

9. 상동2터널

상동2터널 현황표

작성일 : 2013년 11월 22일

터널명	상동2터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000226 하행선 : TU2006-0000227	관리번호	dbw T.2
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상남도 김해시 상동면 대감리 [부산기점 17.56km]	종점	경상남도 김해시 상동면 대감리 [부산기점 18.10km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 520m 하행선 : 520m	설계사	(주)동일기술공사
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.6m	시공사	두산중공업(주)
배수형식	THP관 Ø400, 유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : -1.2593% 하행선 : +1.2593%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	직선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	샷크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting
기타	■ 차기 점검시 중점 점검사항 - 천정부 종방향 균열, 조인트부 콘크리트들뜸, 시·중점측 사면 손상부 결함 발생 및 진전 여부 주의관찰 [위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태등] ■ 관련도면 본문참조		

상동2터널 전경사진



[시점측 전경]



[종점측 전경]



[상행선 내부 전경]



[하행선 내부 전경]

목 차

제1장 서론

1.1 시설물 개요	444
1.2 자료수집 및 분석	453

제2장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과	460
2.2 내구성조사 결과	477

제3장 상태평가 및 안전등급산정

3.1 상태평가	478
3.2 안전등급산정	480

제4장 종합결론

4.1 점검결과 요약	481
4.2 결 언	482

제5장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안	483
5.2 유지관리방안	488

제 1 장 서 론

1.1 시설물 개요

상동2터널은 경상남도 김해시 상동면 대감리에 위치한 직선형터널로, 터널의 연장은 상행선 520m, 하행선 520m로 2종 시설물에 해당된다. 터널의 본선은 NATM 공법으로 시공되었으며, 시·종점부 갭문은 면벽식으로 시공되었다. 양측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이고 환기방식은 자연환기방식이 적용되었다.

1.1.1 일반사항

<그림 1.1.1> 상동2터널 전경



[시점측 전경]



[종점측 전경]

[표 1.1.1] 상동2터널 기본현황

터널명	상동2터널		
시설물번호	상행선 : TU2006-0000226 하행선 : TU2006-0000227	관리번호	dbw T.2
노선명	고속국도55호선	시행자	신대구부산고속도로(주)
시점	경상남도 김해시 상동면 대감리 [부산기점 17.56km]	종점	경상남도 김해시 상동면 대감리 [부산기점 18.10km]
터널형식	NATM	관리주체	신대구부산고속도로(주)
차선수	상행선 : 2차로 하행선 : 2차로	환기방식	상행선 : 자연환기 하행선 : 자연환기
연장	상행선 : 520m 하행선 : 520m	설계사	(주)동일기술공사
내공단면	폭 : 9.5m, 높이 : 7.6m	시공사	두산중공업(주)
배수형식	THP관 Ø400, 유공관 Ø200	감리사	한국건설관리공사, (주)용마ENG (주)동일기술공사
종단기울기	상행선 : -1.2593% 하행선 : +1.2593%	착공	2001년 10월 17일
평균선형	직선	준공	2006년 2월 10일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	샷크리트, 락볼트	보조공법	Fore poling Fre-Grouting

