

I . 공 통 편

제 1장 서 론

제 2장 상태평가 기준

제 3장 비파괴시험

제 4장 보수보강 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 과업은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조에 의거 실시하는 정밀 안전점검 용역으로 시설물의 효율적인 유지관리를 도모하고 대상시설물의 외부적인 손상, 결함의 발견 및 원인 등을 조사, 측정하여 손상등급을 판정하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 보수·보강방안 및 효율적인 유지관리방안을 제시하는데 목적이 있다.

1.2 시설물 개요

가. 과업명 : 비봉~매송간 도시고속도로 시설물 정밀안전점검 용역

나. 과업기간 : 2024년 04월 15일 ~ 2024년 06월 10일

다. 대상시설물 개요

<표 1.2.1> 대상구조물 개요

구분	구조물명	시설물 구분	제원		구조형식	준공년도	비고
			연장(m)	폭(m)			
1	남전천교	교량	100	20.9	V-BEAM	2017	1층
2	양노교	교량	60	26	HIPC GIRDER	2017	2층
3	양노1교	교량	200	21.24	V-BEAM	2017	1층
4	양노2교	교량	60	20.9	HIPC GIRDER	2017	2층
5	쌍학교	교량	250	21.07	V-BEAM	2017	1층
6	천천교	교량	394	21.07	PUS GIRDER	2017	1층

1.3 과업범위 및 내용

1.3.1 과업범위

- 가. 기초자료 (설계도서, 점검, 보수자료 등) 검토
- 나. 현황조사 (외관조사, 비파괴 검사) 및 조사자료 분석
- 다. 시설물의 손상상태 평가
- 라. 효율적인 보수·보강공법 제시
- 마. 시설물의 유지관리 방안 제시
- 바. 종합평가 및 보고서 작성

1.3.2 과업의 세부내용

- 가. 기초자료 (설계도서, 점검, 보수자료 등) 수집·검토
 - 시설물 관리부서의 안전점검 자료를 수집·분석
 - 교량의 이력사항과 변형상태 조사 분석·평가
 - 기존 관리부서의 안전점검 자료를 활용하되, 기존자료 미흡부분에 대하여는 정밀현장조사를 시행
 - 기타 안전점검에 필요한 설계도서, 시방서 등 관련자료 수집·분석
 - 시설물의 유지관리를 철저히 하기 위한 교량관리 대장 작성에 필요한 자료 수집
 - 종합 평가
- 나. 현황조사 (외관조사, 비파괴 검사) 및 조사자료 분석
 - 부재별 제원 및 현황조사
 - 육안조사를 통한 성능저하 현상 파악
 - 균열, 파손, 탈락 및 국부손상이 발생된 부분에 대해 시공당시 도출된 문제점 등을 면밀히 조사·분석
 - 변형, 열화상태 및 물성 (강도, 탄산화) 상태를 기존 점검 및 진단 보고서와 비교하여 변화 상태를 기록

다. 시설물의 손상 상태 평가

- 손상상태 평가는 손상의 범위 및 정도에 따라 A.B.C.D.E의 5가지로 등급 산정하여 점검양식에 기입.
- 손상상태 평가를 위한 외관조사 결과는 손상부위별로 작성하여야 하며 전체 부재의 조사 결과를 분석하여 교량별로 종합평가를 실시하고 정밀안전진단 대상여부를 판단하여야 하며 손상부위에 대한 외관조사망도를 작성, 제출.
- 비파괴 시험은 안전점검 외관조사 결과 등을 분석하여 시험위치를 선정.
- 각종 측정 장비는 공인기관 검정에 합격된 기기여야 하며 기기이력 (기기명, 제조회사, 규격 등)을 작성하여 제출.

라. 효율적인 보수·보강 방안 제시

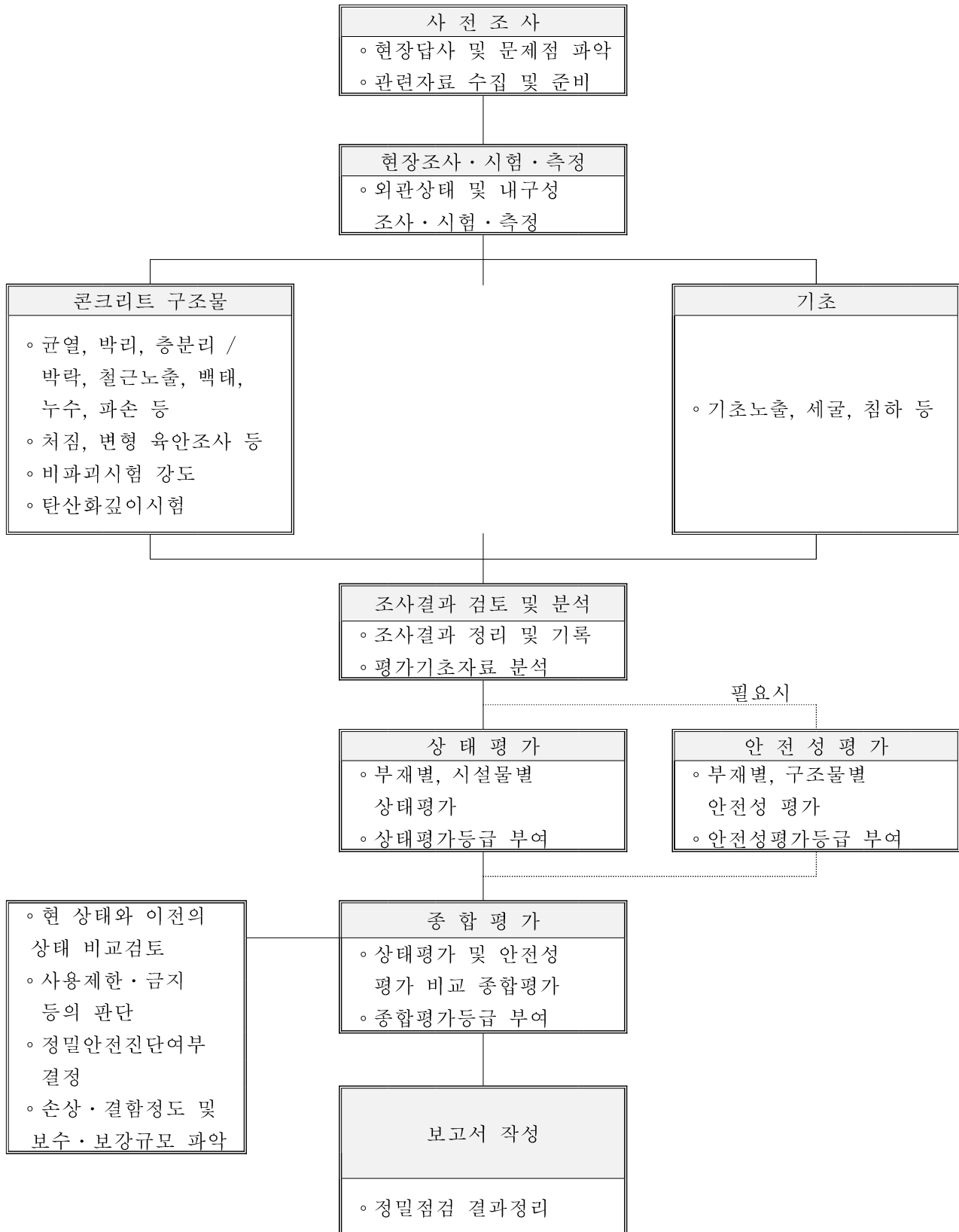
- 손상상태 평가 결과에 따라 보수·보강을 요하는 C, D, E 등급에 해당하는 사항은 부재별, 경간별 총괄표 작성 및 개략공사비 산정내역을 제시한다.

마. 시설물의 유지관리방안 제시

- 시설물의 기능을 유지할 수 있도록 교량의 구조형식별 특성에 맞는 안전점검 (CHECK LIST) 작성 등 효율적인 유지관리 방안을 제시한다.
- 향후 반기별 정기점검 시 점검항목 우선순위를 제시하여야 한다.

바. 종합평가 및 보고서 작성

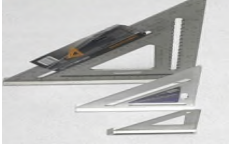
1.4 과업수행 흐름도



<그림 1.4.1> 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 투입장비

<표 1.5.1> 과업수행 투입장비 목록

구분	장비명	모델 및 규격	용도	비고
1	슈미트해머	슈미트해머 (NR형)	콘크리트 강도측정	
2	철근탐지기	R.C-Radar	철근배근탐사	
3	탄산화측정	버니어 캘리퍼스	탄산화 깊이 측정	
4	굴절차	-	바닥판하면 및 교각 상단부 점검	
5	균열경	Lupe 10X	콘크리트 균열폭 측정	
6	해머드릴	보쉬 GSB13RE	콘크리트 천공	
7	삼각자	-	이동량 측정	
8	그라인더	보쉬 GWS18V-LI	콘크리트 및 강재 연마	

1.6 과업기간

■ 2024년 04월 15일 ~ 2024년 06월 10일 (착수일로부터 57일간)

정밀 안전 점검	과업내용	6일	12일	18일	24일	30일	36일	42일	48일	57일	비고
	관련자료의 수집 및 분석 1) 설계도면의 검토 2) 시공당시 및 현행시방서										
	현장조사 및 시험 1) 제원확인 및 측정 2) 구조물 외관조사 3) 대상시설물의 이력조사										
	결과 분석 및 평가 1) 외관조사 결과 분석 2) 시설물별 종합상태 평가										
	보수·보강대책 수립 1) 점검결과에 따른 보수 및 보강대책수립 2) 최종보고서 작성										

제 2 장 상태평가 기준

2.1 상태평가 기준

2.2 부재별 상태평가 항목 및 기준

2.3 상태평가 결과 산정 방법

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

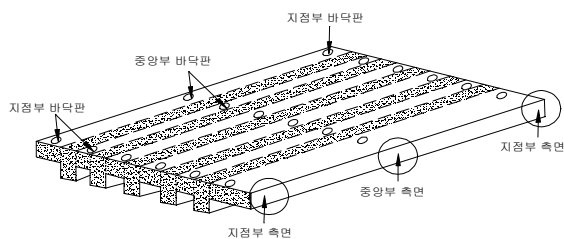
상태평가등급	상태 및 안전성	비고
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

2.2 부재별 상태평가 항목 및 기준

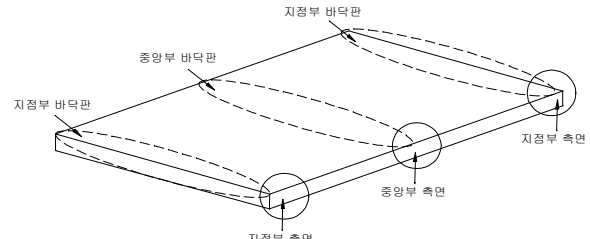
2.2.1 콘크리트 바닥판

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통		- 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 - 재료분리(공동, 공극) - 누수 및 백태(유리석회)
▷거더교		균열, 망상균열
▷슬래브, 라멘상부	- 받침부(단부)	- 부스러짐 - 사인장균열
	- 중앙부	휨균열



거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위



거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위

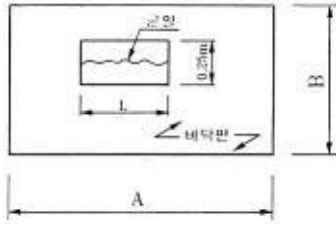
<그림 2.2.1> 거더의 점검부위

나. 상태평가기준

기준	균 열		열화 및 손상, 철근노출
	1방향균열	2방향균열	
a	균열폭 0.1mm미만	망상균열폭 0.1mm미만	없음
b	균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	망상균열폭 0.1mm~0.3mm미만	표면 손상면적이 2%미만
c	- 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 - 균열율 2%이상~10%미만	망상균열폭 0.3mm이상	- 표면 손상면적이 2%이상~10%미만 - 철근부식 손상면적 2%미만 - 테크플레이트 박리 및 누수 발생
d	- 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 - 균열율 10%이상~20%미만	망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	- 표면 손상면적 10%이상 - 철근부식 손상면적 2%이상 - 테크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	- 균열폭 1.0mm이상 - 균열율 20%이상	망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

※ 균열을 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

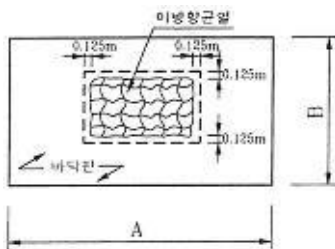


- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면면적인

(가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

※ 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

※ 철근부식 손상면적율 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

2.2.2 강바닥판, 강거더, 강교각(강주탑)

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	○ 피로균열
▷받침부	○복부판 부식 및 국부좌굴 ○거더와 받침연결부 부식 ○게르베교의 경우 편 연결부 부식 ○지점보강재 하단 용접부 균열 ○박스내부 출입구 방치 ○박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	○부식 ○플랜지 변형 및 처짐 ○맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	○ 주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열
▷부재연결판	○트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 ○사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형

나. 상태평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 미만	· 부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장탈락 면적 10% 미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 보조부재의 전반적 변형 및 파단 · 주부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 이상~10%미만 · 주부재 2%미만	· 주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용접부족, 용접누락	· 도장탈락 면적 10%이상 · 부식발생 면적 2%이상~10% 미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재의 전반적 변형 및 파단 · 좌굴에 의한 주부재 변형 · 주탑하단부 연결볼트 파단	· 보조부재 10% 이상 · 주부재 2%이상~10%미만	· 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	· 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	· 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성저하	· 주부재 10% 이상	· 인장플랜지 용접연결부 균열 진전으로 인해 연결기능 상실	· 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

2.2.3 철근콘크리트 거더

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷받침부	○ 부스러짐 ○ 복부 사인장 균열
▷중양부	○ 횡방향 균열

나. 상태평가기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	· 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1mm 이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3mm 이상~0.5mm미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5mm 이상~1.0mm미만	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 균열폭 1.0mm이상 · 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	· 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안 전성 저하

2.2.4 프리스트레스 콘크리트 거더

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위			손 상 종 류
▷공통			○ 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부			○ 부스러짐 ○ 복부 사인장균열 ○ 연속교 상단 휨균열 ○ 격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부			○ 휨균열, 거더처짐 ○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○ 시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부			○ 정착부 균열 및 파손
▷강선부위	강연선		○ 녹, 부식, 파단
	보호관	공통	○ 파손, 충전결합(공극), 선형(뒤틀림 등)
		PE관	○ 접합불량, 변형
		강관	○ 녹, 부식, 변형

나. 상태평가기준

기준	거 더		긴 장 재(텐 던)		
	균열	열화 및 손상	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 없음	○ 없음	○ 노출없음	○ 충전결합 없음	○ 이상없음
b	○ 균열폭 0.2mm 미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 노출1)	○ 충전결합	○ 손상5)
c	○ 균열폭 0.2mm 이상~0.3mm 미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ○ 철근부식 손상 면적 2%미만	○ 표면부식2)	○ 충전결합 시 염화물함량4) 1.2kg/m3 이상 ~ 2.5kg/m3 미만	-
d	○ 균열폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상 면적 2%이상	○ 단면손실을 동반한 부식3)	○ 충전결합 시 염화물함량 2.5kg/m3이상	-
e	○ 균열폭 0.5mm 이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하	○ 강연선(소선) 파단(단선)	-	-

주1) 노출 : 강연선이 그라우트 충전결합으로 피복되지 않은 상태

주2) 표면부식 : 강연선 표면에 녹이 발생한 상태

주3) 부식 : 표면부식이 진전되어 단면손실이 발생한 상태, 국부부식 등

주4) 염화물함량 : 전 염화물 이온량 기준

주5) 손상 : 누수, 백태, 단차, 파손 등

2.2.5 콘크리트 가로보

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷철근콘크리트 가로보	○ 박락(파손), 철근노출 ○ 경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷프리스트레스트 콘크리트 가로보	○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 정착부 균열 및 파손

