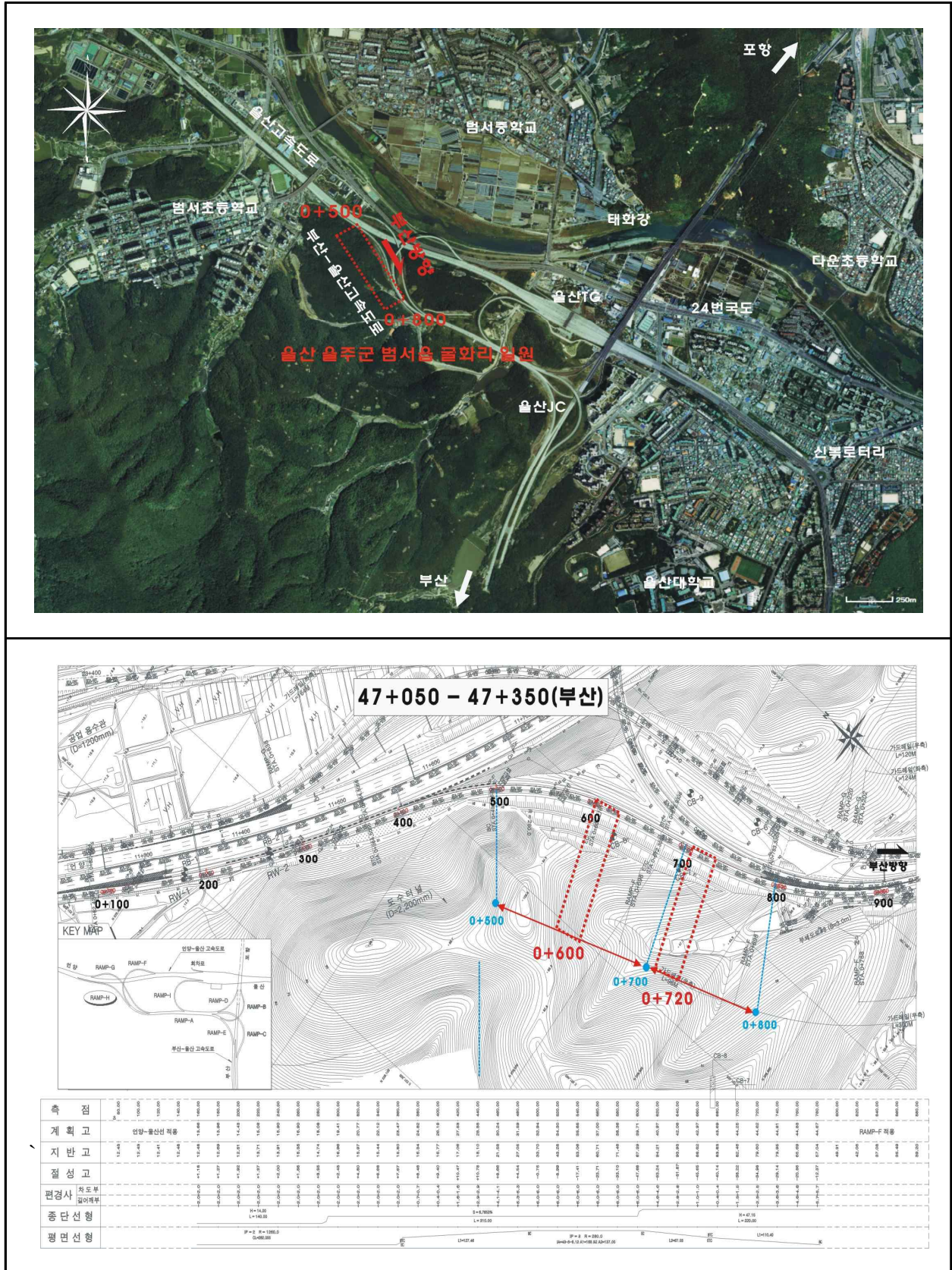
본 시설물은 울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 산 61-1(부산기점 47.05k)에 위치한 사면으로서 총 연장 300.0m, 높이 60.0m의 절토사면으로 시공되어 있다.

7.1.1 일반사항

【표 7.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	C-065-47.05-JC-Ra_H-200-RC. 9		관리번호	-	
시설물명	부산울산선(부산방향) 47.05K		시설물구분	시트법대상비탈면	
위 치	행정구역	울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 산 61-1			
	위치좌표	시 점 : N (35° 33′ 44.44″), E (129° 14′ 16.99″)			
		중 점 : N (35° 33′ 35.02″), E (129° 14′ 22.43″)			
제 원	연 장	300.0m	높 이	60.0m	
	경사/방향	63 / 070	노 선	부산울산선	
관리주체	부산울산고속도로(주)		관리주체구분	민간	
주변환경	인공구조물	-			
	주변지형	준산악	상부사면경사	-5 ~ -15°	
시공현황	준공년도	2008	시 공 자	삼성물산(주)	
	부대시설	L형 옹벽, 측면점검로, 소단배수로, 낙석방지망, 숏크리트 등			
비 고					

7.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 7.1.1】 위치도

2016년 정밀안전점검(이전)



2019년 정밀안전점검(금회)