■ 시설물 유지관리 이력사항

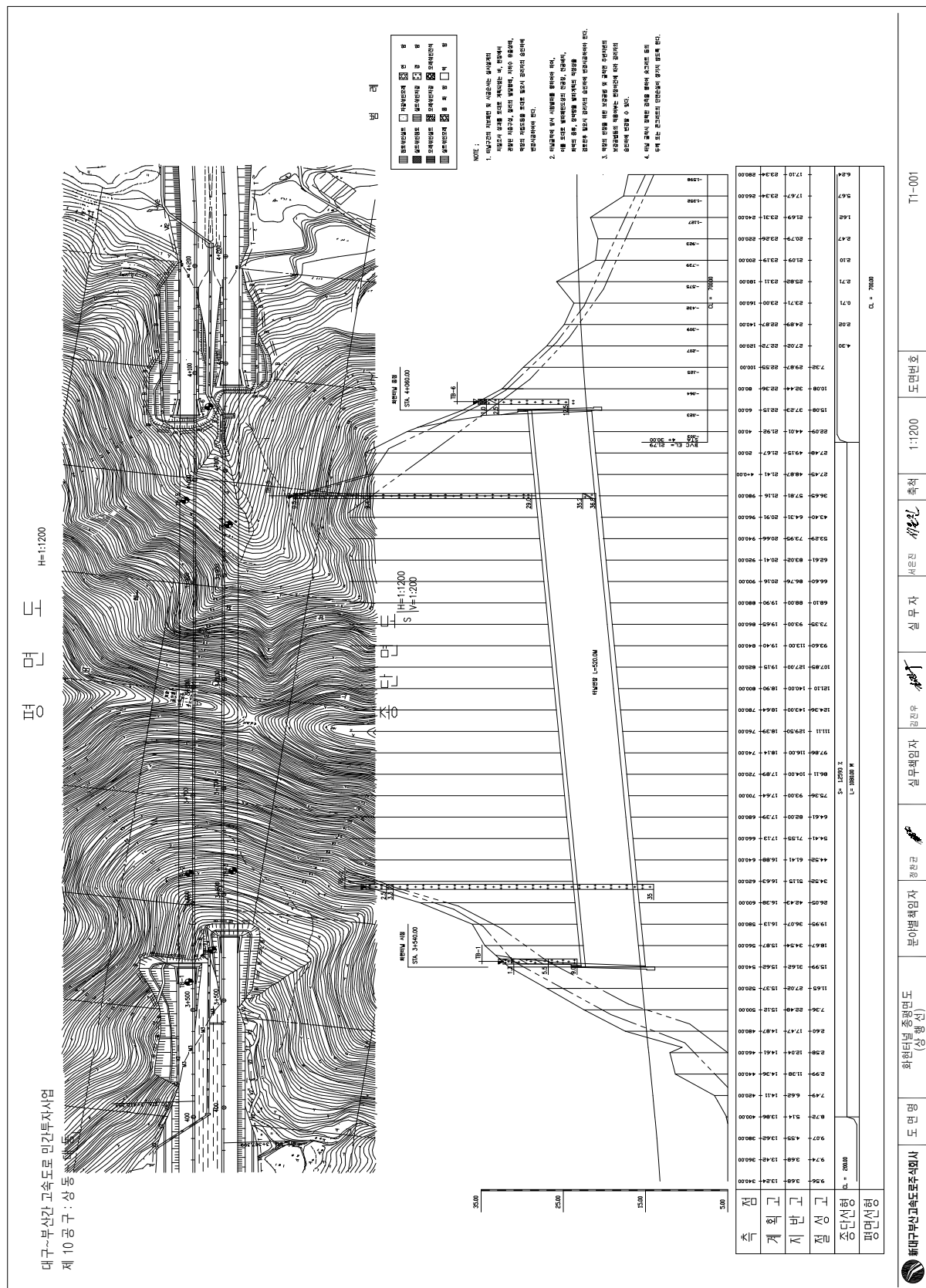
- 점검 이력

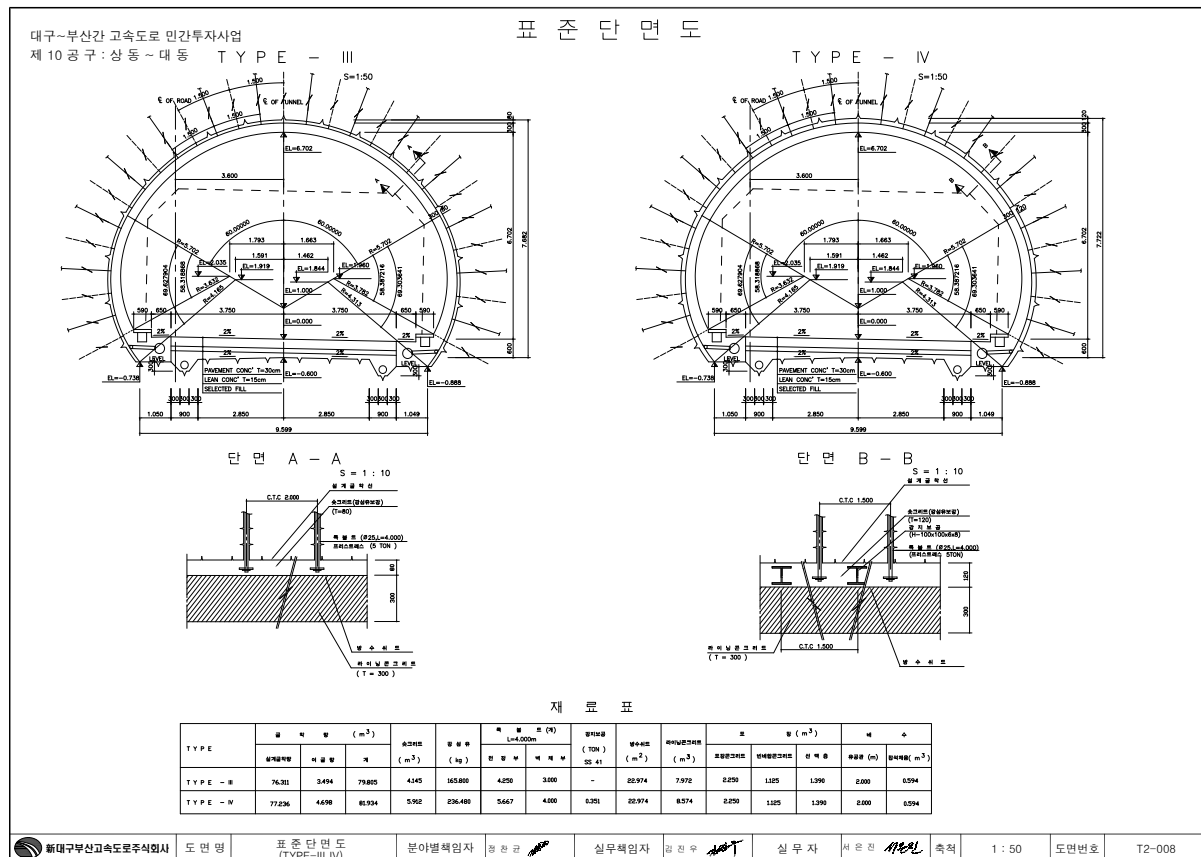
번호	기간	구 분	비고
1	2005.10.28 ~ 2006.04.25	초기점검	B등급
2	2006.09.19 ~ 2006.12.31	정기점검	
3	2007.05.10 ~ 2007.06.30	정기점검	
4	2007.08.22 ~ 2007.12.20	정밀점검	B등급
5	2008.03.10 ~ 2008.06.30	정기점검	
6	2008.09.30 ~ 2008.12.31	정기점검	
7	2009.03.10 ~ 2009.06.30	정기점검	
8	2009.10.01 ~ 2009.12.31	정밀점검	B등급
9	2010.03.08 ~ 2010.06.30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

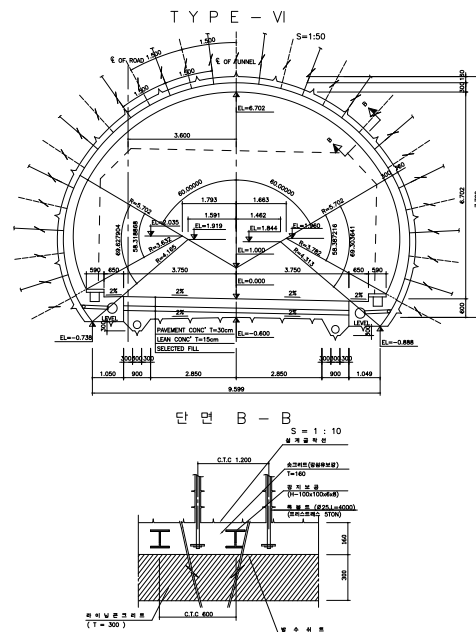
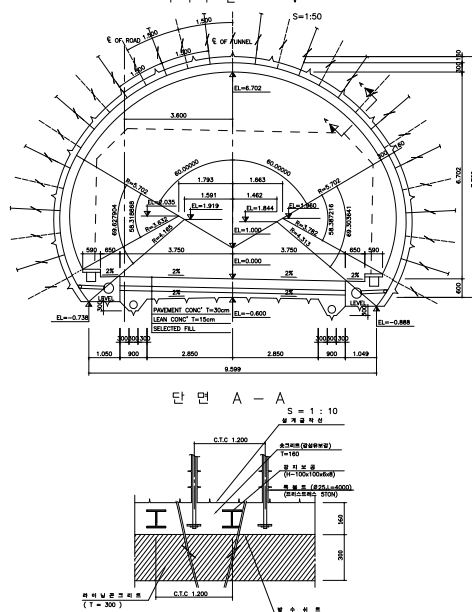
번호	공사 기간	부 위	공사내역	비고
1	2009년 9월	사면부[17.5K]	녹생토	
2	2010년 4월	사면부[17.5K]	도수로 설치	
3	2010년 6월	천정부 측벽부 공동구	균열보수(수지주입) 단면보수, 표면처리 타일보수, 덮개교체	
4	2011년 3월	갯문	배수로 이격 보수	
5	2012년 2월	천정부	균열보수	
6	2012년 6월	천정부 측벽부 공동구 포장부	균열보수 타일보수 덮개보수 포장보수	
7	2013년 8월	천정부 측벽부 터널부사면	균열보수, 들뜸보수 타일보수 몰탈격자블럭 시공	

1.1.2 관련도면





대구~부산간 고속도로 민간투자사업
제 10 공 구 : 상 동 ~ 대 동 T Y



재 료 표

TYPE	굴 직 경 (m ³)			고지점 (m ³)	굴 직 경 (kg)	L=4.00mm		굴직경 (50-141)	굴직경 (m ²)	굴직경 (m ³)	굴 직 경 (m ³)		비 고		
	굴 직 경	굴 직 경	굴 직 경			굴 직 경	굴 직 경				굴 직 경	굴 직 경	굴 직 경		
TYPE - V	78.366	4.722	82.088	7.800	288.080	7.883	5.000	6.423	22.974	8.596	2.250	1.125	1.390	0.000	5.940
TYPE - VI	78.366	4.722	82.088	7.800	288.080	7.883	5.000	6.423	22.974	8.596	2.250	1.125	1.390	2.000	5.940

 성남시	신대구부신고속도로주식회사	도면명	표준도면도 (TYPE-VI)	분야별책임자	정찬권 	실무책임자	김진우 	실무자	서오진 	축척	1 : 50	도면번호	T2-009
--	----------------------	------------	---------------------------	---------------	--	--------------	--	------------	---	-----------	--------	-------------	--------

