

제 I 편 공 통 편

제1장 정밀점검의 개요

- 1.1. 점검의 목적
- 1.2. 시설물의 개요
- 1.3. 점검의 범위 및 과업내용
- 1.4. 사용장비 및 시험기기 현황
- 1.5. 점검 수행일정

1.1. 점검의 목적

본 과업은 동측배후도로에 대하여 시설물안전관리에 관한 특별법 제6조에 의거 정밀점검을 실시하여 교량의 물리적·기능적 결함 및 내재되어 있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 조치 방법을 제시하여 향후 유지관리의 효율성을 제고코자 금회 예산 범위 내에서 도급으로 시행코자 함.

1.2. 시설물의 개요

1.2.1. 시설물의 개요

금번 과업 대상시설물의 현황은 <표 1.2.1>과 같다.

<표 1.2.1> 과업 대상시설물 현황

노선	교량명	위 치		교량 및 터널 제원						구조형식		설계 하중	준공 년도	비고
		시·군	동·리	교장 및 연장	총폭	교고	차로	경간	최대 경간장	상부	하부			
2	성 황 1 교 (하)	광 양	성 황	150.0	10.75	30.0	2	5	30	PSC	ETC	24	1998	도로교

1.2.2. 과업대상 시설물의 위치도

1) 성황1교(하)



1.3. 점검의 범위 및 과업내용

1.3.1. 점검의 범위

금번 시행한 정밀점검의 주요 과업 범위는 다음과 같다.

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전등급 지정
- 5) 종합결론 및 보고서 작성

1.3.2. 과업의 내용

- 1) 자료수집 및 분석
 - (1) 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 등
 - (2) 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면, 시설물관리대장 등
- 2) 현장조사 및 시험
 - (1) 주요부재의 외관조사(육안검사)
 - 콘크리트 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출
 - 강재균열 및 도장, 부식상태
 - (2) 비파괴 현장시험
 - 반발경도시험
 - 탄산화시험
 - (3) 결함이 신규로 발생 또는 진전된 부재에 대한 외관조사망도 작성
- 3) 상태평가
 - (1) 외관조사 결과분석
 - (2) 비파괴 현장시험 결과 분석

4) 안전등급 지정

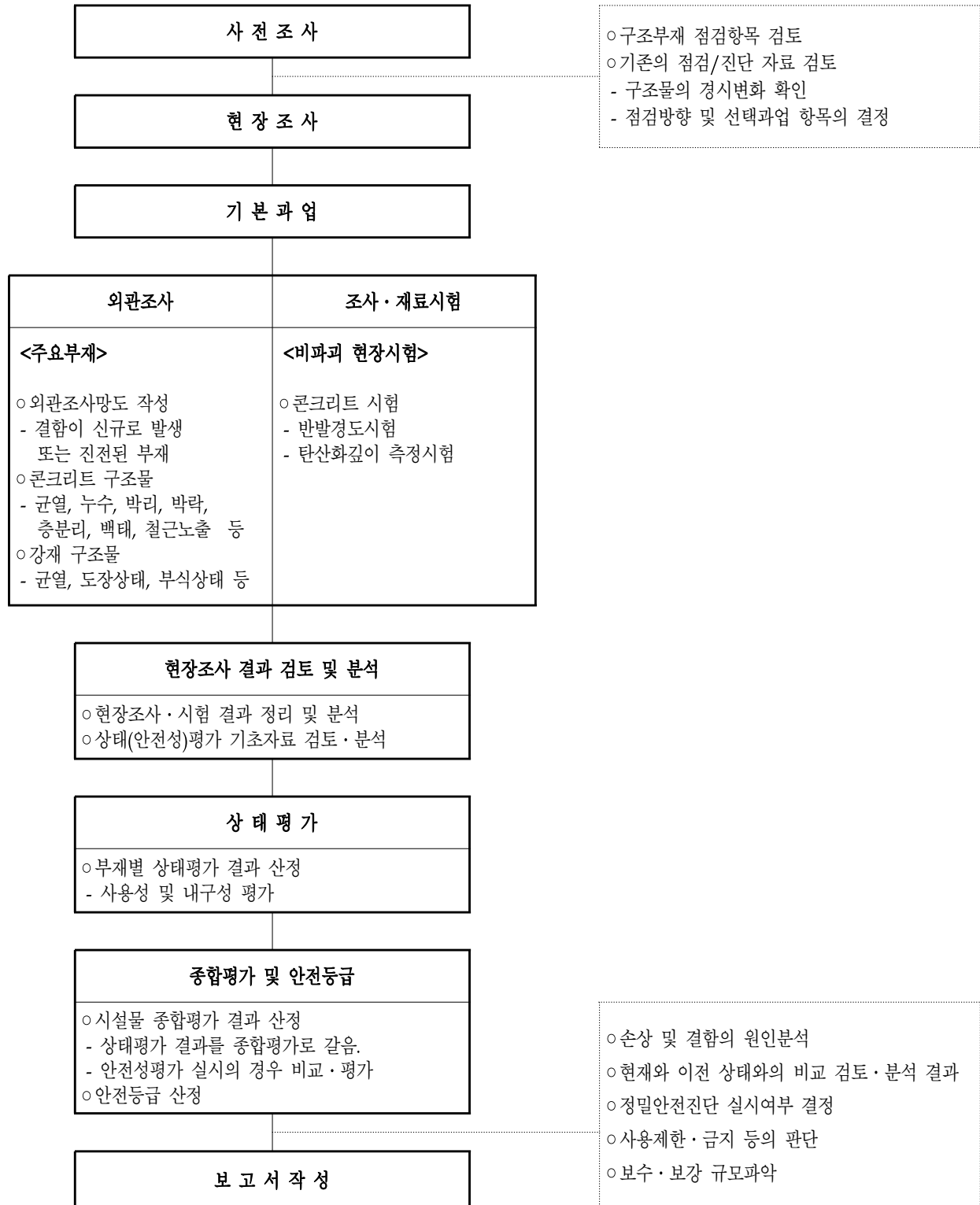
- (1) 정밀점검 실시결과를 종합적으로 평가하여 안전등급 지정
- (2) 문제부위 부재에 대한 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가에 대한 책임기술자의 소견

5) 종합결론 및 보고서 작성

- (1) 정밀점검 실시결과 종합결론
- (2) 정밀안전진단 및 시설물 사용제한의 필요성 여부
- (3) 보수·보강 방안 및 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항 제시
- (4) 최종성과품 작성 및 제출

1.3.3. 과업수행 흐름도

본 과업의 수행 흐름도는 <그림 1.3.1>과 같다.



<그림 1.3.1> 과업수행 흐름도

1.4. 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업에 사용된 외관조사, 비파괴시험 장비는 <표 1.4.1>과 같다.

<표 1.4.1> 정밀점검 사용장비 및 시험기기 현황

분 류	장 비 명	모델명	용 도
외관 조사	디지털카메라	KENOX S700	현황촬영
	사다리, 망원경, 점검차량	-	근접조사
	균열확대경	PEAK	균열폭측정
	줄자	-	제원조사
내구성 조사	반발경도측정기	Proceq-NR Type	콘크리트 반발경도 측정
	철근탐사장비	RC-RADAR	철근의 피복두께 측정
	탄산화 측정기	P.P용액 등	탄산화 깊이 측정
보조 장비	발전기, 그라인더 등	-	면 정리 등
	신호봉, 무전기	-	교통통제

		
반발경도 측정기(NR-Type)	철근탐사 장비	탄산화 깊이 측정 KIT

<사진 1.4.1> 주요 사용장비 사진

1.5. 점검 수행일정

1.5.1. 과업기간

2016년 08월 31일 ~ 2016년 11월 28일(90일간)

1.5.2. 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 주요 업무일정은 <표 1.5.1>과 같다.

<표 1.5.1> 과업수행 공정표

과업기간 공 중	착공 30일			착공 60일			착공 90일			비고
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
과업착수준비										
1. 관련 자료수집 및 답사 · 사례수집 및 분석 · 관계도서 수집 및 분석 · 보수보강자료 수집 및 분석 · 현장조사 계획수립										20%
2. 시설물의 상태조사, 평가 · 외관조사 · 조사결과 정리										40%
3. 시설물의 재료시험 · 반발경도 시험 · 탄산화깊이 측정시험 · 조사결과 정리 및 분석										30%
4. 시설물의 상태평가 · 외관조사 및 재료시험에 따른 평가 · 개별 시설물에 대한 등급 평가										
5. 보수보강제시 · 보수보강방안 제시 · 유지관리방안 제시 · 관리주체 협의										10%
6. 보고서 작성 · 발주처 협의 결과 정리 · 최종보고서 작성 · 용역완료										
공 정 률										100%

제2장 현장조사 및 시험

2.1. 외관조사

2.2. 내구성조사

2.1. 외관조사

2.1.1. 개 요

외관조사 시 정밀하고 체계적인 조사 및 분석을 위하여 조사요령, 양식 및 평가기준을 상기 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편 한국시설안전공단, 2010. 12)’에 준하여 실시하였다.

2.1.2. 외관조사 방법

외관조사의 접근방법으로는 사다리, 망원경, 점검차량 등을 이용하여 근접 육안조사를 실시하였으며, 각 경간(Span) 별로 나누어 조사를 수행하였다.

외관조사 결과를 토대로 분석 및 평가의 기초자료로 삼았으며, 각각의 손상이나 결함은 그 종류 및 위치, 규모 등을 파악하는데 용이하도록 경간별, 부재별로 명칭을 기입하였다. 외관조사 시 발견된 손상이나 결함은 외관조사망도에 위치, 크기, 내용 등을 측정하여 상세히 기입하였으며 주요 손상부위는 사진촬영 실시하여 기록하였다.



점검차량을 이용한 외관조사



고소차량을 이용한 외관조사

<사진 2.1.1> 점검차량을 이용한 외관조사

2.1.3. 교량 외관조사 항목

본 외관조사는 각 경간별로 나누어 조사를 수행하였으며, 조사결과를 토대로 분석 및 평가의 기초자료로 활용하였다.

교량 구조물의 점검부위 및 손상종류는 다음과 같다.

1) 콘크리트 바닥판

<표 2.1.1> 콘크리트 바닥판의 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		• 종방향 균열, 망상균열
슬래브, 라멘상부	- 받침부(단부)	• 부스러짐, 사인장균열
	- 중앙부	• 휨균열
라멘하부	- 측벽	• 균열(수직, 수평)

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강교각(강 주탑)

<표 2.1.2> 강 바닥판, 강 거더 및 강교각(강 주탑)의 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 • 게르버교의 경우 핀 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

3) 콘크리트 거더

<표 2.1.3> 콘크리트 거더의 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

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

<표 2.1.4> 프리스트레스 콘크리트 거더의 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
공통	• 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태(유리석회)
받침부	• 부스러짐, 복부 사인장균열 • 연속교 상단 휨균열 • 격벽 개구부 모서리 균열
중양부	• 휨균열, 거더처짐 • 쉬스관 노출 및 파손 • 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 • 시공이음부 균열 및 누수
강선정착부	• 정착부 균열 및 파손

5) 콘크리트 가로보

<표 2.1.5> 콘크리트 가로보의 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)
프리스트레스 콘크리트 가로보	• 쉬스관 노출 및 파손, 정착부 균열 및 파손

6) 강 가로보와 세로보

<표 2.1.6> 강 가로보와 세로보의 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, 브라킷 및 브레이싱 변형 • 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 • 거세트판 용접부 끝부분 균열
보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열

7) 케이블

<표 2.1.7> 케이블의 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
케이블 부재	• 도장 손상 및 부식, 부식으로 인한 케이블 단면 손상 • 케이블 변형 및 꺾임, 외부 및 내부 소선 단선
보호관	• 보호관의 파손
정착구	• 강재 정착구의 도장손상 및 부식 • 콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 • 정착구 댐퍼 파손
행어밴드, 새들	• 도장 열화 및 부식 • 고정볼트 이완, 탈락, 변형 및 파손

8) 교대

<표 2.1.8> 교대 점검부위의 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
공통	• 교대 기울음, 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

9) 콘크리트 교각

<표 2.1.9> 콘크리트 교각의 점검부위 및 손상종류

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

10) 기초

<표 2.1.10> 기초의 점검부위 및 손상종류

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

11) 교량받침

<표 2.1.11> 교량받침의 점검부위 및 손상종류

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

12) 신축이음

<표 2.1.12> 신축이음의 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

13) 교면포장

<표 2.1.13> 교면포장의 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 전후, 구조물 경계부		• 단차, 파손
곡선부, 중차량 통행차로		• 마모, 바퀴자국
배수구 주변		• 물고임

14) 배수시설

<표 2.1.14> 배수시설의 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)

15) 난간 및 연석

<표 2.1.15> 난간 및 연석의 점검부위 및 손상종류

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

2.2. 내구성조사

2.2.1. 개 요

본 과업에서는 구조부재의 품질상태에 대한 평가를 목적으로 외관조사와 병행하여 내구성 조사를 위한 비파괴 시험 조사를 실시하였다.

