

제 **2** 편 교 량 편

1. 여주대교

제1장 시설물 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 외관조사

제4장 내구성 시험

제5장 재하시험

제6장 구조검토 및 내하력 평가

제7장 종합평가

제8장 보수보강 방안 및 유지관리방안

제9장 종합결론

제1장 시설물 개요

1.1 시설물 현황

1.2 시설물 일반도

제1장 시설물 개요

1.1 시설물 현황

본 과업대상 교량인 여주대교는 총연장 502.0m의 4차로 교량으로 1996년에 준공되어 공용개시 이후 약 18년이 경과된 1등교(설계하중 DB-24)로서 상부구조의 구조형식은 Steel Box Girder로 교폭은 17.5m, 3개의 거더로 된 강교이다.

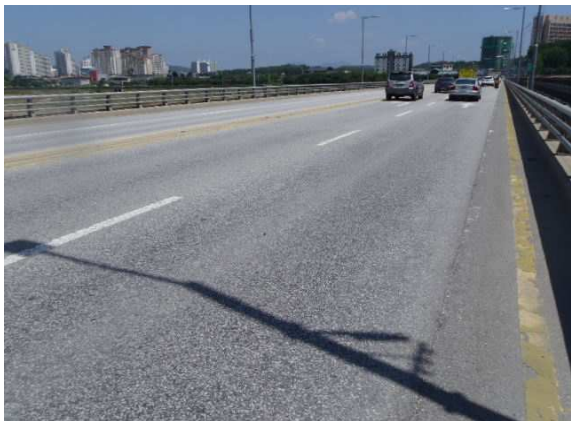
본 교량은 2013년도에 정밀점검을 실시하였고, 외관조사는 교량점검차, 사다리 및 크레인을 이용하여 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 접근한 상태에서 교량의 외관상태를 조사하였으며, 2013년 점검 이후의 부재에 대한 손상의 추가 발생 및 진전 여부에 중점을 두고 조사하였다.

본 교량의 외관조사는 강교의 거더, 바닥판, 교량받침, 신축이음, 교대, 교각, 교면상태, 배수시설, 난간 등 주요 구조부재와 부속 구조물 각각에 대하여 현 상태를 조사하였고, 특히 교량의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인코자 하였다.

본장에서는 교량의 구성 부재별로 외관조사 결과를 도표 중심으로 수록하였으며 이에 따른 외관조사망도와 외관조사 총괄표는 향후 교량점검 및 유지관리시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

시설물명		여주대교	시설물번호		BR1996-0000269
준공년월일		'1996년 12월 30일	관리번호		-
시설물 위치		경기도 여주시 여주읍 상리			
시 공 사		(주)삼 호	설 계 사		동부엔지니어링(주)
감 리 사		동부엔지니어링(주)	관리주체		여주시청
설계하중		DB-24, DL-24	노 선 명		국도 37호선
제원	연장	L=502.0m(20.0+11@40.0+42.0)			
	폭	B=17.5m			
상부구조		Steel Box Girder	교면포장		아스콘 포장
하부 구조	교대	역T형	기초 형식	교대	직접기초
	교각	T형		교각	우물통 기초
교량받침		POT 받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		남한강	배수관		아연도금 강관
부착시설내용		난간 및 가로등, 점검로			

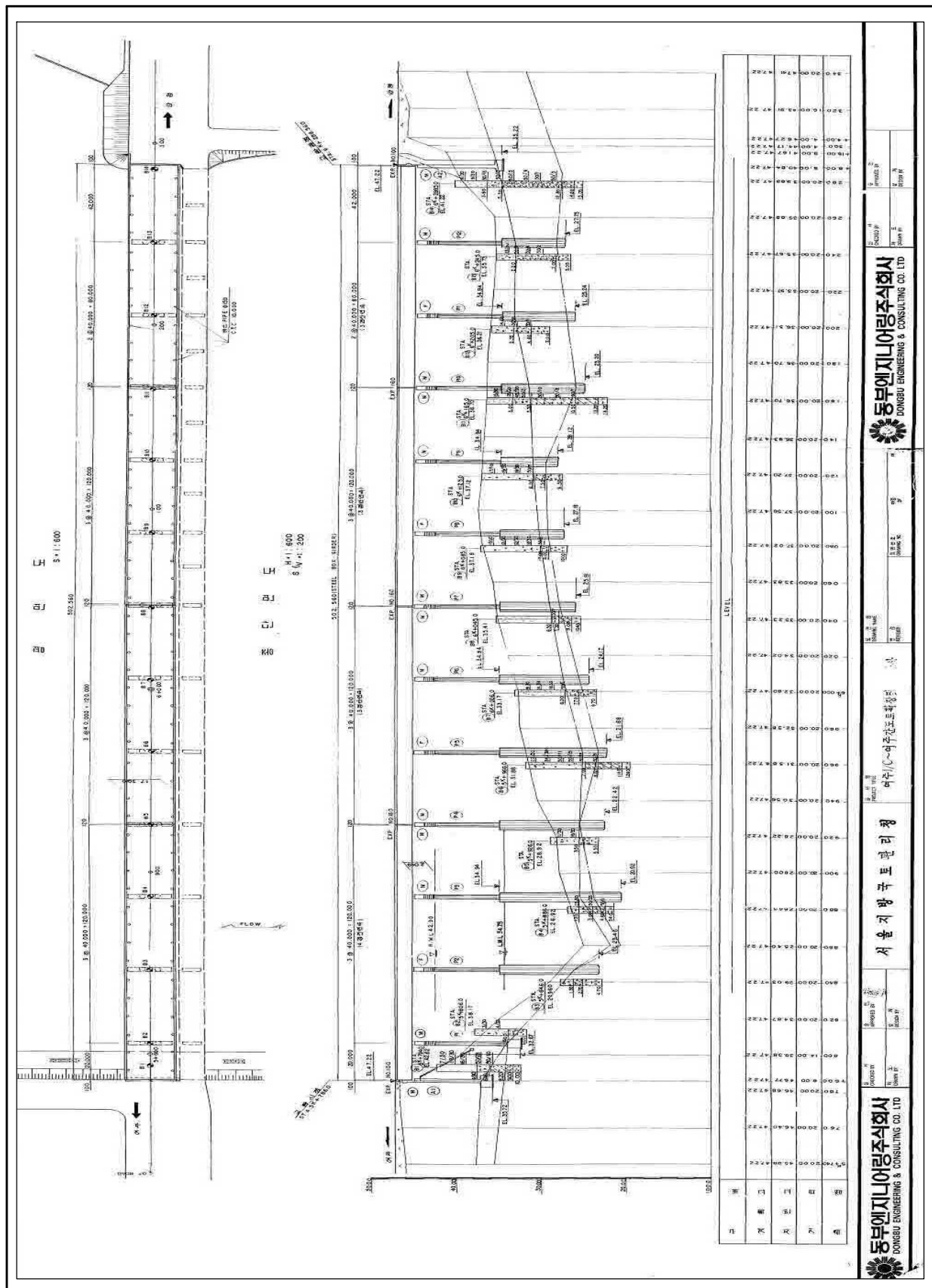
1) 시설물 전경

	
상부 전경	상부구조 전경
	
교대전경	교각전경

2) 교량 접근 방법

	
교량 점검차 사용 점검	크레인 사용 점검

1.2.1 종 · 평면도



표면치수

구분	L	N1	L1	N2	L2	s
40M SPAN	142.000	9.16	17.740	4.58	137.460	50
320M SPAN	120.000	7.82	117.200	3.91	117.300	60
228M SPAN	122.000	7.86	119.440	3.98	119.400	50

서울지방국도

경

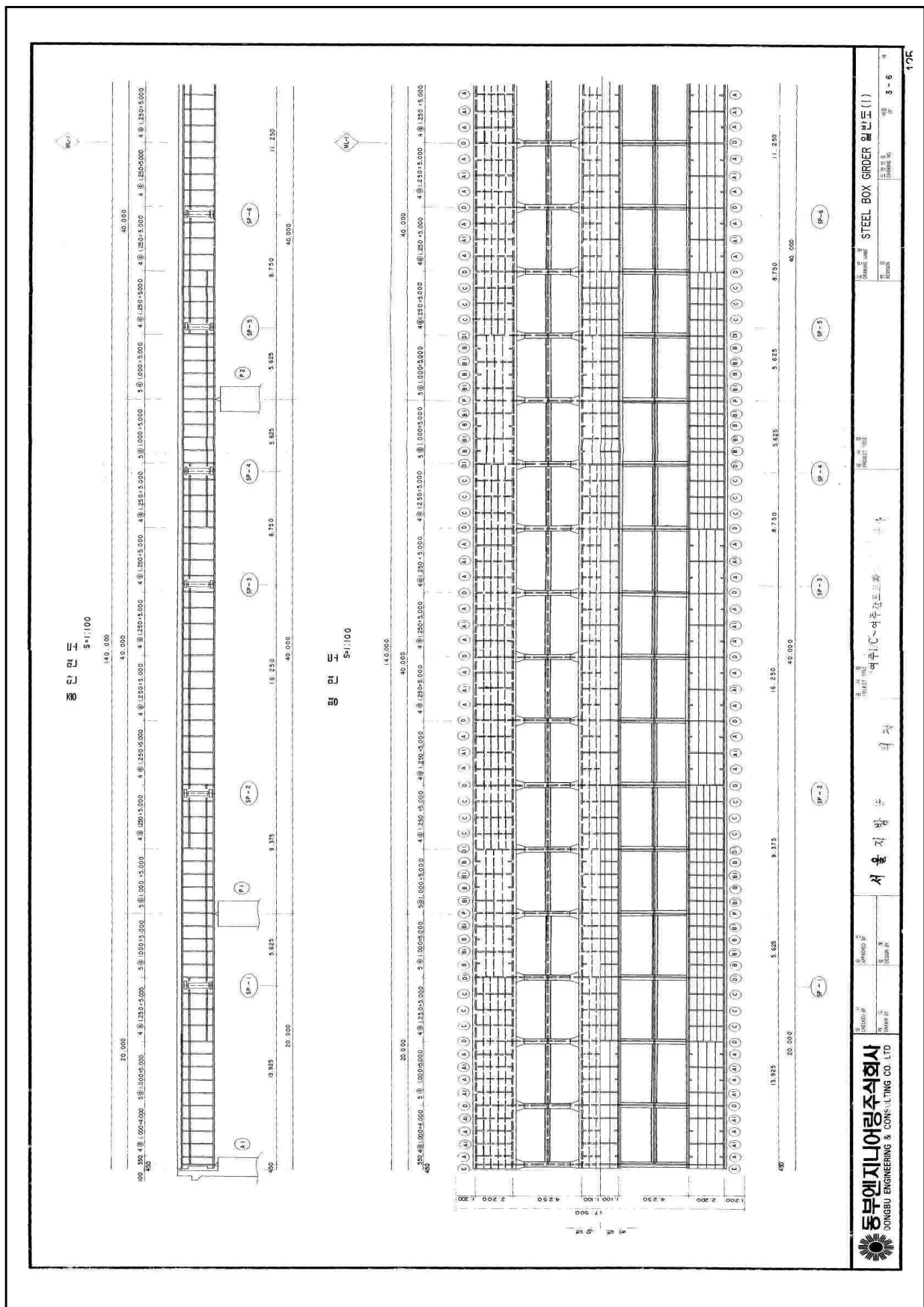
이수/이수

포장공사

설계도면

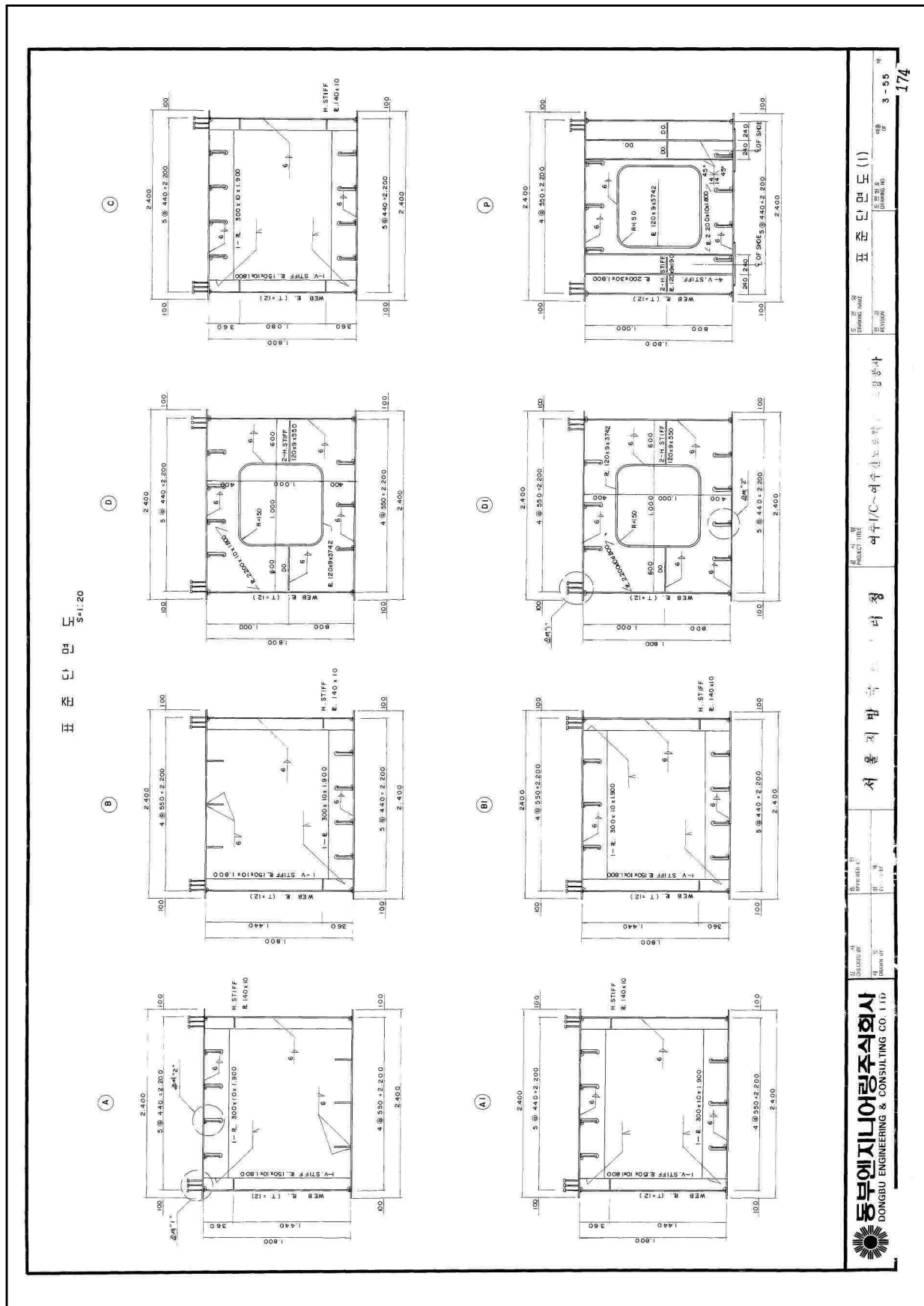
3-2

1.2.3 거더 일반도(1)

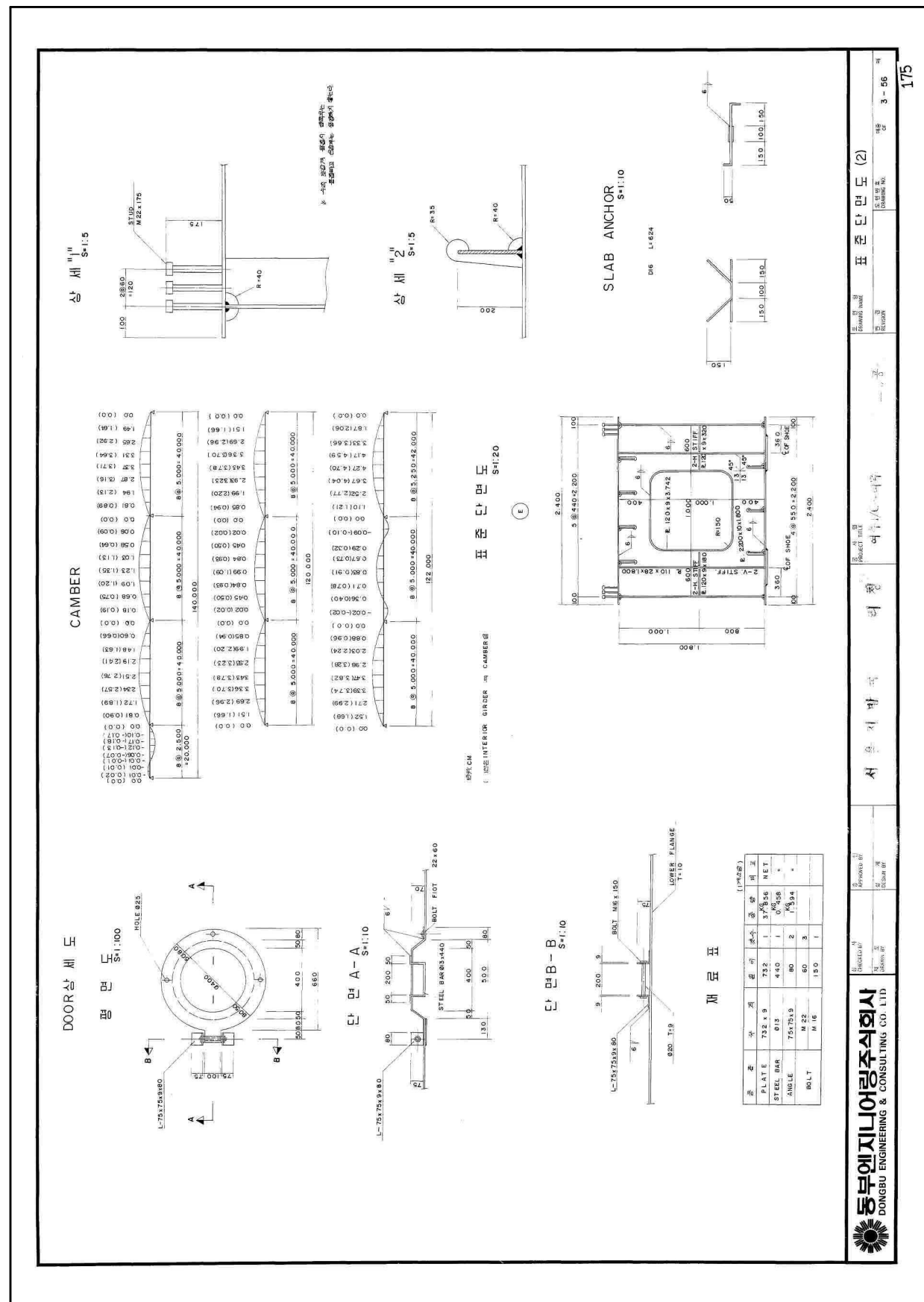


[illegible]

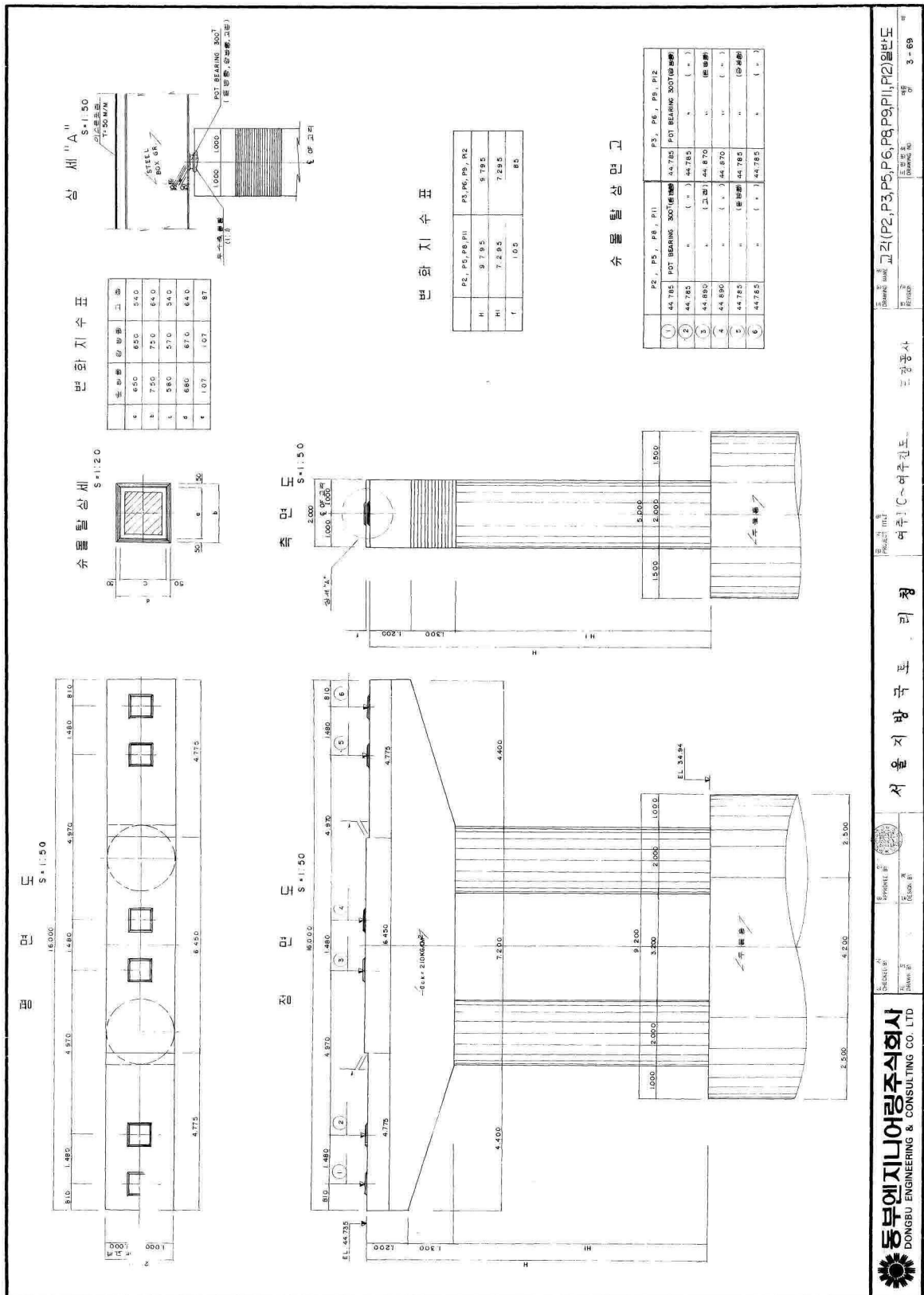
1.2.6 표준단면도(1)



(주)한마음 엔지니어링



- 93 - (주)한마음 엔지니어링



[illegible]

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

2.2 사전조사 및 자료수집 목록

2.3 점검 및 진단이력

2.4 전차용역 검토결과

2.5 자료수집 및 분석 결과

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 과업을 수행함에 있어 현장 답사를 통한 사전조사는 정밀조사와 분석·평가 등의 실시 세부계획을 수립하기 위하여 보다 구체적이고 세밀하게 조사하여야 하며, 설계도서 숙지 및 검토와 면밀한 육안조사에 의하여 과업의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였으며 사전조사·분석을 통하여 얻어진 예비평가는 다음에 이어지는 정밀조사 및 실내업무(자료분석, 평가, 구조검토 등) 실시계획의 기본적 자료가 된다.

따라서 예비조사의 단계에서는 대상교량을 완벽하게 숙지하여야 하며, 아울러 작업조건을 명확히 판단하여 예상되는 시행착오를 사전에 줄여서 효율적인 일정계획이 수립될 수 있도록 하여야 하며 본 과업 대상 시설물의 기 점검 자료를 수집하여 과업수행에 필요한 자료를 정리·분석하였고, 구조물의 변상 원인, 적절한 보수·보강공법의 제시 및 유지관리 방안을 수립하기 위해 기초자료로 활용하였다.

2.2 사전조사 및 자료수집 목록

2.2.1 사전조사 내용

구분	사전조사 내용	사전조사 결과
1	설계도면 검토 및 구조물의 특성 파악	기존 보고서 및 설계도서 검토를 통해 시설물 파악
2	구조물의 이력 및 주요 결함사항 및 상태파악	시설물 유지관리 이력 검토 및 기 점검결과 내용 검토
3	현장 주변 환경 숙지	사전 조사를 통해 주변 환경 숙지
4	정밀조사 대상부위 선정	기존 손상부위에 대한 손상 진전여부 확인 및 추가 손상여부 확인
5	비파괴시험 적정성 여부 판단 및 범위 결정	콘크리트 강도 시험, 재하시험, 강재비파괴 시험
6	접근방법 및 장비사용계획 결정	교량상부에서 교량점검차 및 크레인을 통해 슬래브 하면 조사 및 도보를 통한 정밀조사 (포장면, 교량점검로, ST.BOX 내부)
7	수행일정 및 교통통제 계획	과업일정 계획 및 장비사용시 교통처리 계획
8	기타 협조사항	재하시험시 교통처리에 관한 도로공사 신고서 접수 (여주경찰서)

2.2.2 자료수집 목록

<표 2.2.1> 자료수집 목록

구 분	자료수집 대상 자료	보관유무	자료수집 결과
건설 관련 자료	1) 준공보고서	-	
	2) 준공도면	있음	◦ FMS 전산자료
	3) 시공상세도	있음	◦ FMS 전산자료
	4) 구조계산서	있음	◦ FMS 전산자료
	5) 수리 수문계산서	있음	◦ FMS 전산자료
	6) 공사 및 특별시방서	-	
	7) 감리보고서	-	
	8) 품질관리 관련자료	-	
	9) 기타관련자료(지반조사서)	-	
	10) 건설공사 안전점검 보고서	-	
	11) 건설공사 초기점검보고서	-	
유지 관련 자료	1) 시설물관리대장	있음	◦ FMS 전산자료
	2) 기존 점검 자료	있음	◦ 준공 후 총 10회 진단 및 점검 실시
	3) 보수·보강 및 용도변경 자료	있음	◦ 준공 후 총 5회 보수이력 확인

2.3 점검 및 진단이력

2.3.1 정밀점검 및 정밀안전진단 이력

1) 점검이력

<표 2.3.1> 점검 및 진단이력

연번	일 자	점검 · 진단 구분	점검 및 진단기관
1	'08.12.22 ~ '09.03.22	정밀안전진단	(주)제일엔지니어링
2	'11.06.01 ~ '11.12.27	정밀점검	(재)한국재난연구원
3	'13.09.02 ~ '13.12.30	정밀점검	(주)동우기술단

2) 주요 점검결과

<표 2.3.2> 점검 및 진단 점검결과

연번	점검기간	점검 결과	상태 등급
1	'08.12.22~'09.03.22	본 시설물은 Steel Box Girder 형식으로 준공된 교량으로 부재별 외관조사, 내구성 및 내하력 평가를 수행한 결과 안전성평가등급은 『A』, 외관상태평가 등급은 『B』 등급으로 설계내하력(DL-24, DB-24)을 만족하는 안전한 상태의 구조물로 평가되었다. 보고서에서 제안한 보수 및 유지관리 방법에 따라 관리가 지속된다면 1등교로서의 기능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다	B
2	'11.06.01~'11.12.27	여주대교 외관조사 결과, 연석부 균열 및 콘크리트파손, 난간 지주대파손, 배수시설 배수관탈락 및 그레이팅 유실, 신축이음장치 후타재 마모, 거더부 도장박리, 받침장치 플레이트부식, 교대·교각 균열 및 철근노출 등이 발생된 것으로 조사되었다. 발생한 배수관탈락, 난간 지주대파손 및 변형, 거더부 도장박리에 대해서는 하부구조 열화방지와 통행차량 안전성확보, 부식방지를 위해 보수조치가 요구되며, 거더 내부 비트면 불량 및 용접불량에 대해 추후 정밀안전진단시 용접이음부 강재 내구성 조사가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 실측된 신축유간은 계산신장량 보다 크게 측정되어 유간에 따른 손상 발생은 없을 것으로 판단되며, 연단거리 측정결과 일부구간에서 설계치를 만족하지 못하는 것으로 분석되었으나, 조사 당시 교각 단부에 연단거리 부족에 따른 손상이 발생되지 않은 상태로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 요구된다	B

연번	점검기간	점검 결과	상태 등급
3	'13.09.02~'13.12.30	- 바닥판 균열, 백태, 박락, 재료분리, 박리, 철근노출, 부식 - 하부구조 교대 및 교각 균열, 철근노출, 들뜸, 망상균열, 박락, 파손, 박리, 재료분리, 백태, 이물질퇴적, 폐콘크리트 적치 - 하부구조 기초 균열, 침식 - 교량받침 몰탈균열, 플레이트부식 - 신축이음장치 토사퇴적, 후타재 균열, 파손, 망상균열 - 교면포장 아스콘 패임, 포트홀, 파손 - 배수구 막힘, 그레이팅 유실, 배수관 파손 - 난간 및 연석 균열, 박리, 난간지주 탈락, 난간변형, 난간파손, 교명주 파손	B

2.3.2 보수 · 보강이력

본 교량에서 수행된 보수 및 보강공사 이력은 <표 2.3.3>와 같다.

<표 2.3.3> 보수·보강공사 이력

연번	년 도	보수 · 보강공사 내용	수 행 자	비 고
1	2004. 04. 22~2004. 09. 23	· 신축이음 부분 보수	피엠건설	
2	2005. 06. 27~2006. 11. 05	· 없음	(주)청양	
3	2007. 09. 06~2007. 11. 28	· 신축이음 교체	(주)제이씨하우징	
4	2010. 07. 06~2010. 09. 03	· 신축이음 교체	디비정보통신	
5	2013 07. 22~2013. 09. 21	· 받침채도장 · 배수구 덮개 재설치	다솜 ENG	

2.4 전차용역 검토결과

2.4.1 2013년 정밀점검 결과

<표 2.4.1> 전차용역 점검 결과

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태 평가	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	교면포장	b	포장패임, 포트홀	팻칭보수
	신축이음	c	후타재 균열, 마모	표면처리, 단면복구
	슬래브 /주형	b	캔틸레머 균열/ ST.BOX 내·외부 도장박리	표면처리, 재도장
하부구조	교대, 교각	b	균열 및 망상균열, 철근노출	표면처리, 단면보수(방청)
	기초	c	균열폭 0.3mm이상 균열	단면복구
책임기술자 의 견		본 과업 대상구조물의 외관조사 결과, 교량 일부구간에서 손상이 발생한 상태이며 국부적인 추가손상이 급회 조사되었으나, 구조물의 안전성에 미치는 영향은 크지 않겠으며, 콘크리트 비파괴시험 또한 모두 양호한 결과를 보여주고 있어 대상구조물의 상태등급은 “B등급”으로 평가되었다. 한편, 급회 조사된 손상에 대해서는 주의관찰과 함께 지속적인 유지관리를 수행 함으로써, 대상구조물의 공용성 및 사용성에 대한 신뢰성에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.		

