

7. 가곡터널

가곡터널 현황표

작성일 : 2013년 11월 19일

터널명	가곡터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000207 하행선 : TU2006-0000208	관리번호	dbw T.8
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상남도 밀양시 용평동-가곡동 [부산기점 42.50km]	종점	경상남도 밀양시 용평동-가곡동 [부산기점 42.89km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 376m 하행선 : 396m	설계사	선진엔지니어링(주)
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.6m	시공사	현대산업개발(주)
배수형식	THP관 Ø400, 유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : -1.7301% 하행선 : +1.7166%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	곡선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	샷크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting
기타	■ 차기 점검시 중점 점검사항 - 천정부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 조인트부 콘크리트들뜸, 시·중점측 사면 손상부 결함 발생 및 진진 여부 주의관찰 [위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태등] ■ 관련도면 본문참조		

가곡터널 전경사진



[시점측 전경]



[종점측 전경]



[상행선 내부전경]



[하행선 내부 전경]

목 차

서 두

제1장 서론

1.1 시설물 개요	375
1.2 자료수집 및 분석	385

제2장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과	389
2.2 내구성조사 결과	403

제3장 상태평가 및 안전등급산정

3.1 상태평가	404
3.2 안전등급산정	406

제4장 종합결론

4.1 점검결과 요약	407
4.2 결 언	408

제5장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안	409
5.2 유지관리방안	413

제 1 장 서 론

1.1 시설물 개요

가곡터널은 경상남도 밀양시 용평동에 위치한 곡선형터널로, 터널의 연장은 상행선 376m, 하행선 396m로 2종 시설물에 해당된다. 터널의 본선은 NATM 공법으로 시공되었으며, 시·종점부 갱문은 면벽식으로 시공되었다. 양측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이고 환기방식은 자연환기방식이 적용되었다.

1.1.1 일반사항

<그림 1.1.1> 가곡터널 전경



[시점측 전경]



[종점측 전경]

[표 1.1.1] 가곡터널 기본현황

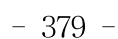
터널명	가곡터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000207 하행선 : TU2006-0000208	관리번호	dbw T.8
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상남도 밀양시 용평동-가곡동 [부산기점 42.50km]	종점	경상남도 밀양시 용평동-가곡동 [부산기점 42.89km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 376m 하행선 : 396m	설계사	선진엔지니어링(주)
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.6m	시공사	현대산업개발(주)
배수형식	THP관 Ø400, 유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : -1.7301% 하행선 : +1.7166%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	곡선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	숏크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting

