

과업요약문

1. 개요

1.1 과업명

- 동작대교 정밀안전진단 용역

1.2 과업의 목적

본 용역은 "시설물의 안전 관리에 관한 특별법"에 따른 정밀안전진단으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성과 결함의 원인 등을 조사·측정 및 결함상태를 점검하여 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

- 1) 자료 수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가, 안전성평가 및 종합평가
- 4) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 5) 보고서 작성

1.3.2 과업수행기간

본 과업의 기간은 2013. 10. 04 ~ 2014. 10. 30 까지 392일간으로 한다.

용역명	계약일자 (계약번호)	착수일자	준공일자
동작대교 정밀안전진단	2013. 09. 30 (20130943121-02)	2013.10.04	2014.10.30

1.4 과업대상 구조물의 개요

구분		내용		구분		내용	
시설물명		동작대교		시설물 번호		BR1984-0000070	
준공년월일		1984년		관리번호			
시설물위치		서울특별시 용산구 이촌동 ~ 동작구 동작동					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		동작대로	
제원	연장	본 교	L=1,920m	상류측	12@80=960m		
				하류측	12@80=960m		
		북단 접속교	L=1,013m	상류측	2@42.5+2@42.5+9@30+2@33.0=506m		
				하류측	2@42.5+2@42.5+9@30+2@33.5=507m		
		남단 접속교	L=1,033.5m	상류측	5@40+(42.5+32.5+42.5)+4@30+15@10=587.5m		
				하류측	5@40+2@42.5+5@30+11=446m		
		램프교	L=1,279.7m	A	2@40+2@30+6@10=200m		
				B	2@42.5+2@42.5+3@10=200m		
				E	3@30+3@10=120m		
				F	3@30+4@10=130m		
				G	3@30+4@10=130m		
				H	2@30+2@30+4@10=160m		
				I	4@30+26.7+2@15=176.7m		
				J	(18+25)+20@6=163m		
폭	본교 : B=14.3m, 접속교 : B=12.3~33.5m, 램프교 : B=6.0~9.0m						
구조 형식	상부	본 교 : 강바닥판 SBG 접속교 : SPG, RC슬래브 램프교 : SPG, SBG, RC슬래브, 라멘교					
	하부	라멘, T형, 구주		기초	교각	우물통, 강관파일	
교량받침		본 교 : 내진용 포트받침 접속교 : 포트받침 + 탄성받침 램프교 : 포트받침 + 탄성받침		신축이음		본 교 : 강핑거 접속교 : 강핑거, Mono-cell Transflex 램프교 : Delcrete, Mono-cell, 강핑거	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		본교 : 한강 북단접속교 : 강변북로, 지하철(중앙선) 남단접속교 : 올림픽대로, 현충로		통과높이		H ≒ 4.3~4.8m	
부착시설내용		난간 및 조명시설, 점검로					
기 타		※ 포장 아스팔트, 난간 : 알루미늄 ※ 붕괴유발부재(1-Girder) : 램프교 A, B, F, G, H, I, J					

2. 유지관리 이력

2.1 개요

본 교량에 대한 유지관리 이력은 시설물정보관리종합시스템(FMS)에 등재된 현황과 관리주체에서 제공한 안전점검 및 정밀안전진단, 보수·보강공사의 이력을 참조하여 향후 유지관리 시 기초자료로 활용될 수 있도록 하였다.

2.2 안전점검 및 정밀안전진단 이력

1998년 이후 정기적으로 점검 및 진단을 수행하였으며, 점검 및 정밀안전진단 내용을 간단히 정리하면 다음과 같다.

구분	실시년도 및 점검·진단결과(◎:양호, ○:보통, X:불량, 등급:A~E)														
	'98	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
정기점검			◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎	◎◎
정밀점검		B		B			B		B				B		
정밀안전진단	B					B					B				

정밀점검 및 정밀안전진단 이력

연번	점검진단기간	점검진단구분	점검진단기관명	안전등급
1	1998.05.12 ~ 1998.12.07	정밀안전진단	한국시설안전공단	B
2	2000.11.02 ~ 2000.11.04	정밀점검	외부전문가 점검	B
3	2002.05.17 ~ 2002.11.19	정밀점검	원익씨에스관리(주)	B
4	2003.08.13 ~ 2004.08.12	정밀안전진단	한국시설안전공단	B
5	2005.07.13 ~ 2005.08.01	정밀점검	남부도로사업소(자체수행)	B
6	2007.03.28 ~ 2007.10.23	정밀점검	목양건설(주)	B
7	2009.02.10 ~ 2010.03.31	정밀안전진단	한국시설안전공단	B
8	2011.05.12 ~ 2011.12.07	정밀점검	비엔티엔지니어링(주)	B

2.3 보수·보강 이력

보수·보강 이력에 대한 정리는 시설물정보관리 종합시스템(FMS)에 등재된 이력으로서 세부 내용은 <표>에 수록하였다.

보수·보강 이력

No	공사명	공사 구분	보수보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
1	동작대교 보수공사	보수	교면포장의 10종	쌍용	쌍용엔지니어링(주) 안영기의 2개사
	2000.06.07~2003.12.31		재포장(오버레이 등)의 17종	13,108,000	이호중
2	동작대교 보수공사	보수	강재	건안본 박찬규	디지털건설(주) 이민재
	2005.07.28~2006.01.19		재도장(부분, 전면 등)	1,529,620	디지털건설(주) 유병을
3	한강교량보행환경개선공사 (동작대교 접근시설개선)	기타	기타	유신 제일	진양건설(주)
	2007.11.30~2009.12.24		기타 시설물 보수	3,923,534	박을재
4	동작대교 접속교및램프 내진성능보강공사	보강	내진보강	청석	홍용종합건설(주)
	2009.07.06~2010.10.04		내진보강	4,279,000	이철수
5	2010년도 한강교량 일상유지 보수공사	기타	빗물받이	자체	노은건설(주)
	2010.03.19~2011.02.28		빗물받이틀, 덮개 제작 및 설치 : 306개	95,809	이해홍
6	2011년도 한강교량 일상유지 보수공사	개량	교면포장, 기타	자체	서희건설, 호산건설
	2011.03.29~2012.02.28		절삭후아스팔트덧씌우기 및 도막식 방수 : 130.3a 테크판 보수(무수축물탈타설) : 4개소 차도용난간 파이프교 체 : 17m	1,098,099	맹민재
7	동작대교 보수,보강공사(1차)	보수	교면포장의 5종	제일 극동	재패건설외 1개사
	2012.05.02~2013.02.21		재포장(오버레이 등)의 5종	2,436,109	김상진
8	2014년 한강교량 일상유지보수공사	보수	난간,연석,중앙분리대의 2종	자체	인명건설(주)
	2013.03.26~2014.02.21		부분보수의 3종	214,300	현장대리인 허종운
9	동작대교 보수,보강공사(2차)	보수	교면포장의 5종	제일 극동	재패건설 1개사
	2013.04.05~2013.12.20		재포장(오버레이 등)의 6종	3,400,000	김상진

3. 관련자료 검토

대상교량의 정밀안전진단을 실시하기 위해서는 과거에 수행하였던 안전점검 및 정밀안전진단, 보수 및 보강 공사에 관련된 자료의 검토가 중요하다. 유지관리 자료 중 최근에 실시되었던 정밀점검(2011년)과 정밀안전진단(2009년)의 결과에 대한 검토를 실시하여 금회 정밀안전진단의 기초자료로 활용하였다.

3.1 기 수행된 정밀점검(2011년) 및 정밀안전진단(2009년)

외관조사는 정밀점검(2011년)과 정밀안전진단(2009년)을 비교하여 본 과업 수행 시 상태의 진전 등을 확인코자 하였으며, 내구성 및 구조해석관련 부분은 전차 정밀안전진단(2009년) 자료를 분석하여 금차 자료와 비교·검토하고자 요약수록하였다.

3.1.1 외관조사 결과

외관조사 결과 비교(본교)

구 분	2009 정밀안전진단	2011 정밀점검
교 면 포 장	·종방향 균열, 소성변형 ·망상균열, 포트홀, 아스팔트마모 ·균열부 녹물유출	·종방향 균열, 소성변형 ·망상균열, 포트홀, 아스팔트마모 ·균열부 녹물유출
연 석/ 난 간	·난간이격, 탈락, 변형 ·차량방호울타리 부식 및 굽힘	·난간이격, 탈락, 변형 ·차량방호울타리 부식 및 볼트체결불량
배 수 시 설	·집수구 막힘 ·배수관 길이부족, 연결상태 불량	·집수구 막힘 ·배수관 용량부족
강 바 다 관	·용접누락 및 불량 ·볼트체결불량 및 누락 ·부식 및 도장박리	·용접누락 및 불량 ·볼트체결불량 및 누락 ·부식 및 도장박리
거 더	·용접누락 및 불량 ·볼트체결불량 및 누락 ·도장박리 및 부식 ·상부플랜지 볼트부식 및 누수, 볼트파단	·용접누락 및 불량 ·볼트체결불량 및 누락 ·도장박리 및 부식 ·상부플랜지 볼트부식 및 누수, 볼트파단
신 축 이 음	·누수 ·후타재 균열 및 마모	·누수 ·후타재 파손 및 마모
받 침	·받침 부식 ·우수유입방지 고무덮개 파손	·받침 부식 ·우수유입방지 고무덮개 파손
교대/ 교각	·수직균열/코핑부 균열 ·박락 및 철근노출 ·백태	·수직균열/코핑부 균열 ·박락 및 철근노출 ·백태

외관조사 결과 비교(남단접속교)

구 분	2009 정밀안전진단	2011 정밀점검
교 면 포 장	·망상균열 및 포트홀	·재포장으로 양호함
연 석/ 난 간	·철근노출 및 박락 ·방음벽 노후화 및 표면 부식	·철근노출 및 박락 ·방음벽 노후화 및 표면 부식
배 수 시 설	·집수구 막힘 ·집수구 설치불량으로 인한 그레이팅 망실 및 마감불량으로 인한 배수관 주위 누수 및 부식 ·배수관 탈락 및 길이 부족	·집수구 막힘 ·배수관 탈락 및 길이 부족
바닥판	·망상균열Ⅲ,Ⅳ ·균열백태 ·박리, 철근노출, 재료분리 등	·망상균열Ⅲ,Ⅳ ·균열백태 ·박리, 철근노출, 재료분리 등
거 더	·도장박리, 부식, 볼트부식 ·볼트 체결불량, 볼트누락 ·거셋판 용접 누락, 불량	·도장박리, 부식, 볼트부식 ·볼트 체결불량, 볼트누락 ·거셋판 용접 누락, 불량
신 축 이 음	·본체파손, 누수 및 고무재 파손, 단차, 후타재 마모 및 파손 등	·본체파손, 누수 및 고무재 파손, 단차, 후타재 마모 및 파손 등
반 칩	·받침 및 앵커볼트 부식 ·앵커볼트 및 고정볼트 체결불량 ·받침 설치불량에 따른 신축유간 부족	·받침 부식 ·교체로 인해 전반적으로 양호함
교 대/ 교 각	·수직균열(cw=0.3mm내외) ·박리, 파손, 재료분리 및 철근노출	·수직균열(cw=0.3mm내외) ·박리, 파손, 재료분리 및 철근노출

외관조사 결과 비교(북단접속교)

구 분	2009 정밀안전진단	2011 정밀점검
교 면 포 장	·망상균열 및 포트홀 ·체수	·재포장으로 양호함
연 석/ 난 간	·철근노출 및 박락 ·방음벽 노후화 및 표면부식	·철근노출 및 박락 ·방음벽 노후화 및 표면부식
배 수 시 설	·집수구 막힘 ·집수구 설치 불량으로 인한 그레이팅 망실 및 마감불량으로 인한 배수관 주위 누수 및 부식	·집수구 막힘

외관조사 결과 비교(북단점속교)(계속)

구 분	2009 정밀안전진단	2011 정밀점검
바닥판	·망상균열Ⅲ,Ⅳ ·균열백태 ·박리, 철근노출, 재료분리 등	·망상균열Ⅲ,Ⅳ ·균열백태 ·박리, 철근노출, 재료분리 등
거 더	·부식, 볼트부식 ·볼트체결불량 ·용접 누락 및 불량	·부식, 볼트부식 ·볼트체결불량 ·용접 누락 및 불량 ·조류배설물
신 축 이 음	·본체파손, 누수 및 고무재 파손, 단차, 후타 재 마모 및 파손	·본체파손, 누수 및 고무재 파손, 단차, 후타 재 마모 및 파손
반 침	·받침 및 앵커볼트 부식 ·앵커볼트 및 고정볼트 체결불량	·받침 부식
교 대/ 교 각	·수직균열 ·박리 파손, 재료분리 및 철근노출	·수직균열 ·박리 파손, 재료분리 및 철근노출

