제 Ⅰ 편 공통편

제 1 장 과 업 의 개 요
제 2 장 자 료 수 집 및 분 석
제 3 장 현 장 조 사 및 시 험
제 4 장 시 설 물 의 상 태 평 가
제 5 장 안 전 성 평 가
제 6 장 종 합 평 가
제 7 장 보수·보강 및 유지관리 방안

제 Ⅱ 편 정밀안전진단편

제 1 장 북 삼 교

제 Ⅰ 편　공 통 편

목 차

제 1 장 과업의 개요 ····· 1
1.1 점검의 목적 ····· 1
1.2 시설물의 개요 및 이력사항 ····· 1
1.2.1 시설물 현황 ····· 1
1.2.2 이력사항 ····· 2
1.3 점검의 범위 및 내용 ····· 2
1.3.1 과업의 범위 ····· 2
1.3.2 과업수행 기간 ····· 3
1.3.3 과업내용 ····· 3
1.4 사용장비 및 기기현황 ····· 4
1.5 과업 수행일정 ····· 5
1.5.1 과업수행 흐름도 ····· 5
1.5.2 과업수행 일정 ····· 6
1.6 시설물 기호의 정의 ····· 8
1.6.1 교량기호의 정의 ····· 8

제 2 장 자료수집 및 분석 ····· 11
2.1 개 요 ····· 11
2.2 관련자료 검토 ····· 11
2.3 기존 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 ····· 11
2.4 보수·보강 이력 ····· 11
2.5 시설물의 내진설계 여부 확인 ····· 11

제 3 장 현장조사 및 시험 ····· 15
3.1 개 요 ····· 15
3.2 현장조사 항목 및 방법 ····· 15
3.2.1 교량 시설물 ····· 15
3.3 재료시험 항목 및 방법 ····· 17
3.3.1 개 요 ····· 17
3.3.2 재료시험 항목 및 기준수량 ····· 17
3.3.3 압축강도 측정 ····· 18

3.3.4 철근배근상태 조사 ····· 22
3.3.5 탄산화 시험 ····· 23
3.3.6 염화물 함유량 시험 ····· 24

제 4 장 시설물의 상태평가 ····· 27
4.1 개 요 ····· 27
4.2 교량시설물 상태평가 ····· 27
4.2.1 상태평가 항목 및 기준 ····· 27
4.2.2 상태평가 결과 산정 방법 ····· 29

제 5 장 안전성평가 ····· 33
5.1 개 요 ····· 33
5.2 안전성평가 기준 ····· 33
5.3 재하시험 ····· 34
5.4 내진성능 평가 ····· 38

제 6 장 종합평가 ····· 47
6.1 개 요 ····· 47
6.2 종합평가 결과 산정 방법 ····· 47
6.3 안전등급 지정 ····· 48

제 7 장 보수・보강 및 유지관리방안 ····· 51
7.1 보수・보강방법 ····· 51
7.1.1 개 요 ····· 51
7.1.2 주요결함 및 손상에 대한 보수방법 ····· 53
7.2 유지관리 방안 ····· 63
7.2.1 개 요 ····· 63
7.2.2 유지관리 일반 업무 ····· 65

표 차 례

<표 1.2.1> 과업대상 시설물 현황 ····· 1
<표 1.2.2> 시설물의 이력사항 ····· 2
<표 1.3.1> 과업내용 ····· 3
<표 1.4.1> 주요 사용장비 및 기기 일반사항 ····· 4
<표 1.5.1> 과업수행 일정 ····· 7
<표 1.6.1> 교량기호 정의 ····· 8
<표 3.2.1> 교량 시설물의 점검부위 및 점검항목 ····· 15
<표 3.2.2> 받침연단거리 산정기준 ····· 16
<표 3.3.1> 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량 ····· 18
<표 3.3.2> 반발경도법을 이용한 콘크리트 강도 측정 방법 ····· 19
<표 3.3.3> 초음파탐사법을 이용한 콘크리트 강도 측정 방법 ····· 20
<표 3.3.4> 코어 압축강도 측정 방법 ····· 21
<표 4.2.1> 부재별 상태평가 적용 범위 ····· 27
<표 4.2.2> 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 28
<표 4.2.3> 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 29
<표 4.2.4> 결함도 점수 범위에 따른 기준 ····· 30
<표 5.2.1> 구조물의 안전성평가 기준 ····· 33
<표 5.4.1> 도로교의 내진등급과 설계지진 ····· 39
<표 5.4.2> 사용목표수명/평가설계수명 비에 따른 내진성능 평가기준지진의 평균재현주기 39
<표 5.4.3> 지진지역 구분 ····· 40
<표 5.4.4> 지진구역계수(Z) (재현주기 500년에 해당) ····· 40
<표 5.4.5> 선형보간에 의한 지진 위험도계수(I) ····· 40
<표 5.4.6> 지진구역 Ⅰ에서의 내진성능 평가기준지진 가속도계수(A) ····· 40
<표 5.4.7> 지진구역 Ⅱ에서의 내진성능 평가기준지진 가속도계수(A) ····· 40
<표 6.3.1> 안전등급 지정 ····· 48
<표 7.1.1> 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교 ····· 52
<표 7.1.2> 균열폭에 따른 주입공법의 분류 ····· 54
<표 7.1.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도 ····· 54
<표 7.1.4> 저압·저속식 주입공법 ····· 56
<표 7.1.5> 신축장치의 종류별 파손 형태 ····· 59
<표 7.1.6> 신축장치의 파손원인 ····· 59
<표 7.1.7> 표면처리 종류와 정도 ····· 62

그 림 차 례

<그림 1.5.1> 정밀안전진단 흐름도 ····· 5
<그림 1.5.2> 내진성능평가 흐름도 ····· 6
<그림 3.2.1> 신축유간 측정 개요도 ····· 16
<그림 4.2.1> 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예 ····· 30
<그림 5.4.1> 내진성능평가 절차 ····· 41
<그림 6.2.1> 종합평가 결과의 산정흐름도 ····· 47
<그림 7.1.2(a), (b)> 표면처리공법 ····· 53
<그림 7.1.3> 에폭시모르터 도포공법 ····· 54
<그림 7.1.4> 에폭시수지 실링공법 ····· 54
<그림 7.1.5> 일반적인 주입공법 ····· 55
<그림 7.1.6> 주입공법의 시공순서 ····· 56
<그림 7.1.7> 단면보수공법 개요 및 시공순서 ····· 57
<그림 7.2.1> 시설물의 시간경과에 따른 내하성능 저하 ····· 64

제 1 장 과업의 개요

1.1 과업의 목적

1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 사용장비 및 기기현황

1.5 과업 수행일정

1.6 시설물 기호의 정의

제 1 장 과업의 개요

1.1 점검의 목적

본 과업은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 “시설물안전법”) 제11조 및 제12조 규정에 따른 북삼교 정밀안전진단 용역으로서, 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여 그 결과에 대해 적절한 보수·보강 및 조치방안 등을 제시함으로써 시설물의 안전을 확보하고자 함에 있다, 또한 발생빈도가 증가하고 있는 한반도내 지진에 대비하여 선택과업으로 내진성능평가를 실시하여 그 결과에 따라 내진성능확보를 위한 보강방안을 마련하여 재해를 예방하고 공공의 안전을 확보하는 데 그 목적이 있다.

1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.2.1 시설물 현황

본 과업대상 시설물의 현황은 <표 1.2.1>과 같다.

<표 1.2.1> 과업대상 시설물 현황

노선	교량명	위 치			교량 제원				구조형식		설계하중	준공년도	종별	비고
		시.군	읍.면	동.리	교장	총폭	차로	경간	상부	하부				
78	북삼교	연천	군남	삼거	630.0	11.0	2	21	PSCI	라멘식	DB-24	2000	1종	

1.2.2 이력사항

본 과업대상 시설물에 대한 유지관리 이력은 발주처에 제공받은 시설물관리대장을 참고하여 정리하였으며, 주요이력사항은 다음과 같다.

<표 1.2.2> 시설물의 이력사항

구 분	주요이력 및 조사대상	비 고
설계도서	·시설물관리대장 ·설계도서	
안전점검	·중촌교 외 15개교량 정밀점검(2002) ·국지도 39호선 입암교 외 12개교량 정밀점검(2003) ·지방도 362호선 상동교 등 11개교 정밀점검(2005) ·북삼교 정밀점검(2007) ·북삼교 정밀점검(2009) ·국지도 78호선 북삼교 정밀안전진단(2011) ·국지도 78호선 북삼교 등 5개소 정밀점검(2013) ·지방도 372호선 임진교 등 6개소 정밀점검(2015) ·국지도 78호선 북삼교 정밀안전진단(2016) ·국지도 78호선 북삼교 등 4개소 정밀점검(2018) ·국지도 78호선 북삼교 등 5개소 정밀안전점검 및 내진성능평가(2020)	
보수보강	·정밀점검 및 정밀안전진단 결과에 따라 유지관리계획 수립 후 보수실시 [제Ⅱ편 교량별 보수·보강 이력 참조]	

1.3 점검의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

가. 자료수집 및 분석

나. 현장조사 및 시험

다. 상태평가

라. 안정성평가

마. 내진성능 평가

바. 보수보강 방안제시

사. 보고서 작성

1.3.2 과업수행 기간

2020년 08월 25일 ~ 2021년 06월 20일 (300일)

1.3.3 과업내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 정밀안전진단의 세부내용은 <표 1.3.1>과 같다.

<표 1.3.1> 과업내용

구 분	과 업 내 용	비고
자료수집 및 분석	1) 설계자료 검토 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토	
현장조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 상·하부구조 외관 결함 및 손상 등, 외관조사 3) 신축이음, 받침 등 기능상태 조사 4) 외관조사망도 작성	
현장시험	1) 콘크리트 강도 조사(반발경도, 초음파전달속도, 코어체취) 2) 탄산화 시험, 염화물함유량 시험 3) 철근배근상태 조사(철근피복 덮개 현황 파악) 4) 철근부식도 시험 5) 강재 시험	
상태평가	1) 부재별 상태등급 평가 2) 부재별 중요도에 따른 가중치를 고려하여 전체 평가 등급 산정 3) 탄산화깊이 측정에 대한 등급 산정 및 상태평가에 반영 4) 상태평가 및 종합평가 등급, 안전등급을 산정	
안전성평가	1) 내하력 등 구조안전성 평가, 내진성능 평가	
종합평가 (안전등급지정)	1) 종합평가 2) 안전등급지정	
보수•보강 및 유지관리방안수립	1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시	
보고서 작성	1) 보고 및 보완 2) 최종보고서 작성 및 제출	
관리주체 보고	1) 조사 · 측정, 분석검토결과 등 정밀점검 및 실시설계 결과 전반	
성과품제출	1) 보완사항 조치결과 반영	

1.4 사용장비 및 기기현황

본 과업에서 사용된 주요 장비의 일반적인 사항은 다음의 <표 1.4.1>과 같다.

