

당현2교외 3개소 정밀점검 용역 묵동교 정밀점검 보고서



2008. 7.

북부도로교통사업소



수자원기술주식회사
WATER RESOURCES ENGINEERING CORPORATION

제 출 문

북부도로교통사업소 귀하

용역명 : 당현2교외 3개소 정밀점검 용역

귀 사업소와 계약에 의하여 수자원기술(주)에서 수행한 “당현2교외 3개소 정밀점검 용역(목동교)” 과업을 성실히 수행하고, 그 결과를 본 보고서로 제출합니다.

2008년 7월 일

서울시 강동구 길동 318번지
수 자 원 기 술 (주)
대표이사 전 제 상 (인)

참 여 기 술 자

▶ 과 업 명 : 당현2교외 3개소 정밀점검 용역

구 분	자 격 사 항	성 명	세부수행내용	비 고
과업 책임기술자	특급기술자	김 현 중	과업책임추진	
과업 주관	특급기술자	민 경 수	과업진행 총괄	
	특급기술자	김 해 성	전반적인 과업주관	
과업 참여기술자	특급기술자	유 일	현장조사 및 시험 보고서 작성	
	중급기술자	신 현 철	현장조사 및 시험 보고서 작성	
	특급기술자	양 영 길	현장조사 및 시험 보고서 작성	
	특급기술자	이 만 재	현장조사결과 분석 및 판단	
	특급기술자	김 영 민	현장조사결과 분석 및 판단	
	특급기술자	정 성 호	현장조사결과 분석 및 판단	
	특급기술자	장 정 환	현장조사결과 분석 및 판단	

위치도 및 전경



▶ 위치 : 서울특별시 중랑구 목동



목동교 상부 전경



목동교 측면 전경

정밀점검 결과표

작성일 : 2008년 7월

1. 시설물명 : 목동교

1.1. 주 용 도 : 도로교

1.2. 준공년월 : 2006년 (2년 경과)

1.3. 위 치 : 서울특별시 중랑구 목동

2. 관리주체 : 북부도로교통사업소

3. 점검의 목적

본 용역은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6조 규정에 의거 구조물에 대한 상세외관조사 및 콘크리트 내구성시험을 통하여 시공상태를 평가함과 동시에 구조물에 대한 안전성을 확인하여 향후 점검 및 진단 등 유지관리에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하며, 시설물의 기능 및 안전 확보를 통해 재해예방을 목적으로 한다.

4. 시설물 종합평가등급 : “A” 등급

5. 점검 결과 총평 및 건의

목동교는 2006년 준공된 서울시 중랑구 목동 일원의 교량이다. 외관조사결과 교면포장부 시.중점 인접도로부에 단차가 발생되어 보수가 요구된다. 기타 부재는 대체적으로 양호한 상태로 조사되었다. 콘크리트 내구성시험을 실시한 결과 콘크리트 비파괴 강도, 철근 배근조사, 탄산화, 염분함유량 시험 모두에서 전반적으로 시방기준에 만족하는 것으로 측정 조사되었다.

6. 점 검 기 간 : 2008. 3. 21 ~ 2008. 7. 31

7. 책임기술자 : 김 현 중



- 요약 문 -

1. 과업의 목적

본 용역은 북부도로교통사업소에서 유지관리하고 있는 목동교에 대해 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 따라 시행하는 정밀점검 용역으로서, 정밀점검 대상 시설물의 물리적 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사 측정 평가하여 손상등급을 판정하고, 이에 따른 대상 시설물의 손상 또는 구조적 결함부위에 대한 보수·보강방안을 결정하는데 그 목적이 있음.

2. 과업대상 교량

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		목동교	시 공 자		(주)광세건설
준공년도		2006년	설계·감리		(재)한국재난연구원 동신기술개발(주)
위 치		서울특별시 중랑구 목동			
설계하중		DB-24(1등교)			
제원	연장	L = 50.0m (25.0 + 25.0)			
	폭	B = 35.0m			
구조 형식	상부	PSC거더	하 부	교대	역T형
				교각	중력식
교량받침		탄성받침	신축이음		레일 조인트
기 타		※ 교면포장 : 아스팔트 포장			

3. 과업의 범위 및 내용

3.1 과업의 개요

- 용역명 : 당현2교외 3개소 정밀점검 용역
- 용역기간 : 2008. 3. 21 ~ 2008. 7. 31
- 시행청 : 북부도로교통사업소
- 용역수행사 : 수자원기술(주)

3.2 과업의 범위

- 현황조사 및 조사자료 분석
- 외관조사(변형, 균열, 구조적 결함 등) 및 비파괴 현장시험
- 시설물의 상태평가
- 시설물의 보수·보강 공법 제시 및 보수·보강 범위 결정
- 시설물의 효율적인 유지관리 방안 제시
- 종합평가 및 보고서 작성

3.3 과업의 내용

가. 현황조사 및 조사자료 분석

대상시설물의 상태를 파악하기 위하여 구조도면, 보수이력카드 등의 기초자료를 입수·검토하고 관련자료가 미흡한 교량은 현장답사를 통하여 교량의 특성 등을 면밀히 분석하였다.

나. 외관조사

- 1) 교량의 현황조사 및 이력조사
- 2) 노면 및 배수시설의 상태조사
- 3) 난간 및 연석부 상태조사
- 4) 신축이음(본체, 후타재) 및 교량받침의 상태 및 기능조사
- 5) 콘크리트 구조물의 균열, 콘크리트 탈락, 박리, 철근부식 등의 조사
- 6) 콘크리트 구조물의 표면열화 등 조사

다. 내구성조사

- 1) 콘크리트 강도 측정(반발경도법, 압축강도시험)
- 2) 콘크리트 탄산화 시험(페놀프탈레인 용액)
- 3) 철근 탐사 시험(RC-Rader)
- 4) 염화물함유량시험

라. 시설물의 상태(안전성)평가

- 1) 외관조사 결과를 각 평가기준과 비교하여 A, B, C, D, E의 5단계로 상태등급 표시
- 2) 손상상태 평가는 손상부위별로 작성하고, 전체부재의 조사 결과를 분석하여 종합평가 실시 후 정밀안전진단 여부를 판단하고 손상부위에 대한 외관조사망도 작성

마. 보수·보강공법의 제시 및 개략공사비 산출

- 1) 손상상태 평가 결과에 따라 부재별 보수·보강을 요하는 C, D, E 등급에 해당하는 사항은 부재별, 경간별 총괄표 작성 및 개략공사비 산정
- 2) 시설물의 상태평가 결과에 따라 보수대상 및 보수 우선순위 등 보수범위를 결정

바. 유지관리 방안의 제안

시설물의 기능유지 및 교량 특성에 맞는 중점 유지관리 항목 및 향후 효율적인 유지관리 방안 제시

사. 종합평가 및 보고서 작성

4. 과업수행 일정

■ 2008. 3. 21 ~ 2008. 7. 31

- 자료수집 및 분석 : 2008. 3. 21 ~ 2008. 4. 10
- 현장답사 : 2008. 4. 10 ~ 2008. 4. 20
- 현장조사 : 2008. 4. 21 ~ 2008. 6. 21
- 보고서작성 : 2008. 6. 22 ~ 2008. 7. 1
- 중간보고 : 2008. 7.
- 보고서 수정 및 최종 보고서 납품 : 2008. 7. 1 ~ 2008. 7. 31

5. 시설물 상태평가 결과

5.1 전차용역과 비교검토

부재명	손상내용	2006년도 손상물량	2007년 보수	2008년 손상물량	물량증가 여부	비고
교면 포장	• 시.중점부 단차	-	-	250.0m ²	-	신규발생
	• 보도부 단차	-	-	2.0m ²	-	신규발생
난간, 연석	• 상태양호	-	-	-	-	-
바닥판 하면	• 상태양호	-	-	-	-	-
배수 시설	• 그레이팅망실	-	-	1EA	-	신규발생
교대, 교각	• 누수흔적	-	-	13.0m ²	-	신규발생
	• 수직균열(cw:0.1mm)	-		4.5m	-	신규발생

5.2 외관조사

부재명		정밀점검 결과	손상원인	손상 물량	보수방법	보수 물량	보수 시기	
바닥판	상면	포장	• 시.중점부 단차	다짐부족 및 아스콘압밀	175.0m ²	포장덧씌우기	175m ²	중기
		• 보도부 단차	다짐부족	2.0m ²	보도부보수	2.0m ²	중기	
	난간연석	• 상태양호	-	-	-	-	-	
	하면	• 백태	배수관주변 우수침투	1.0m ²	주의관찰	-	-	
		• 보수부파손	외부충격	0.18m ²	주의관찰	-	-	
주형 및 가로보	• 상태양호	-	-	-	-	-		
배수 시설	• 그레이팅망실	공용중분실	1EA	그레이팅설치	1EA	장기		
신축이음	• 상태양호	-	-	-	-	-		
교좌장치	• 상태양호	-	-	-	-	-		
하부 구조 (교각, 교대)	• 누수흔적	신축이음부 교면수유입	13.0m ²	주의관찰	-	-		
	• 수직균열(cw:0.1mm)	건조수축	4.5m	주의관찰	-	-		

5.3 내구성 조사 결과

시험 항목	결과 분석	판정결과
강도 시험	•반발경도법 및 압축강도에 의한 콘크리트강도를 측정한 결과 교대, 교각 29.8~32.0MPa, 슬래브 45.6MPa로 측정되어 설계강도 교대·교각 21.0MPa, 슬래브 하면 27.0MPa를 상회하는 건전한 상태로 평가됨.	I (건전)
철근배근조사	•본 점검 대상 시설물의 콘크리트 부재에 대하여 철근 배근상태를 조사한 결과, 설계도면과 비교적 유사한 것으로 확인되어 전반적인 배근상태 및 피복두께는 설계 기준을 만족하는 것으로 평가됨.	상태양호
탄산화 시험	•페놀프탈레인용액을 이용하여 탄산화 시험을 실시한 결과 측정된 각 부재별 탄산화 깊이는 철근 피복두께의 1/2범위 이하로서 탄산화에 따른 철근 부식 등의 내구성 저하가 없는 안전한 상태로 평가됨.	b등급
염분함유량시험	•코아 채취를 이용한 염화물 함유량 분석결과 현 기준치인 0.3kgf/m ³ 미만의 a~b등급으로 측정되었다.	b등급

5.4 상태평가 결과종합

경간 번호	슬래브 하면	거더	가로 보	포장	배수	난간	지점 번호	신축 이음	받침 장치	하부	기초	탄산 화	결함도 점수	환산 결함도 점수
1	a	a	a	a	b	a	A1	a	a	b	Q	b	13.0	0.130
2	a	a	a	a	a	a	P1	x	a	a	Q	b	9.8	0.108
							A2	a	a	b	Q	b	12.7	0.127
상태평가 점수														0.122
상태평가 등급 : A														

목동교의 전체상태평가결과 문제점이 없는 최상의 상태인 **A등급**의 상태로 평가되었음.