2.4.2 2013년 정밀점검 내구성 시험 결과

<표 2.4.2> 전차용역 내구성 시험결과

시 험 명	구 간	측정결과	책임기술자 의견
반발경도 시험 (MPa)	슬래브	27.01~42.99	대부분의 측정위치에서 설계기준강도와 비교해 볼 때 전반적으로 소요의 강도를 확보하고 있는 것으로 판단되며, 전차자료와 비교해 볼 때 강도감소로 인한 문제점은 없는 것으로 평가되었다.
	교 대	23.9~26.3	
	교 각	24.1~34.3	
탄산화 깊이측정(mm)	슬래브	4.0~11.0	상부 및 하부의 탄산화잔여 깊이가 30mm이상으로 측정되어 손상도 a등급으로 평가되었다.
	교 각	5.0~8.0	
철근탐사 시험(mm)	슬래브	135.0~165.0	상부 및 하부구조에 대해서 철근배근 상태를 조사하여 설계도면과 비교·분석한 결과, 배근간격은 설계도서와 유사한 것으로 측정되었다.
	교 대	120.0~125.0	
	교 각	135.0~155.0	
수중조사	P2	균열(Cw=0.3mm)	여주대교 수중부 교각 P2~P7에 대하여 수중조사를 실시한 결과 침식 및 0.3mm이상의 균열 등의 손상이 수 개소 발생한 것으로 확인되었다. 발생한 손상은 구조물의 내구성 확보 차원에서 적절한 보수가 요구되며, 지속적이고 주기적인 유지관리를 통해 구조물의 손상진행 여부를 확인해야 할 것으로 판단된다.
	P3	균열(Cw=0.3mm), 침식	
	P4	균열(Cw=0.3mm), 침식	
	P5	균열(Cw=0.3mm), 침식	
	P6	균열(Cw=0.3mm),	
	P7	균열(Cw=0.3mm),	

2.5 자료수집 및 분석결과

2.5.1 기존 점검 및 진단이력 검토결과

여주대교에 대한 교량 유지관리 이력 검토결과 시설물의 안전관리에 관한 특별 법령에 의한 점검이 시행되었으며, 정기점검을 제외한 총 10회에 걸쳐 정밀점검 및 정밀안전진단을 시행한 결과 교량의 상태등급은 B등급으로 유지되고 있는 상태이다.

2.5.2 보수이력 검토결과

여주대교에 대한 교량 유지관리 이력 검토결과 공용 중 부분적인 보수가 자체적으로 시행되었으며, 주요 부재에 대한 보수보다는 교량의 공용기간 경과에 따른 신축이음장치 노후화에 따라 일부 교체 및 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 일상적인 유지보수로 청소 등의 관리가 지속적으로 시행된 것으로 확인되었다.

2.5.3 내진설계 유·무

여주대교는 시설물 관리대장 확인결과 내진설계가 적용된 것으로 확인되었으며, 교량에 낙교방지 시설이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

2.5.4 전차용역 검토결과

검토결과 외관조사에 의한 상태평가 결과 B등급으로 평가 되었으나 신축이음에서 상태 등급 c등급 및 교각 일부 부재에서 d등급으로 평가되었다.

확인결과 신축이음부는 후타재 균열 및 마모로 인해 c등급으로 평가되었으며, 교각 P4, P12 조사결과 d등급으로 평가될 만한 손상은 없는 것으로 확인되었다.

2.5.5 과업 중점 사항

사전조사 결과 각 부재별 손상이 일부 조사 되었으나 교량의 내구성 및 사용성에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 판단되며 기존 자료를 토대로 하여 손상의 진전유무 및 신규손상에 대한 정밀조사를 수행하는 것이 바람직하다.

제3장 외 관 조사

3.1 개요

3.2 외 관 조사

3.3 외 관 조사 결과

제3장 외관조사

3.1 개요

외관조사는 “시설물의 안전관리에 관한 특별법” 제13조 및 동법 시행령 제13조에 따라 고시된 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(이하 “세부지침”)』에 근거한 외관조사 결과로부터 주요 구조 부재별 열화·손상정도에 따라 항목별 평가기준을 책정하여 노후도에 따른 구조물의 평가를 체계화하였으며, 건전도 평가 및 구조물의 보수·보강 범위 및 방법결정의 기본자료로 활용하고 있다.

또한, 본 과업에서는 외관조사시 정밀하고 체계적인 조사 및 분석을 위하여 조사요령, 양식 및 평가기준을 세부지침(교량편 2012.12:국토해양부, 한국시설안전공단)에 따라 실시하였으며 그 결과를 주요구조 부재별로 요약·정리하였다.

본 과업 대상 교량인 여주대교는 경기도 여주시 여주읍 상리 소재의 남한강을 횡단하는 교량으로, Steel Box Girder교 형식으로 총연장 502.0m(20.0+(11@40)+42.0), 교폭 17.5m, 설계하중 DB(DL)-24(1등교)인 1996년 12월 준공된 교량이다.

본 과업은 대상 교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량 부재 전체에 대하여 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였고, 외관조사를 실시하기 이전에 사전답사를 실시하여 대상교량 주변 환경과 교통여건 등을 파악하여 현장접근에 필요한 교량점검차 등의 장비동원과 일정계획을 수립하여 현장조사를 실시하였다.

<사진 3.1.1> 현장조사 접근방법 계획수립



3.2 외관조사

3.2.1 교면포장

1) 현황

본 교량의 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있으며 교폭은 17.5m로 양측 연석 (2@0.5m)를 제외한 유효폭은 16.5m로 구분되어 있으며 중앙분리 시설로 탄력봉이 일부 설치되어 있는 상태로 조사되었다.



교면포장 현황

<사진 3.2.1> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

외관조사 결과 경미한 아스콘 파손 및 포트홀, 국부적인 포장패임 등의 손상이 조사되었다.

3) 점검자 의견 및 대책

금회 진단에서 조사된 아스콘 파손 및 포트홀은 공용중 차량의 주행에 의한 결함으로 추정되며, 전차 용역에 비하여 아스콘 파손 및 포트홀 등의 손상이 일부 추가 조사 되었으며, 공용기간경과 및 중차량의 통행증가로 인하여 전반적인 포장마모 현상(라벨링 현상)이 나타나고 있는 것으로 확인되었으나 라벨링의 정도가 경미한 상태이므로 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하며, 라벨링이 진전되어 큰 골재들이 떨어져 나가며 교면포장이 거칠어지며 파손의 형태로 발전될 경우에는 절삭 후 덧씌우기를 실시해야 할 것으로 판단된다. 포장은 손상의 방지시 손상부 주변으로 추가손상이 진행될 수 있으며 방수층의 손상으로 진행될 수 있어 바닥판 구조물의 내구성 저하가 우려되므로 장기적인 관점에서 적절한 보수 및 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 3.2.1> 교면포장 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
교면 포장	아스콘 패임	m ²	5.0						
	포트홀	m ²	0.09						
	포장파손	m ²							0.05

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
교면 포장	아스콘 패임	m ²							5.0
	포트홀	m ²				0.25			0.34
	포장파손	m ²				0.2			0.25

	
S5 교면포장 마모(라벨링 현상)	S5 교면포장 마모(라벨링 현상)
	
S7 교면포장 파손	S11 교면포장 포트홀

<사진 3.2.2> 주요 점검사진

4) 전차용역 손상비교 검토

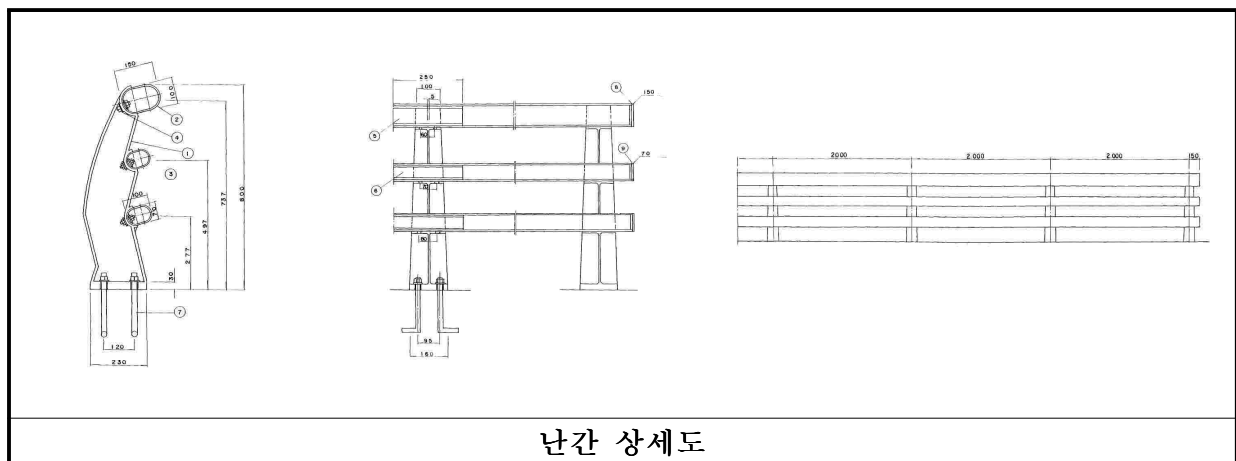
<표 3.2.2> 교면포장 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
교면 포장	아스콘 패임	m ²	5.0	5.0	-	중차량 통행
	포트홀	m ²	0.18	0.34	+0.16	공용기간 경과
	포장파손	m ²	0.2	0.25	+0.05	공용기간 경과

3.2.2 난간 및 연석

1) 현황

본 교량은 교량 좌·우측에 폭 0.5m의 콘크리트 연석위에 높이 $h=0.8\text{m}$ 의 알루미늄 난간이 설치되어 있는 상태이다.



<사진 3.2.3> 주요 현황사진 및 상세도

2) 외관조사 결과

금회 진단시 콘크리트 연석에 균열폭 $0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$ 균열, 표면박리, 접속부 파손이 조사되었으며, 알루미늄 난간은 난간 지주 탈락, 변형, 파손 연결부 체결불량 등의 손상이 조사되었다.

3) 점검자 의견 및 대책

금회 진단에서 조사된 연석의 균열은 연석 구간에서 온도적, 재료적 영향에 기인한 비구조적 균열로 판단되며 공용기간 경과에 따른 연석의 표면박리는 향후 지속적인 점검 후 손상의 진전유무 확인 후 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

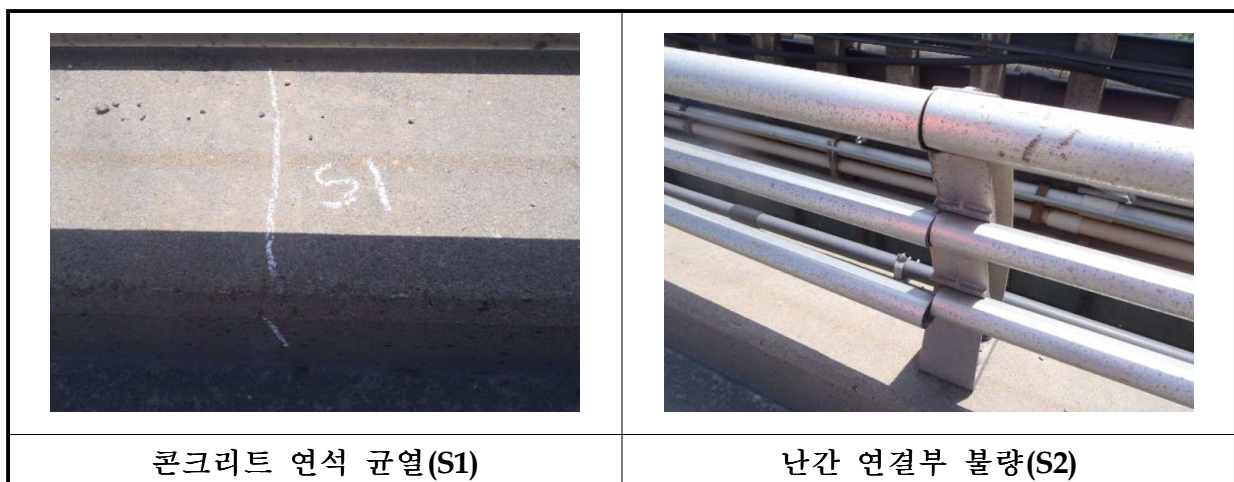
또한, 알루미늄 난간은 일부 파손이 심한 개소 및 난간 탈락 등의 손상이 발생하였으며 안전사고 예방 차원 및 난간의 사용성 확보 차원의 교체 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.

발생된 손상은 공용중 발생하는 일반적인 손상으로 적절한 보수를 필요로 하며 방치시 내구성 저하가 우려되므로 장기적인 관점에서 적절한 보수 및 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 3.2.3> 난간, 연석 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
난간 · 연석	균열(Cw:0.3mm미만)	m	2.0	3.4	3.6	7	5.7	4	3.6
	균열(Cw:0.3mm이상)	m		1.6			1.2	1.4	0.4
	박리	m ²					28.0		
	접속부 파손	m ²	0.2						
	교명주 파손	m ²	0.01						
	난간지주 탈락	개소			1.0				
	난간변형	m							2.0
	난간 연결부 체결불량	개소		1.0					
	난간파손	m							

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
난간 · 연석	균열(Cw:0.3mm미만)	m	1.2	0.8	3.7	5.2	6.1	4.1	50.4
	균열(Cw:0.3mm이상)	m				4.7		7.5	16.8
	박리	m ²	0.25	20.0					48.25
	접속부 파손	m ²							0.2
	교명주 파손	m ²							0.01
	난간지주 탈락	개소					1.0		2.0
	난간변형	m	2.0	4.0	1.0	3.0	9.0		21.0
	난간 연결부 체결불량	개소		3.0		3.0			7.0
	난간파손	m				2.0			2.0



	
난간 지주 탈락(S3)	연석 표면 박리(S5)
	
난간 변형(S7)	난간 연결부 불량(S11)

<사진 3.2.4> 주요 점검사진

4) 전차용역 손상비교 검토

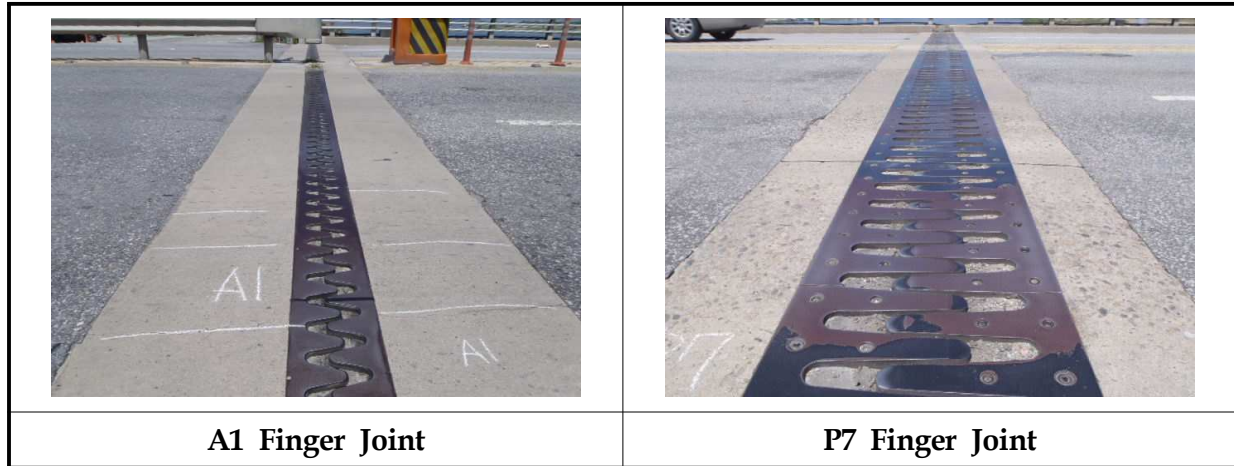
<표 3.2.4> 난간, 연석 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
난간 연석	균열(Cw:0.3mm 미만)	m	50.4	50.4	-	긴조수축, 온도변화
	균열(Cw:0.3mm 이상)	m	16.8	16.8	-	긴조수축, 온도변화
	박리	m ²	0.25	48.25	+48.0	공용기간 경과
	접속부 파손	m ²	0.2	0.2	-	외부충격
	교명주 파손	m ²	0.01	0.01	-	외부충격
	난간지주 탈락	개소	2.0	2.0	-	외부충격
	난간변형	m	19.5	21.0	+1.5	외부충격
	난간 연결부 체결불량	개소	6.0	7.0	+1.0	시공미흡
	난간파손	m	2.0	2.0	-	외부충격

3.2.3 신축이음장치

1) 현황

본 교량의 신축이음 구조 형식은 기존 Trnsflex Joint에서 Finger Joint로 교체 되었으며 총 5개소(A1, P4, P7, P10, A2)가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.



<사진 3.2.5> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

금회 진단시 후타재 균열, 파손, 마모 및 유간부 토사퇴적, 보호철판 유실, 차수판 미설치 등의 손상이 조사되었으며, 본체의 상태는 양호한 것으로 조사되어 신축이음 장치의 내구성을 저해할만한 손상은 조사되지 않았다.

3) 점검자 의견 및 대책

금회 진단에서 조사된 신축이음부 후타재 균열 및 마모 파손은 시공시 재료적 영향에 기인하며 중차량의 지속적인 반복하중 및 공용기간 경과에 따른 손상으로 판단되며 발생한 손상은 비구조적 손상으로 판단되며 신축이음부 A1의 우측에 차수판이 미설치되어 상부의 우수 및 유입수가 하부로 유입되어 지속적인 강재 받침 및 콘크리트면에 부식 및 열화를 발생시킬수 있으므로 차수판의 설치가 요구된다.

상부구조는 계절적 온도변화에 따라 교축방향으로의 신축과 보의 처짐에 의한 신축을 하여 신축이음장치 유간이 부족할 경우 신축이음장치 파손 및 기타 손상이 발생할 수 있으므로 현장 조사시 신축이음장치의 유간거리를 측정하여 계산 신축량과 비교·검토하였다. 여주대교의 신축이음장치의 유간 측정결과 하절기 유간은 신장시 계산 신축량 범위 이내로서 신축이음장치의 신축 여유량은 확보된 상태이나 동절기 수축시 유간 과다로 인한 손상 발생우려가 있으며 현재 공용중 유간 과다로 인한 손상은 발생치 않은 상태이므로 지속적인 점검 및 관리가 필요한 상태이다.

또한, 신축유간 토사퇴적은 교량의 거동장애 및 차량주행에 영향을 발생시킬 수 있으므로

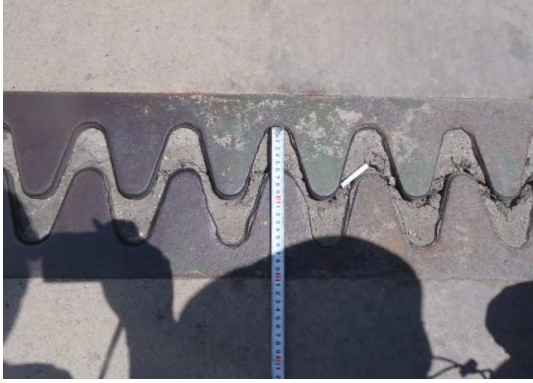
로 지속적인 청소 및 관리가 필요하다.

발생된 손상은 공용중 발생하는 일반적인 손상으로 적절한 보수를 필요로 하며 방치시 내구성 저하가 우려되므로 장기적인 관점에서 적절한 보수 및 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 3.2.5> 신축이음 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치					합계
			A1	P4	P7	P10	A2	
신축이음	유간토사 퇴적	m ²		1.65	1.65	1.65	1.65	6.6
	보호철판 유실	개소	1.0		1.0			2.0
	균열(Cw:0.3mm 미만)	m				14.4		14.4
	균열(Cw:0.3mm 이상)	m	29.5			10.0	35.8	75.3
	후타재 파손	m ²	0.5					0.5
	후타재 마모	m ²		15.4	15.4	6.4		37.2
	차수관 미설치	개소	1.0					1.0

	
A1 신축이음 후타재 파손	A1 신축이음 후타재 균열
	
P4 신축이음 후타재 마모	P10 신축이음 후타재 마모

	
A1 신축이음 유간측정	P4 신축이음 유간측정
	
P7 신축이음 유간측정	P10 신축이음 유간측정

<사진 3.2.6> 주요 점검사진

4) 신축이음 신축량 조사 및 평가

(1) 계산 신축량 산정

계산 신축량 산정 시에는 대상 교량은 준공후 18년이 경과하였기 때문에 이동량 산정시 온도변화에 의한 신축량만 고려하여 신축량을 산정하였다.

① 온도변화에 의한 신축량

- 강교 : $\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ [ΔT :온도변화, α :선팅창 계수(1.2×10^{-5}),

L :신축거더의 길이(m)]

【온도변화의 범위 및 선팅창 계수】

교량형식	온도변화의 범위(ΔT)		선팅창계수(α)
	보통지방	한냉한 지방	
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

② 총 계산 신축량 = 온도변화에 의한 신축량

위 치	온도변화에 의한 신축량 (점검시 온도 32.0℃)				기본신축량(mm)	
	온도변화(ΔT)		선팅창계수 (α)	신축장 (L)	하절기	동절기
	하절기	동절기				
A1	8.0	42.0	1.2×10^{-5}	60.0	5.8	30.2
P4	8.0	42.0	1.2×10^{-5}	120.0	11.5	60.5
P7	8.0	42.0	1.2×10^{-5}	120.0	11.5	60.5
P10	8.0	42.0	1.2×10^{-5}	120.0	11.5	60.5
A2	8.0	42.0	1.2×10^{-5}	82.0	7.9	41.3

(2) 검토결과

점검일 현재 온도변화(측정온도32.0℃)에 따른 구조물에 하절기 필요 유간거리는 확보하고 있는 것으로 측정되었으나 동절기 수축시 유간 과다로 인한 본체의 파손발생 우려가 있으므로 지속적인 점검 및 관리가 필요할 것으로 판단된다.

위 치	규격	기본신축량(mm)		실측유간 (mm)	여유량(mm)				비고
		하절기	동절기		하절기		동절기		
A1	No.100	5.8	30.2	65.0	59.2	O.K	95.2	O.K	
P4	No.160	11.5	60.5	175.0	163.5	O.K	235.0	N.G	
P7	No.160	11.5	60.5	140.0	128.5	O.K	200.5	N.G	
P10	No.160	11.5	60.5	155.0	143.5	O.K	215.5	N.G	
A2	No.100	7.9	41.3	65.0	57.1	O.K	106.3	N.G	

5) 전차용역 손상비교 검토

<표 3.2.6> 신축이음 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
신축 이음	유간토사 퇴적	m ²	6.6	6.6	-	외부유입
	보호철판 유실	개소	1.0	2.0	+1.0	시공불량
	균열(Cw:0.3mm 미만)	m	30.9	14.4	-16.5	건조수축, 온도변화
	균열(Cw:0.3mm 이상)	m	32.8	75.3	+42.5	건조수축, 온도변화
	후타재 파손	m ²	1.0	0.5	-0.5	외부충격
	후타재 마모	m ²	41.15	37.2	3.95	중차량 통행
	후타재 망상균열	m ²	6.4	-	-6.4	건조수축
	차수판 미설치	개소	1.0	1.0	-	시공불량

3.2.4 바닥판 하면

1) 현황

본 교량의 바닥판 하면은 철근콘크리트로 거더와 거더 사이에 데크플레이트가 시공되어 있는 상태이다.



<사진 3.2.7> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

외관조사 결과 바닥판 하면은 데크플레이트에 의해 육안점검이 불가능한 상태이며, 데크플레이트의 상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

켄틸레버부는 균열폭 0.2mm이하의 미세균열이 다수 발생된 상태이며 외부 우수 유입에 의한 누수흔적 및 열화로 인한 표면 변색, 경미한 백태, 재료분리, 박리, 박락 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.

3) 점검자 의견 및 대책

금회 진단에서 조사된 켄틸레버 하면의 전반적인 미세균열은 시공초기 건조수축 및 공용기간 동안 중차량의 반복적인 활하중 작용과 상부 구조의 거동 특성 등 교량의 사용환경에 의하여 발생된 것으로 판단된다.

또한, 균열부에 대한 균열깊이 측정결과 표면에서 12.1mm로 측정되어 표면 균열로 확인된바 단기적인 보수보다는 지속적인 손상부에 대한 관찰을 통해 손상의 진행유무확인 및 추가손상 발생시 일반적 보수공법을 적용하여 향후 보수시점에서 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

켄틸레버에 발생된 누수 흔적 및 열화, 표면변색의 손상은 상부 노면 유입수가 하부로 유입되어 발생된 것으로 판단되며 교량의 구조적 손상을 발생시키지는 않을 것으로 판단되므로 지속적인 점검 및 관리 후 향후 손상의 진전시 내구성 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

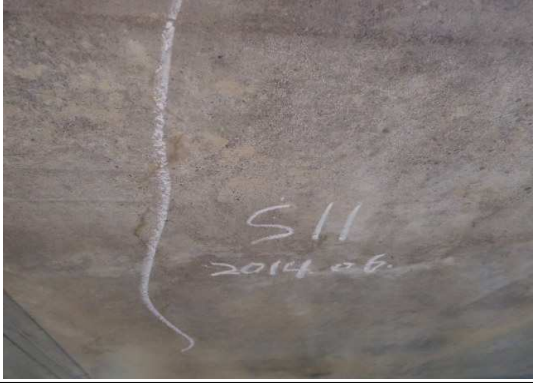
그 외 일반적인 손상인 콘크리트 박리, 박락, 재료분리는 시공시 또는 공용중 발생한 손상으로 손상의 정도가 경미함으로 현재 보수보다는 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 3.2.7> 바닥판 하면 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
바닥판 하 면	균열(Cw:0.3mm미만)	m	9.6	32.4	40.8	39.6	63.6	37.2	34.8
	균열 및 백태	m ²		0.12					0.05
	백태	m ²			0.48				
	누수흔적 및 오염	m ²		96	96	96	96	96	96
	박락	m ²							
	재료분리	m ²							
	박리	m ²							
	부식	m ²							1.0
	Notch 미시공	개소	1.0						

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
바닥판 하 면	균열(Cw:0.3mm미만)	m	111.6	116.4	34.8	40.8	120.0	34.8	716.4
	균열 및 백태	m ²				0.05			0.22
	백태	m ²							0.48
	누수흔적 및 오염	m ²	96	96	96	96	96	48	1,104
	박락	m ²	0.05						0.05
	재료분리	m ²	0.15						0.15
	박리	m ²	0.4						0.4
	부식	m ²							1.0
	Notch 미시공	개소							1.0



	
S6 캔틸레버 하면 균열	S7 캔틸레버 하면 누수흔적 및 오염
	
S7 캔틸레버 하면 균열	S7 캔틸레버 하면 균열
	
S11 캔틸레버 하면 균열	S11 캔틸레버 하면 백태

<사진 3.2.8> 주요 점검사진

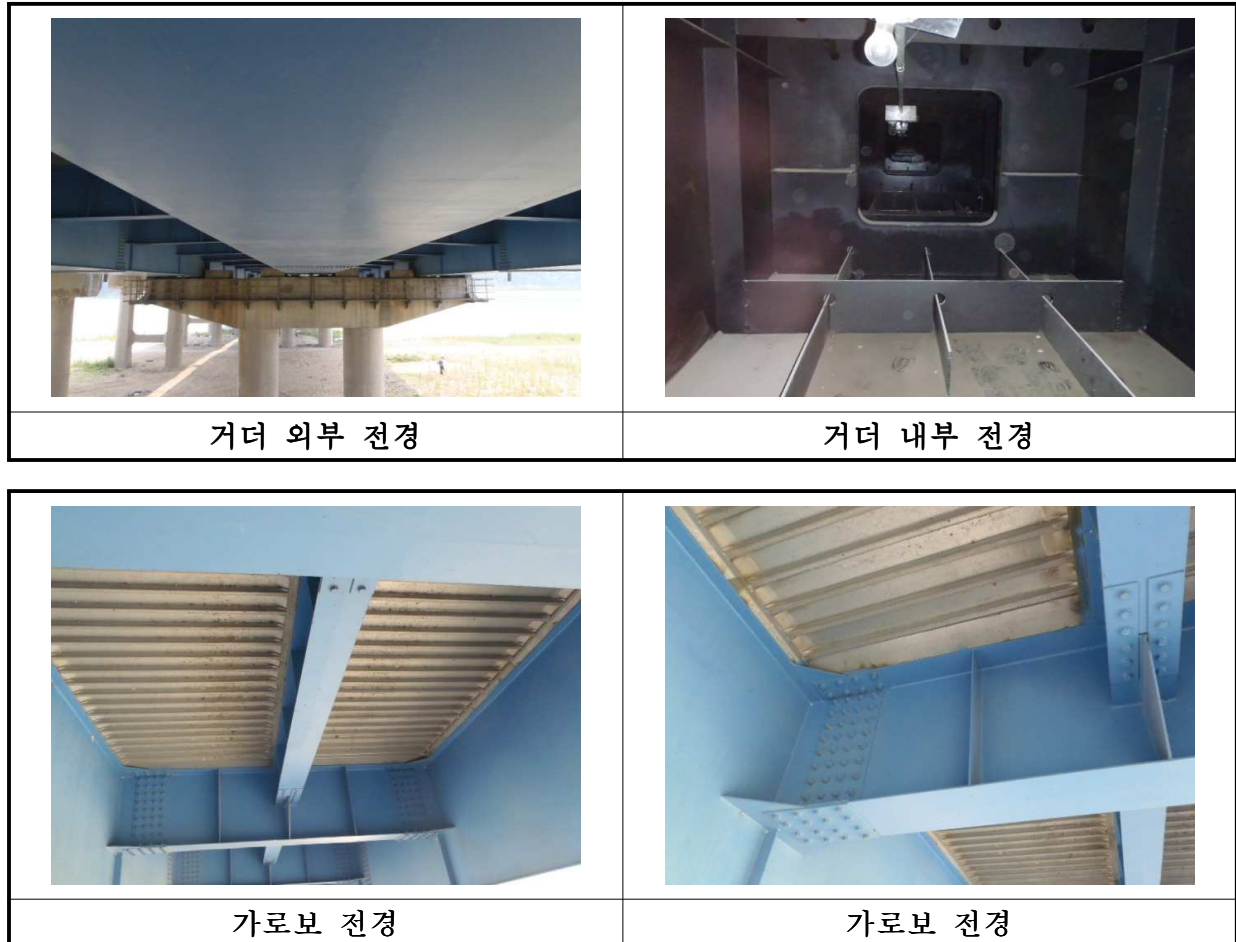
<표 3.2.8> 바닥판 하면 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
바닥판 하 면	균열(Cw:0.3mm미만)	m	716.4	716.4	-	건조수축 및 온도변화
	균열 및 백태	m ²	0.22	0.22	-	건조수축 및 우수유입
	백태	m ²	-	0.48	+0.48	외부 우수유입
	누수흔적 및 오염	m ²	1,056.0	1,104.0	+48.0	외부 우수유입
	박락	m ²	0.05	0.05	-	동결융해
	재료분리	m ²	0.15	0.15	-	다짐부족
	박리	m ²	0.4	0.4	-	동결융해
	부식	m ²	1.0	1.0	-	공용기간 경과
	Notch 미시공	개소	1.0	1.0	-	시공미흡

3.2.5 강재거더 및 2차부재

1) 현황

본 교량의 상부구조 형식은 경간장 20.0m+11@40.0m+42.0m의 Steel Box Gider교로 총 3개소의 거더와 거더와 거더사이 가로보 및 세로보로 구성되어있다.



