

6. 남천터널

남천터널 현황표

작성일 : 2013년 11월 18일

터널명	남천터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000212 하행선 : TU2006-0000213	관리번호	dbw T.14
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상북도 경산시 남천면 협석리 [부산기점 78.54km]	종점	경상북도 경산시 남천면 신석리 [부산기점 79.39km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 870m 하행선 : 867m	설계사	용마ENG(주)
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.7m	시공사	SK건설(주)
배수형식	유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : +1.9870% 하행선 : -1.9973%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	곡선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식, Bell Mouth
주요공법	샷크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting
기타	■ 차기 점검시 중점 점검사항 - 천정부 균열 및 채균열, 조인트부 콘크리트 들뜸, 시·중점측 노출암반 결함 발생 및 진전 여부 주의관찰 [위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태등] ■ 관련도면 본문참조		

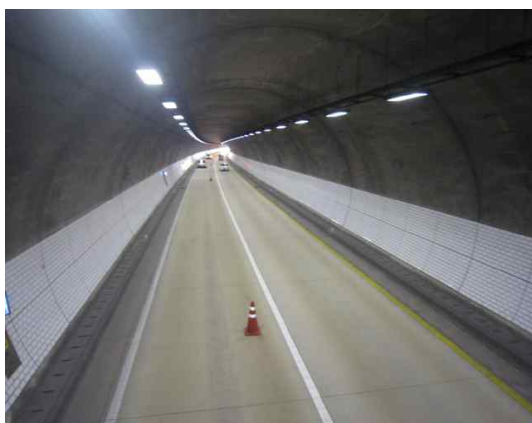
남천터널 전경사진



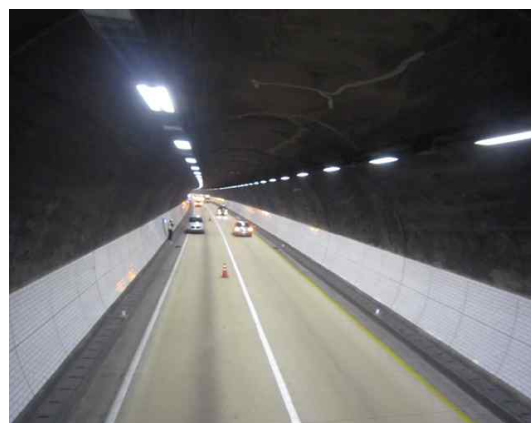
[시점측 전경]



[중점측 전경]



[상행선 내부전경]



[하행선 내부 전경]

목 차

서 두

제1장 서론

1.1 시설물 개요	299
1.2 자료수집 및 분석	309

제2장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과	314
2.2 내구성조사 결과	326

제3장 상태평가 및 안전등급산정

3.1 상태평가	327
3.2 안전등급산정	329

제4장 종합결론

4.1 점검결과 요약	330
4.2 결 언	331

제5장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안	332
5.2 유지관리방안	335

제 1 장 서 론

1.1 시설물 개요

남천터널은 경상북도 경산시 남천면 합석리~신석리에 위치한 곡선형터널로, 터널의 연장은 상행선 870m, 하행선 867m로 2종 시설물에 해당된다. 터널의 본선은 NATM 공법으로 시공되었으며, 시점부 갱문은 면벽식, 종점부 갱문은 Bell Mouth형으로 시공되었다. 양측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이고 환기방식은 자연환기방식이 적용되었다.

1.1.1 일반사항

<그림 1.1.1> 남천터널 전경



[시점측 전경]



[종점측 전경]

[표 1.1.1] 남천터널 기본현황

터널명	남천터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000212 하행선 : TU2006-0000213	관리번호	dbw T.14
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상북도 경산시 남천면 협석리 [부산기점 78.54km]	종점	경상북도 경산시 남천면 신석리 [부산기점 79.39km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 870m 하행선 : 867m	설계사	용마ENG(주)
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.7m	시공사	SK건설(주)
배수형식	유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : +1.9870% 하행선 : -1.9973%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	곡선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식, Bell Mouth
주요공법	숏크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting
비고			

■ 시설물 유지관리 이력사항

- 점검 이력

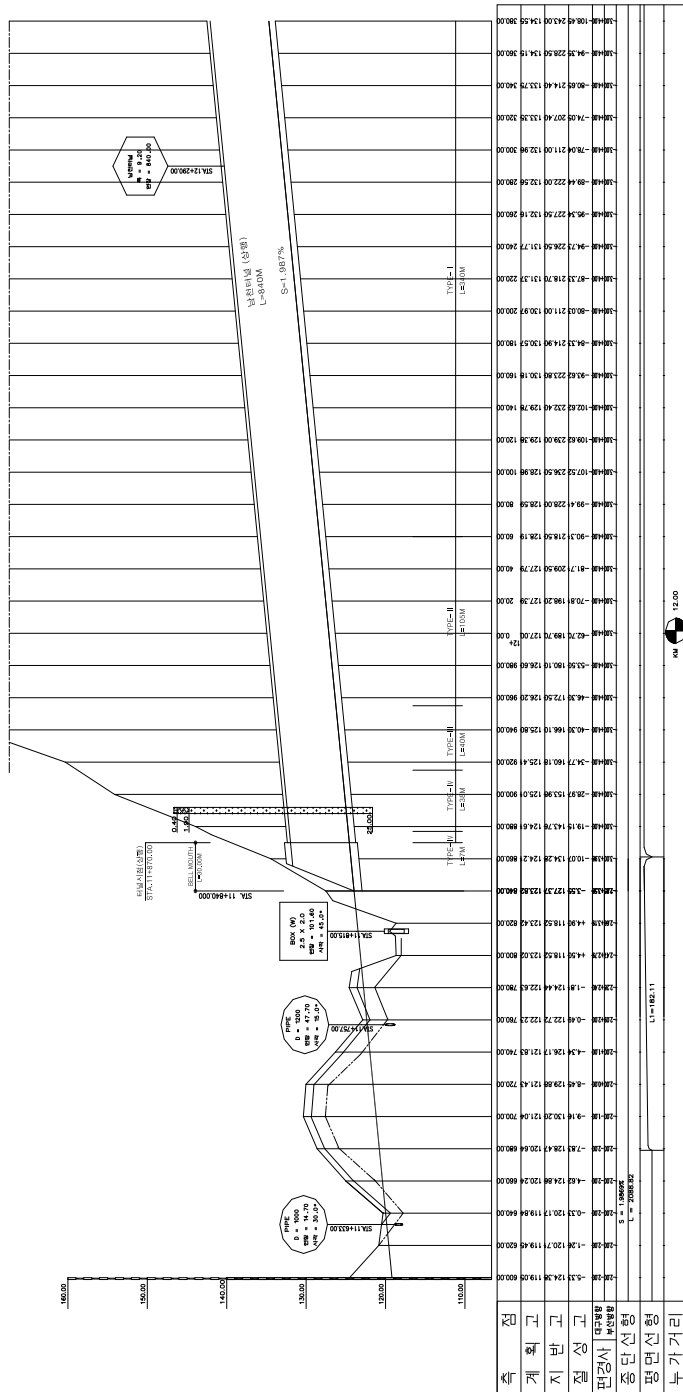
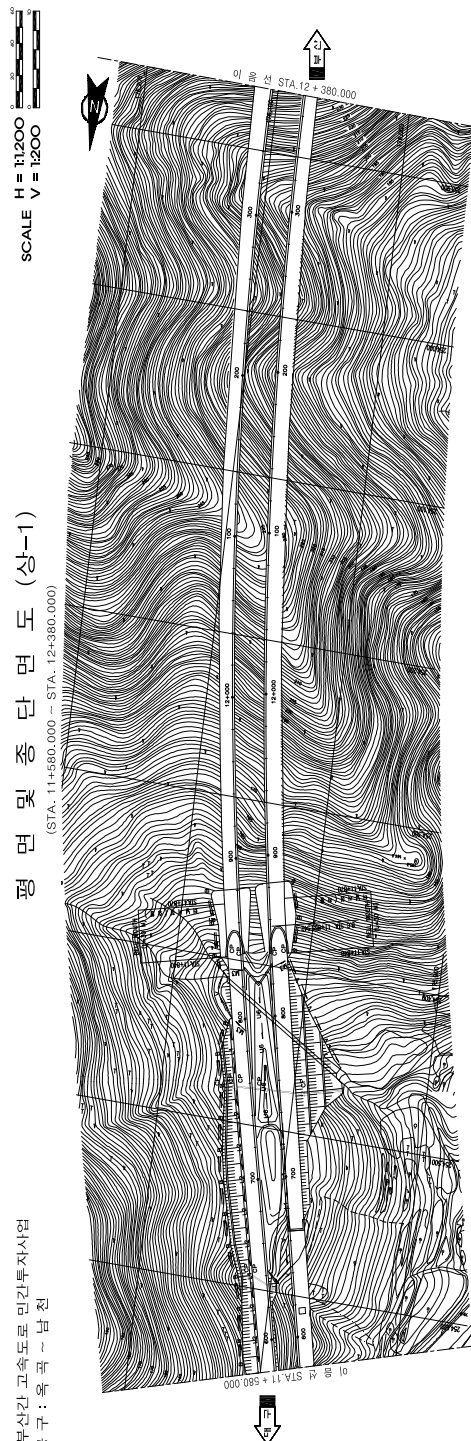
번호	기간	구 분	비고
1	2005.10.28 ~ 2006.04.25	초기점검	A등급
2	2006.09.19 ~ 2006.12.31	정기점검	
3	2007.05.10 ~ 2007.06.30	정기점검	
4	2007.08.22 ~ 2007.12.20	정밀점검	B등급
5	2008.03.10 ~ 2008.06.30	정기점검	
6	2008.09.30 ~ 2008.12.31	정기점검	
7	2009.03.10 ~ 2009.06.30	정기점검	
8	2009.10.01 ~ 2009.12.31	정밀점검	B등급
9	2010.03.08 ~ 2010.06.30	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	