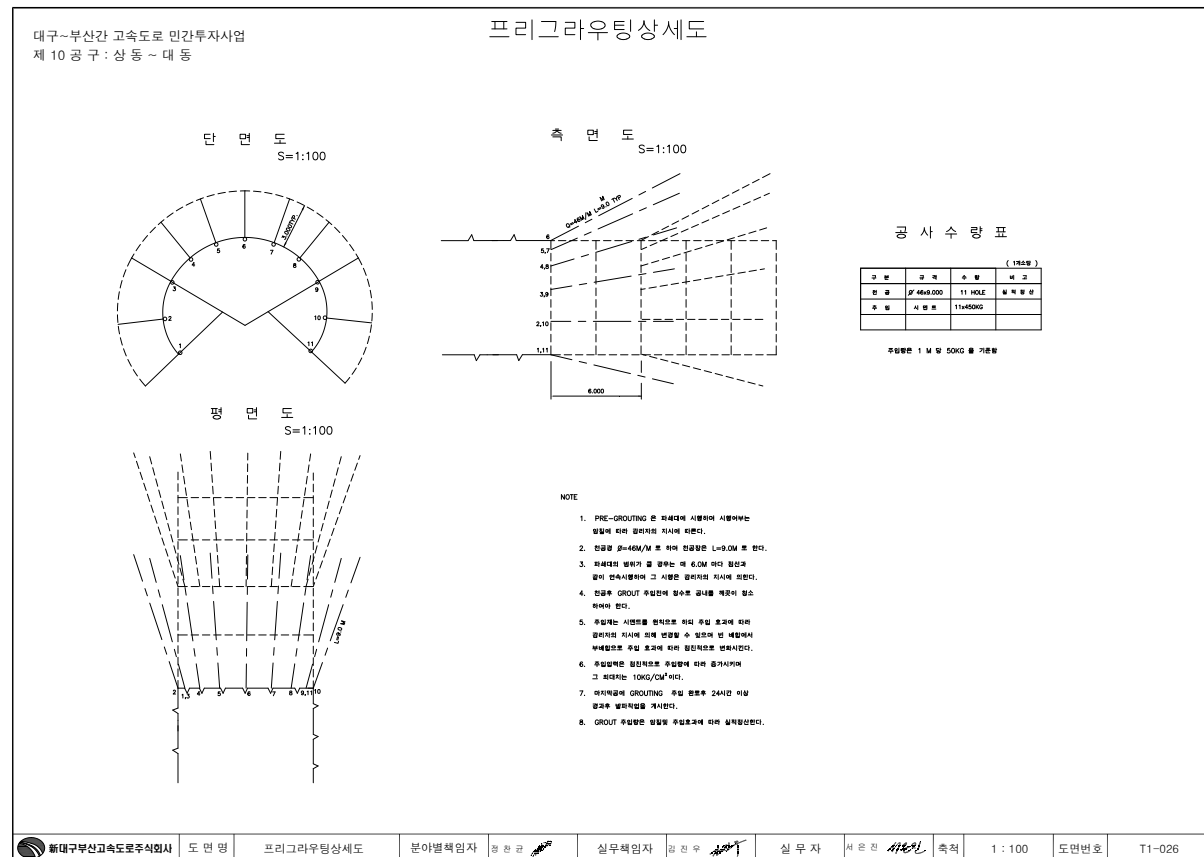
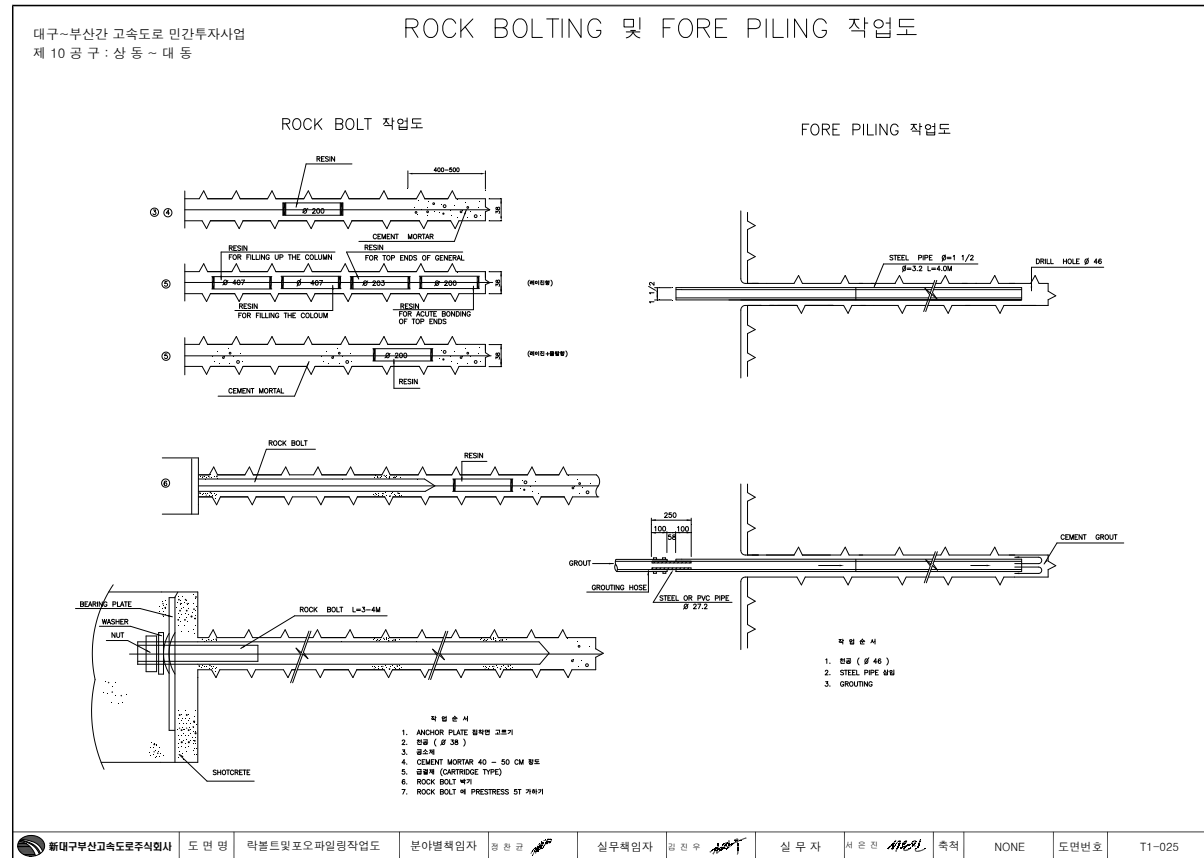
대구~부산간 고속도로 민간투자사업
제 10 공 구 : 상 동 ~ 대 동

구		표 준 TYPE - I	표 준 TYPE - II	표 준 TYPE - III	
표준 단면					
적용 구간		—	—	—	
대상 토질		경 암	보 통 암	연 암	
굴 착	굴착 방법	전 단 면 굴 착	전 단 면 굴 착	전 단 면 굴 착	
	1회 굴진장/지보설치길이	3.0M / 6.0M	3.0M / 3.0M	2.0M / 2.0M	
지 보 패 턴	-shotcrete (SHOTCRETE)	5CM	5CM	8CM	
	- (ROCK BOLT)	길 이	3.0M	3.0M	4.0M
		갯 수	1.334{상부:0.667, 하부:0.667}	3.500{상부:2.833, 하부:0.667}	7.250{상부:4.250, 하부:3.000}
		위 치	천 정 및 측 벽		
	강 지 보 강 (STEEL RIB)	강재규격	—	—	—
	설치간격	—	—	—	
라이닝 콘크리트 (LINING CONCRETE)	두 개	30CM	30CM	30CM	
	치크네스	—	—	—	

대구광역시교육청	도 면 명	터널공법개요도-1	분야별책임자	정 찬 규	실무책임자	김 진 우	실 무 자	서 은 진	축척	NONE	도면번호	T1-003
--	-------	-----------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	----	------	------	--------

구		표준 TYPE - IV	표준 TYPE - V	표준 TYPE - VI
표준 단면도				
적용 구간		상행선: 3K+610~3K+860, L=250M 하행선: 3K+630~3K+850, L=220M	상행선: 3K+555~3K+610, 3K+860~4K+045, L=240M 하행선: 3K+575~3K+630, 3K+850~4K+065, L=270M	상행선: 3K+540~3K+555, 4K+045~4K+060, L=30M 하행선: 3K+560~3K+575, 4K+065~4K+080, L=30M
대상 토질		풍화암	풍화암(토)	풍화암(토)
굴착	굴착 방법	반단면굴착	반단면굴착	반단면굴착
	1회 굴진장/지보설치길이	(상)1.5M/1.5M, (하)1.5M/3.0M	(상)1.2M/1.2M, (하)1.2M/1.2M	(상)1.2M/1.2M, (하)1.2M/1.2M
지보	-shotcrete	12CM	16CM	16CM
	rock bolt	길이 4.0M 갯수 9.667{상부:5.667, 하부:4.000}	길이 4.0M 갯수 12.083{상부:7.083, 하부:5.000}	길이 4.0M 갯수 12.083{상부:7.083, 하부:5.000}
	위치	천정 및 측벽	천정 및 측벽	천정 및 측벽
	강지보공 (STEEL RIB)	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 1.5M	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 1.2M	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 0.6M
	라이닝 콘크리트 (LINING CONCRETE)	두께 30CM 철근배근 —	두께 30CM 철근배근 —	두께 30CM 철근배근 D25 @ 150

구		표준 TYPE - IV	표준 TYPE - V	표준 TYPE - VI
표준 단면도				
적용 구간		상행선: 3K+610~3K+860, L=250M 하행선: 3K+630~3K+850, L=220M	상행선: 3K+555~3K+610, 3K+860~4K+045, L=240M 하행선: 3K+575~3K+630, 3K+850~4K+065, L=270M	상행선: 3K+540~3K+555, 4K+045~4K+060, L=30M 하행선: 3K+560~3K+575, 4K+065~4K+080, L=30M
대상 토질		풍화암	풍화암(토)	풍화암(토)
굴착	굴착 방법	반단면굴착	반단면굴착	반단면굴착
	1회 굴진장/지보설치길이	(상)1.5M/1.5M, (하)1.5M/3.0M	(상)1.2M/1.2M, (하)1.2M/1.2M	(상)1.2M/1.2M, (하)1.2M/1.2M
지보	shotcrete	12CM	16CM	16CM
	rock bolt	길이 4.0M 갯수 9.667{상부:5.667, 하부:4.000}	길이 4.0M 갯수 12.083{상부:7.083, 하부:5.000}	길이 4.0M 갯수 12.083{상부:7.083, 하부:5.000}
	위치	천정 및 측벽	천정 및 측벽	천정 및 측벽
	강지보공 (STEEL RIB)	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 1.5M	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 1.2M	강재규격 H 100 x 100 x 6 x 8 설치간격 0.6M
	라이닝 콘크리트 (LINING CONCRETE)	두께 30CM 철근배근 —	두께 30CM 철근배근 —	두께 30CM 철근배근 D25 @ 150