조사·시험항목 및 수량, 평가절차는 과업지시서 및 발주처와의 협의를 거쳐 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량 / 터널편, 2010. 12., 한국시설안전공단)”을 기준으로 하였다.

<표 2.2.1> 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량(교량편)

구 분	상부구조	하부구조	비 고
반발경도시험	· 50m 마다	· 50m 마다	
탄산화 깊이 측정	· 5경간 이상 : 3~6개소		교량 상부구조에서 최소 2개소이상 실시

2.2.2. 시험내용 및 평가기준

본 과업의 내구성 조사를 위하여 콘크리트 강도평가를 위한 시험, 탄산화 깊이측정시험을 수행하였으며, 각 시험별 평가방법은 다음과 같다.

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다.

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격하여 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F'_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

(1) 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면의 타격 시 내부에 충추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며 이 반발도의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다.

외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하여 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하며, 3점 이상을 여분으로 두어 측정하여 반발경도값의 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 R 을 결정한다.

제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R)은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질하다고 평가될 수 있을 것이다.

(2) 보정반발경도(R_0)

보정반발경도 R_0 은 다음 식(2.2.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값 $\Delta R_1, \Delta R_2, \Delta R_3$ 를 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \dots\dots\dots (2.2.1)$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축부재의 사하중 응력에 따른 보정값

ΔR_3 : 콘크리트의 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.

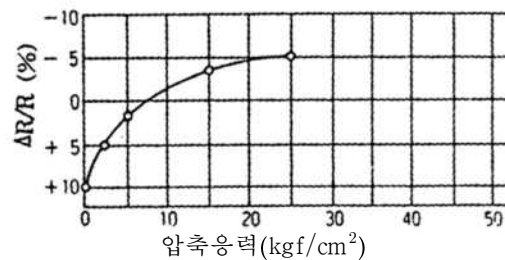
하향 타격(-90°)의 경우에는 슈미트햄머 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

<표 2.2.2> 반발경도 보정값

반발경도	보 정 값				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 +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	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 10kgf/cm²인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 25kgf/cm²인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



<그림 2.2.1> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

③ 콘크리트 습윤 상태에 따른 보정(ΔR_3)

콘크리트 표면이 습윤 상태에 있으면 기건 상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서 완전 습윤 상태에서는 기건 상태를 기준으로 $\Delta R_3 = +5$ 로 보정한다.

(3) 압축강도의 추정

보정반발경도 R_0 로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안 식 들은 다음과 같다.

① 일본재료학회

$$F_c = -18.0 + 1.27 \cdot R_0 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots$$

(2.2.2)

② 일본건축학회

$$F_c = (7.3 \cdot R_0 + 100) \times 0.098 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots$$

(2.2.3)

③ US Army

$$F_c = (-120.6 + 8.0 \cdot R_0 + 0.0932 \cdot R_0^2) \times 0.098 \text{ (MPa)} \dots \dots \dots$$

(2.2.4)

$$F_c = (15.2 \times R_0 - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)} \text{ (서울대학교 에너지신기술연구소식)} \dots \dots$$

(2.2.5)

$$F_c = (17.2 \times R_0 - 214) \times 0.098 \text{ (MPa)} \text{ (시설안전기술공단 제안식)} \dots \dots \dots$$

(2.2.6)

(4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 식(2.2.7)과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 <표 2.2.3>과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \dots\dots\dots (2.2.7)$$

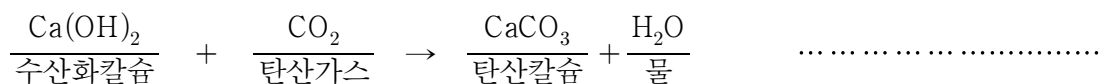
<표 2.2.3> 재령계수 α 값

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

2) 탄산화 조사

(1) 개요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



(2.2.8)

(pH 12~13) (대기중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 식 (2.2.8)에서 시멘트의 수화 반응에서 생성되는 수산화칼슘 [Ca(OH)_2]은 pH 12~13정도의 강 알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서 콘크리트의 탄산화는 일반 환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH 11 이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6} mm 두께의 수산화물 ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH 11 보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다.

(2) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법 (페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액) 을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다. 콘크리트 구조물에서의 탄산화 시험은 구조체에서 채취한 코어 또는 구조체 안전(내하력 등) 에 영향을 미치지 않는 부위를 선정 일부분을 파손하여 노출된 대상 측정면에 가능한 빨리 분무하여 탄산화 깊이를 측정하며, pH 8.2~10.0 이상의 알칼리측에서 홍색으로 발색하며 중성측에서는 무색으로 나타나게 되는데, 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 깊이계, 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

(3) 평가

경화콘크리트의 탄산화평가는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질, 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 철근 피복두께 수치와 함께 <표 2.2.4>에 의한 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 교량, 2010. 12.)으로 나타낸다.

<표 2.2.4> 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음.
b	10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음.
c	0mm이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

제3장 시설물의 상태평가

3.1. 상태평가 개요

3.2. 교량의 상태평가 기준 및 결과산정 방법

3.1. 상태평가 개요

시설물에 대한 상태평가 결과는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편 한국시설안전공단, 2010.12)의 상태평가 결과 산정방법에 따라 산정하였다.

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 기준 값이며, 결함도 점수범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

3.2. 교량 상태평가 기준 및 결과산정 방법

3.2.1. 부재별 상태평가 적용범위

<표 3.2.1> 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받 침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

3.2.2. 부재별 상태평가 기준

부재별 상태평가 기준은 <표 3.2.2>~<표 3.2.17>과 같다

1) 콘크리트 바닥판

<표 3.2.2> 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기 준	균 열		열화 및 손상
	1방향균열	2방향균열	
a	· 균열폭 0.1mm 미만	· 망상균열폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 · 균열율 2% 미만	· 망상균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 균열율 2%이상~10% 미만	· 망상균열폭 0.3mm이상	· 표면 손상면적 2%이상~10% 미만 · 철근부식 손상면적 2%미만 · 데크플레이트 박리 및 누수발생
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 · 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식발생
e	· 균열폭 1.0mm이상 · 균열율 20%이상	· 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭과괴 발생 가능성 있음.	· 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

<표 3.2.3> 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각 상태평가 기준

기 준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%미만	· 부분적용접불량 (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 · 주탑하단부 연결 볼트 부식	· 보조부재 2%이상~10%미만 · 주부재 2%미만	· 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적용입부족, 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 연결 볼트 파단	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상~10%미만	· 인장플랜지 용접 연결부 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 안전성 저하	· 주부재 10%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결 기능 상실	· 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

3) 철근콘크리트 거더

<표 3.2.4> 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

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

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

<표 3.2.5> 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기 준	균 열	열화 및 손상
a	· 없음	· 없음
b	· 균열폭 0.2mm미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 균열폭 0.2mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%~10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
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

5) 콘크리트 가로보

<표 3.2.6> 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기 준	균 열	열화 및 손상, 철근부식
a	· 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	· 표면 손상면적 2%~10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 균열폭 0.5mm이상	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	-	-

6) 강 가로보와 세로보

<표 3.2.7> 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기 준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결볼트 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 면적10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형 및 충격에 의한 손상발생	· 보조부재 2%이상~10%미만 · 주부재 2%미만	· 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장손상 면적10%이상 · 부식발생 면적 2%이상~10%미만 · 부식에 의한 단면 손상면적 2%미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

7) 케이블

<표 3.2.8> 케이블 상태평가 기준

기 준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 도장열화 및 탈락발생 · 점록발생길이 10%미만	· 케이블의 변형발생	· 보호관 파손 길이 2%미만	· 도장열화 및 탈락 발생 · 정착구 누수발생	· 도장열화 및 탈락발생
c	· 점록발생길이 10%이상 · 부식발생길이 2%미만 · 내부소선 부식발생	· 케이블의 변형으로 소선손상 · 소선단선 개수 2%미만	· 보호관 파손 길이 2%이상~10%미만	· 표면부식 발생 · 변형발생 · 댐퍼열화, 변형 · 정착구 체수로 인한 강제부식 및 콘크리트 열화발생	· 부식발생 · 행어밴드 고정 볼트 긴장력 감소
d	· 부식발생길이 2%이상 · 부식에 의한 단면감소발생 · 내부소선 부식으로 인한 단면손상	· 소선단선개수 2%이상~10%미만	· 보호관 파손 길이 10%이상	· 부식으로 인한 단면손상 발생 · 부분적인 파손 · 댐퍼 이탈, 파손 · 정착구 체수로 인한 강제단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	· 부식에 의한 단면손상 발생 · 볼트이완 및 탈락 발생
e	· 부식에 의해 케이블 소선 단선발생	· 소선단선개수 10%이상	-	· 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	· 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위발생 · 행어밴드 및 새들과손

8) 교대

<표 3.2.9> 교대 상태평가 기준

기 준	균열, 변위	열화 및 손상
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 균열발생	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만 · 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	· 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 날개벽 기울음 및 손상심화(배면토유출) · 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

9) 콘크리트 교각

<표 3.2.10> 콘크리트 교각 상태평가 기준

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

10) 기초

<표 3.2.11> 기초 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	· 없음	· 없음
b	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	· 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm이상의 균열 및 단면손상 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	· 침하가 20mm미만 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	· 침하가 20mm이상 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

11) 교량받침

<표 3.2.12> 교량받침 상태평가 기준

기 준	받 침 본 체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 없음	· 없음	· 없음
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 부식발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손 및 단차, 균열심화 · 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부 공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침본체 및 거더 (바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더 등 주부재의 파손발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상 · 작동불능 상태	-

12) 신축이음

<표 3.2.13> 신축이음 상태평가 기준

기 준	본 체	후타재
a	· 없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노화	· 미세균열
c	· 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 · 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 · 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 · 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	· 균열이 50cm이하의 간격으로 발생 · 국부적인 박리, 박락, 파손
d	· 강관유동 및 연결불량으로 이상음 발생 · 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 · 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 · 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	· 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행 시 충격발생 · 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

13) 교면포장

<표 3.2.14> 교면포장 상태평가 기준

기 준	포장불량		배 수
a	· 미세균열	· 없음	· 양호
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 통행 차량의 안전성 저하
e	-	-	-

14) 배수시설

<표 3.2.15> 배수시설 상태평가 기준

기 준	상태기준 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	-

15) 난간 및 연석

<표 3.2.16> 난간 및 연석 상태평가 기준

기 준	강 제		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(방호벽)	· 박리, 파손, 철근노출 10% 이상 · 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

16) 탄산화

<표 3.2.17> 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음.
b	10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음.
c	0mm이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

3.2.3. 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 3.2.18> 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결 합 도 평가항목		슬래브 교 량	거더교량							라멘교	
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판		34	18	18	-	20	23	15		34	20 21
	주형		-	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
	교 면		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)			

() : 정밀점검 시 적용 가중치

3.2.4. 상태평가 결과 산정방법

1) 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- (1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- (2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- (3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

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 기준 값이며 <표 3.2.19>의 결함도 점수범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 3.2.19> 결함도 점수 범위에 따른 기준