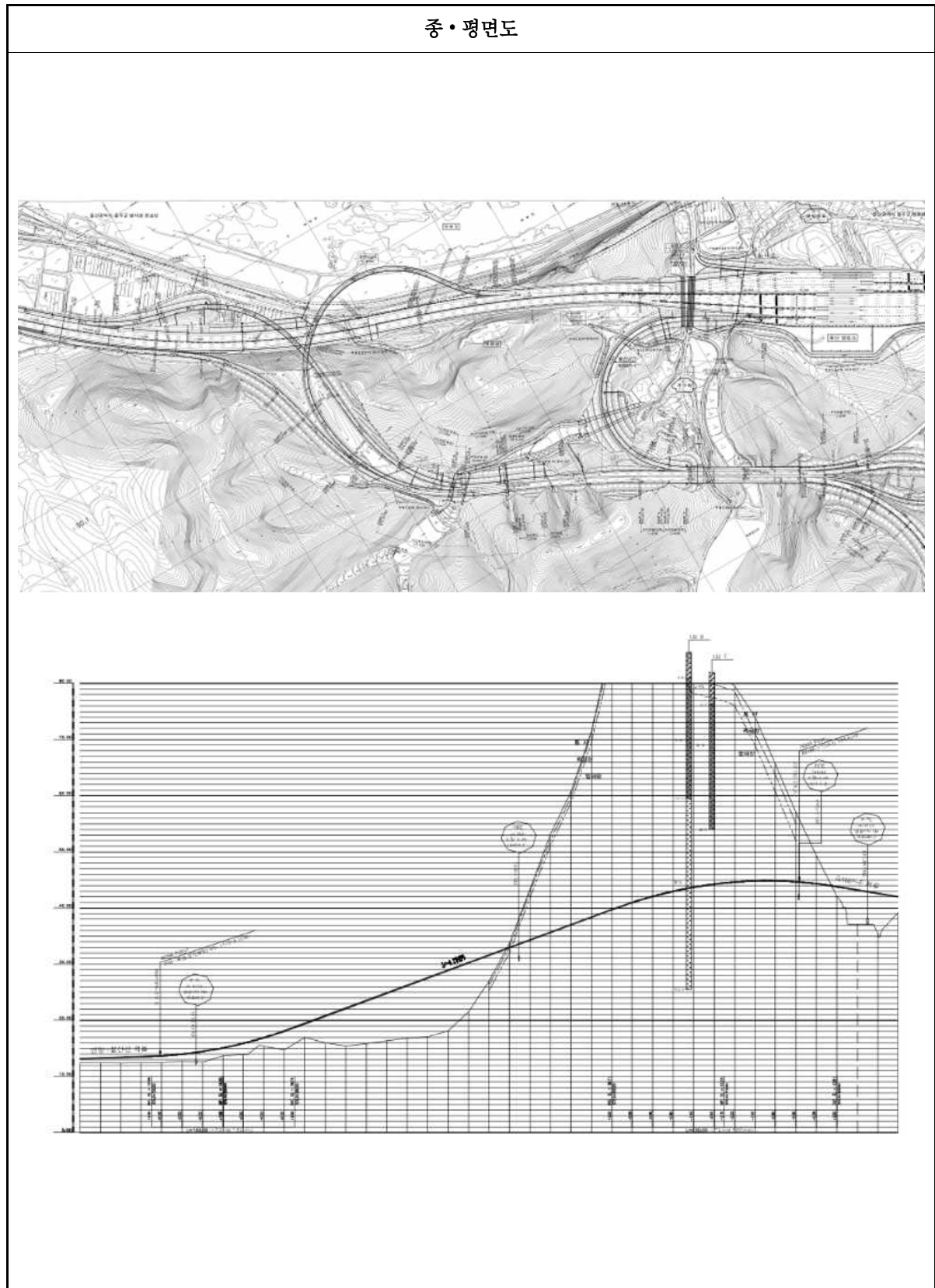


【그림 7.1.2】 전경사진

	
산마루측구 전경	1소단 배수로 전경
	
2소단 배수로 전경	쑈크리트 전경
	
하부 전경	암반강도 측정

【그림 7.1.3】 사면 부재별 현황

7.1.3 시설물 일반도



【그림 7.1.4】 평면 및 단면도

7.2 자료수집 및 분석

7.2.1 설계자료 검토

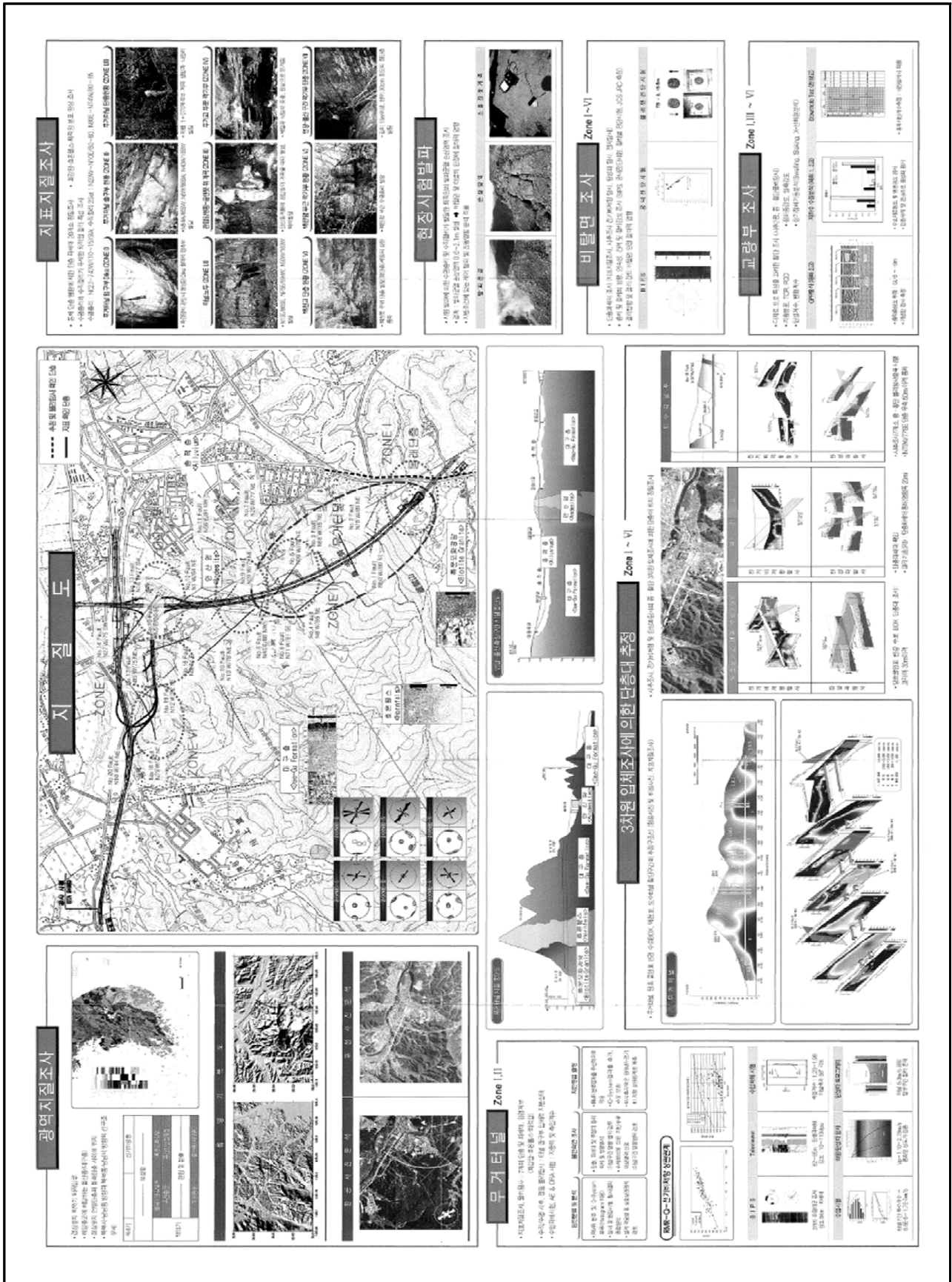
가. 지형특성

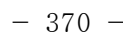
조사 지역 주변의 지형은 북북동-남남서, 북서-남서 방향으로 평행하게 발달 된 수 개조의 단층선을 경계로 본 산계가 나란히 발달 된 것이 특징이다. 산계는 단층과 단층 사이에 발달하며 비교적 완만 한 산세를 보여주고 있 다. 조사 지역의 지형은 N20E 방향의 동측의 동래 단층과 서측의 양산 단층 사이에서 나타나는 해발 고도 평균 200m 정도의 준 산악 지형이며, 계곡들은 대부분 U 자곡을 형성하고있어 만장 년 기의 지형에 해당된다.

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 지형기복은 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.

다. 사면검토





7.2.2 시설물 점검이력

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

【표 7.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2009.03.06. ~ 2009.06.30	정기안전 점검	양호	양호
2	2009.08.04. ~ 2009.11.25	정기안전 점검	양호	양호
3	2010.10.01. ~ 2010.11.29	정밀안전 점검	2소단부에서 다수의 균열이 조사되었으며 사면 보호공인 녹생토 시공은 1사면부의 경우 전구간에서 다수 탈락된 것으로 조사되었으나 2사면부의 경우 시점부에서 일부 탈락이 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이다. 이 외 시점부의 암반구간, 도수로 및 점검계단 등은 양호한 것으로 조사되었다.	A
4	2010.07.07. ~ 2010.12.08	정기안전 점검	양호	양호
5	2011.05.23. ~ 2011.06.03	정기안전 점검	양호	양호
6	2011.11.01. ~ 2011.11.10	정기안전 점검	양호	양호
7	2012.05.02. ~ 2012.05.03	정기안전 점검	양호	양호