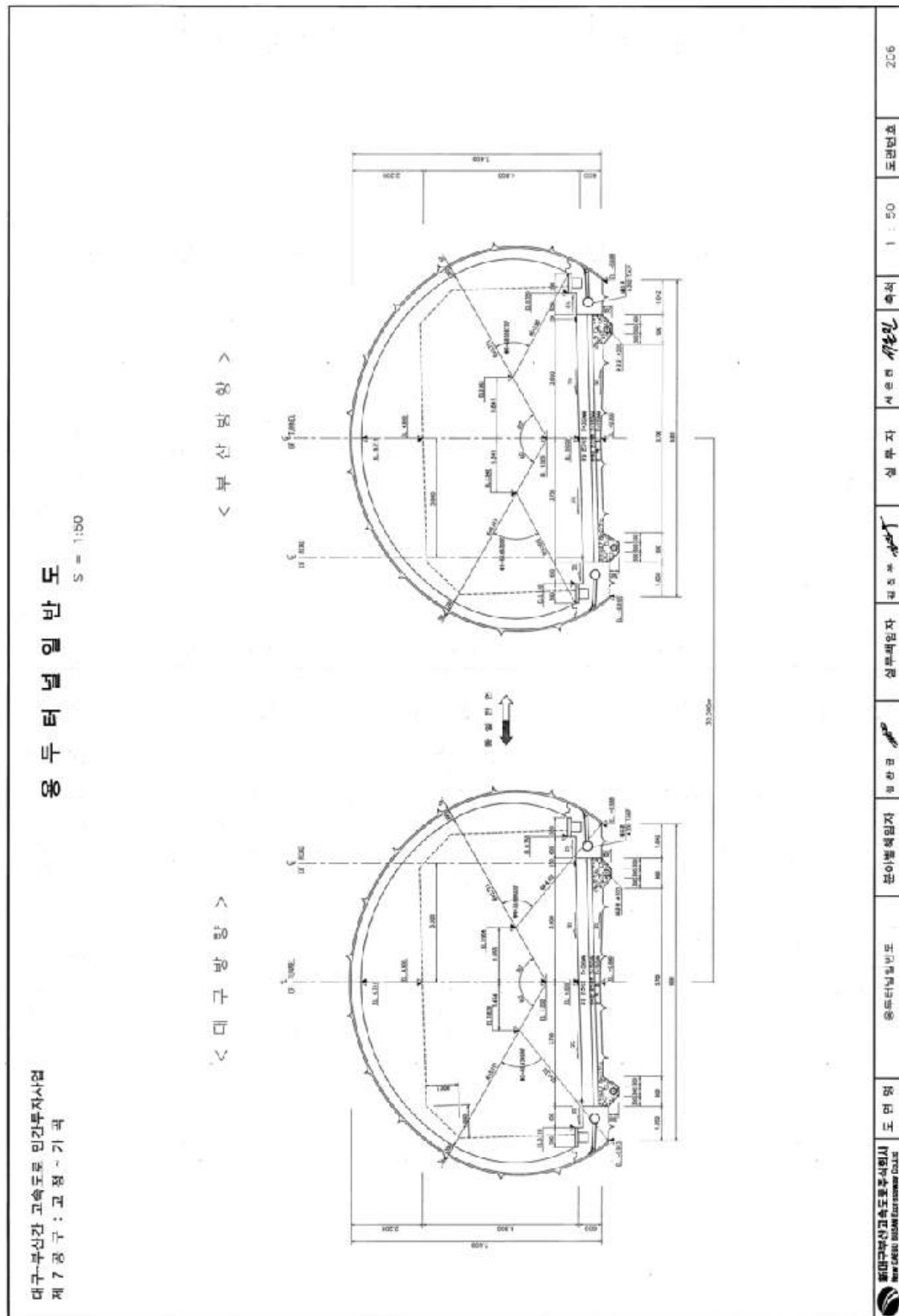
- 점검 이력

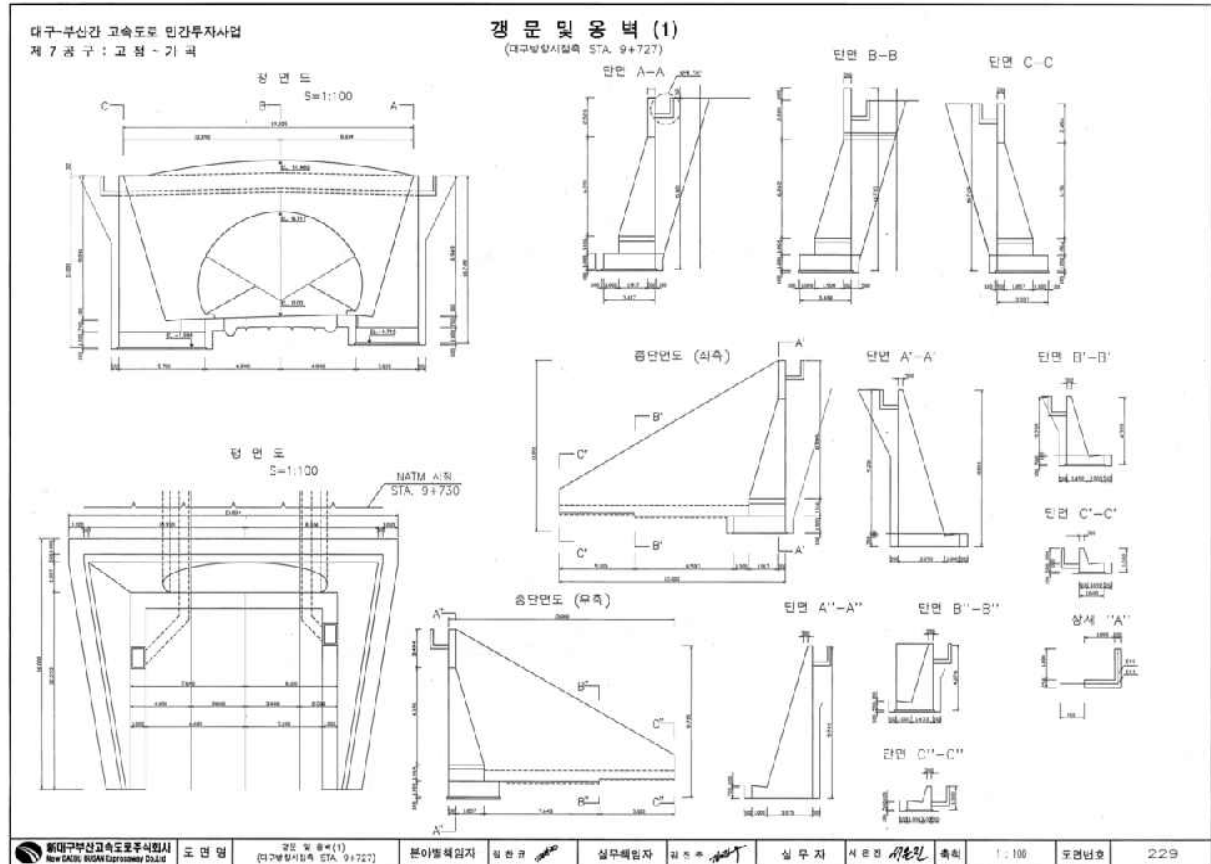
번호	기간	구 분	비고
1	2005.10.28 ~ 2006.04.25	초기점검	A등급
2	2006.09.19 ~ 2006.12.31	정기점검	
3	2007.05.10 ~ 2007.06.30	정기점검	
4	2007.08.22 ~ 2007.12.20	정밀점검	B등급
5	2008.03.10 ~ 2008.06.30	정기점검	
6	2008.09.30 ~ 2008.12.31	정기점검	
7	2009.03.10 ~ 2009.06.30	정기점검	
8	2009.10.01 ~ 2009.12.31	정밀점검	B등급
9	2010.03.08 ~ 2010.06.30	정기점검	
10	2010.09.06 ~ 2010.12.31	정기점검	
11	2011.02.10 ~ 2011.06.30	정기점검	
12	2011.07.29 ~ 2011.12.31	정밀점검	A등급
13	2012.02.20 ~ 2012.06.30	정기점검	
14	2012.08.20 ~ 2012.12.31	정기점검	
15	2013.02.25 ~ 2013.06.30	정기점검	

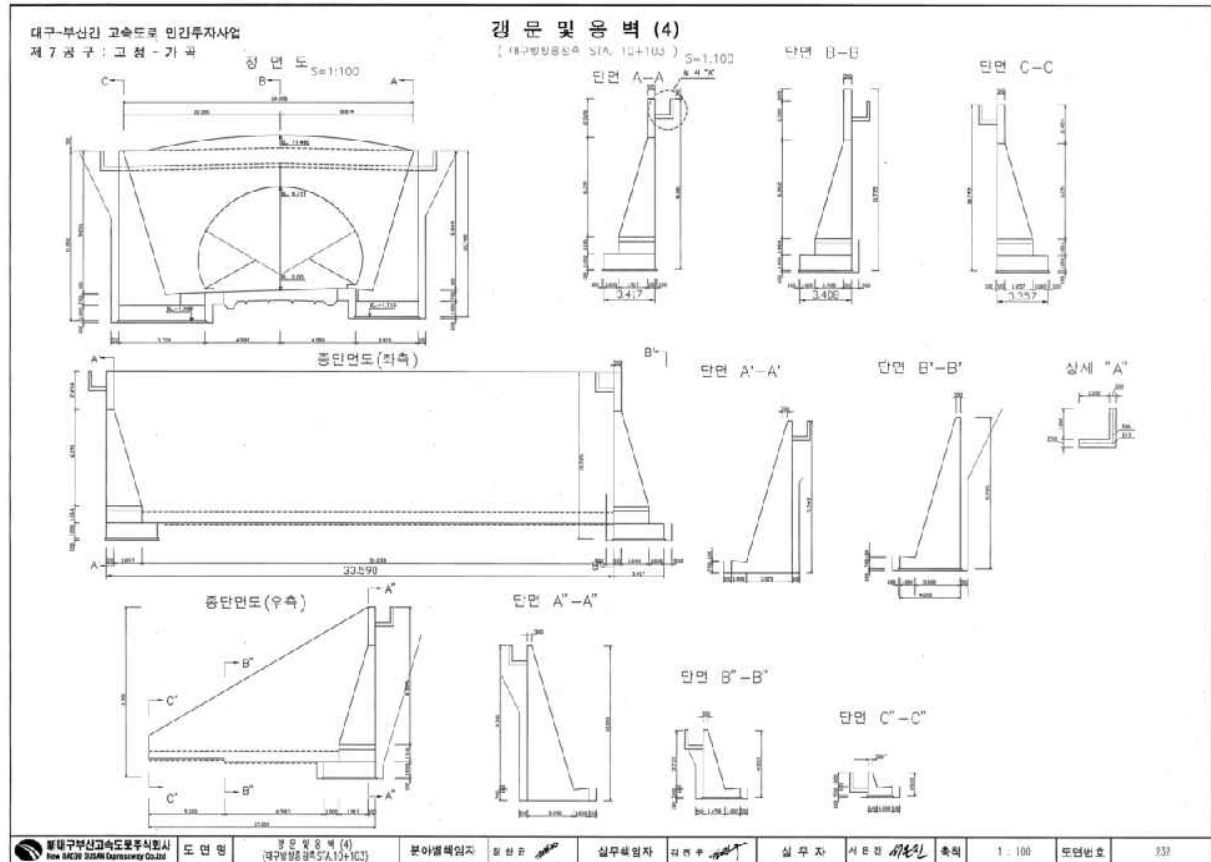
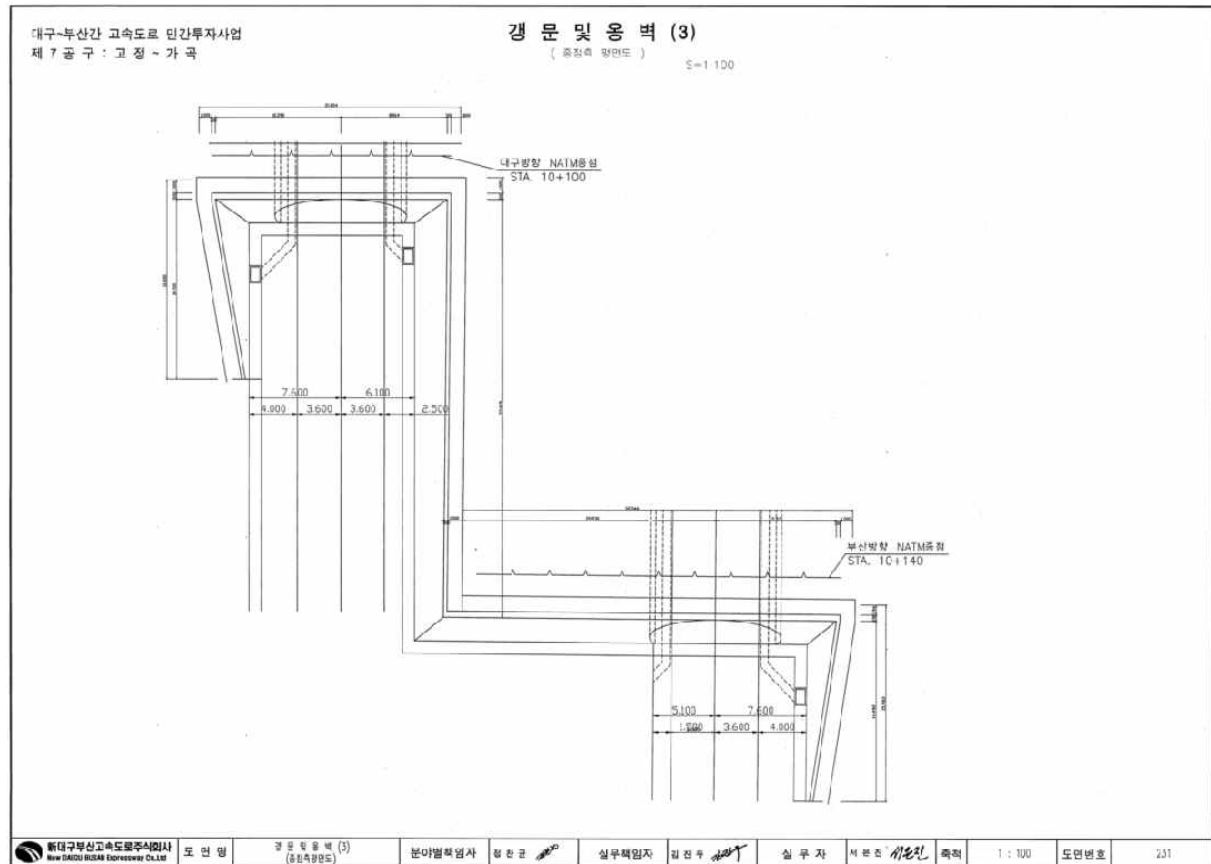
번호	공사 기간	부 위	공사내역	비고
1	2010년 6월	천정부	균열보수(수지주입) 표면처리	
2	2012년 6월	천정부 공동구	균열보수 덮개보수	
3	2013년 6월	갯문	실란트 보수	

