

제1편 공통편

제1장 긴급안전점검 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 현장조사 및 시험

제4장 보수·보강 및 유지관리방안

제5장 종합평가기준 및 방법

제1장 긴급안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 시설물 기호의 정의

제 1 장 긴급안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 2025년 11월 17일 화남교 상주방향 상부 화재발생에 의하여 실시하는 점검으로 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 현관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적절한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 시설물의 상태평가
- 5) 구조안전성 검토
- 6) 종합평가 및 안전등급 지정
- 7) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
- 8) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2025. 12. 22. ~ 2026. 01. 14.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2024.12)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

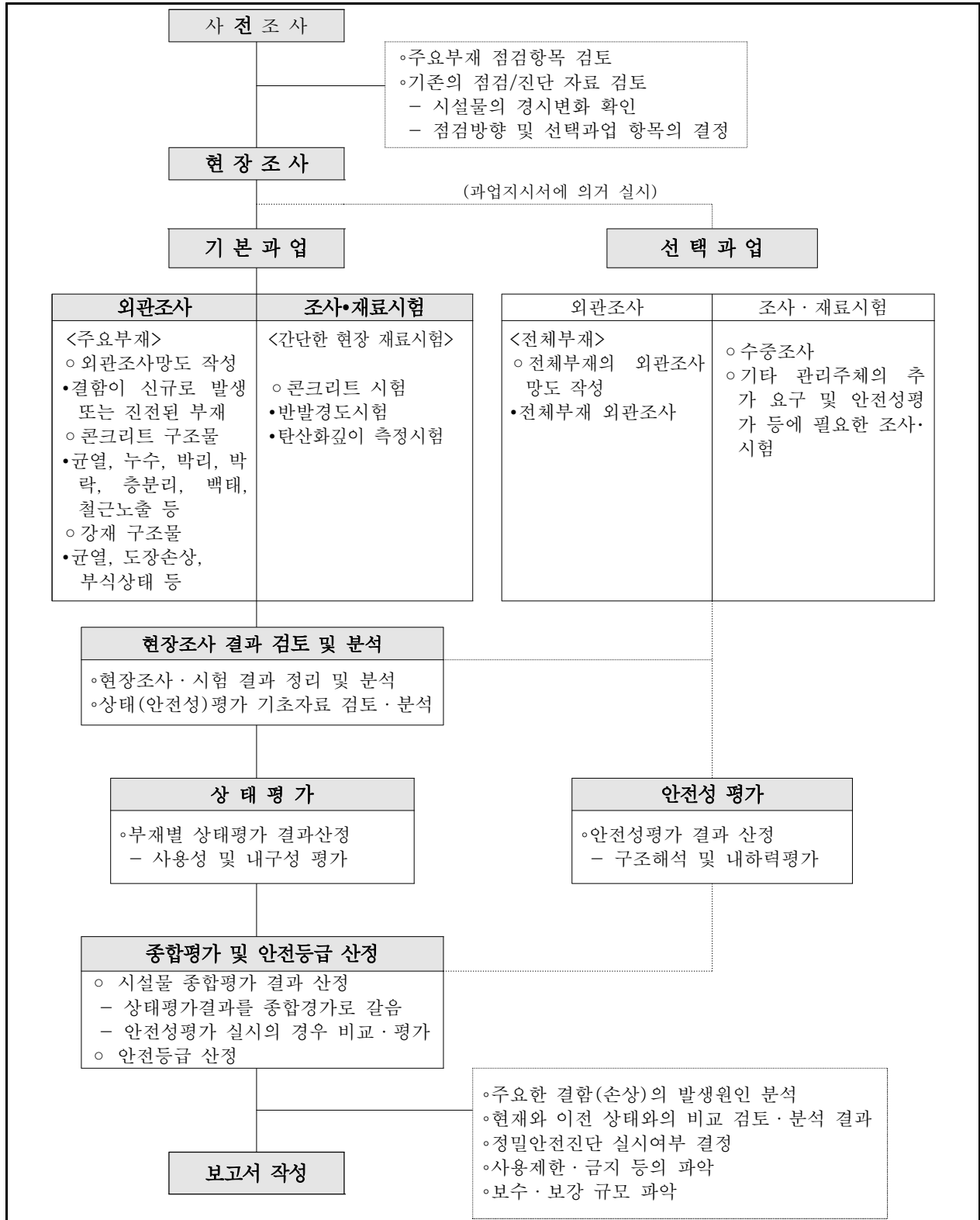
【표 1.2.1】과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검, 23년 하반기 정밀안전점검, 25년 하반기 정밀안전점검)	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2024.12) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 교량 손상현황 등 현장조사 3) 외관망도 작성	
	현장 시험	1) 반발경도시험 2) 초음파전달속도시험 3) 코어강도시험 4) 탄산화깊이시험	
상태평가		1) 현장조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 대상 시설물에 구조안전성검토 5) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과 및 구조안전성 검토를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 긴급안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 교량 긴급안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 긴급안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 긴급안전점검 과업수행 일정

공 종		2025년 12월 22일 ~ 2026년 01월 14일										비 고
		12월					1월					
1. 자료수집 및 분석												－ 12/22 착수
· 관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립												
2. 현장조사 및 시험												－ 현장조사 및 시험 － 구조물별 조사팀 운영 － 필요시 추가조사
· 외관조사 · 재료시험 및 측정												
3. 상태평가 및 구조안전성 검토												－ 현장조사와 내업작업 병행 실시
· 상태평가 결과 및 안전성검토 작성												
4. 종합평가 및 안전등급 지정												
· 종합평가 · 안전등급 지정												
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시												
· 보수·보강방안 제시 · 유지관리방안 제시												
6. 보고서 작성												－ 1/14 준공예정
· 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품												
공정율(%)	진행	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	누계	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	

1.4 대상시설물 개요

NO	공구	구조물명	위치(km)	연장(m)	차로수	형식	종별	비고
1	1	화남교	63.768~64.003	235.0	4	ST.Box Girder	1중	

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	드론	구조물 현황 사진 촬영	
	균열게이지	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌 즈를 통해 육안으로 확인	
비파괴 시험 장비	콘크리트 슈미트 해머	콘크리트 강도조사	
	초음파 측정기		
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기(계속)

수행장비	장비명	용 도	사 진
비파괴 시험 장비	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	코어드릴햄머	콘크리트 강도 조사	
접근 장비	고소 점검차 (스카이)	외관조사시 근접조사	
	우마 사다리	외관조사시 근접조사	

1.6 시설물 기호의 정의

1) 교량 기호 정의

교량 시설물에 대한 외관조사를 수행함에 있어 아래와 같이 상부구조, 하부구조 및 기타 부재 등에 대한 위치별, 부재별 기호를 정의하여 과업의 효율성과 통일성을 기하고자 하였다.

【표 1.6.1】 주요 사용장비 및 시험기기

구 분	사 용 기 호	정 의
경 간	Sa	경간번호 (제 a 번째 span)
거 더	Ga (ST & PSC Box, PSC Beam)	Girder & Beam 주형번호 (제 a 번째 주형)
	Ca	Cross Beam 번호 (a번째 Cross Beam)
교좌 장치	SHa,b	교좌장치 번호(제a번째 교각의b번째 Shoe)
교 대	Aa	교대 번호 (제 a 번째 Abutment)
교 각	Pa	교각 번호 (제 a 번째 Pier)
배 수 구	Da	배수구 번호 (제 a 번째 Drainage)
신축 이음	EJa	신축이음 번호 (Expansion Joint : A1⇒A2 진행방향)

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

2.2 자료수집 현황

2.3 설계 및 시공 자료

2.4 기존 점검 및 진단자료

2.5 시설물 보수·보강 자료

2.6 내진설계 여부 확인

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.2 자료수집 및 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	(FMS 보유)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡) - 상,하단부 구조물도	보유	준 공 도 (FMS 보유)
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	(FMS 보유)
시공 관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 , 품질시험기록 - 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	보유	(FMS 보유)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		—	준공후 최초로 실시하는 정밀점검
시설물 보수·보강 자료		미보유	보수·보강 미 실시

2.3 설계 및 시공 자료

대상시설물은 준공도를 보유하고 있으며, 금회 준공도 참조하여 점검을 실시하였다. 검토 여부는 각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

2.4 기존 점검 및 진단 자료

각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

2.5 시설물 보수·보강 자료

대상시설물은 보수 및 보강은 2장 자료수집 및 분석 편에 수록 하였다.

NO	보수 시기	내 용	보수비(천원)	비고
1	—	—	—	

2.6 내진설계 여부 확인

대상시설물은 내진설계는 2장 자료수집 및 분석 편에 수록하였다.

NO	시설물명	내진등급	비고
1	—	—	

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

대상시설물은 준공도를 보유하고 있어 금회 점검시 참조하여 점검을 실시하였다.

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 교량 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.3 내구성조사 개요

3.4 내구성조사 및 결과분석 방법

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

본 시설물의 현장조사는 손상현황 및 결함의 상태를 파악하여 시설물의 상태평가 시 기초 자료로 활용하며, 시설물의 건전성을 저해시키는 위험요인을 사전에 발견하여 보다 적절한 보수대책 수립을 위한 기본 자료를 얻기 위함이며, 점검은 대상 부위에 가능한 근접하여 조사를 실시하였다.

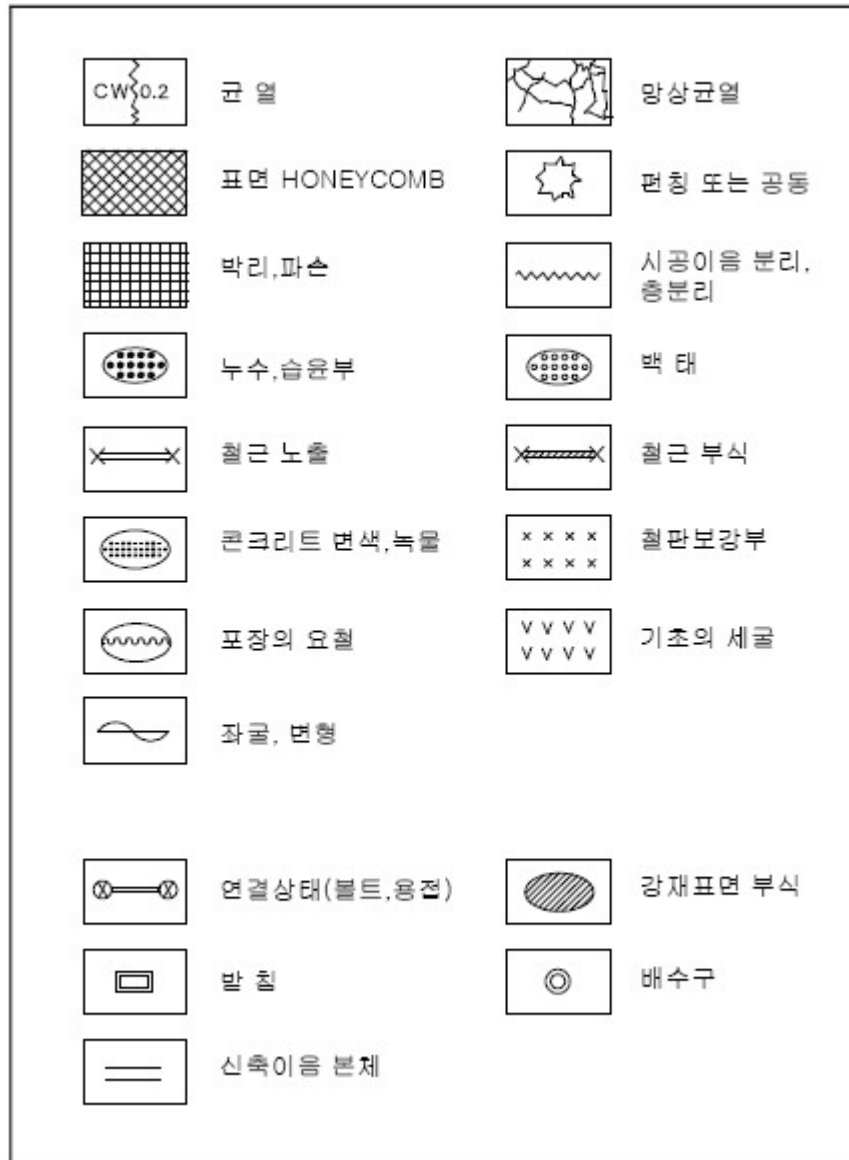
점검대상 부위는 육안관찰을 기본으로 하여 실시하였으며 필요한 경우 망원경, 균열자, 균열확대경, 줄자 및 점검차량 등을 이용하여 근접조사를 실시하였다.

현장조사 시 손상 또는 결함의 정도는 국토교통부에서 발행한 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 세부지침(2024. 12. 국토교통부, 국토안전관리원)』을 기준으로 평가하였으며, 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침의 평가기준은 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 적용한다.

【표 3.1.1】 안전등급

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

『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 세부지침 2024. 12. 국토교통부, 국토안전관리원』의 부록A. 손상표시범례에 따라 과업대상 시설물의 구성 부재별로 외관조사망도를 작성하여 향후 시설물의 점검 및 유지관리시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.



【그림 3.1.1】 교량 부재별 외관조사 범례

3.2 교량 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.2.1 교면포장

1) 점검부위 및 손상종류

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

2) 상태평가 기준

- 공간단위로 평가하며 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준범위를 “a~d”로 한다.

■ 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가 기준

등급	포장불량		배 수
a	• 없음	• 없음	• 없음
b	• 포장불량 5% 미만	• 포장손상이 미미하여 차량 주행에 영향이 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	-	-	-

■ 시멘트 콘크리트 교면포장 상태평가 기준

등급	포장불량		배 수
a	• 미세균열	• 없음	• 없음
b	• 포장불량 10% 미만	• 포장손상이 미미하여 주행에 영향이 없는 상태	• 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	• 포장불량 10%이상~30%미만	• 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	• 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	• 포장불량 30% 이상	• 포장손상이 심하여 전반적인 보수·보강이 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	• 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	-	-	-

3.2.2 배수시설

1) 점검부위 및 손상종류

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

2) 상태평가 기준

경간단위로 평가하며, 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

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

3.2.3 난간·연석

1) 점검부위 및 손상종류

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

2) 상태평가 기준

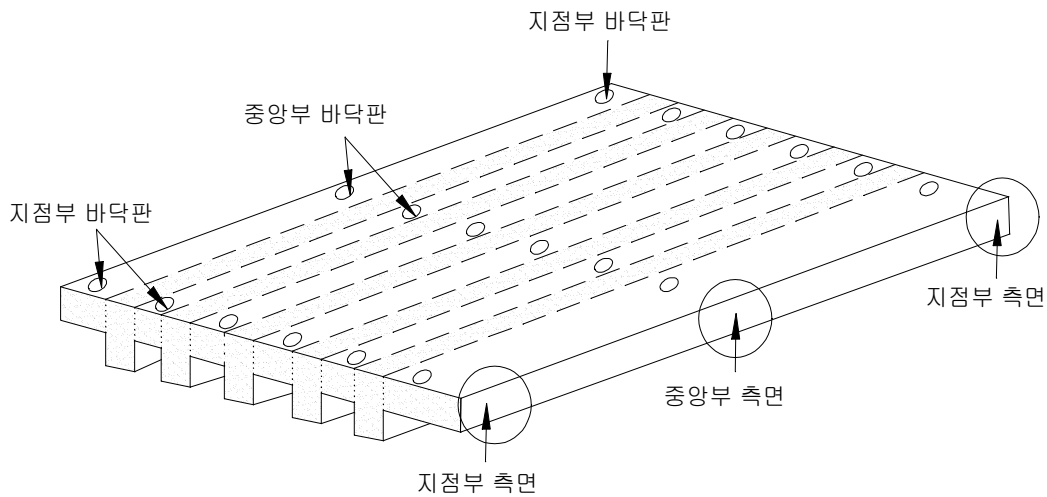
－ 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다. 중앙 분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가지 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.