1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 지형 및 지질, 지반개황[터널해석보고서, 지반보고서 참조]

상동2터널의 STA.3+680과 STA.3+860, 상동2터널의 STA.6+948과 STA.7+300단면부근은 Shotcrete의 인장응력이 허용인장응력을 초과하며, 상동2터널의 STA.3+680 과 STA.860 상동2터널의 STA.6+999 과 STA.7+020 단면에서 Rock bolt의 최대응력이 허용응력을 다소 상회한다. 앞서 언급한 바와 같이 이러한 결과는 상·하반 굴착부 경계 및 모서리부에서만 집중적으로 발생하며 이는 굴착모서리부에서 급작스러운 경계조건의 변화에 기인한 응력집중현상의 결과이며, 실제 터널시공 시 응력의 재분재가 일어나 완화되리라고 판단되며, 이러한 응력이 허용응력 이하로 되게 지보패턴을 변경할 수도 있으나 과대설계가 될 것으로 판단된다. 따라서 유한요소 해석 결과 가정한 표준지보형식이 적절히 설계된 것으로 판명된다. 본 과업구간의 터널 중 상동2터널은 비교적 양호한 지질조건을 갖고 있으나 상동2터널은 시추조사 시 본 지역의 암반상태는 매우 파쇄가 심한상태의 시료로 채취되었으며 단층의 직접적인 증거인 단층점토, 파쇄대 및 단층경면(Slickenside)의 발달로 보아 단층으로 인지되며 시공 중 수 차례의 단층 및 파쇄대와 교우될 것으로 판단되며 이들과 교우 시 터널은 지하수의 다량누출을 동반하여 붕락 등 터널의 안정성이 우려되므로 시공 중 특별한 주의가 요망된다. 실제 굴착과정에서 터널의 지질조사를 병행하여 지보형식의 변경, 보조공법의 적용 등 상황에 대처한 합리적인 시공이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

1) 지형 및 지질

① 지형

본 조사지역은 행정 구역상 경상남도 김해군 상동면 여차리, 대동면 월촌리에 해당된다. 본 지역 서측으로는 금동산, 신어산과 인접하며 북동에서 동측으로는 낙동강을 접하고 있다. 산계는 대체로 북향, 동남방향으로 발달하는 것으로 구성된다. 수계를 살펴보면 본지의 동부를 거쳐 남해로 유입되는 낙동강이 북부에서 남동향으로 흐르며 이의 유량은 우기와 건기에 현저한 차를 보인다.

본지의 지형을 개관하면 현저하게 지질 및 지질구조의 영향을 입은 듯하다. 대체로 험준한 산계는 풍화작용에 강인한 저항력을 갖는 안산암류 등이 우세하고 평야지대에는 그의 저항력에 약한 화강암류가 저반을 이루고 하천의 발달은 구조선에 일치하는 경향을 보여준다.

침식윤회론으로 보아 산계는 대체로 만장년기에 해당되고 평야지대는 노년기 지형을 형성한다.

② 지질

본지에 분포한 지질은 경상계 신라통에 속하는 퇴적암과 이를 관입한 반심성암 및 화산분출암 및 화강암류 등으로 구성된다. 화산활동의 뒤를 이어 비교적 소규모의 지반 변동이 일어나 습곡 작용과 단층활동이 있었다. 습곡은 완만하여 작은 배사와 향사구조를 이루어 놓았을 뿐이며 단층작용은 주로 북북동향의 주향을 갖는 단층대를 발달시켰다.

녹색각력암으로는 흑운모 화강암과 안산암이 주를 이룬다. 흑운모 화강암은 화강록암으로 각섬석 및 사장석의 양을 감하는 반면에 흑운모 및 담홍색의 가리장석(Ca-feldspars)의 양이 증가되어 생성된 암석이며, 안산암은 입상안산암, 조면암질 안산암으로 용암류, 관입암체 등의 암상 등으로 관찰된다. 또한 본 지층은 여러 다양한 색상과 조직(texture)을 갖고 있으며 장석, 각섬석, 또는 휘석의 반점을 가지고 암회색을 띠는 암상과 육안적 반정을 갖지 않는 Chert질 암상같이 흑색 치밀건질암 등에 관찰되나 초생변질로 사료되는 녹색암이 우세하다. 기반암인 흑운모 화강암의 주요광물은 석영, 장석, 운모 등이고 안산암의 주요광물은 각섬석, 휘석 등이다. 충적층은 모래, 자갈 등이 우세하다.

2) 지반개황

본 지역의 지층상태는 표토층, 풍화토층, 풍화암층, 연암층, 경암층, 역암층, 풍화암층 순으로 구성되고 있으며, 각 층의 특성은 다음과 같다.

① 표토층

본 토층의 층후는 지표면하 0.5~1.3m 정도로 분포하고 있으며, 토성은 습윤한 상태며 함수비를 가진 입도 불량한 자갈, 실트섞인 모래로 통일분류법상 GP, SM로 분류된다. 표준관입시험에 의한 N치는 TB-6지역에서 24/30으로 나타난다. 전석 및 자갈이 포함되어 있으며, 색조 및 연경도는 황갈색, 회색을 띄고 느슨 내지 매우 조밀한 상태이다.

② 풍화토층

본 토층은 TB - 2,3 지역에서 1.1 ~ 1.3m 심도에서부터 확인되며 층후는 0.9 ~ 1.2m로 분포하고 있다. 본 토층은 기반암이 풍화되어 잔류된 것이다. 이 층의 토성은 소

량의 실트와 잔자갈을 함유한 풍화토이다. 표준관입시험에 의한 N치는 13/30 ~ 18/30으로 보통 조밀한 상대밀도를 나타낸다. 색조는 황갈색을 띄고 있다.

③ 풍화암층

본 암층은 기반암이 풍화작용에 의하여 변질되어 형성된 것으로서 모암의 조직과 구조를 그대로 유지하고 있으며, 심도 2.0 ~ 37.7m에서 확인되고 0.3 ~ 1.6m의 층후를 보이고 있다. 본층은 심한풍화 - 완전풍화를 받았으며, 암석의 강도는 약한 정도이고, 균열 및 파쇄가 심하다. 색조는 황갈색, 회색, 회갈색을 띄고 있다. TB - 4지역에서는 연암층 아래인 37.7 - 38.0m에서, TB - 5지역에서는 경암층과 역암층 아래인 35.2 - 36.8m에서 확인된다.

④ 연암층

본 암층은 기반암이 심도 0.5 ~ 2.5m에서부터 확인되며, 0.8 ~ 37.2m 층후로 분포하고 있다. 본층은 심한풍화(H.W)를 받았으며(TB-2는 신선), 암석의 강도는 약함에서 보통 강함 정도이고, 균열 및 파쇄가 심하여 코아 회수율이 저조하다. 색조는 회갈색, 황갈색, 회색을 나타낸다. 코아 회수율은 10 - 100%이고 R.Q.D는 0 - 70%로 나타난다.

⑤ 경암층

본 암층은 기반암이 심도 3.3 ~ 9.4m정도에서부터 확인되며 3.5 ~ 31.7m의 층후를 분포하고 있다. 본암 풍화정도는 심한풍화, 약간풍화 정도이며 암석의 강도는 보통 강함 내지 신선함을 나타낸다. 색조는 회색, 암회색이며 Joint Dip이 TB - 1, 2, 3, 5지역에서 30°~90°사이에 존재하며 코아 회수율은 50 - 100%이고, R.Q.D는 0 - 80%로 나타난다.

TB - 2지역에서 20.0 - 23.0m사이에 수직절리가 발달되어 있고 TB - 5지역에서는 20.8m지점에 약간의 점토가 충전되어 있으며, TB - 6지역에서는 5.5 - 6.0m지점에 산화대가 분포되어 있다.

⑥ 역암층

본 층은 TB - 5지역에서 심도 29.0 - 35.2m 지점에서 확인되는 층으로서 암석의 강도는 약하다. 색조는 회색을 띄며, 코아 회수율은 100%, R.Q.D는 0%이다. TB - 4지역에서도 이 심도부근이 약한 강도로 나타난다.