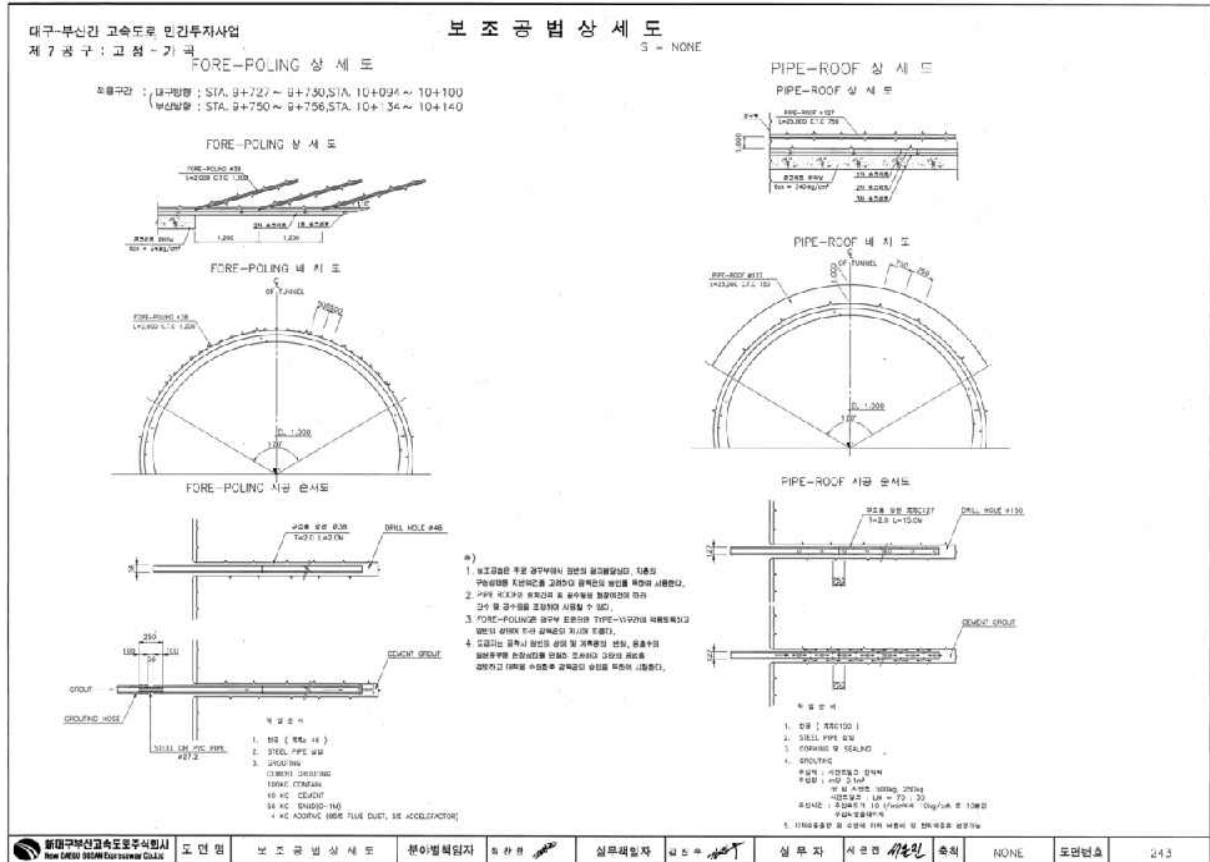
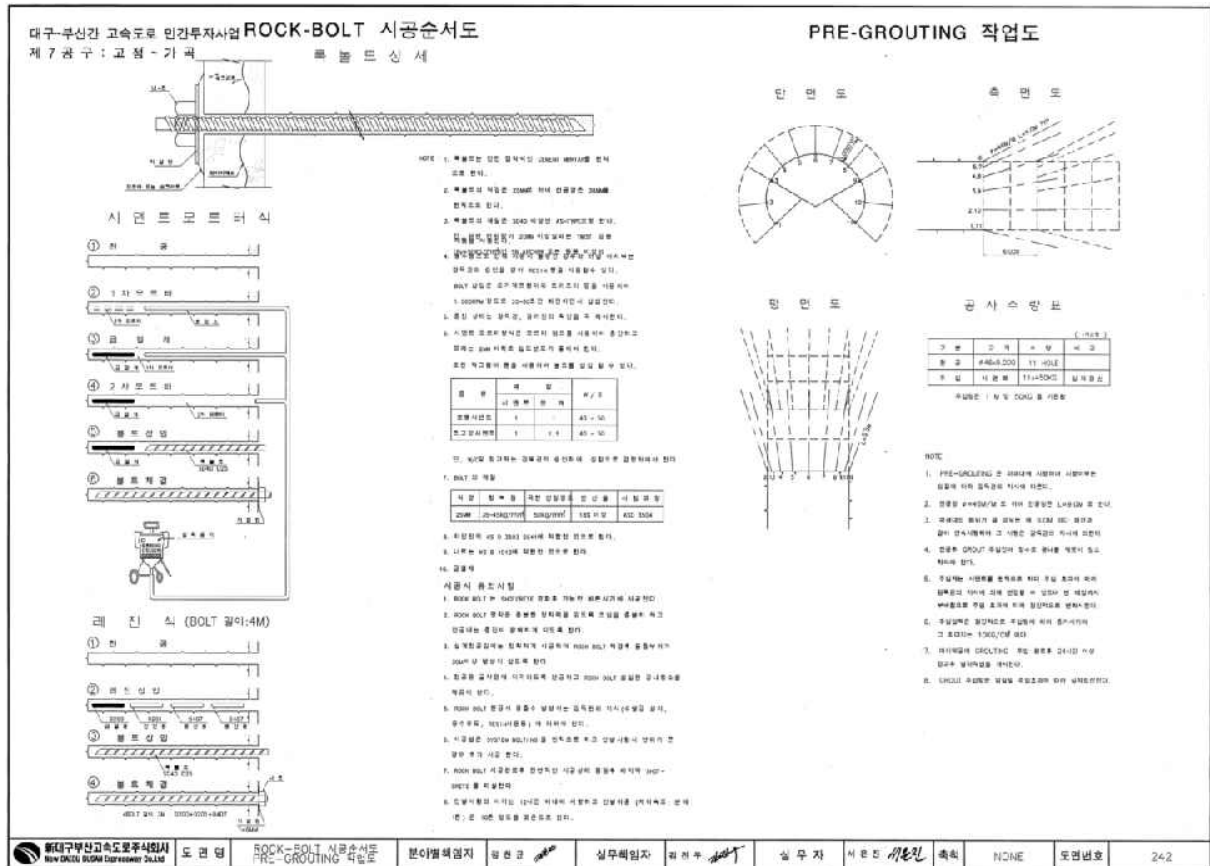
[illegible]











