

구로고가 보수공사 실시설계용역 보고서

2012. 4



서울특별시 강서도로사업소



비엔티엔지니어링(주)

Bridge & Tunnel Engineering Co., LTD

구로고가 보수공사 실시설계용역 보고서 2012.4



서울특별시 강서도로사업소

● 제 출 문 ●

서울특별시 강서도로사업소장 귀하

귀 사업소와 2012년 3월 2일자로 계약을 체결한 "구로고가 보수공사 실시 설계 용역"을 성실히 수행하고 구로고가 보수공사 실시설계에 관한 내용을 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2012년 4월

서울특별시 서초구 서초동 1487-32 디유빌딩 1층
비엔티엔지니어링(주)
대표이사 이 상 민 (인)

구로고가 현황표

작성일 : 2012년 4월 18일

구 분	내 용	구 분	내 용		
시설물명	구로고가교	시설물 번호	-		
준공년월일	1977. 7	관리번호	-		
시설물위치	서울특별시 구로구 가리봉동 140번지				
설계하중	32.4ton	노선명(이정)	남부순환로		
제원	연장	L = 154.0m			
	폭	B = 18.2m(왕복 5차로)			
구조 형식	상부	PSC-I형	기초 형식	교대	-
	하 부	교 대		반중력식	교각
		교 각	T형		
교량받침	탄성받침	신축이음	NEW Finger Joint		
교차시설물 (도로, 철도, 하천)	광명-구로간 도로	통과 높이	-		
부착시설내용	난간				
기타					

● 구로고가 위치도 ●

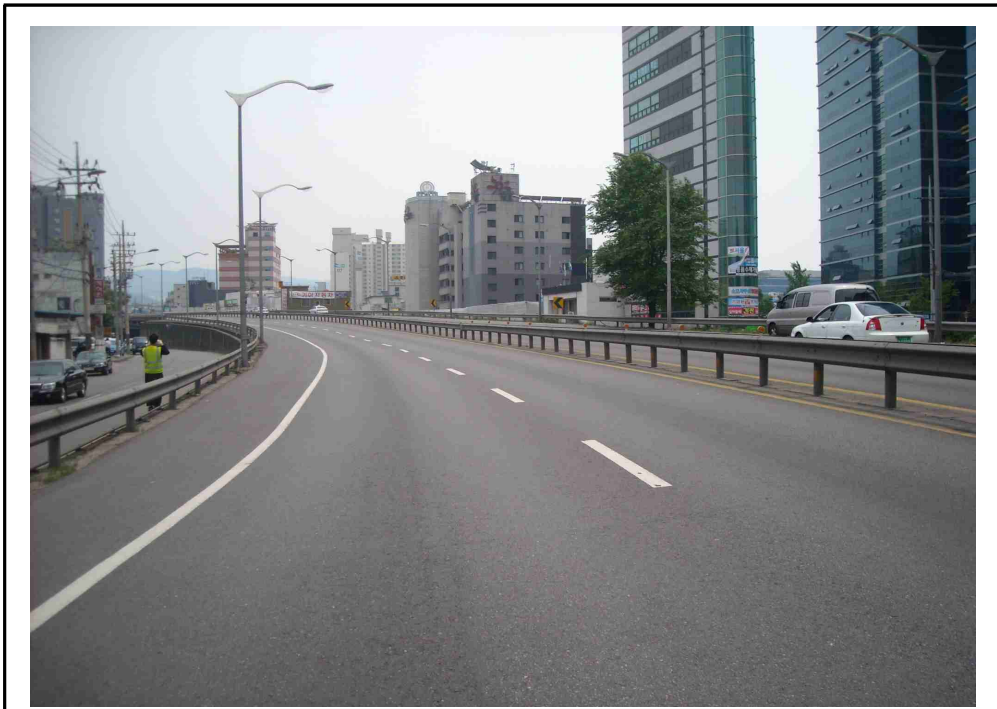


구로고가 위치도



구로고가 전경사진

● 구로고가 전경 ●



교량 포장면 전경



교량 하부전경

● 목 차 ●

제 1장 서 언	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 개요	3
1.2.1 과업명	3
1.2.2 과업의 범위	3
1.2.3 대상시설물	4
1.2.4 과업기간	4
1.3 과업의 수행방법	5
1.4 과업 교량의 제원	6
1.5 기호의 정의	8
1.5.1 시설물 기호의 정의	8
제 2장 자료조사 및 분석	9
2.1 개 요	11
2.1.1 설계도서 및 기존자료 검토	12
2.1.2 시설물 보수이력	13
2.2 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)	15
제 3장 현장조사 및 시험	17
3.1 개요	19
3.2 바닥판 외관조사 결과	20
3.2.1 바닥판 하면의 손상단계	20
3.2.2 바닥판 손상 진행단계 이론적 배경	21
3.3 콘크리트 내구성 평가	25
3.3.1 개 요	25
3.3.2 비파괴압축강도	25
3.3.3 철근탐사시험	27
3.4 결과 요약	28
3.4.1 주요 외관조사 결과	28
3.4.2 비파괴 시험 결과	28
3.5 구조해석	29
3.5.1 개 요	29
3.5.2 LMC 포설시 적용되는 하중	29
3.5.3 결과분석	30
3.5.4 지점부 인장철근 설계	31

제 4장 보수설계방안	33
4.1 개 요	35
4.2 보수설계 기본 방향	36
4.2.1 구로고가 보수방향	36
4.3 바닥판 슬래브 보수방안 및 결과 요약	38
4.3.1 바닥판 슬래브 보수방안 비교	38
4.3.2 바닥판 슬래브 순서개요도	39
제 5장 결언	41
5.1 시설물 현황	43
5.2 2011년 정밀점검 및 내하력평가 결과요약	43
5.2.1 외관조사 결과	43
5.2.2 콘크리트 내구성 평가 결과	44
5.2.3 안전성 평가 결과	44
5.3 시설물의 현장조사 및 구조해석 결과	44
5.4 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)	45
5.5 종합의견 및 최종 보수설계 방안	47

표 차 례

<표 1.1> 시설물 현황	4
<표 1.2> 시설물 기호의 정의	8
<표 2.1> 유지관리자료 보유 현황 검토	11
<표 2.2> 구로고가 정밀점검 결과 (계속)	12
<표 2.2> 구로고가 정밀점검 결과	13
<표 2.3> 구로고가 점검이력 및 보수이력 (계속)	13
<표 2.3> 구로고가 점검이력 및 보수이력	14
<표 2.4> 시설물별 철거 추진계획	16
<표 3.1> 부재별 주요조사항목	19
<표 3.2> 바닥판의 비파괴압축강도 (단위 : MPa)	26
<표 3.3> 바닥판 철근탐사 결과	28
<표 4.1> 바닥판 보수방안의 비교	36
<표 4.2> 바닥판 슬래브 주요 보수방안 비교	38
<표 5.1> 시설물별 철거 추진계획	46

그림 차례

<그림 1.1> 과업수행 흐름도	5
<그림 1.2> 구로고가 평면도	6
<그림 1.3> 구로고가 종단면도	6
<그림 1.4> 구로고가 횡단면도	7
<그림 2.1> 철거대상 고가차도	15
<그림 3.1> 바닥판의 손상 진전 단계	20
<그림 3.2> 바닥판 슬래브 손상 진전현황	20
<그림 3.3> 바닥판 손상 단계 2012년도 점검결과	21
<그림 3.4> RC 바닥판의 균열진전도	22
<그림 3.5> RC 바닥판의 건전도-시간과의 관계	23
<그림 3.6> 바닥판 슬래브 및 포장부 손상사진	24
<그림 3.7> LMC 하중재하 개요도	29
<그림 3.8> 보수공사전 바닥판	30
<그림 3.9> 보수공사후 바닥판	30
<그림 3.10> 구로고가 유한요소모델	30
<그림 3.11> LMC 하중재하 발생하는 하중분포(교축방향)	31
<그림 3.12> LMC 하중재하 발생하는 하중분포(교축직각방향)	31
<그림 4.1> 바닥판 치환 보수 공법	37
<그림 4.2> 조강LMC 포설 상세 시공순서	37
<그림 5.1> 철거대상 고가차도	45

구로고가 보수공사 실시설계용역 요약문

1. 과업의 목적

본 과업은 구로고가에 대한 정밀점검 및 내하력 실시결과(2011.4.15~2011.9.15)에 따라 발견된 손상내용에 대한 적기에 보수공사를 실시하여 교량 기능을 유지·회복하고 이용시민의 통행편의를 증진하기 위함이다. 본 구로고가는 현재 바닥판슬래브의 유리 석회를 동반한 망상균열의 진전 등 노후화가 매우 크게 진행된 교량으로 향후 바닥판의 편칭파괴 등 손상이 발생할 가능성이 크므로 부분적인 치환공사와 함께 손상의 진전을 억제하기 위한 누수차단으로 교량의 수명을 연장시키기 위해 본 과업을 시행한다.

2. 시설물 현황

- 본 시설물은 서울특별시 구로구 가리봉동 140번지에 위치하고 있으며 왕복 5차선 교량이다.
- 본 구조물은 5경간으로 총연장 154.2m이며, 상부구조의 형식은 PSC Beam, 하부구조 중 교대는 반중력식, 교각은 T형으로 구성되어있다.

3. 2011년 정밀점검 및 내하력평가 결과요약

3.1 외관조사 결과

- 구로고가의 표면포장은 두께 50mm의 아스콘 포장으로 시공되어 있으며, 다수의 아스콘 균열·포장침하·포트홀 등 손상이 관찰되었다.
- 바닥판 하면 외관조사 결과 공용기간 34년 동안 주기적인 보수공사를 시행하였으나 다수의 망상균열, 망상균열 및 백태, 균열 등이 조사되었다.
- 특히 S2, S3, S4 경간에서는 바닥판 손상단계중 Ⅲ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생), IV단계(석회분유출, 균열 폭 확대단계)가 조사되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열이 진전되는 것으로 판단된다.
- 또한 바닥판슬래브의 두께는 200mm로 시공되어 있으며, 철근노출에 의한 주철근 직경확인 및 배근간격에 대한 비파괴시험 결과 설계기준(DB-13)에 비해 부족한 철근량이 배근되어 있다. 따라서 구로고가는 특히 진동·충격에 취약한 것으로 평가되며, 이러한 요인이 바닥판슬래브의 손상을 진전시킨 것으로 판단된다.

- 따라서 추가적으로 손상이 진전될 경우 바닥판하면의 편칭파괴로 진전될 수 있으므로 조속한 시일 내에 보수·보강공사가 요구된다.

3.2 콘크리트 내구성 평가 결과

- 잔존수명 예측결과, 콘크리트 상부구조는 실측최소피복두께를 고려시 잔존수명은 100년 미만으로 분석되어 철근부식 가능성이 존재하며, 콘크리트 하부구조와 옹벽의 경우 실측 최소피복두께를 고려시 10mm이상의 잔여깊이가 남아 있으므로 철근부식 가능성은 현재로서는 크지 않은 것으로 평가되었다.
- 콘크리트 압축강도는 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 콘크리트의 재료적 품질상태는 비교적 건전한 것으로 평가되었다.

3.3 안전성 평가 결과

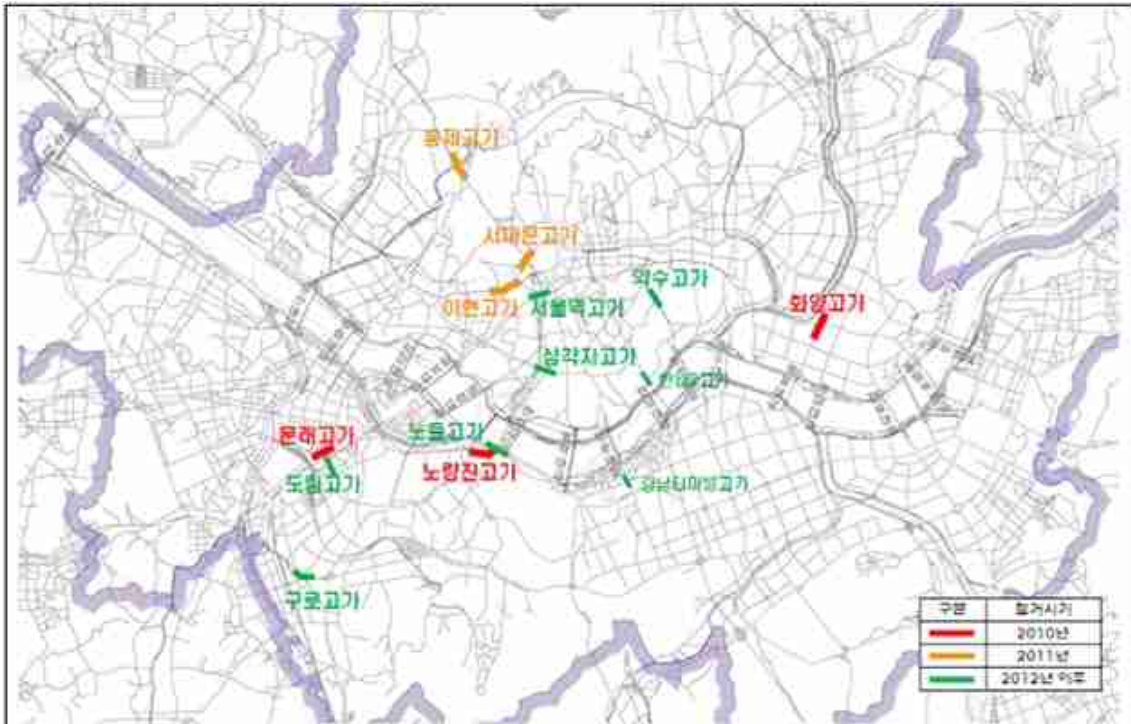
- 구로고가의 안전성 평가 결과 주형의 안전율은 1.0 이상으로 평가되었으나, 바닥판의 경우 안전율이 0.75로 평가되어 이에 대한 대책이 필요하다.