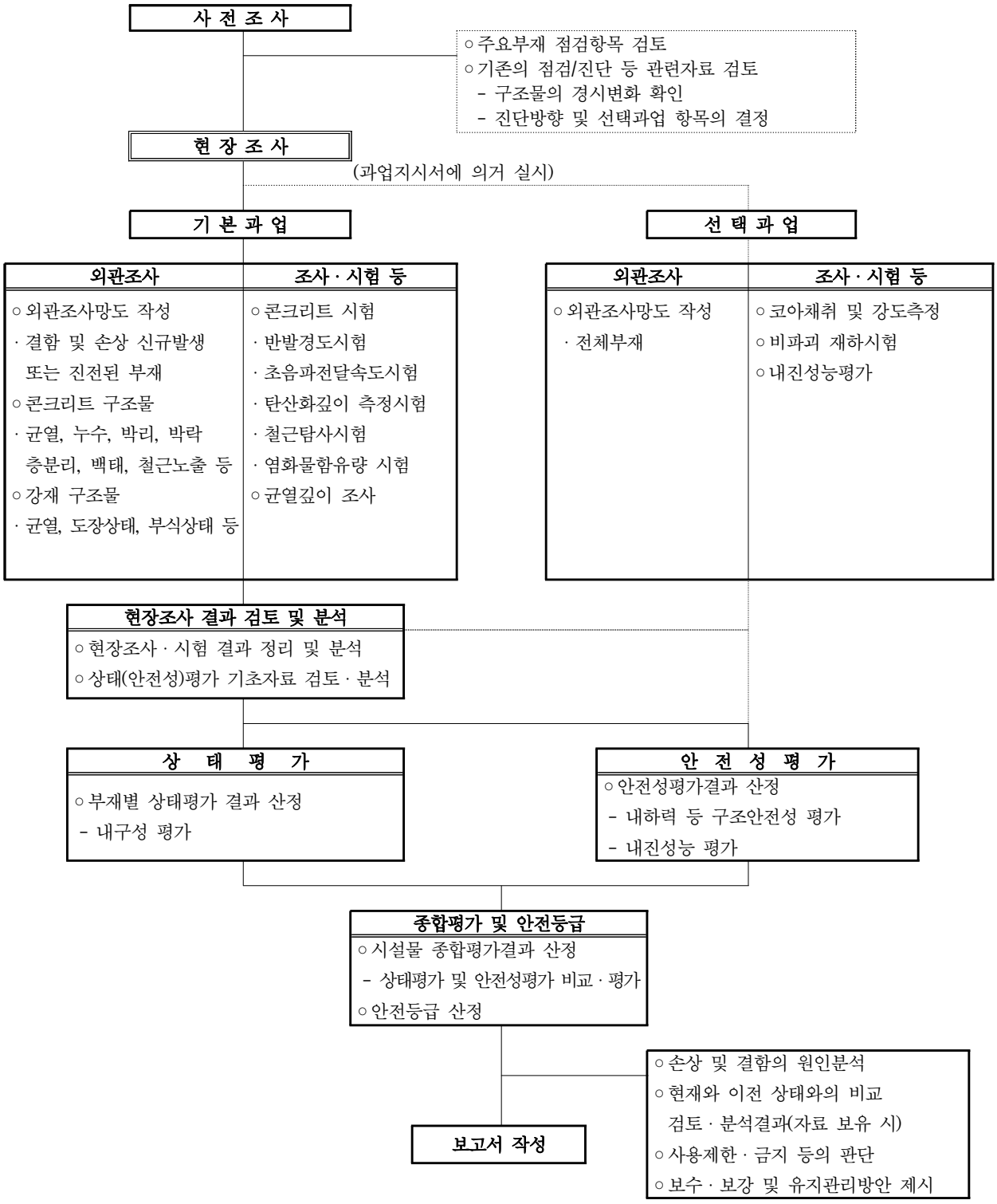
<표 1.4.1> 주요 사용장비 및 기기 일반사항

구 분	장비명	모델명 및 규격	용 도	비 고
휴대장비	줄자 7.5m	KOMELON	제원측정	
	균열폭 측정 현미경	PEAK 2028	균열폭 측정	
	손전등	CREE	어두운곳등 현장조사	
	카메라	SAMSUNG 5X	사진 촬영	
	해머드릴	-	드릴링	
접근장비	사다리	-	5m 이하 고소작업	
	교량 굴절차	-	현장조사 고소작업	
	드론	-	현장조사	
비파괴 장비	반발경도 측정기	R7500	콘크리트 표면강도 측정	
	중성화 kit	페놀프탈레인 시약 세트 (분무기 포함)	중성화 시험	
	버니어캘리퍼스	Mitutoyo	탄산화 깊이 측정	
	철근 탐사기	SSMINI	철근 피복 두께 측정	

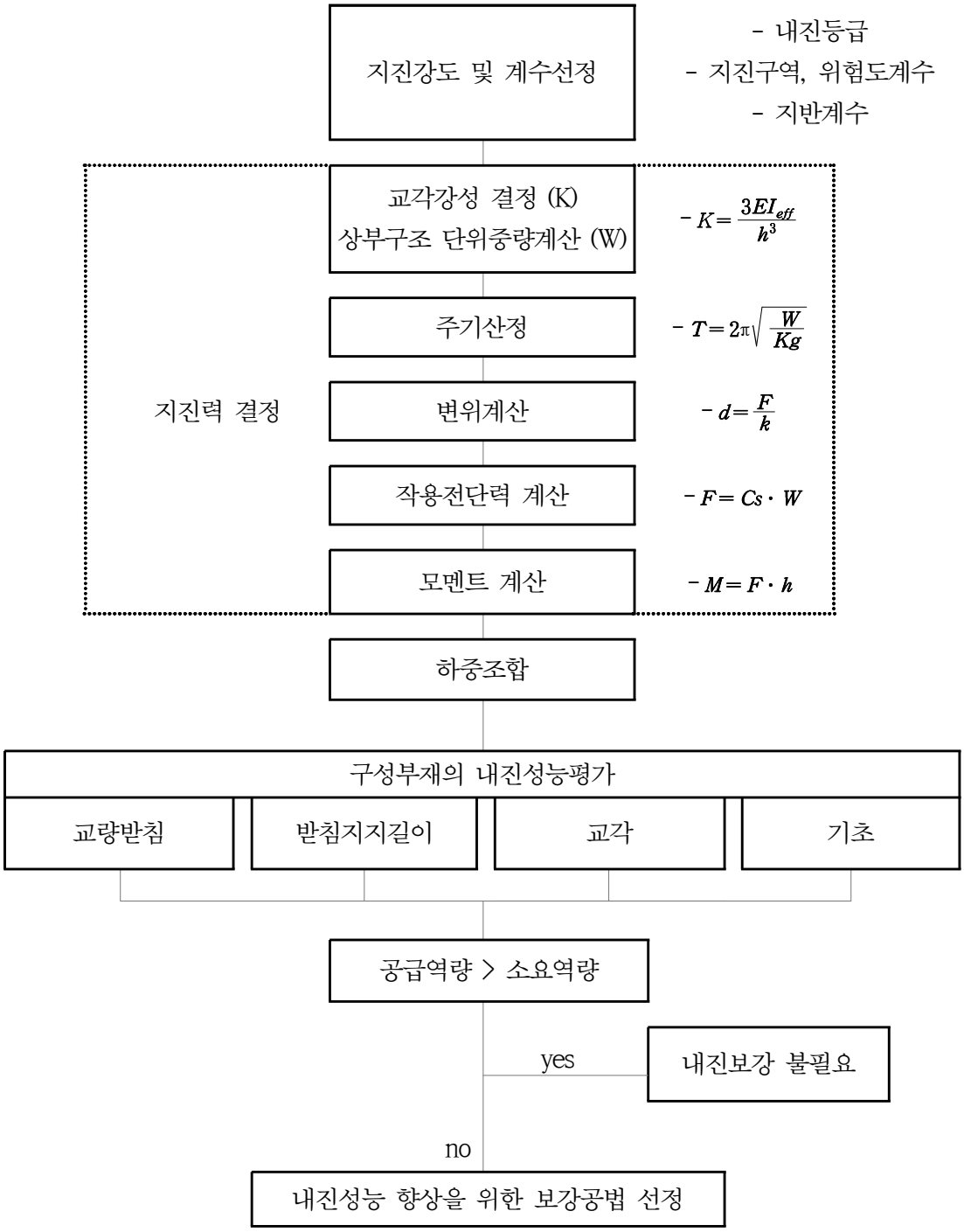
1.5 과업 수행일정

1.5.1 과업수행 흐름도

정밀안전진단의 일반적인 과업수행 흐름도는 <그림 1.5.1>, <그림 1.5.2>와 같다.



<그림 1.5.1> 정밀안전진단 흐름도



<그림 1.5.2> 내진성능평가 흐름도

1.5.2 과업수행 일정

본 과업수행을 위한 과업수행 일정은 점검대상 시설물에 대한 일정과 전체과업 일정을 구분하여 제시하였으며, 전체과업수행 일정은 <표 1.5.2>와 같다.

가. 전체과업 수행일정

〈표 1.5.1〉 과업수행 일정

공 종	착수일로부터 150일															비고
	60			120			180			240			300			
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	
1. 관련자료 수집 및 분석 등																
· 착수 및 예비조사(현장답사 등)																
· 안전점검, 진단, 보수이력검토																
· 자료수집 및 검토																
· 현장조사 세부 계획수립 및 보고																
2. 현장조사 및 내구성 시험 등																
· 상세 외관조사																
· 파괴 및 비파괴조사																
· 비파괴재하시험																
· 조사결과 정리 및 자료 분석																
3. 내진성능평가 및 종합분석																
· 상태평가																
· 구조해석 및 내하력평가																
· 내진성능평가																
· 종합평가 및 안전등급 지정																
4. 보수·보강 및 유지관리방안 제시																
· 보수·보강방안 검토																
· 유지관리방안 제시																
·관리주체 협의																
5. 발주처 보고 및 보고서 작성																
· 발주처 보고 및 협의																
· 보고서 작성 및 보완																
· 준공																
6. 성과품 전산입력																
· FMS, 도급점검 입력 등																

1.6 시설물 기호의 정의

1.6.1 교량기호의 정의

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 구조부재의 종류 및 위치 등에 관련된 기호의 정의는 <표 1.6.1>과 같다.

<표 1.6.1> 교량기호 정의

구 조 구 분	사 용 기 호	비 고
경 간	S	Span
거 더	G	Girder
교 대	A	Abutment
교 각	P	Pier
받침장치	Sh	Shoe
신축이음부	Exp	Expansion Joint
가로보	CB	Cross Beam
바닥판	SL	Slab

* 일련번호(n)

- 시점에서 종점방향으로 일련번호를 정한다.
- 시점에서 바라보았을 때 좌측에서 우측으로 일련번호를 정한다.

ex) S1-G1-CB1/2

가로보 1~2 사이
좌측에서 1번째 거더
1경간

P1-Sh2

시점에서 종점을 바라보았을 때 좌측에서 2번째 받침장
시점에서 종점을 바라보았을 때 첫 번째 교각

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개 요

2.2 관련자료 검토

2.3 기존 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과

2.4 보수·보강 이력

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개 요

본 과업에 대한 자료조사는 현장을 답사하고, 시설물의 주변 현황과 구조특성을 파악하여 정밀점검의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였으며, 그에 따른 대상 시설물의 건설과 보수·보강 등에 관련된 설계도서 및 관련서류, 관계자의 청문 등의 자료를 수집하였다.

2.2 관련자료 검토

시설물을 효율적으로 유지관리하기 위해서는 설계도면, 준공도면, 구조계산서 등 구조물 가설당시의 모든 설계도서와 가설 이후의 점검이나 진단보고서 및 이력, 보수·보강공사 이력 및 내역 등 유지관리 자료를 보존하는 것이 가장 중요하다.

본 과업 대상 시설물의 관련자료 검토는 발주처에서 제공받은 시설물관리대장, 보수·보강공사 관련 자료, 기 실시된 정밀점검 보고서를 토대로 주요결함 및 손상 등을 참조하여 현장조사를 실시하였다.

2.3 기존 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과

과업대상 시설물의 공용기간동안 관리주체에서 시행한 안전점검 및 정밀안전진단 이력사항을 확인한다.

2.4 보수·보강 이력

공용기간동안 관리주체에서 시행한 보수·보강이력 사항을 검토한 후 현장조사 및 보고서 작성시 반영하도록 하였다.

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

대상 시설물에 대한 시설물관리대장, 기 안전점검 및 정밀안전진단 이력자료, 현장 점검을 통하여 검토한다.

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요
3.2 현장조사 항목 및 방법
3.3 재료시험 항목 및 방법

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

현장조사는 기존 시설물에 관한 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 구조물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 균열 폭과 길이 등 구성재료의 변화를 추적하기 위하여 수행하며, 시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 명확하게 확인하기 위하여 필요하다. 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성할 수 있는 정도로 하여야 하며, 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 육안으로 근접조사하기 전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.

따라서, 본 과업에서는 외관조사를 실시하기 전에 본 과업 책임기술자 등이 현장답사를 실시하여 주위환경, 시설물의 현 상태, 차량의 소통상태 등을 조사하였으며, 그 결과로부터 상세 외관조사의 계획을 수립하여 과업수행에 차질이 없도록 조치하였다.

3.2 현장조사 항목 및 방법

3.2.1 교량 시설물

과업대상 교량시설물의 점검부위 및 점검항목은 다음 <표 3.2.1>과 같다.

<표 3.2.1> 교량 시설물의 점검부위 및 점검항목

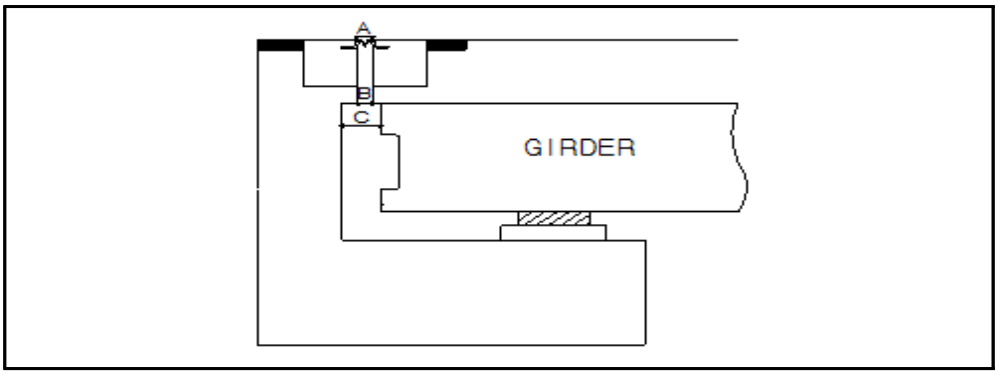
점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
교 량 상부구조	<면밀한 외관조사> ·상부구조의 지지상태, 전반적 외관상태 ·교면포장, 배수시설, 난간 ·바닥판 균열, 탈락, 누수, 백태 ·신축이음 파손 및 유간 ·거더의 처짐, 균열, 변형, 부식, 연결부 상태, 가로보 <간단한 측정> ·반발경도법에 의한 강도조사 ·탄산화 시험 ·철근탐사시험 ·초음파전달속도시험	- 슈미트 해머 - 철근탐사기 - 초음파시험기 - 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등 필기도구, 줄자 - 탄산화 시험기구

<표 3.2.1> 계 속

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
교 량 하부구조	<육안검사> ·전반적 외관상태 ·받침의 손상, 열화, 기능 ·교각, 교대의 손상, 결함, 열화 ·기초 및 파일의 침식, 세굴(노출시) <간단한 측정> ·반발경도법에 의한 강도조사 ·탄산화 시험	- 슈미트 해머 - 철근탐사기 - 초음파시험기 - 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등 필기도구, 줄자 - 탄산화 시험기구

가. 신축유간 측정 및 신축여유량 검토

과업대상 교량의 신축유간을 <그림 3.2.1>과 같이 측정하고 온도변화와 부가여유량을 고려하여 상부구조의 신축량을 산정하고 대상 교량의 신축 여유량을 검토한다.