6. 보수·보강 및 개략공사비

부재명	정밀점검 결과	보수 물량	단위	보수공법	단가	공사비	보수 시기
교면포장	■단차	175	m ²	포장덧씌우기	70,000	12,250,000	중기
보도부	■보도부 단차	2	m ²	보도부 보수	50,000	100,000	중기
배수시설	■그레이팅설치	1	EA	그레이팅설치	100,000	100,000	장기
순공사비						12,450,000	
제경비(순공사비의 50% 적용)						6,225,000	
총 공사비						18,675,000	

※ 2008년도 서울시 도시기반시설본부 도로 및 시설물 유지보수공사 설계지침Ⅱ(시설물분야)적용

구분	단기방안	중기방안	장기방안	총공사비	비고
순공사비	원	12,350,000원	100,000원	12,450,000원	
제경비	원	6,175,000원	50,000원	6,225,000원	
총 공사비	원	18,525,000원	150,000원	18,675,000원	

7. 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀점검 대상 시설물인 목동교는 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수·보강을 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 **정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며** 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.

8. 종합결론

- 1) 목동교는 2006년 준공된 서울시 중랑구 목동 일원의 교량으로 구조는 콘크리트거더교로 되어 있다. 외관조사결과 교면포장부 시.중점 인접도로부와 단차가 발생되어 보수가 필요한 것으로 조사되었다. 기타 부재는 대체적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 2) 콘크리트 내구성시험을 실시한 결과 콘크리트 비파괴 강도, 철근배근조사, 탄산화, 염분함유량 시험 모두에서 전반적으로 시방기준에 만족하는 것으로 측정 조사되었다.
- 3) 본 목동교는 **상태평가 결과 A등급** 교량으로서 문제점이 없는 최상의 상태로 조사되었다.

목 차

제1장 서 론	1
1.1 과업의 목적	2
1.2 과업의 범위 및 내용	2
1.3 과업수행 흐름도	4
1.4 과업수행 투입장비	5
1.5 과업수행 일정	5
1.6 대상교량의 일반현황	6
제2장 시설물의 상태평가	8
2.1 일반사항 및 상태평가 기준	9
2.2 외관조사	10
2.3 내구성 조사	16
2.4 상태평가 결과종합	32
제3장 보수·보강 및 유지관리방안	33
3.1 개 요	34
3.2 보수·보강 및 개략공사비	35
3.3 손상에 따른 보수·보강공법	36
3.4 유지관리 방안	36
제4장 종합결론	37
4.1 상태평가 결과	38
4.2 보수·보강 개략공사비	39
4.3 정밀안전진단 및 사용제한 필요성	40
4.4 종합결론	40
부 록	
1. 외관조사망도	
2. 콘크리트 비파괴 조사	
3. 염화물함유량 성적서	

제1장 서론

- 1.1 과업의 목적
- 1.2 과업 범위 및 내용
- 1.3 과업수행 흐름도
- 1.4 과업수행 투입장비
- 1.5 과업수행 일정
- 1.6 대상교량의 일반현황
- 1.7 시설물 관련도면

제1장 서론

1.1 과업의 목적

본 용역은 서울특별시 북부도로교통사업소에서 유지관리하고 있는 목동교에 대해 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 따라 시행하는 정밀점검 용역으로서, 정밀점검 대상 시설물의 물리적 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사 측정 평가하여 손상등급을 판정하고, 이에 따른 대상 시설물의 손상 또는 구조적 결함부위에 대한 보수·보강방안을 결정하는데 그 목적이 있음.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 개요

- 용역명 : 당현2교외 3개소 정밀점검 용역
- 용역기간 : 2008. 3. 21 ~ 2008. 7. 31
- 시행처 : 북부도로교통사업소
- 용역수행사 : 수자원기술(주)

1.2.2 과업의 범위

- 현황조사 및 조사자료 분석
- 외관조사(변형, 균열, 구조적 결함 등) 및 비파괴 현장시험
- 시설물의 상태평가
- 시설물의 보수·보강 공법 제시 및 보수·보강 범위 결정
- 시설물의 효율적인 유지관리 방안 제시
- 종합평가 및 보고서 작성

1.2.3 과업의 내용

가. 현황조사 및 조사자료 분석

대상시설물의 상태를 파악하기 위하여 구조도면, 보수이력카드 등의 기초자료를 입수·검토하고 관련자료가 미흡한 교량은 현장답사를 통하여 교량의 특성 등을 면밀히 분석하였다.

나. 외관조사

- 1) 교량의 현황조사 및 이력조사
- 2) 노면 및 배수시설의 상태조사
- 3) 난간 및 연석부 상태조사
- 4) 신축이음(본체, 후타재) 및 교량받침의 상태 및 기능조사
- 5) 콘크리트 구조물의 균열, 콘크리트 탈락, 박리, 철근부식 등의 조사
- 6) 콘크리트 구조물의 표면열화 등 조사

다. 내구성조사

- 1) 콘크리트 강도 측정(반발경도법, 압축강도시험)
- 2) 콘크리트 탄산화 시험(페놀프탈레인 용액)
- 3) 철근 탐사 시험(RC-Rader)
- 4) 염화물함유량시험

라. 시설물의 상태(안전성)평가

- 1) 외관조사 결과를 각 평가기준과 비교하여 A, B, C, D, E의 5단계로 상태등급 표시
- 2) 손상상태 평가는 손상부위별로 작성하고, 전체부재의 조사 결과를 분석하여 종합평가 실시 후 정밀안전진단 여부를 판단하고 손상부위에 대한 외관조사망도 작성

마. 보수·보강공법의 제시 및 개략공사비 산출

- 1) 손상상태 평가 결과에 따라 부재별 보수·보강을 요하는 C, D, E 등급에 해당하는 사항은 부재별, 경간별 총괄표 작성 및 개략공사비 산정
- 2) 시설물의 상태평가 결과에 따라 보수대상 및 보수 우선순위 등 보수범위를 결정

바. 유지관리 방안의 제안

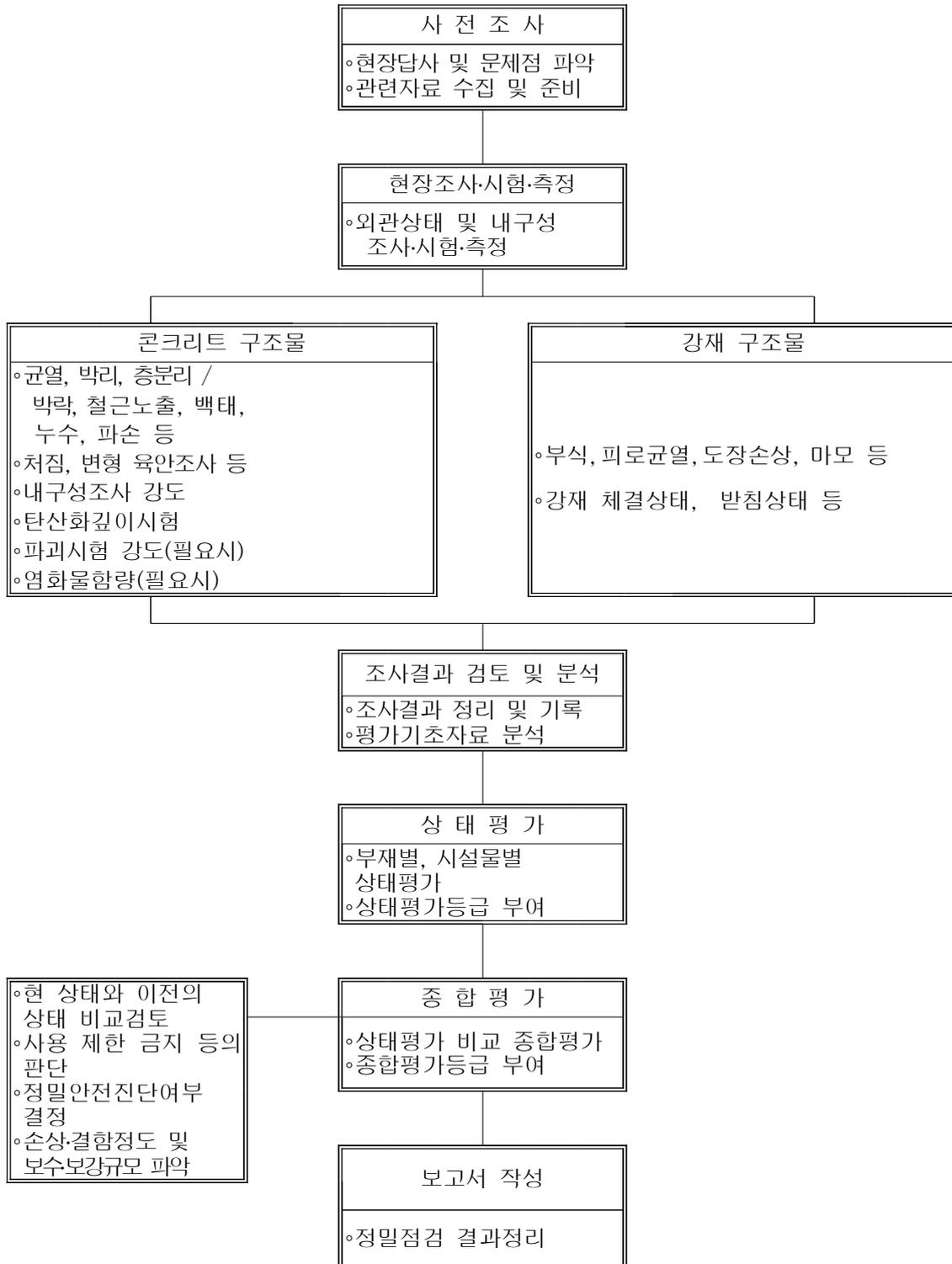
시설물의 기능유지 및 교량 특성에 맞는 중점 유지관리 항목 및 향후 효율적인 유지관리 방안 제시

사. 종합평가 및 보고서 작성

1.3 과업수행 흐름도

대상 시설물의 정밀점검을 위한 과업수행 흐름은 다음 【그림 1.3.1】 과 같다.

【그림 1.3.1】 정밀점검 과업수행 흐름도



1.4 과업수행 투입장비

본 과업 수행을 위하여 투입된 장비는 다음 【표 1.4.1】와 같다.