등급	강재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장불량 10% 미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	· 경미한 손상, 0.3mm 미만 균열
c	· 도장 불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면 손상 10% 미만	· 파손 및 탈락 10%미만	· 0.3mm 이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출 10% 미만 · 철근부식손상 길이 2% 미만
d	· 부식으로 인한 단면 손상 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	－	－	－

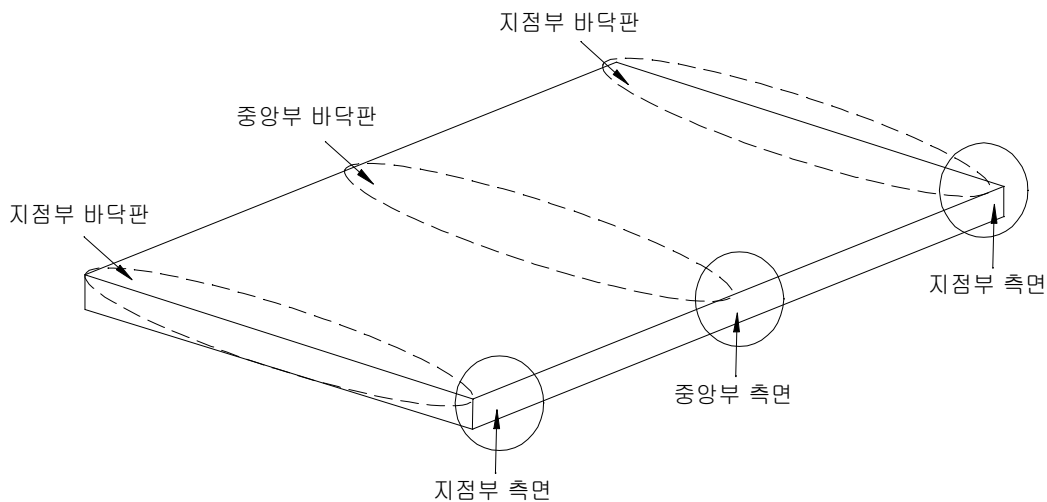
3.2.4 바닥판

1) 철근콘크리트 바닥판 점검부위

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



【그림 3.2.1】 거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위



【그림 3.2.2】 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위

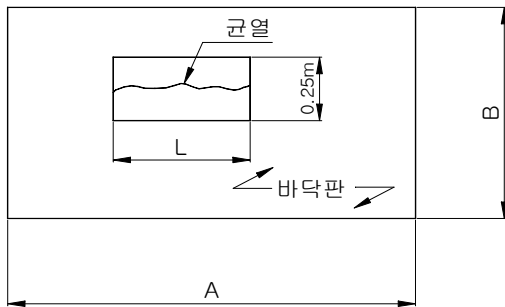
2) 철근콘크리트 바닥판 상태평가 기준

- 경간단위로 평가하며 콘크리트 바닥판을 대상으로 한다.
- 슬래브교와 라멘교, 박스거더의 상부플랜지는 구조적으로 바닥판과 거더의 역할을 같이 하지만 바닥판의 상태평가 기준안을 따른다. 그러나 이러한 형식의 교량에는 바닥판과 거더의 역할에 따른 복합적인 손상이 발생하기 때문에 철근콘크리트 거더 및 가로보의 상태평가 기준을 참고하여 점검한다.
- 상태평가 기준안에서 균열폭은 폭 0.2mm 이상의 균열을 대상으로 산정한다.

기준	균 열		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 ○ 균열율 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 ○ 균열율 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 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 균열율 10%이상~20%미만	○ 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	○ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	○ 표면손상 면적 10% 이상	○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 균열율 20%이상	○ 망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	○ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

※ 균열을 산정방법

① 일방향 균열



면적을

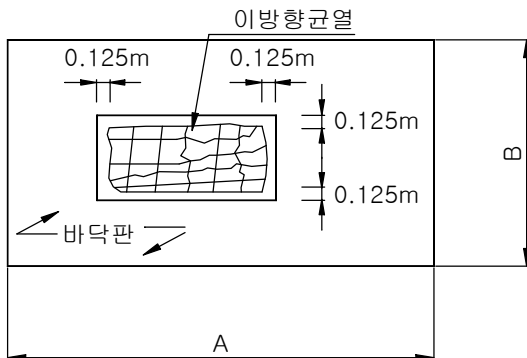
$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

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

a. 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

b. 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 균열발생 면적을 구한다.

② 이방향 균열



면적을

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

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

a. 균열의 발생면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구분한 후 균열 발생면적(점선내부면적)은 (가로길이+0.25m) × (세로길이+0.25m)로 계산한다.

※ 표면손상에 대한 면적을 산정방법

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

※ 철근부식 손상면적을 산정 방법

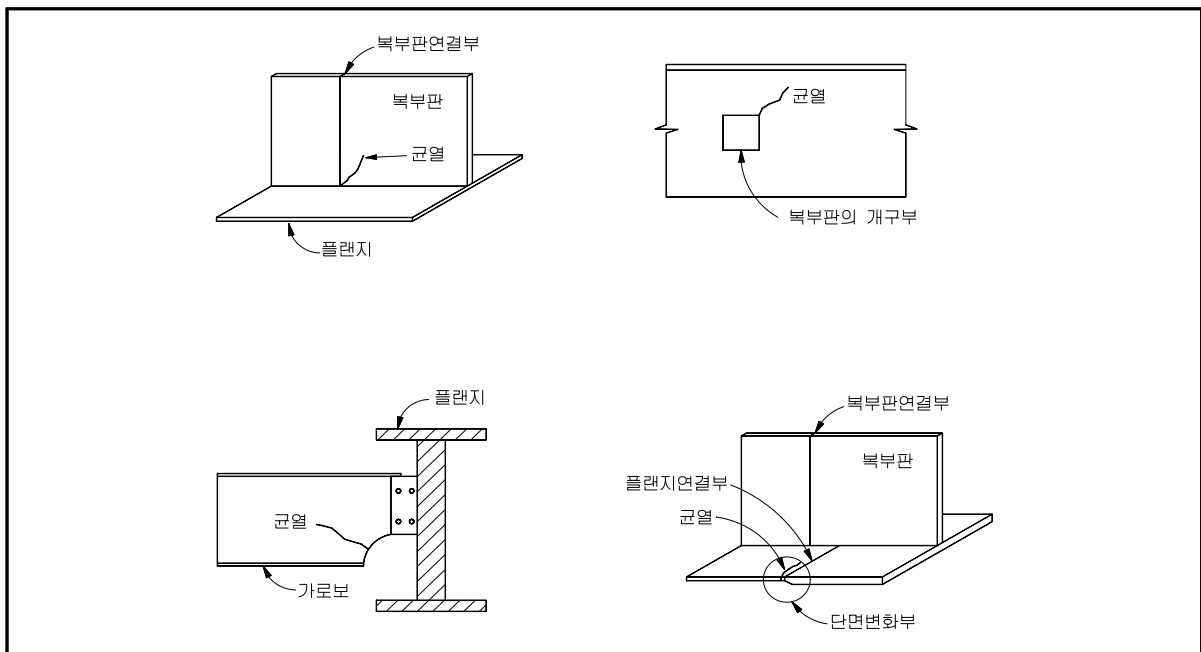
노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

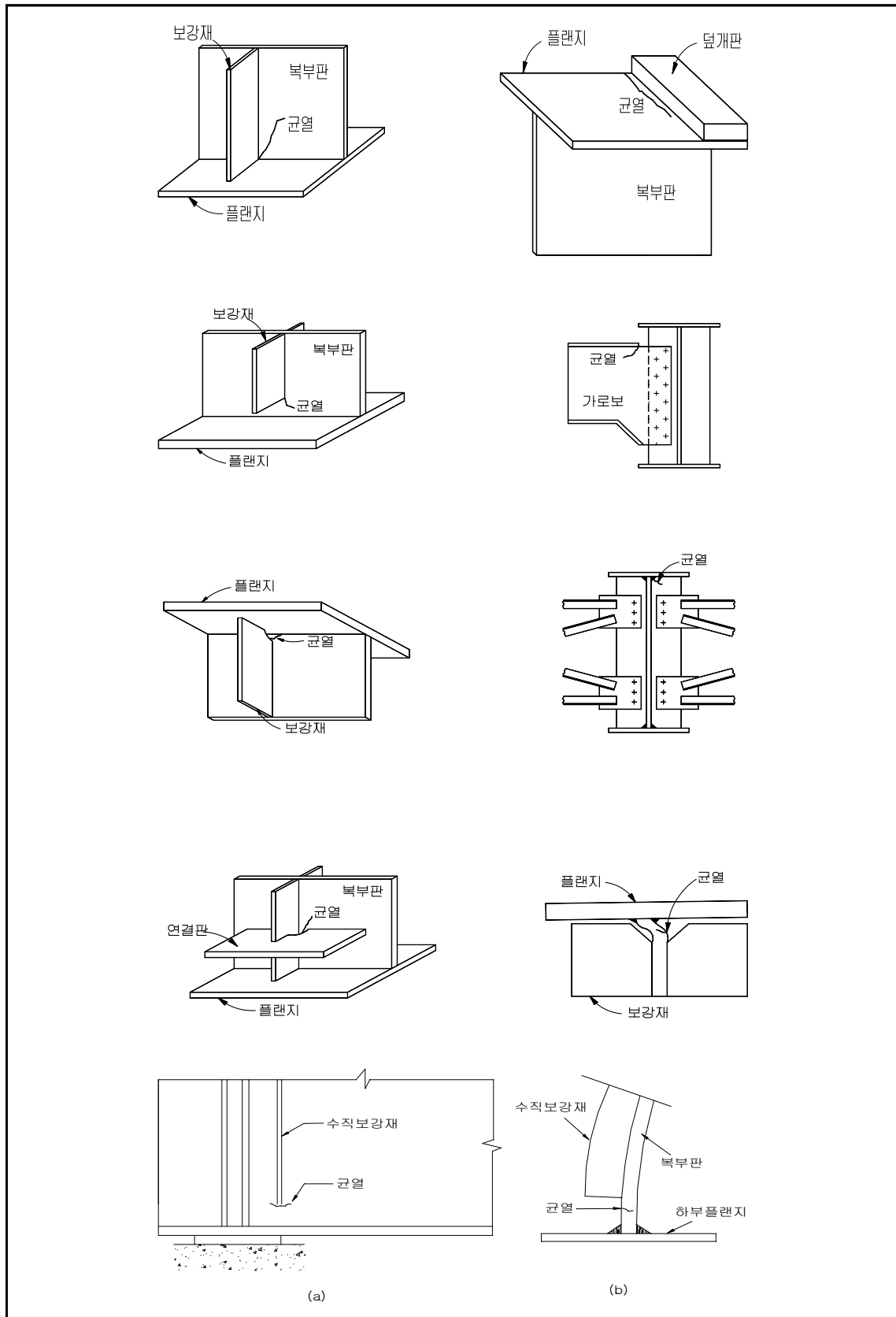
$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

3.2.5 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각

1) 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	•도장 손상 및 부식 •현장이음부 볼트손상, 누수 •신축이음부 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 •이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	•피로균열
▷ 받침부	•복부판 부식 및 국부좌굴 •거더와 받침연결부 부식 •지점보강재 하단 용접부 균열 •박스내부 출입구 방치 •박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷ 중앙부	•부식 •플랜지 변형 및 처짐 •맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷ 보수부위	•용접부 및 용접부 주변 균열





【그림 3.2.3】 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세

2) 상태평가 기준

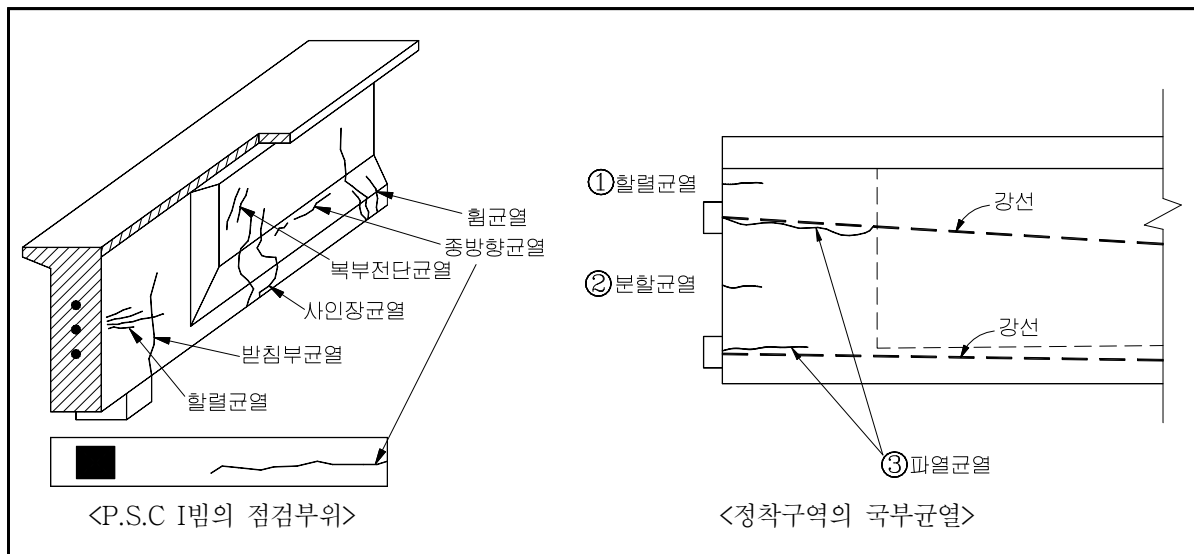
－ 공간단위로 평가하며, 강재거더에 대한 상태평가지 용접균열부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.

항목	손상				표면열화
	부재균열	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 · 주탑하단부 연결 볼트 부식	· 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 · 주탑하단부 연결 볼트 파단	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상~10%미만	· 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10% 이상 · 부식에 의한 단면손상 면적 2%이상~10%미만
e	· 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	· 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	· 주부재 10%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	· 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

3.2.6 프리스트레스 콘크리트 거더

1) 점검부위 및 손상종류

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



【그림 3.2.4】 PSC 거더 점검부위

2) 상태평가 기준

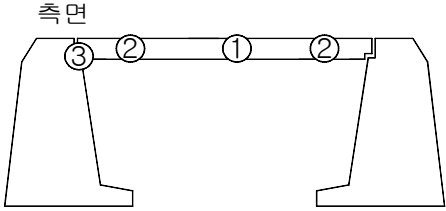
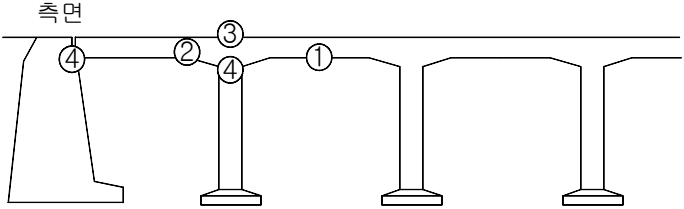
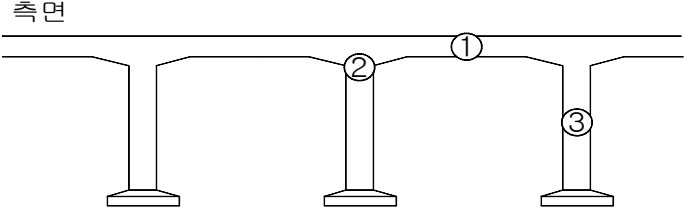
- 본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블 교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.

