Ⅰ. 공 통 편

제 1장 서 론

제 2장 상태평가 기준

제 3장 비파괴시험

제 4장 보수·보강 방안

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 시설물 개요

1.3 과업범위 및 내용

1.4 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 투입장비

1.6 과업기간

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함

1.2 시설물 개요

가. 과 업 명 : 2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)

나. 과업기간 : 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

다. 대상시설물 개요

<표 1.2.1> 대상시설물 개요

터널명	위 치	연장 (m)	차선폭 (m)	형 식	준공 년도	비고
군자1터널 (서울)	강원도 춘천시 동산면 군자리(이정 58.68km)	511.0	11.5	NATM	2009.08.11	
군자1터널 (양양)	강원도 춘천시 동산면 군자리(이정 58.68km)	474.0	11.5	NATM	2009.08.11	

1.3 과업범위 및 내용

1.3.1 과업범위

가. 자료수집 및 분석 (준공도면, 기 점검보고서, 보수자료 등) 검토

나. 현장조사 (외관조사)

다. 비파괴시험

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

바. 보수・보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

1.3.2 과업의 세부내용

가. 자료수집 및 분석

◦ 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리・수문계산서

◦ 구조・수리・수문 계산(계산서가 없는 경우)

◦ 실측도면 작성(도면이 없는 경우)

◦ 시공・보수・보강도면, 제작 및 작업도면

◦ 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료

◦ 시설물관리대장

◦ 기존 안전점검・정밀안전진단 실시결과

◦ 보수・보강이력

나. 현장조사

◦ 외관조사 및 외관조사망도 작성

※ 작성대상부재는 감독원의 지시에 따른다.

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등

◦ 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등

◦ 조사용 접근장비 운용

◦ 조사부위 표면청소

◦ 마감재의 해체 및 복구

다. 비파괴시험

◦ 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험

◦ 간단한 현장 재료시험 등

- 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
- 콘크리트 탄산화 깊이 측정
- 철근탐사시험(선택적 항목), 용접부 결함검사(선택적 항목)

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

◦ 외관조사 결과 분석

◦ 시설물의 부재별 외관조사 및 점검결과에 따른 상태평가 실시

단, 상태평가 산정은 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』 및 시설안전기술공단의 상태평가 산정프로그램에 의한다.

◦ 시설물의 결함부위 진단 및 결함원인 분석

◦ 필요시 안전성 평가에 대한 내하력 평가시 구조해석 실시

◦ 구조해석은 시공상태를 기준으로 분석하고, 상부구조 및 하부구조를 포함

◦ 현장 재료시험 결과 분석

◦ 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가

◦ 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

바. 보수·보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

◦ 보수・보강 방법 제시

◦ 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책은 고속도로상 작업여건을 감안, 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안으로 각 시설물별로 작성

◦ 보수・보강대책은 시설물의 전면보수 시까지 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 적정공법, 소요예산 등)을 선정 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

◦ 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

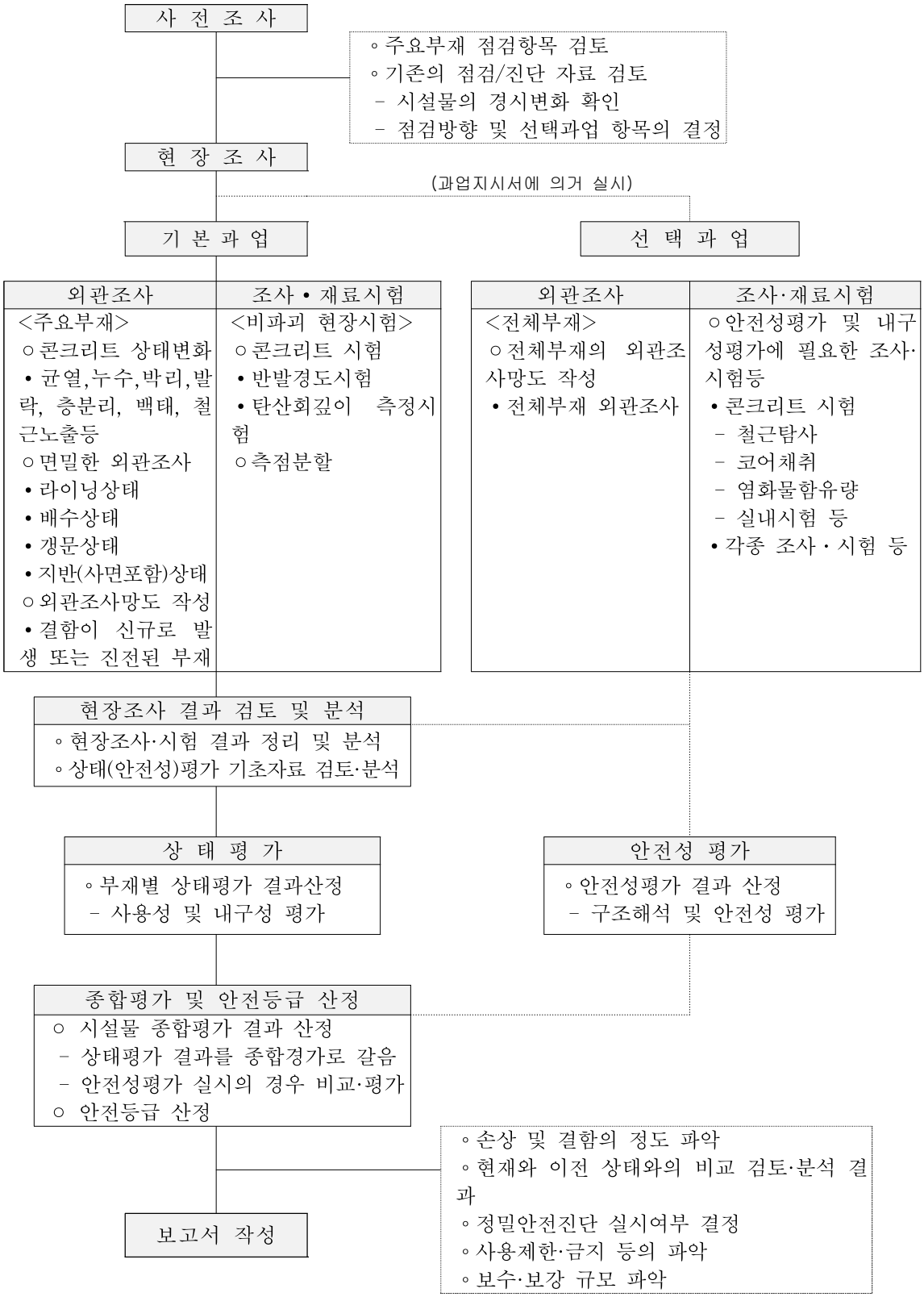
본 과업수행 중 파악한 유지관리상의 문제점에 대한 적절한 보안대책을 작성, 유지관리 개선사항으로 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

◦ 시설안전기술공단 『시설물정보 통합관리시스템(FMS)』

◦ 한국도로공사 『구조물 외관조사망도시스템(SDMS)』

1.4 과업수행 흐름도



<그림 1.4.1> 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 투입장비

<표 1.5.1> 과업수행 투입장비 목록

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	슈미트해머	콘크리트 압축강도조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
외관조사	고소작업차	구조물 외관조사	

1.6 과업기간

■ 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

과 업 내 용	공 정(일)				
	20	40	60	80	99
1. 관련계획 검토 및 현황조사					
1) 착수준비					
2) 관련계획 검토					
3) 시설물의 주요 제원 파악					
4) 일반 현황조사					
5) 중점 진단 사항 착안					
2. 설계도서 및 관련자료 검토					
1) 설계도서 및 시방서 검토					
2) 보수이력 검토					
3) 도출된 문제점 분석					
3. 현장조사 및 비파괴 시험					
1) 현장조사 및 비파괴시험					
4. 상태평가 및 안전성 평가, 자료분석·검토					
1) 현장조사자료 분석·평가					
2) 비파괴 시험성과 분석·평가					
3) 상태평가					
4) 대책방안 분석 및 검토					
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 검토					
1) 보수·보강공법 선정					
2) 보수 ·보강 시기 검토					
3) 효율적인 유지관리 방안 검토					
6. 최종보고 및 지적사항 수정					
7. 성과품 작성					
1) 보고서 작성					
2) 보고서 등 성과품 제작					

제 2 장 상태평가 기준

2.1 상태평가 기준

2.2 상태평가 등급산정 절차

2.3 종합평가 기준

2.4 안전등급 지정

제 2 장 상태평가 기준

2.1 상태평가 기준

본 정밀점검 과업에서는 기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 산정한다.

다만, 선택과업으로 전체부재에 대한 외관조사망도를 작성하였을 경우에는 정밀안전진단의 상태평가 절차에 따라 상태평가 결과를 산정한다.

상태평가 기준은 <표 2.1.1>를 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표 2.1.1> 상태평가 기준

상태평가등급	상태 및 안전성	비고
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 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 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

2.1.1 터널 결함지수 산정기준

<표 2.1.2> NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">결 함 등 급</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td></tr>
<tr><td>0 ≤ f <0 .15</td><td>0.15 ≤ f <0.30</td><td>0.30 ≤ f <0.55</td><td>0.55 ≤ f <0.75</td><td>0.75 ≤ f</td></tr>
<tr><td rowspan="7">라이닝</td><td colspan="2">균 열</td><td>0~2</td><td>3~5</td><td>6~8</td><td>9~11</td><td>12~13</td></tr>
<tr><td colspan="2">누 수</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4~5</td></tr>
<tr><td colspan="2">파손 및 손상</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">재질열화</td><td>박 리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>층분리 및 박락</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>백 태</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>재료분리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="7">터널주변</td><td colspan="2" rowspan="2">배수상태</td><td colspan="5">오 염 됨 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="5">배수불량 또는 막힘 : 2</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지반상태</td><td colspan="2" rowspan="2">풍화변질 및 단층파쇄대</td><td colspan="3">영향범위 내 : 2~3</td></tr>
<tr><td colspan="3">영향범위 외 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="2">갱문상태</td><td colspan="5">손 상 : 0.5~1</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">공동구상태</td><td colspan="5">덮개파손 및 오염됨 : 0.5</td></tr>
<tr><td colspan="5">이물질 퇴적 및 침수 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="3">특수조건</td><td colspan="5">도심지터널, 전력구터널, 전차선을 설치한
터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3</td></tr>
<tr><td colspan="8">철근콘크리트 결함지수(f) = $\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{27}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{34}$</td></tr>
</table>

<표 2.1.3> NATM터널(철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

결 함 등 급			a	b	c	d	e
			$0 \le f < 0.15$	$0.15 \le f < 0.30$	$0.30 \le f < 0.55$	$0.55 \le f < 0.75$	$0.75 \le f$
라이닝	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박리	0	0	1	1	1
		층분리/박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
		염화물	0	1	1	2	-
주변상태	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대		영향범위 내 : 2~3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개 파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \dfrac{\Sigma \text{ 결함점수}}{36}$, 터널결함지수(F) $= \dfrac{\Sigma \text{ 결함점수}}{43}$

<표 2.1.4> 터널 상태평가 산정기준

상태평가 기준	시설물의 상태평가 내용	비고
A	0.00 ≤ F < 0.15	F = 터널결함지수
B	0.15 ≤ F < 0.30	
C	0.30 ≤ F < 0.55	
D	0.55 ≤ F < 0.75	
E	0.75 ≤ F	

2.1.2 터널 상태평가 항목 및 기준

평가항목은 5단계로 세분화하였고, 평가항목별 상태평가기준은 터널 상태평가 결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e로 표기한다.

가. 균열

구 분 \ 등 급		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	무근 (균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 3.0㎜ 미만	3.0㎜ 이상
	철근 (균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
개착식터널 지하차도	BOX (균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
조적식 라이닝	줄눈 균열	없음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2~5개소	벽돌 5개소 이상

※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d”이하 또는 고정균열의 경우 면적율 20%이상으로 “e”이면 중대한 결함으로 본다.

< 해설 >

① 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 등급을 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 경사균열, 망상균열, 횡균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열은 등급을 하향조정할 수 있다.

<망상균열>　<종균열>　<횡균열>　<경사균열>

<그림 2.1.1> 균열 형상

③ 균열이 다음 스판에 연속적으로 이어져 있는 경우 등급을 하향조정할 수 있다.