【표 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 및 외관조사 장비목록

구분	기기명	제조국	비고(검교정)
반발 경도 측정	Schmidt Hammer (NR Type)	스위스	2008년 2월 검수
외관 조사	사다리 교량점검차	한 국	-
균열깊이 측정	PUNDIT	한 국	2008년 2월 검수
균열폭 조사	Crack Meter	한 국	2008년 2월 검수
도막두께 측정	Digital Coating Thickness Gauge	한 국	2008년 2월 검수
사진 촬영	휴대용 디지털 카메라 (Zoom형)	한 국	-
기 타	기타 장비		-

1.5 과업 수행일정

■ 2008. 3. 21 ~ 2008. 7. 31

- 자료수집 및 분석 : 2008. 3. 21 ~ 2008. 4. 10
- 현장답사 : 2008. 4. 10 ~ 2008. 4. 20
- 현장조사 : 2008. 4. 21 ~ 2008. 6. 21
- 보고서작성 : 2008. 6. 22 ~ 2008. 7. 1
- 중간보고 : 2008. 7.
- 보고서 수정 및 최종 보고서 납품 : 2008. 7. 1 ~ 2008. 7. 31

1.6 대상교량의 일반현황

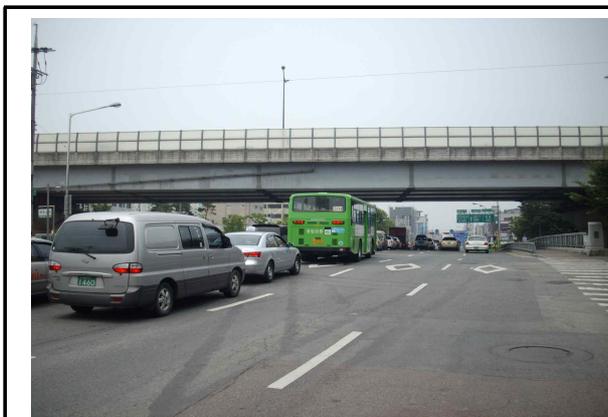
1.6.1 개요

목동교는 2006년 준공된(총 연장 50.0m, 교폭 35.0m) 서울시 중랑구 목동 일원의 교량으로 구조는 콘크리트거더교로 되어있다.

1.6.2 교량 일반사항

【표 1.6.1】 교량 일반사항

구분		내용	구분		내용
시설물명		목동교	시공사		(주)광세건설
준공년도		2006년	설계·감리		(재)한국재난연구원 동신기술개발(주)
위치		서울특별시 중랑구 목동			
설계하중		DB-24(1등교)			
제원	연장	L = 50.0m (25.0 + 25.0)			
	폭	B = 35.0m			
구조형식	상부	PSC거더	하부	교대	역T형
				교각	중력식
교량받침		탄성받침	신축이음		레일 조인트
기타		※ 교면포장 : 아스팔트 포장			



교량 상부 전경



교량 측면 전경

1.6.3 대상시설물 이력사항

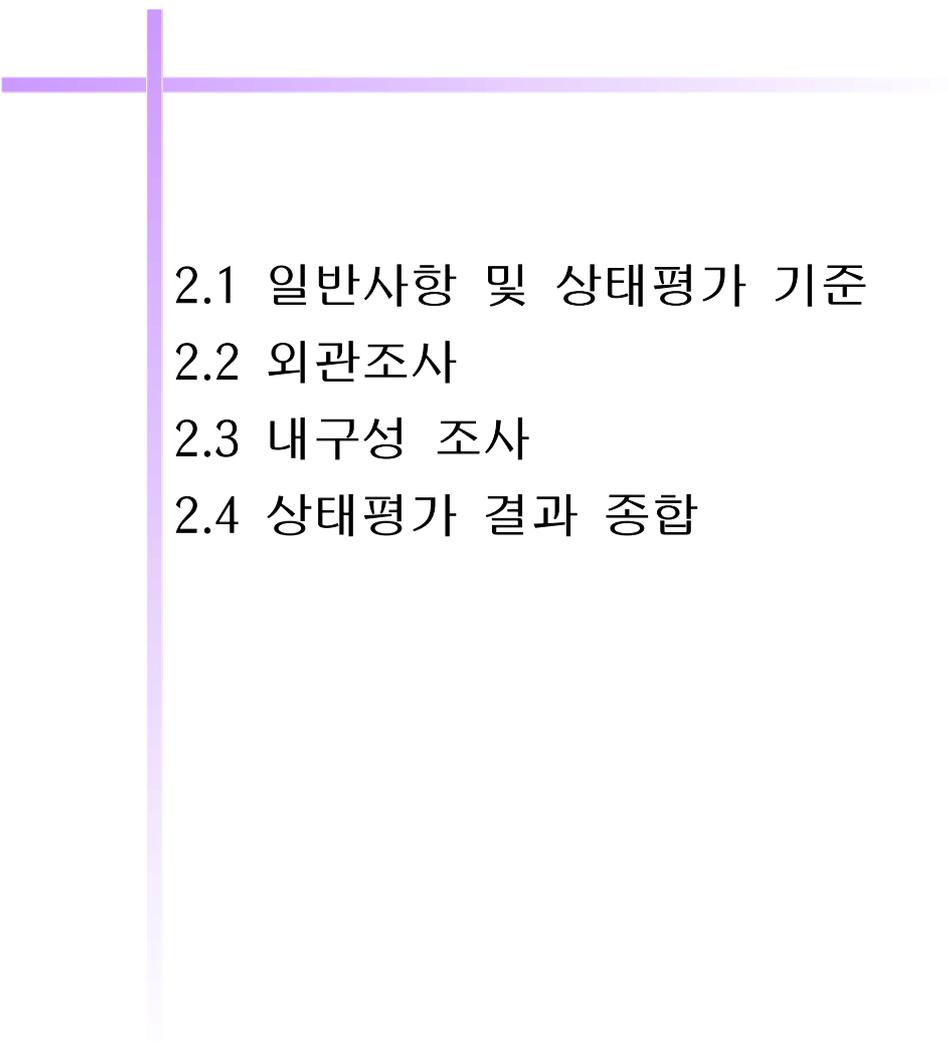
가. 보수·보강 이력

【표 1.6.3】 보수·보강 이력사항

일 자	보수·보강공사 내용	시공자	공사비(천원)
2006. 10.	목동교 신축	(주)광세건설	-



제2장 시설물 상태평가

- 
- 2.1 일반사항 및 상태평가 기준
 - 2.2 외관조사
 - 2.3 내구성 조사
 - 2.4 상태평가 결과 종합

제2장 시설물 상태평가

2.1 일반사항 및 상태평가 기준

2.1.1 일반사항

상태평가란 시설물의 외관을 조사하여 결함의 정도를 포함한 시설물에 대한 상태를 평가하는 행위로서 정확한 상태평가를 하기 위하여서는 평가부위의 노후화 및 파손의 정도뿐만 아니라 그 발생원인과 평가부위 주위의 전반적인 상태를 고려하여 시설물 전체에 미치는 영향을 평가하여야 한다. 외관조사 상태에 대한 판정기준은 건교부 및 한국시설안전기술공단에서 제시한 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2003. 12.)서에 준하여 적용하였으며, 시설물의 육안조사에 의한 외관상태 항목과 함께 내구성요소인 탄산화 시험항목도 상태평가기준의 요소로 포함하였다.

2.1.2 상태평가등급 기준

【표 2.1.1】 상태평가등급 기준

부 호	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태
주 기	<ul style="list-style-type: none"> ● A,B,C,D,E : 점검부재의 손상정도에 따라 상태가 양호한 경우 A등급에서 손상이 심할 경우 E로 손상의 정도에 따라 5등급으로 구분한다. 이에 대한 자세한 평가기준은 점검 부재별로 세분한다. ● Q : 점검 부재에 대한 접근이 불가능한 경우 등급Q를 사용하여 점검되지 않은 부재임을 표시하고, 반드시 향후 실시하는 점검시에 접근장비를 동원하여 점검한다. ● X : 점검대상 구조물에 해당 점검부위가 없을 경우 등급X를 사용하여 점검 필요성이 없음을 표시한다

2.2 외관조사 결과

목동교는 2006년에 신축되었으며 금회 외관조사를 실시결과를 상부구조(바닥판하면, 거더 및 가로보)⇒하부구조(교대 및 교각, 받침장치)⇒기타구조물(교면포장, 난간 및 연석, 배수시설, 신축이음장치)의 순서로 점검내용을 보고서에 기록하였다.

2.2.1 상부구조(바닥판하면)

가. 바닥판하면

○ 일반 현황

바닥판하면은 2006년에 신설되어 특이한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 2.2.1】 외관조사 결과(바닥판하면)

구분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
바닥판하면	· 상태양호	-	-	-	-

【사진 2.2.1】 손상현황(바닥판하면)



· 위치 : 바닥판하면 종방향 접속부
 · 현황 : 전경
 ◎대책방안 :



· 위치 : 바닥판하면 캔틸레버
 · 현황 : 전경
 ◎대책방안 :

2.2.2 하부구조(교대 및 교각, 받침장치)

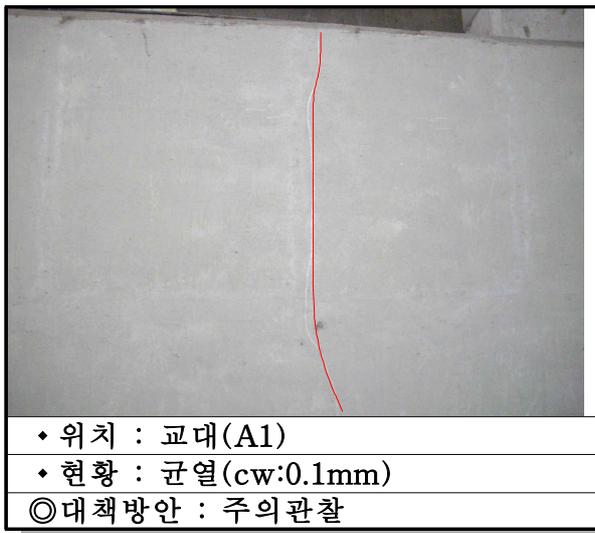
가. 교대 및 교각

목동교는 2006년에 신설된 교량으로 구조적인 손상은 없는 조사되었고, A1, A2에서 수직균열 및 누수흔적 등의 손상이 발생되었다.

【표 2.2.5】 외관조사 결과(교대, 교각)

구분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
교대, 교각	· 누수흔적	A=13.0m ² , 3EA	신축이음을 통한 교면수유입	주의관찰	
	· A1 수직균열 (cw:0.1mm)	L=4.5m, 3EA	건조수축	주의관찰	

【사진 2.2.5】 손상현황(교대, 교각)



○ 외관조사 결과

외관조사 결과 A1과 A2 구체에 신축이음부의 교면수가 유입되고 있는 것으로 조사되어 지속적인 주의관찰이 요구되며, A1에서는 건조수축으로 인한 균열이 3개소가 발생된 것으로 조사되었다.