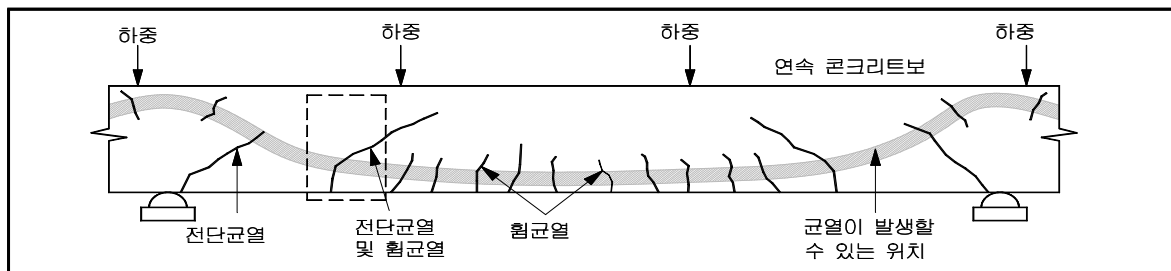
기준	거 더		긴 장 재(텐 던)		
	균열	열화 및 손상	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 없음	○ 없음	○ 노출없음	○ 충전결함 없음	○ 이상없음
b	○ 균열폭 0.2mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 노출1)	○ 충전결함	○ 손상5)
c	○ 균열폭 0.2mm 이상 ~ 0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상 면적 2%미만	○ 표면부식2)	○ 충전결함 시 염화물함량4) 1.2kg/m3 이상 ~ 2.5kg/m3 미만	-
d	○ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm미만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

3.2.7 철근콘크리트 거더

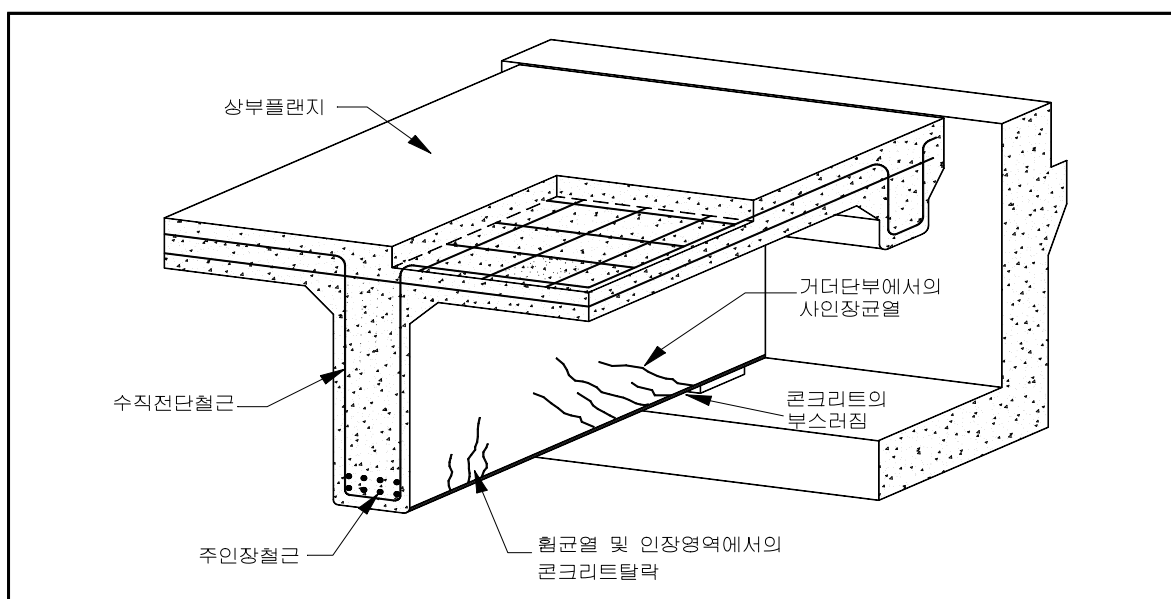
1) 점검부위 및 손상종류

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

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보		① 지간중앙부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중앙부 ② 변곡점부 (약 지간의 1/4부) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중앙부 ② 우각부 ③ 교각부



【그림 3.2.5】 콘크리트 거데에 발생하는 균열의 유형과 위치



【그림 3.2.6】 철근콘크리트 거더의 점검부위

2) 상태평가 기준

본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC 박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.

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

3.2.8 콘크리트 가로보

1) 점검부위

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

2) 상태평가 기준

– 본상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.

– 2차 부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

기준	균 열	열화 및 손상, 철근부식
a	◦균열폭 0.1mm 미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	◦표면 손상면적 2% 미만
c	◦균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	◦표면 손상면적 2%이상~10%미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만
d	◦균열폭 0.5mm이상	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	–	–

3.2.9 강 가로보와 세로보

1) 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	◦도장손상 및 부식
▷ 피로강도등급 낮은 용접 상세부 (D, E급)	◦피로균열
▷ 2차 부재	◦가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ◦하중집중점, 가로보와 세로보 교차부 균열 ◦거세트판 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	◦용접부 및 용접부 주변 균열

2) 상태평가 기준

- 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 겨우 상,하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.

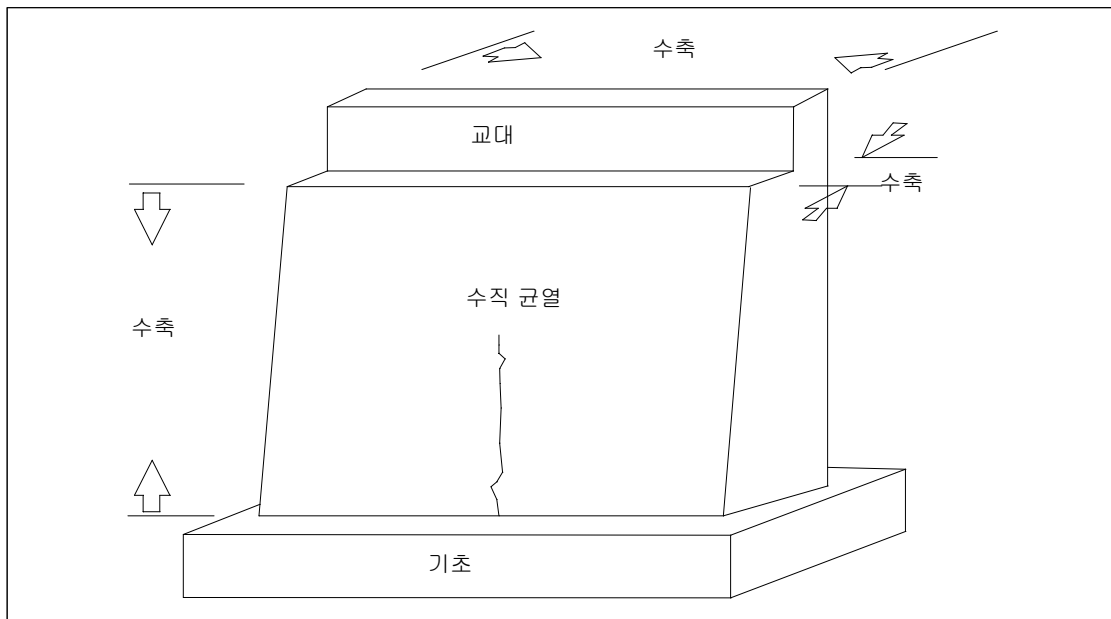
항목	손상				표면열화
	부재균열	변형,파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 미만	· 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장손상 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형 및 충격에 의한 손상발생	· 보조부재 2%이상~10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)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

3.2.10 교대 및 교각, 기초

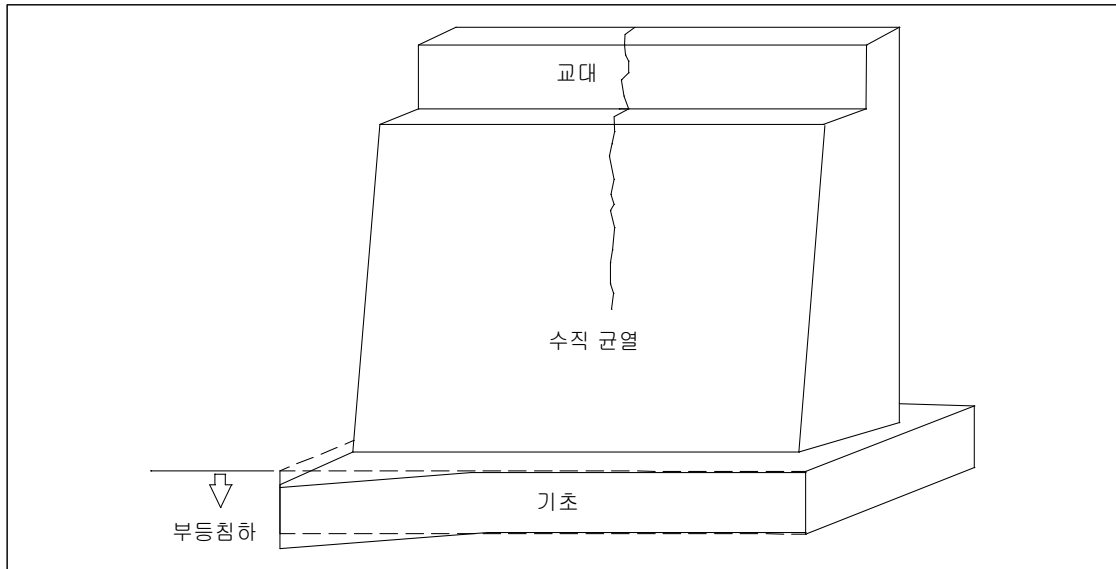
1) 점검부위 및 손상종류

① 교대

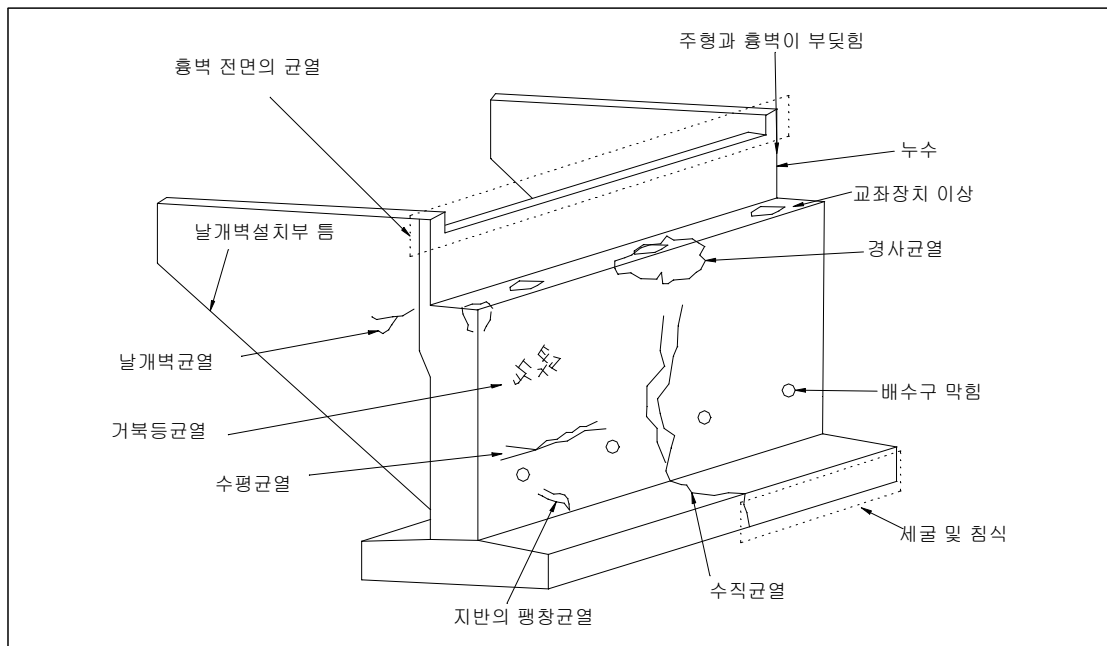
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	•교대의 기울음 및 전도 •균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	•두부 물고임 •반침부 균열 및 파손 •두부와 홍벽 경계부 균열 •거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	•수직균열 및 침하 •구체와 날개벽 분리 •구체부 배수구 막힘 •수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	•날개벽 이동, 전도 •석축이 있는 경우 사면붕괴



【그림 3.2.7】 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열



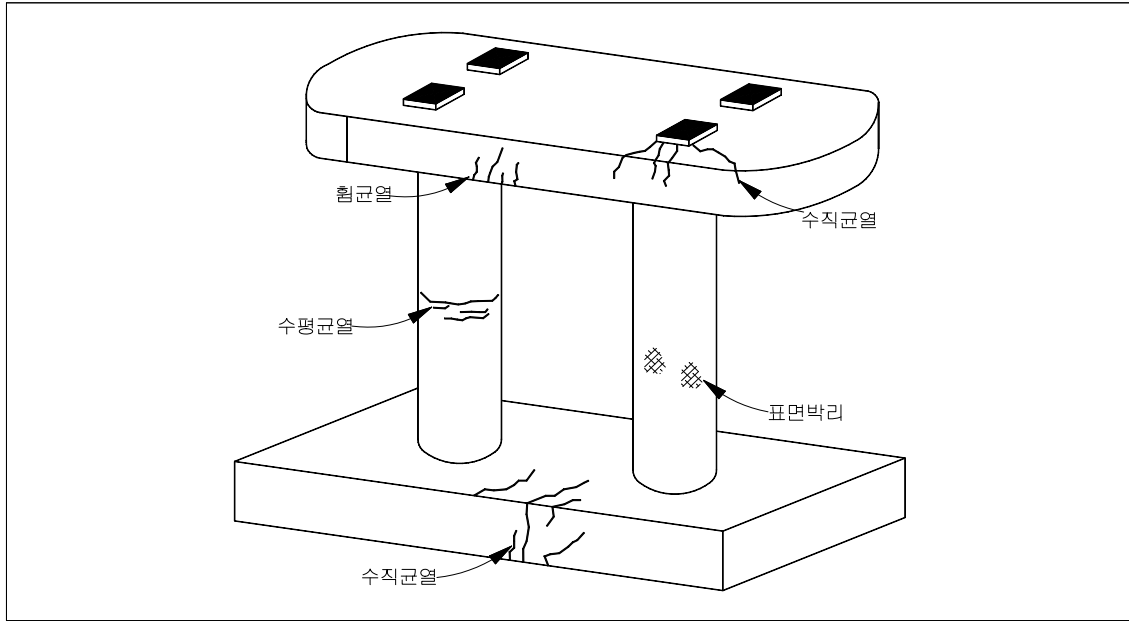
【그림 3.2.8】 부등침하로 인한 교대의 수직균열



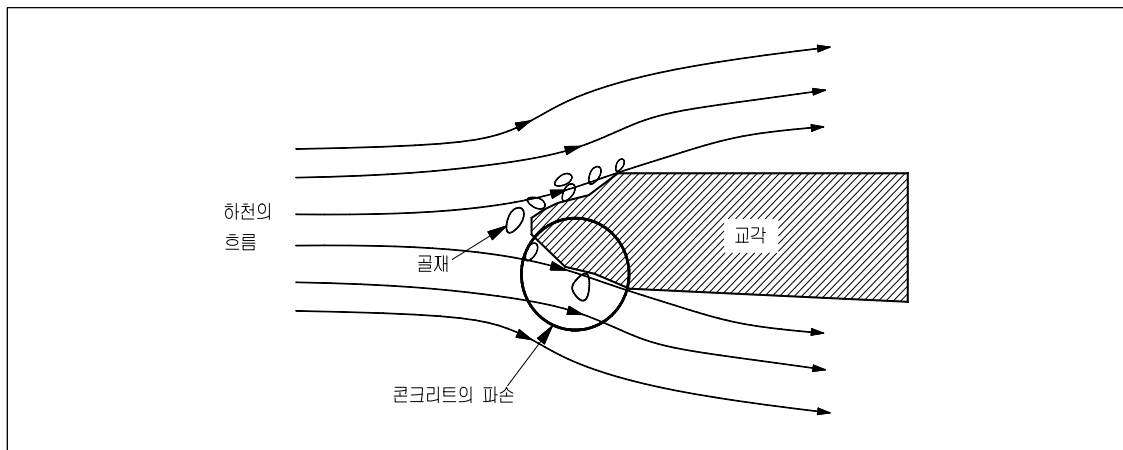
【그림 3.2.9】 교대의 점검부위

② 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	•교각의 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