나. 상태평가기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	· 균열폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5mm 이상	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

2.2.6 장 가로보와 세로보

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	○ 피로균열
▷2차부재	○ 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○ 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○ 거세트판 용접부 끝부분 균열
▷보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열

나. 상태평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 미만	· 부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장손상 면적 10% 미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형 및 충격에 의한 손상 발생	· 보조부재 2%이상~10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용접부족, 용접누락	· 도장손상 면적 10%이상 · 부식발생 면적 2%이상~10% 미만 · 부식에 의한 단면손상 면적 2%미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10% 이상 · 주부재 2%이상	· 인장플랜지 용접연결부 용접부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

2.2.7 교대

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 홍벽 경계부 균열 ○거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴

나. 상태평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	· 구체 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2% 미만 · 앵커블록 내부 결로 발생
c	· 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 교대와 날개벽 사이에 폭 1.0mm이상의 균열 발생	· 표면 손상면적 2%이상~10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만 · 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	· 구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 · 날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토 유출) · 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 구체 균열폭 1.0mm이상 · 날개벽 전도 위험 있음 · 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

2.2.8 콘크리트 교각

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교각 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식

나. 상태평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	○균열폭 0.1mm 미만	○없음
b	○균열폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5mm 이상~1.0mm 미만 ○기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0mm 이상 ○부등침하로 인한 교각 안전성 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

2.2.9 기초

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○ 박리, 박락, 철근노출, 백태 ○ 침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○ 하부구조물 기울음 및 전도
▷직접기초	○ 콘크리트 균열 및 파손
▷말뚝기초	○ 말뚝 노출 및 침식
▷케이슨기초	○ 케이슨 노출 및 침식 ○ 충돌파손

나. 상태평가기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	○ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 의해 노출됨
c	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	○ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	○ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	○ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	○ 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

2.2.10 교량받침

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	- 공통	○ 가동받침의 신축유간 부족 ○ 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○ 받침과 거더의 밀착상태 ○ 수직보강재와 받침 편기상태 ○ 받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	○ 가동면 부식 ○ 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	○ 부풀음 및 갈라짐 ○ 고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트		○ 앵커볼트 파손, 절단 ○ 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○ 교각두부 균열

나. 상태평가기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장탈색, 먼지쌓임	· 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	· 측면 부풀음 · 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침콘크리트에 0.3mm 이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손 및 단차, 균열 심화 · 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침 본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	· 받침신축기능 불량으로 인하여 거더 등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	-

2.2.11 신축이음

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	- 충격음, 본체유동 및 파손 - 누수 - 유간부족 및 유간과다 - 유간 오물퇴적
	- 고무재	고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		- 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) - 균열 및 파손

나. 상태평가기준

기준	본체	후타재
	누수, 기능 및 손상	균열, 탈락, 파손 등
a	· 이상 없음	· 양호
b	- 토사, 이물질 퇴적 - 고무판 노화	· 미세균열이 발생
c	- 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 - 유간사이 이물질로 기능 불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 - 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	- 균열이 50cm 이하의 간격으로 발생 - 국부적인 박리, 박락, 파손
d	- 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 - 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 - 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 - 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	- 신축이음의 심판 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격 발생 - 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

2.2.12 교면포장

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통	▷아스팔트	· 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷콘크리트	· 균열, 마모, 박리, 파손
▷신축이음 진후, 구조물 경계부		· 단차, 파손
▷곡선부, 중차량 통행차로		· 마모, 바퀴자국
▷배수구 주변		· 물고임

나. 상태평가기준

기준	포장불량		배수
a	· 미세균열	· 없음	· 없음
b	· 포장불량 2% 미만	· 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	· 포장불량 2%이상~10% 미만	· 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	· 포장불량 10%이상	· 전반적인 재포장이 필요한 상태	· 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

2.2.13 배수시설

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	· 뚜껑파손 및 주변파손, 누락, 오물퇴적, 막힘, 배수구의 설치높이가 높음, 배수구 설치위치 불량, 배수구 설치간격 넓음
▷배수관	· 관의 연결부 어긋남, 파손, 이물질에 의한 막힘, 지지철물의 이완 및 파손, 배수관 길이 부족(짧음), 유출구 위치 부적절(도로구간)

나. 상태평가기준

기준	상태등급 설명
a	· 양호
b	· 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	· 배수시설의 상태불량, 길이부족 · 많은 퇴적물, 누수 · 누수로 인하여 구조물 부식 발생 · 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	· 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

2.2.14 난간 및 연석

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷난간 연석	- 강재, 알루미늄	○ 강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○ 난간과 상판연결부의 결함, 파손 ○ 전체적인 처짐 및 선형불량
	- 철근 콘크리트	○ 균열, 박리, 파손 ○ 철근노출 및 부식 ○ 전체적인 처짐 및 선형불량

나. 상태평가기준

기준	강 재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장불량 10%미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	· 경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	· 도장불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면손상 10%미만	· 파손 및 탈락 10%미만	· 0.3mm이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출 10%미만 · 철근부식손상 길이 2%미만
d	· 부식으로 인한 단면손상 10%이상	· 파손 및 탈락 10%이상 · 낙석으로 인한 손상발생 · 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음 (방음벽)	· 박리, 파손, 철근노출 10%이상 · 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

2.2.15 공중이 이용하는 부위

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공중이 이용하는 부위	- 추락방지시설	○결함 및 파손 ○고정부 및 연결부 파손
	- 도로포장	○도로포장 결함 및 파손 ○포트홀, 배수불량
	- 도로부 신축이음부	○신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 ○국부적인 열화 및 후타재 균열 ○신축유간 밀착 또는 본체 탈락
	- 환기구 등의 덮개	○덮개 등에 결함 및 파손 ○덮개 등 탈락

나. 상태평가기준

1) 추락방지시설

기준	상태기준 설명
a	○규격에 맞게 설치되어 있고 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

3) 도로부 신축이음부

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

4) 환기구 등의 덮개

기준	상태기준 설명
a	○규격에 맞게 설치되어 있고 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

2.2.16 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 2.2.1> 구조형식에 따른 부재별 가중치

() : 정밀점검시 적용가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량							라멘교	
				일반 거더교			바닥판거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개)
				일반	2차 부재 없음	바닥 판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크 리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판		34	18	18	-	20	23	15	34	20	21
	주 형		-	20	25	37	18	20	23	-	21	23
	2차부재		-	5	-	11	5	-	5	-	5	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13	34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7	7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9	3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9	3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7	7	7	7
	배수시설		3	3	3	-	3		3	3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2	2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)	
		하부	2(3)	2(3)		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	염화물	상부	2(0)	2(0)		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)	
		하부	1(0)	1(0)		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

2.3 상태평가 결과 산정 방법

2.3.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

가. 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

나. 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

다. 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

2.3.2 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

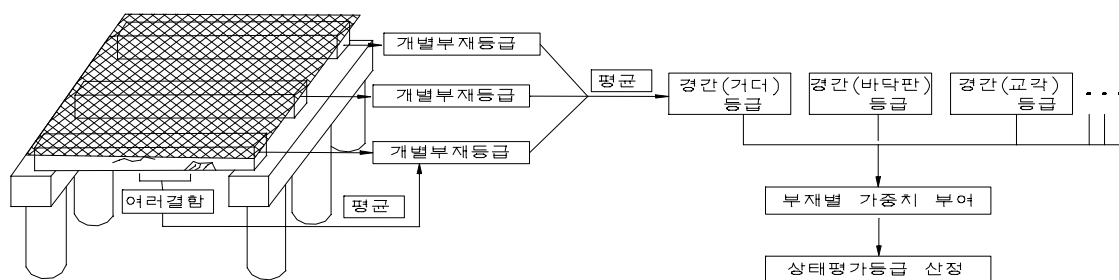
구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, <표 2.2.1>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 2.3.1> 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

가. 램프가 포함된 교량의 경우

본교와 각 램프교에 대해서 각각 상태평가 결과를 산정하며, 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다. 또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

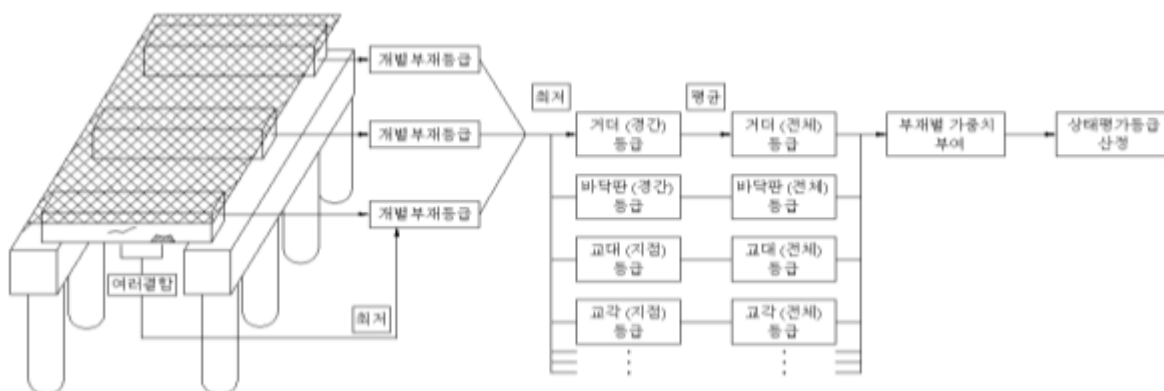


<그림 2.3.1> 상태평가등급 산정과정의 예

2.3.3 상태평가 결과 산정 방법

본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체 상태평가 결과 산정 사례를 예시하였다.

본교는 강 거더교, 라멘교, PSC 박스교의 구조형식으로 되어있다.



<그림 2.3.2> 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

가. 본교

같은 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

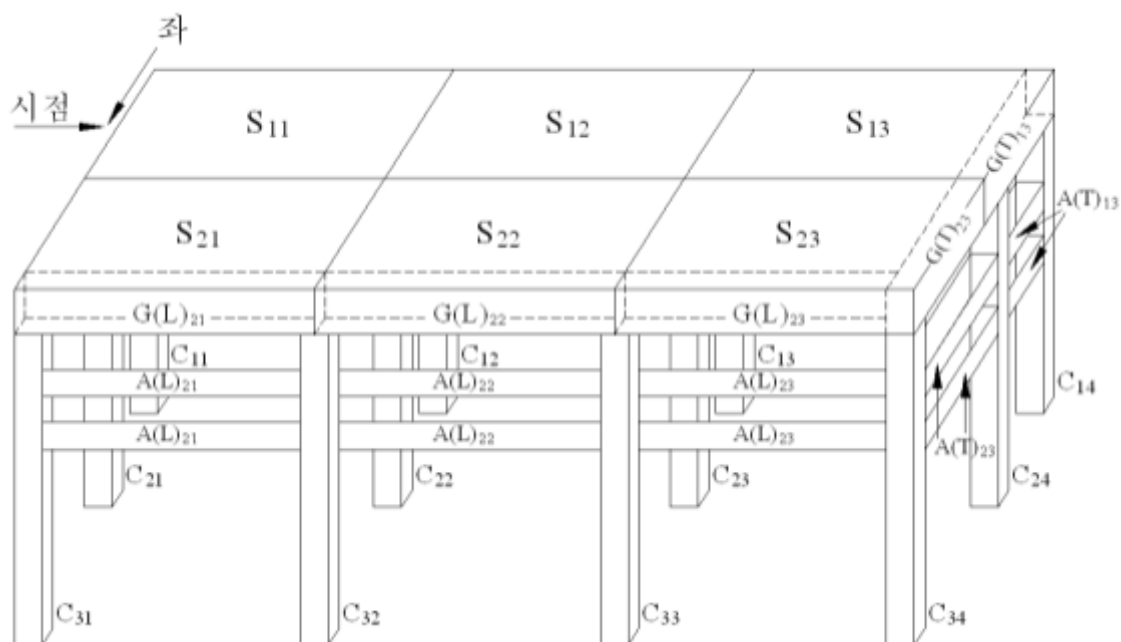
1) 강거더교

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	염화물
1	강거더교	b	b	b	c	b	a	c	c	b	Q	b	a
2	강거더교	b	a	b	c	c	a	X	c	a	Q	b	a
3	강거더교	a	a	b	c	c	a	c	c	a	Q	b	a
평균		0.17	0.13	0.20	0.40	0.33	0.10	0.40	0.40	0.13	0	0.20	0.10
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치 합		0.030	0.027	0.010	0.028	0.010	0.002	0.036	0.036	0.027	0	0.008	0.003
												0.216	
												B	

2) 라멘교

○ 라멘교에서 거더와 가로보가 종방향과 횡방향으로 이루어진 경우에는 종방향과 횡방향의 거더 및 가로보를 평균하여 평가 결과를 산정한다.

부재의 분류		상부구조			2차부재		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더		가로보		포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	염화물
			종	횡	종	횡									
11	라멘교	b	c	c	c	c	c	b	a	c	c	b	c	b	a
12	라멘교	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	a
13	라멘교	c	c	b	b	c	b	c	b	c	c	b	b	b	a
21	라멘교	b	b	c	b	c	c	b	b	c	b	b	b	b	a
22	라멘교	c	c	b	b	b	c	b	b	c	c	a	c	b	a
23	라멘교	c	c	c	c	d	c	c	a	c	c	c	b	b	a
평균		0.30	0.33		0.34		0.37	0.30	0.17	0.40	0.33	0.22	0.30	0.20	0.10
가중치		20	21		5		7	3	2	3	3	22	7	4	3
(평균×가중 치)/가중치 합		0.060	0.070		0.017		0.026	0.009	0.00 3	0.01 2	0.01 0	0.04 8	0.02 1	0.008	0.003
														0.287	
														C	



[그림 1.2] 라멘교의 부재 구성도

3) 본교 전체의 상태평가 결과

○ 본교 전체의 상태평가 결과 산정은 구조형식별로 산정한 환산 결함도 점수에 연장비를 곱한 후 전체를 합하여 산정한다.

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 × 연장비
본교	강거더교	0.216	B	2,000	0.571	0.123
	라멘교	0.287	C	1,000	0.286	0.082
	PSC박스교	0.312	C	500	0.143	0.045
						0.250
						B

나. 접속교

○ 본교 기준에 준함

다. 램프교

○ 램프교의 경우에는 각 램프에 대해 별도로 평가하며, 램프교 전체를 대표하는 상태평가 결과는 산정하지 않는다.

라. 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정

○ 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다.

종류	구분	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도 점수× 연장비
교량	본교	0.250	B	3,500	4	14,000	0.500	0.125
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.003
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
								0.258
								B

제 3 장 비파괴시험

3.1 내구성 조사 시험 개요

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, 열화 원인을 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.

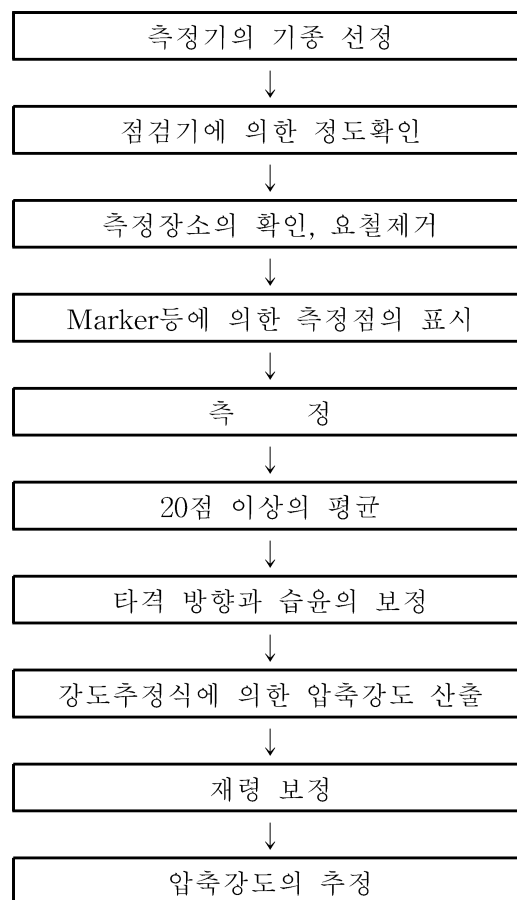
가. 반발경도시험

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.