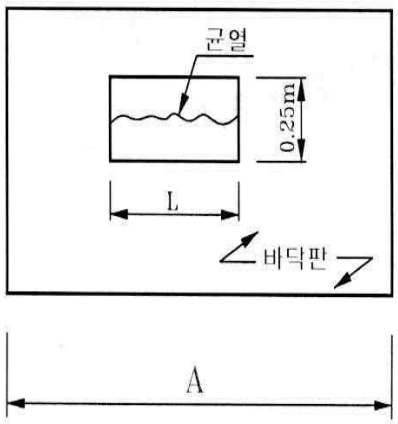
④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열 형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, "d"이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

⑤ 조적식 라이닝의 경우 줄눈깨짐의 연속성 정도에 따라 등급을 하향 조정하도록 한다.

⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.

⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태등급을 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e 등급으로 하향 조정할 수 있다.

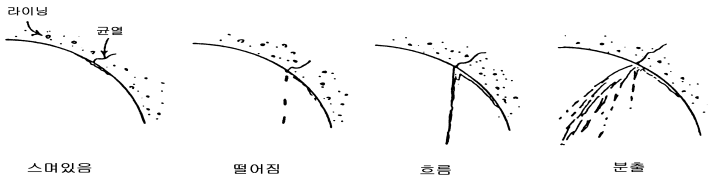
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{바닥판(점검단위)면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B(m)} \times 100 = \qquad \%$$

<그림 2.1.2> 균열 발생면적

나. 누수

구분 \ 등급	a	b	c	d	e
누 수	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
					
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 등급을 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 등급을 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 등급을 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사 하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음의 결함, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발시킬수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영하여 평가할 수 있다. 6) 보수・보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물 흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.				

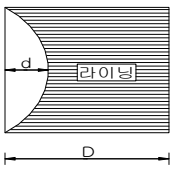
※ 상태평가 결과가 “d”이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 중대한 결함으로 본다.

다. 파손 및 손상

구 분 \ 등 급		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10㎝×10㎝미만)	중간 손상 (10㎝×10㎝이상, 30㎝×30㎝미만)	극심한 손상 (30㎝×30㎝이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상

해설

1) 손상도는 콘크리트 라이닝에 대한 것으로 라이닝 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 라이닝 설계두께를 기준으로 하고, 라이닝 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다.



※ 손상도 = d(파손 및 손상두께)/D(라이닝두께)

2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다.

3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정하도록 한다.

4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가할 수 있다.

5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 등급을 하향조정 한다.

6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태등급을 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e등급으로 하향조정할 수 있다.

※ 파손 및 손상에 대한 면적율이 20% 이상으로 상태평가 결과가 “d”이하이면 중대한 결함으로 본다.

라. 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물 등)

구 분 \ 등 급	a	b	c	d	e
박 리	없 음	0.5㎜미만	0.5㎜이상 1.0㎜미만	1.0㎜이상 2.5㎜미만	2.5㎜이상 이거나 조골재 손실
층분리 및 박락	없 음	깊이 12㎜미만 또는 직경 7.5㎜미만	깊이 12~25㎜미만 또는 직경 7.5~150㎜미만	깊이 25㎜이상 또는 직경 150㎜이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태	없 음	면적율 5%미만	면적율 5%~10%	면적율 10% ~ 20%	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1~3%미만	면적율 3~5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30㎜ 이상	10㎜이상 ~ 30㎜미만	0㎜이상 ~ 10㎜미만	0㎜ 미만	-
전염화물 이온량	0.3㎏/㎥이하	0.3㎏/㎥ 초과 ~ 1.2㎏/㎥ 미만	1.2㎏/㎥ 초과 ~ 2.5㎏/㎥ 미만	2.5㎏/㎥ 이상	-
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변 환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다. 평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단메뉴얼」(2003년)> 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜ 또는 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단메뉴얼」(2003년)> 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e등급으로 하향조정할 수 있다.				

※ 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 “d”등급이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “e”등급이면 중대한 결함으로 본다.

마. 배수상태

구 분	오염됨	배수불량 및 막힘(배수시설 작동불량)
결함점수	1 (1~2)	2 (3~4)
해설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널 안전성에 대해 정밀조사 하도록 한다. 4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비 상태 등을 점검하고 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다.	

※ 결함점수에서 ( )은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

바. 지반상태

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단층파쇄대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중·소규모 단층	대규모 단층
결함점수	1	1	2	3
해설	1) 기시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공자료를 참고하여 판단하도록 하며, 안전성 평가시 지반조사를 실시하여 지반상태를 평가하도록 한다. 2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다. 3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다. 4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다. 5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다. 6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반상태를 평가하고 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

사. 갱문(접속부) 상태

구분	손상	
	보통인 상태	불량한 상태
결함점수	0.5 (1)	1 (2)
해설	1) 갱구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갱문(접속부) 상태를 반영하여 손상여부를 평가한다. 2) 갱문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다. 3) 갱문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명하도록 한다.	

※ 결함점수에서 ( )은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

아. 공동구 상태

구분	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결함점수	0.5	1
해설	1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가리키며, 일반적으로 배수구와 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.	

자. 특수조건(추가점수)

구분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결함점수	1	2	1	2	3
해설	1) 도심지 토사터널은 터널심도, 인접시설물(건축물, 철도, 도로 등)과 거리 등을 검토·분석하고 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다. 1) 전력구터널, 전차선을 설치한 터널은 전기를 사용하므로 누전문제에 대한 위험성을 상태평가에 추가 반영하도록 하고, 특히 전차선을 설치한 터널은 동결시 차량운행에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 반영한다. 2) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다.				

2.2 상태평가등급 산정절차

2.2.1 터널 상태평가 결과 산정방법

터널 상태평가 등급은 “상태평가 기준”에 의거하여 라이닝과 터널 주변 및 부대시설 상태평가를 종합하여 결정한다.

가. 기본시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

1) 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며, 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

2) 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.

3) 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 제2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

1) 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 등급을 5단계(a, b, c, d, e)로 산정한다.

2) 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 산정한다.

3) 제3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

1) 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갱문, 공동상태의 결함점수를 부여한다.

2) 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정 시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 제4단계 : 터널 상태평가등급 산정

1) 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

2) 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 등급을 5단계(A, B, C, D, E)로 산정한다.

3) 터널 상태평가등급 산정

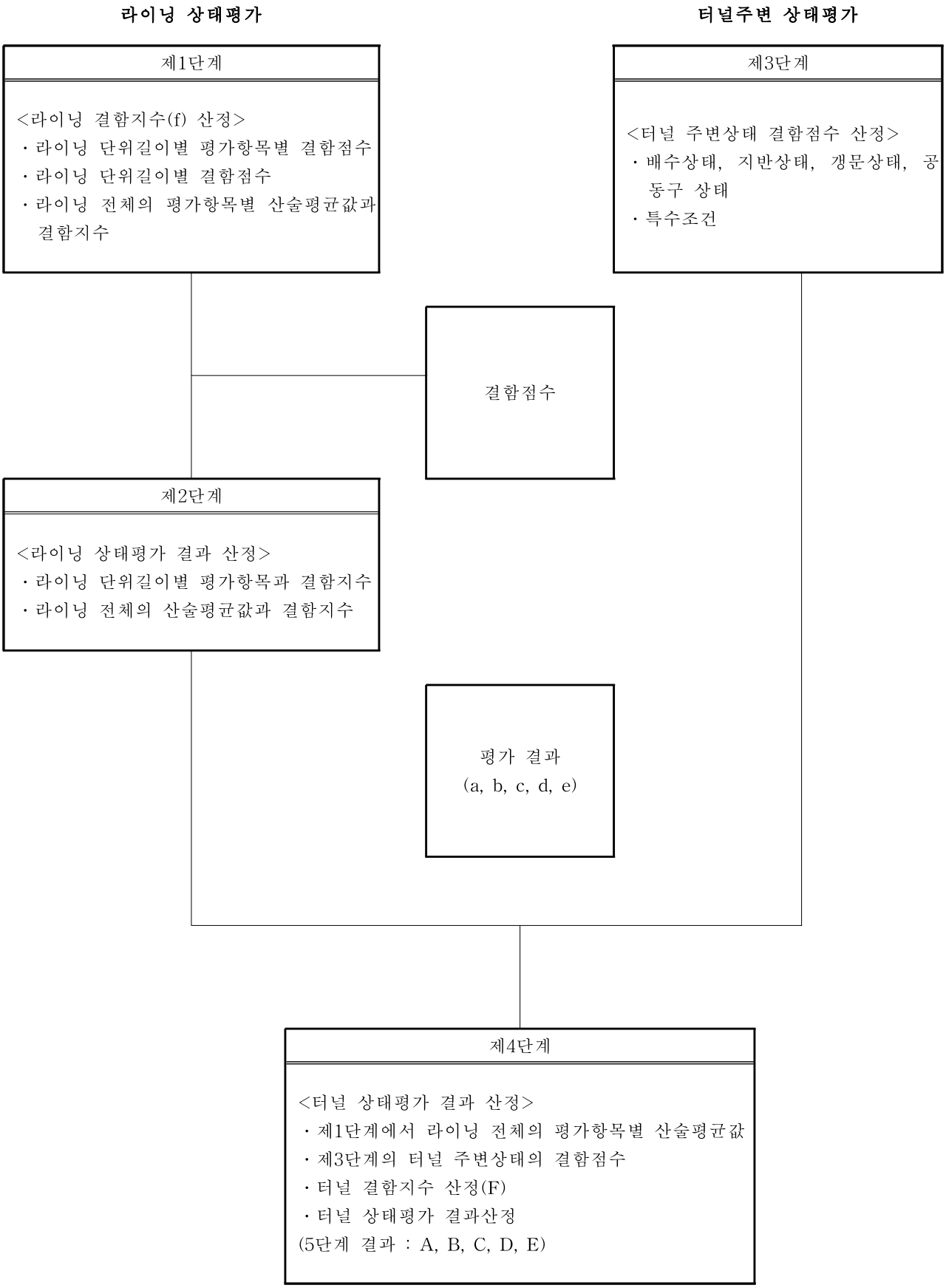
① A등급(우수) : 터널 결함지수(F) $0.00 \le F < 0.15$

② B등급(양호) : 터널 결함지수(F) $0.15 \le F < 0.30$

③ C등급(보통) : 터널 결함지수(F) $0.30 \le F < 0.55$

④ D등급(미흡) : 터널 결함지수(F) $0.55 \le F < 0.75$

⑤ E등급(불량) : 터널 결함지수(F) $0.75 \le F$



<그림 2.2.1> 터널 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

1) 부대시설 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며, 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

2) 부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.