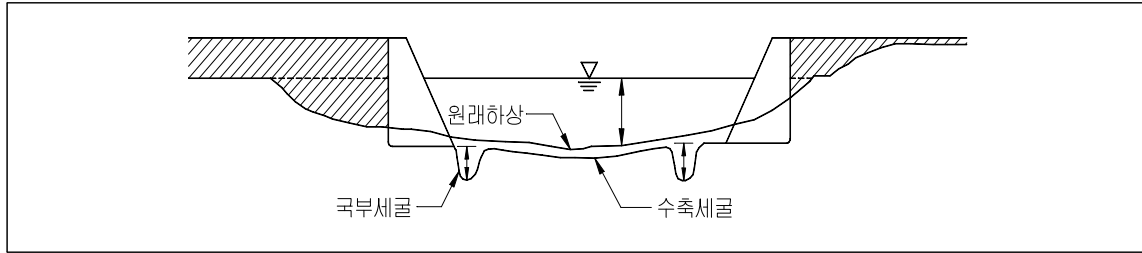
【그림 3.2.10】 콘크리트 교각의 점검부위



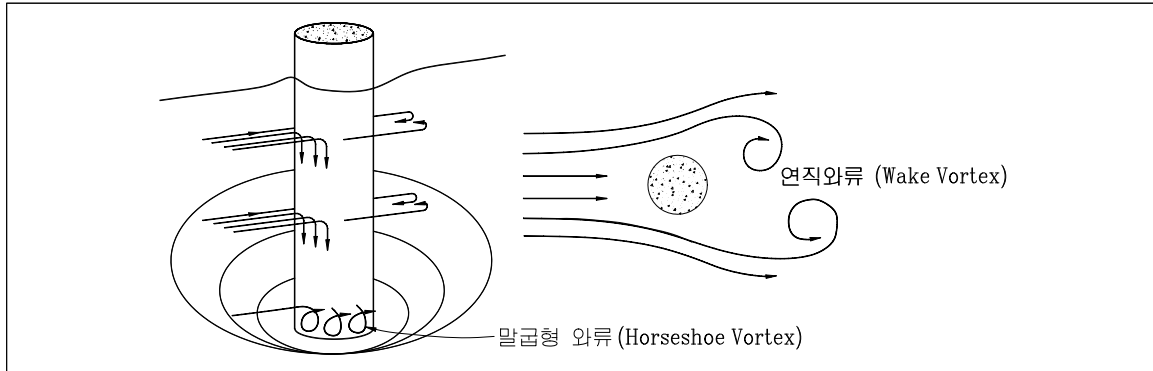
【그림 3.2.11】 유수에 의한 교각의 침식

③ 기초

점검부위	손상종류
▷공통	•박리, 박락, 철근노출, 백태 •하부시설물 기울음 및 전도 •침식, 세굴, 이동, 침하
▷직접기초	•콘크리트 균열 및 파손
▷말뚝기초	•말뚝 노출 및 침식
▷케이슨기초	•케이슨 노출 및 침식 •충돌파손



【그림 3.2.12】 수축세굴과 국부세굴



【그림 3.2.13】 원형기초의 국부세굴

2) 상태평가 기준

① 교대의 상태평가 기준

－ 본 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.

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

② 교각의 상태평가 기준

- 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

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

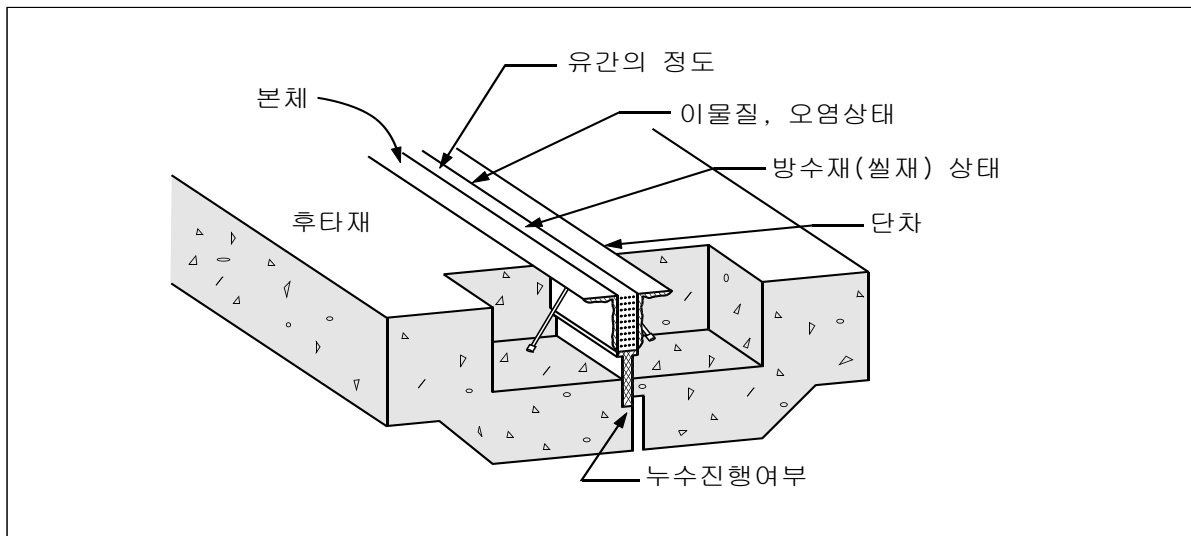
③ 기초의 상태평가 기준

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

3.2.11 신축이음

1) 점검부위 및 손상종류

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



【그림 3.2.14】 신축이음 점검부위

2) 상태평가 기준

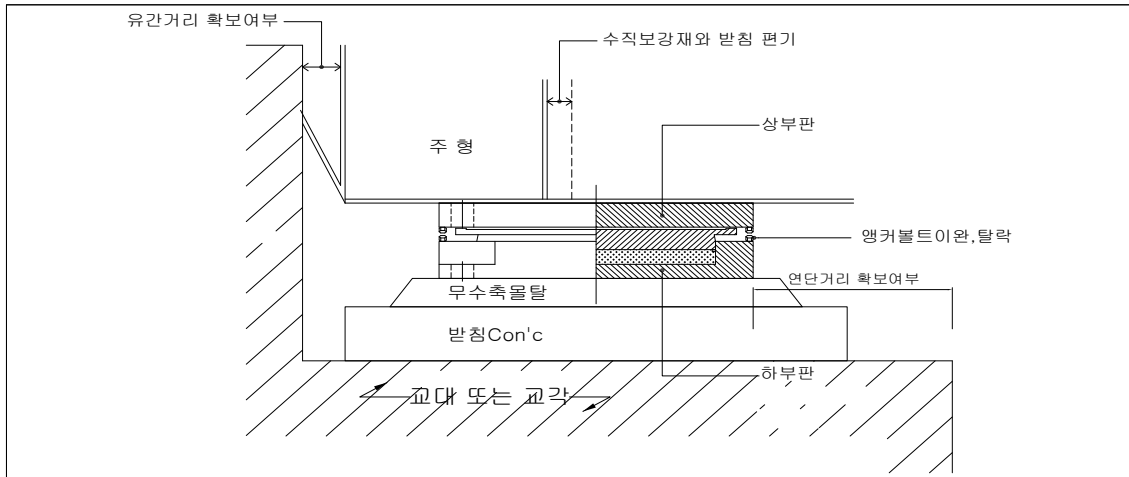
지점단위로 평가하며, 본체와 후타재로 구분하여 평가한다. 신축이음의 형식별, 재료별로는 별도의 구분없이 하나의 등급으로 평가한다.

등급	본체	후타재
a	· 없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노화	· 미세균열 발생
c	· 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 · 유간사이 이물질로 기능 불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 · 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 · 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	· 균열이 50cm이하의 간격으로 발생 · 국부적인 박리, 박락, 파손
d	· 강판유동 및 연결불량으로 이상을 발생 · 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 · 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 · 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불량	· 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 · 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	—	—

3.2.12 교량받침

1) 점검부위 및 손상종류

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



【그림 3.2.15】 교량받침 점검부위

2) 상태평가 기준

받침 본체는 상태평가 기준 범위 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 ‘a~d’로 한다.

등급	받침본체		받침 콘크리트 등
	탄성받침	강재받침	
a	· 외관상태 양호	· 외관상태 양호	· 외관상태 양호
b	· 미세균열 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장탈색, 먼지 쌓임	· 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 지지 단면 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	· 받침의 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	—

3.2.13 공중이 이용하는 부위

1) 추락방지시설

기준	상태기준 설명
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

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

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

기준	상태기준 설명
a	○ 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

3.3 내구성조사 개요

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

내구성 조사의 적용범위는 다음과 같다.

- 내구성조사를 대상으로 하는 구조물은 강·콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성조사는 구조 구체를 중심으로 수행한다.
- 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화 손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

3.4 내구성조사 및 결과분석 방법

3.4.1 반발경도법

가. 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 측정하는 방법으로, 측정방법, 적용 가능한 강도범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

나. 반발경도법 시험 일반

반발경도의 원리는 슈미트햄머로 경화콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(fck)와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)를 타격각도에 따른 보정값($\angle R$)을 고려하여 수정반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다.

일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하므로 비파괴 강도는 참고자료로 활용한다.

다. 측정방법

1) 적용방법

a. 측정부재의 선정

- i) 부재의 두께 10cm이상인 장소 선정하고 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6cm 이상 떨어진 장소에서 측정
- ii) 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

b. 반발경도 측정방법

- i) 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 기타부착물을 붙어 없앤 뒤에 측정한다.
- ii) 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.
- iii) 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.
- iv) 측정된 20개의 데이터 중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외 시켰다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 하였다.

2) 타격방법 및 재령에 따른 보정계수 적용

a. 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.4.1】 타격방향 보정치

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-6	-	+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	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

b. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다. 일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면 강도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 구한 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음의 표와 같다.

【표 3.4.2】 재령에 의한 보정표

材令	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
材令	18日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
材令	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
材令	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
材令	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

라. 콘크리트 강도의 환산

◆ 본 과업에서의 적용 강도 추정식

구분	계산식	비 고
식 ①	$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \text{ (MPa)}$	일본 재료학회 강도 추정식
식 ②	$F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	일본 건축학회식
식 ③	$F_c = (15.2 \times R_o - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (2.304 \times R_o - 38.80)$	권영웅 외(고강도콘크리트일 때 사용)

여기서, F_c : 추정강도(kg/cm²), R_o : 반발경도

3.4.2 초음파전달속도시험

가. 일반

1) 일반

콘크리트에서의 초음파전달속도시험은 음향적 측정방법인 음속법의 하나로 초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 초음파가 콘크리트를 통과하는 시간(Pulse Velocity)을 측정하여 이로부터 콘크리트의 비파괴강도, 결함의 유무, 균열 및 콘크리트의 내부 분리, 공동현상 등을 추정하는 비파괴적인 방법에 이용한다.

일반적으로 점검과 진단에서 사용하는 콘크리트 초음파측정기는 측정대상 콘크리트에 동일한 사용목적을 가지며, 초음파전달속도는 콘크리트의 구성 성분, 다짐 정도, 숙성도, 콘크리트 제품과 구조물 내에 본래부터 존재하는 자유수의 함유량에 따라 결정된다

2) 적용범위

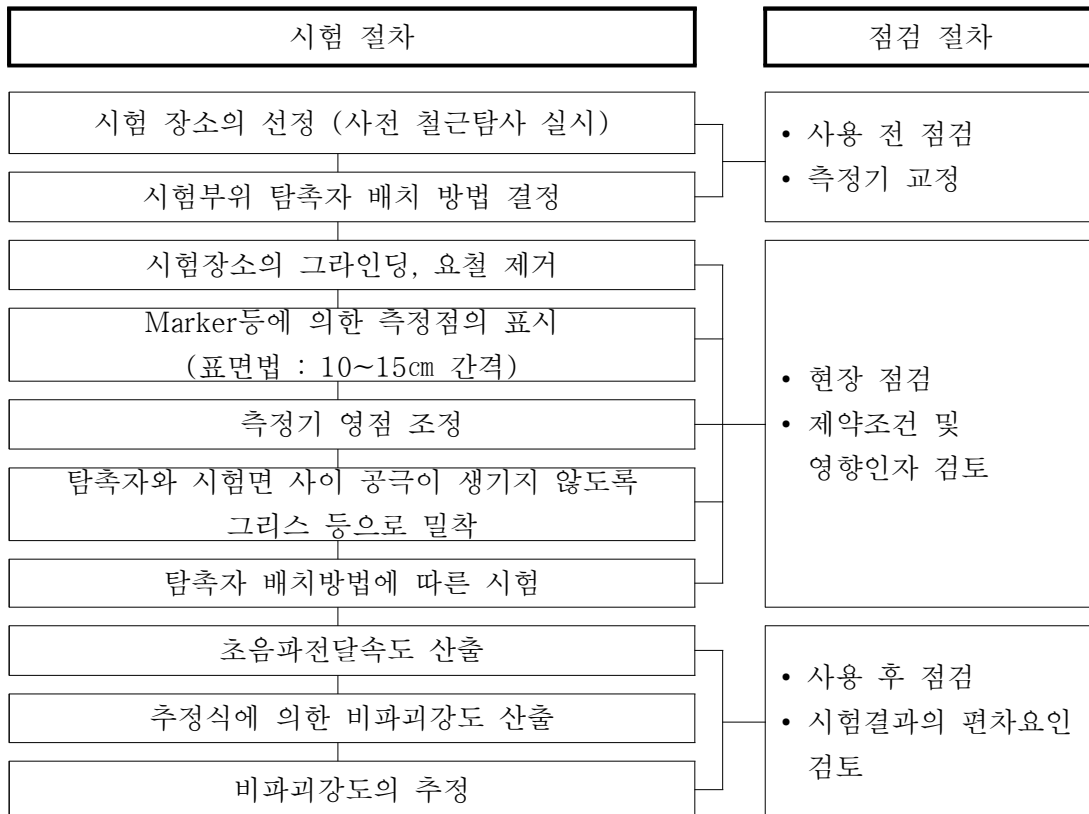
본 지침에서의 초음파전달속도시험은 콘크리트의 한쪽 끝에 접촉시킨 탐촉자로부터 발신한 초음파 펄스가 콘크리트 내부를 통과하여 반대방향의 다른 끝 쪽에 접촉시킨 탐촉자에 도달할 때까지의 소요시간 및 양 탐촉자간 거리를 측정하여 음속을 구하고, 그 음속값을 이용하여 콘크리트의 비파괴강도를 추정하기 위하여 실시한다.

이 시험 방법은 콘크리트 비파괴강도 추정 이외에도 콘크리트의 탄성 계수, 균열 깊이, 내부 결함 등을 검사하는 데 이용할 수 있으며, 콘크리트의 비파괴강도를 추정하는 경우 다수의 신뢰할 수 있는 추정 제안식이 제시될 수 있으나, 추정식의 다양성만큼 비파괴강도가 일정하게 얻어지는 것이 아니므로 성형 또는 코어 표본의 압축강도를 구하여 이 측정값과 펄스속도와의 상관관계를 구하는 것이 우선되어야 한다.