1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 지형 및 지질[터널해석보고서 참조]

본 지역의 지질은 중생대 백악기의 화산활동으로 인하여 형성된 안산암류 및 이를 후기에 관입한 화강암류가 기반암을 이루고 있다. 안산암류는 주로 안산암 및 안산암질 응회암으로 구성되어 있으며, 경상계 유천층군으로 고정3터널 북측에 위치한 유호리 일대를 중심으로 광범위하게 발달하고 있다. 안산암은 백악기 퇴적암류를 관입하거나 분출하여 관계가 복잡하고 화산암 복합체를 형성하고 있으며 치밀하고 견고한 상태이나 일부분 출상에서는 응회암질로 변질하면서 상대적으로 다소 약한 상태를 보이고 있다. 또한, 후기에 관입한 화강암과의 교대작용에 의하여 변질된 부분은 풍화 침식에 의하여 비교적 평탄한 지형을 이루고 있다. 안산암을 관입하는 화강암은 본 지역에서는 고정3, 고정2, 고정1 터널의 기반암을 형성하고 있으며 주로 화강암으로 구성되어 상대적으로 풍화에 강하여 비교적 고지를 점하고 있다. 따라서 본 지역에서의 구조대는 소규모의 단층으로 판단되며 또한, 화강암과의 접촉부로 사료된다.

본 지역의 지층은 상부로부터 표토층, 퇴적층, 풍화암층, 연암층 그리고 경암층으로 구성되어 있다.

표토층은 지표면하 0.3-0.5m 까지 분포하고 있으며 점토섞인 모래로 구성되어 있다. 퇴적층은 실트 섞인 자갈로 구성되어 있으며, 0.5-2.2m 정도의 두께로 분포하고 있다. 풍화암은 지표면하 0.5m 지점에 2.5m 정도의 두께로 분포하고 타격에 의해 실트질 모래로 분해된다. 연암층은 2.7-3.0m 깊이에 분포하고 있으며 층의 두께는 0.5-1.3m 이며 보통의 풍화 상태이다. 경암층은 기반암층으로 지표면하 2.2-4.0m에 분포하고 있으며, 신선한 상태로 T.C.R은 85-100%이고, R.Q.D는 30-100%로 매우 양호한 상태이다. 본 구간의 지질은 안산암이 기반암을 이루고 있으며 탄성과 속도분포에 의한 제1층의 속도는 650-1,330m/sec로 이는 표토에 해당하는 것으로 판단되며 이층의 두께는 7.5-15m로 전구간에 걸쳐서 나타난다. 제2층의 속도는 3,130-4,160m/sec로 경암에 해당하는 것으로 판단되며 차별풍화에 의하여 그 출현심도가 지역에 따라 상이하게 나타난다.

1.2.2 기존 점검결과의 검토

번호	점검·진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자		
1	2006.4(상반기) 초기점검	(주)아워브레인 유 근 무	A	천단부에 기 발생된 균열부에 보수가 실시된 상태이며, 추후 지속적인 유지관리를 실시하여 구조물의 안전성 및 사용성을 확보하여야 함.
2	2006.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	공용년수 증가로 천단 및 측벽부에 손상 현황이 추가 발생되거나 보수부 재균열이 일부 조사되었으나 터널전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사됨. 향후 지속적인 점검을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
3	2007.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	공용년수 증가로 천단 및 측벽부에 손상 현황이 추가 발생되거나 보수부 재균열이 일부 조사되었으나 터널 전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사됨. 향후 지속적인 점검을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
4	2007.12(하반기) 정밀점검	(주)아워브레인 유 근 무	B	공용년수 증가로 천단 및 측벽부에 손상 현황이 추가 발생되거나 보수부 재균열이 일부 조사되었으나 터널 전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사됨. 향후 지속적인 점검을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
5	2008.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	라이닝 및 포장면에 균열, 파손, 스폴링 및 스퀘어링 등이 다수 발생된 상태이나, 안전성을 저해할 만한 수준은 아닌 것으로 판단됨. 다만, 시점부 갱문도수호가 갱문과 이격된 상태로서 원활한 배수에 지장이 우려되므로 적절한 조치가 요구됨. 기 발생된 손상에 대해 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수를 실시하고, 보수가 실시된 이후에도 재발생 및 진전 여부에 대한 주기적으로 점검이 필요함.
6	2008.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	터널전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사됨. 기 발생된 손상현황은 현재 구조적으로 큰 문제가 없는 것으로 사료되나, 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상부에 대한 보수를 실시하며, 향후 균열 진행 여부를 주기적으로 점검하는 등의 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
7	2009.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	터널의 안전성에 저해되는 큰 문제는 발생하지 않은 상태이나, 기 발생된 손상에 대한 내구성 및 사용성 확보를 위하여 보수를 실시하며, 향후 균열 진행 여부를 주기적으로 점검하는 등의 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.

번호	점검 · 진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검 · 진단내용
	점검 · 진단구분	점검 · 진단 책임기술자		
8	2009.12(하반기) 정밀점검	(주)아워브레인 유 근 무	B	주요현황으로는 갱문 배수로 균열 및 파손, 천정부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 표면망상균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(스케링, 스폴링), 사면부 녹생토 유실, 슛크리트 박리, 배수로 균열, 이격 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다.
9	2010.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 갱문 배수로 균열 및 파손, 천단부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 표면망상균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(스케링, 스폴링), 사면부 녹생토 유실, 슛크리트 박리, 배수로 균열, 이격 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다.
10	2010.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 갱문 배수로 균열 및 파손, 천단부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 표면망상균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(스케링, 스폴링), 사면부 녹생토 유실, 슛크리트 박리, 배수로 균열, 이격 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상은 일부 진전이 발생한 것으로 조사되나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다.
11	2011.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 갱문 배수로 균열 및 파손, 천단부는 중·횡방향 균열 및 재균열, 측벽부는 타일 파손 및 라이닝부 수직수평균열, 표면망상균열, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개파손, 배수구 이물질퇴적, 포장부 손상(스케링, 스폴링, 표면박리), 사면부는 녹생토 유실, 지하수유출, 배수로 균열, 이격 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 및 주행차량의 안전성을 위한 보수가 필요하며, 사면부는 갱문 배면배수로의 파손 및 이격에 대한 보수 및 주의관찰이 필요하다.