TB - 4, 5지역은 연암, 경암 아래로 풍화암, 역암층이 나타나고, 강도가 약함으로 터널시공단계에서 각별한 주의가 요구된다.

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	B	천정부에 균열 등의 결함이 발생된 상태이며, 보수를 실시하고 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 터널 전반에 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 스켈링 등이 다수 발생된 상태이나, 안전성을 저해할 만한 수준은 아닌 것으로 판단됨. 다만, 천정부 콘크리트 박리, 포장면 다우엘바 노출에 대해서는 조속한 조치가 필요하며, 터널부 사면에 발생된 표층유실에 대해서는 손상의 진전방지를 위한 적절한 조치가 요구필요함. 기 발생된 손상에 대해 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수를 실시하고, 보수가 실시된 이후에도 재발생 및 진전 여부에 대한 주기적으로 점검이 필요하다.
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. 특히, 다우엘바 노출은 주행성 저하가 우려되는 바 적절한 보수가 요망됨.
7	2009.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	터널은 전반적으로 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.

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 갭문 옹벽부 균열, 천정부 중·횡방향 균열 철근노출, 측벽부 균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상, 텔리네이터 파손, 사면부 표층파괴, 표층유실, 배수로 균열 및 파손, 전석 및 낙석, 지하수유출 등이 발생된 상태임. 기 발생된 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요함. 특히, 시·중점부 사면 전반에 전석, 뜬돌, 지하수 유출 및 얇은 파괴가 다수 진행중이므로 일부구간에서 보호공 등의 조치가 필요함.
9	2010.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 갭문 마감재 파손, 옹벽부 균열, 천정부 중·횡방향 균열, 철근노출, 측벽부 표면망상균열, 타일파손, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상, 텔리네이터 파손, 사면부 표층파괴 및 유실, 지하수유출 및 배수로 균열 등이 발생된 상태임. 기 발생된 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 특히, 시·중점부 사면 전반에 전석, 뜬돌, 지하수 유출 및 얇은 파괴가 다수 진행중이므로 일부구간에서 보호공 등의 조치가 필요함..
10	2010.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 갭문 마감재 파손, 옹벽부 균열, 천정부 중·횡방향 균열, 철근노출, 측벽부 표면망상균열, 타일파손, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상, 텔리네이터 파손, 사면부 표층파괴 및 유실, 지하수유출 및 배수로 균열 등이 발생된 상태이다. 기 발생된 손상현황에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며 조인트부 들뜸현황은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요하다. 특히, 시·중점부 사면 전반에 전석, 뜬돌, 지하수 유출 및 얇은 파괴가 다수 진행중이므로 일부구간에서 보호공 등의 조치가 필요하다.
11	2011.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	주요현황으로는 천정부 중·횡방향 균열 및 표면망상균열, 측벽부 타일파손 및 라이닝 표면망상균열, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 손상, 텔리네이터 파손, 사면부 침식 및 유실, 지하수유출 및 배수로 균열, 이완암 및 뜬돌 등이 발생된 상태이다. 터널내부의 손상현황은 터널의 내구성 확보를 위한 보수가 필요함 시점부 하행선 사면은 침식 및 표층유실부는 강우시 추가 손상이 우려되므로 측구 설치 및 배수공 검토가 필요하고, 시점부 상행선, 중점부 하행선 사면은 뜬돌 및 전석이 도로유입 가능성이 있으므로, 방호벽 등의 보호공이 필요하함

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	B	정밀점검 결과, 기 발생한 손상에 대한 일부 보수 및 정비가 실시된 상태이나, 갭문 접속 옹벽부 균열, 라이닝부 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 타일균열 및 파손, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 균열, 스폐링, 스켈링 및 다우엘바 노출, 텔리네이터 파손, 시·중점부 사면에 침식, 표층유실, 뜯돌, 낙석위험, 절리부 누수, 숏크리트 균열, 들뜸 및 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰 및 내구성 증진을 위한 보수가 필요하며, 조인트부에 발생한 들뜸은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험성을 내포하고 있으므로 신속한 보수가 요망된다. 또한, 사면부에 발생한 침식 및 표층유실은 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 조치가 필요하다.
13	2012.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	상동2터널은 2012년 3월 경에 기 발생한 손상에 대한 보수를 일부 실시하였으며, 보수 상태는 양호하나, 미보수된 라이닝부 균열 및 보수부 재균열, 조인트부 콘크리트 들뜸, 측벽부 타일 균열, 파손 및 탈락, 포장부 손상(균열, 스폐링, 스켈링), 공동구 덮개 파손, 시·중점부 사면의 표층유실, 인장균열, 뜯돌, 부석, 토석류, 절리부 누수, 배수시설 및 숏크리트부 균열, 들뜸, 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진 및 주행차량의 안전성 확보 차원의 보수가 필요하다. 특히, 시·중점부 사면에 발생한 표층유실 및 인장균열 등의 손상은 강우시 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 표면보호공 등의 조치가 필요하며, 중점부 사면의 상부 자연사면은 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.
14	2012.12(하반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	상동2터널의 주요손상으로 라이닝부의 균열 및 보수부 재균열, 망상균열, 조인트부 콘크리트 들뜸, 측벽부 타일 균열, 파손 및 탈락, 포장부 손상(스폴링, 스켈링), 공동구 덮개 파손, 시·중점부 사면의 표층유실, 인장균열, 뜯돌, 부석, 토석류, 절리부 누수, 배수시설 및 숏크리트부 균열, 들뜸, 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 지속적인 주의관찰과 손상의 진전시 터널의 내구성 증진 및 주행차량의 안전성 확보 차원의 보수가 필요하다. 특히, 시·중점부 사면 상단부에 발생한 표층유실 및 인장균열 등의 손상은 급한경사와 강우시 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로, 표면보호공 등의 조치가 필요하다. 중점부 사면의 상부 자연사면은 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.

번호	점검 · 진단기간	점검 및 진단 기관명	상태 등급	주요점검 · 진단내용
	점검 · 진단구분	점검 · 진단 책임기술자		
15	2013.6(상반기) 정기점검	(주)아워브레인 유 근 무	양호	상동2터널의 주요손상으로 라이닝부의 균열 및 보수부 재균열, 망상균열, 조인트부 콘크리트 들뜸, 측벽부 타일 균열, 파손 및 탈락, 포장부 손상(스폴링, 스켈링, 다우엘바 노출), 공동구 덮개 파손, 시·중점부 사면의 표층유실, 인장균열, 뜯돌, 부식, 토석류, 절리부 누수, 배수시설 및 슛크리트부 균열, 들뜸, 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 지속적인 주의관찰과 손상의 진전시 터널의 내구성 증진 및 주행차량의 안전성 확보 차원의 보수가 필요하다. 특히, 시·중점부 사면 상단부에 발생한 표층유실 및 인장균열 등의 손상은 급한경사와 강우시 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로, 표면보호공 등의 조치가 필요하다. 중점부 사면의 상부 자연사면은 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 추가 설치가 요망된다.

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 외관조사 결과

상동2터널은 경상남도 김해시 상동면 대감리에 위치한 직선형터널로, 터널의 연장은 상행선 520m, 하행선 520m로 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 부산 방향을 터널시점, 대구방향을 터널종점으로 하여 외관조사를 수행하였다.

대상시설물은 상/하행선 61/60개의 Segment로 구성되어 터널 및 부대시설을 각 스펀별로 구분하여 외관망도를 작성하였으며, 비파괴 측정자료등과 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. 주요 손상현황으로 마감재 파손 및 접속 옹벽부에 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.

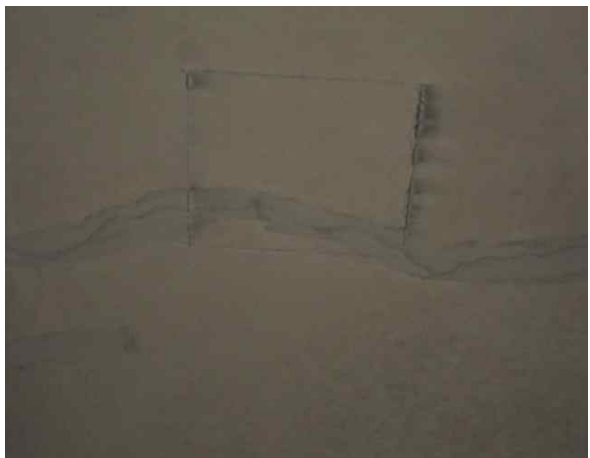
			
위 치	시점측 상행선		
현 황	옹벽부 균열(폭 0.5mm)		
			
위 치	중점측 하행선	위 치	시점측 하행선
현 황	마감재 파손	현 황	옹벽부 균열

2.1.2 콘크리트 라이닝

1) 천정부

천정부는 금회 조사시 일부에서 균열보수를 실시하였고, 양호한 상태이다. 주요 손상현황으로, 폭 0.2~0.5mm 정도의 균열 및 보수부 재균열이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 증진을 위한 보수가 필요하며, 균열의 폭 및 연장의 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요망된다.