3) 부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 제2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

2) 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 개별 부대시설을 각각 평균한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

부대시설의 결함지수(f) = $\sum$(fn) / N

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 제3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

1) 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

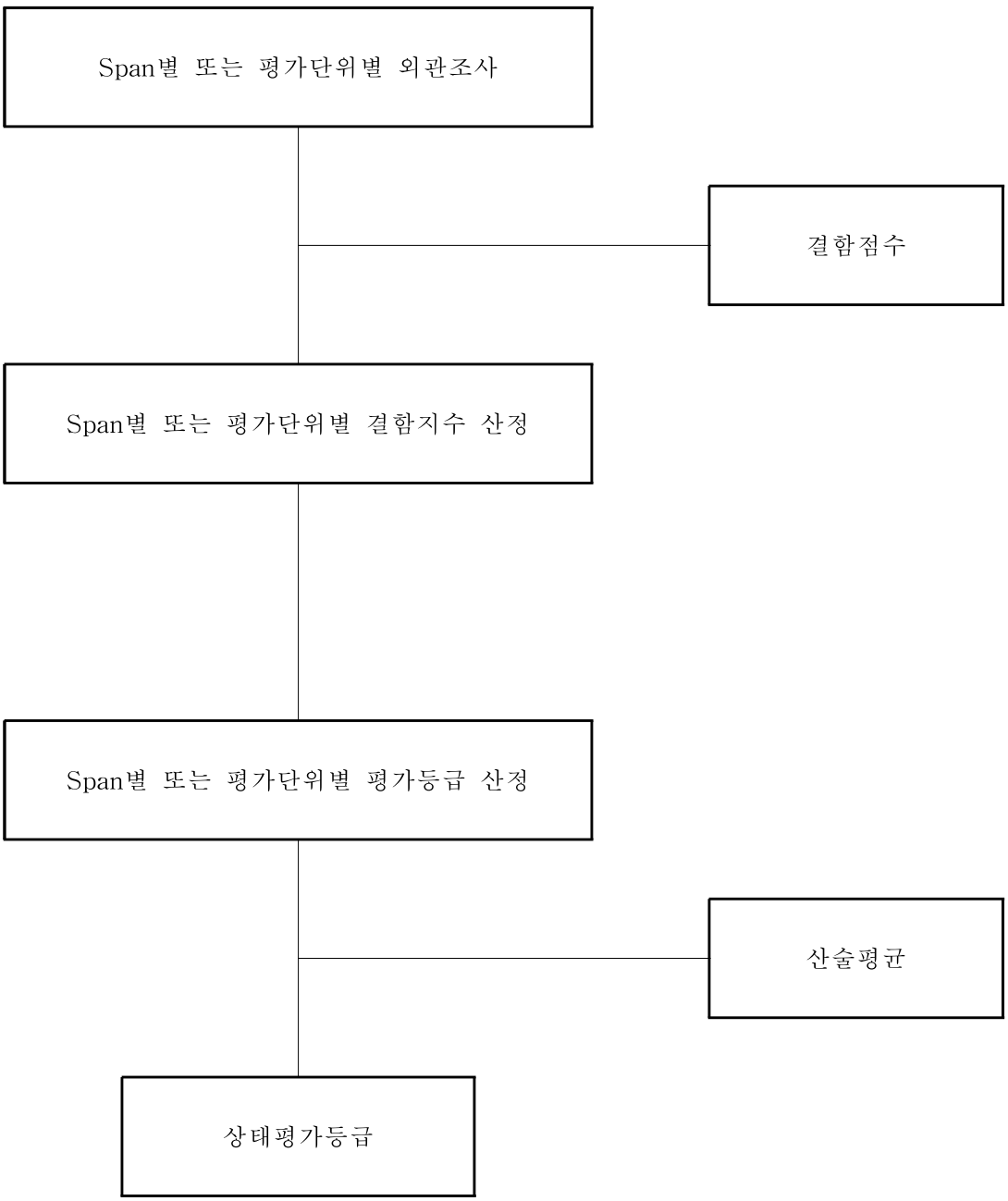
시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

<표 2.2.1> 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	0.00≤F＜0.15	0.15≤F＜0.30	0.30≤F＜0.55	0.55≤F＜0.75	0.75≤F
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상의 상태	기능수행에 영향이 없거나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본시설 기능수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

다. 콘크리트 옹벽

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결과점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가 결과를 결정한다.



<그림 2.2.2> 옹벽 상태평가등급 산정 흐름도

2.3 종합평가 기준

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 절차에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 조려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성 평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교·검토하여 최종적인 결과를 부여하게 된다.

2.4 안전등급 지정

과업의 책임기술자는 당해 시설물에 대하여 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다. 다만, 과업의 실시결과가 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

시설물의 안전등급의 기준은 다음 표와 같다.

<표 2.3.1> 시설물 안전등급

안전등급	시설물의 상태	비고
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 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 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

제 3 장 비파괴시험

3.1 내구성조사 시험개요

3.2 콘크리트 내구성조사

제 3 장 비파괴시험

3.1 내구성 조사 시험 개요

내구성 조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

내구성 조사의 적용범위는 다음과 같다.

○ 내구성 조사를 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.

○ 내구성 조사는 구조체를 중심으로 수행한다.

○ 내구성 조사는 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며, 역학적으로 충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하다. 따라서 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도를 가지며, 내구성을 갖는 것이 요구된다.

3.2 콘크리트 내구성조사

3.2.1 시험내용 및 평가기준

본 과업에서 비파괴시험은 대상구조물의 Con′c 실제강도 및 배근상태, 균열깊이 측정, 탄산화깊이 측정 등을 조사하였으며, 각 시험별 내용 및 평가방법은 다음과 같다.

가. 반발경도시험

Con′c의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 Con′c의 압축강도를 비파괴적으로

추정하는 검사방법이다.

반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 Con′c 표면을 타격하여 반발도(R)와 Con′c의 압축강도(F_c')와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

1) 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 Con′c 표면의 타격시 내부에 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 크기에 따라 Con′c의 압축강도를 추정한다.

측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정장소의 확인, 요철제거
↓
Marker등에 의한 측정점의 표시
↓
측 정
↓
20점 이상의 평균
↓
타격 방향과 습윤의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
재령 보정
↓
압축강도의 추정

<그림 3.2.1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

a. 반발경도시험

a. 반발경도시험

<사진 3.2.1> 반발경도시험 현황

외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하며 타격점 상호 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도의 산술 평균값(Rm)을 구한다.

산술평균값 Rm에 대해 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 Rm±20%의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다. 제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R)은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 Con′c의 품질이 불균질하다고 평가 될 수 있을 것이다.

2) 보정반발경도(Ro)

보정반발경도 Ro는 다음 (식 3.1)과 같이 측정경도 R에 보정값 ΔR1, ΔR2 , ΔR3를 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \quad \cdots\cdots (3.1)$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값

ΔR_3 : Con′c의 습윤상태에 따른 보정값

(1) 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다.

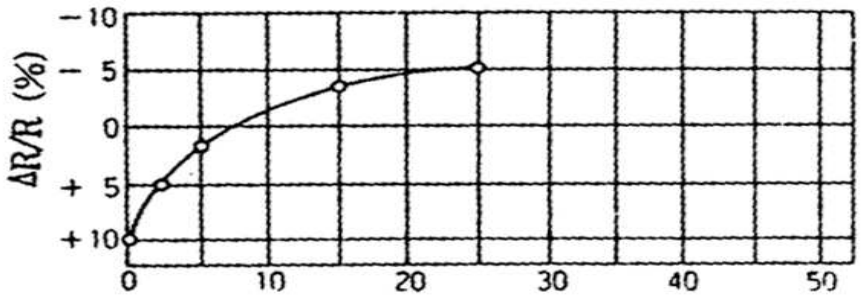
하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 ＋값으로 수정해 주고, 상향의 타격(+90°)의 경우에는 반대현상에 의해서 －값으로 수정해 주어야 한다.

<표 3.2.1> 반발경도 보정값

반발경도	보 정 값				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 +90° 하향수직타격 -90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

(2) 압축응력에 따른 반발경도 보정(ΔR_2)

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 대략 압축응력이 1MPa 인 경우 ΔR2 = - 0.015R, 2.5MPa 인 경우 ΔR2 = - 0.05R 이다.



압축응력(kgf/cm^2)

<그림 3.2.2> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

(3) Con′c 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)

Con′c 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 ΔR_3=+5로 보정한다.

3) 압축강도의 추정

보정반발경도 Ro 로부터 압축강도(Fc) 의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같다.

- 일본재료학회 (보통Con′c)

$$F_C = -18.4 + 1.27 R_o \ (MPa) \quad \cdots\cdots (3.2)$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 강도계산식

$$F_C = (7.3 R_o + 100) \times 0.1 \ (MPa) \quad \cdots\cdots (3.3)$$

4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 Con′c 구조물은 표면경도가 높아지므로 (식 3.4)과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. Con′c의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 <표 3.2.2>와 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \quad \cdots\cdots (3.4)$$

<표 3.2.2> 재령계수 α의 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

나. Con′c의 탄산화조사

탄산화는 콘크리트 구조물의 열화 문제로 현재 주목받고 있는 현상 중 하나이다. 여기서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘(Ca(OH)2)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.

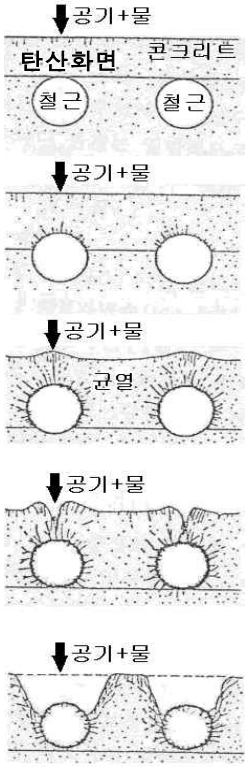
$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 이와 같이 탄산화에 의한 철근콘크리트 성능저하 과정은 <그림 3.2.3>과 같다.

a. 탄산화시험을 위한 천공

b. 탄산화 깊이 측정

<사진 3.2.2> 탄산화 시험 현황



STEP 1

정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없다
(약간의 건조수축에 의한 균열)

STEP 2

녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생한다.

STEP 3

철근의 윗면이 팽창한다. 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보인다.

STEP 4

철근 윗면의 피복이 부수어져 떨어지고, 철근의 노출이 시작된다.
철근단면적이 감소한다.

STEP 5

철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다.
내구성능은 없다.

<그림 3.2.3> 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

1) 탄산화 진행에 따른 상태평가

탄산화 진행상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행상태에 대한 상태평가 등급은 다음 <표 3.2.3>과 같다.

<표 3.2.3> 탄산화 진행상태에 따른 상태평가 등급

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	10㎜이상~30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	0㎜이상~10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

2) 경과년수에 따른 탄산화 깊이의 비교분석

<표 3.2.4>는 탄산화 진행 예측식을 나타낸 것이다. 본 과업에서 예측식의 적용은 보통포틀랜드 시멘트를 사용하고, AE제와 같은 혼화제는 사용하지 않고, 골재는 일반골재로 가정하였고, 표면마감은 없는 것으로 가정하였다. 설계기준강도를 고려할 때 적절한 물-시멘트비인 55%를 가정하였다.

<표 3.2.4> 탄산화 속도식 비교

식 종류	탄산화 속도식	비 고
하마다식 (浜田式)	$t=\frac{0.3(1.15+3x)/(x-0.25)^2}{R}C^2$	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
키시타니식 (岸谷式)	$t=\frac{0.3(1.15+3x)}{R^2(x-0.25)^2}C^2$ (x≥0.6) $t=\frac{(7.2)}{R^2(4.6x-1.76)^2}C^2$ (x≤0.6)	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
시로야마식 (白山式)	$t=\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\frac{500C^2}{(x-38)^2}$	x : 물-시멘트 비 αβγδε : 시멘트, 시공정도, 마감재, 내외 등에 따른 계수
요다식 (依田式)	$t=\alpha\beta\gamma\frac{262}{(100x-18)^2}\times C^2$ (실내) $t=\alpha\beta\gamma\frac{155}{(100x-36)^2}\times C^2$ (실외)	x : 물-시멘트 비 αβγ : 마감재, 실내외 등에 따른 계수

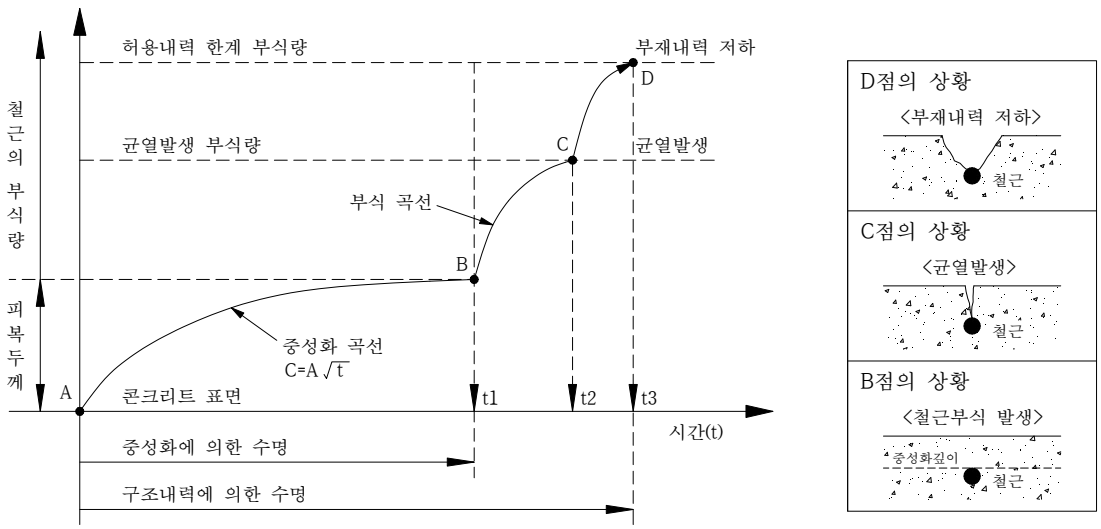
• t = 경과년수(년) , C =탄산화깊이(cm)

3) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 宗英雄 등의 연구에 따르면 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다.

