

4. 절토사면-부산포항선 STA.16+200~16+646(부산)

- 4.1 시설물 개요
- 4.2 자료수집 및 분석
- 4.3 현장조사 및 시험
- 4.4 상태평가
- 4.5 종합평가 및 안전등급 지정
- 4.6 보수·보강 및 유지관리 방안
- 4.7 종합결론

4.1 시설물 개요

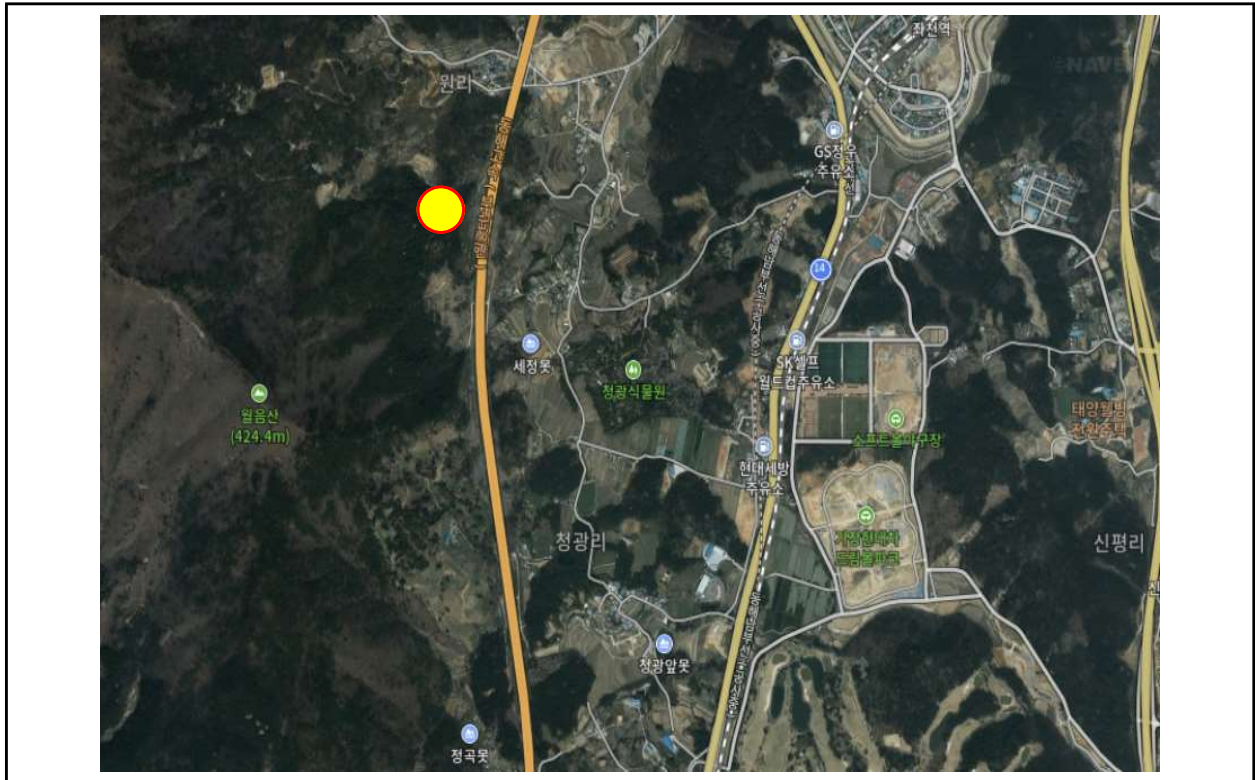
본 시설물은 부산광역시 기장군 일광면 원리 산116-1 (부산울산고속도로 16.580~16.975 km)에 위치한 사면으로서 총 연장 395m, 높이 54m의 절토사면으로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】 사면 일반사항

시설물번호	SL2008-0000051		관리번호	-	
시설물명	절토사면-부산포항선 STA.16+200~16+646(부산)		시설물구분	절토사면	
위 치	행정구역		부산광역시 기장군 일광면		
	위치좌표		시점 : N (35° 18' 27.43"), E (129° 13' 40.74")		
			종점 : N (35° 18' 15.25"), E (129° 13' 37.89")		
	이정	공사	STA. 16+200~16+646		
		관리	부산기점 16.580~16.975 km		
제 원	연 장		395m	높 이	54m
	경사/방향		45/106	노 선	고속국도 65호선
관리주체	부산울산고속도로(주)			관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물		-		
	주변지형		산악지형	상부사면경사	-5°
시공현황	준공년도		2008. 12. 31	시 공 자	코오롱건설(주)
	부대시설		낙석방지망, 낙석방지울타리, 야생동물유도울타리, 점검계단, 수직도수로, 일광터널		
비 고					

4.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 4.1.1】 위치도

2017년 정밀점검(이전)



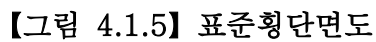
2019년 정밀점검(금회)