<사진 3.2.9> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

금회 진단시에는 강재거더 및 가로보의 용접상태 및 볼트체결(Splice)의 상태, 강재변형, 거더 내외부 도장상태 등 공용중 발생될 수 있는 손상에 대해 조사를 실시하였으며 조사 결과 거더외부 및 내부의 전반적인 도장박리, 박락, 부식 및 볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.

3) 점검자 의견 및 대책

금회 진단결과, 거더 외부 및 내부, 가로보에 전반적인 도장박리 및 부식 등의 손상이 조사되었으며 손상의 원인은 시공초기 도장작업시 바탕면 처리 미흡에 따른 부착력 저하 및 공용기간 증가에 따른 것으로 판단되며, 도장 손상부에 외기 및 우수 등의 접촉에 의한 부식이 일부 발생된 것으로 판단된다.

볼트연결부에 도장박리가 일부 발생되었으며, 볼트탈락 1개소가 확인되었다. 볼트연결부는 도장박리 및 부식에 의한 단면감소는 없는 것으로 조사되었으며 볼트탈락은 시공미흡

으로 인한 것으로 판단되므로 지속적인 점검이 필요할 것으로 판단된다.

또한, 전차 점검결과 거더 내부의 용접불량 손상부 및 맞대기 용접부에 대해 강재 초음파 비파괴 시험을 실시하였으며 용접상태는 양호한 것으로 측정되었다.

강재에 도포된 도장은 부식을 방지하는 등 강재의 내구성을 향상시키기 위한 방법이므로 도장 및 강재에 발생한 손상들은 내구성 저하 방지 차원에서 도장보수를 실시해야 할 것으로 판단된다. 또한, 부분 보수보다는 전체 보수를 실시하여야 할 것으로 판단되며 도장 보수시에는 바탕면 처리에 주의하여 보수를 실시하여 도장이 들뜨지 않도록 해야 할 것이다.

거더내부는 유지관리를 점검등이 설치되어있으나 시공초기 연결누락 및 점검등의 파손 및 내부 전선 연결불량 등으로 현재 사용불가 상태인 것으로 조사되었다.

<표 3.2.9> 거더 외부 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
거 더 (외부)	부식	m ²		0.5	33.57	56.04	5.0	18.3	4.0
	도장박리	m ²	3.6	22.0	6.1	10.97	323.92	106.87	65.44
	도장불량	m ²				0.18			
	볼트부식	m ²				2.78	11.12	4.0	
	도장부식	m ²		36.0	6.0	4.11	1.32		
	볼트탈락	개소					1.0		
	도장박리 및 부식	m ²				6.0		3.5	1.5
	강재변형	m ²						0.6	1.8
	볼트체결불량	개소							
	도장박락	개소							

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
거 더 (외부)	부식	m ²	1.7	0.6		0.9			120.61
	도장박리	m ²	174.31	44.64	127.96	3.0		45.43	934.24
	도장불량	m ²							0.18
	볼트부식	m ²		0.01				0.16	18.07
	도장부식	m ²							47.43
	볼트탈락	개소							1.0
	도장박리 및 부식	m ²							11.0
	강재변형	m ²			1.0			0.5	3.9
	볼트체결불량	개소	1.0						1.0
	도장박락	개소			0.24		0.99	0.05	1.28

<표 3.2.10> 거더 내부 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
거 더 (내부)	도장박락	m ²	5.35	34.29			2.48	11.4	15.3
	도장박리	m ²	3.6	22.0	6.1	10.97	323.92	106.87	65.44
	부식	m ²	5.16	0.36	0.4	13.89	6.1	0.75	3.58
	볼트부식	m ²	0.8	0.09	1.26		0.12	0.98	0.88
	도장박리 및 부식	m ²			0.75	0.5	0.6		
	강재변형	m							
	전등깨짐	개소	2.0	1.0		2.0	4.0		
	전등갓 탈락	개소	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	1.0	
	페콘크리트 적치	m ²	1.38						
	이물질 퇴적	m ²	3.4						9.0
	용접불량	개소			1.0				
	누수흔적	m ²				3.0			
	비트면 불량	개소							

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
거 더 (내부)	도장박락	m ²	32.75		9.24	5.01	31.61	8.445	155.88
	도장박리	m ²	174.31	44.64	127.96	3.0		45.43	934.24
	부식	m ²	34.25	0.54	5.28	13.59	0.1	0.68	84.68
	볼트부식	m ²	23.6	0.16	0.81	2.34	0.37	16.21	47.62
	도장박리 및 부식	m ²							1.85
	강재변형	m	0.6	4.2	1.8	1.5			8.1
	전등깨짐	개소							9.0
	전등갓 탈락	개소	4.0	3.0	6.0	6.0	3.0	6.0	51.0
	페콘크리트 적치	m ²							1.38
	이물질 퇴적	m ²	3.0		6.25	3.0			24.65
	용접불량	개소							1.0
	누수흔적	m ²					1.92		4.92
	비트면 불량	개소			2.0				2.0

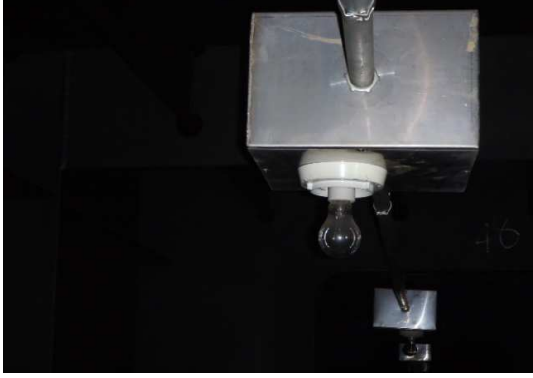
<표 3.2.11> 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
가로보	도장박락	m ²		0.34		0.44	0.38	0.77	0.21
세로보	볼트부식	m ²				1.0	2.0		4.0

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
가로보	도장박락	m ²	3.97	0.04	3.34				12.95
세로보	볼트부식	m ²	4.0			4.0			15.0

	
S1-G3 거더 외부 도장박락	S2-G2 거더 외부 도장 부식
	
S4-G3 거더 외부 도장박락	S4-G2 거더 외부 도장박락
	
S5-G2 볼트 탈락	S5-G2 거더 외부 도장박락
	
S2-G2~G3 세로보 외부 도장박락	S5-G2~G3 가로보 외부 도장박락

<사진 3.2.10> 거더 외부 및 가로보, 세로보 주요 점검사진

	
S1-G1 거더 내부 도장박락	S2-G1 거더 내부 도장 박락
	
S4-G1 거더 내부 도장박리 및 부식	S5-G2 거더 내부 도장박락
	
S6-G2 거더 내부 도장박리	S10-G3 거더 내부 부식
	
S9-G1 점검등 전등갓 탈락	내부 점검등 컨트롤 Box

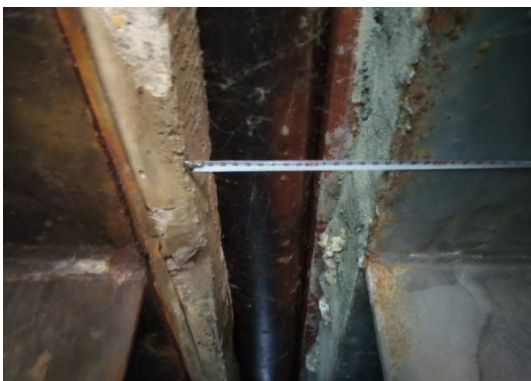
<사진 3.2.11> 거더 내부 주요 점검사진

<표 3.2.12> 거더(외부, 내부) 및 가로보 손상비교 검토

구 분	결합 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
거더 (외부)	부식	m ²	118.25	120.61	+2.36	공용기간 경과, 시공미흡
	도장박리	m ²	579.0	934.24	+355.24	공용기간 경과, 시공미흡
	도장불량	m ²	0.18	0.18	-	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트부식	m ²	18.07	18.07	-	공용기간 경과, 시공미흡
	도장부식	m ²	5.43	47.43	+42.0	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트탈락	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	도장박리 및 부식	m ²	4.0	11.0	+7.0	공용기간 경과, 시공미흡
	강재변형	m ²	3.4	3.9	+0.5	시공미흡
	볼트체결불량	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	도장박락	개소	0.94	1.28	0.34	공용기간 경과, 시공미흡
거더 (내부)	도장박락	m ²	155.38	155.88	0.5	공용기간 경과, 시공미흡
	도장박리	m ²	354.82	934.24	579.42	공용기간 경과, 시공미흡
	부식	m ²	83.48	84.68	1.2	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트부식	m ²	47.62	47.62	-	시공미흡
	도장박리 및 부식	m ²	1.85	1.85	-	공용기간 경과, 시공미흡
	강재변형	m	8.1	8.1	-	시공미흡
	전등깨짐	개소	9.0	9.0	-	외부충격
	전등갓 탈락	개소	51.0	51.0	-	외부충격
	폐콘크리트 적치	m ²	1.38	1.38	-	시공미흡, 정리부족
	이물질 퇴적	m ²	24.65	24.65	-	시공미흡, 정리부족
	용접불량	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	누수흔적	m ²	4.92	4.92	-	우수유입
	비트면 불량	개소	2.0	2.0	-	시공미흡
가로보	도장박락	m ²	1.19	12.95	+11.76	공용기간 경과, 시공미흡
세로보	볼트부식	m ²	15.0	15.0	-	공용기간 경과, 시공미흡

4) 바닥판 하면 및 신축이음부 거더 유간 측정

공용중인 교량의 신축이음부 하부 및 교대 홍벽과 거더 단부의 밀착으로 인한 손상이 발생되지 않도록 지속적인 점검 및 관찰이 필요하며 여주대교의 신축이음부 하부 및 교대홍벽과 강재거더의 유간은 확보된 것으로 조사되었다.

	
A1 바닥판 하부 유간측정	A1 거더 유간측정
	
P4 바닥판 하부 유간측정	P4 거더 유간측정
	
P7 바닥판 하부 유간측정	P7 거더 유간측정

<사진 3.2.12> 바닥판 하부 및 거더 유간 측정

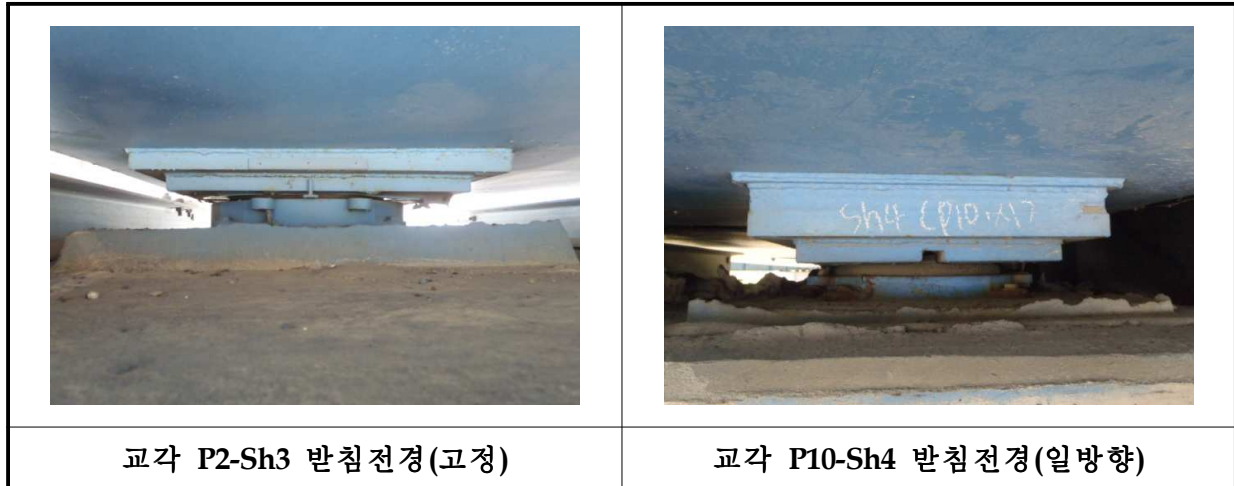
<표 3.2.13> 바닥판 하부 및 거더 유간 측정 결과

구 분		A1	P4	P7	P10	A2
유간측정 결과 (mm)	바닥판 하부	75.0	200.0	165.0	190.0	70.0
	거더 유간	90.0	160.0	200.0	200.0	75.0

3.2.6 교량받침

1) 현황

본 교량의 교량받침은 POT받침(고정단 8개소, 일방향 42개소, 양방향 52개소)으로 총 102개소로 시공되어 있는 상태이다.



<사진 3.2.13> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

금회 진단시 받침장치의 가동상태 및 연단거리 측정, 받침본체의 손상 및 받침물탈의 균열 및 파손 등의 손상을 중점적으로 조사하였으며 교량받침에 구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 받침물탈 균열 및 받침본체 플레이트에 경미한 도장박락 및 부식이 조사되었다

3) 점검자 의견 및 대책

받침물탈 균열은 물탈 타설시 수화열에 의해 하부플레이트가 팽창하게 되며, 건조수축시 하부플레이트와의 열팽창계수 차이로 인하여 발생하는 마찰력에 의해 균열로 시공시 온도적·재료적 영향에 기인한 비구조적 건조수축 균열로 일반적인 콘크리트 구조물에서 나타날 수 있는 손상으로 현재 보수보다는 지속적인 관찰을 통해 관리하는 것이 바람직하다.

또한, 받침의 연단거리 측정결과 지점부는 설계기준 이상으로 측정되었으며, 신축이음부에서 전반적으로 20.0mm~90.0mm의 연단거리 부족이 조사되었으나 교량 받침의 가동기능 및 받침장치 주변의 변형 및 파손과 같은 구조적 손상은 발생되지 않은 것으로 확인되어 연단거리 부족에 의한 영향은 없는 것으로 판단되며 일반적 손상에 대한 지속적인 관리 및 점검을 통해 교량받침의 내구성을 향시 유지시켜야 할 것으로 판단된다.

또한, 받침의 이동량측정을 실시하여야 하나 받침 주변 점검로 설치시 브라켓 및 낙교 방지 시설의 설치로 인해 육안 점검이 불가능 하여 연단거리만을 측정 평가 하였으며 받침 주변 조사결과 받침 가동에 따른 문제점은 없는 것으로 조사되었다.

<표 3.2.14> 교량받침 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6
교량 받침	플레이트 부식	개소		6.0	6.0	4.0	12.0		
	물탈균열(0.3mm 미만)	m							

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치							합계
			P7	P8	P9	P10	P11	P12	A2	
교량	플레이트 부식	개소	12.0		6.0	6.0				52.0
받침	물탈균열(0.3mm 미만)	m		0.8						0.8

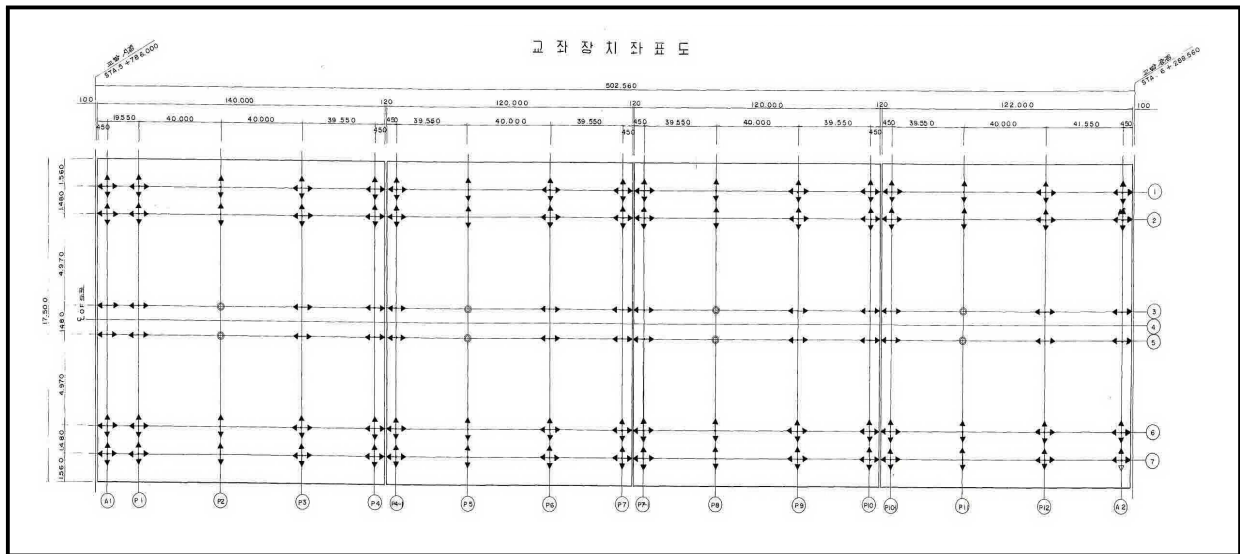
	
받침주변 낙교방지 시설 설치	P2-SH2 플레이트 부식
	
P4-SH4 플레이트 부식	P7-SH3 플레이트 부식

<사진 3.2.14> 주요 점검사진

<표 3.2.15> 받침장치 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
받침	플레이트 부식	m ²	46.0	52.0	+6.0	외부 우수유입
장치	물탈균열(0.3mm 미만)	m ²	0.8	0.8	-	건조수축, 온도변화

5) 교량받침의 연단거리 조사 및 평가



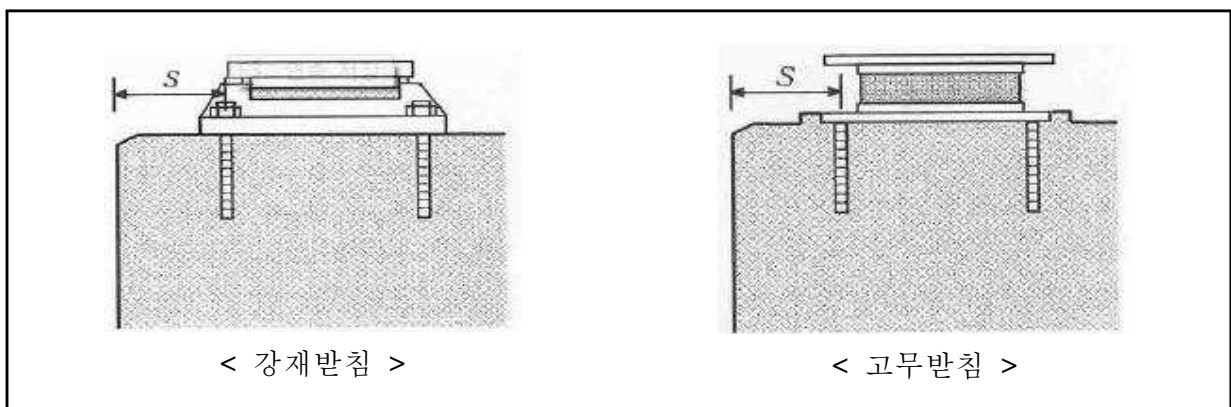
<그림 3.2.1> 교량 받침배치도

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 짧으면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 받침이 파손되는 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 주형이 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 받침 연단과 하부구조 정부(頂部)연단 사이의 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다. 교량의 받침 부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

■ 거더의 경간길이 100m이하 : $S = 200 + 5L$ (도로교설계기준)

■ 거더의 경간길이 100m이상 : $S = 300 + 4L$ (도로교설계기준)

여기서, S : 받침연단거리(cm), L : 거더의 경간길이(m)



<그림 3.2.2> 교량 받침의 연단거리 측정방법

	
교각 P4-Sh3 연단거리 측정	교각 P7-Sh4 연단거리 측정

<사진 3.2.15> 교량 받침의 연단거리 측정

<표 3.2.16> 연단거리 측정결과

부 재		실측최소연단거리(mm)	계산연단거리(mm)	평 가
A1	중점측	490.0	$200+5 \times 20.0 = 300.0$	계산 연단거리 상회
P1	시점측	810.0		계산 연단거리 상회
	중점측	820.0		계산 연단거리 상회
P2	시점측	760.0		계산 연단거리 상회
	중점측	810.0		계산 연단거리 상회
P3	시점측	790.0		계산 연단거리 상회
	중점측	800.0		계산 연단거리 상회
P4	시점측	380.0		계산 연단거리 미흡
	중점측	350.0		계산 연단거리 미흡
P5	시점측	790.0		계산 연단거리 상회
	중점측	810.0		계산 연단거리 상회
P6	시점측	820.0	$200+5 \times 40.0 = 400.0$	계산 연단거리 상회
	중점측	770.0		계산 연단거리 상회
P7	시점측	310.0		계산 연단거리 미흡
	중점측	340.0		계산 연단거리 미흡
P8	시점측	770.0		계산 연단거리 상회
	중점측	800.0		계산 연단거리 상회
P9	시점측	770.0		계산 연단거리 상회
	중점측	810.0		계산 연단거리 상회
P10	시점측	360.0		계산 연단거리 미흡
	중점측	380.0		계산 연단거리 미흡
P11	시점측	750.0		계산 연단거리 상회
	중점측	770.0		계산 연단거리 상회
P12	시점측	810.0	$200+5 \times 42.0 = 410.0$	계산 연단거리 상회
	중점측	790.0		계산 연단거리 상회
A2	시점측	340.0		계산 연단거리 미흡

3.2.7 교대 및 교각

1) 현황

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 매우 중요한 역할을 수행하는 구조이다.

교량의 점검시 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다.

본 교량의 교대 형식은 역T형식이며, 교각은 T형식으로 시공되어있다.



<사진 3.2.16> 주요 현황사진

2) 외관조사 결과

금회 외관조사 결과, 균열(0.2mm~0.3mm) 및 망상균열, 누수흔적 및 열화, 경미한 박리, 박락, 교대 철근노출 등의 일반적인 콘크리트 구조물에 발생하는 손상이 일부 조사되었으며, 손상의 정도는 경미한 것으로 평가되어 여주대교의 교대 및 교각은 전반적으로 양호한 것으로 평가되었다.

3) 점검자 의견 및 대책

교대, 교각에 발생된 균열들은 콘크리트 수화열 및 시공초기 건조수축 등에 의해 발생된 비구조적인 균열들로서 폭 0.2mm 균열은 표면처리, 폭 0.3mm 균열은 주입보수를 실시하며, 콘크리트 파손 및 박리 등의 경미한 손상은 현재 보수보다는 지속적으로 주의관찰이 필요 할 것으로 판단된다.

교대 및 교각의 표면 누수흔적 및 열화부는 신축이음부에서 우수의 유입에 의한 것으로 향후 교량의 미관성 및 내구성 확보차원의 보수가 시행되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 교대 A1에 조사된 파손 및 철근노출부는 기존 신축이음 교체시 시공미흡에 의한 것으로 판단되며 향후 교량에 대한 보수시 관리감독에 신경을 써야 할 것으로 사료되며 A1 및 A2 교좌면에 퇴적된 토사 및 폐콘크리트의 경우 교량의 가동에 영향을 미칠 수 있으며, 미관성 등을 제고하여 정비를 실시해야 할 것으로 판단된다.

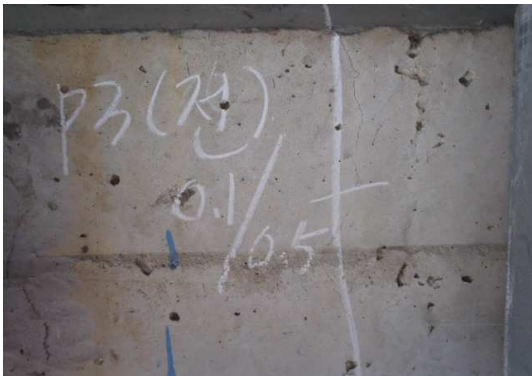
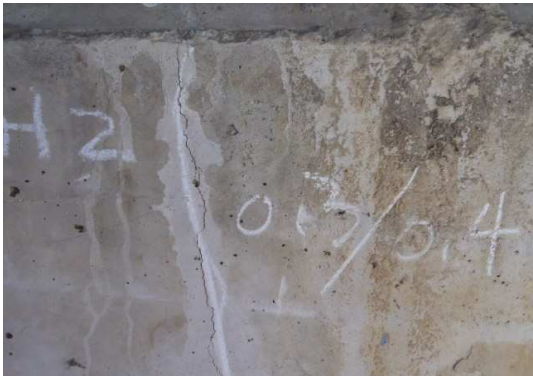
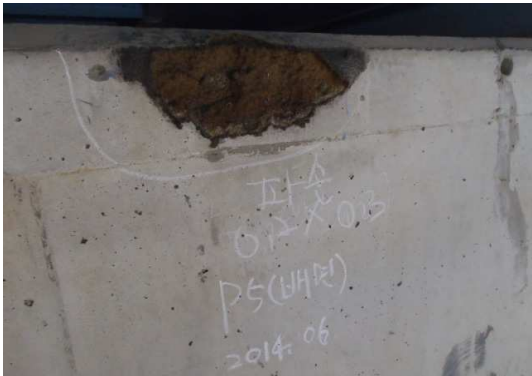
<표 3.2.17> 교대 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치		합계
			A1	A2	
교대	균열(0.3mm미만)	m		8.3	8.3
	누수흔적 및 열화	m ²	40.0		40.0
	박락	m ²		0.25	0.25
	보수부 재균열	m		1.2	1.2
	철근노출	m ²	0.24	1.25	1.49
	들뜸	m ²		0.24	0.24
	보호블럭 유실, 파손	m ²	12.0		12.0
	이물질 퇴적	m ²	0.5	11.85	12.35
	페콘크리트 적치	m ²		0.24	0.24

<표 3.2.18> 교각 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치					
			P1	P2	P3	P4	P5	P6
교각	균열(0.3mm미만)	m	5.2	3.9	10.6	3.8	6.4	10.2
	균열(0.3mm이상)	m			2.3	0.4	4.4	1.7
	보수부 들뜸	m ²	0.04					
	망상균열	m ²	4.5		0.7	3.0		1.48
	박락	m ²				1.25		
	파손	m ²				1.0	0.07	
	박리	m ²					0.01	
	재료분리	m ²						
	보수불량	m ²						
	도장박락	m ²						
	백태	m ²				0.75		
	누수흔적 및 열화	m ²				13.5		

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			P7	P8	P9	P10	P11	P12	
교각	균열(0.3mm미만)	m	4.8	14.2	8.5	6.9	8.2	3.5	86.2
	균열(0.3mm이상)	m		2.9	3.6		1.2		16.5
	보수부 들뜸	m ²							0.04
	망상균열	m ²						45.0	54.68
	박락	m ²							1.25
	파손	m ²			0.02	0.04	0.09		1.22
	박리	m ²							0.01
	재료분리	m ²	1.0						1.0
	보수불량	m ²	0.24						0.24
	도장박락	m ²		0.84					0.84
	백태	m ²	0.09			1.2			2.04
	누수흔적 및 열화	m ²							13.5

	
교대 A1 흙벽 파손 및 철근노출	교대 A2 흙벽 균열 및 백태
	
교대 A2 박락 및 철근노출	교각 P3 균열
	
교각 P4 균열	교각 P5 콘크리트 파손
	
교각 P7 백태	교각 P12 균열

<사진 3.2.17> 주요 점검사진

<표 3.2.19> 교대 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
교대	균열(0.3mm 미만)	m	3.3	8.3	+5.0	건조수축, 온도변화
	누수흔적 및 열화	m ²	-	40.0	+40.0	외부 우수 유입
	박락	m ²	-	0.25	+0.25	외부충격
	보수부 재균열	m	1.2	1.2	-	보수미흡
	철근노출	m ²	1.49	1.49	-	시공미흡
	들뜸	m ²	0.24	0.24	-	시공미흡
	보호블럭 유실, 파손	m ²	10.0	12.0	-	우수유입
	이물질 퇴적	m ²	12.35	12.35	-	현장정리 미흡
	페콘크리트 적치	m ²	0.24	0.24	-	현장정리 미흡

<표 3.2.20> 교각 손상비교 검토

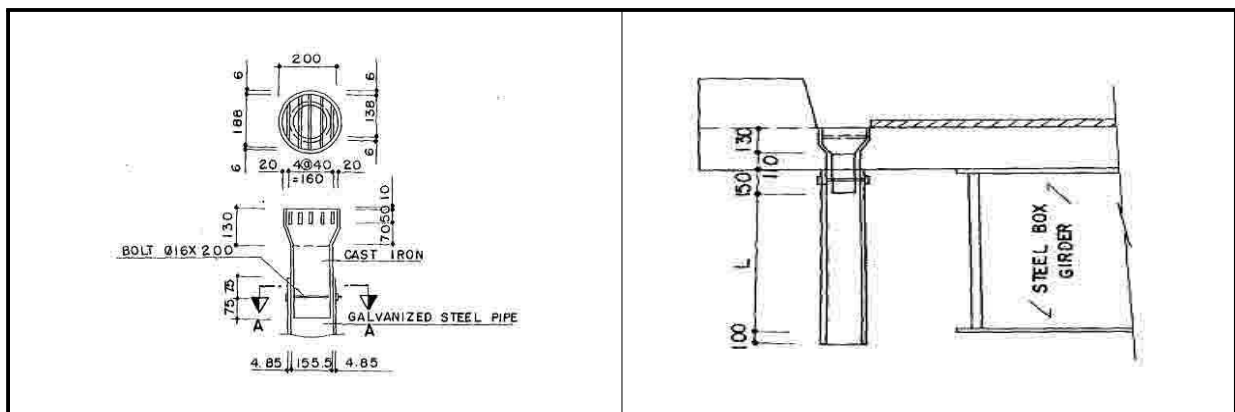
구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
교각	균열(0.3mm 미만)	m	65.5	86.2	+20.7	건조수축, 온도변화
	균열(0.3mm 이상)	m	16.1	16.5	+0.4	건조수축, 온도변화
	보수부 들뜸	m ²	0.04	0.04	-	시공미흡
	망상균열	m ²	32.88	54.68	+21.8	건조수축, 온도변화
	박락	m ²	1.25	1.25	-	외부충격
	파손	m ²	0.37	1.22	+0.85	외부충격
	박리	m ²	5.83	0.01	-5.82	외부충격
	재료분리	m ²	1.0	1.0	-	시공미흡, 다짐불량
	보수불량	m ²	0.24	0.24	-	보수미흡
	도장박락	m ²	0.84	0.84	-	도장불량
	백태	m ²	0.02	2.04	+2.02	우수유입
	누수흔적 및 열화	m ²	-	13.5	+13.5	우수유입

3.2.8 배수시설

1) 현황

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설물로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요원인을 제공하게 된다.

여주대교의 배수시설은 규격 $D=200.0\text{mm}/L=2.0\text{m}$ 로 총 100개소가 시공되어 있다.