콘크리트가 탄산화되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 <그림 3.2.4>에 나타내었다. 즉 t1은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t2는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t3은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t1의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t1의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t2의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t1에서 t2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t1에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



<그림 3.2.4> 콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념

대기중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C는 경과시간 t의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

$$C = A\sqrt{t}$$

위의 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다.

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$$

여기서, t_d는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0는 현재의 구조물 경과시간이다.

제 4 장 보수·보강 방안

4.1 개요

4.2 보수·보강 방안

4.3 유지관리 방안

제 4 장 보수·보강 방안

4.1 개요

본 과업에서는 과업대상 시설물의 기존 점검 및 보수·보강에 입각한 외관조사 및 내구성 조사를 실시하였고 이를 토대로 구조안전성 및 건전성 평가를 수행하였다. 또한 이러한 상세 분석을 통하여 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 활용하여 터널의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방안을 제안하고자 한다.

이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며 1) 결함 및 손상에 대한 원인에 따른 내하력 확보차원의 보수·보강방법, 2) 콘크리트 및 철근의 내구성 확보차원의 보수, 3) 외관상태의 결함에 대한 보수, 4) 구조물의 유지관리 차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

주요손상 및 결함에 따른 보수·보강안은 <표 4.1.1> ~ <표 4.1.2>에 각 부재별로 일람표를 작성 제시하였고 이에 따른 부위별 손상 및 보수위치, 자세한 보수·보강방안은 콘크리트 구조물 및 강재 구조물로 구분하여 상세히 제시하였고 외관조사망도에 각 결함 및 손상을 표기하여 제시하였다.

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

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

4.2 보수·보강 방안

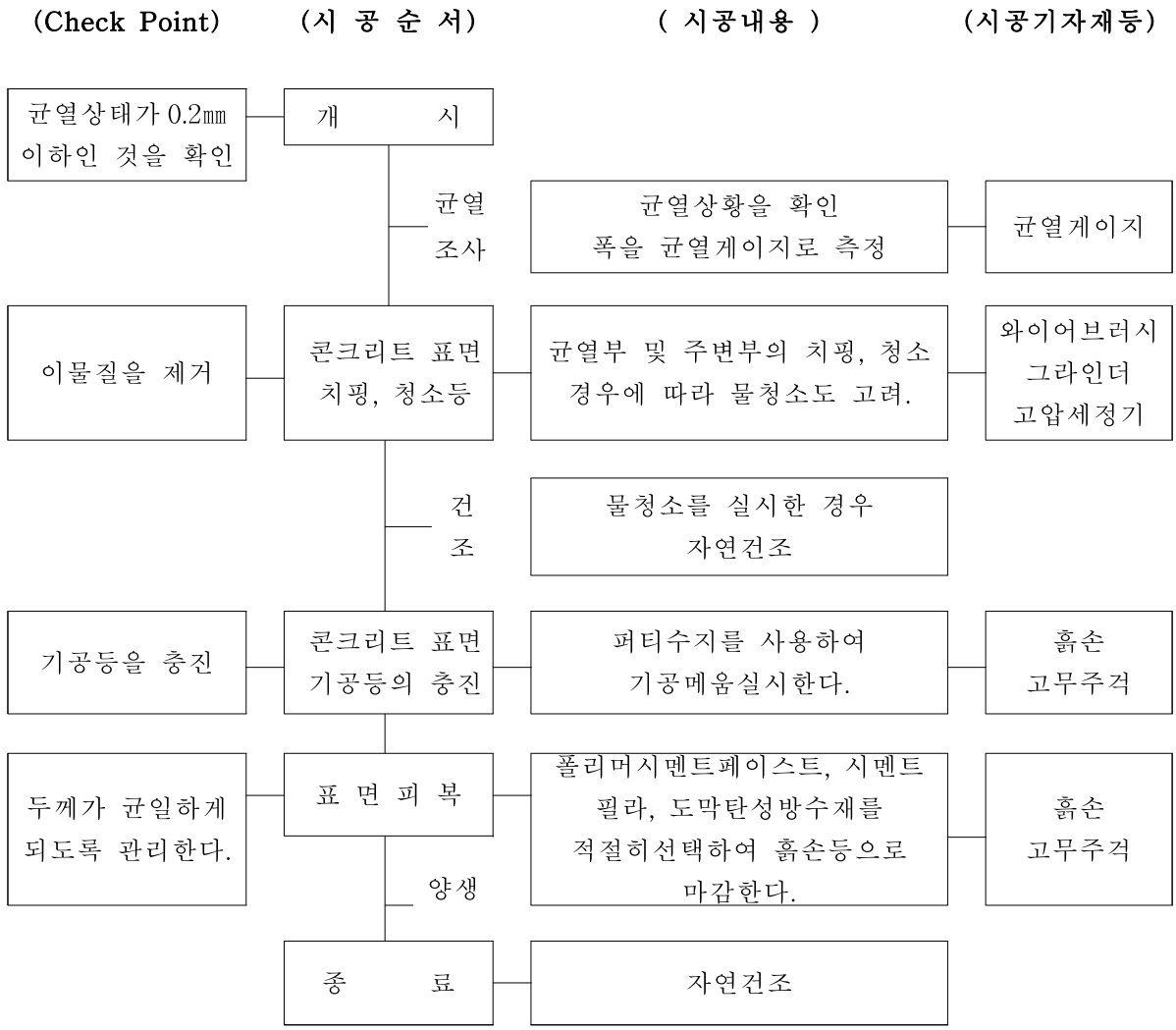
본 장은 시설물에 발생된 결함에 대한 보수·보강 일람표를 제시하여 실무담당자 및 유지관리 책임자가 쉽게 이해하도록 제시하였다.

4.2.1 결함 내용별 보수·보강방법

가. 단면보수 방법

1) 균열표면처리 보수

본 과업에서의 균열폭 0.3mm미만의 균열 및 망상균열이 발생한 구간은 향후 균열표면처리 보수시 본 공법을 적용하여 보수를 실시하며, 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다. 균열표면처리공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 4.2.1> 표면처리 공법 시공 흐름도

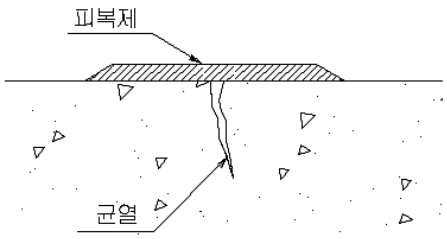
균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 4.2.2>의 좌측과 같이 균열선 및 백태를 따라 폭 50～100 mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

균열 폭의 변동이 큰 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 <그림 4.2.2> 우측과 같이 균열 면을 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 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

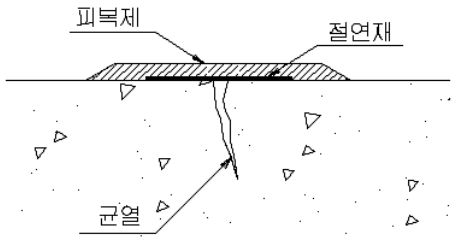
[사용재료]

① 폴리머시멘트 페이스트　　② 시멘트 필라

③ 도막탄성방수재 (아크릴 수지계)　　④ 도막탄성방수재 (우레탄 수지계)



(표면처리공법)



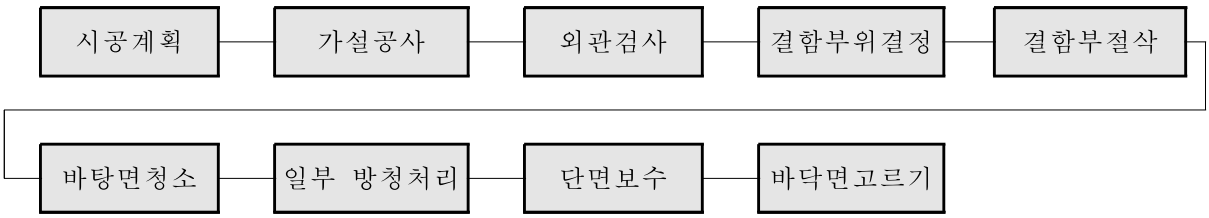
(균열폭의 변동이 큰 경우의 표면처리공법 일례)

<그림 4.2.2> 균열부 표면처리 공법 개요도

2) 콘크리트 단면보수

단면보수 공법은 콘크리트의 손상 중 균열부에 누수 및 백태가 발생하는 경우, 기 표면 보수부의 박리나 결함 재발생 부위 등에 적용하는 것으로 하며 외관조사에 따른 손상정도는 심각하지는 않으나 방치할 경우 Con′c 열화가 진전되어 철근부식 및 내구성에 영향을 미칠 수 있는 부위에 실시하는 것으로 한다.

콘크리트 표면에 발생된 Con′c 열화 및 보수부 박리 등은 바탕면의 청소 및 열화된 Con′c 제거가 잘되어야 보수 후 신·구 콘크리트의 접착이 양호하므로 충분한 사전작업을 하여야 하며 결함부위에 대해서 다음과 같은 요령으로 보수한다.



<그림 4.2.3> 단면보수 순서도

※ 보수요령

① 결함부 절삭 : 콘크리트의 균열, 박리부분 및 콘크리트 표면에 결함이 있는 곳을 절삭한다.

② 바탕면 청소 : 콘크리트 표면의 레이턴스, 부착 유지류 등 접착에 악영향을 미치는 오염원을 제거한다.

③ 방청처리(필요시) : 철근이 노출되어 있을 경우 방청재를 도포한다.

④ 단면보수 : 단면손실 부분은 복원재를 이용하여 충분히 도포한다.

⑤ 바닥면 고르기 : 단면보수를 실시하지 않은 부위라도 연장하여 단면 조정재로 도포한다.

※ 사용재료

① 방청재 : 우레탄수지 또는 알키드수지 사용

② 단면보수재 : 라텍스혼합시멘트 모르터, 에폭시수지 모르터, 우레탄수지 혼입시멘트 모르터 등이 사용 가능함.

나. 주입보수

주입보수는 외관조사에 조사된 균열 중 폭이 0.3mm를 초과하는 경우에 활용하는 것으로 하며 표면 및 단면보수 부위라도 균열 폭이 큰 경우 적용하여야 한다. 균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 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 사용한다.

<표 4.2.1> 수지주입 공법의 종류

압 입 식
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡 입 식
· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

1) 수지주입 공법의 선정

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입 방법이 있으며 <표 4.2.1>은 주입공법의 종류이다.

종래에는 수동식 기계주입 방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며, 관통하지 않은 균열은 구석까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다. 따라서, <표 4.2.2>의 저압·저속 주입의 압입식 공법이 주요하며, 저압·저속의 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며, 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다.

<표 4.2.2> 저압·저속식 주입방법

압 입 방 식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

2) 압입식 수지주입 공법 선정

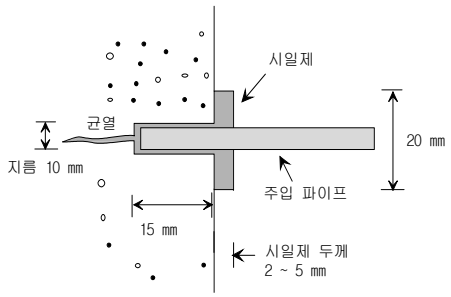
이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 <표 4.2.2>와 같다.

<표 4.2.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

<표 4.2.4> 균열폭에 따른 주입파이프의 간격

균열폭	주입파이프 간격(mm)
0.3 이하	50 ~ 100
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250
1.0 이상	200 ~ 300



<그림 4.2.4> 주입파이프 설치도

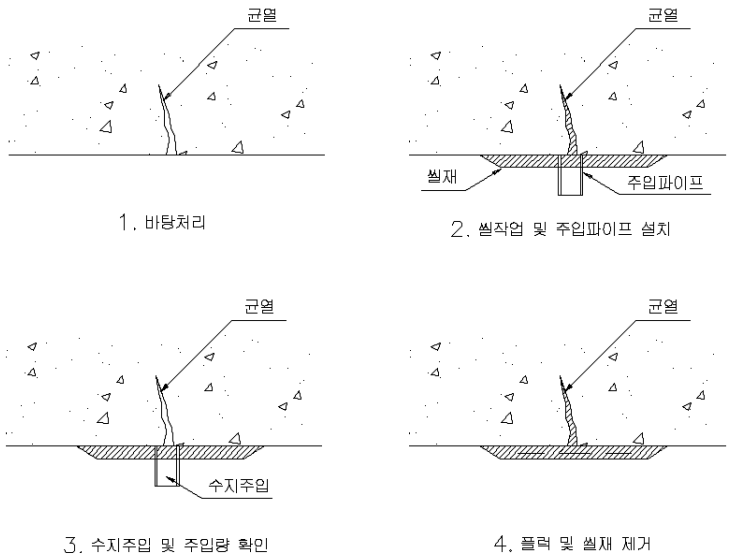
이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 <표 4.2.3>과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격과 설치 개요는 <표 4.2.4>, <그림 4.2.4>와 같다.