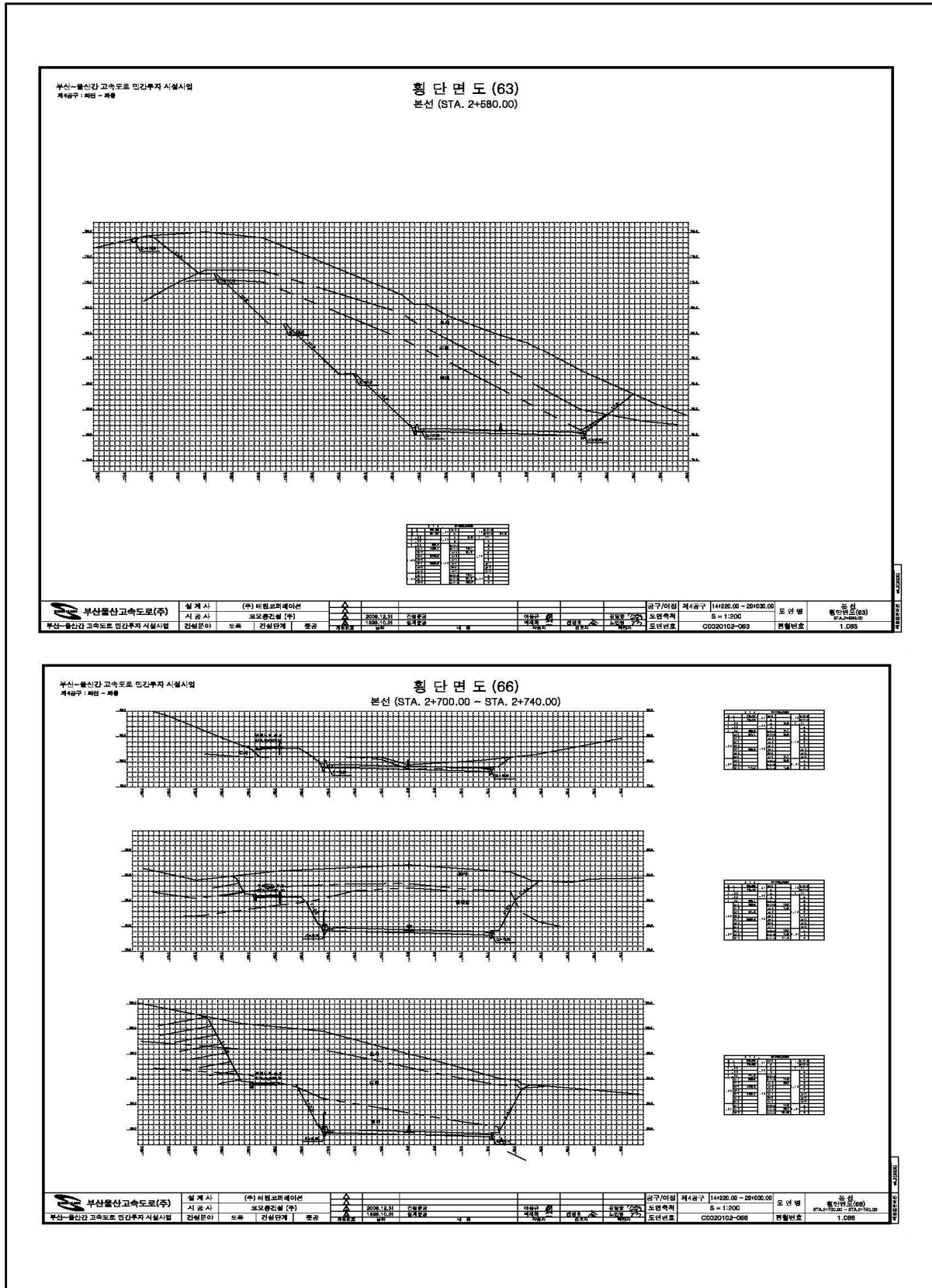


【그림 4.1.2】 전경사진

	
1소단 배수로 전경	2소단 배수로 전경
	
3소단 배수로 전경	4소단 배수로 전경
	
산마루측구, 점검계단 전경	하부 전경

【그림 4.1.3】 부재별 현황





【그림 4.1.5】 표준횡단면도(계속)

4.2 자료수집 및 분석

4.2.1 설계자료 검토

가. 사면 적용구배 및 소단설치 기준

절토사면의 구배는 지층의 구성상태 및 용출수의 유무, 지반의 역학적 상수 등을 기초로 하여 설정하여야 하나 토사층의 자연시료채취가 어렵고 암반층에서 절리 및 파쇄대의 방향, 경사, 역학적 특성에 대한 정확한 판단이 시추조사만으로 어려운 상태이다. 따라서 고속도로의 표준구배를 적용함을 원칙으로 하였으며, 시추조사 시 정확히 나타나지 않은 기반암과 토사층과의 경계선 및 용출수의 위치, 기반암의 경사방향과 층리 및 절리, 균열상태, 파쇄대 등에 의해 절토작업 시 절취법면이 붕괴가 일어날 가능성이 있으므로 현장조건에 따라 법면 구배를 재조정하여야 하며 또한, 절취작업 시 비탈면 붕괴가 계속적으로 일어날 경우 적절한 대책공법이 검토되어야 한다.

【표 4.2.1】 사면 적용구배 및 소단설치 기준

구 분	구 배	비 고
토 사	1 : 1.2	깎기 높이 5m 마다 1.0m의 소단 설치
리 평 암	1 : 1	
발 파 암	1 : 0.5	수직높이 20m마다 3.0m의 소단 설치

나. 지형 및 지질

본 조사지역의 광역적인 지질은 중생대 백악기 경상계 퇴적암층과 이를 관입 또는 분출한 화산암류, 그리고 그 후기에 이들을 재관입한 불국사 화강암류 등으로 대별되며, 제 4기 충적층이 이들을 피복 분포하고 있다.

본 사면은 중생대 백악기 시대의 경상계 신라층군 이천리층과 경상계 불국사화강암류 흑운모화강암의 지층이 분포하고 있고 대표암상은 퇴적암과 흑운모화강암이다.

본 암석의 구성암석은 대체로 흑색 또는 암회색의 세일로 안산암에 의해 대규모로 관입당한 산출상태를 보여주며, 안산암과의 경계선에 거의 직교하고 있다. 또한, 이 지역에 분포하는 본 층은 타 지역의 것과 같이 열변성 작용에 의해 심하게 혼펠스화 되어 있다.

엽리는 이방성의 공학적 특성을 보이므로 엽리와 평행한 방향의 하중에 대해서는 강도는 떨어지나 변형이 작고, 엽리와 수직인 하중에 대해서는 강도는 높아지지만 변형이 많아진다.

흑운모화강암은 일반적으로 중립질의 입상조직을 보여주며 석영, 장석 및 흑운모 등이 육안으로 식별되며, 안산암 또는 혼펠스의 포획암을 가지는 경우가 흔히 나타난다.

다. 지반조사보고서

제2장 지형 및 지질

2.1 지 형

본 조사지역은 행정구역상 부산광역시 기장군 일광면 화전리를 시점으로하여 기장군 장안읍 좌동리를 종점으로하는 설계구간(L=5.78km)에 해당한다.

본 조사지역의 지형상 산계를 관찰해보면 북서쪽의 달음산(586m)과 남서쪽의 양달산(291m)이 북서쪽에서 남서방향으로 연결되고 있으며, 주로 그 능선들이 북서-남서방향으로, 그리고 대개 육지의 능선 들은 북동-남동 방향으로 발달되어 있다. 시점부와 종점부는 완만한 지형을 나타내고 있어 현재 농경지로 이용되고 있다.

본 조사지역의 주류를 이루는 수계를 보면 남쪽의 설계 시점부의 일광천과 종점부로 가는 중간부분에 계곡과 병행하는 좌광천이 사행하여 동해로 빠져나가는 계곡 물로서 비교적 단조로운편이다.

관측적인 관찰에 의한 본지역의 지형으로 볼 때 산세는 대체로 일광면 소재지 서쪽 달음산(586m)에서 동해남부선철도 쪽에 이르는 부채꼴모양으로 발전되어 있으나 본노선을 끼는 산세는 북서방향의 비교적 뚜렷한 산준이 발달되어 있으며 대표적으로 본 조사지역을 동-서방향으로 통과하는 좌동·예림리의 국도 14호선, 본노선과 비교적 평행하게 진행되는 동해남부선 철도 연변은 비교적 하폭이 넓고 해안으로 연결되는 산수면도 비교적 다른지역 보다 완만한 상태를 나타내고 있다.

일광면과 장안면, 정관면에서의 소규모의 계류는 서측 내륙부보다 각 산능선, 단위산능의 집합체가 각각 분수령의 역할을 함으로서 일정한 방향성없이 직접 동해바다에 유입된다.

4.2 절토부

본 지역에 대한 지층의 구성상태와 절토시 발생하는 절토랑의 성토재 사용여부, 다짐특성, 굴착방법 및 절취사면의 안정성을 검토하기 위하여 24개소의 시추조사와 21개소의 시험굴 조사를 실시하였다. 시추조사 결과 밝혀진 토층으로 표토, 퇴적토층 및 봉적토층, 풍화잔류토층, 풍화암층 및 기반암층인 연암과 경암의 층서로 나타내며 토층별로 기술하면 다음과 같다.

● 표토층

본 층은 지표면을 형성하고 있는 층으로서 시추조사(CB-6,7,9-12,14,19-24) 지점에서 심도0.2~1.5m의 층 두께로 분포하고 있으며, 점토 및 모래섞인 실트, 실트섞인 모래, 실트 및 모래섞인 자갈 등으로 다양하게 구성되어 있다. 중간상태의 연경도와 느슨내지 보통상태의 상대밀도를 나타내고 있으며, 색상은 황갈색을 띄우고 있다.