- 보수 이력

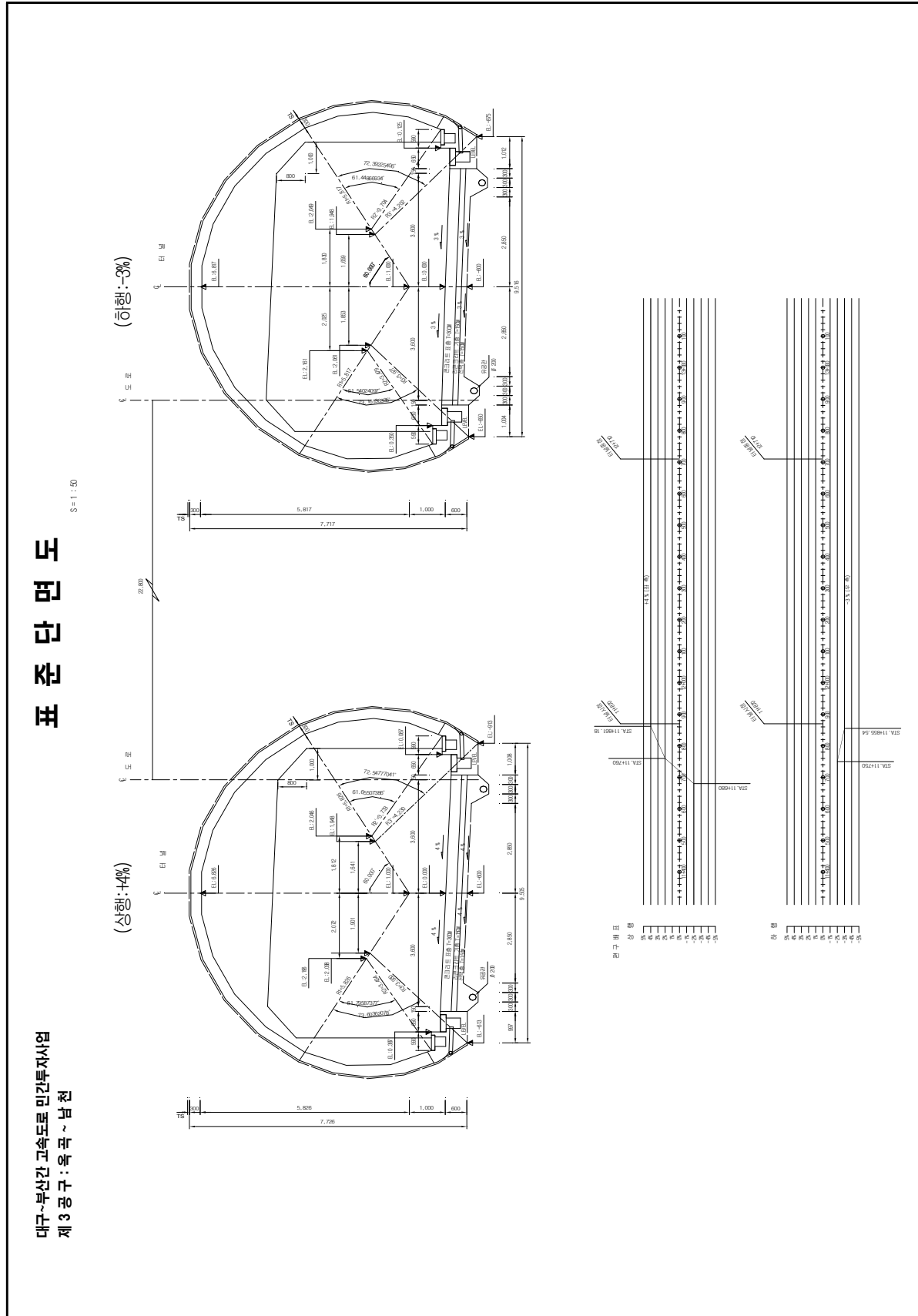
번호	공사 기간	부 위	공사내역	비고
1	2007년 7월	천정부	균열보수	
2	2008년 11월	천정부	균열보수	
3	2010년 4월	천정부 측벽부 공동구	균열보수 타일보수 덮개보수	
4	2011년 4월	천정부 측벽부 공동구	균열보수 타일보수 덮개보수	
5	2012년 6월	천정부 측벽부 공동구, 포장부	균열보수, 들뜸보수 균열보수 단면보수	
6	2013년 6월	터널부사면	낮은울타리 설치	

