

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안, 논산)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

터널의 외관조사에 따른 상태평가 결과 “B등급”으로 산정되어 발생한 손상에 대한 보수가 필요한 상태이고, 구조안전성평가 결과 내하력을 충분히 확보하고 있으며, 내진성능평가 결과 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 터널의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다.

차령터널(천안방향)의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다.

【표 7.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수·보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수·보강 방안

7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

차령터널(천안방향)에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생한 것으로 조사되었다.

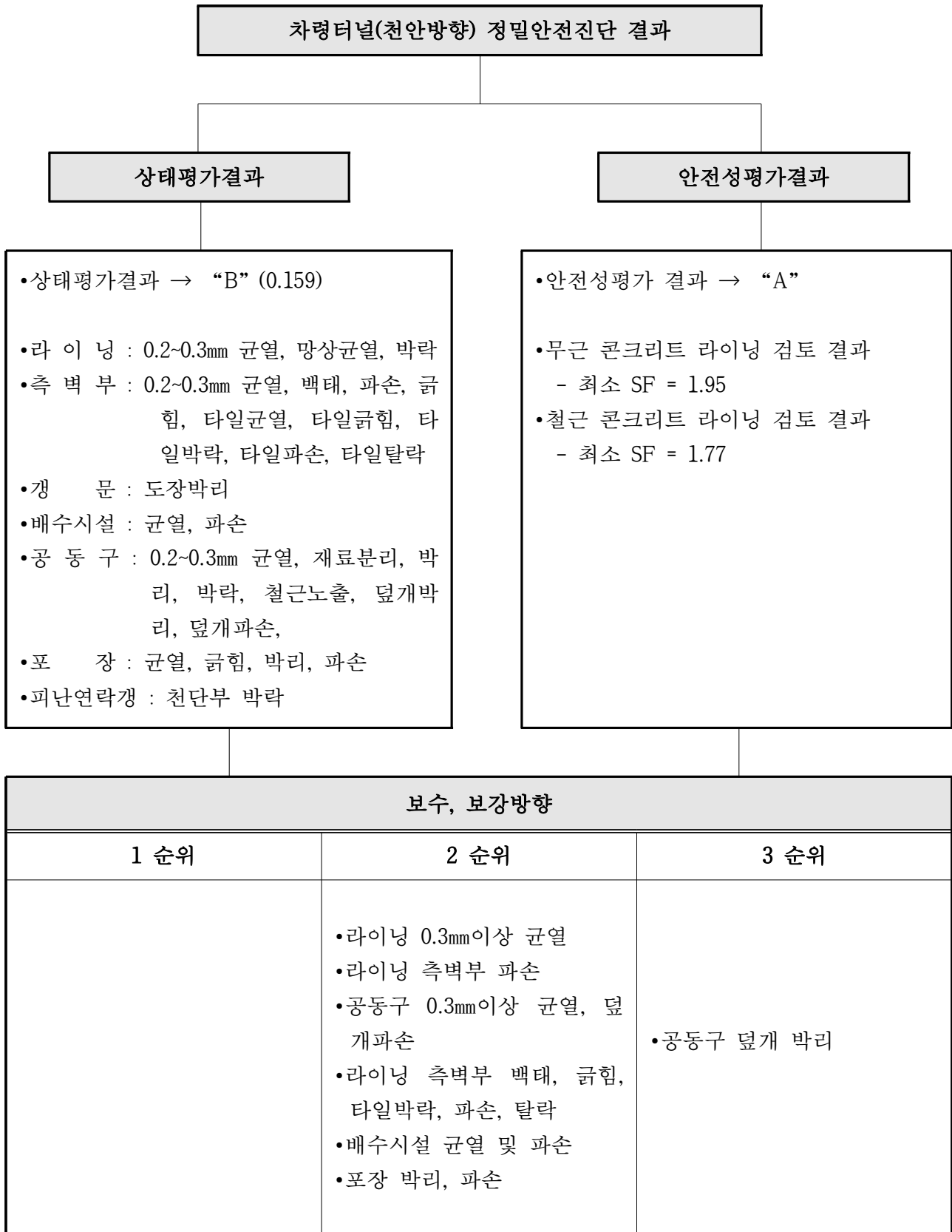
진단시 조사된 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

보수·보강의 우선순위는 다음 표의 기준에 의해 구분하되 책임기술자의 판단하에 우선순위를 선정하였다.