3) 압입식 수지주입 공법 특징

수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다.

주입압력은 4kgf/㎠ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 1kgf/㎠ 전후가 사용된다. 주입제는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있으며, 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하다. 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 흐름도 및 공법개요도는 <그림 4.2.5>, <그림 5.2.6>과 같고, 수지계 주입재의 특징은 <표 4.2.5>과 같다.



<그림 4.2.5> 균열 수지주입 공법 개요도

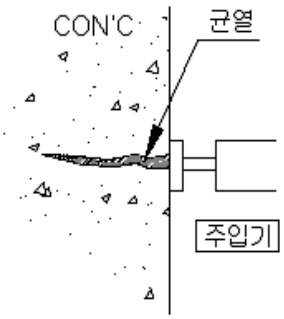
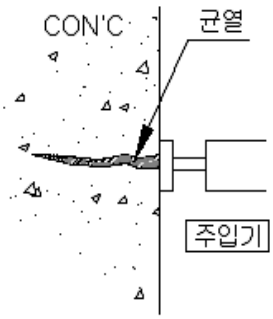
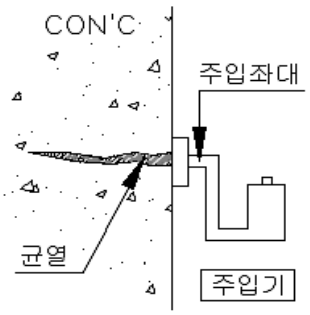
(Check Point)	(시 공 순 서)	(시 공 내 용)	(시공기자재등)
균열폭 측정 및 표식	균열 조사	균열상황 확인 폭을 균열게이지로 측정	균열게이지
주입구가 청소에 의해 메워지지 않도록 주의	균열부 표면청소	주입구 주변 청소	와이어브러시 그라인더 드릴
	주입파이프 고정	주입파이프 간격 확인(100～200 ㎜), 주입파이프 접착 밀도 확인	스케일 등
씰재의 접착을 견고하게 양생(가장 중요)	비주입부위 균열의 씰링		흙손 등
진행성 균열의 경우는 가소성 에폭시수지의 사용을 검토	전용 펌프로 천천히 주입		주입용 펌프
	주입양 확인 양 생		
시공전의 상태에 근 접하게 제거	주입파이프 씰재 제거 작업종료		망치, 끌, 정 드라이버 등

<그림 4.2.6> 수지주입 공법 시공 흐름도

<표 4.2.5> 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	·균열, 추종성이 양호 ·적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	·경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 ·균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	·수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 ·강도특성이 뛰어남 ·균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	·수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 ·적용 균열 폭 1mm~10mm
실런트계 충전재	우레탄수지	·단일성분으로 작업성이 뛰어남 ·탄성계수가 작아 균열 추종성이 양호 ·구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀젼 미분말충전재 조강시멘트	·균열폭 5.0mm 이상에 적용 ·습윤면에 대하여 접착성이 우수 ·알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교

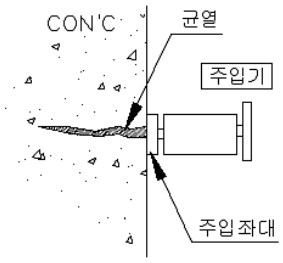
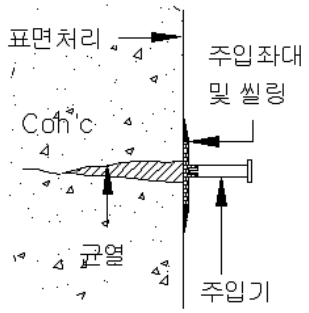
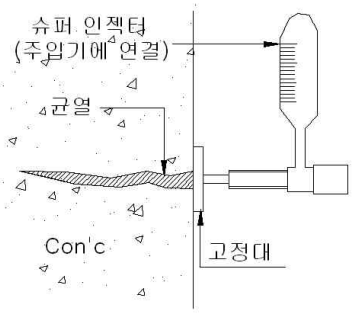
구 분	제 1 안	제 2 안	제 3 안
	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 모르터	수성 에폭시콘크리트
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열부위에 무기계 재료인 RF슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 유기계+무기계 재료인 수성 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 →에폭시 주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 → RF슬러리주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 → 수성 에폭시주입 → 단면복구
특 징	- 습윤면 시공 가능 - 시공성이 좋다 - 경화속도가 빠르다. - 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 - 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	- 모체와 탄성계수, 열팽창 계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 - 모체와 일체화 가능 - 기존의 콘크리트 구체와 동일한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 - 습윤면 시공 불가능 - 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	- 미세 균열주위 콘크리트 강도 증가 - 내지하수, 내해수, 내약품성, 화학적 침식성 우수 - 경화속도가 무기계에 비해 빠르다 - 물성치가 콘크리트와 상이함으로 온도 및 하중변화에 의한 재균열 발생 우려

4) 시공시 주의사항

(1) 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교-계속

구 분	제 4 안	제 5 안	제 6 안
	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열보강액 주입 가능한 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입좌대 고정→균열부실링→초미립무기계→슬러리주입→단면복구	표면처리→주입구선정→균열부위 씰링→고정판설치→에폭시주입→표면정리	균열부위 면처리→에어컨 먼지제거 → 균열부실링→고정제부착→실린더 고정판에 부착→슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입→고정대 제거 후 마감.
특 징	- 무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도, 하중변화에 의한 재균열 발생가능성이 없음 - 습윤면 시공불가능 - 균열부 콘크리트 방청, 중성화 및 염해방지 기능이 있음 - 공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	- 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있음. - 건식, 습식, 수중 시공이 가능. - 균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능. - 압력조절에 주의가 요망되며, 압력 이 클 경우 균열이 확대되어 버림.	- 각각의 시공 부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능. - 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능. - 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음. - 시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다. - 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있다.

(2) 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.

(3) 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.

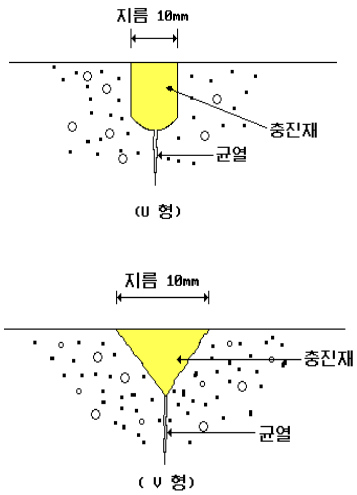
(4) 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

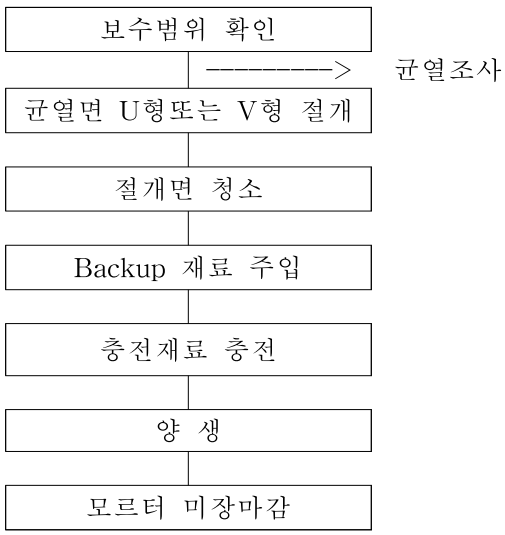
(5) 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리한다.

5) 충전공법

충전공법은 균열의 폭이 0.5 mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르다. 충전공법에는 철근이 부식되지 않은 경우, 철근이 부식되어 있는 경우, U커트 실링재 충전공법, 결함부위 에폭시수지 모르터 충전공법 그리고 결함부위 폴리머 시멘트 모르터 충전공법 등이 있다.

◆ 철근이 부식되지 않은 경우





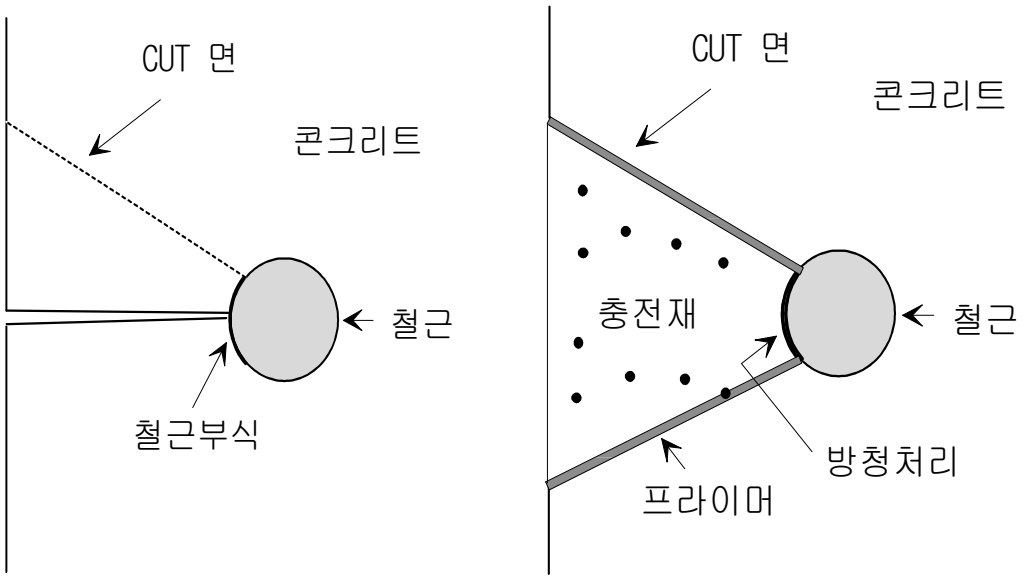
<그림 4.2.7> 철근이 부식하지 않는 경우의 충전공법 및 시공흐름

철근이 부식되지 않은 경우는 <그림 4.2.7>과 같이 균열을 따라 약 10 mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재·유연성 에폭시수지 또는 폴리머 시멘트 모르터 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머 시멘트 모르터를 충전하는 경우 충전한 모르터의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.

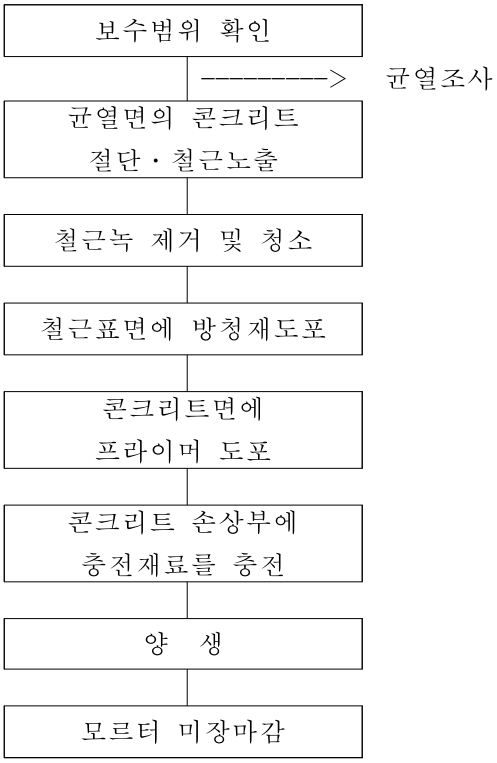
◆ 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전공법은 <그림 4.2.8>과 같이 부식된 철근부위까지 콘크리트를 깨내고 철근의 녹을 완전히 제거한다. 철근에 대한 방청처리와 콘크리트면에 대한 프라이머 도포후 폴리머 시멘트 모르터나 에폭시수지 모르터 등의 재료로 충전하는 순서로 시공하며 보수 순서는 <그림 4.2.9>와 같다.