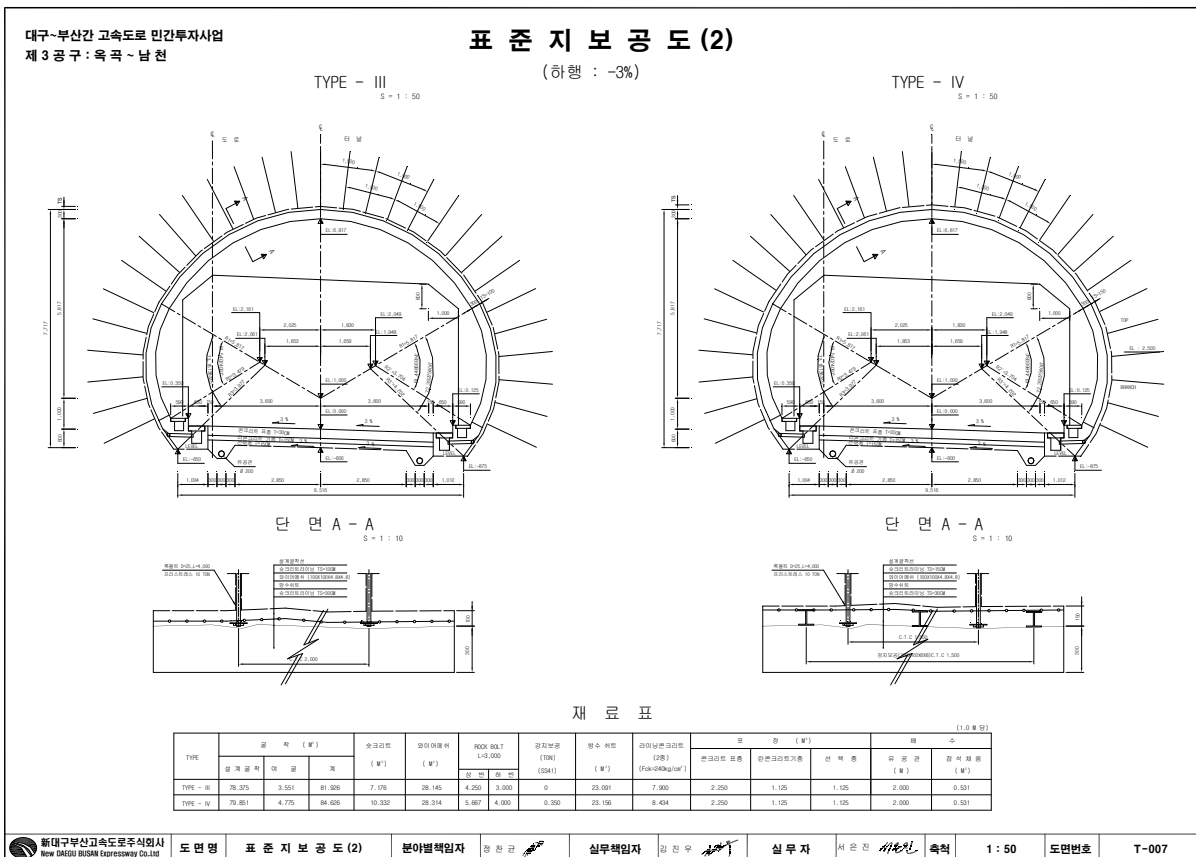
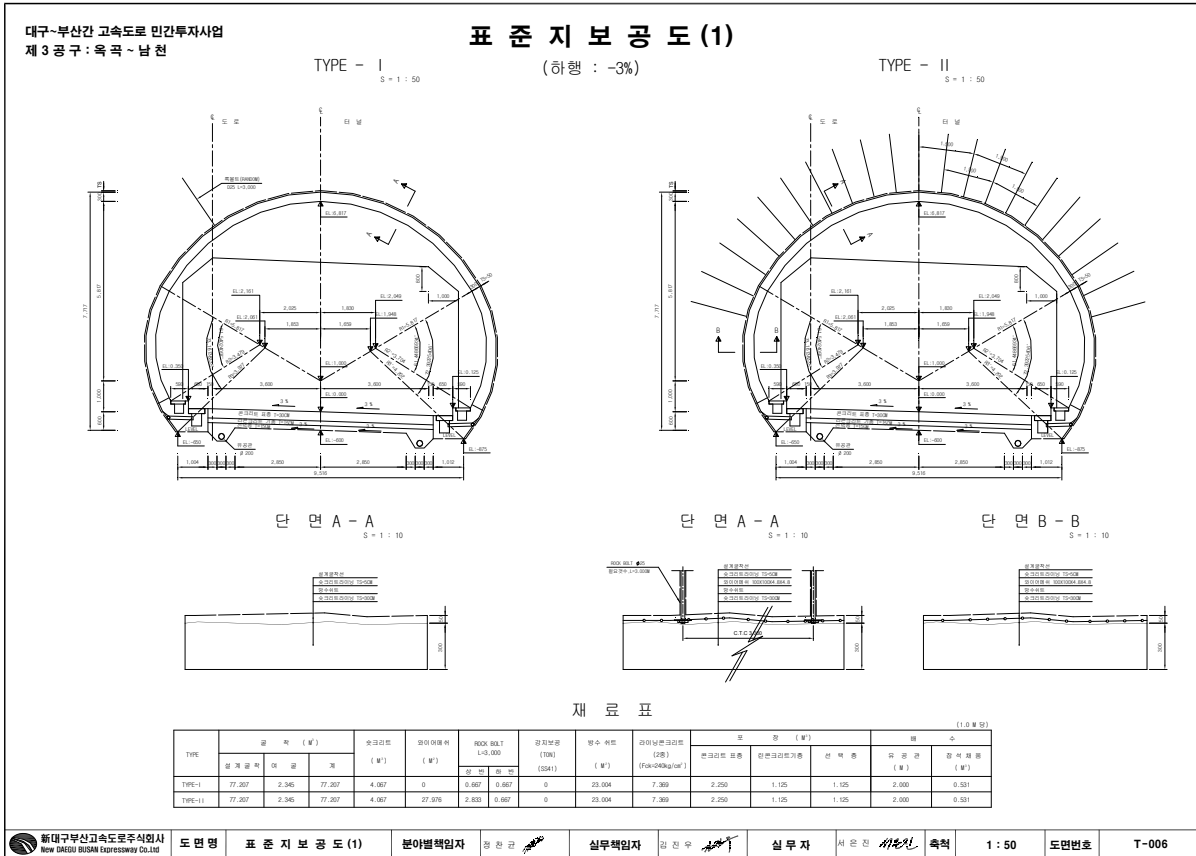
(1) 40
나
품
다
K/O
품
品