<그림 3.2.1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

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(R_m)을 구한다.

산술평균값 R_m 에 대해 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 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(R_0)

보정반발경도 R_0 는 다음 (식 3.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값 ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 를 더한 값으로 한다.

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

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.

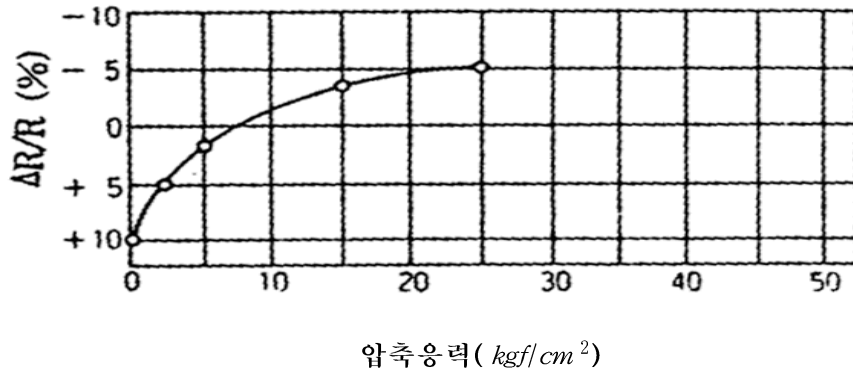
하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 + 값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 - 값으로 수정해 주어야 한다.

<표 3.2.1> 반발경도 보정값

반발경도	보정값				비고
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 $+90^\circ$
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	하향수직타격 -90°
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 $\Delta R_2 = -0.015R$, 2.5MPa 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 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 $\Delta R_3 = +5$ 로 보정한다.

3) 압축강도의 추정

보정반발경도 R_o 로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같다.

- 일본재료학회 (보통Con'c)

$$F_c = -18.4 + 1.27 R_o \text{ (MPa)} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 강도계산식

$$F_c = (7.3 R_o + 100) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 Con'c 구조물은 표면경도가 높아지므로 (식 3.6)과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. Con'c의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 <표 3.2.2>와 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

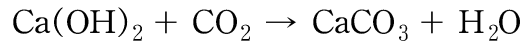
$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

<표 3.2.2> 재령계수 α 의 값

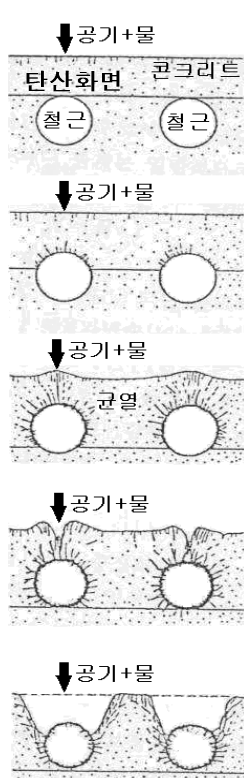
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

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($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.



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.



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	30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	10mm이상~30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	0mm이상~10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

2) 경과년수에 따른 탄산화 깊이의 비교분석

【표 3.2.4】는 탄산화 진행 예측식을 나타낸 것이다. 본 과업에서 예측식의 적용은 보통 포트랜드 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)	$t = \frac{0.3(1.15+3x)}{R} C^2$	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
키시타니식 (岸谷式)	$t = \frac{0.3(1.15+3x)}{R^2(x-0.25)^2} C^2 \quad (x \geq 0.6)$ $t = \frac{(7.2)}{R^2(4.6x-1.76)^2} C^2 \quad (x \leq 0.6)$	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
시로야마식 (白山式)	$t = \alpha\beta\gamma\delta\epsilon \frac{500C^2}{(x-38)^2}$	x : 물-시멘트 비 $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$: 시멘트, 시공정도, 마감재, 내외 등에 따른 계수
요다식 (依田式)	$t = \alpha\beta\gamma \frac{262}{(100x-18)^2} \times C^2 \quad (\text{실내})$ $t = \alpha\beta\gamma \frac{155}{(100x-36)^2} \times C^2 \quad (\text{실외})$	x : 물-시멘트 비 $\alpha\beta\gamma$: 마감재, 실내외 등에 따른 계수

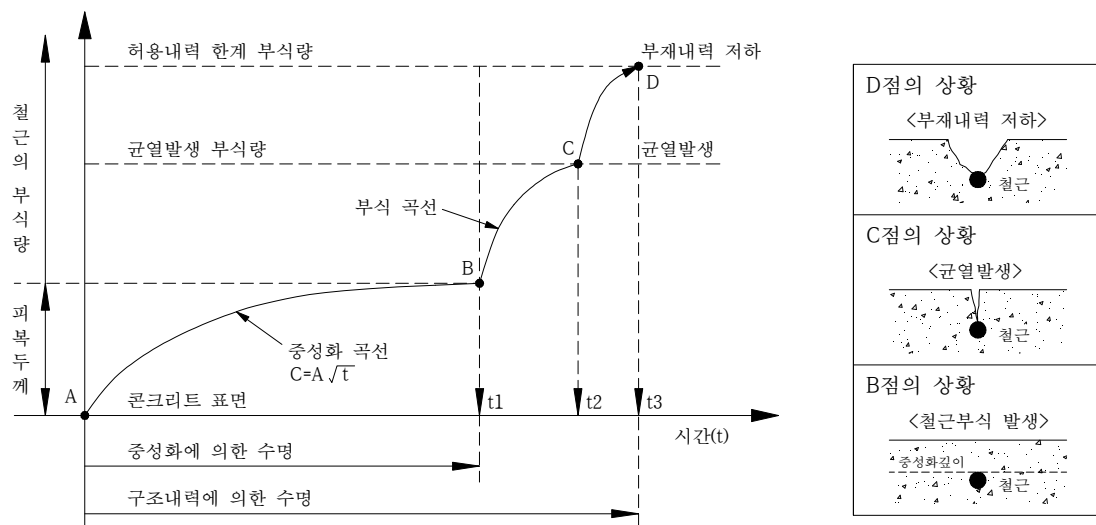
• t = 경과년수(년) , C =탄산화깊이(cm)

3) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근 주변까지 콘크리트가 탄산화되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 宗英雄(소 히데오) 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 t_1 은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t_2 는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t_3 은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t_1 의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t_1 의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t_2 의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t_1 에서 t_2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t_1 에 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 C 는 경과시간 t 의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

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

위의 식에서 계수 A 는 탄산화속도 계수라고 하며, A 의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A 는 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 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 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_d 는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c 는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A 는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0 는 현재의 구조물 경과시간이다.

제 4 장 보수·보강 방안

4.1 보수 · 보강 방안

4.2 보수 후 성능평가 방법

제 4 장 보수·보강방안

4.1 보수·보강 방안

4.1.1 개 요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러가지 원인에 의해 손상이나 결함이 발생하게 되고, 작은 결함이라도 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수도 있다. 따라서 구조물에 대한 보수·보강은 구조물의 기능성 및 안전성을 유지하고 필요에 따라 그 기능의 강화를 도모하기 위해 실시하여야 한다.

4.1.2 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

시설물의 성능 및 기능 등을 지속적으로 유지하고 공용 중의 안전 확보와 시설물의 사용가능한 구조물의 수명이 연장될 수 있도록 발견된 결함에 대해 합리적이고 경제적인 보수·보강 등을 실시하여야 한다.

모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능 등을 고려한 종합적인 평가를 통해 보수·보강 유형별 중요도를 파악하고 다양한 요소를 반영하여 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

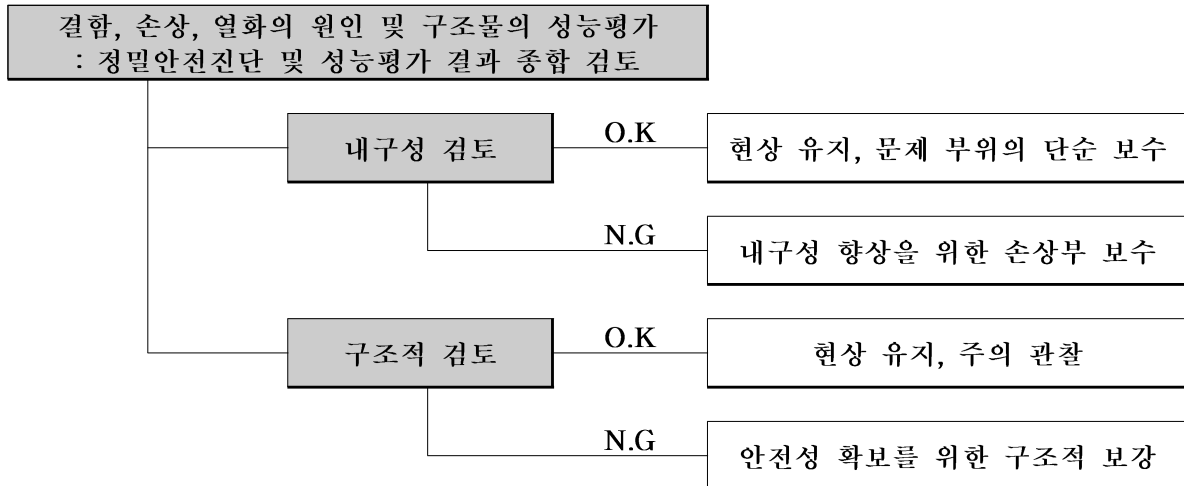
<표 4.1.1> 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수·보강 필요성 판단	▪ 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능 평가 ⇒ 종합평가 결과분석 후 보수·보강 여부 판단
보수·보강 공법의 선정	▪ 구조물의 기능 및 중요도 ▪ 구조물의 형식과 환경조건 ▪ 보수 후의 요구 내용년수 ▪ 공법의 시공성과 경제성
보수·보강 수준 결정	▪ 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 ▪ 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 선정
보수·보강 재료의 선정	▪ 용도 및 목적에 적합한 품질을 가진 재료 선정 ▪ 품질과 성능이 확인된 것을 사용 ⇒ 적절한 시험방법, 사용 실적 또는 신뢰할 만한 자료 근거
보수·보강 우선순위 결정	▪ 성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가 ▪ 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위 결정

가. 보수·보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 정밀안전진단 세부지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



<그림 4.1.1> 보수·보강 범위의 결정

나. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정

1) 보수·보강 공법의 선정

우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

2) 보수·보강의 수준 결정

조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포유형, 시설물의 안전성, 현 상태의 내구성능, 보수 후의 회복목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

본 구조물은 내구성 확보를 위한 일부 보수가 필요한 상태로 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 수준으로 결정한다.

다. 보수·보강 재료의 선정

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

1) 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

2) 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다.

내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능으로 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

3) 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 요구 성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 요구 성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 요구 성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

4) 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구 성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구 성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성 값을 사용해서 요구 성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.

또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.

4.1.3 보수·보강 우선순위 기준(개별손상)

본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상, 원인, 구조적 안전성 등을 고려하여 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

<표 4.1.2> 보수·보강 방안 우선순위 기준

구 분	순 위	내 용
단 기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 - 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d”이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	2순위	- 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 상부 차량통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		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) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 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

※ 단, 최초진단인 경우 “지속관찰”에 해당하더라도 하자에 해당하는 경우 하자처리 절차에 따라 보수토록 조치함

4.1.4 주요 손상 및 결함에 대한 보수·보강 공법

본 절에서는 보수·보강작업에 적용되는 보수공법을 아래 표와 같이 주요 적용공법에 대해 나열하였으며, 금회 성능평가 이후 보수·보강 공사시까지 공용 중 발생될 수 있는 손상 및 공사시 발생할 수 있는 여러 변수를 고려하여 효율적인 유지관리차원에서 참고공법을 작성하였다.

<표 4.1.3> 주요 적용공법

주요 적용공법		비고(손상)
가. 균열보수	▪ 표면처리, 주입보수, 충전보수	▪ 균열손상
나. 표면처리보수	▪ 표면처리보수(균열), 표면처리보수(백태)	▪ 균열부백태, 백태손상
다. 단면보수	▪ 단면복구, 단면복구(철근방청), 포장 부분 단면보수	▪ 단면손상, 포장손상

주1) 주요 적용공법 : 본 터널에서 조사된 손상들에 대한 주요 적용공법

주2) 각 보수별 공법 비교를 실시함

<표 4.1.4> 참고 공법

참고 공법		비고
라. 누수보수	▪ 누수 발생시 보수공법 ▪ 지수공법, 주입방수공법, 충전주입방수공법	▪ 누수손상
마. 팻칭보수	▪ 포장 단면보수 외 팻칭보수가 적합하다고 판단될 때 ▪ 포장 부분 및 전단면 치환공법	▪ 포장손상
바. 재포장보수	▪ 터널 내 전면 재포장이 필요하다고 판단될 때 ▪ 전면 재포장 보수	▪ 포장손상
사. 단면보강	▪ 라이닝에 단면보강이 필요한 경우에 적용 ▪ 강판보강, FRP보강	▪ 단면손상

주) 참고 공법 : 진단 이후 공용 중 발생될 수 있는 손상에 대한 보수(누수보수, 재포장보수)나, 주요 적용공법으로 보수작업시 여건에 따라 변경될 수 있는 보수(팻칭보수, 단면보강)

가. 균열보수

1) 개요

구조물에 발생된 폭 0.3mm이상의 균열은 콘크리트 재료적 특징인 건조수축 및 외적(환경)인 요인 등에 의해 발생한 것으로, 이를 그대로 방치할 경우 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 다음과 같은 보수가 필요하다.

균열보수는 내구성 측면에서 폭 0.3mm이상 균열에 대해 주입보수, 폭 0.3mm미만의 균열은 보수가 필요치 않는 균열로 주기적인 관찰 후 균열의 폭 및 길이의 진행성이 있을시 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.(단, 하자보수 기간의 경우 폭 0.3mm미만의 균열도 하자처리 절차에 따라 보수조치(표면처리))

① 균열폭(cw) 0.3mm 이상의 경우

<표 4.1.5> 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열 폭 0.3mm 이상의 경우)

균열 유형			적용공법	보수공법(재료) 선정시 유의사항	비 고
비구조적 균열	진행성 (변화)	건식	탄성씰링 주입보수	▪ 신축성을 고려하여 균열 재발 방지	-
		습식	탄성씰링 그라우팅	▪ 신축성, 차수성 고려하여 균열, 누수 차단	-
	고정	건식	주입보수	▪ -	-
		습식	탄성씰링 그라우팅	▪ 차수성을 고려한 보수재료 선택	-
구조적 균열			탄성씰링 그라우팅	▪ 해당사항 없음	-

주) 누수를 동반한 습식 균열의 경우, 수밀성을 확보할 수 있는 주입보수(습식) 적용

② 균열폭(cw) 0.3mm 미만의 경우

<표 4.1.6> 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열 폭 0.3mm 미만의 경우)

균열 유형		적용공법	보수공법(재료) 선정시 유의사항	비 고
균열 폭 0.1mm	건식 습식	주의관찰	-	-
균열 폭 0.2mm	건식 습식		-	-
균열부백태	습식	표면처리 (면처리)	▪ 차수성을 고려한 보수재료 선택	-

2) 균열 보수재료의 선정기준

균열 보수재료의 선정기준은 현재 각 기관에서 적용되고 있는 기준과 “콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서”(한국시설안전공단, 1999.12)를 적용하였다.

일반적으로 균열 보수재료는 수지계 재료(폴리머 모르터, 에폭시수지, 가요성 에폭시수지, 탄성섀링제, 도막탄성방수재 등), 시멘트계 재료(폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터, 시멘트충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

균열 보수공법에는 일반적으로 표면처리보수, 주입보수, 충전보수, 기타의 공법이 있고 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수 공법 사이의 관계는 다음 표와 같다.