8	2012.10.22. ~ 2012.10.24	정기안전 점검	양호	양호
9	2013.04.15. ~ 2013.04.30	정기안전 점검	양호	양호
10	2013.09.23. ~ 2013.09.27	정기안전 점검	양호	양호
11	2013.12.06. ~ 2013.12.25	정밀안전 점검	2소단부에서 다수의 균열 보수가 조사되었으며 사면 보호공인 녹생토 시공은 1사면부의 경우 전구간에서 다수 탈락된 것으로 조사되었으나 2사면부의 경우 시점부에서 일부 탈락이 발생하였으나 전반적으로 양호한 상태이다. 이 외 시점부의 암반구간, 도수로 및 점검계단 등은 양호한 것으로 조사되었다.	A
12	2014.04.01	정기안전 점검	양호	양호

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
13	2014.09.01	정기안전 점검	양호	양호
14	2015.05.25	정기안전 점검	양호	양호
15	2015.12.07	정기안전 점검	양호	양호
16	2016.05.23. ~ 2016.05.26	정기안전 점검	양호	양호
17	2016.06.24. ~ 2016.06.30	정밀안전 점검	.본절토사면에대한외관조사결과녹생토공법이전구간에적용되었으나1소단과2소단하부의식생이불량한상태이다. .일부구간의녹생토가유실되어1소단부와L형옹벽배면에집적되어배수불량을유발시키며1소단배수로균열이관찰된다. .최상부자연사면점검결과인장균열,지반변형등의사면안정성에영향을미칠만한특별한손상은관찰되지않는다. .식생불량구간:2소단하부(약3,800㎡) .1소단배수로녹생토유실물집적:70~180m구간(L=110.0m) .L형옹벽배면녹생토유실물집적:70~260m구간(L=190.0m) .1소단배수로균열:250m(5.0mm×0.5m)	A
18	2016.12.07	정기안전 점검	양호	양호
19	2017.04.27	정기안전 점검	양호	양호
20	2017.12.04	정기안전 점검	양호	양호
21	2018.04.23	정기안전 점검	양호	양호
22	2018.11.29	정기안전 점검	양호	양호
23	2019.04.05	정기안전 점검	양호	양호

7.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2016년)

가. 현장조사 및 시험결과

1) 외관조사 결과

전반적인 비탈면의 시공상태는 양호하며 녹생토공법이 전구간에 적용되었으나 1소단 하부와 2소단 하부의 식생이 불량한 상태이다. 녹생토의 유실물이 1소단 배수로와 L형옹벽 배면에 집적되어 배수 불량을 유발시키며 1소단 배수로 1개소에서 균열이 관찰된다.