4. 시설물의 현장조사 및 구조해석 결과

- 구조물의 주부재인 주형은 대체로 양호한 상태이며 국부적인 공용중 손상은 발생하였으나 구조 안전성에는 큰 영향이 없을 것으로 분석되었다.
- 그러나 바닥하면의 누수 및 백태 등의 손상으로 인해 바닥판 하면과 주형의 접속부위에 백태가 발생한 것으로 조사되어 보수가 필요한 상태이다.
- 구로고가 바닥판 하면 S2, S3, S4경간 에서 바닥판 손상 단계중 Ⅲ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생) IV단계(석회분 유출, 균열 폭 확대단계)가 조사 되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열의 형태로 나타나고 있다.
- 바닥판 치환 보수부의 누수 및 백태 현상은 접합 불량, 교면방수층의 파손으로 발생된 것으로 판단되며 추가적으로 손상이 진전 될 경우 바닥판 하면의 편칭 파괴로도 진전될 수 있으므로 조속한 시일 내에 보수를 실시해야 할 것이다.
- 교면 전체 LMC 포설시 건조수축과 온도하중에 대한 영향 검토결과 지점부(P1, P2, P3, P4) 상면에는 인장균열이 발생할 가능성이 큰 것으로 조사되어, 적절한 인장철근 배근이 요구된다.

5. 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)

- 서울시청은 2009년 12월에 서울시에 존재하는 12개의 고가차도에 대한 철거 계획을 발표하여 추진 중이며 본 용역에 해당하는 시설물인 구로고가는 2012년 이후 단계별 철거대상시설물로 보도 자료의 세부내용은 다음과 같다.
- 고가차도는 진출입부의 병목현상 등에 따라 고가차도의 기능이 저하되고 지역발전 저해 요인으로 지적되는 등 철거 민원이 계속되어 왔으며 이에 서울시는 고가차도 12개에 대한 종합 관리계획을 수립, 단계적으로 철거하기로 발표하였다.



<철거대상 고가차도>

- 2010~2011 화양 · 노량진 · 문래 · 아현 · 서대문 · 홍제 고가차도 우선 철거
-철거 대상 12개 고가차도 중 2010년~2011년엔 철거 후에도 교통 운영상 큰 문제가 없을 것으로 예상되는 화양 · 노량진 · 문래 · 아현 · 서대문 · 홍제 고가차도 6개소가 우선적으로 철거된다.

- 교통대책 필요한 노들고가차도 등 6개소는 2012년 이후 단계별 철거
 - 고가차도 철거 시 교통운영상 문제가 예상되는 노들·구로·약수·도림·서울역·삼각지고가차도 등 나머지 6개 고가차도는 곧 이은 2012년 이후 주변 개발사업 등과 연계, 우회도로를 확보하거나 철거 후 지하차도 설치 등을 통해 단계별로 추진된다.

<시설물별 철거 추진계획>

연 번	고가차도명	시설물개요	추진계획
1	노들고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 한강예술섬 완료시기에 철거 후 지하차도 설치 (2011년설계, 2012~2014년공사)
2	구로고가	-폭 26.2m(6차로) -연장 870m	- 가리봉균형발전촉진지구 사업시행시 철거 후 지하차도 설치(2010년설계, 2011~2014년공사)
3	약수고가	-폭 15.4m(4차로) -연장 420m	- 약수 제1종 지구단위계획 재정비계획과 연계하여 우회도로 확보 후 철거
4	도림고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 영등포부도심권지구단위계획 재정비계획과 연계하여 철거 후 지하차도 설치
5	서울역고가	-폭 10.3m(2차로) -연장 1,784m	- 서울역 북부 역세권 개발계획과 연계하여 철거
6	삼각지고가	-폭 11.9m(2차로) -연장 290m	- 용산국제업무지구 광역교통개선 대책에 포함하여 철거 후 지하차도 설치 (2010년 설계, 2011~2014년 공사)

6. 종합의견 및 최종 보수설계 방안

- 구로고가 2009년 12월 서울시청 보도자료 고가차도 연차별 철거계획 발표에 따르면, 가리봉균형발전촉진지구 사업시행시 철거후 지하차도 설치가 예정인 고가차도이다.
- 앞으로 철거대상 예정인 구로고가에 대해서 손상정도가 심한 곳은 바닥판 국부 치환을 하며, 바닥판 상면은 조강 LMC공법을 이용하여 접착성 및 방수성 개선을 통하여 교량의 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.
- 본 공사는 교면 상에서는 이루어지는 공사로서 시공시 교통통제가 수반되므로 교통처리계획 등의 철저한 마련과 시공 중 안전대책을 충분히 강구하여야 한다.
- 구로고가는 현재의 통행제한(총중량 23톤)과 함께 금번 보수공사로 내구성의 향상이 기대되므로, 보수공사후 목표내구수명은 10년 이상으로 한다.
- 따라서 이러한 계획을 고려, 구로고가는 현 시점에서 매우 많은 사업비가 소요되는 바닥판 교체 등 공사는 매우 비 경제적이므로, 손상정도가 매우 큰 개소는 부분 철거 재시공을 시행하고, 교면 전체에 대한 개질 콘크리트 포장으로 누수를 완전히 차단하며, 현 시점에서의 손상진전을 억제하는 것이 바람직하다.
- 바닥판 국부 철거 재시공은 총 6개소를 우선 시행하며, 치환공사 완료 후 교면 전체를 조강 LMC로 시공한다.

제 1장 서 언

- 1.1 과업의 목적
- 1.2 과업의 개요
- 1.3 과업의 수행방법
- 1.4 과업 교량의 제원
- 1.5 기호의 정의

제 1장 서 언

1.1 과업의 목적

본 과업은 구로고가에 대한 정밀점검 및 내하력 실시결과(2011.4.15~2011.9.15)에 따라 발견된 손상내용에 대한 적기에 보수공사를 실시하여 교량 기능을 유지·회복하고 이용시민의 통행편의를 증진하기 위함이다. 본 구로고가는 현재 바닥판슬래브의 유리 석회를 동반한 망상균열의 진전 등 노후화가 매우 크게 진행된 교량으로 향후 바닥판의 편칭파괴 등 손상이 발생할 가능성이 크므로 부분적인 치환공사와 함께 손상의 진전을 억제하기 위한 누수차단으로 교량의 수명을 연장시키기 위해 본 과업을 시행한다.

1.2 과업의 개요

1.2.1 과업명

: 구로고가 보수공사 실시설계 용역

1.2.2 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석(설계도서 및 준공도면 등)
- 2) 제원조사 및 현장육안조사
- 3) 보수방안제시
- 4) 보수공사 실시설계
- 5) 실시설계 보고서 작성

1.2.3 대상시설물

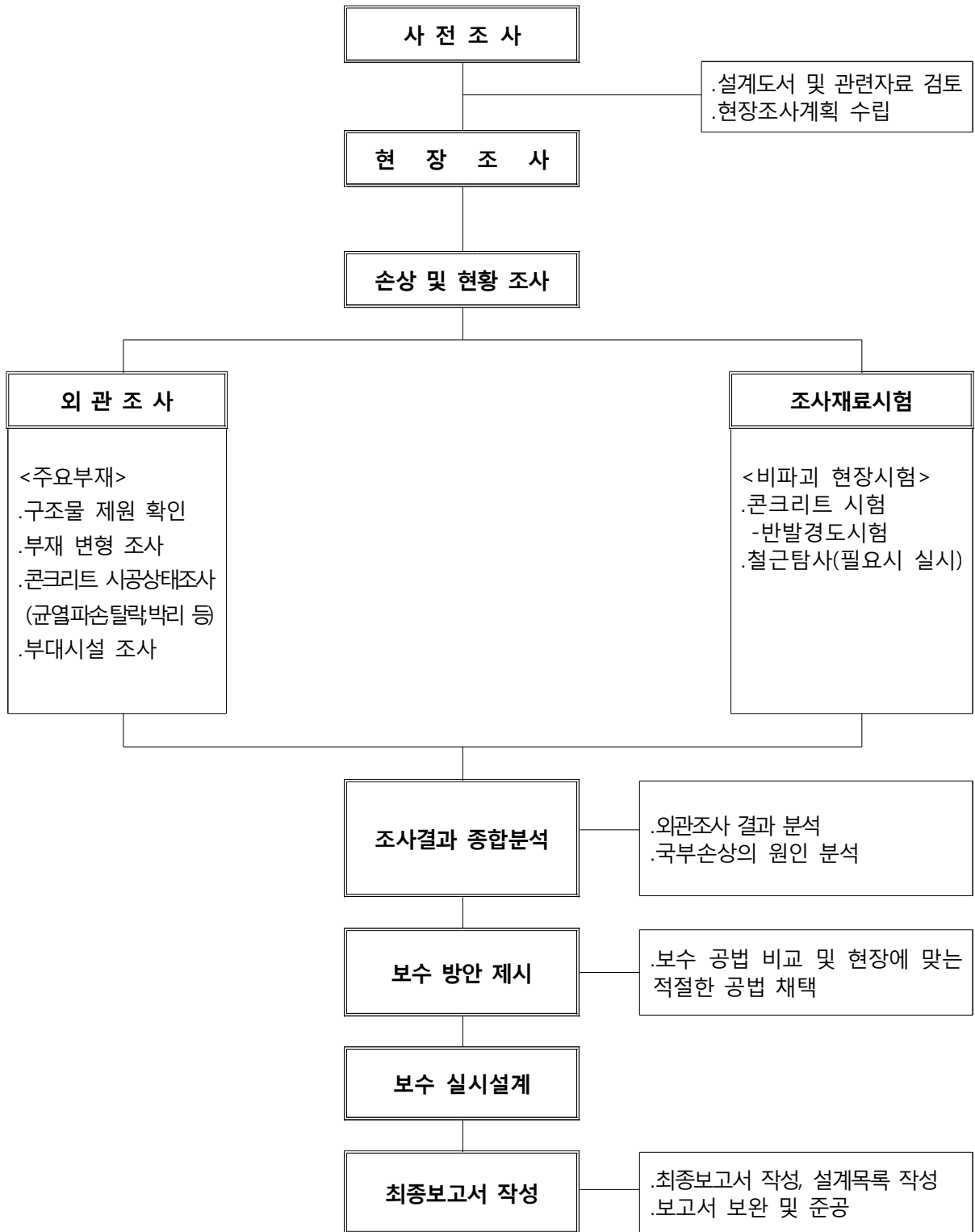
<표 1.1> 시설물 현황

구 분		내 용	구 분	내 용
시설물명		구로고가	준공년월	1977년 7월 30일
관리주체		서울특별시 강서도로사업소	시 공 자	신흥건설
소 재 지		서울특별시 구로구 가리봉동 140	설 계 자	-
상 부 구 조	형식	PSC Beam	차 선 수	왕복 5차로
	교장	L = 154.0m(5경간)	교 폭	18.2m
하 부 구 조	교각	T형	설계도서 유 무	-
	교대	반중력식	시설물 등급	2등교(DB-18)
받침장치		탄성받침	설계하중	32.4ton
신축이음장치		NEW Finger Joint		

1.2.4 과업기간

본 과업의 기간은 2012. 3. 5 ~ 2012. 4. 18일까지로 한다.