또한, 직접 구조물에 발생한 손상이 아닌 경우 유지관리 방안에는 기술하되, 공사비 산정에는 반영하지 않았다.

【표 7.2】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령』 제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 • 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기	2순위	• 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 • 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 • 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 • 발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		• 1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 포장 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않는 경우



【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.3】 보수·보강 일람표

구분	손상내용	손상 수량	단위	보수방안	우선 순위
라이닝	균열(0.3mm미만)	211.70	m	표면보수	-
	균열(0.3mm이상)	48.50	m	주입보수	2
	망상균열	64.50	m ²	표면보수	-
	박락	0.87	m ²	단면보수	2
	보수부 들뜸	0.18	m ²	주의관찰	-
	잡철물	0.01	m ²	주의관찰	-
측벽부	균열(0.3mm미만)	6.80	m	표면보수	-
	균열(0.3mm이상)	25.50	m	주입보수	2
	백태	0.06	m ²	표면보수	2
	파손	4.40	m ²	단면보수	2
	긁힘	0.04	m ²	단면보수	-
	줄눈몰탈박락	0.94	m ²	주의관찰	-
	줄눈파손	0.40	m ²	주의관찰	-
	타일균열	124.60	m	주의관찰	-
	타일긁힘	21.12	m ²	주의관찰	-
	타일박락	0.02	m ²	타일교체	-
	타일파손	2.39	m ²	타일교체	-
	타일탈락	35.00	ea	타일교체	-
갯문	도장박리	51.00	m ²	재도장	-
배수시설	균열	548.60	m	표면보수	-
	파손	1.26	m ²	단면보수	2
공동구	균열(0.3mm미만)	14.60	m	표면보수	-
	균열(0.3mm이상)	20.00	m	주입보수	2
	재료분리	3.44	m ²	표면보수	-
	박리	0.64	m ²	단면보수	2
	박락	17.29	m ²	단면보수	2
	철근노출	0.07	m ²	단면보수(방청)	2
	철근부식	0.50	m ²	단면보수(방청)	2
	덮개재료분리	0.40	m ²	단면보수	-
	덮개박리	25.41	m ²	단면보수	3
	덮개파손	12.32	m ²	단면보수	2
	타일균열	131.40	m	주의관찰	-
	타일탈락	11.00	ea	타일교체	-
	타일파손	10.86	m ²	타일교체	-

【표 7.4】 보수·보강 일람표(계속)

구분	손상내용	손상 물량	단위	보수방안	우선 순위
포장	포장균열	702.00	m	표면보수	-
	포장긁힘	0.06	m ²	주의관찰	-
	포장박리	8.33	m ²	단면보수	2
	포장파손	1.64	m ²	단면보수	2
피난연락갱	천단부 박락	0.01	m ²	주의관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

본 터널에 라이닝 구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.1mm~0.3mm로 내구성 유지 및 진전방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 폭 0.1~0.2mm 균열은 주의관찰 후 손상의 진전시 조치를, 폭 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3mm미만)

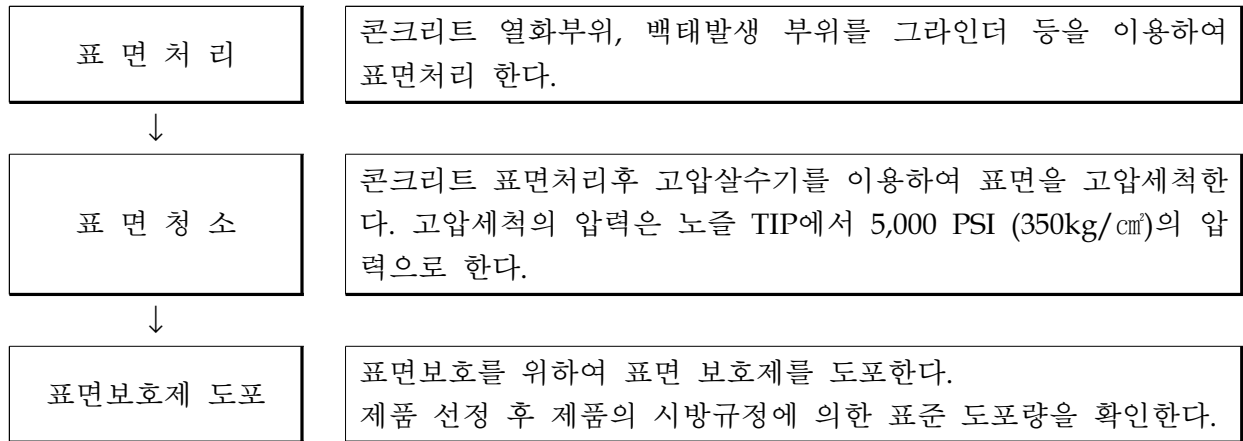
① 공법 개요

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2mm 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.