● 퇴적토층

과거에 본 지역은 산계의 계곡간에서 발달된 계류에 의한 유수의 운반 퇴적작용에 의하여 형성된 토층으로서 시추조사(CB-2) 지점에서 0.8m의 층 두께로 분포하고 있으며, 구성토질은 실트섞인 모래로 구성되어 있다. 색상은 황갈색을 띄우고 있다.

2.2 지 질

본 조사지역의 광역적인 관찰에 의하면 과업수행 노선지역의 일광면을 중심으로하여 광범위하게 흑색 또는 암회색 셰일로 구성된 이천리층이 분포하고 있고 노선바깥쪽으로 안산암질암류가 남서쪽의 일광산(378m), 아홉산(360m), 산성(368m)등지에 거대하게 분포하고있으며 종점부의 좌동리 부근에서는 국부적으로 이천리층을 관입하고 있다. 일광관산 주위에서는 작은 암주상의 독립암체로 흑운모화강암이 나타나고 있으며 덕신리부근에 화강섬록암이 아주 미세하게 발견되고 있다. 한편 노선의 우측으로는 이천리층과 층적도가 번갈아가며 출현하고 있다.

조사지역에 광범위하게 분포하고있는 이천리층은 암석중에서 화석이 아직까지 발견된 것이 없기 때문에 그 지질시대를 확실하 알 수가 없지만 구성암석의 여러가지 특징들로 미루어 보아 대개 경상계의 신라통에 대비되는 것으로 사료된다. 일광면 일대에서 본층은 인접한 안산암에 의해 대규모로 관입당한 산출상태를 보여 준다.

시점부의 화전리 부근에 있는 층적도는 전역에 걸쳐 계곡 및 낮은 평야지대에 분포된다. 특히 본 조사지역 남동부에는 매우 넓은 층적도로 덮인 평야가 발달되어 있으며 바위,모래 및 점토등으로 구성되어 있고 대부분이 농경지로서 이용되고 있다.

종점부의 좌동리 부근에 있는 안산암질암류는 신라통의 화산암류중에서 초기에 형성된 것이여 국부적으로는 이천리층을 관입한 관입암체도 산출되나, 주로 안산암질암류로 인정되는 산출상태 및 조직을 가지는 암체로 나타난다. 본암은 입도로 보아 세립질인 것, 반상조직을 가지는 것이 조직상의 특징을 달리하는 대표적인 암종이다.

일광관산 주위의 흑운모화강암은 일반적으로 중립질의 입상조직을 보여 주고, 안산암이나 이천리층을 관입하여 그 접촉부가 마립질로 변화되어 유색광물이 최소해지는 경향을 볼 수 있다.

정관면에서부터 이어져 덕신리 부근에 미세하게 나타나는 화강섬록암의 구성광물은 주로 석영, 사장석, 정장석, 흑운모 등으로 되어 있고 부수광물로서 각질석, 연니석, 자철석, 자류광석, 인회석 등이 나타난다. 사장석은 본암의 약 35%로 정장석보다 더 많이 함유되어 있다.

● 봉적토층

본 층은 과거에 사면활동, 붕괴 및 기타요인에 의하여 경사면의 상부로부터 하부로 흩어 이동되어 형성된 토층으로 시추조사(CB-1,3-6,8,13,14,16,18,21,22) 지점에서 0.7~8.2m의 층 두께로 최상부토층 및 표토층하부에 분포되어 있다. 구성토질은 실트 및 모래섞인 자갈, 실트 및 모래섞인 전석으로 형성되어 있다. 시추조사 작업과 병행되어 실시되는 표준관입시험에 의한 N치는 8~50이상으로 느슨한상태, 중간내지 대단히 조밀한 상태의 상대밀도를 나타내고 있다. 색상은 황갈색, 갈색, 암회색등을 띄우고 있으며, 부분적으로 자갈 및 전석코아(20~26cm)를 채취되었고, 시추조사(CB-13,22)지점에서 장주상 전석코아(200cm)가 채취되었다.

● 풍화잔류토층

기반암이 풍화작용에 의해 완전풍화되어 시추조사(CB-9~12,15)지점을 제외한 전 조사지점에서 점토 및 모래섞인 실트, 실트섞인 모래, 실트 및 모래섞인 자갈로 분해되어 원위치에 그대로 잔류되어 형성된 토층으로 표토, 퇴적토층 및 봉적토층 하부에 0.5~10.8m의 층 두께로 분포하며 시추조사 작업과 병행되어 실시되는 표준관입시험에 의한 세립토의 N치는 10~50이상으로 견고내지 고결한 상태의 연경도와 조립토의 N치는 14~50이상으로 중간내지 대단히 조밀한 상태의 상대밀도를 나타내고 있다. 부분적으로 자갈형태의 암편코아 및 맥알코아(15~30cm)가 채취되었으며, 색상은 황갈색, 회갈색, 갈색, 암회색등 다양한 색상을 띄우고 있다.

● 풍화암층

본 층은 기반암이 Completely Weathered인 상태로 현재 토사화 되어가고 있으며 모양의 풍화대로서 Hammer의 타격에너지에 의해 모래섞인 실트, 실트섞인 모래로 파쇄되어 일부구간은 Slime상태로 채취되었다. 본 지층은 시추조사(CB-7,9-11)지점을 제외한 전 시추조사 지점에서 지표면하 0.7~18.0m의 심도에서 0.3~11.3m의 층 두께를 확인하였으며, 대부분 풍화암은 상부의 풍화잔류토층과 명확히 구분하기 어려우므로 본 조사에서는 표준관입시험에 의한 N치는 50/10이상을 기준으로 하여 구분하

었다. 시추조사 작업과 병행되어 실시되는 표준관입시험에 의한 N치는 50이상으로 고결한 상태의 연경도와 대단히 조밀한 상태의 상대밀도를 나타내고 있다. 부분적으로 경언이 반복되며, 잔자갈형태의 맥암코아(15~90cm)를 채취하였다. 또한 시추조사(CB-8)지점에서 본 풍화암층내에 맥암층이 1.5m의 층 두께로 출현하며 풍화정도는 심한 풍화내지 보통 풍화상태를 나타내고 있다. 균열 및 절리발달로 파쇄현상이 심하며, RQD=33%, TCR=48%의 암질상태를 나타내고 있다. 색상은 황갈색내지 담갈색을 띄우고 있다.