<그림 3.2.1> 신축유간 측정 개요도

나. 받침장치 가동여유량 검토

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화와 부가여유량을 고려하여 상부주거더의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토한다.

다. 연단거리 측정

하부구조 정상부에서는 내진상 충분한 연단거리를 확보하여 상부구조의 낙교시 붕괴되지 않도록 시방에서 <표 3.2.2>와 같이 최소기준을 두고 있다.

<표 3.2.2> 받침연단거리 산정기준

받침연단 시방기준	비 고
▶ 거더의 경간장이 100m 이하 : S(연단거리, ㎜) = 200 + 0.5 L ▶ 거더의 경간장이 100m 이상 : S(연단거리, ㎜) = 300 + 0.4 L	

3.3 재료시험 항목 및 방법

3.3.1 개 요

기 시공된 구조물에 대한 콘크리트의 강도평가는 크게 2가지로 구분하여 평가하고 있다. 첫째는 구조물에서 코어를 채취하여 압축강도시험을 행하는 방법과 둘째로 개발된 비파괴시험장비를 이용하여 강도를 추정하는 방법이 있다. 이러한 평가 중 가장 신뢰할 만한 시험은 코어강도시험에 의한 것이지만, 이 시험은 코어채취의 어려움, 코어채취에 의한 구조물의 국부 손상, 코어채취부위 보수 등으로 많은 부분에서 코어채취는 바람직하지 않다. 따라서 대상시설물의 규모와 중요도 등에 따라 최소한의 코어를 채취한 후 비파괴시험에 의한 강도추정방법과 비교·보정하는 평가법이 유용하게 이용되고 있다.

비파괴시험에 의해 콘크리트강도를 평가하기 위해서는 반발경도법, 초음파전달속도법 등 기존에 제안된 식들을 이용하여 강도를 평가하고, 신뢰성을 증진하기 위해서 최소한의 코어를 채취하여 강도를 비교함으로써 상관성이 가장 양호한 비파괴강도 추정식을 선정·보정하여 구조물의 강도를 평가한다.

한편 토목공사 표준일반시방서 및 ACI기준에서 코어에 의한 콘크리트 강도는 한 위치에서 3개의 코어강도 시험 후 평균 강도가 설계강도의 85% 이상이고, 그중 어느 한 코어도 75% 이하로 저하되지 않으면 적정한 것으로 규정하고 있다. 또한 일본의 국토개발기술연구센터에서는 비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계기준강도의 90% 이상을 만족하면 적정한 것으로 판단하고 있다. 다만 이 기준을 만족하지 않을 때는 현장의 콘크리트의 강도를 고려한 구조검토를 실시할 필요가 있다.

3.3.2 재료시험 항목 및 기준수량

가. 재료시험 항목

내구성 조사를 위해 실시한 파괴 및 비파괴검사의 시험방법 및 평가절차는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(한국시설안전공단, 2019. 09)” 의 기준에 따라 실시하였다.

·반발경도법 및 초음파속도법에 의한 콘크리트 압축강도 측정

·철근탐사에 의한 철근배근 및 철근덮개조사

·탄산화 깊이 및 염화물 함유량

·탄산화 깊이 및 염화물 함유량

·코어채취

나. 재료시험 기준수량

정밀안전진단 및 정밀점검 재료시험은 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(한국시설안전공단, 2019. 09)” 의 기준 수량에 따라 <표 3.3.1>과 같이 본 과업에 적용하였다.

<표 3.3.1> 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	ㅇ철근콘크리트 : 2개소/50m ㅇ강합성교 : 1개소/50m	ㅇ1개소/연장50m ㅇ교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	·동일부위 시험
초음파 전달속도시험	ㅇ철근콘크리트 : 2개소/50m ㅇ강합성교 : 1개소/50m	ㅇ1개소/연장50m ㅇ교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	ㅇ철근콘크리트 : 2개소/50m ㅇ강합성교 : 1개소/50m	ㅇ1개소/연장50m ㅇ교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	ㅇ5경간 이내 : 4~6개소[1)] ㅇ5경간 이상 : 6~9개소[2)]		
염화물함유량시험	ㅇ3개소 이상[3)]		·간만대 또는 비말대 포함
균열깊이 조사	ㅇ부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		·Cw=0.3㎜이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	ㅇ플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ㅇ박스거더교 : 2개소/경간별 거더		·맞대기용접부

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 이사의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해여부 확인

3.3.3 압축강도 측정

가. 개 요

본 과업에서 콘크리트의 강도를 평가하기 위하여 비파괴강도시험인 반발경도법 및 초음파속도법을 이용하여 수행하였다.

대상교량의 주요 콘크리트 부재(바닥판 및 교각)에 대한 비파괴압축강도는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(한국시설안전공단, 2019. 09)” 에 준하여 실시하였다.

나. 반발경도시험에 의한 압축강도조사

〈표 3.3.2〉 반발경도법을 이용한 콘크리트 강도 측정 방법

시험 개요

- 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사 방법
- 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(fc′)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 함

시험 방법

- 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30㎜기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±7의 범위(또는 ±15~20%)를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정
- 측정점간의 최소간격은 30~60㎜로 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100㎜이상을 원칙으로 함
- 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정 장소의 확인, 요철제거
↓
Marker 등에 의한 측정점의 표시
↓
측정, 20점 이상의 평균
↓
타격방향, 습윤 및 재령의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
압축강도의 추정

〈반발경도법에 의한 강도추정 흐름도〉

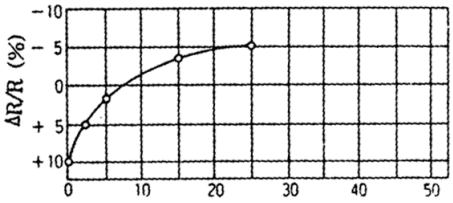
보정 방법

- **타격방향에 따른 보정(ΔR1)**

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

- **콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR3)**
  기건상태 : ΔR3=0, 습윤상태 ΔR3=+5

- **압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(ΔR2)**
  압축응력 1.0kgf/㎠인 경우 ΔR2=-0.015R,
  2.5kgf/㎠인 경우 ΔR2=-0.05R 정도임



〈압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선〉

- **콘크리트 재령에 따른(α)**

구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

- $Ro = R + \Delta R$ ($\Rightarrow \Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$) 〈식 2.1〉
  여기서 ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값
  ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
  ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 다른 보정값

압축 강도 추정식

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
U.S Army	$Fc = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
과학기술부	$Fc = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	금회 적용(식③)
권영웅 외	$Fc = 2.304R_o - 38.8$	금회 적용(식④)

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전공단(2006.12) 참조
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량 및 터널 편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 9) 참조
※ 본 과업에서는 압축강도 추정식 〈식 ①,②,③,④〉 적용

다. 초음파탐사법에 의한 압축강도 측정

〈표 3.3.3〉 초음파탐사법을 이용한 콘크리트 강도 측정 방법

시험 개요

- 초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법
- 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질비교 또는 균열깊이를 판정하는 수준으로서 이 방법을 사용

시험 방법

- 초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정하여 다음식에 의해 구한다.

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

- 초음파탐사를 위한 탐촉자의 배열은 직접법, 반직접법 및 간접법이 있으며, 간접법과 직접법에서 구한 초음파 전달속도는 다음과 같다.

  Vd=1.05Vi

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

  Vi = 간접법(Indirect method)에 의한 초음파 속도

- 한편, 간접법을 수행한 동일 조건의 구조물, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법)속도를 측정하여 현장에서 측정된 표면파(간접법)속도와 상관관계를 통한 초음파 전달속도를 근사적으로 환산하여 이용하며, 일정거리를 등간격으로 떨어진 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(Xi)에 따른 전달시간 Ti를 측정

측정장소의 선정
↓
측정부위 진동자 배치방법 결정
↓
측정장소의 그라인딩, 요철제거
↓
Marker등에 의한 측정점의 표시
↓
측정기 영점 조정
↓
측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착
↓
진동자 배치방법에 따른 전달속도 측정
↓
전달속도 산출
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
압축강도의 추정

〈초음파탐사법에 의한 강도추정 흐름도〉

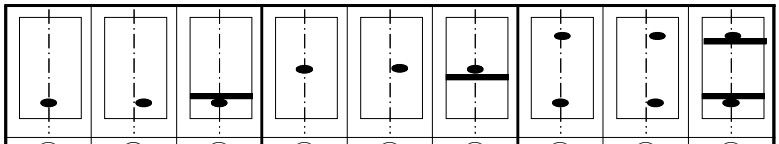
압축 강도 추정식

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215V_d - 620) \times 0.1$	금회 적용(식⑤)
일본재료학회	$F_c = (102V_d - 117) \times 0.1$	금회 적용(식⑥)
한전기술연구원	$F_c = (339.1V_d - 1107) \times 0.1$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5V_d - 499.6) \times 0.1$	-
한전기술연구소	$F_c = (339.1V_d - 1107) \times 0.1$	금회 적용(식⑦)
김무한의 제안식	$F_c = 33.53V_d - 103.38$	금회 적용(식⑧)

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※ 진단장비 활용 · 관리 매뉴얼 : 한국시설안전공단(2006.12) 참조
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 09) 참조
※ 본 과업에서는 압축강도 추정식 〈식 ⑤,⑥,⑦,⑧〉 적용