구 분	외관조사 결과	비 고
사면부	•L형 옹벽 배면 이물질 집적 : 70~260m구간(L=190.0m) •1소단 배수로 균열 : 250m(5.0mm×0.5m)	
식생상태	•식생불량구간 : 1소단 하부 및 2소단 하부(약 3,800㎡)	
배수시설	•1소단부 녹생토 유실물 집적 : 70~180m구간(L=110.0m)	

※균열 기술 : 폭(mm)×연장(m)

2) 종합평가

본 절토사면에 대한 상태평가 결과 상태평가지수는 0.105로 산출되어 시설물의 상태평가기준상 『A등급 : $F < 0.150$ 』로 평가됨.

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	부산울산선(부산방향) 47.05K		표 번 호	<표 3.1-15>
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.105	A	근거표번호	<표 3.1-14>
안전성평가	—	—	근거표번호	—
종합평가	—	A		
종합평가결과	•상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 최소 기준을 선택 •깎기비탈면의 종합평가결과 : A			

2) 안전등급지정

■ 안전등급 : A등급(우수)

문제점이 없는 최상의 상태

7.2.4 시설물 보수 이력

【표 7.2.2】 보수이력사항

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

7.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 7.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	N		

7.3 현장조사 및 시험

7.3.1 현황 및 특성

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

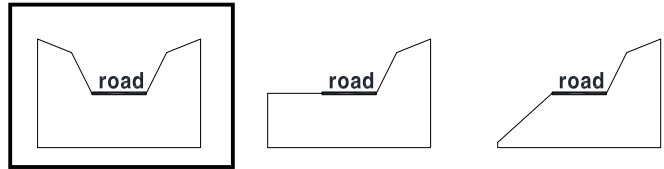
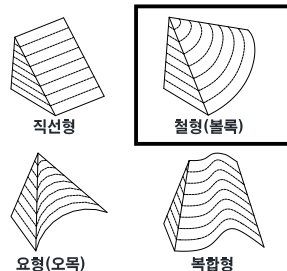
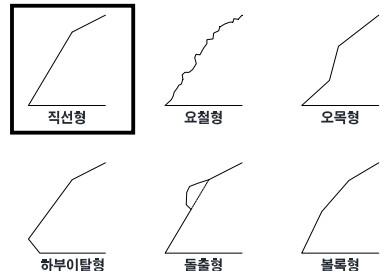
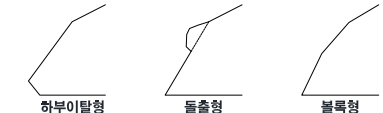
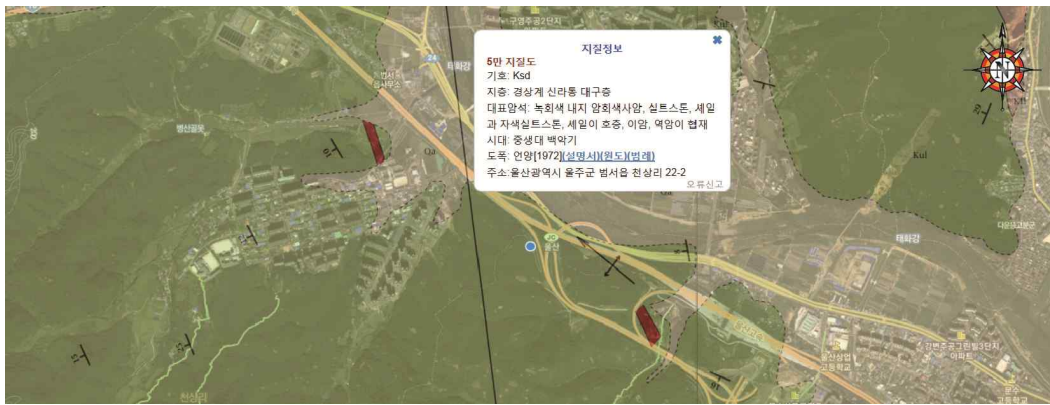
가. 일반현황 조사결과

【표 7.3.1】 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′ 44.44″), E (129° 14′ 16.99″)		
	중 점 : N (35° 33′ 35.02″), E (129° 14′ 22.43″)		
도 로	거 리 표 : -		
	편도 1 차선		도 로 폭 : 6.0m
	교 통 량 : 45,575 대/일		
깎기비탈면	길 이 : 300.0m		높 이 : 60.0m
	경 사/경사방향 : 63 / 070		
	도로와의 이격거리 : 1.0~2.0m		
	구성물질 : 암반		토층심도 : 5.0 ~ 10.0m
	소 단 : 4		
낙석/튼돌	낙석 존재유무 : 무		낙석의 양 : -
	낙석 평균크기 : -		
	낙석 최대크기 : -		
	튼돌 존재유무 : 무		튼돌의 양 : -
튼돌 평균크기 : -			
깎기비탈면 시공현황	종 류	위 치	상 태
	비탈면녹화	전구간(녹생토)	불량
	L형 옹벽(1.2m)	전구간	양호
	측면점검로	시점부 : 2소단까지 설치	양호
	중점부 : 1소단까지 설치	양호	양호
	소단배수로	1소단 : 60~262m	양호
	2소단 : 81~172m	양호	균열, 들뜸
	낙석방지망	0~68m	양호
	쑏크리트	1소단부 2개소, 2소단부 4개소	양호
붕괴이력	유 형	규 모	위 치
	-	-	-
기 타			