외관조사 결과 비교(램프교)

구 분	2009 정밀안전진단	2011 정밀점검
교 면 포 장	·망상균열 및 포트홀 ·체수	·램프A, E 재포장실시 ·망상균열 및 포트홀
연 석/ 난 간	·난간 굽힘 및 변형 ·방음벽 노후화 및 표면부식	·난간 굽힘 및 변형 ·방음벽 노후화 및 표면부식
배 수 시 설	·집수구 막힘 및 설치불량	·배수구 막힘
바닥판	·균열 ·누수흔적, 백태 및 콘크리트 박락, 철근노출	·균열 ·누수흔적, 백태 및 콘크리트 박락, 철근노출
거 더	·볼트체결불량, 누락 ·도장박리 ·용접누락 ·강재 변형	·볼트체결불량, 누락 ·도장박리 ·용접누락 ·강재 변형
신 축 이 음	·누수, 단부마감불량 ·유간부 토사퇴적 ·후타재 균열 및 마모, 이격	·누수, 단부마감불량 ·유간부 토사퇴적 ·후타재 균열 및 마모, 이격
반 침	·받침부식 ·받침몰탈 균열	·받침부식
교 대/ 교 각	·균열 ·콘크리트 파손 및 철근노출	·균열 ·콘크리트 파손 및 철근노출

3.1.2 내구성조사 결과

내구성조사 결과 비교

시 험 명		시 험 부 위		시 험 결 과		비 고
				2009 진단	2011 점검	
콘크리트	비파괴강도 (MPa)	상부구조	반발경도	26.9	26.6	·설계기준강도 이상을 만족하는 양호한 상태임
		하부구조	반발경도	27.8	26.2	
	철근탐사 (mm)	상부구조	배근간격	90~260	97~233	·전반적으로 설계도면과 일치함
			피복두께	26~80	39~48	
		하부구조	배근간격	95~350	115~266	
			피복두께	35~239	43~168	
	탄산화 깊이(mm)	상부구조		0.9~8.4	3.8~12.6	·상태평가결과 a~b
하부구조		0.3~29.4	6.6~28.7	·상태평가결과 a		
<p style="text-align: center;">하부구조 잔존수명 예측도표</p>				·최소 잔존수명 101년으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 없을 것으로 평가됨		
균열깊이 (mm)	하부구조		피복두께초과	피복두께초과	·피복두께를 초과	
염화물 함유량 (kgf/m ³)	상부구조		-	0.024~0.018	·상태평가결과 a	
강재	도막두께 (μm)	강바닥판		200~289	185~263	·불량한 도장상태로 내구성 확보를 위한 재도장이 필요함
		거더	거더내부	88~287	153~188	
			거더외부		203~263	
종합 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 비파괴강도는 전반적으로 기존 점검과 유사한 경향을 보이며, 측정값은 설계강도 이상을 확보하고 있는 것으로 평가됨. - 탄산화깊이 측정은 기 진단('09년) 결과와 금회 진단결과 유사한 값으로 최소 101년의 잔존수명을 확보하고 있는 상태로 탄산화에 의한 철근의 부식은 없을 것으로 판단됨. - 금회 진단결과 콘크리트의 비파괴강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 측정결과 전반적으로 양호한 상태이며, 주부재의 철근배근간격 및 피복두께도 양호한 것으로 조사됨. 					

3.1.3 구조안전성검토 및 내하력평가(2009년) 결과

구 분		주요내용 및 검토결과
안전성 검토	허용응력법	• 종방향 안전성검토 : 인장응력 및 압축응력은 허용응력 이내
	강도설계법	• 종방향 안전성검토 : 극한하중에 대한 안전성 확보 • 횡방향 안전성검토 : 설계하중(고정하중+활하중)에 대한 안전성 확보
내하력 평가	거더	• 지간중앙부 : 공용내하력 DB24 이상 • 지 점 부 : 공용내하력 DB24 이상
	바닥판	• 캔틸레버부 : 공용내하력 DB24 이상 • 지간중앙부 : 공용내하력 DB24 이상

3.1.4 종합평가(2009년) 결과

구 분			주요내용 및 검토결과
종합평가	상태평가		• 상태평가 점수 = 0.253(B)
	안전성 평가	허용응력법	• SF(안전율=허용응력/발생응력) = 1.0이상(A)
		강도설계법	• SF(안전율=설계강도/소요강도) = 1.0이상(A)
종합평가결과 산정			• 종합평가결과 = MIN(B, A) = B

3.2 자료분석 결과

- 동작대교는 1984년 준공이후 관련법규에 의거 정기점검(26회), 정밀점검(5회) 및 정밀 안전진단(3회)이 시행되었으며, 전체적으로 안전등급은 “B”로 유지관리되고 있다.
- 공용 중 보수·보강이력을 확인한 결과 정밀점검 및 정밀안전진단 결과 지적된 손상 및 결함에 대하여 사용성 및 내구성능을 확보하기 위한 보수와 보강이 순차적으로 진행됨을 확인하였고, 내진보강공사는 본교는 2003년에 완료되었으며 그 외의 시설물에 대해서는 “한강교량 접속교·램프 내진평가 및 보강공사 실시설계(2009년 6월)” 결과에 의거 내진보강공사가 2010년에 완료된 상태이다.
- 금회 과업을 수행함에 있어서 이러한 사항에 대해 종합적 고찰 및 시설물의 현재 상태를 명확히 판단한 후 현장조사를 수행하였으며, 시설물의 사용성 및 내구성, 안전성을 종합적으로 확보할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

4. 외관조사

4.1 본교

4.1.1 교면포장

- 교면포장은 상, 하류측 모두 공용기간 증가에 따른 균열, 망상균열, 소성변형, 포트홀 및 체수가 조사되었으며, 이에 따른 강바닥판 부식을 촉진시킬 수 있고, 포장 손상율이 10% 이상으로 평가되어 전면적인 교면방수 후 재포장이 필요하며, 보도부 체수는 강구조물의 열화 및 부식을 촉진시킬 가능성이 있으므로, 구배불량(체수) 구간에 대한 구배조정 후 구스아스팔트 재포장의 단기보수가 필요하다.

4.1.2 난간 및 연석 및 차량방호울타리

- 보차도 난간 및 강제연석, 차량방호울타리에 발생한 결함은 파손 및 변형, 부식 및 도장박리, 탈락, 볼트체결불량, 부식 및 단면손실로 부분 재설치, 표면처리 후 재도장을 통한 사용성 및 미관성을 확보하여야 하고, 특히 부식으로 단면이 손실된 강제연석부에 대해서는 덧댐강판 용접보수 및 재도장 또는 기존 강제연석 제거 후 아연도금 강제연석 재설치를 하는 것이 바람직하다.

4.1.3 배수시설 및 신축이음

- 배수시설은 설치오류에 의한 배수관 연결불량 및 길이부족, 배수흡통 이물질 퇴적이 확인되어 강박스 및 교각 열화방지를 위한 주기적인 청소와 재설치 및 길이연장이 필요하며 배수흡통은 신축이음 교체시 제거하는 것이 바람직하다.
- 신축이음 외관조사 결과 본체 편기에 의한 신축이음 작동 간섭, 후타재 파손 및 마모, 유간토사퇴적의 결함과 누수방지 기능이 없는 평거형 신축이음이 설치된 관계로 Box 거더 단부 및 받침에 부식과 콘크리트 열화를 유발하고 있으므로 향후 봉합재(지수역할)가 설치된 신축이음으로 교체가 필요하다.

4.1.4 강바닥판하면

- 강바닥판 중앙 종리브 사이 연결부의 강바닥판 4장이 연결되는 종방향 맞대기용접부 용접누락이 조사되었지만 추가결함은 발견하지 못하였다. 그러나 내구성 유지 및 유지관리 측면에서 용접보수를 실시하는 것이 타당할 것으로 판단된다.
- 볼트체결불량 및 볼트누락 등의 결함은 신규볼트에 의한 재체결을 실시하는 것이 효율적이라 판단되며 국부적인 강바닥판 하면의 볼트누락과 '03년도 보도부 재포장 보수공

사 이전 보도부의 누수로 인해 볼트가 부식되어 교체가 필요한 부위는 부재의 위치특성상 상부플랜지이므로 신규볼트에 의한 재체결은 어려움이 있다. 기 진단결과와 비교할 때 진전 및 확대 양상이 없는 것으로 판단되고 표면처리 후 재도장을 실시한다면 향후에도 문제점은 많지 않을 것이라 판단된다.

- 강바닥판 하면에 발생한 도장박리, 부식에 대해서는 내구성 확보 및 미관제고를 위해 전면 재도장을 실시하는 것이 효율적이라고 판단된다.

4.1.5 거더내부, 거더외부, 가로보 및 K-브레이싱

- 용접누락 및 용접 불량부는 전처리 후 보수용접을 실시하고, 볼트체결불량 및 누락은 신규볼트에 의한 재체결을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 도장박리 및 부식에 대해서는 내구성 확보를 위한 표면처리 후 부분 재도장이 필요한 것으로 판단된다.
- 볼트체결불량 및 누락의 결함은 강박스거더 내부와 병행하여 신규볼트에 의한 재체결이 필요하고, 부식 및 도장박리에 대해서는 전면 재도장이 필요한 것으로 판단된다.

4.1.6 받침 및 교각

- 본교 받침은 '03년에 내진용 포트받침으로 교체되어 편기, 작동불량 등 중대 결함이 없는 비교적 양호한 상태이며, 일부 받침물탈의 균열은 당장의 보수보다 주의관찰 후 조치가 바람직할 것으로 판단된다. 국부적인 부식과 고무덮개 파손은 표면처리 후 재도장과 고무덮개 재설치가 필요하다.
- 교각에 발생한 균열, 망상균열, 콘크리트 박락, 철근노출, 재료분리, 백태 등의 손상에 대해서는 일부 보수가 실시된 것으로 조사 되었으나, 표면처리 및 주입보수, 단면보수, 철근방청 후 단면보수가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

4.2 남 · 북단 접속교

4.2.1 교면포장

- 남, 북단 접속교는 대부분 교면방수 및 재포장을 실시하여 양호한 상태이며, '14년 동작대교 보수공사(3차)에서 추가 재포장 보수가 계획 중인 것으로 확인되었다.

4.2.2 난간 및 연석, 차량방호울타리

- 난간 및 연석은 차량충돌에 의한 난간변형, 연석 콘크리트 파손, 국부적 철근노출이 조사되어 안전성 확보 차원의 난간교체가 필요하며, 방호벽에 대해서 기존 경계석 철거 후 단면보강이 2013년(2차) 및 2014년(3차)에 보수 완료 예정인 것으로 확인되었다.

4.2.3 배수시설 및 신축이음

- 배수시설은 토사퇴적에 의한 배수구 막힘, 배수관 연결불량, 탈락, 길이부족이 조사되었으며, 정기적인 정비(청소) 및 배수관 길이연장과 정비가 필요한 것으로 판단된다.
- 남·북단 접속교 신축이음은 '09년 및 '12년에 대부분 신규 교체 하였으며, 남단접속교 본체 파손(1.8m) 및 후타재에 발생한 균열, 파손, 마모 등에 대해서는 부분 교체 및 보수가 필요한 것으로 판단된다.

4.2.4 바닥판 하면, 거더 및 가로보

- 기존 점검결과('11년) 및 실시설계 결과에 의해 '12년~'14년에 걸쳐 구간별로 바닥판 전면 보수가 완료 및 보수 진행 중인 것으로 확인되었다.
- 기존 점검결과('11년) 및 실시설계 결과에 의해 '12년~'14년에 걸쳐 구간별로 거더 및 가로보의 전면보수 완료 및 보수 진행 중인 것으로 확인 되었으며, 우수 유입에 의한 도장박리 및 부식과 볼트탈락, 용접불량에 대해서는 재도장, 볼트재체결, 용접보수가 필요한 것으로 판단된다.

4.2.5 받침, 교대 및 교각

- 2009년 6월 '한강교량 접속교·램프 내진평가 및 보강공사 실시설계' 결과로 포트받침 및 탄성받침으로 전수 교체되어 양호한 상태이며, 일부 신축이음부 우수 유입에 의한 받침 Plate 부식에 대해서는 재도장이 필요한 것으로 판단된다.
- 교대 및 교각에 발생한 균열, 철근노출, 누수흔적 및 오염(신축이음부 우수유입), 백태, 열화에 대해서는 균열보수, 표면처리, 방청 후 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

4.3 램프교

4.3.1 교면포장

- 램프 A, B, E, F, G, J는 2011년~2013년에 걸쳐 전경간에 대한 교면방수 후 재포장이 되었으며, 교면포장 조사결과 대부분 양호한 상태로 조사되었다. 램프 H의 경우 2009년 전면 재포장을 시행 하였으나, 반복적인 차량 통행 및 사용년수 증가로 인한 아스콘 망상균열 및 들뜸이 조사되었으며, 아스콘 망상균열 및 들뜸은 우수 침투 및 평탄성 불량에 의한 주행성 저하, 콘크리트 바닥판 우수유입으로 인한 누수 및 열화가 우려되므로 교면방수 및 재포장 보수가 필요할 것으로 판단된다. 램프 I는 아스콘 균열 및 망상균열, 아스콘 파손 및 포트 홀이 조사되었으나, 금회 2014(3차) 전면 재포장 보수가 계획 중인 것으로 확인되었다.

