제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기 점검 실시결과 요약

2.4 보수·보강 이력

2.5 내진설계 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.1.1 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음 【표 2.1.1】과 같다.

【표 2.1.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ 대구~부산간 고속도로 민간투자사업 (제 4공구) - 설계서 - 내역서 - 수량산출서, 단가산출서 - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 - 실시설계일반보고서 - 기본설계보고서 - 토질조사보고서
	◇ 설계도면 - 공통, 토목, 건축, 기계·전기설비	○	
시설물 관 리 대 장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ FMS 전산관리
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	○	◇ 품질시험총괄표 ◇ 시공기록보고서
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ FMS 전산관리
보수·보강 자료		○	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.2.1 기본사항

가. 공사의 목적

신대구-부산간 고속도로는 기존의 경부 고속도로가 경주방향으로 우회함므로써 신대부-부산간의 비합리적 수송체계 및 과중한 교통량으로 인한 막대한 경제적, 시간적 손실을 토래하고 있어 기존 경부고속도로의 보강기능과 분담효과를 기대함과 동시에 동남권 지역의 개발을 촉진하고 급증하는 물동량의 원활한 수송을 위하여 설계되었으며 청도2터널은 신대구-부산간 구간의 제4공구에 해당된다.

나. 시설물의 설계 및 계획

1) 터널 단면

터널의 내공 단면은 도로폭원 및 건축한계를 만족시킬 뿐만 아니라 환기, 방재, 조명, 내장, 배수 등 내부 설치공간을 확보하고 구조적으로 안정하며 경제적인 단면을 결정해야 한다.

2) 터널 내공단면 구성

① 건축한계는 “도로의 구조·시설기준에 관한 규정”과 한국도로공사 발생“도로설계요령”, “고속도로 터널설계 실무자료집”의 기준으로 설계

- 차도 : 7.2m(2@3.6)
- 길어깨 : 2.0m(2@(0.15+0.65+0.2))
- 시설대 : 1.719m(0.93+0.789) → 건축한계선과 내장 마감재 여유
- 차량통과 높이 : 4.8m
- 조명등은 터널단면의 양측 우각부에 설치
- 각종 Cable 등의 설치를 위한 공동구 설치

상기의 제요인과 청도2터널의 편구배 2%를 고려하여 구조적으로 안정하며 경제적인 단면인 난형을 채택

② 각종 Cable 등의 설치를 위한 공동구를 양측에 설치하였으며, 필요시 도보로 유지보수 및 관리를 위한 통로로서 활용

③ 단면 형상은 배수설비로 양측 바닥에 유공관을 설치하여 Invert를 설치하지 않고 바닥 Slab는 수압을 고려하지 않는 배수터널 형식으로 굴착단면을 줄임

④ 라이닝에 작용하는 압력을 분포시키기 위해 Arch부와 측벽부를 원형으로 설계하여 휨 응력을 극소화시키고 축력을 분포

⑤ 터널 측벽 배수를 위해 숏크리트면과 2차 라이닝 콘크리트 사이에 Filter Concrete로 보호된 PVC 유공관(φ100)을 설치하고 C.T.C 10m마다 배수구에 연결

3) 환기검토

본 터널의 설계목표년도는 2021년으로 향후 20년 후의 교통상태를 목표로 하고 있으며, 일본방식의 산출식과 PIARC식(국제상설도로협회의 방식) 두식을 이용하여 소요환기량을 각각 계산한 후 비교하여 최적의 환기검토가 될 수 있도록 하였다.

그 결과, 청도2터널의 대구방향은 환기용 제트팬(φ1000-6대), 부산방향은 방재용 제트팬(φ1000-6대)이 필요하므로 제트팬의 규격을 감안하여 터널 소요단면을 확정하였다.

【표 2.2.1】터널 환기기 산정결과

구 분	대구방향(φ1000모델)	부산방향(φ1000모델)
원활교통시	0대	0대
지체교통시	6대	4대
방재시	6대	6대
적용값	6대	6대

4) 부대시설 설치계획

① 비상주차대

터널내에서 고장 혹은 사고를 일으킨 차량이 다른사고를 유발하거나 다른차량의 주행을 방해하지 않도록 일시 주차시키기 위한 시설인 비상주차대는 국내의 경우 장대 터널에서의 바상주차대 설치 간격이 특별히 규정되어 있지 않으나, “도로설계요령(일본도로공단)” 및 기존의 설계를 준용하여 다음과 같이 계획하였다.

- 기준 간격은 설치규정(700~800m) 미만으로 적용
- 기준 간격 구간에 지질조건상 대단면 굴착이 곤란한 경우 기준간격에 근접하여 설치
- 방재 설계규정에 의거, 병설터널에서 피난연락갱과 비상주차대는 같은 위치에 설치
- 비상주차대의 폭원은 3.0m(측대가 있는 경우는 측대 포함한 폭)이며 접속길이는 5.0m, 유효길이는 20.0m 적용

② 피난연결통로

피난 연결통로는 장대터널에서 화재 또는 긴급상황 발생시 매연 등으로 인한 피해로부터 운전자와 승객을 우선 피난시키기 위한 시설이며, 청도2터널에서는 피난연락갱이 비상주차대와 병용하여 설치되므로 비상주차대와 같은 간격으로 설치하였으며, 단면 형상은 인도용, 차도용 구분없이 병용 사용하고 대형차량의 진·출입에 지장이 없도록 폭 4.7m, 높이 4.8m의 건축한계가 확보되도록 하였다.