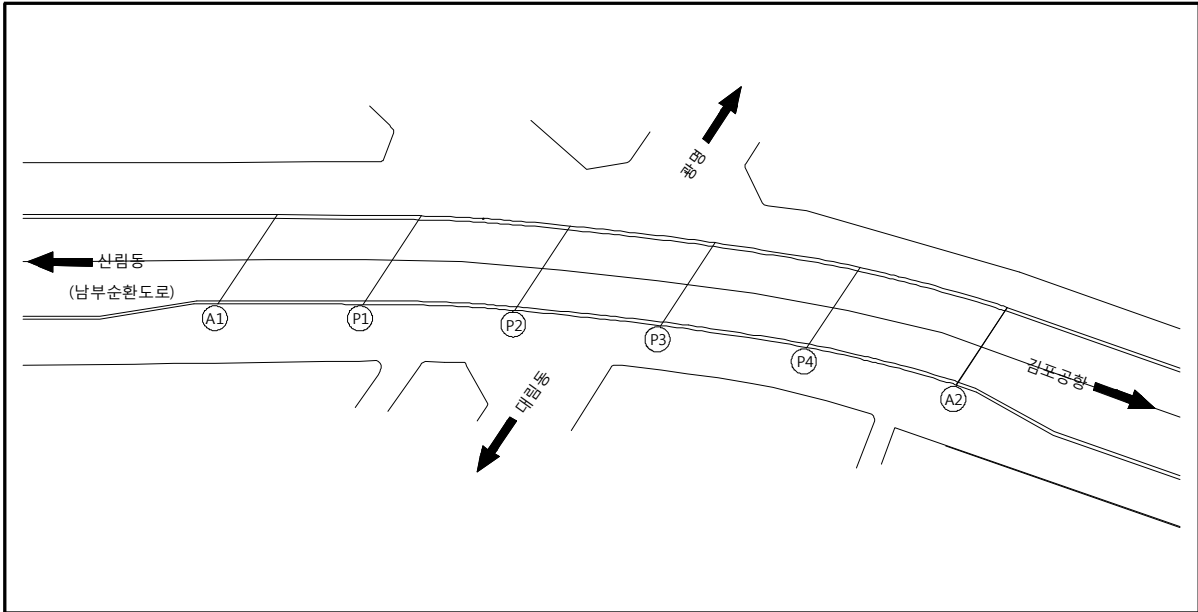
1.3 과업의 수행방법



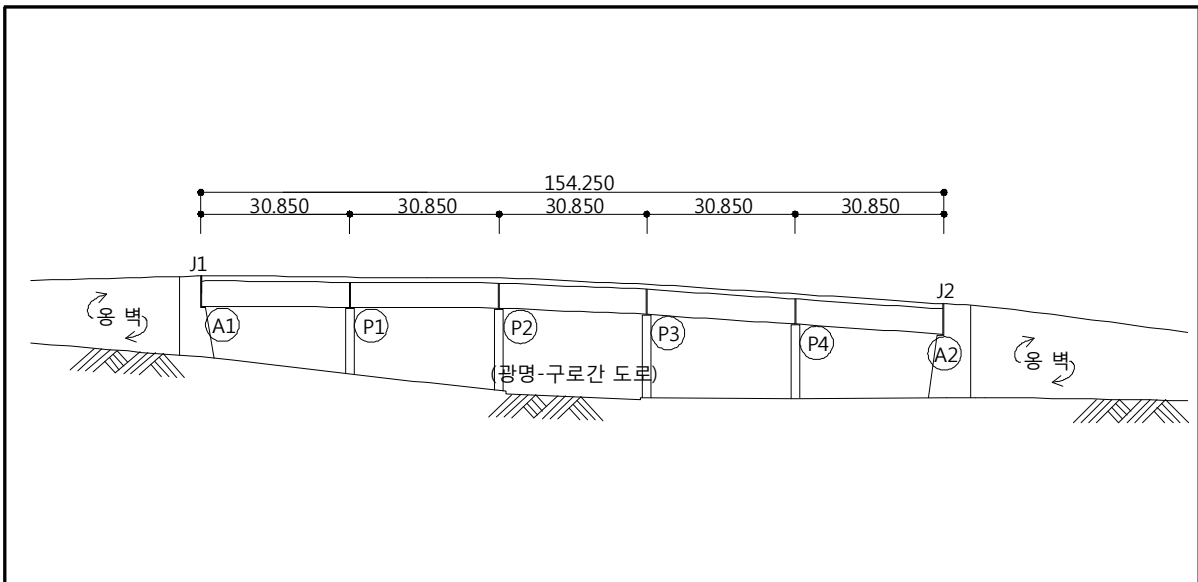
<그림 1.1> 과업수행 흐름도

1.4 과업 교량의 제원

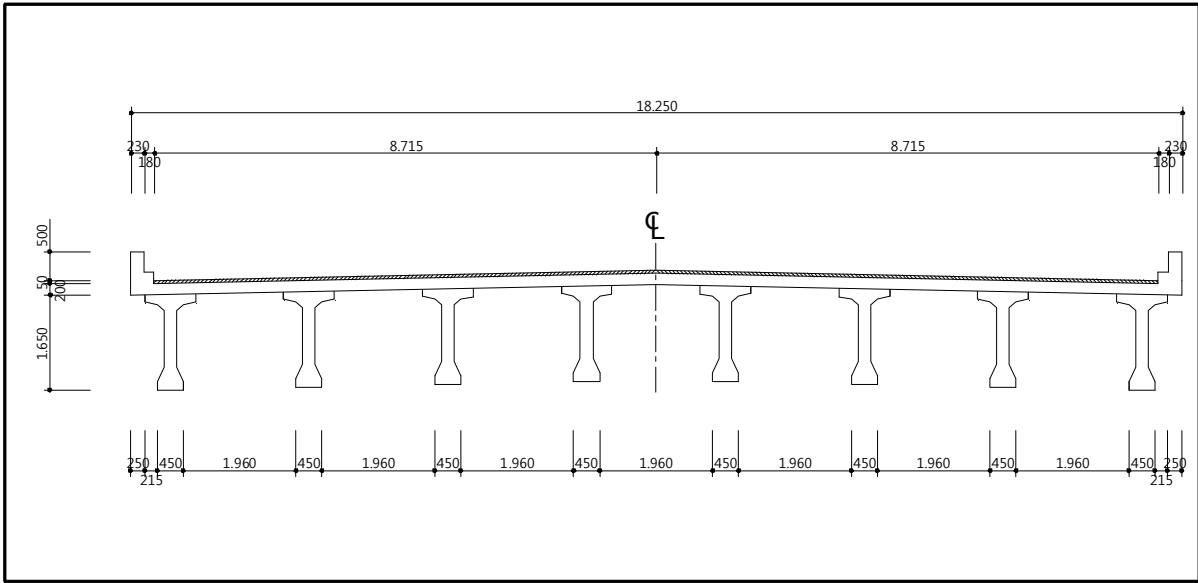
대상시설물의 현황 및 제원은 <그림 1.2~1.4>와 같다.



<그림 1.2> 구로고가 평면도



<그림 1.3> 구로고가 종단면도



<그림 1.4> 구로고가 횡단면도

1.5 기호의 정의

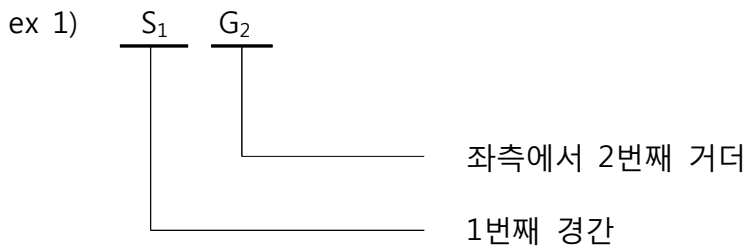
1.5.1 시설물 기호의 정의

본 보고서의 시설물 각 부재의 표현의 통일성을 기하기 위하여 <표 1.2>와 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

<표 1.2> 시설물 기호의 정의

부재 구분	사용 기호	비 고
경 간	S	Span
거 더(주 형)	G	Girder
교 대	A	Abutment
교 각	P	Pier
받침장치(Shoe)	Be	Bearing
신축이음장치	Exp.	Expansion Joint

* 거더, 교좌장치의 번호는 시점측을 기준으로 종점측을 바라보았을 때 좌측부터 부여하였음.



제 2장 자료조사 및 분석

2.1 개요

2.2 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)

제 2장 자료조사 및 분석

2.1 개요

보수공사 실시설계를 위하여 관련 자료를 검토·분석하고 그 내용을 수록하였다. 다음 <표 2.1>은 관리주체의 유지관리자료 보유현황을 나타내었다.

<표 2.1> 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서 	-	
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡) - 상부·하부 구조물도, 빔상세도 - 신축이음, 교량받침 상세도 	△	일부 보유 (복원도)
시설물 관리대장	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기본현황 ◦ 상세제원 ◦ 유지관리 이력 	△	기본현황
시공관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시공관련자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록 	-	
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	정밀점검

2.1.1 설계도서 및 기존자료 검토

구로고가의 설계도서는 현재 보존되어 있지 않은 상태이며, 공용중 도면복원을 통해 시설물을 유지관리 하고 있는 것으로 검토되었다.

구로고가는 최근 2009년 6월과 2011년 4월에 정밀점검을 시행하였으며 2009년 정밀점검 결과와 2011년 정밀점검 결과는 다음과 같다.

<표 2.2> 구로고가 정밀점검 결과 (계속)

부재명		2009년 정밀점검	2011년 정밀점검
용역명		광명교외 4개소 자체정밀점검 용역	구로고가차도 외 3개소 정밀점검 및 내하력 평가 용역
용역사		(주)대신구조엔지니어링	비엔티 엔지니어링(주)
과업기간		2009. 03. 23 ~ 06.	2011. 04. 19 ~ 09. 15
종합평가	상태등급	B	C
	종합의견	본 구로고가차도는 1977년도 준공되어 32년 경과된 교량으로 금회 외관조사 결과 구조적인 영향을 미치는 손상은 발생되지 않은 상태이나 사용성 및 내구성확보차원의 보수가 필요한 손상들에 대해서는 우선순위를 정하여 순차적인 보수공사가 이루어 진다면 시설물의 안전성 및 내구성확보에는 문제가 없을 것으로 판단되며 특히, 바닥판하면에 발생된 망상균열부 백태에 대한 우선적인 방안으로 단면 보수를 실시한 후 동일한 손상이 발생된다면 향후 슬래브 편칭파괴가 우려되므로 슬래브치환보수 방안을 강구하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 교면방수 및 재포장을 실시하여 하부로 노면수가 유입되는 것을 방지토록 방안강구가 필요할 것으로 판단된다.	본 구로고가에 대한 정밀점검 결과 상태평가 등급은 "C"등급으로 평가되었다. 또한 바닥판의 경우 안전율이 0.75로 평가되어 이에 대한 대책이 필요한 상태이다. 현재 바닥판 하면은 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열의 형태로 나타나고 있다. 또한 손상이 진전될 가능성이 있으므로, 바닥판하면의 보강이 아닌 바닥판 국부철거 재시공 방안이 바람직 할 것으로 판단된다. 바닥판슬래브의 내하력은 DB-13으로 평가되었으므로 향후 실시설계를 통한 바닥판의 전면적 교체 또는 부분적 치환 등 공법의 선정에 대한 면밀한 대책 마련이 바람직하다.
상. 하부구조	교면 포장	<ul style="list-style-type: none"> ■아스콘 균열(L=2.3m), 포장마모 및 소성변형(A=3.75m²) ■망상균열(A=1.0m), 아스콘패임(A=0.3m²) 	<ul style="list-style-type: none"> ■아스콘 균열(L=107.9m), 아스콘 파손(A=1.27m²) ■아스콘 침하(A=27.53m), 망상균열(A=235.7m²) ■아스콘 소성변형(A=7.0m), 아스콘 포트홀
	난간 및 연석	<ul style="list-style-type: none"> ■강재 도장박리, 박락(L=308.5m) ■균열(c/w=0.3mm미만, L=2.7m) ■균열(c/w=0.3mm이상, L=4.0m) ■콘크리트 박리, 박락(A=2.55m²) 	<ul style="list-style-type: none"> ■연석 균열(L=1.6m), 연석 들뜸(A=0.5m²) ■연석 박락(A=1.33m), 연석 박리(A=0.67m²) ■난간도장부 박리(L=458.5m), 난간변형(L=13m)
	배수시설	<ul style="list-style-type: none"> ■배수구 막힘(18EA) 	<ul style="list-style-type: none"> ■배수구 막힘(27EA)
	신축이음	<ul style="list-style-type: none"> ■신축이음 하부누수(L=18.5m) ■연석 조인트 탄성재 탈락(L=7.2m) ■후타재 균열(c/w=0.3mm미만, L=0.5m) ■후타재 균열(c/w=0.3mm이상, L=1.5m) 	<ul style="list-style-type: none"> ■신축이음 덮개판 파손(4EA), 실링재 누락(A=0.16m²) ■신축이음 보수부 박락(A=0.15m²) ■후타재 균열(L=2.6m), 후타재 파손(A=0.12m²) ■신축이음장치 손상(누수)(2EA)
	바닥판 하면	<ul style="list-style-type: none"> ■균열(c/w=0.3mm미만, L=16.6m) ■망상균열(A=11.29m), 망상균열 및 백태(A=14.8m²) ■누수 및 백태(A=14.4m), 콘크리트 열화(A=3.23m²) ■콘크리트박리, 박락(A=21.84m²), 철근노출(A=1.36m²) 	<ul style="list-style-type: none"> ■균열(c/w=0.3mm미만, L=13.1m), 망상균열(A=1.8m²) ■망상균열 및 백태(A=6.6m), 백태(A=9.2m²) ■백태균열(L=0.5m), 철근노출(A=1.16m²) ■누수 및 백태(A=1.5m), 콘크리트 박락(16.7m²) ■콘크리트 열화(A=6.98m), 재료분리(A=0.18m²) ■교체바닥판 접합부 누수(A=88.4m)
	주형 및 가로보	<ul style="list-style-type: none"> ■균열(c/w=0.3mm미만, L=32.7m) ■보수부재균열(L=3.5m), 누수흐름 및 백태(A=38.27m²) ■재료분리(A=0.04m), 보수부들뜸(A=0.75m²) ■콘크리트 굽힘 및 박락(A=1.2m) ■철근노출(A=0.1m), 보호철판 변형 및 파손(A=4.9m) ■콘크리트 백태(A=0.8m), 재료분리(A=1.75m) ■콘크리트 박락(A=0.21m²) 	<ul style="list-style-type: none"> ■균열(c/w=0.3mm미만, L=19.0m) ■강판보강부 파손(A=1.60m), 백태(A=49.72m²) ■보수부 균열(L=3.5m), 보수부 들뜸(A=0.75m²) ■보수부 망상균열(A=1.1m), 철근노출(A=0.11m²) ■콘크리트 박락(A=1.2m), 콘크리트 재료분리(A=0.04m) ■가로보 재료분리(A=1.74m), 가로보 박락(A=0.21m) ■가로보 백태(A=0.8m)
	받침장치	<ul style="list-style-type: none"> ■강재부식(8EA) 	<ul style="list-style-type: none"> ■받침장치 부식(8EA)

<표 2.2> 구로고가 정밀점검 결과

부재명		2009년 정밀점검	2011년 정밀점검
상. 하부 구조	교대, 교각	■콘크리트 박락(A=0.06m ²), 철근노출(A=0.04m ²)	■콘크리트 박락(A=0.14m ²), 콘크리트 파손(A=0.06m ²)
		■보수부 들뜸(A=0.1m ²)	■철근노출(A=0.04m ²), 식생자생(1EA)
		■균열(c/w=0.3mm미만, L=3.8m)	■균열(c/w=0.3mm미만, L=2.5m)
		■균열(c/w=0.3mm이상, L=1.1m)	■균열(c/w=0.3mm이상, L=1.1m), 철근노출(A=0.04m ²)
		■콘크리트 박리, 박락(A=1.96m ²), 철근노출(A=0.18m ²)	■콘크리트 박락(A=1.92m ²), 들뜸(A=1m ²)
		■강판보강부 파손(A=1.0m ²), 강판보강부 볼트누락(88EA)	■강판보강부 파손(A=0.8m ²), 강판볼트망살(88EA)
	옹벽	■아스콘 균열(L=72.0m), 포장부 침하(A=1.0m ²)	■보수부 균열(L=0.7m), 보수부 박리, 박락(A=0.43m ²)
		■망상균열 및 포장불량, 소성변형(A=638.29m ²)	■철근노출(A=0.12m ²), 콘크리트 박락(A=0.03m ²) ■재료분리(A=4.21m ²), 콘크리트 파손(A=0.25m ²)
안전성 평가		■바닥판(DB-13) : 총중량 23톤으로 제한필요 ■거더(DB-18이상)	

2.1.2 시설물 보수이력

구로고가의 보수이력은 현재 1997년부터 2011까지 이력이 있는 상태이며 보수이력은 다음과 같다.