4.3.2 난간 및 차량방호벽, 방음벽

- 차량방호벽은 1~3차(2012년~2014년)에 걸쳐 기존경계석 철거 후 단면확대 및 표면 보수, 단면보수, 철근방청+단면보수가 완료되거나 계획 중인 상태이며, 난간은 일부 차량 충돌에 의한 변형, 지주파손, 시공불량에 의한 연결불량과 같은 손상이 조사되어 안전사고 예방차원의 난간 교체가 필요할 것으로 판단된다.
- 램프구간의 방음벽은 공용 년수 증가에 따라 노후화되어 표면부식 및 연결불량, 파손, 변형 등이 발생한 것으로 조사되어 방음벽에 대한 정비 및 도장보수가 필요할 것으로 판단된다.

4.3.3 배수시설 및 신축이음

- 램프구간의 배수시설 점검결과 배수구 막힘, 그레이팅 파손, 배수관 길이부족, 연결 불량이 조사되었으며, 그레이팅 교체, 배수관 연장 및 배수구 막힘에 대한 정비(청소)등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 신축이음 외관조사 결과 유간사이 토사퇴적, 후타재 균열 및 마모, 파손이 조사되었으며, 후타재손상은 반복적인 차량통행에 따른 손상으로서 후타재의 파손은 주행차량이 바닥판하면에 충격을 가하여 추가 손상을 초래할 수 있으므로 후타재 보수가 필요할 것으로 판단된다. 일부 구간에 발생한 단차에 대해서는 지속적인 유지관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단되며, 후타재 파손 및 노후화에 의한 우수 유입으로 하부구조에 대한 열화가 우려되는 구간은 신축이음 교체가 필요할 것으로 판단된다.

4.3.4 바닥판하면

- 외관조사 결과 콘크리트 바닥판에 일반적으로 발생하는 건조수축 균열, 누수 및 백태, 망상균열, 일부 표면보수부 박리, 박락, 재료분리 및 철근노출이 조사되었으며, 교면방수층 파손 및 신축이음부 우수유입에 의한 콘크리트 열화 손상이 조사되었다. 내구성확보를 위하여 단면보수 및 철근방청+단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 금회 점검시 조사된 바닥판 하면의 손상은 2013년(2차)에 보수 완료된 램프 E를 제외한 램프 A, B, F, G, H, I, J에 대하여 2014년(3차) 보수공사 시 표면보수 및 단면보수, 철근방청+단면보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었다.

4.3.5 거더내부 및 거더외부

- 거더내부에 대한 점검결과 현장연결부(Splice) 및 종방향 볼트연결부 볼트체결불량 및 볼트누락, 용접누락 및 불량, 국부적인 도장박리, 표면부식, 리브 및 격벽 변형, 일부 부재보강재 설치 누락 등의 손상이 조사되었으며, 이상의 손상들은 2011년 점검시 조사된

손상들로 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다. 일부 기존 점검시 누락된 볼트체결불량 및 누락, 도장박리, 부식, 변형의 결함이 조사되었으나, 2014년(3차) 보수공사 시 볼트재체결 및 재용접, 부분재도장, 청소 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었으며, 일부 변형 및 보강재 설치 누락부는 '04년, '09년 진단 시에도 조사되었던 것으로 결함의 형태 및 크기 등은 동일한 것으로 조사되었으며, 준공이후 지속적인 사용에도 결함의 진전이나 추가 결함은 확인되지 않은 상태이기에 당장의 보수보다는 지속적인 관찰 및 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

- 거더외부에 대한 외관조사결과 볼트길이부족, 체결불량, 볼트홀 천공오류, 너트탈락, 시공초기 충격에 의한 변형, 사용년수 증가에 따른 전반적인 도장열화, 일부 도장박락 및 부식 등의 손상이 조사되었다. .
- 금회 점검시 조사된 Steel Box 거더(외부)의 손상은 2014년(3차) 보수공사시 볼트재체결 및 재용접, 부분재도장, 청소 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었으며, 강제 변형부는 주위에 추가적인 손상이 발생되지 않은 상태로 유지관찰이 필요할 것으로 판단된다.

4.3.6 받침, 교대 및 교각

- 램프구간의 받침은 2009년 6월 ‘한강교량 접속교·램프 내진평가 및 보강공사 실시설계’ 검토결과 내진평가에 의한 받침교체 및 전단키 보강 공사가 이루어져 편기 등 특별한 결함은 발견되지 않은 양호한 상태이며, 몰탈균열 및 받침볼트 체결불량, 받침부식 등의 비교적 경미한 손상이 조사된 상태로 2014년(3차) 보수공사 시 볼트재체결 및 받침 재도장의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었다.
- 교대 및 교각에 발생한 주요 손상으로는 균열, 망상균열, 콘크리트 박락 및 피복부족에 의한 철근노출과 신축이음 누수로 인한 누수흔적 및 오염, 백태 등이 조사되었다. 조사된 손상에 대하여 표면처리 및 주입보수, 단면보수, 철근방청 후 단면보수가 필요할 것으로 판단되며, 일부 손상에 대해서는 2014년(3차) 보수공사 시 표면보수 및 단면보수, 철근방청+단면보수, 램프 J의 가교 형태의 강제교각은 전면 재도장 및 볼트체결불량, 기초콘크리트균열 주입보수 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인 되었다.

5. 내구성조사

5.1 콘크리트 비파괴시험

구분	비파괴시험 결과						평가의견			
비파괴강도 (MPa)	부재별		비파괴강도	평균(A)	설계기준강도(B)	(A/B)×100 (%)	·상부 및 하부구조 모두 설계기준강도를 만족함.			
	본교	하부	28.2~36.1	32.4	21	154.4				
		북단 접속교	상부	26.6~29.7	27.9	24		116.3		
	하부		28.0~37.5	32.8	21	156.2				
	남단 접속교	상부	25.3~29.2	27.3	24	113.9				
		하부	21.8~33.9	30.4	21	144.7				
	램프	상부	25.3~29.4	27.4	24	114.1				
하부		26.9~33.6	29.6	21	141.0					
철근배근 피복두께 (cm)	시험위치			피복두께			배근간격			·배근간격과 피복두께는 대체로 설계도면과 일치.
				최소	최대	설계	최소	최대	설계	
	본교	하부	수직철근	3.6	9.8	7.2	19.5	34.9	25.0	
			수평철근	4.1	10.3	8.8	41.2	61.0	50.0	
	북단 접속교	상부	주철근	2.4	5.6	2.2~4.2	9.1	20.7	10.0~12.0	
			배력철근	4.5	6.9	3.8~5.8	10.4	22.5	12.0~20.0	
		하부	수직철근	4.0	17.0	5.8~15.7	9.6	38.5	11.0~20.0	
			수평철근	2.7	15.3	4.2~14.4	19.0	50.5	20.0~50.0	
	남단 접속교	상부	주철근	2.0	7.8	3.2~4.8	10.4	23.8	10.0~20.0	
			배력철근	2.0	10.0	4.8~7.3	10.2	30.0	12.0~30.0	
		하부	수직철근	2.9	17.4	9.2~15.7	14.4	42.8	12.0~20.0	
			수평철근	2.3	17.3	10.8~14.4	10.8	60.0	25.0~50.0	
	램프	상부	주철근	2.1	6.8	2.4~4.4	11.4	29.3	10.0~24.0	
			배력철근	2.8	9.8	4.8~7.6	8.2	50.0	15.0~24.5	
		하부	수직철근	3.0	17.2	4.2~18.4	9.3	54.0	10.0~22.0	
			수평철근	3.2	17.5	5.8~17.1	16.3	72.0	20.0~30.0	
탄산화시험 (mm)	부재별		탄산화 깊이	피복두께	잔여깊이	결과	·상태평가 결과 b로 나타남.			
	본교	하부	6.9~22.9	36.0~98.0	22.5~82.5	b				
		북단 접속교	상부	2.1~7.2	26.0~56.0	20.8~52.4		b		
	하부		13.6~38.4	46.0~153.0	32.4~124.6	a				
	남단 접속교	상부	2.3~8.2	18.0~76.0	14.6~70.0	b				
		하부	8.7~25.0	53.0~173.0	38.2~148.0	a				
	램프	상부	2.6~8.2	21.0~68.0	16.1~63.4	b				
하부		5.5~23.6	32.0~169.0	25.6~155.8	b					

5.1 콘크리트 비파괴시험(계속)

구분		비파괴시험 결과							평가의견	
	측정위치		초음파전달시간 ($\times 10^{-6}sec$)		균열폭 (mm)	균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	피복대비 (%)		
			전전부 (T_o)	균열부 (T_c)						
균열깊이	본교	P3(코핑부)	1	45.8	75.4	0.4	98.1	43.0	228.1	·균열심도가 철근 피복두께를 초과한 부위에 대하여 콘크리트 내 구성유지를 위한 표면보수가 필요함.
			2	46.1	76.5	0.4	99.3	43.0	231.0	
			3	45.9	75.9	0.4	98.8	43.0	229.7	
		P4(코핑부)	1	41.9	72.7	0.3	106.3	73.0	145.7	
			2	40.8	73.2	0.3	111.7	73.0	153.0	
			3	40.6	74.6	0.3	115.6	73.0	158.4	
		P5(코핑부)	1	36.9	64.4	0.4	107.3	51.0	237.5	
			2	37.2	64.5	0.4	106.2	51.0	235.1	
			3	37.4	64.3	0.4	104.9	51.0	232.2	
		P6(코핑부)	1	39.3	74.3	0.3	120.3	102.0	118.0	
			2	39.7	74.2	0.3	118.4	102.0	116.1	
			3	39.2	74.8	0.3	121.9	102.0	119.5	
		P11(코핑부)	1	30.1	61.7	0.5	134.2	57.0	235.4	
			2	30.6	61.2	0.5	129.9	57.0	227.9	
			3	30.4	61.9	0.5	133.0	57.0	233.4	
	북단접속교	바10(상류측)	1	45.3	81.4	0.3	112.0	38.0	294.7	
			2	45.4	81.3	0.3	111.4	38.0	293.2	
			3	45.7	81.7	0.3	111.1	38.0	292.5	
		바11(하류측)	1	41.1	79.0	0.3	123.1	43.0	286.3	
			2	40.4	79.1	0.3	126.2	43.0	293.6	
			3	41.3	80.2	0.3	124.8	43.0	290.3	
		PN23(코핑부)	1	40.0	72.3	0.3	112.9	91.0	124.1	
			2	40.2	72.9	0.3	113.5	91.0	124.7	
			3	40.9	73.1	0.3	111.1	91.0	122.1	
	남단접속교	바15(상류측)	1	44.4	69.1	0.3	89.4	58.0	154.2	
			2	45.4	69.8	0.3	87.6	58.0	151.0	
			3	44.7	69.6	0.3	89.5	58.0	154.3	
		PS6(코핑부)	1	38.3	71.9	0.3	119.2	53.0	224.8	
			2	38.9	70.8	0.3	114.1	53.0	215.2	
			3	39.2	72.1	0.3	115.8	53.0	218.4	
PS11(코핑부)		1	41.7	74.4	0.3	110.8	58.0	191.1		
		2	40.9	74.6	0.3	114.4	58.0	197.2		
		3	41.5	74.9	0.3	112.7	58.0	194.3		
B 램프	BP1(코핑부)	1	39.4	77.2	0.4	126.4	101.0	125.1		
		2	40.2	76.9	0.4	122.3	101.0	121.1		
		3	39.8	77.0	0.4	124.2	101.0	123.0		
F 램프	FA1(전면벽체)	1	40.1	73.8	0.3	115.9	53.0	218.6		
		2	39.9	74.1	0.3	117.4	53.0	221.5		
		3	40.1	73.9	0.3	116.1	53.0	219.1		
I 램프	IP1(코핑부)	1	39.4	77.2	0.3	126.4	91.0	138.9		
		2	39.5	77.3	0.3	126.2	91.0	138.6		
		3	39.1	76.9	0.3	127.0	91.0	139.6		

5.1 콘크리트 비파괴시험(계속)