번호	점검·진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자		
12	2011.12(하반기) 정밀점검	(주)아워브레인 유 근 무	A	정밀점검 결과, 주요현황으로는 갭문 배수로 균열 및 파손, 천정부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 타일 균열, 파손, 백태 및 라이닝부 균열, 표면망상균열, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개 파손, 포장부 스के링 및 스펀링, 사면부 녹생토 유실, 식생불량, 배수로 균열, 이격 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다.
13	2012.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	가곡터널의 주요현황으로는 갭문 배수로 균열, 파손, 이격 및 단차, 라이닝부 균열, 망상균열 및 보수부 재균열, 측벽부 타일균열, 파손 및 누수 흔적, 조인트부 콘크리트 들뜸, 포장면 스के링 및 스펀링, 공동구 덮개 파손, 시·종점부 사면의 녹생토 유실, 절리부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진 및 통행 차량의 안전성 확보를 위한 보수 및 주의관찰이 필요하며, 종점부 사면의 상부는 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험성이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.
14	2012.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	가곡터널의 주요손상 현황으로는 천정부 라이닝 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 타일균열, 파손 및 누수 흔적, 조인트부 콘크리트 들뜸, 포장면 스के링 및 스펀링, 공동구 덮개 파손, 갭문배면 배수로 균열, 파손, 이격 및 단차, 시·종점부 사면의 녹생토 유실, 절리부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진 및 통행 차량의 안전성 확보를 위한 보수 및 주의관찰이 필요하며, 종점부 사면의 상부는 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험성이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.
15	2013.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	가곡터널의 주요손상 현황으로는 천정부 라이닝 균열 및 보수부 재균열, 피복부족, 측벽부 타일 균열, 파손, 백태 및 누수 흔적, 조인트부 콘크리트 들뜸, 포장면 스케링 및 스펀링, 공동구 덮개 파손, 갭문배면 배수로 균열, 파손, 이격 및 단차, 시·종점부 사면의 녹생토 유실, 절리부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진 및 통행 차량의 안전성 확보를 위한 보수 및 주의관찰이 필요하며, 종점부 사면의 상부는 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험성이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과

가곡터널은 경상남도 밀양시 용두동에 위치한 곡선형터널로, 터널의 연장은 상행선 376m, 하행선 396m로 2종 시설물에 해당된다. 터널의 본선은 NATM 공법으로 시공되었으며, 시·종점부 갱문은 면벽식으로 시공되었다. 양측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이고 환기방식은 자연환기방식이 적용되었다. 터널의 시·종점부 방향은 부산방향을 터널시점, 대구방향을 터널종점으로 하여 외관조사를 수행하였다.

대상시설물은 상/하행선 45/46개의 Segment로 구성되어 터널 및 부대시설을 각 스펙별로 구분하여 외관망도를 작성하였으며, 비파괴 측정자료 등과 함께 터널의 상태평가 및 유지관리 자료로 활용하였다. 본 현장에서는 고소점검차등의 접근장비를 이용하여 최대한 근접한 후 육안조사를 실시하였으며, 조사결과는 단면형상, 주변시설물의 상태, 지반상태등을 고려하여 분석하였다. 또한, 현장조사시 체계적인 조사 및 분석을 위하여 조사요령, 양식 및 평가기준을 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(터널편), 국토해양부, 한국시설안전공단, 2010. 12』에서 제시하는 지침을 적용하여 객관성을 확보하고자 하였다.



2.1.1 갯문 및 접속옹벽

갯문 형식은 시·중점부가 면벽식이며 갯문의 마감은 대리석으로 시공되었다. 금회 조사시, 갯문 배수로 이격부를 실란트 보수를 실시하였고, 양호한 상태이다. 손상으로는 국부적인 갯문 배수로 균열, 이격, 파손이 일부 조사되었다. 기 발생된 현황은 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 단면보수, 실란트 보수 등의 조치가 필요하다.

			
위 치	시점측 하행선	위 치	시점측 하행선
현 황	갯문 배수로 파손	현 황	갯문 배면 균열
			
위 치	중점측 상행선	위 치	중점측 상행선
현 황	갯문 배수로 파손	현 황	갯문 배수로 이격 보수

2.1.2 콘크리트 라이닝

1) 천정부

천정부에 폭 0.2~1.0mm 정도의 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열이 조사되었으나, 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이다. 기 발생된 손상 중 0.3mm 이상의 균열은 터널의 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 16		
현 황	보수부 재균열 (폭 0.5mm)		
			
위 치	상행선 SPAN 32	위 치	상행선 SPAN 38
현 황	반원형 균열 (폭 0.3mm)	현 황	반원형 재균열 (폭 0.5mm)

			
위 치	하행선 SPAN 15		
현 황	보수부 재균열 (폭 0.5mm)		
			
위 치	하행선 SPAN 39		
현 황	보수부 재균열 (폭 0.2mm)		
			
위 치	하행선 SPAN 46	위 치	하행선 SPAN 3
현 황	균열 및 누수흔적 (폭 0.5mm)	현 황	피복부족

2) 측벽부

타일 마감 처리된 측벽은 일부구간 타일보수를 실시하였고, 양호한 상태이다. 손상으로는 국부적인 타일 균열 및 파손, 누수흔적, 백태 등의 손상이 조사되었으며, 타일 상부 라이닝에 폭 0.2~0.8mm 정도의 균열 및 표면균열이 일부 확인되었다 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수 및 진전 유무에 대한 주의관찰이 필요하다.

			
위 치	하행선 SPAN 37	위 치	하행선 SPAN 2
현 황	타일 파손	현 황	균열 (폭 0.3mm)
			
위 치	상행선 SPAN 44	위 치	상행선 SPAN 14~15
현 황	백태	현 황	타일 파손 보수

3) 조인트부

조인트부 일부에서 콘크리트 들뜸 및 박락이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 손상부는 통행차량의 안전성과 터널의 내구성 확보를 위한 보수 및 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.

			
위 치	상행선 JOINT 8	위 치	상행선 JOINT 33
현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.3)	현 황	콘크리트 들뜸(A=0.2*0.6)
			
위 치	하행선 JOINT 39	위 치	하행선 JOINT 43
현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.1)	현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.5)

3) 공동구

공동구 내부는 침수 및 이물질 퇴적 등의 손상이 없는 상태이며, 국부적인 공동구 덮개 파손이 일부 조사되었다.

			
위 치	상행선 SPAN 7	위 치	상행선 SPAN 14
현 황	덮개 파손	현 황	덮개 파손
			
위 치	상행선 SPAN 30	위 치	하행선 SPAN 2
현 황	본체 및 덮개 파손	현 황	덮개 파손

2.1.3 바닥부

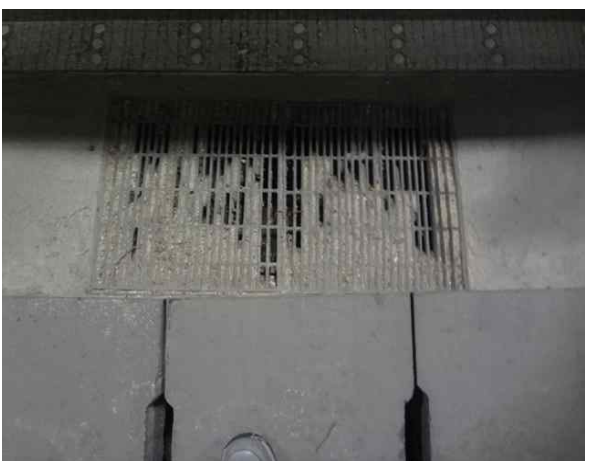
1) 포장부

콘크리트로 시공된 포장면은 국부적인 스폐링 및 스켈링, 표면마모가 일부 발생한 것으로 조사되었다. 일부 손상은 주행차량의 안전성을 위하여 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 31	위 치	하행선 SPAN 27
현 황	스폴링	현 황	스켈링

2) 배수시설

배수구는 좌·우측 바닥에 위치하고 있으며, 일부 배수구는 오염 및 이물질 퇴적으로 인한 배구수 막힘이 조사되었다.