<표 2.3> 구로고가 점검이력 및 보수이력 (계속)

착수일	완료일	내 용	시 공 자
1997.08.06	1997.08.06	. 교좌장치 교체 N=80개 . 브라켓 설치 N=72개 . 보도 및 게이트 설치 1식	남부도로관리사업소
1998.03.27	1998.05.05	. 신축이음 보수	남부도로관리사업소
1998.05.18	1998.07.16	. 주물 난간 파이프 보수 . AL 난간 지주 보수 . 면 보수	남부도로관리사업소
1998.06.26	1998.08.24	. 슬래브 탄소섬유 보강 . 면 보수	남부도로관리사업소
1998.10.20	1998.11.26	. 난간 도장 . 슬래브 탄소섬유 보강 . 강판접착 . 면 보수	남부도로관리사업소
1999.04.10	1999.05.31	. 상판 철판 접착공 보강 . 슬래브 탄소섬유 보강 . 신축이음 장치 보수	남부도로관리사업소
1999.06.07	1999.07.12	. 가드레일 설치 . 단면 보수 . 균열 보수	남부도로관리사업소
1999.07.30	1999.09.17	. 균열 보수 . 배수로 정리 . 단면 보수 . 시공조인트 보수 . 양카 보수	남부도로관리사업소
1999.10.06	1999.11.17	. 위치표지판 설치 . 배수로 정리 . 관리 표지판 수정 및 제작 . 안전 도색 . 높이제한 표시	남부도로관리사업소

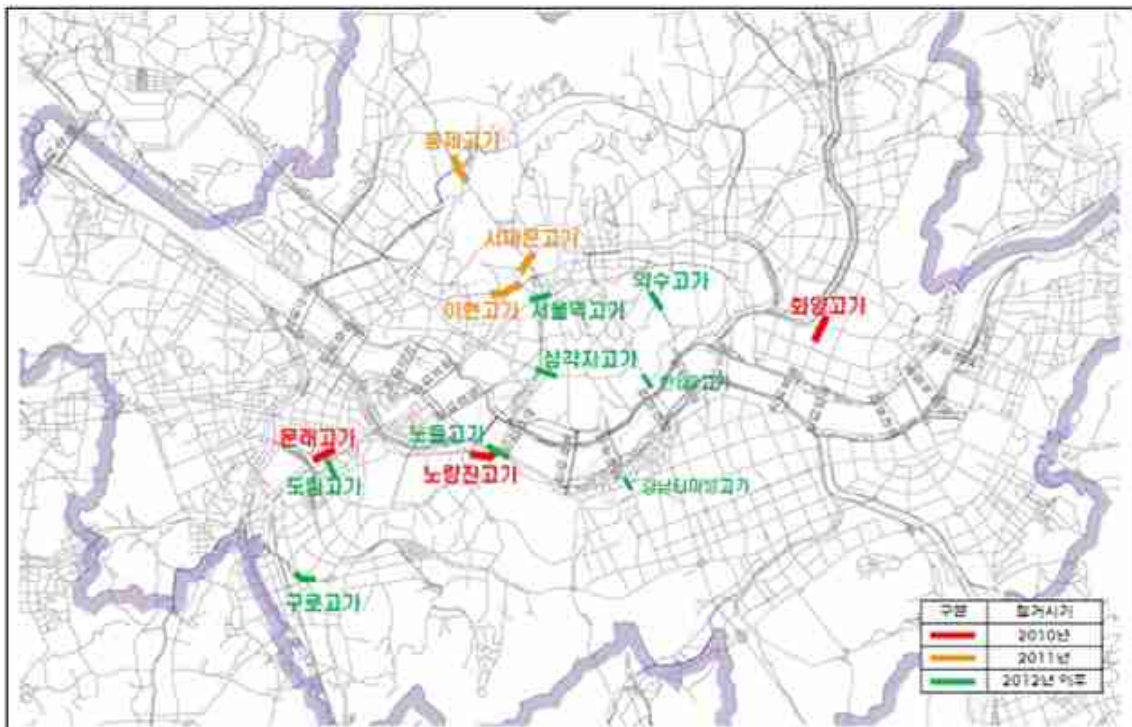
<표 2.3> 구로고가 점검이력 및 보수이력

착수일	완료일	내 용	시 공 자
2001.03.21	2001.10.16	. 교면 방수 및 포장 . 콘크리트 표면처리 (P1 ~ P4 슬래브, P2 ~ P3 하부)	삼한강건설(주)
2002.04.18	2002.12.31	. A1 ~ A2 슬래브 단면 보수 . A1 ~ A2 연석 파손 보수 . P1 가로등 지주 파손 보수 . P3 ~ A2 에폭시 보수	효진산업(주)
2003. 04. 25 ~2003. 09. 21	정밀점검	(주)청원건설	강서도로관리사업소
2005.05.24 ~2005.08.31	정밀점검	(주)안풍건설	강서도로관리사업소
2007.03.30 ~2007.08.27	정밀점검	건명기업(주)	강서도로사업소
2009.03.23 ~2009.06.	정밀점검	(주)대신구조엔지니어링	강서도로사업소
2011.04.19 ~2011.09.15	정밀점검	비앤티 엔지니어링(주)	강서도로사업소

2.2 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)

서울시청은 2009년 12월에 서울시에 존재하는 12개의 고가차도에 대한 철거계획을 발표하여 추진 중이며 본 용역에 해당하는 시설물인 구로고가 2012년 이후 단계별 철거대상 시설물로 보도 자료의 세부내용은 다음과 같다.

고가차도는 진출입부의 병목현상 등에 따라 고가차도의 기능이 저하되고 지역발전 저해 요인으로 지적되는 등 철거 민원이 계속되어 왔으며 이에 서울시는 고가차도 12개에 대한 종합 관리계획을 수립, 단계적으로 철거하기로 발표하였다.



<그림 2.1> 철거대상 고가차도

- 2010~2011년 화양·노량진·문래·아현·서대문·홍제 고가차도 우선 철거
- 철거 대상 12개 고가차도 중 2010년~2011년엔 철거 후에도 교통 운영상 큰 문제가 없을 것으로 예상되는 화양·노량진·문래·아현·서대문·홍제 고가차도 6개소가 우선적으로 철거된다.

- 교통대책 필요한 노들고가차도 등 6개소는 2012년 이후 단계별 철거
 - 고가차도 철거 시 교통운영상 문제가 예상되는 노들·구로·약수·도림·서울역·삼각지고가차도 등 나머지 6개 고가차도는 곧 이은 2012년 이후 주변 개발사업 등과 연계, 우회도로를 확보하거나 철거 후 지하차도 설치 등을 통해 단계별로 추진된다.

<표 2.4> 시설물별 철거 추진계획

연 번	고가차도명	시설물개요	추진계획
1	노들고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 한강예술섬 완료시기에 철거후 지하차도 설치 (2011년설계, 2012~2014년공사)
2	구로고가	-폭 26.2m(6차로) -연장 870m	- 가리봉균형발전촉진지구 사업시행시 철거후 지하차도 설치(2010년설계, 2011~2014년 공사)
3	약수고가	-폭 15.4m(4차로) -연장 420m	- 약수 제1종 지구단위계획 재정비계획과 연계하여 우회도로 확보 후 철거
4	도림고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 영등포부도심권지구단위계획 재정비계획과 연계하여 철거 후 지하차도 설치
5	서울역고가	-폭 10.3m(2차로) -연장 1,784m	- 서울역 북부 역세권 개발계획과 연계하여 철거
6	삼각지고가	-폭 11.9m(2차로) -연장 290m	- 용산국제업무지구 광역교통개선 대책에 포함하여 철거 후 지하차도 설치 (2010년 설계, 2011~2014년 공사)

- 도시경관 개선과 지역개발 활성화에 기여
 - 고가도로 철거는 교통흐름상의 문제만 없다면 도시경관을 개선하고 지역개발에 기여하는 효과가 매우 크다고 시는 밝혔다. 민선4기 들어 5개소를 철거한 결과 시민 반응도 매우 긍정적인 것으로 나타났다.
 - 한편, 서울시는 서울시내 고가차도 중 지형단차 극복 및 간선도로 기능이 있는 고가차도 등 고가차도 본래의 기능 유지를 위해 반드시 필요한 77개 고가차도는 존치하기로 했다.

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 바닥판 외관조사 결과

3.3 콘크리트 내구성 평가

3.4 결과 요약

3.5 구조해석

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

구로고가는 서울시 구로구 가리봉동 140번지 왕복5차로 교량이다. 1977년에 준공된 구조물이며 35년의 공용기간을 거친 구조물이다. 본 과업의 대상구간은 5경간으로 총연장 154.2m이며 상부구조의 형식은 PSC Beam, 하부구조 중 교대는 반중력식, 교각은 T형으로 구성되어 있으며 일평균 92,986대가 이용하는 교통 혼잡 구간이다.

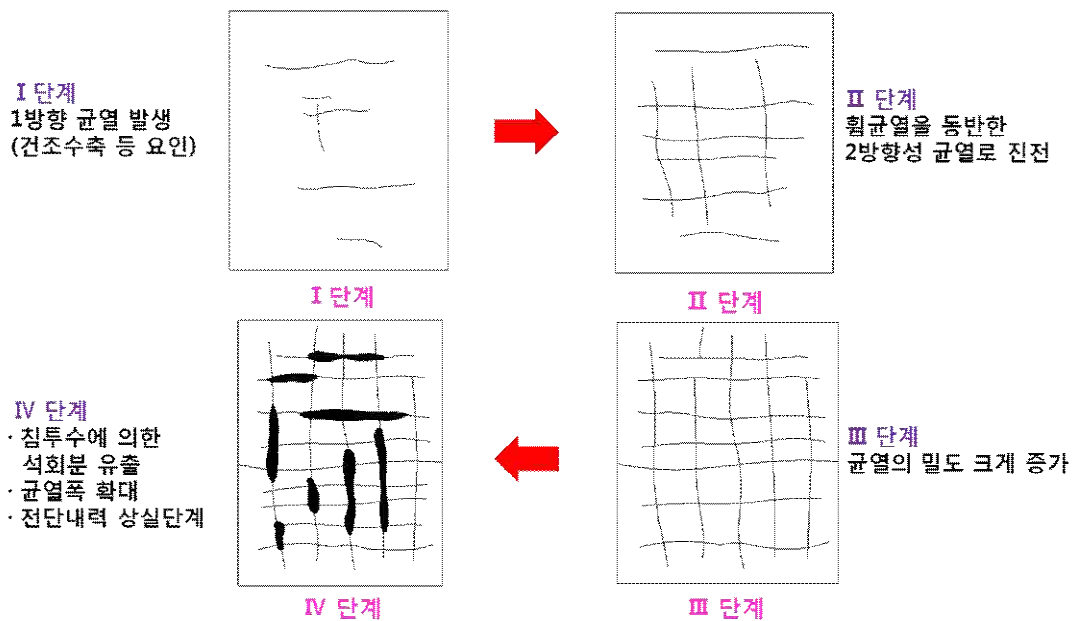
<표 3.1> 부재별 주요조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	<ul style="list-style-type: none">· 콘크리트 균열·박리·백태 및 골재분리·누수· 상면의 체수여부· 포장의 방수층여부, 파손, 균열 등에 의한 주행성 여부· 바닥판 하면 종방향성 망상균열부 누수·백태 집중조사	

3.2 바닥판 외관조사 결과

3.2.1 바닥판 하면의 손상단계

- 금번 바닥판 하면 외관조사 결과 공용기간 35년을 거치면서 주기적인 보수공사를 시행하였으나 현재 망상균열, 망상균열 및 백태, 균열, 백태 등이 조사되었다.
- 특히 S2, S3, S4경간에서 바닥판 손상 단계중 Ⅱ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생), Ⅳ단계(석회분 유출, 균열폭 확대단계)가 조사되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열의 형태로 나타나고 있다.

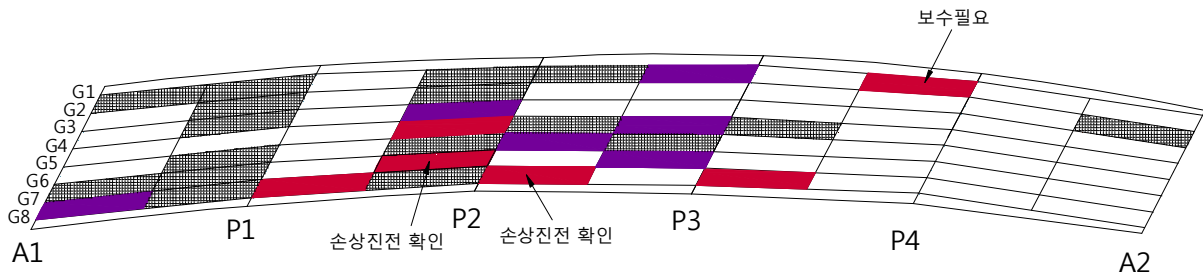


<그림 3.1> 바닥판의 손상 진전 단계



<그림 3.2> 바닥판 슬래브 손상 진전현황

- 구로고가의 바닥판슬래브는 두께 200mm로 시공되어 있으며, 철근노출에 의한 직경확인 및 비파괴 시험 결과 설계기준(DB-18)에 비해 부족한 철근이 배근되어 있다. 따라서 본 교량은 특히 진동·충격에 취약한 것으로 평가되며, 이러한 요인이 바닥판슬래브의 손상을 진전시킨 것으로 판단된다.
- 또한 이러한 손상은 누수에 의해 손상정도가 크게 진전되므로 편칭파괴 우려구간의 교체와 더불어 포장부 전체에 대한 방수층 형성으로 손상진전을 차단하는 것이 바람직하다.