5) 굴착공법

본 터널은 갱구부에서 절리가 많고 파쇄가 많아 막장의 자립시간이 짧으므로 반단면 굴착으로 하였으며, 심도가 깊은 내측 터널구간은 전단면 굴착을 적용하였다. 특히, 터널 입출구부에 탄성파 조사에서 약대(Weak Zone)로 생각되는 저속도 층이 분포하므로 굴착시 막장조사에 따라 예측치 못한 지질여건 변화에 대응토록 주의가 요구된다. 또한, 시공시 굴착단면의 형상, 구배, 곡률반경에 제약을 받고 경제성이 저하되어 TBM보다 경제적이며, 지보재 적용으로 단면 변화와 변형단면에 대처가 양호하고 안정성을 확보할 수 있는 NATM공법을 채택하여 시공하였다.

다. 터널의 안전성 해석 및 검토

1) 개요

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장조사부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

본 과업에서는 NATM 터널구간에 대해서 안전성 검토를 실시하였으며, 안전성 검토시 지형 및 지질조건, 지보패턴 등을 고려하여 가장 불리한 단면에 대해 안전성 검토를 수행하였다. 안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정 조사 및 시험 등의 선택과업은 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 관리주체 감독자와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영 이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측・측정・조사・시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하다. 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- 재료시험 결과 분석, 지질조사 등의 결과 분석
- 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- 구조물의 구조검토・해석결과 분석
- 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

2) 안전성평가 방법

일반적으로 터널 해석에 적용되는 수치해석 기법은 크게 연속체 모델, 불연속체 모델, 지반반력 모델 등 세가지로 나누어 지는데, 보요소법, 유한요소법, 유한 차분법, 경계요소법, 개별요소법, 혼합법 등이 이러한 범주에 든다.

본 설계에서는 지반을 각 절점에서 연결된 요소로서 이산화된 연속체로 간주한다는 점에서 유한요소법과 유사하나 미지수를 구하기 위해 채택하는 방법에서 차이가 있는 유한차분법을 이용하여 과업대상 구간에 위치한 청도2터널의 단면이 해석되었다.

지중 구조물의 안전성 평가방법은 일반적으로 주변지반의 응력상태를 고려한 해석적 방법에 의해 이루어진다. 해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우 현장조사 및 수집자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함, 주변지반조건 등을 종합하여 현 상태로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있다. 또한, 『콘크리트 구조기준』, 『터널표준시방서』 등에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

구조물의 해석시 안전 여유율이 고려되어 있으므로 현재상태의 구조물에 대한 안전해석 결과가 『콘크리트 구조기준』의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물이 불안전하다는 것이 아니라 단지 구조물의 안전 여유율이 적다는 것을 의미한다. 따라서 수치해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전 여유율을 확보하고 있느냐의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

3) 터널 현황 및 지반물성치 결정

① 터널위치

【표 2.2.2】터널위치

구 분	위 치	갱문현황
대구방향	Sta.6+090.0~7+640.0(공사용 이정 표시)	시점측 : 면벽식 / 종점측 : 돌출식
부산방향	Sta.6+050.0~7+600.0(공사용 이정 표시)	시점측 : 면벽식 / 종점측 : 돌출식

② 지형 및 지질

본 조사지역은 행정구역상 경북 경산군 남천면 하도리와 청도읍 덕암리 일원에 위치하며, 지질은 중생대 백악기를 통하여 형성된 관계 미상의 주산안산암질 암류인 안산암질암으로 각력을 함유하고 있다. 각력을 함유하는 암들의 기질은 석영, 안산암, 각석안산암, 휘석안산암 등이며, 이들 암석들의 주구성 광물은 사장석, 각섬석, 투휘석과 약간의 자철석이며, 부구성 광물은 자소휘석과 석영으로 구성되어 있다.

③ 지층

- 표토층(매립층)

본 조사지역에 분포하는 매립층은 부지조성시 인위적인 매립에 의해 형성된 층으로서 현 지표면으로부터 0.5~0.7m까지 분포하고 있다. 구성토질은 자갈 및 실트섞인 모래, 약간의 실트섞인 자갈모래 등으로 구성되어 있다.

- 풍화대

본 지역에 분포하는 풍화대는 기반암의 오랜기간 풍화작용을 받아 형성된 지층으로서 일반적으로 상부 풍화토와 하부 풍화암으로 구분할 수 있다. 상부풍화토는 기반암이 완전 풍화되어 실트 또는 모래질 흙으로 토양화 되었으며, 하부는 모암으로서 역학적 성질은 변화되었지만 모암의 조직과 구조를 보이며 일부 암편을 함유하기도 하는 대단히 조밀 견고한 풍화암이 분포한다. 본 풍화대는 현 지표로부터 3.0~3.8m 하부에 분포하고 있으며, 표준관입시험에 의한 N치는 50/30~50/19회로 대단히 조밀한 상대밀도를 가진다.

- 기반암

본 조사지역에 분포하는 기반암은 중생대 백악기를 통하여 형성된 관계미상의 주산 안산암질 암류인 안산암질암으로 각력을 함유하고 있다. 각력을 함유하는 암들의 기질은 석영안산암, 각섬석안산암, 휘석안산암 등이며, 이들 암석들의 주구성 광물은 사장석, 각섬석, 튀휘석과 약간의 자철석이며, 부구성 광물은 자소휘석과 석영으로 구성되어 있다. 금번 조사결과 기반암의 풍화정도는 Highly~Moderately Weathered된 상태이며, 균열 및 절리의 발달로 대체로 암편내지 단주상의 코어로 채취도었으며, 코어회수율(T.C.R)은 연암에서 10~88%, 경암에서 0~97%이며, 암질지수(R.Q.D)는 연암에서 0~78%, 경암에서 0~80%로 회수되었다.