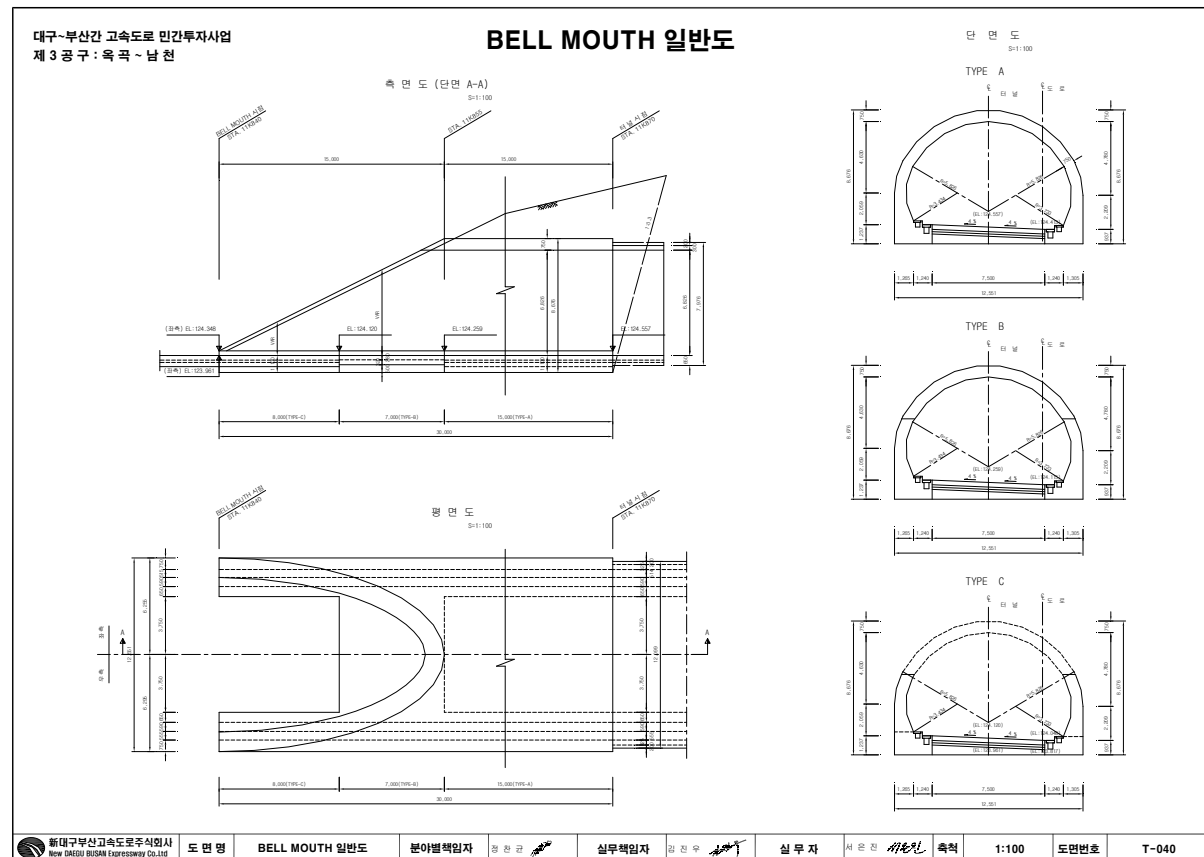
대구~부산간 고속도로 민간투자사업
제3공구 : 약 1.1km

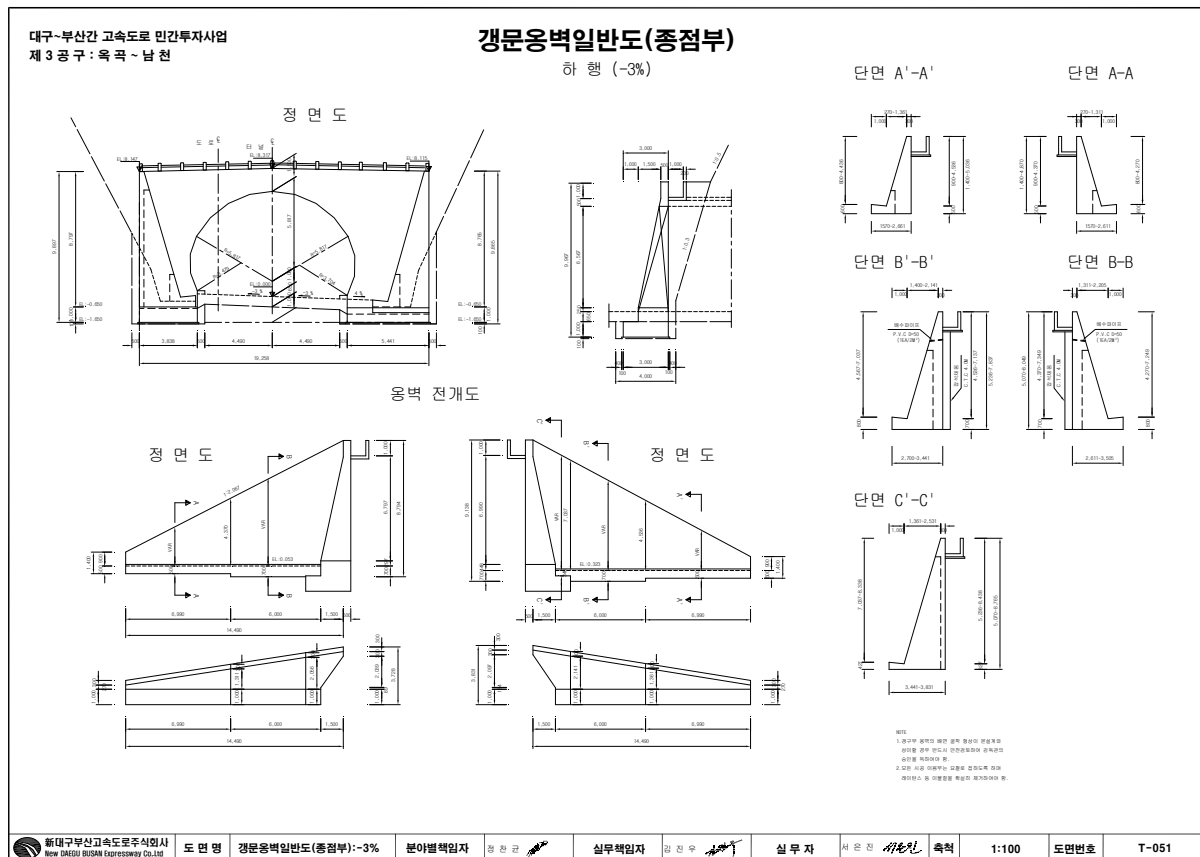
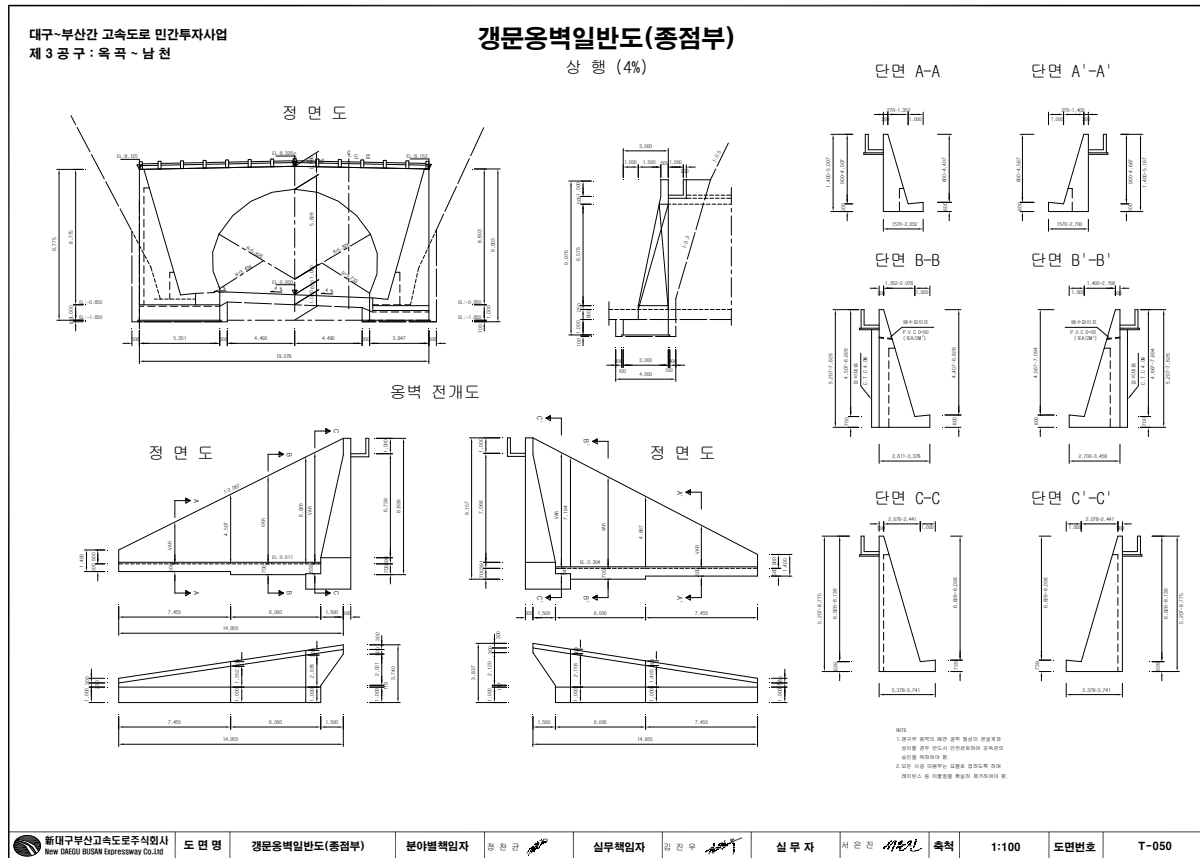


