

제 | 편

공통편

제1장 정밀안전진단 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 현장조사 및 시험

제4장 시설물의 상태평가

제5장 재하시험

제6장 시설물의 안전성평가

제7장 종합평가 및 안전등급 지정

제8장 보수 · 보강 및 유지관리 방안

제1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 "시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법"(이하 "시설물안전법"이라 한다.)에 따른 안전점검으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성과 결함의 원인 등을 조사·측정 및 결함상태를 점검하여 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 개요

1.2.1 시설물 현황

[표 1.1] 정밀안전진단 대상시설물 현황

연번	시설물명	위치	규 모		종별	형 식	준공 년도	비고
			연장 (m)	폭 (m)				
1	탄천교	성남 수정 사송	250	28.3 (6차로)	제1종	STB	1993	
2	상적교	성남 수정 상적	180	28.6 (6차로)	제1종	STB	1994	

1.2.2 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 5) 보고서 작성
- 6) 주요결함 관리대장 작성
- 7) 교통량 조사(중대형차량 등 구분)
- 8) 기타 발주기관이 필요하다고 요구하는 사항

1.2.3 과업수행기간

◦ 2023. 09. 11 ~ 2023. 12. 10 (91일간)

1.2.4 정밀안전진단 대상시설물의 범위

금회 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 다음 표와 같다.

[표 1.2] 시설물의 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위
			정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
주요 부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	○
	하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	○
	받침	교량받침	○	○	○	○
	케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	해당없음
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	○
보조 부재	2차부재	가로보 및 세로보	○	-	○	○
공중이 이용하 는 부위	추락방지시설		○	○	○	○
	도로포장		○	○	○	○
	도로부 신축이음부		○	○	○	○
	환기구 등의 덮개		○	○	○	○

※ 추락방지시설 : 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

※ 도로부 신축이음부 : 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

※ 환기구 등의 덮개 : 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)을 말한다.

1.2.5 과업의 내용

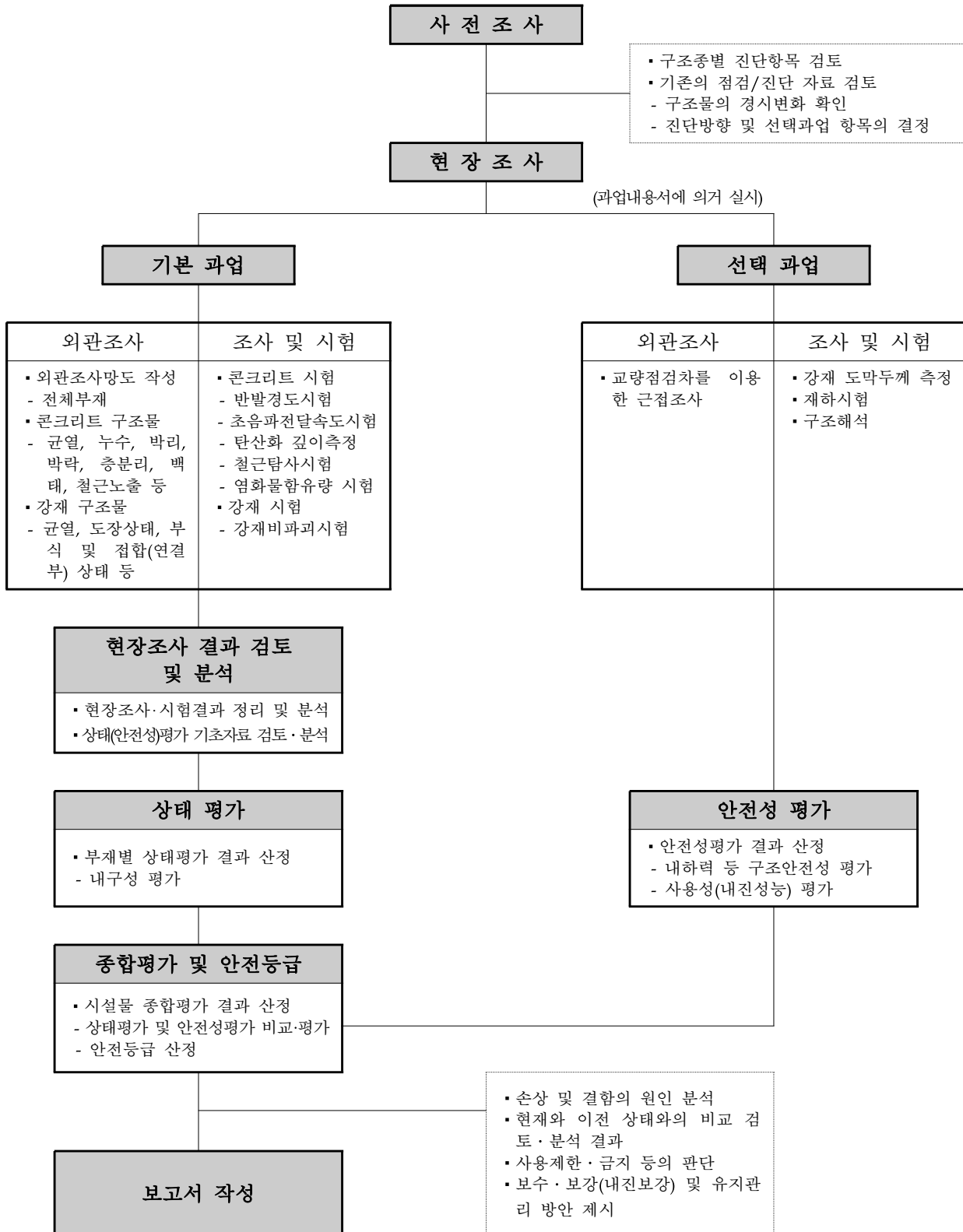
본 과업을 수행하기 위한 정밀안전진단의 세부 내용은 다음 표와 같다.

[표 1.3] 과업의 내용

과업의 범위	과업의 내용
관련자료 검토	- 설계도서 및 시공·품질 관련도서 검토 - 정밀안전점검 보고서 검토(2020년, 2022년) - 정밀안전진단 보고서 검토(2013년, 2018년)
외관조사	- 교량의 제원 및 시공 상태 조사 및 보수·보강 상태 조사 - 상·하부구조의 결함 및 손상 상태 조사 - 신축이음과 교량받침의 기능 상태 조사
재료시험	[콘크리트] - 콘크리트 강도 (비파괴시험법-반발경도법, 초음파속도법) - 철근탐사(배근간격, 피복두께) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 - 콘크리트 염화물 함유량 측정 [강재] - 용접부 초음파탐상시험 - 도막두께 측정
상태평가	- 외관조사 결과 분석 - 콘크리트 재료시험 결과 분석 - 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 등급에 대한 소견
재하시험 및 평가	- 교량의 실제 정적 및 동적 거동 평가 -하중의 중첩성, 충격계수, 고유진동수, 응답비 등 평가 - 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토 - 교량의 결함원인의 분석 및 규명
안전성평가	- 설계하중에 대한 구조해석 및 안전성 평가 - 손상 및 결함 부위에 대한 보강 여부 검토 - 허용응력법 및 강도설계법에 의한 내하력 평가 - 시설물의 안전성 평가 등급에 대한 소견
보수·보강공법 제시	- 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 - 기능 회복 향상을 위한 보수·보강공법 제시 - 보수·보강 수량 및 개략공사비 산출
유지관리방안 제시	- 중점점검항목 제시 - 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시
보고서 작성	- 결과보고 - 지적사항을 보완하여 최종보고서 작성 및 제출

1.3 과업수행 일정

1.3.1 과업수행 절차



[그림 1.1] 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 시설물에 대한 정밀안전진단 과업수행 일정은 다음 표와 같다.

◦ 2023년 09월 11일 ~ 2023년 12월 10일 (91일간)

[표 1.4] 과업수행 일정

과업내용	9월		10월			11월			12월	비고
	11	30	10	20	31	10	20	30	10	
1. 관련자료 수집 및 분석 ○ 착수계 제출 ○ 관계도서 수집 및 분석 ○ 현장조사 계획 수립										
2. 현장조사 및 시험 ○ 외관조사 및 내구성조사 ○ 재하시험(계측기 설치 및 측정, 분석) ○ 조사결과 정리 및 분석										
3. 상태평가 ○ 외관조사 결과 분석 ○ 시험결과 분석 ○ 내구성 평가										
4. 종합평가 ○ 안전상태 종합평가 ○ 안전등급 지정										
5. 보수·보강방법 ○ 보수·보강방법 제시										
6. 중간보고										
7. 최종보고										
8. 보고서 작성 ○ 관리주체 협의 ○ 성과품 제출 ○ e-보고서 작성										

1.4 사용장비 및 시험기기 현황

[표 1.5] 사용장비 및 시험기기 현황

장 비 명		규 격	용 도	활용방법	사 진	비고
균 열 측정기	PSM-20	PIKA	균열폭 측정	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인		
고배율 망원경	망원캠	SONY DEV-50V	외관조사 보조기구	원거리에서 근접 육안 조사용(사진, 동영상) 촬영가능		
반 발 경 도 측정기	Schmidt hammer	NR식	콘크리트 강도추정	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함		
탄산화 시험기		Conkit	콘크리트 내부 탄산화 체크	페놀프탈레인 용액 1%를 분사 후 대비 되는 색깔로 탄산화 깊이 측정		
철근탐사기		NJJ-95B	비파괴검사용	철근배근 및 피복두께 측정		
초음파 측정기		Pundit Lab	콘크리트 압축강도,균열 깊이	콘크리트 압축강도,균열깊이		
해머드릴		GBH36V-LI	드릴링	탄산화 시험 보조 염화물 시험 시료채취		
코아채취기		RHC-100A	콘크리트시료 채취	염화물 및 강도 측정		
기타		줄자, 스타프, 안전장구, 작업용사다리, 점검망치, 무전기, 개인 안전장비(안전모, 안전화, 신호봉 등), 손전등, 서치라이트, 헤드랜턴, 교량점검차, 크레인(스카이), 카메라, 현장조사 교통 통제(라바콘, 공사안내표지판, 깃발, 신호봉 등)				

[표 1.6] 재하시험 장비 현황

기 기 명	모 델 명	용 도	검교정일	제조회사
Strain Gauge	PL-60-11-1L	변형률 측정(콘크리트용)	비대상	TML사(일본)
Data Logger	EDX-5000A	변형률, 처짐 및 가속도 측정기	비대상	KYOWA(일본)
Accelerometer	ARF-10A	가속도 측정	비대상	TML사(일본)
Displacement	CDP-25	정적 및 동적 처짐 측정	비대상	TML사(일본)
Software	DIADEM	데이터 분석, 저장, 디스플레이	비대상	NI사(미국)

1.5 기호의 정의

본 정밀안전진단을 수행하기 위하여 사용한 구조부재의 종류 및 위치 등에 관련된 기호 정의 및 표기방법은 아래 표와 같다.

[표 1.7] 상부구조의 정의

영문약자	상부구조형식	영문약자	상부구조형식
RCS	RC슬래브교	RA	라멘교
RCH	RC중공슬래브교	STI	강I 거더교
RCT	RCT 거더교	SPG	강판 거더교
RCB	RC박스 거더교	STB	강박스 거더교
PSCI	PSCI 거더교	TR	트러스 거더교
PSCS	PSC슬래브교	AR	아치교
PSCH	PSC중공슬래브교	CS	사장교
PSCB	PSC박스 거더교	SU	현수교
PF	프리플렉스 거더교	ED	엑스트라도즈교
ETC	IPC, PCT 등 기타	-	-

[표 1.8] 기호의 정의

구 조 구 분			사 용 기 호	비 고
경 간 거 더 가로보 교 대 교 각 교량받침 신축이음			S G CB A P Sh Exp-J	Span Girder Cross Beam Abutment Pier Shoe (Bearing) Expansion Joint
상부 구조	공 통	좌측복부 우측복부 상부플랜지 하부플랜지 가로보	LW RW UF LF CB	Left Web Right Web Upper Flange Lower Flange Cross Beam
		SP Girder STB Girder	V-STIF H-STIF	V-Stiffener H-Stiffener

* 각 부재별 일련번호는 아래와 같이 정하며 전회 점검, 진단과 동일하게 사용한다.

* 교량받침은 시점에서 종점으로 교량을 바라보았을 때 왼쪽부터 나타냄.

* 복부, 플랜지의 좌측은 시점에서 종점으로 교량을 바라보았을 때 왼쪽을 나타냄.

1.6 과업적용 기준

본 과업은 정부에서 제정한 아래의 각종 시방서 및 규정과 본 용역설계서의 특별과업지시서에 의거 시행하여야 하고 아래의 각종 시방서 및 제기준 등은 반드시 용역과업을 수행하는 사무실에 비치하여 용역 참여자는 필히 숙지 활용하여야 한다.

- 1) 도로교 설계기준
- 2) 콘크리트 구조기준
- 3) 토목공사 일반 표준 시방서
- 4) 도로공사 표준시방서
- 5) 도로교 표준시방서
- 6) 도로포장 설계 및 시공지침
- 7) 콘크리트 표준시방서
- 8) 구조물 기초설계 기준
- 9) 도로안전시설 기준(지침)
- 10) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부고시 제2022-539호, 이하 “지침”이라 함)
- 11) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12, 이하 “세부지침”이라 함)
- 12) 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 및 동법 시행령, 시행규칙

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업의 추진방향 및 세부수행계획 수립을 위해 현장답사를 실시하였고, 대상시설물의 초기건설과 유지관리 관련 자료를 수집 및 분석하였다. 특히 기존 안전점검등보고서 분석을 통해 본 과업 현장조사 및 시험결과 분석, 상태 및 안전성 평가, 보수·보강 및 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초 자료로 활용하였다.

자료수집은 건설당시 자료와 유지관리 자료로 대별되며, 본 과업수행을 위해 수집된 자료는 각 시설물편에 요약하여 수록하였다.

2.2 자료검토 결과 요약

- 수집된 유지관리 자료를 이용하여 각 시설물별 중점 조사 대상과 문제점을 파악하고 과업의 세부 수행계획을 수립하였다.
- 또한, 보수·보강 이력을 검토하여 주요 보수부위 및 적용공법을 파악하고, 현장조사 시 보수상태 및 공법 적용의 적정성을 검토하는 데 참고하였다.

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

- 기 점검 및 진단 실시 결과는 각 시설물편에 요약하여 수록하였다.

2.4 보수·보강 이력

- 보수·보강 이력은 각 시설물편에 요약하여 수록하였다.

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

- 내진설계 여부는 각 시설물편에 요약하여 수록하였다.

2.6 자료분석 결과 요약

- 자료분석 결과 요약은 각 시설물편에 요약하여 수록하였다.

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

현장조사는 공용 중 구조물에 악영향을 미치는 과도한 외력이나 열악한 사용환경 조건 하에서 나타나는 열화 손상상태를 육안 또는 간단한 기구를 사용하여 조사하는 점검 및 진단에 대한 기본자료 및 안전성, 사용성 평가에 있어 필수적인 중요한 자료를 제공한다.

따라서 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 제11조에 따라 고시된 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(이하 세부지침이라 한다)』에서는 외관조사의 결과로부터 주요 구조 부재별 열화 손상정도에 따라 항목별 평가기준을 책정하여 구조물의 평가를 체계화 하였으며 건전도 평가 및 구조물의 보수·보강 범위 그리고 방법 결정의 기본 자료로 활용하고 있다. 결함, 손상·열화현상을 정확히 파악하고 원인을 추정하기 위해 시설별로 조사항목을 선정하였으며, 고소작업차 및 교량점검차, 접근사다리 등을 이용한 근접조사를 원칙으로 하고 점검망치를 이용한 청음조사를 실시하여 박리 및 층분리 발생여부와 보수·보강 부위의 상태에 대한 조사를 중점적으로 실시하였다.

외관조사 시 정밀하고 체계적인 조사 및 분석을 위하여 조사요령, 양식 및 평가기준을 『세부지침(교량편, 2022. 12)』에 따라 결과를 주요구조 부재 및 조사단위 별로 요약·정리하였다.

[표 3.1] 현장조사 기간

구 분	기 간	조 사 내 용	비 고
현장답사	2023. 9. 18 ~ 9. 19	◦ 구조물 현황 및 작업여건 파악	
현장조사	2023. 9. 20 ~ 9. 26	◦ 탄천교, 상적교 하부 외관조사 및 재료시험	도보점검 사다리이용
	2023. 10. 4 ~ 10. 6	◦ 탄천교, 상적교 상부 외관조사 및 재료시험	교량점검차 점검시설
	2023. 10. 25 ~ 10. 26	◦ 탄천교, 상적교 교통량 조사	도보점검
	2023. 11. 7 ~ 11. 9	◦ 탄천교, 상적교 거더내부 조사	도보점검 사다리이용
	2023. 11. 27	◦ 상적교 재하시험	재하차량 2대
	2023. 11. 28	◦ 탄천교 재하시험	재하차량 2대



3.2 현장조사

3.2.1 시설물의 점검사항

[표 3.2] 교량 부재별 점검사항 (1)

부재명	점검부위		손상종류
콘크리트 바닥판	공통		◦ 균열, 박리, 박락, 파손, 층분리, 철근노출(피복두께 부족) ◦ 누수 및 백태(유리석회), 오염 ◦ 재료분리
	거더교		◦ 균열(거더사이, 현치부 종방향 균열) ◦ 망상균열
	바닥판, 라멘상부	받침부(단부)	◦ 부스러짐 ◦ 사인장균열
		중앙부	◦ 휨균열
강박스 거더 및 2차 부재	공통		◦ 변형, 균열, 파손 ◦ 표면(도장)상태 오염, 부식 ◦ 이상처짐 ◦ 연결부 볼트 이완, 파손, 이상음
	받침부		◦ 복부판 부식 및 국부좌굴 ◦ 박스내부 출입구 폐쇄 ◦ 거더와 받침연결부 부식
	중앙부		◦ 맞대기 용접부 균열 ◦ 플랜지 변형 및 처짐 ◦ 다이아프램 연결부 균열
	2차 부재		◦ 거더와의 연결부 균열
	보수부위		◦ 용접부 및 용접부 주변 균열
교대	공통		◦ 교대 기울음 및 전도 ◦ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
	두부(Coping)		◦ 두부 물고임 ◦ 받침부 균열 및 파손 ◦ 두부와 홍벽 경계부 균열 ◦ 거더와 홍벽 신축유간 부족
	벽체		◦ 수직균열 및 침하 ◦ 구체와 날개벽 분리 ◦ 구체부 배수구 막힘 ◦ 수면접촉부 침식
	날개벽(옹벽 포함)		◦ 날개벽 이동, 전도 ◦ 석축이 있는 경우 사면붕괴

[표 3.3] 교량 부재별 점검사항 (2)

부재명	점검부위		손상종류
콘크리트 교각	공통		◦ 교각 기울음 및 전도 ◦ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
	두부(Coping)		◦ 두부 물고임 ◦ 받침부 하부 균열 및 파손
	벽체		◦ 시공이음부 균열 ◦ 이동 또는 기울음 ◦ 수면접촉부 침식
기초	공통		◦ 박리, 박락, 철근노출, 백태 ◦ 침식, 세굴, 측방유동, 침하 ◦ 하부구조물 기울음 및 전도
	직접기초		◦ 콘크리트 균열 및 파손
	말뚝기초		◦ 말뚝 노출 및 침식
	케이슨기초		◦ 케이슨 노출 및 침식 ◦ 충돌파손
교량받침	본체	공통	◦ 가동받침의 신축유간 부족 ◦ 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ◦ 받침과 거더의 밀착상태 ◦ 수직보강재와 받침 편기상태 ◦ 받침 물고임 및 부식
		강제받침	◦ 가동면 부식 ◦ 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한 장치)
		탄성받침	◦ 부풀음 및 갈라짐 ◦ 고무판의 과도한 변형
	받침콘크리트		◦ 앵커볼트 파손, 절단 ◦ 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ◦ 교각두부 균열
신축이음	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

[표 3.4] 교량 부재별 점검사항 (3)

부재명	점검부위		손상종류
교면포장	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
배수시설	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)
난간 및 연석	강재, 알루미늄		◦ 강재의 경우 도장 손상 및 부식 ◦ 난간과 상판연결부의 결함, 파손 ◦ 전체적인 처짐 및 선형불량
	철근 콘크리트		◦ 균열, 박리, 파손 ◦ 철근노출 및 부식 ◦ 전체적인 처짐 및 선형불량
공중이 이용하는 부위 ¹⁾	추락방지시설		◦ 결함 및 파손 ◦ 고정부 및 연결부 파손
	도로포장		◦ 도로포장 결함 및 파손 ◦ 포트홀, 배수불량
	도로부 신축이음부		◦ 신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 ◦ 국부적인 열화 및 후타재 균열 ◦ 신축유간 밀착 또는 본체 탈락
	환기구 등의 덮개		◦ 덮개 등에 결함 및 파손 ◦ 덮개 등 탈락

주1) 점검방법

- 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.

단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.

3.3 재료시험

3.3.1 개요

철근콘크리트 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 열화 현상이 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

콘크리트 내구성 조사, 품질조사 등을 실시하여 구조물편에서 기술한 현장조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가의 기초자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 주요조사 및 시험내용은 다음과 같다.

[표 3.5] 재료시험 항목 및 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물	◦ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	◦ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요
		◦ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	◦ 구조검토를 위한 철근조사 ◦ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		◦ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	◦ 현장측정 ◦ 탄산화속도계수 산정
		◦ 콘크리트 염화물함유량 시험	◦ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
		◦ 균열깊이 조사	◦ 발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ◦ 허용균열폭과의 비교·검토
	강재 구조물	◦ 강재 용접부 비파괴시험 - 맞대기용접부 : 초음파탐상시험	◦ 필요시 방사선투과시험
선택 과업	콘크리트 구조물	◦ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	◦ 콘크리트강도 평가의 기준 ◦ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		◦ 콘크리트 물성 및 미세구조	◦ 강도, 수분함량 등
		◦ 철근부식도 시험	◦ 주요부재의 철근 대상 ◦ 철근부식확률 평가
		◦ 수중조사	◦ 하상에 위치한 교량의 기초조사
		◦ 비파괴 재하시험	◦ 구조물 실 거동(변형, 처짐) 평가
	강재 구조물	◦ 강재용접부 비파괴시험 - 맞대기용접부 : 방사선투과시험 - 균열의심부 : 자분탐상시험	◦ 균열의심부 필요시 염료침투탐상시험 실시

[표 3.6] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	세부지침 기준		비고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50 m - 강합성교 : 1개소/50 m	1개소/연장 50 m - 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	동일부위시험
초음파 전달속도시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50 m - 강합성교 : 1개소/50 m	1개소/연장 50 m - 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	
철근탐사시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50 m - 강합성교 : 1개소/50 m	1개소/연장 50 m - 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	
탄산화깊이 측정	5경간 이내 : 4~6개소¹⁾ 5경간 이상 : 6~9개소²⁾		
염화물함유량 시험	3개소 이상³⁾		
균열깊이 조사	- 부재의 중요도를 고려 - 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		필요시 0.3 mm 이상
강재용접부 초음파탐상시험	- 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 - 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		맞대기 용접부

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시

주3) 염화물 함유량 시험시 시료(코어) 채취위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간만대 또는 비말대)를 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해여부 확인

3.3.2 콘크리트 강도시험

가. 반발경도시험

반발경도시험은 콘크리트 표면을 슈미트 햄머(Schmidt Hammer)로 타격하여 얻은 측정 정도값으로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 시험방법으로, 슈미트 햄머의 반발정도값 (R)과 콘크리트 강도(f_c)사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

일반적으로 반발경도는 타격에너지, 피시험체의 형상 및 크기, 재료의 물리적 특성에 따라 다르다. 특히 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트 햄머로 표면을 국부적으로 타격하는 경우 반발도는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 난다.

0℃ 이하의 온도에서 콘크리트는 정상보다 높은 반발경도를 나타내어 신뢰성이 낮아 질 수 있으므로, 이러한 경우 콘크리트 내부 온도가 상온에 도달한 후에 시험을 실시하는 것을 원칙으로 한다. 또한 테스트 햄머의 자체 온도가 반발도에 영향을 주므로 외기 온도가 극심하게 변동되는 경우 시험을 자제해야 한다.

따라서, 강도 추정의 유일한 방법으로 사용할 경우에는 문제가 있으나, 사용이 간편하고 짧은 시간에 강도추정이 가능하며 콘크리트 구조물 전체에 대한 강도 추정이 가능하다는 점에서 유효한 시험법이라 할 수 있다.

1) 시험방법

① 타격면 선정

타격면은 평탄한 면을 선정하고, 표면이 거칠 경우 그라인더 등 전동공구를 사용하여 콘크리트 표면의 시험부위를 정리하여 타격면의 요철이나 부착물, 분말 등을 제거한다. 또한, 타격면내에 있는 불량면, 공극, 노출된 자갈 부분은 타격점에서 제외한다. 보 또는 기둥 부재의 경우에는 모서리에서부터 최소 3~6 cm 이상 이격 된 중앙부에서 측정하도록 한다.

② 타격점 선정

각 측정개소마다 타격점은 20점을 표준으로 한다. 타격점 상호간 간격은 3~5 cm를 표준으로 하며, 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격한다.

③ 측정값의 처리

측정값은 원칙적으로 정수값을 읽는다. 측정값은 타격시 반향음이 이상하거나 타격점이 불량한 경우의 값과 평균 타격값의 $\pm 20\%$ 범위에서 벗어나는 경우에는 신뢰할 수 있는 데이터의 범위에서 제외시킨다. 신뢰할 수 있는 측정값의 평균을 그 측정개소의 반발도(R_0)로 한다.

2) 반발경도값의 보정

반발경도에 미치는 영향인자와 시험결과에 편차 요인에 대하여 시험 전·후에 이를 파악하여 산정한 각종 보정값(ΔR)을 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용하여야 한다.