【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수(c/w=0.3mm이상)

① 개요

균열(0.3mm이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지 재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 7.5】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

【표 7.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1mm 전후
	고점도	1,500±500	0.2mm 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

【표 7.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

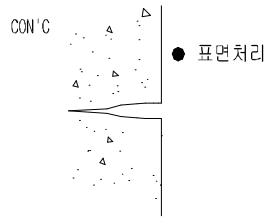
균열 폭(mm)	주입파이프/패커간격(mm)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 7.8】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

③ 시공방법

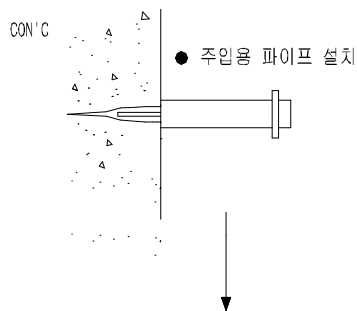
● STEP 1



표면처리

균열부를 중심으로 폭 5.0mm 정도를 와이어브러시 등으로 표면의 이물질 등을 제거한다.

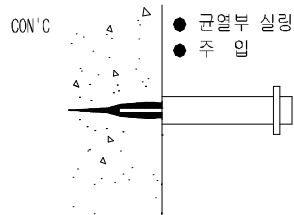
● STEP 2



주입용 파이프 설치

주입공에 주입용 파이프를 삽입하고 설치한다.

● STEP 3



균열부 실링

균열부를 폭 30mm, 두께 2mm 정도로 균열실링재를 사용하여 실링한다.

무기계 슬러리 주입
(유기계 에폭시 주입)

주입장비를 사용하여 무기계 슬러리 및 유기계 에폭시를 주입한다.

양생

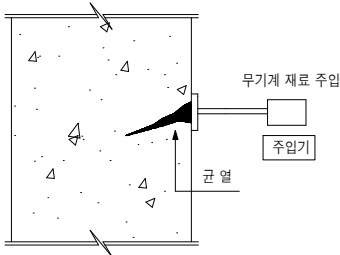
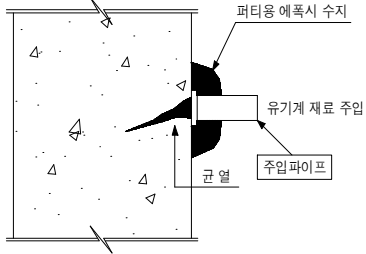
작업종료 후 양생한다.

【그림 7.3】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

- ㉠ 대기온도가 10~30℃ 일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- ㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- ㉢ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- ㉣ 쉐링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ㉤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 쉐링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 7.9】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→폴리머슬러시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

나. 콘크리트 단면보수 방안

1) 진단 현황

본 터널의 단면손상은 라이닝 박락, 공동구 박리, 박락, 파손, 배수구 파손이 조사되었으며, 조사된 손상은 주의관찰, 내구성 유지 및 손상진전 방지차원의 보수가 필요한 상태이다.

2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청제의 조합에 의한 공법으로 본 터널에서는 상기한 결합 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목을 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