구분	비파괴시험 결과					평가의견
	시료채취 위치	철근깊이 (mm)	시료깊이 (mm)	염화물함유량 (kg/m ³)	상태평가 결과	
1	남접-상류측 바5 slab	27mm	0~20	0.457	b	a: 염화물 ≤ 0.3 b: 0.3 < 염화물 < 1.2 c: 1.2 ≤ 염화물 < 2.5 d: 염화물 ≥ 2.5 "d"으로 측정된 Ramp-E교대(EA1)의 경우 우수의 유입이 용이한 신축 이음구간 이며, 동절기제설재(염 화칼슘)의 유입에 의해 염화물량 수치가 높게 측정된 것으로 판단 됨.
			20~40	0.357	b	
			40~60	0.329	b	
2	북접-하류측 바2 slab	45mm	0~20	0.661	b	
			20~40	0.599	b	
			40~60	0.433	b	
3	RAMP-G 바1 slab	42mm	0~20	1.661	c	
			20~40	1.511	c	
			40~60	1.478	c	
4	본교 P6-3 기둥부	220mm	0~20	0.593	b	
			20~40	0.489	b	
			40~60	0.401	b	
			60~80	0.311	b	
			80~100	0.293	a	
5	본교 P10-1 기둥부	200mm	0~20	0.597	b	
			20~40	0.369	b	
			40~60	0.366	b	
			60~80	0.314	b	
			80~100	0.220	a	
6	남접-하류측 PS8(전면) 기둥부	115mm	0~20	2.195	c	
			20~40	2.049	c	
			40~60	1.924	c	
			60~80	1.163	b	
			80~100	0.948	b	
7	남접-하류측 PS6-2(배면) 기둥부	180mm	0~20	0.954	b	
			20~40	0.702	b	
			40~60	0.627	b	
			60~80	0.349	b	
			80~100	0.261	a	
8	북접-하류측 PN20-1 기둥부	150mm	0~20	0.603	b	
			20~40	0.371	b	
			40~60	0.335	b	
			60~80	0.288	a	
			80~100	0.272	a	
9	RAMP-A AP2 기둥부 (신축이음 구간)	150mm	0~20	2.247	c	
			20~40	1.127	b	
			40~60	0.727	b	
			60~80	0.527	b	
			80~100	0.347	b	
10	RAMP-E EA1 전면벽체 (신축이음 구간)	47mm	0~20	6.347	d	
			20~40	5.082	d	
			40~60	4.314	d	

5.2 강제 비파괴시험

- 본교 및 램프교 : 국부적인 분포양상으로 미세한 용접결함.
- 남북단접속교 - 선형결함형태로 용입부족, 융합불량, 기공 및 슬래그혼입이 조사됨.
- '99년 코어채취부 MT 확인결과 피로균열 발생 없음.
- 강제비파괴조사에서 발견된 결함은 용접시공 시 발생한 결함으로 현재까지 초기상태를 유지하는 것으로 판단되며, 심각한 균열의 진전을 의심할 만한 결정적인 징후는 검출되지 않음.

1) 초음파탐상시험(U.T)

구 분	조사개소	선형결함개소	결함내용 및 개소	비 고
남단 접속교	129	67(52%)	IP:42, LF:12, IP+LF:1 S+P:10, S:1, CP:1	3.3.6<가> 과년도결과 참조
북단 접속교	168	99(59%)	IP:28, LF:58, IP+LF:2 S+P:11	"
본교	96	8(8%)	IP:2, LF:3, S+P:2, S:1	"
램프	20	3(15%)	S+P:3	"
강바닥판	8	4(50%)	IP:2, S+P:2	과년도 미실시
합 계	421	181(43%)	IP:74, LF:73, IP+LF:3 S+P:28, S:2, CP:1	

2) 자분탐상시험(M.T)

코어천공위치	MT결과		비 고
	결함단면높이	균열여부	
PS7'-PS8' W3 G2	A단면:3.0mm B단면:3.5mm	피로균열 발생없음	<사진 3.3.2>참조
PS8'-PS9' W2 G3	A단면:4.5mm B단면:5.0mm	피로균열 발생없음	<사진 3.3.2>참조

3) 강제도장 도막두께 조사

측 정 위 치			측정두께					도막두께 평균	추천 도막두께	도막잔존율 (%)	비 고	
본 교	바 닥 판	상 류	바1	209	213	206	221	213	215	98.8		
			바5	227	234	213	224	206		102.7		
			바11	234	241	221	219	228		229	106.3	
	하 류	바4	199	206	208	203	229	209		97.2		
		바8	224	208	219	201	216	214		99.3		
		바10	217	228	211	195	227	216		100.3		
	거 더 외 부	상 류	바1-G1	209	208	206	197	204	205	215	95.3	
			바7-G2	206	217	243	227	231	225		104.6	
		바11-G2	201	219	207	205	206	208	96.6			
		하 류	바2-G3	205	207	218	224	213	213		99.3	
바6-G3			223	204	208	202	206	209	97.0			
바10-G3	209	205	207	221	204	209	97.3					

5.3 적의선 열화상 비파괴시험

- 바닥판 콘크리트 열화로 인해 상부에서 침투한 우수가 바닥판 하면으로 유입되어 내부 습윤상태가 확인된 부위가 4개소로서, 열화진행성을 고려하여 바닥판의 우수 차단 및 열화부위의 습식주입보수가 필요할 것으로 판단됨.

6. 상태평가

6.1 개별교량 상태평가 결과

6.1.1 본교(상류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상판형교	0.255	B	960.0	1.000	0.255
합계(Σ)				960.0	1.000	0.255
1. 환산결함도 점수 =						0.255
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.2 본교(하류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상판형교	0.261	B	960.0	1.000	0.261
합계(Σ)				960.0	1.000	0.261
1. 환산결함도 점수 =						0.261
2. 상태평가 결과 =						C

6.1.3 남단접속교(상류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
플레이트거더	플레이트거더교	0.247	B	437.5	0.745	0.184
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.213	B	150.0	0.255	0.054
합계(Σ)				587.5	1.000	0.238
1. 환산결함도 점수 =						0.238
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.4 남단접속교(하류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
플레이트거더	플레이트거더교	0.249	B	435.0	0.975	0.243
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.269	C	11.0	0.025	0.007
합계(Σ)				446.0	1.000	0.250
1. 환산결함도 점수 =						0.250
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.5 북단접속교(상류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
플레이트거더	플레이트거더교	0.248	B	506.0	1.000	0.248
합계(Σ)				506.0	1.000	0.248
1. 환산결함도 점수 =						0.248
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.6 북단접속교(하류측) 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
플레이트거더	플레이트거더교	0.258	B	507.0	1.000	0.258
합계(Σ)				507.0	1.000	0.258
1. 환산결함도 점수 =						0.258
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.7 A-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.284	C	140.0	0.700	0.199
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.235	B	60.0	0.300	0.071
합계(Σ)				200.0	1.000	0.270
1. 환산결함도 점수 =						0.270
2. 상태평가 결과 =						C

6.1.8 B-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.229	B	170.0	0.850	0.195
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.219	B	30.0	0.150	0.033
합계(Σ)				200.0	1.000	0.228
1. 환산결함도 점수 =						0.228
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.9 E-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
플레이트거더	플레이트거더교	0.230	B	90.0	0.750	0.172
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.176	B	30.0	0.250	0.044
합계(Σ)				120.0	1.000	0.216
1. 환산결함도 점수 =						0.216
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.10 F-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.211	B	90.0	0.692	0.146
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.212	B	40.0	0.308	0.065
합계(Σ)				130.0	1.000	0.211
1. 환산결함도 점수 =						0.211
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.11 G-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.229	B	90.0	0.692	0.159
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.267	C	40.0	0.308	0.082
합계(Σ)				130.0	1.000	0.241
1. 환산결함도 점수 =						0.241
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.12 H-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.276	C	120.0	0.750	0.207
RC 슬래브	RC 슬래브교	0.206	B	40.0	0.250	0.051
합계(Σ)				160.0	1.000	0.258
1. 환산결함도 점수 =						0.258
2. 상태평가 결과 =						B

6.1.13 I-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.262	C	146.7	0.830	0.217
RC 라멘	RC라멘교	0.245	B	30.0	0.170	0.042
합계(Σ)				176.7	1.000	0.260
1. 환산결함도 점수 =						0.260
2. 상태평가 결과 =						C

6.1.14 J-램프 개별교량 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 ×연장비
강박스	강상자형교	0.207	B	43.0	0.264	0.054
플레이트거더교	강I형교	0.229	B	120.0	0.736	0.169
합계(Σ)				163.0	1.000	0.223
1. 환산결함도 점수 =						0.223
2. 상태평가 결과 =						B

6.2 전체교량 상태평가 결과

구성교량명	환산 결합도점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결합도점수 ×연장비
01-본교(상류)	0.255	B	960.0	3	2,880	0.212	0.054
02-본교(하류)	0.261	C	960.0	3	2,880	0.212	0.055
03-남단접속교(상류)	0.238	B	587.5	3	1,763	0.130	0.031
04-남단접속교(하류)	0.250	B	446.0	3	1,338	0.099	0.025
05-북단접속교(상류)	0.248	B	506.0	3	1,518	0.112	0.028
06-북단접속교(하류)	0.258	B	507.0	3	1,521	0.112	0.029
07-A램프교	0.270	C	200.0	2	400	0.029	0.008
08-B램프교	0.228	B	200.0	2	400	0.029	0.007
09-E램프교	0.216	B	120.0	1	120	0.009	0.002
10-F램프교	0.211	B	130.0	1	130	0.010	0.002
11-G램프교	0.241	B	130.0	1	130	0.010	0.002
12-H램프교	0.258	B	160.0	1	160	0.012	0.003
13-I램프교	0.260	C	176.7	1	177	0.013	0.003
14-J램프교	0.223	B	163.0	1	163	0.012	0.003
합계(Σ)			5,246.2		13,579	1.000	0.252
1. 평가지수 =							0.252
2. 상태평가 결과 =							B

6.3 전차진단 및 금회진단의 상태평가 결과 비교

구분	2009년 (정밀안전진단)	2011년 (정밀점검)	2013년 (금회 정밀안전진단)
상태평가 결과	0.253 (B)	0.251 (B)	0.252 (B)

7. 재하시험

7.1 본선(강바닥판 박스거더교) 구간

7.1.1 의사정적 및 정적 재하시험 결과

의사정적 및 정적재하시험을 실시한 결과, 측경간 정모멘트부 거더 상, 하부플랜지의 최대 변형률 및 최대 처짐은 87.25 $\mu\epsilon$ (인장), -64.32 $\mu\epsilon$ (압축), -16.540 mm로 나타났으며 바닥판 -36.53 $\mu\epsilon$ (압축), 가로리브 129.43 $\mu\epsilon$ (인장)으로 측정되었다.

중앙경간 정모멘트부 거더 상, 하부플랜지의 최대 변형률 및 최대 처짐은 121.05 $\mu\epsilon$ (인장), -62.40 $\mu\epsilon$ (압축), -16.408 mm로 나타났으며 바닥판 -42.38 $\mu\epsilon$ (압축), 가로리브 132.46 $\mu\epsilon$ (인장)으로 측정되었다.