			
위 치	상행선	위 치	하행선
현 황	노면 배수 전경	현 황	배수구 전경

2.1.4 기타 시설물(조명, 표지판, 소화전등)

- 조명은 상부 천단부 양측으로 2열 설치되어 있고, 고정앵커부의 상태 및 작동상태 등 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.
- 차량의 주행안전성 및 시인성 향상을 위한 안전 표지판 및 반사판, 교통신호시설 등의 설치는 양호한 상태임



위 치	상행선	위 치	하행선
현 황	조명시설 전경	현 황	조명시설 전경



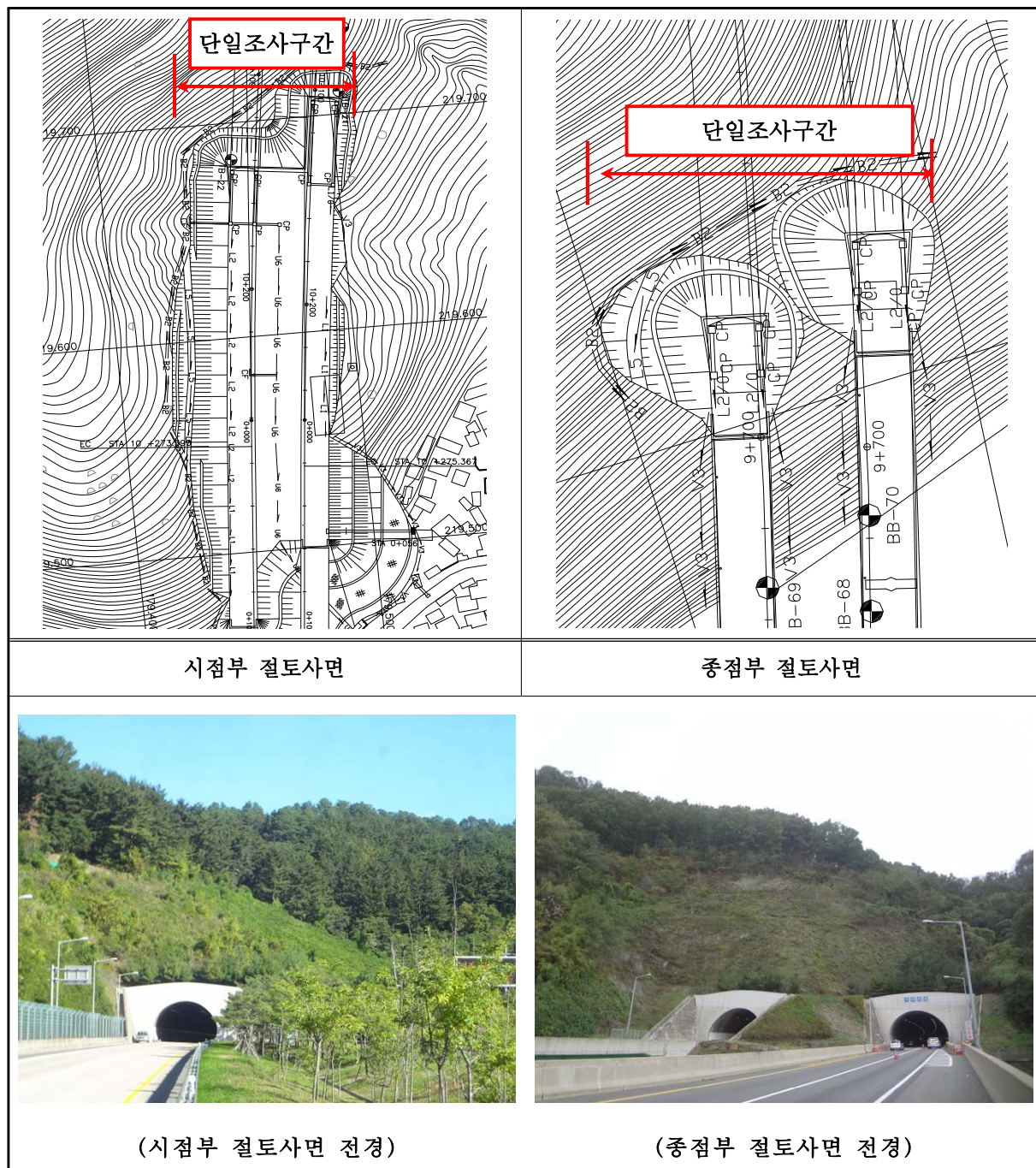
위 치	상행선	위 치	상행선
현 황	소화기함 전경	현 황	소화기함 내부 전경

2.1.5 터널부 절토사면

조사대상 절토사면은 연장 330m, 최대높이 40m인 시점부(부산측) 절토사면과 연장 80m, 최대높이 30m인 종점부(대구측) 절토사면으로 일반현황은 <표 2.1.1>와 같으며, 조사영역은 다음 <그림 2.1.1>와 같이 제1구간 시점부 갱문배후사면, 제2구간 종점부 갱문배후사면 등 2개구간으로 구분하여 외관조사를 실시하였다.

<표 2.1.1> 가곡터널 시·종점부 절토사면 현황

시 점 부 절 토 사 면	시설물명		가곡터널 시점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상남도 밀양시 용평동~가곡동		
	제 원	연 장	330m	높 이	40m
		경사/방향	60/187	위 치	STA. 32+100~32+404
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주변 환경	인공구조물			
		주변지형	능선부	상부사면경사	
	시공 현황	준공년도	2006.2	시 공 자	현대산업개발(주), 두산중공업(주)
		부대시설	산마루 측구, 면벽식 갱문, 점검계단		
	비 고		녹생토, 거적덮기, 낙석방지망, 수목식재		
종 점 부 절 토 사 면	시설물명		가곡터널 종점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상남도 밀양시 용평동~가곡동		
	제 원	연 장	80m	높 이	30m
		경사/방향	60/15	위 치	STA. 32+712~32+758
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주변 환경	인공구조물			
		주변지형	능선부	상부사면경사	
	시공 현황	준공년도	2006.2	시 공 자	현대산업개발(주), 두산중공업(주)
		부대시설	산마루 측구, 면벽식 갱문, 점검계단		
	비 고		녹생토, 거적덮기, Shotcrete, 수목식재		



<그림 2.1.1> 조사구간 전경

1) 가곡터널 시점부 절토사면

- 갯문 상부의 전반적으로 녹생토가 시공됨.
- 상부 자연사면 절취구간에 풍화토가 노출되어 산마루 측구로 토사 및 전석의 유입되므로 주기적인 점검 및 관리가 필요함.
- 1~2단 사면에 절리부 누수 및 녹생토 유실이 발생됨.
- 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰 및 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 주의관찰 및 보수 등의 조치가 필요함.

			
위 치	시점부 STA.0-20	위 치	시점부 STA.0-30
현 황	배수로 파손	현 황	1단 절리부 누수 및 공동
			
위 치	시점부 STA.0-30		
현 황	1단 녹생토유실		

2) 가곡터널 종점부 절토사면

- 사면은 전반적으로 녹생토가 시공된 상태임.
- 하행선 우측 1단 사면의 표층유실은 편책보수가 실시된 상태임.
- 갯문 배후부 급한 경사에 의한 녹생토 유실 및 식생불량 일부 조사됨.
- 배수시설은 균열, 파손 및 이격이 일부 조사되었다. 기 발생한 손상은 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 단면보수 등의 조치가 필요함.

