

제 **1** 편 공 통 편

제1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 방법

1.4 대상교량의 현황

1.5 측정장비

1.6 교량기호의 정의

제1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제7조와 「안전점검 및 정밀안전진단 지침」에 의거하여 실시하는 개운교등 3개소 정밀안전진단으로서, 시설물의 물리적, 기능적 결함을 조사하고, 구조적 안전성 및 손상상태를 진단하여, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위해 시설물의 구조적 안정성 및 결함의 원인 등을 조사, 측정, 평가하고 이에 따른 보수·보강대책과 향후 유지관리 방안을 제시함으로써 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 가. 현황조사, 안전점검결과 자료수집, 분석 및 평가
- 나. 시설물의 육안검사(외관조사)
- 다. 시설물의 내구성 및 내하력 조사
- 라. 시설물의 안전성 평가
- 마. 시설물의 보수·보강공법 제시
- 바. 보수시기, 보수우선순위 및 보수대책 수립
- 사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

1.2.2 과업지시서상 업무범위

1) 정밀안전진단 기본과업

과업항목	지침상 기본과업	금회과업내용
자료수집 및 분석	· 설계도서 · 시설물관리대장 · 시공관련자료 · 안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 · 보수·보강이력 검토·분석	○ 좌동

과업항목	지침상 기본과업	금회과업내용
현장조사 및 시험	· 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 · 현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험), 탄산화 깊이측정 - 철근탐사 시험 : 배근간격, 피복두께 확인 - 강재시험: 강재 비파괴 시험(UT)	◦ 좌동
상태평가	· 외관조사 결과분석 · 현장시험 및 재료시험 결과분석 · 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 · 부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	◦ 좌동
안전성평가	· 조사, 시험, 측정결과의 분석 · 기존 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토분석 · 내하력 및 구조 안전성평가 · 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	◦ 좌동
종합평가	· 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 · 안전등급 지정	◦ 좌동
보수·보강 방법	· 보수·보강 방법 제시	◦ 좌동
보고서작성	· CAD 도면 작성 등 보고서 작성	◦ 좌동

2) 정밀안전진단 선택과업

과업항목	지침상 선택과업	금회과업내용	설계내역 적용여부
자료수집 및 분석	· 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) · 실측도면 작성(도면이 없는 경우)	◦ 설계도서 확인	적용
현장조사 및 시험	· 시료채취 및 실내시험 · 수중조사 · 조사용 접근장비 운용 · 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴 시험 · 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사시험	◦ 점검차량 사용 ◦ 강재비파괴시험	미적용 미적용
안전성평가	· 구조해석 · 구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 · 임시 고정하중에 대한 안전성 평가	◦ 구조해석 ◦ 안전성 평가	적용
보수·보강 방법	· 시설물 유지관리 방안 제시	◦ 시설물 유지관리 방안 제시	적용

1.2.3 과업수행기간

본 과업의 기간은 '14.5.14 ~ '14.8.11까지 90일간으로 한다.

1.2.4 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 정밀안전진단의 세부내용은 <표 1.2.1>과 같다.

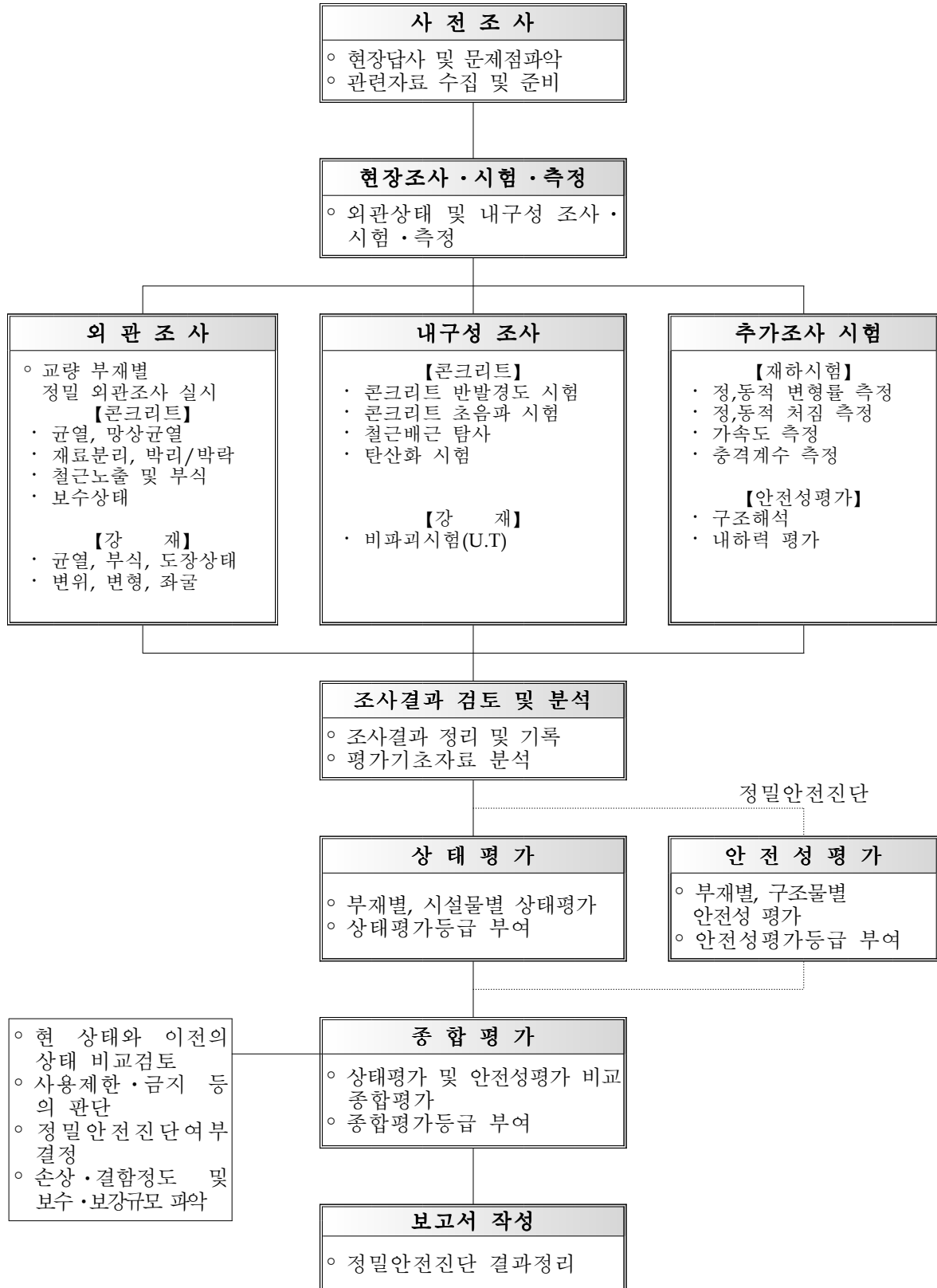
<표 1.2.1> 과업의 내용

과업의 범위	과업의 내용
관련자료 검토	1) 전회 정밀점검 및 정밀점검 및 안전진단 보고서 검토 2) 설계자료 검토 (준공도면) 3) 대상 교량의 보수·보강 이력 등 유지관리 현황분석
외관조사	1) 보수·보강 시공 상태조사 2) 상·하부구조의 외관 결함 및 손상 등 외관상태 조사 3) 신축이음과 교량받침의 기능 상태조사 4) 기존 손상부 상태조사
내구성 조사	1) 콘크리트 비파괴 시험(초음파, 반발경도) 2) 철근조사(배근간격, 피복두께) 3) 콘크리트 물성조사(탄산화 시험) 4) 강재 비파괴 시험(UT측정)
재하시험 및 구조해석	1) 정·동적 재하시험 수행 2) 내하력 조사
시설물의 종합평가	1) 시설물의 상태평가 (부재별 상태평가, 탄산화, 염화물 함유량은 기존 결과 반영) 2) 안전성 평가 (재하시험에 의한 내하력 평가, 구조해석에 의한 안전성평가)
시설물의 보수·보강 방법 제시	1) 결함 및 손상부 보수·보강대책 수립 2) 긴급보수 필요 항목, 보수방안 및 개략공사비 제시
유지관리 방안 제시	1) 중점점검항목 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시
종합결론	1) 종합평가

1.3 과업수행 방법

1.3.1 과업수행 절차

여주대학교 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 <그림 1.3.1>과 같다.



<그림 1.3.1> 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 주요 업무일정은 <표 1.3.1>과 같다.

<표 1.3.1> 과업수행 일정

공 정 \ 일 정		착수일로부터 90일					
		10	20	40	50	70	90
1. 관련계획 분석 기초자료 수집 및 분석							
2. 외관조사 및 현장시험							
3. 재하시험							
4. 조사결과 분석							
5. 시설물 평가 (상태등급 산정)							
6. 보수 · 보강 방안 제시							
7. 유지관리방안 제시							
8. 성과품 작성 및 납품							
9. 업무회의 및 보고		착수 협의					최종 납품
공 정 율 (%)	계 획	10.0	10.0	15.0	20.0	30.0	15.0
	누 계	10.0	20.0	35.0	55.0	85.0	100.0

1.4 대상교량 현황

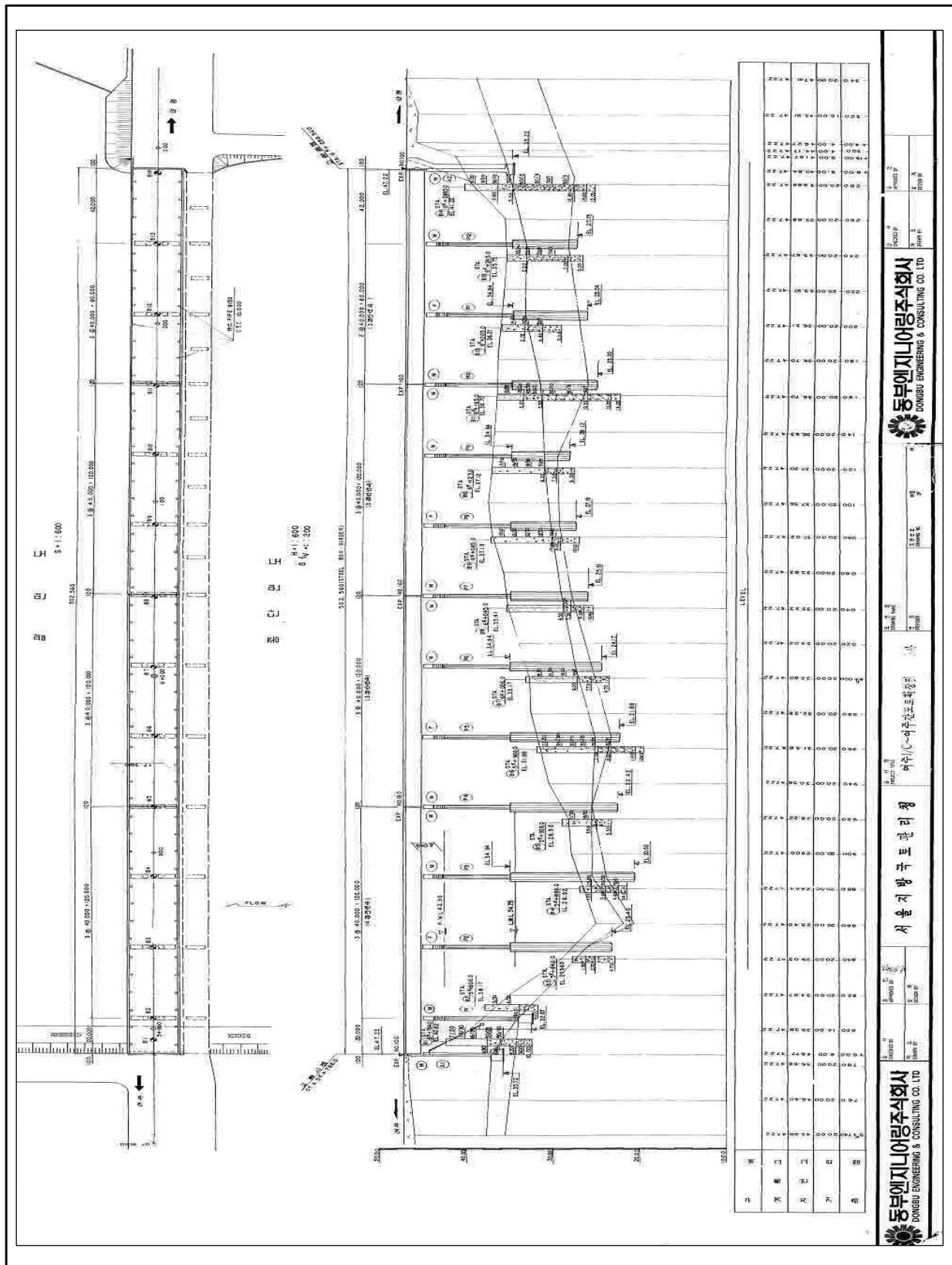
1.4.1 여주대교 교량현황

시설물명		여 주 대 교		시설물번호		BR1996-0000269	
준공년월일		'1996년 12월 30일		관리번호		-	
시설물 위치		경기도 여주시 여주읍 상리					
시 공 사		(주)삼호		설 계 사		동부엔지니어링(주)	
감 리 사		동부엔지니어링(주)		관리주체		여주시청	
설계하중		DB-24, DL-24		노 선 명		국도37호선	
제원	연장	L=502.0m(20.0+11@40.0+42.0)					
	폭	B=17.5m					
상부구조		Steel Box Girder		교면포장		아스콘 포장	
하부 구조	교대	역T형		기초 형식	교대	직접기초	
	교각	T형			교각	우물통기초	
교량받침		POT 받침		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		남한강		배수구		아연도금 강판	
부착시설내용		난간 및 가로등, 점검로					
기타사항		-					

			
상부 전경		측면전경	

1.4.2 여주대교 교량제원

대상교량의 일반도는 <그림 1.4.1>과 같다.



<그림 1.4.1> 종 · 평면도

1.5 측정장비

본 과업에 사용된 비파괴시험 장비 및 점검장비는 <표 1.5.1>과 같다.

<표 1.5.1> 콘크리트 비파괴시험 장비

공 종	장 비 명	모델명	규격	수량	제조사	용도
휴 대 장 비	줄자 (5m, 50m)			3		제원측정용
	망원경			1	삼성	관찰용
	균열폭측정기	Lupe 10×		3	PEAK(일)	균열 폭 측정
	카메라	Kodak DX6490		3	올림푸스	손상 촬영용
	랜 턴			4		관찰용
	서치라이트			2		관찰용
	발전기			1	SUZUKI	전원공급용
내구성조사 장비	반발경도시험기	Schmidt hammer	NR형	2	Proceq(스)	콘크리트강도측정
	철근탐사기	RC-Radar		1	Japan	철근배근간격측정
	초음파탐사기	PUNDIT		1	Controls(영)	콘크리트강도측정
	탄산화용액	페놀프탈레인1%		1		탄산화깊이측정
접 근 장 비	사다리			2		부재접근
재하시험	Strain Gage	PL-60-11-1L		12		변형률 측정
	Transducer	CDP-50		4		처짐측정용 센서
	Bridge Box	SB-120B		1		회로결선용 BOX
	Data Logger	MDS-2000		1		자료 수집 및 저장
	FFT Analyzer	CF-350Z		1		고유진동수 분석
교통통제장비	신호봉			6		교통통제
	라바콘			40		교통통제
	라바콘용경광등			15		교통통제
	통제용간판			4		교통통제
	무전기	DP300		6	Motoroal	연락용

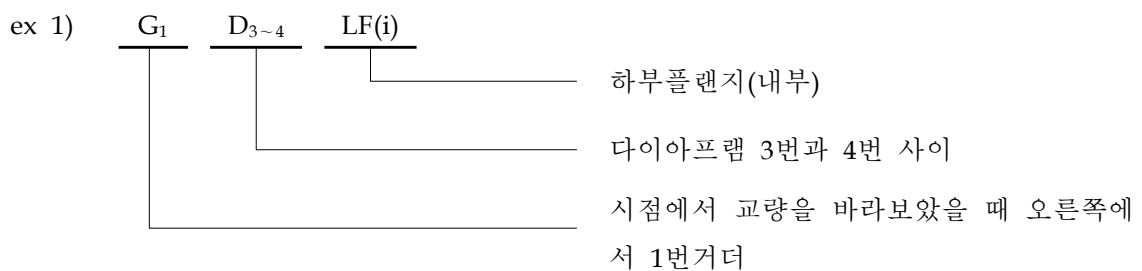
1.6 교량기호의 정의

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 구조부재의 종류 및 위치 등에 관련된 기호 정의 및 표기 방법은 <표 1.6.1>과 같다.

<표 1.6.1> 교량기호 정의

부 재 구 분			사 용 기 호	비 고
상 부 구 조	공 통	경 간	S	Span
		거 더	G	Main Girder
		가 로 보	CB	Cross Beam
		바 닥 판	SL	Slab
		교 량 받 침	Br	Bearing
		신 축 이 음	Exp.J	Expansion Joint
	강 판 형 거 더	좌측 복부판	L-Web	Left-Web
		우측 복부판	R-Web	Right-Web
		상부 플랜지	U-Flan	Upper-Flange
		하부 플랜지	L-Flan	Lower-Flange
		수직 보강재	V-STIF	V-Stiffener
		수평 보강재	H-STIF	H-Stiffener
		수평브레이싱	Sb	Sway bracing
		수직브레이싱	Lb	Lateral bracing
하부구조	교 대		A	Abutment
	교 각		P	Pier

* 복부, 플랜지, 받침장치의 우측은 시점에서 교량을 바라보았을 때 오른쪽 부분을 나타냄.



제2장 외관조사 및 상태평가

2.1 개요

2.2 외관조사 방법

2.3 상태평가 항목 및 기준

2.4 안전성평가 및 종합평가

제2장 외관조사 및 상태평가

2.1 개요

대상구조물에 대한 외관조사는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량, 터널), 국토해양부, 시설안전기술공단, 2012. 12)”의 평가기준에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 a~e의 5단계로 구분하여 평가하였다.