구 분	재 하 시 험 결 과 (강바닥판 박스거더교)	
변형률에 의한 횡분배 검토		
처짐에 의한 횡분배 검토		

나) 동적 재하시험 결과

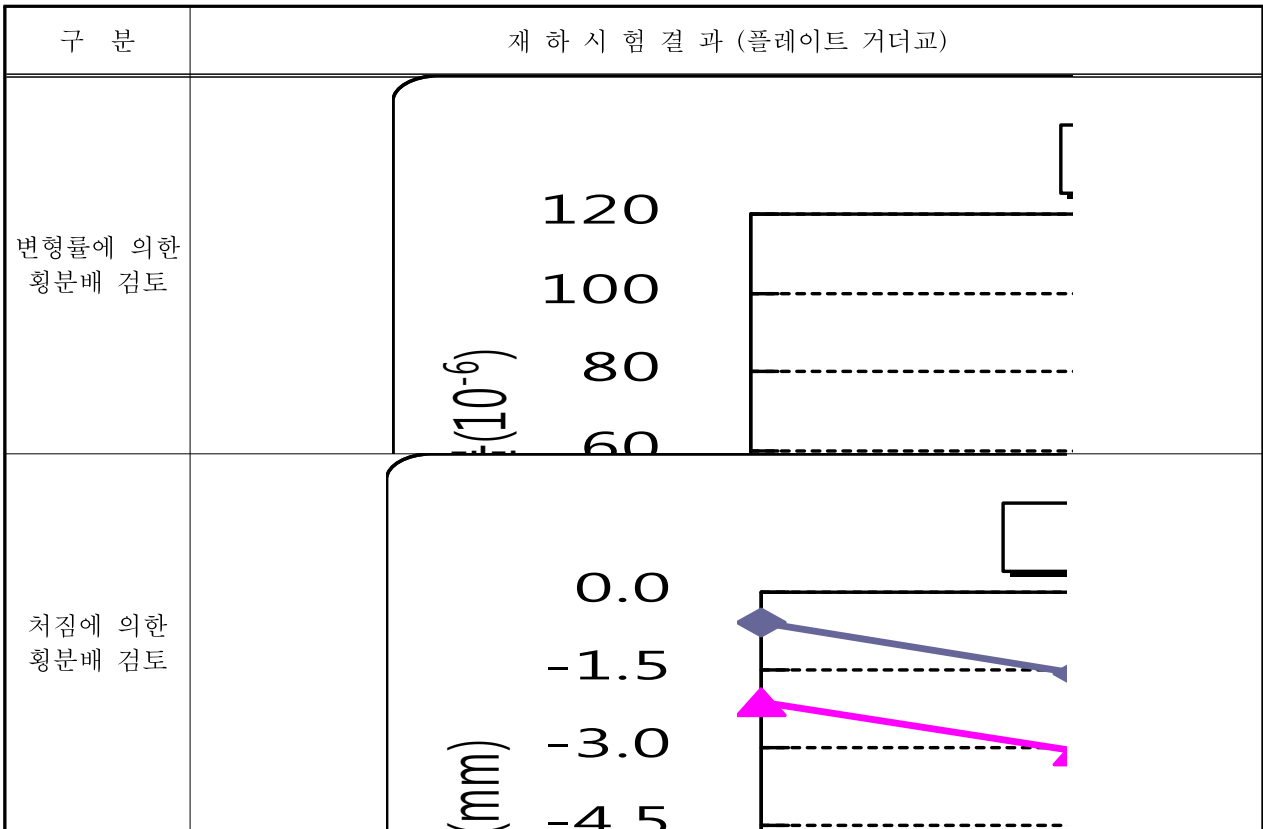
최대 충격계수	측경간	S1 : 계산 0.125 / 실측 0.120
	중앙경간	S2 : 계산 0.125 / 실측 0.122

구 분	고유진동수(Hz)		비고
	측경간(S ₁)	중앙경간(S ₂)	
	ACC1	ACC2	
L.C 9(10km/h)	1.56	1.56	이론치 1.42Hz
L.C 10(20km/h)	1.56	1.56	
L.C 11(30km/h)	1.56	1.56	
L.C 12(40km/h)	1.61	1.61	
L.C 13(50km/h)	1.56	1.56	
L.C 14(60km/h)	1.66	1.56	
L.C 15(70km/h)	1.56	1.56	

7.2 복단접속교(플레이트거더교) 구간

7.2.1 의사정적 및 정적 재하시험 결과

의사정적 및 정적재하시험을 실시한 결과, 정모멘트부 거더 상, 하부플랜지의 최대 변형률 및 최대 처짐은 96.12 $\mu\epsilon$ (인장), -20.58 $\mu\epsilon$ (압축), -7.448 mm로 나타났으며 바닥판에서 2 $\mu\epsilon$ (인장)으로 측정되었다.



7.2.2 동적 재하시험 결과

최대 충격계수	측정간	S1 : 계산 0.183 / 실측 0.181
------------	-----	--------------------------

구 분	고유진동수(Hz)	비고
L.C 8(10km/h)	2.54	이론치 2.55Hz
L.C 9(20km/h)	2.54	
L.C 10(30km/h)	2.64	
L.C 11(40km/h)	2.64	
L.C 12(50km/h)	2.58	
L.C 13(60km/h)	2.64	
L.C 14(75km/h)	2.58	

8. 구조해석 및 내하력 평가

8.1 안전성 평가

8.1.1 본선(강바닥판 박스거더) 구간

검토 단면	검토위치	휨응력 (MPa)			합응력(MPa)		허용응력(MPa)		검토 결과	비고
		고정 하중	활하중 합계	온도 하중	LCB1	LCB2	LCB1	LCB2		
①	강바닥판 상연	-33.31	-15.56	-10.66	-48.87	-59.53	-200.00	-230.00	O.K	단부 지점부
	하부플랜지하연	73.89	38.23	0.08	112.12	112.20	215.00	247.25	O.K	
②	강바닥판 상연	-47.05	-23.26	-10.58	-70.31	-80.89	-200.00	-230.00	O.K	측경간 중앙부
	하부플랜지하연	84.14	44.38	1.17	128.52	129.69	215.00	247.25	O.K	
③	강바닥판 상연	-56.57	-30.94	-13.10	-87.51	-100.61	-200.00	-230.00	O.K	
	하부플랜지하연	88.93	50.54	5.75	139.47	145.22	215.00	247.25	O.K	
④	강바닥판 상연	-41.23	-26.21	-16.62	-67.44	-84.06	-200.00	-230.00	O.K	
	하부플랜지하연	73.43	46.73	13.16	120.16	133.32	215.00	247.25	O.K	
⑤	강바닥판 상연	-25.06	-19.23	-18.29	-44.29	-62.58	-200.00	-230.00	O.K	
	하부플랜지하연	56.04	47.53	20.92	103.57	124.49	215.00	247.25	O.K	
⑥	강바닥판 상연	33.41	19.78	-19.86	53.19	33.33	215.00	247.25	O.K	
	하부플랜지하연	-57.53	-35.15	19.97	-92.68	-72.71	215.00	247.25	O.K	
⑦	강바닥판 상연	56.20	30.42	0.19	86.62	86.81	215.00	247.25	O.K	
	하부플랜지하연	-81.04	-44.82	-0.06	-125.86	-125.92	215.00	247.25	O.K	
⑧	강바닥판 상연	85.69	47.16	0.07	132.85	132.92	215.00	247.25	O.K	
	하부플랜지하연	-126.19	-67.83	0.33	-194.02	-193.69	215.00	247.25	O.K	
⑨	강바닥판 상연	56.50	29.14	0.15	85.64	85.79	215.00	247.25	O.K	
	하부플랜지하연	-75.70	-41.57	-0.05	-117.27	-117.32	215.00	247.25	O.K	
⑩	강바닥판 상연	38.09	18.95	0.05	57.04	57.09	215.00	247.25	O.K	
	하부플랜지하연	-63.23	-33.84	-0.16	-97.07	-97.23	215.00	247.25	O.K	
⑪	강바닥판 상연	-17.00	-23.53	-22.47	-40.53	-63.00	-200.00	-230.00	O.K	중앙경간 중앙부
	하부플랜지하연	34.20	50.85	30.14	85.05	115.19	215.00	247.25	O.K	

주) LCB1 = 고정하중+활하중합계, LCB2 = 고정하중+활하중합계+온도하중

구분		고정하중 (MPa)	활하중 (MPa)	합계 (MPa)	허용응력 (MPa)	안전율 (SF)	검토 결과
강바닥판 바닥강판	최대	2.21	82.54	84.75	215.00	2.537	O.K.
	최소	-1.31	-110.45	-111.76	-215.00	1.924	O.K.
강바닥판 세로리브	최대	2.20	90.42	92.62	215.00	2.321	O.K.
	최소	-2.93	-46.75	-49.68	-215.00	4.328	O.K.

8.1.2 강바닥판 연석부 부식 발생에 대한 안전성 검토

- 단면감소를 고려한 해석결과 응력증가 수준이 크지 않고 모두 허용응력 이내로 단면감소에 의한 구조물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 평가되었다.

검토 단면	검토위치	합계응력(MPa)			허용 응력 (MPa)	안전율(SF)			비고
		설계 도면	잔존 두께 (t=5mm)	잔존 두께 (t=0mm)		설계 도면	잔존 두께 (t=5mm)	잔존 두께 (t=0mm)	
①	강바닥판 상연	-48.87	-49.66	-58.49	-200.00	4.092	4.027	3.419	단부 지점부
	하부플랜지하연	112.12	114.02	116.27	215.00	1.918	1.886	1.849	
②	강바닥판 상연	-70.31	-71.37	-79.76	-200.00	2.845	2.802	2.508	
	하부플랜지하연	128.52	130.83	132.39	215.00	1.673	1.643	1.624	
③	강바닥판 상연	-87.51	-88.35	-96.61	-200.00	2.285	2.264	2.070	측경간 중앙부
	하부플랜지하연	139.47	141.50	143.93	215.00	1.542	1.519	1.494	
④	강바닥판 상연	-67.44	-84.71	-77.42	-200.00	2.966	2.361	2.583	
	하부플랜지하연	120.16	122.16	122.62	215.00	1.789	1.760	1.753	
⑤	강바닥판 상연	-44.29	-45.20	-53.02	-200.00	4.516	4.425	3.772	
	하부플랜지하연	103.57	105.02	105.87	215.00	2.076	2.047	2.031	
⑥	강바닥판 상연	53.19	54.02	63.22	215.00	4.042	3.980	3.401	
	하부플랜지하연	-92.68	-93.95	-97.11	-215.00	2.320	2.288	2.214	
⑦	강바닥판 상연	86.62	88.22	107.31	215.00	2.482	2.437	2.004	
	하부플랜지하연	-125.86	-127.59	-131.48	-215.00	1.708	1.685	1.635	
⑧	강바닥판 상연	132.85	140.16	168.72	215.00	1.618	1.534	1.274	중앙 지점부
	하부플랜지하연	-194.02	-198.32	-207.97	-215.00	1.108	1.084	1.034	
⑨	강바닥판 상연	85.64	86.65	98.56	215.00	2.511	2.481	2.181	
	하부플랜지하연	-117.27	-119.45	-122.36	-215.00	1.833	1.800	1.757	
⑩	강바닥판 상연	57.04	58.24	66.94	215.00	3.769	3.692	3.212	
	하부플랜지하연	-97.07	-98.63	-97.92	-215.00	2.215	2.180	2.196	
⑪	강바닥판 상연	-40.53	-41.31	-50.56	-200.00	4.935	4.841	3.956	중앙경간 중앙부
	하부플랜지하연	85.05	86.02	89.46	215.00	2.528	2.499	2.403	

8.1.3 복단 접속교(플레이트 거더교) 구간

하중조합에 의한 안전성 검토

구 분			휨 응 력(MPa)			허용응력(MPa)			검토 결과
			바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	
외 측 거 더	단면 ①	COMB 1	-1.00	-73.19	91.07	-9.60	-190.0	190.0	O.K
		COMB 2	-0.32	-115.61	104.80	-9.60	-218.5	190.0	O.K
		COMB 3	-0.07	-136.20	111.38	-11.04	-247.0	218.5	O.K
		COMB 4	-0.57	-95.02	98.22	-11.04	-247.0	218.5	O.K
		항복응력	-1.47	-118.62	137.98	-14.40	-315.0	315.0	O.K
		전단응력	$v = 35.04 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.406 < 1.2$						O.K
	단면 ②	COMB 1	-2.08	-95.55	125.37	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.04	-138.00	136.24	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.65	-157.89	141.28	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-1.43	-118.12	131.20	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-3.26	-151.13	192.37	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 25.60 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.568 < 1.2$						O.K
	단면 ③	COMB 1	-2.89	-110.70	143.90	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.56	-152.67	153.13	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-1.06	-171.86	157.31	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-2.07	-133.49	148.95	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-4.60	-173.36	221.28	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 17.04 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.674 < 1.2$						O.K
	단면 ④	COMB 1	-3.34	-114.71	140.02	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.82	-155.71	147.91	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-1.22	-174.35	151.46	-11.04	-247.00	190.00	O.K
		COMB 4	-2.41	-137.07	144.35	-11.04	-247.00	190.00	O.K
		항복응력	-5.32	-179.77	215.95	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 11.83 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.618 < 1.2$						O.K
단면 ⑤	COMB 1	-3.14	-109.82	142.69	-9.60	-190.00	190.00	O.K	
	COMB 2	-1.69	-151.20	151.80	-9.60	-218.50	190.00	O.K	
	COMB 3	-1.13	-170.02	155.90	-11.04	-247.00	218.50	O.K	
	COMB 4	-2.24	-132.38	147.69	-11.04	-247.00	218.50	O.K	
	항복응력	-4.99	-172.75	219.97	-14.40	-315.00	315.00	O.K	
	전단응력	$v = 15.61 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K	
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.658 < 1.2$						O.K	

하중조합에 의한 안전성 검토 (계속)

구 분		휨 응 력(MPa)			허용응력(MPa)			검토 결과	
		바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연		
외 측 거 더	단면 ⑥	COMB 1	-2.42	-92.30	122.68	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.21	-133.80	133.31	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.75	-153.16	138.23	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-1.68	-114.43	128.40	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-3.78	-147.47	189.61	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 23.17 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.537 < 1.2$						O.K.
	단면 ⑦	COMB 1	-1.48	-64.31	89.14	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-0.63	-105.68	102.55	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.30	-125.74	108.98	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-0.96	-85.63	96.11	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-2.28	-107.90	140.32	14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 31.10 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.371 < 1.2$						O.K
내 측 거 더	단면 ①	COMB 1	-0.96	-68.68	87.32	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-0.32	-111.43	101.15	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.09	-132.14	107.76	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-0.55	-90.71	94.54	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-1.43	-112.88	133.44	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 34.33 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.384 < 1.2$						O.K
	단면 ②	COMB 1	-1.82	-105.26	130.08	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-0.84	-147.75	140.96	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.47	-167.78	146.03	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-1.21	-127.72	135.89	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-2.80	-162.89	195.40	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = \text{MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = < 1.2$						O.K
	단면 ③	COMB 1	-2.46	-120.15	145.88	9.60	190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.20	-161.72	155.02	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.72	-181.03	159.22	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-1.69	-142.40	150.82	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-3.81	-183.79	218.85	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 15.43 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.685 < 1.2$						O.K