			
위 치	종점부 STA.0+10	위 치	종점부 STA.0+0
현 황	2단 녹생토유실	현 황	배수로 토사퇴적
			
위 치	시점부 STA.0+25	위 치	시점부 STA.0-20
현 황	배수로 배면 토사유실	현 황	배수로 이격

2.1.6 이전 상태와 현 상태 비교

본 터널은 2013년 상반기에 정기점검을 기 시행한 바 있으며, 당시 점검결과와 현 상태를 비교하면 다음과 같다.

이전 상태(2013년 상반기)	현 상태(2013년 하반기)
■ 갹문 배수로 균열, 이격, 단차 및 파손 ■ 천정부 균열 및 재균열, 피복부족 ■ 측벽부 타일파손, 라이닝부 균열 및 표면균열, 백태 ■ 조인트부 콘크리트 들뜸 ■ 공동구 덮개 및 벽체 파손 ■ 포장부 스펠링 및 스켈링, 표면박리 ■ 배수시설에 이물질퇴적 ■ 시·중점측 사면 녹생토 유실, 누수, 점검계단 설치요망	■ 갹문 배수로 균열, 이격 및 파손 ■ <u>갹문 배수로 이격 및 파손 실란트 보수</u> ■ 천정부 균열 및 재균열, 피복부족 ■ 측벽부 타일파손, 라이닝부 균열 및 표면균열, 백태 ■ 조인트부 콘크리트 들뜸 ■ 공동구 덮개, 본체 파손 ■ 포장부 스펠링 및 스켈링, 표면박리 ■ 배수시설에 이물질퇴적 ■ 시·중점측 사면 녹생토 유실, 누수, 점검계단 설치요망
기 시행된 점검이후 손상의 진전은 미미하나, 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 저하 방지를 위한 보수가 필요함.	

2.2 내구성조사 결과

2.2.1 강도 측정

대상 구조물에 대한 콘크리트 비파괴 강도 조사 결과는 다음 <표 2.2.1>에 정리하였다.

▶ 설계기준강도 : 라이닝 콘크리트 → 24 Mpa

<표 2.2.1> 콘크리트 강도 측정 결과

구분	측정 NO.	구조 요소	측정 위치	Raver	추정압축강도(Mpa)			비고
					동 경 도 검사소식	일본재료 학 회 식	평 균	
상 행 선	1	라이닝	S2 천정부	57.60	27.7	33.4	30.5	
	2	라이닝	S43 천정부	58.10	28.0	33.8	30.9	
하 행 선	3	라이닝	S2 천정부	57.90	27.9	33.6	30.8	
	4	라이닝	S45 천정부	54.95	26.0	31.1	28.6	

콘크리트 강도 측정 결과, 라이닝은 약 28.6~30.9Mpa(평균 30.2Mpa, 119%~128%) 분포로서 각 부재별 설계기준강도를 모두 상회하고 있는 바, 대상 구조물의 콘크리트 강도는 양호한 수준으로 사료된다.

2.2.2 탄산화 측정

대상 구조물에 대한 탄산화 측정 결과는 다음 <표 2.2.2>에 정리하였다.

<표 2.2.2> 탄산화 심도 조사 결과

구분	측정 NO.	구조 요소	측정위치	공용 년수	탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	손상 등급
상 행 선	1	라이닝	S2 천정부	8	1	50	49	a
	2	라이닝	S43 천정부	8	1	50	49	a
하 행 선	3	라이닝	S2 천정부	8	2	50	48	a
	4	라이닝	S45 천정부	8	3	50	47	a

라이닝 요소에서 측정된 콘크리트 탄산화 심도는 약 1mm~3mm(평균 1.8mm) 깊이까지 진행된 상태로서 잔여깊이가 30mm이상 이므로, 현재의 탄산화 정도가 구조물의 내구성에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 사료된다.

제 3 장 상태평가 및 안전등급 산정

3.1 상태평가

본 터널은 상행선 376m, 하행선 396m의 철근 및 무근콘크리트 라이닝으로 시공된 NATM 터널로서 상태평가지 SPAN 연장은 손상의 발생 형태 및 빈도를 고려하여 5~10m 정도로 분할하였다. 터널의 상태평가는 터널 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단 2010.12)을 활용하였으며, 현장조사 결과 확인된 라이닝결함, 터널 주변 및 탄산화에 대한 상태평가를 실시하여 터널결함지수를 산정하였으며, 라이닝 결함지수 및 상태평가등급에 대한 자세한 내용은 부록에 수록하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

3.1.1 라이닝 상태평가 결과

1) 상행선 콘크리트 라이닝 결함지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결함 지수	등급
				박리	충분리 및박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S2-43]	3.36	0	0	0.29	0	0	0	0	0	3.64	0.13	a
철근 구간 [S1,44]	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	1.50	0.04	a

2) 하행선 콘크리트 라이닝 결함지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결함 지수	등급
				박리	충분리 및박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S2-45]	2.52	0	0	0.36	0	0	0	0	0	2.89	0.11	a
철근 구간 [S1,46]	4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	4.50	0.13	a

3.1.2 터널 주변상태 결함점수 산정

1) 상행선

항 목	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0	1	0	0.5	0	1.5

2) 하행선

항 목	배수상태	지반상태	갯문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0	1	0	0.5	0	1.5

3.1.3 부대시설 상태평가

1) 상행선

항 목	균열	누수	손상	박리	박락	백태	철근 노출	중성화	합계	결함 지수	등급
결함점수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a

2) 하행선

항 목	균열	누수	손상	박리	박락	백태	철근 노출	중성화	합계	결함 지수	등급
결함점수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a

3.1.4 터널 상태평가 등급 산정

상행선

구분	라 이 닝						터 널 주 변					합계	결함 지수	평균 결함 지수	부대 시설 가중치	환산 결함 지수	등급
	균열	누수	손상	재 질 열 화			배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건						
				박리	박락	백태											
무근	3.36	0	0	0.29	0	0	0	1	0	0.5	0	5.15	0.15	0.147	1.00	0.147	A
철근	1.50	0	0	0	0	0						3.00	0.07				

2) 하행선

구분	라 이 닝						터 널 주 변					합계	결함 지수	평균 결함 지수	부대 시설 가중치	환산 결함 지수	등급
	균열	누수	손상	재 질 열 화			배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건						
				박리	박락	백태											
무근	2.52	0	0	0.36	0	0	0	1	0	0.5	0	4.38	0.13	0.13	1.00	0.13	A
철근	4.50	0	0	0	0	0						6.00	0.14				

3.2 안전등급 지정

가곡터널에 대한 정밀점검결과 안전등급은 “A” 등급의 양호한 상태로 산정되었다.