공용중인 시설물에 있어서 콘크리트 구조물의 표면에 발생된 결함, 손상, 열화현상들은 준공 후 장기간의 시간이 흐르고 난 후에 조사되므로 손상 및 변상의 원인이 콘크리트의 재료적 성질, 시공상 결함, 사용 환경조건, 구조 외력 등에 관련된 경우인지를 파악하기가 대단히 어려우나 구체 내면에서 육안으로 확인할 수 있는 결함, 손상 및 열화현상(균열, 누수, 박리, 박락 등)을 건설당시 관련자료와 시공상태, 공용중인 환경상태 등을 고려하고 결함 및 손상의 형태 및 규모 등을 분석하면 어느 정도는 응력상태, 변상원인의 추정, 변상의 진행성 여부 조사가 가능하다. 외관조사는 구조물의 안전성, 내구성 및 사용성 여부를 판단하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 실시하였다.

본 점검대상 구조물에 대한 외관조사는 구조물 각각의 형식에 따라 접근장비(사다리, 고소작업차, 굴절차)를 이용하여 대상 부위에 가능한 근접한 상태에서 조사를 실시하였다. 점검대상 부위는 육안관찰을 기본으로 하여 실시하였으며 필요한 경우 균열자, 균열확대경, 줄자 등을 이용하였다.

외관조사 결과는 손상의 위치, 규모 등을 외관조사망도로 별도 작성하였으며 주요 손상 부위는 사진촬영을 하여 사진첩에 수록하였고, 외관조사 전경은 <그림 2.1.1>과 같다.



<그림 2.1.1> 외관조사 전경

2.2 외관조사 방법

2.2.1 교량 점검 항목

가. 주요 점검 항목

<표 2.2.1> 주요 점검 항목

점검부위	점 검 항 목	점 검 장 비
상부구조	· 상부구조의 지지상태, 전반적 외관상태 · 교면포장, 배수시설, 난간 · 바닥슬래브 균열, 탈락, 누수, 백태 · 신축이음 파손 및 유간 · 거더의 처짐, 균열, 변형, 부식, 연결부 상태, 가로보	- 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등 - 필기 도구, 줄자 등
하부구조	· 전반적 외관상태 · 받침의 손상, 노후화, 기능 · 교각, 교대의 손상, 결함, 노후화 · 기초 및 파일의 침식, 세굴	

나. 부재별 중점 점검 사항

1) 교면포장

<표 2.2.2> 교면포장 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부	- 단차, 파손
▷ 곡선부	- 마모, 바퀴자국
▷ 배수구 주변	- 물고임

2) 배수시설

<표 2.2.3> 배수시설 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 배수구(유입구)-그레이팅	- 그레이팅 파손, 누락 - 오물퇴적, 막힘 - 배수구의 설치높이가 높음 - 배수구 설치위치 불량 및 설치간격 넓음
▷ 배수관	- 관의 연결부 어긋남, 파손 - 이물질에 의한 막힘 - 지지철물의 이완 및 파손 - 배수관 길이부족 (짧음) - 유출구위치 부적절(도로구간)

3) 난간 및 연석

<표 2.2.4> 난간 및 연석 외관조사 방법

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 난간 및 연석	강재, 알루미늄	- 도장손상 및 부식 - 난간과 상판연결부의 결함, 파손 - 전체적인 처짐 및 선형불량
	철근콘크리트	- 균열, 박리, 파손 - 철근노출 및 부식 - 전체적인 처짐 및 선형불량

4) 바닥판

<표 2.2.5> 바닥판(철근 콘크리트) 외관조사 방법

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공 통		- 균열, 박리, 파손, 철근노출 - 재료분리(공동, 공극) - 누수 및 백태(유리석회)
▷ 거 더 교		- 균열, 망상균열
▷ 바닥판, 라멘상부	받침부(단부)	- 부스러짐 - 사인장균열
	중앙부	- 휨균열

5) 거더

<표 2.2.6> 강재거더 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 도장손상 및 부식 - 현장이음부 볼트손상, 누수 - 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 - 이상음 발생
▷ 받 침 부	- 복부판 부식 및 국부좌굴 - 거더와 받침연결부 부식 - 지점보강재 하단 용접부 균열 - 박스내부 출입구 방치 - 박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷ 중 앙 부	- 플랜지 부식 - 플랜지 변형 및 처짐 - 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷ 누수 노출부	- 용접부 및 용접부 주변 균열

<표 2.2.7> 강 가로보와 세로보 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 도장 손상 및 부식 - 현장이음부 볼트손상, 누수 - 이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮 은 용접상세부	- 피로균열
▷ 2차부재	- 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 - 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 - 거세트관 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	- 용접부 및 용접부 주변 균열

6) 신축이음

<표 2.2.8> 신축이음 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 본 체	공 통
	고무재
	강 재
▷ 후 타 재	- 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) - 균열 및 파손

7) 교량받침

<표 2.2.9> 교량받침 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 본 체	공 통
	강재받침
	탄성받침
▷ 받침콘크리트	- 앵커볼트 파손, 절단 - 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 - 교각 두부 균열

8) 교대

<표 2.2.10> 교대 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 교대 기울음 및 전도 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두 부 (Coping)	- 두부 물고임 - 받침부 균열 및 파손 - 두부와 홍벽 경계부 균열 - 거더와 홍벽 신축유간 부족
▷ 구 체	- 수직균열 및 침하 - 구체와 날개벽 분리 - 구체부 배수구 막힘 - 수면접촉부 침식
▷ 날개벽 (옹벽포함)	- 날개벽 이동, 전도 - 석축이 있는 경우 사면붕괴

9) 교각

<표 2.2.11> 교각 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 교각 기울음 및 전도 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두 부 (Coping)	- 두부 물고임 - 받침부 하부 균열 및 파손
▷ 벽 체	- 시공이음부 균열 - 이동 또는 기울음 - 수면접촉부 침식

10) 기 초

<표 2.2.12> 기초 외관조사 방법

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공 통	- 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

2.3 상태평가 항목 및 기준

2.3.1 상태평가 항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

<표 2.3.1> 부재별 상태평가 적용범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더	a, b, c, d, e
하부구조	교대, 교각	a, b, c, d, e
받침	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,

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

나. 부재별 상태평가 기준

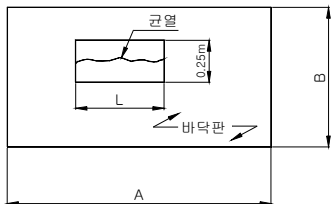
1)콘크리트 바닥판

<표 2.3.2> 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	- 균열폭 0.1mm미만	- 망상균열폭 0.1mm미만	- 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 편창과괴 발생가능성 있음	- 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

■ 1방향 균열인 경우

- 1방향 균열인 경우



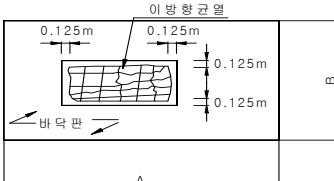
- 균열발생 면적은 균열길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

- 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

- 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후 점선내 면적인 (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 면적율 산정방법

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

■ 철근부식 손상면적율 산정방법

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

2) 거더

<표 2.3.3> 강재 거더 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재균열	변형, 파단	열결볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	- 없음	- 없음	- 없음	- 없음	- 없음
b	- 보조부재의 국부적균열	- 보조부재의 국부적변형	- 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 - 부분적 용입부족, 용접누락	- 도장탈락 면적 10% 이상 - 부식발생 면적 2%이상~10% 미만
d	- 주부재의 전반적 균열	- 주부재의 전반적 변형 및 파단 - 좌굴에 의한 주부재 변형	- 보조부재 10%이상 - 주부재 2%이상~10%미만	- 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성 저하	- 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 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	- 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

3) 가로보

<표 2.3.4> 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재균열	변형, 파단	열결볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	- 없음	- 없음	- 없음	- 없음	- 없음
b	- 보조부재의 국부적균열	- 보조부재의 국부적변형	- 보조부재 2%미만	- 부분적 용접불량 (기공,슬래그,언더컷)	- 도장손상 면적 10% 미만 - 부식면적 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 용입부족, 용접누락	- 도장손상 면적 10% 이상 - 부식면적 2% 이상~10%미만 - 부식 단면손상 면적 2%미만
d	- 주부재의 전반적 균열	- 주부재의 압축부좌굴에 의한 변형 - 부재의 파단발생	- 보조부재 10%이상 - 주부재 2%이상	- 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성 저하	- 부식발생 면적 10%이상 - 부식 단면손상 면적 2%미만
e	-	-	-	-	-

4) 교대

<표 2.3.5> 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	- 구체 균열폭 0.1mm미만 미세균열	- 없음
b	- 구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	- 표면 손상면적 2%미만 - 앵커블럭 내부 결로 발생
c	- 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 - 교대와 날개벽사이 폭 1.0mm이상의 균열	- 표면 손상면적 2%이상~10%미만 - 철근부식 손상면적 2%미만 - 앵커블럭 내부 결로의 채수
d	- 구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 - 날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토유출)	- 표면 손상면적 10%이상 - 철근부식 손상면적 2%이상
e	- 구체 균열폭 1.0mm이상 - 날개벽 전도위험 있음 - 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	- 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 - 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

5) 교각

<표 2.3.6> 교각 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상, 철근노출
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 거더 탈락 가능성 있음 - 심한 철근부식으로 교대의 안전성이 저하됨

6) 기초

<표 2.3.7> 기초 상태평가 기준

기준	세굴, 기초손상	침하, 변위
a	- 균열폭 0.1mm미만	- 없음
b	- 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	- 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 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 - 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 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 의해 기울음이 발생하여 상부구조 단차 및 파손 발생

7) 교량받침

<표 2.3.8> 교량받침 상태평가 기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	- 양호	- 양호	- 양호
b	- 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	- 외부 도장탈락 및 부식 - 도장탈색, 먼지 쌓임	- 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	- 측면 부풀음 - 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	- 미끄럼판 부식 발생 - 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	- 받침콘크리트에 0.3mm이상 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 전체 면적의 1/2 미만 - 받침의 신축기능 불량	- 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 - 받침본체 파손 - 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2미만	- 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	- 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 - 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상 - 작동불능 상태	-

8) 신축이음

<표 2.3.9> 신축이음 상태평가 기준

기준	본체	후타재
a	- 없음	- 양호
b	- 토사, 이물질퇴적 - 고무판 노화	- 미세균열 발생
c	- 물받이 미설치 또는 파손으로 부분적으로 누수 - 유간사이 이물질로 기능 불량, 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 50cm 이하의 간격으로 발생 - 국부적인 박리, 박락, 파손
d	- 강관유동 및 연결불량으로 이상음 발생 - 신축유간이 밀착되어 거동불량 - 신축유간이 넓어 차량통행에 지장초래 - 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	- 신축이음장치의 심한파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 - 파손범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

9) 교면포장

<표 2.3.10> 교면포장 상태평가 기준

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	-	-	-

10) 배수시설

<표 2.3.11> 배수시설 상태평가 기준

기준	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	-

11) 난간 및 연석

<표 2.3.12> 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강재		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 단면 손상 10%미만	- 파손 및 탈락 10%미만	- 0.3mm이상 균열 - 박리, 파손, 철근노출 10%미만 - 철근부식손상 길이 2%이상
d	- 부식으로 인한 단면 손상 10%이상	- 파손 및 탈락 10%이상 - 낙석으로 인한 손상발생 - 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음	- 박리, 파손, 철근노출 10%이상 - 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

12) 탄산화

<표 2.3.13> 탄산화 상태평가 기준

기준	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	-	-

13) 염화물

<표 2.3.14> 염화물 상태평가 기준

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	- 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	- 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	- $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	- 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	- $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	- 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	- 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	- 철근부식 발생
e	-	-

다. 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 2.3.15> 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 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	20	15	34	20	21	
	주형		-	20	25	37	18	20	23	-	21	23	
	2차부재		-	5	-	11	5	3	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)			

() : 정밀점검 시 적용 가중치

라. 상태평가 결과 산정방법

1) 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

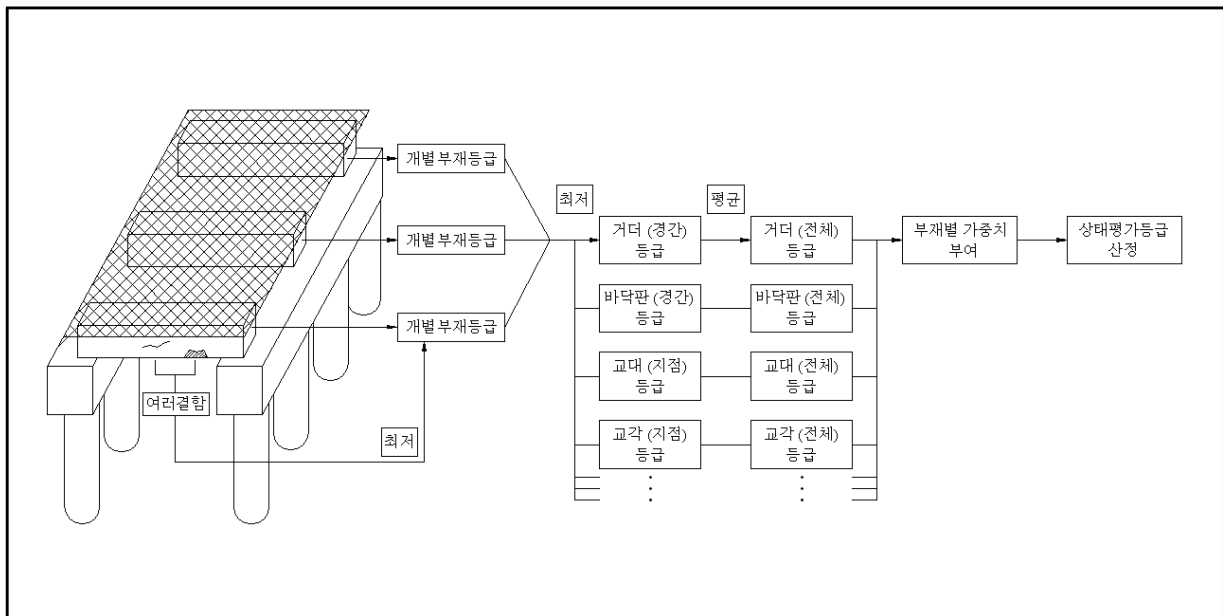
- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

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 기준값이며, <표 2.3.16> 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 2.3.16> 결함도점수 범위에 따른 등급범위

등 급	A	B	C	D	E
등급범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$



<그림 2.3.1> 전체 교량의 상태평가 결과 산정

2.4 안전성 평가 및 종합평가

2.4.1 안전성 평가

가. 안전성 평가 등급기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

<표 2.4.1> 구조물의 안전성 평가기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	$SF > 1.0$	◦ 허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$
B	$0.9 \leq SF < 1$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	$0.9 \leq SF < 1$	
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	◦ 강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
E	$SF < 0.75$	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

2.4.2 종합평가

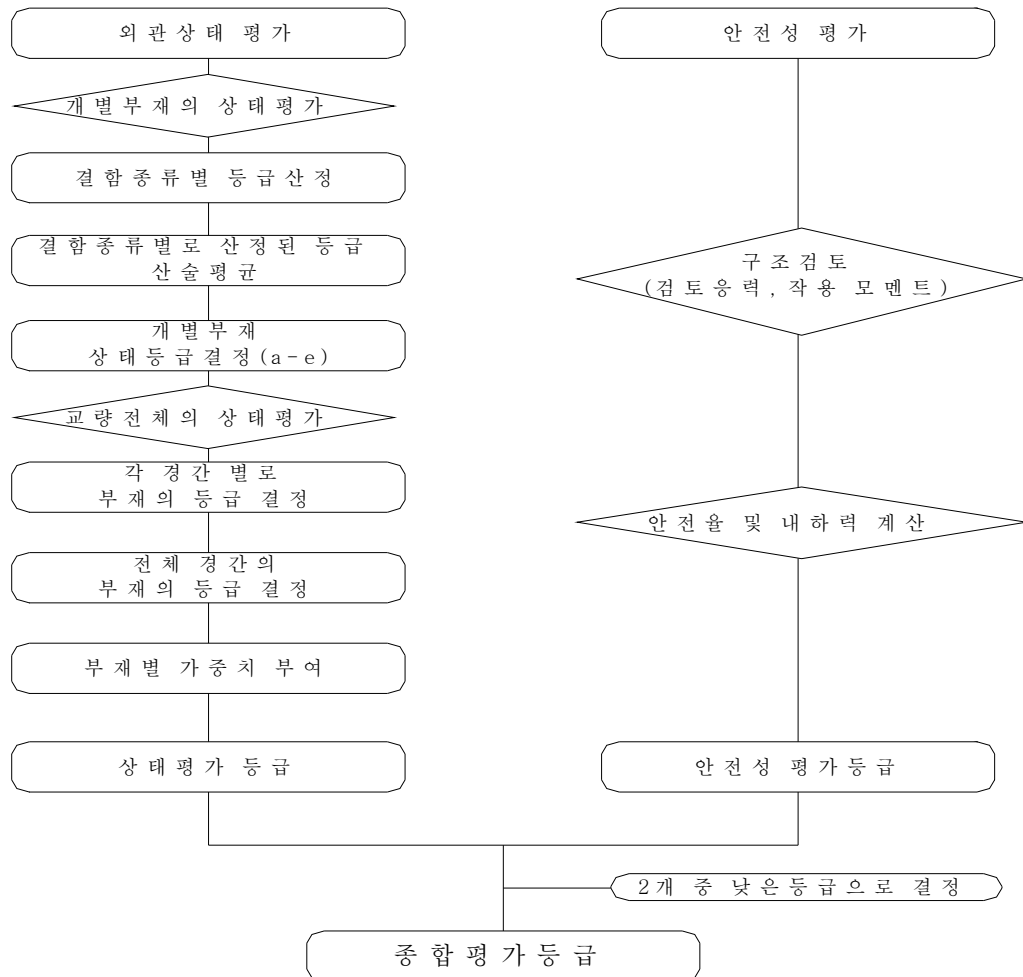
가. 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 등급, 안전성평가 등급)



<그림 2.4.2> 종합평가등급의 산정흐름도

다. 안전등급

종합등급	시설물의 상태	비고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C	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	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

제3장 내구성 시험

3.1 콘크리트 비파괴 시험

3.2 강재비파괴 시험

제3장 내구성 시험

3.1 콘크리트 비파괴 시험

3.1.1 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 강·콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성 조사는 구조체를 중심으로 수행한다.
- 내구성 조사는 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

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

3.1.2 조사 및 시험 방법

<표 3.1.1> 정밀안전진단의 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도	○ 1개소/50m	○ 1개소/50m	○ 동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○ 1개소/50m	○ 1개소/50m	
철근탐사 시험	○ 1개소/50m	○ 1개소/50m	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내: 2~3개소 ○ 5경간 이상: 3~6개소		
염화물함유량 시험	○ 3개소 이상(상부구조에서 1개소 이상실시)		
강재용접부 (UT)	○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		○ 맞대기 용접부

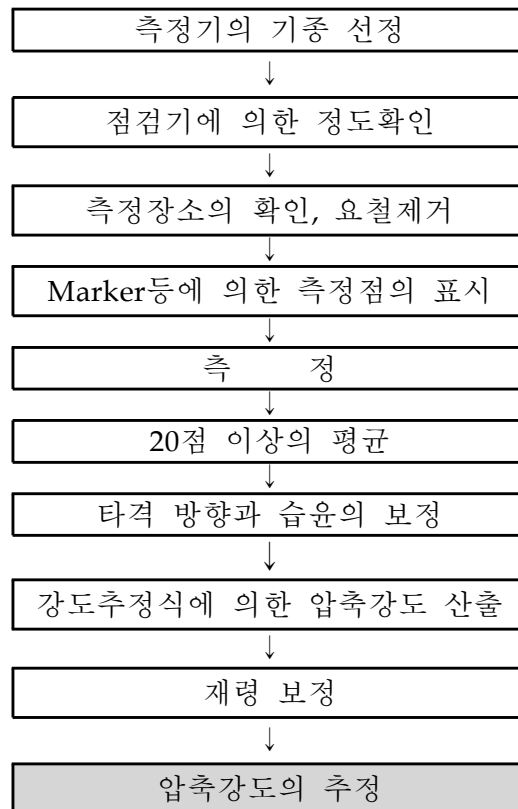
가. 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다.