① 타격방향에 따른 보정

반발경도에 의한 압축강도 추정식의 산정 시 타격방향은 수평을 기준으로 산정하기 때문에 수평으로 타격하는 경우가 아닌 경우는 중력의 영향을 추가로 받게 되어 장치 특성에 맞는 보정이 필요하게 된다. 일반적으로 수평타격에 의한 측정값이 가장 안정된 값을 가지므로 수평타격을 원칙으로 하며, 슬래브 등과 같이 불가피하게 수직타격 등으로 방향이 바뀔 경우에는 보정계수를 적용하며, 중간값에 대해서는 직선 보간법을 이용한다.

② 압축응력에 따른 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 실험결과 입증되었다.

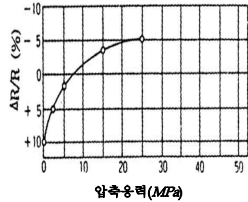
③ 습윤 상태에 따른 보정

콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하되므로, 가능하면 표면이 젖어있지 않은 상태에서 시험을 해야 한다. 그러나 습윤 상태를 피할 수 없는 경우에는 다음의 일본 토목연구소에서 제시하고 있는 방법에 의해 반발경도를 보정하는 것이 바람직하다.

- 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : 보정값 3을 더한다.
- 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : 보정값 5를 더한다.

[표 3.7] 보정계수

보정반발경도 : $R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$ ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값 ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값 ΔR_3 : 콘크리트의 습윤 상태에 따른 보정값				
ΔR_1 (타격방향에 보정값)			ΔR_2 (압축응력에 따른 보정값)	
◦ 수평타격을 기준으로 하향 타격(-90°)의 경우에는 (+)값으로 수정해 주고, 상향의 타격(+90°)의 경우에는(-)값으로 수정			◦ 타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 반발도에 의한 압축강도가 커짐. ▶ 1 MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$ ▶ 2.5 MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$	
반발경도	보 정 치			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.2	+1.7



ΔR_3 (콘크리트 습윤상태에 의한 보정값) ◦ 콘크리트 표면이 습윤 상태에 있으면 기건 상태 보다 반발도가 작음 ◦ 완전 습윤상태에서는 기건 상태를 기준으로 $\Delta R_3 = +5$ 로 보정				
---	--	--	--	--

3) 콘크리트 비파괴강도 추정

① 기존의 제안식을 이용한 콘크리트 비파괴강도 추정

반발경도를 이용한 비파괴강도 추정식은 반발경도(R_0)와 타격방향에 따른 보정계수(ΔR), 재령계수(α)를 이용하여 아래의 식에 의해 측정개소의 압축강도를 구한 다음 이 식에 의한 결과의 평균값을 측정개소의 평균 압축강도로 추정한다.

◦ 일본재료학회 : $F_c = -18.0 + 1.27 \cdot R_0$ (MPa) [식 3.1]

◦ 일본건축학회 : $F_c = (7.3 \cdot R_0 + 100) \times 0.098$ (MPa) [식 3.2]

그러나 이러한 비파괴 시험방법들은 동일한 콘크리트에서도 그 시험결과가 다르게 나타나는 이유는 콘크리트가 기본적으로 시멘트와 굵은골재 및 잔골재의 조합으로 이루어진 복합재료이며, 타설방법과 다짐 및 양생방법, 철근의 유무, 피복두께 등의 여러 가지 영향에 의해 물리적 특성이 달라지게 되며, 상기의 비파괴 시험방법들 또한 각기 다른 시험재료와 시험환경으로부터 도출된 경험공식이기 때문이다.

② 재령보정계수

콘크리트 구조물은 시일이 경과할수록 표면경도가 높아지므로 재령 28일의 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표에 나타나 있는 재령계수를 이용하여 보정해야하며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

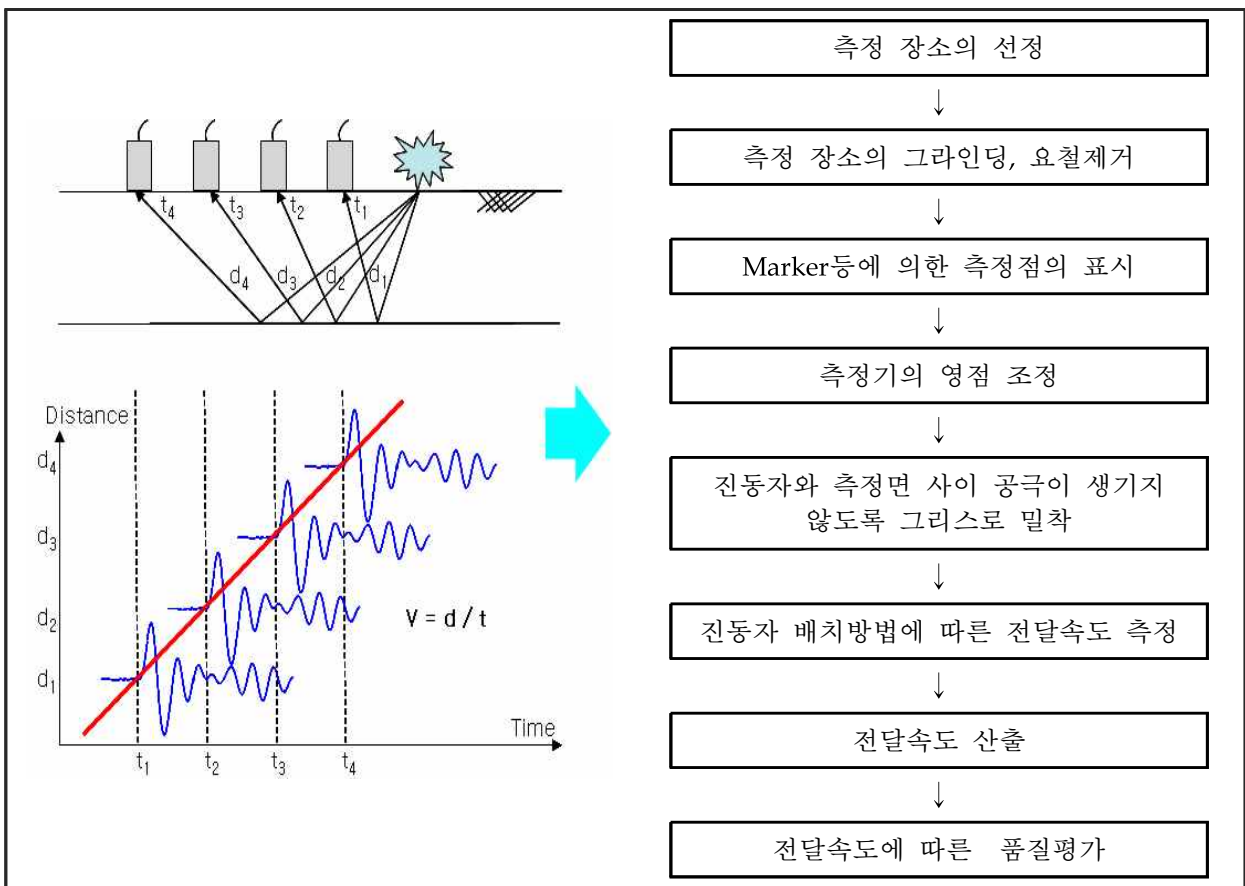
[표 3.8] 재령에 따른 보정치

재 령	28일	100일	200일	300일	400일
α	1.00	0.78	0.72	0.70	0.68
재 령	500일	750일	1,000일	2,000일	3,000일
α	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

나. 초음파전달속도시험

초음파법은 초음파(주파수 50~100 kHz)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화한다는 것을 이용하여 이 투과속도로부터 콘크리트의 강도 및 품질상태, 균열상태, 내부결함 등을 조사하는 방법이다.

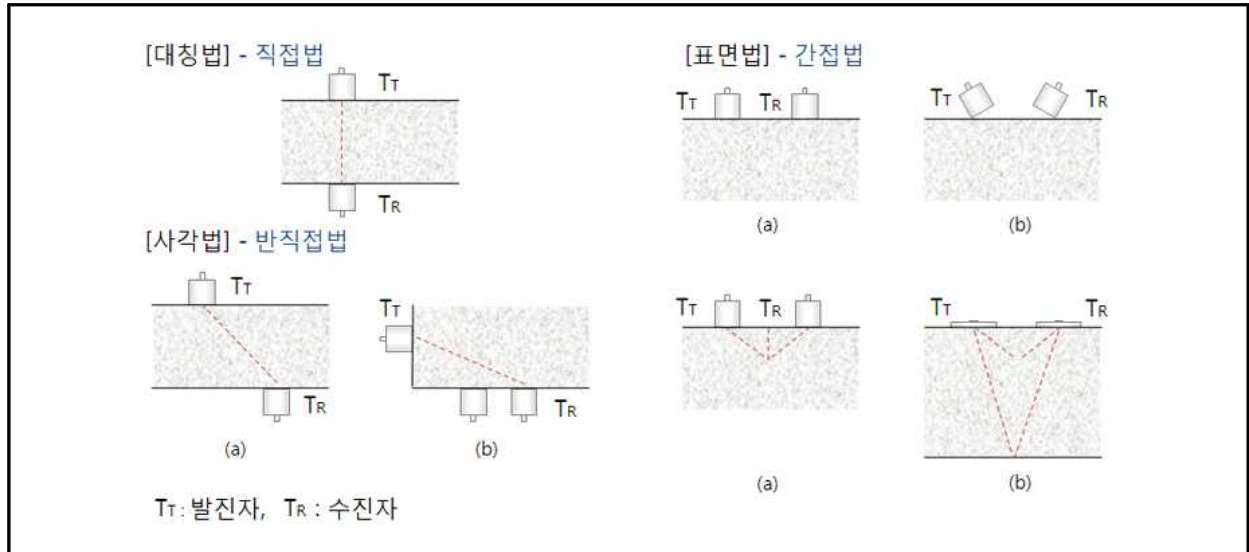
그러나, 탐촉자의 배치, 콘크리트의 배합비 및 함수율, 내부철근의 유무 등에 따라 영향을 많이 받기 때문에 강도 및 품질추정의 정확도는 높지 않으므로, 이 방법을 단독으로 사용하지 않고 반발경도법과 복합법으로 이용하는 것이 일반적이며, 단순 참고자료로 활용하는 것이 바람직하다.



[그림 3.1] 초음파를 활용한 표면법의 콘크리트 품질평가 흐름도

1) 시험방법

초음파법을 이용한 조사방법으로는 탐촉자의 배치에 따라 크게 직접법, 간접법, 표면법 등으로 구분할 수 있으며, 직접법은 콘크리트의 대향면에 탐촉자를 설치하여 주로 투과된 초음파의 전파시간을 측정하는 방법이다. 간접법은 부재의 모서리 부분에 탐촉자를 설치하여 대각선으로 투과하는 초음파의 전파시간을 측정하며, 표면법은 부재의 동일면에 탐촉자를 접촉하여 주로 반사된 초음파의 전파시간을 측정하는 방법으로 본 과업에서는 표면법에 의한 시험을 실시하였다.



[그림 3.2] 발·수진자의 배치에 따른 시험방법

2) 조사 및 평가

본 장에서는 콘크리트에 대한 초음파 속도를 측정하고 콘크리트에 대한 상대적인 품질 평가를 실시하고자 한다. 철근콘크리트에 대한 품질평가지 철근을 따라 초음파속도에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 철근의 위치를 파악한 후 철근위치를 피하여 초음파 속도를 측정하였다. 초음파 속도는 재료의 밀도와 탄성에 따라 다르기 때문에 콘크리트의 상대적 균질성을 평가하는데 적절한 방법으로 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

여기서 : V : 탄성과 속도, E : 동탄성 계수, ρ : 밀도, ν : 포아송비.

[표 3.9] 초음파 속도에 의한 콘크리트 품질 등급표

초음파속도(m/s)	등 급	품 질	평 가	비 고
4,500 이상	a	대단히 좋다	-	-
3,500 ~ 4,500	b	좋다	정기적인 관찰	-
3,000 ~ 3,500	c	검사를 요한다	지속적인 관찰	-
2,000 ~ 3,000	d	나쁘다	보강 또는 보수	부분적 내부결함
2,000 미만	e	대단히 나쁘다	교체 또는 보강	부식, 내부결함 다수

3) 압축강도 추정식

콘크리트 비파괴 조사에서 초음파법으로 강도를 추정할 수 있는 방법은 발·수진자의 배치, 파형의 종류, 검출항목에 따라 달라진다. 본 과업에서는 현장 특성상 콘크리트의 강도 평가는 표면법을 이용하여 초음파의 전파시간을 측정하고 전파속도를 구한 후 콘크리트의 강도 및 품질상태를 조사하였다.

본 과업에서 사용한 초음파법에 의한 강도추정식은 아래식과 같다. 여기서, V_d 는 직접 속도(km/s)이며, 측정된 값은 간접속도를 나타내므로 코어채취에 의한 직접속도에 대한 별도의 시험이 없으면 $V_d = 1.05 \sim 1.15 V_i$ 를 적용하며, 본 과업에서 초음파 속도에 관한 영향계수는 1.05를 적용 하였다.

$$\circ \text{일본재료학회} : F_c = (102 \cdot V_d - 117) \times 0.098(\text{MPa}) \quad [\text{식 3.3}]$$

$$\circ \text{일본건축학회} : F_c = (215 \cdot V_d - 620) \times 0.098(\text{MPa}) \quad [\text{식 3.4}]$$

콘크리트의 초음파 속도는 KS F 2418 콘크리트 중의 「펄스 속도 시험방법」에 준하여 측정한 결과를 나타내었다. 초음파 속도에 따른 콘크리트 품질 평가는 콘크리트 부재의 일단에 접속된 측정단자로부터 발진된 초음파(Ultrasonic Pulse)가 콘크리트 속을 투과하여 반대쪽의 타단에 접속되어 있는 측정 단자에 도달할 때까지의 소요시간 및 양 단자간의 거리를 측정하여 구해진 속도치(Pulse Velocity)에 의해 콘크리트의 품질을 평가하기 때문에 콘크리트의 상태에 따라 많은 오차 요인을 안고 있다.

즉, 같은 곳을 측정하였다 하더라도 표면속도의 편차가 심하고 콘크리트의 함수상태와 내부공극, 표면열화, 타설 당시의 재료의 균질성 등에 따라 많은 오차를 유발한다. 따라서 통상적으로 이 방법은 반발경도에 의한 강도추정의 확인용으로 많이 쓰이며, 신뢰도는 많이 떨어지는 편이다.

3.3.3 철근탐사 시험

철근콘크리트 구조물의 내구성 및 안전성은 균열 및 강도와 더불어 철근 배근상태에 크게 의존한다. 철근의 배근이 넓은 간격으로 설계기준보다 적은 갯수로 배근된 경우, 구조물의 내력이 감소하게 되어 구조물의 내구성 및 안전성에 치명적인 약점을 줄 수 있으며, 설계기준보다 좁은 간격으로 과도하게 많은 갯수로 배근된 경우에는 구조물의 내력은 충분히 만족하지만 예기치 못한 갑작스러운 붕괴(취성파괴)를 초래할 수도 있는 약점이 있다. 일반적으로 철근 배근상태 조사는 부재의 국부파괴법과 비파괴 시험법이 있다. 부재의 국부파괴법은 경제적인 측면과 구조물 손상 등을 발생시킬 수 있는 부정적인 영향이 있으므로 비파괴 시험법을 통한 방법으로 구조물의 전반적인 철근 배근상태를 확인하는 것이 일반적이며 본 과업에서는 전자파 레이더법을 이용한 RC-Radar를 사용하였다.

1) 탐사방법

전자파 레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하게 콘크리트에 수백 MHz~수 GHz의 전자파를 안테나로부터 발사시켜 콘크리트 중의 비전도율, 비전도율이 다른 물체(철근, 매설물, 공동 등)와의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해서 반사파를 수신안테나로 수신하여 왕복한 전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 구하는 반사파의 영상을 해석함으로써 조사를 수행하는 방법이다. 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음과 같다.

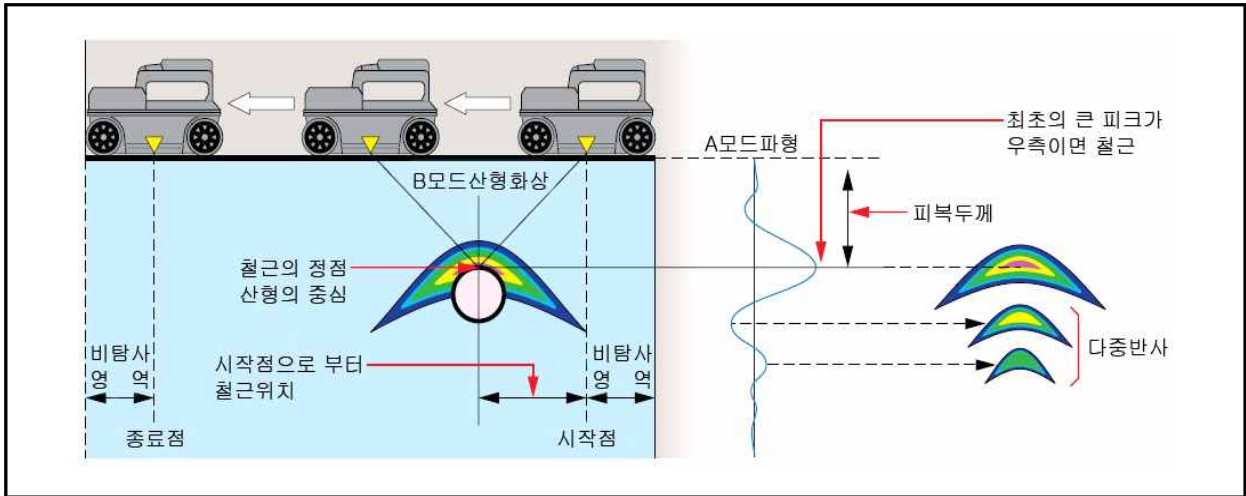
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} (m/s)$$

여기서, C = 진공중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/s), ϵ_r = 콘크리트의 비유전율(6~10)

반사물체까지의 거리(D)는 송신 시작으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트내 전파속도(V)로부터 다른물체(철근, 매설물, 공동 등)의 철근덮개를 구할 수 있다.

$$D = \frac{1}{2} VT(m)$$

RC-Radar를 이용한 전자파 레이더법의 원리는 다음에 나타나 있는 것처럼 스캐너로부터 형성된 전자파를 이용하여 콘크리트 내부에 금속(철근, 배관 등)이 존재하면, 그 정보(배근 상태 및 피복두께 등)를 모니터로 보여주게 된다.



[그림 3.3] RC-Radar 측정원리

2) 평가기준

- ① 철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 한다.
- ② 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단한다.
- ③ 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직하다.

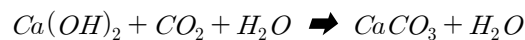
[표 3.10] 콘크리트 구조설계기준의 최소 피복두께

부 위			피복두께(mm)
수중에서 타설하는 콘크리트			100
흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀있는 콘크리트			80
흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트	D29 이상의 철근		60
	D25 이하의 철근		50
	D16 이하의 철근, 지름 16 mm 이하의 철선		40
옥외의 공구나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트	슬래브, 벽체, 장선	D35 초과하는 철근	40
		D35 이하인 철근	20
	보, 기둥		40
	셀, 절판부재		20

유효깊이(d)	유효높이의 허용오차	콘크리트 최소 피복두께
$d \leq 200 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$	- 10 mm
$d > 200 \text{ mm}$	$\pm 13 \text{ mm}$	- 13 mm

3.3.4 탄산화 깊이 측정

일본 콘크리트공학회(JCI) 탄산화 연구위원회 보고서에 의하면 콘크리트의 탄산화는 시멘트의 수화생성물이 이산화탄소와 반응하여 탄산화합물 및 그 외의 물질로 분해하는 현상으로 정의하고 있으며, 구체적으로는 탄산화 현상 이외의 요인을 포함하여 산성비, 산성토양과의 접촉, 화재에 의한 피해 등을 포함한 포괄적인 개념이 탄산화이다. 탄산화는 경화시멘트폴의 수산화 화합물 중 약 25 %를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나, 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근 표면의 부식이 시작되기 때문이다. 이와 같이 콘크리트의 탄산화에 의한 철근의 부식 및 콘크리트의 박리 및 박락으로 진행되는 콘크리트의 성능저하 과정은 아래 그림과 같다. 콘크리트의 탄산화에 영향을 주는 요소는 대기중의 이산화탄소(CO_2)에 의해 타설한 후에 강한 알칼리성(pH=12~13)을 점점 잃어가고, 대기중의 산소, 태양열, 염화물, W/C비, 콘크리트 강도, 구조물의 환경조건, 균열, 양생과정에 따라 영향을 받는다.

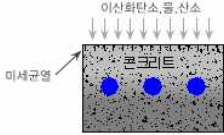
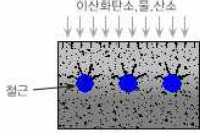
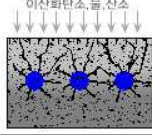
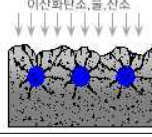
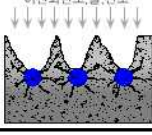
1) 시험방법

콘크리트 탄산화조사 원리는 페놀프탈레인 1 % 용액이 알칼리성에서는 붉은색을 띄고, 탄산 및 산성에서는 무색을 띠는 화학적 이론에 기초한다. 페놀프탈레인 1 % 용액을 이용하여 탄산화를 조사하는 방법은 다음과 같다.

- ① 코어 채취를 하여 공시체를 만든다. 만약 코어 공시체를 만들지 못할 경우에는 조사 대상 부위를 철근이 노출될 때까지 파취한 후 파취면을 깨끗이 청소한다.
- ② 분무기를 이용하여 페놀프탈레인 1 % 용액으로 파취부를 충분히 적신다.
- ③ 파취면에 나타난 색상 변화를 관찰하여 표면에서 부터 붉은색으로 변하기 시작하는 부분까지 거리를 측정하여 기록한다. 이때 골재부분의 색깔 변화는 무시한다.

[표 3.11] 페놀프탈레인과 변색

변색범위(pH)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
페놀프탈레인 1 % 용액	백색(무색)						적색변화			

1단계		재질 및 강도상의 변화는 거의없다. (약간의 건조수축에 의한 균열)
2단계		녹 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하며, 미세한 균열이 발생
3단계		철근의 윗면이 팽창하며 균열이 표면까지 연장되고, 동해 등의 다른 열화를 유발 시키며, 녹물이 보임
4단계		철근 윗면의 피복이 탈락되기 시작하고, 철근노출이 시작되며, 철근의 단면적이 감소
5단계		철근의 피복이 탈락하며 철근은 공기와 풍우에 직접 노출되어, 내구성능 저하

[그림 3.4] 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 경과년수에 따른 탄산화 깊이의 비교분석 방법

다음 표는 탄산화 진행 예측식을 나타낸 것이다. 본 과업에서 예측식의 적용은 보통포틀랜드 시멘트를 사용하고 AE제와 같은 혼화제는 사용하지 않으며 골재는 일반 골재, 표면마감은 없는 것으로 가정하였다.

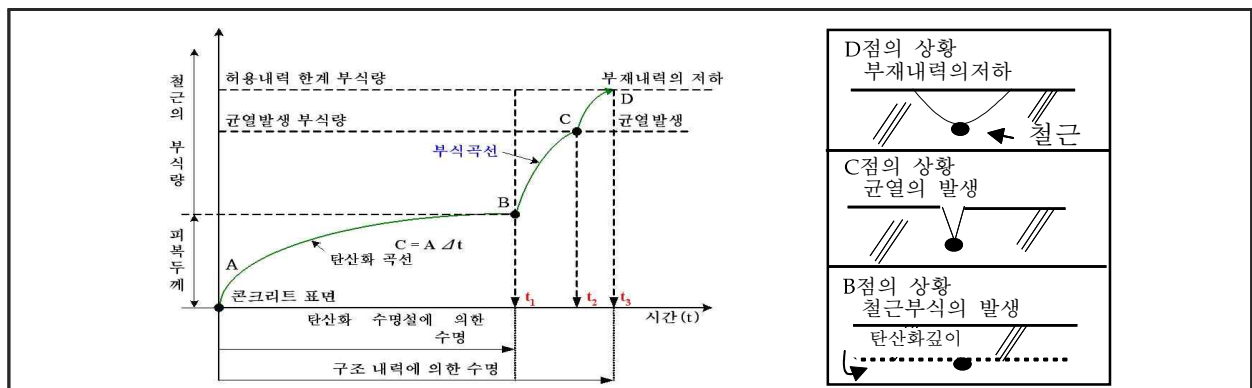
[표 3.12] 탄산화 속도식 비교

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

주) 여기서, t 는 x 까지 탄산화되는 기간(년), x 는 탄산화 깊이(cm), $x(W/C)$ 는 콘크리트의 물/시멘트비, R 은 시멘트와 골재종류 및 혼화제 특성에 관련되는 탄산화 비율 상수로 천연골재를 사용한 보통시멘트는 1이며, AE제를 첨가한 경우 0.6을 적용한다.

3) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 도달하게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화 되었다고 해서 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니며 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 송영웅 등의 연구에 따르면 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30 mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다. 콘크리트가 탄산화 되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 다음 그림에 나타내었다. t_1 은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t_2 는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t_3 는 부재내력이 한계에 달하는 시점이다. 지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t_1 의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t_1 의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t_2 의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한, 다양한 환경조건에 따라 t_1 에서 t_2 까지 도달하는 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명 으로서 t_1 에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



[그림 3.5] 콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념

대기중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트 내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C 는 경과시간 t 의 평방근에 비례하며 이를 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

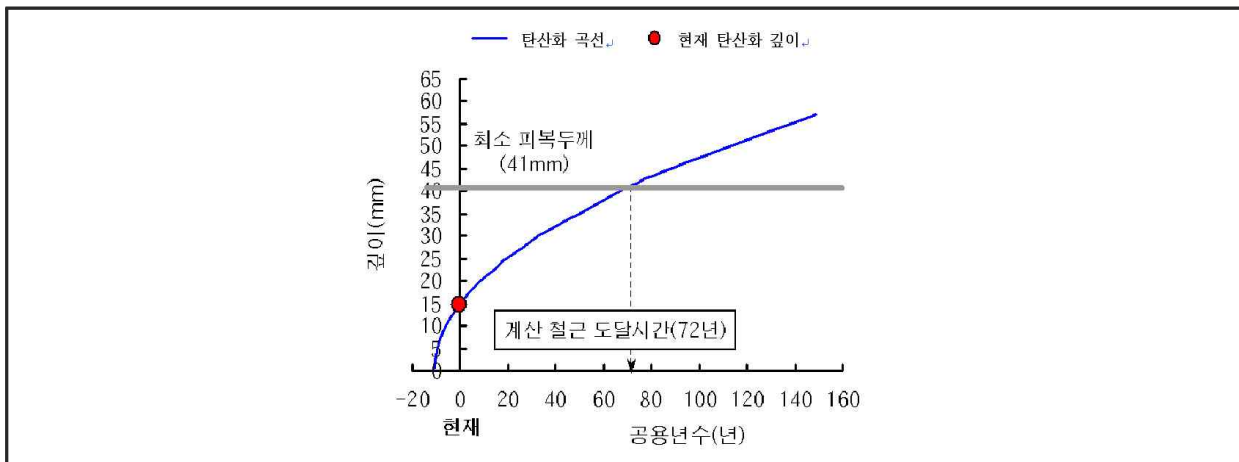
$$C = A\sqrt{t}$$

위의 식에서 계수 A 는 탄산화속도 계수라고 하며 A 의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A 는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다. 본

과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과 년 수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적 하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C=A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도서로부터 구할 수 있고, 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

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

여기서, t_d 는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c 는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A 는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0 는 현재의 구조물 경과시간이다.



[그림 3.6] 탄산화 곡선을 이용한 내구수명(철근도달시간) 산정 방법 예

4) 탄산화 진행에 따른 상태평가

탄산화 진행상태는 철근피복의 측정값이 클수록 탄산화 잔여값이 커지므로, 측정 철근 덮개가 클수록 일반적으로 철근위치까지의 탄산화 도달시간에 대한 여유가 크다. 측정 철근덮개와 탄산화 측정깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행 상태에 대한 상태평가 등급은 다음과 같다.

[표 3.13] 탄산화 상태평가 기준

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

3.3.5 염화물 함유량 시험

철근콘크리트내에 존재하는 염화물이온은 철근부식의 인자 중에 하나이며 효과적으로 시설물을 유지관리하기 위해서 염화물함유량의 정도를 조사할 필요가 있다. 콘크리트내에 염화물의 존재는 콘크리트 타설 당시 바다모래나 혼화제 등에 내재되어 있는 염화물이 혼입되는 경우와 해안지역에 바닷물의 영향이나 제설작업을 위해 살포되는 염화칼슘의 영향으로 콘크리트내로 침입되는 경우가 있다.

철근에 일정량의 염화물이온량(강재부식 임계농도 1.2 kg/m^3)의 상황에서는 철근이 부식되는 것으로 알려져 있다. 이때 염화물이 콘크리트 내로 침투되는 경향은 표면의 염화물량, 콘크리트의 품질과 재령과 관련 있으며, 특히 콘크리트 내 염화물의 확산계수와 밀접한 관계가 있다. 이를 이론화한 것이 Fick의 제2확산법칙이며 아래 식과 같다.

$$C(x,t) = C_o(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}}) + C_i$$

여기서, $C(x,t)$: 깊이 x cm에서 t 년이 경과한 시점의 염화물이온량(kg/m^3)

C_o : 표면에서의 염화물이온량(kg/m^3)

C_i : 초기내재 염화물이온량(kg/m^3)

D : 염화물확산계수

erf : 오차함수

즉, 염화물의 확산계수, 초기 내재염화물, 표면에서의 염화물량을 파악하면 임의의 깊이에서 임의의 시간이 경과한 때의 염화물이온량의 추정이 가능하게 되고 이를 이용하여 잔존수명의 예측이 가능하게 된다.

가. 염해평가

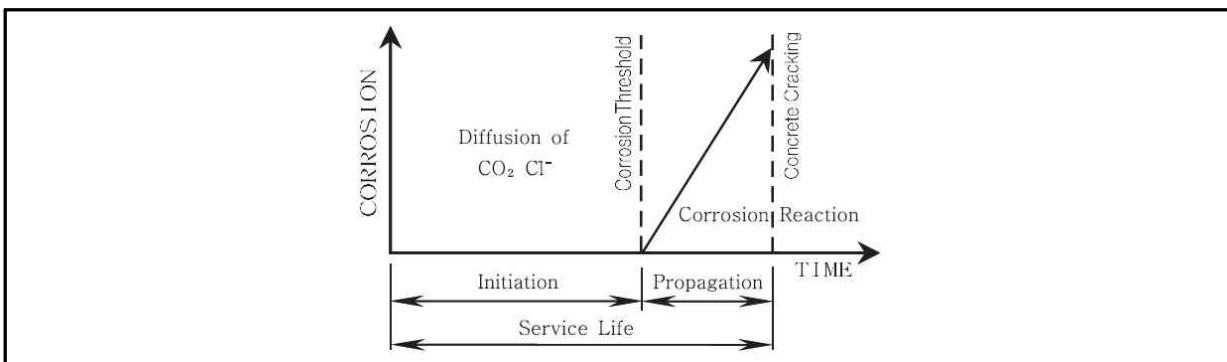
구조물에 염화물이 침투하는 경로는 해안 및 해상에 구조물이 건설되어 해수에 의해 직접 염분이 침투하는 경우와 겨울철에 눈이나 얼음을 녹일 목적으로 사용되는 제빙화학제에 의해 침투되는 경우가 있다.

침투된 염화물 이온은 부동태 피막에 흡착하여 피막을 국부적으로 파괴하므로 부식을 일으키는 원인이 된다. 콘크리트 중의 철근은 일단 부동태 피막이 파괴되면 표면에 녹이 발생하기 매우 쉬워지며, 부식이 탄산화에 의한 것이든 염화물 이온의 침투에 의한 것이든 화학적 반응은 같다. 또한 침투된 염화물 이온은 콘크리트의 조직구조를 변화시키는 요인도 있다. 시멘트 수화물이 분해되어 결합능력을 잃거나 또는 반응생성물의 용출에 의하여 콘크리트 조직이 거칠어지거나 반응에 따라 팽창하여 콘크리트 자체의 내력저하, 균열의 발생, 용해, 박리 등의 현상이 생기며 동결용해와 병행하게 되면 손상이 가속화된다. 이러한 반응은 콘크리트 구조물의 표면으로부터 내부를 향하여 진행되고 콘크리트가 철근을 보호하는 능력을 상실하면 구조물로서의 기능을 상실한다.

1) 염해에 의한 성능저하

철근부식에 의한 구조물의 내구수명 모델은 아래 그림과 같이 Tuutti가 제시한 2단계 모형의 모델이 가장 기본이 된다. 부식개시 이전의 단계는 개시단계(Initial period), 부식개시 이후의 단계는 진전단계(Propagation period)로 개시단계에서는 염화물의 확산과 구속이 지배적인 결정인자가 되며, 부식개시 이후에는 산소 및 수분의 확산과 부식반응 속도에 좌우된다. 일반적으로 구조물의 내구수명은 부식개시까지의 기간을 고려하며, 부식 발생 이후에는 급격한 성능저하가 발생하기 때문이다.

아래 그림에서 제시한 모델은 내구성 설계시 필요한 모델이지만 구조물의 유지보수를 위한 상태평가 및 보수·보강 방안에 적용하기 위해서는 열화의 단계별 구분이 필요하다.



[그림 3.7] 철근부식에 의한 구조물의 내구수명 모델

열화의 단계는 나타내는 방법은 다양하지만 아래 표에서 제시한 것과 같은 4단계 구분이 가장 많이 적용되고 있다. 각 단계별 열화의 메카니즘 및 주된 인자가 다르며 현장에서 외관조사 결과를 적용하여 열화의 단계를 구분하기란 쉽지 않다. 따라서 열화단계의 상태평가를 하기 위해서는 육안조사, 부식조사, 염소이온농도 측정 등 다양한 실측 결과를 종합적으로 분석한 후 판단이 필요하다.

[표 3.14] 각 열화단계의 정의

열화단계	정 의	주된 인자
잠재기	철근의 부식발생 이전까지의 기간, 즉 염소이온의 침투에 의해 철근위치까지의 염소이온농도가 부식 임계농도에 도달하기까지의 기간	염소이온의 확산속도, 부식임계농도, 초기 및 표면 염소이온농도
진전기	철근의 부식발생 이후 콘크리트 표면에 부식균열이 발생하기까지의 기간	부식속도, 균열임계부식도
축전기	부식속도가 증가하지만, 구조적 성능의 감소가 크게 나타나지 않는 기간	균열 이후의 부식속도, 부식에 따른 부재내력의 감소정도
한계기	부식속도가 급격히 증가하고, 구조적 성능의 저하가 현격히 발생하는 기간	

2) 염화물 상태평가 기준

철근을 부동태 상태에서 활동성 부식상태로 변화시키는 최소 염소이온농도를 임계 염화물량이라 부른다. 이 같은 임계 염화물량은 모든 조건에서 동일한 값이 아니고, 콘크리트 배합비, 시멘트 형태 및 구성성분, 혼화재료의 사용, 주변 환경요인, 철근 표면조건 및 기타 요인들에 의존한다.

콘크리트설계기준에서 굳지 않은 콘크리트의 전체 염화물량은 0.3 kg/m^3 이하를 원칙으로 하고 있으며, 0.6 kg/m^3 이하까지 허용하고 있다. 아래 표에서는 각 나라 염화물 허용기준들이 염소량 표현이나 염소이온의 종류 등이 각각 다르기 때문에, 상호비교를 위해서 잔골재량 750 kg/m^3 , 단위시멘트량 300 kg/m^3 의 콘크리트에 대해 콘크리트 중의 염소이온량(산-가용성 또는 수용성 염소이온)으로 환산하여 시멘트 중량비로 표현한 것으로, 허용기준이 다양하다.

[표 3.15] 각국 염분허용량기준의 비교

Code	최대 총 염소이온량(Cl-)(산-가용성, 시멘트 질량비, %)		비 고
	프리스트레스트콘크리트 혹은 중기양생콘크리트	철근콘크리트 혹은 기타 강재가 매설된 콘크리트	
ACI 201	0.06	0.10, 0.15	
ACI 222	0.06	0.20	
BS CP 110	0.06	0.35	
BS CP 8110	0.4		
GLC	0.19		
JSCE	0.46, 0.1	0.15, 0.2	
KorEA Codes	0.06	0.15	
DIN 4226	0.032	0.061	
DIN 1164	-	0.1	
NS 3474	0.002	0.6	
Australian Code	0.1	0.2 to 0.4	

해수에 위치하거나 제설제를 많이 사용하는 구조물에 있어서 염화물이 콘크리트 내부로의 이동은 침입경로와 확산계수가 중요하다. 콘크리트는 굵은골재, 잔골재 및 시멘트로 결합된 복합체로 무수한 작은 공극이 존재한다. 이러한 미세한 공극과 골재와의 경계면을 따라 염화물이 확산되는 것으로 알려져 있다. 콘크리트 표면에 부착된 해염입자나 제설제로 살포된 염화물은 이러한 공극중의 물에 용해되어 염소이온이 내부에 확산되어 가는 것이다.

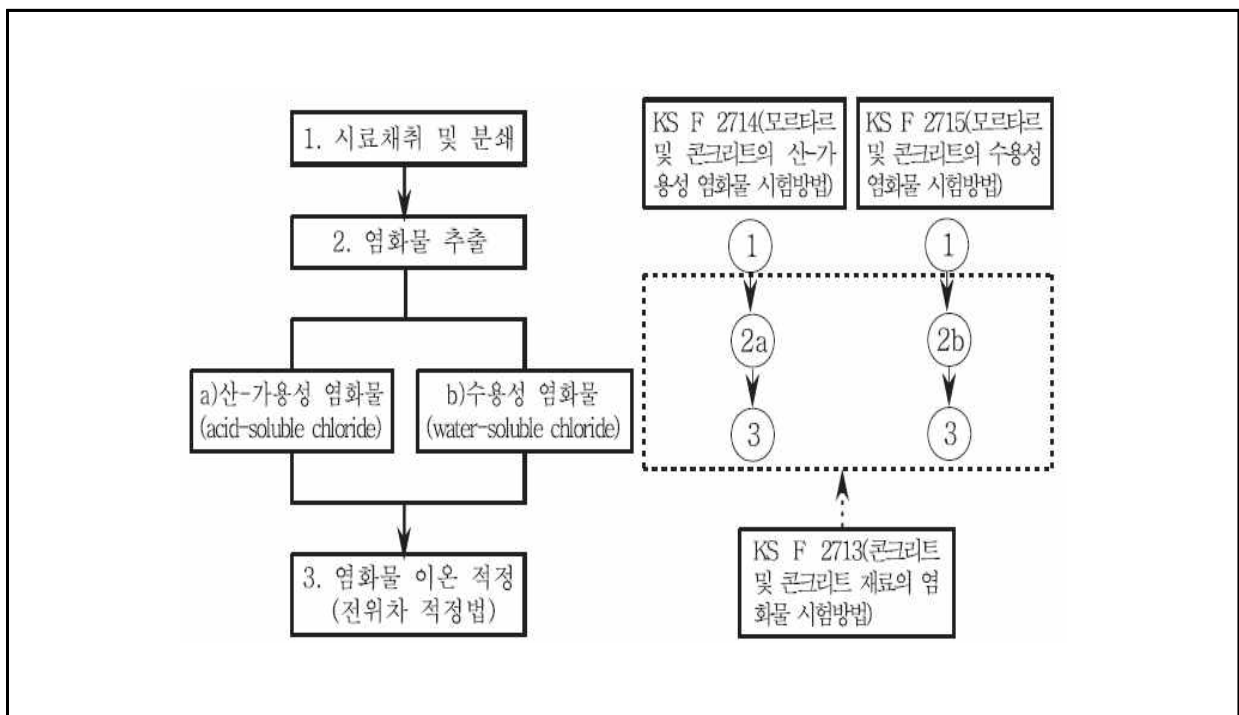
외부 환경작용에 의해 침투된 염화물 함유량을 포함할 경우 현재 설계기준, 시방서 등에

제시 내용은 없지만 많은 연구결과에 의하면 1.2 kg/m^3 정도를 임계염화물 함유량으로 규정 하고 있으며, 정밀안전진단 세부지침에서도 염화물에 대한 상태평가 기준은 임계 염화물함유량 1.2 kg/m^3 을 기준으로 철근의 부식가능을 판단하고 있다.

[표 3.16] 염화물 상태평가 기준

기 준	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	-	-

염화물함유량 분석은 철근까지 깊이별로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하고 있으며, 염화물 이온농도의 분포를 도시하도록 하고 있다. 콘크리트 중의 염화물량을 측정하는 과정의 시료의 채취 및 분쇄, 염화물의 추출, 염소이온 적정의 단계로 이루어지며 아래 그림과 같다.



[그림 3.8] 염화물시험과정 및 관련 규정의 구성

3.3.6 균열깊이 측정

1) 일반적 사항

콘크리트 구조물에 발생된 균열깊이를 측정하기 위한 기본은 초음파전달속도법에 의하여 비파괴시험 방법으로 측정한다. 초음파의 발·수신자를 균열 근방에 설치하여 균열을 측정하는 방법을 기술한다.

초음파 발·수신자를 설치하는 위치와 탐촉자 직경에 따라 실제의 pulse 전달거리와 전달속도가 다르므로 균열깊이 추정 시에는 주의가 필요하다.

2) 측정 개요 (Tc - To법)

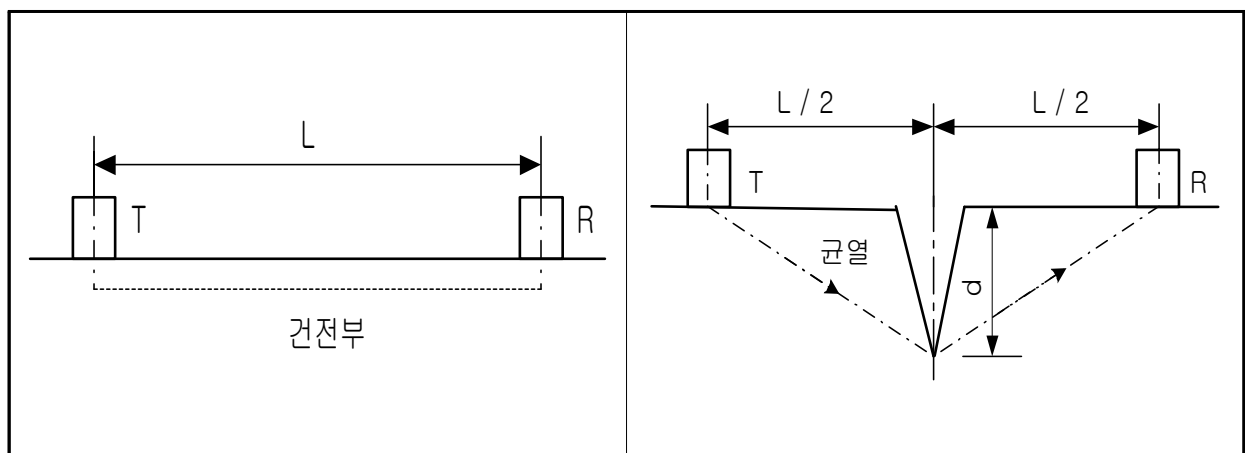
이 방법은 수신자와 발신자를 균열의 중심으로 등간격 x 로 배치한 경우의 전파시간 T_c 와 균열이 없는 부근 $2x$ 에서의 전파시간 T_o 로부터 균열깊이를 추정하는 방법으로 균열 면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으며, 균열 주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것이다.

이 방법의 균열깊이 탐사 결과는 15% 정도의 오차를 가지고 있으며, 균열에서 발·수신자까지의 거리 x 는 탐촉자까지의 거리이다.

$$\text{균열깊이}(d) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$

여기서, T_o : 균열이 없는 건전부의 초음파 전달속도

T_c : 균열면 주위의 초음파 전달속도



[그림 3.9] 균열깊이 측정 개요도

3) 균열깊이 측정의 제약조건 (진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12))

- ① 균열깊이가 1,000mm 이상이 되면 수신하는 초음파전달속도가 현저하게 쇠퇴하기 때문에 일반적인 초음파측정기로는 측정이 곤란하다.

- ② 표층부 철근의 배근깊이가 100mm이하가 되면 철근 배근깊이 이상인 표면균열의 깊이를 측정하는 것이 곤란하다.
- ③ 콘크리트의 품질불량 및 콘크리트 내부에 곰보나 공동(구멍) 등 다짐불량의 가능성이 있으면 정확한 측정이 곤란하다.
- ④ 균열 내부에 물, 이물질이 있는 대상이나, 미세균열이 밀집되어 있는 경우에는 측정이 곤란하게 된다.
- ⑤ 발생한 균열이 개폐되는 경향을 나타내고 있으면 측정이 곤란하다.
- ⑥ 측정 대상과 측정 정밀도
 - 평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 200mm이하의 경우 $\pm 5\%$
 - 평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 1,000mm이하의 경우 $\pm 3\%$
 - 경사균열의 균열깊이 길이 : $\pm 15\%$

3.3.7 강재 초음파탐상 시험(UT : Ultrasonic Testing)

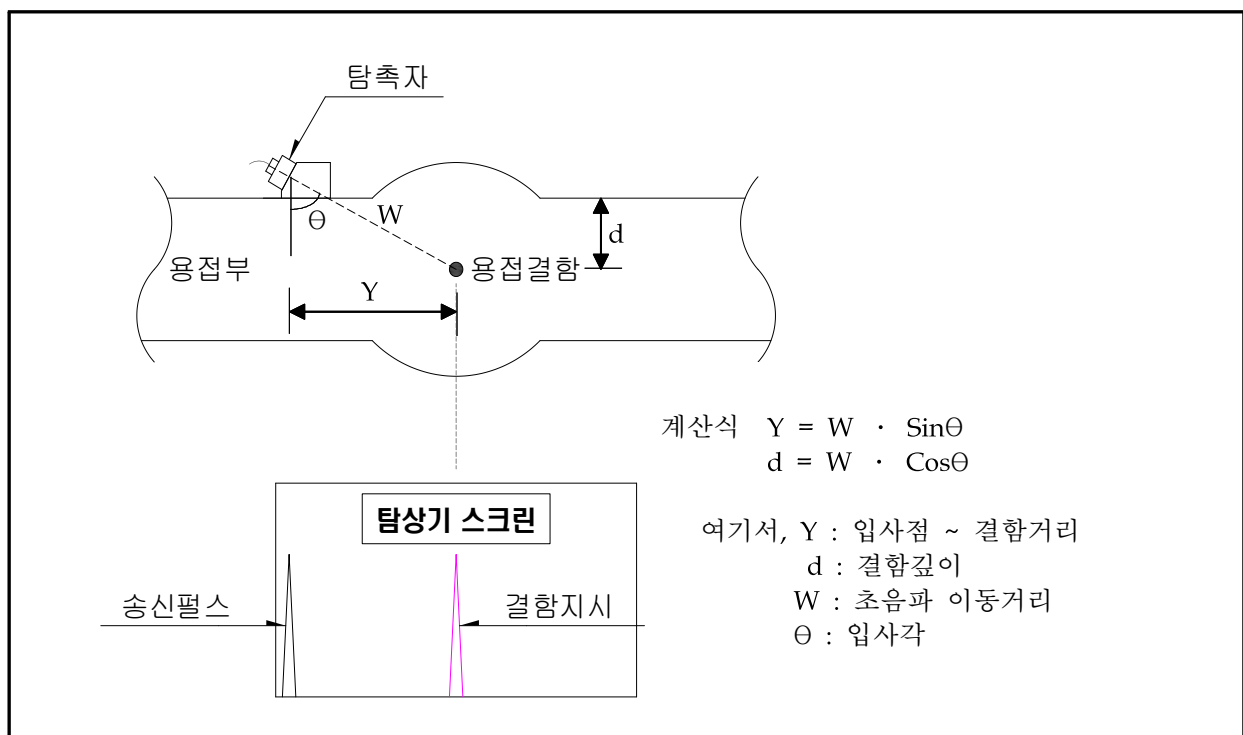
1) 개요

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함으로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재 여부 및 결함 정보를 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.

2) 방법(사각법)

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



[그림 3.10] 초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 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

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

[표 3.17] 결함의 등급 분류

영역 등급 \ 두께(mm)	M검출 레벨은 Ⅲ L검출 레벨은 Ⅱ와 Ⅲ			Ⅳ		
	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
1급	6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하	4mm 이하	t/4 이하	15mm 이하
2급	9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하	6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하
3급	18mm 이하	t 이하	60mm 이하	9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하
4급	3급을 초과하는 것					

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

5) 합·부 판정기준

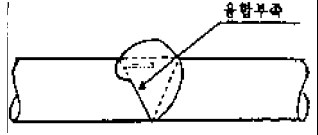
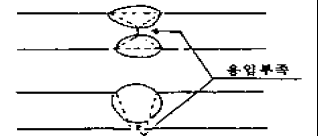
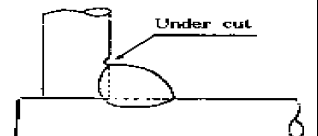
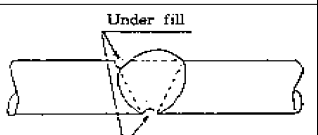
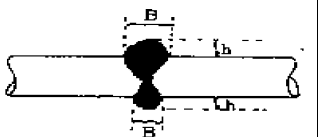
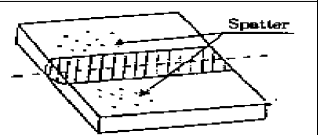
강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부)에 의거하여 합·부를 판정하였다.

[표 3.18] 용접부 결함의 합·부 판정기준

검사부위	합격기준	비고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2급 이상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3급 이상	

6) 용접부에 발생하는 결함

[표 3.19] 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결함내용	설명	비고
균열 Crack	용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생한다. 균열은 모재 또는 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 함.	
용접부족(LF) Lack of fusion	그림과 같이 용접 금속과 모재사이가 완전하게 용합이 되지 아니한 상태.	
용입부족(IP) Incomplete Penetration	그림과 같이 용융금속의 두께가 모재두께 보다 적게 용입이 이루어진 상태.	
언더 컷 Under cut	용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹패인 형상으로, 도로교통준시방서 15.3.3의 (12)에 의하면 0.3~0.8mm 까지 허용됨.	
언더 필 Under fill	용융금속이 덜 채워진 형상.	
아크 스트라이크 Arc strike	용접을 시작할 때 용접봉을 모재쪽에 대고 Arc를 발생시킴으로 인하여 모재가 움푹 패인 현상으로 응력집중의 원인이 됨	
기공 Porosity	이물질이나 수분에 의해 용접부 내부에 가스가 발생되어 용접금속 외부로 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 형성한 상태.	
블로 홀 Blow hole (Pit)	이물질이나 수분의 존재에 의하여 발생된 가스가 용접비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍.	
용접BEAd 상태불량-과대한 용접 덧붙임- BEAd 표면의 과대한 요철	도·시(표 15.3.7)에 의하면 용접 BEAd 폭 B에 따라 용접 덧붙임 높이 h값이 규정되어 있으며, 이 규정을 초과하는 덧붙임, 용접 BEAd 표면의 과대한 요철 등이 발생.	
스패터 Spatter	용접시 용융 Pool로부터 모재쪽으로 튀겨 나온 조그마한 금속 알갱이를 말함.	
슬래그 혼입 Slag Inclusion	용접봉 피복 등이 용접 금속내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장박리의 원인이 됨.	
슬래그 Slag	용접 금속내에 혼입된 외부의 고체물질을 말한다. 용접부 내부에 존재한 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면에 존재하는 슬래그는 도장박리의 원인이 됨.	