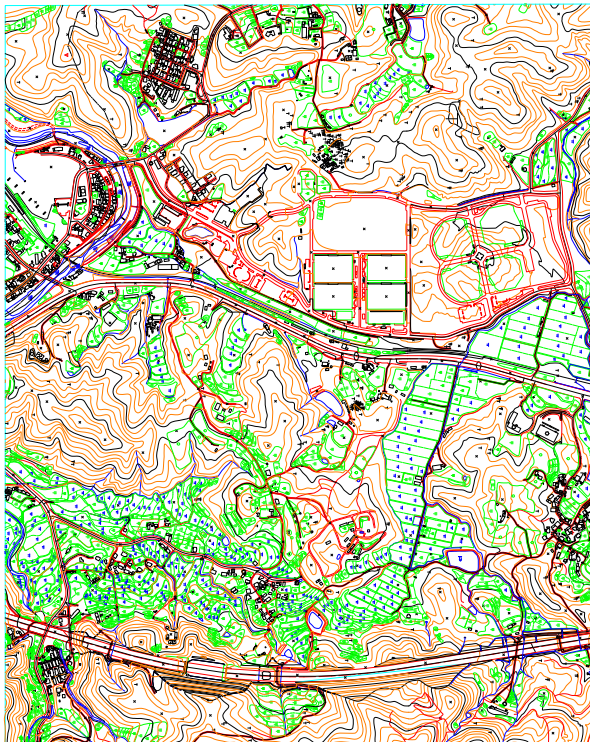
• 연암층

본 층은 기반암이 풍화작용을 받아 Highly, Moderately Weathered내지 Slightly Weathered된 상태로 시추조사(CB-2,10,23) 지점을 제외한 전 시추조사지점에서 지표면하 0.5~24.0m 심도에서 0.3~39.0m의 층 두께를 확인하였다. 균열 및 절리가 발달되어 파쇄현상이 심하며 또한 풍화대 협재를 보이고 있다. 시추작업 과정에서 채취된 암코아상태를 관찰하면 세편 및 단주상코아가 채취되었다. 부분적으로 절리면이 풍화 진행중인 상태이다. RQD=0~73%, TCR=0~100%의 암질상태를 나타내고 있으며, R.M.R에 의한 암반분류 결과 V~II등급의 매우불량(Very Poor)내지 보통(Good Rock)의 암반상태를 보이고 있다. 또한 시추조사(CB-7)지점의 본 연암층내에 지표면하 12.0~19.5m 구간에서 풍화암층이 존재하며, 실트석인 모래 및 암편으로 파쇄 현상이 나타나고, 풍화정도심한 맥암이 존재되어 있다. 색상은 암회색, 회갈색, 갈색을 띄우고 있고 시추조사(CB-4,7,9,17~19,21,22) 지점에서는 사면안정검토를 위해 암석시험을 일축압축 강도시험을 실시하였으며 그 결과 $\sigma_c=473.76\sim2137.53\text{kg/cm}^2$ 이다.

• 경암층

본 기반암층의 경암층은 세밀 및 안산암으로 분류되며 지표면하 1.5~40.5m 심도에 1.0~48.0m의 층 두께를 확인하였다. 균열 및 절리가 발달되어 있으며, 부분적으로 수직절리가 발달되어 있고 풍화정도는 보통풍화(Moderately Weathered)내지 신선(Fresh)한 상태로 나타내고 있다. 시추작업 과정에서 채취된 암코아 상태를 관찰하면 단, 장주상 코아가 채취되었고 RQD=0~100%, TCR=23~100%의 암질상태를 나타내

고 있다. 암석의 강도는 Moderately Strong내지 Very Strong한 상태이며, R.M.R에 의한 암반분류 결과 본 경암층은 IV~I등급의 불량(Poor)~양호(Very Good Rock)의 암질로 분류되고 색상은 암회색, 갈색을 띄우고 있다. 시추조사(CB-5, 9, 10, 15, 21, 22)지점에서 사면안정 검토를 위해 암석시험을 일축압축 강도시험을 실시하였으며 그 결과 $\sigma_c=941.75\sim2199.23\text{kg/cm}^2$ 이다.



4.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2중시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기 및 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.2】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2009. 08. 04 ~ 2009. 11. 25	정기안전 점검	이상없음	양호
2	2010. 01. 02 ~ 2010. 06. 30	정기안전 점검	양호	양호
3	2010. 10. 01 ~ 2010. 11. 29	정밀안전 점검	절취사면은 퇴적암(세일)로 이루어져 있으며, 절리상태(절리 간격 및 충전물 유무)가 양호. 사면파괴요인에서 위험요소 내포하고 있음	B등급
4	2010. 07. 07 ~ 2010. 12. 08	정기안전 점검	양호함	양호
5	2011. 05. 23 ~ 2011. 06. 03	정기안전 점검	양호함	양호
6	2011. 11. 01 ~ 2011. 11. 10	정기안전 점검	양호함	양호
7	2012. 05. 02 ~ 2012. 05. 03	정기안전 점검	이상없음	양호
8	2012. 10. 22 ~ 2012. 10. 24	정기안전 점검	이상없음	양호
9	2013. 04. 15 ~ 2013. 04. 30	정기안전 점검	이상없음	양호
10	2013. 09. 23 ~ 2013. 09. 27	정기안전 점검	이상없음	양호
11	2013. 12. 06 ~ 2013. 12. 25	정밀안전 점검	절취사면은 퇴적암(세일)로 이루어져 있으며, 절리 상태(절리 간격 및 충전물 유무)가 양호.불연속면 사이 큰나무 다수 자람.낙석방지망, 낙석방지웬스 및 기타구조물(수로, 소단 등) 상태 양호	B등급
12	2014. 04. 01 ~ 2014. 04. 01	정기안전 점검	양호	양호

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
13	2014. 09. 01 ~ 2014. 09. 01	정기안전 점검	양호	양호
14	2015. 05. 04 ~ 2015. 05. 04	정기안전 점검	양호	양호
15	2015. 12. 07 ~ 2015. 12. 07	정기안전 점검	양호	양호
16	2015. 09. 29 ~ 2015. 12. 27	정밀안전 점검	좌측 산마루 측구에 걸쳐 있는 규모가 큰 암석(D=1000mm)은 낙석으로 인해 자칫 대형 사고 등을 유발할 수 있으므로 조속히 제거하는 것이 바람직하다. 또한 우측 2단 사면 숏크리트 구간에서 일부 숏크리트가 미타설된 구간에는 숏크리트를 타설하여 추가적인 손상을 방지하는 것이 바람직함	B등급
17	2016. 06. 07 ~ 2016. 06. 10	정기안전 점검	전반적인 상태양호	양호
18	2016. 10. 10 ~ 2016. 10. 10	정기안전 점검	전반적인 상태양호	양호
19	2017. 04. 24 ~ 2017. 04. 24	정기안전 점검	양호	양호
20	2017. 12. 04 ~ 2017. 12. 04	정기안전 점검	이상 무	양호
21	2017. 09. 29 ~ 2017. 12. 27	정밀안전 점검	사면부 점검결과 : 낙석방지망이 일부 구간에 설치되어 있지 않은 것과 정상부에서 4소단까지 자연수로로 형성하고 있는 것이 불안요소로 작용할 가능성이 있으며 절리가 발달하여 소규모 낙석이 다수 적치되어 있어 주의관찰을 통한 유지관리가 필요 식생상태 : 일부 암노출 구간을 제외하면 식생상태가 대체로 양호 배수시설 점검결과 : 소단배수로, 산마루 측구, 정상부에서 4소단까지는 자연수로, 산마루 측구 위에 중규모 낙석 거치 보호시설 점검현황 : 낙석방지망 상태는 양호하나, 지속적인 유지관리 필요	B등급
22	2018. 04. 16 ~ 2018. 04. 16	정기안전 점검	양호	양호
23	2018. 11. 26 ~ 2018. 11. 26	정기안전 점검	이상없음	양호
24	2019. 04. 01 ~ 2019. 04. 01	정기안전 점검	이상없음	양호

4.2.3 전차 정밀점검 실시결과(2017년 12월)

가. 현장조사 및 시험결과

1) 외관조사 결과

구분	점검 결과	조치 방안
사면부	· 뜯돌 낙석방지망내 적치	· 주의관찰
배수시설	· 배수로 퇴적	· 정비
상부 자연사면	·	·
보강시설	·	·
검토의견	· 본 절토사면에 대한 상태평가 결과 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』에 근거한 절토사면의 안전등급은 “경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”인 『B등급』으로 평가되었다.	