<표 4.1.7> 균열보수 재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면처리보수	주입보수	충전보수
수 지 계 재 료	폴리머 모르터	-	-	○
	에폭시 수지	-	○	○
	가요성 에폭시 수지	-	○	○
	탄성 섀링제	○	-	○
	도막탄성 방수재	○	-	-
시 멘 트 계 재 료	폴리머시멘트 슬러리	-	○	-
	폴리머시멘트 페이스트	○	-	-
	폴리머시멘트 모르터	-	-	○
	시멘트 충전재	○	-	-
	팽창시멘트 주입재	-	○	-

3) 주입보수

균열부에 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 수지재료를 사용한다.

<표 4.1.8> 수지주입 공법의 종류

종 류	특 징
압입식	▪ 수동식 주입 : 인력 ▪ 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 ▪ 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡입식	▪ 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

① 주입보수의 선정

균열 주입보수에는 압입식과 흡입식이 있으며, 압입식 주입보수에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입 방법이 있다.

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, 저압·저속 주입의 압입식 공법이 주요하며, 저압·저속의 주입보수는 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다.

② 압입식 주입보수 선정

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 다음 표와 같다.

<표 4.1.9> 저압·저속식 주입방법

압입방식	용기의 형태
▪ 압축용기에서의 압축공기로 주입	▪ 플라스틱제의 실린더
▪ 압력탱크 내의 압축된 압력으로 주입	▪ 플라스틱제의 압력탱크
▪ 고무시트의 복원력으로 주입	▪ 플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
▪ 고무밴드의 복원력으로 주입	▪ 플라스틱제 실린더와 피스톤
▪ 캡슐 내의 용수철로 주입	▪ 플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도는 다음 표와 같다.

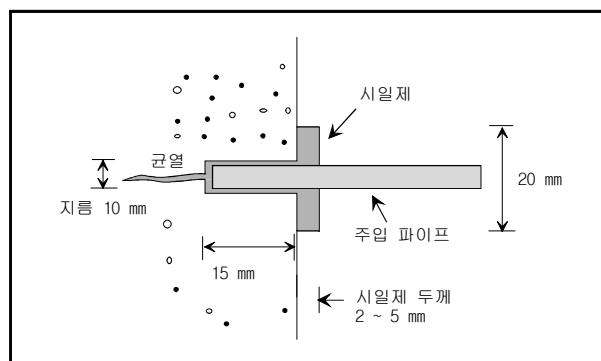
<표 4.1.10> 저압·저속식 주입방법

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 진 후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 진 후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 진 후

일반적인 주입 파이프의 간격과 설치 개요는 아래와 같다.

<표 4.1.11> 균열폭에 따른 주입파이프의 간격

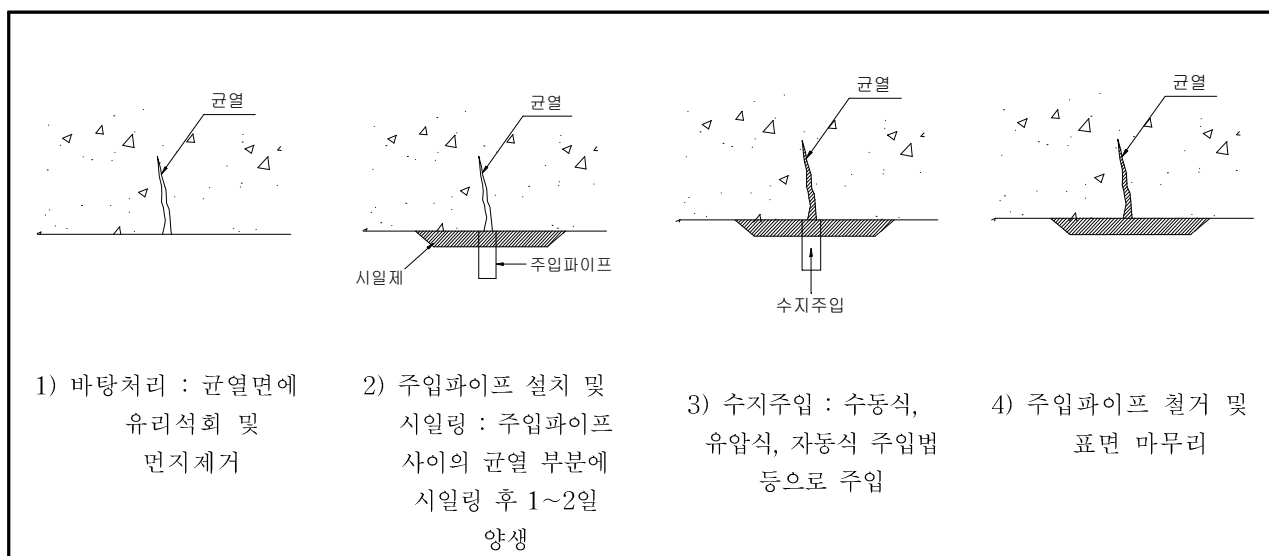
균열폭	주입파이프 간격(mm)		
0.3 이하	50	~	100
0.3 ~ 0.5	100	~	200
0.5 ~ 1.0	150	~	250
1.0 이상	200	~	300



<그림 4.1.2> 주입파이프 설치도

③ 압입식 주입보수 특징

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



<그림 4.1.3> 주입보수 시공상세도

주입압력은 4kgf/cm^2 이하로 규정되어 있으나 실제로는 1kgf/cm^2 전후가 사용된다. 주입재는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있으며, 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하다. 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입보수 공법의 시공상세도 및 흐름도, 수지계 주입재의 특징은 다음과 같다.



<그림 4.1.4> 주입보수 시공흐름도

<표 4.1.12> 수지계 주입제의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입제	에폭시수지	▪ 균열, 추종성이 양호 ▪ 적용가능 균열 폭은 0.3~2.0mm
	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 주입제	에폭시수지계에밀전 미분말충전재 조강시멘트	▪ 균열 폭 5.0mm 이상에 적용 ▪ 습윤면에 대하여 접착성이 우수 ▪ 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

④ 시공시 주의사항

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.

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.

사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.

씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

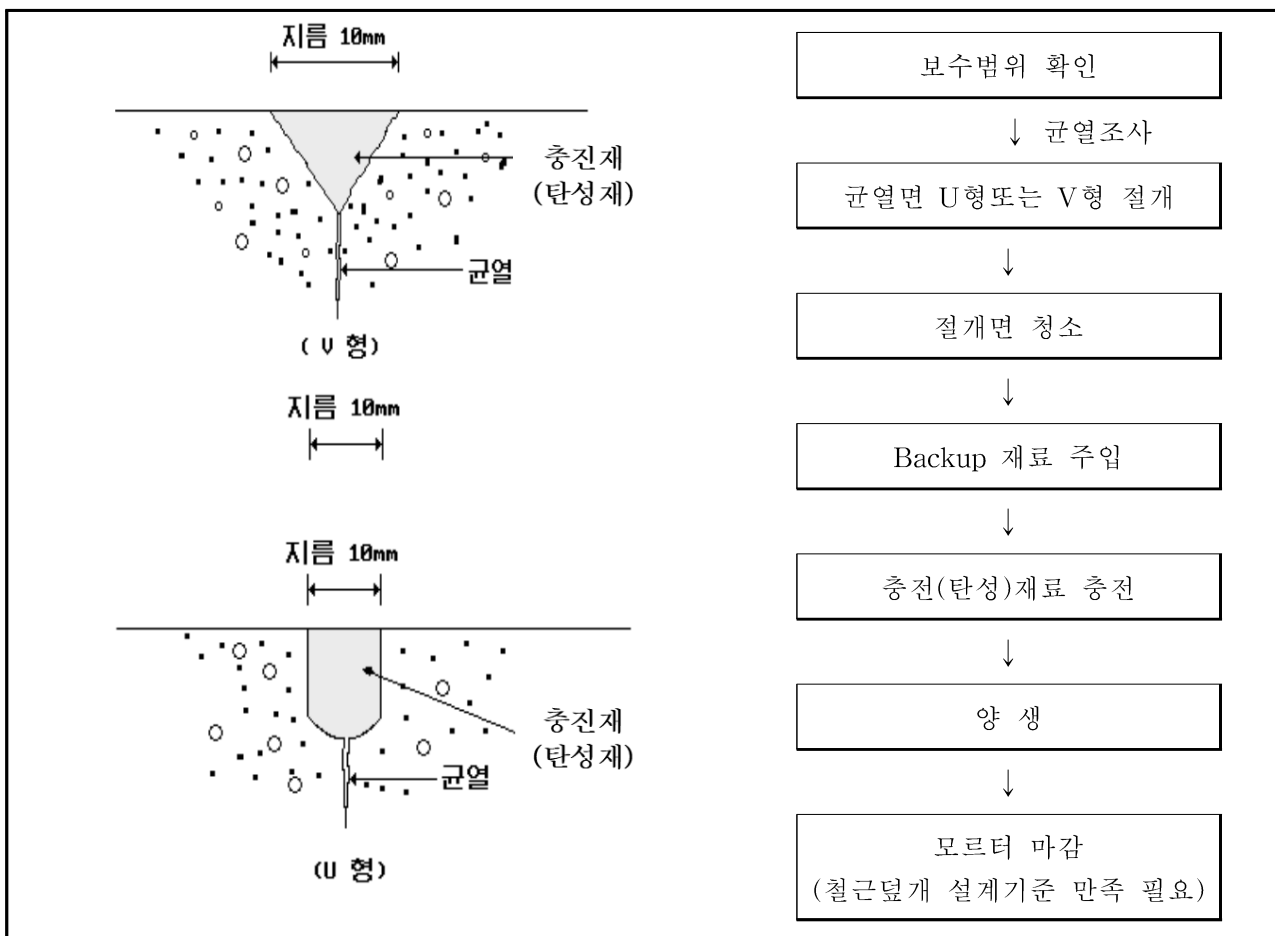
주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리한다.

4) 충전보수

충전보수는 균열의 폭이 0.5mm이상으로 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. 충전보수에는 철근이 부식되지 않은 경우, 철근이 부식되어 있는 경우, U커트 썰링재 충전보수, 결합부위 에폭시수지 모르터 충전보수 그리고 결합부위 폴리머 시멘트 모르터 충전보수 등이 있다.

① 철근이 부식되지 않은 경우

철근이 부식되지 않은 경우는 다음 그림과 같이 균열을 따라 약 10 mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 썰링재·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.

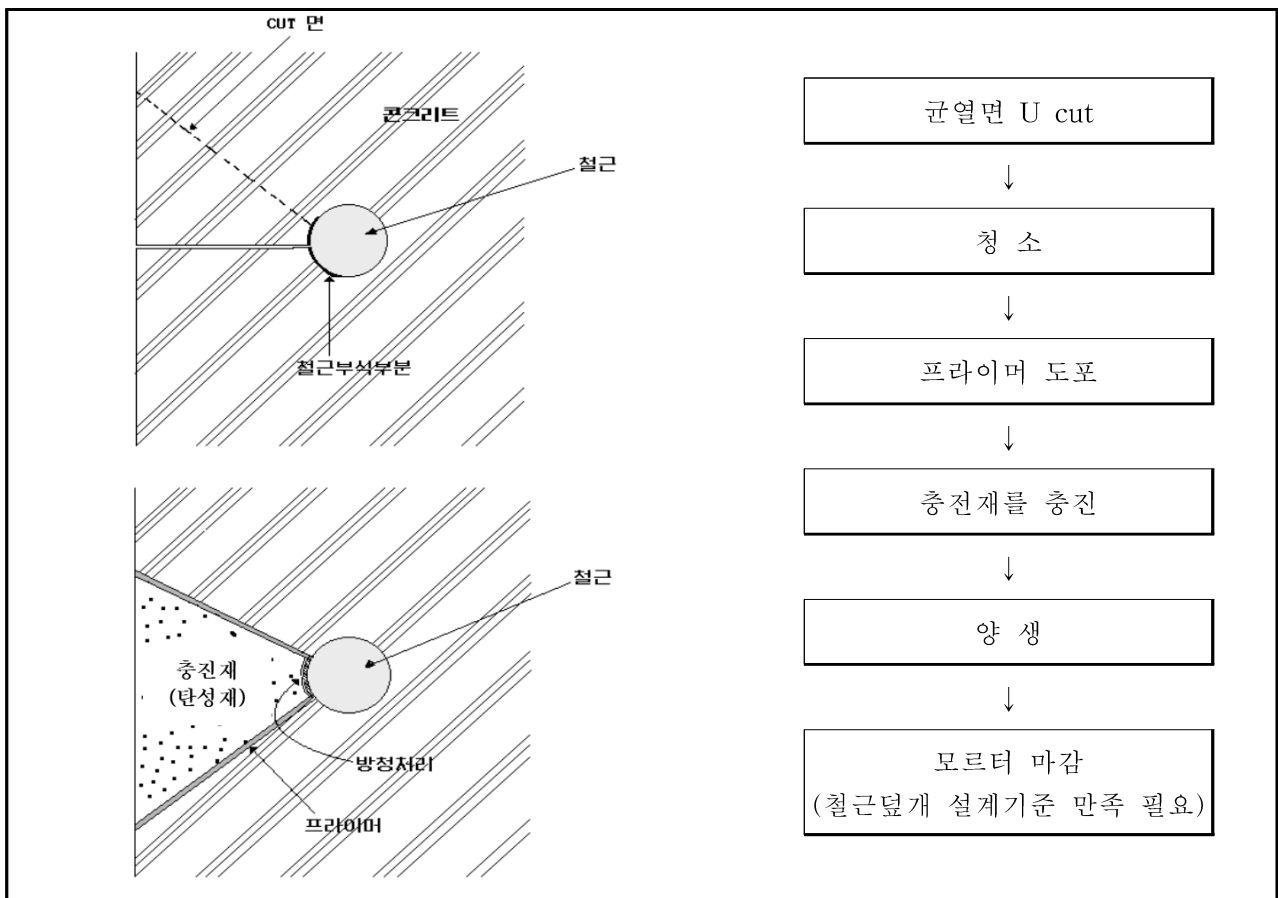


<그림 4.1.5> 철근이 부식되지 않은 경우의 충전보수 및 시공흐름

② 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전보수는 다음 그림(좌)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 다음 그림(우)과 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 충전보수는 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알칼리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 및 이 두 가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.



<그림 4.1.6> 철근이 부식된 경우의 충전보수 및 시공흐름

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.

③ 균열보수의 검사

균열보수 검사는 보수 공사 전·중·후로 구분하여 보수 공사가 설계, 시방서 내용대로 적합하게 시공되고 있는지 여부를 단계별로 중점 시공관리 사항을 정하여 검사한다.

-작업 전의 검사 항목

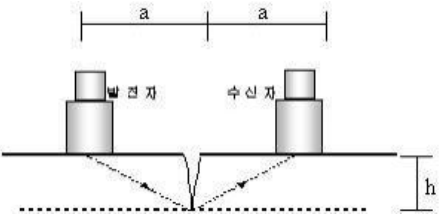
- 표면정리 및 균열 확인

-작업 중의 검사 항목(주입량 체크)

- 주입 보수 실시 전에 주입기에 있는 주입재의 양과 보수 완료 후 주입기 제거 전에 주입재의 양을 체크하여 주입 정도를 판단한다.