라. 코어 압축강도 측정

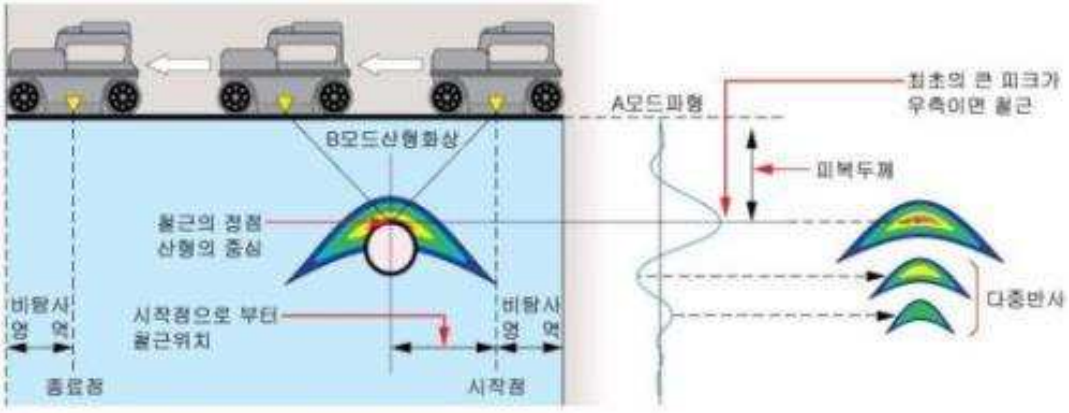
〈표 3.3.4〉 코어 압축강도 측정 방법

<table>
<tr><td>개 요</td><td>•현장에서 코어를 채취하여 콘크리트의 압축강도를 추정하는 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만 구조물의 실제 강도를 추정하는데 신뢰도가 가장 높다. 현장조사에서 필요한 수량만큼 코어를 채취하는 것은 구조물에 나쁜 영향을 끼칠 수 있기 때문에 비파괴시험에서 도출회귀식과 상관계수 적용에 필요한 수량만을 채취하며, 코어는 콘크리트의 각종 물성과 강도시험을 실시하고, 통상 비파괴시험에 의한 분석 자료와 비교·분석한다.</td></tr>
<tr><td>시 험
방 법</td><td>•압축강도시험은 코어의 높이/직경 비가 “2” 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다.
•양쪽 단면은 마감불량이나 축선 불일치에 의한 강도저하 등의 시험오차를 줄이기 위하여 유황 등을 사용하여 코어 축선에 직각이 되도록 Capping한다.
•일반적으로 코어강도는 공시체 강도에 비해 약 10%정도 강도가 낮게 평가되므로 대상 부재의 강도평가시 이를 고려하여야 한다.
•압축강도시험은 KSF 2422-2002(콘크리트 압축강도 시험방법)에 의하여 실시하였다.</td></tr>
<tr><td>보 정
계 수</td><td>
<table>
<tr><th>영향인자</th><th>보 정</th></tr>
<tr><td>반복시험</td><td>•영향무시</td></tr>
<tr><td>콘크리트강도 및 공시체의 건조상태</td><td>•보통강도 수준에서는 20% 감소
•고강도 수준에서는 21%감소</td></tr>
<tr><td>시험시 코어의 건습상태</td><td>•시험전 48시간 수중침적 공시체 강도기준
- 기건상태 10% 증가 - 수침 8시간 5% 증가
- 수침 24시간 1.5% 증가 - 수침 7일 1%감소
* 최소 24시간이상 수침 실시</td></tr>
<tr><td>공시체 직경의 영향</td><td>•직경 10cm×길이 20cm기준
- 직경 7.5cm×길이 15cm는 2.4%강도증가
- 직경 15cm×길이 30cm는 3.2%강도감소</td></tr>
<tr><td>코어시험기 영향</td><td>•무시가능</td></tr>
<tr><td>높이와 직경의 비 영향</td><td>
<table>
<tr><th>높이/직경</th><th>보정율</th><th>높이/직경</th><th>보정율</th></tr>
<tr><td>2.00</td><td>1.00</td><td>1.25</td><td>0.93</td></tr>
<tr><td>1.75</td><td>0.98</td><td>1.10</td><td>-</td></tr>
<tr><td>1.50</td><td>0.96</td><td>1.00</td><td>0.89</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>코어채취방향</td><td>•콘크리트 타설 방향 기준 : 직각인 경우 8% 강도저하</td></tr>
<tr><td>공시체 절단 단면형상</td><td>•상하부 단면형상 차이가 5㎜이내의 경사면 무시 가능</td></tr>
<tr><td>코어채취시 토오크 영향</td><td>•토크가 1.5kg·m이하이면 영향 없음
•토크가 1.8kg·m이상이면 5%감소
•토크가 2.0kg·m이상이면 10%감소</td></tr>
<tr><td>철근배근의 영향</td><td>•①, ②, ③ 배근시 영향무시
•④, ⑤, ⑥ 배근시 17%강도저하
•⑦ 배근시 15%강도저하
•⑧ 배근시 20%강도저하 (편심량 25㎜)
•⑨ 배근시 30%강도저하


</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※ 콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 평가·검증방안 연구(한국시설안전공단, 2002.12) 참조
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 09) 참조

3.3.4 철근배근상태 조사

개 요	•본 탐사는 시공 상태평가를 위하여 설계도서에 기록된 배근간격과의 동일 시공여부를 비교하여 구조체 배근상태의 적정성을 판단하며, 철근피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시한다.
탐 사 조 건	•적용 가능한 조건 ◦탐사심도 200㎜ 이내 ◦탐사대상 철근지름이 6㎜ 이상 ◦콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 •적용 곤란한 조건 ◦표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦100㎜ 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우
측 정 방 법	•철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이다 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200㎜이다.  <RC-Radar 측정원리>
평 가 기 준	•철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함 •철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단 •실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함

<철근의 피복두께 기준>

구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(㎜)	비 고
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40	
			D35 이하	20	
		보 기둥	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10㎜ 저감 가능
			fck < 40MPa	40	
		쉘, 절판 부재		20	
	수중에서 타설 되는 콘크리트			100	
	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80	
	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60	
			D25 이하 철근	50	
			D16 이하의 철근	40	

※콘크리트 구조기준(한국콘크리트학회, 2012) 참조

유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차
d ≤ 200㎜	±10㎜	-10㎜
d > 200㎜	±13㎜	-13㎜

※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※ 진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 09) 참조

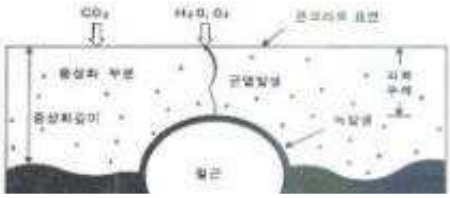
3.3.5 탄산화 시험

<table>
<tr><td>개 요</td><td>

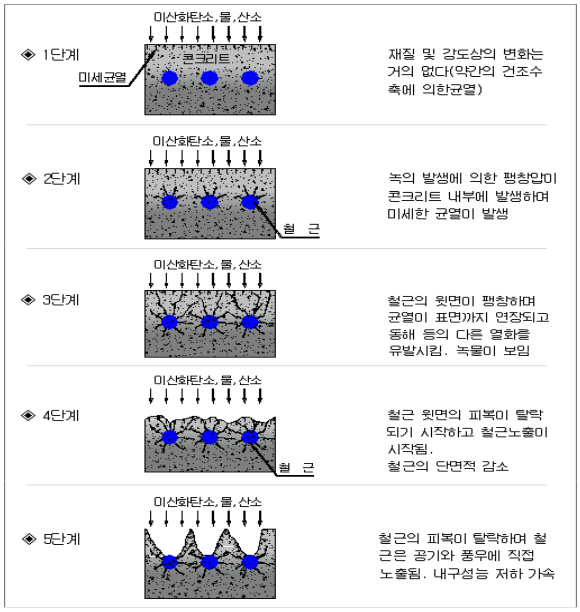
• 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10 이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$



• 콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.



<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>

</td></tr>
<tr><td>측 정
방 법</td><td>

① 코어 공시체 표면 또는 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2 ㎝정도의 구멍을 뚫고 청소 후에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정 또는 채취된 코어에 시험
② 페놀프탈레인 1% 용액 : 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml로 제조

</td></tr>
<tr><td>시 험
순 서</td><td>

① 햄머드릴을 이용 콘크리트 구조체의 철근의 위치까지 콘크리트를 긁어냄
② 콘크리트를 긁어낸 면을 붓, 솔 등으로 깨끗이 청소
③ 페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트를 벗겨낸 면에 분무기로 분무
④ 탄산화되지 않은 부분은 자주색으로 변하며, 탄산화된 부분은 착색되지 않음
⑤ 콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 깊이(㎜)를 측정, 평균값 산정

</td></tr>
<tr><td>평 가
기 준</td><td>

<탄산화 상태평가 기준>

<table>
<tr><th>구분 \ 등급</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><td>탄산화
잔여 깊이</td><td>30㎜ 이상</td><td>10 ㎜ 이상
~ 30㎜ 미만</td><td>0 ㎜ 이상
~ 10㎜ 미만</td><td>0㎜ 미만</td><td>-</td></tr>
<tr><td>철근부식의
가능성</td><td>탄산화에 의한
부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한
부식발생 가능성 있음</td><td>탄산화에 의한
부식발생 가능성 높음</td><td>철근부식 발생</td><td>-</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>내 구 수
명
평 가</td><td>

• t1 : 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점
t2 : 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점
t3 : 부재내력이 한계에 달하는 시점

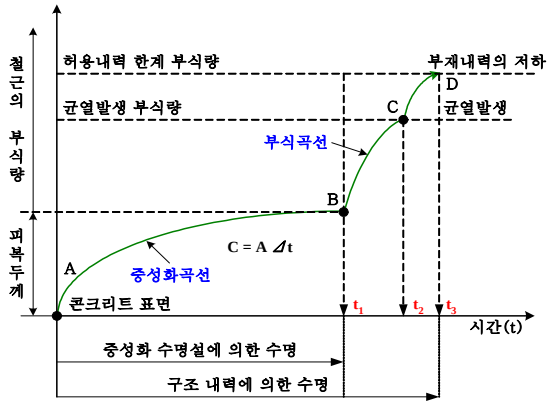
• 탄산화속도 식 : $C = A\sqrt{t}$

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)
t : 경과년수(년)
A : 탄산화 속도계수(㎜/$\sqrt{년}$)

• 탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d) :

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

여기서, D_c : 철근까지의 피복두께(㎜)
t_0 : 현재의 구조물 경과시간(년)



<콘크리트 내부에서 철근부식의 개념>

</td></tr>
</table>

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조

※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 09) 참조

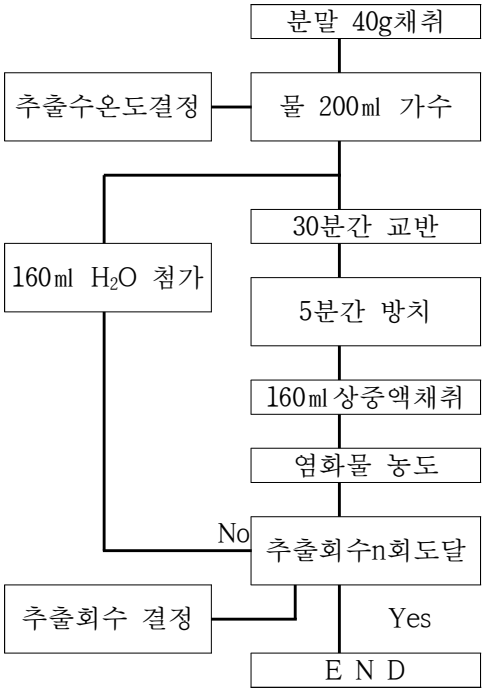
3.3.6 염화물 함유량 시험

개 요

- 콘크리트가 탄산화되거나 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 시작되어 철근의 부식방지를 위해서 염화물 이온량을 원칙적으로 제한할 필요가 있다.
- 굳지 않은 콘크리트의 총 염화물 이온량은 국내의 경우 0.30㎏/㎥이하로 제한하고 있으며, 책임기술자의 승인을 받는 경우 0.60㎏/㎥ 까지 허용될 수 있다.

시 험 방 법

- 본 진단 대상구조물의 콘크리트 재료 중에 함유된 염화물함유량 정도를 추정하기 위하여 현장에서 채취한 분말시료를 이용하여 실내시험을 실시하였다.
- 경화콘크리트는 염분을 증류수로 용출하여 시험을 하며, 경화콘크리트에 대한 염분함량 측정은 일본 "건설성 토목연구소"에서 규정한 [콘크리트 중에 포함되어 있는 염화물의 정량 방법에 관한 사안]에 따라 가용성 염분량의 분석을 실시하였다.
- 그러나 이미 굳은 콘크리트의 총 염화물 이온량에 대한 검토가 염소이온 농도에 의해 이루어질 경우, 재령 29일 이후의 콘크리트에서 최대 수용성 염화물 이온농도 시험은 KS F 2713 (콘크리트 및 콘크리트의 재료의 염화물 분석 시험 방법) 또는 KS F 2715(모르타르 및 콘크리트의 수용성 염화물 시험방법)에 따라 시행하고 콘크리트 구조설계기준(2007년) 에 준하여 철근부식방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율 값으로 검토할 수 있다.



<염화물함유량 시험방법>

평 가 기 준

<염화물 상태평가 기준>

구분 \ 등급	a	b	c	d	e
전염화물 이온량(㎏/㎥)	염화물≤0.3	0.3<염화물<1.2	1.2≤염화물<2.5	염화물≥2.5	-
철근부식의 가능성	염화물에 의한 부식발생 우려 없음	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-

<철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율>

부재의 종류	콘크리트 속의 최대 수용성 염소이온(Cl^-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근 콘크리트	0.15
건조상태이거나 또는 습기로부터 차단된 철근 콘크리트	1.00
기타 철근 콘크리트	0.30

※ 콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조
※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2019. 09) 참조

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요
4.2 교량시설물 상태평가

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 시설물별로 상태평가 기준에 따라 실시한다.

기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

4.2 교량시설물 상태평가

4.2.1 상태평가 항목 및 기준

가. 상태평가 항목 및 기준

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 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 4.2.1> 부재별 상태평가 적용 범위

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

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

나. 부재별 상태평가 기준

부재별 상태평가 기준은 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 교량편(2019. 09, 한국시설안전공단)을 준용하여 각 부재별로 상태평가를 실시한다.