나. 받침장치

○ 일반 현황

금회 외관조사방향은 받침장치 부식, 작동불량, 볼트체결불량, 들뜸 등의 손상 등에 대한 발생 여부를 조사토록 하였으며, 기존 2006년도 정밀점검 자료를 비교 검토하여 조사를 실시하였고 전체적으로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.2.9】 외관조사 결과(받침장치)

구분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
받침장치	· 상태양호	-	-	-	

【사진 2.2.8】 손상현황(받침장치)



○ 외관조사 결과(받침장치)

금회 받침장치 외관조사 결과 전체적으로 양호한 것으로 조사되었다.

2.2.3 기타구조물(교면포장, 콘크리트 방호난간, 배수시설, 신축이음장치)

가. 교면포장

교면포장부 전체적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 시.중점부에 포장부에 단차가 발생한 것으로 조사되어 지속적인 주의관찰이 요구된다.

【표 2.2.10】 외관조사 결과(교면포장)

구분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
교면포장	· 시.중점부 단차	A=40.0m ² , 2EA	다짐부족 및 아스콘압밀	포장덧씌우기	
	· 보도부 단차	2.0m ²	다짐부족	보도부보수	

【사진 2.2.9】 손상현황(교면포장)



○ 외관조사 결과(받침장치)

교면포장부 시점점부 인접도로부와 보도부에 다짐부족 및 아스콘압밀 등의 이유로 단차가 발생한 것으로 조사되었는데 이로 인하여 차량 및 행인들의 통행에 지장을 줄 수 있으므로 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석

난간 및 연석은 난간변형 및 연석부 균열등의 손상이 발생되지 않는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.2.11】 외관조사 결과(난간 및 연석)

구 분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
난간 및 연석	· 상태양호	-	-	-	

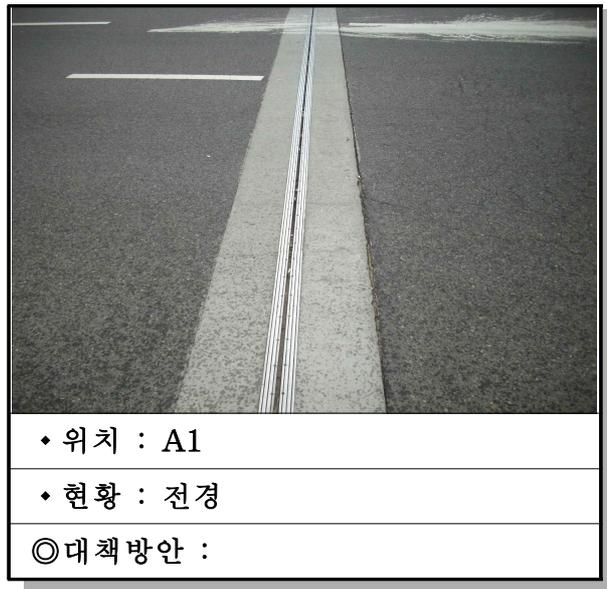
다. 신축이음장치

신축이음장치는 레일조인트로 시공되어있으며, 전체적으로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.2.12】 외관조사 결과(신축이음장치)

구 분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
신축이음	· 상태양호	-	-	-	

【사진 2.2.11】 손상현황(신축이음장치)



라. 배수시설

배수시설은 외관조사결과 S1에서 그레이팅망실이 1개소 조사되었다.

【표 2.2.13】 외관조사 결과(배수시설)

구 분	결함 및 손상내용	손상수량	발생 원인	보수방안	비고
배수시설	· 그레이팅망상	1EA	공용중 분실	그레이팅 설치	



2.2.4 전차용역과 비교검토

부재명	손상내용	2006년도 손상물량	2007년 보수	2008년 손상물량	물량증가 여부	비고
교면 포장	• 시.중점부 단차	-	-	250.0m ²	-	신규발생
	• 보도부 단차	-	-	2.0m ²	-	신규발생
난간, 연석	• 상태양호	-	-	-	-	-
바닥판 하면	• 상태양호	-	-	-	-	-
배수 시설	• 그레이팅망실	-	-	1EA	-	신규발생
교대, 교각	• 누수흔적	-	-	13.0m ²	-	신규발생
	• 수직균열(cw:0.1mm)	-		4.5m	-	신규발생

2.3 내구성 조사

2.3.1 목적

내구성 조사목적은 부재별로 선정된 시험부위에 대하여 콘크리트 비파괴 강도 및 탄산화 시험 등을 실시하여 콘크리트 품질상태를 파악하기 위하여 시행한다.

- 내구성 조사 대상으로 하는 구조물은 강·콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성 조사는 구조구체를 중심으로 수행한다.

2.3.2 내구성조사 기간

본 목동교의 내구성조사 수행기간은 총 2일로 세부 수행내용은 다음【표 2.3.1】과 같다.

【 표 2.3.1 】 내구성조사 세부수행 내용

비파괴 시험내용		사 용 장 비
부재	측정항목	
슬래브 하면	비파괴 강도조사 철근배근조사 탄산화 시험,	슈미트 햄머 철근탐사기 페놀프탈레인용액
교대 및 교각	비파괴 강도조사, 철근배근조사 탄산화 시험	슈미트 햄머 철근탐사기 페놀프탈레인용액

2.3.3 내구성조사 실시현황

본 목동교의 내구성조사는 강도조사, 탄산화시험, 철근탐사 등을 실시하였으며 시험장비 및 개소수는 다음【표 2.3.2】과 같다.

【표 2.3.2】 비파괴 시험장비 및 개소수

내구성조사 항목	사용장비	시험 개소수	비고
1) 압축강도 측정 조사	슈미트 햄머	4	
2) 철근탐사	철근탐사기	4	
3) 탄산화깊이 측정 조사	페놀프탈레인용액	2	
4) 염분함유량시험	코아채취	3	
5) 압축강도시험	코아채취	3	

2.3.4 반발 경도 시험

가. 개요

본 시험법은 콘크리트의 표면강도를 측정하는 시험으로 보편적으로 가장 손쉽게 시험할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 표면의 상태에 따라 오차를 가져올 수 있으며 콘크리트 재령이나 타격각도, 화학작용 즉 수화반응, 탄산화반응 등에 의하여 +, - 요인이 생겨나므로 반드시 이러한 요인에 대한 정확한 보정을 하여야 한다.

나. 슈미트해머의 종류

슈미트해머의 종류는 다음 【표 2.3.3】 과 같다.

【 표 2.3.3 】 슈미트해머의 종류

기종	충격에너지 (kg·m)	강도측정범위 (kgf/cm ²)	자중 (kg)	비고
N형(보통콘크리트)	0.225	150~600	1.0	반발경도R을 직접 읽음
NR형(동상)	0.225	150~600	1.4	반발경도R을 자동 기록
NP형(동상)	0.225	150~600	1.6	반발경도R을 자동 기록
ND형(동상)	0.225	150~600	1.6	반발경도RdI 디지털 표시기에 나타남
MTC형(동상)	0.225	150~1,000	1.6	콘크리트 압축강도기록
P형(저강도콘크리트용)	0.09	50~150	2.7	전자식 초기강도 추정
L(R)형(경량콘크리트용)	0.075	100~600	1.2	자동기록
M형(매스콘크리트용)	3.0	600~1,000	12.0	댐이나 활주로 등의 매스콘크리트용

슈미트 햄머를 사용하는 경우 사전에 테스트엔빌(TEST ANVIL)에 의한 정밀점검을 실시하여야 한다.

다. 비파괴 강도 측정방법

1) 적용방법

- 측정개소의 측정

- 두께 10cm 이하의 판재, 1변이 15cm 이하인 단면의 기둥·보 등 작은 치수의 부재는 피한다.
- 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

2) 반발경도 측정방법

Schmidt Hammer법에 의한 압축강도 시험은 외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해

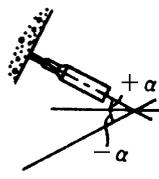
서 타격점간의 간격 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 5열의 선을 그어 직교되는 25점을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값(Rm)을 구한다.

산술평균값 Rm에 대해서 Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 $Rm \pm 15\%$ 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술 평균하여 반발경도 R을 구한다. 타격방향은 측정면에서 직각이 되게 하였으며, 측정값에 현격한 차이가 있는 곳은 그 옆에서 다시 타격하는 방법을 사용하였다.

3) 타격 방법

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

【 표 2.3.4 】 타격방향에 따른 반발경도 보정

Rebound value R_α	Correction for inclination angle				타격 방향 
	Upwards		Downwards		
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

라. 콘크리트 강도의 환산

- 재령보정계수 α 의 값

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일
α	1.90	1.84	1.75	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40
재령	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일
α	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08
재령	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	32일	34일	36일
α	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
재령	38일	40일	42일	44일	46일	48일	50일	52일	54일	56일
α	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86
재령	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일	74일	76일
α	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83
재령	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	150일
α	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

• 보정반발경도(R_0)

보정반발경도 R_0 은 다음 식과 같이 측정경도 R 에 보정값 $\Delta R_1, \Delta R_2$ 을 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$$

여기서, R : 측정 반발경도

ΔR_1 : 타격 방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤성에 따른 보정값

한편 보정치 ΔR 은 다음과 같은 방법으로 구한다.

• 압축강도 추정

보정 반발경도 R_0 로부터 압축강도 F_c 를 추정하는 식은 여러 가지가 제안되어 있으나 일반적으로 가장 널리 사용되고 있는 아래와 같은 식으로 압축강도를 추정하였다.

$$F_c = 13R_0 - 184 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{(일본재료학회)}$$

F_c = 테스트 햄머에 표시된 반발경도곡선에 의한 방법

• 28일 강도의 추정

시공 후 건조상태로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 다음식과 같이 시간경과 계수(α)을 압축강도 F_c 에 곱해 재령 28일 강도 (F'_{28})로 환산한 압축강도로 수정하여 콘크리트의 설계 압축강도로 추정한다.

$$F'_{28} = \alpha \cdot F_c$$

• 고강도 콘크리트 대한 제안식

$$F_c = (15.2 R_0 - 122.8) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{(서울대학원신기술연구소)}$$

$$F_c = (13.8 R_0 - 44) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{(구조물진단학회)}$$

$$F_c = (17.2 R_0 - 214) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{(시설안전기술공단 - 일반양생)}$$

$$F_c = (13.3 R_0 - 124) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{(시설안전기술공단 - 증기양생)}$$

F_c = 테스트 햄머에 표시된 반발경도곡선에 의한 방법

마. 반발경도시험 전경

NR Type의 반발경도시험기를 사용하였으며, 그 측정전경은 다음과 같다.