반발경도를 구하는 방법으로는 반발경도법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격하여 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_{cu})와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

1) 반발경도(R)

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



<그림 3.1.1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하여 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값(R_m)을 구한다.

산술평균값 R_m 에 대해 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 콘크리트의 품질이 불균질하다고 평가될 수 있을 것이다.

① 보정반발경도(R_o)

보정반발경도 R_o 은 다음 (식 3.1.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값 $\Delta R_1, \Delta R_2, \Delta R_3$ 를 더한 값으로 한다.

$$R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \cdots \cdots \cdots \text{(식 3.1.1)}$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값
 ΔR_2 : 압축부재의 사하중 응력에 따른 보정값
 ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

② 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

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

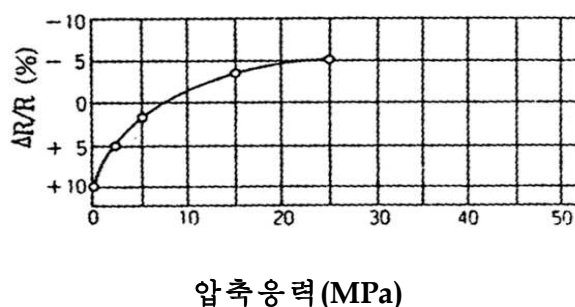
하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

<표 3.1.2> 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	

③ 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 1.0MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 2.5MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



<그림 3.1.2> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

④ 콘크리트 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 $\Delta R_3 = +5$ 로 보정한다.

⑤ 압축강도의 추정

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

- 일본재료학회 (보통콘크리트)

$$F_c = -18.0 + 1.27 R_o \text{ (MPa)} \dots\dots\dots \text{(식 3.1.2)}$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 강도계산식

$$F_c = (7.3 R_o + 100) \times 0.098 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots \text{(식 3.1.3)}$$

⑥ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 (식 3.1.4)와 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정 계수 α 는 <표 3.1.3>과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \dots\dots\dots \text{(식 3.1.4)}$$

<표 3.1.3> 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

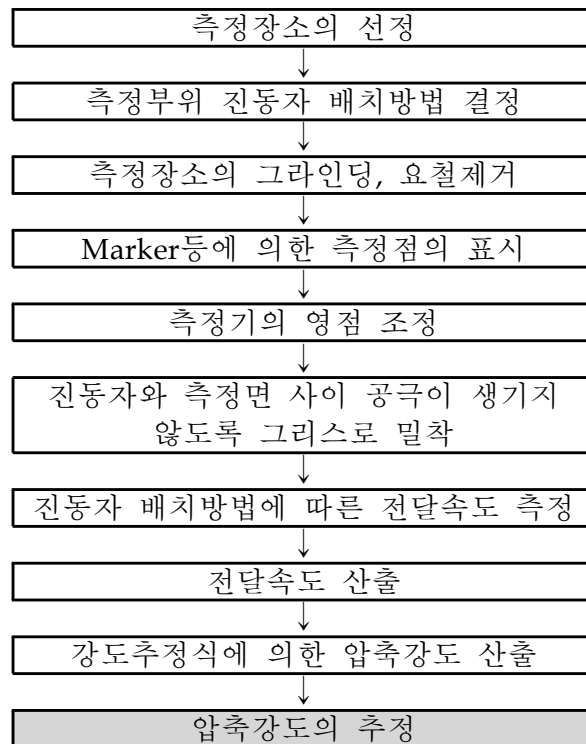
나. 초음파탐상시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다.

그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

강도 추정에 적용할 경우에는 반발경도법과 초음파법의 조합식을 이용하는 것이 바람직하다.

① 초음파법에 의한 압축강도의 추정



<그림 3.1.3> 초음파속도법에 의한 압축강도 추정도

초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 (식 3.1.5)에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도 (Velocity)} = \frac{\text{전달길이 (Path Length)}}{\text{전달시간 (Transit Time)}} \dots\dots\dots(\text{식 3.1.5})$$

초음파탐사를 위한 탐촉자의 배열은 직접법, 반직접법 및 간접법이 있으며, 간접법과 직접법에서 구한 초음파 전달속도는 근사적으로 (식 3.1.6) 과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05V_i \dots\dots\dots(\text{식 3.1.6})$$

여기서, V_d = 직접법(Direct method)에 의한 초음파 속도

V_i = 간접법(Indirect method)에 의한 초음파 속도

또, 간접법을 수행한 동일 조건의 구조물, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 현장에서 측정된 표면파(간접법)속도와 상관관계를 통한 초음파 전달속도를 근사적으로 환산하여 이용할 수 있다.

간접법은 일정거리를 등간격으로 떨어진 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리

(X_i)에 따른 전달시간 T_i 를 측정한다. 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도 V_i 로 한다.

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性) 검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 (식 3.1.7)에 의해 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2} \dots\dots\dots (\text{식 3.1.7})$$

여기서, $\bar{X}$, $\bar{T}$ 는 거리 및 전달시간의 평균값

② 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 3점 이상의 회귀직선식에서 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산한다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음식을 사용한다.

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 공동제안식

$$F_c' = (215V_d - 620) \times 0.098 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (\text{식 3.1.8})$$

여기서, F_c' : 콘크리트 강도 (MPa)

$$V_p : V_p = V_d \text{ 로서 } V_p \approx 1.05V_i$$

③ 조합법에 의한 압축강도의 추정

조합법은 반발경도법과 초음파법의 비파괴강도로 부터 보다 합리적으로 콘크리트의 비파괴강도를 추정하기 위해 제안되었다. 본 과업에서는 아래의 추정식을 사용하여 비파괴강도를 추정한다.

(가) 릴램(RILEM)식

$$\log_{10} F_c = 0.3794V_p + 0.01149R_o + 0.4332 \dots\dots\dots (\text{식 3.1.9})$$

$$F_c' = 0.85F_c$$

(나) 일본건축학회 CNDT 소위원회 공동실험결과

$$F_c' = 8.2(R_o) + 269V_p - 1094 \times 0.098 \text{ (MPa)} (\text{보통콘크리트}) \dots\dots\dots (\text{식 3.1.10})$$

여기서, F_c' : 콘크리트 강도 (MPa)

R_o : Schmidt hammer에 의한 보정 반발경도

V_p : 초음파 전달속도 (km/sec)

라. 철근탐사 시험

철근콘크리트 구조물에서 기존 구조물의 구조내력을 검토하기 위하여 구조부재의 배근 상태(철근직경, 배근간격, 피복두께 등)를 조사하기 위하여, 구조체를 손상시키지 않고 실시하는 비파괴검사 방법이다.

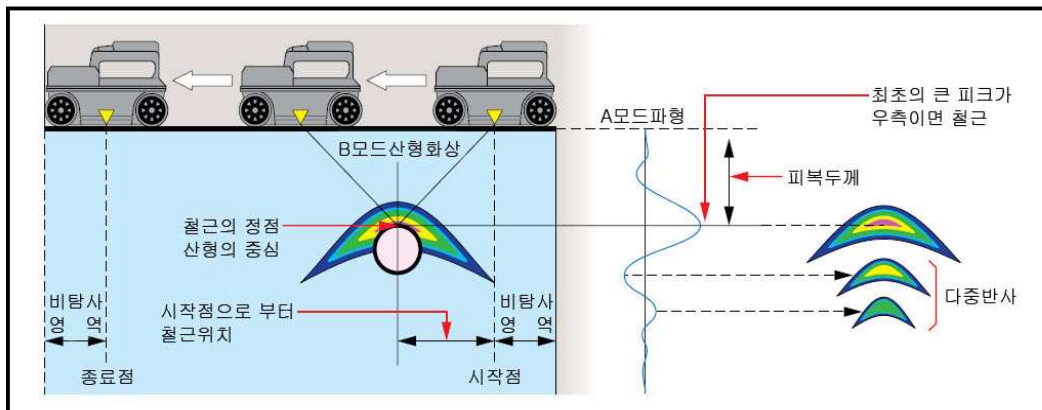
1) 전자파 레이더법

전자파 레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하게 콘크리트에 수백 MHz ~ 수 GHz의 전자파를 안테나로부터 발사시켜 콘크리트 중의 상대 유전율이 다른 물체(철근, 매설물, 공동 등)와의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해서 반사파를 수신안테나로 수신하여 왕복한 시간으로부터 반사 물체까지의 거리를 구하여 반사파의 영상을 해석함으로써 조사를 수행하는 방법이다.

① 측정방법



<그림 3.1.4> 철근탐사 절차도



<그림 3.1.5> 철근탐사 측정원리

② 평가방법

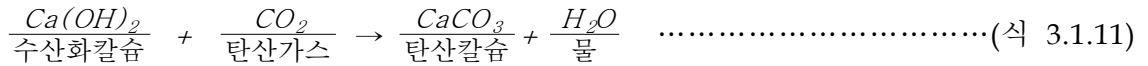
- 일반적으로 철근배근상태는 개개의 철근을 중심으로 할 경우, 매우 복잡한 경우의 수를 갖게 되므로 본 과업에서는 단위 폭에 대하여 평균적인 개념으로 철근 배근간격과 피복두께를 산정한다.
- 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면 및 구조설계기준과 비교하여 시공상태의 적정여부를 판단한다.

마. 콘크리트의 화학적 · 물리적 손상조사

1) 탄산화 조사

(가) 개요

건전한 콘크리트는 타설 후 대기 중에 있을 때 대기중의 이산화탄소가 콘크리트 내부에 침투해서 콘크리트 중의 수산화칼슘과 다음과 같은 화학반응을 일으킨다



(pH 12~13) (대기중에 존재) (pH 8.5~10)

건전한 콘크리트는 경화시멘트 풀의 수산화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘 [Ca(OH)₂]의 영향으로 pH 12~13인 강알칼리성을 나타낸다.

그러나 콘크리트가 대기중에 노출되면 대기 중에 약0.035% 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(CO₂)와 수산화칼슘이 반응하여 탄산칼슘(CaCO₃)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반 환경하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다.

	STEP1 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의없다.
	STEP2 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생한다.
	STEP3 철근의 윗면이 팽창한다. 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보인다.
	STEP4 철근 윗면의 피복이 부수어져 떨어지고, 철근의 노출이 시작된다. 철근의 단면적이 감소한다.
	STEP5 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다. 내구성은 없다.

<그림 3.1.6> 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

(나) 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 한 빨리 분무하여 탄산화 깊이를 측정하며, pH 8.2~10.0 이상의 알칼리측에서 홍색으

로 발색하며 중성층에서는 무색으로 나타나게 되는데, 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 깊이계, 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

(다) 평가

경화콘크리트의 탄산화평가는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질, 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 철근 피복두께 수치와 함께 <표 3.1.4>에 의한 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 2012. 12, 교량편)으로 나타낸다.

<표 3.1.4> 탄산화 상태평가 기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	- 30mm 이상	- 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	- 10mm 이상 ~ 30mm 미만	- 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	- 0mm 이상 ~ 10mm 미만	- 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	- 0mm 미만	- 철근부식 발생
e	-	-

2) 염화물 함유량 시험

(가) 개요

콘크리트가 중성화되거나 염화물이 침투하게 되면 철근 주위의 산소 차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재 표면이 활성화되면 철근의 부식이 시작된다. 일반적으로 부재의 단면이 작으면서 철근량이 많고 슬럼프가 큰 콘크리트를 사용하는 구조물에서는 염분에 의한 철근 부식이 일어나기 쉽다.

염화물에 의하여 발생하는 콘크리트의 염해는 강재부식등 구조물에 심각한 문제를 일으킬 수 있으므로 콘크리트 구조물의 건전성 평가시 염해에 대한 평가가 필요하다. 염화물 함유량 분석은 주철근 깊이까지 깊이별로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 한다.

(1) 염화물에 의한 성능저하 특성

철근의 녹은 다공질에 흡수성이 있어 녹이 두껍게 형성되어도 부식을 억제하는 효과는 적으며, 녹슨부분은 원래체적의 약 2.5~7배 팽창하기 때문에 피복 부분에 균열을 일으키고, 이에 따라 부식 작용은 더 가속화된다.

① 염화물 함유량이 어느 한계를 넘으면 철근의 부식속도가 가속화된다.

- 콘크리트가 치밀하고 pH11 정도 이상의 알칼리성을 유지하고 있으면 소량의 염화물이 존재해도 부식은 매우 느리지만, 콘크리트 시방서에 규정된 염화물 함유량Cl-량 $0.3 \text{ kgf/m}^3 : 0.04\%$ 정도를 넘으면 철근부식의 가능성이 커진다.
- ② 철근 부식 속도는 콘크리트의 알칼리성, 건조의 정도, 염화물 함유량의 다소에 따라 변화한다.
 - 콘크리트가 중성화되어도 건조한 환경에서는 부식속도는 느리다.
 - 중성화되고 습도가 적당하면 염화물이 침입하지 않아도 철근은 부식한다.
 - 염화물 이온량이 어느 정도 이상 존재하면 콘크리트가 알칼리성이어도 철근은 부식한다.
 - 중성화되고 피복두께가 얇으면서 적당히 습해 있으면 부식속도는 매우 빠르다.
- ③ 철근의 부식 상태를 외부에서 비파괴 시험으로 정확하게 판정하는 것은 어렵다.
 - 자연전위 변화로부터 철근의 부식 정도를 추정하는 방법이 개발되어 있지만 철근량이 많은 실제 구조물의 경우는 측정이 곤란하다.
- ④ 철근이 상당히 부식되고 나서 콘크리트 표면에 균열이 발생한다.
 - 염화물 이온에 의한 부식은 구조물 준공 후 빠르면 2~3년사이에 철근길이 방향으로 균열이 발생한다.
- ⑤ 철근의 부식은 pitting상으로 되는 경우가 많다.
 - 염화물에 의한 철근의 부식은 군데군데 pitting상으로 생기며, 철근의 단면결손이 pitting상 부식의 부분을 대상으로 한다.
- ⑥ 염화물 이온을 경화한 콘크리트로부터 제거하는 것은 어렵다.
 - 콘크리트에 존재하는 염화물 이온을 제거하기 위한 방법으로 전기영도법 등을 고려할수 있으나, 실용화되어 있지 않다.
- ⑦ 염화물에 의해 철근이 부식되어 콘크리트에 균열이 생긴 후 부식의 진행을 외부에서 정지시키는 것은 곤란하다.
 - 염화물에 의해 철근이 부식되어 생긴 균열에 에폭시(epoxy)수지를 주입하거나, FRP로 직접 씌우거나 해도 교량의 콘크리트 등에는 외부로부터 물이 침입하거나, 콘크리트 중에 산소와 수분이 어느 정도 존재하기 때문에 부식을 정지시키는 것은 불가능하다.

(2) 염화물의 구성

콘크리트 내 염화물의 구성은 수용성 염화물과 고정 염화물로 구성되어 있다. 이 2종류의 염화물을 일컬어 전염화물이라고 하며 현재는 철근의 임계발청농도를 전 염화물을 기준으로 정하고 있다.

- ① 수용성 염화물(가용성 염화물)
 - 세공용액, 시멘트, 수화물 층간에 용해되었거나 흡착되어 있는 염화물
 - 온수에 의해 추출
- ② 고정화된 염화물
 - 시멘트 수화물과 화학적으로 결합하여 고정화된 염화물
 - 질산용액에 의해 추출

2010년 개정된 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 및 콘크리트 표준시방서에서는 경화 콘크리트의 경우 철근의 임계발청농도를 전염화물을 기준으로 1.2 kgf/m^3 으로 정하고 있다.