3) 측정기의 영 보정(Zero Setting)

- ◆ 측정기를 사용하기 전에는 반드시 측정기에 대한 교정을 하여야 한다.
- ◆ 발신 및 수신 탐촉자를 합쳐서 측정 거리가 Zero의 경우에서 전달시간이 영점으로 타나나는 확인 여부와 측정 전에 표준시험체(교정봉)로 측정해서 미리 영 보정을 하여야 한다.
- ◆ 탐촉자 및 케이블의 교체의 경우 매번 영 보정하여야하며, 전자회로나 케이블의 안정성을 확인하기 위해 수시로 영 보정을 재확인할 필요가 있다.

나. 시험 등의 절차



【표 3.4.3】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

1) 초음파전달속도시험의 제약조건

(1) 측정기 활용을 위한 제약조건의 검토

◆ 측정 대상구조물의 제약조건과 종류, 측정범위 등을 파악하여 측정 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

◆ 콘크리트 중의 초음파전달속도와 압축강도의 관계는 각종 영향인자에 따라 다르다. 비파괴강도 추정이나, 결함탐사의 정도를 향상시키기 위해서는 반드시 이들 영향인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.

◆ 현장측정 및 결과분석에 대한 절차는 KS F 2731의 규정에 준한다.

2) 측정 대상으로 하는 구조물에서의 제약조건

(1) 측정 대상구조물 : 콘크리트 구조물 전반

(2) 제약조건

◆ 콘크리트 표면에 도장이나, 외장재 및 구조물 내부에 철근이 과밀 배근되어 있는 경우, 균열 내부에 수분, 충전물, 미세균열, 밀집균열 등이 존재하는 구조물에서의 초음파전달속도의

시험은 곤란하다.

◆ 초음파전달속도시험 대상 콘크리트 면에 강재나 공동(구멍), 곰보가 존재하는 경우에는 초음파전달속도시험 결과가 크게 변화될 수 있다.

◆ 초음파전달속도시험에서는 시험 결과에 영향을 미칠 수 있는 부분과 없는 부분에 대한 병용 시험을 통해서 이를 확인하는 것이 바람직하다.

◆ 측정하기 전에 측정 위치 부근에 철근탐사장비로 철근이나 강재 등의 배치 여부 등을 확인하는 것이 필요하다.

3) 초음파전달속도시험에 미치는 영향인자

초음파전달속도에 미치는 영향인자와 시험결과에 편차 요인에 대하여 시험 전·후에 이를 파악하여 산정한 각종 영향계수를 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용하여야 한다.

(1) 초음파전달속도에 미치는 영향인자

◆ 콘크리트의 함수량

◆ 콘크리트는 습윤상태일수록 초음파전달속도는 커진다.

◆ 대상 부재의 함수량 차이를 고려하여 측정된 초음파전달속도를 보정해야 한다.

◆ 콘크리트의 온도

◆ 콘크리트의 온도변화에 따라 초음파전달속도는 변한다.

◆ 콘크리트가 고온일 경우 초음파전달속도는 감소하며, 저온으로 동결되었을 경우 초음파전달속도는 증대하므로 이에 대한 보정이 필요하다.

◆ 측정거리(표면법의 경우 : 탐촉자간의 간격)

◆ 콘크리트의 이질적인 성질이 시험에 영향을 미치지 않도록 충분히 길어야 한다.

◆ 굵은골재의 최대치수가 20mm 미만의 경우 측정거리는 100mm 이상

◆ 굵은골재의 최대치수가 20~40mm의 경우 측정거리는 150mm 이상

◆ 시험체의 형상

◆ 시험대상이 되는 부재의 단면치수에 따라 초음파전달속도에 영향을 미친다.

◆ 시험대상의 최소허용 측면 치수를 고려하여 시험하여야 한다.

◆ 철근의 영향

◆ 강재에서의 초음파전달속도는 약 5.1km/s로 콘크리트보다 크다.

◆ 강재는 콘크리트에서 추정된 초음파전달속도의 정확도를 감소시키므로 가능한 한 철근이 탐촉자 사이의 직진 경로 그 가까이에 놓여 있지 않는 조건에서 시험해야 한다.

◆ 철근 간섭을 허용하기 위한 초음파전달속도 시험값의 보정의 경우는 다음과 같으며, 이에 대한 보정한다.

- ◆ 철근이 초음파 경로와 평행으로 배근된 경우
- ◆ 철근이 초음파 경로와 직각으로 배근된 경우
- ◆ 접촉매질
 - ◆ 탐촉자와 콘크리트면과의 접촉(밀착) 상태가 불량한 경우에는 측정치의 재현성은 없어지고, 그 신뢰도 확보가 곤란하다.
 - ◆ 접촉매질로 인해 콘크리트의 특성이 연속성을 잃을 수 있으므로, 접촉매질의 층이 얇아져 최솟값이 얻어질 때까지 읽기를 반복한다.

(2) 측정결과의 편차요인

- ◆ 콘크리트의 재료, 배합, 재령
 - ◆ 콘크리트의 재료, 배합, 재료 등에 따라 초음파전달속도는 다르므로 비파괴강도 추정 전에 반드시 이들 정보를 입수하여 검토한 결과를 반영하여야 한다.
- ◆ 측정 대상면의 상태
 - ◆ 콘크리트 표면에 모래입자, 먼지, 수분함유, 미세균열 등은 초음파전달속도에 영향을 미치므로 이를 고려한 시험이 필요하다.
- ◆ 측정기의 사용요령
- ◆ 탐촉자의 연결
- ◆ 초음파전달속도의 관계
- ◆ 비파괴강도 추정식의 이용

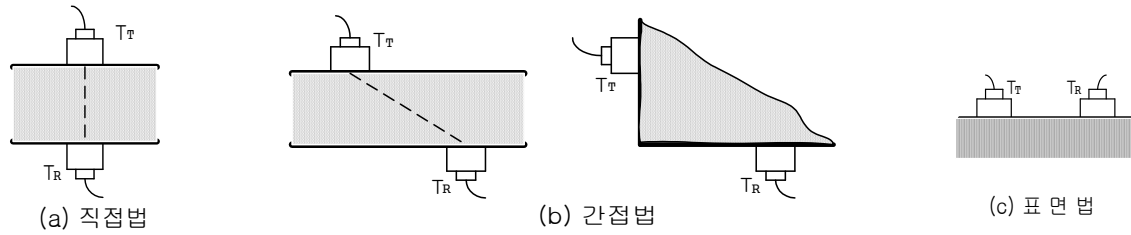
다. 초음파전달속도시험

1) 탐촉자의 배치

본 시험의 정확도는 주로 투과 거리 측정의 정확도에 의해 좌우되며, 이 경우 탐촉자 간의 에너지 이동이 최대이기 때문에 비파괴강도 추정 시에는 [그림 11]에서 (a)의 직접법인 대향면의 배치방법을 원칙으로 한다.

다만 현장에서 탐촉자를 직접법으로 배치할 수 없는 경우 [그림 11]의 (b)와 (c)와 같은 간접법과 표면법으로의 측정은 그 신뢰성에 문제가 제기되고 있으나, 현장 조건에서는 표면법 적용의 경우가 많다.

이때 표면법의 탐촉자 간격은 100~150mm 간격으로 측정하는 것이 좋다.



【그림 3.4.1】 초음파 펄스 시험을 위한 탐촉자 배치 방법

라. 초음파전달속도의 산정

1) 직접법 (V_d)

$$V_d = \frac{L}{T}$$

여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(m/s)

L : 투과 거리(m)

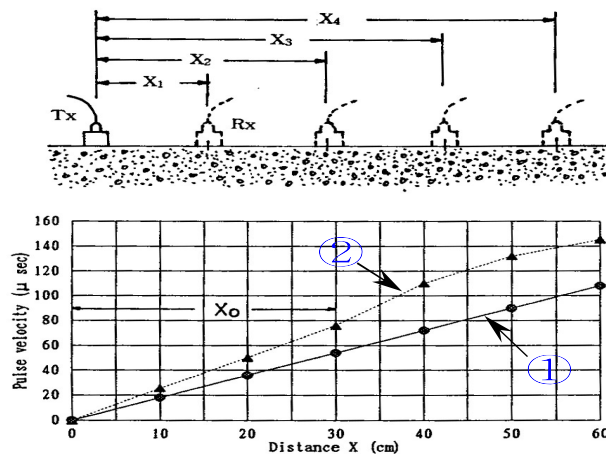
T : 유효 시간(s)

2) 표면법 (V_i)

[그림 11]에서 ①의 경우로 각 거리 X_i 에 대한 전달시간 T_i 를 측정하여 X_i 와 T_i 의 관계를 그래프에 도시하여 나타나는 회귀직선식 $T = a + b \cdot S$ 의 상관계수에서 기울기의 함수를 초음파 전달속도 V_i 를 결정한다.

$$\frac{dS}{dT} = \frac{1}{b} \quad (= V_i: \text{표면법 초음파전달속도})$$

[그림 11] ②의 경우인 콘크리트 내부의 구성 요소와 균열 및 결함 등에 의해 초음파전달속도가 분산되면 경험적으로 3점 이상이 일직선으로 형성되는 구간의 회귀직선식에서 분석된 결정계수 r^2 값이 99% 이상([그림 2.4]에서 X_0 구간)이 되는 전달속도 V_i 를 결정한다.



【그림 3.4.2】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

라. 콘크리트 비파괴강도 추정

1) 코어 표본을 이용한 초음파전달속도와 압축강도와의 상관관계

본 시험에 의한 콘크리트 비파괴강도를 도출하기 위해서는 구조체의 콘크리트에서 채취한 코어 표본을 이용하는 것이 유효하다.

◆ 절단과 습윤 처리된 코어 표본의 초음파전달속도는 구조물의 일부로 구성되어 있을 때보다 일반적으로 높게 나타나므로 코어 표본 채취 전에 초음파전달속도를 시험을 하는 것이 필요하다.

◆ 초음파전달속도시험 값과 코어 표본으로 구한 압축강도 시험 값을 플롯하고 전체 결과에 대한 선형회귀식을 최소 제곱법에 의해 해당 시설물의 콘크리트 비파괴강도 제안식을 도출한다.

$$F_c = k_1 V_d + C \quad (Mpa)$$

◆ 코어 표본의 압축강도 시험은 KS F 2422¹⁾에 따른다.

2) 기존의 제안식을 이용한 콘크리트 비파괴강도 추정

초음파전달속도를 이용한 비파괴강도 추정은 코어 표본에 의한 초음파전달속도와 압축강도의 비파괴강도 제안식을 이용해야 한다.

다음은 국내에서 주로 이용되고 있는 제안식을 정리한 것으로 이외의 신뢰성 있는 제안식을 이용할 수 있으며, 제안식의 적용은 시험 방법 및 시험 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.4.4】 기존의 비파괴강도 추정 제안식

연구자	추 정 식 (MPa)	비 고
일본건축학회식	$F_c = (215V_d - 620) \times 0.098$	V _d : 직접법에 의한 초음파전달속도 (km/s)
일본재료학회식	$F_c = (102V_d - 117) \times 0.098$	
J.Pysziak의 제안식	$F_c = (92.5V_d^2 - 508V_d + 782) \times 0.098$	
谷川の 제안식	$F_c = (172.5V_d - 499.6) \times 0.098$	

3) 초음파전달속도의 관계

초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지의 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있으며, PUNDIT 사용 설명서에서는 정량적인 콘크리트에서는 $V_d \approx 1.05 V_i$ 의 근사적인 관계로 나타내고 있다고 하였다.

보다 정확한 직접법(V_d)과 표면법(V_i)의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법

1) KS F 2422 : 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도시험 방법

측정을 수행한 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법)속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

4) 비파괴강도 보정계수

선정된 비파괴강도 제안식에 아래와 같이 보정계수를 산출한 후, 보정계수를 제안식에 곱하여 대상 시설물의 콘크리트 비파괴강도를 추정한다.

$$\text{보정계수 } C_t = \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_{pr}}{R_{st}} \right) / k$$

여기서, R_{pr} : 코어 압축강도(MPa)

R_{st} : 초음파전달속도시험에 의해 추정된 비파괴강도(MPa)

마. 시험 보고서

보고서는 초음파전달속도시험이 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었다는 것을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 하여야 하며, 다음 사항을 기록한다.

- ◆ 시험 일자, 시간
- ◆ 구조물에서 시험 영역의 위치
- ◆ 시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명
- ◆ 콘크리트의 설계 조건
- ◆ 초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치
 - ◆ 시험 부위 근처의 철근 또는 덕트의 세부 사항 포함
- ◆ 시험 위치의 표면상태
 - ◆ 마무리 정도, 균열, 박리, 화해 유무 등
- ◆ 시험시의 온도 및 콘크리트의 재령
- ◆ 콘크리트 내부의 함수 상태
 - ◆ 습윤상태, 표면건조상태, 기건상태 등
- ◆ 장치의 종류, 신뢰도, 주파수 및 주요 특징
- ◆ 투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도
- ◆ 초음파전달속도의 시험 값
- ◆ 철근 간섭으로 보정된 초음파전달속도 값

3.4.3 콘크리트 코어시험²⁾

가. 일반

1) 일반

채취한 코어의 시험은 콘크리트 상태평가에 대한 가장 신뢰할 수 있는 시험 방법이나, 콘크리트 구조물에서 코어를 광범위하게 채취하지 못하는 현장여건의 어려움으로 대표적인 부분에 대해서 코어를 채취하고 광범위하게 실시한 비파괴시험 결과의 모체로서 콘크리트 강도 및 내구성 평가에 이용되고 있다.

현장에서 채취한 코어로부터 압축강도를 추정하는 방법은 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만, 구조물의 실제 강도를 추정한다는 관점에서 비파괴적인 방법과 함께 실시한다. 그러나 내하 콘크리트 구조물에 있어 휨 부재에 대한 적용은 제한적이며, 구조물에 한정적으로만 적용이 가능하다는 단점이 있다.

코어채취의 기본적인 제약점들은 소요비용, 채취의 불편함, 콘크리트 구조물의 국부파손 등의 특징이 있다.

2) 적용 범위

채취된 코어의 활용 목적은 다음과 같다.

- ① 대상 콘크리트의 관련 제반 정보 수집
- ② 코어강도와 각 비파괴시험법에 따른 비파괴강도 추정식의 신뢰성 확보를 위한 보정
- ③ 내부철근의 피복과 직경 측정 결과의 확인
- ④ 철근부식 상태 측정 결과의 확인
- ⑤ 발생 균열깊이의 측정 결과의 검증 및 보수상태 확인
- ⑥ 물리성 조사 : 탄산화깊이, 염화물함유량, 알칼리 골재 반응시험 등

3) 코어비트

보통 코어비트의 유효 천공지름으로는 $\phi 10 \sim 400\text{mm}$ 정도이며, 천공지름은 일반적으로는 내경을 나타내고 있어 코어채취 시에 코어비트의 두께 등을 고려하여야 한다.

2) ◦ KS F 2422:2017 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법

◦ KS F 2405:2010 콘크리트의 압축강도 시험 방법

◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

(1) 습식 코어비트

일반적으로 사용하는 코어드릴의 비트는 다이아몬드를 절삭재로 사용하여 박아 만든 보링용 비트로 절단 작업 중 코어드릴에 냉각수를 공급하면서 천공 하는 습식을 주로 이용하고 있다. 코어채취 시 필요한 냉각수의 양과 필요 천공속도를 파악하여야 한다.