3.3.8 강제 도막두께 조사

1) 개요

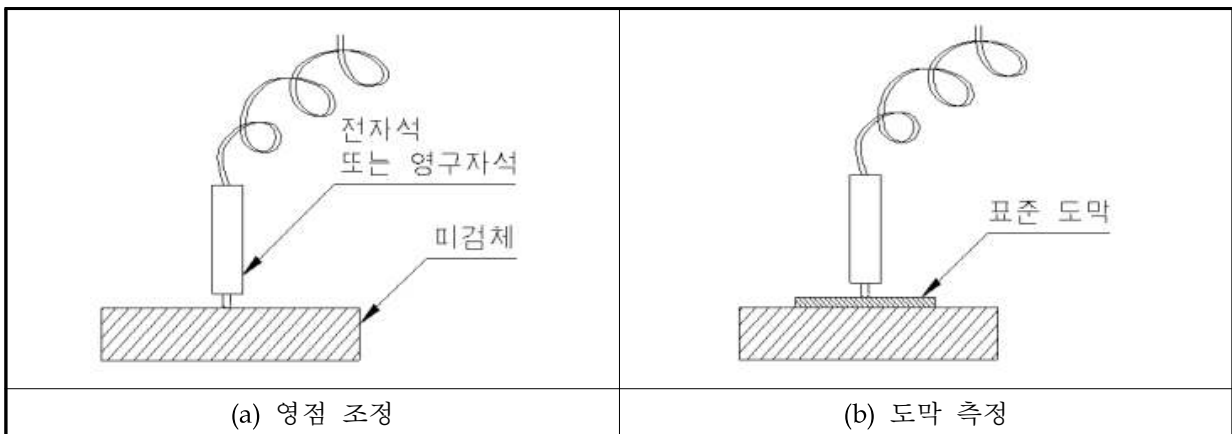
도막두께가 허용기준을 만족하지 못하는 경우, 균열 및 박리 또는 충격에 의한 깨짐 등과 같은 결함으로 이어질 수 있고, 이는 강제 내구성능 저하를 유발시킨다. 따라서 도막두께 측정기를 사용하여 일정한 두께를 가진 표준판에 교정한 후 강제에 도장된 도막의 두께를 측정하는 것이다. 측정결과는 기존에 적용한 두께를 기준으로 하여 정상적으로 도장작업이 수행되었는지의 여부 및 감소 여부 등을 판단한다. 도막두께의 측정은 SSPC-PA2(Measurement of Dry Paint Thickness with Magnetic Gages)의 기준에 따라 측정을 실시하며, 평가기준의 보안을 위해 표준시방서 등의 내용을 적극 활용하였다.

2) 측정 원리 및 방법 (기기의 사용)

도막두께 측정은 전자석 또는 영구 자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 이해를 돕기 위하여 도막두께 측정의 원리를 아래에 요약, 서술하였다.

[그림 3.36(a)]와 같이 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정 후 [그림 3.36(b)]와 같이 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준 도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.

도막두께를 교정 후 측정부위에 접촉시켜 전자석 또는 영구자석의 자력차를 수치로 나타내어 측정부위의 도막두께를 확인한다. 이러한 원리를 이용하여 검사하는 것이 도막두께 측정이다. 위의 도막두께 측정법은 자성체에 한하여 실시하며 피검체가 비자성체일 경우는 측정이 불가능하므로 다른 측정법이 요구된다.



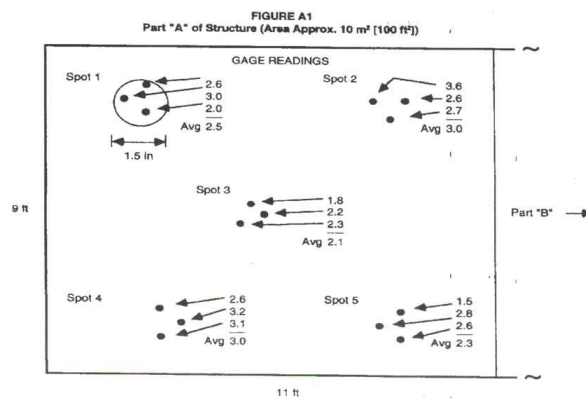
[그림 3.11] 도막두께 측정 원리 및 방법

3) 측정 시 주의사항

- ① 도막두께 측정기기는 공인기관에서 교정된 측정 장비를 사용하며 매번 측정 전 시편에 영점조정 후 측정하여야 한다.
- ② 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정할 수 있다.
- ③ 작거나 곡면을 측정할 때에는 필히 영점조정을 하여야 하며, 조정은 코팅되지 않은 피 측정물의 기하학적으로 도형에 비슷한 상태에서 조정한다.
- ④ 거친 표면에서의 영점을 얻기 위해서는 여러 점에서 조정해야 하고, 본체는 자동적으로 평균값을 계산한다.
- ⑤ Probe는 측정 후 다른 곳으로 옮길 때 끌지 말아야 한다.
- ⑥ 본체는 매우 민감한 장비이므로 취급 시 주의해야 된다.
- ⑦ Probe의 접촉면은 항상 깨끗하게 유지하고, 먼지나 철편 가루로부터 멀리해야 한다.

4) 건조 도막두께 측정 방법 (SSPC-PA2)

- ① 도막두께를 측정할 부위에 임의로 5곳을 선정
- ② 선정된 측정 장소 1spot 당 3회 측정하여 1spot의 평균을 구함
- ③ 같은 방식으로 나머지 4spot도 동일하게 측정
- ④ 측정한 개소에 대한 5spot의 평균을 구함



[그림 3.12] 건조 도막두께 측정 방법 (SSPC-PA2)

5) 평가 기준

측정된 도막 두께에 대한 평가는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)』과 SSPC-PA2의 기준을 준용하며, 세부기준은 다음과 같다.

① 도장 최소두께 및 최대두께

시방서 및 도장 제조업체에서는 요구 최소두께 및 최대두께를 제시하고 있다.

도장종류에 따라 최소 또는 최댓값이 명시되어 있지 않는 경우 일반적으로 규정두께의 80 %를 최소두께, 120 %를 최대두께로 할 수 있다.

② 도장 허용두께(SSPC-PA2 참고)

측정 1개소 내의 3개 지점값(직경 40 mm의 1개소에서 3번의 측정 실시)은 값에 제한이 없으나, 3개 지점의 평균값 즉, 1개소의 평균값은 시방서 최솟값의 80 % 이상이어야 하며, 최댓값의 120 % 이내여야 한다.

조사단위면적 내 5개소의 최종 평균값은 시방서 최솟값 및 최댓값의 범위에 있어야 한다.

③ 도장 허용두께 불만족 비율

대상 조사구역은 일정 단위면적으로 나뉘질 수 있으며, 이러한 일정 단위면적을 조사단위면적으로 정의한다.

‘허용두께 불만족 비율’은 대상 조사구역 내의 도장 허용두께 불만족 비율로 정의한다. (조사구역내 몇 %의 조사단위면적에서 허용두께가 불만족하였는지에 대한 비율)

④ 도막두께 평가기준

[표 3.20] 도막두께 평가기준

평가 기준	평가내용
	시방서 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율
a	5 % 미만
b	5 % 이상 ~ 30 % 미만
c	30 % 이상 ~ 70 % 미만
d	70 % 이상
e	-

[표 3.21] 도막두께의 허용오차

기준도막 두께 [μm(mils)]	최소 (Spot) [μm(mils)]	최대 (평균) [μm(mils)]	최대 (Spot) [μm(mils)]
25 (1.0)	15 (0.6)	50 (2.0)	75 (3.0)
50 (2.0)	30 (1.2)	100 (4.0)	125 (5.0)
75 (3.0)	45 (1.8)	150 (6.0)	175 (7.0)
100 (4.0)	60 (2.4)	175 (7.0)	213 (8.5)
125 (5.0)	75 (3.0)	200 (8.0)	238 (9.5)
150 (6.0)	90 (3.6)	225 (9.0)	263 (10.5)
175 (7.0)	105 (4.2)	250 (10.0)	288 (11.5)
200 (8.0)	120 (4.8)	275 (11.0)	313 (12.5)
250 (10.0)	150 (6.0)	325 (13.0)	363 (14.5)
275 (15.0)	165 (8.0)	500 (20.0)	575 (23.0)
500 (20.0)	300 (12.0)	650 (26.0)	725 (29.0)
625 (25.0)	375 (15.0)	800 (32.0)	900 (36.0)

※ 강구조공사 표준시방서(2016, 국토교통부)

3.3.9 교통량 조사

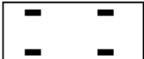
가. 개요

본 용역의 과업지시서에 의해 실시하는 교통량 조사 개요는 다음과 같으며, 교통량 조사방법은 도로교통량 조사지침(국토교통부 예규 제362호, 2023. 3. 24)을 기준으로 하였다.

나. 조사방법

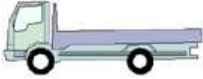
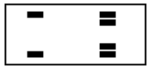
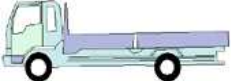
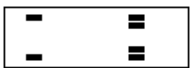
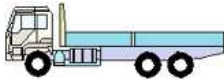
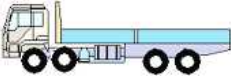
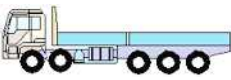
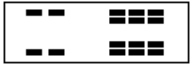
- 조사지점을 통과하는 모든 차량을 대상으로 하되, 차종은 다음과 같이 3종으로 구분
- 소형(1종), 중형(2종~4종), 대형(5종~12종)
- 조사결과를 조사지점별, 시간대별(15분 단위), 방향별, 차종별 구분에 따라 정리
- 공휴일, 휴가철, 명절, 월요일, 금요일 등 교통량의 변동이 클 것으로 예상(지역행사 일, 도로공사 등)되거나 기상상태가 안 좋은날은 제외하여 상기 일자를 선정
- 조사결과 정리는 범용프로그램(Excel 등) 이용

[표 3.22] 12종 차종분류 체계 (1)

종별	분 류 기 준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
1	축수	2		16인승 미만의 여객 수송용 차량, 미니 트럭 등 2축 1단위 차량	그랜저, 쏘나타, 아반떼, 쏘타페, 스타렉스, 제네시스, 그레이스, 넥쏘, 라비타, i30, 베라크루즈, 벨로스터, 엑센트, 에쿠스, 투싼, 모닝, 카니발, K3, K5, K7, K9, 스포티지, 쏘렌토, 모하비, SM3, SM5, SM6, SM7, QM3, QM5, QM6, 스파크, 말리부, 크루즈, 마티즈, 올란도, 트렉스, 렉스턴, 로디우스, 무쏘, 액티언, 이스타나, 체어맨, 카이런, 코란도, 쏘라티 등
	단위	1			
2	축수	2		16인승 이상의 여객 수송용 버스 형식으로 2축 1단위 차량	그랜버드, 카운티, 뉴콤비, 에어로 고속, 에어로 버스, 도시형 버스, 직행 버스, 관광 버스, 좌석 버스, 로얄 버스, 수퍼 버스, 코스모스, 시외 버스, 전세 버스 등
	단위	1			

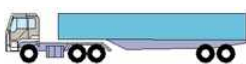
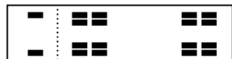
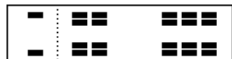
※ 화물차량의 경우 차량 형식 변경으로 인한 가변축 차량은 지면에 닿은 축수로 차종 결정

[표 3.23] 12종 차종분류 체계 (2)

종별	분 류 기 준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
3	축수	2		화물 수송용 트럭으로 2축(6륜)의 최대 적재량 1~2.5톤 미만의 1단위 차량	봉고 프론티어, 포터 등 2.5톤 미만 트럭, 2.5톤 미만 내장탑, 2.5톤 미만 냉동탑등
	단위	1			
4	축수	2		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대적재량 2.5톤 이상의 1단위 차량	타이탄, 복사(起), 트레이드, 2.5~5톤 트럭, 트랙터, 8~8.5톤 카고, 8톤 냉동차, 8.5톤, 8~8.5톤 덤프, 8톤 진개차, 5톤 렉카, 진개차, 라이노, 4.5톤 내장탑, 4.5톤 냉동탑, 사료 운반차
	단위	1			
5	축수	3		화물 수송용 트럭으로 3축 1단위 차량	믹서, 15톤 덤프, 트랙터, 붐믹서, 5.4톤 트랙터, 9.5~10톤 카고, 16KL 탱크로리, 11톤 냉동차, 11.5톤 암롤, 11~12톤 카고, LPG 탱크, 냉동 6×4, 11톤~12톤 카고 트럭, 베스트 믹서, LPG 탱크로리, B.C. 트럭, 진개차, 대형 콘크리트 펌프, 탱크로리 등
	단위	1			
6	축수	4		화물 수송용 트럭 형식으로 4축 1단위 차량	탱크로리 21KL(現), 덤프 트럭 8/4(現) 등
	단위	1			
7	축수	5		화물 수송용 트럭 형식으로 5축 1단위 차량	탱크로리, 덤프 트럭, 카고트럭 등
	단위	1			

※ 화물차량의 경우 차량 형식 변경으로 인한 가변축 차량은 지면에 달은 축수로 차종 결정

[표 3.24] 12종 차종분류 체계 (3)

종별	분 류 기 준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
8	축수	4		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러, 탱크로리 트레일러 등
	단위	2			
9	축수	4		화물 수송용 플 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 플 트레일러 등
	단위	2			
10	축수	5		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러 등
	단위	2			
11	축수	5		화물 수송용 플 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 플 트레일러 등
	단위	2			
12	축수	6		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 6축이상 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러 등
	단위	2			

※ 화물차량의 경우 차량 형식 변경으로 인한 가변축 차량은 지면에 닿은 축수로 차종 결정

제4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

본 과업의 상태평가는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단편]-교량편, 2022. 12, 국토교통부』에 의거하여 외관조사 및 내구성 조사의 항목 및 수량에 따라 정밀안전진단을 실시한 후, 상태평가를 위하여 중요 손상 및 결함을 세부 기준에 의해 분류하고 평가기법 및 절차에 따라 각 구간별 결함의 등급과 점수 및 지수를 산정하여 시설물 전체의 상태등급을 최종적으로 결정하였다.

정밀안전진단에서는 주요 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하고 결함의 발생 원인을 분석한 후 상태평가 기준에 의해 주요 부재별로 상태평가를 실시하였고, 이를 기초로 시설물의 전체에 대한 상태평가 결과를 산정하였다.

4.2 상태평가 기준 및 방법

4.2.1 상태평가 항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트 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 4.1] 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
교량받침	◦ 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 4.2] 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상		
	1방향 균열	2방향 균열	누수 및 백태	표면손상	철근부식
a	◦ 균열폭 0.1mm미만	◦ 망상균열폭 0.1mm미만	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음
b	◦ 균열폭 0.1mm이상 ~0.3mm미만 ◦ 균열률 2%미만	◦ 망상균열폭 0.1mm이상 ~0.3mm미만	◦ 누수 및 백태 면적 10% 미만 ◦ 데크플레이트 부식 면적 10% 미만	◦ 표면손상 면적 2% 미만	◦ 없음
c	◦ 균열폭 0.3mm이상 ~0.5mm미만 ◦ 균열률 2%이상 ~10% 미만	◦ 망상균열폭 0.3mm이상	◦ 누수 및 백태 면적 10% 이상 ◦ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트 부식 면적 10%이상	◦ 표면손상 면적 2% 이상 10% 미만	◦ 철근부식 손상 면적 2%미만
d	◦ 균열폭 0.5mm이상 ~1.0mm미만 ◦ 균열률 10%이상 ~20%미만	◦ 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	◦ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	◦ 표면손상 면적 10% 이상	◦ 철근부식 손상 면적 2%이상
e	◦ 균열폭 1.0mm이상 ◦ 균열률 20%이상	◦ 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭과 피 발생 가능성 있음	◦ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

2) 강 거더

[표 4.3] 강 거더 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음
b	◦ 보조부재의 국부적 균열	◦ 보조부재의 국부적 변형	◦ 보조부재 2%미만	◦ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	◦ 도장탈락 면적 10% 미만 ◦ 부식발생 면적 2% 미만
c	◦ 보조부재의 전반적 균열 ◦ 주부재의 국부적 균열	◦ 보조부재의 전반적 변형 및 파단 ◦ 주부재의 국부적 변형	◦ 보조부재 2%이상~ 10%미만 ◦ 주부재 2%미만	◦ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ◦ 부분적 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 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 파대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	◦ 주부재 10%이상	◦ 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로인해 연결 기능 상실	◦ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

3) 강 가로보와 세로보

[표 4.4] 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음
b	◦ 보조부재의 국부적 균열	◦ 보조부재의 국부적 변형	◦ 보조부재 2%미만	◦ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	◦ 도장손상 면적 10%미만 ◦ 부식발생 면적 2%미만
c	◦ 보조부재의 전반적 균열 ◦ 주부재의 국부적 균열	◦ 주부재의 국부적 변형 ◦ 변형 및 충격에 의한 손상발생	◦ 보조부재 2%이상~ 10%미만 ◦ 주부재 2%미만	◦ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ◦ 부분적 용입부족, 용접누락	◦ 도장손상 면적 10%이상 ◦ 부식발생 면적 2%이상~ 10%미만 ◦ 부식에 의한 단면 손상 면적 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	-	-	-	-	-

4) 교대

[표 4.5] 교대 상태평가 기준

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

5) 콘크리트 교각

[표 4.6] 콘크리트 교각 상태평가 기준

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

6) 기초

[표 4.7] 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안전성
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.	◦ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨.
d	◦ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생. ◦ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생.	◦ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨 기초가 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.

7) 교량받침

[표 4.8] 교량받침 상태평가 기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트 등
	탄성받침	강재받침	
a	◦ 외관상태 양호	◦ 외관상태 양호	◦ 외관상태 양호
b	◦ 미세균열 등 경미한 열화	◦ 외부 도장탈락 및 부식 ◦ 도장탈색, 먼지쌓임	◦ 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	◦ 균열이 심화되어 고무재가 갈라짐 ◦ 전단변형량이 받침고무 두께의 0.7배(사용한계상태) 이상	◦ 미끄럼판 부식 발생 ◦ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	◦ 받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 ◦ 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	◦ 고무 본체의 보강 철판에 부식이 진행됨 ◦ 측면 부풀어 고무재에 균열이 발생함 ◦ 전단변형량이 받침고무 두께의 1.5배(극단상황한계상태) 이상 ◦ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 ◦ 받침의 신축기능 불량	◦ 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 ◦ 받침 본체 파손 ◦ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	◦ 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	◦ 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ◦ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	◦ 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ◦ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ◦ 작동불능 상태	-

8) 신축이음

[표 4.9] 신축이음 상태평가 기준

기준	본체	후타재
a	◦ 없음	◦ 양호
b	◦ 토사, 이물질 퇴적 ◦ 고무판 노화	◦ 미세균열 발생
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 코깅부에 이물질퇴적 및 부식 발생	◦ 균열이 50cm이하의 간격으로 발생 ◦ 국부적인 박리, 박락, 파손
d	◦ 강관유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ◦ 신축유간의 밀착으로 인한 거동불량 ◦ 신축유간이 넓어 차량통행에 지장초래 ◦ 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	◦ 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량 통행시 충격발생 ◦ 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

9) 교면포장

[표 4.10] 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가 기준

기준	포장불량		배 수
a	◦ 없음	◦ 없음	◦ 없음
b	◦ 포장불량 5 % 미만	◦ 포장손상이 미미하여 차량주행에 영향 없는 상태	◦ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	◦ 포장불량 5 % 이상~10 % 미만	◦ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	◦ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	◦ 포장불량 10 % 이상	◦ 포장손상이 심하여 전반적인 보수가 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	◦ 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	-	-	-

10) 배수시설

[표 4.11] 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 하부 통행에 따른 위험 초래
d	◦ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

11) 난간 및 연석

[표 4.12] 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		콘크리트
a	◦ 양호	◦ 양호	◦ 양호
b	◦ 도장불량 10%미만	◦ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	◦ 경미한 손상, 폭 0.3mm이하 균열
c	◦ 도장불량 10%이상 ◦ 부식으로 인한 단면손상 10%미만	◦ 파손 및 탈락 10%미만	◦ 폭 0.3mm이상 균열 ◦ 박리, 파손, 철근노출10%미만 ◦ 철근부식 손상 길이 2%미만
d	◦ 부식으로 인한 단면손상 10%이상	◦ 파손 및 탈락 10%이상 ◦ 낙석으로 인한 손상발생 ◦ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	◦ 박리, 파손, 철근노출 10%이상 ◦ 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

12) 탄산화

[표 4.13] 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 4.14] 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. 공중이 이용하는 부위의 상태평가 기준

1) 추락방지시설

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

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

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

라. 구조형식에 따른 부재별 가중치

[표 4.15] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목		슬래브 교량	거더 교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차 부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크 리트 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	
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)			

() : 정밀안전점검 시 적용 가중치

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.
- 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
- 아치트러스에서 바닥판이 없는 경우, 거더와 2차부재에 가중치를 균등하게 배분한다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.
- 하천교량의 경우 기초의 가중치를 10% 할증할 수 있다.

4.2.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

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

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

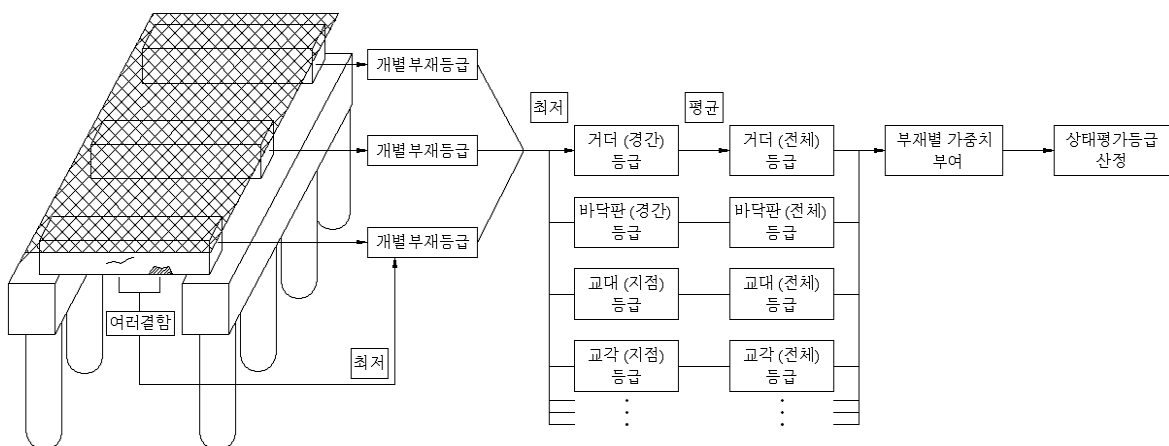
구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며 아래 표의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

[표 4.16] 결함도 점수 범위에 따른 기준

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

다. 상태평가 결과 산정 방법

상태평가결과 산정과정은 외관조사 결과 부재별로 상태기준을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려하여 전체 평가 결과를 산정하는 과정으로 되어 있으며 다음 그림과 같다.



[그림 4.1] 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법의 예

제5장 재하시험

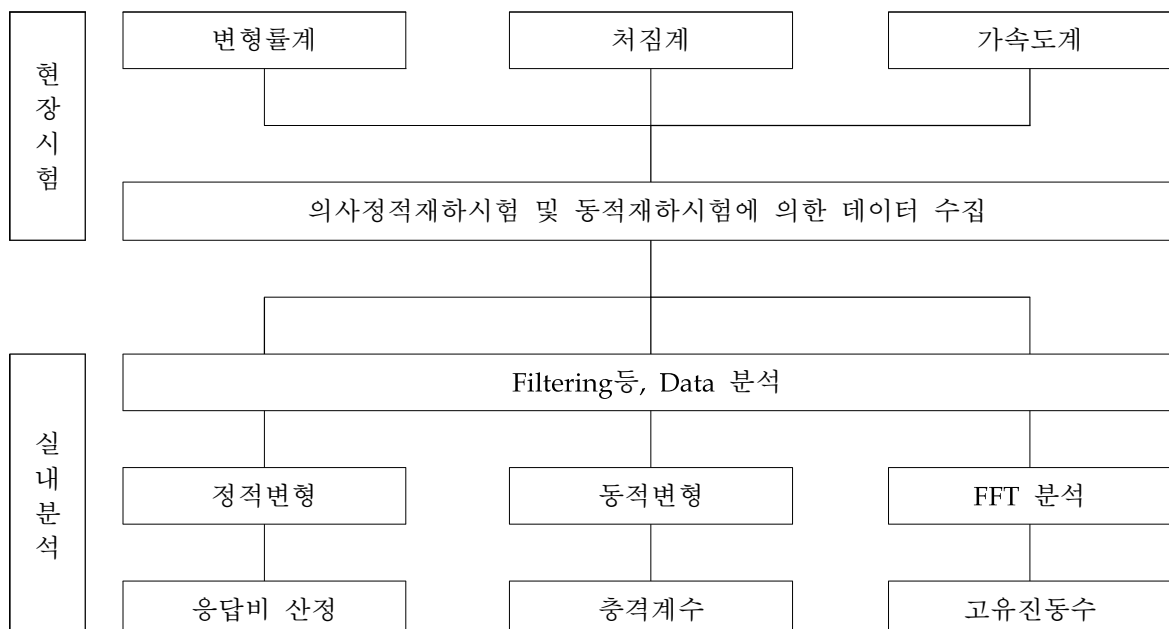
5.1 개 요

재하시험은 축중을 알고 있는 시험차량의 재하에 따른 대상구조물의 실 거동을 측정함으로써 대상구조물의 정·동적 거동특성을 파악하고 공용내하력을 평가하기 위하여 필요한 자료를 획득할 목적으로 실시한다. 따라서 구조형식에 따른 측정부위 및 재하방법의 선택이 중요하다.