상기 규정들은 노출시험을 토대로 임계발청농도를 검토하였으며, 실험결과 전염화물농도를 기준으로 철근의 발청시 농도의 범위가 $1.2 \sim 2.4 \text{ kgf/m}^3$ 정도이므로 하한치인 1.2를 임계 발청농도로 규정하고 있다.(일본 콘크리트 표준시방서)

따라서 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2 kgf/m^3 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식확률이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

(나) 평가

<표 3.1.5> 염화물 상태평가 기준

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	- 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	- 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	- $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	- 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	- $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	- 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	- 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	- 철근부식 발생
e	-	-

3.2 강재 비파괴 시험

3.2.1 개요

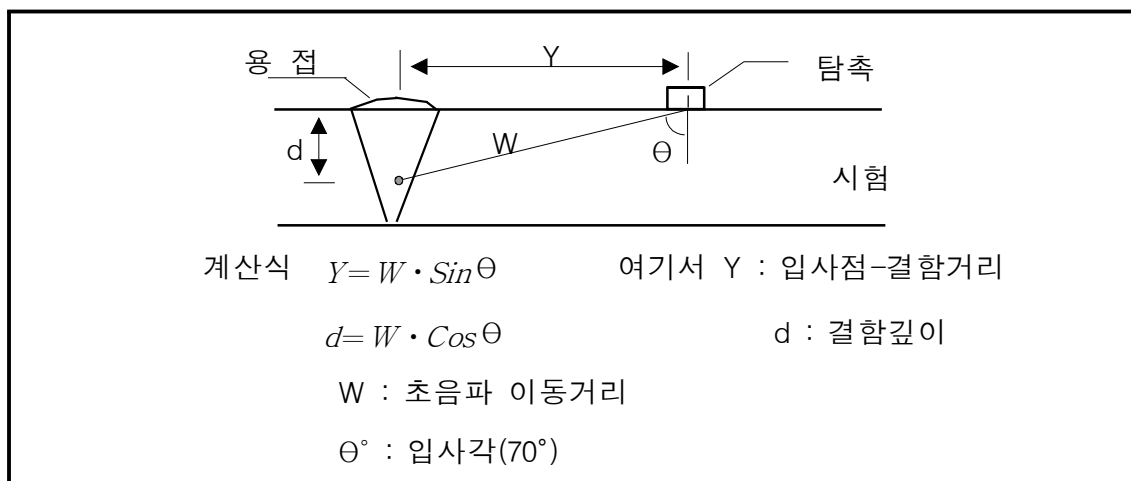
가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재여부 및 결함정보를 알아내는 검사방법이다.

초음파법의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 대별되며, 수직법은 탐촉자를 시험체에 접촉하여 시험체에 수직으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 통상적으로 판재 및 봉재, 주·단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다.

3.2.2 시험방법

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 각각의 결함부로부터 반사한 에코파형의 펄스형태(펄스폭&높이), 반사체(결함)까지의 진행거리, 초음파 입사각도, 에코의 반사패턴 등을 종합적으로 분석하여 결함의 입체적인 위치를 산출하고 결함 종류 및 길이 등을 측정한다.

본 시험에서는 70°로 초음파를 입사하였다.



<그림 3.1.7> 초음파탐상(사각법)시험 개요도

1) 특성

- (1) 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.
- (2) 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.
- (3) 검사결과를 바로 알 수 있다.
- (4) 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.
- (5) 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.
- (6) 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.
- (7) 금속 조직의 영향을 많이 받는다.
- (8) 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.
- (9) 검사 결과의 기록보존이 어렵다

3.2.3 결함의 등급분류 및 판정규정

3.2.3.1 초음파 탐상검사(UT)

a) 초음파 탐상검사 방법 및 지시에 대한 등급분류는 아래와 같다.

영역	결함의 크기 (mm)					
	Ⅱ, Ⅲ			Ⅳ		
판두께 등급	18이하	18~60	60이상	18이하	18~60	60이상
1 급	6이하	t/3이하	20이하	4이하	t/4이하	15이하
2 급	9이하	t/2이하	30이하	6이하	t/3이하	20이하
3 급	18이하	t 이하	60이하	9이하	t/2이하	30이하
4 급	3급을 초과하는 것					

b) 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998. 건설교통부 제정) 기준

검 사 부 위	합 격 기 준	비 고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2 급 이 상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3 급 이 상	

제4장 보수·보강방안 및 유지관리 방안

4.1 개요

4.2 콘크리트 구조물 보수·보강방안

4.3 강재 구조물보수·보강방안

4.4 교면포장 및 교면방수

4.5 유지관리 방안

제4장 보수·보강방안 및 유지관리 방안

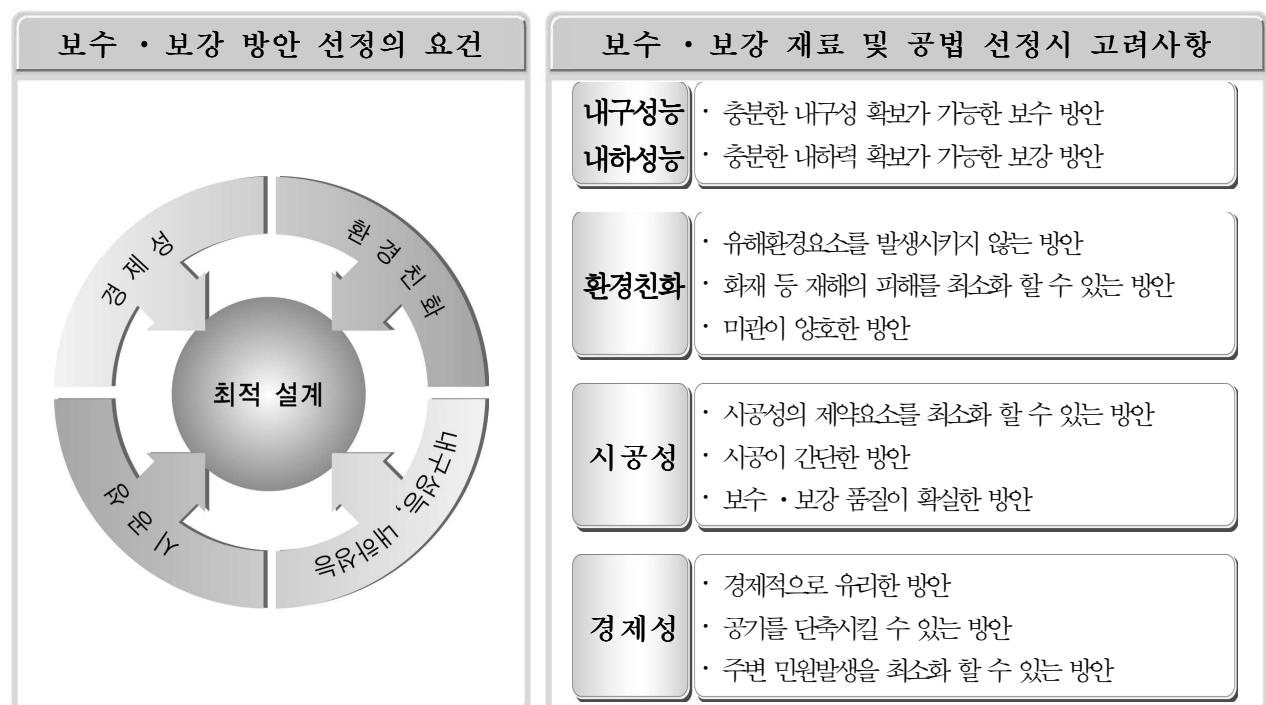
4.1 개요

본 장의 구성은 구성부재의 물질에 따라 보수 및 보강방법이 다르기 때문에 콘크리트 구조물에 나타난 결함 및 손상 종류별로 구분하였고, 신축이음 및 교량받침, 기타 시설물로 구분하여 필요한 보수 및 보강방안을 제시한다.

콘크리트 부재에는 슬래브, 교대, 교각 등에서 조사되었던 손상 및 결함 등에 조치사항이 포함되며, 교면포장, 배수시설 등에 관한 사항도 제시된다.

조사된 손상에 대해서는 모두 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 동시에 전체 손상에 대한 보수·보강을 실시하기 위해서는 많은 예산이 필요하기 때문에, 경제적이고 효율적인 보수·보강작업을 위해서 시설물이 가지는 중요도 발생된 결함의 심각성 등을 종합 검토 후 보수보강(안)을 제시하였다.

이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 현재의 사용성 및 내구성 저하를 방지 하는데 그 목적이 있다.



4.2 콘크리트 구조물 보수·보강방안

4.2.1 개요

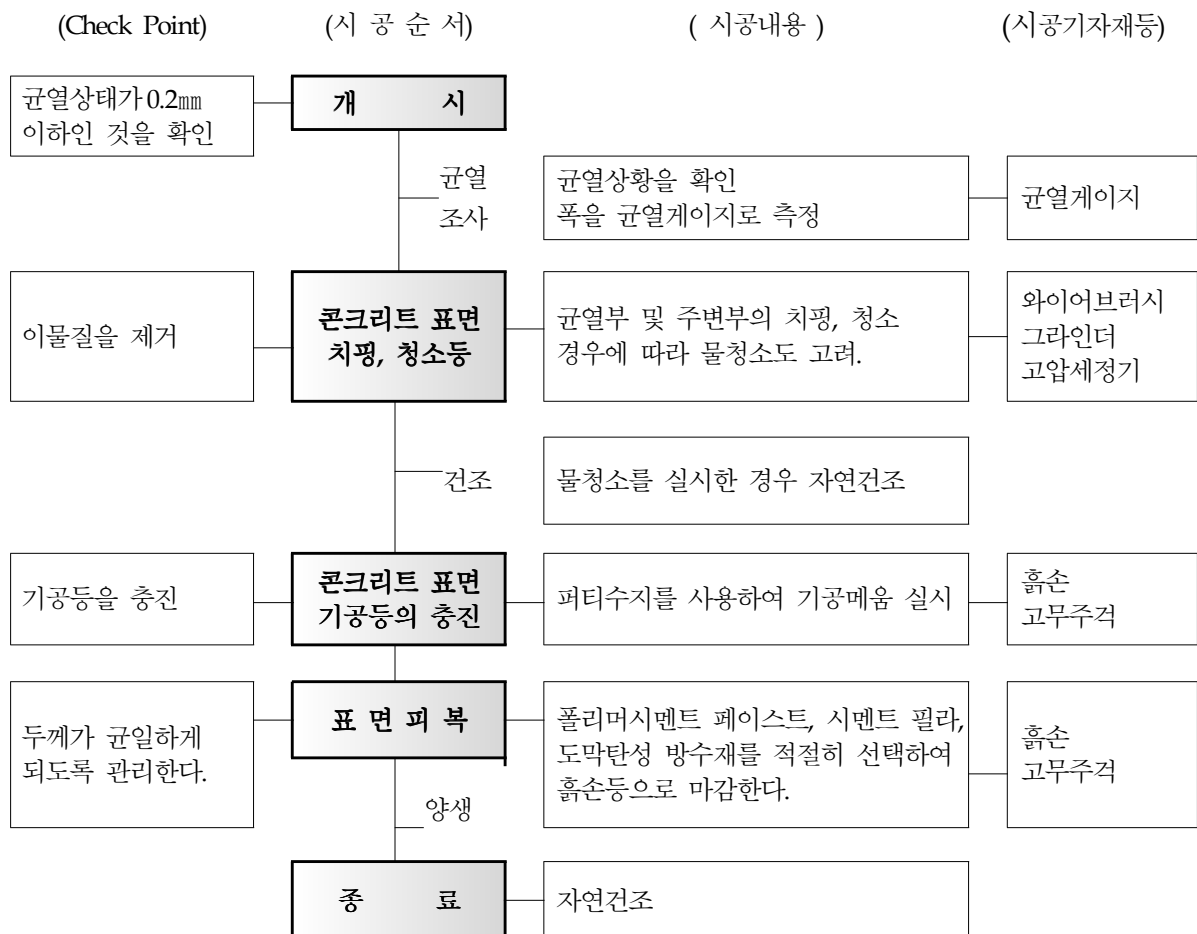
바닥판, 교대 및 교각 콘크리트 부에 발생한 손상은 균열, 재료분리, 철근노출, 박리, 박락등으로 내구성 저하 방지 차원에서 보수가 필요하다.

콘크리트 부재에 대한 보수는 폭 0.3mm 이상인 균열에 대하여 수지주입 또는 충전공법을 적용하고, 단면결손부에 대해서는 단면복구공법으로 실시하는 것으로 한다.

4.2.2 콘크리트 결함 및 손상 보수공법

가. 표면처리공법

표면처리공법의 적용은 균열, 선상 및 면상백태가 발생한 경우에 적용하는 것으로 하며 표면을 피복하여 방수성, 내구성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다. 공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 4.2.1> 표면처리 공법 시공 흐름도

균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 4.2.2>과 같이 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100 mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치평을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 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 <그림 4.2.2>와 같이 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

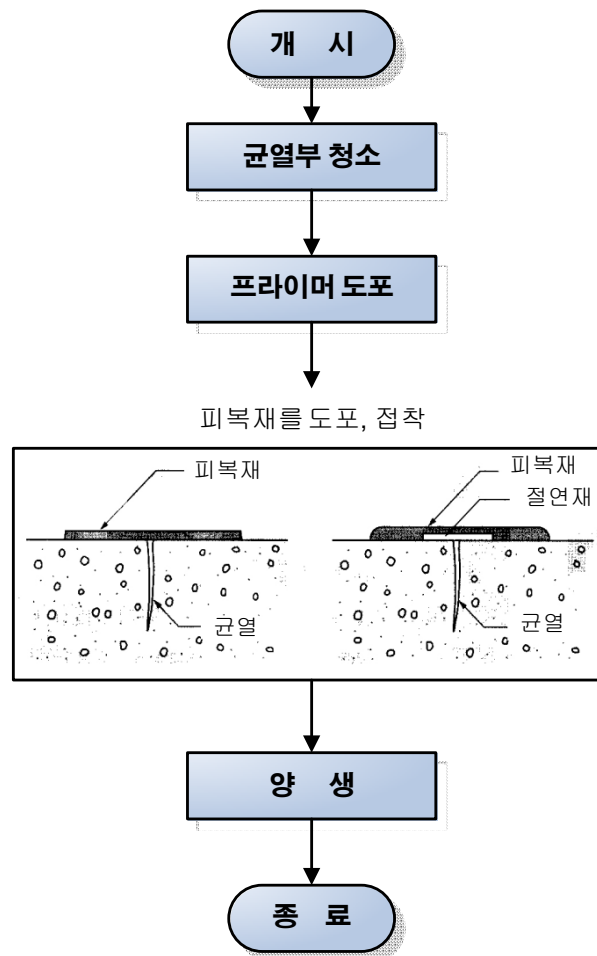
이 공법은 예전에는 균열부분의 폭이 작은 경우에 사용하는 경우가 대부분이었다. 그러나, 최근에는 균열 폭의 확대를 제어하거나, 부식된 철근의 결손부분을 보충하는 등의 목적으로, 탄소섬유시트나 아라미드섬유시트, 유리섬유시트라고 하는 연속섬유시트를 구조물의 표면에 붙이는 방법이 실용화되고 있다.

이러한 연속섬유 시트 접착공법은 콘크리트 구조물의 휨 내력과 전단내력성을 향상시킬 목적으로 개발된 보수·보강공법이지만, 이용방법의 하나로서 균열부분의 보수가 제안되고 실용화되고 있다. 균열의 보수공법으로서 생각하는 경우에는 표면 피복공법과 위치가 결정된다.

표면처리공법에 사용하는 보수재료를, 보수목적과 관련되게 만들어 정리한 것이 다음 표이다. 여기서는 방수제 등의 침투성도포 방수제에 의한 보수도 표면피복 공법의 침투성 도포방수제는 주로 외부에서의 물의 침투방지를 목적으로 한 방법으로, 폭이 0.2mm 정도이하의 균열부의 보수에 사용된다. 균열폭이 큰 경우에는 부적당하다.

연속섬유시트 접착공법으로 균열부를 보수할 때, 균열폭이 비교적 큰 경우나 균열부에서의 누수가 확인된 경우에는 하지 처리로서 균열부를 주입공법으로 보수해 놓아야 한다. 이 하지처리가 불충분하면, 연속섬유시트와 구조물과의 접착면이 파괴되어 시트의 박리 등의 불량이 일어난다.

이처럼 균열부가 변동하는 경우에는 균열부를 가로지르는 연속섬유의 파단을 막기 위해서 균열부와 피복재와의 사이에 비닐시트 등의 절연재료를 끼우는 것 같은 조치를 마련해 두는 것이 중요하다.



• 표면피복공법의 보수목적과 재료

보수목적 보수재료	방수성 향상	내구성 향상	균열 제거	내하성 향상
도막탄성방수재	◎	○	×	×
침투성방수제	○	△	×	×
폴리머시멘트 모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△

◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가

<그림 4.2.2> 표면처리공법 개요도 및 보수목적과 재료

나. 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. 저압주입공법은 주입좌대에 재료를 주입한 후에는 작업에 손이 많이 가지 않아 최근 각종 공법이 실용화되어 널리 보급되고 있다.

저압주입공법은 주입량을 용이하게 확인 할 수 있는 반면에, 다음과 같은 문제점이 있다. 예를 들어, 가압방법으로서 고무압이나 공기압등이 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 경우나 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.

1) 수지주입 공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며 <표 4.2.1>는 수지주입공법의 종류이다.

<표 4.2.1> 수지주입공법의 종류

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

종래에는 수동식 기계주입 방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며, 관통하지 않은 균열은 균열 깊이까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다.

한편, 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으며, 자동주입식 기계주입은 패커를 이용 자동주입기에 의하여 이소시아네이트 수지를

주입(건교부 지정 건설신기술 제359호)하는 방법으로 균열부위가 완전히 충전 되는 특징이 있다.