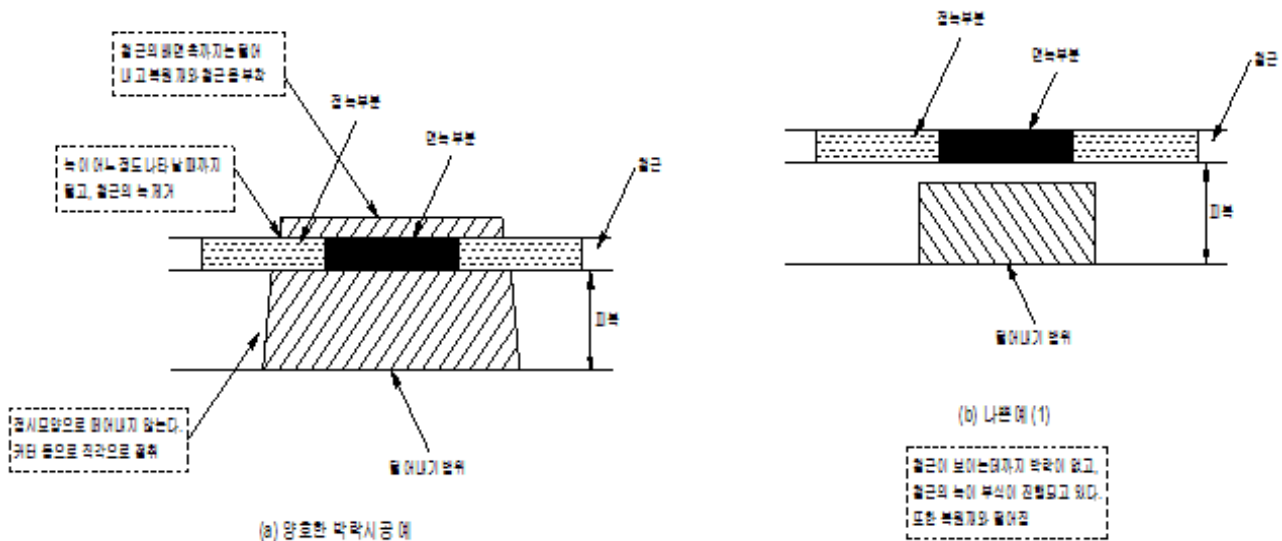
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면 녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 떨어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 떨어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 떨어내는 것이 중요하다.



【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

떨어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저장되어지는 동시에 염분흡착재 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재료 하는 재료 등이 있다.

【표 7.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

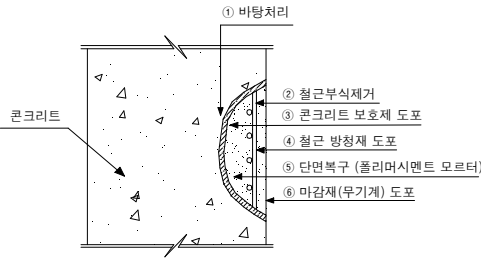
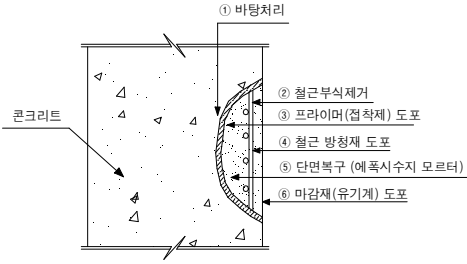
분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
	폴리머 시멘트 모르터	시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
무기계	무수축 모르터	팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

- ① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정된 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.
- ② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.
- ③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.
- ④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.

- ⑤ 떨어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물 분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 7.11】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	- 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 - 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 - 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	- 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 - 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 - 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 - 경화시간이 빠름 - 방청효과가 확실하지 않음 - 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

7.3 보수·보강 개략공사비

금회 진단에서 차령터널(천안방향)에 대한 부재 및 손상에 대하여 개략공사비를 산정하였으며, 보수공법별 단가는 한국도로공사 2018년 유지보수단가를 적용하여 산정하였다.

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
라이닝	균열(0.3mm이상)	주입보수	4.50	1.69	m ²	75	127	2
	박락	단면보수	4.35	6.53	m ²	230	1,502	2
측벽부	균열(0.3mm이상)	주입보수	25.50	9.56	m ²	50	478	2
	백태	표면보수	0.06	0.09	m ²	75	7	2
	파손	단면보수	4.40	6.60	m ²	230	1,518	2
배수시설	파손	단면보수	1.26	1.89	m ²	230	435	2
공동구	균열(0.3mm이상)	주입보수	20.00	7.50	m ²	75	563	2
	박리	단면보수	0.64	0.96	m ²	230	221	2
	박락	단면보수	17.29	25.94	m ²	230	5,966	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.07	0.11	m ²	250	28	2
	철근부식	단면보수(방청)	0.50	0.75	m ²	250	188	2
	덮개박리	단면보수	25.41	38.12	m ²	230	8,768	3
	덮개파손	단면보수	12.32	18.48	m ²	230	4,250	2
포장	포장박리	단면보수	8.33	12.50	m ²	230	2,875	2
	포장파손	단면보수	1.64	2.46	m ²	230	566	2
순공사비 합계(천원)						27,492		
제경비(순공사비×50%, 천원)						13,746		
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위				-		
		2순위				28,086		
		3순위				13,152		
유지보수 개략공사비 총계						41,238		

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.