사. 반발경도시험 결과

본 구조물에 대한 콘크리트 강도시험 결과 측정치는 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되므로 구조물의 콘크리트 상태 및 품질상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 2.3.6】 콘크리트 내구성조사 결과

부위			반발경도 (R ₀)	반발경도법(MPa)		설계강도 (MPa)
				측정강도	평균강도	
목동교	바닥판 하면	S1 G5~G6	49	29.8	29.3	27.0
		S2 G6~G7	49	28.8		
	교대	A1	45	26.8	26.8	21.0
	교각	P2	45	25.2	25.2	21.0

2.3.5 철근 배근 탐사 시험

가. 시험개요

철근콘크리트 구조물의 내구성 및 안전성은 콘크리트의 균열 및 강도와 더불어 철근의 배근 상태에 따라 크게 달라진다. 콘크리트의 강도조사에 대해서는 앞 절에서 언급하였으며, 본 절에서는 철근의 배근 상태에 대해서 다루고자 한다. 철근의 배근 상태가 설계도면 보다 적은 개수로 넓은 간격으로 배근된 경우 구조물의 내력이 감소하게 되어 구조물의 내구성 및 안전성에 치명적인 약점을 가져올 수 있으며, 설계도면보다 과도하게 많은 개수로 좁은 간격으로 배근된 경우에도 구조물의 내력은 충분히 만족하지만, 예기치 못한 갑작스런 붕괴를 초래할 수도 있는 약점이 있다. 따라서, 철근콘크리트 구조물에서 철근의 배근 상태를 조사하는 것은 구조물의 내구성 및 안전성을 확인하기 위해서 중요한 부분이다.

나. 시험장비

JEI-60B의 표준구성품은 【표 2.3.7】 과 같다.

【 표 2.3.7 】 표준구성품

품 명		형 식	수 량	비 고
본체표시기		NJJ-53B	1	-
안 테 나		NJJ-43A	1	송·수신안테나 내장
부	신호케이블	CFQ-2861	1	5m
	전원케이블	-	1	변환아답터 첨부
속	퓨즈	-	2	-
	취급설명서	-	1	-
품	부속품수납상자	-	1	안테나 보관기능

JEI-60B의 Option품목은 【표 2.3.8】 와 같다.

【 표 2.3.8 】 Option품목

품 명	형 식	비 고
프린터	NKG-51	계조부착 감열식 라인프린터
Battery pack	NBB-229	연속사용시간 : 약 2시간
충전기	NBB-230A	충전시간 : 약 1시간
데이터레코더	PC-204A	-
데이터레코더용 접속케이블	CFQ-3154	2개
신호케이블	CFQ-2861-1	10m

□ 주요성능

【 표 2.3.9 】 JEJ-60B의 주요성능

측정방식	레이더 방식(화면모니터방식)
측 정 물	철근, 염화비닐관, 공동
피복두께(측정심도)	0.5~20cm(철근직경 6mm이상)
심도스케일	cm정보표시(특허 제2028226호) 및 기산(ns)표시
피치(수직수평분해능)	60mm이상 수평면, 수직면 단, 직경이 6mm의 철근이 깊이 60mm에 있는 경우
측정거리	최대 5m
디스플레이	256×128 DOT, 5×10화면(1화면은 50cm로 10화면분)
화상처리	2조 흑백, 백라이트 부착
제어기능	표면파처리(특허 제2096816호), 피크처리 안테나로 측정 ON/OFF, 커서로 X·Y좌표 표시
메모리용량	10화면의 데이터보관, 판독기능
안 테 나	0.4m/sec이하, 속도알람기능
조건설정	감 도 : 자동 및 수동 4단전환 천·심 : 천·심 2단전환 날짜설정 : 날짜, 시간, 데이터번호를 설정
외부메모리	데이터레코더 접속가능
기 타	시계내장, 배터리 알람, 안테나속도
전 원	AC100V±10%, 50/60Hz 또는 DC12V 전환가능 AC100V : 38VA, DC12V : 1.5A
치수·중량	본 체 : 225(폭)×173(높이)×300(길이)mm, 6.7kg 안테나 : 125(폭)×130(높이)×200(길이)mm, 1.1kg

다. 철근배근상태 측정방법

전자파를 콘크리트 내부에 방사해 그 전파가 콘크리트와 전기적 성질이 다른 물질(철근, 공동 등)의 반사물체와의 경계면에서 반사되어, 다시 콘크리트 표면의 수신안테나까지의 도달시간으로 반사물체까지의 거리를 알 수 있다.

콘크리트의 얇은 부분을 높은 분해력으로 탐사하는 것으로 목적으로 하기 때문에 pulse폭이 극히 짧은 약 1ns(1/10억)의 pulse를 사용한다.

콘크리트 중의 전자파의 속도(V)는 다음 식과 같다.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon\gamma}} \text{ (m/s)}$$

여기서, C : 전자파의 속도(3×10^8 m/s)

$\epsilon \gamma$: 콘크리트의 비유전율

【 표 2.3.10 】 비유전율

재 질 명	비 유 전 율	재 질 명	비 유 전 율
공 기	1	화 강 암	7
해 수	81	점 토	2.4
모 래	2.6	석 회 석	8
현 무 암	8	콘크리트	9

반사물체까지의 거리(D)는 다음 식과 같다.

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

여기서, V : 전자파의 속도(m/s)
T : 반사파의 송수신 시간차

라. 철근 배근 조사 전경

본 구조물의 철근배근조사는 RC Radar를 이용하여 조사하였고, 그 측정전경은 다음과 같다.



마. 철근 배근 조사

본 구조물의 철근배근조사 결과 일반적인 자료와 비교시 배근간격 및 피복두께가 추정설계치에 조금 못미치는 것으로 조사되었으나 이는 시공 중 및 측정시 발생할 수 있는 오차범위내의 수치이므로 전체적으로 철근배근과 피복두께는 양호한 상태로 조사되었다.

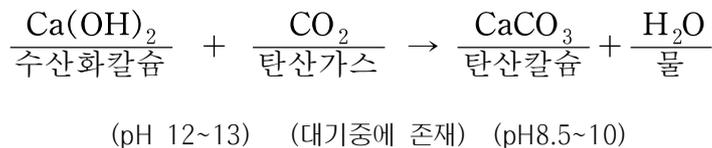
【표 2.3.11】 철근 배근 조사 결과

구 분		측정결과(mm)			추정설계치(mm)			
		주철근	배력근	피복두께	주철근	배력근	피복두께	
목 동 교	교대 및 교각	A1	253	300	65/66	250	300	-
		P2	255	305	70/75			
	슬래브 하면	S1 G5~G6	120	253	50/55	125	250	-
		S2 G6~G7	125	250	45/53			

2.3.6 탄산화 시험

가. 시험개요

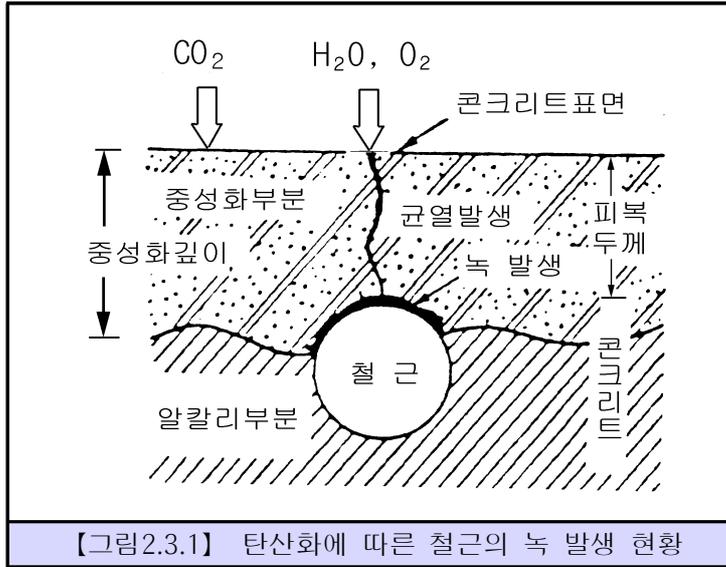
탄산화란 콘크리트가 강알칼리성(pH 12~13)에서 대기의 CO₂와 접촉하여 탄산화되어 가는 현상이다. 콘크리트 구조물의 성능저하의 요인으로 동해, 염해, 알카리 골재반응 등을 들 수 있으나 이러한 것들은 대체적으로 각각의 지역적인 요인과 재료적인 요인에 기인하고 있다. 그러나 콘크리트의 탄산화는 일반 환경하에서도 확실하게 진행되기 때문에 철근 부식에 따른 가장 기본적인 문제이다. 탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화 반응에서 생성되는 수산화칼슘 [Ca(OH)₂]은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10정도로 낮아지게 된다.



나. 탄산화에 의한 성능저하 특성 및 기준

탄산화는 콘크리트 표면에서 내부를 향하여 진행하며 콘크리트는 탄산가스와 반응한 중량만큼 무거워지고 치밀해 진다. 따라서 탄산화에 의해서는 물리적 성능저하보다는 콘크리트 내부의 철근부식이 문제가 된다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10⁻⁶mm 두께의 수산화물(γ-Fe₂O₃·nH₂O) 부동태막을 형성하므로 산소의 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 체적이 팽창하게 녹의 팽창압력에 의하여 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소등 구조물의 내구성저하를 초래하게 된다.

【그림2.3.1】는 탄산화에 의한 철근의 녹 발생을 나타내고 있다. 탄산화가 진행되는 속도는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질, 환경조건에 따라 다르다.