다. 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 4.2.2> 구조형식에 따른 부재별 가중치

<table>
<tr><th rowspan="3">구분</th><th rowspan="3" colspan="2">결함도 평가 항목</th><th rowspan="3">슬래브 교량</th><th colspan="8">거 더 교 량</th><th colspan="3">라 멘 교</th></tr>
<tr><th colspan="3">일반 거더교</th><th colspan="2">바닥판거더 일체형</th><th colspan="3">아치트러스</th><th rowspan="2">거더 없음</th><th colspan="2" rowspan="2">거더 있음 (복개구조물)</th></tr>
<tr><th>일반</th><th>2차부재 없음</th><th>바닥판 없음</th><th>강 바닥판</th><th>PSC 박스</th><th colspan="2">콘크리트바 닥판</th><th>강 바닥판</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상부</td><td colspan="2">바닥판</td><td>34</td><td>18</td><td>18</td><td>-</td><td>20</td><td>23</td><td colspan="3">15</td><td>34</td><td>20</td><td>21</td></tr>
<tr><td colspan="2">주거더</td><td>-</td><td>20</td><td>25</td><td>37</td><td>18</td><td>20</td><td colspan="3">23</td><td>-</td><td>21</td><td>23</td></tr>
<tr><td colspan="2">2차부재</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td><td>11</td><td>5</td><td>-</td><td colspan="3">5</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부</td><td colspan="2">교대/교각</td><td>20</td><td>13</td><td>13</td><td>18</td><td colspan="2">13</td><td colspan="3">13</td><td>34</td><td>22</td><td>24</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td colspan="2">7</td><td colspan="3">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td>받침</td><td colspan="2">교량받침</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>14</td><td colspan="2">9</td><td colspan="3">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기타</td><td colspan="2">신축이음</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>-</td><td colspan="2">9</td><td colspan="3">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">교면포장</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>-</td><td colspan="2">7</td><td colspan="3">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">배수시설</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>-</td><td colspan="2">3</td><td colspan="3">3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">난간/연석</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td colspan="2">2</td><td colspan="3">2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">콘크리트</td><td rowspan="2">탄산화</td><td>상부</td><td>2(4)</td><td colspan="2">2(4)</td><td>-</td><td>-</td><td>2(4)</td><td>2(4)</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">4(7)</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>2(3)</td><td colspan="2">2(3)</td><td>4(7)</td><td>4(7)</td><td>2(3)</td><td>2(3)</td><td>4(7)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물</td><td>상부</td><td>2(0)</td><td colspan="2">2(0)</td><td>-</td><td>-</td><td>2(0)</td><td>2(0)</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">3(0)</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>1(0)</td><td colspan="2">1(0)</td><td>3(0)</td><td>3(0)</td><td>1(0)</td><td>1(0)</td><td>3(0)</td></tr>
</table>

( ) : 정밀점검 시 적용 기중치

<표 4.2.3> 구조형식에 따른 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		현수교		사장교		엑스트라도즈드교	
			일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블		25	25	23	23	20	20
	바닥판		8	-	9	-	10	-
	거 더		8	20	9	22	10	25
	2차부재		4	-	4	-	5	-
하부	주탑		13		13		6	
	보조주탑		5		5		12	
	교대(앵커블럭)		8		6		6	
	교각		-		2		2	
	기초		4		4		4	
받침	교량받침		5		5		5	
기타	신축이음		5		5		5	
	교면포장		4		4		4	
	배수시설		2		2		2	
	난간/연석		2		2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2		2		2	
		하부	2		2		2	
	염화물	상부	1		1		1	
		하부	2		2		2	

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 최젓값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

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

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

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 기준값이며, <표 4.2.2>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

〈표 4.2.4〉 결함도 점수 범위에 따른 기준

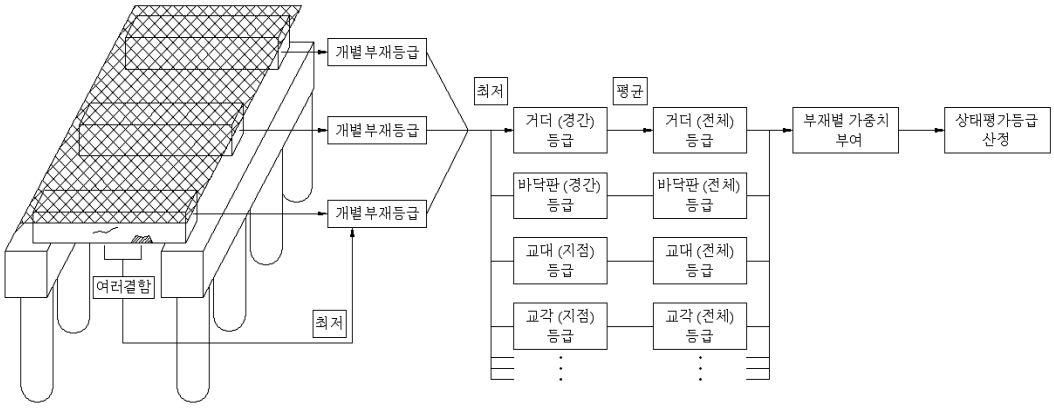
기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	0≤X<0.13	0.13≤X<0.26	0.26≤X<0.49	0.49≤X<0.79	0.79≤X

○ 램프교가 포함된 교량의 경우

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

다. 상태평가 결과 산정 방법

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



〈그림 4.2.1〉 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

제 5 장 안전성평가

5.1 개 요
5.2 안전성평가 기준
5.3 재하시험
5.4 내진성능 평가

제 5 장 안전성평가

5.1 개 요

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

5.2 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한, 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서, 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다.

〈표 5.2.1〉 구조물의 안전성평가 기준

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

5.3 재하시험

가. 개요

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서, 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

나. 재하시험 대상교량 선정

재하시험은 정적 및 동적재하시험으로 구분하여 실시하되 의사정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

다. 재하시험 계획

1) 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.

2) 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 대사

으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다.

슬래브의 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.

3) 재하하중 선택

① 재하하중은 교량의 형식과 설계활하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 도로교설계기준의 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.

4) 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.

5) 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.

라. 정적재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험차량의 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

1) 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 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

2) 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.

3) 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

마. 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

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

1) 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 동일

한 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.

2) 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.

바. 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 계측된 응답파형으로부터 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.

5.4 내진성능 평가

가. 일반사항

본 과업에 대해서는 과업지시서에서 규정하고 있지 않은 사항은 다음 기준 및 지침을 적용하여 평가한다.

○ 도로교설계기준(한국도로교통협회)

○ 콘크리트구조기준(한국콘크리트학회)

○ 내진설계기준연구Ⅱ(국토교통부)

○ 기존 시설물(교량) 내진성능평가 및 향상요령(국토교통부)

나. 평가절차

1) 일반사항

내진성능 평가를 위한 “내진성능 평가기준지진”은 도로교의 사용목표수명을 고려하여 결정한다.

2) 지진위험도

① 내진등급

○ 교량의 내진등급은 「도로교설계기준」에 의거하여 교량의 중요도에 따라 아래 <표 5.4.1>와 같이 내진Ⅰ등급교, 내진Ⅱ등급교 2가지로 분류한다.

<표 5.4.1> 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	해당 교량
내진Ⅰ등급교	1) 고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도 상의 교량 2) 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일교통계획량을 기준으로 판단할 때 중요한 교량 3) 내진Ⅰ등급교가 건설되는 도로 위를 넘어가는 고가교량
내진Ⅱ등급교	내진Ⅰ등급교에 속하지 않는 교량

② 사용목표수명등급 및 지진세기

ㅇ 사용목표수명을 고려한 내진성능 평가기준지진은 사용목표수명동안 내진성늘 평가기준지진의 발생확률이 동일 등급의 신설 교량이 평가설계수명동안 경험할 수 있는 설계지진의 발생확률과 동일하도록 식(1)과 같이 결정한다.

(내진성능 평가기준지진의 연평균 발생확률 × 사용목표수명)

= (설계기준지진의 연평균 발생확률 × 평가설계수명) ·····(1)

ㅇ 사용목표수명은 평가설계수명에 대한 비(사용목표수명/평가설계수명)에 따라 다음과 같이 3개 등급으로 구분한다.

○ 1/2 이상

○ 1/2미만 ~ 1/4

○ 1/4 미만

ㅇ 내진성능 평가기준지진의 지진세기는 사용목표수명등급에 따라 평균재현주기를 고려하여 아래 <표 5.4.2>와 같이 결정한다.

<표 5.4.2> 사용목표수명/평가설계수명 비에 따른 내진성능 평가기준지진의 평균재현주기

내진등급	사용목표수명/평가설계수명 비		
	1/2 이상	1/2 미만 ~ 1/4	1/4 미만
Ⅰ	1000년	500년	250년
Ⅱ	500년	250년	125년

③ 가속도 계수

ㅇ 내진성능 평가기준지진의 가속도계수(A)는 지진구역계수(Z)와 지진위험도계수(I)의 곱으로 식(2)와 같이 정의한다.

$A = Z \times I$ ·····(2)

- 지진구역계수(Z)를 결정하기 위한 지진구역은 아래 <표 5.4.1(c)>와 같다.

<표 5.4.3> 지진지역 구분

지진구역	행정구역	
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
Ⅱ	시	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

※ 강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시
강원도 남부(군, 시) : 영월, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
전라남도 북동부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 화순, 광양시, 나주시, 여수시, 순천시
전라남도 남서부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

- 지진구역계수(Z)는 아래 <표 5.4.4>와 같다.

<표 5.4.4> 지진구역계수(Z) (재현주기 500년에 해당)

지진구역	Ⅰ	Ⅱ
구역계수, Z(g)	0.11	0.07

- 내진성능 평가기준지진의 지진위험도계수(I)는 「내진설계기준연구Ⅱ(건설교통부, 1997)」에 제시된 값을 기본으로 하여 선형보간법을 사용하여 계산한다. 선형보간에 의한 지진위험도계수(I)는 아래 <표 5.4.5>와 같다.

<표 5.4.5> 선형보간에 의한 지진 위험도계수(I)

재현주기(년)	125	250	500	1000
위험도계수, I	0.6	0.78	1.0	1.4

ㅇ 지진구역 Ⅰ 및 Ⅱ에서의 내진성능 평가기준지진의 가속도계수(A)를 계산하면 아래 <표 5.4.6> 및 <표 5.4.7>와 같다.

<표 5.4.6> 지진구역 Ⅰ에서의 내진성능 평가기준지진 가속도계수(A)

내진등급	사용목표수명/평가설계수명 비		
	1/2 이상	1/2 미만 ~ 1/4	1/4 미만
Ⅰ	0.154g	0.110g	0.086g
Ⅱ	0.110g	0.086g	0.066g

<표 5.4.7> 지진구역 Ⅱ에서의 내진성능 평가기준지진 가속도계수(A)

내진등급	사용목표수명/평가설계수명 비		
	1/2 이상	1/2 미만 ~ 1/4	1/4 미만
Ⅰ	0.098g	0.070g	0.055g
Ⅱ	0.070g	0.055g	0.042g

④ 내진성능 평가기준지진 응답스펙트럼

ㅇ 내진성능 평가기준지진의 응답스펙트럼은 「도로교설계기준」에서 규정하고 있는

탄성지진응답계수로부터 결정한다.

ㅇ 감쇠효과를 반영한 평가응답스펙트럼의 감소는 감쇠비를 적정하게 산정하여 적용한다.

3) 내진성능 평가 절차

자료조사	→	내진성능 평가
설계수 건설 유지보		교각 교량받침 받침지지길이 교대 기초 지반액상화

<그림 5.4.1> 내진성능평가 절차

다. 내진성능 상세평가

1) 일반사항

① 교량구정요소 중 평가 부위는 교각, 교량받침부, 받침지지길이, 교대, 기초 및 지반으로 한다.

② 평가는 구성요소가 보유하고 있는 공급역량과 내진성능 평가기준지진에 대하여 각 구성요소에 요구되는 소요역량을 비교하여 평가한다.

③ 교량의 구성요소 중 교각의 평가지진하중은 교량 상부구조에서 교각으로 전달되는 지진하중으로 하며, 받침 및 기초의 평가지진하중은 교각의 조합탄성지진력과 교각의 단면강도 중 작은 값으로 한다.

④ 단면특성, 재료강도 등과 같이 내진성능에 관련하는 모든 특성값은 실제 특성값을 기준으로 한다. 실제 특성값을 사용하지 않는 경우에는 재료의 설계강도를 적용한다. 다만, 시간이력, 환경요인 및 기타요인 등을 고려하여 내진성능이 안전측으로 평가되도록 조정하여 사용한다.

2) 지진하중 및 조합탄성지진력

① 지진하중

ㅇ 교각에 작용하는 지진하중은 교량의 탄성주기를 계산하여 내진성능 평가기준지진에 대한 응답스펙트럼으로부터 응답가속도(탄성지진응답계수, C_s)의 크기를 결정하여 계산한다. 이 때 교각의 탄성상태는 균열 발생 후 인장측 최연단, 축방향철근이 처음으로 항복하는 초기항복상태로 정의한다.

ㅇ 교량의 기초 및 기초지반이 교량의 주기에 미치는 영향을 적절하게 고려할 수 있는

경우에는 이를 고려하여 교량의 주기를 산정한다.

② 조합탄성지진력

ㅇ 탄성지진력의 조합은 30% 규정에 따라 조합한다.

3) 구성요소의 내진성능 평가

① 교각

ㅇ 교각의 단면강도 및 공급변위연성도 : 교각의 단면강도와 공급변위연성도는 휨단면강도, 전단강도 및 변위 관계를 고려하여 결정한다. 다만, 전단강도는 공급변위연성도에 따른 강도감소를 고려한다.