2) 압입식 수지주입공법 적용

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

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

<표 4.2.2> 압입식 수지주입공법

압입 방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
압축실린더에 의한 유압으로 주입	금속제의 실린더
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

<표 4.2.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

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

<표 4.2.4> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

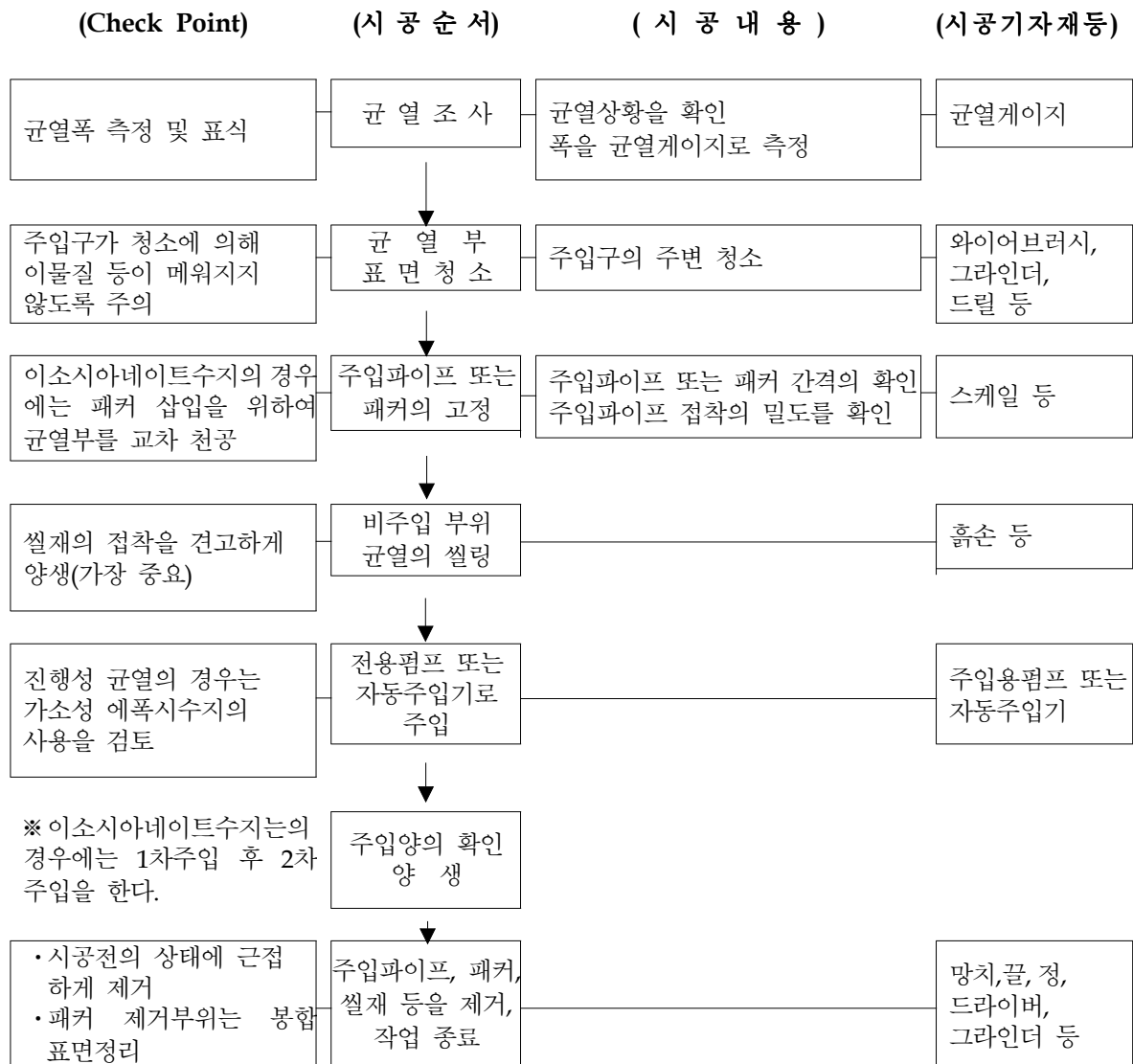
균열 폭 (mm)	주입파이프/패커 간격 (mm)	비고
0.3 이하	50 ~ 100	
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200	
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250	
1.0 이상	200 ~ 300	

3) 압입식 수지주입공법의 특징

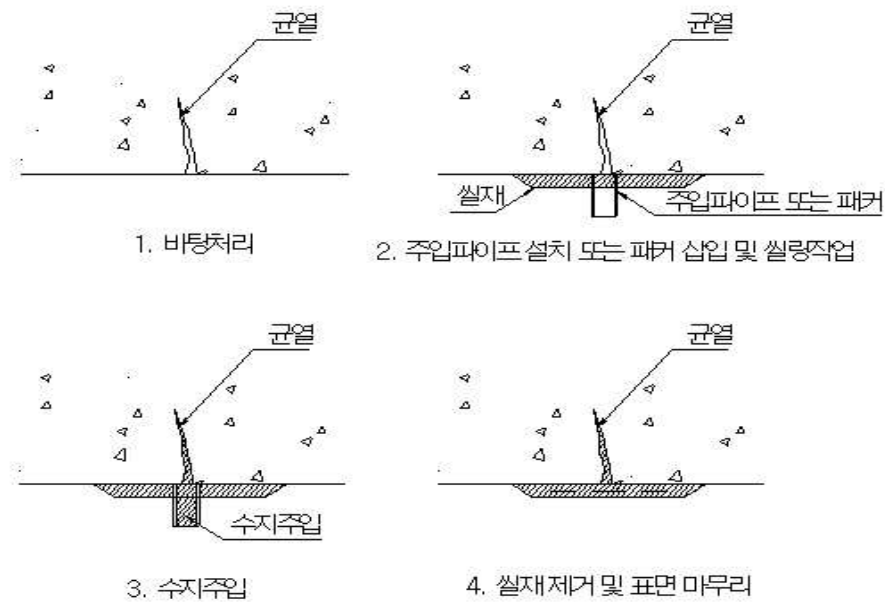
수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4 kg/cm^2 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 1 kg/cm^2 전후가 사용된다.

주입재는 에폭시수지계 또는 이소시아네이트수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하나, 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 흐름도 및 공법 개요는 <그림 4.2.3>, <그림 4.2.4>와 같고, 수지계 주입재의 특징은 <표 4.2.5>와 같다.



<그림 4.2.3> 수지주입 공법 시공 흐름도



<그림 4.2.4> 균열 수지주입 공법 개요도

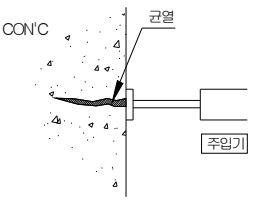
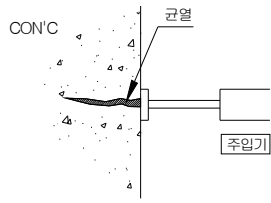
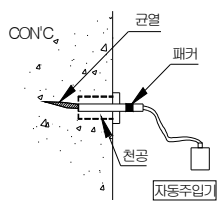
4) 시공시 주의사항

- ① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃ 이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.
- ② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시 까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.
- ③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.
- ④ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트 수지를 주입한 경우에는 패커 제거후 제거홈 씰링제로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.
- ⑥ 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

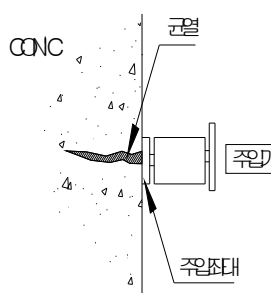
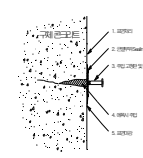
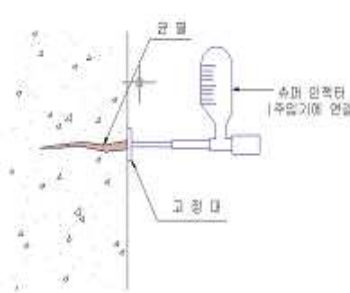
<표 4.2.5> 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	• 균열, 추종성이 양호 • 적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	• 경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 • 균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	• 수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 • 강도특성이 뛰어남 • 균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	• 수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 • 적용 균열 폭 1.0mm~10.0mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	• 균열폭 5.0mm 이상에 적용 • 습윤면에 대하여 접착성이 우수 • 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합
이소시아 네이트 수지 주입재	일액형 친수성 (에폭사+우레탄+아크릴 + 이소시아네이트)	• 균열, 누수 및 습윤면 접착강도 우수 (누수 심한 곳 2.5 kg/cm^2 수압 차단) • 균열, 추종성이 양호 • 적용가능 균열 폭은 0.2~10.0mm • 환경친화 제품으로 화기위험 및 냄새 없음 • 진동 및 거동으로 인한 작업부를 자체 압력으로 균열부 추종 봉합

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교

구분	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 시멘트계	이소시아네이트 수지(건식, 습식)
개요도			
공법개요	콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열부위에 무기계 재료인 RF 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 이소시아네이트 수지를 패커를 이용 자동주입기를 통하여 주입하는 공법
시공방법	표면처리→V컷팅→주입기 설치→균열부실링→에폭시주입 →단면복구	표면처리→V컷팅→주입기 설치→균열부실링→RF슬러리 주입 →단면복구	표면처리→V컷팅→격자천공→균열부실링→이소시아네이트수지주입 →패커 제거→표면정리
특징	• 습윤면 시공 가능 • 시공성이 좋다 • 경화속도가 빠르다. • 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 • 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	• 모체와 탄성계수, 열팽창계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 • 모체와 일체화 가능 • 기존의 콘크리트 구체와 동일한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 • 습윤면 시공 불가능 • 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	• 건조면, 습윤면, 누수면 시공 가능 • 패커에 의한 주입으로 균열부 완전충진 가능과 약품이 역류되지 않음 • 자체 압력으로 누수면 및 추종 봉합 가능 • 모체와 일체화 가능 • 재균열 발생 없음 • 시공성이 우수하며 시공비가 저렴

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교(계속)

구분	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법개요	콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입 가능한 공법
시공방법	표면처리→V컷팅→주입좌대고정→균열부 실링→초미립자무기계슬러리주입→단면복구	표면처리→주입구 선정→균열부위 썰링→고정판설치→에폭시주입→표면정리	균열부위 면처리→에어건으로 먼지제거→균열부 실링→고정제 부착→실린더 고정판에 부착→슈퍼인젝터를 실린더에 부착후주입→고정대 제거후 마감.
특징	• 무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도/하중변화에 의한 재균열 발생가능성이 없음 • 습윤면 시공불가능 • 균열부 콘크리트 방청, 중성화 및 염해 방지 기능이 있음 • 공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	• 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다. • 건식, 습식, 수중 시공이 가능하다. • 균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능하다 • 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음.	• 각각의 시공 부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능. • 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능. • 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음. • 시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다. • 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있다.

다. 단면복구공법

콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량의 철근노출, 재료분리, 보수불량 부위 등 노출 철근이 부식되어 있는 결함 부분에 대한 보수방법으로 사용하며, 일반적인 시공방법은 다음과 같다.

1) 표면처리

기존콘크리트 열화부위, 중성화 부분을 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 표면을 깎아낸다. 이때 손상부 깊이가 철근까지 확대되었을 때는 철근 뒷면 2cm이상을 깎아낸다.

2) 표면청소

콘크리트 표면철거 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.

고압세척의 압력은 노즐 tip에서 5,000 psi(350kgf/cm²)의 압력으로 한다.

3) 철근부식방지

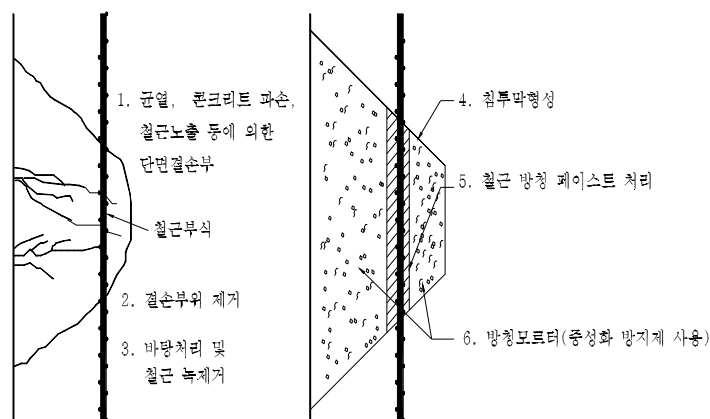
철근부식 방지를 위해 방청제를 도포 하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.

4) 접착력 강화

신·구 재료의 접착력 강화를 위하여 붓이나 에어 스프레이 건을 사용하여 접착제를 균일하게 도포 한다. 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, PH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용한다.

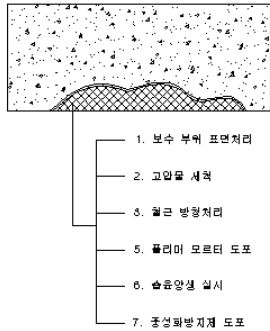
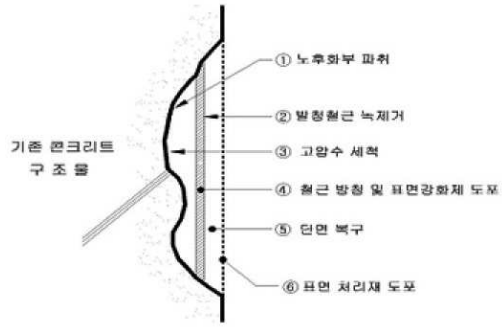
5) 단면 보수재

기존 콘크리트 탈락부위에 특수 조강 무수축 모르터를 바른다.



<그림 4.2.5> 단면복구 공법 개요도

<표 4.2.7> 단면복구공법 비교안

구 분	MDF공법	프로리트 공법
개요도		
공법 개요	▶고압습식 스프레이 방식에 의한 MDF 시멘트 몰탈 단면수복 보수공법.	▶노출된 철근은 녹을 제거한 후 녹이 든 철근에는 알칼리부여 방청환원재로 방청하고 구체는 알카리성 표면강화제를 도포한 후 속경성 모르타르를 사용하여 단면복구를 하는 방법.
시공 방법	▶콘크리트 표면처리 → 기존 철근 녹 제거 → 철근방청제 도포 → 고압물 세척 → 보수, 보강 단면 충전 → 양생 → 중성화방지제 도포.	▶콘크리트 노후화부 파취 → 노출철근의 녹제거 → 고압수 세척 →철근방청 처리제 및 알칼리부여 표면강화제 도포 → 속경성 몰탈 충전(구체) → 표면 처리제 도포
장점	▶1회 시공두께가 아주 우수하다. ▶교통의 통제가 없다. ▶리바운드량이 적다. ▶기계 시공으로 시공효율 및 품질관리 용이.	▶기능복합형 소재와 속경성 소재 사용으로 양생기간 단축과 공정의 단순화를 꾀함. ▶시공품질확보가능 계량/혼합 등이 불필요한 단순도포형 소재 사용으로, 현장작업을 최소화 시킴. ▶쾌적성확보가능 철거작업의 최소화, 인체에 무해한 수용성 소재사용으로 안전성을 도모함.
단점	▶ 몰탈시공방법의 개선사항이 필요 ▶ 기계소음이 있다. ▶ 타공법에 비해 시공실적이 적음	▶ 시공공정이 복잡 ▶ 습윤면에 부착력 저하 ▶ 경화시간 조절이 어려움

<표 4.2.8> 단면복구공법 비교안(계속)

구 분	침투성폴리머 모르타르공법	크로스공법
개요도		
공법 개요	▶ 노출된 철근 주위의 불량한 콘크리트 면을 차=1평하여 제거한 후 침투성 폴리머 모르타르와 회석제 및 특수첨가제를 혼합하여 분사한 후 마감하는 공법.	▶ 고알칼리성, 고농도 방청성분을 갖는 알칼리 회복제와 아질산계 분말 방청제 혼입 폴리머 모르타르를 병용하여 중성화 및 염해 등에 의해 손상된 RC구조물을 보수.
시공 방법	▶ 결손부 청소 → 고압수세척 → 숏크리트 ($T \approx 3 \text{ cm}$) → 마감.	▶ 표면처리 및 철근녹제거 → CR-1000 도포 → CR-10방청모르타르도포 → 비닐밀봉양생 → CR-2000도포 → CR-20수복재시공 → CR-30A피복재시공 → CRO-COAT 마감
장점	▶ 수성화 제품. ▶ 침투성, 내화, 내열, 내화학성 우수. ▶ 시공이 간단함.	▶ 접착강도가 매우 우수함 ▶ 염소이온을 흡착하여 고정하고 부동태 피막을 재생시켜 철근방청 효과. ▶ 습윤면 시공이 가능. ▶ 부착이 우수하고 들뜸 현상 없음.
단점	▶ 기존 콘크리트 구체강화 및 알칼리 회복기능 없음	▶ 무기계 공법으로 경화시간이 유기계보다 느리므로 초기양생 중요함 ▶ 공정이 복잡함
비고		

4.3 강재 구조물 보수·보강 공법

4.3.1 강재 도장 보수

1) 도장재료의 선정

다음은 크게 강재시설물(강교)에 대해 쉽게 발생하는 방식재의 손상으로 인한 구조물 상태와 이에 대한 일반적인 보수방법이다.

방식설계는 향후 관리비용과 직결되므로 LCC(Life Cycle Cost)개념인

$$LCC = I + M + R \quad (I : \text{초기비용}, M : \text{보수비용}, R : \text{교체비용})$$

공식에 의해 내구성 있는 방식재를 선정하여 보수비용(M)과 교체비용(R)의 요인을 절감하는 것이 중요하다.

본 교량에 적용할 도장재료 및 색상의 선택은 재료의 장단점과 경제성 및 주변 환경을 감안하여 결정하는 것이 바람직하다.

<표 4.3.1> 강재부식부의 일반적인 도장보수 방법

구 분	원 인	발생 현상	일반 보수방법	문 제 점
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) ◦ 발청부위보수 ◦ 재도장	기존의 중방식 도료들의 내구년한이 3~5년 정도로 대체적으로 짧은 편으로 재도장시 경제적으로 부담이 크게 발생되고, 표면처리시 각종 공해발생 가능성 내포, 보수 후 재도장 가능성 유포 (동일방법)

2) 표면처리 시

- ① 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분 부착량이 $150\text{mg}/\text{m}^2$ 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2MPa 로 하며, 강재면과의 거리는 $30\sim 45\text{cm}$ 정도 유지한다.
- ② 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 동력공구세정방법(power tool cleaning)을 선정하여 강재표면의 녹을 제거한다. 이때 재도장 실시는 녹 제거(블라스팅) 상태를 감독관 및 감리의 확인과 승인 후 실시한다.
- ③ 블라스팅 시 표면조도가 $15\sim 35\mu\text{m}$ 가 되도록 한다. 기존의 무기질 아연도장면 위에 재도장을 실시한다.
- ④ 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.
- ⑤ 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

3) 도장작업

- ① Power Tool Cleaning 후 강재표면과 하도페인트의 부착력이 저하될 수 있으므로 하도 페인트는 부착력이 뛰어난 도료 (예:CM-15(하절기), CM-242(동절기))를 선택하여 하도도료로 사용한다.
- ② 현장도장은 Airless 스프레이로 시행하며, 스프레이가 불가능한 부분은 붓(단, 나일론 계통)으로 도장한다.
- ③ 현장도장은 시방서의 도막두께 합계에 준하여 도장한다.
- ④ 기타사항은 공장도장(본도장) 시방에 따른다.

다. 강재도장 시 고려사항

강재부식부에는 재 도장을 실시하여 부식을 방지하는 것이 원칙이며, 본 교량의 경우에도 기존의 발청 부위의 부식을 제거하고, 재 도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다. 재도장시에는 다음의 사항을 고려하여 시행하는 것이 바람직하다.