④ 물성치

【표 2.2.3】 단면해석에 활용된 물성치

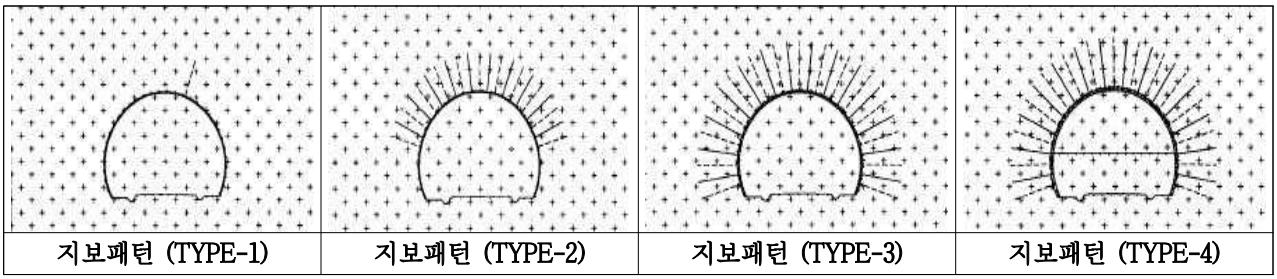
구분	탄성계수 ($\times 10^3 t/m^2$)	포아송비	마찰각	점착력 (t/m^2)	측압계수	단위중량 ($\times t/m^2$)
경암	680	0.25	35	25	2.0	2.60
연암	200	0.25	35	5	0.33	2.30
풍화암	20	0.30	30	2	0.43	2.10
토사	2	0.35	25	1	0.54	1.90
Soft S/C	50	0.20	-	-	-	2.40
Hard S/C	150	0.20	-	-	-	2.40
Rock Bolt	21,000	-	-	-	-	-
Steel Rib	21,000	-	-	-	-	-

⑤ 지보패턴

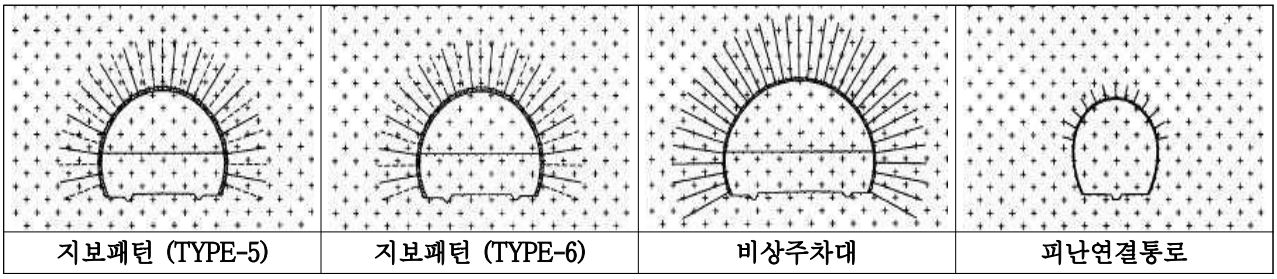
【표 2.2.4】 지보패턴

형 식		TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3	TYPE-4	TYPE-5	TYPE-6	비상주차대	비고
암반등급 (RMR점수)		Ⅰ (81-100)	Ⅱ (61-80)	Ⅲ (41-60)	Ⅳ (21-40)	Ⅴ (20이하)	터널입출구		
굴착방법		전단면	전단면	전단면	반단면	반단면	반단면	반단면	
굴진장/지보공		3.5m/-	3.5m/-	2.0m/-	1.5m/1.5m	1.2m/1.2m	1.2m/0.6m	1.5m/1.5m	상반
					3.0m/1.5m	2.0m/1.2m	2.0m/0.6m	2.0m/1.5m	하반
록볼트	형식	Random	System 천정	System 천정, 측벽	System 천정, 측벽	System 천정, 측벽	System 천정, 측벽	System 천정, 측벽	D25(SD35)
	길이	3.0m	3.0m	4.0m	4.0m	4.0m	4.0m	5.0m	
	종간격	-	3.0m	2.0m	1.5m	1.2m	1.2m	1.5m	
	횡간격	-	1.5m	1.5m	1.5m	1.5m	1.5m	1.5m	
SHOTCRETE (강섬유보강)		5cm (일반)	5cm	8cm	12cm	16cm	16cm	16cm	σ_{ck}=210 kg/m^2
STEEL RIB (H-100×100×6×8)		-	-	-	1.5m	1.2m	0.6m	1.5m	SWS400
LINING		30cm	30cm	30cm	30cm	30cm	30cm	40cm	σ_{ck}=240 kg/m^2

【표 2.2.5】 지보패턴 일반도



지보패턴 (TYPE-1) | 지보패턴 (TYPE-2) | 지보패턴 (TYPE-3) | 지보패턴 (TYPE-4)