현장 재하시험을 통한 대상 구조물의 실거동을 파악하여 안전도 및 내하력을 평가하기 위한 자료 획득을 목적으로 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 - 안전점검·진단 편(교량편)」에 의거하여 실시되며, 정모멘트부의 휨변형률 분포, 변위, 충격계수, 고유진동수 등을 각각의 재하 경우별로 측정·기록하였다.

재하시험은 하중의 재하방법에 따라 정적재하시험 및 동적재하시험으로 대별되며, 정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동특성을 파악하고 정적변위 및 응력의 응답비 등 내하력 평가를 위한 계수를 산정하기 위하여 실시한다. 또한 동적재하시험은 기본적으로는 구조물의 동적거동을 조사·측정하기 위한 것으로 대상교량의 실충격계수와 실고유진동수 등의 동적특성을 측정·기록하여 교량의 안전성을 검토하기 위한 기본자료를 구하기 위하여 실시한다.

정·동적재하시험의 측정체계는 다음과 같다.



[그림 5.1] 의사정적 및 동적재하시험 측정체계

본 교량 재하시험의 주요 목적은 다음과 같다.

- ① 구조물의 정·동적 실 거동 분석
- ② 실측응답과 이론응답을 통한 응답비 비교 및 분석
- ③ 충격하중에 따른 구조물의 동적특성 파악
- ④ 내하력평가를 위한 응답보정계수 도출

5.2 재하시험 계획

가. 시험경간 선정

- 1) 시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수 및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.
- 2) 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.
- 3) 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 없는 경우는 예외로 한다.
- 4) 국부적 충돌사고 및 손상, 일부 경간의 보강효과 검증 등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

나. 계측기 및 센서의 부착

- 1) 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.
- 2) 계측기와 센서는 압축·인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.
- 3) 4차선 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다.
슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.
- 4) 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.

- 5) 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

다. 재하하중 선택

- 1) 재하하중은 교량의 형식과 설계활하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 계층 효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 건설기준코드(구 도로교설계기준)의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다.
단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 선행 구조해석을 통하여 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.
- 2) 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 3차선 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.
- 3) 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험 종료후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

라. 재하시험 계획

- 1) 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.
- 2) 우천 시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.

마. 안전계획

- 1) 재하시험원 및 교통통제원은 주·야간 모두 육안으로 식별이 가능한 복장을 착용한다.
- 2) 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.
- 3) 재하시험 종료 후 부분적으로 훼손된 교량표면을 원상 복구한다.

5.3 정적 재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험 차량의 중량 및 제원확인, 재하위치 표시, 교통통제 등이 완료되면 시작하도록 한다.

정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 정적처짐 또는 정적변형율을 측정한다.

- 중립축 위치 판단
- 하중의 횡분배
- 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 부재의 강성
- 응력 및 처짐의 영향선
- 계산응력과 측정응력의 비교

가. 시험방법

- 1) 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 2) 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 매 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.
- 3) 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.
- 4) 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.
- 5) 활하중 재하위치는 설계조건, 차선조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.
- 6) 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하 횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

나. 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가 시킨다.

다. 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

5.4 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

시험차의 주행에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

가. 차량 주행시험

- 1) 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 2) 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.
- 3) 시험차량의 주행속도는 상행차선과 하행차선에서 각각 최저 10km/h에서부터 현장여건상 가능한 최대 주행속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시키면서 교량의 동적응답신호를 측정한다.
- 4) 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.

나. 동적특성 시험

- 1) 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.
- 2) 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

5.5 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 계측된 응답 파형으로부터 정적응답을 간접적으로 유추하는 재하시험 방법으로서 동적 측정장비를 이용할 수 있고 정적재하시험에 비하여 차량통제가 용이하기 때문에 재하시험 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

따라서 의사정적재하시험은 평가대상 교량의 현장여건, 교통량 등을 감안하여 차량의 전면교통통제를 실시하는 것이 바람직하지 않다고 판단될 때 실시하도록 한다.

의사정적재하시험은 다음과 같은 요령으로 실시한다.

- 1) 시험대상 교량에 정적재하시험과 같은 요령으로 재하경우별로 재하위치를 표시한다.
- 2) 시험대상 교량 전후방에 신호 및 교통통제요원을 배치하고 차량의 통행이 없는 시기에 시험차량을 교량으로 유도하여 재하위치를 통과하도록 한다.
- 3) 차량의 통행이 없는 시기를 확보하기 곤란한 경우에는 시험차량의 전후방에 주행유도 차량을 운행하여, 시험차량이 평가대상교량을 통과할 때까지 다른 차량의 교량진입을 통제한다.
- 4) 의사정적재하시험에서 시험차량의 속도는 약 10km/h 이내의 속도를 유지하도록 한다.
- 5) 의사정적시험에서 계측된 데이터에서 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.

제6장 시설물의 안전성평가

6.1 안전성평가

6.1.1 개요

외관상태와 내구성조사를 근거로 교량구조물의 대표등급을 산정하는 경우, 구조물의 실제적인 안전성에 대한 효과적인 고려가 곤란하다. 따라서, 정밀안전점검(필요시)이나 정밀안전진단시에는 안전성 평가 결과에 의하여 안전성평가등급을 산정하도록 한다.

6.1.2 안전성 평가 기준

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 있다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나, 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전을 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

[표 6.1] 구조물의 안전성 평가기준

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

6.1.3 안전성평가 산정 방법

가. 안전성평가의 고려사항

1) 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성 평가 시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

- 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도
- 균열, 박리, 박락, 층분리
- 강재, 철근, 프리스트레싱 텐던의 부식
- 구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
- 처짐
- 볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태
- 신축 이음부와 받침부의 구속력

강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 추가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

2) 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다. 교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

3) 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 일으킬 것으로 예상되는 주요 구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

4) 복잡한 구조물

곡선 거더교 및 변단면 거더 교량과 같이 복잡한 구조물의 안전성검토에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 한다.

6.2 내하력평가

6.2.1 개요

내하력평가지 강박스거더교의 거더에 대해서는 허용응력설계법으로 내하력을 평가하며, 콘크리트 바닥판은 강도설계법에 의하여 내하력을 평가한다.

6.2.2 허용응력설계법

허용응력설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 $D+L(1+i)$ 을 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 되며, 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 도로교 설계기준에 의거하여 계산하였으며, 본 교량에서의 적용 활하중은 DB-24 및 DL-24이다.

허용응력법에 의한 교량부재의 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\cdot \text{내하율}(RF) = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력

i = 건설기준코드(구 도로교 설계기준)에서 제시하는 설계 충격계수

이 내하율로부터 교량부재의 공용내하력은 다음과 같다.

$$\cdot \text{공용내하력}(P) = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응력보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \quad \text{또는} \quad K_s = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$\epsilon_{\text{계산}} (\epsilon_{\text{실측}})$ = 이론적인 변형률(실측 변형률)

$i_{\text{계산}}$ = 건설기준코드(구 도로교 설계기준)에서 제시하는 충격계수

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

6.2.3 강도설계법

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1+i)을 사용하므로 고정하중과 활하중의 하중계수는 각각 1.30, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산한다.

교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다. 그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 건설기준코드(구 도로교 설계기준)의 설계 활하중(DB 또는 DL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\cdot \text{내하율}(RF) = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트(강구조물 $\phi=1$, RC·PC구조물 $\phi=0.85$)

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 건설기준코드(구 도로교 설계기준)에서 제시한 설계 충격계수

이 내하율로부터 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\cdot \text{공용내하력}(P) = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응력보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \quad \text{또는} \quad K_s = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

P_r = 설계 활하중

제7장 종합평가 및 안전등급 지정

7.1 개요

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

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

따라서 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시되는 경우에 대하여 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 객관적이고 정량적이며 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 합리적인 종합평가 결과가 결정될 수 있도록 시설물편의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

7.2 종합평가 결과 산정 절차

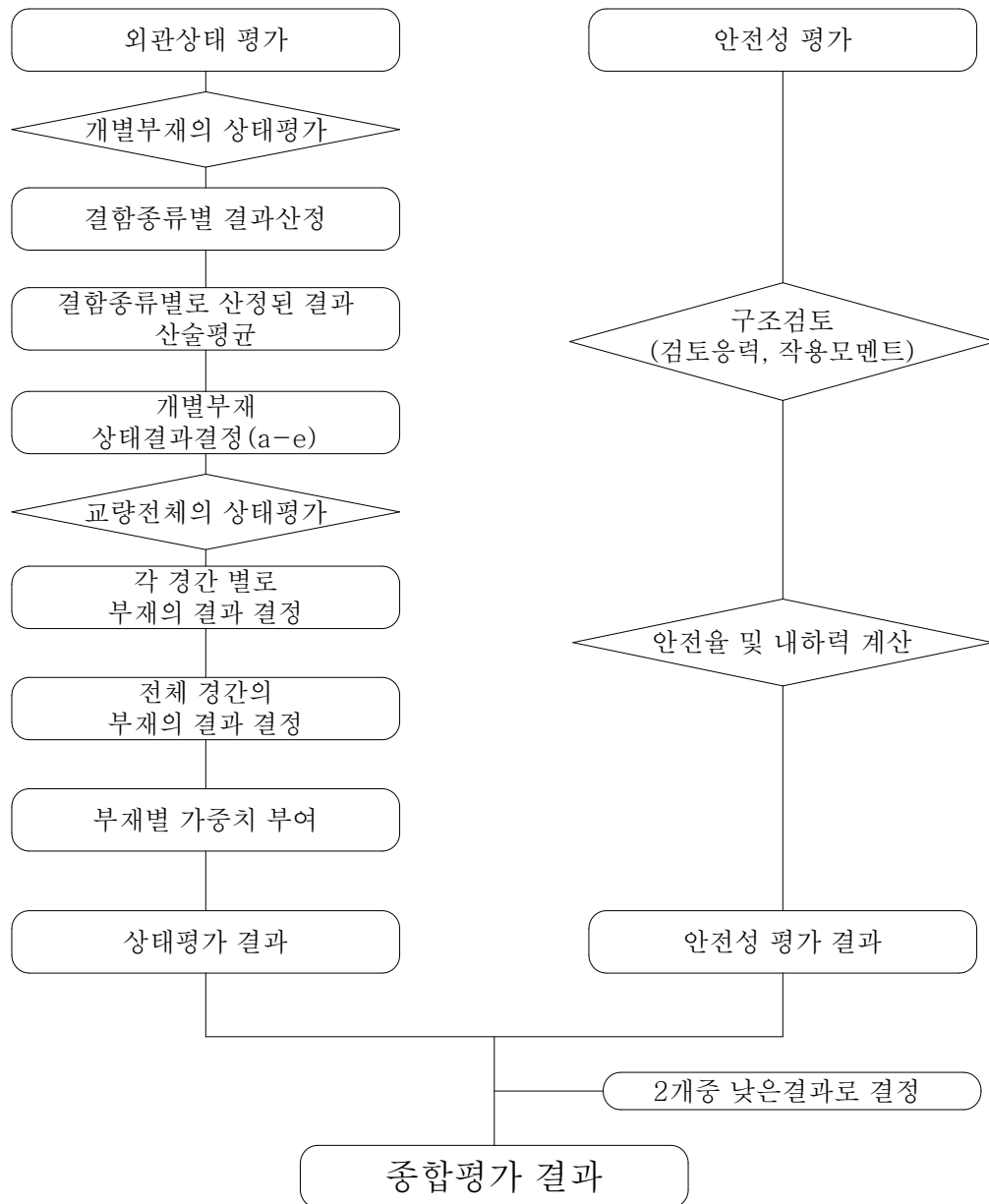
가. 종합평가 기준

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

나. 종합평가 결과 산정절차

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

종합평가결과의 산정절차는 다음과 같다.



[그림 7.1] 종합평가결과 산정 흐름도

7.3 안전등급 지정

정밀안전진단을 실시하는 사람은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다. 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대해 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급 기준을 아래와 같이 지정한다.

다만 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과, 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

[표 7.1] 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	◦ 문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	◦ 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 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 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

제8장 보수·보강 및 유지관리 방안

8.1 개 요

본 장의 보수·보강 방안은 과업 결과에 따라서 구조물의 내구성, 방수성, 내하력, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수·보강 방법을 제시하며, 보수·보강에 있어서의 손상 원인, 보수 범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등이 합리적으로 적용되어 소기의 목적이 달성될 수 있도록 하였다.

보수·보강의 목적은 열화·손상된 구조물의 중요도, 열화도, 손상도에 따라 다르지만 크게 나누어 보면 다음과 같이 구분된다.

- 현 상태의 내하력 등의 안전성, 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화·손상의 진행을 억제한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 소요의 성능회복을 도모한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 그 성능을 초기 수준이상으로 개선한다.

보수·보강은 이런 목적에 부합되도록 적합한 방법을 선택하여 시행할 필요가 있다.

일반적으로 보수라는 것은 손상을 받은 콘크리트 구조물의 기능을 회복시키는 것이라 생각되고 있으나 손상을 받은 구조물의 경우 기능만을 회복시키는 경우 다시 동일한 형태의 손상이 생길 가능성이 크고, 특히 환경, 하중 작용에 대한 추정부족에 기인하는 가능성이 현저하다. 따라서 보수 시에는 손상원인을 제거하거나 혹은 손상 열화에 대한 저항성을 향상 시켜서 대상 구조물의 성능을 개선하는 것이 주목적이다.

보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중 이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 내하력 등을 증진시키는 것을 말한다.

8.1.1 보수·보강 공법선정 기준

본 구조물의 진단 및 유지관리 활동 중에 발견된 구조물의 손상부위는 보수·보강 등의 대책이 필요하게 된다. 따라서 손상부위에 적합한 공법의 선정은 매우 중요한 문제이며, 이를 위해 다음과 같은 사항이 고려되어야 할 것이다. ① 경제적이고, ② 재료의 품질에 좋은 것이며, ③ 설계이론이 분명한 것이어야 하며, ④ 시공기간이 짧으며, ⑤ 안정성에서 문제가 없으며, ⑥ 미관을 배려하며, ⑦ 환경에 의해 요소가 적은 것.

구조물의 손상은 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많으므로 정량화된 공법을 제시하기가 매우 어려워 보수·보강 공법의 선정 시 아래 표와 같은 내용을 고려하여 보수·보강 공법을 선정하였다.

본 보수·보강 공법 선정 시 총수량에 대해서는 부록의 『외관조사망도』를 기초로 하였다.

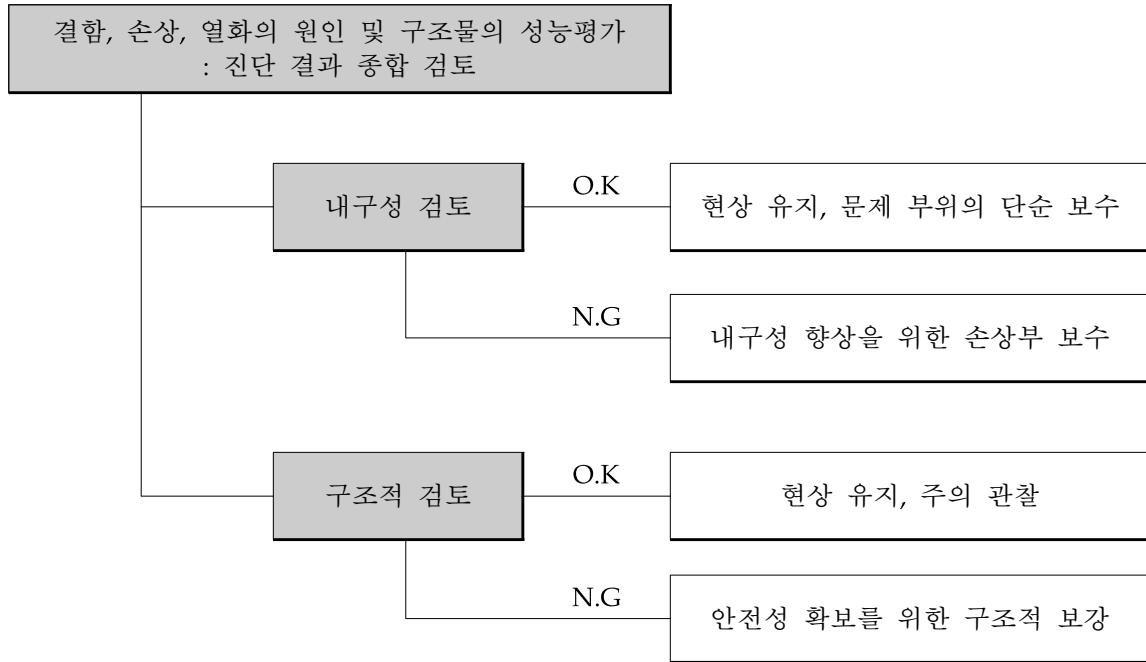
[표 8.1] 보수·보강공법 선정기준

보수·보강공법	내 용
필요성	◦ 외관조사 결과 손상상태 평가 C급 이하인 경우
우선 순위 결정	◦ 손상정도 및 구조적 안전성 검토 결과에 의거 장·단기대책수립
공 법	◦ 국내외 최신 기술과 시공실적을 고려하여 각 손상별 공법검토
안 전 성	◦ 보수·보강실시 후 공용하중에 대한 안전성을 확보 여부 검토
시 공 성	◦ 현장작업 여건과 교통 불편을 최소화할 수 있는 공법 검토
경 제 성	◦ 시공 가능한 공법 중 내구성·안전성을 고려하여 가장 경제적인 공법을 선정
유지관리 차원	◦ 공학적인 측면에서 보수·보강공법을 검토하여 시설물의 효율적인 유지관리에 문제점이 없는 방안 검토

가. 보수·보강의 필요성

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.



[그림 8.1] 보수·보강 범위의 결정

나. 보수·보강 공법선정 및 수준의 결정

1) 보수·보강 공법선정 및 수준 결정

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

2) 보수·보강 수준 결정

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

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

3) 본 구조물은 주요부재에 경미한 결함 및 손상이 발생하여 일부 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.

다. 보수·보강 재료의 선정

보수 재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

1) 보수 재료의 기본 특성 설정

보수 재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수 재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용연수 등을 설정한다.

2) 보수 재료의 요구 성능 설정

보수 재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수 재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수 재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수 재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능이다.

재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수 재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

3) 적용 가능한 보수 재료의 선정

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

4) 보수 재료의 성능조사

보수 재료가 요구 성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능평가 값이 요구 성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

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

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

5) 보수·보강 우선순위 결정

본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상, 원인, 구조적 안전성 등을 고려하여 보수의 시급성을 판단하여 우선순위를 정하여야 한다.

라. 보수·보강 우선순위

본 시설물에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 시설물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경 인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생되어 있는 것으로 조사되었다.

본 과업 대상시설물에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 보수·보강의 우선순위는 시설물을 구성하는 부재에 대하여 안전성, 사용성 및 내구성을 고려하여 결정하였으며 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

[표 8.2] 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	◦ 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 ◦ 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d”이하인 경우 ◦ 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기	2순위	◦ 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 ◦ 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 ◦ 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	◦ 기능발휘에는 지장이 없거나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		◦ 1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전 상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트 부재 0.2 mm이하의 비구조적인 미세균열(단, 균열집중 구간은 제외) - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않는 경우

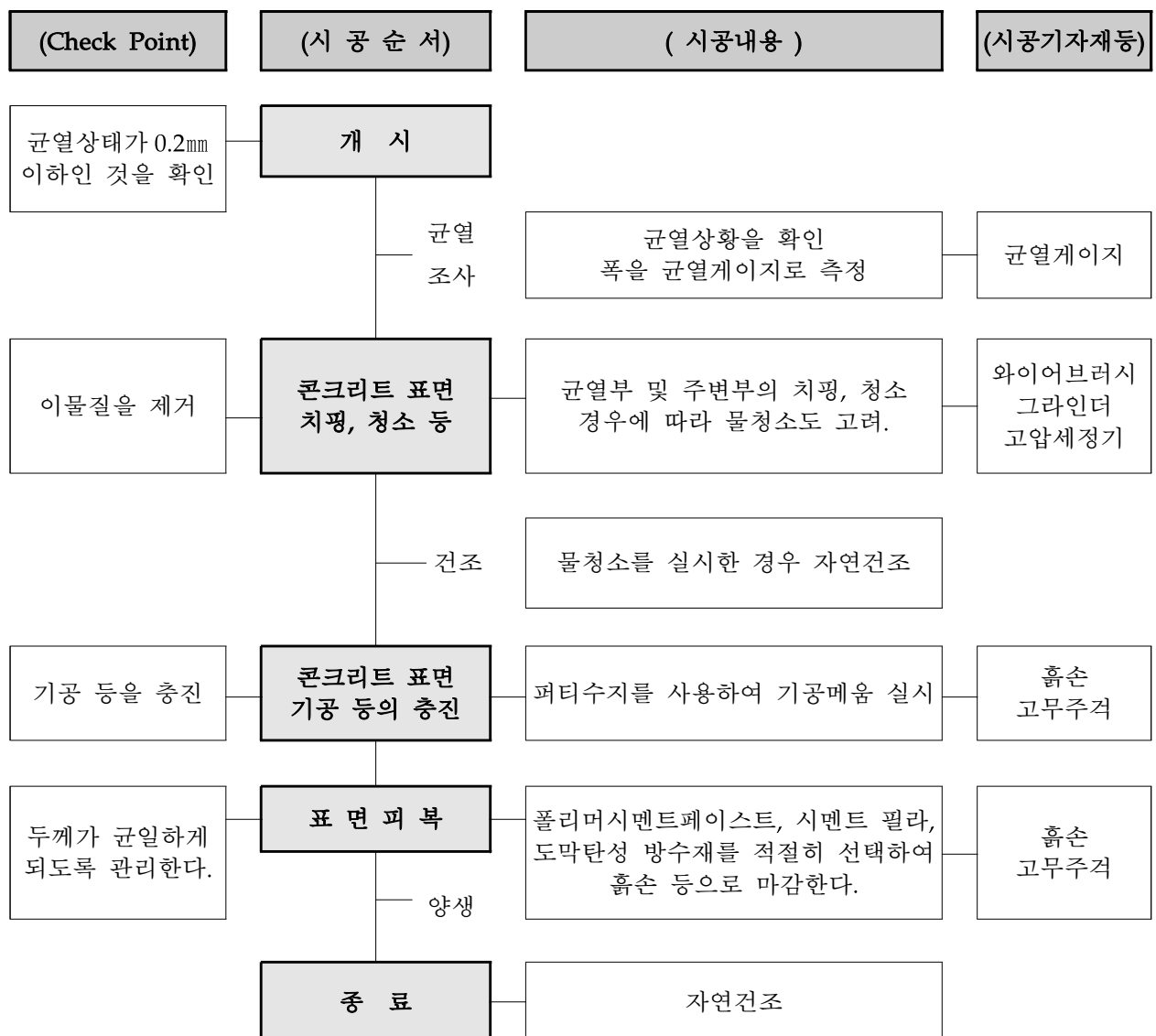
8.2 보수·보강 방법

8.2.1 콘크리트 구조물 보수·보강 방법

가. 균열보수 방법

1) 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 8.2] 표면처리 공법 시공 흐름도

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

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

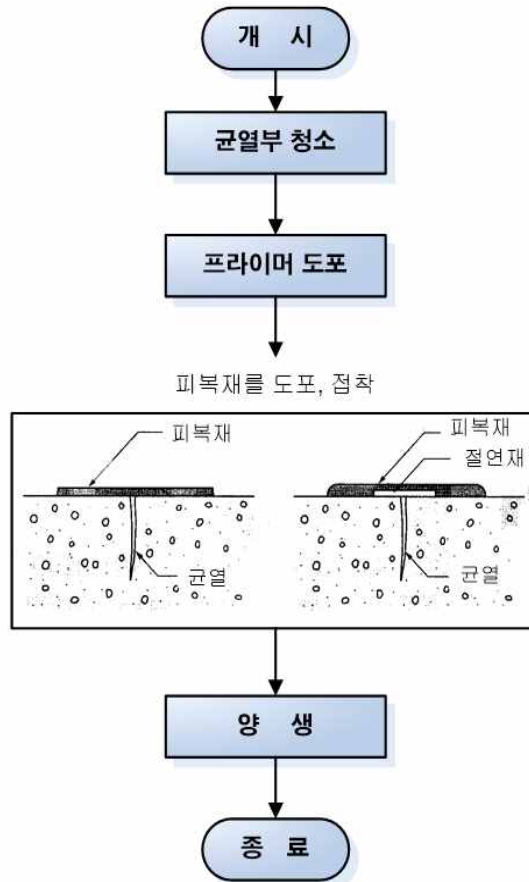
이 공법은 예전에는 균열부분의 폭이 작은 경우에 사용하는 경우가 대부분이었다. 그러나, 최근에는 균열 폭의 확대를 제어하거나, 부식된 철근의 결손부분을 보충하는 등의 목적으로, 탄소섬유시트나 아라미드섬유시트, 유리섬유시트라고 하는 연속섬유시트를 구조물의 표면에 붙이는 방법이 실용화되고 있다.

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

표면처리공법에 사용하는 보수재료를, 보수목적과 관련되게 만들어 정리한 것이 아래표이다. 여기서는 방수제 등의 침투성도포 방수제에 의한 보수도 표면피복 공법의 침투성도포방수제는 주로 외부에서의 물의 침투방지를 목적으로 한 방법으로, 폭이 0.2 mm 정도이하의 균열부의 보수에 사용되며 균열 폭이 큰 경우에는 부적당하다.

연속섬유시트 접착공법으로 균열부를 보수할 때, 균열 폭이 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.