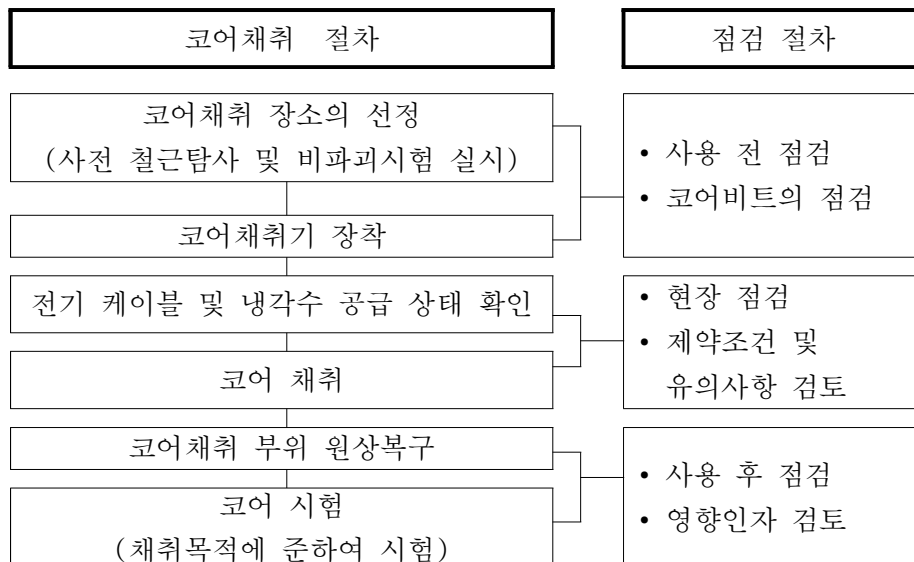
(2) 건식 코어비트

코어를 채취하는 과정에서 콘크리트 중 일부 성분의 유출을 방지 할 목적으로 천공하는 건식은 내열성의 코어비트를 사용한다.

나. 코어채취

1) 채취기의 활용을 위한 제약조건 검토

- ◆ 코어채취 대상구조물의 제약조건과 종류, 채취범위 등을 파악하여 결과의 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.
- ◆ 열화 손상이 심한 장소에서 코어를 채취할 경우에는 인접하여 비교적 양호한 장소에서도 코어를 채취하여 상호 비교하는 것이 바람직하다.
- ◆ 코어채취 과정에서 구조물 및 코어 공시체가 손상이 되지 않도록 하여야 하며, 채취된 코어의 강도시험 방법은 KS F 2422 규격에 준한다.



【표 3.4.5】 코어채취 방법 및 기기 점검 등의 절차

2) 코어채취의 유의사항

(1) 코어채취 장소의 선정

① 코어채취 방향

◆ 코어채취 방향, 위치 및 수분공급의 유무 등에 의해 콘크리트의 품질이나 열화 정도가 다르기 때문에 조사목적에 맞는 채취 방향과 위치를 정하여야 한다.

② 코어채취장소의 선정

◆ 코어채취에 앞서 다음 사항에 대한 사전조사가 반드시 필요하다

◆ 철근이나 배관·배선 등의 유무나 위치의 확인

◆ 예정되어 있는 채취 장소의 작업환경에 대한 검토

◆ 작업에 따르는 소음과 냉각수(배수·먼지 등)가 주변에 끼치는 영향

(2) 대상 시설물에 따른 코어 채취 장소

◆ 대들보나, 슬래브에서는 주철근을 절단하는 경우가 없도록 유의하여야 한다.

◆ 코어를 완전 추출 또는 중간 추출할 것인지 등의 판단이 필요하다.

◆ 코어를 추출한 장소에 대해서는 신속히 보수하여야 한다.

(3) 채취 코어의 직경 결정

◆ 강도평가의 경우 코어 공시체의 지름은 일반적으로 굽은골재 치수의 3배 이상으로 하고, 어떤 경우에도 2배 이하로 되어서는 안 된다.

◆ 조사 목적에 따라 콘크리트 중 일부 성분의 유출이 방지되도록 건식 코어비트의 사용이 필요하다.

(4) 코어의 보관

◆ 코어 추출 즉시 코어에 부착되고 있는 가루 및 먼지 등을 씻어 내고, 철근이나 균열 등의 유무를 확인하고, 사진촬영 한다.

◆ 세척된 코어 표면의 변색깊이나 탄산화 깊이 등을 조사해 둔다.

◆ 세척과 확인 및 사진촬영이 끝나면 즉시 습기 찬 형겅 등으로 코어를 감싼 후 두꺼운 비닐봉투에 수납하여 시험을 하는 장소로 발송한다.

(5) 강도시험용 코어의 조건

◆ 채취한 코어는 거의 완전한 원기둥 모양의 공시체를 채취할 수 있어야 한다.

◆ 코어 공시체에 재료분리, 공극의 과다 및 코어의 단면 전체에 굽은골재가 포함될 경우 등은 강도시험용 공시체로서는 부적절이다.

- ◆ 코어의 표층으로부터 1cm 정도의 부분은 공시체로서 사용하지 않는 것이 좋다.
- ◆ 시험 중에 코어가 파손될 경우가 있기 때문에 예비 코어 공시체가 있는 것이 바람직하다.
- ◆ 채취된 코어는 채취 후 3~4일 이내에 시험을 하는 것이 바람직하다.

다. 코어강도에 미치는 영향인자

1) 코어의 보존

- ◆ 코어의 수분함유에 있어서 포화건조상태는 공기 중 건조상태에 비해 10~15% 정도의 적은 값을 나타내므로 채취된 코어와 현장 콘크리트의 수분 상태를 고려하여 시험하는 것이 중요하다.

2) 높이/직경비의 영향

- ◆ 코어 공시체의 높이/직경비(h/d)가 적어질수록 겉보기 압축강도는 커진다.
- ◆ 공시체 높이가 직경의 2배보다 작을 경우에는 보정계수를 곱하여 공시체의 높이가 직경의 2배가되는 코어 공시체의 압축강도로 환산하여야 한다.

3) 매입 철근의 영향

- ◆ 코어를 가로지르는 철근은 강도시험 결과 5~10% 정도가 감소된다.
- ◆ 코어 축에 수직으로 철근이 존재한다면 압축강도는 보정을 하며, 보정 값이 10%를 초과하는 코어강도는 제외한다.

4) 드릴링의 영향

- ◆ 절단토크와 코어강도의 관계는 절단토크에 반비례해서 코어강도가 감소한다.
- ◆ 드릴링에서 토크(Torque)의 세기가 크면 클수록, 드릴링 속도가 빠르면 코어강도는 저하한다.

5) 코어채취 위치와 방향의 영향

- ◆ 일반적으로 콘크리트 채취방향이 콘크리트 타설방향과 직각인 경우(보통 수평방향 채취)는 평행인 경우에 비하여 약 8% 강도 저하가 발생하는 것으로 보고되고 있어 이를 고려할 필요가 있다.

6) 코어 직경의 영향

◆ KS F 2405에서 사용되는 콘크리트강도 시험용 표준공시체는 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 의 원주형 공시체를 사용

◆ 공시체의 형상이 닦은꼴이면 공시체의 치수가 작을수록 압축강도는 크게 나타나는 경향이 있으므로 설계기준에서는 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 공시체로 시험한 압축강도의 97%를 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 의 공시체 강도로 환산하도록 규정하고 있다.

라. 시험 보고서

보고서는 코어채취 및 강도시험 등의 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었다는 것을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 하여야 하며, 다음 사항을 기록한다.

- ◆ 코어의 번호
- ◆ 코어의 채취 위치
- ◆ 코어의 채취방법
- ◆ 재령 : 채취 시의 재령 및 시험 시의 재령, 또는 그 어느 것으로 한다.
- ◆ 코어의 평균 지름(mm), 평균 높이(mm) 및 보정계수
- ◆ 최대 시험하중(N)
- ◆ 코어 압축강도(MPa)

3.4.4 탄산화 측정

1) 탄산화 시험 목적 및 측정원리

강재는 건전한 콘크리트인 알칼리 환경에서는 강재 표면에 부동태 피막이 생겨 부식이 발생되지 않는다. 환경적 요인 중 CO₂의 영향을 받으면 콘크리트는 중성으로 변화되며, 이 환경에서 강재는 부식하게 되므로 강재를 포함한 구조물에서 탄산화깊이의 측정은 중요한 검사항목이라 할 수 있다.

탄산화에 의하여 pH값이 감소됨에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성쪽으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태 피막을 불안정하게 하여 부식 발생을 유발시킨다. 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 간편하게 식별할 수 있다.

2) 시험방법

- 측정부위를 드릴로 천공, 모서리부 국부파손한 부재의 표면을 솔질, 물청소 등으로 표면을 깨끗이 한다.
- 시약을 스프레이 등으로 측정면에 분무한다. 분무 시기는 표면청소 직후 또는 물청소를 하였을 경우 표면이 완전히 건조되었을 때 실시한다.

【표 3.4.6】 측정면의 조건에 따른 탄산화 시험방법

case	측정면	청소방법 전처리법	시약의 분무 시기	탄산화깊이의 측정시기 (분무후의 경과시간)
I-1	드릴링, 파취면	blow불기	직후	직후
I-2			3~6시간후	1~10분후
I-3			1~7일후	1분~2일후

3) 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 t의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화 깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

4) 탄산화 상태평가 기준

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

【표 3.4.7】 탄산화 상태평가 기준

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

3.4.5 철근탐사시험³⁾

가. 일반

1) 일반

철근콘크리트의 철근량은 구조물 안전성 평가결과에 영향을 크게 미치는 인자이므로 대상 구조물의 정확한 철근 정보를 파악하는 것은 매우 중요하다.

철근탐사장비의 사용법에 있어서는 제작사의 매뉴얼에 의하여 비교적 쉽게 사용 가능하지만 탐사 결과의 판독에 있어서는 각 장비마다 제공하는 탐사 가능 범위 및 오차가 실제와는 다른 경우가 많고, 분석 방법에 따라 또는 판독자에 따라 많은 오차 가능성을 포함하고 있다.

현재 사용되고 있는 철근탐사 방식은 보편적으로 전자기유도(자기감응) 방식과 전자파레이더 방식 등이 있다.

2) 적용 범위

전자기유도 및 전자파레이더 방식에 의한 철근탐사 장비를 사용하여 철근 콘크리트 구조물에 배근된 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께의 탐사에 적용한다.

- ① 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께는 철근 콘크리트 구조물의 내력을 평가하는 데 이용할 수 있다.
- ② 콘크리트 강도, 품질 및 내구성 조사에 앞서 철근의 위치를 탐사하는 예비시험 방법으로 적용할 수 있다.
- ③ 탐사한 철근 위치, 지름, 그리고 콘크리트 피복 두께는 콘크리트 타설 후의 각 부재 배근의 적절성 여부를 판단하는 근거로 활용할 수 있다.

3) 전자기유도 방식

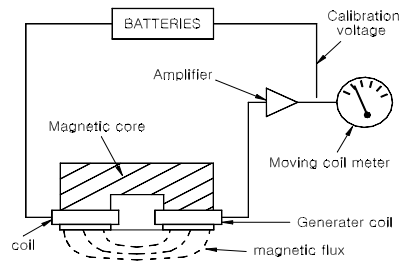
전자기유도 방식을 이용한 장비는 기본적으로 평행 공진(共振)회로의 전압진폭 감소에 기초를 두고 있으며, Probe나 Scanner에서 만들어진 코일에 전류를 흘려 교류자장을 만들어 내고, 코일 전압의 변화는 자장내 자성체의 특성 및 거리에 의해 변하기 때문에 콘크리트 내부에 철근의 위치 및 직경 등을 구하는 방법으로 이용되고 있다.

3) ◦ KS F 2734:2019 전자기유도법에 의한 철근 탐사 시험 방법

◦ KS F 2735:2019 전자파레이더법에 의한 철근탐사 시험 방법

◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단(' 06.12)

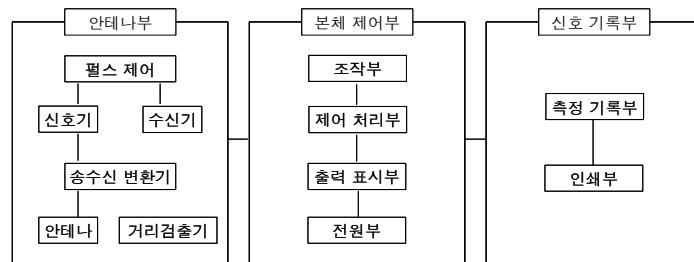
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단(' 06.12)



【그림 3.4.3】 전자기유도 방식에 의한 철근탐사장비의 구성

3) 전자파레이더 방식

해당 물체 내의 송신된 전자파가 전기적 특성(유전율 및 전도율)이 다른 물질(철근, 매설물, 공동 등)의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해 콘크리트 표면으로부터 내부를 향해 전자파를 안테나로부터 방사하여 목표물에서 반사해 온 신호를 안테나로 수신한 후 콘크리트 내부의 상태를 수직 단면도로 본체 표시기에 나타내어 준다.

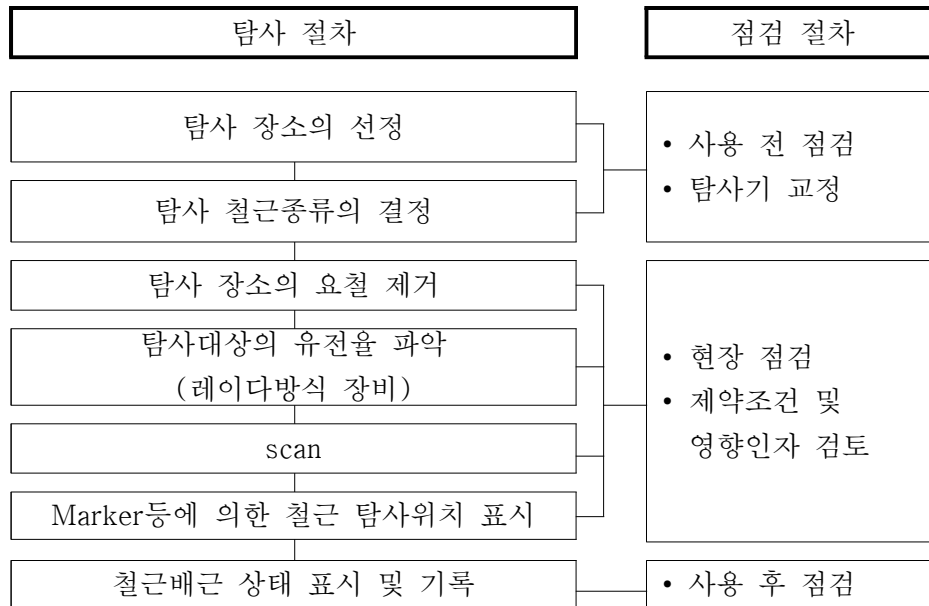


【그림 3.4.4】 전자파 레이더법에 의한 철근탐사장비의 장치 구성도

나. 시험 등의 절차

1) 철근탐사시험을 위한 제약조건 검토

- ◆ 콘크리트 중의 각종 영향인자에 따라 철근탐사 결과가 다르게 나타나므로 이들 인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.
- ◆ 탐사 대상구조물의 제약조건과 종류, 탐사범위 등을 파악하여 탐사 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.
- ◆ 탐사 장소의 이동 시 마다 전자파레이더 방식 장비는 탐사 대상체의 유전율을 최소한의 드릴링에 의한 실측 피복두께 파악하여 이를 고려한 교정을 실시하여야 한다.
- ◆ 철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【표 3.4.8】 철근탐사 및 장비 점검 등의 절차

2) 철근탐사장비별 시험 정밀도를 위한 제약조건

철근탐사장비의 특성에 따라 탐사 및 결과 처리방법이 상이하므로 이의 시험정밀도를 높일 수 있도록 다음의 사항을 검토하여 시험하여야 한다.

또한, 탐사방식에 따른 환경과 영향인자 등을 고려하여 시험하여야 한다.

- ◆ 탐사조건 및 적용한계
- ◆ 활용에서의 주의사항
- ◆ 활용 제고를 위한 조건

다. 시험 보고서

보고서에는 탐사방식에 따른 시험의 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었음을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공 할 수 있도록 기록하여야 한다.