지보패턴 (TYPE-5) | 지보패턴 (TYPE-6) | 비상주차대 | 피난연결통로

⑥ 해석단면의 선정

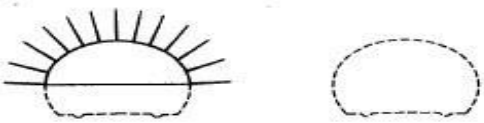
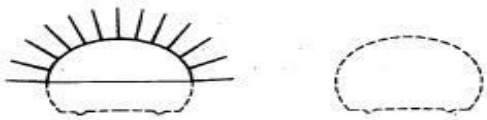
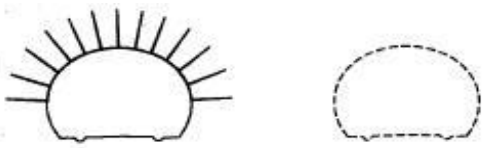
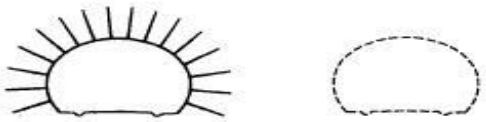
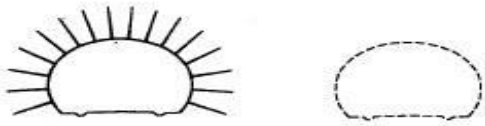
터널 굴착시 가장 큰 위험이 따르고, 상부토피가 연암층에 형성되는 터널 갱구부의 시·종점 각 한단면씩과 비상주차대 단면을 선정하였다.

【표 2.2.6】 해석단면 위치

구 분	해석위치	지보패턴		굴착공법	지질	비 고
		대구방향	부산방향			
청도2터널	Sta.6+820	비상주차대	비상주차대	상/하 반단면굴착	경암	비상주차대
	Sta.7+500	TYPE-4	TYPE-5		경암	
	Sta.7+560	TYPE-6	TYPE-6		경암	터널갱구부

⑦ 해석단계

- 반단면 굴착

구 분	시행현황	시공단계	하중분담율(%)
0		초기응력	
1		좌측터널 상부반단면 굴착	40
2		좌측터널 상부반단면 Soft S/C+Rock Bolt	30
3		좌측터널 상부반단면 Hard S/C+Rock Bolt	30
4		좌측터널 하부반단면 굴착	40
5		좌측터널 하부반단면 Soft S/C+Rock Bolt	30
6		좌측터널 하부반단면 Hard S/C+Rock Bolt	30

구 분	시행현황	시공단계	하중분담율(%)
7		우측터널 상부반단면 굴착	40
8		우측터널 상부반단면 Soft S/C+Rock Bolt	30
9		우측터널 상부반단면 Hard S/C+Rock Bolt	30
10		우측터널 하부반단면 굴착	40
11		우측터널 하부반단면 Soft S/C+Rock Bolt	30
12		우측터널 하부반단면 Hard S/C+Rock Bolt	30

⑧ 해석결과

- 주변지반의 소성영역은 일부구간에서 라이닝 측벽부 상부에 미소하게 나타나나 Rock Bolt 길이 이내에 분포하므로 전체적인 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 콘크리트 응력, Rock Bolt 축력 등 주요 지보재의 부재력은 안전범위 이내로 나타나고 있다.
- 비상주차대 구간은 표준패턴보다 확동되어 접속하므로 응력의 흐름상에서 보더라도 라이닝의 보강이 필요할 것으로 판단되고 또한 시·종점부는 L=27.0m 비상주차대 전후 L=9.0m씩 온도변화, 건조수축의 영향을 고려하여 철근배근을 시행하였다.
- 시공시에는 경험있는 현장기술자가 설계조건과 시공조건을 비교분석하여 시공의 적합성, 안전성 등을 판단하고, 현장계측을 철저히 시행하여 과대한 침하나 변형이 발생할 경우에는 추가적인 지보재의 설치, 시공방법의 변경 등 별도의 대책을 강구하여야 한다.

라. 내부 라이닝

1) 라이닝 역할

라이닝은 터널의 구조상 중요한 요소로 토압, 수압 등의 하중에 장기적으로 견뎌내고, 균열, 변형, 파괴 등을 일으키지 않으며, 내구성 이외에 수밀성과 평탄성 등의 성질을 갖고 터널로서는 필요한 공간과 기능을 확실하게 유지하여야 한다.

특히, NATM에 의한 터널굴착시에도 라이닝에 대해서는 다음과 같은 역할들을 생각할 수가 있다.

① 라이닝은 터널의 변형이 수렴된 뒤에 시공되어야 한다.

② 락볼트는 통상 부식에 대한 방식처리가 되어있지 않고 최종적으로 하중을 지보하는 숏크리트와 라이닝 이므로, 락볼트의 부식문제나 지반의 불균일성, 숏크리트 품질의 불균질 등의 불완전요소를 고려하여 라이닝을 안전율의 증가로서 평가한다.

③ 라이닝 후에 새로이 발생하는 수압, 지반의 크리프 변형, 팽창성 토압 또는 토피가 낮은 경우에는 나중에 사용하는 상재하중을 라이닝에 지보한다고 볼 수 있다.

④ 재래공법에서는 숏크리트, 락볼트를 일차적인 지보로 생각하고, 최종적으로는 라이닝이 전하중을 지보한다고 볼 수 있다.

이상과 같이 설계에서 라이닝콘크리트의 역할을 여러 가지 의미로 생각하고 있으나, 본 청도2터널은 숏크리트와 락볼트가 하중을 지보하고 구조적 안정성을 증대시키기 위하여 라이닝을 설치하는 것으로 하였다.