※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

7.4 유지관리방안

터널 유지관리는 터널의 공용수명 동안 터널의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위으로써 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

차령터널(천안방향)은 금회 진단결과, 라이닝 및 측벽부에 발생한 균열 폭 0.2~0.3mm 균열, 박락, 파손과 배수시설 균열 및 파손, 공동구 균열 폭 0.2~0.3mm 균열, 박리, 박락, 철근노출, 덮개 손상 등이며 이에 대해 보수 실시 후 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다. 그 외 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

나. 라이닝 폭 0.3mm 균열

1) 선정사유

라이닝 천단부 및 측벽부의 외관조사 결과 폭 0.1~0.3mm 균열이 다수 조사되었다. 전반적으로 비구조적인 균열로 판단되나, 폭 0.3mm 균열의 경우 내구성 향상을 위하여 보수가 필요한 상태이다.

3) 향후관리방안

발생한 균열(폭 0.3mm이상)에 대하여 주입보수를 실시하고 보수부 재균열 발생 여부 및 진전여부를 주기적인 관찰 및 점검을 실시하여 유지관리 하는 것이 바람직하며, 그 외 균열부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

다. 부재별 중점유지관리 사항

본 터널에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

【표 7.13】 부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용
라이닝 천단부	• 폭 0.1~0.3mm 균열, 망상균열 • 신축이음부 박락 진전 여부
라이닝 측벽부	• 폭 0.1~0.3mm 균열, 망상균열 • 타일균열, 타일굽힘, 타일파손, 타일박락, 타일탈락 등 진전 여부
갯문	• 도장박리 진전 여부
배수시설	• 종방향 균열 • 파손 진전여부
공동구	• 폭 0.1~0.3mm 균열 • 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식 • 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손 • 타일균열, 타일탈락, 타일파손
교면포장	• 포장부 균열 진전 여부 • 이음부 파손 진전 여부
피난연락갱	• 천단부 박락 진전 여부
부속시설	• 설치상태 및 관리상태, 작동상태 지속관리

7.4.2 유지관리시 점검요령

가. 갯문

【표 7.14】갯문 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열 •누수 •변상(박리, 박락, 백태 등) •경사도(부등침하) •배수로 손상(토사유입, 물고임, 식생여부 등)
점검 요령	•점검방법 - 갯문의 양측부나 상부에서 가능한 한 근접하여 육안검사를 실시 - 필요시 사다리나 고소작업차를 이용하여 육안검사 실시 - 망치 등의 장비로 타격음 이용한 점검 실시 - 옹벽과의 경계부 단차 등의 변상 점검 - 갯문의 경사, 침하 등에 대한 조사 실시 - 동해나 열화가 심한 부위는 코어를 채취한 후 실내시험 실시 •손상발생시 조치 - 균열 및 단차, 누수 등 각 변상에 대한 외관방도 작성 후 사진촬영 - 진행성이 예상되는 변상은 판단을 위한 측정자 설치 - 변상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰 •점검시 유의사항 - 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의
점검 도구	•사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 야장

나. 라이닝

【표 7.15】 라이닝 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열 •누수 •변상(박리, 박락, 백태, 단차) •동해, 고드름
▷ 개착부	•철근노출, 부식
▷ 천정부	•오염, Jet Pan 상태
▷ 아치부(어깨부)	•오염, 조명시설 상태
▷ 측벽부	•오염, 타일탈락
▷ 시공이음부	•압좌, 단차, 파손, 토사유입
점검요령	•점검방법 - 점검로를 이용, 도보로 이동하면서 점검 실시 - 천정부와 어깨부는 변상에 대한 의심이 가는 부분은 사다리나 고소작업차를 이용하여 근접조사 실시 - 점검망치를 이용하여 타격음을 이용한 라이닝 외관상태 파악 - 신축이음부는 누수가 많은 부위로서 누수조사와 아울러 경계부 단차, 압좌 등 점검 - 각종 설비 주변 라이닝 변상 여부 확인 - 터널 라이닝의 변형이 많이 조사된 위치는 내공변위 측정 실시 - 동해나 열화가 심한 부위는 코어를 채취하여 실내시험 실시 •손상발생시 조치 - 균열 및 단차, 누수 등 각 변상에 대한 외관망도 작성 후 사진촬영 - 진행성 판단을 위한 측정자, 내공변위 핀 설치 - 변상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰 •점검시 유의사항 - 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의
점검도구	•사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 씨치