			
위 치	상행선 SPAN 2	위 치	상행선 SPAN 54
현 황	균열 보수	현 황	균열 보수
			
위 치	상행선 SPAN 13	위 치	하행선 SPAN 2
현 황	균열 (폭 0.3mm)	현 황	균열 (폭 0.3mm)

			
위 치	하행선 SPAN 10		
현 황	보수부 재균열 (폭 0.5mm)		
			
위 치	상행선 SPAN 25	위 치	하행선 SPAN 15
현 황	표면균열	현 황	표면균열
			
위 치	하행선 SPAN 43	위 치	하행선 SPAN 59
현 황	보수부 재균열 (폭 0.3mm)	현 황	백태

2) 측벽부

타일 마감 처리된 측벽의 일부 타일탈락을 보수를 실시하였고, 양호한 상태이다. 주요 손상현황으로 라이닝부에 폭 0.3mm 정도의 경사균열이, 타일 마감 처리된 측벽은 일부구간에서 타일 균열, 파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰 및 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 27	위 치	하행선 SPAN 14
현 황	타일 탈락 보수	현 황	타일 탈락 보수
			
위 치	상행선 SPAN 37	위 치	하행선 SPAN 32
현 황	타일 균열	현 황	타일 균열

3) 조인트부

조인트부에서 일부 들뜸 보수를 실시하였고, 양호한 상태이다. 주요 손상으로 국부적인 콘크리트 들뜸이 다수 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 콘크리트 들뜸부는 탈락시 하부 주행차량의 안전사고 위험성을 내포하고 있으므로 신속한 조치가 필요하다.

			
위 치	상행선 JOINT 3	위 치	하행선 JOINT 43
현 황	콘크리트 들뜸 보수	현 황	콘크리트 들뜸 보수
			
위 치	상행선 JOINT 35	위 치	하행선 JOINT 20
현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.5)	현 황	콘크리트 들뜸(A=0.1*0.2)

4) 공동구

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

			
위 치	상행선 SPAN 1	위 치	하행선 SPAN 15
현 황	덮개 파손 보수	현 황	덮개 파손
			
위 치	하행선 SPAN 24	위 치	하행선 SPAN 59
현 황	덮개 파손	현 황	덮개 파손

2.1.3 바닥부

1) 포장부

콘크리트로 시공된 포장면은 국부적인 스폴링, 스켈링 및 다우엘바 노출이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 차량의 주행성 향상을 위한 보수가 필요하다.

			
위 치	상행선 SPAN 49	위 치	하행선 SPAN 35
현 황	스폴링	현 황	다우엘바 노출

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 상부 천정부 양측으로 2열 설치되어 있고 조명설치를 위한 고정앵커부의 상태 및 작동상태 등 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.
- 차량의 주행안전성 및 시인성 향상을 위한 안전 표지판 및 반사판, 교통신호시설 등의 설치 상태도 전반적으로 양호한 상태이다.
- 소화기함은 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

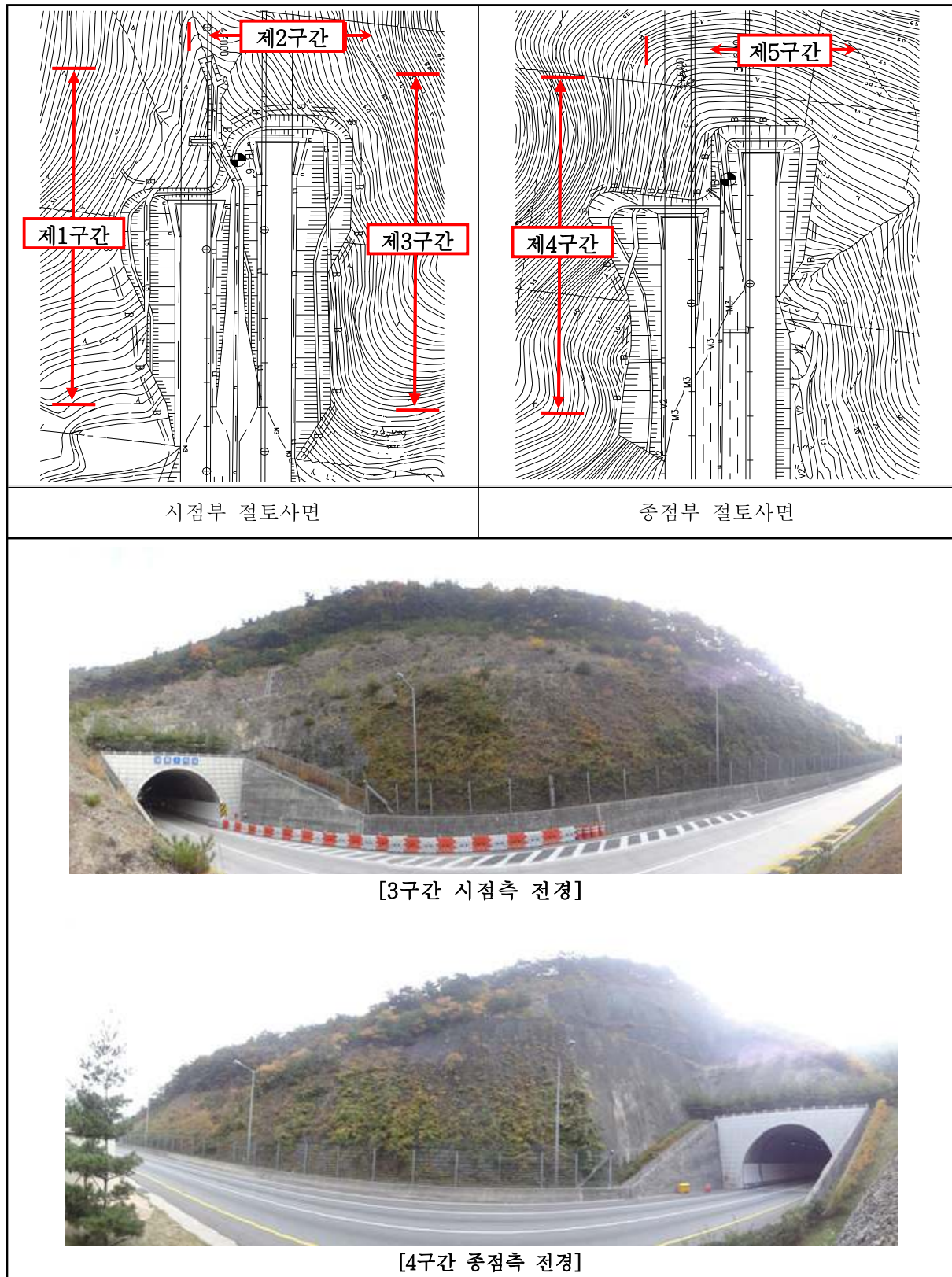
			
위 치	상행선	위 치	하행선
현 황	비상전화 전경	현 황	카메라 전경
			
위 치	상행선	위 치	상행선
현 황	소화기함 전경	현 황	전기시설 전경

2.1.5 터널부 절토사면

조사대상 절토사면은 연장 290m, 최대높이 49m인 시점부(부산측) 절토사면과 연장 340m, 최대높이 28m인 종점부(대구측) 절토사면으로 일반현황은 <표 2.1.1>와 같으며, 조사영역은 다음 <그림 2.1.1>과 같이 제1구간 : 시점부 좌측접속사면 및 하행선 갭문배후사면, 제2구간 : 시점부 상행선 갭문배후사면, 제3구간 : 시점부 우측접속사면, 제4구간 : 종점부 좌측접속사면, 제5구간 : 종점부 갭문배후 및 우측접속사면 등 5개구간으로 분할하여 외관조사를 실시하였다.