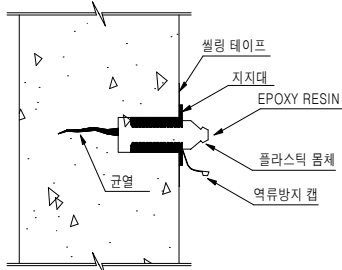
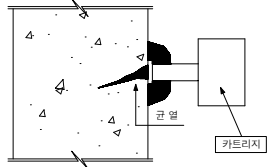
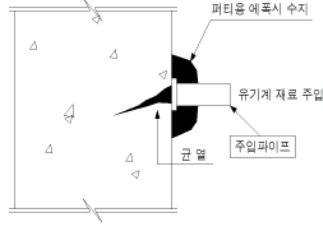
-작업 종료 후의 검사 항목

<표 4.1.13> 작업 종류 후의 검사 항목

구 분	적용방법
초음파시험	▪ 초음파신호 속도시험을 사용하여 개별 균열에서 접착 재료의 침투깊이를 측정하는 것은 매우 어렵다. 이 방법은 크랙이 전부 채워졌는지 부분적으로 채워졌는지, 상당히 채워졌는지 간에 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하다. 효과적인 시험을 위해서는 시험이 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다. ▪ 균열깊이 h는 다음 식으로부터 계산된다. ▪ 균열깊이(h) = $X \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$ 
충격음법	▪ 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 충격음법은 균열이 분리되어 있을 때 접착재료의 침투 정도를 결정하기 위해서 사용된다. 만약 균열이 많거나 균열을 관통하여 철근이 보강되어 있다면 충격음법을 사용하여 스며든 정도를 평가하는 것은 어렵거나 거의 불가능하다.
코어채취	▪ 주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가한다. 사후 보수 평가의 책임기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체 등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 품질의 보증 정도 등이 있다.

5) 균열보수 비교

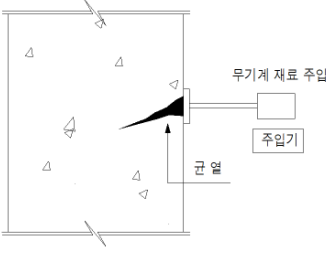
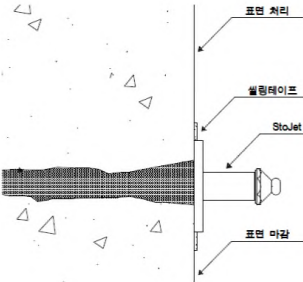
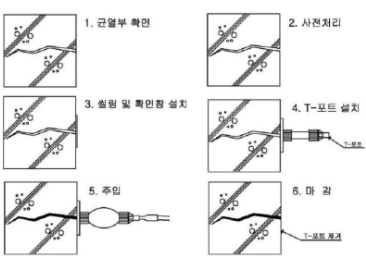
<표 4.1.14> 주입(충전)보수 비교표

구 분	SKI 균열보수 공법	BICS 균열보수 공법	에폭시 주입공법
개요도			
공법 개요	플라스틱 마이크로 패커와 중공형 코아비트를 이용한 균열보수공법	에폭시수지를 고무압주입기로 주입시키는 공법	균열부위를 커팅하고 균열부를 섀링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 패커를 이용하여 주입하는 공법
시공 방법	① 함마드릴천공(1차천공) ② 중공형 코아비트 드릴천공(2차천공) ③ 균열부 주위 표면청소 ④ 확인창 부착, 균열부 섀링 ⑤ 에폭시 주입 ⑥ 마감처리	① 표면처리 ② 받침파이프 접착 ③ 섀링작업 ④ 에폭시 주입 ⑤ 주입량 확인 ⑥ 주입기구, 섀 제거 ⑦ 표면정리	① 표면처리 ② 천공(U·V 커팅) ③ 패커설치 ④ 섀링작업 ⑤ 에폭시주입 ⑥ 섀링재, 패커 제거 ⑦ 표면정리
공법 특징	- 다양한 보수액 주입가능 - 주입압력 조절 우수 - 주입량 조절 우수 - 단기간 작업완료 - 시공부위 무제한 - 신공법에 대한 인지도 미흡 - 콘크리트 깨짐없이 균열심부까지 밀실한 주입가능 - 시공시 전력이 필요	- 습윤면 시공가능 - 숙련된 기술 필요없음 - 하중변화에 의한 재균열 발생 우려 - 물성의 차이에 의해 시간의 경과 후 접착면 균열 발생	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 시공실적 다수 - 경화시간이 빠름 - 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입 가능 - 가장 일반적으로 쓰이는 공법 - 시공이 간단
공사비	- 약 138,800원/m(건식) - 약 189,520원/m(습식)	약 57,750원/m(건식)	- 약 30,810원/m(건식) - 약 35,090원/m(습식)

주1) 균열주입공법은 고속도로 작업여건을 고려하여 짧은 작업시간과 간단한 시공이 이루어져야 하며, 주입효과가 우수하고 균열의 진행을 방지할 수 있는 공법 채택이 필요함

주2) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

<표 4.1.14> 주입(충전)보수 비교표(계속)

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	SPI 균열보수공법	TPS공법
개요도			
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	역류방지 이음매를 좌대에 설치하고, 전용주입기를 사용하여 에폭시수지 주입 후 탄성모르타르로 마감하여 보수하는 공법	탄성 저장관의 내부수축압력을 이용하는 공법으로 보수액이 주입될수록 주입압력이 증가하며 자동 주입되므로 미세 균열 및 누수균열까지 구조물에 손상 없이 효율적으로 보수할 수 있는 공법
시공 방법	① 표면처리 ② U·V 커팅 ③ 주입기 설치 ④ 균열부 썰링 ⑤ 폴리머슬러리 ⑥ 시멘트 주입 ⑦ 표면정리	① 표면처리 ② 좌대부착 ③ 썰링작업 ④ 에폭시주입 ⑤ 썰링재, 좌대 제거 ⑥ 탄성모르타르 마감처리	① Port 설치 간격 결정 ② 오물과 먼지 제거 ③ Port 부위 이외의 균열부 썰링처리 및 1m당 1개의 균열 확인창 설치 ④ T-Port 설치(균열1m당 5개) ⑤ 에폭시 수지를 혼합 후 T-7 주입기를 사용하여 주입 ⑥ Port 제거 및 표면정리
공법 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 시공 전문가 필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 주입기 압력 조절이 가능 - 미세균열에서 대균열까지 보수가 용이 - 주입재의 물성치가 우수 - 두께가 깊은 구조물 보수에 유리 - 시공시 안전하고 빠른 시공 가능 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름	- 주입 시 Port용량(40cc)을 초과하지 않도록 주의 - T-Port의 설치가 용이하지 못하거나, 이물질로 인한 균열부의 막힘 현상이 있을 경우, PIN-Port를 사용 - 주제와 경화제 배합비율을 정확히 지켜야 함. 경화제를 증감시켜도 경화 속도에는 변화가 없으나 제품의 물성은 저하되므로 주의하여야 함 - 균열 폭과 균열 상태에 따라 주입재의 점도와 종류를 결정하여 사용 - 배합된 수지는 현장온도가 높으면 경화속도가 빨라지고 낮을수록 느려지므로 현장책임자는 온도에 따라 적정량을 배합 사용 - 작업 시에는 화기 및 환기에 주의
공사비	-	▪ 약 67,740원/m(건식)	▪ 약 66,000원/m(건식)

주1) 균열주입공법은 고속도로 작업여건을 고려하여 짧은 작업시간과 간단한 시공이 이루어져야 하며, 주입효과가 우수하고 균열의 진행을 방지할 수 있는 공법 채택이 필요함

주2) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

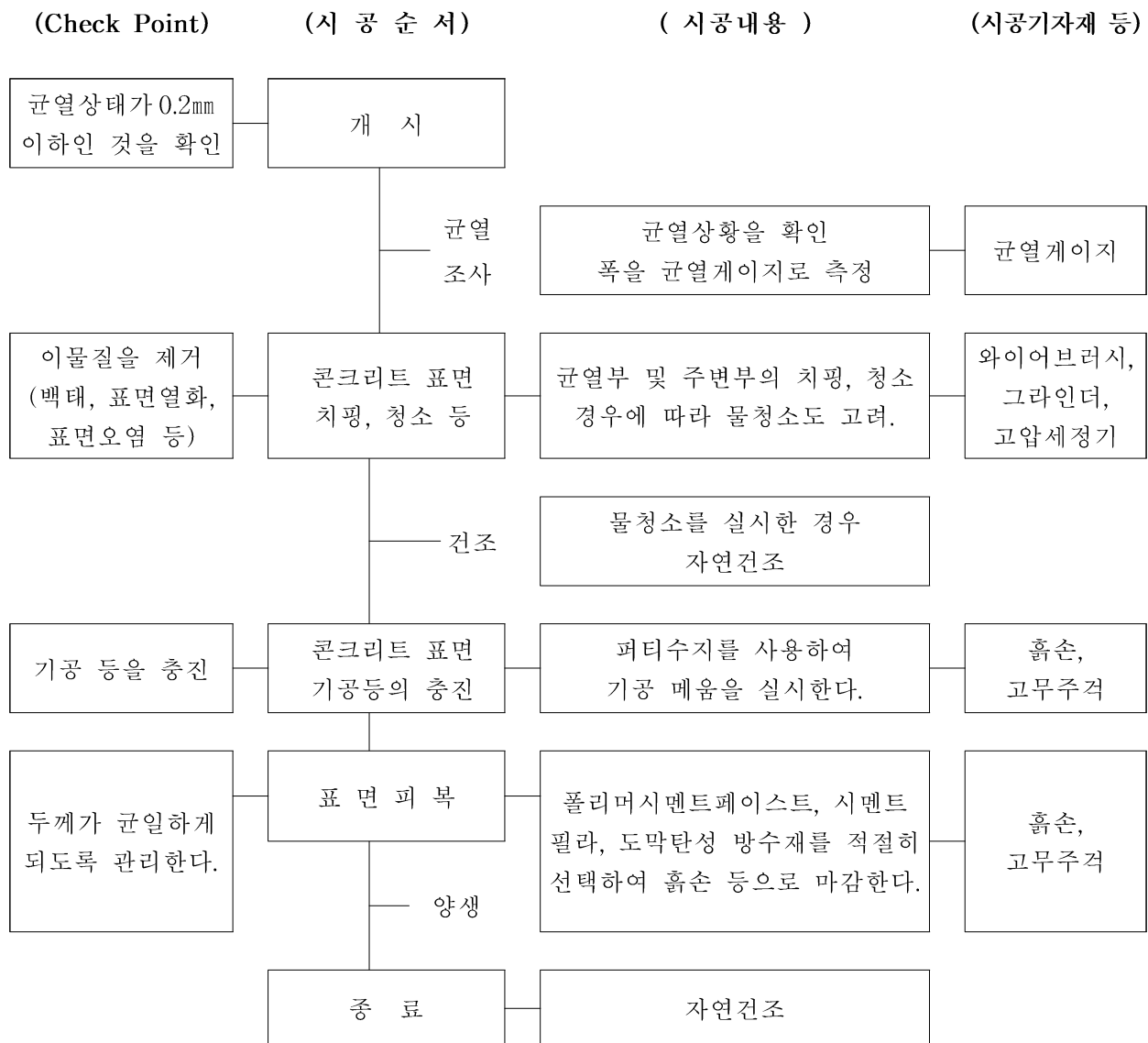
나. 표면처리보수(미세균열, 백태, 표면열화, 표면오염 등)

1) 개요

표면처리보수는 미세한 균열(폭 0.2mm이하) 손상이나 백태, 표면열화, 표면오염 등의 표면 손상 위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용한다. 균열부 표면처리의 경우, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

2) 시공순서 및 흐름도

균열부 표면처리보수는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용 시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구되며, 표면처리 보수의 시공흐름도는 다음과 같다.



<그림 4.1.7> 표면처리 보수 시공흐름도

3) 표면처리보수(균열)

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아낸 후 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다. 콘크리트표면에 0.3mm이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

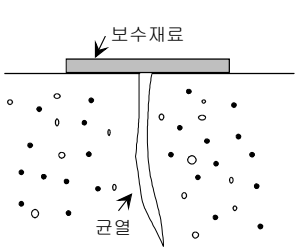
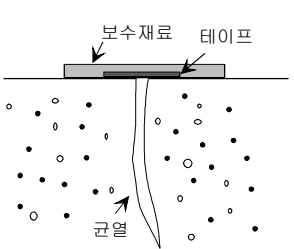
진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

[사용재료]

- ① 폴리머시멘트 페이스트 ② 시멘트 필라
③ 도막탄성 방수재 (아크릴 수지계) ④ 도막탄성 방수재 (우레탄 수지계)

일반적으로 시공은 표면의 부착물을 와이어브러쉬나 물 등을 사용하여 완전히 제거하고 충분히 건조시킨후 표면의 기공을 퍼티상 프라이머로 메운 후 보수재료로 피복한 후 양생하는 순서로 이루어지며, 피복재의 두께가 얇으므로 사용연수의 경과에 따른 성능저하를 관찰하여야 한다. 그리고 에폭시수지모르터 도포공법과 에폭시수지 실링공법에 대한 시공 순서를 살펴보면 다음과 같다.

<표 4.1.15> 균열부 표면처리보수

에폭시수지모르터 도포공법		에폭시수지 실링공법	
보수범위확인 ↓ 균열면 및 보수면 처리 ↓ 프라이머도포 ↓ 에폭시수지모르터 도포 ↓ 표면마감 ↓ 양생 ↓ 검사	▪ 이 공법은 마감 모르터면에서의 균열 및 결함부의 보수에 적용되며, 철근이 노출된 결함부위에도 적용됨. 한 번에 두껍게 바를 수 있음 	보수범위확인 ↓ 균열면 및 보수면 처리 ↓ 양생 ↓ 검사	▪ 모르터표면의 균열 폭이 0.2mm 정도 미만의 균열부위의 표면을 실링하는 경우에 적용함. 비진행성 균열인 경우에는 퍼티상의 에폭시수지를, 진행성 균열에는 유연성 에폭시수지를 사용함 
시공순서도	내용	시공순서도	내용

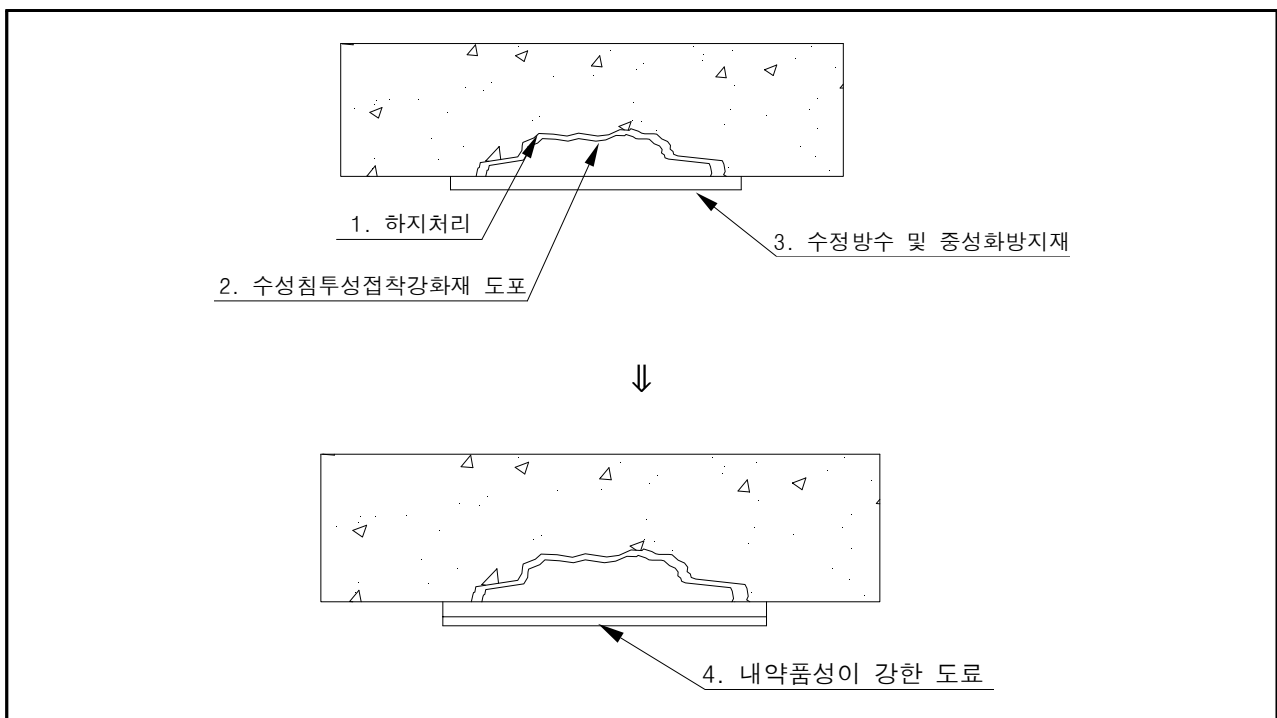
4) 표면처리보수(백태)

① 공법개요

백태는 콘크리트의 품질을 더욱 열화시키는데 촉매적인 역할을 하므로 이에 대해 보수하여야 하고, 이에 따른 더 이상의 열화를 방지하기 위해 표면처리 보수를 실시한다.