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

제4장 종합평가

4.1. 종합평가 결과 산정기준

4.2. 안전등급 지정

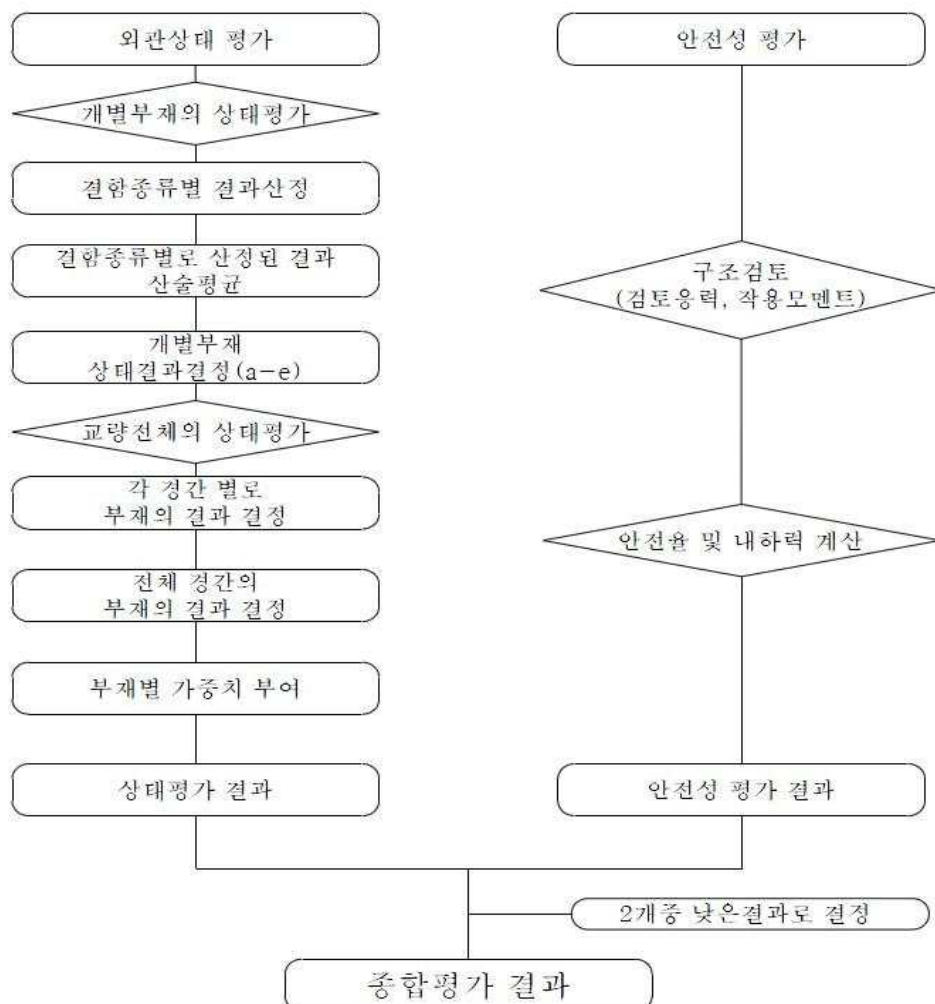
4.1. 종합평가 결과 산정기준

4.1.1. 교량 시설물

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 각각의 결과로부터 부여된 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

정밀점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

◎ 종합평가 결과 = MIN(상태평가 결과, 안전성평가 결과)



<그림 4.1.1> 종합평가 결과의 산정흐름도

4.2. 안전등급 지정

<표 4.2.1> 안전등급

안전등급	시설물의 상태	안전등급 지정
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	

제5장 보수·보강 및 유지관리방안

5.1. 개요

5.2. 보수·보강방안

5.3. 유지관리방안

5.1. 개요

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 기능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

일반적으로 노후화 된 구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강방법 및 수준을 정하여야 한다. 따라서 보수를 위해서는 상태평가 결과 등 검토하고 보강을 위해서는 안전성평가 결과 등을 분석한 후 보수·보강 필요성, 방법 및 그 수준을 제시하여야 한다.

보수·보강공법 선정 시 고려사항은 다음과 같다.

■ 필요성 판단

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

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

■ 공법 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서, 시설물관련 제반자료, 진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선택하여야 한다.

■ 수준 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복

- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

■ 우선순위 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대하여 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 우선순위를 결정한다.

또한 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합검토 후 결정한다.

5.2. 보수 · 보강방안

5.2.1. 개요

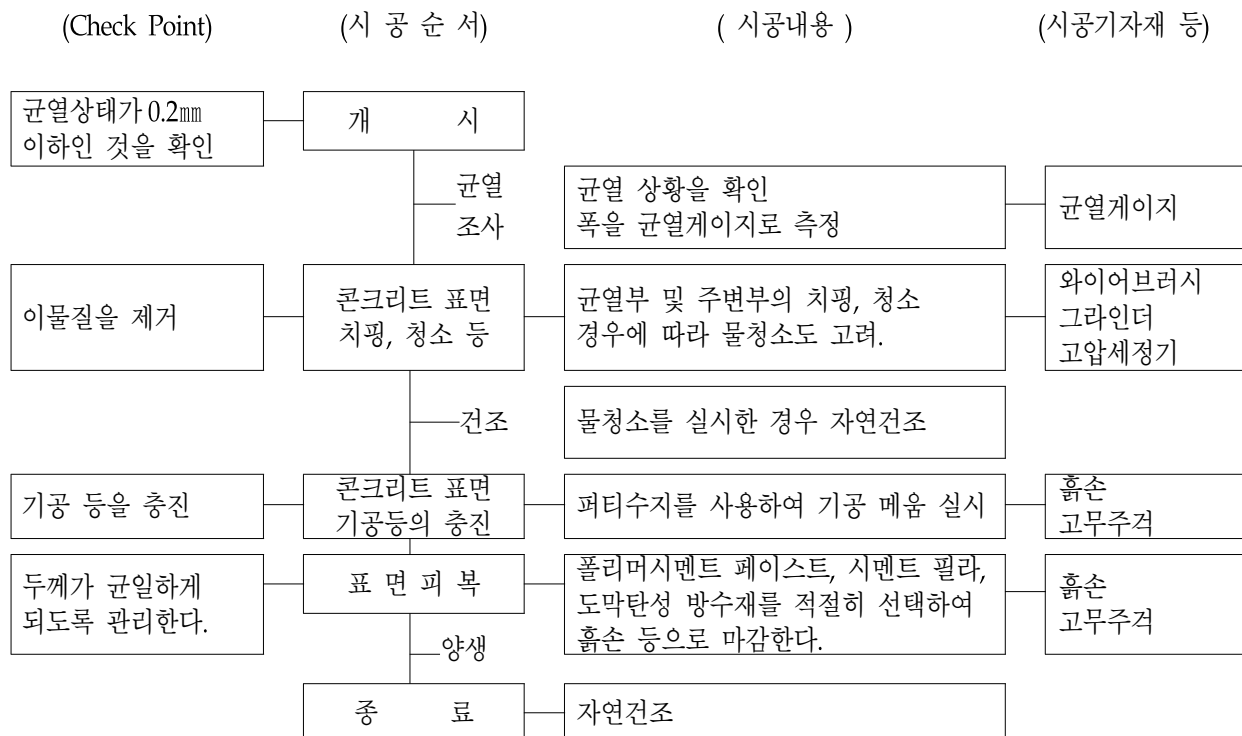
정밀점검 과업수행 시 실시한 외관 상태조사 결과를 분석하여 지속적인 구조물의 사용성과 안전성의 확보를 위해서는 현 상태에 대한 보수 필요성을 판단하여 보수구간은 외관조사에 의한 상태평가 결과와 부재의 열화 및 손상이 발생된 구간에 대하여 시행하는 방안을 선정하여야 한다.

5.2.2. 주요 보수 · 보강방안

1) 표면보수공법

표면보수공법의 적용은 균열, 선상 및 면상 백태가 발생한 경우에 적용하는 것으로 하며 표면을 피복하여 방수성, 내구성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용 시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

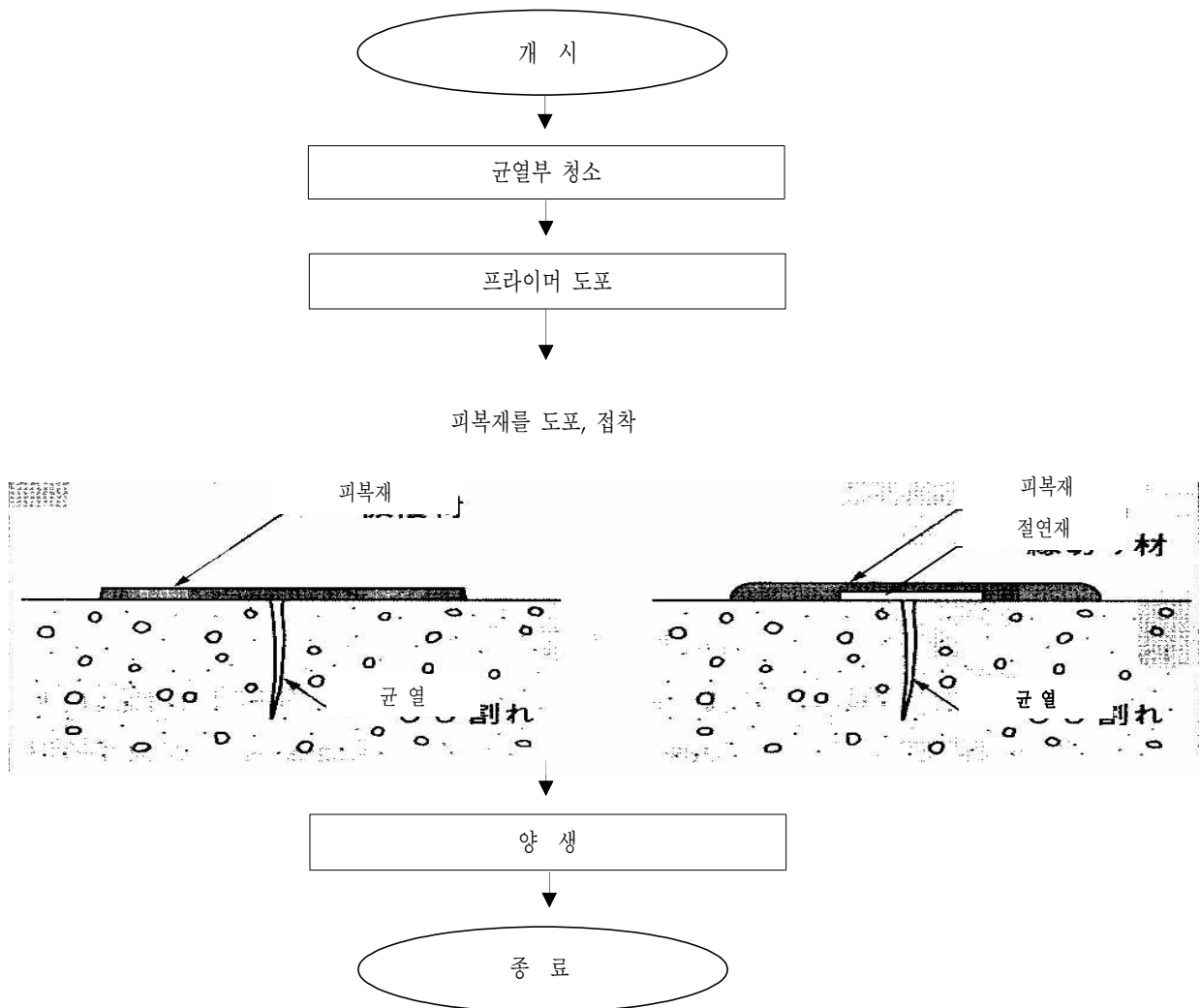
- 공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 5.2.1> 표면보수공법 시공 흐름도

균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 5.2.1>와 같이 균열선 및 백테를 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터(보수재)로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

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



<그림 5.2.2> 표면보수공법 개요도

2) 주입공법

균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다. 균열 내부에 보수재료를 주입하는 방법으로는 수동이나 자동식, 전동펌프식이라고 하는 기계를 사용하여 주입하는 고압주입공법과 기계를 사용하지 않고서 주입하는 저압주입공법이 있다. 저압주입 공법은 주입좌대에 재료를 주입한 후에는 작업에 손이 많이 가지 않아 최근 각종 공법이 실용화되어 널리 보급되고 있다.

<표 5.2.1> 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징 · 용도
에폭시 수지계 균열주입재	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 1.0~10.0mm
실런트계 충전재	우레탄수지	- 단일성분으로 작업성이 뛰어남 - 탄성계수가 작아 균열 추종성이 양호 - 구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	- 균열폭 5.0mm 이상에 적용 - 습윤면에 대하여 접착성이 우수 - 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

저압주입공법은 주입량을 용이하게 확인 할 수 있는 반면에 다음과 같은 문제점이 있다. 예를 들어, 가압방법으로서 고무압이나 공기압 등이 이용되고 있지만 방법에 따라서는 주입압이 변화되고 소요의 주입을 할 수 없는 것 등이다. 나아가 보수의 주입공으로 하는 경우, 균열부의 공기가 밀폐되고 내부에 미충전부가 남겨진다는 문제도 있다.