ㅇ 파괴모드

- 교각의 내진성능 평가는 교각의 변형성능을 고려하여 평가한다.

- 전단파괴모드

· 공급역량은 교각의 단면강도로 한다.

· 소요역량은 교축 및 교축직각방향의 조합탄성지진력으로 한다.

· 내진성능은 교축방향 및 교축직각방향에 대하여 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

- 휨-전단 파괴 모드 및 휨 파괴모드

· 공급역량은 공급변위연성도로 한다.

· 소요역량은 소요변위연성도로 한다.

· 내진성능은 교축방향 및 교축직각방향에 대하여 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

· 역량스펙트럼(ADRS ; Acceleration Displacement Response Spectrum)은 교각의 비선형 거동 특성을 고려한 공급역량곡선(Capacity Curve)과 평가지진 시 교량에 요구되는 소요역량곡선(Demand Spectrum)을 동일한 그래프 위에 함께 도시하여 비교함으로써 교각의 내진성능을 시각적으로 평가할 수 있다.

② 교량받침

* 교량받침은 받침 본체 및 앵커부에 대하여 내진성능을 평가한다.

* 내진성능평가는 교축방향 및 교축직각방향에 대하여 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

ㅇ 받침본체

- 공급역량은 지진방향에 따라 저항하는 교량받침의 횡방향 저항용량의 총합으로 한다.

- 소요역량 산정 시 받침본체에 작용하는 평가지진하중은 교각에 의해 교축방향 및 교축직각방향으로 전달되는 지진하중으로 하며, 이는 교각의 조합탄성지진력과 교각의 단면강도 중에서 작은 값으로 한다.

- 내진성능은 교축방향 및 교축직각방향에 대하여 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

ㅇ 앵커볼트

- 공급역량은 앵커볼트의 전단강도로 한다.

- 소요역량은 받침본체에 작용하는 평가지진하중에 의하여 앵커볼트에 발생하는 전단력으로 한다.

- 내진성능 평가는 교축 및 교축직각방향에 대하여 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

ㅇ 받침지지길이(낙교)

- 공급역량은 교각의 받침지지길이로 한다.

- 소요역량은 「도로교설계기준」의 최소받침지지길이(Nmin)와 응답변위 중 큰 값으로 한다. 단, 지진구역 Ⅱ에 위치하는 내진Ⅱ 등급교에 대해서는 최소받침지지길이로 한다.

- 내진성능 평가는 공급역량과 소요역량을 비교하여 평가한다.

제 6 장 종합평가

6.1 개 요
6.2 종합평가 결과 산정 방법
6.3 안전등급 지정

제 6 장 종합평가

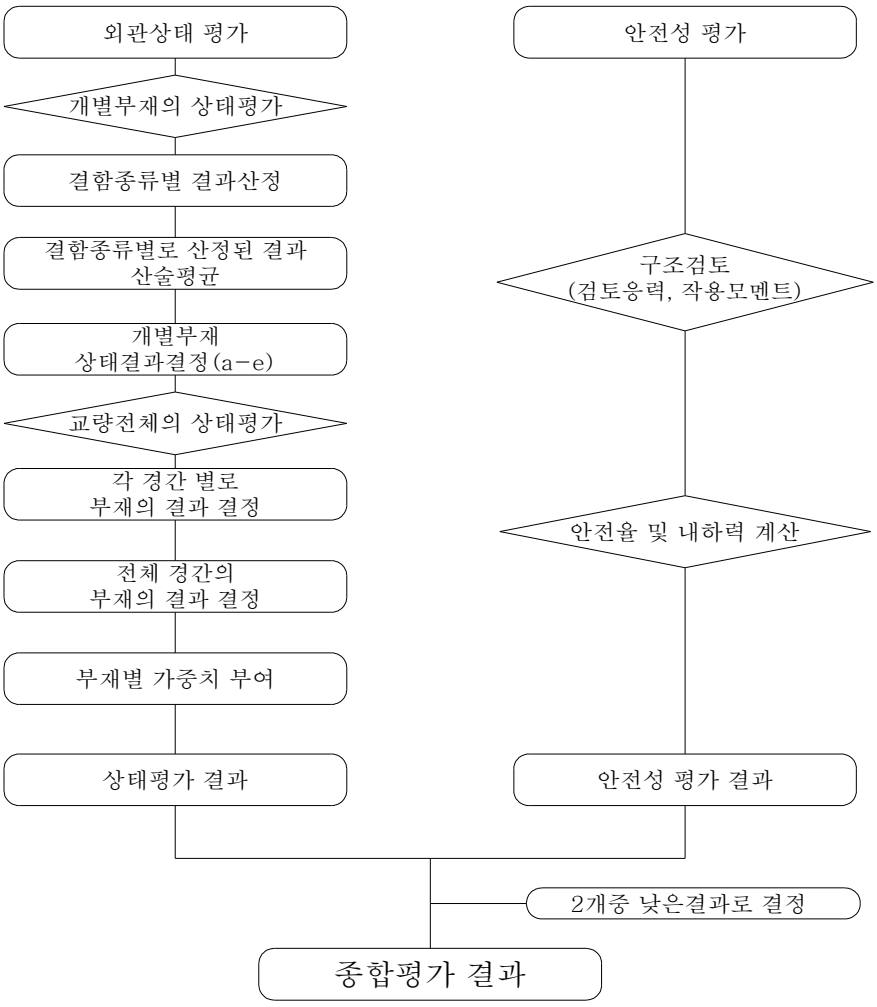
6.1 개 요

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

6.2 종합평가 결과 산정 방법

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

○ 종합평가 결과 = *MIN* (상태평가결과 , 안전성평가결과)



<그림 6.2.1> 종합평가 결과의 산정흐름도

6.3 안전등급 지정

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

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

<표 6.3.1> 안전등급 지정

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 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

제 7 장 보수·보강 및 유지관리 방안

7.1 보수·보강방법
7.2 유지관리 방안

제 7 장 보수 · 보강 및 유지관리방안

7.1 보수 · 보강방법

7.1.1 개 요

본 장에서는 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 시설물의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며, 1) 결함 및 손상에 대한 내하력 확보차원의 보수·보강방법, 2) 콘크리트 및 철근의 내구성 확보차원의 보수, 3) 외관상태의 결함에 대한 보수, 4) 구조물의 유지관리 차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

가. 보수 · 보강방안 수립시 고려사항

구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 제안하였으며, 각각의 부재에서 조사된 주요 결함 및 손상개소에 대해서는 관리주체가 효율적인 유지관리계획을 수립할 수 있도록 보수대상 유무와 시기를 제안하였다.

나. 보수 · 보강의 수준결정

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

○ 현상유지(진행억제)

○ 실용상 지장이 없는 성능까지 회복

○ 초기 수준이상으로 개선

○ 개축

다. 보수 우선순위 결정방안

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

○ 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

○ 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한, 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

라. 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

○ 표면보호공법 ○ 단면보수공법

○ 강판접착공법 ○ 프리스트레스 도입공법

○ 콘크리트 덧붙이기공법

마. 콘크리트 균열보수공법

균열기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용해야 한다.

○ 표면처리공법 ○ 주입공법

○ 충전공법 ○ 침투성방수제 도포공법

콘크리트균열의 보수목적과 균열 상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 <표 7.1.1>과 같다.

<표 7.1.1> 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상·원인		균열폭 (㎜)	보 수 공 법				
				표면처리 공법	주입공법	충전공법	침투성 공법	기타
방수성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△		○	
			0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△		○	
			0.2~1.0	○	○	○	○	
내구성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
	철근부식		-					□
	염 해		-					□
	반응성 골재		-					□

주1) 균열폭 3.0㎜ 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.
주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

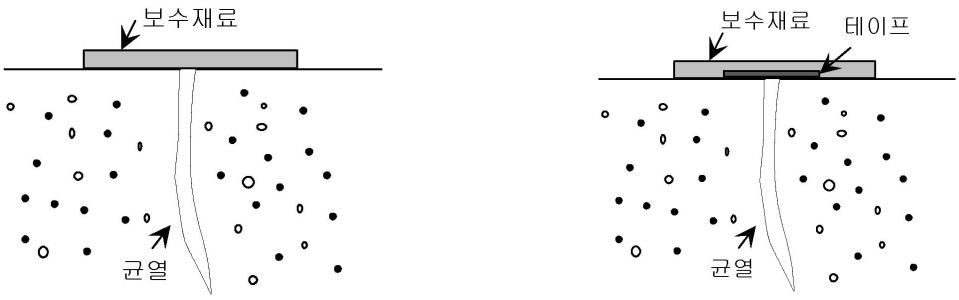
7.1.2 주요결함 및 손상에 대한 보수방법

가. 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2㎜이하)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 7.1.2(a)>와 같이 균열선을 따라 폭 50～100㎜를 와이어 브러쉬로 닦아낸 후 폴리머시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다. 콘크리트표면에 0.3㎜이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 <그림 7.1.2(b)>과 같이 균열면을 와이어브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10～15㎜ 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30～50㎜, 두께 2～4㎜의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.



(a) 정지균열 (b)진행성균열

<그림 7.1.2(a), (b)> 표면처리공법

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

1) 에폭시수지모르터 도포공법

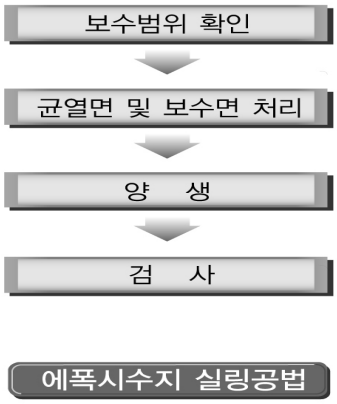
이 공법은 마감 모르터면에서의 균열 및 결함부의 보수에 적용되며, 철근이 노출된 결함부위에도 적용되며 한 번에 두껍게 바를 수 있다. 시공순서는 <그림 7.1.3>과 같다.

2) 에폭시수지 실링공법

모르터표면의 균열폭이 0.2㎜ 정도 미만의 균열부위의 표면을 실링하는 경우에 적용한다. 비진행성 균열인 경우에는 퍼티상의 에폭시수지를, 진행성 균열에는 유연성 에폭시수

지를 사용한다. 시공순서는 <그림 7.1.4>와 같다.

<그림 7.1.3> 에폭시모르터 도포공법



<그림 7.1.4> 에폭시수지 실링공법

나. 주입공법

주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하다. 시공위치 및 균열폭에 따른 주입방법과 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 <표 7.1.2>, <표 7.1.3>와 같다.

<표 7.1.2> 균열폭에 따른 주입공법의 분류

구 분		기계주입	수동주입	유입공법	저압수지주입공법
시공위치	수평면(상)	○	○	○	○
	수평면(하)	○	○		○
	수직면	○	○		○
균열폭	0.25㎜ 이하	○			○
	0.25~2.0㎜		○	○	○
	2.0~5.0㎜		○	○	
	5.0㎜이상			○	

<표 7.1.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

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

에폭시수지를 진행성 균열의 보수에 사용하는 경우, 에폭시수지의 변형에 대한 적용성이 문제된다. 일반적으로 사용되고 있는 에폭시수지의 변형량은 2% 정도로, 이와 같은 재료로 보수한 균열의 주변에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많다. 따라서 이러한 균열

에 대해서는 유연성의 것을 사용하거나 충진공법을 고려할 필요가 있다. 그리고 에폭시 수지 주입공법과 스테인레스 판과의 병용으로 균열부의 일체화를 증대시켜 온도변화 등에 의한 움직임을 적게 하는 방법도 고려할 필요가 있다. 현재 이 공법에 사용되는 재료로는 에폭시수지가 가장 일반적이며 특징은 다음과 같다.

□ 에폭시 수지 주입공법의 특징

◦내하력 복원의 안전성을 기대할 수 있다.

- 에폭시수지의 접착강도가 크며, 경화시 수축이 거의 없다.

- 휨 시험시에는 대부분 모재에서 파단이 일어난다.

◦내구성저하 방지 및 누수방지를 기대할 수 있다.

- 미세한 균열에도 주입이 가능하다.

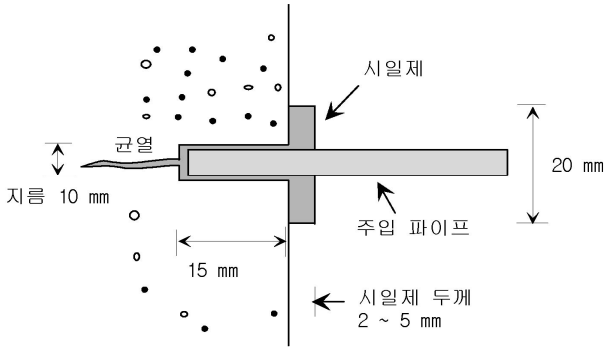
- 균열이 발생한 콘크리트를 일체화 시킬 수 있다.

- 산소 및 수분을 차단할 수 있어 콘크리트의 탄산화를 억제할 수 있다.