나. 사면특성 조사결과

【표 7.3.2】 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		-5 ~ -15°			
	인장균열		-			
	포행흔적		-			
	수목의 기울어짐		-			
	인공구조물		-			
	산마루측구		있음			
	계곡부		-			
지 질						
	지질각론		•경상계 신라통 대구층으로 대표암석은 녹회색 내지 암회색사암, 실트스톤, 셰일과 자색실트스톤, 이암, 역암이 협재 •소규모로 노출된 기반암은 층리가 발달되어 있으며, N35W11SW 방향의 저각으로 발달			
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' 44.44"), E (129° 14' 16.99") N (35° 33' 35.02"), E (129° 14' 22.43")		
	차선	편도 (1) 차선		
	조사일자	2019년 10월 16일		
	조사자	인승철	조사기관	(주)명성엔지니어링
절토사면 특 성	길이	300.0m	최대높이	60.0m
	경사	63° (1:0.5)	상부경사	-5 ~ -15°
	이격거리	평균 1.0~2.0m	소단	4개소
	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 세일	토층심도	5.0 ~ 10.0m
	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			

다. 사면 구간분할 결과

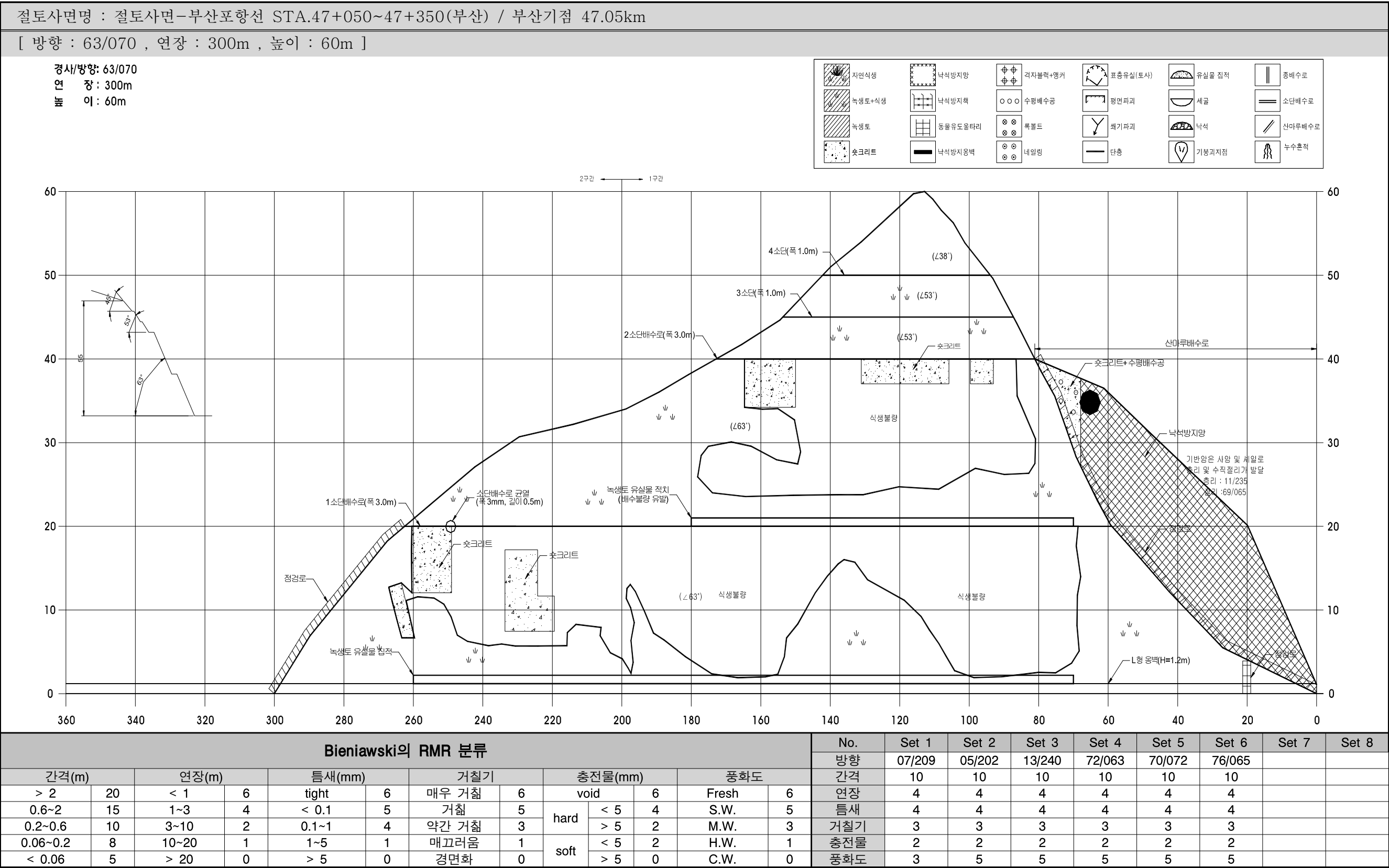
연장이 300m로써, 사면의 구간분할 기준인

- 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 2개 구간으로 분할하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

구 분	측 점	비 고
1구간	0~200m	
2구간	200~300m	

7.3.2 외관조사 결과 현황도(Face Map)



7.3.3 외관조사 결과

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 1~2구간 전체적으로 관목이 분포하고 있다.