이 방법은 철근이 부식된 경우 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 하는 균열보수의 주된 방법으로 환경조건에 따라 여러 가지의 재료 및 공법이 사용될 수 있다. 철근이 부식된 경우의 충전공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알카리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 및 이 두 가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.



<그림 4.2.8> 철근이 부식된 경우의 충전공법



<그림 4.2.9> 철근이 부식된 경우의 충전공법의 흐름도

철근이 부식된 경우의 보수에는 다음 사항을 고려해야 한다. 첫째, 부식된 철근의 녹을 완전히 제거하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 균열이 발생되지 않은 부분의 철근도 부식하는 경우가 많기 때문에 그 부분을 포함하여 보수한다. 셋째, 균열이 진행성이면 균열폭이 증가되는 경우가 많이 있기 때문에 변형에 대한 유연성이 큰 보수재료를 사용한다. 이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로 균열면은 항상 습윤 상태로 있는 것이 많다. 이같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시 수지계 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다. 시멘트계 보수재료는 현재 주입성능이 합성수지계에 비해 떨어지나 수경성이므로 습윤면의 시공에 적합하고 내구성, 내화성이 우수하여 화재 발생시 등에 유리하다.

<표 4.2.8> 단면복구공법

구 분	라파 공법 (Raphah system)	리폼공법	리프리트 공법	RC 시스템(스텐레스 스틸와이어메쉬 보강)	NEF MAC공법 (보강공법)	MDF 시멘트 몰탈 고압습식 스프레이 공법
	특허공법	신기술 59호	신기술 209호	신기술 222호	특허공법	신기술 246호
개 요	▶균일한 품질로 프리믹스한 1성분형 무기계 폴리머몰탈을 현장에서 물만 혼합하여 바로 압축, 이동,시공하는 단면보수/보강공법	▶수성아크릴계 몰탈과 유무기계재료의 단계별 손미장 붓작업에 의한 단면수복 공법	▶SBR계폴리머몰탈과 무기계재료의 단계별 손미장 붓작업에 위한 단면수복공법 ▶무기계 재료의 사용 ▶발수제사용으로 통기성화복 및 염분침투억제	▶스텐레스스틸와이어 메쉬와 침투성폴리머 몰탈의 손미장 작업에 의한 단면보강공법 ▶앙카에 의한 ST-와이메쉬 고정으로 강성증가로 내하력 증가	▶일본 Nef Mac사의 격자형 탄소섬유 적층형 보강재료와 폴리머 시멘트몰탈의 손미장 작업에 의한 단면보강공법	▶분말형츼 무기반응성 폴리머 몰탈을 물과 혼합하여 압출, 이송하는 단면수복 공법
장 점	▶습윤면 부착력 매우 우수 ▶리바운드율이 매우적다 (스프레이 시공) ▶조기강도로 시공기간 단축 ▶우수한 부착력, 균열발생이 없다 ▶친환경 재료 ▶진공상태에서 시공이 가능 ▶무기계로 모체와 일체화우수	▶수규모 면적시공이 용이하며 경제적 ▶침투성 접착강화제 사용으로 모체성능 향상 ▶아크릴계 수성 폴리머 사용으로 통기성 우수 ▶시공경험이 풍부	▶무기계 재료의 사용으로 열팽창계수가 비슷해 모체와 동등하게 거동을 한다 ▶염소이온 침투억제 효과 ▶방청 페이스트를 이용한 방청처리 ▶침투성 알칼리 회복제 사용	▶보강성능이 우수 ▶침투성 폴리머사용 ▶염화물 저항성 우수 ▶경화시간이 짧다 ▶수성화제품 ▶침투성 내화, 내열, 내화학 우수	▶격자형 탄소섬유사용으로 사하중 염려없음 ▶철근보다 뛰어난 인장강도유지 ▶습윤면시공가능 ▶부식걱정이 없음 ▶화재발생시 내화성우수	▶스프레이시 리바운드가 적다 ▶수복면의 밀도향상으로 품질 우수 ▶천정부위 및 보강재 사용이 쉽다 (철근, 강선 ,와이어메쉬, 앙카보강) ▶협소한공간의 작업이 쉽다. ▶공정이 단순해서 작업시간단축
단 점	▶기계화시공이므로 치밀한 현장준비가 필요하다 ▶무기계로 양생시간이 유기계보다 길어 양생에 유의	▶손미장에 의한 방법이므로 천장부위 품질확보가 어렵다 ▶여러 단계 시공으로 시공기간이 길다 ▶다단계 시공이므로 단계별로 건조품질 미확보시 전체 품질 저하	▶손미장에 의한 방법이므로 천장부위의 품질확보가 어렵다. ▶다단계시공으로 시공기간이 길다 ▶다단계시공이므로 단계별 철저한 품질관리 필요 ▶진동이 있을시 시공이 어려움	▶손미장으로 피복을 하므로 모체와의 일체화가 어려워 품질확보가 곤란 ▶와이어 메쉬 뒤쪽의 표면 밀도 저하 ▶피복성능저하시 보강효과가 저하되고 품질확보가 곤란 ▶액상을 현장에서 배합시공함으로 전문가 필요	▶손미장 피복으로 외이어 메쉬와 모체의 일체화가 어렵다 ▶와이어메쉬 뒤쪽의 몰탈채움 작업이 곤란함 ▶모체와 일체화 및 단소섬유 외아어메쉬와 피복몰탈의 접착성능이 저하시 보강효과가 저하되어 품질확보가 곤란	▶보수단면의 소규모면적과 많은 개소의 분산시 장비 이동시 시공성 저하우려
시 공 실 적	▶옥계항만보수공사 ▶구의 정수장,서해대교 ▶을지로입구역,수유전철역 ▶울산화력발전소 ▶압구정동 현대 APT	▶청계천 복개 구조물 외 다수 ▶정수장(서울시 다수) ▶교량구조물 다수 ▶한남대교,반포대교	▶교량구조물 다수 ▶해안구조물 다수 ▶강남구청,금천구청, 하수암거	▶현대중공업 제 1도크외 다수 ▶동작구정 하수암거	▶지하철 2호선 터널 보수보강 ▶종로구청 하수 암거 보수보강	▶시흥천 복개구조물 단면보수 ▶구리시 통신공동구 단면보수 ▶구리 인창전 하수박스 보수보강 ▶여의도 공동구 화재복구
경제성	표면처리 : 58.495/㎡ 철근노출(t=30) : 262,149/㎡	표면처리 : 78,570/㎡ 철근노출(t=30) : 281,949/㎡ (치핑, 방청 별도)	표면처리 : 100,922/㎡ 철근노출(t=30) : 297,204/㎡ (치핑, 방청 별도)	표면처리 : 64,559/㎡ 철근노출(t=30) : 275,912/㎡ (치핑, 방청 별도)	표면처리 : 78,069/㎡ 철근노출(t=30) : 421,069/㎡ (치핑, 방청 별도)	표면처리 : 70.540/㎡ 철근노출(t=30) : 278.566/㎡ (치핑, 방청 별도)

<표 4.2.9> 포장면 공법비교표

구 분		PSMA (SBS+SMA)	SBS PMA	SMA (Stone Mastic Asphalt)	SBR	밀입도 #67, #78 (기존 포장)	LMC (Latex Modified Concrete)
공법 개요		• 슈퍼팔트(SBSPMA)를 SMA 골재입도에 적용한 공법 • PG76-22 등급의 바인더 사용으로 내유동, 내균열, 처짐 추종성을 획기적으로 개선 • 굵은골재:잔골재 = 75:25(개립도)	• 일반 AP와 열가소성 폴리머인 SBS를분자 결합시켜 탄성회복력과 박리저항성이 대폭 향상 된 고성능고분자 개질아스팔트 • 굵은골재:잔골재 = 50:50(밀입도)	• 굵은 골재의 맞물림 효과에 의한 내유동 강화와 Mastic(AP+채움재)에 의한 골재 간극충진 • 아스팔트 흐름 방지를 위해 섬유보강재 현장 투입 • 굵은골재:잔골재 = 75:25(개립도)	• 고무 계통의 SBR을 물과 50:50의 비율로 분산시켜 현탁액 형태로 제조 • 현장배합 방식 생산 • 물리적 혼합	• 가장 일반적인 포장공법 • 최근 AP-3 → AP-5 로 AP규격 변경(소성변형 방지차원) • 굵은골재:잔골재 = 50:50(밀입도)	• 스티렌과 부타디엔 성분의 폴리머와 라텍스를 혼입한 개질 콘크리트 (LMC, Latex Modified Concrete)
적용 단면		• 표층 및 중간층	• 표층 및 중간층, 기층	• 표층		• 표층 및 중간층	• 방수층, 포장층
혼합물 생산	최대골재	• 13mm ~ 10mm	• 19mm ~ 13mm	• 13mm ~ 10mm	• 37.5mm ~ 9.5mm	• 19mm ~ 13mm	• 13mm
	AP함량	• 6.5 ~ 7.5%	• 5 ~ 6%	• 6.5 ~ 7.5%	• 5 ~ 6%	• 5 ~ 6%	-
	생산온도	• 160 ~ 185℃	• 160 ~ 185℃	• 160 ~ 185℃	• 165 ~ 185℃	• 140 ~ 150℃	-
	개질재	• SBS(합성고무) 4~10% • 섬유보강재(Via-Top) 투입	• SBS를 정유공장에서 혼합 (Pre-mix형태)	• 개질재 첨가 없음 • Via-Top투입(3Kg/톤)	• 물이 함유된 유화재 (emulsion, 물 50%, SBR 50%)	• 개질재 첨가 없음.	• 라텍스 혼입
시공	다짐장비/순서	• 머케덤 → 머케덤 → 탄뎀	• 머케덤 → 타이어 → 탄뎀	• 머케덤 → 머케덤 → 탄뎀		• 머케덤 → 타이어 → 탄뎀	-
	시공특징	• 온도 및 다짐관리 철저, 시공 대기시간 엄수	• 온도 및 다짐관리 철저, 시공 대기시간 엄수	• 온도 및 다짐관리 철저, 시공 대기시간 엄수		• 온도관리 및 다짐 용이	• 모빌밀러로 생산된 LMC를 롤러페이버로 마무리
특징	포장수명	• 기존포장 대비 2~3배 이상	• 기존포장 대비 2~3배 이상	• 기존포장대비 2배 이상	• 기존포장 대비 2~3배 이상	• 국도 평균 5년	• 기존포장 대비 3~5배 이상
	소성변형저항성 (동적안정도)	우수 (8,000~9,000회)	우수 (5,000~6,000회)	양호 (2,000~3,000회)	양호 (3,000회)	보통 (300~700회)	-
	피로균열저항성 (1축인장재하)	우수 (559,701회)	우수 (511,500회)	양호 (67,500회)		보통 (23,000회)	-
	소음감소	양호(-2dB)	보통	양호(-2dB)		보통	불량
	미끄럼 저항	양호(61.8BPN)	보통	양호		보통(52.2BPN)	보통
장 점		• 소성변형 및 피로균열 저항성이 탁월 • 소음감소 및 미끄럼저항 증대로 포장의 기능증대 • 휨추종성이 탁월하여 교면포장에 적용가능(강상판)	• 소성변형 / 균열저항성 우수 • Premixing으로 품질관리 용이 • 기존 아스콘과 생산 및 시공 방법 동일 • 교면포장 적용시 균열저항성 우수	• 소성변형 저항성 우수 • 균열 및 탈리현상 방지 • 소음감소 효과 있음 • 미끄럼 저항성 증가	• 현장 배합으로 취급성, 저장성, 공사 대응성 양호 • 소량 생산 가능 • 접착력이 우수하여 골재 비산 감소 • AP의 산화를 억제함으로서 내구성 양호	• 시공이 용이하고 실적이 많음 • 유지보수가 용이 • 아스콘 단가가 저렴	• 콘크리트 재질 특성으로 소성변형 없음 • 내유동성 및 부착력 증가 • 유지관리비 저렴 • LCC 측면 우수 • 별도 교면방수 불필요
단 점		• 아스콘 단가가 상대적 고가 • 아스팔트 전용탱크 필요 • 단입도 골재 확보곤란 및 화이버 투입장치 필요	• 아스팔트 저장용 전용탱크가 필요(기존탱크 활용) • 강상판에 적용시 휨추종성이 부족하여 균열발생 우려	• 단입도 골재 확보가 어렵다 • 아스콘생산 및 시공 품질관리가 어려움 • 화이버 투입기 추가 설치필요	• 현장배합으로 품질 불균일 (별도 투입기 필요)	• 소성변형에 취약 • 균열 및 박리저항성이 취약 • 보수주기가 짧아 민원 발생	• 종, 횡단 급구배구간 및 곡선구간 적용 곤란함 • 데크피니셔 사용, LMC양생 등 시공성 다소 불리
특허/신기술		건설 신기술 227호	건설 신기술 제227호	-		N.A	건설 신기술 제 322 호
경 제 성(재료비)		129,000원/톤	87,000원/톤	97,000원/톤	580,000원/kg	63,000원/톤	50,000원/M2

4.3 유지관리방안

4.3.1 개요

본 유지관리방안은 시설물에 관한 상세한 유지관리지침을 제시하여 과학적이고 체계적인 유지관리를 도모함에 있다. 터널의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정기점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 결함발생 초기에 발견하여 손상 정도에 따라 적정한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다. 결함발생 초기에서 보수시기를 놓치면 장기에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 장기화로 사용성의 지장과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다.