② 시공방법

- 콘크리트 표면처리 : 워터젯, 샌드블라스트, 핸드브레이커 이용
- 청소 : 표면을 깨끗이 제거
- 보수단면 충전 : 단면충전재를 도포
- 마감 : 콘크리트 표면 보호재로 표면을 코팅하여 방수층을 형성하고, 하수에 의한 유화수소 및 각종 폐수로부터 콘크리트를 보호



<그림 4.1.8> 백태 표면처리보수 공법도

③ 주의사항

비닐, 양생 등을 이용하여 습윤상태를 유지하고 5℃ 이하에서는 시공하지 않도록 한다.

5) 표면처리 보수 비교

<표 4.1.16> 표면처리 보수 비교표

구 분	ARS공법	ERM공법
개요도		
공법 개요	온도변화 및 건조수축으로 인하여 기존콘크리트와 복구단면의 계면에 작용하는 응력에 저항하기 위해서, 유리섬유 앵커를 설치하고 고내구성 폴리머 모르타르를 이용하여 계면 탈락 방지 및 내구성을 확보하는 보수공법	침투성 구체강화제로 콘크리트를 강화하고 슬래그 미분말, 실리카흄 등의 재료에 첨가제, 순환, 골재, 알칼리프리 급결제를 혼합한 친환경 무기계 보수모르타르와 개발된 성능이 우수한 스프레이장비를 이용해서 손상된 단면을 급속시공하여 보수하는 공법
공법 특징	- 앵커의 설치로 부착력을 증대시킴 - 신구접착제를 사용하지 않아 콘크리트에 통기성 확보 - 공정이 단순하며 뿔어붙이기 및 손 미장 모두 가능 - 열악한 환경에서 효과가 크며 경제적인 - 시공실적 다수(암거 등 수리시설) - 습기가 존재하는 구간도 무방	- 무기계 재료로 기존구체와의 일체화 - 급결제(필요 시) 및 알칼리 무기염계 사용으로 초기부착강도 확보 - 부착강도, 표면열화방지 성능 우수 - 내화학적, 동결융해 저항성, 내구성 우수 1회 최대 300mm 시공으로 작업시간 단축 - 습기가 존재하는 구간도 무방
공사비	- 약 50,620원/㎡(벽체) - 약 53,330원/㎡(천장)	- 약 60,300원/㎡(벽체) - 약 65,100원/㎡(천장)

주1) 현재 국내에서 시행중인 표면보수공법은 다양한 공법들이 시행되고 있으므로, 시설물 보수에 사용실적이 많고 현장여건을 고려하여 제시 외 여러 공법 등도 검토하여 선정하는 것이 적합할 것으로 판단됨

주2) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

<표 4.1.16> 표면처리 보수 비교표(계속)

구 분	COSREM공법	FRM공법
개요도	1) 그라인딩 2) 고압물 세척 (캐어콘 C300) 3) 중성화방지제 도포 (캐어콘 C300) 4) 표면코팅제 도포 (캐어콘 SC)	1) 그라인딩 2) 고압물 세척 3) 구체강화제 도포 (캐어콘 CH) 4) 중성화방지제 도포 (캐어콘 C300) 5) 표면코팅제 도포 (캐어콘 SC)
공법 개요	페라이트계 경량골재, 나일론 보강 단섬유, 첨가제 등으로 구성된 경량 보수모르타르를 사용하여 자중감소 및 첨가제 사용으로 구조물에 미세진동 등이 존재하여도 초기 및 장기 부착성능을 유지하여 장기 내구성능을 향상시킨 콘크리트 보수공법	경량골재와 폴리프로필렌(pp) 섬유를 혼입한 내화 모르타르로 개발된 성능이 우수한 스프레이장비를 이용해서 단면을 복구하고 내화 세라믹 도료를 표면에 도포하고 코팅 마감하는 구조물 보수공법
공법 특징	- 단위중량을 30%이상 줄여 자중에 의한 처짐 감소 - 자재 경량화로 인한 부착력 증대 - 부착력 및 내구성, 내약품성 우수 - 전용장비 없이 기존 장비를 이용하여 시공 가능 - 무기계재료로서 모체와 일체거동 - 습윤상태의 부착강도 우수 (항만 및 수리시설 등)	- 화재에 대한 내화 성능우수 - pp섬유 사용으로 폭열 저항성 우수 - 부착강도, 압축강도 및 물리성능 우수 - 내알칼리성 등 내화학성 우수 - 내구성능 우수
공사비	- 약 59,480원/m²(벽체) - 약 65,630원/m²(천장)	- 약 63,930원/m²(벽체) - 약 64,130원/m²(천장)

주1) 현재 국내에서 시행중인 표면보수공법은 다양한 공법들이 시행되고 있으므로, 시설물 보수에 실질적이 많고 현장여건을 고려하여 제시 외 여러 공법 등도 검토하여 선정하는 것이 적합할 것으로 판단됨

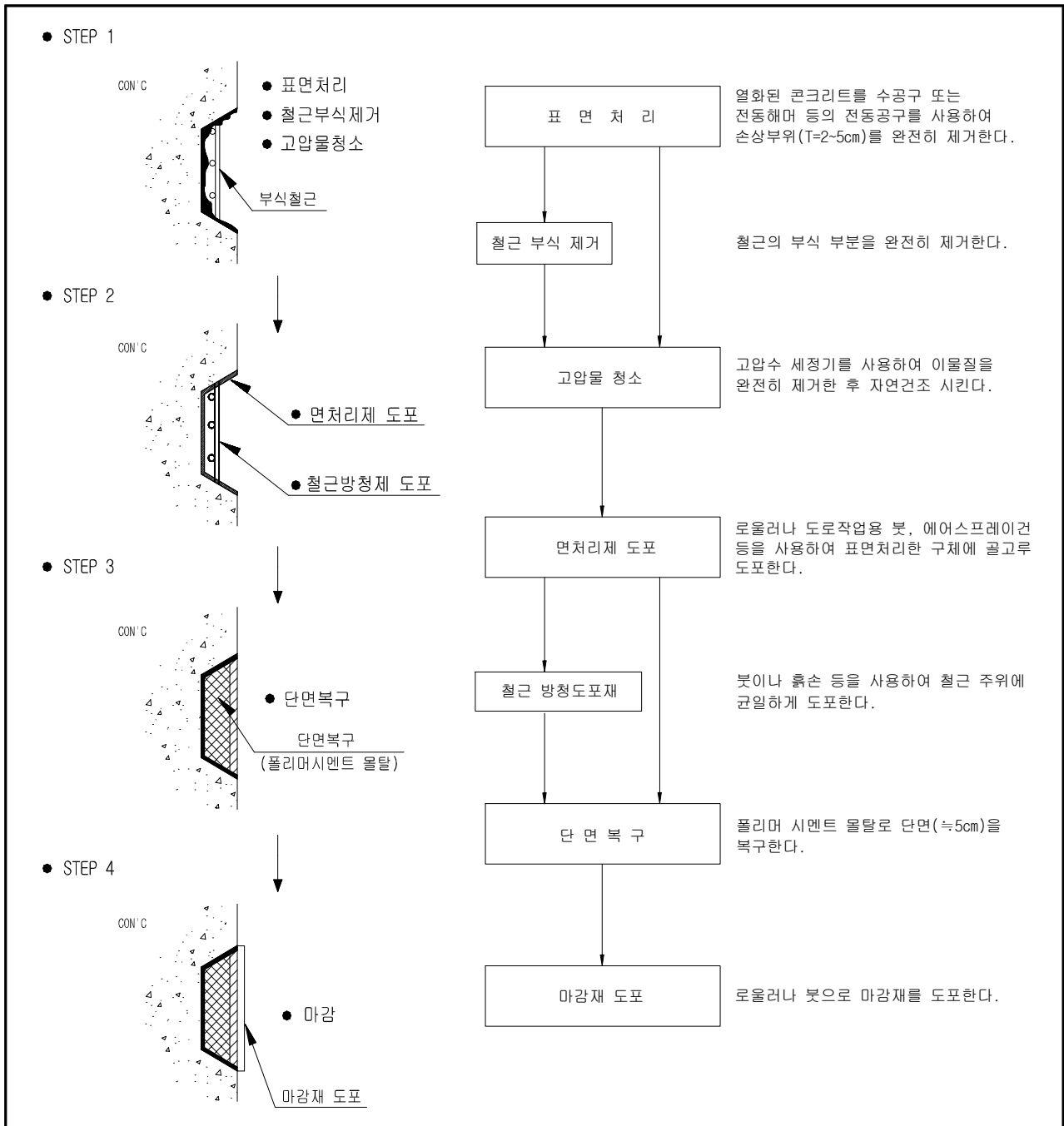
주2) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

다. 단면보수

1) 개요

본 보수공법은 철근부식으로 인한 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 등의 콘크리트 단면이 손상된 부위를 치핑한 후 철근노출 부위는 방청처리와 구체강화를 시키고 단면을 보수 모르타르로 충전하여 손상된 콘크리트를 신규 상태로 회복시키는 공법이다.

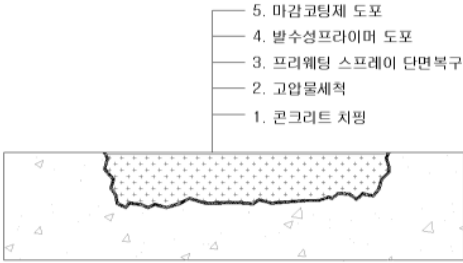
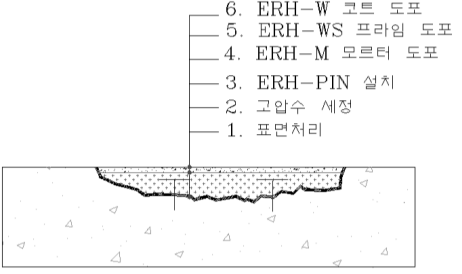
2) 시공순서 및 흐름도



<그림 4.1.9> 단면보수 시공순서 및 흐름도

3) 단면보수 비교

<표 4.1.17> 단면보수 비교표

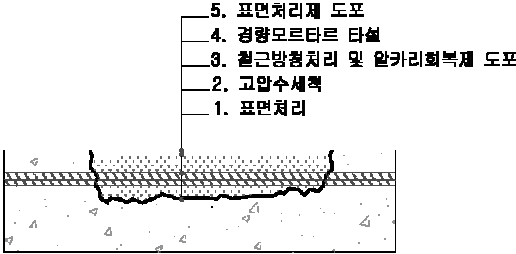
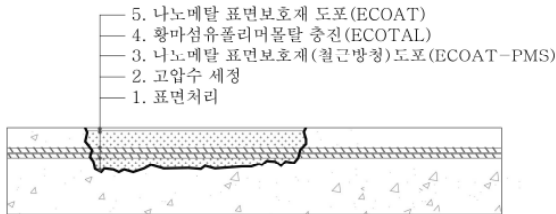
구 분	프리웨팅 공법	에코플래시 공법
개요도		
공법 개요	이중요거 믹서 샤프트를 이용한 프리웨팅 스프레이 방식의 철근콘크리트 구조물 보수 공법으로 콘크리트의 탄산화 등 각종 열화요소에 의해 손상되고 성능이 저하된 콘크리트를 제거하고 추가적인 이중보호방식을 실시 시공성 및 장기적인 내구성을 증진시킨 보수 공법	탄산화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식스프레이를 이용하여 화학적 물리적으로 개보수 하고 접착보강편을 추가하여 장기부착강도를 증진시킨 보수공법
공법 특징	- 개선된 스프레이 방식과 우수한 단면복구재 사용으로 시공두께 우수(10~20mm/회) - 원형 등 구조물 형상에 따른 제약 없음 - 자동화 기계화시스템에 의한 인력절감 및 공사비 절감 - 열화요인 및 구조물의 특성에 따른 특화된 재료 적용 - 우수한 부착 성능에 의해 접착강화 공정 불필요 - 스프레이시 리바운드가 적음 - 수복면의 밀도 향상으로 품질우수 - 공정이 단순해서 작업시간 단축 - 기계작업으로 품질유지 확보 - 다짐효과의 극대화 - 스프레이 시공 전문가 필요	- 무기섬유 혼입에 의한 물리적 특성 우수 - 화학적 부식에 저항성 및 탄산화 저항성 우수 - 천연재료의 사용으로 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 재 손상 발생 가능 적음 - 물리적 접착 보강편을 통한 장기부착강도 확보 - 무기코트재료에 의한 표면피복 (음용수 부위적합) - 리튬실리케이트를 이용한 내구성 및 알칼리 회복 효과 - 습윤한 상태의 부착강도 우수 (해안·수리구조물 등) - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가 필요
공사비	74,062원/㎡(표면처리보수) 104,629원/㎡(T=10mm) 216,305원/㎡(T=30mm) 323,424원/㎡(T=50mm) 229,427원/㎡(T=30mm, 철근노출) 341,125원/㎡(T=50mm, 철근노출)	53,596원/㎡(표면처리보수) 128,947원/㎡(T=10mm) 225,281원/㎡(T=30mm) 321,614원/㎡(T=50mm) 244,723원/㎡(T=30mm, 철근노출) 341,056원/㎡(T=50mm, 철근노출)

주1) 현재 국내에서 시행중인 표면보수공법은 다양한 공법들이 시행되고 있으므로, 시설물 보수에 사용실적이 많고 현장여건을 고려하여 제시 외 여러 공법 등도 검토하여 선정하는 것이 적합할 것으로 판단됨

주2) 재료적인 내구성능이 우수하고, 경제적인 공법을 채택하는 것이 적합함

주3) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

<표 4.1.17> 단면보수 비교표(계속)

구 분	코스렘 공법	에코텍트 공법
개요도		
공법 개요	염해, 탄산화, 열화 등으로 인하여 손상된 단면에 침투성 알칼리 회복WP, 신구접착제, 경량모르타르, 염해, 탄산화 방지표면처리제를 적용하여 구조물을 원상회복 및 유해환경으로부터 보호하는 보수공법	천연재료인 황마섬유가 혼입된 폴리모 모르타르를 이용하여 단면을 보수하고, 콘크리트 구조물의 내구성 증진 및 유해물질 침투를 방지하기 위해 나노메탈 미분이 함유된 표면보호제를 분사하여 내구성을 확보하는 보수공법
공법 특징	- 철근노출시 방청과 단면복구를 동시수행(공기단축) - 침투성방청제는 철근을 노출시키지 않아도 부식방지 효과 탁월 - 부착력 및 내구성, 내약품성 우수 - 공사비 저렴 - 무기계재료로서 모체와 일체거동 - 무기계공법으로 경화시간이 유기계보다 느리므로 초기양생이 중요 - 시공전문가 필요 - 장거리 압송이 가능하며, 대단면에 시공이 유리함	- 친환경적인 무용제형 금속혼합물 사용 - 균열 저항성 우수 - 점착력, 부착력, 내화확성 우수 - 압축강도 우수 - 시공전문가 필요 - 섬유가 뭉치므로 고른 압축강도 확보 미흡 - 균일한 배합비유지 믹싱시간 간소화 - 별도의 보조재료가 불필요하며 인력/일반기계장비 시공이 모두 가능 - 작업중 적정점도 유지와 정확한 정량 배합으로 고품질 확보 가능
공사비	62,058원/㎡(표면처리보수) 109,958원/㎡(T=10mm) 211,289원/㎡(T=30mm) 325,205원/㎡(T=50mm) 218,546원/㎡(T=30mm, 철근노출) 332,461원/㎡(T=50mm, 철근노출)	74,737원/㎡(표면처리보수) 119,167원/㎡(T=10mm) 214,504원/㎡(T=30mm) 309,842원/㎡(T=50mm) 225,105원/㎡(T=30mm, 철근노출) 320,442원/㎡(T=50mm, 철근노출)

주1) 현재 국내에서 시행중인 표면보수공법은 다양한 공법들이 시행되고 있으므로, 시설물 보수에 사용실적이 많고 현장여건을 고려하여 제시 외 여러 공법 등도 검토하여 선정하는 것이 적합할 것으로 판단됨

주2) 재료적인 내구성능이 우수하고, 경제적인 공법을 채택하는 것이 적합함

주3) 본 제시 공법은 참고사항이며, 한국도로공사 여건에 따라 변경될 수 있음

4.1.5 강재 도장보수

가. 보수방법

보수방법에는 부분적인 보수와 전면적인 보수로 분류할 수 있다. 강교량의 도장은 일률적으로 노화하는 경우가 없고 부위에 따라 노화정도가 다르므로 도막에 노화가 발견된 시점에서 즉시 그 부분을 보수하거나 또는 노화 상태를 고려하여 전면적인 보수를 하여야 할 것인지를 결정하여야 한다.