1) 전자기유도 방식

- ◆ 날짜, 시간, 측정 장소, 기온, 습도
- ◆ 시험 대상 구조물이나 부재에 대한 상세
- ◆ 시험 부위의 콘크리트 상세
- ◆ 시험 위치
- ◆ 사용한 철근탐사 시험기의 유형과 검 · 교정한 날짜
- ◆ 보정법에 대한 상세
- ◆ 철근의 지름, 위치 그리고 콘크리트 피복 두께에 대한 시험값
- ◆ 정밀도
- ◆ 시험한 철근의 배근상태에 대한 그림
- ◆ 참고 문헌

2) 전자파레이더 방식

- ◆ 날짜, 시간, 시험 장소, 기온, 습도
- ◆ 시험 대상 구조물에 대한 설명이나 탐사 시의 현장 조건
- ◆ 시험 위치
- ◆ 시험 한계 (잡음의 원인, 장애물 등등)
- ◆ 시험값과 필터, 안테나 주파수 등의 매개변수의 표시
- ◆ 시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동 방향 및 방위
- ◆ 피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정한 값
- ◆ 정밀도
- ◆ 시험한 철근의 배근상태에 대한 그림
- ◆ 참고 문헌

제4장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

4.2 보수·보강 우선순위

4.3 보수공법

4.4 유지관리 방안

제 4 장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

교통량의 증가와 교통하중의 증량화, 사용환경상의 변화로 인해 시설물에 대한 손상이 가중될 수 있으며, 손상이 진행될수록 보수·보강에 따른 막대한 시간과 비용이 증가하고 있는 추세이며, 차량의 안전통행에도 영향을 끼치는 사례가 발생하고 있다.

본 정밀점검 결과에 따라 구조물의 내구성, 방수성, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수공법을 선정하며, 보수공법에 있어서 균열의 원인, 보수범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 소기의 목적이 달성되도록 하고자 한다.

4.2 보수·보강 우선순위

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수 방안은 다음 사항을 원칙으로 하여 다음과 같이 보수·보강 우선순위를 결정하였다.

- ① 구조물의 직접적인 안전성과 관련 있는 손상을 최우선으로 한다.
- ② 보수보다 보강을 우선으로 한다.
- ③ 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 방치 시 결함의 규모가 증대되거나 사용성 저하가 우려되는 손상 등을 종합검토 후 우선순위를 결정한다.

구 분	구조물 상태	설 계	보수·보강
1순위	▶ 부재의 손상 상태가 전체구조물에 즉각적영향, 시민안전 위협 등 ※ 0.3mm이상 균열, 교량받침파손, 철근노출 등	즉시 보수설계착수	익년도 보수완료
2순위	▶ 부재의 손상도 심각(D,E급), 방치시 전체구조물 안전성 영향, 주요노선 등 ※ 단면손상, 강재 부식, 철근노출(국부적손상) 비구조적 0.3mm이상 균열 등	익년도 보수설계착수	2년내 보수완료
3순위	▶ 방치시 장래보수, 보강 비용의 급증 ※ 0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태 등	3년내 보수설계착수	4년내 보수완료
4순위	▶ 내구성 증진을 위한 연차보수 필요	—	유지관리

4.3 보수공법

4.3.1 균열 보수방안

폭 0.3mm이상의 균열은 표면처리공법에 의한 보수시 부재의 탄성거동, 보수 재료 자체의 건조수축 등으로 인해 재 손상 재발이 빈번하므로 주입공법에 의한 보수가 바람직한 것으로 판단된다.

1) 균열 보수공법 분류

【표 4.3.1】 균열 보수공법 분류

보수 목적	균열 현상·원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표면처리 공 법	주입 공법	충전 공법	그밖의 공법	
							침투성방수제 도 포 공 법	기타
방 수 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△		○	
			0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△		○	
			0.2~1.0	○	○	○		
내 구 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		철근부식		—				□
		염 해		—				□
		반응성골재		—				□

※ ○ 적당 △ 조건에 따라 적당 □ 기타

2) 균열 보수시 주입제 선정안

【표 4.3.2】 균열 보수공법 분류

구 분	저점도 EPOXY 주입제	무기질계 주입제	유기질계 주입제
장 점	-시공이 간편하다 -시공비가 적다 -시멘트모탈, 콘크리트철근에 강력히 접착된다. -내수성, 내후성 우수하다. -미세한 크랙까지 완전히 주입가능하다. -작업성이 우수하고 저압 주입용으로 적합하다. -경화 후 수축이 거의 없다. -전압 동시 주입공법이며 이동성이 간편하고 주입량을 관리하기도 좋다 -광범위한 범위에 대량의 주입이 가능	-습윤 및 건조지역적용이 가능하다. -내화학성이 크다 -접착력 및 강도가 크다. -콘크리트 친화재인 무기질 재료이다. -압축강도 1020kg/cm² 으로 우수함. -무수축성이다. -주입후 미관이 양호하다.	-시공이 간편하다
단 점	-공사비가 일반 재료에 비해 다소 비싸다. -보수 중 완전 건조가 된 상태이어야 효과가 크다.	-빙점이하에서는 사용을 금한다.	-공사비가 다소 비싸다. -유기질계이므로 시간에 따라 주입제의 변형이 발생할 수 있다.
시공방법	-균열을 건조시킨다 -씰링재를 균열틈에 봉합한다. -주입구를 설치한다 -주입한다. -마감한다.	-씰링재를 사용하여 인젝터를 크랙주위에 고정시킨다. -무기질주입제를 믹싱하여 인젝션 포트에 담는다. -균열부에 삽입하고 서서히 압력을 가한다. -주입이 끝나면 씰링재와 인젝터를 제거한다. -표면처리를 한다.	-균열주위에 팩커를 설치하기 위해 천공을 한다. - 주입구 팩커 설치 - 유기질계 충전 - 마감
추천안	○		
선 정 배 경	보수효과(방수성, 내구성 등)를 고려할 때 습기 및 물에 강하고 접착력이 우수한 저점도 에폭시 수지를 사용한 균열주입보수가 적절할 것으로 판단된다.		

4.3.2 단면 손상부 보수방안

1) 부재 단면 손상부

단면 손상부는 손상의 정도를 고려하여 다음 공법을 적용하는 것이 바람직하다.

【표 4.3.3】 단면 손상부 보수방안

손상현황	보수목적	적용공법
박리, 재료분리, 경미한 파손	보수단면이 적은 경우 내구성 저하방지 목적	단면보수공법
박락, 파손, 철근노출	단면결손부에 대한 내구성 및 보강 목적	단면복구공법
파손, 철근노출	단면복구 및 내하력 증가 목적	강판접착공법

2) 콘크리트 부재 단면 손상부 보수제 선정안

단면 손상부 보수 재료는 다음과 같이 선정하였다.

【표 4.3.4】 표면 손상부 보수제 선정방안

구 분	폴리머모르터계 시멘트 +철근방청	(침투성 접착강화제 + 급결시멘트) +철근방청	일반시멘트+철근방청
장점	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -고강도로서 충격이나 내후성이 강하다. -시공실적이 많다.	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -단시간내 지수효과가 큼	-시공이 간편하다. -표면 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다. -공사비가 저렴하다.
단점	-시공시 면이 완전건조 상태이어야 한다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다. -재료가 다소 고가이다.	-5℃이하에서는 작업이 불가하다. -이중 재료 사용으로 공사비가 고가이다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다.	-부착면 탈락 발생이 빈번하다. -손상면에 습기등 발생시 보수부 탈락이 빈번하다. -다른 재료 혼입시 공사비가 증대된다.
추천안	○		
선 정 배 경	콘크리트 부재의 단면손상부(박리, 박락, 경미한 파손) 부위는 표면접착력이 강하고 고강도로서 충격이나 진동에 강하며, 별도의 혼합재가 필요없이 내구성 확보가 가능한 폴리머 모르터계 시멘트에 의한 단면보수를 시행한다. 콘크리트 부재의 박락 및 파손정도가 심하여 철근이 노출될 경우는 단면복구공법에 의한 보수가 바람직하다.		

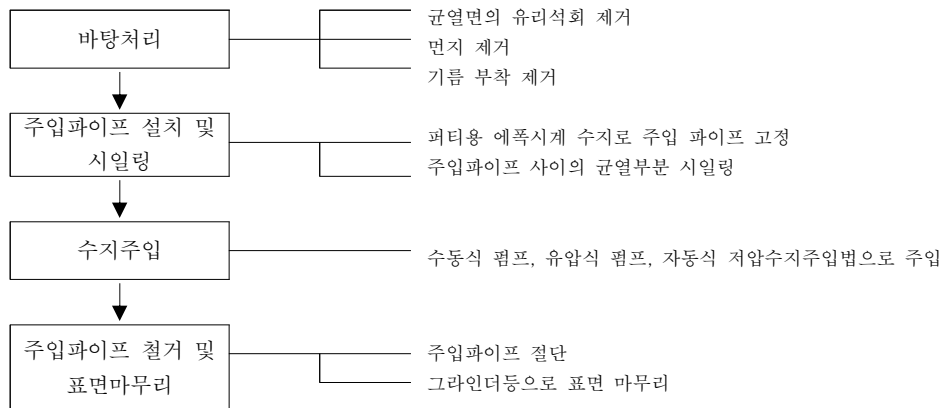
4.3.3 보수공법별 개요

◆ 균열보수공법

1) 개요

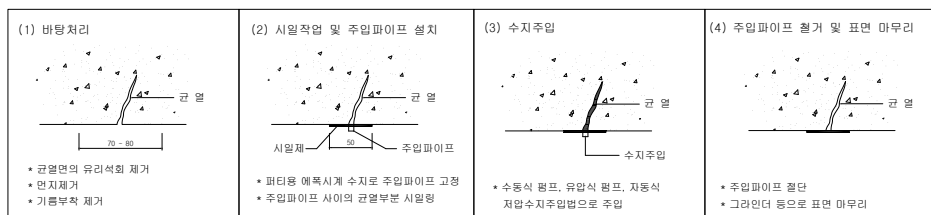
- * 균열부에 에폭시 수지를 주입하고 콘크리트와의 일체를 피함.
- * 도로를 전면 공용 시공가능.
- * 구체의 방수성 향상.
- * 콘크리트의 노화 방지.
- * 철근의 방청 효과.
- * 내하력 증대 기대할수 없음.

2) 시공방법



3) 주의사항

- * 주입압력이 너무 크면 균열이 확대 되어 버린다.
- * 평균주입압 - 수동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
 - 페달식 : $15\text{kg}/\text{cm}^2$
 - 전동식 : $20\text{kg}/\text{cm}^2$
 - 자동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
- * 시공시의 온도는 일반적으로 $10\sim 30^\circ\text{C}$, 콘크리트 균열 표면의 온도는 10°C 를 표준.
- * 에폭시계 수지는 항상 냉암소에 밀봉 보관하여야 하며, 제조후 6개월 이상 경과한 것은 다시 시험하여 품질의 변질여부 확인.



균열이 작은 경우와 큰 경우(0.3mm)의 시공법 비교

구 분	TYPE - A	TYPE - B
파이프부착공법		
균열부 V커트 방법		V커트(폭 $\approx 3\sim 5\text{cm}$, 길이 $\approx 3\sim 5\text{cm}$)
파이프 종류	WASHER 파이프	일반 파이프
파이프 설치간격	20 ~ 30cm	20 ~ 30cm
균열의 폭	0.3mm 미만	0.3mm 미만

◆ 단면보수 공법

1. 공법개요

단면이 비교적 적은 경우의 보수에 사용되는 방법으로 단면보수의 하지처리 후에 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재를 주걱이나 손으로 눌러 붙여서 단면을 보수하는 공법이나 시공부위, 진동, 자중 등으로 보수재료가 떨어지는 경우도 있으므로 보수재료의 선정시 유의하며, 두껍게 발랐을 수축 균열도 주의해야 한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 기존콘크리트의 열화부위, 탄산화부분을 브레이커 및 그라인더를 이용하여 콘크리트 표면을 철거한다.
(THK=2~30m/m)
* 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거 후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
* 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
* 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 대기나 콘크리트의 온도가 5℃이하 또는 24시간 이내에 5℃이하가 예상되거나, 시공후 8시간 이내에 비가 예상되면 시공을 해서는 안된다.
- ⑤ 대기 온도가 35℃ 이상일때에도 시공을 해서는 안된다.
- ⑥ 보존 및 보관방법
* 직사광선을 피해서 보관하여야 하며 제조일로부터 6개월간 보관이 가능하다.
- ⑦ 패칭재(모르타)가 패칭 후 양생에 주의한다.
* 양생시 양생포를 덮어 양생한다.작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ 단면복구 공법

1. 공법개요

콘크리트의 탈락, 박리, 박락등 단면 결손과 함께 철근이 노출된 경우의 콘크리트 보수공사에 적용한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

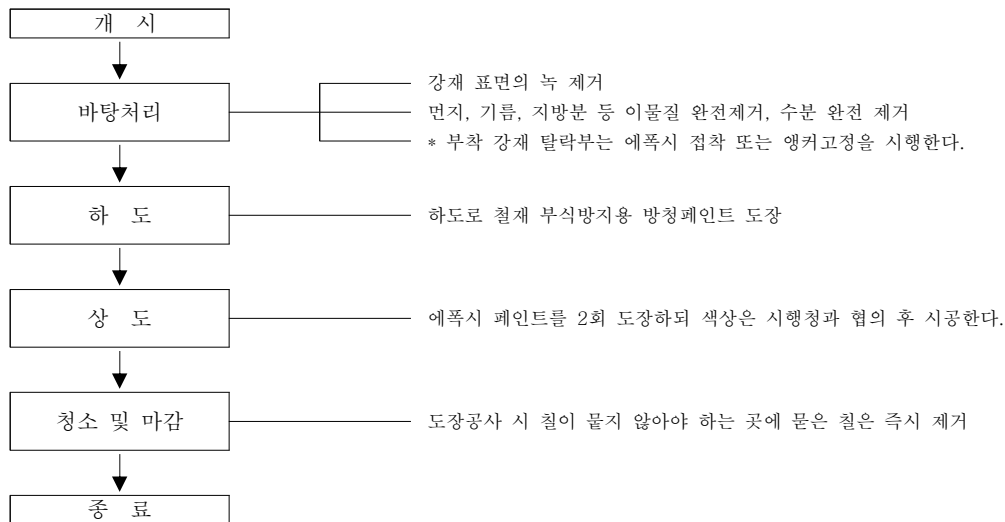
- ① 손상단면은 소형브레이커 등을 이용하여 철거(표면과 직각이 되도록 치핑)한다. THK=2~30m/m)
 - * 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
 - * 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
 - * 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 침투성 표면강화제 및 발청억제제는 온도가 5℃이하에서는 작업을 중지해야 한다.
 - * 표면이나 흠에 남지않도록 하고 표면의 잔재는 박리의 원인이 되므로 형깁등을 이용하여 제거한다.
- ⑤ 신. 구 접착재료의 접착력 증진을 위하여 G&W - 11 (수성폴리머몰탈) 를 솔처리한다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 1.5m/m 를 넘어서는 안된다.
 - * 5℃ 이하에서는 작업을 중지한다.
- ⑥ 기존 콘크리트 탈락부위는 탄산화 방지를 위하여 탄산화 방지제 및 동결융해 방지제를 바른다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 10m/m 를 넘어서는 안된다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

◆ 도장보수 공법

1. 공법개요

강재의 부식방지 및 미관확보를 위한 착색 두가지 기능을 장기간 유지할 수 있도록 강재의 부식을 완전히 제거하고 도장을 시행한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 도장재는 세부품질기준과 배합 및 희석에 관한사항, 환경조건 및 유효보관기간, 바탕준비에 관한 사항, 사용시 유해물질과 과다노출에 대한 보호 등 안전에 관한사항을 기술하여 감독 승인을 받는다.
- ② 오염, 먼지등은 닦아내고 용접, 접합부위 등에 부착된 불순물은 스크레이퍼, 와이어 브러쉬, 연마지 등으로 완전제거한다. 기름, 지방분 등의 부착물은 닦아낸 후 휘발유, 벤졸, 트리크렌, 솔벤트, 나프타 등으로 씻고 물로 다시 씻어낸다.
- ③ 바탕처리 후 철재면에 부착된 수분은 완전 건조시킨다.
- ④ 비가 오거나 상대습도 85% 초과시, 기온이 5℃ 미만일 경우 작업을 하지 않도록 한다.
- ⑤ 보존 및 보관방법
* 제조업자의 지침사항에 따른다.
- ⑥ 도장장재 양생중 외부 접촉을 차단한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ Sealant 보수

Sealant부는 내구연수 경과로 인해 열화될 수 있으므로 주기적인 보수가 필요하며, Sealant 재시공시는 숙련공에 의해 쉐재의 배합비, 시공을 정밀하게 하여야 한다.