따라서, 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 시설물의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

또한. 시설물의 유지관리는 시설물의 기능과 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후, 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것이 목적이며, 세부목적은 다음과 같다.

· 시설물 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.

· 시설물 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.

· 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.

· 보수, 보강, 개축 등 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.

· 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적분배가 가능하게 한다.

· 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 시설물의 개선을 기대한다.

유지관리의 목적은 다양하지만 그 중에서 가장 기본이 되는 것은 구조물의 현상을 주기적인 현장 점검을 통해 파악하고, 안전성과 사용성에 악영향을 미칠 손상을 예방하거나 조기에 발견하여 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전을 보장하는 것이다. 축척된 점검자료를 분석하면 시간이 경과함에 따라 변해 가는 구조물의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따라 적절한 유지관리 계획을 수립할 수 있게 된다. 또한, 유지관리 측면에서 본 설계, 시공상의 문제점과 개선점이 파악되어 유지관리를 고려한 설계, 시공을 가능케 하고, 결

과적으로 구조물의 수명을 연장시킨다.

4.3.2 유지관리업무

가. 일반

효과적인 시설물 관리를 위하여 설계도서를 포함한 필요한 자료를 보관하여야 한다.

(1) 설계도

① 시공도서 : 시공도면, 보수·보강도면, 준공내역서, 구조계산서

② 제작 및 작업도면 : 붕괴유발부재를 포함한 터널부재의 상세도면

③ 준공도면 : 최종도면

(2) 시방서

- 표준시방서 및 전문시방서(보수·보강공사 포함)

(3) 사 진

① 전경, 정면, 측면, 주요 결함부, 주요 공정사진

(4) 재료시험

① 시공재료 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서

② 품질관리(선정 및 관리시험)기록

③ 비파괴 시험자료(재료의 강도 등)

(5) 보수이력

- 보수기간, 보수위치·공법·물량 및 손상종류, 시공회사, 공사비, 참여기술자

(6) 사고기록

- 사고일시, 경위, 부재의 손상 및 보수·보강현황, 인명이나 장비등 손상정도

(7) 시설물관리대장

① 시설물에 관한 손상과 보수·보강을 포함한 연도별 점검기록이 포함된 시설물관리기록으로서 관리항목에는 다음과 관련된 사항이 포함된다.

▶ 시설물 구분

· 시설물명, 시설물일련번호, 관리주체, 위치, 이정, 교차코드, 확장구분

▶ 시설물 형식 및 사용재료

▶ 연령 및 공용성

· 착·준공 년월일, 상·하행 차선수, 우회로 연장·경로, 일평균 교통량 등 교통관련기록

▶ 시설물 제원

▶ 시설물분류, 내하력 및 통행제한

▶ 시설물 상태 평가

▶ 기 타

② 시설물 관리대장의 변경 작성

▶ 확폭이나 확장의 경우

· 유지보수나 개량작업으로 부재의 강도나 사하중의 변화가 구조물의 상태 또는 내하력을 변화시키는 경우 그에 따른 내하력 계산을 한다.

▶ 사고일시, 경위(원인 및 대책포함), 부재의 손상 및 보수·보강현황

▶ 부착시설 현황(상수도관, 가스관, 통신케이블 등)

▶ 전면 개수시는 기존시설물 대장은 보존하고 재작성

나. 점검 및 진단 자료

(1) 점검 및 진단 이력

① 점검종류 및 일시, 점검자, 관리주체, 점검결과 등 모든 점검/진단활동 관련사항

(2) 점검시 필요조치사항

① 현장점검을 원활히 수행하기 위한 각 시설물의 특성과 부위, 특수장비 목록, 접근방법

② 점검자나 공공 안전확보를 위한 점검시 교통운용계획을 포함한 특별한 사항

③ 기 실시한 점검 및 진단보고서

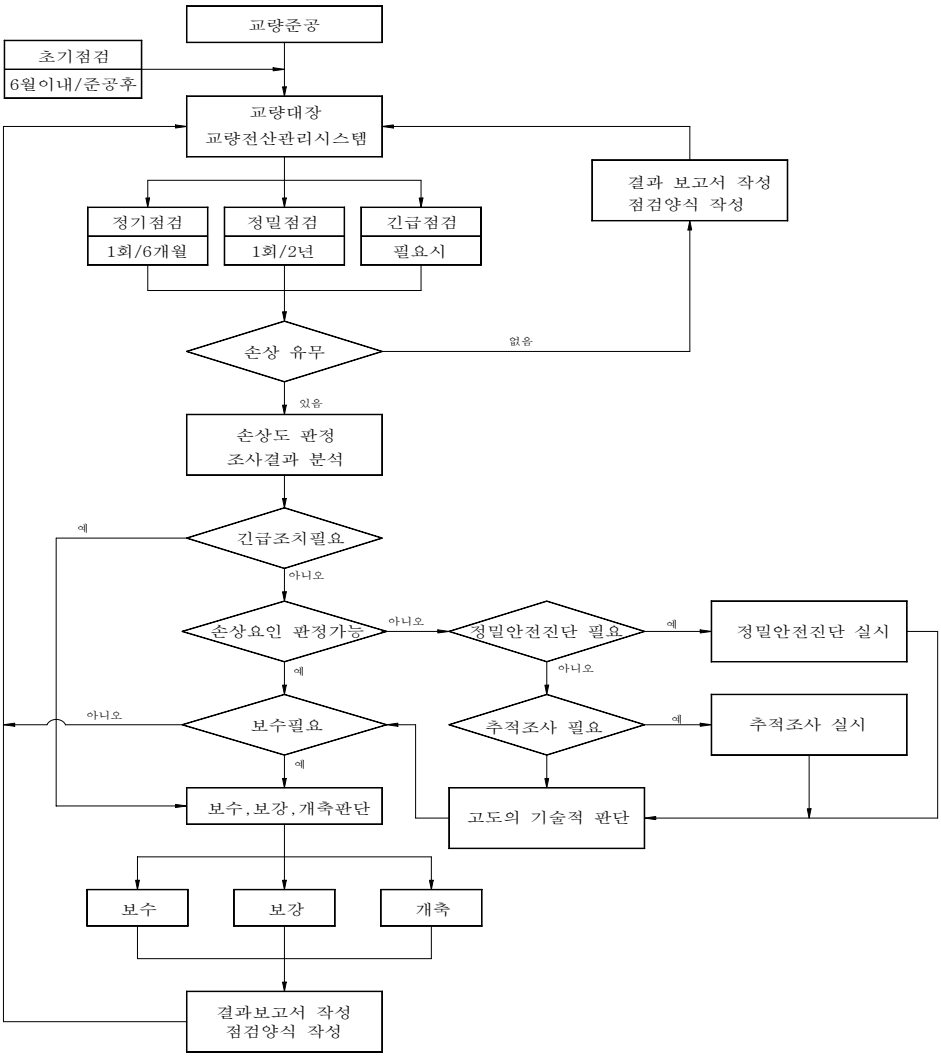
④ 준공도면 등 건설 관련 기록

⑤ 보수·보강 기록이나 사고이력

(3) 점검자료의 갱신

① 시설물관리대장에는 현장조사일시를 명시하며 최종 점검 이후 시설물에서 수행된 주요 작업에 대하여 기록한다.

② 유지관리와 개량작업으로 인하여 구조물의 규격이 변경된 경우에도 변경된 치수를 기록한다.



<그림 4.3.1> 유지관리 흐름도

다. 상태 및 안전성 평가 자료

(1) 내하력 평가기록

관리주체는 내하력 평가방법과 종류 및 해석결과, 사용된 계수 등 내하력 결정에 관련된 제반기록을 보관한다.

(2) 계측기록

계측이 필요하다고 판단되는 구간에는 중요한 구조부위를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록을 보존한다. 계측을 실시한 경우에는 시설물에 계측지점을 표시·보존함으로서 연계성 있는 계측을 할 수 있도록 도상(圖上)과 계측지점을 일치시켜 기록·보존한다.

라. 유지관리업무 종류와 방법

안전점검은 정기점검, 정밀점검, 초기점검, 긴급점검이 있다.

(1) 정기점검

손상을 미리 발견하기 위하여 반기별 1회이상 실시하는 순찰과 유사한 성격의 점검으로 도보로 접근이 가능한 부재에 대하여 전반적인 외관상태를 관찰하는 수준으로 실시한다.

(2) 정밀점검

시설물의 수명을 연장하기 위하여 2년에 1회 이상 정기적으로 실시하는 점검으로 도보접근이 가능한 부재를 육안이나 간단한 점검장비를 이용하여 실시하되 전반적인 외관상태를 대상으로 한다.

점검은 육안검사와 정기점검에 사용되는 보조기구 외에 카메라, 반발경도 측정기, 균열자, 줄자 등의 간단한 측정기구를 사용하여 영구작업대, 점검통로 또는 점검차를 사용하여 거더 및 바닥판 하부 등 정기점검시 접근이 불가능한 부위까지 점검한다. 손상상태평가는 경간별 지점별로 행하되 문제부위에 대하여는 외관조사망도를 구성하여 등급을 매기는 것으로 한다. 구조 혹은 하중상태가 변화된 경우에는 구조계산을 통한 내하력평가를 시행한다.

(3) 초기점검

공용개시 전에 시설물 전체에 대한 육안검사와 콘크리트 강도조사, 철근 배근상태조사, 재료시험 등의 현장시험을 실시하여 시공상태를 평가하고, 구조물에 손상을 주지 않는 범위 내에서 재하시험을 시행, 처짐과 공용내하력의 초기치를 설정하여 향후 시설물의 점검 및 진단 시에 기초자료로 활용하도록 하기 위한 점검으로서 정밀안전진단 수준으로 실시한다.

구조형태가 변화되었을 때에도 초기치를 결정하기 위하여 초기점검을 실시하고 비파괴 현장시험 및 재료시험의 종류는 기존자료 및 시설물 상태를 고려하여 선정한다. 육안검사 시 결함이 있는 경우에는 도면으로 기록하며, 시설물 전체 부재에 대한 안전성 조사 및 상태 평가, 현장시험 등 각종 점검자료를 보존토록 한다.

(4) 긴급점검

① 손상점검

재해가 발생한 경우나 발생우려가 있는 경우, 일상점검에서 이상이 발견된 경우 시설물 안전성을 확보하기 위하여 실시한다.

점검의 범위는 긴급한 사용제한이나 사용금지의 필요성이 있는지의 판단과 보수를 수행하는 데 있어 필요한 작업량의 정도를 결정할 수 있어야 한다. 손상점검은 정밀점검의 보완수단으로 손상의 정도와 보수의 긴급성 그리고 보수작업의 규모를 파악할 수 있어야 하며 시험장비에 의한 현장측정 및 사용제한기간에 대한 판단이 필요하다.

② 특별점검

관리주체가 판단하여 행하는 정밀점검 수준의 점검으로 기초의 침하 또는 세굴, 부재변형 등 결함이 의심되는 경우나, 하중제한중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위한 점검이다.

(5) 정밀안전진단

점검으로는 발견할 수 없는 결함부위를 찾기 위하여 행하여지는 정밀한 육안검사 및 장비에 의한 근접점검이다. 필요한 경우 점검차, 비계, 작업선 등의 특수장비와 잠수부와 같은 특수기술자가 필요하며 결함의 존재 및 범위를 파악하기 위한 내구성측면의 비파괴 현장시험 및 기타 재료시험을 병행한다.