한편, 고압주입 공법의 문제점으로는 주입압력이 과대하면 균열을 넓혀 버리는 경우

나 주입량을 충분히 확인할 수 없는 것을 들 수 있다. 악영향을 미치게 하지 않도록 항상 균열부분의 상황을 확인하면서 시공해야 한다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용한다.

주입공법에는 시공시기에 따른 가사시간과 균열부분의 폭에 적절한 점도를 갖는 재료를 고르는 것이 중요하다. 저압주입 공법의 경우는 특히 이 점이 중요하다.

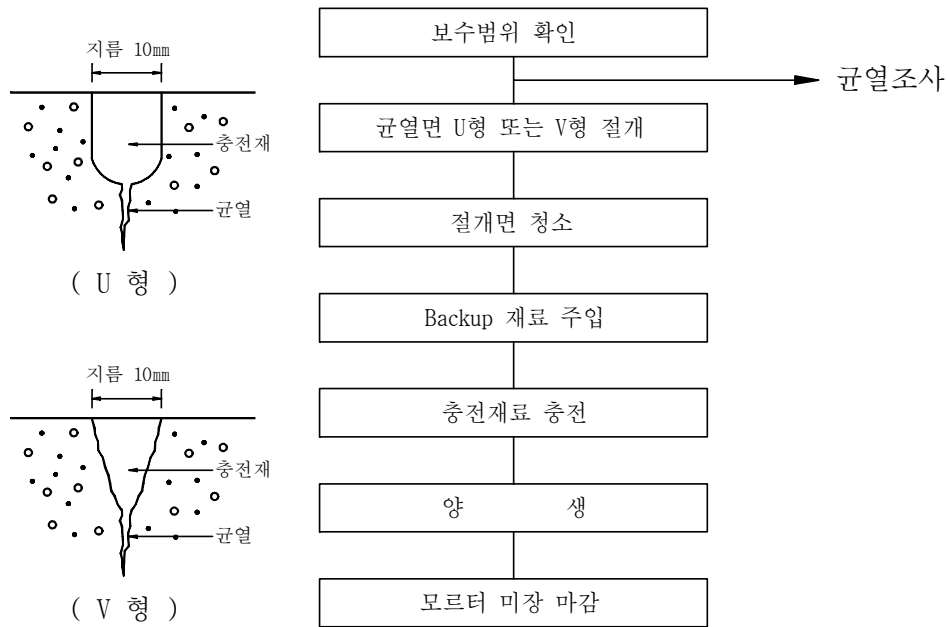
주입압력은 $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 전후가 사용된다. 주입제는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있으며 무기질계 슬러리는 습윤 환경 하에서도 사용이 가능하다. 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

3) 충전공법

충진공법은 균열폭이 0.5mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로 균열에 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, 결합부위 에폭시수지모르터 충전공법 그리고 결합부위 폴리머시멘트모르터 충전공법 등이 있다.

(1) 철근이 부식되지 않은 경우

철근이 부식되지 않은 경우는 <그림 5.2.3>과 같이 균열을 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재·유연성 에폭시수지 또는 폴리머시멘트모르터 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머시멘트모르터를 충전하는 경우 충전한 모르터의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.



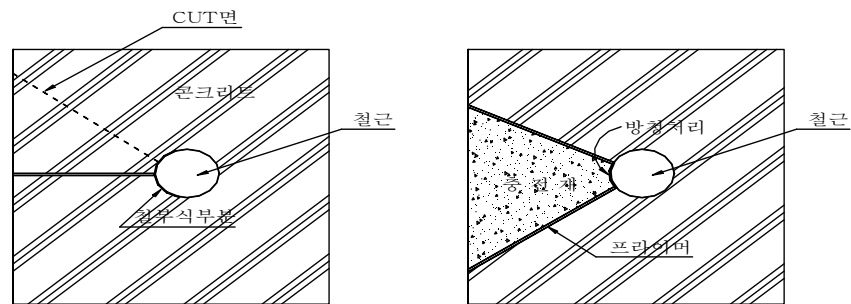
<그림 5.2.3> 철근이 부식하지 않는 경우의 충전공법 및 시공흐름

(2) 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전공법은 <그림 5.2.4>와 같이 부식된 철근부위까지 콘크리트르 깨내고 철근의 녹을 완전히 제거한다. 철근에 대한 방청처리와 콘크리트면에 대한 프라이머 도포 후 폴리머시멘트모르터나 에폭시수지모르터 등의 재료로 충전하는 순서로 시공한다. 이 방법은 철근이 부식된 경우의 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 한 균열보수의 주된 방법으로 환경조건에 따라 여러 가지의 재료 및 공법이 사용될 수 있다.

철근이 부식된 경우의 충전 공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알칼리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 그리고 이 두 가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.

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.



<그림 5.2.4> 철근이 부식된 경우의 충전 공법

이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로 균열면은 항상 습윤 상태로 있는 것이 많다.

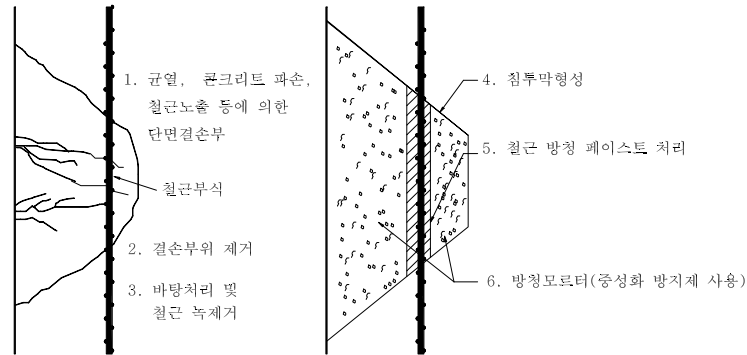
이 같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시 수지계 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다. 시멘트계 보수재료는 현재 주입성능이 합성수지계에 비해 떨어지거나 수경성이므로 습윤면의 시공에 적합하고 내구성, 내화성이 우수하여 화재 발생 등에 우수하기 때문에 무기계 보수재료의 개발이 필요하다.

4) 단면보수공법

콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청제의 조합에 의한 공법으로 철근노출, 재료분리, 보수불량 부위 등의 결함 및 손상 부분에 대한 보수방법으로 사용하며 일반적인 시공방법은 다음과 같다.

- (1) 표면처리 : 기존콘크리트 열화부위, 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 표면을 깎아 낸다. 이때 손상부 깊이가 철근까지 확대되었을 때는 철근 뒷면 2cm 이상을 깎아 낸다.
- (2) 표면청소 : 콘크리트 표면철거 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다. 고압세척의 압력은 노즐 tip에서 35MPa의 압력으로 한다.
- (3) 철근부식방지 : 철근부식 방지를 위해 방청제를 도포 하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.
- (4) 접착력 강화 : 신·구 재료의 접착력 강화를 위하여 붓이나 에어 스프레이건을 사용하여 접착제를 균일하게 도포 한다.

(5) 단면 보수재 : 기존 콘크리트 탈락부위에 단면 보수재를 바른다.



<그림 5.2.5> 단면복구 공법 개요도

5) 도장보수

(1) 강재부식부 도장 보수방법

① 도장재료의 선정

다음은 크게 강재시설물에 대해 쉽게 발생하는 방식재의 손상으로 인한 구조물 상태와 이에 대한 일반적인 보수방법이다.

<표 5.2.2> 강재부식부의 일반적인 도장보수 방법

구 분	원 인	발 생 현 상	일반 보수방법
각종 부식 발생	◦ 염분피해 ◦ 도장박락 ◦ 동결융해 ◦ 건습반복	◦ 코팅제의 박락 및 변형으로 모체면에 생기는 각종부식현상 ◦ 코팅제의 자외선 노출로 인한 변색 및 변형 ◦ 변형으로 인한 부분 박리, 박락 발생	◦ 표면처리(blast) ◦ 발청부위 보수 ◦ 재 도장

② 표면처리 시

- 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분 부착량이 $150\text{mg}/\text{m}^2$ 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2MPa 로 하며 강재면과의 거리는 $30\sim 45\text{cm}$ 정도 유지한다.
- 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 동력공구세정방법(power tool cleaning)을 선정하여 강재표면의 녹을 제거한다. 이때 재 도장 실시는 녹 제거(블라스팅) 상태를 감독관 및 감리의 확인과 승인 후 실시한다.
- 블라스팅 시 표면조도가 $15\sim 35\mu\text{m}$ 가 되도록 한다. 기존의 무기질 아연도장면 위에

재 도장을 실시한다.

- 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재 도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.
- 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

(2) 강재도장 시 고려사항

강재부식부에는 재 도장을 실시하여 부식을 방지하는 것이 원칙이며 교량의 경우에도 기존의 발청 부위의 부식을 제거하고 재 도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다.

- 재도장시에는 다음의 사항을 고려하여 시행하는 것이 바람직하다.

◦ 도장대상 면 물청소	현재 도장면에는 공기 중의 이물질이 고형화하여 부착되어 있다. 재 도장을 위한 표면처리 시 이러한 이물질을 제거하지 않으면 블라스팅할 때 이물질이 강재에 부착되어 도장하부 부식의 원인이 되므로 먼저 기존의 도장면을 깨끗이 물청소한다.
◦ 가벼운 블라스팅	부식이 심한 부위는 동력공구와 수동공구를 이용하여 부식을 제거하고, 발청부위는 가볍게 블라스팅한다. 화이트 블라스팅은 비용과다 및 환경오염을 가중시킬 우려가 있으므로, 기존의 부식부위를 가볍게 블라스팅하여 기존의 녹을 제거한다.
◦ 도장보수 작업	도장 대상면의 표면처리 후에 재 도장을 실시하며, 시공 때와 같이 강재면 위에 도장을 하는 것이 아니라 기존의 도장면 위에 도장작업을 수행하므로, 도장작업 시 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 한다.
◦ 도막두께 불량 (Thickness)	도장작업 시 주의해야 할 사항을 아래에 정리하였다. 얇은 도막은 점 녹의 발생 원인이 될 수가 있고, 도막이 두꺼우면 내부 용융상태에서 표면이 경화함으로 인해 균열이 발생할 수 있다.
◦ 핀홀 (Pinholes)	기존 도장면의 핀홀 위에 스프레이 도장을 할 경우에는 도장 후 핀홀 내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서 도장작업 시 핀홀이 발생하면 이를 먼저 제거하는 것이 바람직하다.
◦ 건조스프레이 (Dry spray)	건조스프레이는 용제의 빠른 증발로 인하여 페인트 입자가 건조한 상태로 분사되는 것을 말하며, 이러한 현상이 발견되면 즉시 제거한 후 재 도장한다.
◦ 불연속	부분적으로 도장이 누락되거나, 오버랩이 되지 않아 도막두께가 얇은 것을 불연속(discontinuities) 또는 휴일(holiday)이라고 한다.
◦ 분화구 (Cratering)	도장 후에 부분적으로 분화구 모양의 구멍이 형성되는 경우가 있는데, 이를 분화구(Cratering) 또는 어안(Fisheyes)라고 한다. 이것은 도장면 또는 페인트 분무공기에 함유되어 있던 기름에 의한 것으로, 이러한 현상이 발생하면 표면을 거칠게 한 후 브러쉬로 재 도장한다.
◦ 점토상 균열 (Mud Cracking)	점토상 균열은 두터운 도장면(특히 아연이 많은 도장)에서 발생하며, 두터운 수용성 도장면에서 용제나 수분이 빠르게 증발할 때 발생한다. 따라서 빠른 건조가 예상되는 곳에서는 고비율 수용성 도장재료의 적용을 가능하면 피하는 것이 바람직하다.
◦ 점녹 (Pin Point Rusting)	점녹은 도막두께가 적절하지 않을 경우 방식효과가 감소함으로써 발생한다. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 적절한 함량의 도장재료를 사용하고, 도막두께가 충분해야 한다.

6) 신축이음장치 교체

(1) 시공일반

- ① 신축이음장치의 신축량은 상온 15℃를 기준으로 한 것이므로, 설치 시 온도를 고려하여 신축량 계산을 하고 감독자/감리원의 승인을 득한 후 설치하여야 한다.
- ② 신축량은 상부구조의 온도변화, 활하중에 의한 상부구조의 변위, 콘크리트의 크리프와 건조수축, 설치시의온도, 여유량 등을 고려하여 산정 하여야 한다.
- ③ 신축이음장치의 신축, 설치온도를 기준한 신축량, 회전 및 도로교설계기준에 규정된 하중에 의한 종·횡 방향으로 지지되도록 설계된 구조계산서, 공장제작 도면 등에 관한 충분히 검사하여 작성한다.
- ④ 누수방지장치 설치 : 콘크리트와 아스팔트 이음부 누수방지를 위하여 경계면에 10m/m이하 유공배수관을 설치하여야 한다.