2) 타설시기 및 두께

타설시기는 변위가 수렴된 후가 가장 좋으며, 일반적으로 숏크리트 타설 후 1~3개월 후면 변위가 수렴하는 것으로 되어 있다. 실제면에서는 변위가 수렴된 후에 타설하는 것이므로 본선은 30cm, 비상주차대는 40cm로 채택하였다.

3) 시·종점부 보강

① 일반적으로 갱구부는 절토면과 접하고, 암반의 자립시간이 고려되지 않으며, 지보공이 설치되지 않으므로, 지반의 이완이나 변형의 발생에 특별히 주의를 하여야 한다. 또한, 갱구부의 라이닝은 터널 내부와 외부의 온도 영향을 많이 받게 되므로 균열이 발생될 우려가 있어 보강이 필요하다.

② 따라서, 본 터널에서는 갱구부의 안전 측면에서 시·종점부 L=27.0m 및 비상주차대의 전후 9m, 비상주차대 구간을 철근콘크리트 구조의 라이닝이 필요하므로 설계에 반영하였다.

2.3 기 점검 실시결과 요약

본 터널은 2005년 10월 실시한 초기점검을 시작으로 2015년 3월 정기점검(상반기)까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정밀점검 4회, 정기점검 14회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음 【표 2.3.1】【표 2.3.2】와 같다.

2.3.1 기 점검이력

【표 2.3.1】청도2터널(대구) 기 점검이력

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태등급
1	초기점검	'05.10.28 ~ '06.04.25	㈜아워브레인	•최상의 상태인 A등급으로 평가됨	A등급
2	하반기 정기점검	'06.09.19 ~ '06.12.31	㈜아워브레인	•천단 및 측벽부 기존현황에 균열 등의 손상이 추가적으로 발생	양호
3	상반기 정기점검	'07.05.10 ~ '07.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사함 •체수로 인한 주행성 저하가 우려되므로 배수구 이물질 제거가 요구됨	양호
4	정밀점검	'07.08.22 ~ '07.12.20	㈜아워브레인	•천단부 및 측벽부 균열, 콘크리트 박리 등이 추가 조사됨 •배수구 이물질 퇴적으로 인한 체수 발생	B등급
5	상반기 정기점검	'08.03.10 ~ '08.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사함	양호
6	하반기 정기점검	'08.09.30 ~ '08.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며 국부적인 조인트부 박리가 추가 조사됨	양호
7	상반기 정기점검	'09.03.31 ~ '09.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며, 국부적인 타일 파손이 추가 조사됨	양호
8	정밀점검	'09.10.01 ~ '09.12.31	㈜아워브레인	•천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 반달형 균열, 공동구 균열, 포장 손상(스켈링, 스폴링), 사면 표층유실, 측구 균열, 전석 및 뜬돌 등이 발생	B등급
9	상반기 정기점검	'10.03.08 ~ '10.60.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사 •조인트부 들뜸 및 표지판 볼트탈락은 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요함	양호
10	하반기 정기점검	'10.09.06 ~ '10.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사	양호

【표 2.3.1】 청도2터널(대구) 기 점검이력(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태등급
11	상반기 정기점검	'11.02.10 ~ '11.06.30	㈜아워브레인	●터널 전반에 균열보수 및 단면보수가 실시중이며, 향후 점검시 보수부에 대한 주의관찰이 요망됨	양호
12	정밀점검	'11.07.29 ~ '11.12.31	㈜아워브레인	●천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 반달형 균열, 공동구 균열, 포장 손상(스켈링, 스폴링), 사면 표층유실, 식생불량, 측구 균열, 전석 및 뜬돌 등이 발생	A등급
13	상반기 정기점검	'12.02.20 ~ '12.06.30	㈜아워브레인	●일부 보수를 실시하였으며, 보수상태는 양호한 것으로 확인됨 ●상부 자연사면은 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 설치가 요망	양호
14	하반기 정기점검	'12.08.20 ~ '12.12.31	㈜아워브레인	●전차 점검과 유사하며, 공동구 측면 타일탈락에 대한 보수가 실시됨	양호
15	상반기 정기점검	'13.02.25 ~ '13.06.30	㈜아워브레인	●전차 점검과 유사	양호
16	정밀점검	'13.09.09 ~ '13.12.31	㈜아워브레인	●문제점이 없는 최상의 상태인 A등급으로 평가됨 ●라이닝 균열 및 백태, 들뜸, 공동구 타일 보수 실시 ●천정부 종 · 횡방향 균열 및 조인트부 들뜸, 타일파손, 공동구 체수 및 포장손상(스켈링, 스폴링) 등이 미보수된 상태로 확인됨	A등급
17	상반기 정기점검	'14.02.24 ~ '14.06.30	㈜아워브레인	●전차 점검과 유사	양호
18	하반기 정기점검	'14.08.18 ~ '14.12.31	㈜아워브레인	●전차 점검과 유사하며, 공동구 측면 타일 및 화재구간 타일보수, 제트팬 정비를 실시중에 있음	양호
19	상반기 정기점검	'15.03.02 ~ '15.06.30	㈜아워브레인	●전차 점검과 유사 ●종점측 터널 상부 자연사면은 급경사로 인하여 점검계단의 추가설치가 요구되며, 녹생토 유실구간은 주의관찰 실시	양호