다. 라이닝 접속시설

【표 7.16】 라이닝 접속시설 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열, 누수, 백태, 파손, 압좌, 변형
▷ 비상주차대	•철근노출, 부식, 균열, 누수, 백태, 박락, 파손 등
▷ 피난연락통로	•라이닝 점검항목 참조
▷ 외부공동구	•누수, 파손, 토사유입, 침수, 오염, 이물질 퇴적 등
점검 요령	•점검방법 - 라이닝 점검방법과 동일 •손상발생시 조치 - 라이닝에 발생된 조치방법과 동일 •점검시 유의사항 - 라이닝 점검시 유의사항과 동일
점검 도구	•사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 씨치

라. 바닥부

【표 7.17】 바닥부 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열, 파손, 침수, 결빙, 이물질 퇴적 등
▷ 포장	•침하, 융기 등
▷ 공동구	•이음부 단차, 케이블 절선, 철근노출 및 부식, 공동구 덮개 파손, 개폐성
▷ 배수로	•통수량, 흐름, 오염, 개폐성
점검 요령	•점검방법 - 점검로를 이용하여 도보로 이동하면서 조사 실시 - 바닥부에 물기나 결빙이 된 경우는 물기의 출처 및 원인을 확인·기록 - 배수구는 덮개를 연 후에 내부상태를 조사하며, 덮개와 구조체의 파손여부를 확인 - 포장 덧씌우기 공사로 인해 배수구 덮개가 열리지 않는 구간도 있으므로 이에 대한 조사 실시 •손상발생시 조치 - 균열 및 침하, 융기 등 각 변상에 대한 외관망도 작성 후 사진촬영 - 바닥부의 누수자국에 대한 누수출처를 확인 후 다른 변상으로의 전이 여부를 파악 •점검시 유의사항 - 배수구를 이용하여 점검을 실시할 경우에는 차량 진행방향의 반대방향으로 조사 실시 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의
점검 도구	•사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 씨치

마. 부속시설

【표 7.18】 부속시설 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 환기시설	• 작동여부, 오염, 부식, 장착상태, 장착부 라이닝 균열
▷ 내장재	• 균열, 탈락, 들뜸, 오염
▷ 조명시설	• 조도, 부점등, 파손, 오염
▷ 소화전	• 보관함 개폐, 부식, 노즐노화, 안전핀 상태 등
▷ 각종표지판	• 파손, 위치의 적정성, 작동여부, 오염
점검 요령	• 점검방법 - 터널의 측벽이나 노면에 설치된 표지판, 전원설비, 비상시설의 점검은 도보로 이동하면서 장착여부 및 오염에 대한 조사를 실시하고, 천정부나 어깨부에 위치한 환기시설, 조명, 안내등 등은 상태파악 실시 - 필요시 고소작업차를 이용하여 근접조사 실시 - 터널의 부속시설들은 차량의 매연에 의한 오염이 심하므로 점검시 물세척을 실시하고 기능발휘 여부를 확인 • 손상발생시 조치 - 작동이 안되거나 장착이 불량한 설비의 경우 접근하여 파손 및 배선불량, 고장 등을 확인한 후 전문가에 의한 수리요청 - 오염이 심한 표지판은 물세척을 실시하고, 타일 벽면의 청소는 연간 3회 이상을 실시하되 생분해 세척제를 사용하여 환경영향의 최소화와 작업시간을 최대한 단축 - 조명등과 같이 교체가 필요한 설비는 확인 후 즉시 교체 • 점검시 유의사항 - 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검(배수구를 이용하여 점검을 실시할 경우에는 차량 진행방향의 반대방향으로 조사 실시) - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의 - 전기시설의 접근시에는 안전장구를 반드시 착용 후 점검
점검 도구	• 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 드라이버, 점검야장, 고휘도 썬치