- 균열의 밀도 증가단계 (소규모 백태)
- 석회분 유출, 균열폭 확대단계
- 바닥판 교체 또는 탄소섬유시트(강판) 설치구간

<그림 3.3> 바닥판 손상 단계 2012년도 점검결과

3.2.2 바닥판 손상 진행단계 이론적 배경

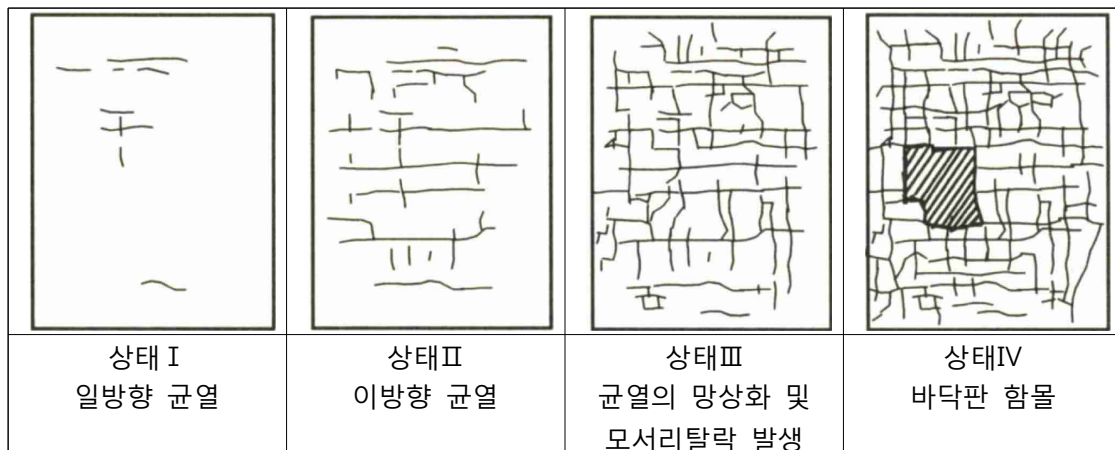
가. 교량 바닥판 손상과정

도로교의 RC 바닥판은 부재두께가 얇고 또한 환경조건의 영향을 크게 받기 때문에 최근 국내에서도 교량 바닥판의 손상사례가 자주 보고되고 있다. 바닥판 손상을 유형별로 분류하면 ①격자형 균열의 발달로 인한 바닥판 관통, ② 콘크리트의 박리 및 박락, ③균열을 통한 누수, 백태 및 철근부식, ④알칼리골재반응에 의한 균열, 염해에 의한 철근부식 및 균열 등을 들 수 있다. 실제 일반 국도상에 가설된 RC 바닥판의 손상의 분석결과에 의하면 ①과 ②항목이 바닥판 손상의 주된 현상으로 나타나고 있다.

바닥판 손상의 원인으로서는 재료, 설계, 시공 및 교통하중을 포함하는 사용환경조건 등의 각종 요인이 복합적으로 작용할 수가 있다. 바닥판의 균열은 재료나 시공상태와 당연히 관련되지만 급격한 온도 및 습도의 변화에 의해서도 용이하게 발생될 수 있다. 바닥판 손상원인을 규명하기 위하여 인위적으로 과도한 균열을 발생시킨 바닥판에 대한 정적 및 피로 시험을 수행한 결과 RC 바닥판의 손상에는 단면을 관통해서 발생한 균열이 중요한 역할을 하는데, 교축 직각방향으로 발생하는 관통균열은 비교적 짧은 간격으로 발달되어 바닥판의 연속성을 상실하여 보가 나란히 배열된 것과 같은 상태에 근접하게 되며, 이후 전단 피로파괴 되는 것이 RC 바닥판의 파괴 메카니즘이다. 결국 바닥판의 손상은 휨 내력의 부족 때문이 아니라 주로 관통균열의 발생, 균열면의 골재 맞물림작용에 의한 전단저항력의 저하등에 기인한다는 것이다. 바닥판에 발생하는 관통균열은 건조수축에 의한 바닥판 콘크리트의 변형이 주형에 의해 바닥판 하면에 발생한 휨균열이 상면방향으로 발전되는 데다가 하중의 이동 및 반복작용에 의해 교축 직각방향으로 관통균열이 발생된다는 것이다. 또한 **균열부에 수분이 침투하면 바닥판의 피로강도는 더욱 저하되는 특징**이 있다. 작용하중의 크기나 반복회수 등에 의하여 다소 차이는 있지만, 단계별 균열발전과정은 다음과 같다.

- 1) 일방향균열(주로 주철근방향)이 발생된다.
- 2) 주철근방향 균열에 추가하여, 배력철근 방향으로도 균열이 발생된다. (이방향균열)
- 3) 이방향균열이 바닥판 전면에 확대된다.
- 4) 모서리 부서짐, 균열면간 마찰 등에 의해 균열폭과 깊이가 확대된다.
- 5) 균열은 확대되고, 바닥판 상하면의 균열이 관통되어, 누수·유리석회가 발생한다.
- 6) 20 ~ 30cm 간격의 격자모양의 균열이 되고 균열밀도도 일단 정지하지만, 균열폭이 확대되고 누수와 유리석회 등이 현저히 발생된다.
- 7) 철근과 분리된 콘크리트가 부분적으로 함몰되거나 박락을 일으킨다.

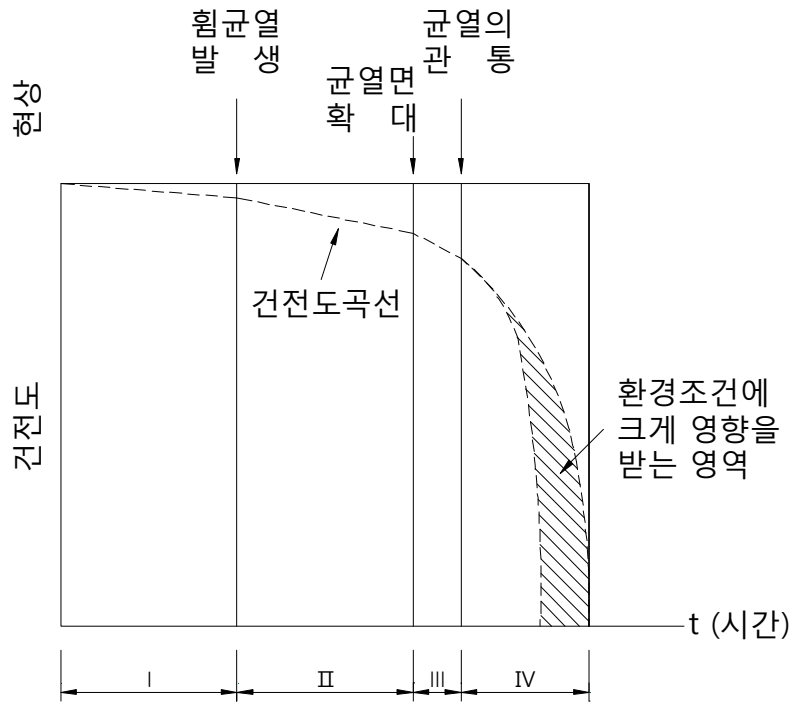
바닥판에서 손상이 발생하는 과정은 바닥판 하면에 발생한 균열이 격자모양으로 진전하다가 누수나 유리석회의 침출이 일어나면서 결국에는 함몰이나 박락에 이르게 된다. <그림 3.4>은 바닥판의 균열 진전도이다.



<그림 3.4> RC 바닥판의 균열진전도

바닥판이 손상부위가 격자균열 상태에 도달되면, 누수에 의해 바닥판 하면에 유리 석회, 콘크리트 미세분말이 떨어지게 된다. 균열밀도는 중차량의 통행빈도가 많을수록 사용 년수가 경과 할수록 커지며, 균열이 바닥판을 관통하는 경우가 많다. 또한 손상은 동일 교량내에서도 전면적이기 보다는 국부적으로 발생되며, 주행 차로쪽 바닥판의 손상이 더 심한 편이다. 이러한 손상과정에 있어서, 관통균열, 누수 및 유리석회가 관찰되면 바닥판 하면의 균열형상이 포장에서도 발생하는 경우가 많다(구로고가의 경우 이러한 손상이 다수 관찰됨).

또한 철근콘크리트 바닥판 건전도의 시간적 변화 과정을 모형화하면 <그림 3.5>와 같다. <그림 3.5>에서 나타낸 바와 같이, 상태 Ⅲ을 지나서 바닥판의 건전도는 환경 조건에 보다 크게 영향을 받는 것을 의미한다. 따라서 이러한 바닥판 균열손상은 누수에 의해 큰 영향을 받으므로 이에 대한 대책이 요구된다.



<그림 3.5> RC 바닥판의 건전도-시간과의 관계

<p>바닥판하면(S4 G1~G2)망상균열 및 백태</p>	<p>바닥판하면(S2 G6~G7)망상균열 및 백태</p>
<p>바닥판 교체부 누수(S4 G4~G5)</p>	<p>바닥판 교체부 누수(S5 G2~G3)</p>
<p>교면포장(S4 G1~G2) 포장함몰</p>	<p>교면포장(S3 G7~G8) 포장함몰</p>

<그림 3.6> 바닥판 슬래브 및 포장부 손상사진

3.3 콘크리트 내구성 평가

3.3.1 개 요

구로고가의 바닥판의 콘크리트 구조물은 공용기간이 증가함에 따라 통행차량의 배기가스, 온도와 건습의 반복 및 계절적 변화에 의해 강도, 내구성, 사용성 등이 저하되고 이에 따라 균열·누수·백태·동해·박리 및 박락 등의 열화(Deterioration)와 손상(Damage) 등이 발생한다.

본 과업에서는 현장조사 결과를 기초로 각종 검사기구 및 시험장비를 사용하여 구조물의 구성 재료인 콘크리트의 역학적·화학적 특성을 체계적으로 규명하여 보수 공사 실시설계 기초자료로써 활용하였다.

가. 조사 현황

본 과업에서 내구성조사를 위해 실시한 비파괴시험은 크게 비파괴압축강도(반발 경도법), 철근탐사(RC Radar) 등을 시행하였다.

3.3.2 비파괴압축강도

가. 개 요

슈미트 햄머에 의한 반발 경도법은 경화된 콘크리트 표면을 타격할 때 발생하는 반발도와 콘크리트의 강도 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.



나. 조사방법

1) 반발 경도법(Schmidt Hammer Test)

▪ 시험장비 : NR-Type Schmidt Hammer(스위스 Proceq사) 타격에너지 0.225kg.m)

▪ 반발강도 평가공식(R_o : 보정반발경도)

① 일본재료학회 : $f_c = (-18.0 + 1.27 \cdot R_o)$ (MPa)

② 일본건축학회 : $f_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$ (MPa)

▪ 재령보정계수($F_{28} = F_c \times \alpha$)

재령(일)	28	100	300	500	1,000	3,000
α	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

다. 비파괴압축강도 결과 및 분석

1) 측정결과

반발 경도법에 의한 비파괴압축강도 측정결과를 정리하면 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 바닥판의 비파괴압축강도(단위 : MPa)

위치		측정 반발 경도	보정반발경도				추정압축강도(MPa)		
			Rm	ΔR_1	ΔR_2	ΔR_3	Ro	재료	건축
바 닥 판	S2 G3-G4	56.0	-2.62	0.00	0.00	53	31.4	30.2	30.8
	S2 G6-G7	56.0	-2.62	0.00	0.00	53	31.4	30.2	30.8

바닥판의 설계기준강도는 24.0MPa으로 추정되며 반발 경도법에 의해 분석한 결과 바닥판의 콘크리트 강도가 설계기준 강도를 상회하는 것으로 검토 되었다. 바닥판의 평균 압축강도는 30.8MPa인 것으로 분석되어 설계 추정 압축강도 24.0MPa이상을 확보하고 있어, 바닥판 손상의 원인이 콘크리트의 강도부족으로 유발된 것은 아닌 것으로 조사되었다.

3.3.3 철근탐사시험

가. 개 요

철근탐사에 이용된 RC-Radar는 콘크리트 표면에서 전자파를 입사한 후 콘크리트 내부의 철근 및 공동 등에서 반사되어 돌아오는 반사 신호를 수신하여 불연속면의 위치를 파악하는 시험방법이다. 전자파를 콘크리트 내부에 입사하여 콘크리트와 전기적 성질(유전율)이 다른 물질(철근, 강재, 공동)의 매질에서 반사되어 표면으로 돌아오는 전기신호의 도달시간을 수신안테나로 분석하여 반사물체까지의 거리를 평가한다. 콘크리트구조에서는 높은 분해력을 요구하므로 약 20cm 범위의 철근 위치만을 확인할 수 있으며, 일반적으로 Pulse 폭이 극히 짧은 약 1ns(1/10억)의 단파를 사용한다.