<사진 3.2.18> 주요 현황사진 및 상세도

2) 외관조사 및 점검자 의견

본 교량은 현재 배수시설은 배수구 막힘 2개소, 그레이팅 유실 1개소, 배수관 파손 1개소, 배수관 탈락 1개소의 손상이 조사되었으며 전반적으로는 양호한 상태이다.

발생된 손상은 보수 및 청소를 실시하여 교량 상부의 원활한 배수가 되도록 하여야 하며 차량이 운행하면서 갓길 주변으로 토사가 집중되어 배수구 막힘이 발생하게 되므로 정기적인 청소가 필요하다.

<표 3.2.21> 배수시설 외관조사 결과

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
배수 시설	배수구 막힘	개소	1.0						1.0
	그레이팅 유실	개소							
	배수관 파손	개소							
	배수관 탈락	개소							

구 분	결함 및 손상내용	단위	위 치						합계
			S8	S9	S10	S11	S12	S13	
배수 시설	배수구 막힘	개소							2.0
	그레이팅 유실	개소			1.0				1.0
	배수관 파손	개소						1.0	1.0
	배수관 탈락	개소			1.0				1.0



<표 3.2.19> 주요 점검사진

<표 3.2.22> 배수시설 손상비교 검토

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
배수 시설	배수구 막힘	개소	10.0	2.0	-8.0	토사 및 이물질 적체
	그레이팅 유실	개소	27.0	1.0	-26.0	공용중 망실
	배수관 파손	개소	1.0	1.0	-	외부충격
	배수관 탈락	개소	1.0	1.0	-	외부충격

3.3 외관조사 결과

3.3.1 전차 점검결과 비교 · 검토

구 분	결합 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
교면 포장	아스콘 패임	m ²	5.0	5.0	-	중차량 통행
	포트홀	m ²	0.18	0.34	+0.16	공용기간 경과
	포장파손	m ²	0.2	0.25	+0.05	공용기간 경과
난간 연석	균열(Cw:0.3mm 미만)	m	50.4	50.4	-	건조수축, 온도변화
	균열(Cw:0.3mm 이상)	m	16.8	16.8	-	건조수축, 온도변화
	박리	m ²	0.25	48.25	+48.0	공용기간 경과
	접속부 파손	m ²	0.2	0.2	-	외부충격
	교명주 파손	m ²	0.01	0.01	-	외부충격
	난간지주 탈락	개소	2.0	2.0	-	외부충격
	난간변형	m	19.5	21.0	+1.5	외부충격
	난간 연결부 체결볼량	개소	6.0	7.0	+1.0	시공미흡
	난간파손	m	2.0	2.0	-	외부충격
신축 이음	유간토사 퇴적	m ²	6.6	6.6	-	외부유입
	보호철판 유실	개소	1.0	2.0	+1.0	시공불량
	균열(Cw:0.3mm 미만)	m	30.9	14.4	-16.5	건조수축, 온도변화
	균열(Cw:0.3mm 이상)	m	32.8	75.3	+42.5	건조수축, 온도변화
	후타재 파손	m ²	1.0	0.5	-0.5	외부충격
	후타재 마모	m ²	41.15	37.2	3.95	중차량 통행
	후타재 망상균열	m ²	6.4	-	-6.4	건조수축
	차수판 미설치	개소	1.0	1.0	-	시공불량
바닥판 하 면	균열(Cw:0.3mm 미만)	m	716.4	716.4	-	건조수축 및 온도변화
	균열 및 백태	m ²	0.22	0.22	-	건조수축 및 우수유입
	백태	m ²	-	0.48	+0.48	외부 우수유입
	누수흔적 및 오염	m ²	1,056.0	1,104.0	+48.0	외부 우수유입
	박락	m ²	0.05	0.05	-	동결융해
	재료분리	m ²	0.15	0.15	-	다짐부족
	박리	m ²	0.4	0.4	-	동결융해
	부식	m ²	1.0	1.0	-	공용기간 경과
	Notch 미시공	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
거 더 (외부)	부식	m ²	118.25	120.61	+2.36	공용기간 경과, 시공미흡
	도장박리	m ²	579.0	934.24	+355.24	공용기간 경과, 시공미흡
	도장불량	m ²	0.18	0.18	-	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트부식	m ²	18.07	18.07	-	공용기간 경과, 시공미흡
	도장부식	m ²	5.43	47.43	+42.0	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트탈락	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	도장박리 및 부식	m ²	4.0	11.0	+7.0	공용기간 경과, 시공미흡
	강재변형	m ²	3.4	3.9	+0.5	시공미흡
	볼트체결볼량	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	도장박락	개소	0.94	1.28	0.34	공용기간 경과, 시공미흡

구 분	결함 및 손상내용	단위	2013년 정밀점검	2014년 정밀안전진단	비교	손상원인
거 더 (내부)	도장박락	m ²	155.38	155.88	0.5	공용기간 경과, 시공미흡
	도장박리	m ²	354.82	934.24	579.42	공용기간 경과, 시공미흡
	부식	m ²	83.48	84.68	1.2	공용기간 경과, 시공미흡
	볼트부식	m ²	47.62	47.62	-	시공미흡
	도장박리 및 부식	m ²	1.85	1.85	-	공용기간 경과, 시공미흡
	강재변형	m	8.1	8.1	-	시공미흡
	전등깨짐	개소	9.0	9.0	-	외부충격
	전등갓 탈락	개소	51.0	51.0	-	외부충격
	폐콘크리트 적치	m ²	1.38	1.38	-	시공미흡, 정리부족
	이물질 퇴적	m ²	24.65	24.65	-	시공미흡, 정리부족
	용접불량	개소	1.0	1.0	-	시공미흡
	누수흔적	m ²	4.92	4.92	-	우수유입
	비트면 불량	개소	2.0	2.0	-	시공미흡
가로보	도장박락	m ²	1.19	12.95	+11.76	공용기간 경과, 시공미흡
세로보	볼트부식	m ²	15.0	15.0	-	공용기간 경과, 시공미흡
받침	플레이트 부식	m ²	46.0	52.0	+6.0	외부 우수유입
장치	물탈균열(0.3mm 미만)	m ²	0.8	0.8	-	건조수축, 온도변화
교대	균열(0.3mm 미만)	m	3.3	8.3	+5.0	건조수축, 온도변화
	누수흔적 및 열화	m ²	-	40.0	+40.0	외부 우수 유입
	박락	m ²	-	0.25	+0.25	외부충격
	보수부 재균열	m	1.2	1.2	-	보수미흡
	철근노출	m ²	1.49	1.49	-	시공미흡
	들뜸	m ²	0.24	0.24	-	시공미흡
	보호블럭 유실, 파손	m ²	10.0	12.0	-	우수유입
	이물질 퇴적	m ²	12.35	12.35	-	현장정리 미흡
	폐콘크리트 적치	m ²	0.24	0.24	-	현장정리 미흡
교각	균열(0.3mm 미만)	m	65.5	86.2	+20.7	건조수축, 온도변화
	균열(0.3mm 이상)	m	16.1	16.5	+0.4	건조수축, 온도변화
	보수부 들뜸	m ²	0.04	0.04	-	시공미흡
	망상균열	m ²	32.88	54.68	+21.8	건조수축, 온도변화
	박락	m ²	1.25	1.25	-	외부충격
	파손	m ²	0.37	1.22	+0.85	외부충격
	박리	m ²	5.83	0.01	-5.82	외부충격
	재료분리	m ²	1.0	1.0	-	시공미흡, 다짐불량
	보수불량	m ²	0.24	0.24	-	보수미흡
	도장박락	m ²	0.84	0.84	-	도장불량
	백태	m ²	0.02	2.04	+2.02	우수유입
	누수흔적 및 열화	m ²	-	13.5	+13.5	우수유입
배수 시설	배수구 막힘	개소	10.0	2.0	-8.0	토사 및 이물질 적체
	그레이팅 유실	개소	27.0	1.0	-26.0	공용중 망실
	배수관 파손	개소	1.0	1.0	-	외부충격
	배수관 탈락	개소	1.0	1.0	-	외부충격

3.3.2 외관조사 결과

여주대교의 외관조사 결과, 포장면 아스콘 마모, 강재난간 파손 및 탈락, 콘크리트 연석 균열 및 경미한 표면박리, 신축이음부 후타재 균열 및 마모, 바닥판 하면 켄틸레버 부 전반적 균열 및 누수흔적, 강재거더 외부 및 내부 전반적인 도장박리 및 부식, 하부 구조 균열 및 국부적인 박락, 교량받침 플레이트 부식 등의 손상이 조사되었으며, 발생한 손상은 교량의 안전성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 교량의 사용성 및 내구성 차원의 보수가 일부 필요한 것으로 판단된다.

강재거더 외부 및 내부에 전반적인 도장박리 및 부식이 진행중이므로 부분적인 보수보다는 전반적 재도장이 필요할 것으로 판단되며, 포장면은 공용기간 경과에 따른 라벨링 현상이 발생되고 있으므로 주의관찰이 요구된다.

강재난간은 차량 충돌시 인명피해방지 목적이 있으며 현재 손상부위에 추가 손상이 발생시 난간의 역할을 기대할 수 없으므로 파손 및 기타 손상부위는 교체를 실시하여 안전사고 예방에 최선을 다하여야 할 것으로 판단된다.

전차 점검결과와 비교시 손상의 진전유무 확인 결과 거더 외부 및 내부의 손상이 진행중인 것으로 확인 되었으며 그 외 의 추가된 손상은 신규 손상이 아닌 전차 점검시 누락부분인 것으로 확인되었다. 또한 전차 점검결과에 따른 부분보수가 시행된 것으로 확인되었으며 외관조사에 의한 상태등급결과 B등급(상태평가 지수 0.258)으로 평가되었다.

제4장 내구성 시험

4.1 콘크리트 비파괴시험

4.2 강재 비파괴시험

4.3 내구성 시험 결과

제4장 내구성 시험

4.1 콘크리트 비파괴시험

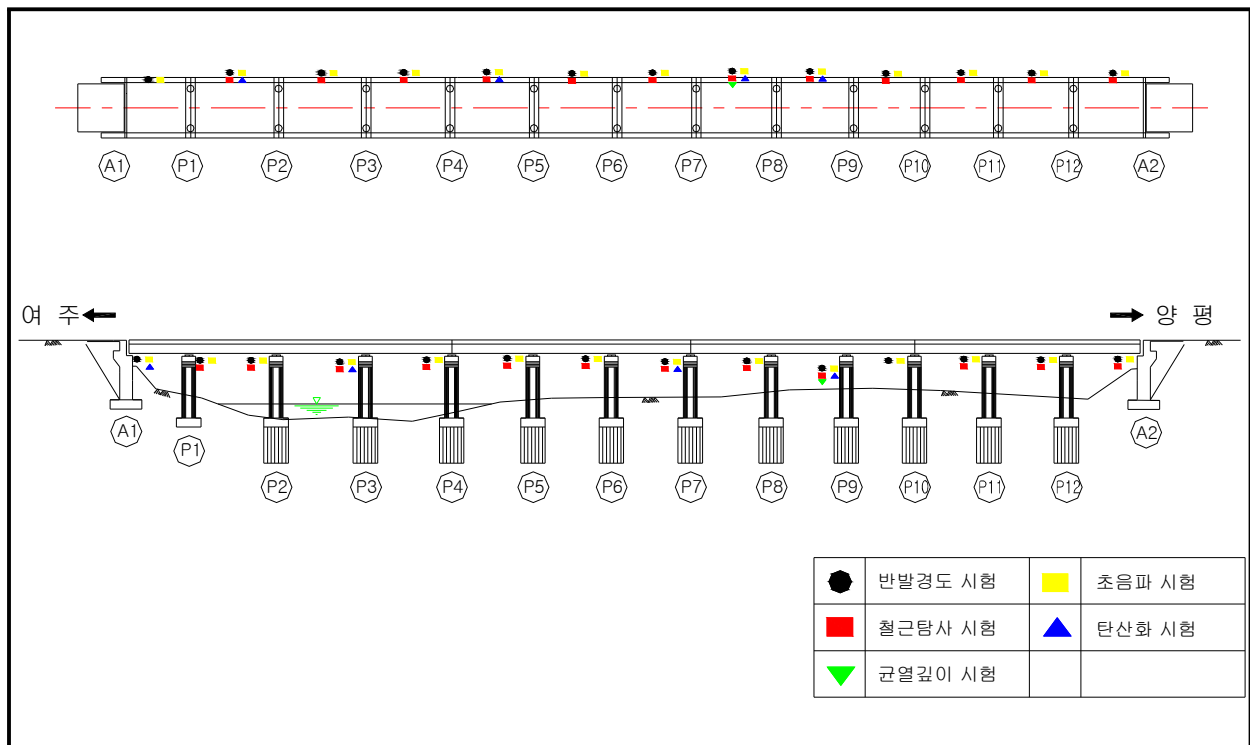
4.1.1 시험 현황 및 위치

가. 시험현황

콘크리트 재료의 품질상태를 파악하고 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 수행하였다. 콘크리트 강도는 반발경도시험과 초음파 탐상시험을 수행하여 콘크리트의 비파괴 강도를 추정하였으며, 철근배근상태, 탄산화정도를 측정키 위한 시험을 실시하였다.

<표 4.1.1> 부재별 콘크리트 비파괴시험 부위 총괄표

시험종류 부 재		반발경도시험		탄산화 시험		철근탐사시험		초음파속도법		균열깊이시험	
		시험	기준	시험	기준	시험	기준	시험	기준	시험	기준
상부구조	슬래브	13	11	3	6~9	12	11	13	11	1	책임 기술자 판단
하부구조	교 대	2	11	1		1	11	2	11	-	
	교 각	12		2		11		12		1	
합계		27	22	6	6~9	24	22	27	22	2	



<그림 4.1.1> 비파괴 시험 위치도

4.1.2 시험 결과

가. 압축강도

본 과업에서 콘크리트 강도를 평가하기 위하여 반발경도법, 초음파 속도법 및 조합법 등의 분석 결과를 비교하였다.

반발경도는 콘크리트 표면이 양호한 부위를 선정하여 표면 요철, 부착물 등의 오물을 제거하고 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등을 보정하여 측정하였다.

현장에서 반발경도법과 초음파속도법에 의해 동일한 위치에서 각각 측정한 비파괴 강도시험 측정값을 고려하여 비파괴강도를 추정하였다.

위치별 세부적인 시험결과는 부록에 수록하였다.

<표 4.1.2> 부재별 비파괴 강도

(단위 : MPa)

시험 위치		반발경도 시험	초음파 강도	조합법	설계기준 강도	판정
상부 구조	1경간	27.1	33.7	40.0	27.0	O.K
	2경간	27.7	32.1	39.3	27.0	O.K
	3경간	27.8	31.1	38.3	27.0	O.K
	4경간	28.0	30.3	31.8	27.0	O.K
	5경간	28.5	29.9	38.1	27.0	O.K
	6경간	28.8	31.5	40.1	27.0	O.K
	7경간	28.8	32.0	40.5	27.0	O.K
	8경간	29.0	30.9	39.8	27.0	O.K
	9경간	28.8	30.5	39.0	27.0	O.K
	10경간	29.2	30.7	39.8	27.0	O.K
	11경간	28.9	33.6	42.3	27.0	O.K
	12경간	28.0	32.9	40.5	27.0	O.K
	13경간	28.6	28.4	36.8	27.0	O.K
하부 구조	A1 구체	24.9	26.8	30.6	21.0	O.K
	P1 코핑부	25.4	24.9	29.6	21.0	O.K
	P2 코핑부	24.7	25.6	29.4	21.0	O.K
	P3 코핑부	25.3	28.7	32.8	21.0	O.K
	P4 코핑부	26.0	26.5	31.7	21.0	O.K
	P5 코핑부	25.9	28.5	33.4	21.0	O.K
	P6 코핑부	26.8	26.6	32.8	21.0	O.K
	P7 코핑부	27.7	27.1	34.3	21.0	O.K
	P8 코핑부	27.5	29.6	36.4	21.0	O.K
	P9 코핑부	26.4	29.4	35.0	21.0	O.K
	P10 코핑부	26.4	29.8	34.9	21.0	O.K
	P11 코핑부	25.3	29.0	33.1	21.0	O.K
	P12 코핑부	24.7	27.6	31.2	21.0	O.K
	A2 구체	26.0	28.5	33.5	21.0	O.K



<사진 4.1.1> 반발경도 및 초음파 시험

따라서, <표 4.1.2>에서 부재별 추정강도를 요약하면 다음과 같다.

상부구조 반발경도는 27.1~29.2Mpa, 초음파강도는 28.4~33.7Mpa, 조합법은 31.8~42.3Mpa로 계산되었으며, 하부구조 반발경도는 24.7~27.7Mpa, 초음파강도는 24.9~29.8Mpa, 조합법은 29.4~36.4Mpa로 계산되어 설계기준강도(상부:27.0Mpa, 하부:21.0Mpa)를 상회하여 콘크리트강도상의 문제는 없는 것으로 평가되었다. (반발경도는 일본재료학회, 일본건축학회, 동경도 재료검사소, 3가지 식중 2가지 식을 사용하여 평균을 사용하였고, 조합법은 릴럼식을 이용하였다.)

<표 4.1.3> 비파괴 강도 비교(반발경도)

(단위 : MPa)

구분	'09년 정밀안전진단	'13년 정밀점검	'14년 정밀안전진단	설계 기준강도
상부 구조	32.0~33.0	27.01~42.99	27.1~29.2	27.0
하부 구조	25.0~28.0	23.86~34.27	24.7~27.7	21.0

<표 4.1.3>와 같이 비파괴 강도를 측정한 결과, 기준보고서(09년 정밀안전진단, 13년 정밀점검보고서)의 평균강도와 대체로 유사한 수준으로 나타났으며 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정되어, 강도저하 등의 문제는 없는 것으로 판단된다.

나. 철근탐사시험

철근탐사시험은 설계도면과 콘크리트 내에 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-RADER를 이용(전자파 레이더법)하여 각 구조부재에 대하여 시험을 수행하였고, 그 결과는 <표 4.1.4>와 같으며, 시험측정은 <사진 4.1.2>와 같다.

<표 4.1.4> 철근탐사 결과

(단위 : mm)

■ 상부구조

시험 위치	철 근	배근간격		피복두께		비 고
		설계치	실측값	설계치	실측값	
2경간 슬래브 하면	주철근	150.0	160.0	50	47.5	
	배력철근	300.0	312.5		52.8	
3경간 슬래브 하면	주철근	150.0	145.0	50	53.7	
	배력철근	300.0	290.0		55.4	
4경간 슬래브 하면	주철근	150.0	145.5	50	42.6	
	배력철근	300.0	305.0		55.4	
5경간 슬래브 하면	주철근	150.0	150.0	50	44.6	
	배력철근	300.0	310.0		53.4	
6경간 슬래브 하면	주철근	150.0	140.0	50	55.9	
	배력철근	300.0	295.0		52.4	
7경간 슬래브 하면	주철근	150.0	165.0	50	47.1	
	배력철근	300.0	315.0		55.8	
8경간 슬래브 하면	주철근	150.0	140.0	50	45.5	
	배력철근	300.0	315.0		56.2	
9경간 슬래브 하면	주철근	150.0	155.0	50	47.7	
	배력철근	300.0	320.0		55.0	
10경간 슬래브 하면	주철근	150.0	145.8	50	52.7	
	배력철근	300.0	318.0		60.5	
11경간 슬래브 하면	주철근	150.0	152.0	50	58.4	
	배력철근	300.0	315.0		53.6	
12경간 슬래브 하면	주철근	150.0	140.5	50	54.8	
	배력철근	300.0	295.5		48.6	
13경간 슬래브 하면	주철근	150.0	140.0	50	49.5	
	배력철근	300.0	315.0		60.5	

■ 하부구조

시험 위치	철근	배근간격		피복두께		비고
		설계치	실측값	설계치	실측값	
교각 P1 코핑	수직철근	300.0	305.0	100.0	80.5	
	수평철근	400.0	410.5		92.4	
교각 P2 코핑	수직철근	300.0	290.0	100.0	87.5	
	수평철근	400.0	405.0		80.4	
교각 P3 코핑	수직철근	300.0	310.0	100.0	105.2	
	수평철근	400.0	390.5		90.5	
교각 P4 코핑	수직철근	300.0	315.0	100.0	92.5	
	수평철근	400.0	410.0		105.8	
교각 P5 코핑	수직철근	300.0	290.0	100.0	110.0	
	수평철근	400.0	385.0		90.6	
교각 P6 코핑	수직철근	300.0	310.0	100.0	94.2	
	수평철근	400.0	410.0		89.5	
교각 P7 코핑	수직철근	300.0	295.0	100.0	78.5	
	수평철근	400.0	385.0		92.4	
교각 P8 코핑	수직철근	300.0	320.0	100.0	101.2	
	수평철근	400.0	385.0		99.4	
교각 P9 코핑	수직철근	300.0	315.0	100.0	85.4	
	수평철근	400.0	410.0		102.5	
교각 P11 코핑	수직철근	300.0	295.0	100.0	86.4	
	수평철근	400.0	390.0		93.6	
교각 P12 코핑	수직철근	300.0	310.0	100.0	101.4	
	수평철근	400.0	380.0		85.6	
교대 A2	수직철근	250.0	245.0	100.0	96.8	
	수평철근	300.0	315.0		91.5	

	
철근탐사시험(상부구조)	철근탐사시험(하부구조)

<사진 4.1.2> 철근탐사시험

철근탐사 결과 배근간격은 설계값과 유사한 것으로 측정되었고, 피복두께는 설계값에 60%를 상회하는 것으로 측정되어 철근배근상태는 양호한 것으로 조사되었다.

다. 탄산화시험

콘크리트의 탄산화 깊이를 정확히 분석하기 위해서는 주요 콘크리트 부재에 대하여 각각의 표면에서 탄산화 깊이를 측정하여야 하므로, 슬래브, 교각·교대에 시험을 실시하였고, 평가기준은 정밀안전진단 세부지침(2012. 12. 교량편)에 의거하여 시험하였다.

<표 4.1.5> 탄산화 깊이의 측정결과

(단위 : mm)

구 분		탄산화 깊이	최소피복 두께	평가 등급	탄산화 속도계수(A)	잔존수명 예측(년)
상부구조	1경간 슬래브 하면	4.5	47.5	a	1.061	100년이상
	5경간 슬래브 하면	5.5	44.6	a	1.296	100년이상
	10경간 슬래브 하면	8.5	52.7	a	2.003	100년이상
하부구조	A1 구체	5.7	80.5	a	1.344	100년이상
	P3 코핑부	8.4	90.5	a	1.980	100년이상
	P7 코핑부	12.5	78.5	a	2.946	100년이상

※ 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$

※ 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도 계수)²

※ 잔존수명 예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

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

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 교량편(국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조

<표 4.1.6> 탄산화 비교

(단위 : mm)

구분	‘09년 정밀안전진단	‘13년 정밀점검	‘14년 정밀안전진단	비 고
상부 구조	2.0 ~ 3.0	4.0 ~ 11.0	4.5 ~ 8.5	
하부 구조	2.5 ~ 8.0	5.0 ~ 8.0	5.7 ~ 12.5	

<표 4.1.6>와 같이 탄산화 깊이를 측정한 결과, 기존보고서(13년 정밀점검보고서)의 탄산화 깊이보다 탄산화깊이가 진행되었으나 탄산화에 의한 철근의 영향은 없는 것으로 판단된다.

탄산화깊이 시험결과 상·하부구조 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 측정되어 상태 등급 a로 조사되었으며, 모든 구간에서 탄산화에 따른 내구성 저하의 우려가 없는 것으로 판단된다.



<사진 4.1.3> 탄산화 시험

라. 균열깊이 측정

건전부의 전달시간을 측정한 후 균열부에서 Tc-To법으로 균열부에 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였으며, 측정결과를 아래 <표 4.1.7>에 나타냈으며, 균열깊이의 정도를 비교하기 위해서 피복 두께와 함께 표시하였다. 최소피복두께는 철근탐사를 실시하여 측정된 값 중 가장 작은 값으로 하였다.

<표 4.1.7> 균열 깊이의 측정결과

(단위 : mm)

시험 위치	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6} \text{sec}$)		균열 폭 (mm)	균열 깊이 (mm)	최소피복두께 (mm)	비고 (%)
	건전부 To	균열부 Tc				
8경간 슬래브 하면	27.4	27.6	0.2	12.1	45.5	
P9 교각 코핑부	30.2	31.9	0.3	34.04	85.4	

측정부위의 균열깊이를 측정한 결과, 균열깊이는 최소피복두께 미만으로 측정되었으며, 발생한 균열 폭 및 길이 등 균열양상으로 보아 건조수축에 의한 비구조적 균열로 사료되며, 균열 폭 0.2mm이상 되는 부위는 내구성 확보차원에서 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4.2 강재비파괴 시험

4.2.1 맞대기 용접부 시험결과

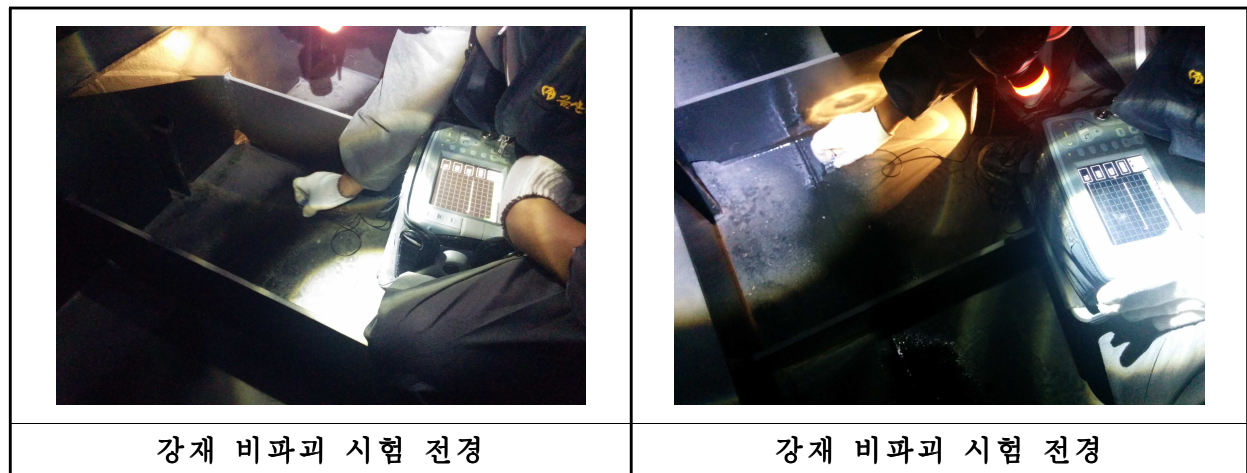
가) 맞대기용접부 조사 현황

<표 4.2.1> 강재비파괴 시험 결과

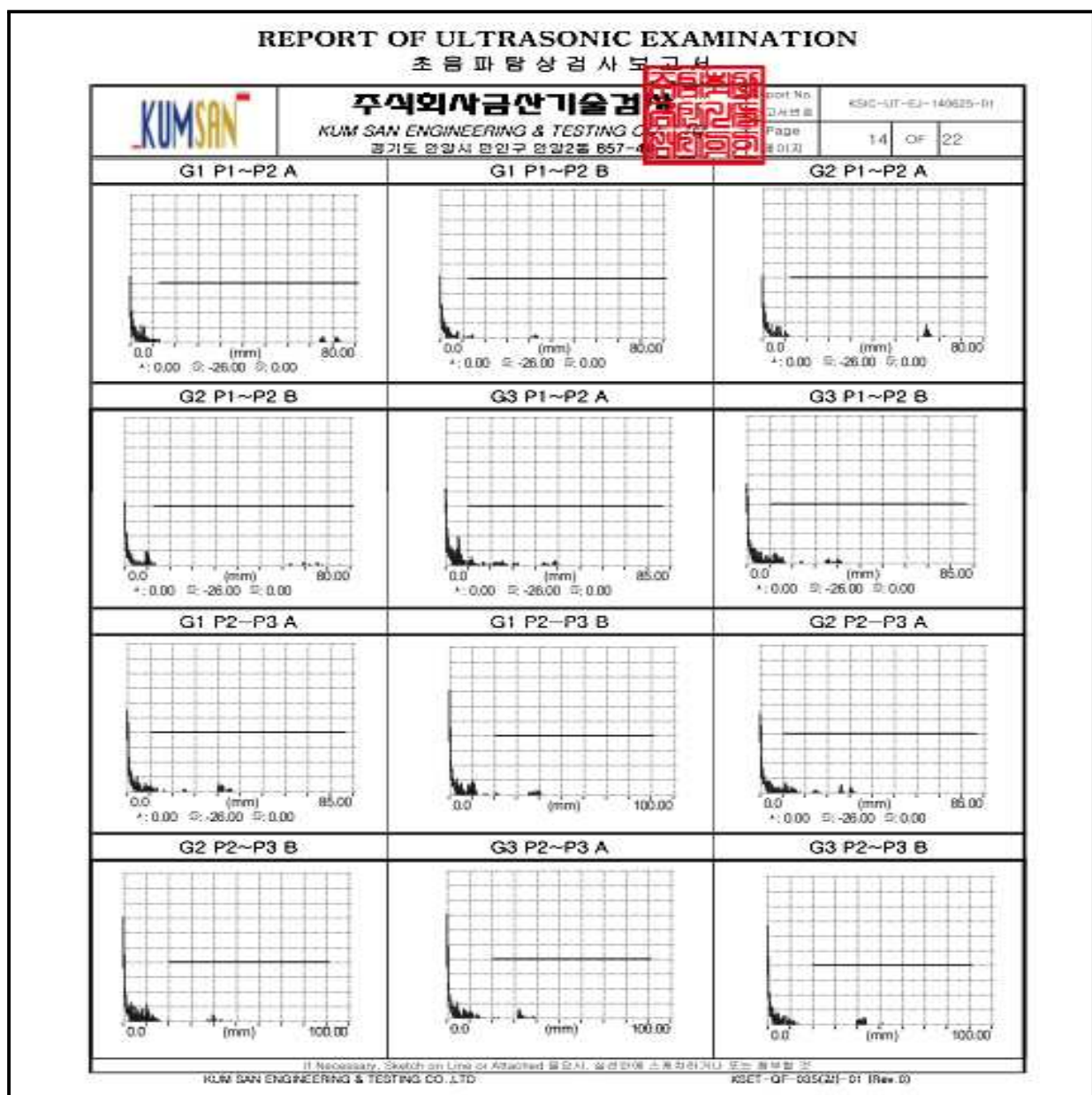
조사 위치		초음파탐상검사(UT)				조사 위치		초음파탐상검사(UT)			
		하부플랜지(LF) 맞대기용접부						하부플랜지(LF) 맞대기용접부			
		조사 개소	결함 구간	등급	평가			조사 개소	결함 구간	등급	평가
G1	A1~P1	2	-	1등급	합격	G2	P7~P8	2	-	1등급	합격
	P1~P2	2	-	1등급	합격		P8~P9	2	-	1등급	합격
	P2~P3	2	-	1등급	합격		P9~P10	2	-	1등급	합격
	P3~P4	2	-	1등급	합격		P10~P11	2	-	1등급	합격
	P4~P5	2	-	1등급	합격		P11~P12	2	-	1등급	합격
	P5~P6	2	-	1등급	합격		P12~A2	2	-	1등급	합격
	P6~P7	2	-	1등급	합격	G3	A1~P1	2	-	1등급	합격
	P7~P8	2	-	1등급	합격		P1~P2	2	-	1등급	합격
	P8~P9	2	-	1등급	합격		P2~P3	2	-	1등급	합격
	P9~P10	2	-	1등급	합격		P3~P4	2	-	1등급	합격
	P10~P11	2	-	1등급	합격		P4~P5	2	-	1등급	합격
	P11~P12	2	-	1등급	합격		P5~P6	2	-	1등급	합격
P12~A2	2	-	1등급	합격	P6~P7		2	-	1등급	합격	
G2	A1~P1	2	-	1등급	합격		P7~P8	2	-	1등급	합격
	P1~P2	2	-	1등급	합격		P8~P9	2	-	1등급	합격
	P2~P3	2	-	1등급	합격		P9~P10	2	-	1등급	합격
	P3~P4	2	-	1등급	합격		P10~P11	2	-	1등급	합격
	P4~P5	2	-	1등급	합격		P11~P12	2	-	1등급	합격
	P5~P6	2	-	1등급	합격	P12~A2	2			합격	
	P6~P7	2	-	1등급	합격						
계		40	-	-	-	계		38	-		-