【그림 7.3.1】 상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 전반적으로 식생이 양호하다.

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

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

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



【그림 7.3.2】 사면 전경

2) 조사결과

- 1구간은 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 국부적인 녹생토 유실이 조사되었다.
- 2구간은 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	1~2단 녹생토유실	A=4,620m ²	
2구간	상태양호	—	



현 황	STA.0+060~180 2단 녹생토유실
원 인	공용기간 증가, 우수유입
대 책	주의관찰

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 산마루측구, 소단배수로, 수직도수로가 시공되어 있다.



【그림 7.3.3】 배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수 기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.
- 배수시설에 발생한 균열은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다.
- 배수시설의 원활한 배수를 위해 녹생토유실물이 적치된 부분은 정비가 필요하다.

			
현 황	0+250 1소단배수로 균열	현 황	0+180 1소단배수로 녹생토유실물 적치
원 인	초기건조수축, 공용기간 증가	원 인	공용기간 증가, 부착력 저하, 우수유입
대 책	균열보수	대 책	정비

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	상태양호	—	
2구간	소단배수로 균열	L=0.5m	
	녹생토유실물 적치	L=190.0m	

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

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



【그림 7.3.4】 보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 조사결과, 보호시설은 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

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

7.3.7 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

사면 대부분의 암중은 사암과 세일이 분포하나, 비탈면 녹화공(녹생토)으로 철망이 덮여 있어, 시점부 낙석방지망 내에서 관찰되었으며 기반암은 층리가 저각으로 발달하며 약간풍화~보통풍화 상태로 보인다. 국부적인 녹생토 유실이 조사되었고, 발생한 녹생토 유실은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 후 손상의 진전 시 seed spray 등의 조치가 요구된다. 배수 시설에 발생한 균열은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다. 슛크리트 등 사면 보호, 보강시설, 상부자연사면은 영호한 상태로 조사되었다.

【표 7.3.3】 외관조사 결과 요약

구분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	중·하단 녹생토유실	주의관찰
배수시설	균열 녹생토 유실물 적치	균열보수 정비
상부 자연사면	양호	—
보강시설	양호	—

【표 7.3.4】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
사면부	1~2단 녹생토 유실	m ²	4,620	2	
배수시설	균열	m	0.5	1	
	녹생토 유실물 적치	m	190.0	1	
상부 자연사면	양호	—	—	—	
보강시설	양호	—	—	—	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

이전 정밀안전점검과 비교결과, 손상의 진전 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 7.3.5】 전차대비 손상수량 증감표

구분	손상 내용	단위	2016년	금회	증,감 (+, -)	비고
			물량	물량		
사면부	녹생토유실	m ²	4,620	4,620	-	
배수시설	균열	m	-	0.5	+0.5	
	녹생토 유실물 적치	m	190	190	-	
상부 자연사면	양호	-	-	-	-	
보강시설	양호	-	-	-	-	

7.3.8 재료시험 결과

가. 시험결과

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

【표 7.3.6】 반발경도시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
STA.30 1단	41.9	70.5	연암	
STA.90 2단	45.2	81.9	연암	
STA.150 2단	44.5	79.5	연암	
STA.210 1단	45.8	84.2	연암	
STA.220 2단	45.8	84.3	연암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 41.9~45.8로 측정되었으며, 추정강도 70.5~84.3MPa로 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 7.3.7】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	위 치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과
2016년 정밀안전점검	STA.0+040	25.0~67.0 (47.2)	69.3	연암
2019년 정밀안전점검	1~3구간	15.0~60.0 (44.6)	80.1	연암

7.3.8 불연속면 조사 결과

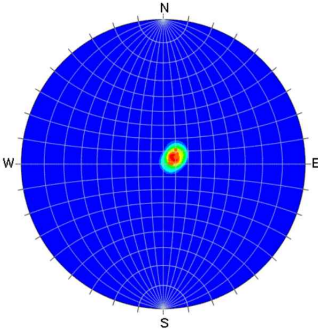
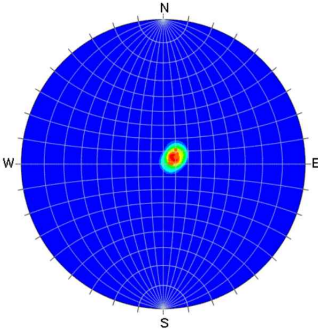
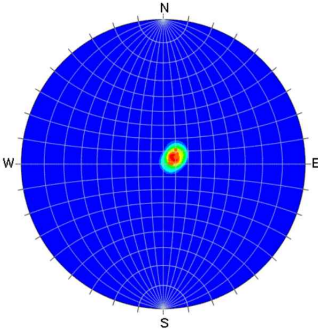
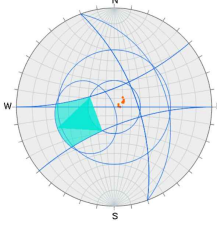
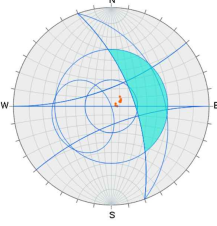
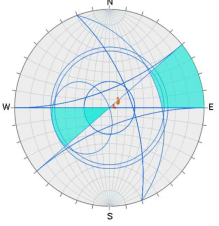
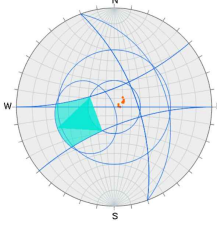
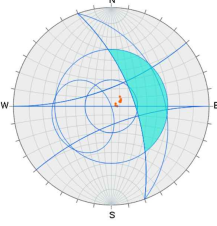
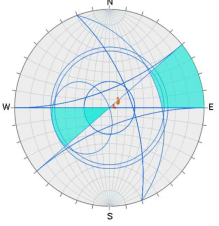
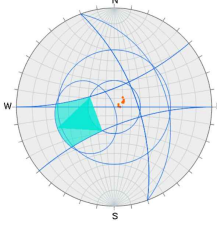
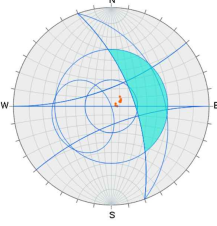
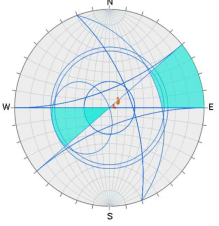
가. 측정현황