◦경화후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋다.

◦미관의 유지가 용이하며, 경제적이다.

- 구조물의 자중 증가가 거의 없으며, 접착강도가 단기간에 발현된다.



(단위 : mm)

균열폭	주입파이프간격
0.3이하	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0 이상	200~300

<그림 7.1.5> 일반적인 주입공법

□ 주입공법의 종류

주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입방법이 있다.

◦압입식

- 수동식 주입 : 인력

- 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식

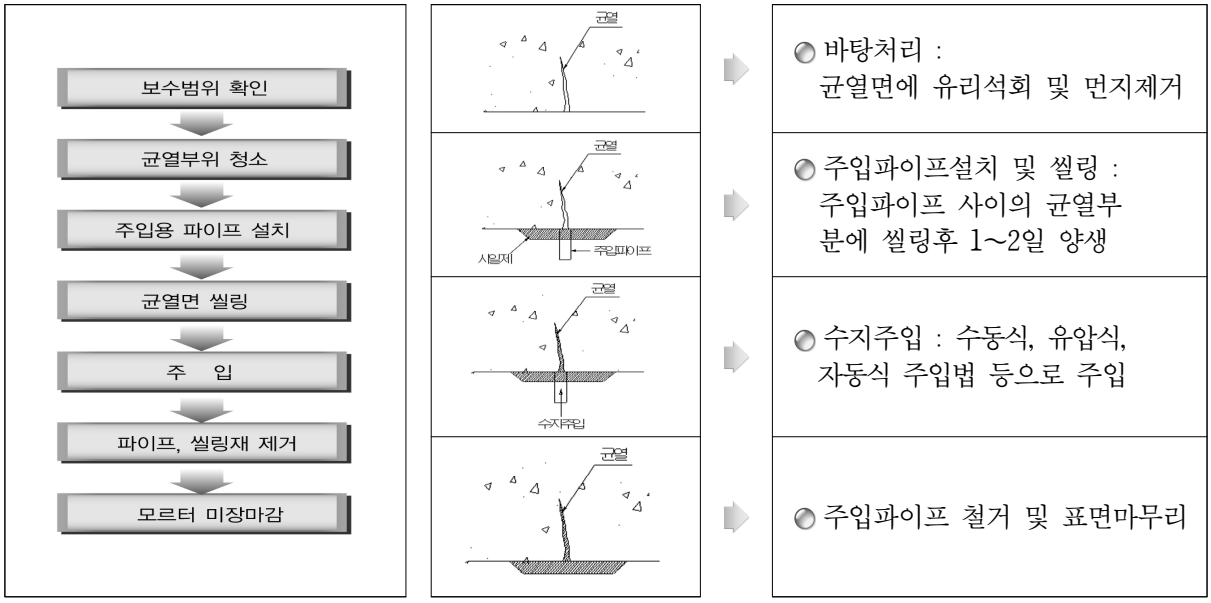
- 저압, 저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력

◦흡입식

- 균열의 양단에 흡입구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

□ 주입공법의 시공순서

주입공법의 일반적인 시공순서는 <그림 7.1.6>와 같다.



<그림 7.1.6> 주입공법의 시공순서

1) 수동식 주입공법

수동식 주입공법은 주입 건, 소형펌프를 사용하여 주입재를 비교적 다량으로 주입하는 방식으로 콘크리트 표면의 균열폭이 0.2㎜ 정도 이상의 균열부위에 그리스 펌프를 사용하여 에폭시수지를 주입하는 경우에 적용한다.

2) 저압·저속식 주입공법

이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 <표 7.1.4>과 같다.

<표 7.1.4> 저압·저속식 주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무쉬트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무쉬트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

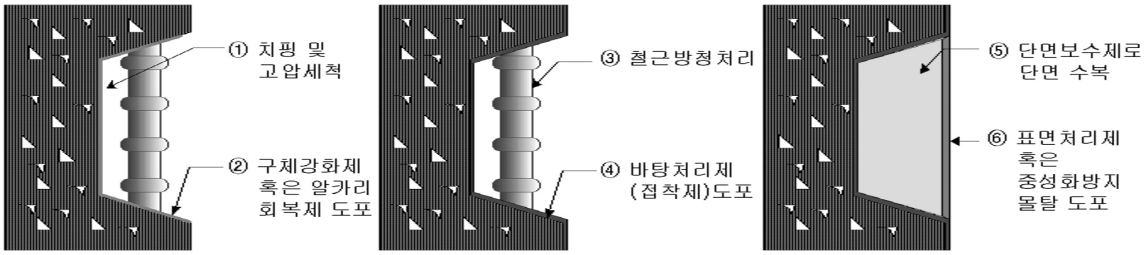
이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의

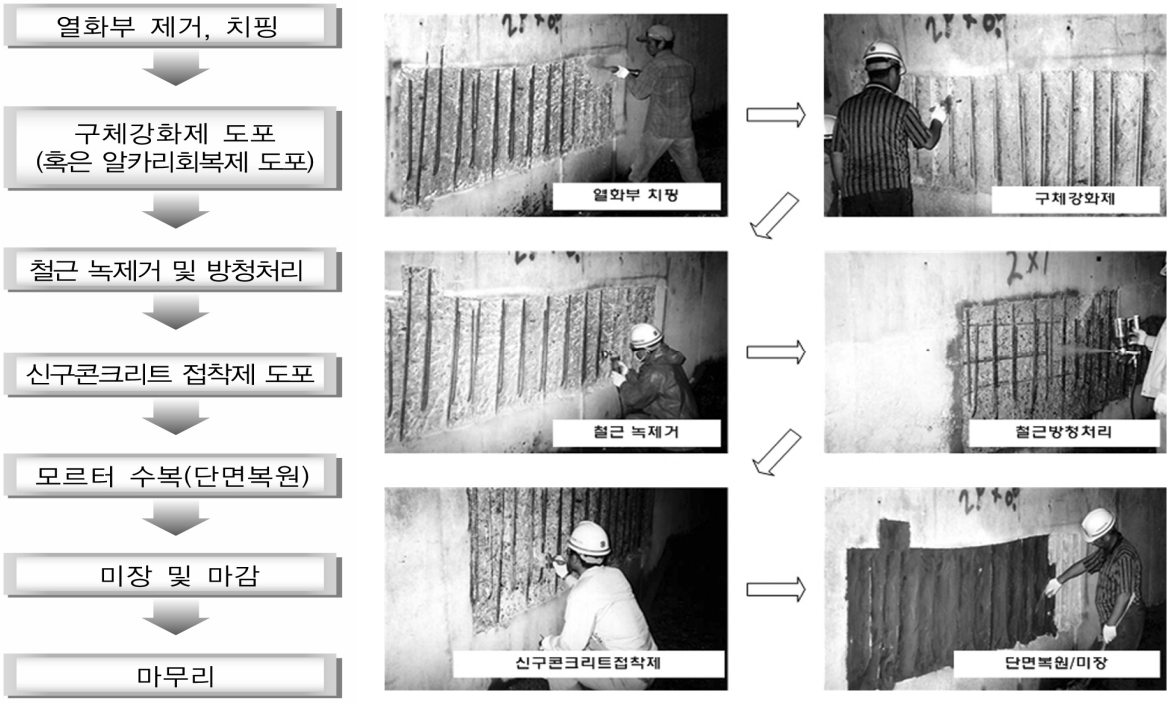
한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 0.4MPa 이하로 규정되어 있으나 실제로는 0.1MPa 전후가 사용된다. 최근에는 확실한 주입을 위하여 압력(2.1MPa 압력까지)주입을 하는 경우가 많다. 주입재는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있어, 습윤 환경 하에서도 사용이 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

다. 단면보수공법 및 표면처리보수공법

콘크리트의 탈락 및 재료분리 등의 표면손상 및 결함부는 고강도 몰탈 등을 이용하여 정상단면으로 보수한다. 철근이 노출된 경우에는 부식된 철근의 녹을 제거하고 단면을 복구한다.

□ 보수개념 및 시공순서





<그림 7.1.7> 단면보수공법 개요 및 시공순서

□ 유의사항

- 기존 콘크리트의 열화부위, 탄산화 부분을 소형 브레이커 등을 이용하여 콘크리트 단면을 철거한다.
- 콘크리트 철거작업은 철거장비에 의해 발생되는 진동 및 충격이 최소화되도록 하여야 하며, 파편 및 분진에 대하여 안전 및 환경이 보호되도록 조치하여야 한다.
- 콘크리트 철거작업은 단부 길이가 최소화되도록 시행하여야 하며 표면과 가급적 직각이 되도록 치핑 하여야한다.
- 콘크리트 철거 후 노출된 철근의 부식을 제거하며, 부식된 철근 주위의 콘크리트 치핑 깊이는 부식철근하부 20㎜까지 시행하여 철근방청 작업 및 녹제거가 원활히 수행되도록 하여야 한다.(철근노출 시)
- 철근 부식물을 제거한 후 철근의 유효단면적이 크게 감소된 경우에는 감소단면적만큼 용접, 겹이음 또는 기계 연결구의 사용등 적합한 방법에 의하여 부식된 철근을 보강하여야 한다.(철근노출 시)
- 콘크리트 단면 철거 후 고압살수기를 이용하여 표면을 세척한다. 고압세척의 압력은 노즐선단에서 300psi(2.1MPa)의 압력으로 한다.
- 콘크리트 손상부위가 건조된 후 철근 방청재를 도포한다.(철근노출 시)
- 콘크리트 손상부위가 건조된 후 신구 콘크리트 접착재를 치핑면에 도포한다.
- 기존 콘크리트 탈락부위에 단면복구재를 충진하여, 단면복구재, 방청재, 접착재, 등은 시방규정에 적합하여야 한다.

라. 신축이음장치 보수공법

신축이음장치의 결함은 주행성의 저해는 물론 교통사고의 유발, 주구조의 악영향, 연도의 환경에도 중대한 영향을 미치므로 조기에 이상을 발견하여 대처하는 것이 중요하다.

신축장치는 형식이나 파손의 원인에 의해 다양한 형태의 결함이 나타나는데 각 형식별 신축장치의 파손 상황 및 원인은 다음과 같다.

〈표 7.1.5〉 신축장치의 종류별 파손 형태

종 류	파 손 형 태
맹조인트 형식	·포장부의 균열로 조인트 부의 탈락 ·조인트 부의 토사 유입에 의한 방수 죠인트의 낙하 ·조인트 부근 포장부의 함몰
맞댐 선시공 형식	·우각부 콘크리트의 균열 및 탈락, 죠인트재의 탈락 ·앵글의 변형, 앵글과 앵글카바 접합부의 파손 ·플랫바의 절단, 시일재의 탈락
맞댐 후 시공 형식	·시일재의 접착력 부족, 토사의 관입과 차륜하중에 의한 시일재의 탈락 ·후타재 경화시 수축에 의한 포장과 장치부 후타재와의 박리 ·후타재의 강도부족, 포장면과의 단차에 의한 후타재 부분함몰
고무조인트 형식	·초기압축량의 오산, 차륜하중에 의한 본체 고무부의 파손 ·강판의 부착재의 부족에 의한 고무의 박리 ·앵커용 강봉과 강재 중판과의 간격에 의한 소음
강재조인트 형식	·앵커부재의 부족, 또는 강도부족에 의한 앵커부재의 결손 ·앵커부 콘크리트의 다짐 불량에 의한 앵커콘크리트의 파손 ·리벳구멍의 확대 또는 용접 접합의 결함 등에 의한 페이스 플레이트의 탈락 ·강거더와의 접합불량에 의한 차량통과 시 소음 ·배수통의 토사 막힘에 의한 배수장치의 기능 상실
공 통	·앵커볼트의 헐거움 ·볼트 홀 충진물의 박리 ·후타재의 균열, 함몰 ·후타재 전후의 요철 ·상판 단부의 파손

〈표 7.1.6〉 신축장치의 파손원인

구 분	파 손 원 인
종류와 형식	· 사용 형식의 부적절
설 계	· 상판단부의 강도부족 · 신축장치 본체의 강도부족 · 신축장치 앵커부의 강도부족 · 후타재의 선택잘못 · 신축량 산정의 오산
시 공	· 상판 유간의 시공오차 · 신축장치 설치불량 · 신축장치 앵커부의 설치불량 · 후타재의 시공불량
유지관리	· 차륜하중 및 반복하중의 증대 · 상판의 노후화 · 신축장치 전후의 노면 요철 · 화재, 지진 등의 이상사태 발생

1) 단차발생에 대한 조인트부의 보수공법

신축이음부의 후타재 부분에 일정 이상의 단차가 발생하면 주행차량의 통과 시에 큰 충격이 발생하여 그 본체나 상판에 대하여 악영향을 미치게 된다. 또한 내구성에도 나쁜 영향을 주게 된다.

단차의 원인으로는 토공부의 침하에 의한 것, 포장면 마모에 의한 것, 설빙구간의 체인에 의한 포장의 벗겨짐이나 탈락 등에 의해서 발생한다.