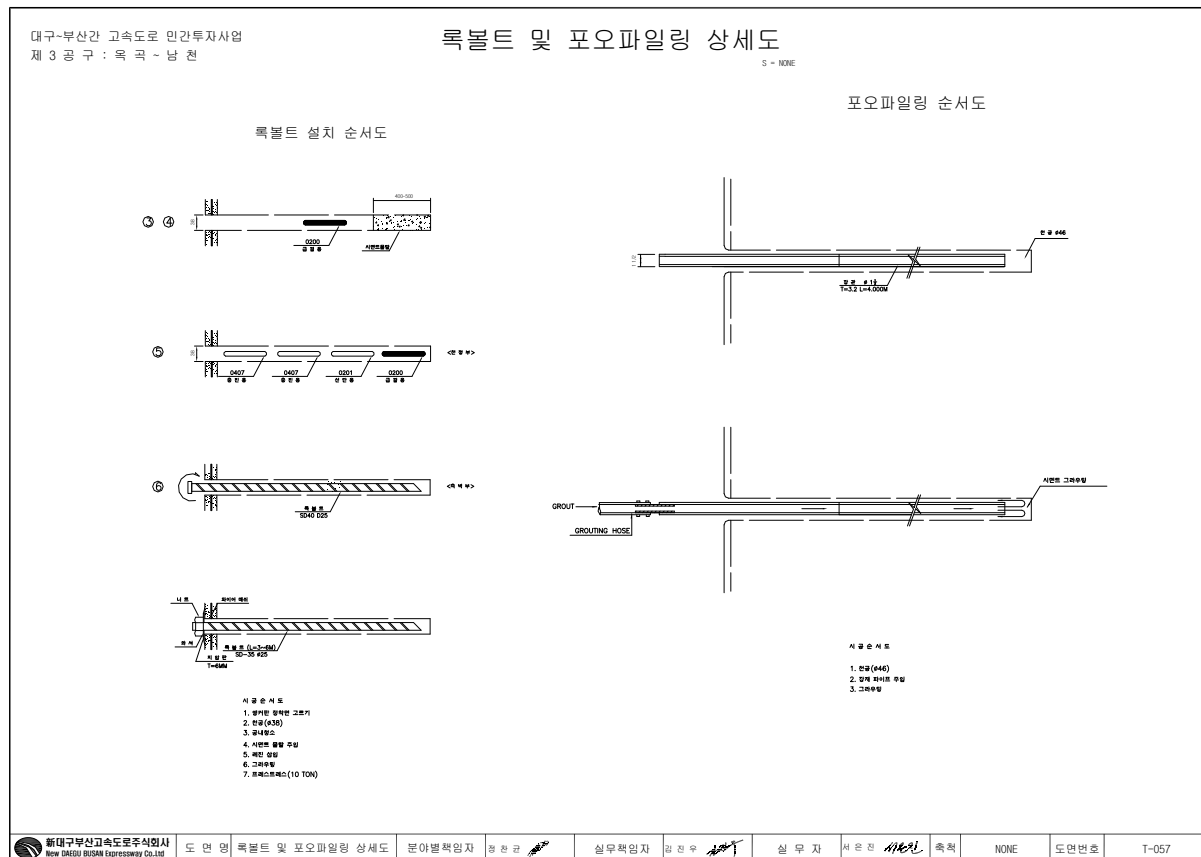












1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 지형 및 지질[지반보고서 참조]

본 지역의 지형특성으로서 산계는 성암산으로부터 백낙산 - 554 고지 - 잉어재로 연결되는 NW방향의 능선이 대표적이며 수계는 본 노선 북부에 서류하는 금호강이 있으며 금호강의 지류로서 북류하는 남천이 도로주향과 평행하게 발달되었다.

가장 대표적인 선상은 경산시 대평동으로부터 경산군 남천면 신방리를 잇는 NW계와 대구시 대덕산 남측편으로부터 경산군 남천면 신방리를 잇는 N45W계가 그것이다.

또한, 본지역의 지질은 중생대 백악기 경상계층에 속하는 안산암류와 신생대 제4기의 충적층으로 구성되어 있다. 산악지대는 주로 안산암질암류로 형성되어 있으며 본 지층과 안산암질과의 접촉부는 변질대를 형성하여 매우 취약한 구조를 보인다.

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	천정부에 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 터널전반에 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 터널전반에 걸쳐 양호한 상태로 조사됨. 향후 지속적인 점검을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.

번호	점검·진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자		
5	2008.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	라이닝 및 포장면에 균열, 파손, 스폴링 및 스켈링 등이 다수 발생된 상태이나, 안전성을 저해할 만한 수준은 아닌 것으로 판단됨. 다만, 종점부 갱문배후 배수로의 뒤채움이 부족하여 원활한 배수에 지장을 초래하므로 적절한 조치가 필요. 기발생된 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 손상은 일부 보수가 실시되었으나, 미보수 손상은 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 적절한 보수를 실시하며, 향후 손상 진전 여부를 주기적으로 점검하는 등의 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
7	2009.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	터널의 안전성에 지장을 줄 수 있는 큰 문제는 발생하지 않은 상태이나, 국부적으로 폭 0.1~2.0mm 정도의 균열, 콘크리트 박리, 타일 균열 및 파손, 스켈링, 스폴링 등의 손상이 조사됨. 일부 손상에 대해서는 보수를 실시하였으나, 미보수된 손상에 대해서는 내구성 및 사용성 확보를 위하여 적절한 보수를 실시하며, 향후 진전 여부를 주기적으로 점검하는 등의 지속적인 유지관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함.
8	2009.12(하반기) 정밀점검	(주)아워브레인 유 근 무	B	주요현황으로는 천정부 종·횡방향 균열 및 균열 보수부 재균열, 측벽부 타일 파손 및 균열, 조인트부 반달모양의 균열 및 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스켈링, 스폴링), 절토사면부 녹생토 유실, 숏크리트 파손, 파괴, 산마루측구 균열 및 파손 등이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 종점측 3단사면부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 필요하다.

번호	점검·진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자		
9	2010.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유근무	양호	조사 당시 하행선 구간에서 균열보수가 진행중인 것으로 조사되었다. 주요현황으로는 천단부 종·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 타일 파손 및 균열, 조인트부 반달모양의 균열 및 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스켈링, 스폐링), 절토사면부 녹생토 탈락, 숯크리트 파손, 산마루측구 균열 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 중점측 3단 사면부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 필요하다.
10	2010.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유근무	양호	일부 구간 균열보수 및 타일파손부 보수 등의 조치를 실시하였다. 주요현황으로는 천단부 종·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 타일 파손 및 균열, 조인트부 반달모양의 균열 및 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스켈링, 스폐링), 절토사면부 녹생토 탈락, 숯크리트 파손, 파괴, 산마루측구 균열 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 중점측 3단 사면부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 필요하다.
11	2011.6(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유근무	양호	남천터널은 2011년 3월경에 터널 전반에 균열보수, 단면보수, 타일 및 공동구 덮개파손부 정비 등이 실시되었으며, 보수부는 양호한 상태이다. 주요현황으로는 천단부 종·횡방향 균열 및 재균열, 측벽부 타일 파손 및 라이닝 균열, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스켈링, 스폐링), 절토사면부 녹생토 유실, 지하수유출, 산마루측구 균열 및 파손 등이 조사되었다. 미 보수된 구간의 손상부는 내구성 확보차원의 보수가 필요하며, 중점측 3단 사면부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 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 천정부 중·횡방향 균열 및 균열보수부 재균열, 측벽부 타일 파손 및 균열, 조인트부 반달모양의 균열 및 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스케링, 스폐링), 절토사면부 녹생토 탈락, 숏크리트 파손, 파괴, 산마루측구 균열 및 파손 등이 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 종점측 3단 사면 부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 진도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 필요하다.
13	2012.06(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	남천터널은 2011년 3월경에 터널 전반에 균열보수, 단면보수, 타일 및 공동구 덮개파손부 정비 등이 실시되었으나, 천단부에 보수부 재균열이 일부 발생하였으며, 미보수된 균열, 조인트부 들뜸, 타일균열, 파손 및 라이닝 균열, 포장면의 마모, 스폐링 및 스킨링, 공동구 본체 및 덮개 파손, 조명시설 앵커부 파손이 조사되었다. 또한, 터널부 사면에 국부적인 녹생토 탈락, 식생불량, 암괴, 수목전도, 벌목적치, 암반노출 등의 손상이 확인되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진을 위한 보수 및 진전 유무에 대한 주의관찰이 필요하며, 터널 시·종점부 사면은 경사가 급하여 사면 점검시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 설치가 요망된다.
14	2012.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	남천터널은 금회 조사시, 라이닝에 균열 및 들뜸에 대한 보수를 실시한 것이 확인되었고, 양호한 상태이다. 천단부에 균열 및 재균열, 들뜸 등의 손상이, 측벽부는 타일 탈락 및 균열, 누수가 일부 발생하였으며, 포장면의 마모, 스폐링 및 스킨링, 공동구 본체 및 덮개 파손, 조명시설 앵커부 파손이 조사되었다. 또한, 터널부 사면에 국부적인 녹생토 탈락, 식생불량, 암괴, 수목전도, 폐목적치, 암반노출 등의 손상이 확인되었다. 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰이 필요하며, 터널 시·종점부 사면은 경사가 급하여 사면 점검시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 설치가 요망된다.