◦ 도장대상면 물청소	현재 도장면에는 공기중의 이물질이 고형화하여 부착되어 있다. 재도장을 위한 표면 처리시 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 재도장을 실시하며, 시공패와 같이 강재면 위에 도장을 하는 것이 아니라 기존의 도장면 위에 도장작업을 수행하므로, 도장작업시 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 한다. 도장작업시 주의해야 할 사항을 아래에 정리하였다.
-도막두께 불량 (Thickness)	얇은 도막은 점녹의 발생원인이 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 핀홀내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서, 도장작업시 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 재도장한다.
-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 재도장한다.
-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.

라. 강재도장 시 유의사항

1) 표면처리 시

도장 수명을 유지하는 인자 중 표면처리가 50%이고 도막두께가 20%를 차지하며, 그 이외가 30%를 차지하고 있어 재도장의 성패는 표면처리에 좌우된다고 할 수 있다. 표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- ① 완벽한 표면처리 후에 도장하는 것이 중요하며 표면에 물리적인 손상이 없어야 한다.
- ② 검사자는 도장전에 기존도막과 도장될 도료와의 부착력을 검토해야 하고 미비한 표면상태를 발견하면 다시 표면처리한 후 재도장 하도록 한다.
- ③ 표면조도계측기 등을 사용하여 표면처리된 강재의 조도 등을 시각적으로 비교한다.
- ④ 검사자는 주머니칼을 사용하여 부풀음이나 도막 밑에 부식이 생긴 것으로 추정되는 도막을 긁어봐서 경도를 검사한다.
- ⑤ 표면처리 작업은 대기 및 수질(상수원)오염방지를 위해 외부에 완벽한 방진막을 설치 후 실시한다.

2) 재 도장 작업 시

재 도장 작업 시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 하며, 감독 또는 감리자의 확인 후 도장을 실시토록 한다.

- ① 도장에 필요한 최저기온은 5℃이고, 표면에 습기와 서리가 없도록 해야한다.
 - 표면온도, 도료온도, 도장 및 경화가 5℃ 이상 60℃ 이하에서 시공
 - 상대습도 85% 이하
 - 표면온도는 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상에서 시공
- ② 경화되는 순간에 온도가 최저치보다 내려가면 도막이 손상되므로 계속적인 온도 계측이 필요하다.
- ③ 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.
- ④ 스프레이시 풍향과 풍속이 근처의 다른 구조물에 피해를 주는가를 고려해야 한다. 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.
- ⑤ 기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 도료의 도장지시서에 따르며 도장완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득한다.
- ⑥ 재도장을 위한 표면처리시 주변에 청소가 이루어지지 못하면 주변에 떨어진 쇳조각들이 부식됨에 따라 도장을 부식시킬 수 있으므로 주변청소를 실시하여야 한다.

<표 4.3.2> 강재도장 공법 비교

공 법	케이닉스공법	금속혼합물피막공법	세라믹메탈코팅공법	염화고무계도료 (일반중방식공법)
공법 개요	초속경도료와 방오 코팅제를 이용한 철 재방식 및 오염방지 친환경도막형성공법	고강도 강력 접착제와 금속 혼합물 (Mixed Metal)을 합하여 조 물 표면에 금속피막을 박막형태로 접착시키는 공법	세라믹메탈제와코팅 제를 이용한 강구조 물의방식 보수공법	일반 페인트 KSM 규격
시공 순서	- 표면처리 1차초속경도료 도포(하도) 2차,3차 초속경도료 도포(중,상도) 4차 방오코팅제	- 표면처리 1차프라이머도포 (하도) 2차피막 (중도) 3,4차피막 (상도)	- 세라믹코팅 바탕만들기 - 무기아연말계 - 무기세라믹계 - 우레탄세라믹	- 표면처리 1차무기질징크(하도) 2차,3차염화고무도료 (중, 상도)
장 점	- 수용성 초속경 도료, 용제가 물로서 친환 경 재료 - 공사비 저렴 - 수축, 팽창에 따른 박 락 현상이 없다. - 공사기간 단축 - 통기성, 내마모성, 내 구성 우수	- 내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율 - 내마모성 - 강인한 도막, 미관성 - 내약품성, 내충격성 - 희생양극방식 기능 - 내염성, 내구성 - Re-Coating이 용이 - 음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재	- 내약품성 - 강인한 도막, 미관성 - 내구성	- 일반적인 시공성 - 국내적용 실적이 많음. - 건조가 빠름.
단 점	- 경화 조절을 하여야 한다. - 시공자의 시공 지도 가 필요하다.	- 일반적 도료에 비해 비교적 고가 - 휘발성 용제 사용으로 환경문제 발생 - 작업전 시공교육 필요	- 공사비 고가 - 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 - 다른 재질이므로 층간 분리현상이 나타날 수 있음.	- 내약품성이 나쁨. - 내구성이 짧음 - 내열성이 나쁨. - 초기접착력은 우수 하나, 접착력 저하 (계면탈락) - 저온시 증점 (점도상승, 유동성 감소) 및 겔화현상 발생

4.3.2 재용접 보수

가. 개요

용접결함부, 용접누락부, 용접불량부, 부재의 용접연결 및 균열부 등에 대한 보수는 우선 현장조건, 용접부의 상태, 용접자세, 용접선의 방향, 예열 및 후열작업 등을 감안하여 용접절차서를 미리 작성하여 제 3자의 검증을 득하고 보수계획서에 포함시켜 감독관에 제출하여야 한 후 작업에 들어가도록 한다. 용접은 다음과 같은 방법에 따라 수행하되 교량의 안전성을 위해서 동일 단면에서 동시 작업은 불가하며 1개소 보수 후 다른 위치로 이동·반복 시행토록 한다.

참고문헌(Transaction JWRI, VoL. 12, No.2, 1983)에 의하면 진동이 균열용접에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있으나 미소균열이 발생된 대표부위를 선정하여 시험적으로 용접보수를 시행한 후 그 결과에 따라 대상부위를 확대해 나가고, 교량의 진동으로 용접자세, 용접기구의 운용 등이 쉽지 않으므로 용접보수중에 균열부의 용합불량, 언더컷, 과용접 등의 결함 가능성이 크다고 할 수 있다. 따라서, 용접보수 부위는 UT, RT 등을 통해서 합격 여부를 검토하고 불합격으로 판정되면 다시 가우징 후 재용접 하여야 한다. 또한 완전하게 폐합되지 않거나 균열이 재발생 될 수도 있어므로 정기적인 관찰을 실시하여 균열이 진전되면 적극적인 방법으로 보수하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

나. 용접보수 기본사항 및 주의사항

용접보수의 기본적인 사항을 제시하면 다음과 같으며, 균열부의 용접보수로 용접열에 의해 균열이 크게 되든지, 새로운 균열이 만들어지는 등 오히려 용접결함을 증가 시킬수도 있어 다음의 절차에 따라 신중하게 작업을 진행할 필요가 있다.

① 보수방법의 결정

균열의 범위, 깊이, 모재 및 구조부위의 관계 등을 고려하여 보수에 필요한 시간이나 보수장소에 따라 용접방법을 결정한다.

② 보수시방서 작성

보수에 관계되는 제반사항이 결정되면 보수 작업을 수행하기 위한 보수시방서를 작성하여야 하며 이러한 보수시방서는 보수완료 후 중요한 기록으로 관계되므로 보다 완전하게 작성하여야 한다.

③ 균열범위의 확정

용접으로 균열을 보수를 하는 곳은 먼저 균열범위의 확인이 필요하고 특히 균열 선단부는 육안으로 판단할 수 없는 곳까지 진전되어 있는 것이 보통이므로 이런곳의 균열범위는 탐상시험을 이용하여 확인할 필요가 있다.

④ 균열진전방지

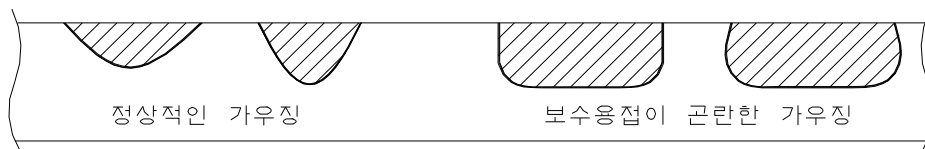
균열제거시 가스 또는 아아크에어에 의한 파내기 작업은 가열을 동반하므로 오히려 균열범위가 확대되는 경우가 있어 균열제거시 세심한 확인이 필요하고 사전에 결함진전에 대한 방호책을 강구해야 하는 경우도 있다.

⑤ 균열의 제거

균열은 주로 가우징으로 제거하는데 육안으로 확인하여 균열이 없어진 경우에는 균열이 완전히 제거되었는지 탐상법을 통해 재확인하며 균열이 저면까지 관통하고 있는 경우는 저면근방에서 작업을 중지하고 새로운 보수방법을 강구하여야 한다.

⑥ 보수부위의 개선(開先)

균열제거후 용접보수를 위해 균열을 중심으로 용접면을 정형하게 되는데 개선이 바르지 못한 상태에서의 용접은 오히려 새로운 결함을 만들게 되므로 반드시 개선형상확인 검사를 실시하여야 한다.

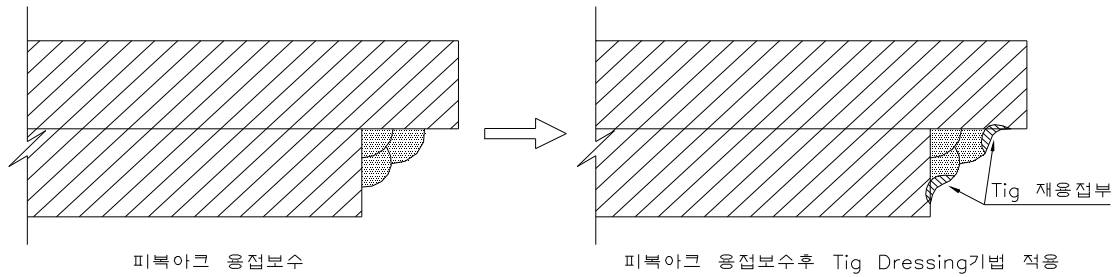


<그림 4.3.1> 개선면의 상태

⑦ Fillet용접부의 보수요령

용접에 의한 보수의 경우 균열 시·종점부에 새로운 블로우홀 등 또 다른 용접결함을 만들 수 있으므로 용접봉의 선정, 운봉법 등을 상황에 따라 적절히 조정하여 시공하는 것이 중요하다.

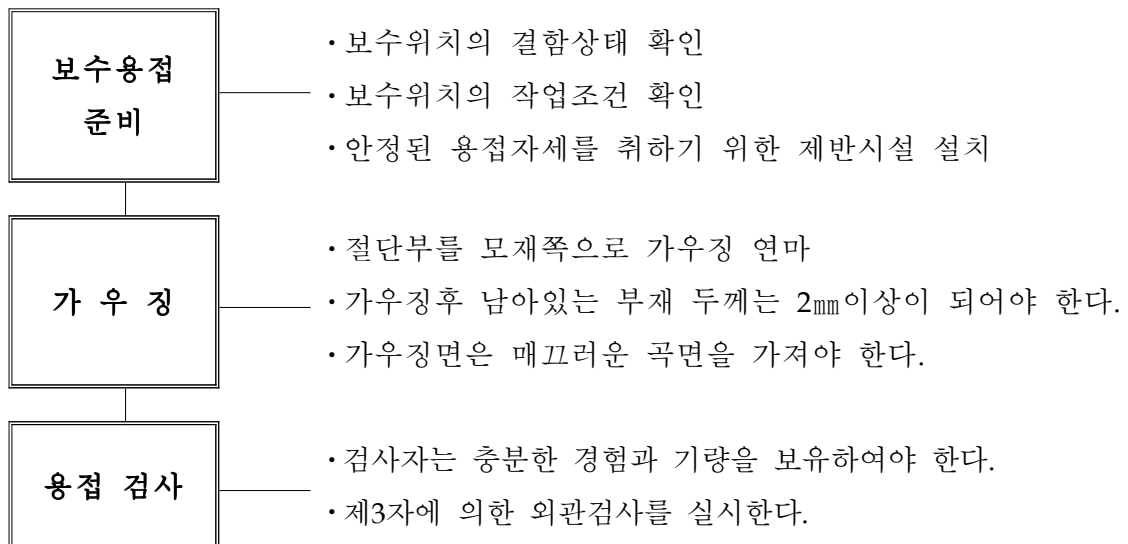
- 자분탐상시험으로 표면상의 균열끝단부를 확인한다.
- 균열부위를 가우징으로 제거하고 그라인딩으로 연삭한 후 용접개선을 만들어 다시 자분탐상시험을 하여 균열 유무를 확인한다.
- 여열이 필요로 하는 경우 좁은 범위에서 가열되므로 보통의 용접 설정온도 보다 50℃ 정도 높게하여 작업한다.
- 고장력강을 피복아아크용접으로 보수할 경우 국부가열을 피하기 위해 균열이 짧은 경우에도 용접길이는 최소 50mm로 한다.
- 피복아아크용접으로 보수한 Fillet 용접부의 가장자리(Toe)에 생긴 잔류응력을 재분배하고, 피로수명을 연장시키기 위해 필요시 그림과 같이 Tig Dressing기법을 적용한다



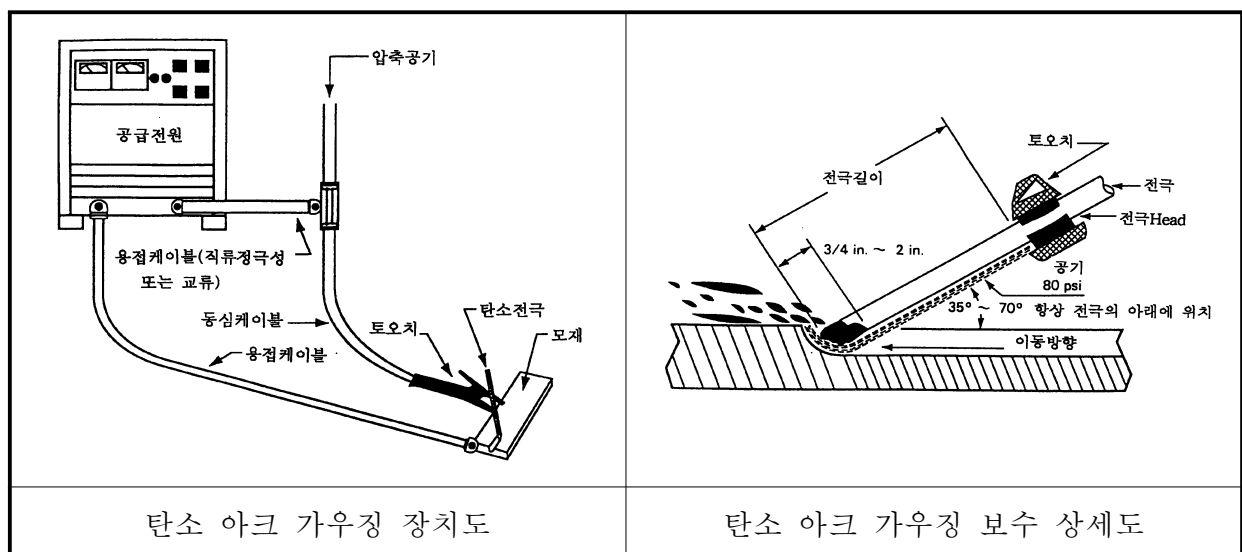
< Tig Dressing 기법 >

⑧ 용접보수기록작성

보수용접을 마치면 최종확인검사를 실시하여 이상유무를 확인한 후 이상이 없을 경우 작업을 종료하며 보수절차에 대한 기록서를 작성하여 향후 교량유지관리에 활용할 수 있도록 한다.



< 보수용접 순서도 >



4.4 교면포장 및 교면방수

4.4.1 교면포장 및 교면방수

가. 보수 방법

본 교량의 교면방수를 실시할 경우 아스팔트 포장재를 완전히 제거하고 콘크리트 바닥판이 노출되도록 작업을 실시하고 상부구조가 연속형식이므로 작업의 범위는 연속 격간 전체를 실시하는 것을 원칙으로 하며 연석과 바닥판 사이에 누수를 고려하여 연석의 중간부까지 교면방수를 실시하는 것으로 한다.

교면방수 및 재포장은 교통처리 계획을 면밀히 검토하여 전체공정을 마무리할 수 있도록 제거하여야 할 기존 포장의 상황, 시공 능력, 교통환경 등을 종합적으로 고려하여 1일 시공범위를 설정하여야 한다. 또한, 포장 제거 후 바닥판 상면의 균열 및 열화부는 치핑하여 제거하고 면처리를 실시한 후 주입 등의 보수를 반드시 실시하여야 한다. 교면방수 및 재포장의 절차는 다음과 같다.

- 1) 기존의 아스팔트 5cm를 걷어 낼 때 하루 시공량이 되도록 시공에 앞서 미리 콘크리트를 절단해 두는 것이 좋으며, 포장층을 제거 한 후 하면의 요철부는 면처리하여 평탄성을 확보한다.
- 2) 콘크리트 상면의 균열 및 손상부에 대하여 주입, 단면보수를 실시한다.
- 3) 그 다음 교면방수를 실시하는데 시공시 방수재료에 따라 표면 콘크리트의 함수비(10% 이하) 조건을 충족시켜야 하며, 교면의 횡방향으로 방수재 단부와 연석이 만나는 접속부는 연석 중간높이까지 연장하여 시공하여야 한다.
- 4) 포장을 실시한다.

나. 교면포장재

교면포장재는 내구성 및 피로저항성이 우수하고 소성변형에 강한 개질아스팔트에 대하여 <표 4.4.1>에 비교하였다.