[시설물의 안전등급 기준]

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

제 4 장 종합결론

4.1 점검결과 요약

구 분			점 검 결 과	
외 관 조 사	갱 문		▪ 시·중점측 갱구형식은 면벽식으로, 금회 갱문배수로 이격 보수 ▪ 손상으로 갱문 배수로 균열, 이격 및 파손 발생	
	콘크리트 라이닝	천 정 부	▪ 천정부에 폭 0.2~1.0mm 정도의 균열 및 균열보수부 재균열이 발생	
		측 벽 부	▪ 타일 마감 처리된 측벽은 일부 타일 보수 실시 ▪ 타일 균열, 파손, 백태 및 라이닝에 폭 0.2~0.8mm 정도의 균열, 표면 균열 발생	
		조인트부	▪ 조인트부 일부에서 들뜸 및 박락 등이 국부적으로 발생	
		공 동 구	▪ 공동구 내부는 침수 및 이물질퇴적 등의 손상이 없는 양호한 상태임 ▪ 공동구 덮개 국부적인 파손 발생	
	바닥부	포 장 부	▪ 콘크리트로 시공된 포장면은 일부에서 스폴링 및 스켈링 발생	
		배수시설	▪ 오염 및 이물질퇴적 등에 의한 일부 배수구 막힘	
	기타 시설물	조명시설 표지판 소화전등	▪ 터널내 조명시설, 소화전, 각종표지판 등은 전반적으로 양호한 상태임	
	터널부 사면	시점측	▪ 녹생토 유실, 배수로 이격, 균열 및 파손, 누수 및 공동 발생	
		중점측	▪ 녹생토 유실, 식생불량, 배수로 균열, 파손 및 이격 발생	
비 파 괴 시 험	콘크리트 강 도		▪ 콘크리트 라이닝 : 28.6~30.9Mpa, (설계강도 24Mpa)	
			평 가	콘크리트 강도는 설계기준강도를 상회하는 양호한 수준임
	콘크리트 탄 산 화		▪ 콘크리트 라이닝 : 1~3mm (피복두께 50mm)	
			평 가	탄산화 정도가 시설물의 내구성에 미치는 영향은 미미한 수준임
상태 평가	환산결함도 점수		▪ 상행선 0.147 ▷ 「A」 등급 · 하행선 0.13 ▷ 「A」 등급	

4.2 결 언

가곡터널에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급의 우수한 상태로 평가되었다. 금회 조사시, 갯문 배수로 이격부 실란트 보수, 측벽 타일파손 보수가 확인 되었고, 양호한 상태이다. 주요현황으로는 갯문 배수로 균열 및 파손, 천정부 종·횡방향 균열 및 재균열, 측벽부 타일 균열, 파손, 백태 및 라이닝부 균열, 표면균열, 조인트부 들뜸 및 박락, 공동구 덮개 파손, 포장부 스케링 및 스폐링, 사면부 녹생토 유실, 식생불량, 배수로 균열, 이격 및 파손, 누수, 공동 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며, 조인트부 들뜸은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다.

제 5 장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안

가곡터널은 2006년 2월에 준공되어 현재 공용중인 터널으로 상행선 376m, 하행선 396m의 NATM 공법으로 시공된 2종 시설물로 상·하행선이 분리되어 있다.

본 과업에서는 외관조사 및 내구성 조사 결과와 이전 점검이력 등을 검토하여 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 활용하여 시설물의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수방안을 제안하고자 한다.

이러한 보수방법의 기본방향은 장기적으로 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며

- 1) 결함 및 손상에 대한 원인에 따른 보수
- 2) 콘크리트 및 철근의 내구성 확보차원의 보수
- 3) 외관상태의 결함에 대한 보수
- 4) 시설물의 유지관리 차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

주요손상 및 결함에 따른 보수방안은 각 요소별로 일람표를 작성 제시하였고 외관조사망도에 각 결함 및 손상을 표기하여 제시하였다.

또한, 시설물에 대한 보수는 손상현황의 영향정도, 시설물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 시설물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 시설물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사 결과와 상태평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

[표 5.1.1] 상행선 손상현황에 대한 보수 일람표

구 분	손 상 현 황		단 위	합 계	보수공법	비 고
천단부	균 열	0.3mm미만	M (개소)	24.8 (8)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	15.0 (6)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm이상	M (개소)	114.0 (16)	수지주입공법	
	콘크리트 들뜸		M ² (개소)	0.56 (15)	단면보수공법	
측벽부	균 열	0.3mm미만	M (개소)	9.0 (5)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	5.0 (3)	수지주입공법	
	표면 균열		M ² (개소)	13.0 (5)	표면처리공법	
	콘크리트 백태		M ² (개소)	0.03 (1)	단면보수공법	
	타 일	균 열	개소	13	교 체	
		파 손	개소	2	교 체	
공동구	덮개 파손		개소	65	교 체	
포장부	스폴링		M ² (개소)	0.04 (3)	단면보수공법	
	스켈링		M ² (개소)	0.02 (1)	단면보수공법	
	표면들뜸(마모)		M ² (개소)	96.0 (2)	단면보수공법	

[표 5.1.2] 하행선 손상현황에 대한 보수 일람표

구 분	손 상 현 황		단 위	합 계	보수공법	비 고
천단부	균 열	0.3mm미만	M (개소)	11.5 (6)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	9.0 (4)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	M (개소)	52.0 (8)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	69.0 (8)	수지주입공법	
	콘크리트 들뜸, 박락		M ² (개소)	0.78 (21)	단면보수공법	
	피복부족		M ² (개소)	4.0 (1)	단면보수공법	
측벽부	균 열	0.3mm미만	M (개소)	6.0 (6)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	13.5 (3)	수지주입공법	
	타 일	균 열	개소	35	교 체	
		파 손	개소	3	교 체	
공동구	덮개 파손		개소	5	교 체	
포장부	스켈링		M ² (개소)	0.05 (5)	단면보수공법	
	표면들뜸(마모)		M ² (개소)	180.0 (4)	단면보수공법	

[표 5.1.3] 시점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	STA.0+0m 2단 녹생토유실 A=10m*2m	주의관찰	
낙석위험			
배수시설	STA.0+10~20m 갯문배수로 파손 A=0.1m*1.5m*8EA	단면보수	
	STA.0+30m 배수로 콘크리트 파손 A=0.2m*0.6m (4EA)	단면보수	
	STA.0+0~-20m 갯문배면 균열 L=3.0m (2EA)	균열보수	
수 목			
기 타	STA.0+30m 점검계단 파손	단면보수	
	STA.0-30m 2단 철리부 누수 및 공동	주의관찰	

[표 5.1.4] 종점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	STA.0-10~-30m 2단 녹생토 유실 A=30m*10m	주의관찰	
	STA.0+10m 2단 녹생토 유실 A=40m*10m	주의관찰	
낙석위험			
배수시설	STA.0-20m 갯문배수로 이격	실란트주입	
	STA.0-20m 1단 갯문배수로 조인트 단차	주의관찰	
	STA.0-15m 1단 갯문배수로 파손 A=0.1m*1.5m*3EA	단면보수	
	STA.0+0m 갯문배수로 토사퇴적 L=5.0m	정비	
	STA.0+20m 갯문배수로 균열 L=2.0m (2EA)	균열보수	
수 목			
기 타			

5.2 유지관리 방안

대상시설물에 대한 정밀점검 결과에 따라 본 절에서는 향후 유지관리시 터널의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여 수행하여야 할 중점 유지관리 항목을 설정하여 제시하였다. 이러한 항목들은 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰함으로 향후 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하고자 하는 중점적인 유지관리 항목을 제시하였다.

[표 5.2.1] 중점 유지관리 항목

구 분	결 함 내 용	유 지 관 리 항 목	비 고
콘크리트 라이닝	◦ 균열 (폭 0.3mm 이상) ◦ 조인트부 손상(들뜸)	· 결함 발생 및 진전 여부 [위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태등]	육안조사
공동구	◦ 공동구 덮개 및 벽체 파손 ◦ 공동구 오염	· 이물질퇴적, 파손 및 균열 진전 여부	육안조사
갱문부	◦ 배수로 균열, 이격 및 파손	· 진전 여부	육안조사
포장부	◦ 스켈링, 스폐링	· 진전 여부	육안조사
사면부	◦ 시·중점측 사면 녹생토유실, 숏크리트 박리, 배수로 이격, 균열 및 파손	· 진전 여부	육안조사