콘크리트 내의 전자파속도(V)는

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

여기서, C : 진공중에서의 전자파속도

ϵ_r : 콘크리트의 비전유율

또한 반사물체까지의 거리(D)는 입사파와 반사파의 왕복전파시간(T)를 측정해 다음 식을 통해 구할 수 있다.

$$D = VT/2(m)$$

콘크리트의 내부에 배근된 철근의 배근간격과 피폭두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 사용된다.



나. 측정결과 및 분석

철근의 배근간격 및 피복두께 측정을 위해 철근탐사를 실시하였으며, 철근탐사 결과 피복두께가 국부적으로 부족한 것으로 측정되었다. 실측된 철근의 배근간격 및 피복두께는 아래와 같다.

<표 3.3> 바닥판 철근탐사 결과

구분	위치	철근종류	측정값(mm)	
			피복두께	배근간격
바닥판	S1 G3-G4	주철근	25~30	120~150
	S1 G6-G7	주철근	26~30	135~145
	S2 G7-G8	주철근	28	125~150

3.4 결과 요약

3.4.1 주요 외관조사 결과

- 구조물의 주부재인 주형은 대체로 양호한 상태이며 국부적인 공용중 손상은 발생하였으나 구조 안전성에는 큰 영향이 없는 것으로 분석되었다(2011년 '구로고가 정밀점검 및 내하력평가' 결과).
- 그러나 바닥하면의 누수 및 백태 등의 손상으로 인해 바닥판 하면과 주형의 접속 부위에 백태가 발생한 것으로 조사되어 보수가 필요한 상태이다.
- 구로고가 바닥판 하면 S2, S3, S4경간에서 바닥판 손상 단계중 Ⅲ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생) IV단계(석회분 유출, 균열폭 확대단계)가 조사되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열의 형태로 나타나고 있다.
- 바닥판 치환 보수부의 누수 및 백태 형상은 접합불량, 교면방수층의 파손으로 발생한 것으로 판단되며 추가적으로 손상이 진전 될 경우 바닥판 하면의 펀칭 파괴로도 진전될 수 있으므로 조속한 시일 내에 보수공사가 요구된다.

3.4.2 비파괴 시험 결과

- 바닥판 콘크리트의 압축강도 평가 결과 설계기준강도인 24MPa이상으로 평가되어, 구로고가의 바닥판 손상은 콘크리트 강도와는 무관한 것으로 평가되었다.
- 철근배근 탐사결과 철근의 배근간격은 최소 120mm에서 최대 150mm로 매우 불량한 것으로 조사되어 내하력 저하를 유발하고 있다.

3.5 구조해석

3.5.1 개 요

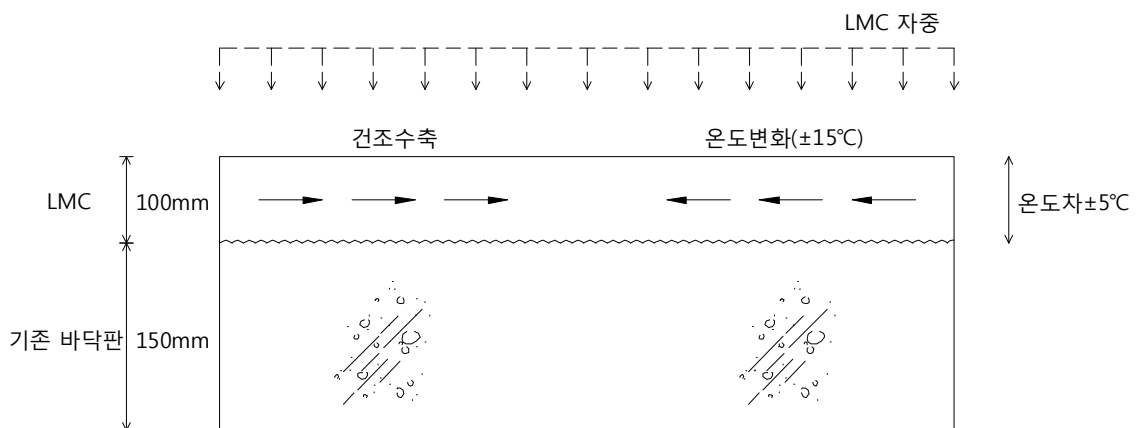
구로고가 서울특별시 구로구 가리봉동에 위치하고 있으며 총연장 153.0m의 왕복 5차로 교량이다. 상부구조 형식은 PSC-I형교로 구성되어 있으며, 하부구조는 T형 교각과 반 중력식 교대로 이루어져 있다.

본 과업에서는 바닥판 상면 LMC포장 보수공사시 발생 할 수 있는 조건을 검토 하여 구조물의 상태를 확인 하고자 실시하였다.

구조해석은 범용 구조해석 프로그램인 Midas_Civil 2009를 사용하였으며, Frame 요소(PSC-I형 빔)와 Solid요소(바닥판슬래브)를 이용한 3차원 구조해석을 수행하였다.

3.5.2 LMC 포설시 적용되는 하중

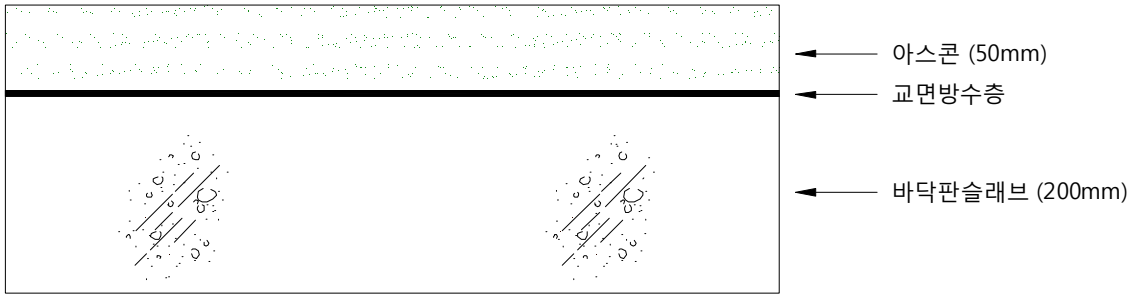
구로고가 바닥판 상면 LMC포장 보수공사시 바닥판에 하중이 발생하는 하중은 아래 제시한 <그림 3.7>와 같다. 본 구조해석의 목적은 지점부 인장응력에 의한 LMC 균열 가능성 판단에 있으므로, 활하중 응력은 기존 바닥판의 철근이 분담하므로, 활하중은 고려하지 않았다.



<그림 3.7> LMC 하중재하 개요도

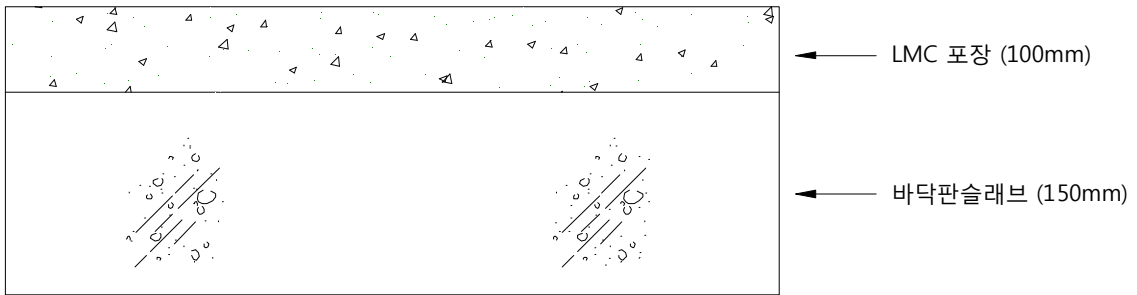
- 1) 고정하중 : LMC자중($\gamma_{LMC} = 23.5\text{kN/m}^3$) 프로그램 자동재하
- 2) 건조수축 : 새로친 LMC에 대해 -15°C 환산 온도하중 재하
- 3) 온도하중 : 전체 구조계에 대해 $\pm 10^\circ\text{C}$ 온도하중 재하
- 4) 바닥판 온도차 : LMC를 포함한 바닥판 상면 · 하면에 대해 $\pm 5^\circ\text{C}$ 온도차 재하

(기존)

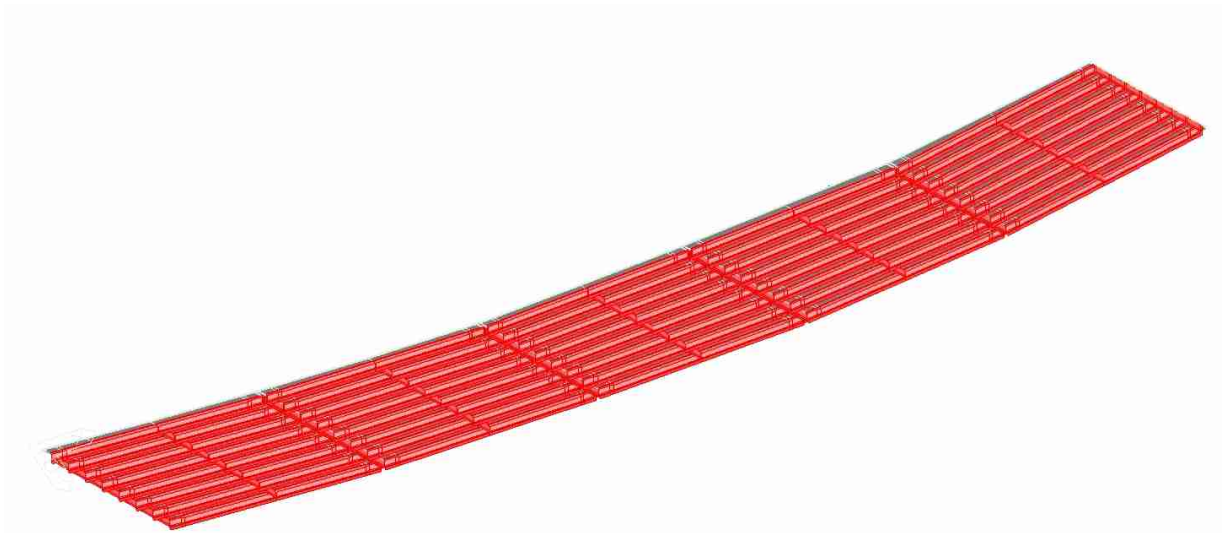


<그림 3.8> 보수공사전 바닥판

(보수공사 후)



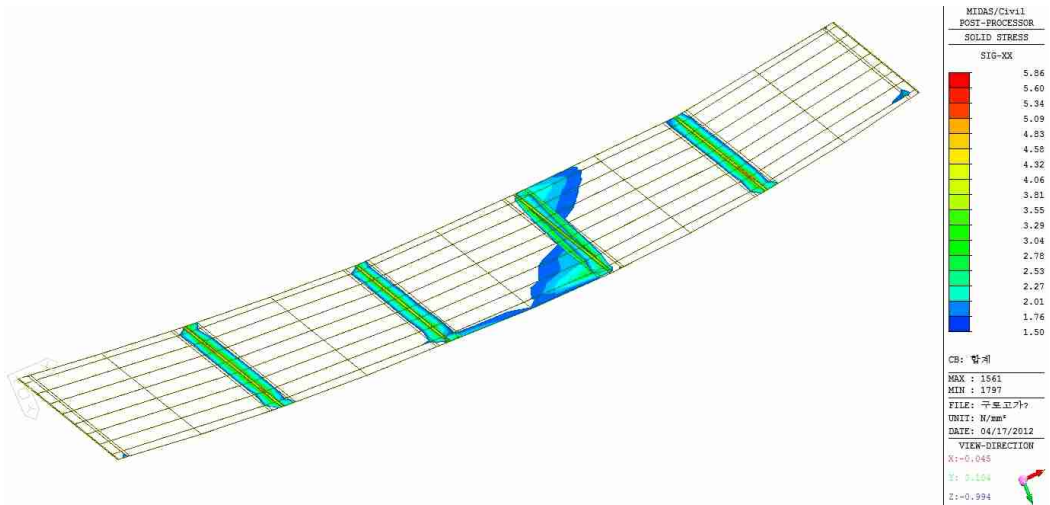
<그림 3.9> 보수공사후 바닥판



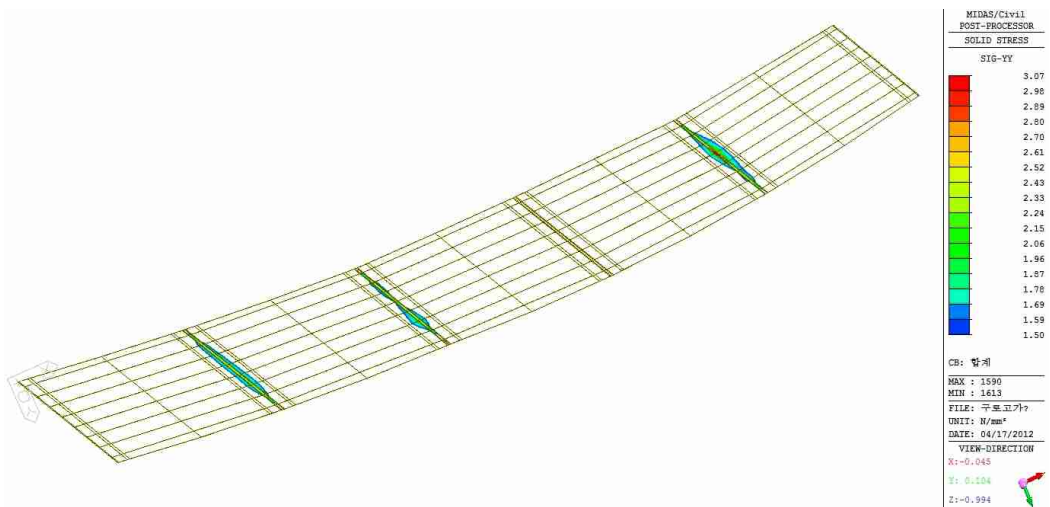
<그림 3.10> 구로고가 유한요소모델

3.5.3 결과분석

LMC 포설 후 온도차 · 건조수축에 의해 발생하는 응력은 아래와 같다.