【표 2.3.2】 청도2터널(부산) 기 점검이력

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태등급
1	초기점검	'05.10.28 ~ '06.04.25	㈜아워브레인	•최상의 상태인 A등급으로 평가됨	A등급
2	하반기 정기점검	'06.09.19 ~ '06.12.31	㈜아워브레인	•천단 및 측벽부 기존현황에 균열 등의 손상이 추가적으로 발생	양호
3	상반기 정기점검	'07.05.10 ~ '07.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사함 •체수로 인한 주행성 저하가 우려되므로 배수구 이물질 제거가 요구됨	양호
4	정밀점검	'07.08.22 ~ '07.12.20	㈜아워브레인	•천단부 및 측벽부 균열, 콘크리트 박리 등이 추가 조사됨	B등급
5	상반기 정기점검	'08.03.10 ~ '08.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사함 •체수로 인한 주행성 저하가 우려되므로 배수구 이물질 제거가 요구됨	양호
6	하반기 정기점검	'08.09.30 ~ '08.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며 국부적인 조인트부 박리가 추가 조사됨	양호
7	상반기 정기점검	'09.03.31 ~ '09.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며, 국부적인 타일 파손이 추가 조사됨	양호
8	정밀점검	'09.10.01 ~ '09.12.31	㈜아워브레인	•천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 반달형 균열, 공동구 균열, 포장 손상(스켈링, 스폴링), 사면 표층유실, 측구 균열, 전석 및 뜬돌 등이 발생	B등급
9	상반기 정기점검	'10.03.08 ~ '10.60.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사 •조인트부 들뜸 및 표지판 볼트탈락은 주행차량의 안전사고 위험을 내포하고 있으므로 유지관리가 필요함	양호
10	하반기 정기점검	'10.09.06 ~ '10.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사	양호
11	상반기 정기점검	'11.02.10 ~ '11.06.30	㈜아워브레인	•터널 전반에 균열보수 및 단면보수가 실시중이며, 향후 점검시 보수부에 대한 주의관찰이 요망됨	양호

【표 2.3.2】 청도2터널(부산) 기 점검이력(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요 점검결과	상태등급
12	정밀점검	'11.07.29 ~ '11.12.31	㈜아워브레인	•천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 측벽부 균열 및 타일파손, 조인트부 들뜸 및 반달형 균열, 공동구 균열, 포장 손상(스켈링, 스폴링), 사면 표층유실, 식생불량, 측구 균열, 전석 및 뜬돌 등이 발생	A등급
13	상반기 정기점검	'12.02.20 ~ '12.06.30	㈜아워브레인	•일부 보수를 실시하였으며, 보수상태는 양호한 것으로 확인됨 •상부 자연사면은 경사가 급하여 점검 이동시 안전사고의 위험이 있으므로 점검계단 설치가 요망	양호
14	하반기 정기점검	'12.08.20 ~ '12.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며, 공동구 측면 타일탈락에 대한 보수가 실시됨	양호
15	상반기 정기점검	'13.02.25 ~ '13.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사	양호
16	정밀점검	'13.09.09 ~ '13.12.31	㈜아워브레인	•문제점이 없는 최상의 상태인 A등급으로 평가됨 •라이닝 균열 및 백태, 들뜸, 공동구 타일 보수 실시 •천정부 종 · 횡방향 균열 및 조인트부 들뜸, 타일파손, 공동구 체수 및 포장손상(스켈링, 스폴링) 등이 미보수된 상태로 확인됨	A등급
17	상반기 정기점검	'14.02.24 ~ '14.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사	양호
18	하반기 정기점검	'14.08.18 ~ '14.12.31	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사하며, 공동구 측면 타일 및 화재구간 타일보수, 제트팬 정비를 실시중에 있음	양호
19	상반기 정기점검	'15.03.02 ~ '15.06.30	㈜아워브레인	•전차 점검과 유사 •종점측 터널 상부 자연사면은 급경사로 인하여 점검계단의 추가설치가 요구되며, 녹생토 유실구간은 주의관찰 실시	양호

2.3.2 기 점검 실시결과(2013년 12월)

가. 대구방향

1) 외관조사

구 분	손 상 현 황		단 위	합 계	보수공법	비고
천단부	균 열	0.3mm미만	m(개소)	9.0(4)	표면처리공법	
		0.3mm이상	m(개소)	88.0(18)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	m(개소)	93.0(13)	표면처리공법	
		0.3mm이상	m(개소)	334.0(40)	수지주입공법	
	표면균열		㎡(개소)	2.0(1)	단면보수공법	
	콘크리트 들뜸		㎡(개소)	0.63(7)	단면보수공법	
	표면불량		㎡(개소)	16.0(4)	표면처리공법	
	제트팬 녹발생		개소	11	재도장	
측벽부	콘크리트 파손		㎡(개소)	0.06(1)	단면보수공법	
	타 일	균 열	개소	4	교 체	
공동구	덮개 파손		개소	3	교 체	
	본체 파손		㎡(개소)	0.33(2)	단면보수공법	
	타 일	균 열	개소	1	교 체	
		탈락, 파손	개소	16	교 체	
포장부	스폴링		㎡(개소)	23.4(6)	단면보수공법	
	스켈링		㎡(개소)	0.5(9)	단면보수공법	
	표면균열		㎡(개소)	20(1)	단면보수공법	
배수시설	이물질 퇴적		개소	5	정 비	