나) 맞대기용접부 조사 결과

초음파 탐상 검사 (UT)	용접부 78개소를 KS B 0896을 기준으로 등급분류를 하고, 판정의 기준은 한국도로 공사 시방서에 따라 2급이상, 압축부 3급 이상을 합격으로 판정하였다. 맞대기 용접부에 대한 초음파 검사결과 M-LEVEL 이상의 Echo 높이를 보인 Point가 없으며 총 78개소는 불합격 결함이 검출되지 않았다.
-------------------	--



<사진 4.2.1> 강재비파괴 시험 전경



<그림 4.2.1> 강재비파괴 시험 DATA

4.3 내구성 시험 결과

<표 4.3.1> 내구성시험 분석 결과

구 분	내구성조사 결과							평가의견
콘크리트 강도시험 (MPa)	부 재	반발경도(조합법)			설계기준강도			설계기준강도 이상으로 양호
	슬래브	31.8 ~ 42.3			27.0			
	교 대	30.6 ~ 33.5			21.0			
	교 각	29.4 ~ 36.4			21.0			
탄산화 시 험 (mm)	부 재	탄산화깊이		피복두께		잔여탄산화깊이		상 · 하부 구조 a 등급
	슬래브	4.5 ~ 8.5		44.6 ~ 52.7		30.0mm 이상		
	교 대	5.7		80.5 ~ 90.5		30.0mm 이상		
	교 각	8.4 ~ 12.5		78.5 ~ 90.5		30.0mm 이상		
철근탐사 시 험 (mm)	부 재	주철근(수직)		배력철근(수평)		피복두께		철근배근간격 피복두께 양호
		측정	설계	측정	설계	측정	설계	
	슬래브	140~165	150	295~318	300	42.6~60.5	50	
	교 대	245	250	315	300	91.5~96.8	100	
교 각	290~320	300	380~410.5	400	78.5~110	100		
균열깊이 측 정 (mm)	부 재	균열폭	균열깊이	최소피복두께		결과(%)		균열깊이 최소피복두께 미만 양호
	캔틸레버	0.2	12.1	45.5		26.0		
	교각	0.3	34.04	85.4		39.8		
구 분	강제비파괴 시험 결과							평가의견
UT	구 간	조사개소		등급		평가		양호
	S1	6개소		1급		합격		
	S2	6개소		1급		합격		
	S3	6개소		1급		합격		
	S4	6개소		1급		합격		
	S5	6개소		1급		합격		
	S6	6개소		1급		합격		
	S7	6개소		1급		합격		
	S8	6개소		1급		합격		
	S9	6개소		1급		합격		
	S10	6개소		1급		합격		
	S11	6개소		1급		합격		
	S12	6개소		1급		합격		
	S13	6개소		1급		합격		

제5장 재하시험

- 5.1 개요
- 5.2 정적 재하시험
- 5.3 동적 재하시험
- 5.4 재하시험 결과

제5장 재하시험

5.1 개요

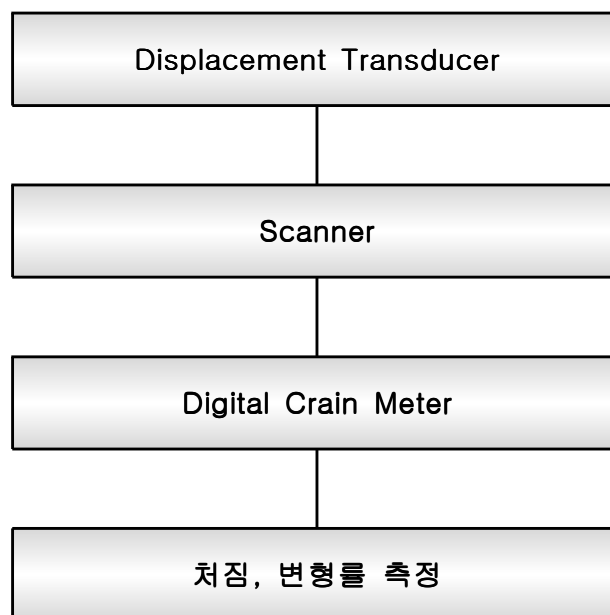
재하시험은 구조해석 검토를 수행하여 이론치와 실제 차량에 의한 처짐 및 변형률을 상호 비교·검토함으로써 교량의 내하력을 판단하고, 이에 따른 교량의 구조적인 안전성 여부를 파악하고자 하였다.

측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 휨모멘트에 의한 변형률 및 처짐이 최대가 되는 지점에 재하차량을 재하시켜 구조물의 정·동적 처짐, 변형률을 측정하였다.

차량 재하 시험에서의 측정 항목은 다음과 같다.

- 가. 주요 부재의 변형률
- 나. 주요 부재의 처짐
- 다. 교량의 정적 및 동적 거동 평가
- 라. 충격하중에 대한 교량의 동적 특성 파악
- 마. 교량 고유진동수 파악

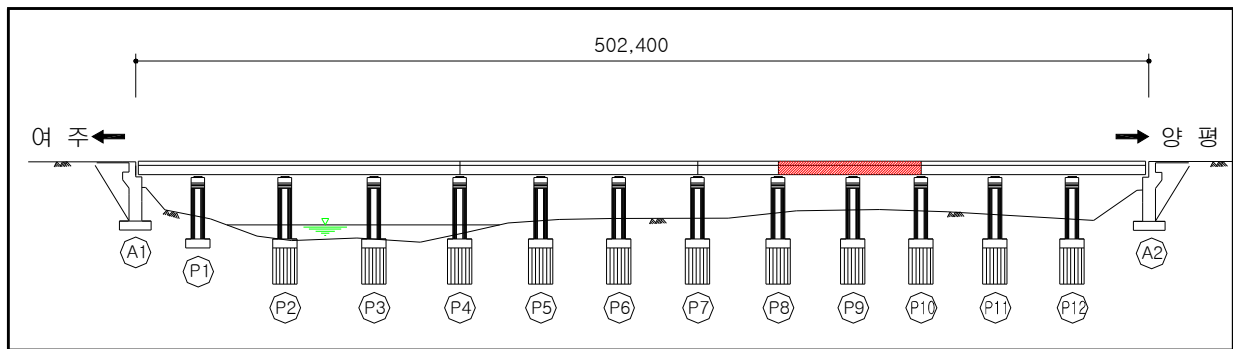
차량재하시험의 측정 시스템은 다음과 같다.



<그림 5.1.1> 처짐, 변형률 측정 과정

5.1.1 시험 경간 설정

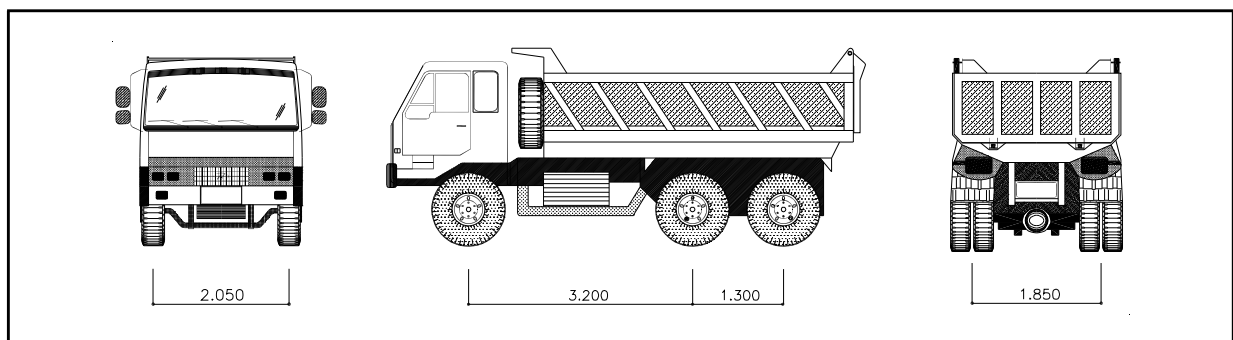
재하시험의 위치는 구조물의 심각한 손상부위가 발생된 경간 및 접근성 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다. 대상 교량은 구조물의 외관상태가 양호하여 구조물의 내하력 저하요인이 작용할 만한 손상은 발견되지 않아 현장여건 및 단면에 최대의 모멘트가 발생하는 지점을 재하경간으로 고려하였으며 9경간 및 10경간을 재하시험 경간으로 선정하였다.



<그림 5.1.2> 여주대교 재하시험 대상 경간

5.1.2 시험차량

재하시험에 사용된 시험차량은 15t 덤프트럭 2대를 사용하였으며 시험차량에 토사를 적재하여 총중량 284.396kN, 279.986kN이 되도록 하였으며, 이는 본 교량의 설계하중인 DB-24(총중량 432.0kN)의 약 65.8%에 해당된다. 재하차량의 제원 및 하중은 <그림 5.1.3>, <표 5.1.1>에 나타내었다.



<그림 5.1.3> 시험차량의 제원

<표 5.1.1> 시험차량의 축하중

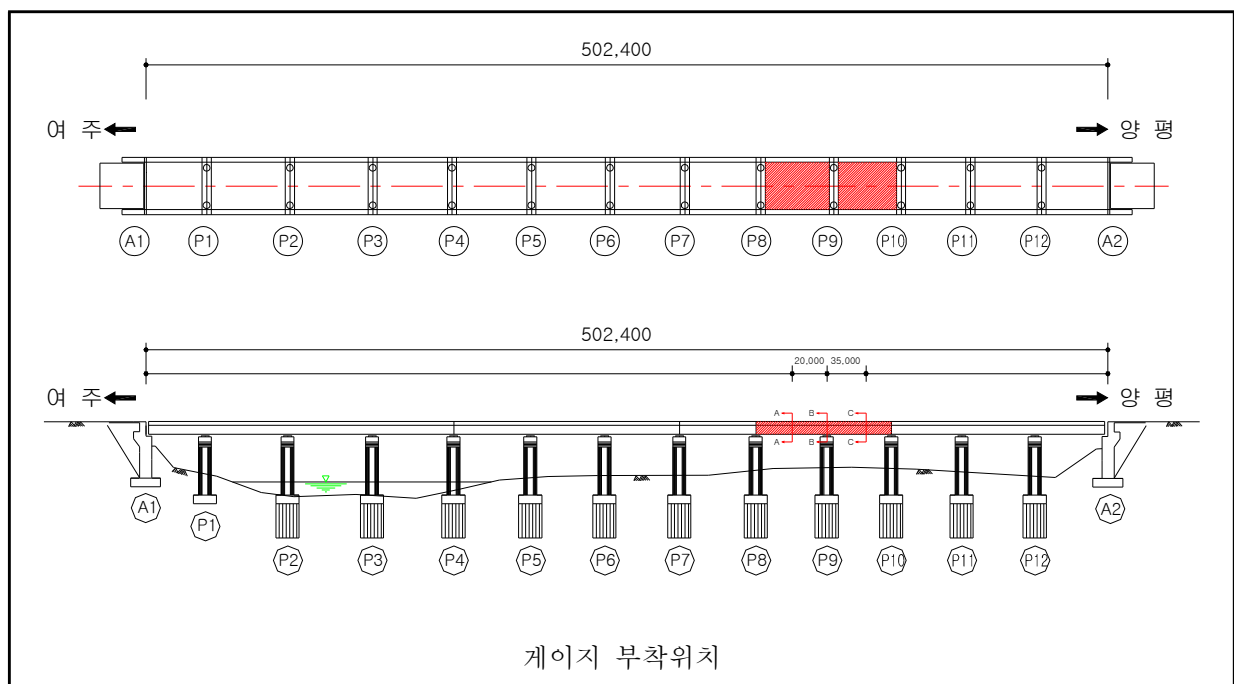
구 분	축중 하중(kN)			총중량(kN)
	1축(전륜)	2축(후륜)	3축(후륜)	
No.1	61.25	111.573	111.573	284.396
No.2	61.348	109.319	109.319	279.986



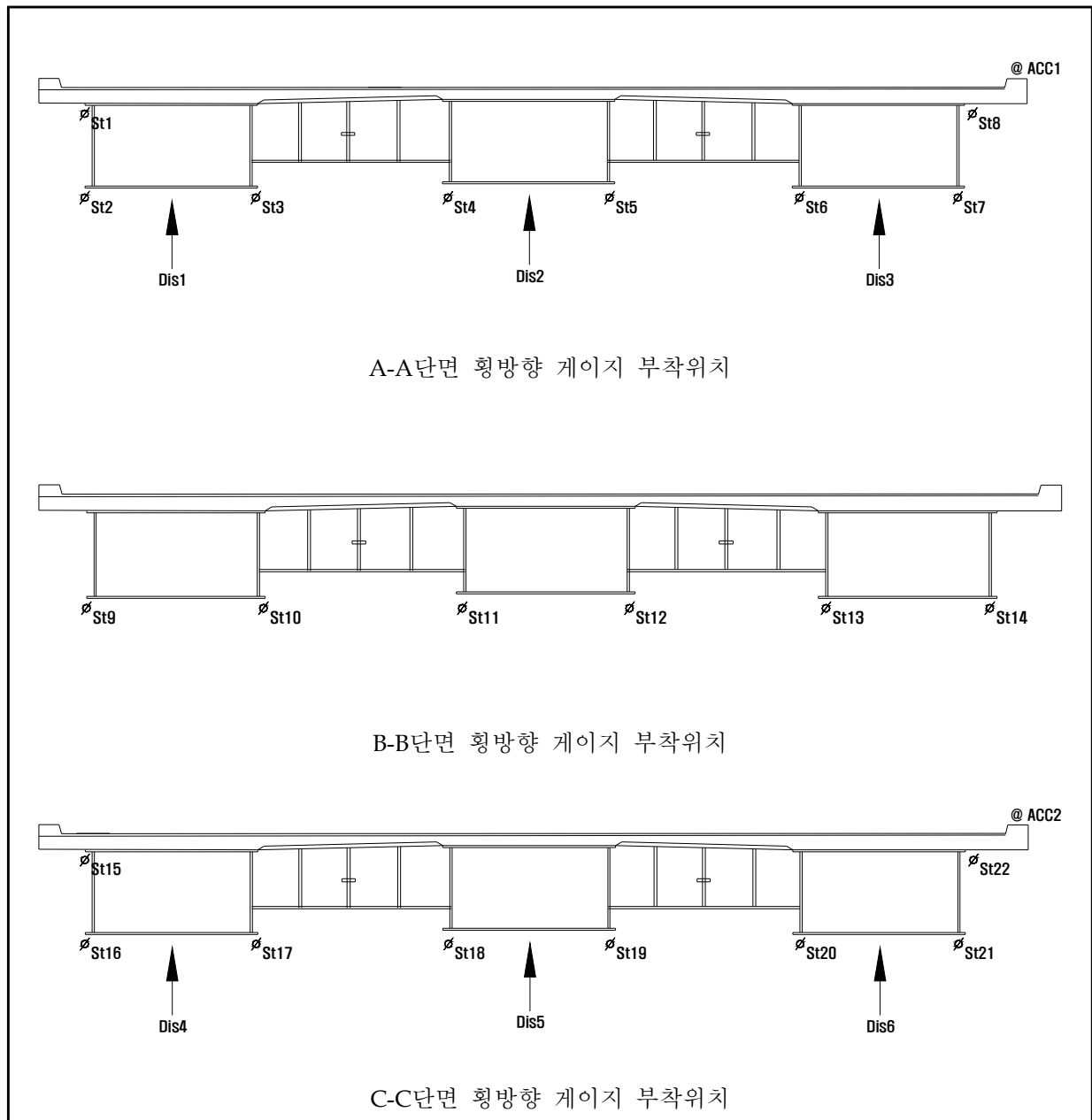
<사진 5.1.1> 시험차량 전경

5.1.3 센서 설치위치 및 수량

여주대교의 게이지 부착위치는 9경간의 20.0m 지점 및 10경간의 15.0m지점의 정모멘트부와 P9 부근 부모멘트부 지점에 각각의 게이지를 부착하였으며 그 위치를 아래 그림과 같이 도식화 하였다.



<그림 5.1.4> 게이지 부착 위치도



<그림 5.1.5> 게이지 부착 위치도

<표 5.1.2> 게이지 표시 범례

구 분	게이지 종류	용 도	비 고
●	Strain Gauge	변형률 측정	
↑	변위계	처짐 측정	
@	가속도계(Accelerometer)	가속도(진동) 측정	

<표 5.1.3> 게이지 부착위치 및 용도

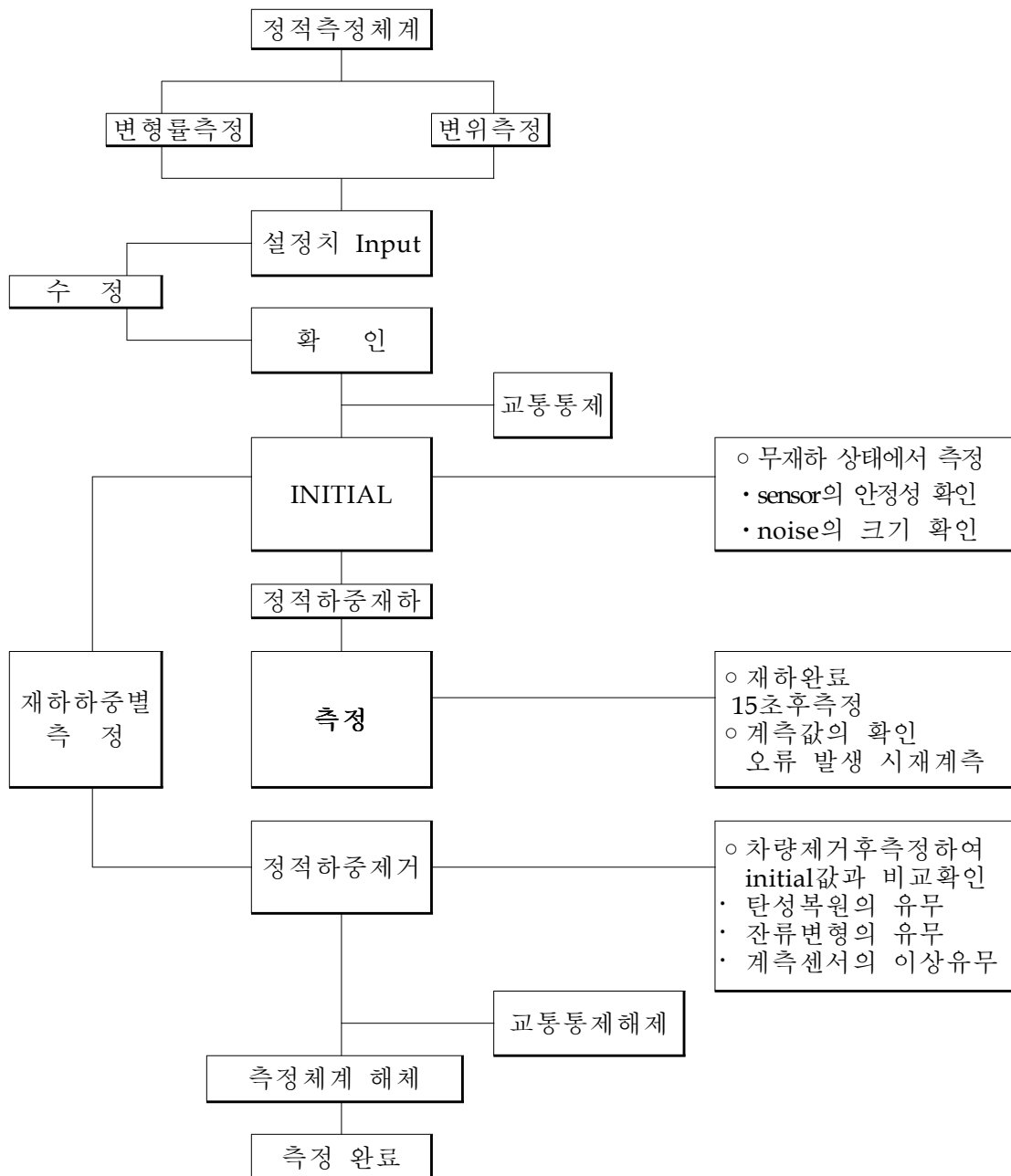
구분	No	위 치	용 도	비 고	
				정적재하시험	동적재하시험
게 이 지 부 착 위 치	ACC	L/2지점 좌측 방호벽 상면(S9) 3L/8지점 좌측 방호벽 상면(S10)	가속도계	-	○
	D1	L/2지점 G1 하면	처 짐 계	○	○
	D2	L/2지점 G2 하면	처 짐 계	○	○
	D3	L/2지점 G3 하면	처 짐 계	○	○
	D4	3L/8지점 G1 하면	처 짐 계	○	○
	D5	3L/8지점 G2 하면	처 짐 계	○	○
	D6	3L/8지점 G3 하면	처 짐 계	○	○
	ST1	L/2지점 G1 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST2	L/2지점 G1 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST3	L/2지점 G1 우측면 상단	Steel Gauge	○	-
	ST4	L/2지점 G2 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST5	L/2지점 G2 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST6	L/2지점 G3 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST7	L/2지점 G3 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST8	L/2지점 G3 우측면 상단	Steel Gauge	○	-
	ST9	P9→1.5m G1 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST10	P9→1.5m G1 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST11	P9→1.5m G2 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST12	P9→1.5m G2 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST13	P9→1.5m G3 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST14	P9→1.5m G3 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST15	3L/8지점 G1 좌측면 상단	Steel Gauge	○	-
	ST16	3L/8지점 G1 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST17	3L/8지점 G1 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST18	3L/8지점 G2 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST19	3L/8지점 G2 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST20	3L/8지점 G3 좌측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST21	3L/8지점 G3 우측면 하단	Steel Gauge	○	-
	ST22	3L/8지점 G3 우측면 상단	Steel Gauge	○	-

5.2 정적 재하시험

5.2.1 개 요

정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동특성을 파악하고 내하력 평가를 위한 정적변위 및 응력의 응답비 등을 구하기 위해 실시하였다. 시험측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 힘모멘트에 의한 변형률 및 처짐이 최대가 되는 지점에 차량을 재하 하여 거더의 변형률 및 정적 처짐을 측정하였다. 정적재하 시험에 대한 흐름은 다음과 같다.

5.2.2 정적 재하시험 수행절차

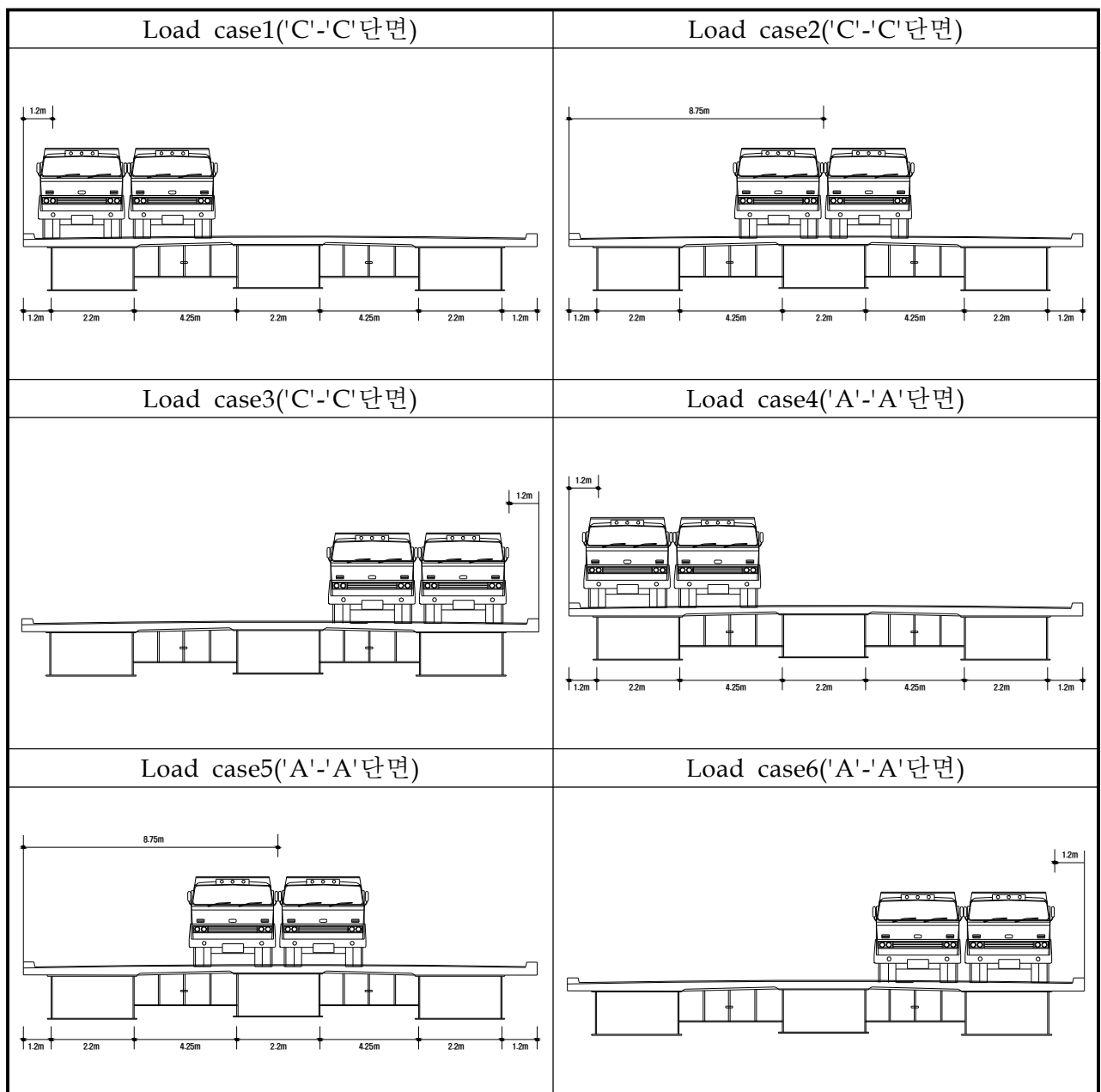


<그림 5.2.1> 정적 재하시험 흐름도

5.2.3 경우별 재하위치

구분	S10(C-C)		P9(B-B)	S9(A-A)		가속도계	ch합계
	처짐계	변형률계	변형률계	처짐계	변형률계		
정적 No.1	DT4~DT6	ST15~ST22	ST9~ST14	-	ST1~ST8	-	25
정적 No.2	-	ST15~ST22	ST9~ST14	DT1~DT3	ST1~ST8	-	25

■ 시험하중 재하위치('A'-'A'단면, 'C'-'C'단면)



<그림 5.2.2> 경우별 재하위치도

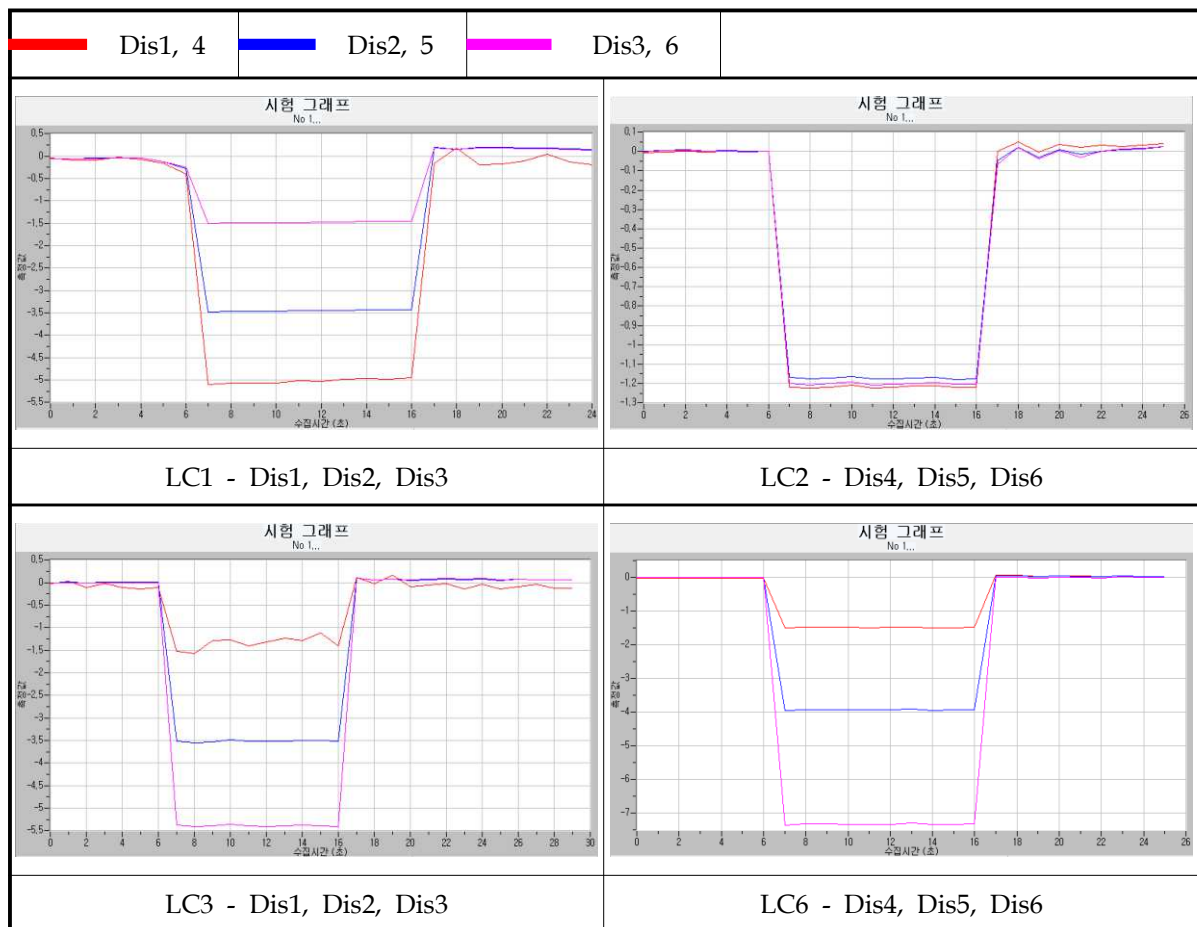
5.2.4 정적 재하시험 결과

정적 재하시험을 통하여 획득한 측정치는 인접된 측정치와 비교 평가함으로서 분석시 이용된 측정치의 신뢰도를 최대한 향상시키고자 하였으며, 각 Load Case별 시험결과에 대한 변위를 정리하여 【표 5.3.1】에 나타내었다.