岸谷의 실험에 의하면 물-시멘트비 W/C, 기간 t년에 대한 탄산화 깊이 x(cm)의 관계는 다음과 같다.

$$W/C \geq 0.6 \text{ 일 때, } t = \frac{0.3(1.15 + 3W/C)}{R^2 (W/C - 0.25)^2} x^2$$

$$W/C \leq 0.6 \text{ 일 때, } t = \frac{7.2}{R^2 (4.6W/C - 1.76)^2} x^2$$

여기서, y = 탄산화깊이 C까지 도달하는데 소요되는 년수

X = 물 시멘트비 (강도 상의 물 시멘트비)

C = 탄산화 깊이 (cm)

R = 탄산화 비율

(골재, 화학 혼화제, 시멘트의 종류 등에 의해 정해지는 정수)

【표2.3.12】 콘크리트의 종류별 탄산화 비율 (R)

골재의 종류 혼화제 종류 시멘트의 종류	강모래·강자갈			강모래·화산자갈			화산자갈		
	Plain	AE제	AE 감수제	Plain	AE제	AE 감수제	Plain	AE제	AE 감수제
보통포틀랜드 시멘트	1.0	0.6	0.4	1.2	0.8	0.5	2.9	1.8	1.1
조강포틀랜드 시멘트	0.6	0.4	0.2	0.7	0.4	0.3	1.8	1.0	0.7
고로 슬래그 시멘트 (slag 30~40%)	1.4	0.8	0.6	1.7	1.0	0.7	4.1	2.4	1.6
고로 슬래그 시멘트 (slag 60% 전후)	2.2	1.3	0.9	2.6	1.6	1.1	6.4	3.8	2.6
silica 시멘트	1.7	1.0	0.7	2.0	1.2	0.8	4.9	3.0	2.0
fly-ash 시멘트 (fly-ash 20%)	1.9	1.1	0.8	2.3	1.4	0.9	5.5	3.3	2.2

▣ 경량 콘크리트(1종 및 2종)의 R은 강모래·강자갈 콘크리트와 강모래·화산자갈 콘크리트의 중간정도임

【표 2.3.13】 탄산화 깊이에 의한 측정값의 구분

측정값의 구분	구분의 기준 (탄산화 깊이)	비 고
A1	측정값 < 0.5 D	D : 철근피복 두께의 최소값
A2	0.5 D ≤ 측정값 < D	
A3	D ≤ 측정값	

【표 2.3.14】 탄산화 속도에 의한 구분

탄산화속도의 구분	구분의 기준 (탄산화 깊이)	비 고
B1	측정값 < 0.5×계산값	계산값 : 공식이용
B2	0.5×계산값 ≤ 측정값 < 1.5×계산값	
B3	1.5×계산값 ≤ 측정값	

【표 2.3.15】 탄산화에 의한 기능저하의 구분

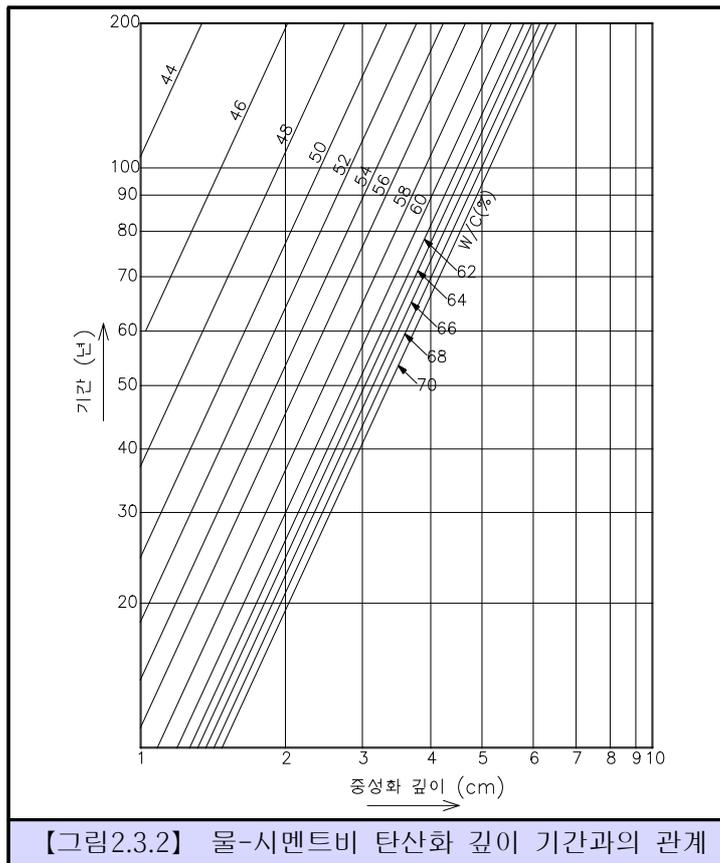
기능저하의 구분	구분의 기준 (탄산화 깊이)	비 고
I	A1 + B1, A1 + B2, A2 + B1	경미 : 예방 조치
II	A1 + B3, A2 + B2	보통 : 부위의 부분적 보수
III	A2 + B3, A3 + B1, A3 + B2, A3 + B3	과대 : 전면적 보수

앞의 식에서 R은 시멘트의 종류, 골재의 종류, 표면활성제의 사용 등에 의해 다른 정수이고, 강 모래·강자갈 콘크리트에 표면활성제를 사용하지 않을 때에는,

보통 포틀랜드 시멘트 사용시 $R = 1.0$

조강 포틀랜드 시멘트 사용시 $R = 0.6$

혼합 시멘트(고로·실리카·플리아애쉬 시멘트 등) $R = 1.7\sim 2.2$ 이고, 조강 포틀랜드 사용시에는 현저하게 탄산화가 늦어진다. 또한 AE제·분산제 등의 표면활성제를 이용하면 탄산화깊이는 사용하지 않을 때의 1/2이하로 되고, 위의 R값은 0.4~0.6배 정도가 된다. 천연경량골재 사용 콘크리트는 탄산화가 빠르고, 물-시멘트비에 대해서는 위의 식에서 알 수 있듯이 물-시멘트비가 작은 콘크리트일수록 탄산화가 늦다. 【그림2.3.2】은 R=1일 경우에 대한 식을 도표화한 것으로, 이 상황을 잘 알 수 있다.



다. 등급판정

탄산화에 의한 콘크리트 상태평가 등급은 아래 【표 2.3.16】에 의하고 이 표에서 등급 A, B, C, E에서 D이하인 경우는 보수가 필요하다. 등급 E의 경우는 철근의 부식도를 검토하여야 하며, 필요한 경우에는 보수보강을 하여야 한다.

【표 2.3.16】 탄산화깊이에 의한 상태평가 등급

등급	탄산화 깊이	
a	·미진행	
b	·피복두께/2 > 탄산화깊이	
c	·피복두께 ≥ 40mm 인 경우	·피복두께 > 탄산화깊이 ≥ 피복두께/2
d	·피복두께 < 40mm 인 경우	
e	·탄산화깊이 ≥ 피복두께	

라. 조사방법 및 전경

콘크리트 부재의 부식정도를 측정하는 방법으로는 페놀프탈레인법이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 페놀프탈레인은 ph 지시약의 일종으로서, 99% 에틸알콜에 증류수 및 1%의 페놀프탈레인 분말을 혼합하여 만들어지며, 이 지시약을 대상 부재에 분사하면 원 콘크리트의 특성을 보유한 ph 8.2~10.0 이상의 알칼리성 콘크리트에서는 붉은색으로 발색되고, 콘크리트가 부식되어 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없다. 측정부위의 선정 및 절취는 측정의 오차를 최소화하기 위하여 상태가 비교적 양호한 단면을 선정하여 코아, 보링 또는 다이아몬드 CUTTER로 천공 및 절단하여 성형한다. 대상구조물에 대한 콘크리트 부식측정은 대상 부재의 단면 결손을 최소화하기 위하여 DRILL로 측정부위를 천공하였고, 천공된 부위를 증류수로 충분히 세척한 후 페놀프탈레인 용액을 분무하여 콘크리트의 원 표면으로부터 발색면까지의 수직길이를 측정함으로써, 콘크리트의 탄산화깊이를 측정한다.

마. 탄산화 시험 결과

본 구조물의 탄산화시험 결과 탄산화 깊이가 조사된 피복두께의 1/2이하이므로 탄산화에 대하여서는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.17】 탄산화시험 결과

구 분			측정결과(mm)		이론치 (mm)	판정
			탄산화깊이	피복두께		
당현2교	바닥판 하면	S2	0.2	50	5.27	탄산화깊이 < 피복두께/2 이므로 "B"등급
	교대	A1	0.4	60	5.27	

2.3.7 염화물 함유량 조사

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

가. 염화물에 의한 성능저하 특성

철근의 녹은 다공질에 흡수성이 있어 녹이 두껍게 형성되어도 부식을 억제하는 효과는 적으며, 녹슨부분은 원래체적의 약 2.5~7.0배 팽창하기 때문에 피복 부분에 균열을 일으키고, 이에 따라 부식 작용은 더 가속화된다.

① 염화물 함유량이 어느 한계를 넘으면 철근의 부식속도가 가속화된다. 콘크리트가 치밀하고 pH11 정도 이상의 알카리성을 유지하고 있으면 소량의 염화물이 존재하여도 부식은 매우 느리지만, 콘크리트 시방서에 규정된 염화물 이온량 0.3kg/m^3 , 염화나트륨 함유량 0.04% 정도를 넘으면 철근부식의 가능성이 커진다.

② 철근 부식 속도는 콘크리트의 알카리성, 건습의 정도, 염화물 함유량의 다소에 따라 변화한다.

- 콘크리트가 탄산화되어도 건조한 환경에서는 부식속도는 느리다.
- 탄산화되고 습도가 적당하면 염화물이 침입하지 않아도 철근은 부식한다.
- 염화물 이온량이 어느 정도 이상 존재하면 콘크리트가 알카리성이어도 철근은 부식한다.
- 탄산화되고 피복두께가 얇으면서 적당히 습해 있으면 부식속도는 매우 빠르다.

③ 철근의 부식 상태를 외부에서 비파괴 시험으로 정확하게 판정하는 것은 어렵다. 자연전위 변화로부터 철근의 부식 정도를 추정하는 방법이 개발되어 있지만 철근량이 많은 실제 구조물의 경우는 측정이 곤란하다.

④ 철근이 상당히 부식되고 나서 콘크리트 표면에 균열이 발생한다. 염화물 이온에 의한 부식은 구조물 준공 후 빠르면 2~3년에 철근에 따라 균열이 발생한다.

⑤ 철근의 부식은 pitting상으로 되는 경우가 많다. 염화물에 의한 철근의 부식은 군데군데 pitting상으로 생기며, 철근의 단면결손이 이 pitting상 부식의 부분을 대상으로 한다.

⑥ 염화물 이온을 경화한 콘크리트로부터 제거하는 것은 어렵다. 콘크리트에 존재하는 염화

물 이온을 제거하기 위한 방법으로 전기영도법 등을 고려할 수 있으나, 실용화되어 있지 않다.

⑦ 염화물에 의해 철근이 부식되어 콘크리트에 균열이 생긴 후 부식의 진행을 외부에서 정지시키는 것은 곤란하다. 염화물에 의해 철근이 부식되어 생긴 균열에 에폭시(epoxy)수지를 주입하거나, FRP로 직접 씌우거나 해도 고가도로의 콘크리트 등에는 외부로부터 물이 침입하거나, 콘크리트 중에 산소와 수분이 어느 정도 존재하기 때문에 부식을 정지시키는 것은 불가능하다.