[그림 8.3] 표면피복 공법 시공 흐름도

[표 8.3] 표면피복공법의 보수목적과 재료

보수재료 \ 보수목적	방수성 향상	내구성 향상	균열제어	내하성 향상
도막탄성방수재	◎	○	×	×
침투성방수재	○	△	×	×
폴리머시멘트 모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△
◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가				

2) 수지주입공법

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 반면 가압방법으로서 고무압이나 공기압 등이 이용되고 있지만, 방법에 따라서는 주입압이 변화되고 소요의 주입을 할 수 없는 문제점 등이 있다.. 나아가 보수의 주입공으로 하는 경우 균열부의 공기가 밀폐되고 내부에 미충전부가 남겨진다는 문제도 있다.

한편, 고압주입 공법의 문제점으로서 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 있으며, 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있다.

[표 8.4] 수지주입공법의 종류

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

[표 8.5] 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

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열 폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도 및 일반적인 주입 파이프의 간격은 다음과 같다.

[표 8.6] 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도

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

[표 8.7] 균열 폭에 따른 주입파이프/뿔커의 간격

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

③ 압입식 수지주입공법의 특징

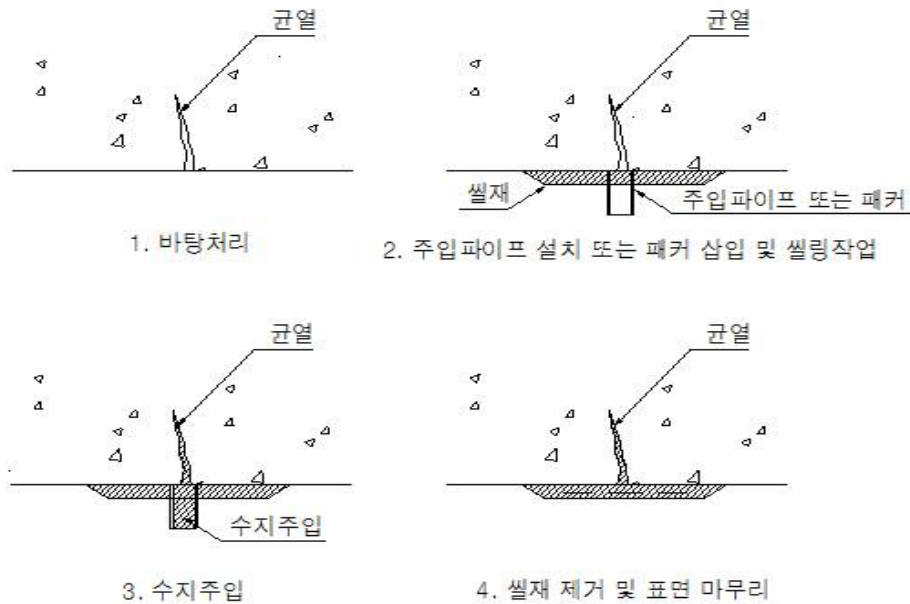
수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공 관리가 용이하며 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4 kg/cm^2 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 1 kg/cm^2 전후가 사용된다.

주입재는 에폭시수지계 또는 이소시아네이트수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경 하에서도 사용이 가능한 반면 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 흐름도 및 공법 개요, 수지계 주입재의 특징은 다음과 같다.

(Check Point)	(시 공 순 서)	(시 공 내 용)	(시공기자재등)
균열폭 측정 및 표식	균 열 조 사	균열상황을 확인 폭을 균열게이지로 측정	균열게이지
주입구가 청소에 의해 이물질 등이 매워지지 않도록 주의	균 열 부 표 면 청 소	주입구의 주변 청소	와이어브러시, 그라인더, 드릴 등
이소시아네이트수지의 경우에는 패커 삽입을 위하여 균열부를 교차천공	주입파이프 또는 패커의 고정	주입파이프 또는 패커 간격의 확인 주입파이프 접착의 밀도 확인	스케일 등
셀재의 접착을 견고하게 양생(가장 중요)	비주입 부위 균열의 셀링		흡손 등
진행성 균열의 경우는 가소성 에폭시수지의 사용을 검토	전용펌프 또는 자동주입기로 주입		주입용 펌프 또는 자동주입기
※이소시아네이트수지의 경우에는 1차 주입 후 2차 주입을 한다.	주입양의 확인 양생		
시공전의 상태에 근접하게 제거 패커 제거부위는 봉합 표면정리	주입파이프, 패커, 셀재 등을 제거, 작업 종료		망치, 끌, 정, 드라이버, 그라인더 등

[그림 8.4] 균열 수지주입 공법 시공 흐름도



[그림 8.5] 균열 수지주입 공법 개요도

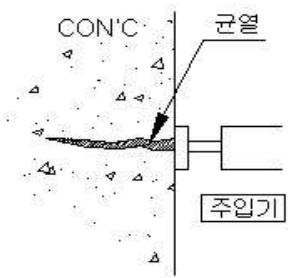
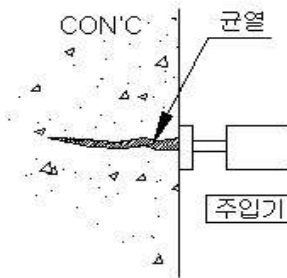
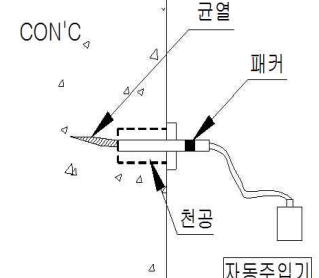
④ 시공시 주의사항

- i. 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.
- ii. 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.
- iii. 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.
- iv. 실링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- v. 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 실링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트 수지를 주입한 경우에는 패커 제거 후 실링재로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.
- vi. 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

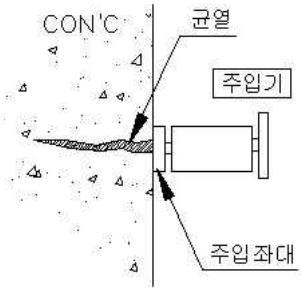
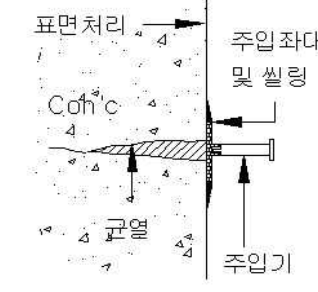
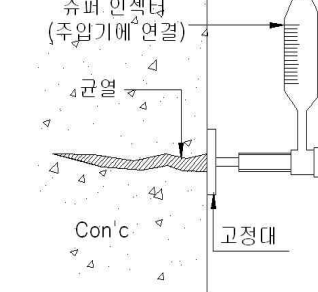
[표 8.8] 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	◦ 균열, 추종성이 양호 ◦ 적용가능 균열 폭은 0.2~2.0 mm
	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 0.15 mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	◦ 수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 ◦ 적용 균열 폭 1.0 mm~10.0 mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	◦ 균열폭 5.0 mm 이상에 적용 ◦ 습윤면에 대하여 접착성이 우수 ◦ 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합
이소시아 네이트 수지 주입재 (건설신기술 제359호)	일액형 친수성 (에폭시 + 우레탄 + 아크릴 + 이소시아네이트)	◦ 균열, 누수 및 습윤면 접착강도 우수 (누수 심한 곳 2.5 kg/cm² 수압 차단) ◦ 균열, 추종성이 양호 ◦ 적용가능 균열 폭은 0.2~10.0 mm ◦ 환경친화 제품으로 화기위험 및 냄새 없음 ◦ 진동 및 거동으로 인한 작업부를 자체 압력으로 균열부 추 종 봉합

[표 8.9] 수지계 주입공법의 비교 (1)

구분	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 시멘트계	이소시아네이트 수지 (건식, 습식)
개요도			
공법 개요	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 이용하여 자동주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입기 설치→균열부 실링→에폭시주입→단면복구	표면처리→V컷팅→주입기 설치→균열부 실링→RF슬러리 주입→단면복구	표면처리→V컷팅→격자천공→균열부실링→이소시아네이트수지주입→패커제거→표면정리
특징	◦ 습윤면 시공 가능 ◦ 시공성이 좋다 ◦ 경화속도가 빠르다. ◦ 주입량 점점이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 ◦ 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	◦ 모체와 탄성계수, 열팽창 계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 ◦ 모체와 일체화 가능 ◦ 기존의 콘크리트 구체와 동일한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 ◦ 습윤면 시공 불가능 ◦ 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	◦ 건조면, 습윤면, 누수면 시공 가능 ◦ 패커에 의한 주입으로 균열부 완전충진 가능과 약품이 역류되지 않음 ◦ 자체압력으로 누수면 및 추종 봉합 가능 ◦ 모체와 일체화 가능 ◦ 재균열 발생 없음 ◦ 시공성이 우수하며 시공비 저렴

[표 8.10] 수지계 주입공법의 비교 (2)

구분	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입 가능한 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입좌대고정→균열부 실링→초미립자무기계슬러리주입→단면복구	표면처리→주입구 선정→균열부위 섀링→고정판설치→에폭시주입→표면정리	균열부위 면처리→에어건으로 먼지제거→균열부 실링→고정제 부착→실린더 고정판에 부착→슈퍼인젝터를 실린더에 부착후주입→고정대 제거후 마감.
특징	◦ 무기계 재료로서 기존콘크리트와 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.

나. 단면복구공법

콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면보수재, 철근방청제의 조합에 의한 공법으로 시설물의 철근노출, 재료분리, 보수불량 부위 등 노출철근이 부식되어 있는 결함 부분에 대한 보수방법으로 사용하며, 일반적인 시공방법은 다음과 같다.

1) 표면처리

기존 콘크리트의 열화부위, 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 표면을 깎아내며 손상부 깊이가 철근까지 확대되었을 때는 철근 뒀면 2 cm 이상을 깎아낸다.

2) 표면청소

- 콘크리트 표면철거 후 고압 살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
- 고압세척의 압력은 노즐팁(tip)에서 5,000 psi(350 kgf/cm²)의 압력으로 한다.

3) 철근부식방지

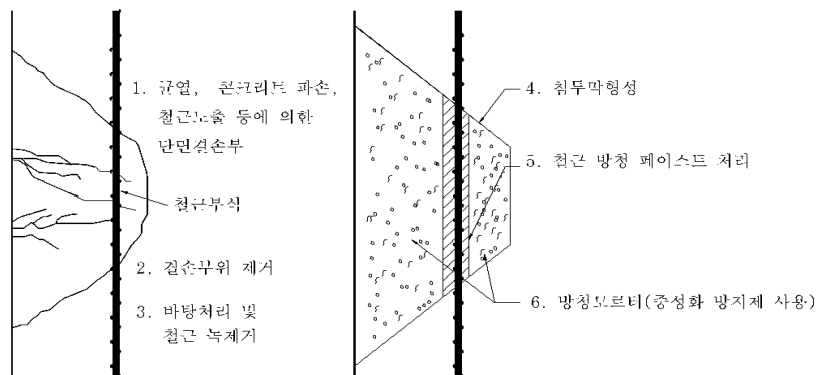
철근부식 방지를 위해 방청제를 도포 하며 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 좋은 재료를 사용하여야 한다.

4) 점착력 강화

신·구 재료의 점착력 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.

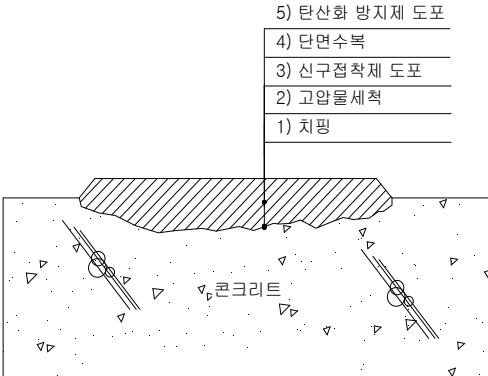
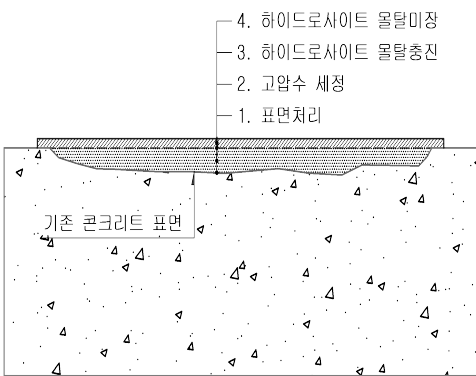
5) 단면 보수재

기존 콘크리트 탈락부위에 특수 조강 무수축 모르터를 바른다.

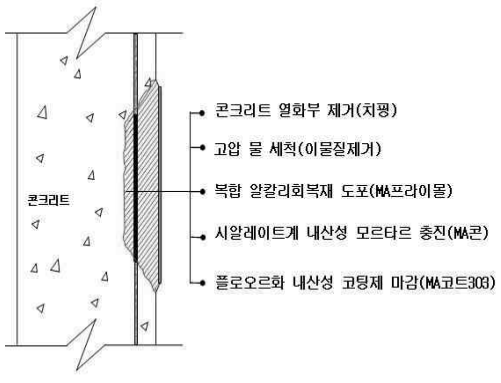
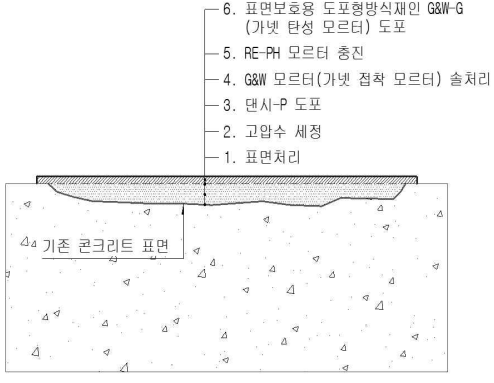


[그림 8.6] 단면복구 공법 개요도

[표 8.11] 단면복구공법의 비교 (1)

구분	P.M.I 공법 (특허 제10-1133782호)	레미가드 공법 (특허 제05159485호)
개요도	 5) 탄산화 방지제 도포 4) 단면수복 3) 신구접착제 도포 2) 고압물세척 1) 치핑	 4. 하이드로사이트 몰탈미장 3. 하이드로사이트 몰탈충진 2. 고압수 세정 1. 표면처리
공법 개요	고분자 융합 신소재와 탄소나노튜브 단면보수재를 이용한 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수, 방식을 위한 공법	비정질실리카 및 수성아크릴 몰탈을 이용하여 단면을 수복하는 공법
시공 방법	표면처리(치핑)→고압세정→녹제거 및 방청→신구접착제 도포 (알칼리회복형)→단면수복→방수, 방식제도포	표면처리(치핑)→고압세정→하이드로사이트 몰탈충진→하이드로사이트 몰탈미장
특징	◦ 조직을 치밀하여 내구성 및 강도 우수 ◦ 유연성과 강한 부착력을 유지함으로써 장기적인 내구성 확보 ◦ 망상균열에 대한 저항성 우수 ◦ 기계화 시공으로 공기를 단축시키며 시공 품질 확보가 가능	◦ 기존 콘크리트 물성치와 유사 ◦ 시공성, 작업성 우수 ◦ 수밀성, 내화학적, 내마모성 우수 ◦ 투습성 및 통기성 확보 ◦ 균열발생 억제 가능 ◦ 시공실적 다수

[표 8.12] 단면복구공법의 비교 (2)

구분	MA 공법 (특허 제10-0833870호)	리폼시스템공법 (특허 제0220562호)
개요도		
공법 개요	시알레이트계 무기폴리머 모르타르와 플로오르화 무기폴리머 보호 코팅제를 이용하고 내산성 콘크리트 단면 보수 공법	비정질실리카 및 수성아크릴 물탈을 이용하여 단면을 수복하는 공법
시공 방법	치핑→고압세정→복합알칼리회복재도포→시알레이트계 내산성 모르타르 충전→플로오르화 내산성 코팅제 마감	표면처리→고압세정→댄시-P도포→G&W모르터(가넷 접착 모르터) 솔처리→RE-PH 모르터 충전→표면보호용 도포형방식재인 G&W-G(가넷 탄성 모르터) 도포
특징	◦ 내산성, 내화학적, 내황산염저항성 우수 ◦ 산성환경에 대한 내부식성 우수 ◦ 무기계 재료로써 모체와 일체거동	◦ 기존 콘크리트 물성치와 유사 ◦ 시공성, 작업성 우수 ◦ 수밀성, 내화학적, 내마모성 우수 ◦ 투습성 및 통기성 확보 ◦ 균열발생 억제 가능 ◦ 시공실적 다수

다. 콘크리트 탄산화 및 염해방지 공법

콘크리트 표면을 도료로 피복하여 탄산화 및 염해 등 기타 오염 물질의 침투를 차단함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하고 구조물의 수명을 연장시키는 공법이다.

[표 8.13] 콘크리트 탄산화 및 염해방지 공법 비교안

구 분	리코시스템공법 (특허제10-0631485호)	ECS공법 (신기술 365호)	CORUSEAL공법 (신기술 345호)
공법 개요	수유 유, 무기 복합 바인더와 특수 코팅된 기능성 마이크로필러의 1차코팅을 통하여 피도면의 내, 외부열화인자를 해결하여 구조물의 내구성(중성화, 염해, 방수, 방식)증진 및 오염방지 기능을 향상시킨 공법	기능성 수지의 복합과 수경성 세라믹계열의 이중 접착구조를 이용한 표면열화방지도막공법	금속혼합물도료(CORUSEAL)를 이용한 콘크리트 염해, 중성화방지기술
시공 순서	표면처리 → 공극부위 퍼티 → 수계하이드리드형 Reco-Seal 1차도장 방어코팅 Re-cohsuper Top (구조물 상태에 따라 선택)	표면처리 → 공극부위퍼티 → 에폭시계 or 아크릴우레탄계 2차 → 에폭시계 크릴우레탄계 3차	표면처리 → 공극부위 퍼티 → 프라이머(Coruseal-PM) 1차 도포 → 중도(Coruseal) 2차 도포 → 상도(Coruseal) 3차 도포
장점	◦ 시공 공정이 간단하다. ◦ 염해, 중성화방지 및 강재방식성능이 우수 ◦ 수용성 친환경성소재이며, 오염방지, 미관개선효과 ◦ 공기단축, 공사비 저렴	◦ 부착강도 우수 ◦ 적용실적이 많음	◦ 부착강도우수 ◦ 방식기능과 염해 환경에 강함 ◦ 국내중요 구조물 대형적용 실적이 많음
단점	◦ 시공에 대한 기초지식이 필요 ◦ 재료개봉 후 재료가 빨리 건조되어 60분 이내에 사용할 수 있는 양 만큼 소분해서 사용해야함.	◦ 휘발성용제 사용으로 환경 문제발생 ◦ 작업자위험, 화재위험 ◦ 초기접착력은 우수하나 다른 재질로 층간 박리현상이 나타날 수 있음.	◦ 휘발성용제 사용으로 환경 문제발생 ◦ 작업자위험, 화재위험 ◦ 작업 시 공사에 대한 기초 지식이 필요
내구성	30년 이상	20년	20년

8.2.2 VES-LMC(초속경 라텍스 개질콘크리트) 교면포장공법

가. 공법 개요

1) LMC의 정의

초속경라텍스개질콘크리트를 이용한 공용 중 교량바닥판콘크리트 보수 및 재포장 공법 (VES-LMC®공법 ; Method of Very Early Strength-Latex Modified Concrete)은 균열, 열화, 파손 등에 의해 교량 바닥판 콘크리트 또는 콘크리트 포장 도로의 손상으로 성능 개선 및 대규모 보수·보강이 필요한 경우 손상된 부분을 노면파쇄기와 워터젯으로 일정 깊이까지 절삭하고 진공흡입트럭으로 절삭이물질을 제거 및 청소한 다음 개방하는 도로 보수·보강 및 재포장 공법이다.

본 공법의 적용대상은 우회도로 건설이나 장기간 교통차단이 불가능한 교량에 적용하며, 공사시간은 교통량이 적은 시간대에 8 -10시간 동안 실시하고, 교통통제 방법은 1차로씩 부분 통제하므로 교통 흐름의 방해가 최소화 되며, 일일 시공가능 연장은 1차로 전폭을 30~80 m 보수 및 재포장할 수 있다.

2) LMC 메카니즘

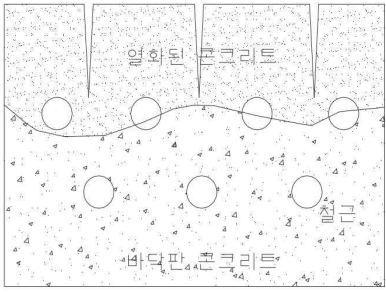
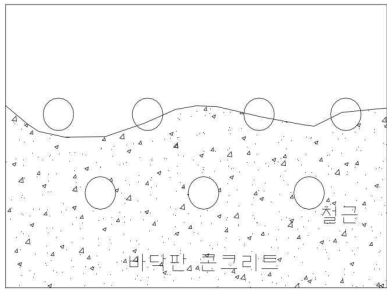
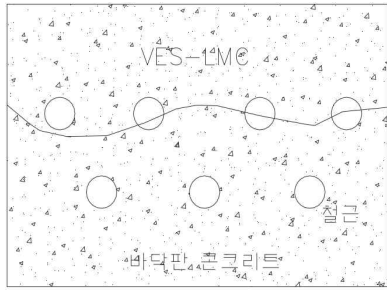
라텍스가 첨가된 콘크리트는 일반 콘크리트와는 다른 내부구조를 형성하게 되는데, LMC는 배합초기 라텍스가 내부의 각 재료에 흡착되고, 라텍스가 흡착된 상태에서 콘크리트의 수화반응 진행과 함께 수분이 소실되며 각 재료가 라텍스에 의해 강하게 결합되고, 라텍스도 서로 연결되어 콘크리트에 라텍스 필름을 형성하여 하나의 “Packing Structure”를 구성하며, 이러한 특성으로 콘크리트는 매우 조밀한 단일구조를 형성하게 되어 보통 콘크리트의 취약한 제 성질을 개선시키는 특성을 갖게 되고, 또한 첨가된 라텍스는 원재료의 특성상 다른 재료와 높은 결합력을 발휘하게 되는데, 이러한 재료적 특성으로 인하여 기존에 존재하는 콘크리트 슬래브와의 부착력이 크다.

LMC의 이러한 특성은 강도 발현을 빠르게 하기 위하여 조강시멘트, 초조강시멘트 및 초속경 시멘트를 사용한 경우에도 동일한 성능을 발휘한다.

3) LMC 교면포장공법의 특징

- Latex의 계면활성 작용에 의한 콘크리트의 유동성 증가 및 작업성 우수
- Latex의 점성적인 성질에 의한 재료분리 저항성 향상
- Latex의 부착성능에 의한 신·구 콘크리트의 부착력 증가
- 휨·인장강도의 증가로 균열 발생 억제 및 내구성 증진
- Latex 고형분의 충진에 의한 수밀성 증가 및 방수효과 우수
- 포장층의 변형이 없어 공용기간 중 평탄성의 지속적인 유지
- 교량 바닥판 콘크리트의 공용수명 증진

나. 시공 개요도

1. 열화된 바닥판 및 교면포장	2. 열화부위 제거	3. VES-LMC 보수·보강 및 재포장
		

[그림 8.7] VES-LMC 교면포장공법 시공 개요도

다. 시공 시 유의사항

- 1) 건조수축에 의한 균열 발생
 - 온도가 높고, 강풍시에는 슬럼프의 급속한 저하로 균열이 발생하므로 초기 습윤양생 실시 또는 시공 지양
 - 증발량 $0.75 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ 이상시 시공금지
- 2) 타이닝 불량에 따른 표면 거칠음 발생
 - 테크피니셔 마감 후 일기를 고려하여 포설 후 5~10분 이내 타이닝 실시
 - 타이닝 간격은 3.5 cm, 평균 깊이는 m/m 이상
- 3) 양생제 및 라텍스 블리딩에 의한 표면얼룩 발생
 - 양생제 피막형성 시간 확인 및 양생제 사용량 조절
 - 잔골재 수분 관리 철저
- 4) 신축이음부의 시공 후 컷팅 시간 지연에 의한 균열 발생
 - 타설전 신축이음부의 교면과 일정한 레벨 유지를 위해 모래 속채움 후 포설 후 즉시 인력으로 끊기 홈 설치
 - 신축이음부 Saw Cutting 실시
- 5) 평탄성 관리
 - 시공전 면갈이 철저
 - 레일 설치시 측량을 통한 정확한 받침대 높이 및 간격 조정
 - 테크피니셔 선정 시 드럼길이 1.2m이상, 2개의 정착장비로 처짐이 없는 구조인지 확인
 - Mobil Mixer 등 장비 이동시 운행 속도 준수 및 진동 최소화

[표 8.14] 콘크리트 교면포장 공법 비교안

구 분	VES-LMC 교면포장 (신기술 제 427호)	LMC 교면포장 (신기술 제 320호) (신기술 제 322호)	HPC 교면포장 (건설신기술 제 495호)
주성분	- 아원계 초속경 콘크리트 - 라텍스 (스틸렌/부타디엔 폴리머)	- 일반 콘크리트(1종) - 라텍스 (스틸렌/부타디엔 폴리머)	- 일반 콘크리트(1종) - 실리카 폼(무기계 혼화재) - 친수성 PVA 섬유
재료 특성	- 고분말도 시멘트 적용으로 초기에 높은 강도발현 - 시멘트 입자 주위의 필름막 형성에 따른 수밀성 및 방수효과 증진 - 라텍스의 점성적인 성질에 따른 재료분리 저항성 향상	- 시멘트 입자 주위의 필름막 형성에 따른 수밀성 및 방수효과 증진 - 라텍스의 점성적인 성질에 따른 재료분리 저항성 향상	- 시멘트 입자간의 공극 충전에 따른 치밀성 증대로 강도증진 및 투수성 감소 - 친수성 섬유를 혼입하여 건조 수축균열 저항성 증대
강도 및 내구성	- 조기 압축 및 휨강도 발현으로 교통개방시간 단축 - 염소이온 투과 저항성, 표면박이 저항성 우수 - 콘크리트 바닥판 열화부위 제거 후 타설하기 때문에, 교량 구조물 전체의 내구성 향상	- 강도, 동결융해, 부착성능 우수 - 소성수축균열, 마모, 염소이온투과 저항성 우수	- 실리카 폼 적용에 따른 강도 및 내구성 향상 - 동결융해, 부착성능 우수 - 소성수축균열, 마모, 염소이온투과 저항성 우수 - 고압 워터젯 사용에 따른 부착강도 증가
시공성	- 모바일 믹서 생산에 따른 시공 효율 저하 - 라텍스 사용으로 시공관리 민감 - 초속경 시멘트 사용으로 충분한 작업시간 확보가 어려움 - 일일 시공 물량 제한에 따른 공기 증대	- 모바일 믹서 생산에 따른 시공 효율 저하 - 라텍스 사용으로 시공관리 민감 - 일일 시공 물량 제한에 따른 공기 증대	- 현장 B/P사용에 따른 생산 효율 증대 - 일반 콘크리트 수준의 품질 관리 - 시공 효율 증대에 따른 공기단축효과
경제성	- 라텍스 및 시멘트 비용이 높아 재료비가 매우 고가임 - 모바일 믹서 사용으로 생산 비용 증가	- 라텍스 비용이 높아 재료비가 고가임 - 모바일 믹서 사용으로 생산 비용 증가	- 저가의 무기계 혼화재료를 사용함으로써, 재료비 측면에서 LMC 재료비의 약 30% 수준 - 현장 배치 플랜트 생산으로 생산비용 저감
적용범위	콘크리트 바닥판	콘크리트 바닥판	콘크리트 바닥판
공법별 특징 정리	- 재료 : 초속경 콘크리트 + 라텍스 - 표면처리 : 파쇄용 워터젯 - 생산방식 : 모바일믹서 - 양생기간 : 최소 3~4시간	- 재료 : 1종 콘크리트+라텍스 - 표면처리 : 슛블라스팅+평삭기 - 생산방식 : 모바일믹서 - 양생기간 : 최소 14일 이상	- 재료 : 1종 콘크리트+무기계 혼화재료 - 표면처리 : 고압 워터젯 - 생산방식 : B/P 및 레미콘 공장 - 양생기간 : 최소 14일 이상

8.2.3 아스콘 포장 보수

가. 아스콘 패칭

1) 개 요

패칭공법은 포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은면적의 손상된 곳을 긴급을 필요로 하는 경우에는 직접 채우는 임시적인 방법이 쓰이고, 그 외의 경우에는 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법이 있다.