나. 재도장 작업

1) 재도장 작업 관리의 주된 항목은 표면처리의 상태, 겹칠 간격, 시공 후의 도막외관, 도막두께, 도료의 사용량 등이다. 그러나 도막두께의 평가는 신설 도장시와는 다르며 적용하는 표면처리의 종류에 따라 평가방법을 다르게 해야 한다. 재도장에 있어서 품질 관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다. 재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- 도장에 필요한 최저 기온은 5℃이고, 도장하는 표면에 습기와 서리가 없도록 해야 한다.

- 표면온도, 도료온도, 도장 및 경화가 5℃ 이상 60℃ 이하에서 시공

- 상대습도 85% 이하

- 경화되는 순간에 온도가 최저치 보다 내려가면 도막이 손상된다.

- 온도와 관련된 도막 손상 문제는 온도를 측정하지 않는데서 기인하기 때문에 계속적인 온도 측정이 필요하다.

- 습기가 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.

- 스프레이 할 때 풍향과 풍속이 근처의 자동차, 보트, 다른 구조물에 피해를 주는 것을 반드시 고려해야 한다.

- 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.

2) 기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 각 도료의 도장지시서에 따르며 도장완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다. 또한, 보수도장을 실시한 후 3~5년 이후에는 반드시 방청 상태를 재확인하는 것이 필요하므로 전문가에 의한 현장조사를 실시하여야 한다.

4.1.6 도장시공, 검사 및 설비

가. 도장관리

도장은 온도, 습도, 기타 일기에 유의하여 최적의 조건에서 실시하여야 한다. 일반적으로 온도는 15℃ (60°F) ~ 32℃ (90°F) 범위가 적당하며, 4℃ (40°F) 이하 및 43℃ (100°F) 이상의 조건에선 도장을 실시하지 않는 것이 좋다. 도장시 온도가 높으면 도막의 건조 속도가 빨라 핀홀이나 부풀음 등의 결함이 발생하기 쉽고, 온도가 낮으면 불완전 경화가 발생할 수 있다. 습도는 도료의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 【표 24】의 자료를 따르는 것이 바람직하다.

<표 4.1.18> 도료별 적정 습도

도 료 종 류	최 저 습 도	최 고 습 도	적 정 습 도
무기질 아연분말 도료	50%	95%	65%
염화고무계, 역청질계 도료	20%	90%	85% 미만
에폭시계 도료, 세라믹계 방식도료	20%	85%	85% 미만

또한 스프레이할 때 풍향과 풍속이 근처의 자동차, 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다. 강한 바람은 도막에 상당한 손실을 입히며, 표면에 붙어 있는 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층에 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다. 이런 경우에는 스프레이 대신 붓이나 롤러 도장을 하고, 하루 중 바람이 적게 부는 시간에 작업을 계획하고, 마무리칠을 할 때 스프레이를 사용하도록 작업 계획을 세우는 방법으로 해결한다.

- 도장준비

- 도장은 도료공급자의 기술자료에 따라 시공함이 바람직하다. 즉, 지정된 희석제 사용, 혼합비 준수, 작업조건 등에 대한 기술자료를 따라 준비한다.

- 도장방법

- 모든 도장을 표준도장 시공방법에 따라 시행되어야 한다.

- 도막두께

- 설계 조건에 따른 도막 두께를 유지해야 한다.

- 도료의 보관

- 도료의 보관장소는 통풍이 양호하며, 스파크, 화염, 직사광선으로부터 위험이 없는 격리된 장소에 보관하여야 하며 보관 용기는 침전 현상을 방지하기 위해 매월 정기적으로 뒤집어 주는 것이 좋다.

나. 도장절차

1) 공장도장

(가) 쇼트프라이머 (무기질 아연분말도료 적용)

쇼트프라이머는 도장 공정의 편의를 위해 적용되며 필요에 따라 적용여부를 결정한다. 본 도장에선 표면처리의 조도가 중요하다. 따라서 도장면은 브라스트로 전처리를 해야 하며 도막의 부착을 위해 최소 25 μ m 이상의 표면조도를 얻어야 한다. 이러한 도장 공정을 가능한 한 계열화하여 표면처리 후 곧바로 도장하도록 하는 것이 바람직하다

(나) 박스거더 내·외부 도장

① 쇼트프라이머가 적용된 경우

· 용접부 및 도막 손상에 의해 발청 부위는 브라스트 방법으로 표면처리하고 쇼트프라이머 잔존 도막은 제거하여야 하며 규정된 건조 도막 두께로 중·상도 도장을 하여야 한다.

② 쇼트프라이머를 적용하지 않는 경우

· 공장 시설의 여건상 쇼트프라이머 적용이 불가능한 경우는 박스거더를 제작후 공장에서 적당한 연마재(모래등)를 사용하여 규정된 전처리 등급(SIS 055900 Sa2½, 표면조도 2.5μm 이상)으로 표면처리후 무기질 아연분말 하도나 세라믹계 방식도료를 도장하며, 후속도장도 사양에 따른다.

③ 하도 도장이 끝난직 후 외부는 중도 또는 상도, 내부는 상도를 도장하여야 하며 접합 접촉면을 제외한 전 부위에 적용하여야 한다.

④ 외부의 경우 중도를 도장하고 장기간 폭로후 상도를 도장시 층간 부착력이 저하될 수 있으므로 적절한 표면처리의 상도를 도장해야 한다.

⑤ 접합 접촉면을 반드시 하도만 도장되도록 하여야 한다.

⑥ 접합 부분은 표면처리가 완료된 후 무기질 아연분말 하도나 세라믹계 방식 도료를 규정된 도막 두께로 도장하여야 한다.

2) 현장도장

현장 도장은 구조물을 완전 조립 후 실시하는 도장으로서 먼저 표면의 오염된 이물질을 완전히 제거한 다음 기준에 적합한 표면처리 후 도장하여야 한다.

(가) 볼트 및 접합 부위 (내, 외부)

볼트 및 접합 부위의 표면처리 이물질을 제거한 다음 중방식 도장을 규정 두께로 도장한다.

그리고 상도 마감 도장은 박스 거더 외부의 상도 마감 도장시 함께 도장한다.

(나) 거더의 손상부위 보수 도장

부재의 수송 및 조립 단계에서 발생하는 도막 손상에 대해서는 현장 도장 전에 표면의 녹, 기름기, 기타 이물질을 제거 후 녹 발생 부분을 동력공구로 ST3등급까지 전처리 후 기본 도장 사양에 따라 처리한 다음 현장 도장을 실시한다. 만약 손상 부위가 넓을 경우에는 손상 부위를 브라스트 후 원래 도장 사양에 따라 재도장한다.

(다) 박스 거더 외부 마감도장

볼트, 접합 도장 및 손상 부위에 대한 보수도장을 완료하고 난 다음 마감 도장은 표면을 재차 깨끗이 정리한 다음 실시해야 한다.

다. 도장검사

1) 일반사항

도장 검사는 반드시 전문 감독기관의 검사 규정을 따라 실시해야 하며 검사장비는 공인된 것을 적용해야 하며, 도장검사의 종류는 다음과 같다.

- 도료검사
- 연마재 검사
- 도장조건 검사
- 표면처리 검사

- 육안검사
- 도막두께 검사
- 부착력 검사

2) 도장검사이시 확인사항

(가) 기본적인 확인사항

공사개요, 도장사양, 기후조건, 장비(도장 및 검사), 기타 작업환경, 기술능력 등

(나) 표면처리시 확인사항

표면처리 규정 준수, 연마제의 적합성, 소요장비, 기후조건, 표면처리수준, 표면조도, 기술수준(자격)

(다) 도장 작업시 확인사항

도장사양, 표면처리 후 처리법, 이물질 검사, 기후조건, 도장기술(인력), 도장 작업규정 준수여부 등

4.1.7 포장손상 보수공법

가. 아스팔트 표면처리 공법

1) 용도 및 목적

표면처리(Surface Treatment)는 아스팔트 포장의 표면에 부분적인 균열, 변형, 마모 및 붕괴와 같은 파손이 발생한 경우에 기존 포장에 2.5cm 이하의 얇은 층으로 시일링(Sealing)층을 시공하는 공법이다. 우기 또는 한냉기 전에 실시하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다. 표면처리에는 일반적으로 다음과 같은 공법이 있다.

- 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat)
- 카페트코우트
- 포그시트
- 슬러리시일
- 수지계 표면처리

2) 시공방법

(가) 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) : 시일코우트는 포장표면에 살포한 역청재료 위에 모래나 부순돌을 살포하여 부착하는 공법으로 이공법을 2회 이상 반복하여 두께를 두껍게 하는 것을 아마코우트라고 한다.

(나) 카페트코우트(Carpet Coat) : 포장의 표면에 아스팔트 혼합물을 얇게 포설하여 다지는 공법으로 일반적으로 쇄석, 스크리닝스, 모래, 석분 및 아스팔트를 혼합하여 두께 1.5~2.5cm로 포장한다. 표면처리로서는 효과가 크다. 또한 포장 후 조기에 교통개방이 가능하며 특수한 혼합물로는 미끄럼방지용 혼합물인 실리카샌드 아스팔트 및 내마모용 혼합물인 미세한 분말로 된 깎아스팔트 콘크리트 등이 있다.

(다) 포그시일(Fog Seal) : 물로 묽게한 유화아스팔트 MS(C)-2, MS(C)-3 또는 MS(A)-2, MS(A)-3(증발 잔유물의 침입도 100 이하의 것)을 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법으로 특히 교통량이 적은 곳에 사용하면 효과가 있다.

(라) 슬러리 시일(Slurry Seal) : 유화 아스팔트, 잔골재, 석분과 적당량의 물을 가한 상온

혼합물을 슬러리 모양으로 만들어 얇게 포설하는 공법이다. 이 공법은 미세균열 및 표면이 마모된 곳의 수리에 적용되고 있다.

(마) 수지계 표면처리 : 포장표면에 에폭시수지 등을 살포 또는 도포해서 그 위에 경질골재를 살포, 고착시키는 것으로 특별히 미끄럼방지 효과를 기대할 수 있는 공법이다. 안료 또는 착색골재를 이용하여 착색포장을 겸용할 수 있다. 골재로는 에머리, 칼사이드 보그사이트 등의 경질 골재를 이용하며 입경은 3.2~1.2mm의 범위의 것을 사용한다.

나. 아스팔트 패칭공법

1) 용도 및 목적

패칭이란 포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은 면적의 손상된 곳을 채우는 임시적인 방법과 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법으로 구분 할 수 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다. 사용하는 재료는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 때에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 좋다. 패칭 재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할때는 상온 아스팔트 혼합물도 사용된다.

- 가열 혼합식 방법
- 상온 혼합식 방법
- 구스아스팔트

2) 시공방법

(가) 가열 혼합식 방법 : 가열 혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공 직 후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.

(나) 상온 혼합식 공법 : 상온 혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열 혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열 혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

(다) 구스아스팔트 : 가열 혼합식 공법과 거의 동일하다.

다. 아스팔트 오버레이공법

1) 용도 및 목적

기존 포장의 강도 부족을 보충하는 것 외에 노면의 평탄성 개량, 균열로 빗물의 침투를 방지하는 목적도 있다. 오버레이시 노면높이의 상승과 배수, 사하중 증가 등을 가져올 수 있으므로 여러 상황을 고려하여 공법을 채택하여야 한다. 이의 채택이 어려울 경우에는 절삭 오버레이, 재포장, 재생공법 등을 검토할 필요가 있다. 오버레이를 시공하기에 앞서 기존 포장의 파손 상황에 따라 적당한 수정을 한다.

2) 시공방법

- 노면을 깨끗이 청소하고, 쓰레기 등을 제거한다.

- 텍코우트 실시 : 일반적으로 아스팔트 유제(PK-4)를 이용한다. 살포량은 재래노면의 조도, 노화의 정도에 따라 다르지만, 일반적으로 $0.4 \sim 1.0 \text{ l/m}^2$ 정도이다. 살포량이 너무 많으면 오버레이 후 노면에 블리딩 및 종단방향 요철이 생기게 된다. 유제의 살포는 일반적으로 시공면적이 작은 경우에는 엔진 콤프레셔를 사용하고, 면적이 큰 경우에는 아스팔트 디스트리뷰터를 사용하여 효율적인 시공이 가능하다.

라. 아스팔트 절삭오버레이공법

1) 용도 및 목적

아스팔트 포장표면에 연속적으로 또는 단속적으로 요철이 발생하여 평탄성이 불량하게 된 경우는 이 부분을 기계로 절삭하여 노면의 평탄성과 미끄럼 저항을 회복시키는 공법으로 소성변형이 일어난 곳에 효과적인 공법이다.

2) 시공방법

- 로드히터로 소정온도($60 \sim 180^\circ\text{C}$)까지 가열한다.
- 로타리 커트 또는 모터 그레이더의 그레이더로 절삭한다.
- 사람 또는 모터 스위퍼로 청소한다.
- 그대로 교통 개방하거나 오버레이 시공을 한다.

마. 포장도로 균열보수공법(Road Seal)

1) 용도 및 목적

본 공법은 교면포장 파손, 균열부 보수 및 바닥판 균열, 철근콘크리트, 신축이음부 보수에 주로 사용하며, 균열의 봉합을 주목적으로 한다.

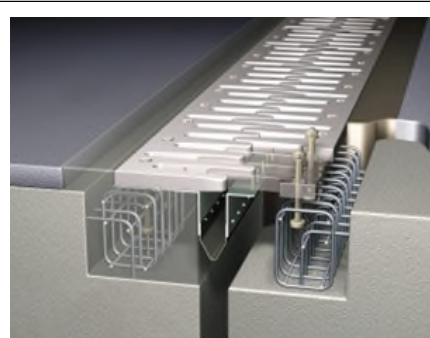
2) 시공방법

- 시공부위 절단 및 깨기
- 압축공기 청소 및 Tape 부착 : 신축이음부에서 과편, 미세먼지, 미량의 습기 제거, 점착성 이물질을 제거 후 포장 깨기 측면에 Tape를 부착한다.
- 시공부위 가열 및 백업재 서치 : 양호한 주입을 위하여 히트랜스를 사용해 시공부위를 가열(약 70°C 유지) 한 후 백업재를 설치한다.
- 1차 도포 및 지지판 설치 : 시공부위에 로드셀을 $2 \sim 3\text{mm}$ 정도로 1차도포 후 지지판(철판 : $5 \sim 6\text{mm}$)을 설치한다.
- 조인트제(로드셀)의 주입
- 마무리 작업 : 스퀴즈나 롤러로 평탄한 면(평탄화)을 만든 후 석회가루 또는 탈크가루를 표면에 살포해 냉각시키면 시공 즉시 차량통행이 가능하다.