2) 현장시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
180m 지점	59.2	140.5	극경암	—
280m 지점	48.9	88.7	경암	
320m 지점	59.7	143.0	극경암	
검토의견	· 슈미트해머에 의한 암반 강도 조사결과 반발경도 48.9~59.7의 평균치를 보이며 추정강도 88.7~143.0MPa로 경암~극경암으로 판정되어 암반의 강도는 매우 양호한 상태이다.			

나. 상태평가 결과

평가요소			결합점수	평가결과	총점	결합지수	상태평가결과
손상상태	파괴징후	① 인장균열	0	a	3	f1=0.125	a
		② 지반변형	2	b			
		③ 구조물변형	0	a			
	④ 파괴현황		1	b			
파괴요인	지반상태	⑤ 절리방향-사면방향	2	b	14	f2=0.269	b
		⑥ 절리경사-사면경사	2	c			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	0	a			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	1	b			
	인위요인	⑩ 절취상태	3	c			
		⑪ 배수조건	2	c			
		⑫ 보호/보강 상태	2	b			
합계(Σ)					17	F=0.224	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 3 / 24 = 0.125 ○ 파괴요인지수(f2) : 14 / 52 = 0.269 ○ 상태평가등급(F) : 17 / 76 = 0.224					

다. 종합평가 결과

구 분	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과 Min(상태평가, 안전성평가)
	결합지수	결과	최소 안전율	결과	
STA.16+200~16+646(부산)	0.224	B	—	—	B

라. 안전등급 지정

구 분	안전등급	시설물의 상태
STA.16+200~16+646(부산)	B	경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태

마. 보수·보강 방안

구 분	수량	단위	단가	공사비(천원)	비고
뜯돌, 낙석	0.57	m ³	-	-	주의 관찰
배수로 정비(중규모 낙석 제거)	1식	-	200,000	200	
순 공사비				200,000 원	
재 경 비				100,000 원	
총 공사비				300,000 원	

바. 종합결론

본 대상사면은 절토사면-부산포항선 STA.16+200~16+646(부산)으로서, 금회 점검시 현장조사 및 시험, 분석 등을 통한 사면의 상태를 종합적으로 평가한 결과 및 대책방안은 다음과 같다.

- 본 절토사면에 대한 상태평가 결과 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』에 근거한 절토사면의 안전등급은 “경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태”인 『B등급』으로 평가되었다.
- 본 사면은 절리가 발달하여 소규모 낙석이 다수 확인되었고 STA.0+230 위치의 2소단 상부에 다수의 낙석이 적치되어 있지만 낙석방지망이 제 역할을 하고 있는 것으로 조사되어 주의 관찰을 통한 유지관리가 필요하며 STA.0+320 위치의 산마루 측구에 적치되어 있는 중규모 낙석으로 인해 집중호우시 나뭇가지 등이 측구를 막게 되어 배수성능이 저하될 우려가 있으므로 제거해야 한다.
- 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.
- 본 사면에 설치된 계측기(절토사면 경보시스템)로 철저한 계측관리를 실시하여 재해를 사전에 예방하고 피해를 최소화 하여야 한다.

4.2.4 기존자료

【표 4.2.3】 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 비탈면 높이: 58.5m, 연장: 446m, 경사: 15° · 상태등급: B · 시설물관리대장의 일부내용이 실제와 상이하므로 수정 필요	
시공관리자료	· 시공사 : 코오롱건설(주) 준공일(2008.12.31) · 설계사 : 서영엔지니어링	
기존점검	· 2017.12.20 정밀점검 (점검기관: (주)엠케이에스이) → 낙석방지망내 뜬돌 적치	

4.2.5 시설물 보수 이력

【표 4.2.4】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비(천원)	시공자	비고
—	—	—	—	—	—	

4.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	N		

4.3 현장조사 및 시험

4.3.1 현황 및 특성

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

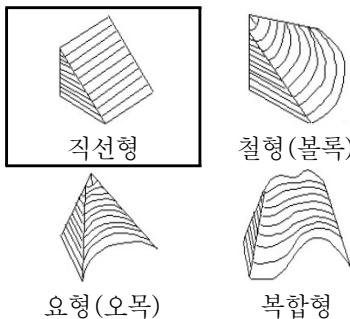
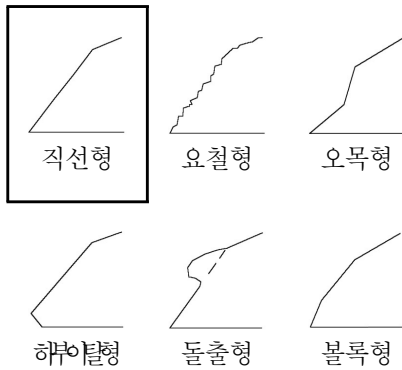
가. 일반현황 조사결과

【표 4.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2019. 09. 18.		조 사 자	인승철	
일 기	맑음		준공년도	2008년 12월 31일	
행정구역	부산광역시 기장군 일광면 원리 산116-1				
위 경 도	시점 : N (35° 18' 27.43"), E (129° 13' 40.74")				
	종점 : N (35° 18' 15.25"), E (129° 13' 37.89")				
절토사면	길 이 : 395m		높 이 : 54m		
	경 사/경사방향 : 45/106 (평균경사 39°)				
	구성물질 : 암반		토층심도 : 0.06~0.07(약 3.0m)		
	소 단 : 5				
낙석/뜯돌	낙석 존재유무 : 있음		낙석의 양 : 0.52m³		
	낙석 평균크기 : 0.1×0.2×0.1 낙석 최대크기 : 0.3×0.2×0.1				
	뜯돌 존재유무 : 있음		뜯돌의 양 : 0.05m³		
	뜯돌 평균크기 : 0.1×0.1×0.1 뜯돌 최대크기 : 0.2×0.2×0.1				
절토사면 시공현황	종 류		위 치		상 태
	식생현황		STA.0+100~280(3소단 하부)		불량
	식생현황		이외 구간		양호
	낙석방지망		STA.0+000~395 일부구간 제외		양호
	낙석방지울타리		STA.0+000~185, 315~385		양호
	산마루 측구		STA.0+000~195, 310~395		일부 불량
	점검용 계단		STA.0+310~395		양호
	야생동물유도울타리		STA.0+000~035, 385~395		양호
	수직도수로		STA.0+050		양호
	상부도로(폭5.0m)		STA.0+000~035		양호
	일광터널		STA.0+185~315		양호
	절토사면경보시스템		-		-
붕괴이력	유 형		규 모		위 치
기 타	· 일부 구간을 식생이 불량하고 사면계측기(절토사면 경보시스템)가 설치된 것을 육안으로 확인				

나. 사면특성 조사결과

【표 4.3.2】 사면특성 조사결과

주변지형의 특성	주변 지형		산악지형			
	종단면 형상					
	기타 특징		-			
절토사면의 특성	중 횡 단 면			중 단 면 특 성		
상부 자연비탈면	경 사 도		-5°			
	인장균열		무			
	포행흔적		무			
	수목의 기울어짐		무			
	인공구조물		무			
	산마루측구		유			
	계곡부		무			
식 생	① 종 류	초 본	관 목	침 엽 수	활 엽 수	
	② 밀 도	중	중	-	-	
	③ 근계특징		천근성 (O), 심근성 ()			

다. 사면 구간분할 결과

본 사면은 연장이 395m로써, 사면의 구간분할 기준인

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

위 기준에 의해, 2개구간으로 분할하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다.