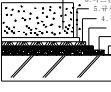
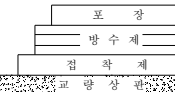
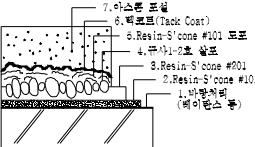
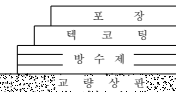
<표 4.4.1> 교면포장재의 비교

구 분	SBR LATEX 아스팔트	SMA아스팔트	SBS아스팔트
개요	- 고무제품인 SBR을 물과 50:50으로 분산시켜 현탁액 형태(LATEX)로 생산 STYRENE BUTADIENE RUBBER). - 아스콘 공장에서 현장배합 (PLANT MIX)	- 일반아스팔트인 AP-5를 BASE 아스팔트로 하여 조골재 및 BITUMEN과 섬유를 보강한 MASTIC을 혼합하여 생산 - 기존의 아스팔트 믹싱 플랜트에서 생산	일반아스팔트인 AP-5를 BASE 아스팔트로 하여 정유공장에서 고무제품인 SBS를 물리 화학적으로 개질 시켜 생산(PREMIX)
특징	ASCON PLANT의 MIXER 내에서 골재와 배합될 때 수분증발과정에서 건조된 골재의 건조상태가 나빠지고, 급격한 수분건조 후 고형분의 고무만 남게되므로 점도의 급격한 증가로 골재와 혼합에 세심한 주의가 필요하다.	- SMA 혼합물의 구성은 크게 골재, 아스팔트, 섬유첨가재(fiber)의 3종류로 나뉜다. - 일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 달리 골재의 사용 측면에서는 굵은골재가 상대적으로 다량으로 사용되고, 다량의 굵은골재 사용에 따른 탈리 및 균열에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 상대적으로 많은 양의 아스팔트가 사용됨 - 많은 양의 아스팔트의 흘러내림과 블리딩을 방지하기 위한 섬유첨가재가 추가되며 다량의 채움재가 사용된다는 것이 SMA 혼합물 구성상 특징임	분자결합형 SBS PMA는 완전 국산화된 사전배합 (Pre-Mix) 형태의 제품으로 아스콘 플랜트에서 별도의 추가 설비나 인력없이 일반아스팔트 혼합물과 동일한 방법으로 그 혼합물을 생산하며 일반아스팔트 혼합물과 동일한 다짐장비를 활용하기 때문에 시공이 매우 편리함
장단점	- 소성변형 저항성 우수 - 노화 방지(AGING) - 접착력우수 - 저온균열 저항성 우수 - 교량상 시공실적이 다수 - 외국의 수입에 의존	- 과중한 교통량과 높은 온도에 의한 소성변형에 대하여 저항력이 좋다. - 유연성이 좋아서 낮은 온도에서 균열이 없다. - 마모에 대한 저항력이 좋다. - 내구성이 우수하다. - 소음이 적다. - 교량상의 진동에 의한 균열의 발생우려가 있다.	- 소성변형 저항성 우수 - 저온/피로균열(CRACK) 방지효과 우수 - 노화 방지(AGING) - 방수효과 우수 - 탄성이 우수하여 진동에 대한 저항성 우수 - 타 개질 아스팔트에 비하여 경제적이다. - 국내의 시공실적이 많지 않음.

다. 교면방수제

방수층은 일반적으로 시트계통 방수재료 또는 용제계통 방수제를 살포 또는 설치하거나 방수성능을 가진 포장혼합물 등을 포설하여 방수층을 형성시킨다. 여기서는 용제계통 방수제 중 도막식과 침투식에 대하여 비교 설명한다.

<표 4.4.2> 교면방수 재료 비교

구 분	도막식방수			침투식 방수 (폴리머)
	구스톤(아스팔트계)	클로로프로렌(고무계)	RESIN-SCONE (에폭시 수지계)	
공 법				
개 요	· Guss를 Cooker에 고온(220℃)으로 녹여 교면에 포설 · 유리섬유매쉬설치	· 고무롤 톨루엔 등의 용액에 녹인액체를 교면에 살포	· 강력한 접착력을 가진 재료를 살포하여 미끄럼 방지층을 형성하여 방수층 확보	· 콘크리트 바닥판 표면의 미세공극에 방수재를 침투시켜 방수막 형성
재 료 성 분	· 구스톤(폴리머 변형 아스팔트계) · 유리섬유 매쉬	· 고무롤 톨루엔등에 녹인 액상재료	· 에폭시 수지계 + 규사	· 폴리머
시 공 방 법 (공 정)	· 교면 정리→프라이머 도포(1회)→유리섬유매쉬 설치→구스톤(고온용융)포설→규사 살포	· 교면정리→프라이머 도포 (2 회)→방수층클로로프로렌 시공 (상온)	· 바탕처리→레진스콘#101도포(하도)→레진스콘#201도포(중도)→레진스콘#101도포(상도)	· 레이턴스제거→폴리머 몰탈 보수→폴리머 함침→규사살포
재 료 특 성	· 고온(200℃) 구스액 포설로 이음 없는 방수층이 형성되어 방수성 우수 · 높은 접착성으로 밀림현상 없음 · 유리섬유매쉬 시공으로 인장강도 탁월 · 식음과 동시 아스콘 표층 포설이 가능하여 작업시간 단축 · 균열 추종성 양호 · 방수장비 소요	· 공사비 비교적 저렴 · 고무계로서 균열 추종성 양호 · JOINT 없는 방수층 형성, 시공이 용이 · 수분에 저항성 없으며, 열에 쉽게 분해 · 접착이 아닌 점착으로 부착력 약함 · 시공시 기포 발생 · 아스콘 포설시 골재에 의한 도막 파손 위험 · 아스콘 밀림현상 발생우려 · 고온의 염수, 수증기에 약함	· 에폭시 수지와 바닥판 접착성 우수 · 중차량에 의한 아스콘밀림, 들뜸 방지 · 아스콘 포설장비에 파손없이 시공성 우수 · 수밀, 방수, 내약품방식, 내염수성 우수 · 아스팔트 포장 장수명(20년 경과 사례있음) · 바닥판에 존재하는 미세균열 보강 · 신기술 제 186호	· 교량상판 열화부 폴리머콘크리트 단면보강으로 내하력증대 · 노후 상판 콘크리트 폴리머 함침강화 · 규사살포로 상부아스콘층과의 부착력증대 · 균열발생시 대책 없음 · 침투깊이 확인 불가 · 재살포시 추가침투 불가능 · 표층 시공시 텍코팅 별도 필요
시 공 두께	2 - 3 mm	0.8 - 1.2 mm	0.8 - 0.9 mm	1 - 2 mm

4.5 유지관리 방안

교량의 유지관리는 시설물의 사용성과 안전성을 유지하기 위하여 정기점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위로서 본 장에서는 정밀점검 결과를 바탕으로 교량의 유지관리에 도움이 되는 몇가지 사안을 제안하고자 하며 본 보고서 부록에 수록한 외관조사망도를 참고하면 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있을 것으로 생각된다.

4.5.1 개요 및 점검종류

안전점검은 「법」 제6조에서 정기점검, 정밀점검 및 긴급점검으로 구분하고 있으며 이를 근거로 「지침」 제3장에서는 정기점검, 정밀점검은 초기점검과 정기적 정밀점검으로 세분하고, 긴급점검은 손상점검과 특별점검으로 세분하고 있다.

가. 정기점검

- 1) 경험과 기술을 갖춘 자에 의한 순찰정도 수준의 점검이나 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함의 가능성을 조기에 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.
- 2) 육안 및 망원경, 거울 등의 보조기구를 사용하여 도보로 접근 가능한 교량의 전반적인 외관상태를 조사한다.
- 3) 정기점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함) 다음 반기부터 반기별 1회 이상 실시하며, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단의 현장조사기간과 중복되는 경우 생략할 수 있다. 점검결과 중대한 결함이 있는 경우에는 즉시 보고하고 「법」 11조의 규정에 따라 즉시 행정기관의 장에게 통보하여야 한다.
- 4) 외형상 확연히 나타나는 손상 및 결함은 특기사항으로 기입하고 상태평가등급은 매기지 않는다.
- 5) 외관조사결과 손상부위에 대해 향후 진행여부를 확인할 수 있도록 손상부위에 점검일시, 손상부위(시종점)를 유성펜으로 표기하고 주요균열은 균열칩등을 설치하여 균열진전 여부를 확인한다.

나. 정밀점검

1) 초기점검

- ① 초기점검은 정밀점검 및 긴급점검을 실시할 수 있는 책임기술자의 자격을 갖춘 자가 수행하여야 하며, 신설구조물과 구조형태가 변화된 시설물은 준공 또는 사용승인(임시사용 포함)후 6개월 이내에 최초의 정밀점검(초기점검)을 완료하여야 한다.
- ② 초기점검의 목표는 관리주체가 시설물의 유지관리를 하는데 필요한 초기치와 기초자

료를 얻기 위함이며, 또한 시설물의 전부재에 대한 조사·관찰로 현재 발생한 결함 및 장래 발생하기 쉬운 결함을 조사하여 시설물의 상태평가항목 및 중점 유지관리 항목의 파악을 하는 것이다.

- ③ 초기점검 시에는 사전에 설계도서를 상세히 검토하고 붕괴유발부재 또는 부위를 파악하여 현장조사시 주의를 기울여야 하며, 추후 유지관리시 특별한 주의를 필요로 하는 사항도 제시하여야 한다.
- ④ 초기치를 얻기 위하여 전체부재에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

2) 정기적 정밀점검

- ① 시설물의 현상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용 요건을 만족시키고 있는지 여부를 판단한다.
- ② 정기점검보다 비교적 정밀육안검사와 간단한 측정기구, 필요한 경우 점검차를 이용하여 점검한다
- ③ 정밀점검은 전회의 정밀점검 완료일을 기준으로 2년에 1회 이상 실시하고 이전의 점검·진단시 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고 부록에 수록되어 있는 정밀점검 서식에 정밀점검 내용, 결과 및 조치필요사항 등을 기록하고 시설물 전체에 대한 상태평가등급(A, B, C, D, E)을 결정한다. 결함이 신규로 발생 또는 진전된 부재는 외관조사망도를 작성하여 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.
- ④ 준공후 50년이 경과하고 연장 100m 이상인 하천교량은 수중조사를 필히 실시한다.
- ⑤ 시설물에 영 제12조의 중대한 결함이 발생하거나, 중요 부재의 상태평가등급이 D등급 이하로 정밀안전진단이 필요하다고 판단될 경우에는 관리주체에 즉시 보고하여야 하며, 관리주체는 「법」 제7조제1항의 규정에 의하여 정밀안전진단을 실시한다.
- ⑥ 외관조사결과 손상부위에 대해 향후 진행여부를 확인할 수 있도록 손상부위에 점검일시, 손상부위(시종점)를 유성펜으로 표기하고 주요균열은 균열침등을 설치하여 균열진전 여부를 확인한다.

다. 긴급점검

긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우나 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에 긴급점검의 요청이 있을 때 실시하는 점검으로서 손상점검과 특별점검으로 구분된다.

1) 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로 재해나 사고에 의해 비롯된 시설물의 손상을 긴급히 점검하는 것이다. 점검의 범위는 손상의 정도, 긴급한 사용제한 또는 사용금지의 필요 여부, 보수·보강의 긴급성, 보수·보강작업의 규모 및 작업량 등을 파악하여 결정하는 것이

며 이를 위하여 측정·시험 및 필요한 경우 안전성평가를 실시하여야 한다. 점검자는 사용제한 및 사용금지 여부를 판단하여 필요할 경우에는 즉시 관리주체에 보고하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

2) 특별점검

특별점검은 정밀점검의 수준으로 실시되는 점검으로서 기초침하 또는 세굴과 같은 결함이 의심되는 경우나 사용제한 중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위함이 주목적이며 점검시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다. 또한, 시설물의 구조형태가 변화되었을 경우에도 특별점검을 실시하여야 하는데 이는 문제점 발생부위 및 붕괴유발 요인 등 중점 유지관리 사항을 파악하고 향후 안전점검 및 정밀안전진단시 상태 및 안전성평가의 기초자료인 각종 초기 값들을 구하는 것이 주목적이다. 점검서식은 정밀점검 서식에 준해 작성하되 점검의 범위·내용 및 특성에 따라 조정 가능하다.

4.5.2 유지관리 개념

유지관리란 시설물의 내용연수 내에 그 기능을 보존하고 이용자의 편의나 안전을 도모하기 위한 목적으로 일상정비하고 손상된 부분을 원상태로 보수하여 최초로 정비된 상태로 유지함과 아울러 시간의 경과에 따른 시설의 개량을 행하는 것이다. 따라서 여기에는 시설물의 갱신이나 개량은 포함되지 않는다. 여기서 유지관리의 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

<표 4.5.1> 유지관리의 기본개념

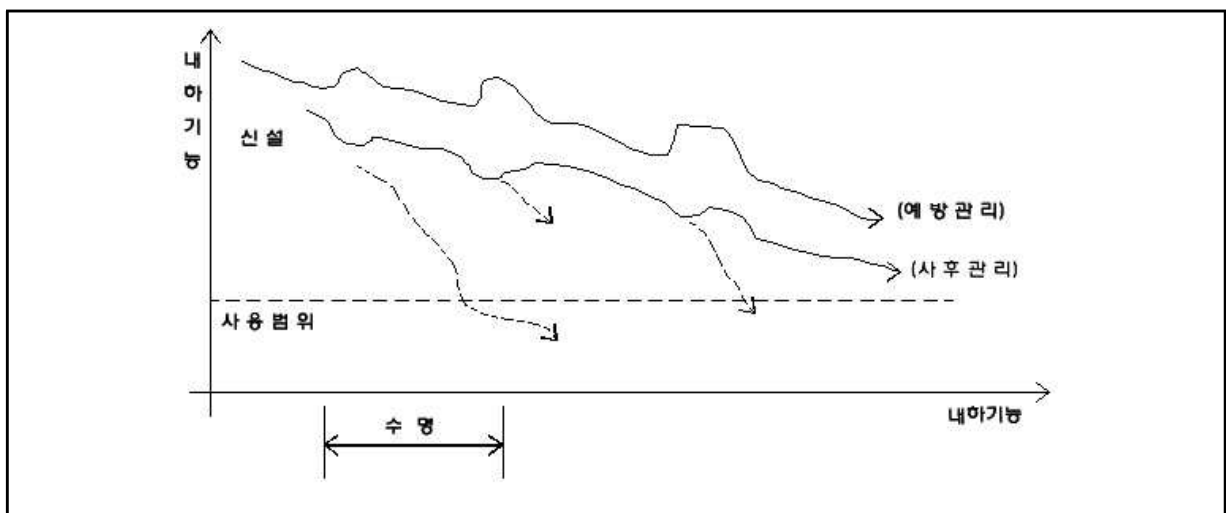
구 분			내 용
유 지 관 리	점검 검사		· 정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		· 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유 지 보 수	유지	· 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위 한 행위
		보수	· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	· 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복 시키는 행위
갱신 · 교체			· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위
개 량			· 당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위

4.5.3 시설물 유지관리

시설물의 유지관리란 시설물의 기능을 보존하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 시설물의 순찰, 안전점검, 일상점검 및 손상된 부분의 원상회복과 보수보강을 통하여 공용수명 기간 중 안전한 사용 및 시설물의 기능을 다하도록 하기 위한 제반활동 및 과정을 말한다.

유지관리는 크게 사후 유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방 유지관리(Preventive Maintenance)로 구분할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제발생을 예방하는 방식이다.

과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 현재는 진단기술 및 장비가 발달되어 예방 유지관리를 지향하고 있다. 토목구조물은 옥외에 설치된 경우가 대부분이고, 장기간에 걸쳐 내하력·내후성·내구성·내진성 등의 기능을 확보해야 하므로 손상 초기단계에서 조치를 취하는 예방 유지관리 방식이 보다 경제적이고 유리할 것으로 판단된다.



<그림 4.5.1> 구조물 시간경과에 따른 내하능력 저하

■ 방치하는 방법 :

손상을 방치하면 기능저하에 의한 손상이 더욱 진행되고, 또는 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용기능을 상실한다.

■ 손상진행 후에 보수하는 방법 :

손상이 경미하게 진행한 시점에 보수하여 기능회복을 도모하면 내용연수를 연장 할 수 있지만, 손상의 진행이 현저하면 기능회복이 어렵게 되고 기능회복 비용이 커진다.

■ 손상초기에 조치를 취하는 방법 :

손상의 초기단계에 조치를 취하면 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복할 수 있고, 교량은 항상 건전한 상태를 유지하고, 내용연수를 연장할 수 있다.

따라서, 손상의 초기단계에 조치를 취하여 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복하게 되면 구조물은 항상 건전한 상태를 유지하고, 공용년수를 연장할 수 있다.