1) 처짐 측정 결과 및 DATA

<표 5.2.1> 정적처짐 측정치

구 분	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6	비 고
LC1	-5.107	-3.487	-1.509	-1.465	-1.205	-0.985	재하차량 진입 A2→A1
LC2	-3.188	-4.173	-3.330	-1.226	-1.180	-1.209	
LC3	-1.575	-3.547	-5.412	-1.005	-1.172	-1.488	
LC4	-1.282	-1.127	-0.976	-6.300	-3.967	-1.859	
LC5	-1.063	-1.050	-1.061	-3.659	-4.627	-3.811	
LC6	-0.960	-1.130	-1.288	-1.496	-3.958	-6.994	

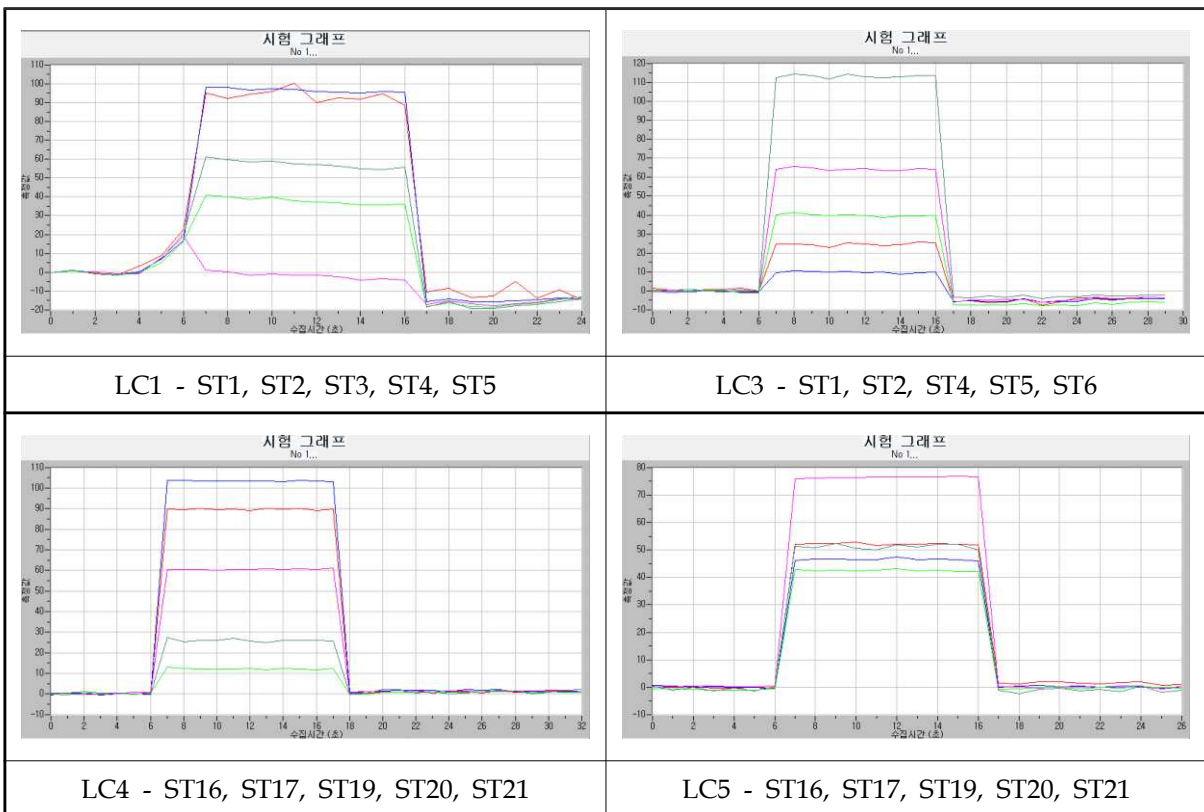


<그림 5.2.3> 처짐 측정 DATA

2) 변형률 측정 결과 및 DATA

<표 5.2.2> 정적 변형률 측정치

구 분	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	비 고
ST1	100.293	65.339	25.639	-	-	-	L/2지점 거더 상,하단
ST2	98.289	53.843	10.603	-	-	-	
ST3	19.210	11.752	8.310	-	-	-	
ST4	40.976	99.579	65.567	-	-	-	
ST5	61.033	104.591	41.126	-	-	-	
ST6	19.492	54.436	114.427	-	-	-	
ST7	25.794	65.033	101.533	-	-	-	
ST8	-	-	-	-	-	-	
ST9	-27.509	-34.419	-11.171	-	-50.149	-	P→1.5m지점 거더 하단
ST10	-32.482	-32.378	-4.301	-	-34.956	-	
ST11	-	-	-	-	-	-	
ST12	-	-	-	-	-	-	
ST13	-7.450	-18.052	-33.282	-4.008	-13.924	-28.369	
ST14	-9.171	-18.341	-30.660	-6.017	-17.767	-28.429	
ST15	-	-	-	-4.091	-3.727	-	L/2지점 거더 상,하단
ST16	-	-	-	89.997	52.755	25.488	
ST17	-	-	-	103.891	47.396	14.900	
ST18	-	-	-	-	-	-	
ST19	-	-	-	61.234	77.028	39.826	
ST20	-	-	-	12.971	43.232	109.683	
ST21	-	-	-	27.233	52.298	91.696	
ST22	-	-	-	-	-	-	

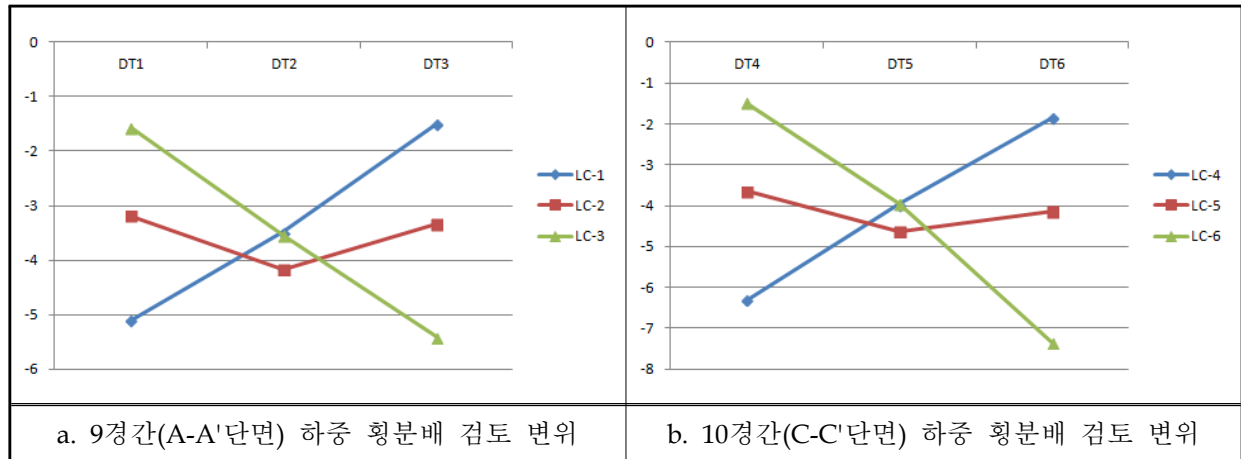


<그림 5.2.4> 변형률 측정 DATA

3) 하중 횡분배(대칭성) 검토

횡분배 특성을 파악하기 위하여 9, 10경간 정적재하시험 경우 중 하중이 횡방향으로 대칭성을 나타내는 LC-1, LC-5, LC-6에 대하여 비교·분석하였다.

교량의 횡분배 효과는 분석한 바와 같이 처짐은 대칭적인 형태를 보이고 있으며 대칭성이 확연하게 나타나 횡분배가 양호한 것으로 평가된다.



<그림 5.2.5>하중 횡분배 그래프

5.3 동적 재하시험

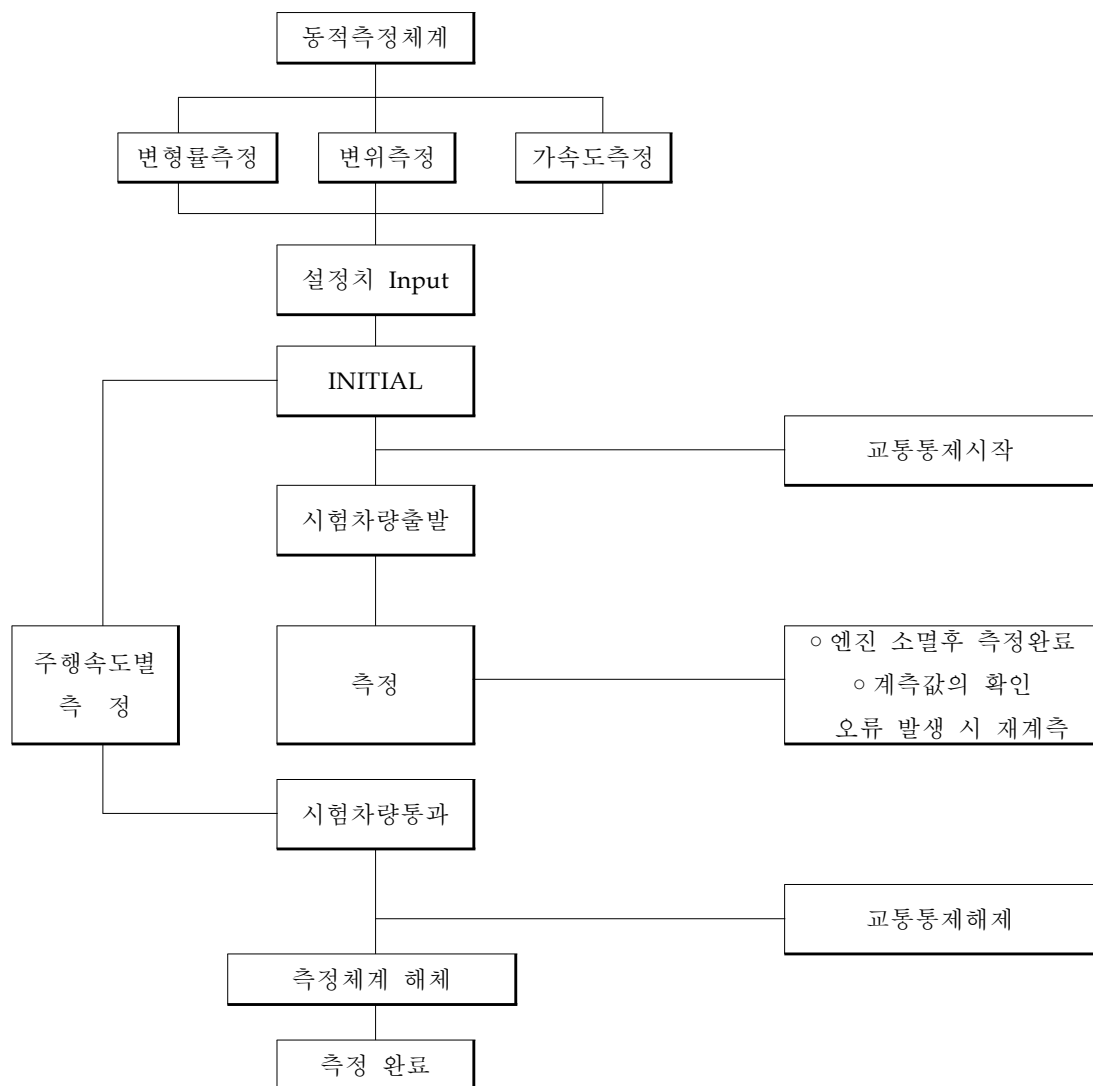
5.3.1 개 요

동적 재하시험은 구조물의 동적 거동을 조사, 측정하기 위한 것으로 교량의 실 충격계수와 실고유진동수 등의 동적 특성을 측정 기록하여 본 교량의 안전성을 검토하기 위한 기본 자료를 구하기 위해 실시하였다.

재하차량의 주행은 주요위치의 동적 처짐과 진동을 기록할 수 있는 위치를 주행하며, 측정값의 일정한 패턴을 유지하고자 능숙한 운전자가 운행하도록 하였다.

동적 재하시험은 주행차량에 의한 동적응답을 구하는 시험으로서 주행속도는 10km/hr 부터 10km/hr씩 증가하면서 가능한 최고속도인 60km/hr까지 주행시켰다.

5.3.2 동적 재하시험 수행절차



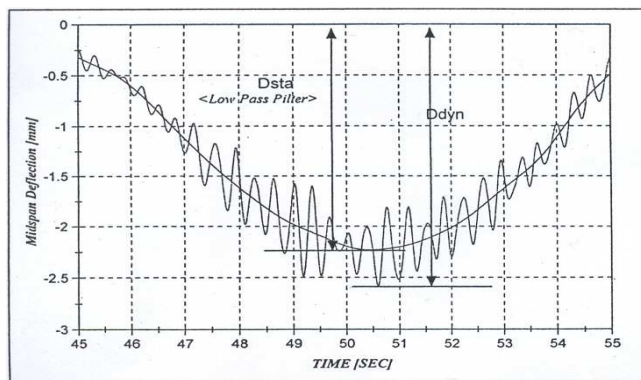
<그림 5.3.1> 동적 재하시험 흐름도

5.3.3 실측충격계수 분석

일반적으로 계측된 변형률, 처짐 등을 이용하여 실측충격계수를 분석하고자 할 때 각 속도별 주행시험에서 계측된 응답곡선<Dsta(max)>을 이용하였다.

이는 주행시험에서 각 주행속도마다 운전자의 숙달, 습관 등에 의해서 시험차량은 정적 재하시험에 이용된 부착 Gauge 상단으로 동일하게 주행하는 것은 어려운 상태이며, 의사 정적 주행시에도 노면의 요철 등의 원인으로 대상 교량에 가해지는 충격이 각 속도별로 다르게 나타내고 있는 상태로 이들을 정적응답이력곡선이나, 동적응답 이력곡선으로 보아 실측충격계수로 산정하는 것은 문제점을 내포하고 있는 것으로 판단된다.

그러므로 이러한 문제점들을 해결하고자 동적주행 시험의 각 속도별의 동적응답 곡선을 Low Pass Filter에 의해서 필터링한 최대정적응답<Dsta(max)> 곡선을 기준으로 하여 계측 최대동적응답치<Ddyn(max)>와 비교하여 실측충격계수를 산정하여 대상 교량 안정성 평가에 적용하는데 목적이 있다.



<그림 5.3.2> 처짐이력곡선

동적증폭율(Dynamic Load Factor : D.L.F) =

실측충격계수(Impact Factor), I =

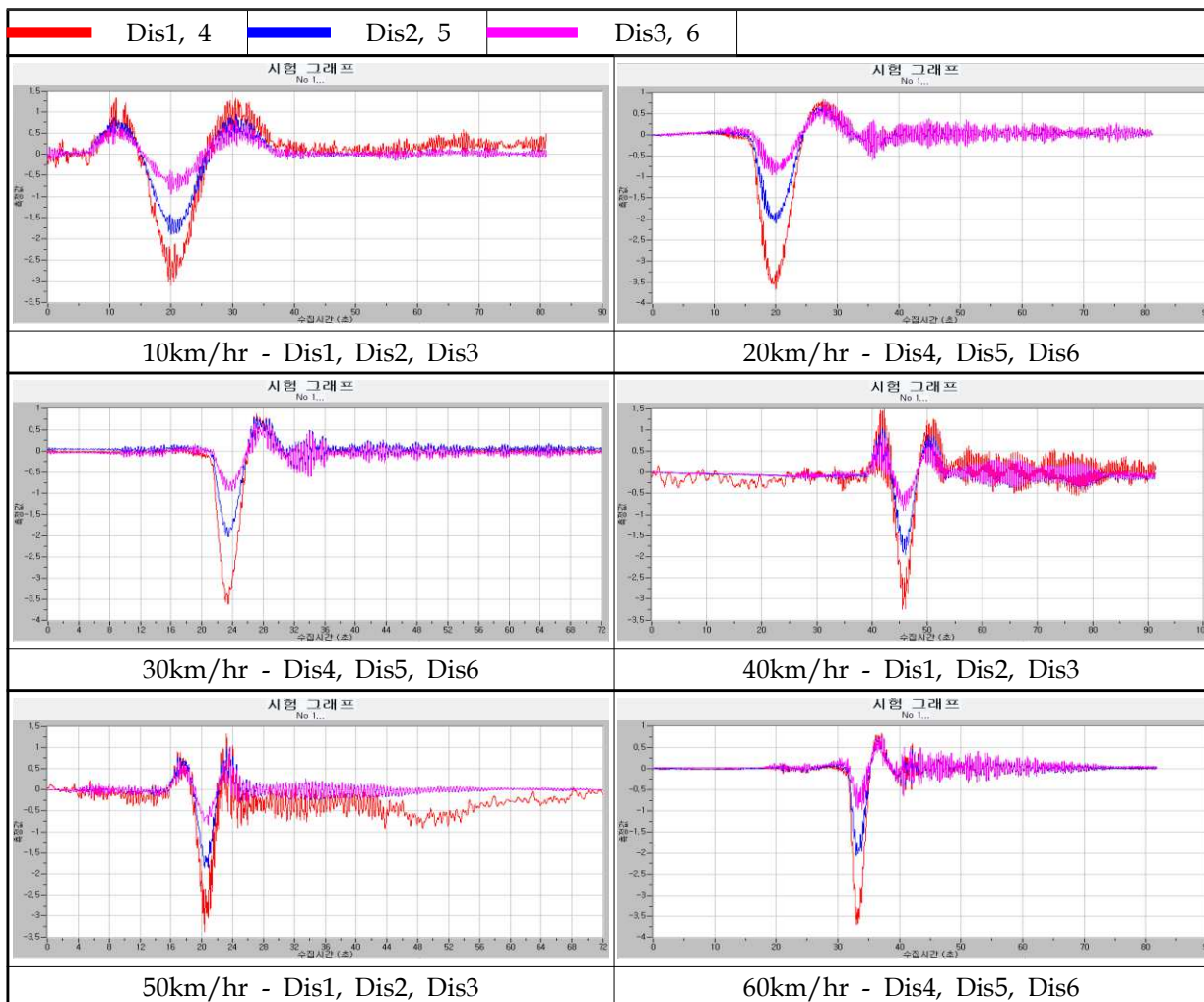
$$\frac{D_{dyn}}{D_{sta(Max)}} \\ D.L.F - 1$$

5.3.4 동적 재하시험 결과

1) 동적처짐 측정 결과 및 DATA

<표 5.3.1> 동적처짐 측정치

구 분	No	5km/hr	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	50km/hr	60km/hr	비고
동적 재하 시험	S9	DT1	-2.930	-3.105	-2.146	-2.694	-3.250	-3.372	주행방향 A2→A1
		DT2	-1.798	-1.897	-1.797	-1.849	-1.963	-1.861	
		DT3	-0.740	-0.943	-0.805	-0.849	-0.910	-0.832	
	S10	DT4	-3.613	-3.684	-3.683	-3.607	-4.089	-3.812	
		DT5	-2.047	-2.176	-2.108	-2.030	-2.398	-2.176	
		DT6	-0.942	-1.083	-0.956	-0.948	-1.190	-1.124	



<그림 5.3.3> 동적 처짐 측정 DATA

2) 충격계수

<표 5.3.2> 충격계수 산정

구 분			주 행 속 도							대표 충격계수
			5km	10km	20km	30km	40km	50km	60km	
S9	DT1	δdyn(max)	-2.930	-3.105	-2.146	-2.694	-3.250	-3.372	-3.022	0.175
		δsta(max)	-2.786	-2.811	-1.872	-2.412	-3.040	-2.935	-2.572	
		충격계수(i)	0.052	0.105	0.146	0.117	0.069	0.149	0.175	
	DT2	δdyn(max)	-1.798	-1.897	-1.797	-1.849	-1.963	-1.861	-1.896	0.139
		δsta(max)	-1.757	-1.691	-1.706	-1.640	-1.755	-1.681	-1.664	
		충격계수(i)	0.023	0.122	0.053	0.127	0.119	0.107	0.139	
	DT3	δdyn(max)	-0.740	-0.943	-0.805	-0.849	-0.910	-0.832	-0.826	0.170
		δsta(max)	-0.679	-0.817	-0.695	-0.735	-0.778	-0.772	-0.776	
		충격계수(i)	0.090	0.154	0.158	0.155	0.170	0.078	0.064	
S10	DT4	δdyn(max)	-3.613	-3.684	-3.683	-3.607	-4.089	-3.812	-3.698	0.138
		δsta(max)	-3.447	-3.402	-3.396	-3.107	-3.846	-3.351	-3.309	
		충격계수(i)	0.048	0.083	0.085	0.161	0.063	0.138	0.118	
	DT5	δdyn(max)	-2.047	-2.176	-2.108	-2.030	-2.398	-2.176	-2.070	0.182
		δsta(max)	-1.951	-1.954	-1.934	-1.806	-2.124	-1.859	-1.752	
		충격계수(i)	0.049	0.114	0.090	0.124	0.129	0.171	0.182	
	DT6	δdyn(max)	-0.942	-1.083	-0.956	-0.948	-1.190	-1.124	-0.974	0.178
		δsta(max)	-0.814	-0.942	-0.821	-0.889	-1.055	-0.965	-0.827	
		충격계수(i)	0.157	0.150	0.164	0.066	0.128	0.165	0.178	
S9 이론 충격계수 i = $\frac{15}{40 + 40.0} = 0.188$										

3) 고유진동수

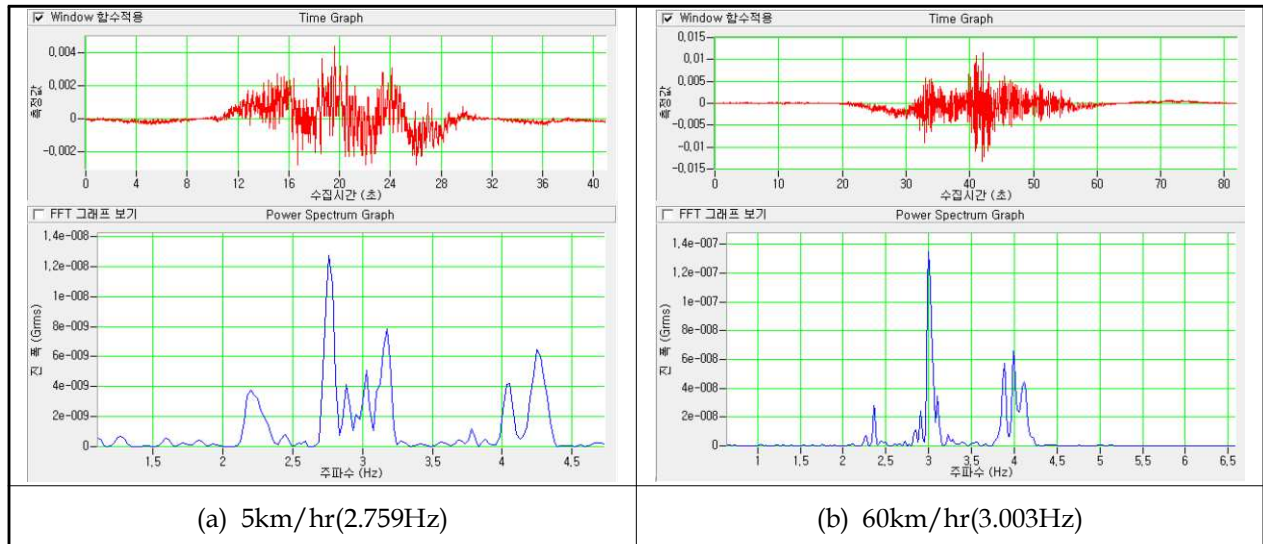
고유진동수는 교량이 가지는 고유의 특성으로 외력에 의하지 않은 교량의 자유진동상태에서의 진동수를 나타낸다. 따라서 교량의 고유진동수를 추출하기 위해서는 동적재하시험으로 취득한 가속도 데이터 중 차량상호작용을 제외한 자유진동 부분만을 이용하여야 한다.

고유진동수의 산출방법은 차량이 교량을 통과한 후 교량의 처짐 또는 변형률 이력 곡선이 조화적(Harmonically)으로 감소한다고 가정하면, 교량의 고유진동수는 동적응답곡선으로부터 구할 수 있다. 또한, 고유진동수는 가속도변환기에 의해 측정된 가속도 신호를 AD변화하여 FFT(Fast Fourier Trans-form)분석방법에 의해 구할 수 있다. FFT(Fast Fourier Trans-form)분석 방법은 상용화된 수치해석 프로그램이나 수학 프로그램을 통해서 쉽게 구현할 수 있다.

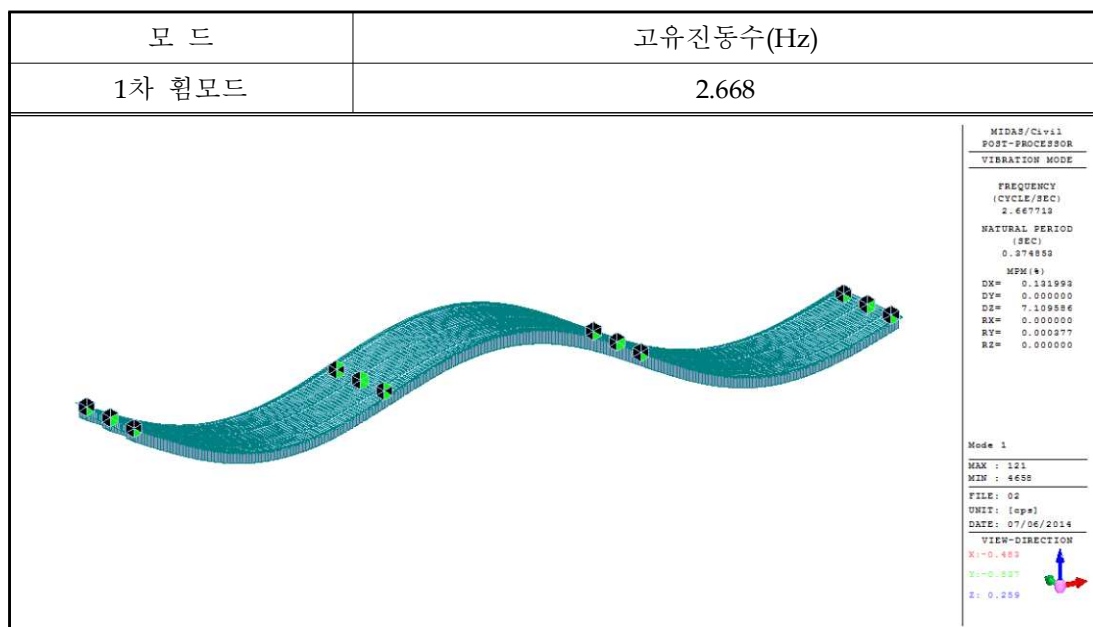
측정된 속도별 고유진동수는 2.759 ~ 3.003Hz로 측정되어, 이는 계산 고유진동수가 2.668Hz로 나타나 측정치와 유사하여 양호한 거동상태로 판단된다.

<표 5.3.3> 고유진동수(단위 : Hz)

구 분	5km/hr	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	50km/hr	60km/hr	비 고
ACC	2.759	2.930	3.003	2.930	2.820	2.978	3.003	



<그림 5.3.4> Power Spectrum Data



<그림 5.3.5> 고유진동수 해석결과

5.4 재하시험 결과

여주대교에 대한 재하시험 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

<표 5.4.1> 재하시험 결과표

시험구분	측정항목	Gauge NO.	최대발생 L/C	측정치	측정최대치	비 고
정적 재하시험	처짐	DT1	L/C 1	-5.107	-6.994	
		DT2	L/C 2	-4.173		
		DT3	L/C 3	-5.412		
		DT4	L/C 4	-6.300		
		DT5	L/C 5	-4.627		
		DT6	L/C 6	-6.994		
동적 재하시험	처짐	DT1	50km/h	-3.372	-3.698	
		DT2	40km/h	-1.963		
		DT3	10km/h	-0.943		
		DT4	60km/h	-3.698		
		DT5	40km/h	-2.398		
		DT6	50km/h	-1.124		
	충격계수	DT6	60km/h	0.178	0.178	
	고유진동수	Acc	60km/h	3.003	3.003	

정적재하시험 결과 최대 정모멘트 발생 구간에 대한 처짐을 측정한 결과 최대처짐은 L/C 6의 DT6 위치에서 -6.994mm가 발생되었다.

동적재하시험 결과 시험차량에 의해 발생된 최대 처짐은 DT4에서 60km/hr일 때 -3.698mm로 나타났으며, 교량의 최대 실측충격계수는 0.178로 측정되어 시방서에서 규정하고 있는 설계 충격계수에 대한 기준치인 0.188이내로 측정되었고, 실측최대 고유진동수는 3.003Hz로 측정되었다.

제6장 구조검토 및 내하력평가

6.1 개요

6.2 여주대교 구조검토

6.3 내하력 평가

제6장 구조검토 및 내하력평가

6.1 개요

일반적으로 교량은 준공 후 사용되면서 하중조건의 변화, 유해한 환경조건의 적용 등으로 지속적인 열화가 진행된다. 특히 중차량의 통과는 구조물의 손상을 가중시키며 노후화를 가속시키는 결정적인 원인으로 대두됨에 따라 교통량과 하중에 대한 효율적인 제한이 교량의 안전도 확보에 대단히 중요하다.

따라서 안전진단의 결과를 토대로 한 교량의 내하력 평가는 열화·손상 구조물의 보수·보강의 방안 및 대책을 수립한다는 관점에서 교량 유지관리 체계의 핵심이 되는 중요분야로서 그 기법의 합리성 및 결과의 신뢰도가 중요하다.

본 과업 대상 교량에 대한 내하력 평가는 설계도서와 안전진단에서 도출된 사항을 고려하여 기본내하력을 평가하였고, 구조해석시 사용한 프로그램은 Windows기반의 Graphical User Interface(GUI)가 가능하고 모델링 및 결과 정리가 용이하여 최근 구조해석에 널리 이용되고 있는 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS/Civil을 사용하였다.

여주대교는 총연장 502.56m, 폭 17.5m로서 상부형식은 Steel Box 거더로 구성된 교량이다.

설계활하중은 DB-24로 현재 보유하고 있는 구조안전성 및 내하력을 평가하기 위해 도로교설계기준 및 콘크리트구조 설계기준을 적용하여 해석 결과와 재하시험에서 얻어진 결과를 대상교량의 구조안전성 및 내하력을 평가하였다.