번호	점검·진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검·진단내용
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자		
15	2013.06(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 김 영 진	양호	남천터널은 2012년 6월경에 라이닝 균열에 대한 보수가 전반적으로 실시되었으며, 손상의 재발생은 확인되지 않았으나, 미보수된 라이닝 보수부재균열 및 망상균열, 조인트부 콘크리트 들뜸, 측벽부 타일 균열 및 파손, 누수흔적, 포장면 스폴링, 스켈링, 마모, 표면박리 및 망상균열, 공동구 본체 및 덮개 파손, 시·종점 터널부 사면 표층유실, 녹생토 유실, 상부자연사면 낙석 및 폐목적치, 산마루측구 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 및 통행차량의 주행성 확보를 위한 보수가 필요하며, 기보수부 손상의 재발생 및 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요망된다.

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과

남천터널은 경상북도 경산시 남천면 합석리~신석리에 위치한 곡선형터널로, 터널의 연장은 상행선 870m, 하행선 867m로 2종 시설물에 해당된다. 터널의 본선은 NATM 공법으로 시공되었으며, 시점부 갱문은 면벽식, 종점부 갱문은 Bell Mouth형으로 시공되었다. 양측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이고 환기방식은 자연환기방식이 적용되었다. 터널의 시·종점부 방향은 부산방향을 터널시점, 대구방향을 터널종점으로 하여 외관조사를 수행하였다.

대상시설물은 상행선 99개, 하행선 98개의 Segment로 구성되어 터널 및 부대시설을 각 스펠별로 구분하여 외관망도를 작성하였으며, 비파괴 측정자료 등과 함께 터널의 상태평가 및 유지관리 자료로 활용하였다. 본 현장에서는 고소점검차 등의 접근장비를 이용하여 최대한 근접한 후 육안조사를 실시하였으며, 조사결과는 단면형상, 주변시설물의 상태, 지반상태 등을 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 시점부가 면벽식, 종점부는 Bell Mouth식으로 구성되어 있으며, 시점부 갯문의 마감은 대리석으로 시공되어 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

시·종점부 옹벽은 파손 및 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 시점부 갯문과 옹벽이음부의 상태, 갯문상부 배수로의 배수상태 등 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태이다.



시점측 갯문전경



종점측 갯문전경

2.1.2 콘크리트 라이닝

1) 천정부

전회와 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이나, 일부 미 보수된 구간에서 폭 0.2~0.3mm 정도의 중·횡방향 균열 및 재균열, 조인트부 들뜸, 앵커부 콘크리트 파손 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 균열 및 단면 보수가 필요하며, 보수부 손상의 재발생 및 기 손상부의 진전유무에 대한 지속적인 주의관찰이 요망된다.

			
위 치	상행선 SPAN 24	위 치	상행선 SPAN 36
현 황	재균열 (폭 0.3mm)	현 황	재균열 (폭 0.3mm)
			
위 치	하행선 SPAN 73	위 치	하행선 SPAN 78
현 황	재균열 (폭 0.2mm)	현 황	균열 (폭 0.3mm)

2) 측벽부

타일 마감 처리된 측벽은 일부 구간에서 타일 손상 및 라이닝 균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 전회와 비교시 손상의 진전은 미미하나, 타일 균열부에 대해서는 라이닝부의 균열과 연계하여 진행성여부에 대한 주의관찰이 요구된다. 기 손상부는 주의관찰과 더불어 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 2	위 치	상행선 SPAN 10
현 황	타일 파손	현 황	타일 파손
			
위 치	상행선 SPAN 98	위 치	하행선 SPAN 14
현 황	라이닝 표면균열	현 황	타일 균열

3) 조인트부

조인트부는 전반적으로 양호한 상태이며, 일부에서 콘크리트 들뜸이 조사되었다. 콘크리트 들뜸부는 탈락시 하부 주행차량의 안전사고 위험성을 내포하고 있으므로 조치가 필요하다.



위 치	하행선 JOINT 51
현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.3)

4) 공동구

공동구는 파손부 보수가 부분적으로 실시되었으며, 내부는 침수 및 이물질 퇴적등의 손상이 없는 상태로 조사되었다. 일부 미 보수된 구간에서 공동구 덮개 및 벽체부에서 국부적인 파손이 일부에서 조사되었다.



위 치	상행선 SPAN 2
현 황	공동구 벽체 파손



위 치	하행선 SPAN 51
현 황	공동구 덮개 및 벽체 파손

2.1.3 바닥부

1) 포장부

콘크리트로 시공된 포장면은 구조적 안정성에는 문제가 없으나, 지속적인 차량의 운하중에 의한 스폴링이 다수 조사되었다. 또한, 일부에서 균열, 스켈링, 마모 등이 국부적으로 조사되었으며, 기 손상부는 차량의 주행성 향상을 위한 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 48	위 치	상행선 SPAN 51
현 황	포장면 파손	현 황	포장면 스폴링

2) 배수시설

배수구는 좌·우측 바닥에 위치하고 있으며, 오염 및 이물질 퇴적 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

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

2.1.4 기타 시설물(조명, 표지판, 소화전등)

- 조명은 천단부 양측으로 2열 설치되어 있고, 고정 앵커부의 상태 및 작동상태 등 전반적으로 양호하나, 상행선 일부에서 앵커 지지부가 박락되어 정비가 필요하다.
- 차량의 주행안전성 및 시인성 향상을 위한 안전 표지판 및 반사판 등의 설치 상태는 전반적으로 양호한 상태이다.
- 소화시설은 전반적으로 설치상태가 양호하나, 일부에서 소화기함 등 파손, 녹발생이 조사되어 정비가 필요하다.