4.5.4 시설물 진단 및 점검

1) 개 요

<표 4.5.2> 시설물 진단 및 점검개요

목 적	· 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함 및 내재 되어있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 조치 및 보수·보강 방법을 제시하여 시설물의 안전을 확보
준비사항	· 적절한 계획 수립, 조사·시험 항목의 선정, 경험과 기술을 갖춘 기술 인력과 소요 장비 · 각 시설물에 대한 특수한 구조적 특성 검토, 최신 기술과 실무 경험의 적용

2) 안전점검 및 정밀안전진단의 내용

<표 4.5.3> 점검 및 진단의 내용

구 분	점검주기	점검내용	조치사항
정 기 점 검	1회/6개월	· 세심한 육안검사로써 시설물의 기능적 상태 점검	· 중대한 결함 발견시 법제11조 규정에 따라 즉시 관계 행정기관의장에게 통보 · 긴급점검 또는 정밀안전진단 실시
정 밀 점 검	A등급 1회/3년 B, C등급 1회/2년 D, E등급 1회/1년	· 면밀한 육안검사와 간단한 측정·시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시 · 시설물 전체에 대한 상태평가 등급을 평가하며, · 결함부위등 주요 부위에 대한 외관 조사망도 작성 등 · 수중조사(4년/1회)	· 중대한 결함 발생 시 해당 부위에 대하여 안전성 평가 실시 · 결함이 광범위한 경우 관리주체는 법제7조제1항의 규정에 의하여 정밀안전진단 실시
정밀안전진단	A등급 1회/6년 B, C등급 1회/5년 D, E등급 1회/4년	· 정밀한 근접 육안검사 및 각종 측정·시험장비에 의한 측정·시험을 실시 · 시설물의 결함 정도에 따라 구조물의 내하력 등 안전성 평가를 실시하며 이를 위하여 필요한 조사, 특정, 시험, 구조계산, 수리해석 등을 실시하고 분석 · 검토를 하여 안정성 평가등급을 결정	· 검사결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강방법 제시

4.5.5 유지관리 및 보수 계획

1) 유지관리 계획

<표 4.5.4> 시설물 유지관리 계획

유지 관리 목적	· 시설물 유지관리는 기 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일상점검 및 정기점검을 통하여 사진에 유해요인을 제거하며 · 손상되어진 부분을 원상 복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 함으로써 · 이용자가 편의와 안정을 도모하며, 시설물의 효율적인 관리로 영구적인 이용을 위해 시행함
유지 관리 역할	· 유지관리의 기본적인 역할은 여러 가지 내적 외적 요인에 의하여 기능이 저하된 일정한 방법의 조치를 취해 그 기능을 회복시켜 당해 시설의 내용연수까지 양호하게 보전 · 기존 설계법과 시공법을 개량시킬 수 있는 자료 제공 · 유지관리를 고려한 설계법과 설계개념을 전환시키는 역할 등
유지 관리 방침 수립	· 시설물에 대한 규칙적인 점검과 정비를 체계적으로 설치 · 시설물의 원기능을 유지할 수 있도록 보수 및 보강에 대한 타당성을 사전에 검토·판단 · 시설물 유지에 관련된 예산의 집행을 점검 및 정비계획에 맞춰 효율적으로 산정·운영하여 예산의 낭비방지 · 시설물 유지관리 기반의 정예화 · 원활한 유지관리체계 확립

2) 유지관리 기본개념

<표 4.5.5> 유지관리 기본개념

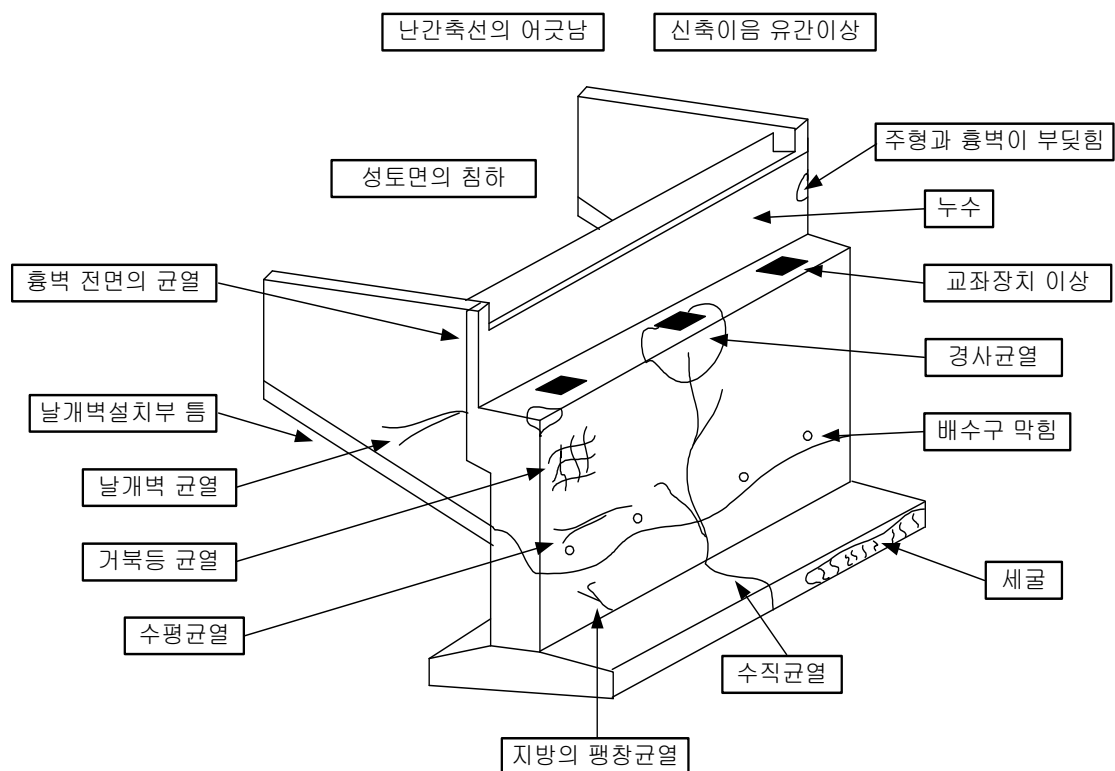
구 분		기 본 개 념
점검·검사		· 정기점검. 이상시 점검을 주체로 하며, 이에 수반되는 관리업무 포함
평 가		· 점검결과에 따라 유지 상태를 평가하여 보수 필요성 등을 판단
유지보수	유 지	· 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 하기 위한 행위
	보수·수선	· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
	재해복구	· 이상 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 복구하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위

4.5.6 향후 주요점검 항목

1) 교대

교대의 손상은 건설 당시의 초기침하 및 콘크리트의 균열로서 나타나고 시간이 경과함에 따라 기상작용과 교통하중의 장기적인 열화 요인에 의하여 노후화되는 양상을 보인다. 일반적으로 지반침하, 이동, 부등침하로 인한 수직균열, 표면열화, 수위면의 부식, 받침부의 박락 등의 손상이 관찰되며 또한 대부분의 경우 단면이 매우 큰 구조물이므로 시공시 매스 콘크리트에 관련한 시공조건을 충족치 않은 경우 수화열, 건조수축, 균열 등의 손상을 입기가 매우 쉬운 구조체이다. 또한 부유물에 의한 충돌손상이 발생하는 경우가 많다. 기초는 상부하중을 직접 혹은 파일을 통하여 지반으로 전달하는 중요 부위이다. 이와 같은 기초부는 교대와 교각에 공통적으로 적용된다. 특히 기초지반의 지지력이 부족하여 지속적인 침하가 발생하면 받침본체, 받침부 콘크리트, 혹은 옹벽이 파괴되어 주형에 좌굴이 발생하기도 한다. 기초부에 발생 가능한 손상은 기초침하, 부등침하, 경사, 균열, 기초의 근입깊이 부족, 강도부족 등이 있다. 교대의 손상유형은 다음과 같다.

① 주요 손상유형



<그림 4.5.2> 교대 손상유형

② 중점 유지관리 항목

교대는 변형이 상당히 발달되어 구조물 전체에 변위가 생기기 전에는 교대의 손상유무를 눈으로 확인하기가 어렵다. 따라서 주의 깊게 점검을 해야 한다.

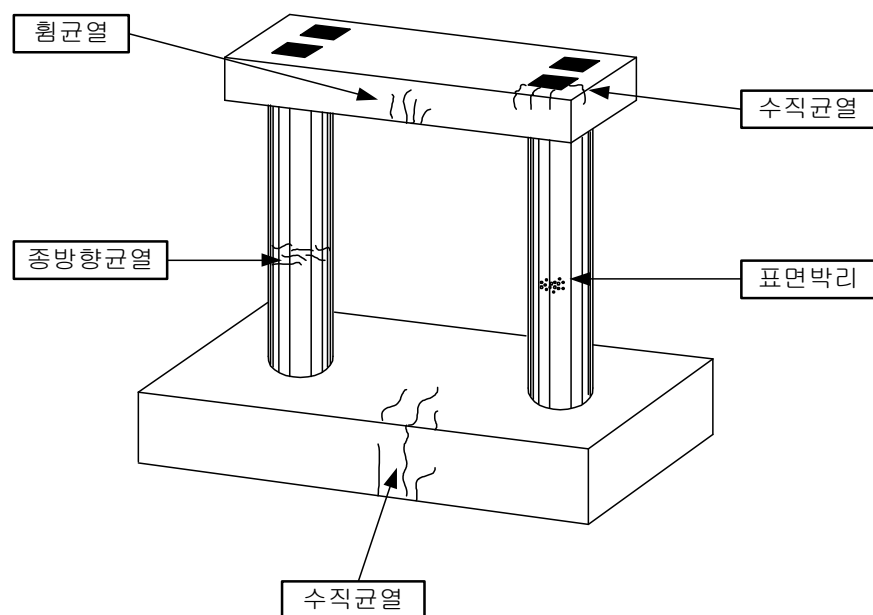
<표 4.5.6> 교대의 중점 유지관리 항목

구 분		조 사 항 목
기 초	지 반	· 세굴, 융기, 이동
	호 안	· 침하, 이동, 유실 · 모르타 이음부의 균열, 치장줄눈의 상태 · 침식, 공동현상, 균열재료의 노후화 상태 및 기타
	본 체	· 침식, 침하, 이동, 경사
교대상부		· 균열, 박락, 철근노출 및 부식 · 백태현상, 변색, 열화, 골재분리. 누수, 체수 · 수평, 수직이동
보강토옹벽		· 이음부의 균열, 치장줄눈의 상태 · 침식, 공동현상, 석질의 노후화
날 개 벽		· 균열, 박락, 철근노출 및 부식 · 백태현상, 층분리, 변색, 열화, 골재분리. 누수, 체수 · 최전 이동 및 침하의 흔적
배수시설		· 적절기능 유지, 토사 및 먼지의 유입여부

2) 교각

교각의 구조적 특성 및 손상은 교대와 유사하다. 교각의 손상유형은 다음과 같다.

① 주요 손상유형



<그림 4.5.3> 교각 손상유형

② 중점 유지관리 항목

- 휨 균열 : 내하력의 저하 또는 공용하중의 초과로 발생
- 전단균열 : 내하력의 저하 또는 공용하중의 초과로 발생
- 교각두부파손 : 교좌장치 결함으로 인한 교각두부파손, 거터단부의 접촉에 의한 교각두부파손

3) 교량 각 부위

대상 교량 각 부위의 중점 유지관리 사항은 다음과 같다.

<표 4.5.7> 각 부위의 중점 유지관리 항목

구분	점검부위	주요 점검항목
상 부	교면포장	· 포장면의 균열, 마모, 함몰, 단차 및 요철발생 · 포장이음면 틈새를 통해 우수침투에 의한 파손발생
	난간, 연석, 방호책	· 건조수축 균열부의 백태 및 누수 및 추가적 진전여부 · 충격에 의한 손상 및 회전의 흔적
	배수시설	· 배수기능상태 · 배수구 주위파손 · 배수관침식 또는 부식 · 관의 파손
	바닥판 슬래브	· 바닥판 슬래브 현치부 미세균열의 진전 및 추가적 발생사항 · 보도측 바닥판 슬래브 하면의 백태 및 누수의 추가적 발생여부
	거터	· 중앙부의 횡방향 균열 발생여부 · 콘크리트의 균열, 박리, 박락, 철근노출 발생여부
	교량 받침	· 신축이음부를 통한 우수의 유입으로 인한 강재받침의 부식발생 여부 · 고무재 균열 및 찌그러짐, 부풀음, 압출의 발생여부 · 계절변화에 따른 온도변화 및 활하중 등에 의한 상부하중 작용시 받침의 가동기능 및 여유량 확보 여부
	신축이음 장치	· 신축이음 본체 및 후타재의 파손 및 변형발생 · 신축이음장치의 유간을 통한 누수발생여부
하 부	교대	· 벽체면의 수직균열 발생여부
	교각	· 벽체면의 수직균열 발생여부
	기초	· 유수에 의한 세굴발생 및 상부 하중 및 기초지반의 변위에 따른 편기 및 침하 발생여부

4.5.7 점검자 안전수칙

시설물의 점검책임자는 시설물 점검시 안전수칙을 준수하여 본인, 동료 및 시민에게 안전사고가 발생하지 않도록 각별히 유의하여야 한다.

1) 안전사고의 주요 원인

① 교통사고

- 통행차량의 과속에 의한 사고
- 점검자의 도로횡단시 사고
- 차량 현장 이동시 교통사고

② 추락 및 낙하사고

- 점검중 사다리에서 추락, 낙하
- 보트의 조작 미숙, 기계적 고장에 의한 익사사고
- 점검 장비 및 기기 낙하에 의한 사고

③ 전도 및 충돌

- 어두운 장소의 점검시에 신체의 전도 및 충돌

④ 감전사고

- 조명시설이나 각종 케이블 절선에 따른 누전에 의한 감전

⑤ 유해물질 흡입, 질식에 의한 사고

- 산소부족으로 질식
- 위험물 배관이 통과하는 부분을 점검할 경우 유해가스 누출에 의한 중독

⑥ 기타

- 주의 산만, 부주의, 사적인 문제에 대한 걱정 등 부적절한 점검태도
- 점검에 대한 지식·기술의 결여, 육체적 능력의 부족 등 개인능력의 부족
- 질병, 부상 또한 약물복용, 음주 등 부적절한 건강상태
- 반복적인 업무에 의한 주의력 저하
- 안전의식의 결여나 위험요소에 대한 경시 등 점검자 자신의 경솔함
- 점검시간의 단축을 위해 안전을 경시하는 등 조급함
- 사다리, 로프, 케이블 손상, 부식 등 장비의 결함

2) 점검자의 복장

- ① 점검복 - 몸에 잘 맞는 규정된 복장을 점검당일의 일기상황을 고려하여 착용
- ② 점검화 - 규정된 안전화 착용
- ③ 장갑 - 가죽 또는 면장갑(강재 모서리 등 날카로운 부분으로부터 보호)
- ④ 점검가방 - 점검 장구, 노트휴대(양손 자유롭게 사용)
- ⑤ 기타 - 보석류 착용금지, 안경착용자는 점검작업시 장애가 될 수 있는 초점이 두 개인 안경 착용금지

3) 안전장구의 착용

- ① 안전모 - 낙하물 또는 충돌로 인한 부상방지
- ② 방진·방독마스크 - 유해가스 및 비산먼지로부터 보호
- ③ 안전벨트 - 추락방지
- ④ 안전조끼(구명조끼) - 통행차량으로부터 식별용이, 익사사고 방지

4) 점검시 유의사항

- ① 차량의 점검
 - 점검 시작 전에 차량의 상태, 점등, 삼각표지판, 라바콘, 통행지시판 등을 확인
- ② 사고발생시 조치
 - 작업 중 사고발생시 상위의 관계자에게 즉시 연락하여 지시를 받음

5) 안전수칙

① 음주 및 약물복용 금지

점검자는 안전사고에 대한 경각심을 갖고, 점검시 건전한 정신적, 육체적 상태를 유지하여야 하며, 시설물 점검 전 및 점검 중 음주 또는 약물을 복용해서는 안 된다. 특히, 감기약과 같은 약물은 졸음을 유발하는 등 2차 증세를 갖고 있으므로 주의해야 한다.

② 단독점검 금지

사고 발생시에 긴급대처가 가능하도록 점검시에는 항상 2인 이상이 조를 이루어 시행하여야 한다. 또한, 점검자는 점검 중 조원의 위치를 서로 알 수 있도록 하여야 하며, 조원의 소재가 불명확한 때에는 즉시 그 소재를 확인하여야 한다.

③ 점검자의 정신자세

점검자 스스로의 안전에 대한 의식이 제일 중요한 요소로, 감정적으로 흥분되어 있는 상태에서 점검을 하는 것은 위험하므로 점검시에는 항상 마음이 차분한 상태에서 수행하여야 한다.

또한, 점검자는 항상 자기가 어디에서 무엇을 하고 있는지를 염두에 두어 주의를 기울여야만 추락 등의 사고를 방지할 수 있다.

특히, 안전하게 점검업무를 수행할 수 없다고 판단되는 경우에는無理하게 작업을 시도해서는 안 된다. 이 경우 점검자는 안전상 점검을 하지 못한 사유를 보고서에 기록하여야 한다.

④ 감전에 주의

점검자는 감전 사고를 예방하기 위해 시설물 주변에 설치되어 있는 전선이나 케이블은 비록 전화선이라고 하여도 전기가 통하고 있는 것으로 간주하여 함부로 만지지 말아야 한다.

⑤ 어둡거나 밀폐된 장소에의 출입

어두운 장소에 대한 점검시에는 추락, 실족 등의 안전사고를 방지하기 위해 랜턴 등 조명 기구를 상용하여야 한다.

⑥ 유해 배기가스 및 비산먼지 주의

유해가스 및 비산먼지는 점검자의 호흡곤란이나 호흡기 질환으로 이어질 수 있는 항목이며, 특히 장시간 노출될 경우 체내에 누적되어 건강을 해칠 수 있으므로 유의하여야 한다.

⑦ 일기상태 고려

점검 작업은 일기상태를 고려하여 시행하여야 하며, 기온이 적절하고, 맑은 날이 좋다. 강우 시에 사면을 점검할 경우 미끄러워 위험하므로 점검자체를 연기하는 것이 바람직하며, 강우 직후에는 각종 이물질이 퇴적되어 미끄러운 부분이 많다는 점에 주의하여야 한다.

4.5.8 일반적 유지관리방안

<표 4.5.8> 유지관리방안

구 분	유 지 관 리 방 안
교면포장	· 정기적인 일상점검이 필요함.
	· 주요 점검항목 - 공통 : 포트홀, 균열 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 접속도로 침하 - 배수구 주변 : 이물질 및 토사퇴적
신축장치	· 정기적인 일상점검이 필요함.
	· 주요 점검항목 - 본체 : 충격음, 본체유동 및 파손, 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적, 방수제(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 구조물 경계부 포장침하로 인한 단차, 콘크리트 품질불량·열화에 의한 균열·파손, 단차·충격에 의한 후타재 균열·파손
난간, 연석	· 정기적인 일상점검이 필요함.
	· 주요 점검항목 - 방호벽 : 충격변형, 파손
배수시설	· 정기적인 일상점검 및 관리(청소)가 필요함.
	· 주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
바닥판	· 균열 및 재료분리등의 국부적인 손상에 대하여 정기적인 일상점검이 필요하며, 유지관리 차원에서 보수를 요함.
	· 주요 점검항목 - 균열, 박락 - 백태, 변색, 열화 - 철근노출 및 부식 - 재료분리
거더 / 가로보	· 정기적인 일상점검이 필요하며, 미관적인 측면에서 관리가 필요함.
	· 주요 점검항목 - 용접부 균열, 부식, 도장박리, 볼트체결부 부식, 이완

<표 4.5.8> 유지관리방안(계속)

구 분		유 지 관 리 방 안
받침장치		정기적인 일상점검이 필요함.
		- 주요 점검항목 - 가동받침의 신축유간 부족, 가동받침 전·후방의 가동장애 요소, 받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기상태, 가동면 부식, 신축유간 부족, 연단거리 부족 - 받침 모르터 : 균열 및 파손
하 부 구 조	교 대	정기적인 일상점검이 필요함.
		- 주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 두부 : 두부 물고임, 받침부 균열 및 파손, 두부와 흥벽 경계부 균열, 거더와 흥벽 신축유간 부족 - 벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
	교 각	정기적인 일상점검이 필요함.
		- 주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태 - 두부 : 받침부 하부 균열 및 파손 - 구체 : 시공이음부 균열, 이동 또는 기울음, 수면접촉부 침식
	기 초	기초부는 지반에 묻혀있어 확인 불가함.
		수중부는 필요시 수중조사를 통한 확인 가능.