(2) 교통협의

- ① 교통통제 전 교통방송 등 언론기관에 교통통제 사실을 사전 통보하여 홍보토록 감독기관과 사전 협의 한다.
- ② 교통은 감독을 통하여 관할경찰청과 사전협의 하여야 하며 충분한 교통표지판과 안전시설을 설치하고 필요에 따라 교통 정리원을 배치하여야 한다.

(3) 설치방법

- ① 자재 및 장비반입 : 당일 시공에 필요한 자재 및 장비만 반입함으로써 도로 점유면적이 최소가 되도록 하여야 한다. 자재 반입 시 반드시 감독원의 검사를 득하여 설계와 동일한 제품이 설치되도록 하여야 한다.
- ② 노면마킹 : 포장노면에 커터라인을 설계서와 같이 정확하게 직선으로 백색페인트 등으로 표시하여야 한다.
- ③ 구 신축이음장치의 철거 : 구 신축이음장치의 철거는 감독원의 지시에 따라 당일 시공 가능한 물량만 철거해야 한다. 신축이음장치 철거 시는 가능한 한 기존의 후타설 콘크리트만 철거하고 기존 상판 콘크리트가 손상 되지 않도록 주의 하여야 한다.
- ④ 구체 치핑 및 청소 : 기존신축이음 철거 후 기존콘크리트 면을 정교하게 치핑 하고 유분이나 이물질 등 불순물을 완전히 제거하여야 한다. 유간 사이에 끼어 있는 콘크리트 덩어리나 이물질을 완전히 제거하여 신축이음설치 후 신축에 지장이 없도록 하여야 한다.
- ⑤ 유간측정 및 조절 : 설계서서에 표시된 신축이음장치의 신축량은 +15℃를 기준

것이므로 설치 시 온도를 고려하여 신축량을 조절 후 설치하여야 한다.(제품의 측면 유간조정 볼트를 이용함) 유간 청소 후 간격을 정확히 측정하여 유간이 부족할 경우는 충분한 유간이 확보 되도록 하여야 한다.

⑥ 현장조립 및 용접 : 조립은 접합부로 누수가 발생하지 않도록 연결이음하고 패킹제를 필히 사용하여 완전히 접합시켜야 하며 수평이 되도록 조립설치 하여야 한다.

⑦ 가설재 해체 : 신축이음장치의 양쪽 모두가 철근에 견고하게 연결되었는가를 검사한 후 설치용 가설재 및 부품을 해체한다.

⑧ 초속경 콘크리트 타설

(4) 마무리

콘크리트 타설 시 신축이음재에 붙였던 마킹 테이프 등을 깨끗이 제거하고 청소하여야 한다. 현장에서 발생한 잔재는 민원이 발생하지 않도록 깨끗이 제거하여야 하며 교각 상부 등에 떨어진 콘크리트 잔재 등을 완전히 제거 하여야 한다.

(5) 교통개방

후타설 콘크리트 타설 후 3시간 이상이 경과 되어 충분한 양생이 이루어 졌다고 판단 될 경우 감독관의 승인을 받아 교통을 개방하여야 한다.

(6) 기타(안전사고)

작업 중 안전사고가 발생하였을 경우는 작업을 중단하고 응급조치를 한 다음 관련 책임자와 유관기관에 보고한 다음 지시에 따른다.

7) 교면포장

(1) 개 요

보수공법의 선정 시 착안사항과 다음 <표 5.2.3>은 아스팔트 포장의 파손종류와 유지보수 공법을 참고로 종합적으로 판단하여 향후 보수 필요시 적절히 선정하여야 한다.

<표 5.2.3> 아스팔트 포장의 파손종류와 유지보수 공법

분 류	유 지 보 수 공 법
미세균열 선상균열	균열의 시일링, 포그시일(fog seal), 시일코우트 비교적 크게 벌어진 균열은 V컷트 후 아스팔트 모르타 등을 채우고, 또한 기층의 균열에 의한 유지보수는 부분적으로 절삭 후 재포장한다.
구조물 부근의 요철	팻칭, 부분 재포장
소성변형	융기부의 절삭, 융기부분 절삭 후 카페트코우트 또는 덧씌우기, 상태에 따라 재포장
중형방향의 요철	아마코우트, 카페트코우트
범 프	융기부의 절삭
플라쉬	부순돌 또는 굵은 모래의 살포
라벨링	팻칭, 아마코우트, 카페트코우트, 덧씌우기
폴리싱	시일코우트, 아마코우트, 카페트코우트, 그루우빙, 수지계 표면처리
스케일링	팻칭, 부분 재포장
포트홀	팻칭, 부분 재포장
박리, 노화	시일코우트, 아마코우트, 포그시일, 슬러리시일, 카페트코우트, 덧씌우기
거북등 균열	아마코우트, 카페트코우트, 덧씌우기, 절삭재포장, 재포장

(2) 팻칭(Patching)

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

① 가열혼합식 공법

가열혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안전성이 우

수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로의 수리에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.

· 시공순서 및 주의점

- 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 컷터 등으로 장방형이나 수직으로 절취한다.
- 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.
- 젖어있는 경우는 버너등을 사용하여 가열 건조시킨다.
- 택코우트를 실시한다. 이때 택코우트는 커트백아스팔트(RC-0, RC-1) 또는 유화아스팔트(RS(C)-4)를 사용한다.
- 가열 혼합물을 투입하여 고르게 편다. 포설시 기선의 높이는 다짐시의 혼합물 온도가 적당할 경우 두께 3cm에 대하여 1cm 정도의 비율로 포설하면 좋다.
- 전압기계를 사용하여 다진다. 포트홀의 깊이가 7cm 이상인 경우는 혼합물을 2층으로 나누어 다진다.
- 표면온도가 손으로 댈 수 있을 정도가 되면 석분이나 가는 모래를 얇게 살포하고 교통을 개방한다.

② 상온혼합식 공법

상온혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온혼합물에 의한 포설에서도 가열혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

· 시공순서 및 주의점

- 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 컷터 등으로 장방형이나 수직으로 절취한다.
- 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.
- 젖어있는 경우는 버너 등을 사용하여 가열 건조시킨다.
- 택코우트를 실시한다.
- 상온혼합물을 투입하여 고르게 편다. 이때 상온혼합물의 보존기간은 일반적으로

1~3개월간 저장이 가능하다.

- 전압기계를 사용하여 다진다. 이때 상온혼합물이 안정되기 위해서는 수분의 증발, 용제의 휘발이 필요하며, 이들의 작용을 촉진하기 위해서는 혼합물을 포설한 후에 공기 노출시킨다든지 다짐작업에 충분한 시간을 주도록 하는 것이 좋다.

(3) 아스팔트 실링공법

포장의 균열을 방지해 두면 아스팔트 혼합물은 물 및 공기에 의한 아스팔트의 박리에 의해 접착력을 상실, 구조물로서의 포장수명이 단축되고, 강상판의 경우는 녹의 발생이 문제가 된다. 이러한 것들을 방지하기 위해 포장타르 등을 이용해 균열을 매우는 것이 실링공법이다.

① 설계 및 시공방법

- ㉠ 균열부를 깨끗이 청소하고, 쓰레기 등을 제거하고, 균열부 내부의 이물질을 와이어브러시 및 대나무 등으로 후벼낸 후, 압축공기를 뿜어 날려버린다.
- ㉡ 도로구배가 높은 곳으로부터 낮은 곳을 향해 주입한다.
- ㉢ 가열주입재의 경우는 온도가 낮아지면 교통을 개방한다.

(4) 절삭 오버레이 공법

① 용도 및 목적

포장의 상태가 전면적인 재포장을 실시하기 까지는 이르지 않았으며 오버레이 실시도 적합지 않은 경우에 채택하는 공법으로 주로 균열, 소성변형 등이 심하게 된 경우에 실시한다. 절삭 오버레이 시공에서 절삭 폐 재는 깨끗이 제거해야 한다. 특히 절삭면의 흙에 남아 있는 부스러기가 없도록 청소한다. 또한 절삭 깊이가 깊은 경우에는 2번으로 나누어 절삭하면 좋다.

② 설계 및 시공방법

- ㉠ 절삭 오버레이에는 절삭한 두께만 교체해도 좋은 경우와 포장두께의 부족분까지 두껍게 포설해야 하는 경우가 있다.
- ㉡ 노면 절삭의 방법에는 상온의 상태에서 기계적으로 절삭하는 방식, 포장면을 버너 등으로 가열해서 포장표면을 연화시켜 얇게 깎아내는 방식이 있다(상온방식의 전용기계에는 주행형식에 따라 크롤러형과 휠형이 있음).
- ㉢ 절삭 중 기계가 좌우로 기운다든지 진행방향을 올라갔다 내려갔다 하지 않도록 주의하고 계획 높이에 맞춰 정확히 절삭한다(절삭 깊이가 깊은 경우에는 반복해서 작업하는 것이 좋음).

- ㉔ 절삭 폐재는 깨끗이 제거하고, 특히 절삭된 부분에 절삭 폐재 등이 남지 않도록 주의 한다.

8) 난간 및 연석

(1) 개 요

난간의 손상은 차량의 충돌에 의해 생기는 것이 많으며, 하부구조의 변형으로 난간이 손상되는 경우, 기둥부와 포장면과의 접촉면에서 시간이 경과함에 따라 부식되는 경우가 있다.

(2) 보수 및 교체공법

① 콘크리트 난간 : 균열, 철근노출, 박리, 변색 등의 손상.

-콘크리트 표면의 손상이 적은 경우 : 수지 주입이나 모르타르 바르기로 보수.

-콘크리트 표면의 손상이 큰 경우 : 교체.

② 주철재 난간 : 국부적인 손상이라도 교체하는 것이 바람직.

③ 철재 난간

-원형으로 보수 곤란 : 가스절단이나 볼트의 제거로 파손 부위 제거, 교체.

-표면이 콘크리트 피복으로 된 강재 기둥 - 콘크리트를 제거하고 새로 타설

④ 알루미늄 난간

알루미늄 재료는 부식에는 강하나 탄성계수가 낮아 충격에 의해 파손이 잘되는 단점이 있다. 또한 알루미늄 합금은 동, 납 또는 니켈 등의 금속과 접촉하게 되면 부식의 원인이 되므로 코킹 콤파운드를 칠하거나 인조고무 가스켓을 사용한다.

(3) 주의 사항

난간의 종방향 변형은 보 자체의 구조결함에 기초한 것이기 때문에 보의 점검도 동시에 실시하여 실시하여야 한다.

9) 배수시설

일반적으로 년 1회는 접근 가능한 모든 부재를 대상으로 청소를 실시하여야 한다. 예를 들면 집중호우로 인해 배수구 주위 등에 오물 및 토사 등이 퇴적되어 기능 손상의 우려가 있을 때 등 배수구 정비를 실시하여야 한다.

(1) 배수구 청소지침

- 배수구 뚜껑의 이물질을 제거하고 뚜껑을 들어 올린다.
- 배수로 내부의 이물질과 퇴적물을 제거한다.

- 배수관을 물로 씻는다.
- 배수관 내부의 퇴적물을 제거한다.

(2) 배수구의 위치조정

배수구의 위치가 교각 상부에 위치하는 경우 받침장치의 부식 및 열화를 유발하므로 배수구의 위치조정이 필요하다.

(3) 배수관 길이 조정

배수관의 길이가 짧을 경우 주형의 부식 및 열화를 유발하므로 배수관의 길이를 조정하여야 한다.

(4) 배수시설 재설치

배수시설이 설계에 비하여 미달되거나, 우수 시 교면포장부의 체수로 주행차량 및 시설물의 안전성에 영향이 발생할 가능성이 있을 경우 배수구 및 배수관 등 배수시설을 추가로 설치한다.

5.3. 유지관리방안

5.3.1. 유지관리개요

유지관리방안은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법” 규정에 따라 고시된 안전점검 및 정밀안전진단지침과 관련하여 유지관리지침을 제시하여 체계적인 유지관리를 도모함에 있다.

교량의 유지관리는 그 기능과 사용재료의 성능저하 등을 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 시설물 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시하며 세부목적은 다음과 같다.

- 구조물의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.
- 구조물의 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 구조물의 개선을 기대한다.