<그림 3.11> LMC 하중재하 발생하는 하중분포(교축방향)



<그림 3.12> LMC 하중재하 발생하는 하중분포(교축직각방향)

앞서 제시한 LMC 포설시 응력도와 같이 지점부(P1, P2, P3, P4)상면에는 큰 인장 응력이 발생되며, 향후 LMC 포장면의 균열이 유발될 수 있으므로 인장철근의 배근이 필요한 것으로 해석되었다.

3.5.4 지점부 인장철근 설계

응력이 집중적으로 발생하는 ELEMENT는 1753, 1754, 1561, 1570, 1779, 1780이며, 이에 대한 응력산출 결과는 아래와 같다.

ELEMENT 번호	1753	1754	1561	1570	1779	1780	평균
응력 (MPa)	1.398	4.038	5.205	4.597	4.413	2.366	3.669

- ELEMENT 1753, 1754, 1561, 1570, 1779, 1780(지점부 LMC)에 작용하는 최대평균응력 : 3.669MPa
 - 단위길이당 작용하는 인장력 산출
 $3.669\text{N/mm}^2 \times 100\text{mm}(\text{LMC의 최대두께}) \times 1,000\text{mm}(1\text{m당}) / 1000 = 366.9\text{kN}$
 - 철근 H16의 허용 인장력
 $160\text{N/mm}^2 \times 198.6\text{mm}^2(\text{H16 단면적}) = 31.77\text{kN}(1\text{EA당})$
- ∴ 필요한 철근배근은 : $366.9\text{kN} / 31.77\text{kN} = 10.0\text{EA}(1\text{m 당 } 10\text{EA})$

제 4장 보수설계방안

4.1 개요

4.2 보수설계 기본 방향

4.3 바닥판 슬래브 보수방안 및 결과 요약

제 4장 보수설계방안

4.1 개 요

구로고가는 1970년대 후반에 건설된 구조물로 현재 약 35년의 공용기간을 지닌 시설물이다. 공용기간동안 시설물 이용환경이 다소 변화가 발생하였으며 특히 중차량 증가와 교통량 증가로 시설물의 안전성을 재검토할 필요가 있다. 또한 교통 환경 뿐만 아니라 설계기준의 변화도 지속적으로 이루어졌다. 설계당시 구로고가는 전 부재에 대해 허용응력 설계법으로 설계가 이루어진 것으로 판단되나 현재에는 콘크리트의 경우 강도설계법으로 설계하며, 강재의 경우 허용응력설계법으로 설계하고 있다.

위에서 언급한 바와 같이 구로고가는 공용기간을 거치며 시설물의 변화(부재의 열화)뿐만 아니라 시설물과 관련된 건설, 교통 환경이 변화함에 따라 구조물의 내하력이 직·간접적으로 저하되고 있는 상태이다. 또한 구로고가의 바닥판은 누수와 유리석회를 동반한 망상균열의 진전과 편칭파괴가 발생되고 있는 매우 노후화된 상태이다. 그러나 구로고가는 현재 철거가 예정된 고가이므로 이를 감안하여 경제적인 방향으로 설계가 되도록 고려하였다.

이러한 배경 속에 본 교량의 보수공사후 내구성능은 약 10년 이상 유지될 수 있어야 하므로, 현재 손상이 심각한 바닥판의 부분교체와 더불어 누수를 완전히 차단하여 손상의 진전을 중단시키는 보수방안이 요구된다.

구조물에 대한 보수는 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경 조건 및 경제성 등에 의해서 보수방법 및 수준을 결정하게 된다. 보수는 구조물에 작용된 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말한다. 따라서 보수를 위해서는 상태평가 결과 등을 정밀검토 후 보수의 필요성 및 방법을 제시하도록 하였다.

4.2 보수설계 기본 방향

4.2.1 구로고가 보수방향

구로고가는 공용기간 35년의 노후화된 교량으로 특히 바닥판 하면의 백태를 동반한 망상균열 발생 등 바닥판의 건전성이 크게 저하된 상태이다. 또한 일평균 92,986대가 이용하는 교통 혼잡구간으로서 교량의 특성을 파악하여 보수설계 방향을 제시한다.

가. 바닥판 보수방안

<표 4.1> 바닥판 보수방안의 비교

보수 방법	1안	2안	3안
	바닥판 개질콘크리트 포장 + 바닥판 국부치환	바닥판 개질콘크리트 포장	바닥판 치환
세부 보수방법	바닥판 국부치환후(6개소) 전면적 개질콘크리트 포장(단면두께 증설)	교량 전면적 개질콘크리트 포장	손상정도가 심한(23개소) 바닥판 철거 재시공
장점	· 손상된 바닥판의 재시공과 전면적 방수대책 가능	· 시공이 간편 · 누수에 대한 장기대책 가능	· 손상 바닥판 완전 제거 가능
단점	· 주야간 교통통제 필요 (1개월) · 시공비 증가 · 바닥판상면 전단철근 시공 필요	· 주야간 교통통제 필요 (1개월) · 손상정도가 심한 바닥판에 대한 대책강구 불가능 · 바닥판상면 전단철근 시공 필요	· 야간 교통통제 · 교체 바닥판 외에는 보수불가 · 바닥판 접합 정밀시공 필요
소요 공사비	7.6억원	6.7억원	7.6억원
채택	○		

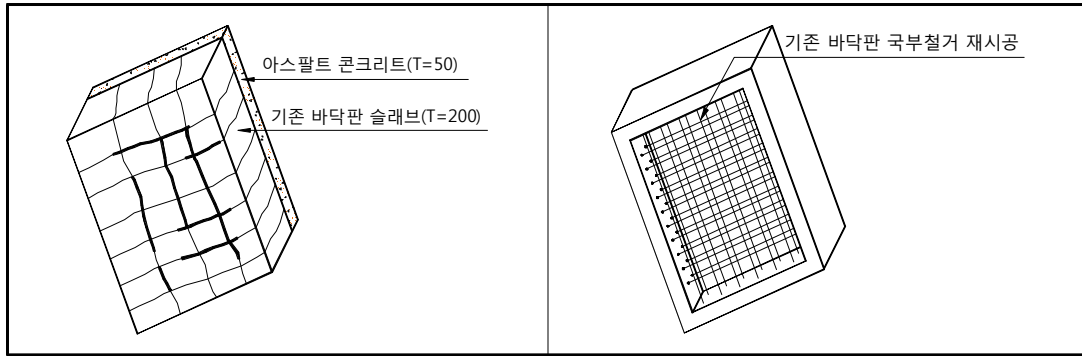
바닥판 보수방안은 손상이 심각한 바닥판의 치환보수와 함께 현재의 바닥판 망상 균열 등 손상의 진전 억제를 위한 개질콘크리트 포장을 시행하는 병행공법이 가장 바람직한 것으로 평가되었다.

나. 손상정도에 따른 시공 방안

1) 1차시공 (바닥판 치환)

- 바닥판 치환 보수(국부 철거 재시공 : 6개소)

- ① 좀 더 확실한 시공을 위해 바닥판 하면은 견고한 거푸집 설치(지지대 설치)
- ② 접합 불량 방지를 위한 팽창 콘크리트 적용



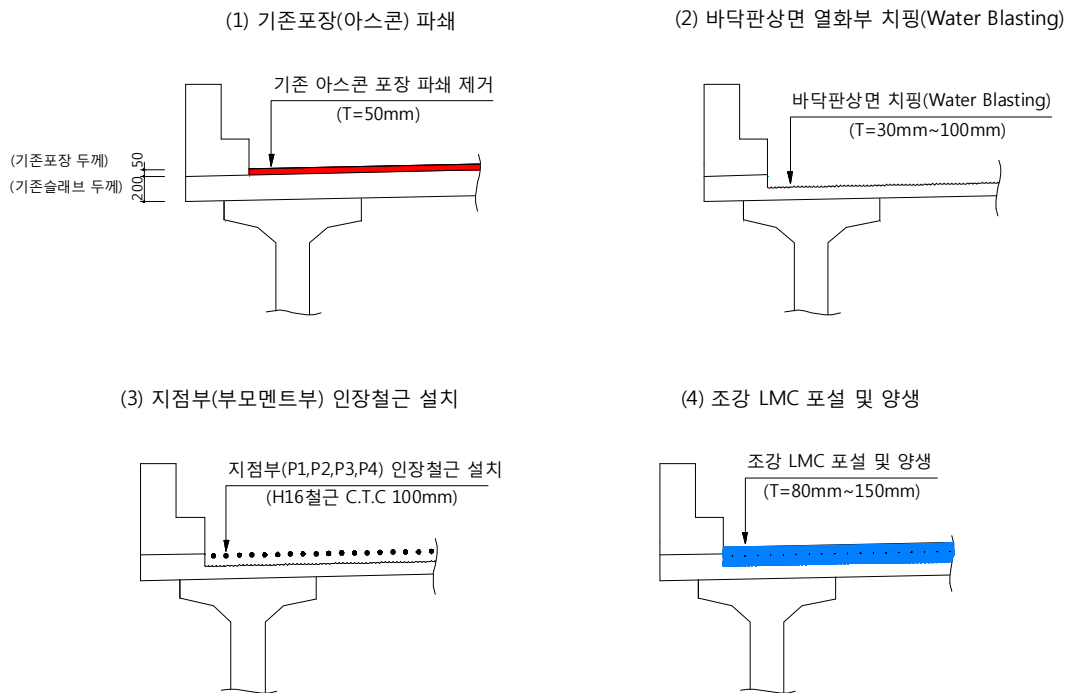
<그림 4.1> 바닥판 치환 보수 공법

2) 2차시공 (조강LMC 포장)

- 개질 콘크리트 포장 : 포장부 전면적 시행

(완벽한 방수층 형성으로 누수를 방지하여 손상진행 억제)

- ① 바닥판 상면 열화부는 Water Blasting으로 제거(완전한 방수층 시공)
- ② 지점부(P1, P2, P3, P4) 상면 부모멘트부에 인장철근 설치





<그림 4.2> 조강LMC 포설 상세 시공순서

4.3 바닥판 슬래브 보수방안 및 결과 요약

4.3.1 바닥판 슬래브 보수방안 비교

현장 조사를 토대로 시행 가능한 구로고가의 바닥판 슬래브 보수방안을 종합적으로 비교 및 검토하면 다음과 같다.

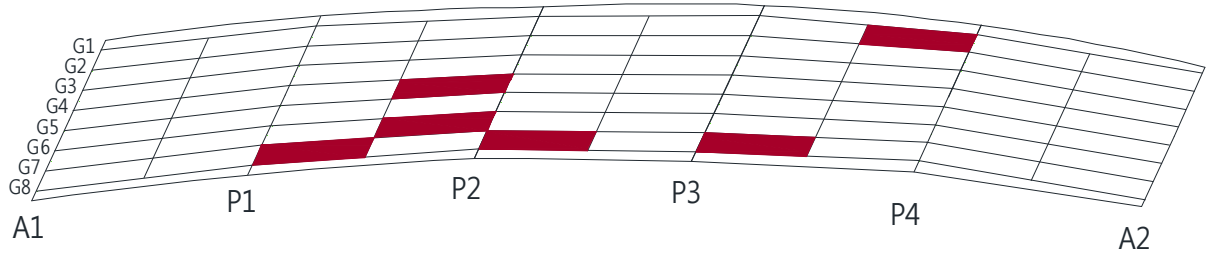
<표 4.2> 바닥판 슬래브 주요 보수방안 비교

구분	바닥판 슬래브 보수공법(포장부)	
	조강 LMC 공법 (특허 제0774448호)	SEP 공법 (신기술 제615호)
공사 개요		
공법 요약	라텍스 콘크리트를 이용한 바닥판 상면의 두께를 증가시키는 공법 (라텍스 혼입 접착성, 방수성 개선)	폴리머 콘크리트를 이용한 바닥판의 두께를 증가 시키는 공법 (폴리머 혼입 접착성, 방수성 개선)
장점	<ul style="list-style-type: none"> ① 기계에 의한 콘크리트 타설로 정밀한 시공품질확보 가능 ② 워터제트에 의한 열화부 완전제거 ③ 공사완료 후 유지관리 용이 (아스콘 포장 불필요) ④ 국내실적 다수 	<ul style="list-style-type: none"> ① 기계에 의한 콘크리트 타설로 정밀한 시공품질확보 가능 ② 다줄컷팅장비로 인한 작업시간 단축 ③ 공사완료 후 유지관리 용이 (아스콘 포장 불필요) ④ 공사비 저렴
단점	<ul style="list-style-type: none"> ① 수화열에 대비한 치밀한 양생필요 ② 바닥판 전 두께에 대한 완전보수 불가능 (손상심하 개소는 철거 재시공 필요) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 시공실적 적음 ② 인력에 의한 치핑작업 ③ 바닥판 전 두께에 대한 완전보수 불가능 (손상심하 개소는 철거 재시공 필요)
물성값	<ul style="list-style-type: none"> ① 부착강도(3일) : 1.5 MPa ② 염소이온침투저항성 : 636 coulombs 	<ul style="list-style-type: none"> ① 부착강도(3일) : 미제시 ② 염소이온침투저항성 : 782 coulombs
주요 실적	서울시 화랑고가차도 등 다수	영동고속도로 인천방향 등 5건 (대규모 보수실적 아직 없음)
공사비	144,000원/m ²	112,000원/m ²

구로고가 보수공사는 손상정도가 심한 곳은 바닥판 국부치환을 시행하며, 바닥판 상면의 열화 상태는 국부적으로 매우 심할 수 있으므로, 이러한 예기치 못한 상황을 제어할 수 있는 Water Blasting을 포함한 조강 LMC 공법이 가장 적절한 것으로 검토되었다.