손상상태평가는 전체경간, 전체지점에 대하여 외관조사망도를 구성하여 손상표기 범례에 따라 상세히 작성하고 수중부분은 잠수부를 동원하여 정밀한 점검을 행한다. 외관상태 평가시의 착안사항은 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따른다.

(6) 일상순찰

일반적으로 작업차로 시설물을 순찰할 때 발견되는 시설물의 노면잡물, 집수구 주변의 오물 퇴적, 연석이나 표지판의 불결함 등 사용자들에게 줄 수 있는 위협감이나 불쾌감을 해소하기 위하여 일반 작업원들이 실시하는 작업을 말한다.

① 라이닝 및 집수구 관리

- 터널 내부 청소, 표지판 청소, 집수구 청소

② 신축이음장치 관리

- 차량 통과시 이상음, 승차감의 이상, 단차 발견시 기술자에게 위치 및 손상보고

(7) 교체

구조부재를 제외한 시설물의 부대장치나 시설 중에서 터널전체의 사용연한보다 연한이 짧은 것에 대하여 교체, 치환 또는 복원하는 작업을 말한다. 이는 각 대상별로 정해진 주기에 따라 실시하거나 관리책임자의 판단에 따라 필요한 경우 실시한다. 작업중 안전성, 내구성, 사용성에 미치는 영향에 대하여 해당 기술자의 검토가 선행되어야 한다.

(8) 보수

시설물의 구조에 영향을 주는 부재가 손상되어 안전성, 내구성, 사용성에 장애가 있다고 판단되고 단순한 기능환원공사에 의하여 그 장애가 제거될 수 있는 경우에 실시한다. 보수는 보강과는 달리 기능 및 강도의 강화를 꾀하는 것은 아니며 손상전의 상태로 복원하는 것을 의미한다. 모든 보수공정은 전문기술자가 시설물 전체의 안전성, 내구성, 사용성의 영향을 검토하여 계획을 수립하여야 한다.

(9) 보강

손상의 정도가 심각하여 보수의 효과가 의심스럽거나 사회, 정책적인 필요에 의해 강도증진 또는 기능강화가 필요한 경우 실시한다. 이는 원 설계자가 의도한 구조의 변경을 의미하므로 일부부재의 보강이 다른 구조요소에 미치는 영향을 반드시 검토하여야 하며 보강의 효과를 보증할 수 있는 방법으로 설계/시공되어야 한다.

(10) 폐쇄

시설물의 손상이 극도로 심화되고 터널의 내구연한에 달하여 보수나 보강의 효과가 극히 의심스럽거나 비경제적인 경우, 또는 사회, 정책적인 필요에 의해 더 이상의 시설물 사용요구가 없을 경우 실시한다. 폐쇄는 보수, 보강비용과 폐쇄 후 파급비용을 대비하여 비용-이득간 분석(cost-benefit analysis)을 행한 후 결정하는 것이 바람직하다. 폐쇄 후 신설을 고려해야 할 경우에는 보수, 보강기술의 발전속도를 고려하여 성급히 결정하기보다는 시설물의 등급을 하향 조정하여 사용제한 하거나 시한부 폐쇄 후 가능한 보강방법을 모색할 수도 있다.

(11) 점검장비 운용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며 다음 표와 같이 분류한다. 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서

등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다.

① 정기점검 : 일상적 휴대장비, 간단한 접근장비

② 초기점검 : 일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비, 재하시험장비

③ 정밀점검 : 일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비

④ 긴급점검 : 정밀점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정

⑤ 정밀안전진단 : 일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 비파괴 점검장비, G.P.R탐사 등

<표 4.3.1> 점검장비 종류

구 분		점 검 장 비
콘크리트 탐사장비	콘크리트 강도측정	슈미트해머, 테스트 엔빌, 초음파탐사기, 탄성파탐사기
	콘크리트 균열 및 결함탐사	초음파탐사기, 탄성파탐사기(AE법), 레이저탐사기, 적외선카메라, 스틸카메라, 레이다 탐사기
	철근탐지	페코미터, 방사선투과기
	철근부식탐지	레이다탐사기, 부식측정기
	콘크리트열화도 탐사	탄산화시험, 알칼리 골재반응시험
	염해 탐사	재료시편에 대한 염해시험
휴대장비		망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필,매직펜), 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비		사다리, 점검차(고소작업차, 굴절차), 점검보트

(12) 점검인원의 구성

정기점검은 시설물 담당요원이 수행하는 것으로 보고, 정밀점검은 정기점검팀 혹은 별도의 점검팀을 구성하여 실시하는 것으로 한다. 정기점검은 정기점검 자격을 갖춘 책임기술자 1인을 포함하여 총 2인이 한 조가 되어 도보로 접근 가능한 전체부위를 정해 놓은 일정에 따라서 점검한다.

정밀점검은 정기점검시 근접점검이 어려운 부위를 위주로 시행하며 정밀점검 자격을 갖춘 책임기술자 1인을 포함하여 별도의 점검팀을 구성하여야 한다.

4.3.3 터널의 유지관리

가. 개요

터널의 유지관리는 터널의 상태를 파악하고 이상 및 변형의 조기발견 및 응급조치와 대책 및 조사의 필요성을 판단하고 터널의 유지관리를 위해 자료수집과 축적을 목적으로 실시한다.

구체적으로 ① 관리하고 있는 터널의 현상을 파악하고 터널의 안전성과 기능성에 악영향을 끼칠 수 있는 변상을 조기에 발견하고 그 정도를 파악하여 조기에 적절한 대응을 가능하게 하며 시설물의 안전을 확보하는 것이다. ② 효과적인 유지관리를 실시하기 위해서 터널의 변상의 정도를 연속적으로 측정하는 것에 있다.

특히 변상은 진행성을 가지는 것이 많아 과거의 변상개소 및 보수공의 실시 개소 등을 연속적으로 주의 깊게 관찰, 변상의 진행과 재발의 유무를 감시하는 것이 중요하다.

따라서 터널의 완성시점에서 유지관리 대장을 준비하고 건설시의 각종 자료를 수집·종리하고, 공용후 유지관리의 기록을 추가하여 터널의 상태를 일상적으로 정확하게 기록하여 두는 것이 필요하다.

또한, 터널의 점검 및 보수 요령을 정하여 실시하는 것도 유지관리를 효율적으로 수행하는 방법이며, 작업시는 관계법규를 준수하고 차량통행 및 작업자의 안전확보를 충분히 배려해야 한다. 또한 터널의 내부 환경을 쾌적하게 하고 터널 외관 상태를 파악할 수 있도록 터널 내의 청소를 효율적이고 정기적을 실시하는 것도 중요하다.

위와 같은 목적에서 금번 정밀점검에서 조사되고 분석된 손상 및 결함을 근거로 하여 <표 4.3.2>에 중점유지관리 항목을 제시하였고 그에 따른 유지관리업무를 기술하였다.

4.3.4 유지관리 방안

가. 터널관련 자료의 수집 및 분석

터널 관리주체와 지관리 기관은 터널에 관한 설계도서(도면, 시방서, 각종보고서), 시공시 설계변경 내용, 준공도서, 보수·보강자료, 건설지 등의 자료를 수집, 정리 분석하여 안전점검 및 정밀 안전진단 등에 활용하여야 한다.

나. 보수·보강 이력서 작성

터널의 내구성 및 안전성을 판단하는데 변상의 진행성을 파악하는 것이 중요하므로 준공 이후 작성하는 보수·보강이력을 세밀하고 정확하게 작성할 필요가 있다.

다. 정밀 안전진단 및 보수·보강 설계서 활용

정밀안전진단보고서 및 보수·보강설계보고서는 준공 이후 유지관리 차원에서 최초로 실시한 것으로 기초자료로 활용하여 새로운 변상 또는 기존 변상의 진행성 여부를 확인할 필요가 있다.

라. 터널의 점검실시

터널의 유지관리시 정기점검 및 정밀점검 그리고 재해나 사고 등에 의하여 시설물에 이상이 발견시에 실시하는 긴급점검으로 구분하여 수행할 수 있으나 본 터널의 성격상 매일 점검은 할 수가 없으므로 2년에 1회 이상 실시하는 정밀점검에 비중을 두고 실시하여야 한다.

정밀점검을 실시할 때에는 육안관찰과 간단한 점검기구 등을 사용하여 균열의 발생, 균열의 급격한 진행 등으로 터널의 내구성에 문제가 발생할 가능성이 있는 변상의 유무 및 진행을 발견하는 것을 중요한 목적으로 한다.

점검결과 변상이 발생될 때에는 변상부위에 접근하여 간단한 점검기구에 의해 상세한 관찰을 하여야 하며 이전의 점검에 의해 발견된 중요 개소의 결과를 기초하여 변상의 발생 및 진행을 추적하여야 한다.

라이닝 콘크리트의 균열 등은 끝단부에 표시해 두고 그 형상과 규모는 이후에 실시하는 점검결과의 판정자료로 사용할 수 있도록 점검용지에 기록 및 사진촬영 등으로 구체적으로 정리하여 보관하여야 한다.

마. 중점 점검 사항

본 구조물은 하자점검결과 유지관리를 위하여 다음과 같은 중점 유지관리 개선사항을 제안하고자 한다.

(1) 균열 측정

향후 터널내부에 발생되는 균열은 변화여부를 확인하여야 하고, 균열의 진행성을 파악하여야 한다. 점검대상터널은 균열폭 0.3㎜내외의 횡방향 균열이 다수 분포되어 있으며, 균열부는 누수 및 백태를 동반하고 있으므로 향후 추가적으로 균열발생 여부 및 진행성여부에 대하여 주기적인 점검이 필요하다.

(2) 누수 측정

본 터널은 NATM 공법으로 시공한 터널로서 장기간 공용으로 인한 라이닝 누수의 우려가 있으므로 향후 조사된 균열 및 시공이음부, 유도배수공 등에서 발생한 누수 현상의 지속적인 관찰이 요구된다. 또한, 집중 강우시 누수상태(누수량, 토사 유출 여부)를 확인후 누수 방지공을 실시하여야 하며 동절기에는 동해여부를 확인을 위한 주기적인 점검이 필요하다.

바. 중점 유지관리 방안

<표 4.3.2> 터널 중점 유지관리 방안

주요부재		중점 유지관리 사항
터널의 구조적 안전상태	터널 라이닝 표면점검	-탈락 위험부분은 제거하거나 예방보수 -천단, 측벽부 수지주입에 의한 보수부 재균열 발생여부 -누수, 백태, 부식, 침식 등의 발생여부 -터널내 각종시설, 앵커 등의 손상 여부점검
	터널내에 설치된 무거운 시설	-정착상태 및 기초상태 점검(매1년) -정밀조사(매5년)
터널내의 시설	조명 시설	-조명등 작동상태 및 청소상태 -조명등이 이상이 있으면 즉시 교체 -조명등의 조도가 규정보다 70%이하이면 교체
	배수 시설	-배수로 균열발생 여부 -배수로 콘크리트 파손 상태 -집수정 점검 및 퇴적물 퇴적상태
	정기적 청소	-표면청소는 라이닝 표면에 매연, 유리석회, 백태, 슬라임(Slime), 유지 등의 부착물로 오염되어 있는 경우 이것을 제거하여야 하며, 만약 부착물을 방치하면 노후화가 촉진되고 갱내 작업 환경을 악화시킨다.

<표 4.3.2> 터널 중점 유지관리 방안(계속)

주요부재		중점 유지관리 사항
터널 입·출구부	사면	-사면의 안정상태 -상부 지표면 침하여부 -사면의 표면보호(녹생토) 유실여부 -사면 도수로 및 측구 배수 상태
	옹벽, 갱문	-기초의 부등침하 여부 -배수 처리 상태 -누수, 백태, 철근노출 등 열화 발생여부 -보수부 재균열 발생여부
유지관리 작업에 따른 안전대책		-터널의 유지관리를 위한 제반작업은 안전관리 규정을 준수하여 유지관리 인원의 안전에 만전을 기해야 한다. 또한 유지관리 작업으로 야기되는 분진, 소음, 가스 등으로부터 유지관리원이 보호될 수 있도록 안전장구를 갖추고 작업해야 한다.