<표 2.1.1> 상동2터널 시·종점부 절토사면 현황

시점부 절토사면	시설물명		상동2터널 시점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상남도 김해시 상동면 대감리		
	제 원	연 장	290m	높 이	49m
		경사/방향	70/270	위 치	
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주 변 환 경	인공구조물	-		
		주변지형	능선부	상부사면경사	-
	시 공 현 황	준공년도	2006.2	시공자	두산중공업(주)
		부대시설	산마루 측구, 면벽식 갭문		
	비 고		Shotcrete, 녹생토, Soil Nailing, 거적덮기, 수목식재		
종점부 절토사면	시설물명		상동2터널 종점부 절토사면	시설물구분	절토사면
	위 치	행정구역	경상남도 김해시 상동면 대감리		
	제 원	연 장	340m	높 이	28m
		경사/방향	56/345	위 치	
	관리주체		신대구부산고속도로(주)	관리주체구분	민영기업
	주 변 환 경	인공구조물	-		
		주변지형	능선부	상부사면경사	-
	시 공 현 황	준공년도	2006. 2	시공자	두산중공업(주)
		부대시설	산마루 측구, 면벽식 갭문		
	비 고		Shotcrete, 녹생토, 거적덮기, 수목식재, 낙석방지망, 편책보수		



<그림 2.1.1> 조사구간 전경

1) 제1구간(시점부 좌측접속사면 및 하행선 갱문배후사면)

- 보호공은 거적덮기+Seed, 수목식재 및 일부 구간에 숏크리트가 시공됨
- 금회 조사시, STA.0+50 부근의 1~2단 사면부는 몰탈격자블럭 시공이 조사되었고, 현재 양호한 상태임
- 상부자연사면의 유역면적이 크며, 다량의 표면수 유입에 의한 세굴, 인장균열 및 표층유실이 있었으므로, 지속적인 주의관찰이 요망됨

			
위 치	하행선 1~2단 STA.40~90	위 치	하행선 1~2단 STA.40~90
현 황	몰탈격자블럭 시공	현 황	몰탈격자블럭 시공
			
위 치	하행선 2단 STA.20	위 치	하행선 2단 STA.20
현 황	표층유실 및 세굴	현 황	표층유실 및 세굴

2) 제2구간(시점부 상행선 갯문배후사면)

- 보호공은 갯문 상부 슛크리트가 시공되었으며, 국부적인 들뜸이 조사됨
- 암노출부는 심한풍화 상태로, 발달된 절리를 중심으로 이완암이 조사되었고, 주의 관찰 및 손상의 진전유무에 따라 통행차량의 안전성 확보 차원의 정비가 필요함
- 배수시설은 기능 발휘에 큰 문제는 없는 것으로 판단되나, 국부적인 균열 및 파손이 확인됨

			
위 치	상행선 2단 STA.170	위 치	상행선 2단 STA.180
현 황	슛크리트 들뜸	현 황	슛크리트 들뜸
			
위 치	상행선 2단 STA.180		
현 황	이완암		

3) 제3구간(시점부 우측접속사면)

- 보호공은 녹생토 및 수목식재와 소일 네일링, 하부 낙석방지울타리가 시공됨.
- 배수시설로 산마루측구와 STA.0+140 3단에 수직도수로가 시공되어 있으며, 국부적인 배수로 균열이 조사됨
- 암노출부는 보통~심한 풍화 상태로 조사되었으며, 발달된 절리를 중심으로 소규모의 이완암 및 뜯돌, 전석 등이 다수 조사됨
- STA.0+40, 120~150구간 1~2단의 암노출부 뜯돌은 지속적인 주의관찰과 더불어 손상의 진전이 있을시 표면보호공 등의 보수가 필요함
- 사면의 상단부에 일부 구간에서 녹생토 유실 및 수목전도 위험이 조사되었으며, 본선 유입시 통행차량의 안전성을 위해 정비가 필요함

			
위 치	상행선 2단 STA.60	위 치	상행선 1단 STA.120
현 황	심한 풍화	현 황	이완암
			
위 치	상행선 2단 STA.140		
현 황	뜯돌 및 퇴적		

4) 제4구간(중점부 좌측접속사면)

- 전반적으로 낙석방지망 및 낙석방지울타리가 설치되어 있으며, 솟크리트가 일부 시공된 상태임
- 솟크리트부는 국부적인 파손, 철근 노출 등의 손상이 조사됨
- 하단부의 암상태는 보통 풍화 상태로 조사되었으며, 발달된 절리를 중심으로 낙석 위험, 표층유실 및 절리부 누수 등의 손상이 일부 확인됨
- 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰 및 보수가 필요하며, 사면 상부는 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 설치가 요망됨

			
위 치	중점부 상행선	위 치	상행선 1단 상부 STA.40
현 황	점검계단 설치 요망	현 황	낙석위험
			
위 치	상행선 1단 STA.90		
현 황	표층유실		

5) 제5구간(중점부 갯문배후 및 우측접속사면)

- 보호공은 수목식재 및 슛크리트가 시공됨
- 사면의 중·상단부에 기 발생한 일부 표층유실부에 편책을 실시하였으나, 우수 유입 및 급경사에 의한 표층유실이 다수 발생하였으며, 추가 손상이 우려되므로 진전 유무에 대한 주의관찰 및 보수가 필요함
- 사면의 하단부는 보통~심한풍화 상태로 발달된 절리를 중심으로 뜬돌, 전석 및 낙석이 다수 발생하였으며, 절리부 누수 및 슛크리트 들뜸이 일부 조사된바, 주의관찰 및 보수가 필요함
- 배수시설에 발생한 국부적인 균열 및 상부 표층유실에 의한 토사퇴적 등의 손상은 원활한 배수를 위한 보수 및 정비가 요망됨

			
위 치	하행선 1단 STA.40	위 치	하행선 상부자연사면 STA.70
현 황	뜬돌	현 황	표층유실
			
위 치	하행선 1단 STA.110	위 치	하행선 상부자연사면 STA.100
현 황	뜬돌 및 낙석우려	현 황	토석류

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 마감재 파손, 옹벽부 균열 ■ 천정부 종·횡방향 균열 및 표면균열 ■ 측벽부 재균열, 타일균열 및 파손 ■ 조인트부 콘크리트 들뜸 ■ 공동구 덮개 파손 ■ 포장부 스펀링 및 스켈링, 다우엘바 노출 ■ 텔리네이터 파손 ■ 시·중점측 사면 표층유실, 인장균열, 이완 압, 뜯돌, 토석류, 배수로 균열, 파손 및 이 격	■ 갹문 마감재 파손, 옹벽부 균열 ■ 천정부 종·횡방향 균열 및 표면균열 <u>균열 보수 실시</u> ■ 측벽부 재균열, 타일균열 및 파손 <u>타일 보수 실시</u> ■ 조인트부 <u>들뜸 보수</u> 및 콘크리트 들뜸 ■ 공동구 덮개 파손 ■ 포장부 균열, 스펀링, 스켈링, 다우엘바 노출 ■ 시·중점측 사면 표층유실, 인장균열, 이완 압, 뜯돌, 토석류, 배수로 균열, 파손 및 이 격, 수목전도 위험 <u>물탈격자블럭 시공</u>
기 보수된 일부 손상의 재발생이 조사되었으며, 라이닝 및 터널 사면부의 손상에 대해서는 내구정 증진을 위한 적절한 보수 및 진전 유무에 대한 주의관찰이 필요함.	

2.2 내구성조사 결과

2.2.1 강도 측정

대상 구조물에 대한 콘크리트 비파괴 강도 조사 결과는 다음 <표 2.2.1>과 같다.