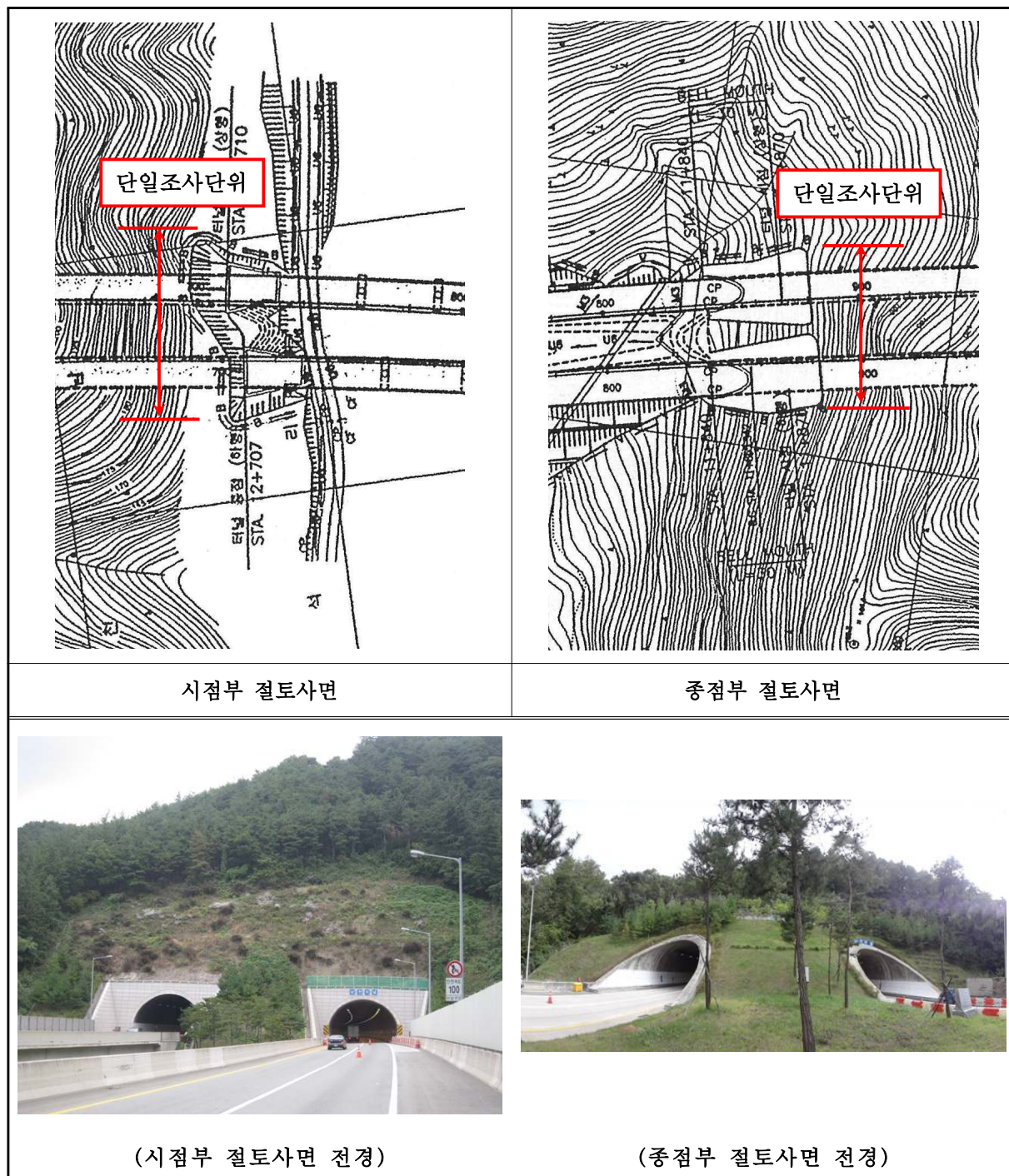
			
위 치	상행선 SPAN 92	위 치	하행선 SPAN 49
현 황	전기시설 앵커 지지부 박락	현 황	소화전 녹발생
			
위 치	하행선 SPAN 83	위 치	하행선
현 황	소화전 파손	현 황	비상전화

2.1.5 터널부 절토사면

조사대상 절토사면은 연장 80m, 최대높이 35m인 시점부(부산측) 절토사면과 연장 60m, 최대높이 15m인 종점부(대구측) 절토사면으로 일반현황은 <표 2.1.1>와 같으며, 조사영역은 다음 <그림 2.1.1>와 같이 대상 사면의 연장이 200m 이하이고 접속사면의 연장이 짧아 별도로 구간을 분할하지 않았다.

<표 2.1.1> 남천터널 시·종점부 절토사면 현황

시점부 절토사면	시설물명		남천터널 시점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상북도 경산시 남천면 협석리~신석리		
	제 원	연 장	80m	높 이	35m
		경사/방향	60/188	위 치	STA.68+310~68+340
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주변 환경	인공구조물			
		주변지형	능선부	상부사면경사	
	시공 현황	준공년도	2006.2	시 공 자	SK건설(주), (주)경동
		부대시설	산마루 측구, 면벽식 갭문		
	비 고		Shotcrete, 녹생토공법, 거적덮기공법		
종점부 절토사면	시설물명		남천터널 종점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상북도 경산시 남천면 협석리~신석리		
	제 원	연 장	60m	높 이	15m
		경사/방향	45/346	위 치	STA.69+200~69+230
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주변 환경	인공구조물			
		주변지형	능선부	상부사면경사	
	시공 현황	준공년도	2006.2	시 공 자	SK건설(주), (주)경동
		부대시설	산마루 측구, 벨마우스식 갭문, 낙석방지책, 콘크리트 소단		
	비 고		식생공법, 거적덮기, 편책		



<그림 2.1.1> 조사구간 분할도

1) 남천터널 시점부(부산측) 절토사면

- 시점부 절토사면의 외관조사결과, 절개면 및 보호공의 시공상태가 양호하고 사면에 인장균열, 지반변형 등 주요 손상이 없는 상태임.
- 금회, 상행선 갭문 상부에 낮은울타리를 설치하였고, 양호한 상태임.
- 2단 사면에서 기 발생한 국부적인 녹생토 유실 및 식생불량, 산마루측구 균열은 손상진전이 미미하나, 주의관찰이 필요함.
- 우측접속사면 일부구간에 노출된 암반은 절리 및 뜬돌이 발달되어있으며, 상부 자연사면은 낙석 및 폐목이 조사됨. 하단부 이격거리등을 감안하면 본선 유입 가능성은 낮은 편이나, 주의관찰 후 조치가 필요함.

			
위 치	상행선 갭문 상부	위 치	상행선 2단
현 황	낮은울타리 설치	현 황	녹생토 유실
			
위 치	상행선 2단	위 치	하행선 갭문 배수로
현 황	누수	현 황	녹생토 퇴적

2) 남천터널 종점부(대구측) 절토사면

- 자연사면부 암반노출구간은 발달된 절리를 중심으로 이완암 및 뜯돌이 조사되었으며, 사면방향과 유사한 방향의 절리가 형성됨. 기 발생한 손상은 이격거리 확보 및 1소단배수로 낙석방지책 설치로 본선유입의 위험성은 낮은 것으로 판단되나, 진행성 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요함.
- 기 발생된 갭문 상단 배수로 실란트파손 및 이격, 산마루측구부 균열 등은 진전은 미미하나, 보수가 필요함.

			
위 치	3단 사면부	위 치	1소단 배수로
현 황	노출암반	현 황	균 열
			
위 치	산마루측구	위 치	1소단 배수로
현 황	전 경	현 황	전 경

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)
■ 라이닝 보수실시, 천정부 재균열 일부 발생 ■ 측벽부 균열 보수실시, 표면균열, 타일파손, 타일균열 ■ 조인트부 균열, 들뜸 보수실시, 일부 누락 ■ 공동구 덮개 및 벽체 파손 ■ 포장부 스폐링 및 스켈링 ■ 소화기함 덮개 파손, 녹발생 ■ 시점부 절토사면 녹생토유실, 암괴, 폐목적치 ■ 시점부 우측절토사면 전석 및 뜯돌 다수 ■ 종점부 산마루측구 및 배수로 파손 ■ 종점부 3단 노출암반 형상 불리	■ 천정부 재균열 및 균열, 들뜸 ■ 측벽부 타일균열, 파손, 표면균열 ■ 조인트부 콘크리트 들뜸 ■ 공동구 덮개 및 벽체 파손 ■ 포장부 스폐링 및 스켈링 ■ 소화기함 덮개 파손, 녹발생 ■ 시점부 절토사면 녹생토유실, 암괴, 폐목적치, 전석 및 뜯돌 다수 ■ <u>시점부 절토사면 낮은울타리 설치</u> ■ 종점부 산마루측구 및 배수로 균열, 파손 ■ 종점부 3단 노출암반 형상 불리
기 보수한 라이닝 균열 및 들뜸은 양호한 상태이며, 일부 보수에서 누락된 균열 및 들뜸이 조사되었고, 이는 내구성 확보차원의 보수 및 주의관찰이 필요하며, 포장부의 스켈링 및 스폐링은 차량의 주행성을 위하여 보수가 필요하다. 터널부사면에 발생한 암괴, 폐목적치는 조치가 필요하며, 일부 발생한 노출암반, 녹생토유실은 지속적인 주의관찰이 요망된다.	

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	50.80	23.3	27.7	25.5	
	2	라이닝	S5 천정부	51.40	23.7	28.2	25.9	
	3	라이닝	S97 천정부	52.00	24.1	28.7	26.4	
하 행 선	4	라이닝	S2 천정부	52.10	24.1	28.7	26.4	
	5	라이닝	S6 천정부	50.45	23.1	27.4	25.2	
	6	라이닝	S97 천정부	51.40	23.7	28.2	25.9	

콘크리트 강도 측정 결과, 라이닝은 약 25.2~26.4Mpa(평균 25.8Mpa, 105%~110%) 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	3	50	47	a
	2	라이닝	S97 천정부	8	2	50	48	a
하 행 선	3	라이닝	S2 천정부	8	4	50	46	a
	4	라이닝	S97 천정부	8	3	50	47	a

라이닝 요소에서 측정된 콘크리트 탄산화 심도는 약 2mm~4mm(평균 3mm) 깊이 까지 진행된 상태로 잔여깊이가 30mm이상 이므로, 현재의 탄산화 정도가 구조물의 내구성에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 사료된다.

일반적으로 콘크리트의 탄산화는 재령에 의한 함수이므로 향후 정기적으로 탄산화 심도의 진행여부를 파악하는 유지관리가 필요하다.