위와 같은 목적에서 대상 교량의 유지관리는 금번 정밀점검에서 조사되고 분석된 손상 및 결함을 근거로 하여 유지관리 항목을 제시하였고 그에 따른 유지관리업무를 기술하였다.

5.3.2. 유지관리 업무

1) 자료관리

자료 관리는 해당 구조물에 관련된 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 업무를 말한다. 그 목적은 해당 구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위해서이다. 자료는 구조물의 점검·보수·보강시마다 자료가 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 관련내용을 전산화하여 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다.

유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(종합보고서, 구조계산서, 준공도면, 보수부위 상세도면)
- 공사내역서 및 시공시방서
- 사진자료
- 시험결과 성적표
- 사고기록 및 조치사항
- 시설물 관리대장(점검 및 전단이력, 보수·보강이력)
- 상태 및 안전성 평가기록

2) 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다. 점검은 정기점검, 정밀점검(초기점검 포함), 긴급점검(손상점검, 특별점검)으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 상기의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

5.3.3. 교량시설물 점검요령

1) 교면포장

교면포장의 상태는 차량의 주행성, 기상조건 등의 외적요인과 포장자체의 내적요인에 의해서 영향을 받으며 교면포장에 발생한 균열 및 함몰은 교면의 방수층을 파괴하여 상부구조의 누수를 발생시키는 원인이 될 수 있다.

(1) 손상유형 : 균열, 패임(Pot Hole), 소성변형(요철, 단차), 마모 등

(2) 손상의 종류 및 원인

<표 5.3.1> 교면포장 손상의 종류 및 원인

손상의 종류		현 상	주 요 원 인	공용성의 영향
붕 괴 (마모)	라벨링	· 바퀴에 의하여 포장 표면의 골재입자가 서서히 이탈하여 표면이 손상된 상태	· 아스팔트 혼합물의 전압부족 · 연질골재 · 아스팔트량 부족 · 체인, 스파이크 타이어 작용 · 노면에 낙하된 토사나 차량의 마모작용	· 강우 시에 미끄럼저항 불량 · 주행안정성 저하 · 바퀴자국, 요철 등 발생
	폴리싱	· 주행차량에 의해 포장면이 연마된 상태	· 연질골재 · 교통량	· 미끄럼 저항성 저하 (특히 습윤상태)
	포트홀 스케일링	· 포장면이 국부적으로 움푹패인 상태	· 아스팔트 혼합물 품질불량 · 아스팔트 혼합물 전압부족	· 물의 침투에 의해 손상 부위 확대 · 주행안정성 저하
단 차		· 구조물과의 접합부에 생기는 단차	· 구조물과 성토부의 부등침하 · 구조물 매입과 전압부족 · 아스팔트 혼합물 안정성 부족 · 구조물 이음부의 아스팔트 혼합물 · 전압부족	· 소음발생 · 승차감의 저하 · 이음부 포장, 구조물, 신축이음의 파손
변 형	요철	· 종단방향으로 주기성 파형	· 아스팔트 혼합물의 안정성 부족, 상판의 불평탄성 · 택코트량의 과다 · 골재입도의 불량	· 주행안전성 저하 · 승차감 저하
	바퀴자국	· 횡단방향의 파형	· 아스팔트 혼합물의 안정성 부족 · 과다한 중교통(특히 고온 시 지속에 의한 정지하중)	· 주행안전성 저하 · 물고임에 의한 운전방해 · 미끄럼 저항성 저하
	블리딩	· 포장표면에 아스팔트가 침출된 상태	· 아스팔트 혼합물의 아스팔트 과다연질 아스팔트 · 택코트량의 과다 · 골재입도의 불량	· 강우 시에 미끄럼 저항 불량 · 주행안전성 저하 · 바퀴자국, 요철등 발생

<표 5.3.1> 교면포장 손상의 종류 및 원인(계속)

손상의 종류		현 상	주 요 원 인	공용성의 영향
균 열	미세균열	· 초기균열	· 아스팔트 혼합물의 품질불량 (피로저항 포함) · 아스팔트 균열 · 상판균열, 교량의 진동	· 선상균열, 격자상 균열의 발전 · 물의 침투에 의한 구조물의 영향
	선형균열	· 차선의 횡단, 종단방향으로 직선화된 균열	· 비교적 변위가 큰 교량 · 교량의 진동특성에 의해 국부적으로 응력집중(강상판의 주거더 부분 등) · 상판의 변위특성(얇은 상판)	· 물의 침투로 포장 파괴면의 확대 · 구조물의 영향
	격자형균열	· 균열의 상호연결된 격자형	· 교량의 진동변위, 상판의 손상 · 아스팔트 혼합물의 품질불량 · 아스팔트 노화	· 주행 안정성의 저하 · 물의 침투로 파괴면 확대 · 강상판의 경우 물의 침투에 의해 녹발생
기 타	표면의 부풀음	· 부분적인 부풀음	· 치밀한 혼합물 · 표층하의 공기의 팽창 · 콘크리트 상판의 수분 증발	· 포트홀로 진전
	부분파손	· 부분파손	· 자동차에서 낙하물 사고	· 포트홀로 진전
	유류찌꺼기		· 교통량 정체, 사고	

(3) 점검부위 및 점검항목

- ① 급제동구간이나 커브구간에서의 포장의 소성변형, 균열, 미끄럼방지포장의 마모 손상 점검
- ② 중차량 통행이 많은 구간의 균열, 소성변형 및 패임 결함 점검
- ③ 신축이음부 전후방 : 후타재 콘크리트 파손과 병행하여 포장의 균열 및 파손점검
- ④ 물고임구간 : 포장 배수구배가 불량한 구간에 대하여 비온 직후 물고임 구간을 점검

2) 배수시설

배수시설은 교면포장의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요 원인을 제공하게 된다.

(1) 손상유형

- ① 배수구
 - 뚜껑의 파손유무
 - 배수구 주위의 파손유무

- 배수구의 설치높이 및 위치
- 배수구 주변의 토사퇴적상태

② 배수관

- 배수관의 파손 및 어긋남의 유무
- 배수관이 이물질에 의해 막혔는지의 유무
- 배수관의 길이
- 지지 철물의 상태

(2) 점검부위 및 점검항목

① 배수구

- 비온 직후 물이 고여 있는 부분을 조사하여 배수구 설치간격 및 집수구 설치높이 점검
- 그레이팅(철격자)부위에 풀, 쓰레기, 나무 조각 등으로 막혀 있는지 점검하고 그레이팅의 유무도 확인함.

② 배수관

- 배수관 길이가 거더 높이보다 길이가 짧아 거더에 물이 튀길 염려가 있는지 조사.
- 배수관 유출구의 위치가 교각 상에 있거나 도로상에 있어 차량통행에 지장초래여부 조사
- 배수관을 지지하는 고정 장치 등이 흔들리는지 여부 점검

3) 난간 및 연석

교량의 난간과 연석은 구조적인 중요도는 낮으나, 파손되거나 재료적으로 열화된 경우 통행인에게 불안감을 느끼게 할 수 있다. 연석은 차량의 시선유도, 차량의 차도이탈 방지, 사고 시 완충작용 등의 역할을 하는 것으로서 난간 점검 시에 같이 조사를 행하도록 한다.

(1) 손상유형 : 균열, 탈락, 박리, 철근노출, 백화 등

(2) 점검부위 및 점검항목

- ① 난간의 종단선형이 급격하게 변화하는 부분이 있는지 확인이 필요하고 이러한 부분이 있다면 교각의 침하 혹은 난간 내민부의 처짐을 의심하여야 함
- ② 거더의 부모멘트가 발생하는 연속교에서 받침부 난간 균열 발생여부 점검
- ③ 차량충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우에는 바닥판에도 손상이 발생할 수 있으므로 주의 깊게 점검
- ④ 신축이음부에서 교량의 신축작용에 의한 손상여부 확인

4) 바닥판

바닥판은 교면포장으로부터 전달되는 차량의 윤하중을 주형으로 직접 전달하는 역할을 하며 교량부재 중에서 차량하중을 가장 많이 받으므로 손상이 가장 많이 발생하는 교량 부재이다. 바닥판 상태는 바닥판 하부에 대한 점검을 통하여 판정한다.

(1) 손상유형

① 균열 및 탈락

- 일방향 및 이방향균열(망상균열 포함),
- 박리, 콘크리트탈락 및 함몰(철근노출 포함)

② 누수 및 백화

(2) 손상의 종류 및 원인

<표 5.3.2> 슬래브 손상의 종류 및 원인

손 상 종 류	주 요 원 인
균 열	· 작용하중의 증대(부재 내하력부족) · 구조적 취약부(바닥판 단부)에 작용하는 과대응력 · 지지구조의 불완전(주형의 강성부족 등) · 시공 상의 결함(피복두께부족, 마감처리 불량) · 환경작용(동결융해, 화학작용, 염해, 알카리-골재반응 등) · 재해(지진, 화재, 충돌 등)
함 물	· 차량주행 시 바닥판의 반복진동에 의한 재료의 결합력이 상실하여 일부 탈락하는 현상
백 화	· 누수에 의한 콘크리트의 탄산칼슘화
박 리	· 시공 상의 결함(피복두께부족, 다짐불량), 철근부식 · 환경작용(동결융해, 화학작용, 염해, 알카리-골재반응 등)
철근노출, 부식	· 구조적 취약부(바닥판 단부 등) · 시공 상의 결함(피복두께부족, 마감처리 불량) · 기상작용(동결융해, 화학작용, 염해 등)

(3) 점검부위 및 점검항목

① 철근 콘크리트 바닥판

- 거더와 거더 사이

- 거더와 거더 사이의 중앙부 종방향 균열유무
 - 거더 인접부의 종방향 균열
 - 거더와 거더 사이의 횡방향 균열
 - 균열 및 백화 발생부위
 - 배수구 주변 물고임, 백화, 유리석회
 - 박락, 철근노출 및 부식
 - 곰보, 공동 및 재료분리
 - 활하중 통과 시 심한 진동 또는 처짐
- ② 일상점검 시는 근접점검이 어려우므로 바닥판 하면의 이방향 균열, 백화 등의 손상규모를 육안 혹은 망원경으로 관찰하여 발전여부를 확인하고 손상규모가 급격하게 커지거나 정도가 심해질 경우 편칭파괴의 우려를 배제할 수 없으므로 근접 접근하여 정밀조사를 수행하여야 한다.
- ③ 바닥판 균열상황은 정기적인 조사로 진행상황을 파악하도록 한다. 그러기 위해서는 현장에 균열의 시·종점과 함께 점검연도·연·월·일, 균열폭·길이·방향·진행 경로 등을 표기해 두는 것이 필요하며 이후 점검자는 이의 진행여부를 면밀히 관찰하여야 한다.
- ④ 바닥판의 손상정도를 판단하는데 있어서 균열은 상당한 비중을 차지하므로 점검 시에는 단순히 균열규모와 모양을 관찰하는데 그치지 말고, 여러 상태에 따른 원인을 파악하고 그에 따른 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의깊게 조사한다.
- ⑤ 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 운하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사 시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의한다.
- ⑥ 균열로부터 녹물 유출 여부를 조사할 것(철근의 부식예측)
- ⑦ 모든 휨모멘트 구간에서 충분리, 박락 등을 조사할 것
- ⑧ 내부에 공동이나 충분리가 존재할 경우 육안으로 점검이 불가능하므로 점검망치로 두드려 소리로서 충분리 여부를 판단한다. 특히 콘크리트 내부의 열화상태가 심한 경우에는 외관상 건전한 부위에서도 편칭전단파괴의 우려가 있으므로 반드시 점검용 망치로 두드려 소리를 확인한다.
- ⑨ 누수 및 백화가 발견된 부위는 배수구배 불량 등의 표면 물고임이 원인이 아닌 경우 교면포장 하부의 불량, 방수층의 파손, 수포(水泡)대의 형성 등 물고임의 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등 우수유입 경로와 물고임의 원인

- 을 규명하여 배수가 원활히 하거나 누수의 원인을 제거하는 등의 조치가 필요함
- ⑩ 휨 및 전단부위의 균열 및 철근노출 등의 결함은 철근탐사, 콘크리트피복두께측정, 탄산화시험, 깊이별 염화물 함량측정 등의 조사를 수행하여 상세검토를 실시한다.
 - ⑪ 콘크리트 바닥판의 손상은 부모멘트가 발생하는 지점부(연속교의 경우)구간에서는 상부에서 하부로, 그리고 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간에서는 하부에서 상부로 진행된다. 그러므로 하부에 경미한 손상이 발생한 경우라도 바닥판의 내부 또는 상부는 하부보다 심각한 손상이 진행될 가능성이 있다는 것을 염두해 두어야 한다.