4.3.2 바닥판 슬래브 순서개요도

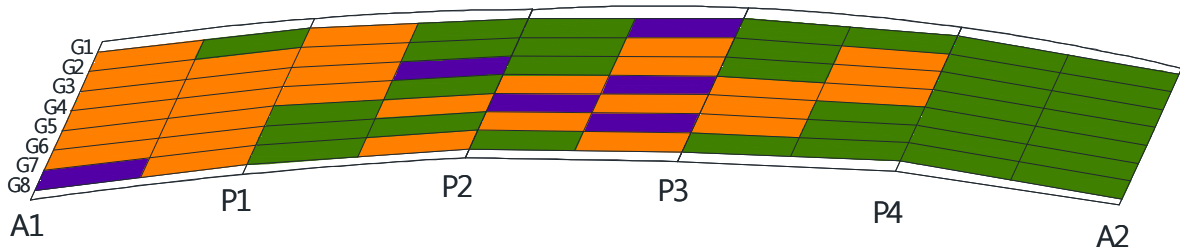
가. 바닥판 국부 철거 재시공



국부 철거 재시공

- 기존 철근을 유용하고 손상된 콘크리트를 재시공
 - 팽창 콘크리트 적용을 통한 건조수축 감소로 접합 결함 최소화
- 총 6개소 (130.2m²)

나. 조강 LMC 포설



- 기존 바닥판 30mm 치핑 후 조강 LMC 포설(34개소)**
(치환보수 완료부와 손상이 경미하다고 판단되는 구간)
- 기존 바닥판 60mm 치핑 후 조강 LMC 포설(30개소)**
(교면포장 침하부와 과거 섬유시트 부착부 등)
- 기존 바닥판 100mm 치핑 후 조강 LMC 포설(6개소)**
(바닥판 하면 균열밀도 증가부, 교면포장 침하 심화부)

※ 교면포장부와 바닥판 하면 상태를 종합 평가하여 치핑두께 결정

제 5장 결론

5.1 시설물 현황

5.2 2011년 정밀점검 및 내하력평가 결과요약

5.3 시설물의 현장조사 및 구조해석 결과

5.4 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)

5.5 종합의견 및 최종 보수설계 방안

제 5장 결언

본 과업은 구로고가에 대한 정밀점검 및 내하력 실시결과(2011.4.15~2011.9.15)에 따라 발견된 손상내용에 대한 적기에 보수공사를 실시하여 교량 기능을 유지·회복하고 이용시민의 통행편의를 증진하기 위함이다. 본 구로고가는 현재 바닥판슬래브의 유리 석회를 동반한 망상균열의 진전 등 노후화가 매우 크게 진행된 교량으로 향후 바닥판의 편칭파괴 등 손상이 발생될 가능성이 크므로 부분적인 치환공사와 함께 손상의 진전을 억제하기 위한 누수차단으로 교량의 수명을 연장시키기 위해 본 과업을 시행한다.

5.1 시설물 현황

- 본 시설물은 서울특별시 구로구 가리봉동 140번지에 위치하고 있으며 왕복 5차선 교량이다.
- 본 구조물은 5경간으로 총연장 154.2m이며, 상부구조의 형식은 PSC Beam, 하부구조 중 교대는 반중력식, 교각은 T형으로 구성되어있다.

5.2 2011년 정밀점검 및 내하력평가 결과요약

5.2.1 외관조사 결과

- 구로고가의 표면포장은 두께 50mm의 아스콘 포장으로 시공되어 있으며, 다수의 아스콘 균열·포장침하·포트홀 등 손상이 관찰되었다.
- 바닥판 하면 외관조사 결과 공용기간 34년 동안 주기적인 보수공사를 시행하였으나 다수의 망상균열, 망상균열 및 백태, 균열 등이 조사되었다.
- 특히 S2, S3, S4 경간에서는 바닥판 손상단계중 Ⅲ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생), IV단계(석회분유출, 균열 폭 확대단계)가 조사되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열이 진전되는 것으로 판단된다.

- 또한 바닥판슬래브의 두께는 200mm로 시공되어 있으며, 철근노출에 의한 주철근 직경확인 및 배근간격에 대한 비파괴시험 결과 설계기준(DB-13)에 비해 부족한 철근량이 배근되어 있다. 따라서 구로고가가는 특히 진동·충격에 취약한 것으로 평가되며, 이러한 요인이 바닥판슬래브의 손상을 진전시킨 것으로 판단된다.
- 따라서 추가적으로 손상이 진전될 경우 바닥판하면의 편칭파괴로 진전될 수 있으므로 조속한 시일 내에 보수·보강공사가 요구된다.

5.2.2 콘크리트 내구성 평가 결과

- 잔존수명 예측결과, 콘크리트 상부구조는 실측최소피복두께를 고려시 잔존수명은 100년 미만으로 분석되어 철근부식 가능성이 존재하며, 콘크리트 하부구조와 옹벽의 경우 실측 최소피복두께를 고려시 10mm이상의 잔여깊이가 남아 있으므로 철근부식 가능성은 현재로서는 크지 않은 것으로 평가되었다.
- 콘크리트 압축강도는 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 콘크리트의 재료적 품질상태는 비교적 건전한 것으로 평가되었다.

5.2.3 안전성 평가 결과

- 구로고가의 안전성 평가 결과 주형의 안전율은 1.0 이상으로 평가되었으나, 바닥판의 경우 안전율이 0.75로 평가되어 이에 대한 대책이 필요하다.

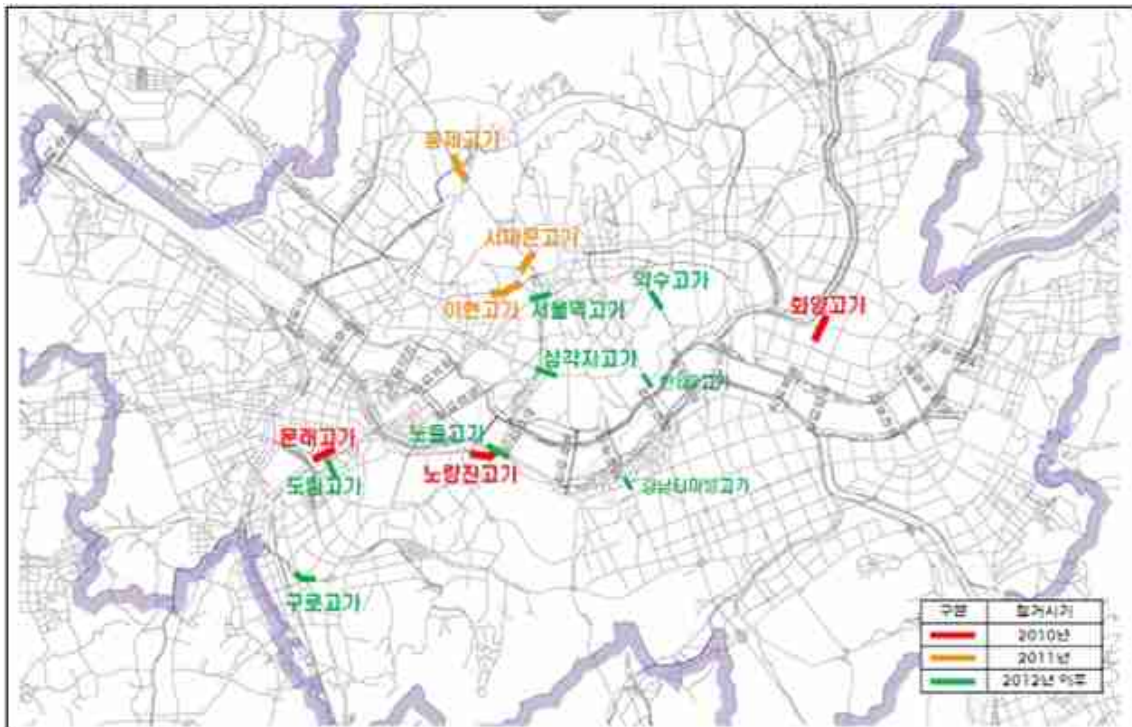
5.3 시설물의 현장조사 및 구조해석 결과

- 구조물의 주부재인 주형은 대체로 양호한 상태이며 국부적인 공용중 손상은 발생하였으나 구조 안전성에는 큰 영향이 없을 것으로 분석되었다.
- 그러나 바닥하면의 누수 및 백태 등의 손상으로 인해 바닥판 하면과 주형의 접촉부위에 백태가 발생한 것으로 조사되어 보수가 필요한 상태이다.
- 구로고가 바닥판 하면 S2, S3, S4경간 에서 바닥판 손상 단계중 Ⅲ단계(균열의 밀도 증가단계, 소규모 백태발생) IV단계(석회분 유출, 균열 폭 확대단계)가 조사되었다. 교면포장의 손상으로 인해 우수유입, 중차량의 지속적 통행으로 인한 피로균열 발생으로 백태를 동반한 망상균열의 형태로 나타나고 있다.
- 바닥판 치환 보수부의 누수 및 백태 현상은 접합 불량, 교면방수층의 파손으로 발생한 것으로 판단되며 추가적으로 손상이 진전 될 경우 바닥판 하면의 편칭 파괴로도 진전될 수 있으므로 조속한 시일 내에 보수를 실시해야 할 것이다.

- 교면 전체 LMC 포설시 건조수축과 온도하중에 대한 영향 검토결과 지점부(P1, P2, P3, P4) 상면에는 인장균열이 발생할 가능성이 큰 것으로 조사되어, 적절한 인장철근 배근이 요구된다.

5.4 고가차도 연차별 철거계획(서울시청 보도자료)

- 서울시청은 2009년 12월에 서울시에 존재하는 12개의 고가차도에 대한 철거 계획을 발표하여 추진 중이며 본 용역에 해당하는 시설물인 구로고가 2012년 이후 단계별 철거대상시설물로 보도 자료의 세부내용은 다음과 같다.
- 고가차도는 진출입부의 병목현상 등에 따라 고가차도의 기능이 저하되고 지역발전 저해 요인으로 지적되는 등 철거 민원이 계속되어 왔으며 이에 서울시는 고가차도 12개에 대한 종합 관리계획을 수립, 단계적으로 철거하기로 발표하였다.



<그림 5.1> 철거대상 고가차도

- 2010~2011 화양 · 노량진 · 문래 · 아현 · 서대문 · 홍제 고가차도 우선 철거
-철거 대상 12개 고가차도 중 2010년~2011년엔 철거 후에도 교통 운영상 큰 문제가 없을 것으로 예상되는 화양 · 노량진 · 문래 · 아현 · 서대문 · 홍제 고가차도 6개소가 우선적으로 철거된다.

- 교통대책 필요한 노들고가차도 등 6개소는 2012년 이후 단계별 철거
 - 고가차도 철거 시 교통운영상 문제가 예상되는 노들·구로·약수·도림·서울역·삼각지고가차도 등 나머지 6개 고가차도는 곧 이은 2012년 이후 주변 개발사업 등과 연계, 우회도로를 확보하거나 철거 후 지하차도 설치 등을 통해 단계별로 추진된다.

<표 5.1> 시설물별 철거 추진계획

연 번	고가차도명	시설물개요	추진계획
1	노들고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 한강예술섬 완료시기에 철거 후 지하차도 설치 (2011년설계, 2012~2014년공사)
2	구로고가	-폭 26.2m(6차로) -연장 870m	- 가리봉균형발전촉진지구 사업시행시 철거 후 지하차도 설치(2010년설계, 2011~2014년공사)
3	약수고가	-폭 15.4m(4차로) -연장 420m	- 약수 제1종 지구단위계획 재정비계획과 연계하여 우회도로 확보 후 철거
4	도림고가	-폭 16m(4차로) -연장 552m	- 영등포부도심권지구단위계획 재정비계획과 연계하여 철거 후 지하차도 설치
5	서울역고가	-폭 10.3m(2차로) -연장 1,784m	- 서울역 북부 역세권 개발계획과 연계하여 철거
6	삼각지고가	-폭 11.9m(2차로) -연장 290m	- 용산국제업무지구 광역교통개선 대책에 포함하여 철거 후 지하차도 설치 (2010년 설계, 2011~2014년 공사)

5.5 종합의견 및 최종 보수설계 방안

- 구로고가 2009년 12월 서울시청 보도자료 고가차도 연차별 철거계획 발표에 따르면, 가리봉균형발전촉진지구 사업시행시 철거후 지하차도 설치가 예정인 고가차도이다.
- 앞으로 철거대상 예정인 구로고가에 대해서 손상정도가 심한 곳은 바닥판 국부 치환을 하며, 바닥판 상면은 조강 LMC공법을 이용하여 접착성 및 방수성 개선을 통하여 교량의 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.
- 본 공사는 교면 상에서는 이루어지는 공사로서 시공시 교통통제가 수반되므로 교통처리계획 등의 철저한 마련과 시공 중 안전대책을 충분히 강구하여야 한다.
- 구로고가는 현재의 통행제한(총중량 23톤)과 함께 금번 보수공사로 내구성의 향상이 기대되므로, 보수공사후 목표내구수명은 10년 이상으로 한다.
- 따라서 이러한 계획을 고려, 구로고가는 현 시점에서 매우 많은 사업비가 소요되는 바닥판 교체 등 공사는 매우 비 경제적이므로, 손상정도가 매우 큰 개소는 부분 철거 재시공을 시행하고, 교면 전체에 대한 개질 콘크리트 포장으로 누수를 완전히 차단하며, 현 시점에서의 손상진전을 억제하는 것이 바람직하다.
- 바닥판 국부 철거 재시공은 총 6개소를 우선 시행하며, 치환공사 완료 후 교면 전체를 조강 LMC로 시공한다.