2) 비파괴시험

구 분	위 치	시험결과	비 고	검 토
콘크리트 강도시험	라이닝	·반발경도법 : 24.8~28.6MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
탄산화시험	라이닝	·탄산화깊이 : 3~4mm ·피복두께 : 50mm ·평가등급 : a	· a등급 : 탄산화 잔여깊이 30mm이상	양호

3) 상태평가

① 대구방향 콘크리트 라이닝 결함지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결함 지수	등급
				박리	층분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S10-172]	2.33	0	0	0.03	0	0	0	0	0	2.36	0.09	a
철근 구간 [S1-9, 173-175]	1.33	0	0	0.05	0	0.05	0	0	0	1.43	0.04	a

② 대구방향 터널 주변상태 결함점수 산정

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

③ 대구방향 부대시설 상태평가

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	0.00	a

④ 대구방향 터널 상태평가 등급 산정

구분	라 이 닝						터 널 주 변					합계	결함 지수	평균 결함 지수	부대 시설 가중치	환산 결함 지수	등 급
	균열	누수	손상	재 질 열 화			배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구 상태	특수 조건						
				박리	박락	백태											
무근	2.33	0	0	0.03	0	0	0	1	0	0.5	0	3.86	0.11	0.11	1.00	0.11	A
철근	1.33	0	0	0.05	0	0.05						2.93	0.07				

4) 종합결론

청도2터널(대구)에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급의 우수한 상태로 평가되었다. 금회 조사시, 라이닝부의 균열 및 백태, 들뜸 보수 및 공동구 측면 타일보수를 실시하였고, 비상주차대 표지판은 정비를 하여 양호한 상태이다. 주요현황으로는 갱문 마구리면 이음부 이격, 천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 표면불량, 측벽부 타일 파손 및 라이닝부 균열, 조인트부 들뜸, 박락 및 반원형 균열, 공동구

덮개 파손 및 내부 공동구 연결홀 누수 및 체수, 포장부 스폴링 및 스켈링, 균열, 시·종점측 사면부 녹생토 유실, 뜬돌, 낙석적치. 배수로 균열, 단차 및 점검계단 시설의 난간(손잡이) 연결부 불량, Jet-Fan 녹발생 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 터널 라이닝부의 콘크리트 들뜸 및 사면부 뜬돌은 주의관찰이 요망된다.

나. 부산방향

1) 외관조사

구 분	손 상 현 황		단 위	합 계	보수공법	비고
천단부	균 열	0.3mm미만	m(개소)	8.0(3)	표면처리공법	
		0.3mm이상	m(개소)	50.0(13)	수지주입공법	
	재균열	0.3mm미만	m(개소)	27.0(3)	표면처리공법	
		0.3mm이상	m(개소)	166.0(19)	수지주입공법	
	콘크리트 박락, 들뜸		㎡(개소)	0.4(11)	단면보수공법	
	제트팬 녹발생		개소	11	재도장	
측벽부	균 열	0.3mm미만	m(개소)	3.0(1)	표면처리공법	
		0.3mm이상	m(개소)	3.0(1)	수지주입공법	
	타 일	균 열	개소	14	교 체	
		탈락, 파손	개소	2	교 체	
	콘크리트 들뜸		㎡(개소)	0.08(1)	단면보수공법	
공동구	덮개 파손		개소	3	교 체	
	타 일	균 열	개소	3	교 체	
		파손, 탈락	개소	24	교 체	
포장부	스폴링		㎡(개소)	0.69(31)	단면보수공법	
	스켈링		㎡(개소)	3.16(5)	단면보수공법	
	불순물 혼합		㎡(개소)	2.84(4)	단면보수공법	
	표면균열(표면박리)		m(개소)	70(2)	단면보수공법	

2) 비파괴시험

구 분	위 치	시험결과	비 고	검 토
콘크리트 강도시험	라이닝	·반발경도법 : 24.2~28.2MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
탄산화시험	라이닝	·탄산화깊이 : 2~4㎜ ·피복두께 : 50㎜ ·평가등급 : a	· a등급 : 탄산화 잔여깊이 30㎜이상	양호

3) 상태평가

① 부산방향 콘크리트 라이닝 결함지수 산정

구 분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						합계	결함 지수	등급
				박리	층분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화			
무근 구간 [S10-172]	1.36	0	0	0.06	0	0	0	0	0	1.42	0.05	a
철근 구간 [S1-9, 173-175]	0.57	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.62	0.02	a

② 부산방향 터널 주변상태 결함점수 산정

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

③ 부산방향 부대시설 상태평가

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	0.00	a

④ 부산방향 터널 상태평가 등급 산정

구분	라 이 닝						터 널 주 변					합계	결함지수	평균결함지수	부대시설가중치	환산결함지수	등급
	균열	누수	손상	재 질 열 화			배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태	특수조건						
				박리	박락	백태											
무근	1.36	0	0	0.06	0	0	0	1	0	0.5	0	2.92	0.09	0.09	1.00	0.09	A
철근	0.57	0	0	0.05	0	0						2.12	0.05				

4) 종합결론

청도2터널(부산)에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급의 우수한 상태로 평가되었다. 금회 조사시, 라이닝부의 균열 및 백태, 들뜸 보수 및 공동구 측면 타일보수를 실시하였고, 비상주차대 표지판은 정비를 하여 양호한 상태이다. 주요현황으로는 갱문 마구리면 이음부 이격, 천정부 종·횡방향 균열 및 보수부 재균열, 표면불량, 측벽부 타일 파손 및 라이닝부 균열, 조인트부 들뜸, 박락 및 반원형 균열, 공동구 덮개 파손 및 내부 공동구 연결홀 누수 및 체수, 포장부 스폴링 및 스켈링, 균열, 시·종점측 사면부 녹생토 유실, 뜬돌, 낙석적치. 배수로 균열, 단차 및 점검계단 시설의 난간(손잡이) 연결부 불량, Jet-Fan 녹발생 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 터널 라이닝부의 콘크리트 들뜸 및 사면부 뜬돌은 주의관찰이 요망된다.