5) 신축이음

교량의 신축이음장치는 온도변화, 건조수축, 활하중에 다른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다. 신축이음장치는 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다. 신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 외부충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검하여야 한다.

(1) 손상유형

- ① 신축이음의 유간, 이상음
- ② 신축이음본체의 재료적 열화, 균열, 파손
- ③ 본체 방수재(씰재)의 파손, 하부구조로의 누수여부
- ④ 앵커부의 이완, 탈락 및 파손상태
- ⑤ 본체의 이물질 유입 등 오염상태
- ⑥ 후타재의 파손 및 주행성 상태

(2) 점검부위 및 점검항목

- ① 외관 및 청소상태
 - 유간의 틈 사이에 오물 등의 퇴적여부를 점검하며 이른 봄에 신축이음부의 청소가 필요함.
- ② 평탄성 확보 및 소음발생여부
 - 차량통과 시 소음발생 및 단차(10mm이상)발생 여부 육안점검
- ③ 방수성 확보
 - 교대, 교각 상면에서 누수여부에 대한 점검이 가능하며, 또한 교량 상부에서 고무재 파손, 충전재 노출 및 탈락한 부분이 있는지 점검
- ④ 정착볼트 파손에 따른 신축이음 유동 여부

- 차량통과 시 충격음 발생, 신축이음의 움직임 등을 관찰
- ⑤ 후타설재 콘크리트 균열, 박락 징후 등을 점검하고, 인접부 포장에 균열이 다수 발견될 경우에는 교면포장 하부의 슬래브 상태가 불량한 경우도 많으므로 슬래브 콘크리트를 보수하여 포장파손 원인을 해소하여야 함
- ⑥ 고무재의 노화, 파손, 마모에 의한 강제노출
 - 고무계 신축이음은 재료의 노화, 파손, 마모로 인하여 강제노출 등의 점검
- ⑦ 난간부 신축이음은 방호벽과 이음부 처리 점검
 - 방호벽과 신축이음 틈사이로 노면수가 유입되지 않도록 접촉부 마감셀재 등의 손상 여부 확인
- ⑧ 설치유간
 - 교량 받침의 신축유간장 계산과 동일하며 점검당시 온도와 유간장을 측정

6) 교량받침

교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력 전달기능을 위해 견고하게 연결되어야 한다. 교량받침을 점검할 때에는 교량받침 설계시나 시공 시에 의도한 대로 작동하고 있는가에 유의하며, 재료에 따라 그 손상의 특성이 다르므로 강재, 고무재 교량받침에 대해 서로 다른 판정기준을 적용한다.

(1) 손상유형

- ① 거더의 받침부 수직보강재와 받침의 편기
- ② 종단구배가 있는 교량에서 받침의 수평설치 불량
 - 받침이 수평으로 설치되도록 슬 플레이트를 경사도에 맞게 미리 재단하여 설치하는 것이 필요함
- ③ 수평이동량 여유량 부족 - 이동제한장치 확인
- ④ 받침 연단거리 부족 및 연단부 콘크리트 파손 유무
- ⑤ 받침 전면부의 연단거리를 확인하고 특히 연단거리가 20cm 이내일 경우 연단부 콘크리트 균열 혹은 파손여부 점검
- ⑥ 받침 앵커볼트 이완, 파손 및 상부받침과 거더 연결 볼트 체결 상태점검
- ⑦ 받침 모르타의 높이가 작은 경우 물고임으로 인한 받침부식여부 점검
- ⑧ 받침의 부속품과 받침 본체와 접촉, 콘크리트 덩어리 퇴적 등 받침작동에 장애요소가 있는지 점검

⑨ 거더와 받침의 분리 등 설치사태 점검

- 받침 설치 시 수평도 확인 부족 등의 원인에 의해 거더와 받침이 부분적으로 떠있는 경우를 점검한다. 이러한 경우 이웃의 인접거더에 불리한 국부응력이 발생할 수 있어 주의하여야 한다.

⑩ 곡선교의 받침 들뜸

- 곡선반경이 작은 램프교량에서는 받침에 큰 부반력이 발생하여 받침이 들뜨는 경우가 있다.(주로 교량의 단부 곡선반경이 작은 쪽 받침) 받침의 들뜸은 중차량 통과 시 충격음 발생 혹은 받침의 수직변위로 확인 가능하므로 주의깊게 관찰한다. 또한 들뜬 받침의 반대쪽 받침은 과하중이 작용하므로 받침주위의 콘크리트 균열 발생 여부를 확인하여야 한다.

⑪ 받침을 점검할 때에는 손상의 형태뿐 아니라 손상이 발생하게 된 원인을 추적하여 점검 후 적절한 조치가 이루어질 수 있도록 상세한 기록을 남겨야 한다.

⑫ 강제 받침은 부식의 정도가 받침의 작동에 지장을 초래하는지의 여부를 판단하여 평가해야 한다.

⑬ 받침의 점검에서는 받침의 작동은 물론, 받침의 방향이 구조적 거동에 적합하도록 가설되어 있는지를 점검한다. 받침의 방향이 잘못 설정되어 있는 경우 향후에 받침 방향을 교정할 수 있도록 별도로 점검한다.

⑭ 받침 점검은 일반적으로 고소에서 작업이 이루어지므로 추락에 대해 특히 주의해야 한다.

⑮ 곡선교에서 부반력이 발생한 주위의 주요부재(받침부, 앵커부, 주변콘크리트)의 손상 상태를 관찰한다.

7) 교각 및 교대

교각 및 교대는 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다.

일반적으로 교량을 점검할 때에 하부구조의 점검을 소홀히 하는 경우가 있는데, 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조의 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다.

(1) 손상유형 : 침하, 균열(휨균열, 전단균열 등), 재료분리, 누수, 백화, 콘크리트 박락 및 철근노출

(2) 점검부위 및 점검항목

- ① 침하 : 신축이음 유간점검, 균열발생여부 점검, 바닥판, 난간 등의 선형점검
- ② 회전 및 수평이동 : 주형과 주형사이의 간격점검, 받침의 이동여부 점검
- ③ 균열 : 주철근 배근위치의 휨균열, 구체수직균열, 교각두부 상단의 휨균열, 부등침하에 대한 균열
- ④ 박리, 박락, 공동, 재료분리, 철근노출, 백화

8) 강재주형

강재 주형은 압연 또는 강재 후판으로 제작된 주형을 의미하며, 제작방법 및 단면형상에 따라 다음과 같이 구분한다.

· 압연 I형, 용접 또는 리벳 판형, 강상자형

(1) 손상유형 : 피로균열, 용접결함(용접부 내부 용입 부족 및 외관상태 불량), 거더의 변형(가설당시 손상 및 하중에 의한 손상), 도장 노후화, 부식 및 단면손실, 누수 또는 이슬 맺힘에 의한 물고임, 볼트 체결부 천공불량 및 볼트이완, 누락, 비둘기 배설물 등 오물퇴적

(2) 점검부위 및 점검항목

- ① 중앙부 거더의 처짐은 전체적으로 난간이나 거더의 선형이 급격하게 변화된 부분이 있는지 확인하며 특히 처짐의 과다발생 여부에 대해 점검한다. 거더 부분의 처짐은 난간의 선형을 변화시킬 수 있으며 또한 기초의 침하나 이동의 원인일 수도 있기 때문에 먼저 교량 상면에서 난간의 전체선형을 확인하고, 교대 옹벽부나 교각위에서는 낮은 자세로 거더를 따라 바라보면서 거더의 변형 및 처짐, 교각의 기울음 등의 손상이 있는지 확인한다.
- ② 덧댐판 용접부 끝부분이나 맞대기 용접부, 단면 급변부 및 날카롭게 각이진 부분은 응력집중으로 균열이 발생하기 쉽다.
- ③ 스캘럽(Scalup)좁은 틈사이 등 육안으로 점검이 어려운 부분은 점검용 거울을 사용하여 점검한다.
- ④ 스플라이스(Splice)부 볼트체결의 점검은 우선 육안으로 부재의 틈과 연결부를 따라서 노후화 및 활동의 흔적이 있는지 확인하고 육안으로 판단이 어려운 부분은 망치로 타격하는 방법을 사용한다. 망치사용 방법은 좌측 검지를 너트에 대고 우측 손에 망치를 들고 너트를 타격하여 진동이 발생하면 덜 조여진 상태로 판단한다.
- ⑤ 받침부는 신축이음 하면의 복부판 부식에 의한 단면감소를 점검하며 단면감소로

인한 복부판의 좌굴(면외변형)이 발생하지 않았는지 확인한다. 복부판 좌굴은 일반적으로 보강재에 휨이 먼저 발생하게 되며, 또한 교량받침의 편기에 의해서도 발생할 수 있다. 받침부 복부판에 수직으로 밀착시킨 후 막대기와 복부판의 떨어진 거리를 재면 복부판의 변형정도를 확인할 수 있다.

- ⑥ 피로균열은 주부재보다는 보강재나 2차부재의 거셋판 용접부 끝부분에서 주로 발생하므로 어느 부위에 어떤 형태의 피로균열이 많이 발생하는지 미리 파악해 두는 것도 중요하다.
- ⑦ 복부판에 수평 거셋판이 용접된 부분(web-gap)은 피로등급이 낮은 부분으로서 정밀한 조사가 필요하며 균열발생 및 범위가 육안으로 확인되지 않은 경우에 염료 침투검사도 병행하여 점검한다.
- ⑧ 강교는 균열이 발생하여도 도장으로 인해 발견하기가 어려우므로 도장의 들뜸, 부풀음, 산화물, 분말가루 및 이상음 발생 등의 징후에 유의하여 점검하고 도장 색깔이 변했거나 특히 블리딩(Bleeding)이 발생한 경우 균열발생을 의심한다.
- ⑨ 균열은 경우에 따라 도장 표면에서 얇은 녹흔적으로 나타나므로 주변 도장을 조심스럽게 제거한 후 확대경을 사용하여 면밀하게 점검하고 특히 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하여야 하며 점검후에도 균열상황을 재검토하기 위하여 균열부위는 청결한 상태를 유지한다.
- ⑩ 정밀한 조사가 필요하면 와이어 브러시(wire brush), 그라인딩(grinding), 샌드 블라스팅(sand blasting) 등으로 페인트를 제거하고 조사한다.
- ⑪ 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘 보이며 대부분의 교량은 좌우 대칭이므로 균열이 발생한 곳과 유사한 조건의 다른 부위에도 균열발생 확률이 높으므로 주의 하여 살펴본다.
- ⑫ 도막손상 혹은 부식을 점검할 때는 배수구 주변, 신축이음부 하면, 수평부재, 볼트 주변, 외측 거더 등 물이 접촉하기 쉬운 부위를 중점적으로 점검하여 도막손상 및 부식진행 여부도 확인한다.
- ⑬ 동일한 형식이 계속 반복되는 경우가 많아 따분하고 지루하지만 끝까지 처음의 자세를 흐트리지 않는 점검자세 유지가 중요하다.

9) 강재부식

각각의 교량은 환경이나 도장계가 다르기 때문에 부식에 의한 도막의 수명도 다르다. 따라서 재 도장 주기를 일률적으로 설정하면 적당한 재도장 시기를 놓치거나, 충분한

표면처리가 되지 않는 경우에는 요구하는 도막 성능을 얻을 수 없기 때문에 오히려 비경제적이다. 이러한 이유로 도막의 녹 방지 효과를 가능한 한 유리하게 보존·유지하기 위해서는 정기적인 도장상태(도막)에 대한 점검과 부식에 의한 열화 상태를 정확하게 파악하여 재 도장 계획을 세우는 합리적인 도막의 유지관리가 중요하다.

강교에서 도장의 유지관리는 적절한 재 도장에 의해 도막의 온전성을 보호하고 유지하는 것이다. 도막성능을 유지하기 위해서는, 도막의 부식에 의해 심하게 열화되기 전에 재도장해야 한다. 도막은 대기 중에 노출되면 시간이 경과함에 따라 녹방지 성능과 광택 보존, 유지성능이 서서히 떨어진다.