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



【그림 7.3.5】 불연속면 측정 현황

【표 7.3.8】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간																											
	Set 1	Set 2	Set 3																									
방향성	07/269	05/262	13/240																									
간격(m)	0.05~0.3	0.3~0.6	0.2~0.6																									
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0																									
틈새(mm)	0.1~1.0mm	0.3~0.5mm	0.2~0.8mm																									
거칠기	약간거침	약간거침	약간거침																									
충진물질	hard	hard	hard																									
풍화도	M.W	S.W	S.W																									
비고	<table><tr><th>구 분</th><th colspan="2">점 검 결 과</th></tr><tr><td rowspan="10">평사투영도</td><td rowspan="10"></td><td>dip</td><td>dip direction</td></tr><tr><td>7</td><td>269</td></tr><tr><td>5</td><td>262</td></tr><tr><td>13</td><td>240</td></tr><tr><td>12</td><td>245</td></tr><tr><td>12</td><td>239</td></tr><tr><td>6</td><td>238</td></tr><tr><td>14</td><td>234</td></tr><tr><td>15</td><td>222</td></tr><tr><td>11</td><td>241</td></tr></table>			구 분	점 검 결 과		평사투영도		dip	dip direction	7	269	5	262	13	240	12	245	12	239	6	238	14	234	15	222	11	241
	구 분	점 검 결 과																										
	평사투영도		dip	dip direction																								
			7	269																								
			5	262																								
			13	240																								
			12	245																								
			12	239																								
			6	238																								
			14	234																								
15			222																									
11			241																									
<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>일부 가능성</td><td>가능성</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	일부 가능성	가능성	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	일부 가능성	가능성																									
평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음																											
썩기 및 전도파괴에 대해서 가능성이 내재된 것으로 평가 되었지만, 현장조사시 절리군의 상태가 전반적으로 양호하여 파괴에 대한 가능성은 낮은 것으로 판단된다.																												

【표 7.3.9】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간		
	Set 4	Set 5	Set 6
방향성	72/063	70/072	76/065
간격(m)	0.3~0.6	0.1~0.5	0.3~0.5
연장성(m)	1.0~3.0	1.0~3.0	1.0~3.0
틈새(mm)	0.2~0.8mm	0.3~0.9mm	0.4~1.0mm
거칠기	약간거칠	약간거칠	약간거칠
충진물질	hard	hard	hard
풍화도	S.W	M.W	S.W

비고	구 분	점 검 결 과		
	평사투영도		dip	dip direction
		72	63	
		70	72	
		76	65	
		69	58	
		66	60	
		67	62	
		69	62	
		68	65	
69	79			
평면파괴	썩기파괴	전도파괴		
구 분	평면파괴	썩기파괴	전도파괴	
해석결과	안정	일부 가능성	가능성	
평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썩기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음			

썩기 및 전도파괴에 대해서 가능성이 내재된 것으로 평가 되었지만, 현장조사시 절리군의 상태가 전반적으로 양호하여 파괴에 대한 가능성은 낮은 것으로 판단된다.

7.4 상태평가

7.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장이 300m의 사면으로서, 외관조사 시 실시한 구간분할과 동일하게 연장기준(200m 이상)에 따라 2개구간으로 분할하여 손상상태 및 파괴요인에 대한 평가를 실시하였다. 사면분류를 위해 특성조사를 실시한 위치는 외관조사결과현황도(Face Map)에 Set1~6으로 표기하였고, 2구간은 전구간 녹색토로 인해 측정 불가 상태로 확인되었다.

【표 7.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	특징	비고
1구간	STA.47+050~47+250	방향:63/064, 연장:300m, 높이 : 60m	Set1, Set2, Set3
2구간	STA.47+250~47+350		Set4, Set5, Set6

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 7.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 표준횡단면도(7.1.3 시설물 일반도에 수록)를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 사면특성조사시 Set1~6에 위치하는 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 7.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{1.2}{60} = 0.02$ 로 0.4미만	암반사면	절리 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 70.5~81.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{1.5}{60} = 0.025$ 로 0.01초과	절리암반	

【표 7.4.3】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{1.2}{67} = 0.018$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 84.2~84.3MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in dex}{Slope\ height} = \frac{0.6}{67} = 0.009$ 로 0.01이하	파쇄암반	

7.4.2 상태평가 결과

가. 사면 손상상태 조사결과표

【표 7.4.4】 손상상태 조사 결과표 (1구간)

시설물명	Sta.47+050~47+350		표번호	[표 7.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	부산기점 STA.47+050~47+250	
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 7.4.5】 손상상태 조사 결과표 (2구간)

시설물명	Sta.47+050~47+350	표번호	[표 7.4.4]		
조사영역번호	2구간	조사영역 위치	부산기점 STA.47+250~47+350		
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	

나. 사면 파괴요인 조사결과표

【표 7.4.6】 사면 파괴요인 조사 결과표 (1구간)

시설물명		Sta.47+050~47+350		표번호		[표 7.4.6]	
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	매우좋음		0		
1-11	배수조건		보통		2		
1-12	보호/보강상태		양호함		0		
조사일시	2019. 10. 16		조사자	인 승 철			