다. 옥외공동구

1) 외관조사

구 분		손 상 현 황	단 위	합 계	보수공법	비고
A면	천정부	누수	개소	2	배수유도	
B면	바닥부	누수	개소	1	주의관찰	
관리동 외부		균열 및 파손	개소	5	정비 및 면보수	

라. 시점측 터널부 사면

1) 외관조사

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실			
낙석위험			
배수시설	우측 STA.58+670m 산마루측구 단차 우측 산마루측구 균열 L=3m (2EA) 정면 산마루측구 균열 (2EA)	주의관찰 균열보수 균열보수	
수 목			
기 타			

마. 종점측 터널부 사면

1) 외관조사

손상유형	위치 및 수량	조치내용	비고
표층유실	정면 STA.0~5m 1단 녹생토유실 A=20m*10m 정면 STA.0~5m 3단 녹생토유실 A=15m*7m 우측 STA.60+270m 3단 녹생토 유실 A=2m*2m 우측 STA.60+280m～+300m 1단 녹생토 유실 A=20m*20m	주의관찰 주의관찰 주의관찰 주의관찰	
낙석위험	정면 STA.0~5m 5단 코어넷 내부 낙석 정면 STA.0+0m 2단 상부 낙석적치 우측 STA.60+330m～+340m 1단 전석다수 L=10m	주의관찰 정비 방호벽	
배수시설	정면 산마루측구 파손 A=0.1m*2m*4EA 정면 산마루측구 균열 L=11m (5EA) 정면 STA.0~20m 1소단배수로 균열 정면 STA.0+30m 1소단배수로 체수 우측 STA.60+275m 1소단배수로 균열 L=2m	단면보수 균열보수 균열보수 주의관찰 균열보수	
수 목			
기 타	정면 STA.0+0m 산마루측구 내부 낙석적치	정비	

2.4 보수 · 보강 이력

【표 2.4.1】 청도2터널(대구) 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수·보강공법/내용	비고
보수	'11.04	-	신기원건설	천정부 균열보수 측벽부 타일보수 공동구 덮개보수	-
보수	'12.01	-	주영건설	옥외공동구 정비, 균열보수, 트렌치 설치	-
보수	'12.06	-	금호산업(주)	천정부 균열보수 및 들뜸보수 공동구(측면) 타일보수	-
보수	'13.06	-	금호산업(주)	천정부 균열보수 및 들듬보수	-
보수	'14.06	-	금호산업(주)	측벽부 타일보수 부대시설 제트팬 정비	-
보수	'15.02	-	금호산업(주)	측벽부 및 공동구 측면 타일보수	-

【표 2.4.2】 청도2터널(부산) 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수·보강공법/내용	비고
보수	'11.04	-	신기원건설	천정부 균열보수 측벽부 타일보수 공동구 덮개보수	-
보수	'12.01	-	주영건설	옥외공동구 정비, 균열보수, 트렌치 설치	-
보수	'12.06	-	금호산업(주)	천정부 균열보수 및 들뜸보수 공동구(측면) 타일보수	-
보수	'13.06	-	금호산업(주)	천정부 균열보수 및 들듬보수	-
보수	'14.06	-	금호산업(주)	부대시설 제트팬 정비	-

2.5 내진설계 여부

국내에서는 1999년 터널 설계기준에 내진설계를 반영할 수 있는 구체적인 조건을 제시하였으나, 청도2터널은 내진설계 도입 이전인 1995년 10월 11일 ~ 1996년 12월 7일에 설계를 실시하였으며, 구조계산서 등 제반자료를 검토한 결과, 내진설계는 없는 것으로 확인되었다.

2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료『대구～부산간 고속도로 민간투자사업(제4공구)』와 유지관리 자료(기 정밀점검 자료, 보수·보강자료 등) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

【표 2.6.1】 자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도면 및 구조계산서 : 대구~부산간 고속도로 민간투자사업(제 4공구) - 설계서 - 내역서 - 수량산출서, 단가산출서 - 구조물도 - 실시설계보고서 - 토질조사보고서 - 품질시험총괄표 - 시공기록보고서	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀점검 보고서(2007.10) ◇ 정밀점검 보고서(2009.12) ◇ 정밀점검 보고서(2011.12) ◇ 정밀점검 보고서(2013.12)	◇천장부 균열, 보수부 재균열 ◇라이닝 조인트부 들뜸 ◇콘크리트 포장 스폴링, 스켈링, 균열 ◇사면 녹생토 유실, 식생불량, 전석, 낙석적치, 뜬돌, 배수로 손상 ◇갱문 마구리면 이음부 이격 ◇내구성 조사결과, 제기준을 만족하고 있는 상태로 확인됨	◇전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 상세구조해석을 실시하여 안정성 확보여부 확인
	◇보수·보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇라이닝 균열보수, 단면보수, 뜰뜸보수, 타일보수, 덮개보수 ◇옥외공동구 정비, 트렌치 설치 ◇부대시설 제트팬 정비	◇ 보수부 상태 확인