◆ 포장 손상 보수공법

가. 아스팔트 표면처리 공법

1) 용도 및 목적

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

- ◆ 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) (01-502,503,504)
- ◆ 카펫코우트(01-502,503,504)
- ◆ 포그시트(01-502,503,504)
- ◆ 슬러리시일(01-502,503,504)
- ◆ 수지계 표면처리(01-502,503,504)

2) 시공방법

- ① 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) : 시일코우트는 포장표면에 살포한 역청재료 위에 모래나 부순돌을 살포하여 부착하는 공법으로 이 공법을 2회이상 반복하여 두께를 두껍게 하는 것을 아마코우트라고 한다.
- ② 카펫코우트(Carpet Coat) : 포장의 표면에 아스팔트 혼합물을 얇게 포설하여다지는 공법으로 일반적으로 쇄석, 스크리닝스, 모래, 석분 및 아스팔트를 혼합하여 두께 1.5~2.5cm로 포장한다. 표면처리로서는 효과가 크다. 또한 포장 후 조기에 교통개방이 가능하며 특수한 혼합물로는 미끄럼방지용 혼합물인 실리카샌트 아스팔트 및 내마모용 혼합물인 미세한 분말로 된 갯아스팔트콘크리트 등이 있다.
- ③ 포그시일(Fog Seal) : 물로 묽게한 유화아스팔트 MS(C)-2, MS(C)-3 또는 MS(A)-2, MS(A)-3(중발 잔유물의 침입도 100이하의 것)을 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법으로 특히 교통량이 적은 곳에 사용하면 효과가 있다.
- ④ 슬러리 시일(Slurry Seal) : 유화 아스팔트, 잔골재, 석분과 적당량의 물을 가한 상온혼합물을 슬러리 모양으로 만들어 얇게 포설하는 공법이다. 이 공법은 미세균열 및 표면이 마모된 곳의 수리에 적용되고 있다.
- ⑤ 수지계 표면처리 : 포장표면에 에폭시수지 등을 살포 또는 도포해서 그 위에 경질골재를 살포, 고착시키는 것으로 특별히 미끄럼방지 효과를 기대할 수 있는 공법이다. 안료 또는 착색골재를 이용하여 착색포장을 겸용할 수 있다. 골재로는 에머리, 칼사이드 보그사이트 등의 경질 골재를 이용하며 입경은 3.2~1.2mm의 범위의 것을 사용한다.

나. 아스팔트 패칭공법

1) 용도 및 목적

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

◆ 가열 혼합식 방법

◆ 상온 혼합식 방법

◆ 구스아스팔트

2) 시공방법

① 가열 혼합식 공법 : 가열 혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.

② 상온 혼합식 공법 : 상온 혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열 혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열 혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

③ 구스아스팔트 : 가열 혼합식 공법과 거의 동일.

다. 아스팔트 오버레이공법

1) 용도 및 목적

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

2) 시공방법

- 노면을 깨끗이 청소하고, 쓰레기 등을 제거한다.
- 택코우트 실시 : 일반적으로 아스팔트 유제(PK-4)를 이용한다. 살포량은 재래노면의 조도, 노화의 정도에 따라 다르지만, 일반적으로 0.4~1.0 l/m² 정도이다. 살포량이 너무 많으면 오버레이 후 노면에 블리딩 및 종단방향 요철이 생기게 된다. 유제의 살포는 일반적으로 시공면적이 작은 경우에는 엔진 콤프레셔를 사용하고, 면적이 큰 경우에는 아스팔트 디스트리뷰터를 사용하여 효율적인 시공이 가능하다.

라. 아스팔트 절삭오버레이공법

1) 용도 및 목적

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

2) 시공방법

- 로드히터로 소정온도(60~180℃)까지 가열한다.
- 로타리 커트 또는 모터 그레이더의 그레이더로 절삭한다.
- 사람 또는 모터 스위퍼로 청소한다.
- 그대로 교통개방하거나 오버레이 시공을 한다.

마. 포장도로 균열보수공법 (Road Seal)

1) 용도 및 목적

본 공법은 교면포장 파손, 균열부 보수 및 바닥판 균열, 철근콘크리트, 신축이음부보수에 주로 사용되며, 균열의 봉합을 주목적으로 한다.

2) 시공방법

- 시공부위 절단 및 깨기
- 압축공기 청소 및 Tape부착 : 신축 이음부에서 파편, 미세먼지, 미량의 습기제거, 점착성 이물질을 제거후 포장 깨기 측면에 Tape를 부착한다.
- 시공부위 가열 및 백업제 서치 : 양호한 주입을 위하여 히트랜스를 사용해 시공부위를 가열 (약 70° C유지)한후 백업제를 설치한다.
- 1차 도포 및 지지판 설치 : 시공부위에 로드셀을 2mm~3mm정도로 1차도포 후 지지판(철판 : 5~6mm)을 설치한다
- 조인트제(로드셀)의 주입
- 마무리 작업 : 스퀴즈나 몰러로 평탄한면(평탄화)을 만든후 석회가루 또는 탈크가루를 표면에 살포해 냉각시키면 시공즉시 차량통행이 가능하다.

4.4 유지관리 방안

4.4.1 유지관리 개요

시설물 유지관리는 시설물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견하고 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전 및 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 시설물의 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시한다.

유지관리의 목적은 다음과 같다.

- ① 시설물의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 보정한다.
- ② 시설물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- ③ 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- ④ 보수, 보강, 개축 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- ⑤ 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여 예산의 최적 분배가 가능하게 한다.
- ⑥ 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대할 수 있다.

시설물 유지관리의 목적은 다양하지만 그 중에서 가장 기본이 되는 것은 시설물의 현상을 주기적인 현장 점검을 통해 파악하고, 시설물의 안전성과 사용성에 악영향을 미칠 손상을 예방하거나 조기에 발견하여 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전한 시설물 이용을 보장하는 것이다.

축적된 점검자료를 분석하면 시간이 경과함에 따라 변해 가는 시설물의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따라 적절한 유지관리 계획을 수립할 수 있게 된다.

또한, 유지관리면에서 본 설계, 시공상의 문제점과 개선점이 파악되어 유지관리를 고려한 설계, 시공을 가능케 하고, 결과적으로 시설물의 수명을 연장시킨다.

4.4.2 유지관리방안

1) 부재별 유지관리 중점방안

① 포장면

a. 아스팔트 포장은 중차량의 통행시 차륜접지 구간에 소성변형이 발생되고 그에 따른 주행성 저하 및 이용자의 불편이 발생되므로 일상점검을 통하여 노면의 요철발생여부를 점검하고, 소성변형 및 요철발생에 의하여 주행차량의 차선변경에 영향을 미칠 경우 표면절삭등을 통하여 보수 조치하여야 한다.

b. 포장면은 윤하중을 직접 접하는 부분이므로 부분적인 손상시 손상범위가 빠른 속도로 확대되고, 표면의 손상시 주행성 저하 및 충격하중이 크게 증가되어 교량에 초과하중으로 작용되어 내구성을 저하시키므로 부분적인 손상의 발생시 조속히 보수 조치하는 것이 바람직하다.

② 신축이음

a. 교량의 신축이음부 본체 유간부는 이물질이 장기적으로 적치될 경우 신축기능을 저하시킬 수 있으므로 정기적인 점검을 통한 청소 시행이 필요하다.

b. 신축이음부의 누수는 교각 및 교대의 받침면에 물이 고여 콘크리트 표면의 열화를 촉진시키고 강재 받침의 경우 받침부식을 촉진시키는 요인으로 작용되므로 분기별로 우기시 신축이음부의 누수정도를 점검하는 것이 필요하다.

c. 신축이음에 연결되는 슬래브 단부는 차량의 충격하중등에 의하여 손상이 빈번히 발생되므로 점검시 신축이음하부의 슬래브 단부손상 유무를 관찰하여야 한다.

③ 배수구

교량의 교면 배수를 위한 배수구는 입구부에 이물질이 적치되는 경우 표면수의 유입이 곤란하고, 동결기시 결빙방지를 위하여 살포한 모래등에 의하여 배수관의 막힘이 빈번히 발생되므로 동결기가 끝나는 시기에는 배수관에 이물질의 충전여부를 점검하고 배출구 주변도 정리를 시행하는 것이 필요하다.

④ 받침장치

a. 받침장치는 상부구조와 하부구조를 연결시키는 중요한 부분으로서 교량의 대부분의 손상 및 결함이 받침부에서 주로 발생하고 있다.

b. 상부구조의 거동에 대해 이동, 회전이 가능하고 충분한 지지력이 확보되어야 한다.

c. 받침부의 가동상태 확인(미끄럼면 구동상태, 가동 여유량 확인) 및 받침 강재의 부식상태, 받침콘크리트 손상상태를 주기적으로 점검하고 이상 발견시 적절한 조치가 수반되어야 한다.

⑤ 교각, 교대

- a. 교대 및 교각은 상부하중을 기초에 전달하는 부재이므로 과도한 하중의 작용시 손상이 발생되지만 기초의 불안정시에도 손상이 발생할 수 있다.
- b. 교대 및 교각은 주변지층의 변화 및 주변에서 지반터파기 작업등을 시행하는 경우 점검 횟수를 증가하고 변위여부를 유의 관찰하여야 한다.
- c. 하부공 기초의 세굴 및 침식, 기타 변위 등의 손상은 교량의 안전성에 영향을 미치므로 주기적인 점검을 통하여 손상 발생 여부를 조사한다.

⑥ 거더

- a. 거더 지점부 및 중앙부의 손상 발생여부에 대하여 주의 관찰한다.
- b. PC 거더 단부의 균열 및 파손은 중대 결함이므로 발생여부에 대해 주의 관찰한다.
- c. 강재 거더 지점부 및 중앙부의 손상(부재 변위, 용접부 균열, 볼트 손상 등) 발생여부에 대하여 주의 관찰한다.
- d. 강재 거더 단부는 신축이음 누수에 따른 부식 발생위험이 많으므로 부식여부에 대해 중점 점검한다.

2) 유지관리 지침

본 과업을 통하여 제시된 외관조사망도를 바탕으로 본 보고서 『현장조사』에서 제시한 「점검 부위 및 손상종류」 사항을 참고하여 유지관리 한다.

※ 시설물 점검시 각 시설물별 유지관리 지침과 외관 조사망도 활용 요망.

※ 시설물 보수·보강 이력사항에 대한 기록관리 철저 요망.

※ 시설물의 보수는 『보수·보강 및 유지관리방안』을 참조하며, 보강 필요부재에 대해서는 충분한 검토 및 보수 실시설계 후 제시된 방안으로 보강하는 것이 바람직하다.

※ 보수·보강 수행시 공사에 따른 특기사항은 기록, 정리하여 향후 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

제 5 장 종합평가기준 및 방법

5.1 종합평가기준

5.2 종합평가결과 산정 방법

제 5 장 종합평가기준 및 방법

5.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

5.2 종합평가결과 산정 방법

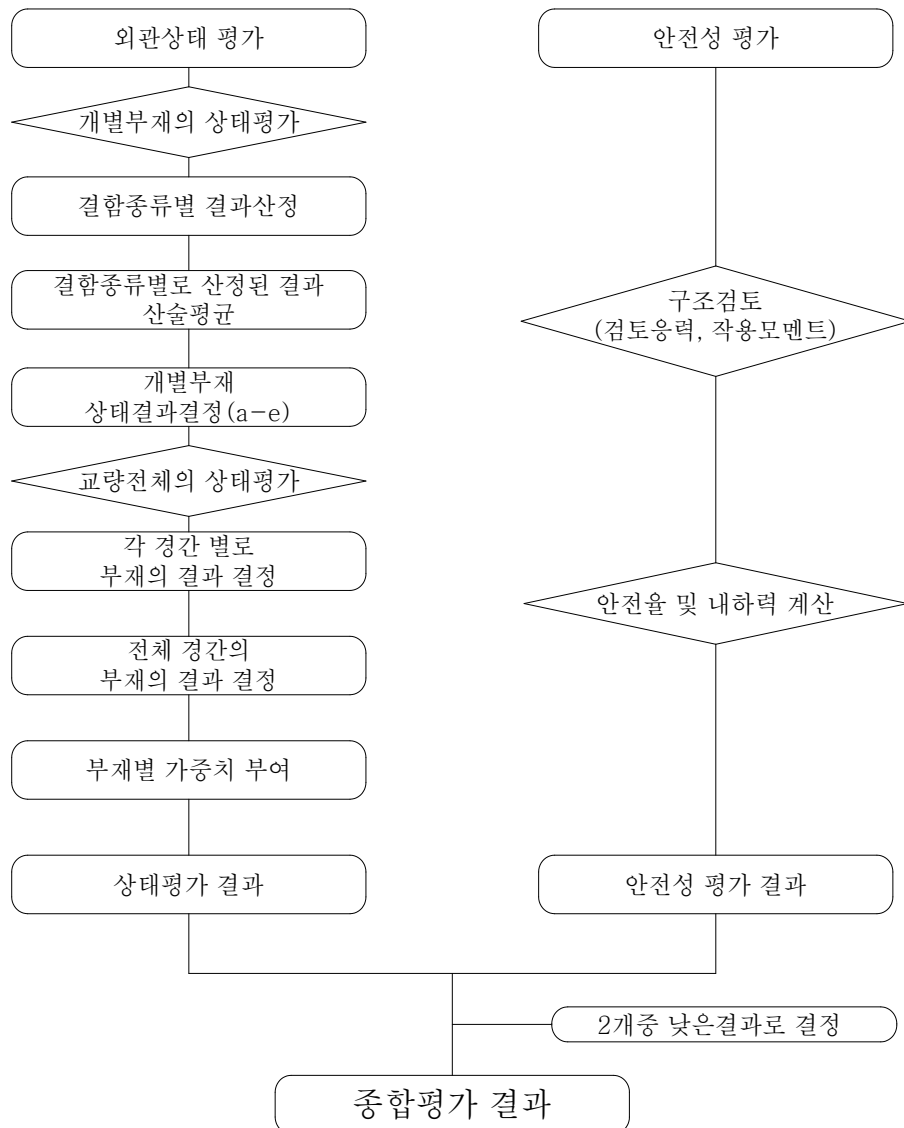
5.2.1 정밀안전점검

정밀안전점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가만을 수행한 경우는 상태평가결과를 해당시설물의 종합평가결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가결과와 안전성과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가결과로 결정한다.

5.2.2 정밀안전진단

외관조사에 따른 상태평가결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가결과로 결정한다.

○ 종합평가결과 = MIN (상태평가결과, 안전성평가결과)



【그림 5.2.1】 종합평가결과의 산정흐름도