구 분	측 점	비 고
1구간	16.580~16.775km	195m
2구간	16.775~16.975km	200m

절토사면명 : 절토사면-부산포항선 STA.16+200~16+646(부산) / 부산기점 16.580~16.975km

[방향 : 45/106 , 연장 : 395m , 높이 : 54m]

경사/방향 : 45/106 (평균경사 39)
연 장 : 395m
높 이 : 54m
위 치 : 부산 16.580km~16.975km

면	C.W.	Completely Weehted	완전풍화
	H.W.	Highly Weehted	심한풍화
	M.W.	Motherately Weehted	보통풍화
	S.W.	Slightly Weehted	약간풍화
	F.	Fresh	신 선

The cross-section diagram illustrates a steep slope from station 16+200 to 16+646. The vertical axis shows elevation from 0 to 60 meters. The horizontal axis shows stationing from 560 down to 000. Key features include:

- Topography:** A crest at approximately 54m elevation with a top width of about 10m. Slopes are indicated as 1:1.0 and 1:1.2.
- Vegetation:** Various symbols represent different types of vegetation, including trees and grasses, distributed across the slope face.
- Erosion and Weathering:** Symbols for weathering grades (C.W., H.W., M.W., S.W., F.) are placed along the slope. Erosion marks like rills and gullies are shown.
- Structural Elements:** Retaining walls (e.g., 4-stage concrete wall), drainage ditches (e.g., 1m wide), and other engineering structures are detailed.
- Legend:** A comprehensive legend defines symbols for vegetation, erosion, weathering, structural components, and measurement points.

								No.	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4					
								방향	85/202	45/132	35/150	89/200					
간격(m)		연장(m)		틈새(mm)		거칠기		충진물(mm)		풍화도		간격	10	10	10	10	
> 2	20	< 1	6	tight	6	매우 거칠	6	void	6	Fresh	6	연장	4	4	6	6	
0.6~2	15	1~3	4	< 0.1	5	거칠	5	hard	< 5	4	S.W.	5	5	5	5		
0.2~0.6	10	3~10	2	0.1~1	4	약간 거칠	3		> 5	2	M.W.	3	3	3	3		
0.06~0.2	8	10~20	1	1~5	1	매끄러움	1	soft	< 5	2	H.W.	1	충진물	4	4	4	4
< 0.06	5	> 20	0	> 5	0	경면화	0		> 5	0	C.W.	0	풍화도	6	6	6	5

4.3.3 외관조사 결과

가. 상부자연사면

1) 현황

상부 자연사면은 -5° 의 경사로 되어 있으며, 풍화토 및 퇴적토가 존재하고, 전체적으로 관목이 분포하고 있다.



【그림 4.3.1】 상부자연사면 전경

2) 조사결과

- 상부자연사면은 전반적으로 식생이 양호하다.

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

나. 사면 및 사면하부

1) 현황

사면 일부 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 신선함(Fresh)~약한풍화(SW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있는 상태이다.



【그림 4.3.2】 사면 전경

2) 조사결과

- 사면 전반적으로 식생상태가 양호하나, 일부 국부적으로 식생이 불량한 것으로 조사되었다.
- 현장조사 결과, 16.745k 4단 사면에 발생한 낙석방지망내 뜬돌 적치는 완만한 사면경사로 인해 전회와 비교시 손상의 증가는 없는 상태이므로, 주의관찰을 실시하는 유지관리가 효과적이다.

구 분	손상내용	수량	비고
1구간	낙석방지망내 뜬돌 적치	V=0.5m³	
2구간	상태양호	—	

17년 정밀 금회 정밀	
현 황	16.745K 4단 낙석방지망내 뜬돌 적치
원 인	공용기간 증가, 풍화, 우수유입
대 책	주의관찰

다. 배수시설

1) 현황

대상 사면의 배수시설은 1~4소단 배수로 및 산마루측구가 시공되어 있다. 그 외의 구간은 자연수로 형태이다.



【그림 4.3.3】 배수시설 전경

2) 조사결과

- 배수시설의 배수 기능에 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.

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

라. 사면보호/보강시설

1) 현황

대상 사면 내에는 낙석방지망, 낙석방지울타리, 야생동물유도울타리, 점검계단, 일광터널, 경보 시스템이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



【그림 4.3.4】 보호/보강시설 전경

2) 조사결과

- 보호/보강시설은 상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

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

4.3.7 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

사면 일부 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 신선함(Fresh)~약한풍화(SW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있는 상태이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호하나, 일부 국부적으로 식생이 불량한 것으로 조사되었고, 16.745k 4단 사면에 발생한 낙석방지망내 뜬돌 적치는 완만한 사면경사로 인해 전회와 비교시 손상의 증가는 없는 상태이므로, 주의관찰을 실시하는 유지관리가 효과적이다. 배수시설 및 보호/보강시설은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 4.3.3】외관조사 결과 요약

구분	점검 결과	보수·보강 방안
사면부	낙석방지망내 뜬돌 적치	주의관찰
배수시설	상태양호	—
상부 자연사면	상태양호	—
보강시설	상태양호	—

【표 4.3.4】손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
사면부	낙석방지망내 뜬돌 적치	m ²	0.5	10	
배수시설	상태양호	—	—	—	
상부 자연사면	상태양호	—	—	—	
보강시설	상태양호	—	—	—	

나. 이전 정밀점검과의 비교

이전 정밀점검과 비교결과, 낙석제거가 조사되어 일부 물량이 감소하였다.

【표 4.3.5】 전차대비 손상수량 증감표

구분	손상 내용	단위	2017년	금회	증,감 (+, -)	비고
			물량	물량		
사면부	낙석방지망내 뜯돌 적치	m ³	0.57	0.5	-0.07	
배수시설	상태양호	-	-	-	-	
상부 자연사면	상태양호	-	-	-	-	
보강시설	상태양호	-	-	-	-	

4.3.8 재료시험 결과

가. 시험결과

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

【표 4.3.6】 반발경도시험 결과

시험위치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과	실시 전경
16.750km	57.5	129.9	경암	
16.800km	53.1	107.1	경암	
16.820km	57.4	129.4	경암	
검토의견	· 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 53.1~57.5로 측정되었으며, 추정강도 107.1~129.9MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.			