하중조합에 의한 안전성 검토 (계속)

구 분		휨 응 력(MPa)			허용응력(MPa)			검토 결과	
		바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연		
내 측 거 더	단면 ④	COMB 1	-3.06	-118.18	139.43	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.56	-159.32	147.35	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.98	-178.03	150.92	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-2.14	-140.61	143.78	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-4.76	-183.22	211.58	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 5.88 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
	단면 ⑤	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.604 < 1.2$						O.K.
		COMB 1	-2.93	-111.80	140.90	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.49	-152.79	149.91	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.94	-171.60	154.02	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-2.05	-133.98	145.81	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-4.58	-174.27	214.77	-14.40	-315.00	315.00	O.K
	단면 ⑥	전단응력	$v = 15.96 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.644 < 1.2$						O.K
		COMB 1	-2.23	-98.08	123.73	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-1.03	-138.99	134.22	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.56	-158.29	139.12	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-1.51	-119.69	129.31	-11.04	-247.00	218.50	O.K
	단면 ⑦	항복응력	-3.42	-153.94	188.04	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 23.11 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
		합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.543 < 1.2$						O.K
		COMB 1	-1.31	-61.24	81.82	-9.60	-190.00	190.00	O.K
		COMB 2	-0.46	-101.70	94.93	-9.60	-218.50	190.00	O.K
		COMB 3	-0.11	-121.67	101.34	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		COMB 4	-0.80	-81.73	88.52	-11.04	-247.00	218.50	O.K
		항복응력	-1.95	-102.71	127.84	-14.40	-315.00	315.00	O.K
		전단응력	$v = 28.36 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.316 < 1.2$						O.K	

구분	휨모멘트(kN·m)		소요강도(M_u)	설계강도 (ϕM_n)	안전율	안전성
	고정하중	활하중	1.3D+2.15L(1+i)			
켄틸레버판	14.527	41.412	107.921	129.341	1.198	O.K
연 속 판	7.180	38.636	92.401	104.019	1.126	O.K

- 켄틸레버판 : $80L+230 = 80 \times 0.515 + 230 = 271\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용
 \therefore 바닥판 최소두께 = $271\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $300\text{mm} \therefore$ O.K
- 연속판 : $30L+130 = 30 \times 3.115 + 130 = 223\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용
 \therefore 바닥판 최소두께 = $223\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $250\text{mm} \therefore$ O.K

8.2 부반력 안전성 검토 결과

- 동작대교 램프G에 대한 부반력 검토결과 본선 접속부인 PN2 위치에서 부반력이 발생하는 것으로 검토되었다.

구분		고정하중	활하중		풍하중		부반력검토			
			외측재하	내측재하	외측재하	내측재하	$D+2L_1$	$D+2L_2$	$D+W_1$	$D+W_2$
		D	L_1	L_2	W_1	W_2				
PN2	1	-86.37	-222.53	325.66	55.65	-41.53	-531.43	564.95	-30.72	-127.90
	2	956.29	525.60	249.48	-54.64	41.07	2,007.49	1,455.25	901.65	997.36
GP1	1	1,241.86	212.47	605.75	140.32	-110.70	1,666.80	2,453.36	1,382.18	1,131.16
	2	1,198.84	564.91	137.76	-144.13	113.30	2,328.66	1,474.36	1,054.71	1,312.14
GP2	1	1,380.67	236.62	646.63	156.51	-122.92	1,853.91	2,673.93	1,537.18	1,257.75
	2	996.72	597.49	189.08	-152.94	120.00	2,191.70	1,374.88	843.78	1,116.72
GP3	1	420.82	49.39	409.61	53.17	-39.20	519.60	1,240.04	473.99	381.62
	2	471.57	410.63	50.38	-53.93	39.99	1,292.83	572.33	417.64	511.56

8.3 내하력평가 결과

8.3.1 본선(강바닥판 박스거더) 공용내하력

부재	위치	기본내하율	응답보정계수	공용내하율	공용내하력
강바닥판 박스거더	외측경간	2.494	1.102	2.749	DL-24 이상
	중앙지점	1.309	1.051	1.376	"
	중앙경간	3.556	0.974	3.463	"
바닥강판		1.635	1.051	1.719	DB-24 이상
세로리브		1.339	1.000	1.339	"
가로리브		2.713	1.035	2.807	"

8.3.2 복단 접속교(플레이트 거더교) 구간 공용내하력

부재	위치	기본내하율	응답보정계수	공용내하율	공용내하력
플레이트 거더	외측거더	2.012	1.057	2.127	DL-24 이상
	내측거더	2.153	1.069	2.302	"
콘크리트 바닥판		1.140	-	1.140	DB-24 이상

9. 보수·보강 방안

9.1 보수·보강 개략공사비

9.1.1 본교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
교면 포장	교면방수 및 재포장	21,696	26,035.2	m ²	100	2,603,520	1
난간 연석	난간교체	16	19.2	m	100	1,920	1
	난간 채도장	0.7	0.84	m ²	25	21	3
	볼트재체결	10	10	EA	10	100	2
	난간 지주 철거	960	960	EA	17	16,320	1
	아스팔트 노면철삭(교면)	1,920	2,304	m	4	9,216	1
	강재 연석 노출(강재 절단)	3,840	4,608	m	1	4,608	1
	무근콘크리트 깨기	81	97.2	m ³	23	2,236	1
	부식부 블라스팅 및 청소	1152	1382.4	m ²	7	9,677	1
	강판(T=6mm) 가공	67	80.4	ton	2000	160,800	1
	철판 용접(V형,하향)	11520	13824	m	23	317,952	1
	철판 용접(V형,입향)	768	921.6	m	33	30,413	1
	콘크리트 타설	131	157.2	m ³	72	11,318	1
	아스팔트 방수(아스팔트 바름)	288	345.6	m ²	9	3,110	1
	난간 지주 재설치	960	960	EA	34	32,640	1
	아연도금	1344	1612.8	m ²	30	48,384	1
	부분채도장(철도측)	66.6	79.92	m ²	34	2,717	1
	덧댐보강(철도측)	0.2	0.24	m ²	250	60	1
	부분채도장(보도측)	0.105	0.126	m ²	34	4	1
덧댐보강(보도측)	0.6	0.72	m ²	250	180	1	

구분	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
배수 시설	그레이팅 설치	1	1	EA	30	30	1
	배수관채설치	47	47	EA	200	9,400	1
신축 이음	후타재보수	35.77	42.924	m ²	406	17,427	1
강바 닥판	강재 채도장	62,744.81	75,293.772	m ²	35	2,635,282	1
	볼트채체결	445	445	EA	25	11,125	1
	용접보수	71.15	85.38	m	150	12,807	1
거더	강재 채도장(내부)	352.92	423.504	m ²	23	9,741	2
	강재 채도장(외부)	35,635.2	42,762.24	m ²	35	1,496,678	1
	볼트채체결	431	431	EA	25	10,775	1
	용접보수	24.16	28.992	m	150	4,349	1
교량 받침	받침 채도장	65	65	EA	40	2,600	3
	우수차단 고무덮개 설치	20	20	EA	50	1,000	3
하부 구조	표면보수	962.3	1,154.79	m ²	43	48,656	3
	주입보수	1,488.6	1,786.32	m	72	128,615	1
	습식주입	35.5	42.6	m	91	3,877	1
	단면보수	198.89	238.668	m ²	172	41,051	2
	방청+단면보수(t=30mm)	8.51	10.212	m ²	196	2,002	1
	강재 채도장	126	151.2	m ²	35	5,292	3
수중 기초	주입보수(수중보수)	14.1	16.92	m	220	3,722	1
	단면보수(수중보수)	3.41	4.092	m ²	400	1,637	2
	철근노출(수중보수)	0.04	0.048	m ²	500	24	1
순공사비						7,702,286	
제경비(순공사비의 50%)						3,851,143	
부대공사비(공간비계)						868,296	
총 공사비						12,421,725	

※ 단면복구 보수부는 손상깊이(t=30mm) 단가를 적용함.

9.1.2 남단접속교

구분	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	순위
교면 포장	아스콘균열보수	70	84	m	20	1,680	3
	교면방수 및 재포장	85.66	102.792	m ²	65	6,681	2
난간, 연석	난간교체	4.5	5.4	m	100	540	1
	도장보수	568.75	682.5	m ²	20	13,650	3
배수 시설	배수관재설치	8	8	EA	200	1,600	1
신축 이음	덮개판설치	2	2	EA	150	300	1
	후타재보수	70.78	84.936	m ²	406	34,484	1
	유도배수시설 설치	24.1	28.92	m	300	8,676	1
바 닥 관 하 면	표면보수	2,337.81	2805.372	m ²	43	120,631	3
	주입보수	12.21	14.652	m	72	1,055	1
	습식주입	19.1	22.92	m	91	2,086	1
	단면보수	21.99	26.388	m ²	172	4,539	2
	방청+단면보수(t=30mm)	41.28	49.536	m ²	196	9,709	1
	물끊기흙 각재제거	16.3	19.56	m	30	587	3
거더	강재 재도장	18,784	22,540.8	m ²	35	788,928	1
	볼트재체결	113	113	EA	25	2,825	1
	용접보수	4.3	5.16	m	150	774	1
교량 받침	받침 재도장	67	67	EA	40	2,680	3
하부 구조	표면보수	781.89	938.268	m ²	43	40,346	3
	주입보수	76.1	91.32	m	72	6,575	1
	습식주입	14.1	16.92	m	91	1,540	1
	단면보수	50.22	60.264	m ²	172	10,365	2
	방청+단면보수	46.05	55.26	m ²	196	10,831	1
순공사비					1,071,081		
제경비(순공사비의 50%)					535,541		
총 공사비					1,606,622		

9.1.3 복단접속교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
교면 포장	아스콘균열보수	112.2	134.64	m	20	2,693	3
	교면방수 및 재포장	529.29	635.148	m ²	65	41,285	2
난간 연석	난간교체	3	3.6	m	100	360	1
	단면보수	14.61	17.532	m ²	172	3,016	2
	방청+단면보수(t=30mm)	0.97	1.164	m ²	196	228	1
	도장보수(방음벽)	1,723.75	2,068.5	m ²	20	41,370	3
	덮개설치	2.00	2	EA	150	300	1
배수 시설	배수관재설치	9	9	EA	200	1,800	1
신축 이음	후타재보수	18.57	22.284	m	406	9,047	1
바 닥 관 하 면	표면보수	1,622.9	1,947.48	m ²	43	83,742	3
	주입보수	7.8	9.36	m	72	674	1
	습식주입	20.3	24.36	m	91	2,217	1
	단면보수	33.93	40.716	m ²	172	7,003	2
	방청+단면보수(t=30mm)	7.23	8.676	m ²	196	1,700	1
	물끊기 각재 제거	45.7	54.84	m	30	1,645	3
거 더	강재 재도장	36,107	43,328.4	m ²	35	1,516,494	1
	볼트재체결	115	115	EA	25	2,875	1
	용접보수	16.2	19.44	m	150	2,916	1
받침 장치	받침 재도장	67	67	EA	40	2,680	3
하 부 구조	표면보수	360.26	432.312	m ²	43	18,589	3
	주입보수	74	88.8	m	72	6,394	1
	습식주입	13.1	15.72	m	91	1,431	1
	단면보수	12.19	14.628	m ²	172	2,516	2
	방청+단면보수(t=30mm)	8.66	10.392	m ²	196	2,037	1
순공사비						1,753,011	
제경비(순공사비의 50%)						876,505	
총 공사비						2,629,516	

9.1.4 램프(A)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간 연석	난간교체	2.6	3.12	m	100	312	1
	지주교체	2	2.00	EA	24	48	1
배수 시설	배수관재설치	2	2.00	EA	200	400	1
하부 구조	표면보수	112.915	135.50	m ²	43	5,826	3
	주입보수	54.5	65.40	m	72	4,709	1
	습식주입	0.5	0.60	m	91	55	1
	단면보수	4.8	5.76	m ²	172	991	2
	방청+단면보수	0.41	0.49	m ²	196	96	1
순공사비						12,437	
제경비(순공사비의 50%)						6,219	
총 공사비						18,656	