강교의 부식은 부위별로 정도가 다른 것이 보통이다. 물이 고이거나 먼지 등이 쌓여서 발생하며 특히 해상구조물 또는 공장지대 등 교량은 대기환경조건에 따라 육상 교량에 비해 부식정도가 차이를 보이고 있으며, 도장작업시의 도막 불균일, 다른 금속의 접촉 등에 의해서도 발생한다. 특히 하부플랜지 아래면은 빗물의 영향이 적은 부위지만, 실제로는 도막의 열화가 두드러지는 장소이다.

(1) 손상유형

① 부풀음(Blistering)

부풀음이 생긴 도막의 보수에서는 우선 부풀음을 제거한다. 들뜨거나 부착력이 약해진 주변 도막뿐만 아니라 도막이 부풀은 자리를 긁어낸다. 부풀음은 샌드블라스트나 강재 스크레이퍼 등에 의해 제거되는데 부풀음이 터진 주변 도막의 가장자리 부분을 매끈하게 해준다.

재도장한 부위의 부풀음은 깃털모양의 가장자리에서 시작하여 기존도막으로 이동하면서 빠르게 다시 악화시키는데 기존 도막이 단단히 부착되어 있더라도 이런 문제는 발생한다. 새로운 도막이 강재와 기존 도막 모두에 단단히 부착되어 있더라도 초벌 도막의 부착력이 약화되면 낡은 도막 밑 부분에서 부풀음이 지속될 것이다. 일반적으로 부풀음이 있는 부위만 보수하는 것보다 낡은 모든 도막을 제거하고 새로운 프라이머로 전체를 재도장하는 것이 가장 좋은 방법이다.

② 점부식(Pinpoint rusting)

점부식은 도막의 작은 구멍이나 미세한 틈새로 습기와 산소가 침투하여 도막의 강재에 녹이 점으로 발생한 것이다. 부식은 확산하려는 성향으로 인해 도막이 부식된 점쪽으로 밀리는 현상이 나타나 도막이 팽창해 갈라지고, 강재표면에 녹이 발생한다. 가장 좋은 보수방법은 점부식 부위와 온전한 부위까지 모든 도막을 제거하는 것이다. 동력공구 표면처리로 점부식을 제거하는 보수는 임시적인 방법인데, 이런 조

건에서는 부식부위에 잘 침투되는 프라이머를 도장해야 하며 강재표면까지 침투해서 습기와 산소로부터 이 부위를 차단할 수 있는 적당한 두께를 가진 마무리칠이 도장되어야 한다.

③ 박리(Delamination)

박리는 습기나 산소와 자주 접촉하는 부위에 발생한다. 이런 현상은 도막이 자체 용제액에서 용해되는 비닐계, 염화고무계 경우에는 거의 나타나지 않는다. 에폭시계, 페놀계, 콜타르 에폭시계와 같이 용해되지 않는 경우, 도막 간의 박리는 표면에 발생한 빗물이나 습기응결에 의해서 발생한다. 콜타르 에폭시의 경우는 도막이 햇빛에 일정시간 노출되었을 때 박리가 발생한다.

보수는 건전한 도막이 나올 때까지 갈라진 도막을 제거하는 것이다. 얇은 도막에서 부식이 발생했을 때는 강재표면까지 얇은 도막을 제거하고 표면처리한 후 강재에 직접 도장하는 것이다.

④ 백악화(Chalking)

백악화는 도막두께가 점진적으로 줄어들기 때문에 도장 불량 중 가장 양호한 형태이다. 백악화는 태양광선이나 다른 기상조건에 의해서 도막의 안료가 분말형태로 표면에 남아서 발생한다. 보수도막이 적당한 부착력을 가지게 하기 위해서 표면을 연마한다. 백악(Chalk)은 미립의 샌드로 표면을 적당한 거리에서 비스듬한 각도로 브러쉬 옆 블라스트하여 백악을 제거할 뿐 아니라 보수 도막의 부착력을 위한 조도를 표면에 제공하는 역할도 한다.

표면처리 할 때 초벌도막에 별모양의 균열이 발생하지 않도록 주의해야 한다. 표면에 약간의 백악화가 나타난 곳을 붓을 사용하여 초벌칠을 하지만 표면이 넓은 경우는 사용할 수 없다. 백악화된 표면에 도장되는 도료는 기존 도막에 잘 침투하고 흡수될 수 있어야 한다. 적정의 도료가 선정되지 않으면 도료가 침투되지 못하고 단지 백악화된 표면에 칠해진 것이기 때문에 이전 도막에서 보수도막이 층별로 갈라지게 된다.

에폭시와 콜타르 에폭시의 백악화된 표면은 재도장하기 매우 어렵다. 비닐과 염화고무계는 용제액이 침투하는 특성을 사용하기 때문에 백악문제가 적게 발생한다. 수성도료는 백악화된 표면에 잘 스며들지 않기 때문에 재도장하기 전에 모든 백악이 제거되어야 한다.

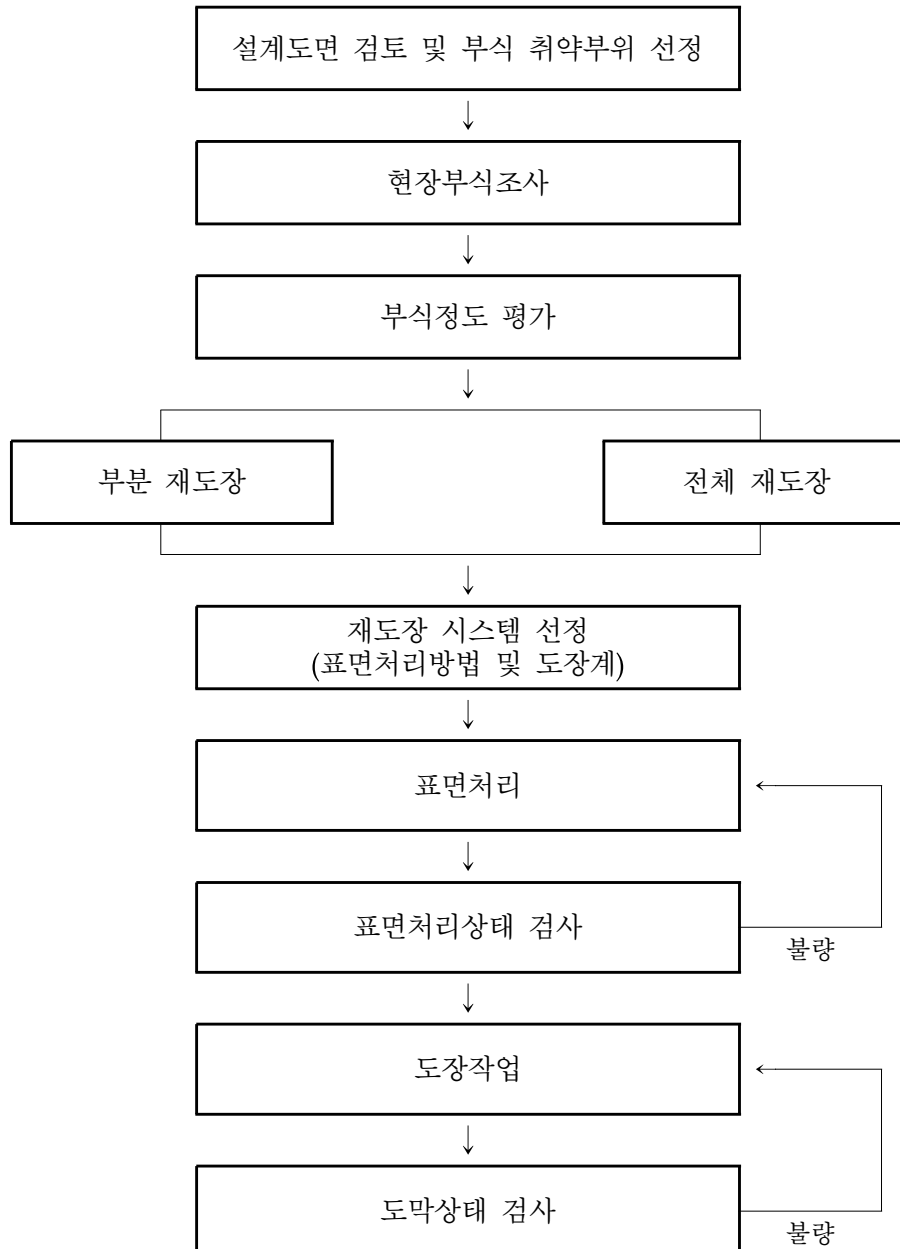
(2) 주요 점검부위

① 주요 점검부위 : 거더 끝단부 주변, 거더의 하부플랜지 아래면, 박스 거더 아래면

각 부재의 모서리부, 볼트이음부 및 용접부 등

(3) 강교의 부식상태 평가

적절한 시기에 재 도장을 하기 위해서는 부식에 의한 도막의 손상 상태를 정확하게 평가해야 한다. 부식된 구조물을 보수 및 유지관리하기 위한 전반적인 개요는 <그림 5.3.1>과 같다.



<그림 5.3.1> 부식발생에 따른 유지관리 개요도

10) 붕괴유발 부재의 유지관리

(1) 붕괴유발부재에 대한 검토

교량구조에서 여유도(Redundancy)란 한 부재가 취약해지거나 파손되었을 때 파손된 부재에 작용하던 하중이 나머지 다른 부재로 재분배되어 하중을 임시로 지탱하므로써 구조물의 붕괴를 방지할 수 있는 척도를 의미한다. 여유도는 ①하중경로 여유도(Load Path Redundancy) ②구조적 여유도(Structural Redundancy) ③내적 여유도(Internal Redundancy)로 분류되며 교량에 대한 각각의 여유도에 대한 검토를 통해 유지관리 시 우선적인 기준자료로 활용되어야 할 것이다.

① 하중경로 여유도(Load Path Redundancy)

하중경로 여유도는 하중이 통과하는 경로와 평행하게 놓인 거더가 몇 개인가 하는 즉 그 숫자로서 결정된다. 무여유도 구조물(Non-Redundant Structures)이라는 것은 2개 또는 그 이하의 거더로 설계된 구조물을 의미한다. 즉, 2개의 거더만을 사용한 시스템은 여유도가 없으므로 한 개의 거더가 파손되면 교량전체가 파손된다.

② 구조적 여유도(Structural Redundancy)

구조적 여유도란 하중이 통과하는 경로와 평행하게 놓인 연속된 경간의 숫자로서 결정된다. 구조적으로 무여유도(Non-Redundancy)가 되는 것은 2개 또는 그 이하의 Span을 갖고 있는 구조물을 의미한다. 3개 또는 그 이상의 Span으로 된 연속교에서 End Span은 무여유도이고 나머지 중간 Span은 여유가 있다고 본다. End Span은 단순 경간과 마찬가지로 한쪽 Support에 파손이 났을 경우 구조물이 붕괴할 위험소지가 있어 무여유도로 본다.

③ 내적 여유도(Internal Redundancy)

내부 여유도란 부재의 한 요소의 파손이 그 부재의 다른 요소의 파손을 유발하지 않음을 뜻한다. 내부 여유도를 가진 부재와 갖지 않은 부재의 주요 차이점은 부재요소들간에 움직임이 있을 수 있느냐 없느냐 즉, 다시 말해서 Beam 각각에 대한 현장 타설인 P.S.C Beam은 균열이 다른 부재의 균열로 진행되느냐 하는 것인데 이 경우는 다른 부재로 진전되지 않기 때문에 내적 여유도가 있다고 본다. 그러나, 용접으로 제작된 판재 거더는 내부여유도가 없으며, 일단 균열이 발생하게 되면 인접한 다른 부재로 진전될 수 있고, 이러한 내부여유도는 구조물의 위험성에 영향을 미칠 수 있으며 Steel Box Girder의 상·하부플랜지(두께 변화부)에 시행된 용접부가 이에 해당된다.

④ 붕괴유발부재의 일반적인 주요 점검부

붕괴유발부재를 중심으로 강교량에 대한 일반적인 중요 점검부위 및 손상의 예를 요약하여 정리하면 다음의 <표 5.3.3>과 같다.

<표 5.3.3> 강교의 일반적인 주요 점검부

구 분	점검 부
부식 취약부	• 신축이음부의 하부 • 배수구나 배수관이 있는 지역 • 이물질이 축적되어 있는 평탄한 면 • 단(端)부재의 노출면 • 강재 플레이트의 접합부 • 강재 앵글 및 채널의 구석
연결부	• 용접 연결부 • 볼트 연결부
응력 집중부	• 단면 급변부 • 가로보 연결부 • 수평보강재 연결부 • 수직 및 수평 보강재의 접속부 • 단면 coping 부 • 볼트 연결부