나. 이전 정밀점검과의 비교

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

【표 4.3.7】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	위 치	반발경도(Ro)	추정강도(MPa)	암 판정 결과
2017년 점검	16.655km	59.2	140.5	극경암
	16.695km	48.9	88.7	경암
	16.795km	59.7	143.0	극경암
2019년 점검 (금회)	16.750km	57.5	129.9	경암
	16.800km	53.1	107.1	경암
	16.820km	57.4	129.4	경암

4.3.9 불연속면 조사 결과

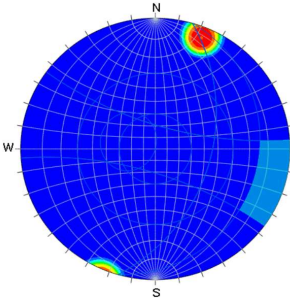
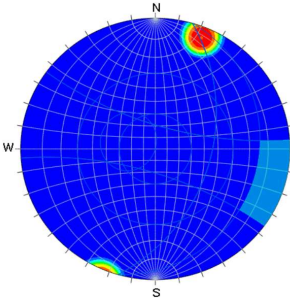
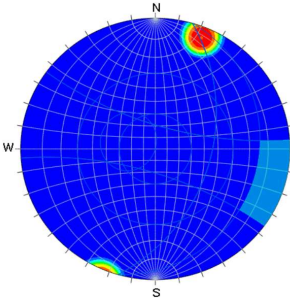
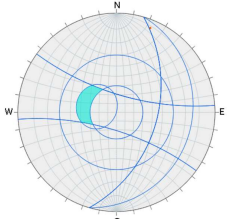
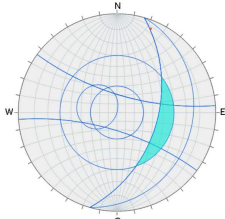
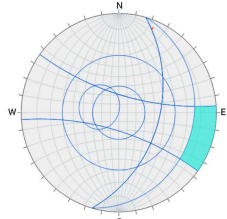
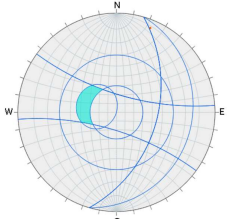
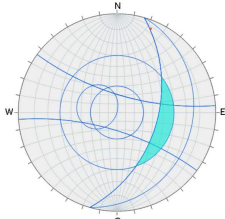
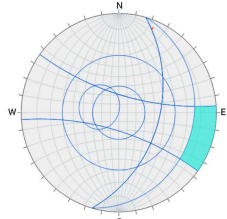
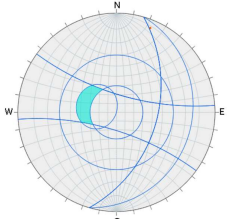
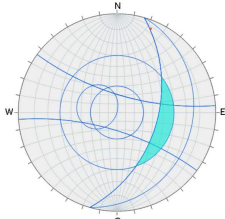
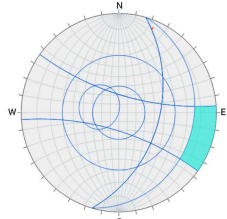
가. 측정현황

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

		
절리경사/방향 측정	거칠기 측정	틈새 측정

【그림 4.3.5】 불연속면 측정 현황

【표 4.3.8】 1구간 불연속면조사 결과표

구 분	1구간																			
	Set 1	—	—																	
방향성	85/202																			
간격(m)	0.2~0.6																			
연장성(m)	1~3																			
틈새(mm)	0.1mm 미만																			
거칠기	약간 거칠음																			
충진물질	딱딱함, 5mm미만																			
풍화도	Fresh																			
비고	<table><tr><th>구 분</th><th colspan="2">점 검 결 과</th><th>dip</th><th>dip direction</th></tr><tr><td rowspan="5">평사 투영도</td><td rowspan="5"></td><td>85</td><td>202</td></tr><tr><td>85</td><td>202</td></tr><tr><td>85</td><td>202</td></tr><tr><td>85</td><td>202</td></tr><tr><td>85</td><td>202</td></tr></table>			구 분	점 검 결 과		dip	dip direction	평사 투영도		85	202	85	202	85	202	85	202	85	202
	구 분	점 검 결 과		dip	dip direction															
	평사 투영도		85	202																
			85	202																
			85	202																
			85	202																
			85	202																
	<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></table>				구 분	평면파괴	썩기파괴	전도파괴	해석결과	안정	안정	안정									
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 4.3.9】 2구간 불연속면조사 결과표

구 분	2구간		
	Set 2	Set 3	Set 4
방향성	45/132	35/150	89/200
간격(m)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6
연장성(m)	1~3	< 1	< 1
틈새(mm)	0.1mm 미만	0.1mm 미만	0.1mm 미만
거칠기	약간 거칠음	약간 거칠음	약간 거칠음
충진물질	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만	딱딱함, 5mm미만
풍화도	Fresh	Fresh	SW

구 분	점 검 결 과	
	dip	dip direction
평사 투영도	45	132
	35	150
	89	200
	45	132
	45	132
	45	132
	45	132
	89	200
	89	200
	35	150

평면파괴		썰기파괴	전도파괴

구 분	평면파괴	썰기파괴	전도파괴
해석결과	안정	일부 가능성	가능성
평 가	● 평면파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 썰기파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음 ● 전도파괴 영역에 절리군의 극점이 분포하고 있지 않음		

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

4.4 상태평가

4.4.1 사면분류 및 구간분할

가. 구간분할

본 사면은 연장 395m의 사면으로서, 외관조사시 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 Set1~4으로 표기하였다.

【표 4.4.1】 사면분할 현황

구분	측점	연장	사면상태	비고
1구간	16.580~16.775km	195m	암반사면	Set1
2구간	16.775~16.975km	200m	암반사면	Set2, Set3, Set4

나. 지반특성에 따른 사면분류

대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-절토사면 (2019.01, 한국시설전공단)”의 기준에 따라 분류한 결과를 다음 [표 4.4.2]에 수록하였다.

토층심도 깊이측정을 위한 자료는 준공도서 및 전차보고서를 참고하여 작성하였고, 블록크기 측정을 위한 절리간격은 사면특성조사시 Set1~4에 위치하는 절리군의 평균 간격을 측정하였다.

【표 4.4.2】 비탈면 분류결과

(MPa=10.2kg/cm²)

구 분		분류기준	평가점수	비탈면종류	
				세부분류	종합분류
1구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{54.0} = 0.055$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 107.1~129.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.5}{54.0} = 0.009$ 로 0.01이하	파쇄암반	
2구간	토층심도율	0.4	$\frac{Soil\ depth}{Slope\ height} = \frac{3.0}{40.0} = 0.075$ 로 0.4미만	암반사면	파쇄 암반사면
	압축강도	10MPa	반발경도측정결과 107.1~129.9MPa으로 10MPa이상	파쇄암반 절리암반	
	블록크기	0.01	$\frac{Block\ size\ \in\ dex}{Slope\ height} = \frac{0.3}{40.0} = 0.007$ 로 0.01이하	파쇄암반	

4.4.2 상태평가 결과

가. 사면 손상상태 조사결과표

【표 4.4.3】 사면 손상상태 조사 결과표 (1구간)

시설물명	STA.16+200~16+646(부산)		표번호	[표 4.4.3]	
조사영역번호	1구간		조사영역 위치	16.580~16.775km	
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. 09. 18		조사자	인승철	

【표 4.4.4】 사면 손상상태 조사 결과표 (2구간)