① 유지기준

·신축이음부 후타재 부분의 단차 허용치 : 20㎜까지

·단차수정의 연장길이 : 구배 0.5%이내

② 보수방법

단 차	조인트간의 단차	교체나 단차 높임	작업이 곤란하고 장시간의 교통통제가 필요
	후타재 전후의 요철	필요한 부위를 절삭함	대체적으로 작업이 곤란한 편이고 시공시 필요부위 이외의 손상우려가 있음
	교면 포장과 후타재간의 단차	단기 : 아스팔트 씰링으로 단차 경감조정	장기 : 오버레이로 단차조정

2) 신축장치의 청소

신축장치에 토사나 이물질이 들어가 퇴적되면, 신축기능이나 배수기능이 저하되어 경우에 따라서는 신축이음의 취약부가 파손되는 사태가 발생한다. 이러한 파손을 방지하고 내구성을 연장시키기 위해서는 일상적인 이물질을 제거하여야 하며 보통 1년에 1회 이상 실시하여야 한다.

마. 교면포장 및 방수

1) 교면포장

① 개요

교면포장의 상태는 차량의 주행성과 직접적인 연관이 있으며, 교면에 발생한 균열 및 함몰 등의 손상은 공용기간 증대에 따라 교면의 방수층을 파괴하여 상부구조의 누수를 발생시키는 원인이 될 수 있다.

따라서 교면포장의 보수 적용 시 응급처리나 부분보수 등은 어디까지나 근본적인 보수가 되지 않아 그 효과의 지속성도 비교적 짧고 반복하여 보수하여야 한다.

그리하여 재처리가 곤란하게 되었던 가 구조상 오버레이의 중복이 불가능한 경우에 포장이 파손되고 바닥판의 보호와 본래의 공용성이 심하게 저하된 경우에는 재포장을 실시

하여야 한다.

② 주의사항

교면포장의 재포장은 교통소통에 가장 지장을 주는 공사이므로 교통량이 적은 야간이나 차량이 적은 시간을 택하여 전체공정을 마무리 할 수 있도록 계획하여야 한다.

재포장 공법에 있어서 1일 시공량은 작업종료와 함께 교통규제를 해제할 수 있는 범위로 결정하여야 하며, 이를 위해서는 파쇄해야 할 기존 포장의 상황, 시공능력, 교통환경 등을 종합적으로 검토하여 1일의 시공범위를 결정하여야 한다.

2) 교면방수

본 과업대상 교량구간의 교면포장은 아스팔트 콘크리트 포장으로서 최근의 교량들은 신공법의 개발로 재료의 경량화와 지간이 장대화 됨에 따라 진동의 발생이 심하며, 과거 교면방수를 시행하지 않아 발생되는 문제점 및 길이 방향으로의 Rolling 현상, Rush Hour의 교통량이 어느 한쪽으로 편중될 때의 폭 방향으로의 Pitching 현상 등으로 콘크리트 상판에 균열이 발생하여 수분이 침투됨에 따라 철근을 부식시켜 점차 파괴되며, 아스콘층이 밀리거나 깨져서 침투된 수분 및 이물질 특히, 동절기 노면 결빙방지를 위해 살포된 염화칼슘은 구조적으로 부식을 가속화하므로 교면방수의 필요성이 절실히 요구된다.

교면방수 보수공법으로는 도막방수, Sheet 방수, 금속혼합물 도료 등을 이용한 보수공법, 복합식(Sheet+BAS씰) 등이 있으며, 공법의 선택 시 방수효과, 품질의 유지관리 용이 등을 종합적으로 검토하여 결정하여야 한다.

바. 배수시설의 보수 및 교체

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

1) 배수구 청소지침

- 배수구 뚜껑의 이물질을 제거하고 뚜껑을 들어 올린다.
- 배수로 내부의 이물질과 퇴적물을 제거한다.
- 배수관을 물로 씻으며, 내부의 퇴적물을 제거한다.

2) 배수구의 위치조정

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

3) 배수관 길이 조정

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

4) 배수관 설치

배수관이 탈락되었거나, 이탈된 개소에 대해서는 거더 측면과 하부구조 및 받침의 오염, 부식 방지를 위해 배수관설치가 필요한 것으로 판단된다.

사. 받침장치 도장

1) 받침도장

① 재도장 시기의 구분

일반적으로 부식의 정도가 위치에 따라 다르기 때문에 각 부위에서의 부식정도와 부위별 부식발생 빈도를 고려해야 한다.

② 표면처리의 종류 및 용도

도료를 칠할 때에는 강재 표면을 청결히 하고 적당한 조도로 가공하기 위해서는 반드시 표면처리를 해야 하는데, 이는 도료의 밀착이 잘 되게 하여 도막의 녹방지 효과를 높이기 위해서이다. 표면처리의 종류는 작업내용에 따라 1종~4종의 4종류로 구분되며, 실제의 재도장에서는 대부분 3종 표면처리법을 적용하고 있다.

〈표 7.1.7〉 표면처리 종류와 정도

종별	작업내용	작업방법	비고
1종	녹과 도막을 완전히 제거하고 강재면 정리	블라스트법	
2종	녹과 도막을 제거하여 강재면을 노출 단 움푹 패인부분이나 좁은 부분에는 녹이나 도막이 잔존	디스크샌더, 와이어 브러쉬 등 동력공구와 수공구의 병용	
3종	녹, 열화도막을 제거하여 강재면을 노출 단, 열화되지 않은 도막(활막)은 남는다.	디스크샌더, 와이어 브러쉬 등 동력공구와 수공구의 병용	
4종	부식물 및 열화된 도막은 떨어지고 활막은 남음	디스크샌더, 와이어 브러쉬 등 동력공구와 수공구의 병용	

표면처리방법 중 3종의 경우 갈라짐, 벗겨짐, 부풀음, 녹 등에 의해 도막의 녹방지 효과를 잃은 도막이나 녹을 제거하여 강재면을 노출시키며, 부착력이 없는 도막은 제거하고 부착력을 유지하고 있는 온전한 도막에 표면처리 하는 것이다.

4종의 경우 녹제거 작업이 필요없는 표면처리 방법으로서 도막의 녹방지 효과를 유지하기 위해서는 4종이 적용 가능한 정도의 열화상태에서 재도장 하는 것이 바람직하지만 강교의 도막의 열화 속도는 부위에 따라 다르기 때문에 녹이 발생하기 이전에 전체를 재도장 하는 것은 비경제적이다. 따라서 강교의 일반적인 재도장을 위한 표면처리는 주로 3종을 적용한다.

7.2 유지관리 방안

7.2.1 개 요

시설물의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고, 특히, 초기결함을 찾아서 그 결함정도에 따라 적정한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다. 초기에 발견된 결함의 보수시기를 놓치면 나중에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 강기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다.

따라서, 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 시설물의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

가. 유지관리의 목적

유지관리에는 사후 유지관리와 예방 유지관리로 분류할 수 있다.

사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견하여 적절한 조치를 취함으로서 문제발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며 유지관리를 통하여 시설물의 안전성 및 사용성 확보뿐만 아니라 다음과 같은 목적을 가지고 있다.

· 시설물의 사용성과 내구성을 가능한 연장시킴

· 현재 및 향후 소요된 유지관리 비용을 최소화시킴

· 주어진 예산 범위 내에서 시설물의 사용 수준을 높임

· 시설물 사용자의 안전성을 보장함

· 교통 장애를 최소화 함

나. 유지관리의 중요성

시설물에 대한 유지관리의 중요성을 파악하기 위하여 안전성, 사용성, 내하성, 경제성 등을 종합적으로 고려하면, 초기비용은 크게 하고 유지관리 비용을 적게 하는 방법으로 계획 설계단계에서 유지관리를 고려한 시공을 시행하는 방법과 초기비용을 적게 하고 유지관리 비용을 크게 하는 방법이 있으나 기존 시설물에 대한 유지관리 방법은 관리체계를 현실적이고 체계적으로 개선하여 불필요한 투자를 줄이는 방안으로 관리체계의 확립, 정확한 진단, 조치 자료관리 등의 조건이 병행되어야 효과적이고 경제적인 유지관리가

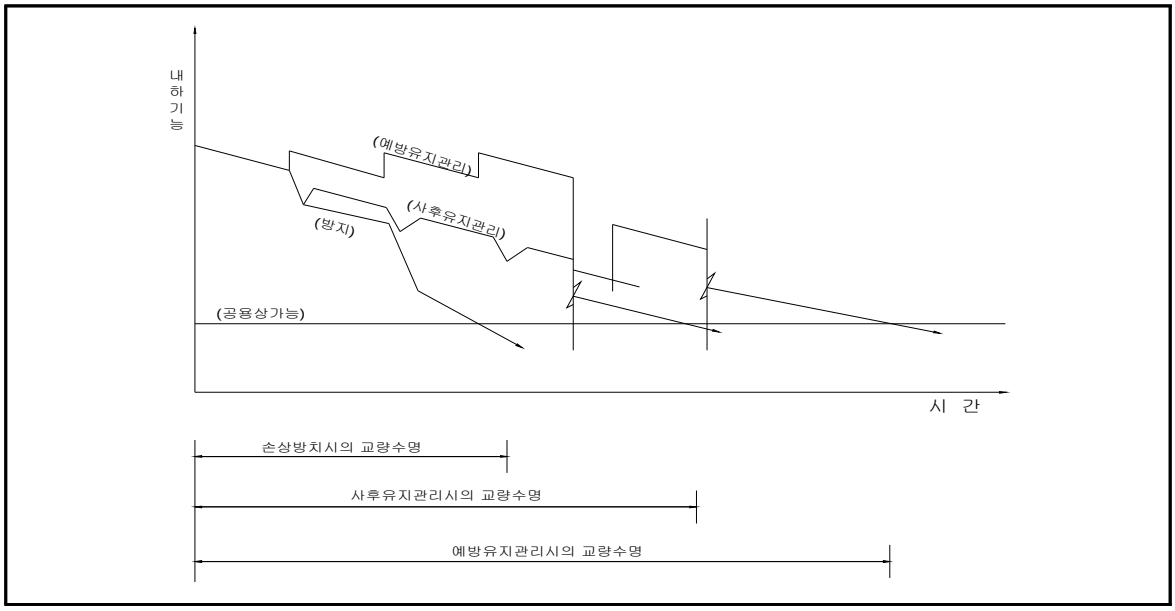
이루어질 것이다.

다. 유지관리의 종류

유지관리는 사후 유지관리와 예방 유지관리가 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견하여 적절한 조치를 취함으로서 문제발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나 오늘날은 진단기술 및 장비가 발달되어 예방 유지관리를 지향하고 있다.

토목시설물은 옥외에 설치된 경우가 대부분이고 장기간에 걸쳐 사용성·내구성·안전성 등의 기능을 확보해야 하므로 손상 초기단계에서 조치를 취하는 예방 유지관리 방식보다 경제적이고 또 교통의 안전성을 확보하기 위해서도 필요하다고 판단된다.

시설물은 건설된 후 시간경과에 따라 성능이 저하되는데 <그림 5.2.1>은 내하기능의 시간경과에 따른 변화추이 및 유지관리 단계에 따른 시설물의 수명연장을 개념적으로 보여주는 것이다.



<그림 7.2.1> 시설물의 시간경과에 따른 내하성능 저하

시설물은 일반적으로 시간경과에 따라 노후화(성능저하)가 진행되지만 이외에도 설계 시공시의 불량에 의한 결함, 외력, 환경변화 등에 의한 손상이 추가되면 기능저하가 가속된다. 이 경우 대응방법으로는 다음 3가지를 고려할 수 있다.

1) 방치하는 방법

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

2) 손상진행 후에 보수하는 방법

손상이 경미하게 진행한 시점에 보수하여 기능회복을 도모하면 사용년수를 연장할 수 있지만 손상 진행이 현저하면 기능회복이 어렵게 되고 기능회복 비용이 커진다.

3) 손상초기에 조치를 취하는 방법

손상의 초기단계에 조치를 취하면 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복할 수 있고 교량은 항시 건전한 상태를 유지하고 사용 년수를 연장할 수 있다.

7.2.2 유지관리 일반 업무

가. 자료관리

자료 관리는 해당 구조물에 관련된 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 업무를 말한다. 그 목적은 해당 구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위해서이다.

자료는 구조물의 점검·보수·보강시마다 자료가 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 관련내용을 전산화하여 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다. 유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

· 설계도서(종합보고서, 구조계산서, 준공도면, 보수부위 상세도면)

· 공사내역서 및 시공시방서 · 사진자료 및 시험결과 성적표

· 사고기록 및 조치사항

· 시설물 관리대장(점검 및 전단이력, 보수·보강이력)

· 상태 및 안전성 평가기록

나. 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

점검은 정기점검, 정밀점검(초기점검 포함), 긴급점검(손상점검, 특별점검)으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 상기의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.