나. 염화물 함유량 기준

경화콘크리트 내부의 염화물에 의한 철근부식을 방지하기 위한 허용기준은 ACI 기준과 국내 콘크리트구조설계기준에 의하면 염화물에 노출된 철근콘크리트의 경우 수용성 염화물함유량은 사용한 시멘트 중량의 0.15% 이내가 되도록 규정하고 있다. 그러나 이 평가 기준은 공용구조물에서 재령 28 ~ 42일 이내 수용성염화물량을 측정하여야 하며, 이것은 공용기간 동안 추가로 침투할 염화물을 고려한 안전측인 허용기준이므로 안전진단과 같이 준공 후 일정기간이 지나서 구조물의 염화물 함유량에 대한 평가를 수행할 경우에는 적절하지 못한 기준으로 판단되며, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2003.12)에 의거 경화콘크리트의 염화물에 의한 철근부식을 방지하기 위한 기준으로 전염화물이온(Cl-) 함유량을 기준으로 규정하고 있으며, 강재가 부식될 수 있는 부식발생 한계 염화물량은 전염화물을 기준으로 1.2kg/m³ 로 규정하고 있다. 본 과업에서도 이를 토대로 전염화물량을 측정하여 평가하였다.

【표 2.3.20】 염화물 함유량 상태평가 기준

등급	철근위치의 전염화물
a	염화물 < 0.3kg/m ³
b	0.3kg/m ³ < 염화물 ≤ 0.6kg/m ³
c	0.6kg/m ³ < 염화물 ≤ 0.9kg/m ³
d	0.9kg/m ³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m ³
e	염화물 ≥ 1.2kg/m ³

다. 코어의 염화물 함유량 분석

염화물 함유량 측정시험은 질산은 적정법에 의한 콘크리트 시료에 포함된 전염화물 이온량(Cl-)을 측정하는 시험을 수행하였으며, 상부구조 S1와 P1, A1에서 코어를 채취하여 시료를

시험한 결과 측정된 깊이별 전염화물 함유량은 【표 2.3.21】 과 같다.

【표 2.3.21】 전염화물 함유량 측정 결과

위 치	콘크리트 중의 환산염화물 함량 (kg/m ³)	판정등급	피복두께 측정치 (mm)	염화물 상태평가 기준 (kg/m ³)
S1 바닥판	0.31	b	50.0	등 급 a : 염화물 < 0.3 b : 0.3 < 염화물 ≤ 0.6 c : 0.6 < 염화물 ≤ 0.9 d : 0.9 < 염화물 ≤ 1.2 e : 염화물 ≥ 1.2
P1 교대	0.14	a	50.0	
A1 교대	0.31	b	50.0	

주) - 부재별 염화물 상태평가 기준은 철근위치의 전 염화물에 대한 환산염화물 함량 기준임.

코아 채취를 이용한 염화물 함유량 분석결과 현 기준치인 0.3kg/m³미만의 a~b등급으로 측정되었다.



코아채취 전경



코아채취 전경

2.3.8 압축강도시험

콘크리트의 현재 내구성 상태를 직접 조사하기 위하여 코어채취를 통한 실내 시험을 수행하였다.

본 과업대상 구조물의 코어 공시체 시험결과는 다음과 같다.

【표 2.3.22】 압축강도시험 결과

부위			압축강도(MPa)	설계강도(MPa)
당현2교	바닥판 하면	S1	45.6	27.0
	교대	P1	32.0	21.0
	교각	A1	29.8	21.0

2.4 상태평가 결과종합

2.4.1 상태평가등급 산정

【 표 2.4.1】 외관조사 및 내구성 평가결과에 의한 상태평가등급 산정

경간 번호	슬래브 하면	거더	가로 보	포장	배수	난간	지점 번호	신축 이음	받침 장치	하부	기초	탄산 화	결함도 점수	환산 결함도 점수
1	a	a	a	a	b	a	A1	a	a	b	Q	b	13.0	0.130
2	a	a	a	a	a	a	P1	x	a	a	Q	b	9.8	0.108
							A2	a	a	b	Q	b	12.7	0.127
상태평가 점수														0.122
상태평가 등급 : A														

2.4.2 상태평가등급 평가

등급	A	B	C	D	E
결함도범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

목동교의 전체상태평가결과 문제점이 없는 최상의 상태인 **A등급**의 상태로 평가되었음.

제3장 보수·보강 및 유지관리방안

3.1 개 요

3.2 보수·보강 및 개략공사비

3.3 손상에 따른 보수·보강 공법

3.4 유지관리방안

제3장 보수·보강 및 유지관리방안

3.1 개요

3.1.1 일반사항

본 장에서는 외관상태평가에서 확인된 결함과 손상상태를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강 방법의 제안 및 각 부재별 손상상태에 따른 부재별 개선방향 및 범위를 제시하여 시설물의 효율적인 보수·보강이 행해질 수 있도록 하였으며, 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적을 두었으며, 주요손상 및 결함에 따른 보수·보강방법을 일람표를 작성하여 요약하였고, 이에 따른 보수·보강방법을 상세히 기술하였다.

또한, 유지관리는 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 수시점검, 일상점검, 정기점검 등을 통하여 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위로서 본 장에서는 대상 시설물의 제반 특성 등을 고려한 유지관리 방안을 제시함으로써 향후 효율적 유지관리가 행해질 수 있도록 하였다.

3.1.2 보수·보강 우선순위

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

- 보수보다 **보강**을, **주부재**를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 **중요도**, 발생한 **결함의 심각성** 등을 종합 검토하여 결정한다.

구분	순위	내용
단기	1순위	-주요부재의 구조적 안전성을 확보하기 위한 시급한 보수
	2순위	-주요부재 및 보조부재에 발생된 손상으로서 공용기간의 증대에 따라 구조적인 안전성에 점진적으로 위해가 될 수 있는 손상에 대한 보수
장기	3순위	-주요부재 및 보조부재에 발생된 손상으로서 내구성 확보를 위한 보수
	4순위	-주요부재 및 보조부재에 장기적으로 예상되는 내구성 저하방지를 위한 보수

3.2 보수·보강 및 개략공사비

3.2.1 부재별 보수·보강 방안

북동교의 부재별 손상·결함부에 대한 보수·보강방안은 다음 【표 3.2.1】 과 같다.

【표 3.2.1】 부재별 보수·보강 방안

부재명		정밀점검 결과	손상원인	손상 물량	보수방법	보수 물량	보수 시기	
바 닥 판	상 면	포장	• 시.중점부 단차	다짐부족 및 아스콘압밀	175.0m ²	포장덧씌우기	175m ²	중기
			• 보도부 단차	다짐부족	2.0m ²	보도부보수	2.0m ²	중기
		난간 연석	• 상태양호	-	-	-	-	-
	하 면	• 백태	배수관주변 우수침투	1.0m ²	주의관찰	-	-	
			• 보수부파손	외부충격	0.18m ²	주의관찰	-	-
	주형 및 가로보		• 상태양호	-	-	-	-	-
배수 시설		• 그레이팅망실	공용중분실	1EA	그레이팅설치	1EA	장기	
신축이음		• 상태양호	-	-	-	-	-	
교좌장치		• 상태양호	-	-	-	-	-	
하부 구조 (교각, 교대)	• 누수흔적	신축이음부 교면수유입	13.0m ²	주의관찰	-	-		
		• 수직균열(cw:0.1mm)	건조수축	4.5m	주의관찰	-	-	

3.2.2 보수·보강 개략공사비

【표 3.2.2】 보수·보강 개략공사비

부재명	정밀점검 결과	보수 물량	단위	보수공법	단가	공사비	보수 시기
교면포장	■단차	175	m ²	포장덧씌우기	70,000	12,250,000	중기
보도부	■보도부 단차	2	m ²	보도부 보수	50,000	100,000	중기
배수시설	■그레이팅설치	1	EA	그레이팅설치	100,000	100,000	장기
순공사비						12,450,000	
제경비(순공사비의 50% 적용)						6,225,000	
총 공사비						18,675,000	

※ 2008년도 서울시 도시기반시설본부 도로 및 시설물 유지보수공사 설계지침표(시설물분야)적용

【표 3.2.3】 우선순위별 보수·보강 개략공사비

구분	단기방안	중기방안	장기방안	총공사비	비고
순공사비	원	12,350,000원	100,000원	12,450,000원	
제경비	원	6,175,000원	50,000원	6,225,000원	
총 공사비	원	18,525,000원	150,000원	18,675,000원	

3.3 손상에 따른 보수·보강 공법

과업대상 구조물에 대한 부재별 손상에 따른 보수·보강 대상 부재는 각 부재별 외관 조사에 의한 상태등급이 C등급 이하인 부재로 선정하고 각 부재별 손상에 대하여 보수·보강을 수록하였음.(목동교는 보수공법 없음.)

3.4 유지관리방안

3.4.1 개요

본 구조물에 대한 정밀점검을 통하여 시설물의 구조적·기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 적절한 조치를 취하기 위하여 외관조사 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하고, 보수·보강 등의 방법을 제시함으로써 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효용증진과 공공의 안전을 확보해야한다. 금번 실시한 점검에서 이상이 발견된 개소에 대하여는 향후 반드시 보수·보강을 실시하여야 하고 다음에 제시하는 유지관리방안 및 중점점검방안에 따라 정기점검 ◀분기별 1회 이상▶이 이루어져야 한다.