9.1.5 램프(B)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간 연석	단면보수	1.62	1.94	m ²	172	334	2
	방청+단면보수	0.04	0.05	m ²	196	9	1
	도장보수(방음벽)	218.25	261.90	m ²	20	5,238	3
	난간교체	4.5	5.40	m	100	540	1
신축 이음	후타재보수	25.22	30.26	m ²	406	12,287	1
바 닥 판 하 면	주입보수	0.6	0.72	m	72	52	1
	습식주입	1	1.20	m	91	109	1
	방청+단면보수(t=30mm)	1.79	2.15	m ²	196	421	1
하부 구조	표면보수	36.51	43.81	m ²	43	1,884	3
	주입보수	12.2	14.64	m	72	1,054	1
	습식주입	1.6	1.92	m	91	175	1
	단면보수	7.04	8.45	m ²	172	1,453	2
	방청+단면보수	0.7	0.84	m ²	196	165	1
순공사비						23,721	
제경비(순공사비의 50%)						11,861	
총 공사비						35,582	

9.1.6 램프(E)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간 연석	난간교체	17	20.40	m	100	2,040	1
	방청+단면보수(t=30mm)	0.21	0.25	m ²	196	49	1
	도장보수(방음벽)	180	216.00	m ²	20	4,320	3
신축 이음	신축이음장치 교체	16.2	19.44	m	1200	23,328	1
바 닥 판	표면보수	1.95	2.34	m ²	43	101	3
	방청+단면보수(t=30mm)	0.21	0.25	m ²	196	49	1
거더	볼트재체결	3	3.00	EA	25	75	1
	용접보수	13.5	16.20	m	150	2,430	1
하부 구조	표면보수	6.55	7.86	m ²	43	338	3
	주입보수	12.4	14.88	m	72	1,071	1
	습식주입	0.5	0.60	m	91	55	1
	단면보수	0.58	0.70	m ²	172	120	2
	방청+단면보수	17.86	21.43	m ²	196	4,201	1
	염해도장	18.13	21.76	m ²	55	1,197	1
순공사비						39,373	
제경비(순공사비의 50%)						19,687	
총 공사비						59,060	

9.1.7 램프(F)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
교면 포장	교면방수+재포장	44.98	53.98	m ²	65	3,508	2
난간 연석	난간교체	1.6	1.92	m	100	192	1
배수 시설	그레이팅 설치	1	1.00	EA	30	30	1
	배수관재설치	5	5.00	EA	200	1,000	1
하부 구조	표면보수	36.4	43.68	m ²	43	1,878	3
	주입보수	11	13.20	m	72	950	1
	단면보수	1.57	1.88	m ²	172	324	2
순공사비						7,883	
제경비(순공사비의 50%)						3,942	
총 공사비						11,825	

9.1.8 램프(G)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간 연석	방청+단면보수(t=30mm)	0.04	0.05	m ²	196	9	1
배수 시설	배수관재설치	7	7.00	EA	200	1,400	1
바 닥 판 하 면	습식주입	1.8	2.16	m	91	197	1
	물끓기 각재 제거	23.3	27.96	m	30	839	3
하부 구조	표면보수	24.11	28.93	m ²	43	1,244	3
	주입보수	6	7.20	m	72	518	1
	단면보수	1.09	1.31	m ²	172	225	2
	방청+단면보수	0.43	0.52	m ²	196	101	1
순공사비						4,533	
제경비(순공사비의 50%)						2,267	
총 공사비						6,800	

9.1.9 램프(H)교

구분	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
교면 포장	교면방수+재포장	114.65	137.58	m ²	65	8,943	2
난간 연석	난간교체	5	6.00	m	100	600	1
배수 시설	배수관재설치	16	16.00	EA	200	3,200	1
하부 구조	표면보수	46.288	55.55	m ²	43	2,388	3
	주입보수	21.6	25.92	m	72	1,866	1
	단면보수	0.21	0.25	m ²	172	43	2
	방청+단면보수	0.17	0.20	m ²	196	40	1
순공사비						17,081	
제경비(순공사비의 50%)						8,541	
총 공사비						25,622	

9.1.10 램프(I)교

구분	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간연석	난간교체	10.5	12.60	m	100	1,260	1
신축이음	후타재보수	2.7	3.24	m ²	406	1,315	1
	덧개판설치	3	3.00	EA	150	450	1
하부구조	표면보수	55.79	66.95	m ²	43	2,879	3
	주입보수	4.5	5.40	m	91	491	1
	단면보수	26.29	31.55	m ²	172	5,426	2
	방청+단면보수	1.75	2.10	m ²	196	412	1
순공사비						12,233	
제경비(순공사비의 50%)						6,117	
총 공사비						18,350	

9.1.11 램프(J)교

구분	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량 (할증20%)	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순위
난간연석	난간교체	0.5	0.60	m	100	60	1
배수시설	배수관재설치	2	2.00	EA	200	400	1
하부구조	표면보수	22.575	27.09	m ²	43	1,165	3
	주입보수	34.7	41.64	m	91	3,789	1
	단면보수	5.22	6.26	m ²	172	1,077	2
	방청+단면보수	0.3	0.36	m ²	196	71	1
순공사비						6,565	
제경비(순공사비의 50%)						3,281	
총 공사비						9,843	

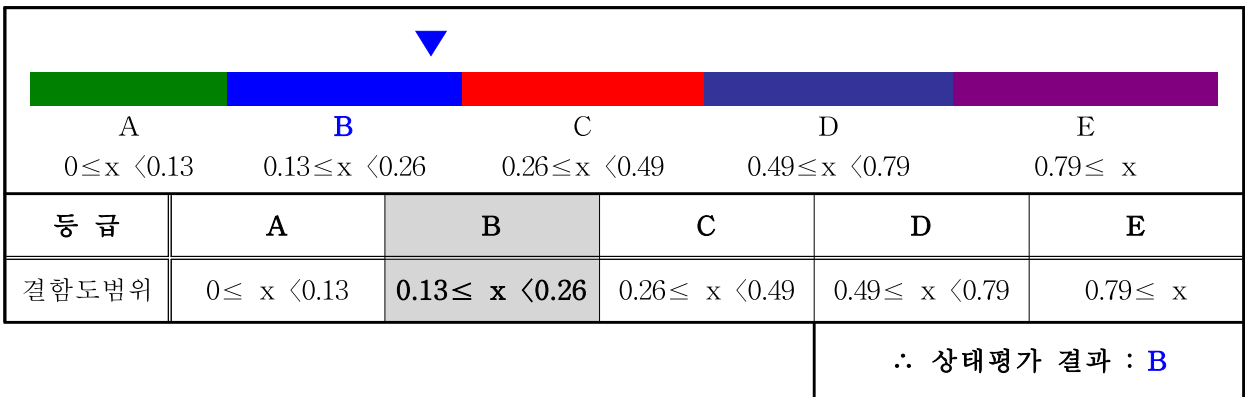
9.1.12 총괄 개략공사비 : 2014년(3차)보수예정 제외

구 분		순공사비	제경비	총공사비
단기 (1순위)	본교	7,591,189	3,795,594	12,255,079 (부대공사비포함)
	남단접속교	869,922	434,961	1,304,884
	북단접속교	1,548,473	774,236	2,322,709
	램프교(8개소) (A,B,E,F,G,H,I,J)	73,279	36,640	109,919
계		10,082,863	5,041,432	15,992,591
장기 (2순위)	본교	52,528	26,264	78,792
	남단접속교	21,586	10,793	32,378
	북단접속교	53,819	26,910	80,729
	램프교(8개소) (A,B,E,F,G,H,I,J)	22,445	11,223	33,668
계		150,378	75,189	225,567
장기 (3순위)	본교	58,569	29,284	87,853
	남단접속교	179,573	89,787	269,360
	북단접속교	150,719	75,360	226,079
	램프교(8개소) (A,B,E,F,G,H,I,J)	28,100	14,050	42,150
계		416,961	208,481	625,442
합계		10,650,203(천 원)	5,325,101(천 원)	16,843,600(천 원)

10. 종합평가 및 안전등급

10.1 상태평가

구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
01-본교(상류)	0.255	B	960.0	3	2,880	0.212	0.054
02-본교(하류)	0.261	C	960.0	3	2,880	0.212	0.055
03-남단접속교(상류)	0.238	B	587.5	3	1,763	0.130	0.031
04-남단접속교(하류)	0.250	B	446.0	3	1,338	0.099	0.025
05-북단접속교(상류)	0.248	B	506.0	3	1,518	0.112	0.028
06-북단접속교(하류)	0.258	B	507.0	3	1,521	0.112	0.029
07-A램프교	0.270	C	200.0	2	400	0.029	0.008
08-B램프교	0.228	B	200.0	2	400	0.029	0.007
09-E램프교	0.216	B	120.0	1	120	0.009	0.002
10-F램프교	0.211	B	130.0	1	130	0.010	0.002
11-G램프교	0.241	B	130.0	1	130	0.010	0.002
12-H램프교	0.258	B	160.0	1	160	0.012	0.003
13-I램프교	0.260	C	176.7	1	177	0.013	0.003
14-J램프교	0.223	B	163.0	1	163	0.012	0.003
합계(Σ)			5,246.2		13,579	1.000	0.252
1. 평가지수 =							0.252
2. 상태평가 결과 =							B



10.2 안전성평가

부재	SF(안전율)	평가결과	비고
주거터 (본교)	1.10	A	
바닥틀 (본교)	1.23	A	
거더 (북단접속교)	1.22	A	
콘크리트 바닥판 (북단접속교)	1.12	A	

10.3 종합평가

구분	상태평가	안전성평가	종합평가	비고
동작대교	B	A	B	

10.4 안전등급 지정

동작대교의 안전등급지정은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라 “**B**”로 지정하였다.

11. 종합결론

본 과업의 대상 교량인 동작대교는 1984년에 준공되어 약 30년이 경과된 교량으로 서울시 용산구 이촌동과 동작구 동작동을 연결하는 한강상 교량(설계하중 DB-24)이며 남, 북단 접속교와 함께 8개의 램프교(A, B, E, F, G, H, I, J)로 시공되어 있다. 교량은 상, 하류측으로 분리되어 있으며 상, 하류측 중앙부에는 랭거아치 형식의 서울메트로 관리 수도권 지하철 4호선 동작철교가 가설되어 있다.

11.1 외관조사

11.1.1 본교

(1) 교면포장

- 교면포장은 상, 하류측 모두 공용기간 증가에 따른 균열, 망상균열, 소성변형, 포트홀 및 체수가 조사되었으며, 이에 따른 강바닥판 부식을 촉진시킬 수 있고, 포장 손상율이 10% 이상으로 평가되어 전면적인 교면방수 후 재포장이 필요하며, 보도부 체수는 강구조물의 열화 및 부식을 촉진시킬 가능성이 있으므로, 구배불량(체수) 구간에 대한 구배조정 후 구스아스팔트 재포장의 단기보수가 필요하다.

(2) 난간 및 연석 및 차량방호울타리

- 보차도 난간 및 강재연석, 차량방호울타리에 발생된 결함은 파손 및 변형, 부식 및 도장박리, 탈락, 볼트체결불량, 부식 및 단면손실로 부분 재설치, 표면처리 후 재도장을 통한 사용성 및 미관성을 확보하여야 하고, 특히 부식으로 단면이 손실된 강재연석부에 대해서는 덧댐강판 용접보수 및 재도장 또는 기존 강재연석 제거 후 아연도금 강재연석 재설치를 하는 것이 바람직하다.

(3) 배수시설 및 신축이음

- 배수시설은 설치오류에 의한 배수관 연결불량 및 길이부족, 배수홈통 이물질 퇴적이 확인되어 강박스 및 교각 열화방지를 위한 주기적인 청소와 재설치 및 길이연장이 필요하며 배수홈통은 신축이음 교체시 제거하는 것이 바람직하다.
- 신축이음 외관조사 결과 본체 편기에 의한 신축이음 작동 간섭, 후타재 파손 및 마모, 유간토사퇴적의 결함과 누수방지 기능이 없는 핑거형 신축이음이 설치된 관계로 Box 거더 단부 및 받침에 부식과 콘크리트 열화를 유발하고 있으므로 향후 봉합재(지수역할)가 설치된 신축이음으로 교체가 필요하다.