6.1.1 구조해석 조건

가. 구조형식 및 제원

- 구조형식 : Steel Box Girder (Skew 90°)
- 연 장 : 502.0m (20.0m + 3@40.0m + 3@40.0m + 3@40.0m + 2@40.0m + 42.0m)
- 교량폭원 : 17.5m
- 교량등급 : 1등급(DB-24, DL-24)

나. 사용재료

◎ 콘크리트

- 설계강도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 25,000 \text{ MPa}$
- 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$

◎ 강재

- 주부재 : $SWS490B$
- 부부재 : $SWS400B$
- 탄성계수 : $E_s = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

◎ 철근(SD400)

- 항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$

◎ 허용응력

국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력(MPa, 도로교 설계기준 p3-11)

강종 관두께 (mm)	SS400, SM400 SMA400	SM490	SM490Y, SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	$140 : \frac{\ell}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82(\frac{\ell}{r} - 18.6) :$ $18.6 < \frac{\ell}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $92.8 < \frac{\ell}{r}$	$190 : \frac{\ell}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29(\frac{\ell}{r} - 16.0) :$ $16.0 < \frac{\ell}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $80.1 < \frac{\ell}{r}$	$215 : \frac{\ell}{r} \leq 15.1$ $210 - 1.5(\frac{\ell}{r} - 14) :$ $14 < \frac{\ell}{r} \leq 76$ $\frac{1,200,000}{4,500 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $76 < \frac{\ell}{r}$	$270 : \frac{\ell}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19(\frac{\ell}{r} - 13.4) :$ $13.4 < \frac{\ell}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $67.1 < \frac{\ell}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{\ell}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73(\frac{\ell}{r} - 19.4) :$ $19.4 < \frac{\ell}{r} \leq 97.0$	$175 : \frac{\ell}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15(\frac{\ell}{r} - 16.6) :$ $16.6 < \frac{\ell}{r} \leq 82.8$	$200 : \frac{\ell}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4(\frac{\ell}{r} - 15.5) :$ $15.5 < \frac{\ell}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $77.7 < \frac{\ell}{r}$	$250 : \frac{\ell}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07(\frac{\ell}{r} - 13.7) :$ $13.7 < \frac{\ell}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $68.6 < \frac{\ell}{r}$
75 초과 100 이하	$\frac{1,200,000}{7,300 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $97.0 < \frac{\ell}{r}$	$\frac{1,200,000}{5,300 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $82.8 < \frac{\ell}{r}$	$195 : \frac{\ell}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35(\frac{\ell}{r} - 15.8) :$ $15.8 < \frac{\ell}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $78.9 < \frac{\ell}{r}$	$250 : \frac{\ell}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96(\frac{\ell}{r} - 13.9) :$ $13.9 < \frac{\ell}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + (\frac{\ell}{r})^2} :$ $69.4 < \frac{\ell}{r}$

허용휨압축응력(MPa, 도로교 설계기준 p3-16)

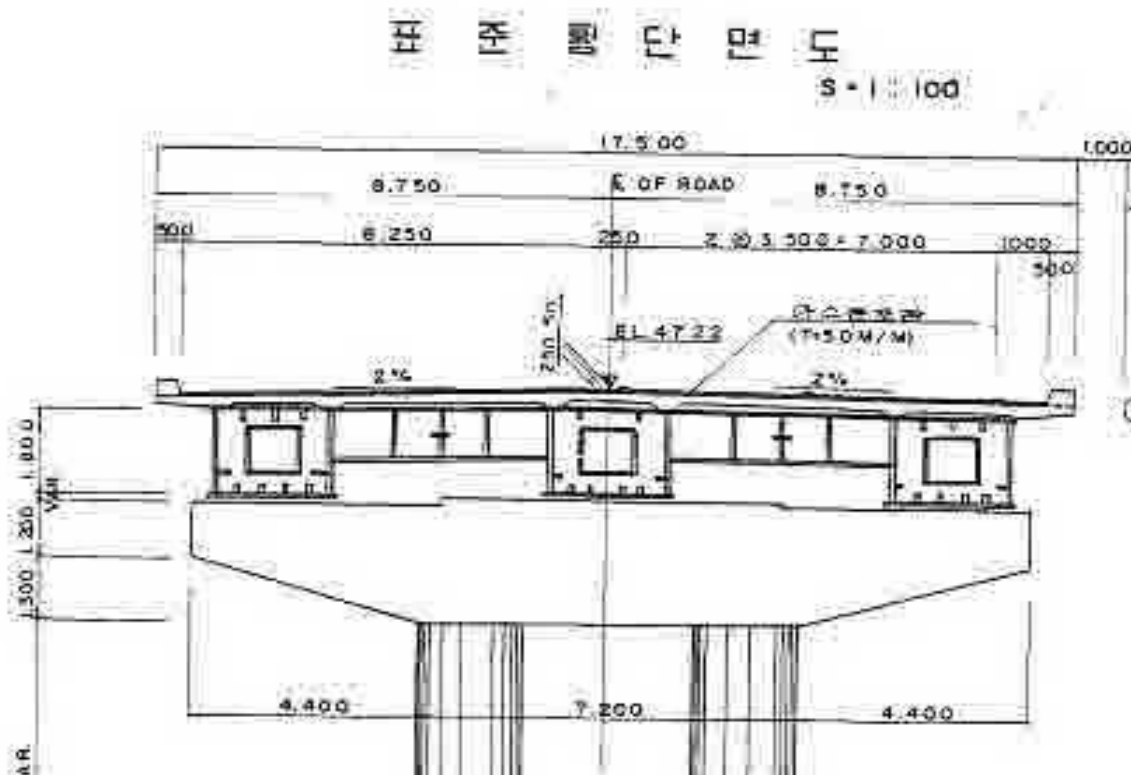
강종 판두께 (mm)		SS400, SM400 SMA41	SM490	SM490Y, SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{\ell}{b} \leq 4.5$ $140 - 2.49(\frac{\ell}{b} - 4.6) :$ $4.5 < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$190 : \frac{L}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{\ell}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{L}{b} \leq 30$	$215 : \frac{\ell}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{\ell}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$270 : \frac{\ell}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{\ell}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{\ell}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{\ell}{b} \leq 4.9$ $130 - 2.21(\frac{\ell}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$175 : \frac{\ell}{b} \leq 4.1$ $175 - 3.48(\frac{\ell}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$200 : \frac{\ell}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{\ell}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$260 : \frac{\ell}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{\ell}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{\ell}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하			$195 : \frac{\ell}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{\ell}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$250 : \frac{\ell}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{\ell}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{\ell}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{9.3}{k}$ $140 - 1.24(k\frac{\ell}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$190 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{8.0}{k}$ $190 - 1.95(k\frac{\ell}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$215 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{8.0}{k}$ $215 - 2.35(k\frac{\ell}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$270 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{6.7}{k}$ $270 - 3.32(k\frac{\ell}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{9.7}{k}$ $130 - 1.10(k\frac{\ell}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$175 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{8.3}{k}$ $175 - 1.74(k\frac{\ell}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$	$200 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{7.8}{k}$ $200 - 2.12(k\frac{\ell}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$250 : \frac{L}{b} \leq \frac{10}{k}$ $250 - 3.1(k\frac{L}{b} - 10) :$ $\frac{10}{k} < \frac{L}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하			$195 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{7.9}{k}$ $195 - 2.04(k\frac{\ell}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 27$	$250 : \frac{\ell}{b} \leq \frac{6.9}{k}$ $250 - 2.97(k\frac{\ell}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 25$
비 고		A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2) L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm) b : 압축플랜지 폭 (mm) $k = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

허용전단응력 및 허용지압응력 (MPa, 도로교설계기준 p3-18)

응력종류 \ 강 종		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58	
전단응력		40 이하	80	110	125	155
		40초과 75이하	75	100	115	150
		75초과 100이하			115	145`
지 압 응 력	강판과 강판사이의 지압응력	40 이하	210	285	325	405
		40초과 75이하	195	265	300	390
		75초과 100이하			295	375

다. 검토 단면

<그림 6.1.1>은 Steel Box 거더교의 단면제원 및 단면형상을 나타내었다.



<그림 6.1.1> 구조해석모델 단면제원

라. 기타

- 1) 사용프로그램 : MIDAS/Civil
- 2) 구조 검토방식 : Steel Box Girder = 허용응력설계법
바닥판 = 강도설계법
- 3) 참고문헌 : 도로교 설계기준

6.1.2 하중조건

가. 하중산정

1) 고정하중

- ① 합성 전 : 프로그램내 자동입력
- ② 합성 후

연석 및 난간 :	=	10.0
포장 : 0.05×23	=	1.15
계	=	11.15 kN/m

2) 활하중

- ① 설계차선

$$W_c = 16.5m$$

설계차선수 : 5차선

$$W = W_c / 5 = 16.5 / 5 = 3.3m < 3.6m \text{ (} W = 3.3m \text{마다 재하)}$$

3) 충격계수

$$\cdot i = \frac{15}{40 + L_1} = \frac{15}{40 + 40.0} = 0.1875 \quad (S8 \sim S10)$$

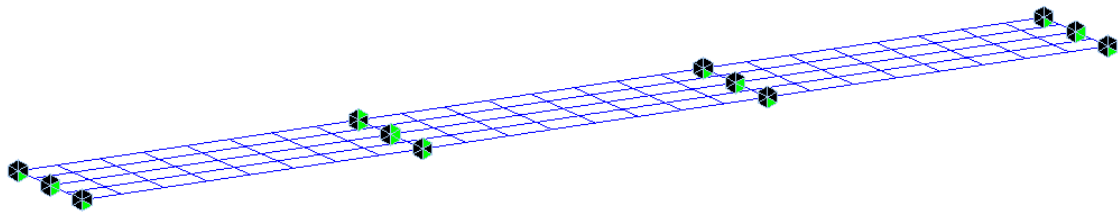
6.2 여주대교 구조검토

6.2.1 구조해석 모델링

구조해석은 설계도면을 바탕으로 분석하였으며, 본 교량은 콘크리트 바닥판과 강재 주형이 일체로 되어 있는 활하중 합성형 교량이다. 따라서 구조해석 모델은 시공단계 과정을 고려하여 강재 및 콘크리트의 자중을 하중으로 고려한 합성전 모델링과 콘크리트와 강재가 일체로 거동하는 합성후 모델링으로 나누어 합성전·후의 작용하중을 고려하였다.

재하시험에 따른 응답비 산정을 위하여 모델링을 실시하였으며, 사용된 구조해석 프로그램은 범용구조해석 프로그램인 MIDAS/Civil을 이용하였으며 【그림 6.2.1】에서와 같이 빔요소를 사용한 격자모델로 해석하였다.

가. 모델링



<그림 6.2.1> 구조해석 모델링도

6.2.2 구조해석 결과

가. 단면력 검토

설계하중인 DB-24하중 작용시 단면력을 검토하여 아래에 나타내었다.

1) 모멘트

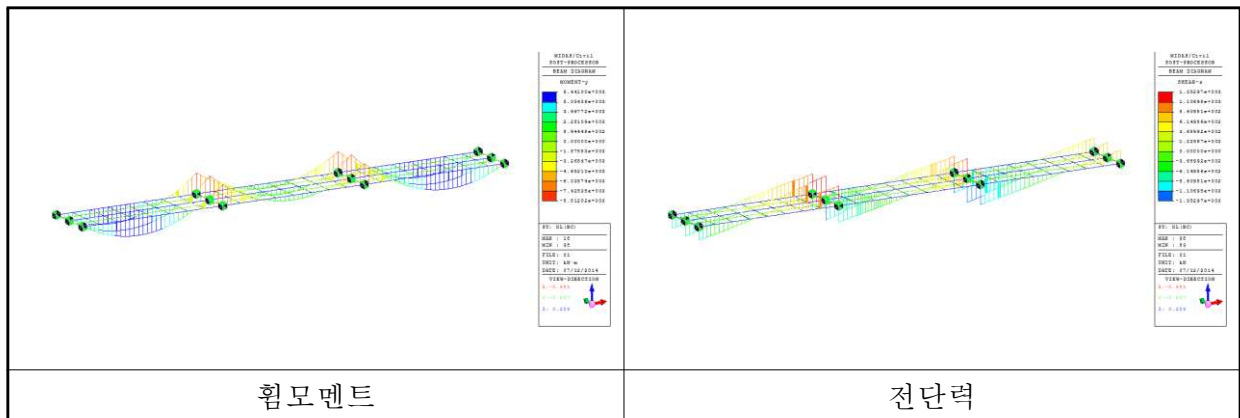
구분			정 모 멘 트 (kN-m)		부 모 멘 트 (kN-m)	비 고
			측 경 간	중 앙 경 간	지 점 부	
고 정 하 중	G1	합성 전	6272.88	1748.74	-7736.64	
		합성 후	1101.91	370.34	-1544.70	
	G2	합성 전	6441.00	1892.29	-8812.02	
		합성 후	1034.03	274.76	-1157.12	
활 하 중	G1		5976.63	4748.05	-5417.60	
	G2		6503.26	5155.61	-5979.02	
지 점 침 하	G1		409.74	272.42	-828.74	
	G2		429.22	286.19	-869.33	

2) 전단

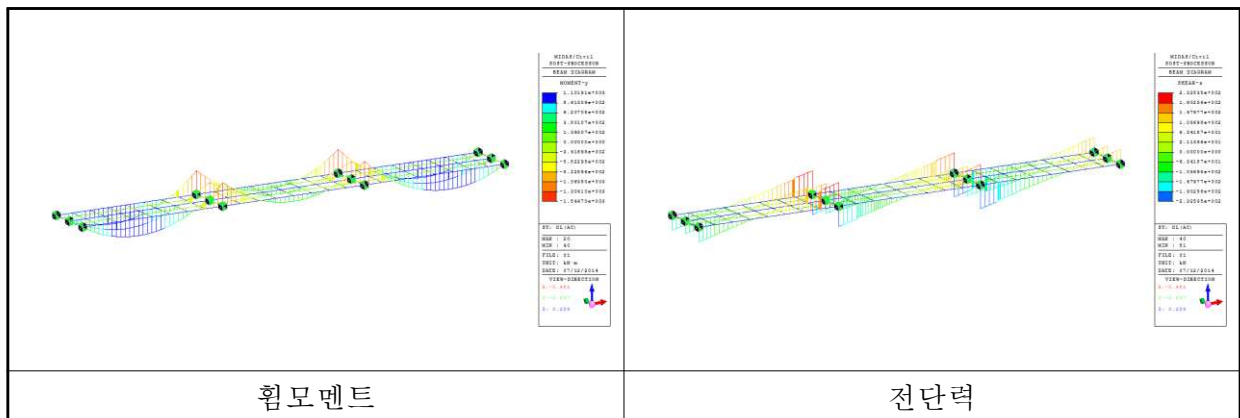
구분			전 단 (kN)	비 고
			지 점 부	
고 정 하 중	G1	합성 전	1136.33	
		합성 후	232.54	
	G2	합성 전	1352.97	
		합성 후	162.73	
활 하 중	G1		750.16	
	G2		875.32	
지 점 침 하	G1		41.43	
	G2		43.54	

나. 설계하중에 의한 단면력

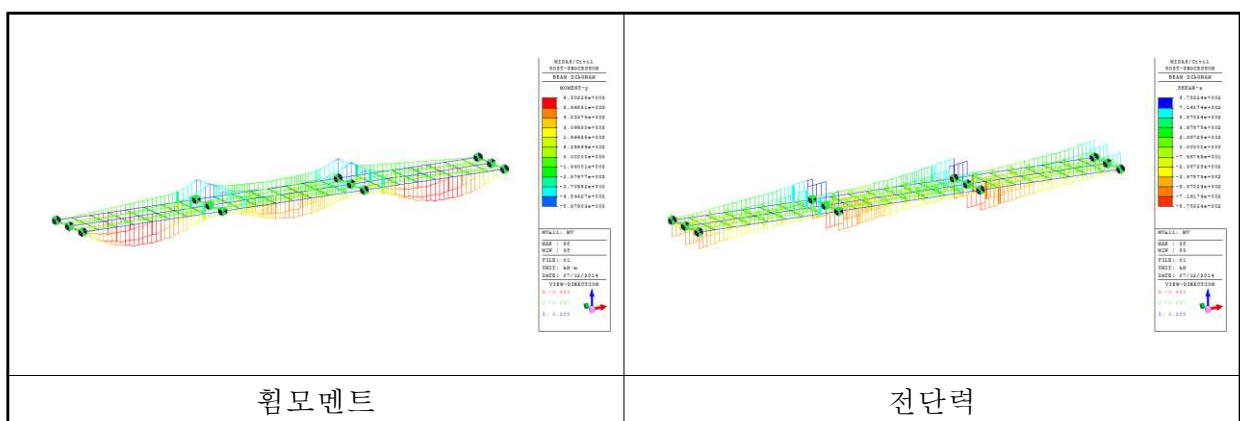
1) 고정하중(합성전)



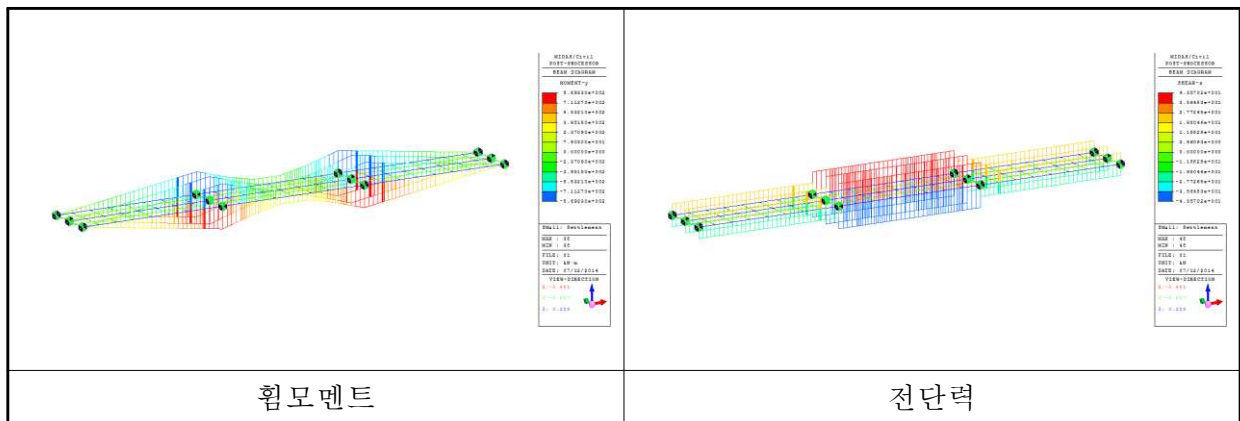
2) 고정하중(합성후)



3) 설계활하중



4) 지점침하



6.2.3 바닥판 검토

가. 단면력 검토

▷ 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ MPa} \quad f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \lambda = 1.00$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \phi_f = 0.85 \quad \phi_v = 0.75$$

$$p_{min} = \max(0.25\sqrt{f_{ck}/f_y}, 1.4/f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 67.264 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{계수 전단력 } V_u = 0.000 \text{ KN}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 250.000 \text{ mm}$$

$$\text{단면 폭 } B = 1000.000 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 210.000 \text{ mm}$$

$$\text{피복 두께 } D_c = 40.000 \text{ mm}$$

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\text{사용철근량} = H19 @ 150.00 \text{ mm} \quad (D_c = 40.00 \text{ mm})$$

$$= 1910.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00910$$

$$\text{공칭강도시 등가응력깊이 } a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 37.451 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 인장철근 변형률 } \epsilon_t = 0.01130 \geq 0.004 \dots \therefore \text{O.K}$$

$$\dots \text{여기서 } \epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1)$$

0.005 $\leq \epsilon_t$ 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$$\phi M_n = \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 124213700.000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= 124.214 \text{ KN}\cdot\text{m} \geq M_u = 67.264 \text{ KN}\cdot\text{m} \dots \therefore \text{O.K} \quad (S.F = 1.847)$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 $a = 19.365 \text{ mm}$ 로 가정

$$A_s = M_u / \{ \phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 987.608 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 19.365 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K}$$

$$P_{req} = [M_u / \{ \phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \}] / (B \cdot D) = 0.00470 \Rightarrow 4/3 P_{req} = 0.00627$$

$$\therefore \text{필요철근량 } req.A_s = P_{req} \times (B \cdot D) = 987.608 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량...O.K}$$

$$\text{철근비검토 : } P_{min} \leq P \quad \dots\dots \therefore \text{O.K}$$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$$M_o = 32.702 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (\text{사용하중 모멘트})$$

$$n = E_s / E_c = 200000 / \{ 0.077 \text{ mc}^{1.5} * \sqrt[3]{(F_{ck} + \Delta f)} \} = 8$$

$$p = A_s / (B \cdot D) = 0.00910$$

$$k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.316 \quad j = 0.895$$

$$x = k \cdot d = 66.274 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 5.252 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 91.116 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = f_s \cdot (H - D_{c_min} - x) / (D - x) = 91.116 \text{ MPa}$$

최외단철근 소요중심간격

$$s = \text{Min} [375 \cdot (210 / f_{st}) - 2.5C_c, 300 \cdot (210 / f_{st})] = 691.43 \text{ mm}$$

$$\dots\text{여기서..} C_c = d_{c_min} - \text{주철근 직경} / 2 = 30.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단철근 평균배근간격} = 150.00 \text{ mm} \leq 691.43 \text{ mm} \quad \dots\dots \therefore \text{O.K}$$

6.3 내하력 평가

6.3.1 개요

내하력평가지 허용응력법 및 강도설계법으로 내하력을 평가한다.

가. 허용응력법

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하여 하중계수를 각각 1.0으로 하며, 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 도로교설계기준에 의거하여 계산하였으며, 본 교량에서의 적용 활하중은 DB-24 및 DL-24이다.

허용응력법에 의한 교량부재의 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 내하율}(RF) = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

f_l = 활하중에 의한 응력

i = 설계기준에 의한 이론적 충격계수

이 내하율로 부터 교량부재의 공용내하력은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 공용내하력}(P) = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응력보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$\epsilon_{\text{계산}}(\epsilon_{\text{실측}})$ = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

$i_{\text{계산}}(i_{\text{실측}})$ = 설계기준에 의한 이론적인 충격계수 (실측 충격계수)

나. 강도설계법

강도설계법으로 내하율을 산정할 때의 하중조합으로는 $1.3D+2.15L(1+i)$ 을 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가 된다. 단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산한다.

교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다. 그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 내하율}(RF) = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 설계 모멘트 (RC·PC 구조물의 휨부재 = 0.85)

M_d = 고정하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 이론상의 충격계수

이 내하율로 부터 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\bullet \text{ 공용내하력}(P) = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응력보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

P_r = 설계 활하중

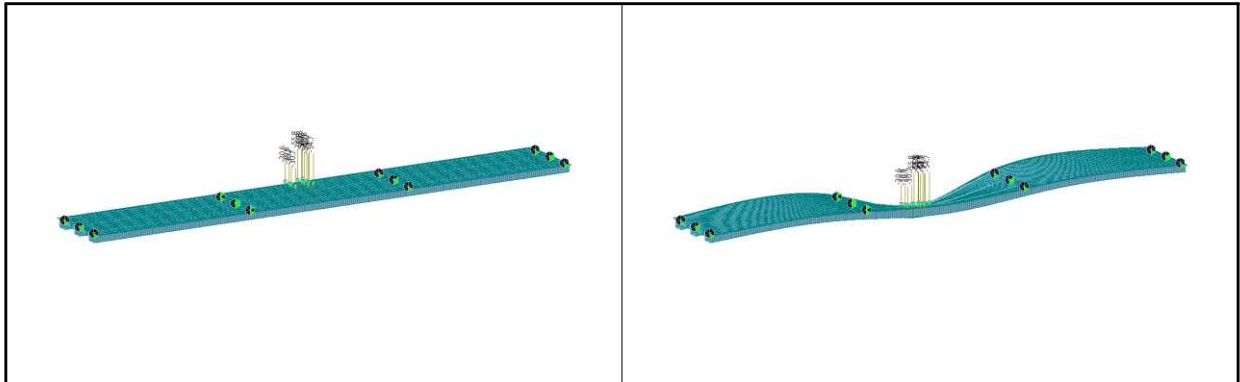
다. 기본내하력

구 분				설계강도(ΦM_n) 허용응력(f_a)	고정하중(M_d) 고정하중(f_d)	활하중 $M_L (1+i)$ 활하중 $f_L (1+i)$	기본내하율
슬래브				124.214 kN·m	3.582 kN·m	29.120 kN·m	1.469
주 형	G1	측경간 정모멘트부	상연	164.433 Mpa	82.252 Mpa	11.631 Mpa	7.066
			하연	190.000 Mpa	96.996 Mpa	68.274 Mpa	1.362
		지점부 부모멘트부	상연	190.000 Mpa	83.428 Mpa	37.957 Mpa	2.808
			하연	190.000 Mpa	87.678 Mpa	55.145 Mpa	1.856
		중앙경간 정모멘트부	상연	190.000 Mpa	19.037 Mpa	9.139 Mpa	18.707
			하연	190.000 Mpa	23.287 Mpa	46.494 Mpa	3.586
	G2	측경간 정모멘트부	상연	164.433 Mpa	83.834 Mpa	9.642 Mpa	8.359
			하연	190.000 Mpa	98.428 Mpa	73.262 Mpa	1.250
		지점부 부모멘트부	상연	190.000 Mpa	98.650 Mpa	43.724 Mpa	2.089
			하연	190.000 Mpa	95.031 Mpa	60.456 Mpa	1.571
		중앙경간 정모멘트부	상연	190.000 Mpa	20.262 Mpa	7.748 Mpa	21.907
			하연	190.000 Mpa	24.004 Mpa	49.83 Mpa	3.331

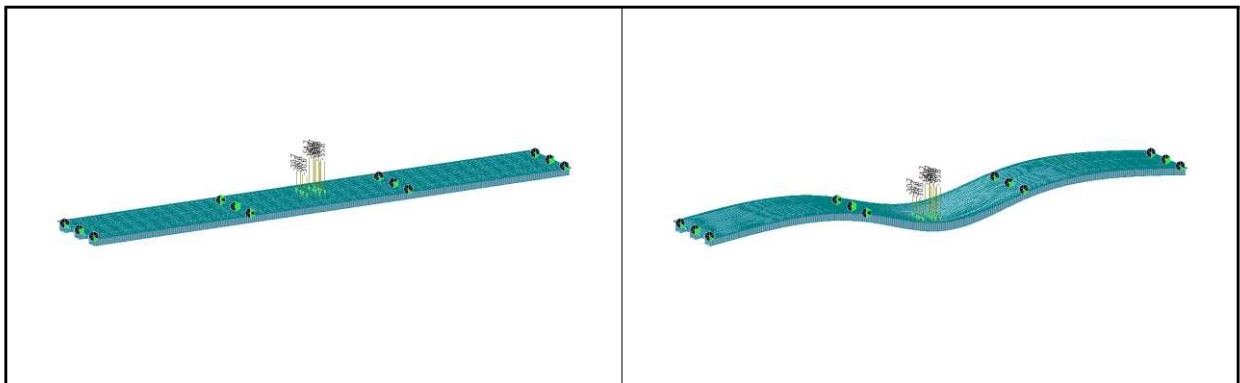
6.3.2 응답비 산정

가. 재하시험에 대한 구조 해석

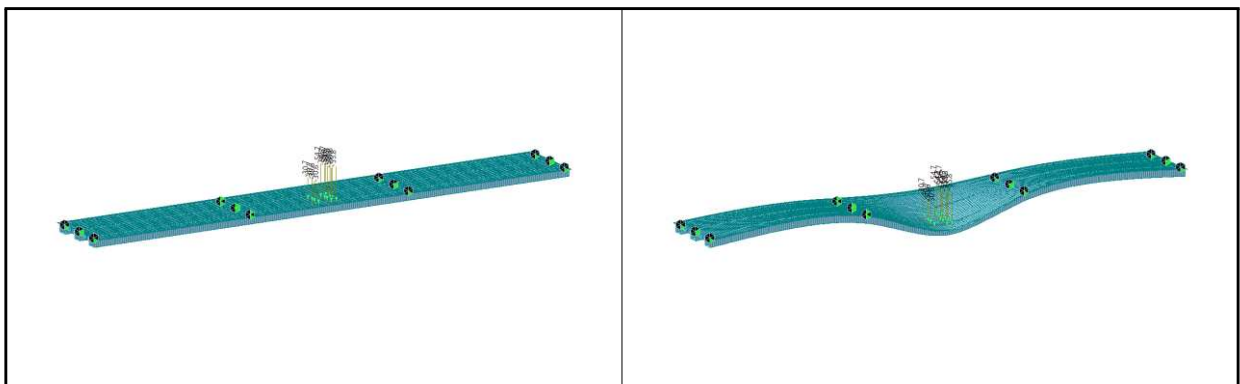
해석된 고유진동수와 실측된 가속도의 FFT 분석을 실시하여 얻은 고유진동수와 비교하여 볼 때 응답비 산정에 이용된 해석모델이 구조물의 동적특성을 적절히 반영된 것으로 판단된다. 아래 그림은 응답비 산정을 위한 해석모델링에 재하하중과 처짐을 나타낸 것이다.