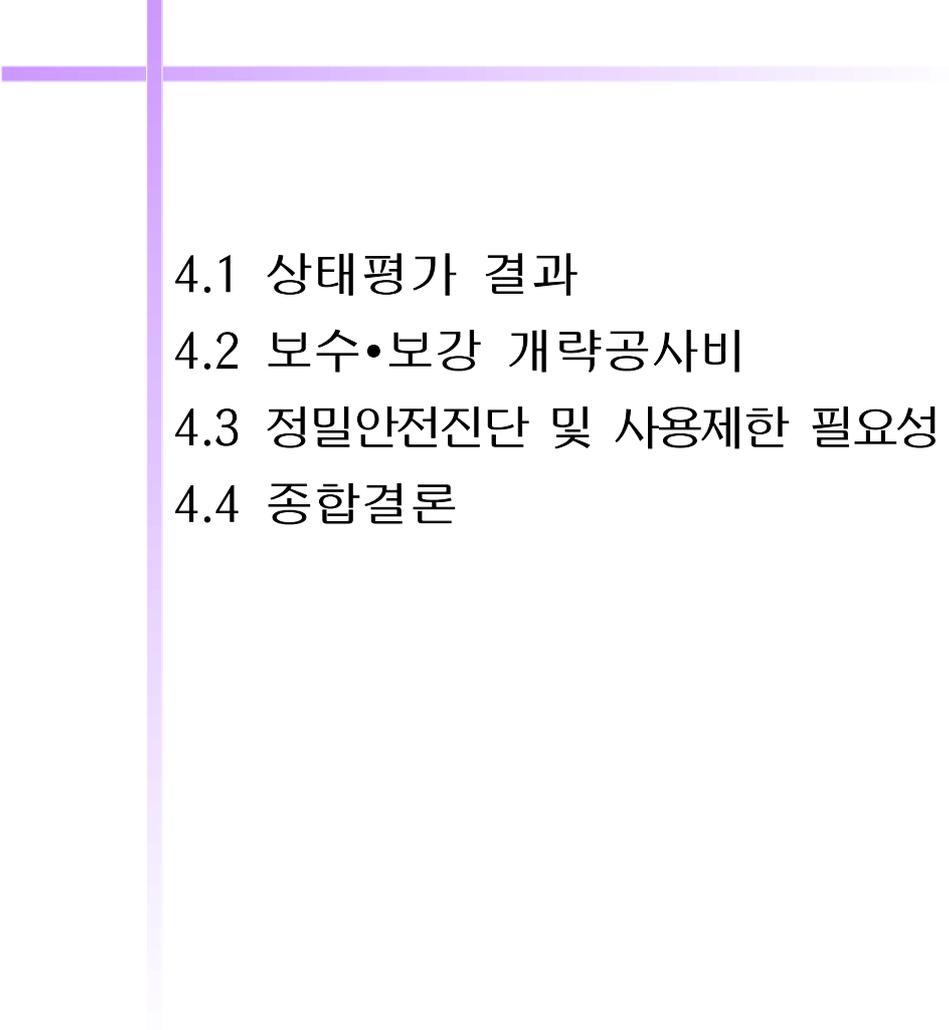
3.4.2 유지관리방안

정밀점검의 실시결과에 근거하여 구조물의 전체적인 안전성, 기능성, 내구성 등을 향상 및 유지하기 위한 유지관리방안을 다음과 같이 제안한다.

부재명	손상현황	중점 유지 관리 방안	보수시기
교면포장	<ul style="list-style-type: none"> 시. 중점부 압밀침하 	<ul style="list-style-type: none"> 교면포장에 시.중점부에 압밀침하가 발생되어 단차가 발생되어 지속적인 주의관찰이 요구된다. 	분기



제4장 종합결론

- 
- 4.1 상태평가 결과
 - 4.2 보수·보강 개략공사비
 - 4.3 정밀안전진단 및 사용제한 필요성
 - 4.4 종합결론

제4장 종합결론

4.1 상태평가 결과

4.1.1 외관조사

부재명		정밀점검 결과	손상원인	손상 물량	보수방법	보수 물량	보수 시기	
바 닥 판	상 면	포장	• 시.중점부 단차	다짐부족 및 아스콘압밀	175.0m ²	포장덧씌우기	175m ²	중기
			• 보도부 단차	다짐부족	2.0m ²	보도부보수	2.0m ²	중기
	하 면	난간 연석	• 상태양호	-	-	-	-	-
			• 백태	배수관주변 우수침투	1.0m ²	주의관찰	-	-
		• 보수부파손	외부충격	0.18m ²	주의관찰	-	-	
주형 및 가로보		• 상태양호	-	-	-	-	-	
배수 시설		• 그레이팅망실	공용중분실	1EA	그레이팅설치	1EA	장기	
신축이음		• 상태양호	-	-	-	-	-	
교좌장치		• 상태양호	-	-	-	-	-	
하부 구조 (교각, 교대)		• 누수흔적	신축이음부 교면수유입	13.0m ²	주의관찰	-	-	
		• 수직균열(cw:0.1mm)	건조수축	4.5m	주의관찰	-	-	

4.1.2 내구성 조사

시 험 항 목	결 과 분 석	판정결과
강도 시험	•반발경도법 및 압축강도에 의한 콘크리트강도를 측정된 결과 교대, 교각 29.8~32.0MPa, 슬래브 45.6MPa로 측정되어 설계강도 교대·교각 21.0MPa, 슬래브 하면 27.0MPa를 상회하는 건전한 상태로 평가됨.	I (건전)
철근배근조사	•본 점검 대상 시설물의 콘크리트 부재에 대하여 철근 배근상태를 조사한 결과, 설계도면과 비교적 유사한 것으로 확인되어 전반적인 배근상태 및 피복두께는 설계 기준을 만족하는 것으로 평가됨.	상태양호
탄산화 시험	•페놀프탈레인용액을 이용하여 탄산화 시험을 실시한 결과 측정된 각 부재 별 탄산화 깊이는 철근 피복두께의 1/2범위 이하로서 탄산화에 따른 철근 부식 등의 내구성 저하가 없는 안전한 상태로 평가됨.	b등급
염분함유량시험	•코아 채취를 이용한 염화물 함유량 분석결과 현 기준치인 0.3kgf/m ³ 미만의 a~b등급으로 측정되었다.	b등급

4.1.3 상태평가 결과종합

경간 번호	슬래브 하면	거더	가로 보	포장	배수	난간	지점 번호	신축 이음	받침 장치	하부	기초	탄산 화	결함도 점수	환산 결함도 점수
1	a	a	a	a	b	a	A1	a	a	b	Q	b	13.0	0.130
2	a	a	a	a	a	a	P1	x	a	a	Q	b	9.8	0.108
							A2	a	a	b	Q	b	12.7	0.127
상태평가 점수														0.122
상태평가 등급 : A														

목동교의 전체상태평가결과 문제점이 없는 최상의 상태인 **A등급**의 상태로 평가되었음.

4.2 보수·보강 개략공사비

부재명	정밀점검 결과	보수 물량	단위	보수공법	단가	공사비	보수 시기
교면포장	■단차	175	m ²	포장덧씌우기	70,000	12,250,000	중기
보도부	■보도부 단차	2	m ²	보도부 보수	50,000	100,000	중기
배수시설	■그레이팅설치	1	EA	그레이팅설치	100,000	100,000	장기
순공사비						12,450,000	
제경비(순공사비의 50% 적용)						6,225,000	
총 공사비						18,675,000	

※ 2008년도 서울시 도시기반시설본부 도로 및 시설물 유지보수공사 설계지침Ⅱ(시설물분야)적용

구분	단기방안	중기방안	장기방안	총공사비	비고
순공사비	원	12,350,000원	100,000원	12,450,000원	
제경비	원	6,175,000원	50,000원	6,225,000원	
총 공사비	원	18,525,000원	150,000원	18,675,000원	

4.3 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

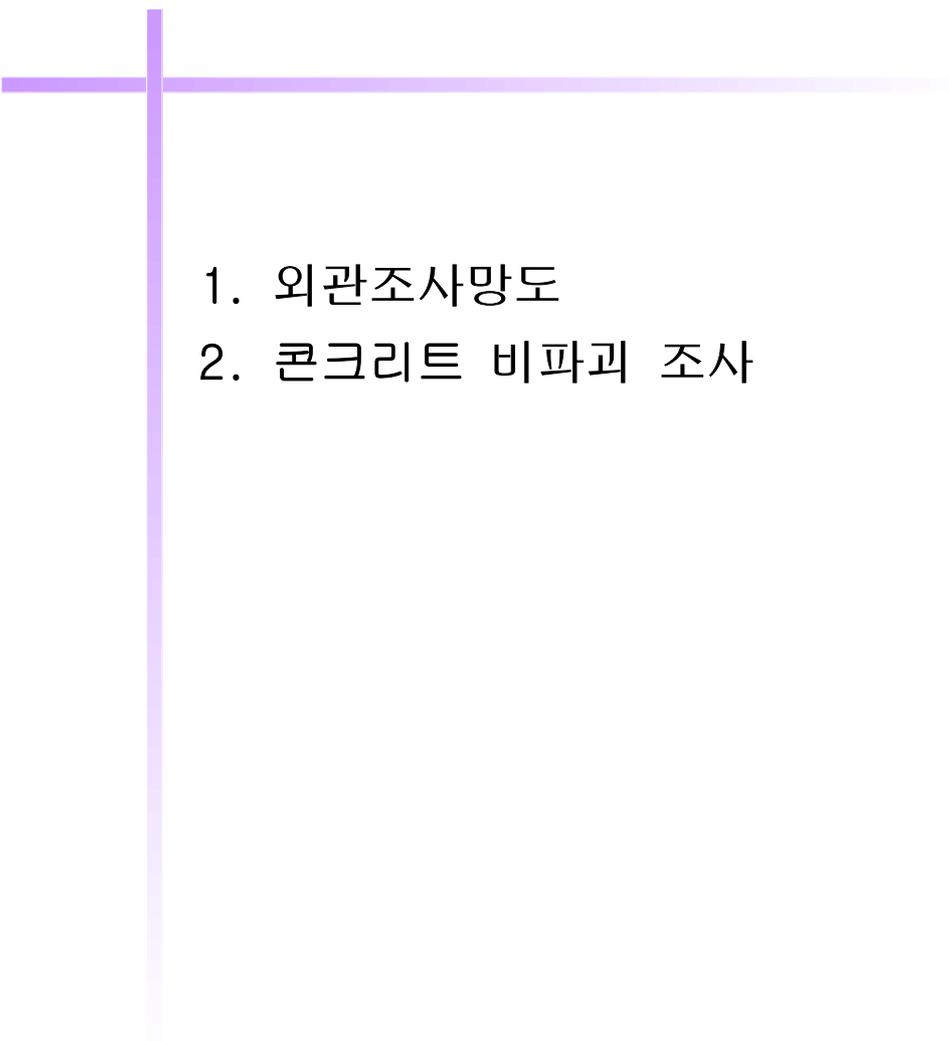
정밀점검 대상 시설물인 목동교는 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수·보강을 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.

4.4 종합결론

- 1) 목동교는 2006년 준공된 서울시 중랑구 목동 일원의 교량으로 구조는 콘크리트거더교로 되어있다. 외관조사결과 교면포장부 시.중점 인접도로부와 단차가 발생되어 보수가 필요한 것으로 조사되었다. 기타 부재는 대체적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 2) 콘크리트 내구성시험을 실시한 결과 콘크리트 비파괴 강도, 철근배근조사, 탄산화, 염분함유량 시험 모두에서 전반적으로 시방기준에 만족하는 것으로 측정 조사되었다.
- 3) 본 목동교는 상태평가 결과 A등급 교량으로서 문제점이 없는 최상의 상태로 조사되었다.



부 록

- 
1. 외관조사망도
 2. 콘크리트 비파괴 조사

1. 외관조사망도

2. 콘크리트 비파괴 조사

한글서체
3부
권재권
양
가
()

2008.7



한글서체
3부
권재권
양
가
()