(4) 강바닥판하면

- 강바닥판 중앙 종리브 사이 연결부의 강바닥판 4장이 연결되는 중방향 맞대기용접부

용접누락이 조사되었지만 추가결함은 발견하지 못하였다. 그러나 내구성 유지 및 유지 관리 측면에서 용접보수를 실시하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

- 볼트체결불량 및 볼트누락 등의 결함은 신규볼트에 의한 재체결을 실시하는 것이 효율적이라 판단되며 국부적인 강바닥판 하면의 볼트누락과 '03년도 보도부 재포장 보수공사 이전 보도부의 누수로 인해 볼트가 부식되어 교체가 필요한 부위는 부재의 위치특성상 상부플랜지이므로 신규볼트에 의한 재체결은 어려움이 있다. 기 진단결과와 비교할 때 진전 및 확대 양상이 없는 것으로 판단되고 표면처리 후 재도장을 실시한다면 향후에도 문제점은 많지 않을 것이라 판단된다.
- 강바닥판 하면에 발생한 도장박리, 부식에 대해서는 내구성 확보 및 미관제고를 위해 전면 재도장을 실시하는 것이 효율적이라고 판단된다.

(5) 거더내부, 거더외부, 가로보 및 K-브레이싱

- 용접누락 및 용접 불량부는 전처리 후 보수용접을 실시하고, 볼트체결불량 및 누락은 신규볼트에 의한 재체결을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 도장박리 및 부식에 대해서는 내구성 확보를 위한 표면처리 후 부분 재도장이 필요한 것으로 판단된다.
- 볼트체결불량 및 누락의 결함은 강박스거더 내부와 병행하여 신규볼트에 의한 재체결이 필요하고, 부식 및 도장박리에 대해서는 전면 재도장이 필요한 것으로 판단된다.

(6) 받침 및 교각

- 본교 받침은 '03년에 내진용 포트받침으로 교체되어 편기, 작동불량 등 중대 결함이 없는 비교적 양호한 상태이며, 일부 받침물탈의 균열은 당장의 보수보다 주의관찰 후 조치가 바람직할 것으로 판단된다. 국부적인 부식과 고무덮개 파손은 표면처리 후 재도장과 고무덮개 재설치가 필요하다.
- 교각에 발생한 균열, 망상균열, 콘크리트 박락, 철근노출, 재료분리, 백태 등의 손상에 대해서는 일부 보수가 실시된 것으로 조사 되었으나, 표면처리 및 주입보수, 단면보수, 철근방청 후 단면보수가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

11.1.2 남·북단 접속교

(1) 교면포장

- 남·북단 접속교는 대부분 교면방수 및 재포장을 실시하여 양호한 상태이며, '14년 동작대교 보수공사(3차)에서 추가 재포장 보수가 계획 중인 것으로 확인되었다.

(2) 난간 및 연석, 차량방호울타리

- 난간 및 연석은 차량충돌에 의한 난간변형, 연석 콘크리트 파손, 국부적 철근노출이 조사되어 안전성 확보 차원의 난간교체가 필요하며, 방호벽에 대해서 기존 경계석 철거 후 단면보강이 2013년(2차) 및 2014년(3차)에 보수 완료 예정인 것으로 확인되었다.

(3) 배수시설 및 신축이음

- 배수시설은 토사퇴적에 의한 배수구 막힘, 배수관 연결불량, 탈락, 길이부족이 조사되었으며, 정기적인 정비(청소) 및 배수관 길이연장과 정비가 필요한 것으로 판단된다.
- 남·북단 접속교 신축이음은 '09년 및 '12년에 대부분 신규 교체 하였으며, 남단접속교 본체 파손(1.8m) 및 후타재에 발생한 균열, 파손, 마모 등에 대해서는 부분 교체 및 보수가 필요한 것으로 판단된다.

(4) 바닥판 하면, 거더 및 가로보

- 기존 점검결과('11년) 및 실시설계 결과에 의해 '12년~'14년에 걸쳐 구간별로 바닥판 전면 보수가 완료 및 보수 진행 중인 것으로 확인되었다.
- 기존 점검결과('11년) 및 실시설계 결과에 의해 '12년~'14년에 걸쳐 구간별로 거더 및 가로보의 전면보수 완료 및 보수 진행 중인 것으로 확인 되었으며, 우수 유입에 의한 도장박리 및 부식과 볼트탈락, 용접불량에 대해서는 재도장, 볼트재체결, 용접보수가 필요한 것으로 판단된다.

(5) 받침, 교대 및 교각

- 2009년 6월 '한강교량 접속교·램프 내진평가 및 보강공사 실시설계' 결과로 포트받침 및 탄성받침으로 전수 교체되어 양호한 상태이며, 일부 신축이음부 우수 유입에 의한 받침 Plate 부식에 대해서는 재도장이 필요한 것으로 판단된다.
- 교대 및 교각에 발생한 균열, 철근노출, 누수흔적 및 오염(신축이음부 우수유입), 백태, 열화에 대해서는 균열보수, 표면처리, 방청 후 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

11.1.3 램프교

(1) 교면포장

- 램프 H는 2009년 전면 재포장을 시행 하였으나, 반복적인 차량 통행 및 사용년수 증가로 인한 아스콘 망상균열 및 들뜸이 조사되었으며, 콘크리트 바닥판 우수유입으로 인한 누수 및 열화가 우려되므로 교면방수 및 재포장 보수가 필요할 것으로 판단된다.

(2) 난간 및 차량방호벽, 방음벽

- 난간은 일부 차량 충돌에 의한 변형, 지주파손, 시공불량에 의한 연결불량과 같은 손상이 조사되어 안전사고 예방차원의 난간 교체가 필요할 것으로 판단된다.

- 램프구간의 방음벽은 공용 년수 증가에 따라 노후화되어 표면부식 및 연결불량, 파손, 변형 등이 발생된 것으로 조사되어 방음벽에 대한 정비 및 도장보수가 필요할 것으로 판단된다.

(3) 배수시설 및 신축이음

- 램프구간의 배수시설 점검결과 배수구 막힘, 그레이팅 파손, 배수관 길이부족, 연결 불량 등이 조사되었으며, 그레이팅 교체, 배수관 연장 및 배수구 막힘에 대한 정비(청소)등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 신축이음 외관조사 결과 유간사이 토사퇴적, 후타재 균열 및 마모, 파손이 조사되었으며, 후타재손상은 반복적인 차량통행에 따른 손상으로서 후타재의 파손은 주행차량이 바닥판하면에 충격을 가하여 추가 손상을 초래할 수 있으므로 후타재 보수가 필요할 것으로 판단된다. 일부 구간에 발생한 단차에 대해서는 지속적인 유지관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단되며, 후타재 파손 및 노후화에 의한 우수 유입으로 하부구조에 대한 열화가 우려되는 구간은 신축이음 교체가 필요할 것으로 판단된다.

(4) 바닥판하면

- 금회 점검시 조사된 바닥판 하면의 손상은 2013년(2차)에 보수 완료된 램프 E를 제외한 램프 A, B, F, G, H, I, J에 대하여 2014년(3차) 보수공사 시 표면보수 및 단면보수, 철근방청+단면보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었다.

(5) 거더내부 및 거더외부

- 거더내부에 대한 점검결과 현장연결부(Splice) 및 종방향 볼트연결부 볼트체결불량 및 볼트누락, 용접누락 및 불량, 국부적인 도장박리, 표면부식, 리브 및 격벽 변형, 일부 부재보강재 설치 누락 등의 손상이 조사되었으며, 이상의 손상들은 2011년 점검시 조사된 손상들로 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다. 일부 기존 점검시 누락된 볼트체결불량 및 누락, 도장박리, 부식, 변형의 결함이 조사되었으나, 2014년(3차) 보수공사 시 볼트재체결 및 재용접, 부분재도장, 청소 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었으며, 일부 변형 및 보강재 설치 누락부는 '04년, '09년 진단 시에도 조사되었던 것으로 결함의 형태 및 크기 등은 동일한 것으로 조사되었으며, 준공이후 지속적인 사용에도 결함의 진전이나 추가 결함은 확인되지 않은 상태이기에 당장의 보수보다는 지속적인 관찰 및 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 거더외부에 대한 외관조사결과 볼트길이부족, 체결불량, 볼트홀 천공오류, 너트탈락, 시공초기 충격에 의한 변형, 사용년수 증가에 따른 전반적인 도장열화, 일부 도장박락 및 부식 등의 손상이 조사되었다. .
- 금회 점검시 조사된 Steel Box 거더(외부)의 손상은 2014년(3차) 보수공사시 볼트재체결 및 재용접, 부분재도장, 청소 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었으며, 강재

변형부는 주위에 추가적인 손상이 발생되지 않은 상태로 유지관찰이 필요할 것으로 판단된다.

(6) 받침, 교대 및 교각

- 램프구간의 받침은 2009년 6월 ‘한강교량 접속교·램프 내진평가 및 보강공사 실시설계’ 검토결과 내진평가에 의한 받침교체 및 전단키 보강 공사가 이루어져 편기 등 특별한 결함은 발견되지 않은 양호한 상태이며, 몰탈균열 및 받침볼트 체결불량, 받침부식 등의 비교적 경미한 손상이 조사된 상태로 2014년(3차) 보수공사 시 볼트재체결 및 받침 재도장의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인되었다.
- 교대 및 교각에 발생한 주요 손상으로는 균열, 망상균열, 콘크리트 박락 및 피복부족에 의한 철근노출과 신축이음 누수로 인한 누수흔적 및 오염, 백태 등이 조사되었다. 조사된 손상에 대하여 표면처리 및 주입보수, 단면보수, 철근방청 후 단면보수가 필요할 것으로 판단되며, 일부 손상에 대해서는 2014년(3차) 보수공사 시 표면보수 및 단면보수, 철근방청+단면보수, 램프 J의 가교 형태의 강재교각은 전면 재도장 및 볼트체결불량, 기초콘크리트균열 주입보수 등의 보수가 계획되어 있는 것으로 확인 되었다.2) 내구성 조사

11.2 내구성 조사

11.2.1 콘크리트 비파괴시험

- 반발경도, 초음파속도 및 코어압축강도를 병용하여 추정비파괴 강도를 구한 결과, 상부구조는 25.3~29.7MPa(105.5~123.7%)로 하부구조는 21.8~37.5MPa(103.6~175.5%)로 설계강도(21MPa)를 상회하는 것으로 분석되었다. 철근탐사 결과, 배근간격 및 피복두께는 대체로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.
- 균열폭(c/w) 0.3mm이상의 균열에 대해서 초음파속도법(TC-TO법)에 의한 균열 깊이 측정결과 철근 피복두께 이상으로 균열이 진전된 것으로 측정되어, 추후 외기의 영향 및 우수침투에 의한 철근부식 및 콘크리트 열화가 우려되는 바 철근 부식방지 및 내구성 확보차원의 주입보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정 결과 “a~b”로 평가되어 전반적으로 양호한 상태로 조사 되었다.
- 상부구조 및 하부구조에 대한 염분함유량 시험 결과, 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성이 높은 상태인 “c~d”가 2개소로 측정되었다. 현재 “d”로 측정된 Ramp-E 교대(EA1) 전면벽체의 경우 우수의 유입이 용이한 신축이음 구간이며, 동절기 제설재(염화

칼슘)의 유입에 의해 염화물량 수치가 높게 측정된 것으로 판단되며, 염화물에 의한 손상이 우려되므로, 염화물 방지대책으로써 치핑 후 철근방청 및 단면보수, 염해도장이 필요할 것으로 판단된다.

11.2.2 강제 비파괴시험

- 용접부의 결함은 현재까지 초기 용접상태를 유지하고 있는 상태이나, 용입부족은 단면 감소와 응력집중을 유발하여 교량 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 중점유지관리 항목 지정 및 차후 안전진단 시에 맞대기용접 이음부, 특히 남·북단 접속교에 대해서는 비파괴검사 및 외관조사, 천공부위에 대한 주기적인 MT조사를 통하여 결함의 진전 확인 여부를 조사하여야 할 것으로 사료된다.

11.2.3 적외선 열화상 비파괴시험

- 외관조사에 의해 확인된 결함부(백태 및 누수흔적)를 대상으로, 적외선 열화상 비파괴 시험을 실시한 결과, 바닥판 콘크리트 열화로 인해 상부에서 침투한 우수가 바닥판 하면으로 유입되어 내부 습윤상태가 확인된 부위가 4개소로서, 열화진행성을 고려하여 바닥판의 우수차단 및 열화부위의 습식주입보수가 필요할 것으로 판단된다

11.3 상태평가

- 『안전점검 및 정밀안전진단세부지침(2010.12)』에 의해 외관조사 및 재료시험 결과에 따른 상태평가결과, ‘보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태’인 B(평가지수:0.252) 수준으로 평가되었다.

11.4 안전성 검토 및 내하력 평가

- 재하 시험 및 구조해석을 통한 기본내하력 및 공용내하력 평가 결과 내하율 1.0이상으로 설계 활하중 DB(DL)-24의 공용은 가능한 것으로 판단된다.

11.5 종합평가

- 동작대교의 외관조사에 의한 상태평가 결과는 『B』이고, 구조안전성 평가 결과는 『A』로, 종합평가는 『B』로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여는 보고서에 제시된 보수·보강과 중점유지관리 항목들에 대한 보수 및 주기적인 점검이 시행된다면 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.