2) 주의사항

- ① 사용하는 재료로는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 경우에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 무방하다.
- ② 패칭재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할때는 상온 아스팔트 혼합물의 사용도 가능하다.
- ③ 마무리 면은 주위의 포장표면과 같은 높이가 되도록 시공한다.

3) 시공방법

- ① 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 커팅기로 장방형이나 수직으로 절취
- ② 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.
- ③ 젖어있는 경우에는 가열 건조시킨다.
- ④ 텍코우트를 실시한다.
- ⑤ 가열 혼합물을 투입하여 고르게 편다.(가열 혼합식 공법의 경우)
- ⑥ 상온 혼합물을 투입하여 고르게 편다.(상온 혼합식 공법의 경우)
- ⑦ 전압기계를 사용하여 다진다. 이때 상온 혼합물이 안정되기 위해서는 수분의 증발, 용제의 휘발이 필요하며, 이들의 작용을 촉진하기 위해서는 혼합물을 포설한 후에 공기에 노출시킨다든지 다짐작업에 충분한 시간을 주도록 하는 것이 좋다.
- ⑧ 표면온도가 손으로 델 수 있을 정도가 되면 석분이나 가는 모래를 얇게 살포하고 교통을 개방한다.

나. 재포장

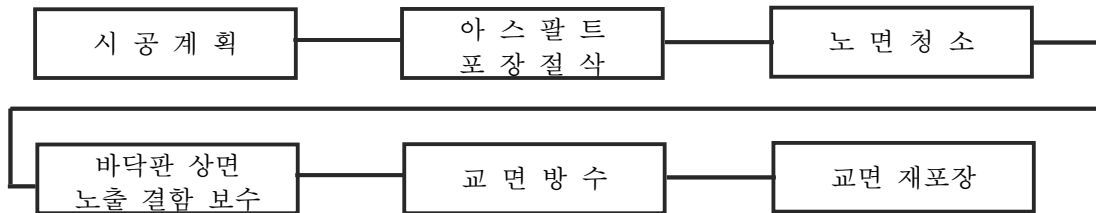
1) 개 요

다른 보수공법으로는 양호한 포장도로를 유지할 수 없을 때 기층 또는 보조기층의 일까지 재시공하는 공법이다. 이 공법을 채택할 때에는 파손 원인을 면밀히 조사하는 한편, 경제적인 면, 기술적인 면을 종합적으로 판단하여 결정할 일이다.

2) 교면방수 및 재포장

교면 방수재는 고유의 방수성은 물론이고, 모체의 균열에 대한 유연과 충격을 흡수할 수 있는 탄성, 콘크리트 상판과 교면 포장재와의 접착성이 우수하여야 한다.

교면 방수층의 보수 순서도와 시공도는 다음 그림과 같다.



[그림 8.8] 상면 교면방수 및 재포장 순서

3) 시공계획

1차로를 통제하고 시공 완료후 1차로씩 차례로 시공한다. 시공 이음부는 주의 시공하여 완전방수가 될 수 있도록 조치한다.

4) 기존 교면 포장의 제거 및 표면처리

① 기존 교면 포장 제거

- 포장의 제거작업 시에는 장비의 자중과 진동 등의 충격으로 인하여 내구성이 저하될 우려가 있으므로 대형 절삭장비의 이용은 지양한다.
- 노면 절삭기가 아스콘 포장을 절삭할 때, 바닥판의 열화된 콘크리트까지 절삭되도록 작업을 진행하며, 건전부의 콘크리트가 절삭되지 않도록 주의해서 절삭하고, 절삭하고 남은 포장체는 재절삭 또는 인력으로 기존의 포장이 상판에 잔존하지 않도록 깨끗이 제거한다.
- 노면 접속부 부근의 포장면 절삭시 신축이음장치에 손상이 가지 않도록 포장면을 따라 15cm정도 남기고 절삭 후, 소형 핸드 브레이커에 의한 인력 작업으로 남은 표층을 완전히 제거한다.

② 교면포장 제거 후의 바닥판 콘크리트 단면복구

- 교면포장을 완전히 제거 후 노출된 바닥판 콘크리트 표면의 요철부위 및 부식된 콘크리트면을 면밀히 관찰하여, 나타나는 결함들은 적합한 보수공법으로 보수를 시행한 후 표면에 대해서 면고르기로 평탄성을 확보하고 단면복구를 실시한다.
- 상판에 수분이 존재하면 방수재의 부착불량과 포장 포설시 부풀어 오르는 블리스터링이 발생하여 교면포장의 조기 파손의 원인이 되므로, 상판을 건조시키는 노면 가열히터 또는, 열풍으로 상판면을 건조시킬수 있는 장비를 미리 준비하여, 상판의 건

조를 확실히 시행한다.

- 상판 콘크리트에 대한 적절한 보수와, 면고르기 완료후 방수재 시공 전에 방수재와 상판의 부착이 원활하게 되도록 바닥판 청소를 철저히 시행하여야 하며 특히, 먼지 및 이물질이 깨끗이 제거되도록 상판 건조 후에 성능이 좋은 에어 콤프레셔와 집진기 등을 사용하여 청소한다.

5) 방수제 선정

- 방수층은 일반적으로 시트계통 방수재료 또는 용제계통 방수제를 살포 또는 설치하거나, 방수성능을 가진 포장혼합물 등을 포설하여 방수층을 형성시킨다. 방수제는 크게 침투식과 도막식, 침투식과 도막식의 혼용 등이 있으며, 여기서는 침투성방수와 도막재 방수의 장점을 살린 침투식 도막방수와 비교하여 방수제를 제안하였다.

6) 교면방수 시공

- 교면 방수는 철저히 시공한다.
- 교면의 종·횡구배로 방수제가 한 곳으로 고이지 않고 상판 전부분에 두께가 균일해 질 수 있도록 시공에 주의한다.
- 방수제의 시공을 단일층으로 시공하게 되면 두께가 불균일해지는 경우가 많으므로 2~3회 나누어 도포하고, 블리스터링의 발생이 최소화되도록 유의하며, 블리스터링이 발생시에는 구멍을 뚫어 공기를 빼내고 방수제 특성에 맞게 블리스터링 발생부분을 재시공한다.
- 방수층을 시공한 후 양생 중과 아스콘 포설시에 공사에 필요한 장비와 인원 이외의 출입을 철저히 제한하여야 하며, 방수층과 포장층의 접착을 방해하는 이물질 등의 반입을 최소화하여 오염에 대비하여야 한다.

7) 포장 공법비교

[표 8.15] 포장 공법비교

구분	SMA아스팔트	SBS아스팔트	SBR LATEX 아스팔트
개요	◦ 일반아스팔트인 AP-5를 BASE아스팔트로 하여 조골재 및 Bitumen과 섬유를 보강한 Mastic을 혼합하여 생산 ◦ 기존의 아스팔트 믹싱플랜트에서 생산	◦ 일반아스팔트인 AP-5를 BASE아스팔트로 하여 정유공장에서 고무제품인 SBS를 물리화학적으로 개질시켜 생산	◦ 고무제품인 SBR을 물과 50:50으로 분산시켜 현탁액형태(LATEX)로 생산 아스콘 공장에서 현장배합
특징	◦ SMA혼합물의 구성은 크게 골재, 아스팔트, 섬유첨가재의 3종류로 나뉨 ◦ 일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 달리 골재의 사용 측면에서는 굵은 골재가 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 형태의 제품으로 아스콘 플랜트에서 별도의 추가설비나 인력 없이 일반아스팔트 혼합물과 동일한 방법으로 그 혼합물을 생산하며 일반아스팔트 혼합물과 동일한 다짐장비를 활용하기 때문에 시공이 매우 편리함	◦ 아스콘플랜트 믹서 내에서 골재와 배합될 때 수분증발과정에서 건조된 골재의 건조 상태가 나빠지고 급격한 수분건조 후 고형분의 고무만 남게 되므로 점도의 급격한 증가로 골재와 혼합에 세심한 주의가 필요하다.
장단점	◦ 과중한 교통량과 높은 온도에 의한 소성변형에 대하여 저항력이 좋음 ◦ 유연성이 좋아서 낮은 온도에서 균열이 없음 ◦ 소음이 적고 내구성이 우수 ◦ 교량상의 진동에 의한 균열 발생 우려 적음	◦ 소성변형 저항성 우수 ◦ 저온/피로균열방지 효과 ◦ 노화방지 ◦ 방수효과 우수 ◦ 탄성이 우수 ◦ 진동저항성우수 ◦ 국내의 시공실적이 적음	◦ 소성변형 저항성 우수 ◦ 노화방지 ◦ 접착력 우수 ◦ 저온균열 저항성 우수 ◦ 교량상 시공실적이 우수

8) 교면방수 공법비교

[표 8.16] 교면방수 공법비교

구분	도막식 (도막+RS강화펠트)	도막식 (도막+시트)
개요	고분자 개질 아스팔트를 간접 가열 용융방식을 이용하여 고온으로 녹여 교면에 도포하여 도막층을 형성하고 보호층(RS강화펠트)을 두는 공법	양면 샌드가 부착된 교면시트를 시트와 동질의 재료인 개량 아스팔트 콤파운드를 기계로 도포하며 동시에 시트를 부착시키는 공법
장점	- 바닥판과 접착력 우수 - 높은 접착력으로 밀림 현상 없음 - 연속시공이 가능 - 바닥판 상태와 무관 하게 시공 가능 - 방수 후 양생시간이 빠름 - 생산과 시공을 겸비 하여 품질 관리 우수 - 조달청 우수제품임	- 바닥판과 접착력 우수 - 기계화 시공으로 일정한 시공 품질 유지 - 도막과 시트의 단점 보완 - 아스콘 밀림에 대한 전단저항력 우수
단점	- 방수 후 장기간 미 포장시 품질 저하우려 - 아스콘 골재에 의한 집중 하중 부위는 방수층의 편칭 가능성 있음	- 곡선, 거친 바닥판 시공 어려움 - 시트 이음에서 누수 발생우려 - 교면용 도막방수재 기준이 아님 (KS F 3211 적용됨) - 공사비 비교적 고가
구분	도막식(도막+섬유펠트)	도막식(CR 합성고무계)
개요	주로 아스팔트를 합성고무 등으로 품질을 개선한 방수재를 가열 및 용해하여 교면에 도포하여 도막층을 형성하고 유리섬유펠트로 보호층을 두는 공법	합성고무(클로로프렌계)를 톨루엔 등의 용제에 용해한 액체를 교면에 도포하여 방수층을 형성 하는 공법
장점	- 바닥판과 접착력 우수 - 연속시공이 가능 - 바닥판 상태와 무관 하게 시공가능 - 방수 후 양생시간이 빠름	- 내한, 내산, 내열성 우수 - 연속시공이 가능 - 바닥판 상태와 무관하게 시공 가능 - 상온식 재료로 작업성 용이
단점	- 방수 후 장기간 미 포장시 품질 저하우려 - 아스콘 골재에 의한 집중 하중 부위는 방수층의 편칭 가능성 있음 - 아스콘 밀림에 대한 저항력이 약함	- 많은 양생기간이 소요 2~3회 도포로 작업시간 과다 소요 - 자연건조에 의한 양생 시 과다한 기포발생 및 품질저하가 우려됨 - 휘발성 용액을 사용하므로 화재 위험성 내포 - 아스콘 골재에 의한 집중 하중 부위는 방수층의 편칭 가능성 있음

다. 아스콘 표면처리 공법

1) 개요

아스콘 표면처리 공법은 도로 포장의 예방적 유지보수는 기존도로를 보다 경제적으로 유지관리하기 위한 하나의 수단으로 기존도로가 심하게 파손되어 그 기능이 현저히 저하되기 전에 도로의 공용성을 보전하면서 성능저하를 예방하는 공법이다.

아스콘은 짧은 시공 기간, 경제성 등의 장점으로 도로 포장에 많이 적용되고 있으나 불안정하고 수명이 짧은 단점이 있다. 아스팔트는 외부에 노출되면 자외선 및 습기에 의해 화학적 변화 및 산화가 진행되며 탄성과 접착력을 상실해 가게 된다. 결국 이런 물성 저하로 아스팔트는 골재 접착력을 상실하고 이로 인해 균열 등이 발생하게 된다. 습기 산화와 복사열이 아스팔트 부실공간을 통과하게 되면 아스팔트 부식과정이 급속하게 진행되게 된다. 아스팔트 도로의 짧은 보수주기로 지출되는 경제적 비용은 엄청나며 이런 비용을 절감하기 위한 많은 노력과 기술 개발이 관심사로 떠오르고 있다.

2) 기존 공법과의 비교

[표 8.17] 기존 공법과의 비교

구분	절삭 후 아스팔트 덧씌우기 (노면파쇄기로 평상 후 재포장)		아스콘 표면처리	
시공 방법				
	◦ 아스콘 평삭	◦ 재포장	◦ 밀대작업	◦ 자동도포
시공 장비	◦ 아스팔트 디스트리뷰터, 노면파쇄기, 로더, 퍼니셔, 롤러3중, 굴삭기, 덤프, 살수차		◦ 인력시공 또는 포설장비	
장점	◦ 평탄성 확보		◦ 환경폐기물이 발생 없음 ◦ 포트홀 예방 ◦ 동절기 염화칼슘 사용량 감소 ◦ 시공간면 ◦ 방수성	
단점	◦ 포트홀 발생 ◦ 환경폐기물 발생 ◦ 교통통제		◦ 소성변형에 따른 요철 조정이 어려움	

3) 아스콘 표면처리 공법 비교안

[표 8.18] 아스콘 표면처리 공법 비교안

구 분	RE-ASCON 공법	포그실 공법	MSK 포장보수 공법	AST 포장보수 공법
공법 내용	◦ MICRO-BITUMEN POLYMER로 아스팔트 도로 표면에 도포하여 노후된 BITUMEN을 복원 재생시키는 공법	◦ 골재없이 특수 유화 아스팔트 재질(포그실)로 이루어진 공법	◦ 에멀존, 골재, 물, 소량의 시멘트를 혼합한 액상 몰탈로 이루어진 공법	◦ 특수 유화 아스팔트 재질로 이루어진 공법
시공법	◦ 바탕면 청소(aircom) 정리 ◦ 차선 보호 테이핑 작업 ◦ 아스팔트에 직접 포설 후 인력 포설	◦ 바탕면 청소(aircom) 정리 ◦ 차선 보호 테이핑 작업 ◦ 아스팔트 스프레이 포설	◦ 1차 바탕면 처리 (고압살수) ◦ 2차 포설장비를 이용한 MSK 포설	◦ 바탕면 청소(aircom) 정리 ◦ 차선 보호 테이핑 작업 ◦ 아스팔트 스프레이 포설
두께	◦ 침투식 (코팅, t=0.5~1mm)	◦ 침투식(코팅)	◦ 도막식(t=6.0~10mm)	◦ 침투식(코팅)
장점	◦ BITUMEN의탄성 및 접착기능 회복으로 아스팔트의 탄성복원 및 재생 ◦ 염화칼슘 등 화학성분의 사용에 대한 내화학적성 우수하여 열화 방지 기능강화 ◦ 습기 및 자외선 차단 ◦ 방수층 형성으로 동결 및 장마철 발생하는 포트홀 예방에 우수 ◦ 기존 포장층과 접착성이 매우 우수 ◦ 폐기물 발생이 없어 친환경적임	◦ 포장내부 공극 충전으로 공용성 증대 ◦ 접착 강도가 강하여 박리 저항성 증대 ◦ 경화 속도가 빠름 ◦ 시공이 간단하여 작업성이 우수 ◦ 별도의 차선 도색이 필요 없음 ◦ 유지 관리 양호 ◦ 폐기물 발생이 없어 친환경적임	◦ 미끄럼 저항성 우수 ◦ 상온 포장으로 CO2 발생 안함 ◦ 장비 또는 인력 시공이 가능 ◦ 별도의 다짐 없이 교통 개방 ◦ 균열부 시공가능 ◦ 소성 변형구간은 평탄성 조정이 가능 ◦ 부분적으로 절삭 시공하여 건설 폐기물 발생 최소화	◦ 양이온계 아스팔트 에멀션으로 기존 포장층과 접착력 우수 ◦ 교면 차수 효과 우수 ◦ 경제적 비용 절감 (LCC) ◦ 기계 시공으로 작업성 우수 ◦ 침투식으로 포장 내부 공극 충전으로 이물질 침투 방지 ◦ 별도의 차선 도색이 필요 없음 ◦ 유지관리 양호
단점	◦ 인력 시공으로 작업성이 떨어짐 ◦ 차선 테이프 부착 작업의 번거로움 ◦ 도로 균열폭이 큰 경우 선 작업 필요 ◦ 소성 변형구간은 평탄성 조정이 않됨	◦ 차선 테이프 부착 작업의 번거로움 ◦ 장비 사용으로 숙련공을 요함 ◦ 도로 균열폭이 큰 경우 선 작업 필요 ◦ 소성 변형구간은 평탄성 조정이 않됨	◦ 도막 두께가 얇아 박리 가능성 ◦ 반사 균열에 취약 ◦ 차선 도색이 필요함	◦ 차선 테이프 부착 작업의 번거로움 ◦ 장비 사용으로 숙련공을 요함 ◦ 도로 균열폭이 큰 경우 선 작업이 필요 ◦ 소성 변형구간은 평탄성 조정이 않됨
개방성	◦ 30분~2시간 (현장 여건 및 온도에 따라 다소 변동)	◦ 30분~2시간	◦ 1~2시간	◦ 30분~2시간

8.2.4 신축이음 교체

가. 보수 방법

신축이음 교체 대상 구조물은 도로상에 위치하고 있는 만큼 신축이음 종류의 선정시 주행성, 진동 및 충격소음 흡수, 방수성 및 이물질 차단 등의 조건을 충족하고 단부 또는 연석부 마무리 및 유지관리상의 교체 등을 고려하여 종합적으로 선정하는 것이 필요하다.

신축이음 교체 설치 시 다음과 같은 사항에 대하여 유의하여야 한다.

- ① 신축이음 본체의 연결시 양면 방수캡을 정확하게 설치하고 시공해야 하며 단부와 연석부가 접하는 부위에는 사이드 방수캡 또는 신축이음 고무재를 연장하여 누수에 대한 방지를 철저히 한다.
- ② 방호벽 및 연석과의 접속부 처리를 확실하게 한다.
- ③ 차량 충격에 의한 소음이 발생하지 않도록 후타재 콘크리트 타설시 공극이 발생하지 않도록 한다.
- ④ 기존의 신축이음 제거시 하부의 단부 콘크리트가 파손된 경우는 단면복구를 실시한 후 새로운 신축이음을 설치한다.
- ⑤ 후타재 콘크리트 타설 계획시 신축유간를 정확히 확보하고 아스팔트 포장면과의 단차가 발생되지 않도록 하여야 한다.

신축이음이 설치된 부위의 콘크리트 바닥판 하면은 시공시 또는 신축이음 교체시 콘크리트 타설불량, 거푸집 설치미비 등으로 인하여 철근노출, 재료분리, 거푸집 미제거 및 콘크리트 탈락 등의 결함이 발생될 수 있으며 이러한 부위에 차량에 의한 충격이 빈번하게 가해질 경우 후타재 콘크리트 하부의 바닥판이 함몰될 수 있다.

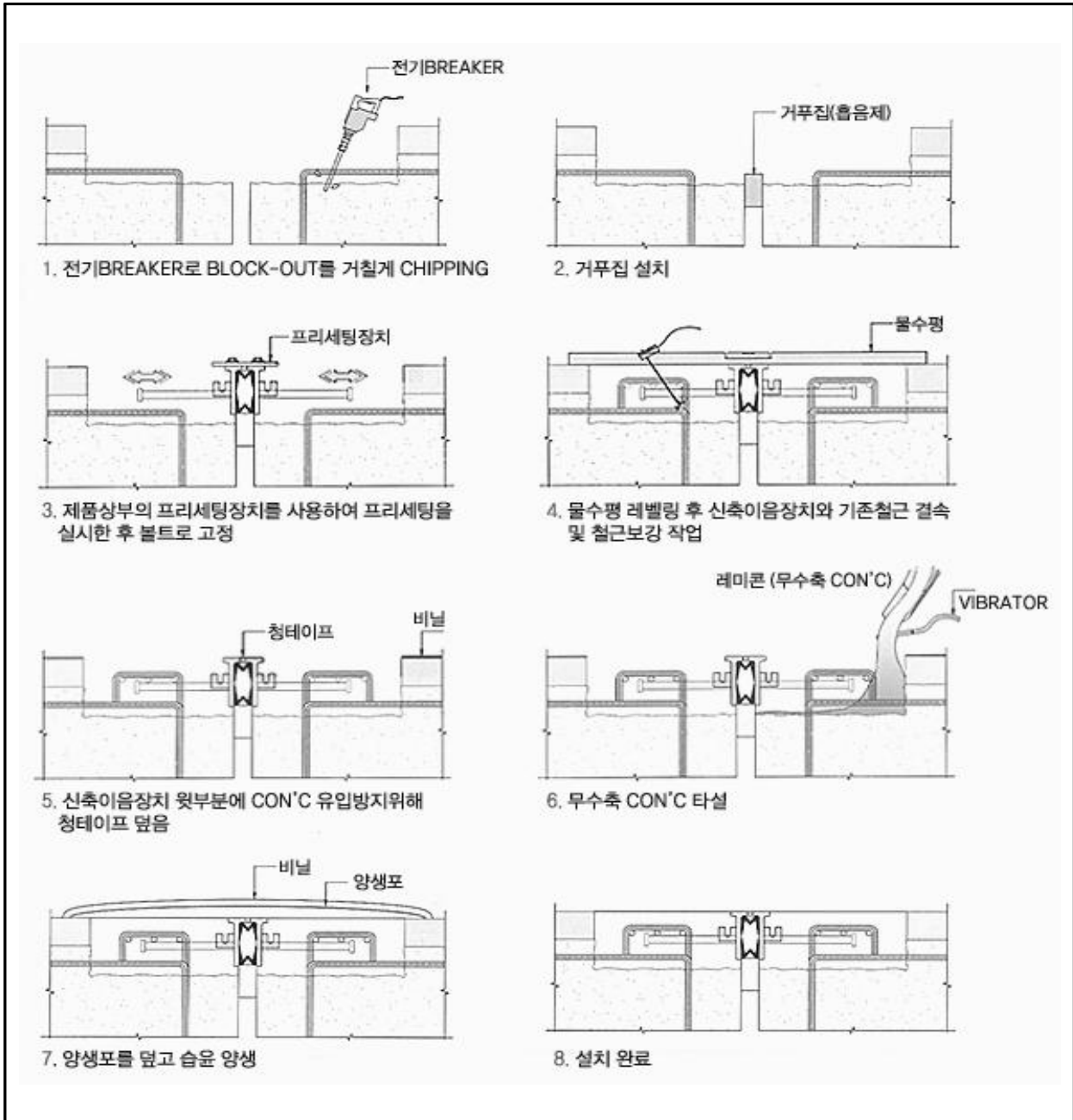
신축이음 하면의 콘크리트 바닥판 결함 정도가 미미(깊이 30mm 이하)할 경우 1차적으로 폴리머 시멘트를 이용하여 보수를 시행하여도 무방하나 철근노출 및 부식, 콘크리트 박락 등이 발견된 경우는 아래의 방법으로 보수를 시행하여야 한다.