바. 신축이음 교체 공법비교

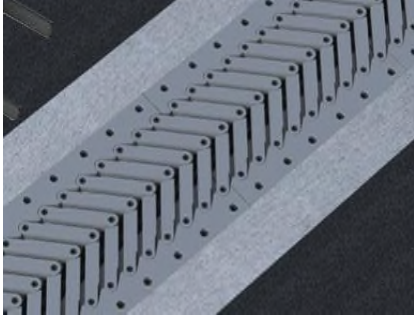
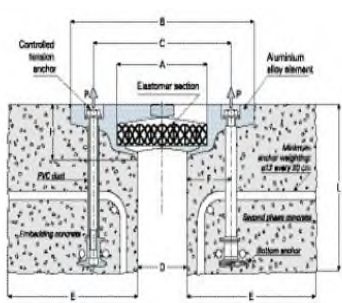
1) 팽거조인트 공법비교

<표 4.1.19> 팽거조인트 공법비교표

구분		BMF • Joint (매크로드) (비배수 팽거조인트)	IF • Joint (에스코 알티에스) (유지관리형 팽거조인트)
형태			
개요		• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 60~400mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1.0m~2.0m	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 60~400mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1.0m~2.0m
특징		① 유격사이로 이물질 유입이 없어 별도의 유지관리 불필요 ② 이물질 적체로 인한 방수재의 파손 문제 해소 ③ 레일조인트와 동일하게 별도의 배수 시설 불필요	① 연속된 구조로 소음발생 및 영향이 매우적음 ② 방수가 완벽하고 교체가 용이함 ③ 사교는 팽거의 각도를 조정하여 적용가능
유수 보수성		① Finger판과 방수재 지지판이 분할구성, 조립되므로 유지보수 용이 ② Finger plate가 1.0~2.0M 길이로 제작되므로 부분적인 보수가 용이 ③ 본체(Finger 날, 방수Seal)파손시 부분교체 가능	① Finger plate가 1.0~2.0M 길이로 제작되므로 부분적인 보수가 용이 ② Finger 하면에 판을 하나 더 넣어 방수고무를 고정하므로 방수고무 교체가 용이 ③ 본체(Finger 날, 방수Seal)파손시 부분교체 가능
공사비	220 mm	1. 자재비 : 4,125,000원/m 2. 방수 Seal 교체비 (현장여건에 따른 별도제작 발주)	1. 자재비 : 3,788,000원/m 2. 방수 Seal 교체비 (현장여건에 따른 별도제작 발주)
	150 mm	1. 자재비 : 2,708,000원/m 2. 방수 Seal 교체비 (현장여건에 따른 별도제작 발주)	1. 자재비 : 2,870,000원/m 2. 방수 Seal 교체비 (현장여건에 따른 별도제작 발주)
비교		누수시 방수Seal 부분교체 가능	누수시 방수Seal 부분교체 가능

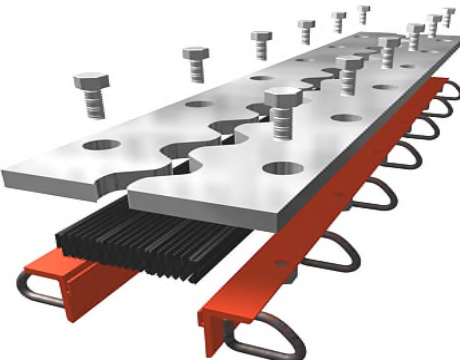
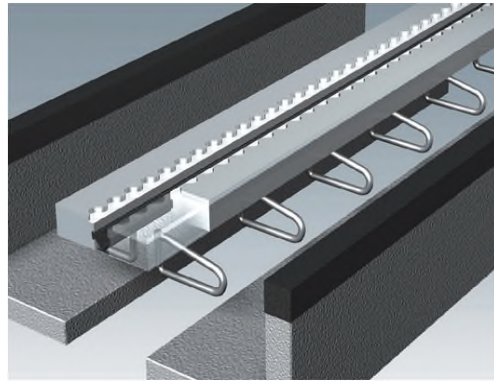
1) 팽거조인트 공법비교(계속)

<표 4.1.19> 팽거조인트 공법비교표(계속)

구분		JH Reflaction Join (진형건설) (굴절형 신축이음장치)	WD (후레시네) (CIPEC)
형태			
개요		• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 60~160mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 일체형 • 길이 : 1.0m, 1.8m	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 60~500mm • 재질 : 알루미늄 합금(주물제작) • 구조 : 일체형 • 길이 : 1.0m, 1.8m
특징		① 내진용 신축이음장치 ② 상부판이 갈매기 형상으로 주행성 우수 ③ 곡교 및 사교에 적용가능	① 상부 플레이트가 팽거타입구조로 공극이 작아 주행성 양호 ② 사고 적용이 어려움(주물제작) ③ 고무셀 보호부재 적용이 불가능
유수 보수성		① 본체가 일체형으로 방수고무 파손시 전체를 교체하여야 하므로 비경제적임 ② 볼트 풀림에 대한 안정성 검토 필요 ③ 본체(Finger 날)파손시 부분교체 가능하나 방수Seal 교체는 전량교체만 가능	① 본체가 일체형으로 방수고무 파손시 전체를 교체하여야 하므로 비경제적임 ② 볼트 풀림에 대한 안정성 검토 필요 ③ 본체(Finger 날, 방수Seal)파손으로 부분교체시 후타재콘크리트 제거 후 전량교체 방식
공사비	220 mm	1. 자재비 : 5,120,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가	1. 자재비 : 3,588,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가
	150 mm	1. 자재비 : 3,586,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가	1. 자재비 : 2,140,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가
비고		누수시 전량(본체+Rubber Seal:1.8m씩) 교체	누수시 전량, 전폭 교체

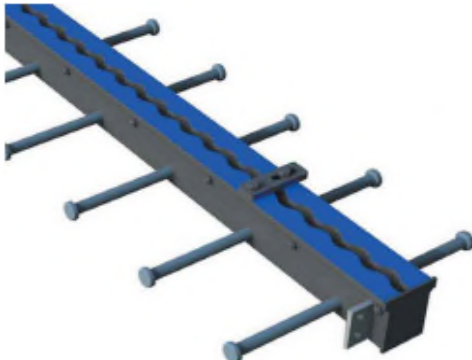
2) 모노셀조인트 공법비교

<표 4.1.20> 모노셀조인트 공법비교표

구분	WMM • Joint (매크로드) (비배수 모노셀 조인트)	STM- • Joint (에스코 알티에스) (유지관리형 모노셀조인트)
형태		
개요	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 30~100mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1.0m~2.0m	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 30~100mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 상·하판 분리형 • 길이 : 1.0m
특징	① 유격사이로 이물질 유입이 없어 별도의 유지관리 불필요 ② 이물질 적체로 인한 방수재의 파손 문제 해소 ③ 레일조인트와 동일하게 별도의 배수시설 불필요	① 연속된 구조로 소음발생 및 영향이 매우적음 ② 방수가 완벽하고 교체가 용이함 ③ 레일과 동일한 구조로 되어있어 횡방향, 종방향, 사고 및 곡교등 여러 교량에 사용이 가능함
유지 보수성	① 본체판과 방수재 지지판이 분할구성, 조립되므로 유지보수 용이 ② 별도의 배수시설 불필요 ③ 본체파손시 부분교체 가능	① plate가 1.0~2.0M 길이로 제작되므로 부분적인 보수가 용이 ② 기존의 레일과 같이 고무씰을 일체형으로 제작, 조립. 완벽한 방수가 가능하며 연석부 물받이 부분까지 일체로 처리하므로 방수성이 우수함. ③ 본체(날, 방수Seal)파손시 부분교체 가능
공사비 (50mm)	1.자재비 : 540,000원/m 2. 방수 Seal 교체비 : 210,000원/m	1.자재비 : 560,000원/m 2. Rubber Seal 교체비 : 210,000원/m

2) 모노셀조인트 공법비교(계속)

<표 4.1.20> 모노셀조인트 공법비교표(계속)

구분	JH New Monocell Joint (진형건설) (뉴모노셀 조인트)	New M/C (부흥시스템) (New Monocell Joint)
형태		
개요	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 35~100mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 일체형 • 길이 : 1.0m, 1.8m	• 횡방향 신축이음장치 • 신축량 : 30~100mm • 재질 : 스틸 • 구조 : 일체형 • 길이 : 1.0m, 1.8m
특징	① 본체 양쪽 끝에 Bolting이 강하게 체결되도록 하여 본체 연결 작업시 강한 일체화를 이루게 한다 ② 상판에 수평 유지구를 이용하여 Pre-Setting이 가능하다	① 고무와 강재를 가열융착하여 일체형으로 제작 ② 강판속에 고무가 내장되어 있어, 고무가 마모되지 않음 ③ 이음부위가 암수로 맞물려 있어 완전방수 가능
유지 보수성	① 본체가 일체형으로 방수고무 파손시 전체를 교체하여야 하므로 비경제적임 ② 볼트 풀림에 대한 안정성 검토 필요 ③ 본체(날, 방수Seal)파손으로 부분교체시 후타재콘크리트 제거 후 전량교체 방식	① 본체가 일체형으로 방수고무 파손시 전체를 교체하여야 하므로 비경제적임 ② 방수커플링이 제품과 일체화되어 우수한 방수성을 갖는다 ③ 본체(날, 방수Seal)파손으로 부분교체시 후타재콘크리트 제거 후 전량교체 방식
공사비 (50mm)	1. 자재비 : 500,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가	1. 자재비 : 460,000원/m 2. Rubber Seal 교체 불가

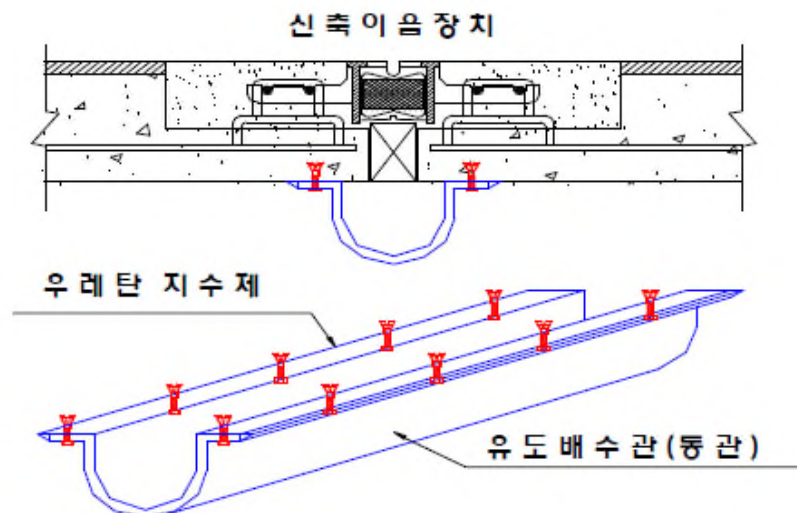
사. 신축이음 하부 누수방지 유도배수시설 설치

1) 현황

- 본 교량의 신축이음의 누수로 인한 주변 부재의 부식에 대한 근본적인 방안으로 신축이음부 하면에 반영구적인 동관, 스텐레스 등의 재질을 사용한 유도배수시설을 설치하여 상부 우수유입으로부터 강재부식을 방지할 수 있는 유도배수시설 설치이 필요하며, 유도배수시설 설치 시 하부의 설치 공간 유무를 확인하여 본교에 적용된 형식으로 설치하도록 하고 공간이 부족할 경우 다음과 같은 유도배수관을 설치하는 것을 제안 한다.

2) 유도배수시설 설치방법 및 개요도

- 신축이음하부 유도관 설치 공간 확보 유무확인.
- 제원확보 후 유도배수관 제작(켄틸레버측 밖으로 1m 이상 우수가 유도되도록 제작).
- 유도관 사이드 세트앵커 및 커플링을 이용하여 고정한다.
- 유도관 설치 후 이음새에 대한 우레탄으로 우수가 새지 않도록 세심하게 충전한다.



<그림 4.1.10> 유도배수시설 설치 개요도

4.2 보수 후 성능평가 방법

보수를 실시한 후 아래에서 제시하고 있는 방법으로 보수 후 성능평가를 실시하여 보수 공사가 적합하게 이루어져 있는가를 검사하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

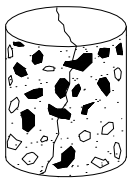
보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과를 확인을 행하는 것이 좋다. 또는, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로는 가스압입 누수진단기나, 방식효과에 대해서는 전기 화학적인 방법인 분극저항 측정법 등이 제안되고 있다.

4.2.1 코어채취에 의한 평가방법

가. 콘크리트 코어 강도

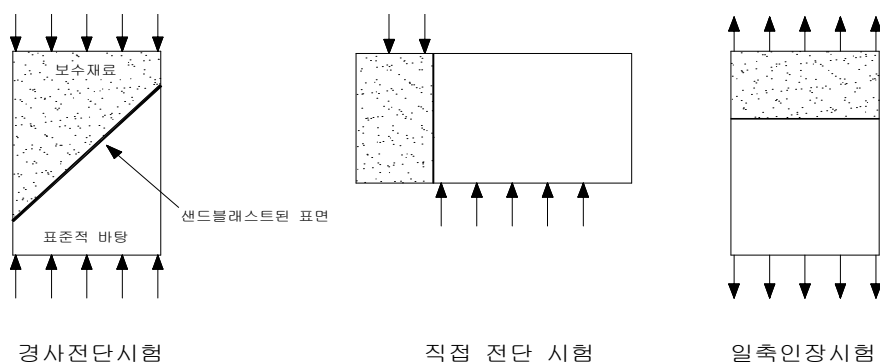
- KS F 2422

나. 육안에 의한 주입효과 평가



- 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어
 - 외국의 연구결과에 의하면 균열깊이 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼수 있다고 보고되고 있어 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장된다.

다. 실내시험에 의한 평가



- 1) 경사전단 시험 : 경제적이고 쉬움(부착강도 = 파괴하중/부착면적)
관련 시험법(ASTM C 881~884, ASTM C 1042, 1059)
- 2) 직접전단 시험 : 시험실과 현장 어느곳의 공시체도 측정가능
관련 시험법(BNL 직접전단, IOWA 직접전단)
- 3) 일축인장 시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법
관련 시험법(ACI 503R, NIST 연구 NISTIR 4648)

4.2.2 비파괴 기법

가. 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파 전파속도 측정에 의한 보수효과의 평가는 아래 그림과 같다.

균열이 없는 콘크리트 속도를 측정

충분한 주입

부분적 주입

주입 부족

① 균열이 없는 콘크리트 단면에 초기화 (calibration)를 행한다.

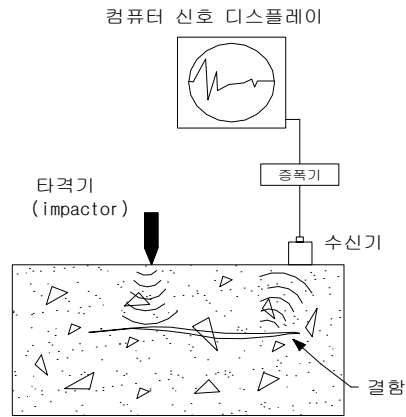
② 송신 수신장치는 일정간격 고정한다.

③ 주입된 균열 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트는 같은 전파 속도를 갖는다

④ 주입이 되지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.

나. 충격음(impact echo)법

충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 아래 그림과 같이 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 보수효과는 보수전과 후의 측정값의 차이와 건전면에서 측정된 값의 비교를 통하여 확인할 수 있다.



다. 현장 부착강도 시험

덧씌우기나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장시험으로 판정할 수 있다. 코어를 기존재료에 부착되어 있는 상태로 둔 채, 인장기구를 코어에 연결하여 파괴될 때까지 하중을 구한다. 보수한 부분을 바로 평가하여 보수공사를 조정할 수 있는 장점이 있다.