시설물명	STA.16+200~16+646(부산)		표번호	[표 4.4.4]	
조사영역번호	2구간		조사영역 위치	16.775~16.975km	
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. 09. 18		조사자	인승철	

나. 사면 파괴요인 조사결과표

【표 4.4.5】 사면 파괴요인 조사 결과표 (1구간)

시설물명	STA.16+200~16+646(부산)		표번호	[표 4.4.5]		
조사영역 번호	1구간		조사영역 위치	16.580~16.775km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수	비고	
1-5	파쇄암반	절리간격	0.2~0.6m	3		
1-6		저면경사	10 ° 이상 20 ° 미만	2		
1-7		절리상태	유리	2		
2. 사면형상						
1-8	파쇄암반	사면의 경사	1:1	3		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	17.2mm(부산, 30년 평년값)	1	1	
		지하수위	—	—		
4. 인위적 외부요인						
1-10	파쇄암반	절취상태	보통	2		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2019. 09. 18		조사자	인승철		

【표 4.4.6】 사면 파괴요인 조사 결과표 (2구간)

시설물명	STA.16+200~16+646(부산)		표번호	[표 4.4.6]		
조사영역 번호	2구간		조사영역 위치	16.775~16.975km		
1. 지반상태						
일련번호	구 분		상 태	상태점수		비고
1-5	파쇄암반	절리간격	0.2~0.6m	3		
1-6		저면경사	10 ° 이상 20 ° 미만	2		
1-7		절리상태	유리	2		
2. 사면형상						
1-8	파쇄암반	사면의 경사	1:1	3		
3. 자연적 외부요인						
1-9	강우 및 지하수	1일 강우량	17.2mm(부산, 30년 평년값)	1	1	
		지하수위	-	-		
4. 인위적 외부요인						
1-10	파쇄암반	절취상태	보통	2		
1-11	배수조건		양호	1		
1-12	보호/보강상태		양호함	0		
조사일시	2019. 09. 18		조사자	인승철		

다. 상태평가결과 산정표

대상 사면은 1, 2구간은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.18로서 평가결과 “B”로 산정되었다.

평가결과에 가장 주된 인자는 절리간격이 불리한 점 등으로 해당사항에 대해서는 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 4.4.7】 상태평가결과 산정표(1구간)

시설물명			STA.16+200~16+646(부산)			표번호	
근거표번호			[표 4.4.3], [표 4.4.5]			[표 4.4.7]	
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	3	c	14	f2=0.27	b
		⑥ 저면경사	2	c			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	1	b			
	인위요인	⑩ 절취상태	2	c			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					14	F=0.18	B
상태평가결과		○손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○파괴요인지수(f2) : 14 / 52 = 0.27 ○상태평가등급(F) : 14 / 76 = 0.18					

【표 4.4.8】 상태평가결과 산정표(2구간)

시설물명			STA.16+200~16+646(부산)				표번호
근거표번호			[표 4.4.4], [표 4.4.6]				[표 4.4.8]
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 절리간격	3	c	14	f2=0.27	b
		⑥ 저면경사	2	c			
		⑦ 절리상태	2	b			
	사면형상	⑧ 사면의 경사	3	c			
	자연요인	⑨ 강우 및 지하수	1	b			
	인위요인	⑩ 절취상태	2	c			
		⑪ 배수조건	1	b			
		⑫ 보호/보강 상태	0	a			
합계(Σ)					14	F=0.18	B
상태평가결과		○ 손상상태지수(f1) : 0 / 24 = 0.00 ○ 파괴요인지수(f2) : 14 / 52 = 0.27 ○ 상태평가등급(F) : 14 / 76 = 0.18					

【표 4.4.9】 상태평가결과(총괄)

구 분	1구간		2구간		구간별평가결과(Min)	
	결합지수	등급	결합지수	등급	결합지수	등급
—	0.18	B	0.18	B	0.18	B

라. 이전 정밀안전점검과의 비교

전회(2017년) 정밀안전점검과 상태평가 비교시, 결합지수에 다소 차이가 있으나, 등급은 B등급을 유지한 상태이다.

【표 4.4.10】 이전 정밀안전점검과의 비교

구 분	결합지수	등급	비 교
2017년 정밀안전점검(전회)	0.224	B	
2019년 정밀안전점검(금회)	0.18	B	

4.5 종합평가 및 안전등급 지정

4.5.1 종합평가 결과

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

【표 4.5.1】 절토사면의 종합평가 결과

절토사면 종합평가 결과 산정표					
시설물명		STA.16+200~16+646(부산)		표 번 호	【표 4.5.1】
평가구분		결합지수	평가결과	비 고	
상태 평가	1구간	0.18	B	근거표번호	【표 4.4.7】
	2구간	0.18	B		【표 4.4.8】
안전성평가		해당없음			
종합평가		0.18	B	최저등급 적용	
종합평가결과		절토사면의 종합평가 결과 : B			

4.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 절토사면의 안전등급은 『경미한 손상, 결합이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 4.5.2】 안전등급 기준

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

4.6 보수·보강 및 유지관리방안

4.6.1 보수·보강 방안

가. 손상별 보수·보강 방안

대상 절토사면의 손상별 보수방안은 다음과 같다.

【표 4.6.1】 손상별 보수·보강 방안

■ STA.16+200~16+646(부산) (L=395m, 16.580~16.975km)			
손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	① 낙석방지망내 뜬돌 적치 V=0.5m*0.5m*0.2m*10EA	주의간찰	
낙석위험			
배수시설			
수 목			
기 타			

나. 보수·보강방안 및 개략공사비

【표 4.6.2】 보수·보강방안 및 개략공사비

구 분	수량	단위	단가(천원)	공사비(천원)	비고
—	—	—	—	—	
순 공사비(천원)					—
재 경 비(천원)					—
총 공사비(천원)					—

4.6.2 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 4.6.3】 사면 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
사 면 부	• 낙석방지망내 뜬돌 적치 구간 → 손상의 추가 발생에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시 필요	

4.7 종합결론

4.7.1 정밀점검 결과 요약

- 외관조사 결과, 사면 일부 식생공이 시공되어 있으며, 노출암에서 확인할 수 있는 암반의 풍화등급은 신선함(Fresh)~약한풍화(SW) 정도이다. 사면 중·상단에 관목류가 일부 서식하고 있는 상태이다. 사면 전반적으로 식생상태가 양호하나, 일부 국부적으로 식생이 불량한 것으로 조사되었고, 16.745k 4단 사면에 발생한 낙석방지망내 뜬돌 적치는 완만한 사면경사로 인해 전회와 비교시 손상의 증가는 없는 상태이므로, 주의관찰을 실시하는 유지관리가 효과적이다. 배수시설 및 보호/보강시설은 전반적으로 양호한 상태이다.
- 암반용 슈미트해머에 의한 강도 측정결과, 반발경도는 53.1~57.5 으로서 추정강도 107.1~129.9MPa로 경암으로 판정되어 암반의 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 대상 사면은 1, 2구간은 파쇄암반사면으로 판정되었으며, 평가기준에 따른 결함지수는 0.18로서 평가결과는 “B” 로 산정되었다. 평가결과에 가장 주된 인자는 절리간격이 불리한 점 등으로 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.

4.7.2 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 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

4.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 낙석방지망내 뜬돌 적치 구간은 추가 발생에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시하는 유지관리가 필요하다.

4.7.4 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.