제 3 장 상태평가 및 안전등급 산정

3.1 상태평가

본 터널은 연장 상행선 870m, 하행선 867m의 철근 및 무근콘크리트 라이닝으로 시공된 NATM 터널로서 상태평가지 SPAN 연장은 손상의 발생 형태 및 빈도를 고려하여 5~10m 정도로 분할하였다. 터널의 상태평가는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (터널편), 국토해양부, 한국시설안전공단, 2010. 12』을 활용하였으며, 현장조사 결과 확인된 라이닝결합, 터널주변 및 탄산화에 대한 상태평가를 실시하여 터널결합지수를 산정하였으며, 라이닝 결합지수 및 상태평가등급에 대한 자세한 내용은 부록에 수록하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

3.1.1 라이닝 상태평가 결과

1) 상행선 콘크리트 라이닝 결합지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결합 지수	등급
				박리	충분리 및박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S1-94]	0.13	0.01	0	0.03	0	0	0	0	0	0.17	0.01	a
철근 구간 [S95-99]	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0.20	0.01	a

2) 하행선 콘크리트 라이닝 결합지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결합 지수	등급
				박리	충분리 및박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S1-94]	0.19	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.20	0.01	a
철근 구간 [S95-98]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a

3.1.2 터널 주변상태 결합점수 산정

1) 상행선

항 목	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결합점수	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

1) 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	0.13	0.01	0	0.03	0	0	0	1	0	0.5	0	1.67	0.05	0.05	1.00	0.05	A
철근	0	0	0	0.20	0	0						1.7	0.04				

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	0.19	0	0	0.01	0	0	0	1	0	0.5	0	1.7	0.05	0.05	1.00	0.05	A
철근	0	0	0	0	0	0						1.5	0.04				

3.2 안전등급 지정

남천터널에 대한 정밀점검결과 안전등급은 “A” 등급의 우수한 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	개 문		▪ 시·중점측 갱구형식은 면벽식 및 Bell Mouth로 손상이 없는 양호한 상태임
	콘크리트 라이닝	천 정 부	▪ 일부 미 보수된 균열 및 재균열(폭0.2~0.3mm) ▪ 전기시설 앵커 연결부 콘크리트 파손
		측 벽 부	▪ 타일 마감 처리된 측벽은 파손 및 균열 일부 발생 ▪ 타일 상부 라이닝에 표면균열 일부 발생
		조인트부	▪ 조인트부 들뜸 국부적으로 발생
		공 동 구	▪ 공동구 내부는 침수 및 이물질퇴적 등의 손상이 없는 양호한 상태임 ▪ 공동구 덮개 및 벽체부에 국부적인 파손 발생
	바닥부	포 장 부	▪ 콘크리트로 시공된 포장면은 일부에서 균열, 스폴링 및 스켈링, 마모 발생
		배수시설	▪ 내부 좌·우측의 배수시설은 오염 및 이물질퇴적 등이 없는 양호한 상태임
	기타 시설물	조명시설 표지판 소화전등	▪ 터널내 조명시설, 각종표지판 등은 전반적으로 양호한 상태임 ▪ 일부 소화기함 파손 및 녹발생
	터널부 사면	시점측	▪ 상행선 갱문 상부에 낮은울타리 설치, 양호 ▪ 국부적인 녹생토 유실, 산마루측구 균열 발생 ▪ 우측접속사면 노출암반에 절리 및 뜬돌 발달, 상부 자연사면 폐목 적치
		중점측	▪ 산마루측구 균열 및 실란트 파손 국부적으로 발생 ▪ 3단 사면부 노출암반 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성 존재
비 파 괴 시 험	콘크리트 강 도	▪ 콘크리트 라이닝 : 25.2~26.4MPa, (설계강도 24Mpa)	
		평 가	콘크리트 강도는 설계기준강도를 상회하는 양호한 수준임
	콘크리트 탄 산 화	▪ 콘크리트 라이닝 : 2~4mm (피복두께 50mm)	
		평 가	탄산화 정도가 시설물의 내구성에 미치는 영향은 미미한 수준임
상태 평가	환산결합도 점수		▪ 상행선 0.05 ▷ 「A」 등급 · 하행선 0.05 ▷ 「A」 등급

4.2 결 언

남천터널에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급의 우수한 상태로 평가되었다. 주요현황으로는 천정부 균열 및 재균열, 측벽부 타일 파손 및 표면균열, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손 및 본체 파손, 포장부 손상(균열, 콘크리트 파손, 스케링, 스폴링), 절토사면부 녹생토 탈착, 산마루측구 균열 및 파손, 폐 목적치 등이 국부적으로 발생한 상태이다. 기 발생한 손상현황에 대해서는 주의관찰 후, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 종점측 3단 사면 부 노출암반은 현재 진전은 미미하나, 중규모의 전도 및 평면파괴 위험성을 내포하고 있으므로 진행성 여부를 주기적으로 관찰하며 진전시 조치가 필요하다.

제 5 장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안

남천터널은 2006년 2월에 준공되어 현재 공용중인 터널으로 연장 상행선 870m, 하행선 867m의 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	재균열	0.3mm이상	M (개소)	7.0 (3)	수지주입공법	
	콘크리트 파손, 들뜸, 박리		M ² (개소)	0.06 (6)	단면보수공법	
측벽부	망상균열		M ² (개소)	3.0 (1)	표면처리공법	
	누수흔적		M ² (개소)	0.03 1	주의관찰	
	타 일	균 열	개소	477	교 체	
		파 손	개소	10	교 체	
공동구	덮개 파손		개소	5	교 체	
	콘크리트 파손		M ² (개소)	6.6 (8)	단면보수공법	
포장부	스폴링		M ² (개소)	3.24 (50)	단면보수공법	
	스켈링		M ² (개소)	0.01 (1)	단면보수공법	
	마모		M ² (개소)	1.0 (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)	1 (1)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	1 (1)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	M (개소)	2 (1)	표면처리공법	
	콘크리트 파손, 들뜸, 박리		M ² (개소)	0.03 (1)	단면보수공법	
측벽부	타 일	균 열	개소	44	교 체	
	녹 발생		M ² (개소)	0.08 (1)	주의관찰	
공동구	덮개 파손		개소	1	교 체	
	콘크리트 파손		M ² (개소)	2.22 (4)	단면보수공법	
포장부	스폴링		M ² (개소)	2.14 (33)	단면보수공법	
	스켈링		M ² (개소)	2.22 (17)	단면보수공법	
	표면균열		M ² (개소)	20.0 (1)	단면보수공법	
	불순물혼입		M ² (개소)	0.05 (5)	단면보수공법	

[표 5.1.3] 시점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	STA.0+5~+25m 2단 식생불량 및 녹생토유실 A=20m*5m	주의관찰	
	STA.0-10m 2단 식생불량 A=4m*2m	주의관찰	
낙석위험	STA.0-15m 자연사면 낙석위험	주의관찰	
배수시설	STA.0+30m 배수로 균열 L=8m (4EA)	균열보수	
	STA.0-30m 산마루측구 균열 L=6m (3EA)	균열보수	
수 목			
기 타	STA.0+30m 배수로 상부 폐목적치	정비	
	STA.0+30m 2단 절리부 누수	주의관찰	

[표 5.1.4] 종점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실			
낙석위험			
배수시설	1소단배수로 균열 L=6m (3EA)	균열보수	
	산마루측구 균열 L=6m (3EA)	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 5.1.3] 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
포장부	◦ 균열, 스켈링, 스폐링 및 파손	· 진전 여부	육안조사
기타시설	◦ 텔리네이터, 소화전 파손	· 작동 및 정차 상태 · 오염 및 부식 진전여부	육안조사
사면부	◦ 시·중점측 산마루측구 균열 및 실란트파손, 녹생토 유실 ◦ 시·중점측 노출암반	· 진전 여부	육안조사

부 록 I

1. 사진첩
2. 과업지시서
3. 과업수행계획서
4. 시설물관리대장 사본
5. 상태평가 결과 자료
6. 콘크리트 비파괴강도자료

1. 사진첩

2. 과업지시서

3. 과업수행계획서

4. 시설물관리대장 사본

5. 상태평가 결과자료

6. 콘크리트 비파괴강도 자료