【표 7.4.7】 사면 파괴요인 조사 결과표 (2구간)

시설물명		Sta.47+050~47+350		표번호		[표 7.4.7]	
조사영역 번호		2구간		조사영역 위치		부산기점 STA.47+250~47+350	
보통							
일련번호	구 분			상 태		상태점수	비고
1-5	파쇄암반	절리간격		0.6~2.0m		1	
1-6		저면경사		30 ° 이상		4	
1-7		절리상태		유리		1	
2. 사면형상							
1-8	파쇄암반	사면의 경사		63°		3	
3. 자연적 외부요인							
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량		11.8mm(울산, 30년 평년값)		1	1
		지하수위		-		-	
4. 인위적 외부요인							
1-10	파쇄암반	절취상태		매우 좋음		0	
1-11	배수조건			양호		1	
1-12	보호/보강상태			양호함		0	
조사일시	2019. 10. 16			조사자	인 승 철		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 2구간은 파쇄암반사면으로 평가되어, 평가기준에 따른 결합지수는 0.14로서 평가결과는 “A” 로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 2구간의 사면경사 및 저면경사가 고각인 점 등으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 7.4.8】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			Sta.47+050~47+350				표번호
근거표번호			[표 7.4.4], [표 7.4.6]				[표 7.4.8]
평가요소			결합점수	결합종류별 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	7	f2=0.14	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	0	a			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					7	F=0.09	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 7 / 52 = 0.14 ○ 상태평가등급(F) : 7 / 76 = 0.09					

【표 7.4.9】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			Sta.47+050~47+350			표번호	
근거표번호			[표 7.4.5], [표 7.4.7]			[표 7.4.9]	
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	1	b	11	f2=0.21	b
		⑥ 저면경사	4	e			
		⑦ 절리상태	1	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	1	b			
	인위요인	⑩ 절취상태	0	a			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					11	F=0.14	A
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 11 / 52 = 0.21 ○ 상태평가등급(F) : 11 / 76 = 0.145					

【표 7.4.10】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과 (Min)	
	결함 지수	등급	결함 지수	등급	결함 지수	등급
절토사면	0.09	A	0.14	A	0.14	A

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2016년) 정밀안전점검시 절리암반사면, 파쇄암반사면으로 상태평가를 실시하였고, 금회(2019년) 정밀안전점검은 조사된 자료를 토대로 사면분류결과 1구간은 절리암반사면 2구간은 파쇄암반사면으로 구분하여 평가를 실시하였다.

【표 7.4.11】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결함지수	등급	비 교
2016년 정밀안전점검(전회)	0.11	A	
2019년 정밀안전점검(금회)	0.14	A	

7.5 종합평가 및 안전등급 지정

7.5.1 종합평가 결과

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

【표 7.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		STA.47+050~47+350(부산)		표 번 호	【표 7.5.1】
평가구분		결함지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.09	A	근거표번호	【표 7.4.8】
	2구간	0.14	A		【표 7.4.9】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.14	A	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : A			

※ 안전성평가는 안전점검(정밀안전점검, 긴급점검)에서는 상태기준이 D이하로 판정되거나 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우에 실시함 (안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 절토사면편, 2019.01.)

7.5.2 안전등급 지정

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

【표 7.5.2】 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

7.6 보수·보강 및 유지관리방안

7.6.1 보수·보강 방안

가. 손상별 보수·보강 방안

대상 절토사면의 손상별 보수방안은 다음과 같다.

【표 7.6.1】 손상별 보수·보강 방안

▣ 부산울산선(부산방향) 47.05K (L=300m, 부산기점 STA.47+050~47+350)			
손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	① 1~2단 녹생토 유실	주의관찰	
배수시설	② 1소단배수로 균열 L=0.5m (1EA)	균열보수	
기 타			

나. 보수·보강방안 및 개략공사비

【표 7.6.2】 보수·보강방안 및 개략공사비

구 분	수량	단위	단가(천원)	공사비(천원)	비고
배수로 균열	0.5	m	75	38	
녹생토 유실물 적치	190	m	30	5,700	
순 공사비(천원)				5,738	
재 경 비(천원)				2,869	
총 공사비(천원)				8,607	

7.6.2 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 7.6.3】 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	• 균열 구간 → 사면의 원활한 배수를 위해 균열 보수 필요	
보호 시설	• 슛크리트 등 → 현재 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구됨	

7.7 종합결론

7.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 대부분의 암종은 사암과 셰일이 분포하나, 비탈면 녹화공(녹생토)으로 철망이 덮여 있어, 시점부 낙석방지망 내에서 관찰되었으며 기반암은 층리가 저각으로 발달하며 약간풍화~보통풍화 상태로 보인다. 국부적인 녹생토 유실이 조사되었고, 발생한 녹생토 유실은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 후 손상의 진전 시 seed spray 등의 조치가 요구된다. 배수시설에 발생한 균열은 기능상의 문제가 없는 것으로 판단되나, 손상의 진전시 배수기능에 문제가 우려되므로 유지관리 차원의 조치가 필요하다. 솟크리트 등 사면 보호, 보강시설, 상부자연사면은 양호한 상태로 조사되었다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 평균반발경도는 41.9~45.8로 측정되었으며, 추정 강도 70.5~84.3MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1구간은 절리암반사면으로 판정되었으며, 2구간은 파쇄암반사면으로 평가되어, 평가기준에 따른 결함지수는 0.14로서 평가결과는 “A”로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 2구간의 사면경사 및 저면경사가 고각인 점 등으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “A등급 : 문제점이 없는 최상의 상태”으로 지정하였다.

7.7.2 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.

7.7.3 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.

7.7.4 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.