▶ 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	51.65	23.9	28.4	26.1	
	2	라이닝	S60 천정부	51.30	23.6	28.1	25.9	
하 행 선	3	라이닝	S2 천정부	55.90	26.6	31.9	29.3	
	4	라이닝	S59 천정부	57.50	27.6	33.3	30.5	

콘크리트 강도 측정 결과, 라이닝은 약 25.9~30.5Mpa(평균 107Mpa, %~127%) 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	2	50	48	a
	2	라이닝	S60 천정부	8	2	50	48	a
하 행 선	3	라이닝	S2 천정부	8	3	50	47	a
	4	라이닝	S59 천정부	8	3	50	47	a

라이닝 요소에서 측정된 콘크리트 탄산화 심도는 약 2mm~3mm(평균 2.5mm) 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 상·하행선 각 520m의 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, 터널주변 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 [S3-59]	1.02	0	0	0.47	0	0	0	0	0	1.49	0.06	a
철근 구간 [S1-2, 60-61]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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 [S3-58]	1.63	0	0	0.77	0	0	0	0	0	2.39	0.09	a
철근 구간 [S1-2, 59-60]	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	1.50	0.04	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

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	1.02	0	0	0.47	0	0	0	1	0	0.5	0	2.99	0.09	0.08	1.00	0.08	A
철근	0	0	0	0	0	0						1.50	0.03				

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	철근 노출	백태											
무근	1.63	0	0	0.77	0	0	0	1	0	0.5	0	3.90	0.11	0.11	1.00	0.11	A
철근	1.50	0	0	0	0	0						3.00	0.07				

3.2 안전등급 지정

상동2터널에 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 면벽식으로 마감재 파손, 옹벽부 균열 발생
	콘크리트 라이닝	천 정 부	▪ 천정부에 일부 균열 보수 실시 ▪ 폭 0.2~0.5mm 정도의 균열 및 보수부 재균열
		측 벽 부	▪ 타일 마감 처리된 측벽은 타일 탈락 보수 실시 ▪ 타일균열, 파손, 및 라이닝부 경사균열 발생
		조인트부	▪ 조인트부 들뜸 보수 실시, 일부에서 들뜸이 다수 발생
		공 동 구	▪ 공동구 내부는 침수 및 이물질퇴적 등의 손상이 없는 양호한 상태임 ▪ 공동구 덮개에 국부적인 파손 발생
	바닥부	포 장 부	▪ 콘크리트로 시공된 포장면은 스폐링, 스켈링 및 다우엘바 노출 발생
		배수시설	▪ 내부 좌·우측의 배수시설은 오염 및 이물질퇴적 등이 없는 양호한 상태임
	기타 시설물	조명시설 표지판 소화전등	▪ 터널내 조명시설, 소화전, 각종표지판 등은 전반적으로 양호한 상태임
	터널부 사면	시점측	▪ 몰탈격자블럭 시공 ▪ 표층유실, 세굴, 뜯돌, 배수로 균열 및 단차, 숏크리트부 균열 및 들뜸 및 수목전도 위험 등의 손상 발생
		중점측	▪ 낙석위험, 뜯돌, 표층유실, 절리부 누수, 숏크리트 들뜸, 파손 및 철근노출
비 파 괴 시 험	콘크리트 강 도	▪ 콘크리트 라이닝 : 25.9~30.5MPa, (설계강도 24Mpa)	
		평 가	콘크리트 강도는 설계기준강도를 상회하는 양호한 수준임
	콘크리트 탄 산 화	▪ 콘크리트 라이닝 : 2~3mm (피복두께 50mm)	
		평 가	탄산화 정도가 시설물의 내구성에 미치는 영향은 미미한 수준임
상태 평가	환산결함도 점수		▪ 상행선 0.08 ▷ 「A」 등급 · 하행선 0.11 ▷ 「A」 등급

4.2 결 언

상동2터널에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급의 우수한 상태로 평가되었다. 금회 조사시, 라이닝 균열 보수, 들뜸 보수, 타일 보수, 터널부사면 몰탈격자블럭 시공을 실시하였고, 양호한 상태이다. 주요 손상현황으로는 갱문 접속 웅벽부 균열, 라이닝부 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 타일균열, 조인트부 들뜸, 공동구 덮개 파손, 포장부 균열, 스폐링, 스켈링 및 다우엘바 노출, 시·중점부 사면에 표층유실, 뜯돌, 낙석위험, 절리부 누수, 숏크리트 균열, 들뜸 및 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 진전 유무에 대한 주의관찰 및 내구성 증진을 위한 보수가 필요하며, 조인트부에 발생한 들뜸은 탈락시 주행차량의 안전사고 위험성을 내포하고 있으므로 신속한 보수가 요망된다. 또한, 사면부에 보수를 실시한 몰탈격자블럭과 침식 및 표층유실은 지속적인 주의관찰과 우수 유입에 의한 추가 손상의 우려가 있으므로 조치가 필요하다.

제 5 장 보수 및 유지관리 방안

5.1 보수 방안

상동2터널은 2006년 2월에 준공되어 현재 공용중인 터널으로 상·하행선 각 520m의 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
천정부	균 열	0.3mm이상	M (개소)	9.0 (1)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	M (개소)	9.0 (1)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	72.0 (8)	수지주입공법	
	콘크리트 들뜸		M ² (개소)	2.15 (49)	단면보수공법	
측벽부	타일 균열		개소	16	교 체	
갯문부	균 열 (옹벽)	0.3mm이상	M (개소)	10.5 (5)	수지주입공법	
공동구	덮개 파손		개소	12	교 체	
포장부	스폴링		M ² (개소)	0.09 (3)	단면보수공법	
	스켈링		M ² (개소)	0.02 (1)	단면보수공법	

[표 5.1.2] 하행선 손상현황에 대한 보수 일람표

구 분	손 상 현 황		단 위	합 계	보수공법	비 고
천정부	균 열	0.3mm이상	M (개소)	10.0 (3)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	M (개소)	37.0 (4)	표면처리공법	
		0.3mm이상	M (개소)	57.0 (7)	수지주입공법	
	표면 균열		M ² (개소)	36.0 (3)	표면처리공법	
	콘크리트 들뜸		M ² (개소)	2.32 (65)	단면보수공법	
측벽부	균 열	0.3mm이상	M (개소)	5.0 (2)	수지주입공법	
	백태		M ² (개소)	0.2 (1)	표면처리공법	
	타일 균열		개소	12	교 체	
갹문부	균 열 (옹벽)	0.3mm미만	M (개소)	5.5 (3)	표면처리공법	
	마감재 파손		개소	2	교 체	
공동구	덮개 파손		개소	29	교 체	
포장부	스폴링		M ² (개소)	0.15 (5)	단면보수공법	
	스켈링		M ² (개소)	0.14 (14)	단면보수공법	
	다우엘바 노출		M ² (개소)	0.01 (1)	주의관찰	

[표 5.1.3] 시점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	전면(하행선) STA.0+10~+30m 2단 표층유실 및 세굴 A=20m*5m	물탈격자블럭	
	우측(상행선) STA.0+70m 2단 표층유실우려	주의관찰	
	우측(상행선) STA.0+150m 2단 녹생토 유실 A=1m*3m	주의관찰	
낙석위험	우측(상행선) STA.0+40m 1단 암괴 및 풍화심함	주의관찰	
	우측(상행선) STA.0+140m 1~2단 이완암	주의관찰	
	좌측(상행선) STA.0+160m 1단 이완암	방호벽	
	좌측(상행선) STA.0+170m~+215m 2단 이완암 L=40m	주의관찰	
배수시설	우측(상행선) 산마루측구 균열 L=3.5m, 3EA	균열보수	
	좌측(상행선) 배수로 파손 및 균열	단면보수	
	좌측(하행선) 산마루측구 균열 L=1.5m, 1EA	균열보수	
수 목			
기 타	우측(상행선) STA.0+140m 2단 누수	주의관찰	
	전면(상행선) STA.0+152~170m	주의관찰	
	2단 슛크리트 균열 및 들뜸 A=3.0m*3.0m L=1.5m		

[표 5.1.4] 종점측 터널부사면 손상현황에 대한 보수 일람표

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	좌측(상행선) STA.0+95m 1단 표층유실 A=2m*5m 전면(하행선) STA.0+60~80m 자연사면 표층유실 A=20m*10m 전면(하행선) STA.0+95m 2~3단 표층유실 및 토석류 A=5m*5m	단면정리 물탈격자블럭 숏크리트 월류방지턱	
낙석위험	전면(상행선) STA.0+10m 1단 숏크리트 탈락 A=0.5m*0.5m 전면(상행선) STA.0+40m 1단 상부 전석 좌측(하행선) STA.0+100~+120m 1단 전석 L=20m	단면보수 정비 방호벽	
배수시설	전면(하행선) 산마루측구 균열 L=10m (4EA) 전면(하행선) STA.0+95m 산마루측구 파손	균열 보수 단면보수	
수 목			
기 타	전면(하행선) STA.0+80~95m 2단 숏크리트부 누수 및 숏크리트 들뜸 A=3m*5m 전면(하행선) STA.0+95m 3단 누수 좌측(상행선) 1단 누수 (5EA)	주의관찰 및 단면보수 주의관찰 주의관찰	

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 파손	· 파손 및 균열 진전 여부	육안조사
갯문부	◦ 옹벽부 균열, 마감재 파손	· 진전 여부	육안조사
포장부	◦ 스켈링, 스폐링	· 진전 여부	육안조사
사면부	◦ 시·중점측 사면 표층유실, 세굴, 뜬돌, 낙석위험, 절리부 누수, 숏크리트 균열, 들뜸 및 파손	· 진전 여부	육안조사