신축이음의 교체 순서는 신축거동이 유발되는 가동단에 선행하여 실시하고 고정단 신축이음을 교체하는 것으로 하며 본 교량의 경우 신축이음의 종류는 일체형이며 폐합형으로 누수발생이 적은 종류를 선정하는 것이 필요하다.

신축이음 종류가 선정된 후 신축량을 정확히 계산하여 적용할 수 있도록 하며 세부적인 내용은 주무관과 협의하여 진행하도록 한다. 또한 신축이음 교체공사 시 상부의 신축이음 본체의 배치도 중요하지만 하부의 신축유간 확보 및 Con'c 타설 상태를 정확히 파악하여 공동, 철근노출 및 재료분리 등 결함이 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

나. 신축이음교체 시공 순서도

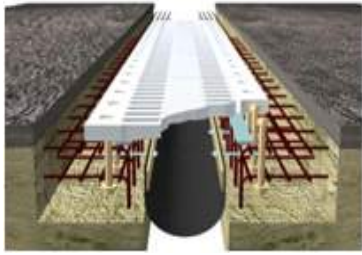
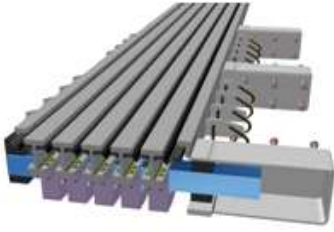
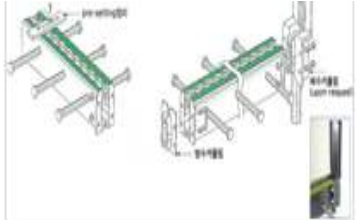
신축이음교체 시 시공 순서는 다음과 같다.



[그림 8.9] 신축이음교체 시공순서도

다. 신축이음교체 공법 비교

[표 8.19] 신축이음교체 공법 비교

구 분	FINGER-TYPE	RAIL-TYPE	NEW MONOCELL
형 태			
신 축 및 기 능	◦ 서로 마주보는 강재핑거 사이의 유간에서 신축흡수 ◦ 강재본체가 볼트의 해체만으로 분리가능	◦ 레일사이 유간에서 신축흡수 ◦ 강재본체 후타재와 일체	◦ 상판의 단부에는 고무가 설치되어 충격을 흡수 ◦ 강재본체 후타재와 일체
장 점	◦ 차량주행성 양호, 볼트로 연결되어 유지보수 관리 용이하고 소음이 작고, 하자가 적고 내구수명이 김. ◦ 고무재만 교체가능, 교통통제 최소화, 후타재 철거 불필요(보수비용 저렴)	◦ 방수가 우수하고 다양한 방향의 신축수용, 신축범위 큼 ◦ Rubber Seal 교체 가능, 교통통제 최소화, 후타재 철거 불필요(보수비용 저렴)	◦ 본체, RubberSeal 일체형, 시공간단 ◦ 본체 시공연결부에 방수커버링으로 이음부 누수방지
단 점	◦ 배수방식의 방수로 방수장치가 다소 취약, 공사비가 비교적 고가 ◦ Rubber Seal을 별도로 설치해야 하는 번거로움이 있음	◦ 주행성이 떨어지고 소음이 큼 ◦ Rubber Seal을 별도로 설치해야 하는 번거로움이 있음	◦ 방수고무 파손시 전체 교체해야함 ◦ 누수시 후타재 및 본체 철거 필요, 교통통제 및 비용 증가
설 치 현 황	◦ 신축량 큰교량에 주로 적용되며 도심지 교량에 주로 적용	◦ 신축량이 큰교량에 주로 적용되며 소음발생으로 도심지 적용이 지양하고 있는 추세	◦ 신축량이 작고, 지방도나 국도 등에 적용되고 있음

8.3 유지관리 방안

8.3.1 개 요

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

[표 8.20] 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 위한 행위
		보수	◦ 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	◦ 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 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

8.3.2 유지관리 일반

가. 개 요

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기안전점검, 정밀안전점검, 긴급안전점검 및 정밀안전진단을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상 복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다. 시설물 유지관리는 사후유지관리와 예방 유지관리로 분류할 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, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며, 이를 통한 시설물의 안전성 및 사용성 확보에 그 목적이 있다.

8.3.3 유지관리 업무 및 흐름

가. 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며, 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 1) 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 2) 공사내역서 및 시방서
- 3) 사진 및 시험결과
- 4) 보수·보강이력
- 5) 시설물관리대장
- 6) 사고기록, 점검 및 진단이력
- 7) 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단(예방 유지관리)

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.

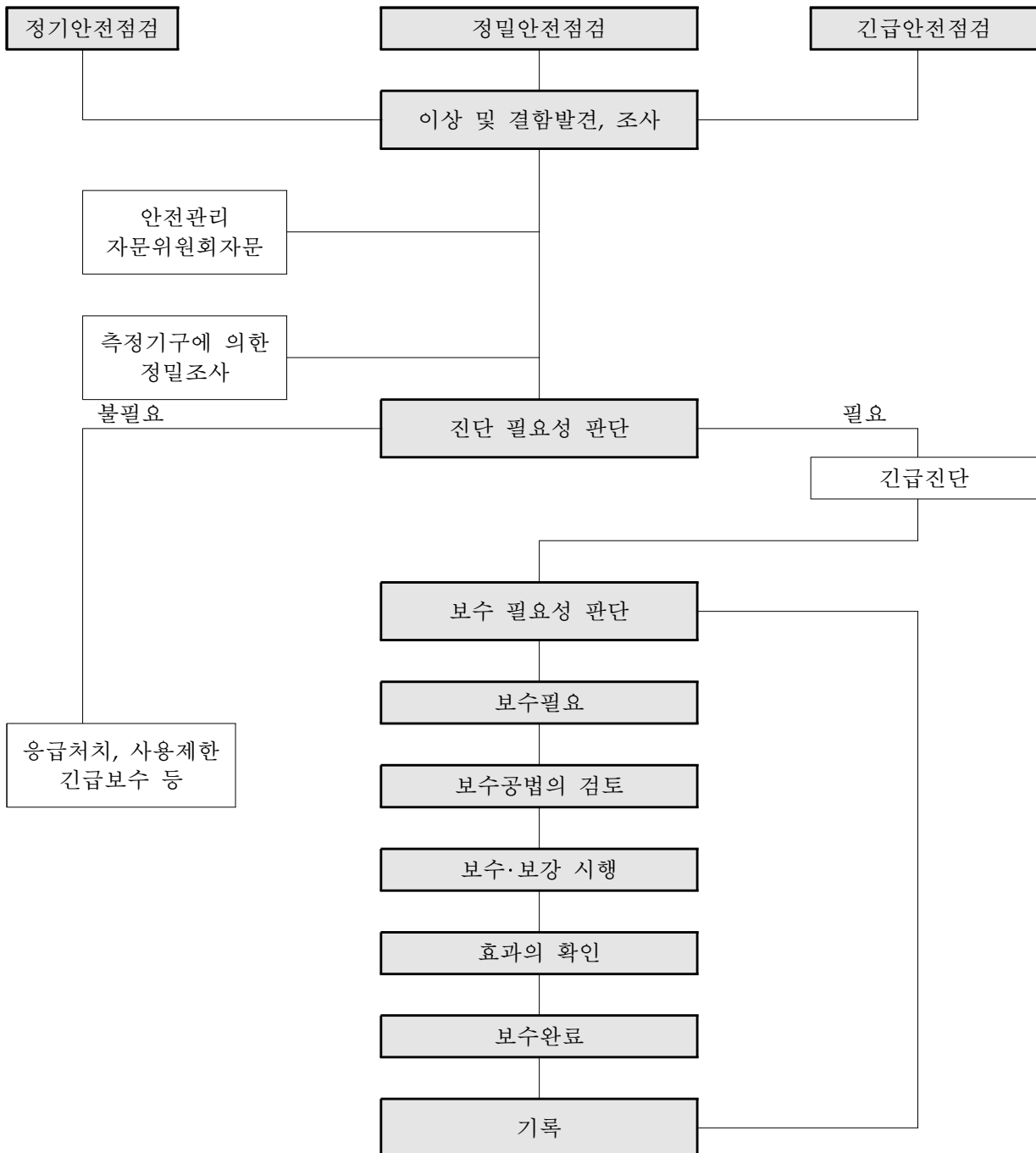
점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강(사후 유지관리)

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수는 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

효율적인 유지관리를 위한 흐름도는 다음과 같다.



[그림 8.10] 유지관리 흐름도

8.3.4 안전점검 및 진단의 주기 및 주요 조사항목

본 시설물의 공용기간 중에는 다음의 안전점검이나 진단의 주기 및 주요 조사항목에 대한 지속적인 안전점검등을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

[표 8.21] 안전점검 및 진단의 주기 및 주요 조사항목

점검종류	점검주기	주요 조사항목
정기안전점검	반기 1회	◦ 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 이후 변형, 변위 발달상태 ◦ 손상의 지속유무 확인(누수, 균열, 변형 등)
정밀안전점검	안전등급에 따라 차등실시	◦ 설계도서 검토 ◦ 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ◦ 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ◦ 현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 중성화 등) ◦ 전회의 정기안전점검 및 정밀안전점검 시와 비교하여 손상의 진행여부 판단 ◦ 보수, 보강시공 상태의 확인(필요시)
긴급안전점검	필요시	◦ 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀안전진단	안전등급에 따라 차등실시	◦ 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 안전점검의 상태변화 확인 ◦ 구조해석 및 안전성 평가 ◦ 정기안전점검 및 정밀안전점검 결과 분석

[표 8.22] 안전등급별 시설물의 점검 및 진단주기

안전등급	정밀안전점검		정밀안전진단
	건축물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B, C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D, E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

주1) 건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 4년에 1회 이상 정밀안전점검을 하여야 한다.

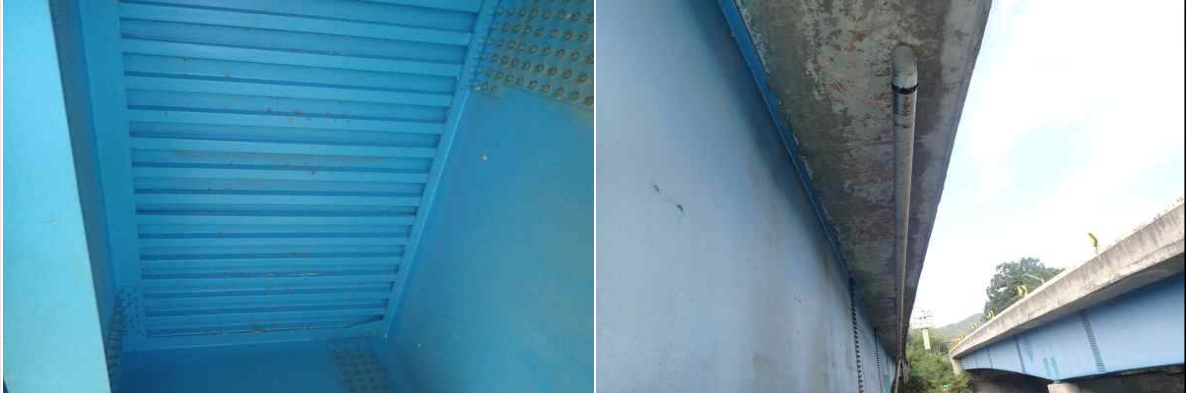
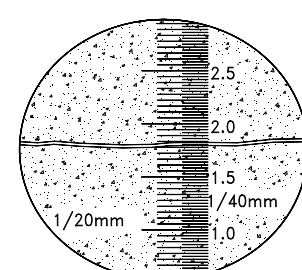
주1) 최초로 실시하는 정밀안전점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 한다.

주1) 정밀안전점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀안전점검의 실시주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

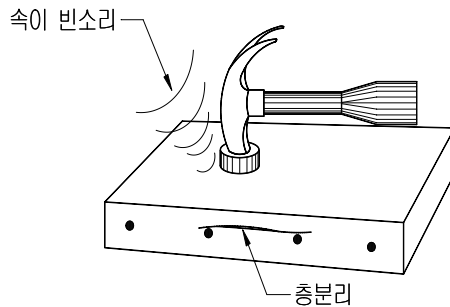
8.3.5 유지관리 시 점검요령

교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 바닥판

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 공통		◦ 균열, 박리, 박락, 파손, 층분리, 철근노출(피복두께 부족) ◦ 누수 및 백태(유리석회), 오염 ◦ 재료분리
▷ 거더교		◦ 균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열) ◦ 망상균열
▷ 슬래브, 라멘교 상부	◦ 단부	◦ 부스러짐 ◦ 사인장균열
	◦ 중앙부	◦ 휨균열
주요부위		
	<연속판부> <캔틸레버부>	
점검요령	◦ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검 - 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰  (a) 균열표시 예  (b) 균열경 조사 예	

- 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 상부에서 하부로, 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간은 하부에서 상부 순서로 점검을 진행
- 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식)
- 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리으로써 내부결함의 존재여부를 추정한다. 내부에 결함 존재 시 외관상 건전한 부위에서도 편칭 전단 파괴의 우려가 있다.
- 점검용 망치 : 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단. 즉 건전한 부분을 두들기면 “퐁”하는 맑은 소리가 나지만 내부결함이 있는 부분은 “퍽”하는 소리가 난다.

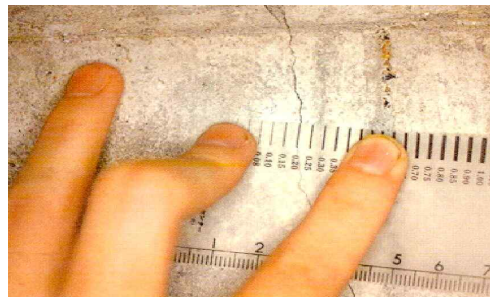


- 편칭전단파괴(Punching Shear Failure) : 국부적으로 바닥판에 구멍이 뚫리는 현상

점검요령

◦ 점검시 유의사항

- 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사
- 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 점검 시 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의



< 예시 >

- 누수 및 백태가 발견된 부위는 교면포장 상태가 비교적 양호할 경우 포장 하부의 콘크리트 상태불량, 방수층의 파손이 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등의 원인분석 행위가 필요
- 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식환경을 확인하기 위하여 탄산화시험을 실시
- 탄산화시험 : 철근콘크리트의 부식, 내구성, 잔존수명을 파악하기 위하여 콘크리트 절단면 또는 절취된 콘크리트의 코어에 페놀프탈레인 용액을 사용하여 탄산화의 깊이 측정

점검도구

- 사진기
- 균열자
- 점검용 망치
- 확대경

- 줄자
- 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
- 점검야장
- 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

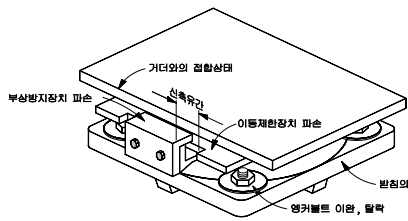
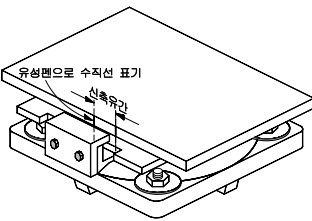
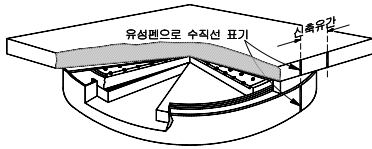
나. 강박스 거더 및 2차 부재

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 공통		◦ 변형, 균열, 파손 ◦ 표면(도장)상태 오염, 부식 ◦ 이상처짐 ◦ 연결부 볼트 이완, 파손, 이상음
▷ 받침부		◦ 복부판 부식 및 국부좌굴 ◦ 박스내부 출입구 계폐 ◦ 거더와 받침연결부 부식
▷ 중앙부		◦ 맞대기 용접부 균열 ◦ 플랜지 변형 및 처짐 ◦ 다이어프램 연결부 균열
▷ 2차부재		◦ 거더와의 연결부 균열
▷ 보수부위		◦ 용접부 및 용접부 주변 균열
주요 부위		
	<거더 외부>	<거더 내부>
점 검 요 령	◦ 점검방법 - 점검로에서 육안점검 혹은 교량하부에서 육안 또는 망원경으로 점검 - 중앙부 처짐은 점검로에서 하부플랜지 정도로 눈높이를 낮추어 점검하거나 교대 옆 혹은 교량에서 조금 떨어진 거리에서 하부플랜지의 전체적인 선형 점검 - 누수에 취약한 신축이음 하부, 배수구 주변 혹은 외측거더의 도장손상 및 녹발생 개략조사 - 차량통과시 빼겨거리는 소리 등 이상음이 들리면 소음발생 부위를 추정하여 기록 유지 ◦ 손상발생시 조치 - 눈에 떨 정도의 처짐이나 충돌에 의한 손상으로 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ◦ 점검시 유의사항 - 박스내부 출입구 잠금장치가 망가져 있는 경우 부랑인들이 거주하고 있는 경우가 있으므로 2인 이상이 1조가 되어 내부점검. - 박스내부에 환기부족으로 유해가스가 있을 수 있으므로 환기를 시킨 후 점검하고 인화성 물질을 휴대하지 않도록 하며 특히 흡연은 삼가하여야 함	
	◦ 사진기(망원렌즈) ◦ 줄자 ◦ 점검야장	◦ 점검용 망치 ◦ 손전등(박스내부) ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)

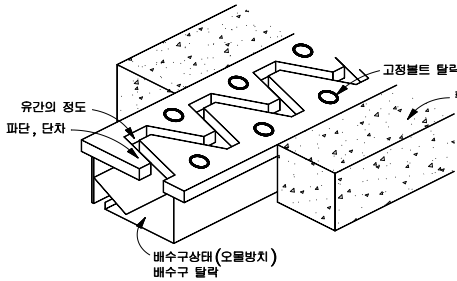
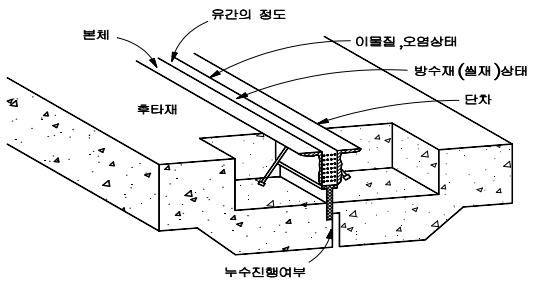
다. 하부구조 (교대, 교각)

조 사 부 위		손 상 종 류	
▷ 공통		◦ 균열, 박리, 백태, 철근노출, 파손 등 ◦ 회전(기울음), 침하(연직이동)	
▷ 흙벽 또는 두부		◦ 두부 물고임 ◦ 두부와 흙벽 경계부 균열(후면으로 기울음) ◦ 받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락) ◦ 거더와 흙벽 신축유간 부족	
▷ 벽체 또는 구체		◦ 수직균열 ◦ 벽체와 날개벽 분리(이동) ◦ 이동 또는 기울음	
▷ 날개벽		◦ 날개벽 이동, 전도	
▷ 수면접촉부		◦ 수중구간의 경우 침식	
주 요 부 위			
	<교대>		<교각>
점 검 요 령	◦ 점검방법 - 접근장비(교량점검차) 및 점검로에서 점검 - 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러울 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽 포함) - 교대는 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위로서 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인 - 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리의 선형이 불량한 경우에는 침하가 의심되므로 교대/교각 구체의 상부와 하부를 측량기로 측정하여 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인 ◦ 손상발생시 조치 - 교각두부 받침하부에 폭 0.3 mm 이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립 ◦ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 흙벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인 - 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 점속슬래브 하부에 공동이 발생하여 흙벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함 - 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검 - 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 대체적으로 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 큰 경우 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함 - 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임		
	점 검 도 구	◦ 사진기 ◦ 균열자 ◦ 줄자 ◦ 점검용 망치 ◦ 점검추 - 기울음 측정 ◦ 탄산화 시험기 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장	

라. 교량받침

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	◦ 공통	◦ 부식(오물퇴적), 변형 ◦ 균열, 파손(균열발생으로 파손진행) ◦ 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 ◦ 받침과 거더의 밀착상태(분리) ◦ 앵커볼트 파손(절단) ◦ 가동방향 오류, 편기설치
	◦ 강재받침	◦ 가동면 부식 ◦ 부속물 파손
	◦ 고무받침	◦ 고무재 부풀음 및 갈라짐 ◦ 고무판의 과도한 변형
▷ 받침대		◦ 균열, 파손(하부공동) ◦ 부분 침하
▷ 이동제한장치		◦ 용접부 균열 ◦ 파손
주요부위	 <고정단>  <양방향 가동단>  <일방향 가동단>	
점검요령	◦ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 - 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함 - 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 형경으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음 - 수직보강재와 받침이 10 cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인 - 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석 ◦ 손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 폭 0.3 mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요   	
점검도구	◦ 사진기 ◦ 줄자 ◦ 균열자 ◦ 온도계 ◦ 유성펜(매직) 및 청소용 걸레 ◦ 점검용 망치 ◦ 드라이버(driver) ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

마. 신축이음

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	◦ 공통	◦ 누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) ◦ 유간(부족 및 과다) ◦ 이상진동(충격음) ◦ 본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)
	◦ 고무재	◦ 고무판 마모, 강판노출 및 부식
	◦ 강재	◦ 방수재(씰링재) 파손 - 노면수 유입
▷ 후타재		◦ 균열, 파손(패임 및 요철)
주요부위		
	<Rail Type>	<Finger Type>
점검요령	◦ 점검방법 - 보도에서 점검 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검 - 고무재의 마모, 파손, 충진 씰링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검 - 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검 ◦ 손상발생시 조치 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행 안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ◦ 점검시 유의사항 - 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 차량에 유의  	
점검도구	◦ 사진기 ◦ 줄자 ◦ 점검용 망치 ◦ 드라이버(driver) - 유간오물 확인 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장	

바. 교면포장

조 사 부 위		손 상 종 류	
▷ 공통		◦ 균열, 요철, 단차, 포트홀, 소성변형	
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		◦ 단차, 침하	
▷ 곡선부, 중차량* 통행차로		◦ 마모, 바퀴자국	
▷ 배수구 주변		◦ 물고임, 이물질 퇴적	
주 요 부 위			
	<탄천교 교면포장>		<상적교 교면포장>
점 검 요 령	◦ 점검방법 - 방호벽측 갓길에서 도보점검 - 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검 - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 - 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검) - 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부		
	◦ 손상발생시 조치 - 손상이 확인한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영 - 포트홀의 직경이 20 cm 이상 혹은 종방향 단차가 30 mm 이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 - 본 교량의 경우 중차량의 통행이 많은 구간으로 포장의 균열이 심화되어 있는 상태로 현재 방수층 및 바닥판의 상태는 양호하나, 향후 포장층의 손상 진전 시(외관조사망도 비교) 교면 G.P.R을 시행하여야 하며, 방수층 및 포장층의 재시공 여부를 검토하여야 함. ◦ 점검시 유의사항 - 갓길은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검		
점 검 도 구	◦ 사진기 ◦ 줄자 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장		

※ 중차량 : 승용차보다 주행 성능이 떨어지는 차량으로서, 트럭과 버스, 특수차량을 지칭 (도로용량편람, 2013)

사. 배수시설

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 집수구(배수구)	◦ 격자판(grating) ◦ 유입구	◦ 파손, 누락 ◦ 누수, 체수(막힘) ◦ 오염(오물퇴적)
▷ 배수관		◦ 파손(연결 고정부 탈락) ◦ 배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) ◦ 유출구 위치 부적절(도로상이나 구조물 위에 위치)
주요 부위	 <집수구(배수구)>  <배수관>	
점 검 요 령	◦ 점검방법 - 배수관 ① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용 ② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검 ③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검 ④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검 ⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검 ◦ 손상발생시 조치 - 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거 ◦ 점검시 유의사항 - 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의 - 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의	
점 검 도 구	◦ 사진기 ◦ 줄자 ◦ 점검용 망치 ◦ 드라이버(driver) - 유간오물 확인 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장	

아. 난간 및 연석 (방호시설)

조 사 부 위		손 상 종 류
▷ 난간, 가드레일 등	◦ 강재, 알루미늄	◦ 변형 ◦ 파손
▷ 연석 또는 방호벽	◦ 철근콘크리트	◦ 박리, 박락, 부스러짐, 파손 ◦ 신축이음 접촉부 부스러짐(파손) ◦ 표면 부스러짐(동결융해) ◦ 배면 들뜸, 층분리에 의한 탈락
주 요 부 위		
	<탄천교 방호시설> <상적교 방호시설>	
점 검 요 령	◦ 점검방법 - 교량 한쪽에서 눈을 난간높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 - 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인 - 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3mm 이상)을 점검 ◦ 손상발생시 조치 - 난간의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지 - 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려 ◦ 점검시 유의사항 - 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지 시설 등의 응급조치 필요	
점 검 도 구	◦ 사진기 ◦ 솔(브러쉬) ◦ 강재 부식부위 등 상세확인 ◦ 줄자 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장	

자. 공중이 이용하는 부위

조 사 부 위		손 상 종 류	
▷ 추락방지시설		◦ 결함 및 파손 ◦ 고정부 및 연결부 파손	
▷ 도로포장		◦ 도로포장 결함 및 파손 ◦ 포트홀, 배수불량	
▷ 도로부 신축이음부		◦ 신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 ◦ 국부적인 열화 및 후타재 균열 ◦ 신축유간 밀착 또는 본체 탈락	
▷ 환기구 등의 덮개		◦ 덮개 등에 결함 및 파손 ◦ 덮개 등 탈락	
주요 부위			
	<추락방지시설(점검시설)>		<도로포장(접속부 도로포장)>
점검 요령	◦ 점검방법 - 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다. (단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.) - 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다. ◦ 손상발생시 조치 - 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진 대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.		
점검 도구	◦ 사진기 ◦ 줄자 ◦ 점검용 망치		◦ 드라이버(driver) - 유간오물 확인 ◦ 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장