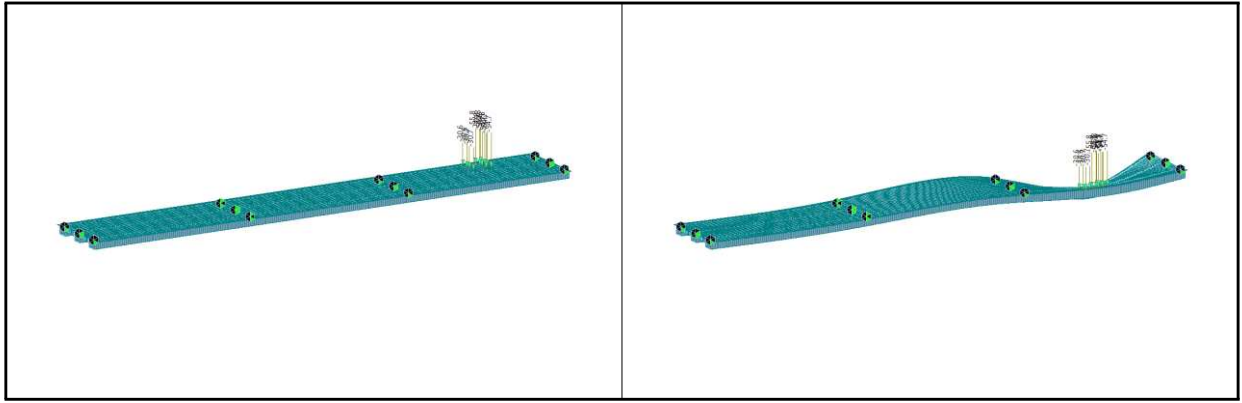
<그림 6.3.1> LC1 재하시 하중 및 처짐



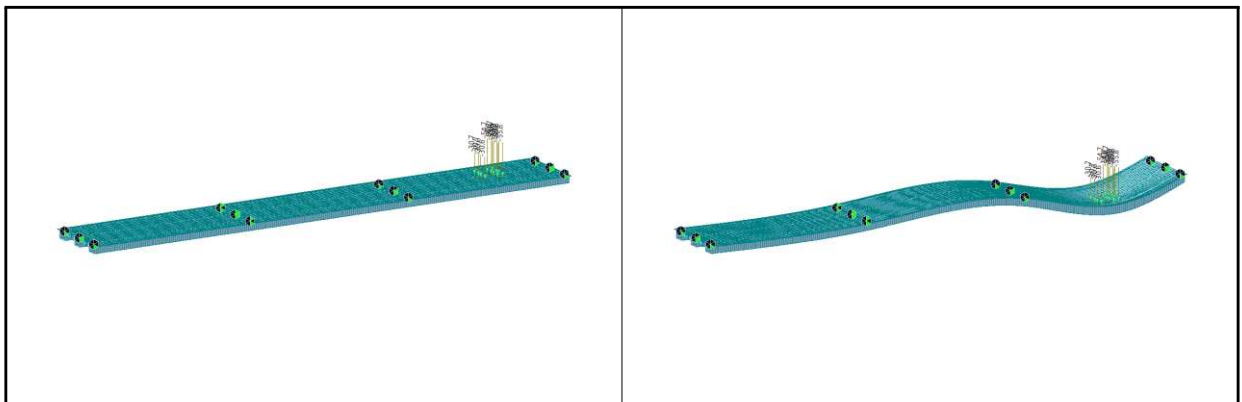
<그림 6.3.2> LC2 재하시 하중 및 처짐



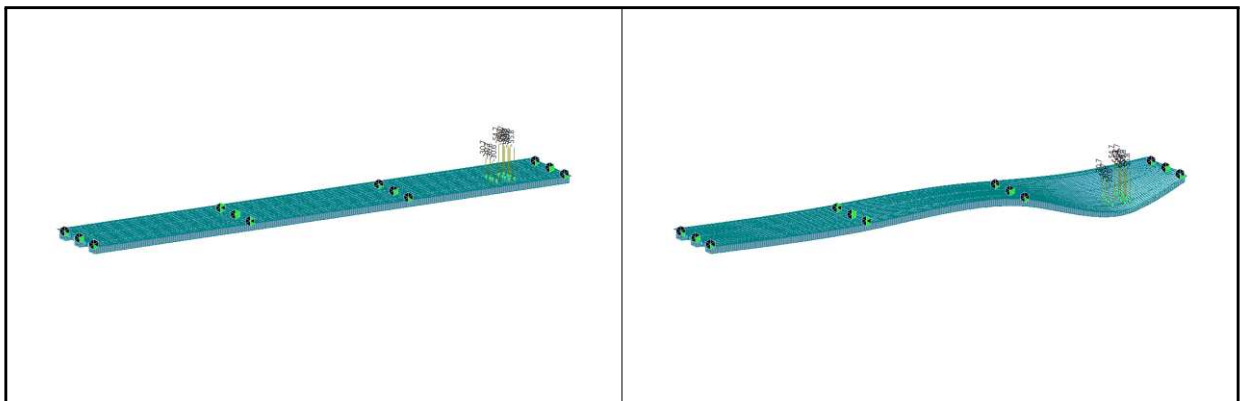
<그림 6.3.3> LC3 재하시 하중 및 처짐



<그림 6.3.4> LC4 재하시 하중 및 처짐



<그림 6.3.5> LC5 재하시 하중 및 처짐



<그림 6.3.6> LC6 재하시 하중 및 처짐

나. 응답비 산정

시험차량에 대한 해석결과 얻어진 처짐 및 변형률의 해석값을 현장재하시험시 획득된 측정값과 비교하여 응답비를 산출한 결과 응답비는 처짐의 경우 1.405과 1.559인 것으로 나타났다. 주형 변형률 응답비가 처짐에 비해 다소 편차가 큰 것으로 나타나 처짐에 의한 응답비를 사용하여 공용내하력을 산정한다.

<표 6.3.1> 처짐 응답비

(단위 :mm)

구 분			S9			S10		
			DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6
S9	L/C1	실측처짐	5.107	3.487	1.509	1.465	1.205	0.985
		이론처짐	9.331	5.622	2.393	2.251	1.757	1.286
		응답비	1.827	1.612	1.586	1.537	1.458	1.306
	L/C2	실측처짐	3.188	4.173	3.330	1.226	1.180	1.209
		이론처짐	5.178	6.918	5.193	1.761	1.752	1.764
		응답비	1.624	1.658	1.559	1.436	1.485	1.459
	L/C3	실측처짐	1.575	3.547	5.412	1.005	1.172	1.488
		이론처짐	2.393	5.622	9.331	1.286	1.757	2.251
		응답비	1.519	1.585	1.724	1.280	1.499	1.513
S9 최소응답비			KS = 1.559			-		
S10	L/C4	실측처짐	1.282	1.127	0.976	6.300	3.967	1.859
		이론처짐	2.282	1.784	1.304	9.875	5.793	2.220
		응답비	1.780	1.583	1.336	1.567	1.460	1.194
	L/C5	실측처짐	1.063	1.050	1.061	3.659	4.627	3.811
		이론처짐	1.785	1.778	1.787	5.338	7.113	5.355
		응답비	1.679	1.693	1.684	1.459	1.537	1.405
	L/C6	실측처짐	0.960	1.130	1.288	1.496	3.958	6.994
		이론처짐	1.304	1.784	2.282	2.220	5.793	9.875
		응답비	1.358	1.579	1.772	1.484	1.464	1.412
S10 최소응답비			-			KS = 1.405		

응답비는 하중이 직접적으로 재하되지 않은 곳에서 응답비가 작게 측정된 부분은 제외하고 하중이 근접하게 재하된 부분에서 최소응답비를 산정하였다.

다. 응답보정계수 산정

응답보정계수 산정시 주형은 최대 응답을 나타낸 처짐 값을 적용하였으며 바닥판 슬래브는 안전성을 고려하여 응답비를 1.00으로 적용하여 동적재하시험 결과인 실측최대 충

격계수를 적용하였다.

$$\text{처짐보정계수 } K_S = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} = 1.405 \times \frac{1.188}{1.178} = 1.300(\text{주형})$$

$$\text{응력보정계수 } K_S = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} = 1.0 \times \frac{1.188}{1.178} = 1.008(\text{슬래브})$$

6.3.3 내하력 평가

대상교량에 대한 내하력을 허용응력법 및 강도설계법에 따라 평가한 결과, 주형 및 바닥판슬래브의 기본내하력 및 공용내하력은 설계내하력인 DB-24이상을 확보하고 있는 것으로 나타났으며, <표 6.3.2>에 허용응력법 및 강도설계법에 의한 공용내하력을 산정하였다.

<표 6.3.2> 공용내하력평가 결과

구 분			기본내하율	설계하중	보정계수	공용내하력
슬래브			1.469	DB-24	1.008	35.538
주형	G1	측경간 정모멘트부	1.362	DB-24	1.417	46.319
		지점부 부모멘트부	1.856	DB-24	1.417	63.119
		중앙경간 정모멘트부	3.586	DB-24	1.417	121.953
	G2	측경간 정모멘트부	1.250	DB-24	1.417	42.510
		지점부 부모멘트부	1.571	DB-24	1.417	53.427
		중앙경간 정모멘트부	3.331	DB-24	1.417	113.281

제7장 종합평가

7.1 상태평가

7.2 안전성 평가

7.3 종합평가

제7장 종합평가

7.1 상태평가

7.1.1 상태평가 등급기준

상태평가기준의 구성요소는 시설물의 육안조사에 의한 외관상태 항목과 함께 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목도 포함되어 있다.

상태평가등급 기준은 다음 표를 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표7.1.1> 상태평가등급 기준

상태평가 등 급	상태 및 안전성	비고
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	

7.1.2 여주대교 상태평가 결과

<표7.1.2> 여주대교 상태평가 결과

경간 번호	형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간	지점 번호	신축	받침	하부	기초	탄산화 (상부)	탄산화 (하부)	염화물 (상부)	염화물 (하부)
S1	강거더	b 0.2	b 0.2	a 0.1	b 0.2	c 0.4	b 0.2	A1	c 0.4	a 0.1	c 0.4	Q	a 0.1	a 0.1	X	X
S2	강거더	b 0.2	b 0.2	b 0.2	a 0.1	a 0.1	c 0.4	P1	X	b 0.2	c 0.4	Q	X	X	X	X
S3	강거더	b 0.2	b 0.2	a 0.1	a 0.1	a 0.1	b 0.2	P2	X	b 0.2	b 0.2	c 0.4	X	X	X	X
S4	강거더	b 0.2	b 0.2	b 0.2	a 0.1	a 0.1	b 0.2	P3	X	b 0.2	c 0.4	c 0.4	X	a 0.1	X	X
S5	강거더	c 0.4	c 0.4	b 0.2	a 0.1	a 0.1	c 0.4	P4	c 0.4	b 0.2	c 0.4	c 0.4	a 0.1	X	X	X
S6	강거더	b 0.2	c 0.4	b 0.2	a 0.1	a 0.1	c 0.4	P5	X	a 0.1	c 0.4	c 0.4	X	X	X	X
S7	강거더	b 0.2	b 0.2	b 0.2	b 0.2	c 0.4	c 0.4	P6	X	a 0.1	c 0.4	c 0.4	X	X	X	X
S8	강거더	b 0.2	c 0.4	b 0.2	a 0.1	a 0.1	b 0.2	P7	c 0.4	b 0.2	b 0.2	c 0.4	X	a 0.1	X	a 0.1
S9	강거더	c 0.4	b 0.2	b 0.2	a 0.1	a 0.1	b 0.2	P8	X	b 0.2	c 0.4	c 0.4	X	X	X	X
S10	강거더	c 0.4	c 0.4	b 0.2	a 0.1	c 0.4	b 0.2	P9	X	b 0.2	c 0.4	Q	a 0.1	X	X	a 0.1
S11	강거더	b 0.2	b 0.2	b 0.2	b 0.2	a 0.1	c 0.4	P10	c 0.4	b 0.2	b 0.2	Q	X	X	X	X
S12	강거더	b 0.2	b 0.2	a 0.1	a 0.1	a 0.1	b 0.2	P11	X	a 0.1	c 0.4	Q	X	X	X	X
S13	강거더	c 0.4	b 0.2	a 0.1	a 0.1	c 0.4	c 0.4	P12	X	a 0.1	c 0.4	Q	X	X	a 0.1	X
								A2	c 0.4	a 0.1	b 0.2	Q	X	X	X	a 0.1
평균		0.262	0.262	0.169	0.123	0.192	0.292		0.400	0.157	0.343	0.400	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2		9	9	13	7	2	2	2	1
(평균x가중치) /가중치 합		0.047	0.052	0.008	0.009	0.006	0.006		0.036	0.014	0.045	0.028	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =									0.258							
2. 상태평가 결과 =									B							

등급	A	B	C	D	E
결함도범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$
상태평가 등급	- 결함도 점수 : 0.258 상태평가 등급 : B등급				

교량 상태등급 산정결과 교량전체 상태평가점수는 0.258로 산정되어 대상교량의 상태평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다.

7.2 안전성평가

7.2.1 안전성평가 등급 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

<표 7.2.1> 구조물의 안전성 평가기준

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

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

7.2.2 안전성평가 등급 결과

안전성평가등급	A 등급 (SF 1.107 > 1.0)
강재주거터	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{190.000}{171.689} = 1.107 > 1.0$

7.3 종합평가

7.3.1 종합평가 등급 기준

교량에 대한 종합평가는 앞에서 설정한 기준에 의해 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. <표 7.3.1>은 상태평가 및 안전성 평가 결과가 동시에 반영되는 종합평가기준에 따른 교량의 상태 및 안전성이다.

<표 7.3.1> 종합평가등급 기준

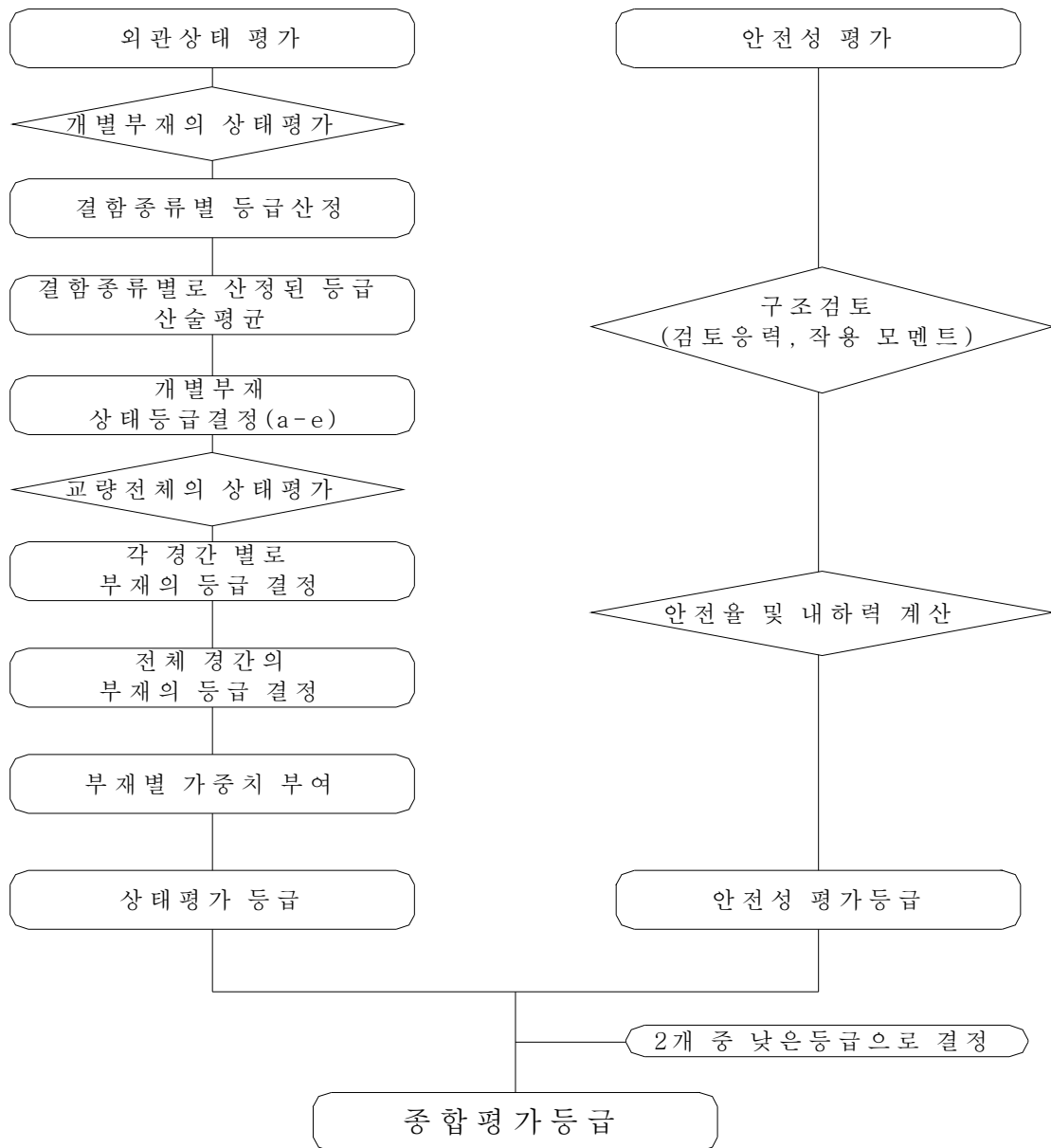
종합등급	상태 및 안전성	비 고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

7.3.2 종합평가 등급 산정절차

외관조사에 따른 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 등급, 안전성평가 등급)

종합평가 등급의 산정흐름도는 <그림7.3.1>에 나타내었다.



<그림 7.3.1> 종합평가 등급의 산정흐름도

7.3.3 종합평가 등급 결과 및 기존 평가결과 비교

외관조사에 따른 상태평가 등급(B등급)과 안전성 검토에 근거한 안전성평가 등급(A등급) 중 낮은 등급을 종합평가등급으로 결정

구 분	09년 정밀안전진단	13년 정밀점검	14년 정밀안전진단
상태평가 등급	0.207 B등급	0.249 B등급	0.258 B등급
안전성평가 등급	SF 1.24>1.0 A등급	-	SF 1.107>1.0 A등급
종합평가 등급	B등급	B등급	B등급

제8장 보수·보강 방안 및 유지관리방안

8.1 보수·보강 방안 및 개략공사비

8.2 유지관리 방안

제8장 보수·보강방안 및 유지관리 방안

8.1 보수·보강 방안 및 개략공사비

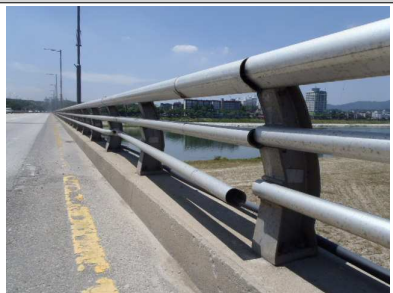
8.1.1 단기보수 개략공사비

<표 8.1.1> 우선순위 보수·보강 개략공사비

점검 부위	손상내용	단위	보수 수량	단가	금액(원)	보수공법	우선 순위
배수	배수구 막힘	개소	2.0	20,000	40,000	청소	1
	그레이팅 유실	개소	1.0	10,000	10,000	재설치	1
	배수관 파손	개소	1.0	20,000	20,000	부분교체	1
	배수관 탈락	개소	1.0	200,000	200,000	재설치	1
연석 난간	난간 지주 탈락	개소	2.0	400,000	800,000	재설치	1
	난간연결부 체결불량	개소	7.0	400,000	2,800,000	재설치	1
	난간 변형 및 파손	m	23.0	250,000	5,750,000	재설치	1
교대	철근노출	m ²	1.49	200,000	298,000	단면보수(방청)	1
순공사비(원)					9,918,000		

8.1.2 주요보수부위

<사진 8.1.1> 주요보수 부위

배수관 탈락	강재난간 파손, 변형	교대 콘크리트 박락, 철근노출
		
재설치	재설치	단면보수(방청)

8.1.3 전체보수 개략공사비

<표 8.1.2> 보수·보강 개략공사비

점검 부위	손상내용	단위	보수 수량	단가	금액(원)	보수공법	우선 순위
포장	포장패임, 포트홀, 파손	m ²	5.59	40,000	223,600	아스팔트 패칭	2
배수	배수구 막힘	개소	2.0	20,000	40,000	청소	1
	그레이팅 유실	개소	1.0	10,000	10,000	재설치	1
	배수관 파손	개소	1.0	20,000	20,000	부분교체	1
	배수관 탈락	개소	1.0	200,000	200,000	재설치	1
연석 난간	균열(0.3mm미만)	m ²	12.6	40,000	504,000	표면처리	2
	균열(0.3mm이상)	m	16.8	50,000	840,000	주입보수	2
	박리, 파손	m ²	48.46	160,000	7,753,600	단면보수	2
	난간 지주 탈락	개소	2.0	400,000	800,000	재설치	1
	난간연결부 체결불량	개소	7.0	400,000	2,800,000	재설치	1
	난간 변형 및 파손	m	23.0	250,000	5,750,000	재설치	1
신축 이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m ²	3.6	40,000	144,000	표면처리	3
	후타재 균열(0.3mm이상)	m	75.3	50,000	3,765,000	주입보수	2
	유간토사 퇴적	m ²	1.65	20,000	33,000	청소	2
	후타재 파손, 마모	m ²	37.7	160,000	6,032,000	단면보수	2
	차수판 미설치	m ²	1.0	150,000	150,000	재설치	2
	하부 철판 유실	m ²	2.0	150,000	300,000	재설치	2
바닥판 하면	균열(0.3mm 미만)	m ²	179.1	40,000	7,164,000	표면처리	2
	균열 및 백태	m ²	0.7	40,000	28,000	표면처리	3
	누수흔적 및 오염	m ²	1,104.0	40,000	44,160,000	표면처리	3
	재료분리, 박락, 박리	m ²	0.6	160,000	96,000	단면보수	3
	부식	m ²	1.0	60,000	60,000	재도장	3
강재 거더 (외부)	Notch 미시공	개소	1.0	-	-	주의관찰	4
	도장손상	m ²	1,133.8	60,000	68,028,000	재도장	2
	볼트탈락	개소	1.0	-	-	주의관찰	4
	볼트체결불량	개소	1.0	-	-	주의관찰	4
	강재변형	m	3.9	-	-	주의관찰	4
강재 거더 (내부)	도장손상	m ²	673.3	60,000	40,398,000	재도장	2
	강재변형	m	8.1	-	-	주의관찰	4
	내부 점검등 불량	개소	60.0	-	-	주의관찰	4
	페콘크리트, 이물질 적치	m ²	26.03	30,000	780,900	청소	3
	용접불량	개소	1.0	-	-	주의관찰	4
	누수흔적	m ²	4.92	-	-	주의관찰	4
	비트면 불량	개소	2.0	-	-	주의관찰	4

<표 8.1.2> 보수·보강 개략공사비(계속)

점검 부위	손상내용	단위	보수 수량	단가	금액(원)	보수공법	우선 순위
가로보	도장박락, 볼트부식	m ²	27.95	60,000	1,677,000	재도장	2
교대	재균열, 균열(0.3mm미만)	m ²	2.38	40,000	95,200	표면처리	2
	누수흔적, 열화	m ²	40.0	40,000	1,600,000	표면처리	3
	들뜸, 박락	m ²	0.49	160,000	78,400	단면보수	3
	철근노출	m ²	1.49	200,000	298,000	단면보수(방청)	1
	법면 보호블럭 유실	m ²	12.0	-	-	주의관찰	4
	폐콘크리트, 이물질 적치	m ²	12.59	30,000	377,700	청소	3
교각	균열(0.3mm미만)	m ²	21.55	40,000	862,000	표면처리	2
	균열(0.3mm이상)	m	16.5	50,000	825,000	주입보수	2
	망상균열	m ²	54.68	40,000	2,187,200	표면처리	2
	들뜸, 박리, 파손	m ²	2.52	160,000	403,200	단면보수	2
	재료분리	m ²	1.0	160,000	160,000	단면보수	2
	철관 보강부 도장박락	m ²	0.84	-	-	주의관찰	4
	백태, 누수흔적 및 열화	m ²	15.54	40,000	621,600	표면처리	3
교량 받침	플레이트 부식	개소	52.0	60,000	3,120,000	재도장	3
	몰탈균열(0.3mm미만)	m	0.8	-	-	주의관찰	4
순위별 공사비		1순위			9,918,000		
		2순위			141,400,800		
		3순위			51,066,600		
		4순위			주의관찰		
순공사비					202,385,400		
제경비 (순공사비×50%)					101,192,700		
개략공사비(원)					303,578,100		

※ 세부적인 보수공사 내역은 보수공사 설계시 확정하여야 하며 예산범위 내에서 보수 우선 순위에 따라 보수공사가 시행되어야 한다.

8.2 유지관리 방안

8.2.1 여주대교 유지관리방안

여주대교에 대한 정밀안전진단 결과에 따라 본 장에서는 향후 실시할 점검 및 정밀안전진단시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여 수행하여야 할 중점 유지관리 항목을 설정하여 제시하였다.

<표 8.2.1> 여주대교 유지관리방안

구 분	유 지 관 리 방 안
교면포장	· 전반적으로 포장면의 노후화가 진행 중이므로 지속적인 일상점검이 필요함.
	· 주요 점검항목 - 공통 : 포트홀, 균열 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 접속도로 침하 - 배수구 주변 : 이물질 및 토사퇴적
신축장치	· 본체는 전반적으로 양호한 상태이나 후타재 균열 및 마모, 동절기시 신축이음 과다유간 점검 및 확인이 필요함.
	· 주요 점검항목 - 본체 : 충격음, 본체유동 및 파손, 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적, 방수제(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 구조물 경계부 포장침하로 인한 단차, 콘크리트 품질불량·열화에 의한 균열·파손, 단차·충격에 의한 후타재 균열·파손
난간, 연석	· 연석의 경우 일부 균열 발생 및 제설제에 의한 표면 박리가 조사되었으므로 지속적인 점검 및 관리가 필요함
	· 난간에 차량 충돌에 의한 파손이 발생되었으므로 보수 및 교체가 필요함. · 주요 점검항목 - 연석 : 균열, 파손 - 방호벽, 난간 : 충격변형, 파손
배수시설	· 배수구 주변 토사퇴적 및 체수가 발생된 상태로 유지관리 차원에서 보수를 요함.
	· 주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
바닥판	· 균열 및 재료분리, 누수흔적 등의 국부적인 손상에 대하여 정기적인 일상점검이 필요하며, 유지관리 차원에서 보수를 요함.
	· 주요 점검항목 - 균열, 박락 - 백태, 변색, 열화 - 철근노출 및 부식 - 재료분리

<표 8.2.1> 유지관리방안(계속)

구 분		유 지 관 리 방 안
거더 / 가로보		거더 내·외부 도장손상에 대한 보수계획 수립이 필요한 상태이며 박리 등 국부적인 손상에 대하여 정기적인 일상점검이 필요하며, 유지관리차원에서 보수를 요함.
		- 주요 점검항목 - 용접부 균열, 부식, 도장박리, 볼트 체결부 부식, 이완
받침장치		전반적으로 양호한 상태이며 정기적인 일상점검이 필요함.
		- 주요 점검항목 - 가동받침의 신축유간 부족, 가동받침 전·후방의 가동장에 요소, 받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기상태, 가동면 부식, 신축유간 부족, 연단거리 부족 - 받침 모르터 : 균열 및 파손
하 부 구 조	교 대	- 신축이음장치 교체시 시공미흡으로 인해 교대 두부 폐콘크리트 적치 및 흠벽 파손 및 철근노출이 조사된 바 보수 및 청소등의 관리가 필요함. - 균열 등의 손상이 국부적으로 발견되었으나 규모나 형태로 보아 비구조적인 손상으로 판단되며 유지관리 차원에서 보수를 요함.
		- 주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 두부 : 두부 물고임, 받침부 균열 및 파손, 두부와 흠벽 경계부 균열, 거더와 흠벽 신축유간 부족 - 벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
		균열 등의 손상이 국부적으로 발견되었으나 규모나 형태로 보아 비구조적인 손상으로 판단되며 유지관리 차원에서 보수를 요함.
	교 각	- 주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태 - 두부 : 받침부 하부 균열 및 파손 - 구체 : 시공이음부 균열, 이동 또는 기울음, 수면접촉부 침식
		균열 등의 손상이 국부적으로 발견되었으나 규모나 형태로 보아 비구조적인 손상으로 판단되며 유지관리 차원에서 보수를 요함.
	기 초	- 금번 진단시 2013년 정밀점검 수중조사 결과를 반영하여 상태평가를 실시함. - 전차 점검이후 보수는 시행되지 않은 것으로 판단되며 향후 기초부에 대한 수중조사를 실시하여 비교 평가하여 손상의 진전유무를 확인후 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수가 필요함.

제9장 종합결론

9.1 외관조사 결과

9.2 내구성 조사 결과

9.3 종합평가

9.4 종합결론

제9장 종합결론

9.1 외관조사 결과

금회 정밀안전 진단 외관조사 결과,

포장면 아스콘 마모, 강재난간 파손 및 탈락, 콘크리트 연석 균열 및 경미한 표면박리, 신축이음부 후타재 균열 및 마모, 바닥판 하면 켄틸레버부 전반적 균열 및 누수흔적, 강재거더 외부·내부 전반적인 도장박리와 부식, 하부구조 균열 및 국부적인 박락, 교량받침 플레이트 부식 등의 손상이 조사되었으며, 발생한 손상은 교량의 안전성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 교량의 사용성 및 내구성 차원의 보수가 일부 필요한 것으로 판단된다.

강재거더 외부·내부에 전반적인 도장박리와 부식이 진행중이므로 부분적인 보수보다는 전반적 재도장이 필요할 것으로 판단되며, 포장면은 공용기간 경과에 따른 라벨링 현상이 발생되고 있으므로 주의관찰이 요구된다.

강재난간은 차량 충돌시 인명피해방지 목적이 있으며 현재 손상부위에 추가 손상이 발생시 난간의 역할을 기대할 수 없으므로 파손 및 기타 손상부위는 교체를 실시하여 안전사고 예방에 최선을 다하여야 할 것으로 판단된다.

전차 점검결과와 비교시 손상의 진전유무 확인 결과 거더 외부 및 내부의 손상이 진행중인 것으로 확인 되었으며 그 외 의 추가된 손상은 신규 손상이 아닌 전차 점검시 누락부분인 것으로 확인되었다.

9.2 내구성 조사결과

9.2.1 콘크리트 강도시험

반발경도법 및 초음파속도에 의한 콘크리트 압축강도시험을 실시 조합법으로 평가한 결과 상부구조 31.8~42.3MPa, 하부구조 29.4~36.4MPa로서 설계강도(상부 27.00MPa, 하부 21.0MPa)를 만족하는 건전한 상태로 판단된다.

9.2.2 탄산화 시험

페놀프탈레인용액을 이용하여 탄산화 시험을 실시한 결과 4.5mm~12.5mm로서 측정된 각 부재별 탄산화 깊이는 탄산화 잔여깊이 30.0mm이상으로 탄산화에 따른 철근부식 등의 내구성 저하가 없는 안전한 상태로 판단된다.

9.2.3 철근탐사 시험

철근배근탐사를 실시한 결과 설계치를 만족하는 양호한 상태로 판단된다.

9.2.4 균열깊이 측정

바닥판 하면 캔틸레버의 균열부(균열폭 0.2mm)는 초음파에 의한 깊이측정 결과 12.1mm로 측정되었으며 교각 균열부(균열폭 0.3mm)는 초음파에 의한 깊이측정 결과 34.04mm로 측정되어 균열의 깊이는 피복두께 이내인 것으로 측정되었다.

9.3 종합평가

외관조사, 구조해석, 재하시험 및 내하력 평가를 수행한 결과 종합평가는 B등급으로 평가 되었으며 여주대교는 설계하중(DB-24) 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

상태평가 등급	$0.13 \leq 0.258 < 0.26$ B등급
안전성 평가 등급	SF 1.107 > 1.0 A등급
종합평가 등급	B등급

9.4 종합결론

본 정밀안전진단 대상 교량인 여주대교의 상부형식은 STEEL BOX GIRDER 이며, 1996년에 준공되어 약18년이 경과된 시설물이다.

여주대교의 정밀안전진단 결과, 외관조사, 비파괴조사 및 내하력 평가를 통한 종합평가 결과 B등급으로 주부재에 구조적인 문제점은 없는 상태이므로, 금번 진단시 조사된 손상에 대한 보수 및 지속적 관리가 이루어 진다면 교량의 사용성 및 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

또한, 시설물의 안전관리에 관한 특별법령에 의해 추후 정밀점검 및 진단은 기 점검 및 진단결과와 안전등급에 따라 실시시기를 정하여야 하며 여주대교의 추후 정밀점검은 2015년에 정밀점검을 실시하여 관리하는 것이 바람직하다.