

11. 원주JCT Ramp-B교

제 1 장 서 론

제 2 장 외관조사

제 3 장 내구성조사

제 4 장 재하시험 및 내하력평가

제 5 장 상태평가 및 안전성평가

제 6 장 보수 및 유지관리 방안

제 7 장 종 합 결 론



제 1 장 서 론



1.1 교량현황

1.2 전경사진

1.3 관련도면

1.4 기 안전점검 결과



제 1 장 서 론

1.1 교량 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		원주JCT Ramp-B교		설계하중	DB-24, DL-24	
위 치	공사이정	STA.0+955.000~STA.1+115.000		종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER				
	연장	L= 50+60+50 = 160m		교 폭		B=12.770m
하부 구조	교각	T형		기초 형식	교 각	말뚝기초
	교대	역T형			교 대	말뚝기초
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)5.6971% ~ (+)0.0500%		평면선형	클로소이드 + 곡선 (R=175)	

1.2 전경사진



측면 전경



교명판 전경



교면포장 전경



바닥판하면 전경



하부 전경



배수시설 전경



굴절차 점검



굴절차 점검

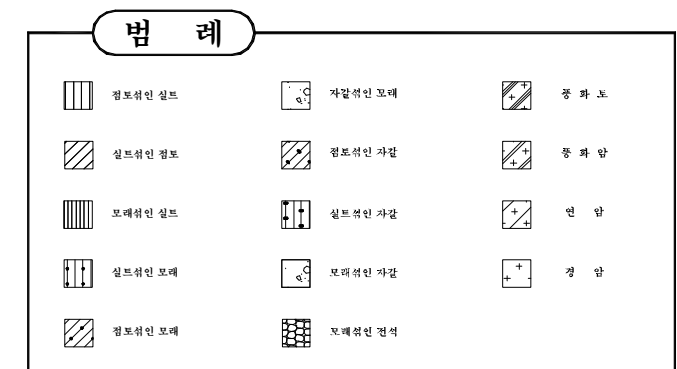
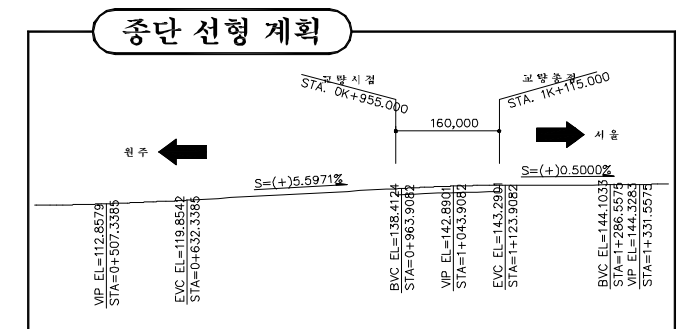
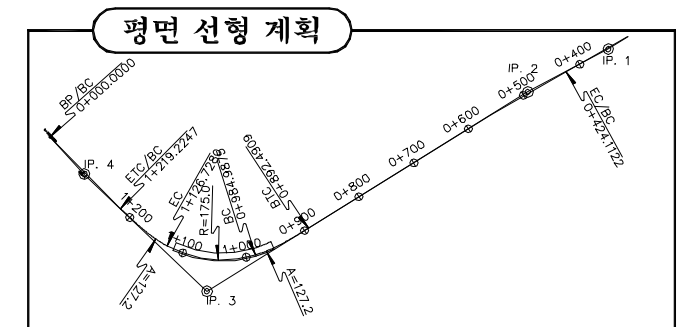
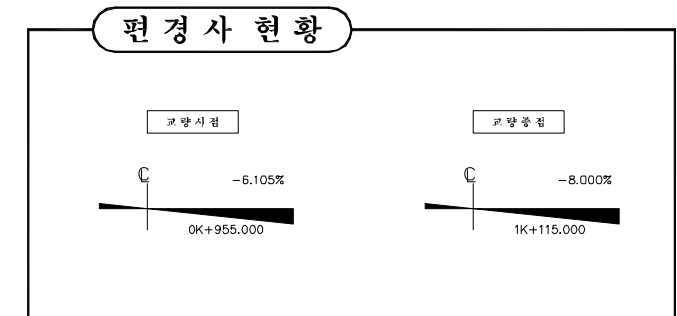
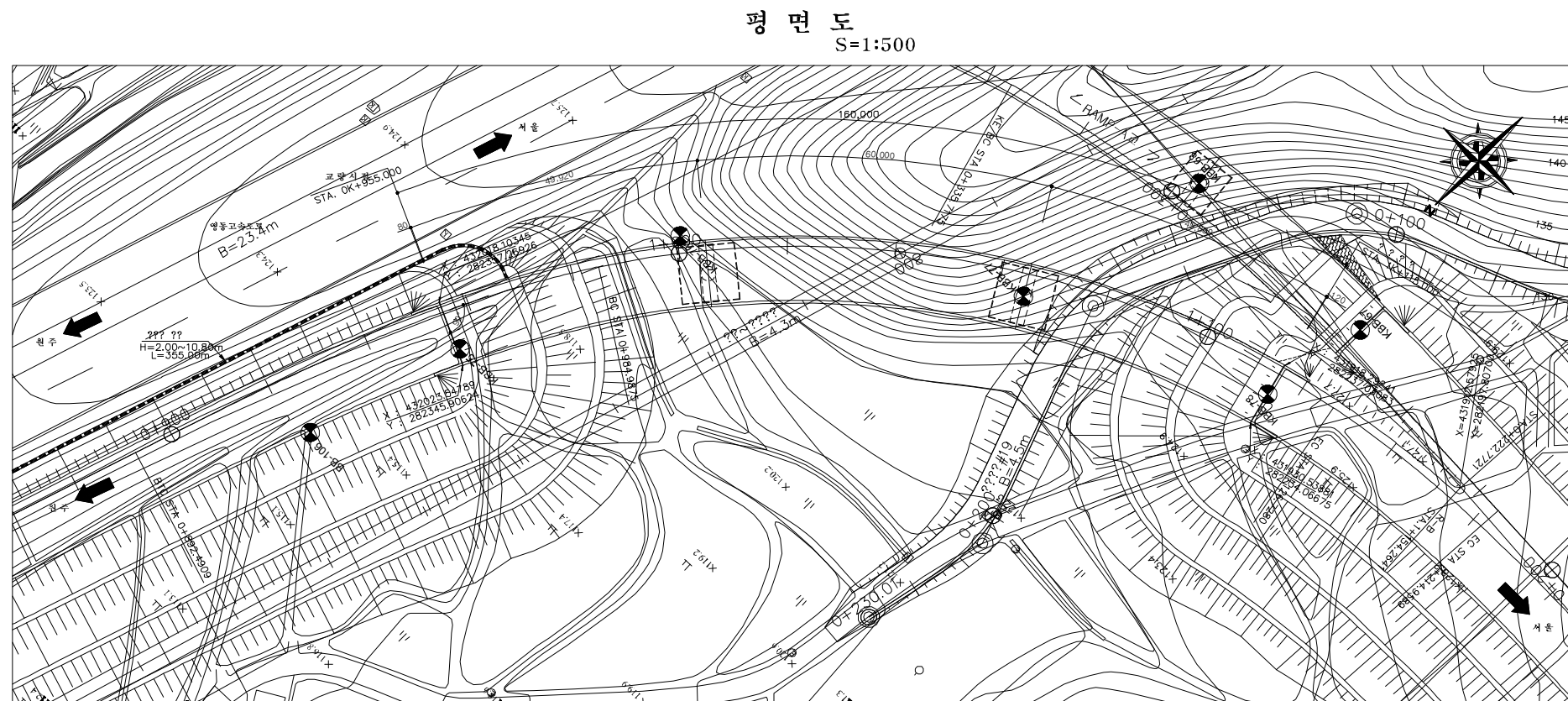


재하시험

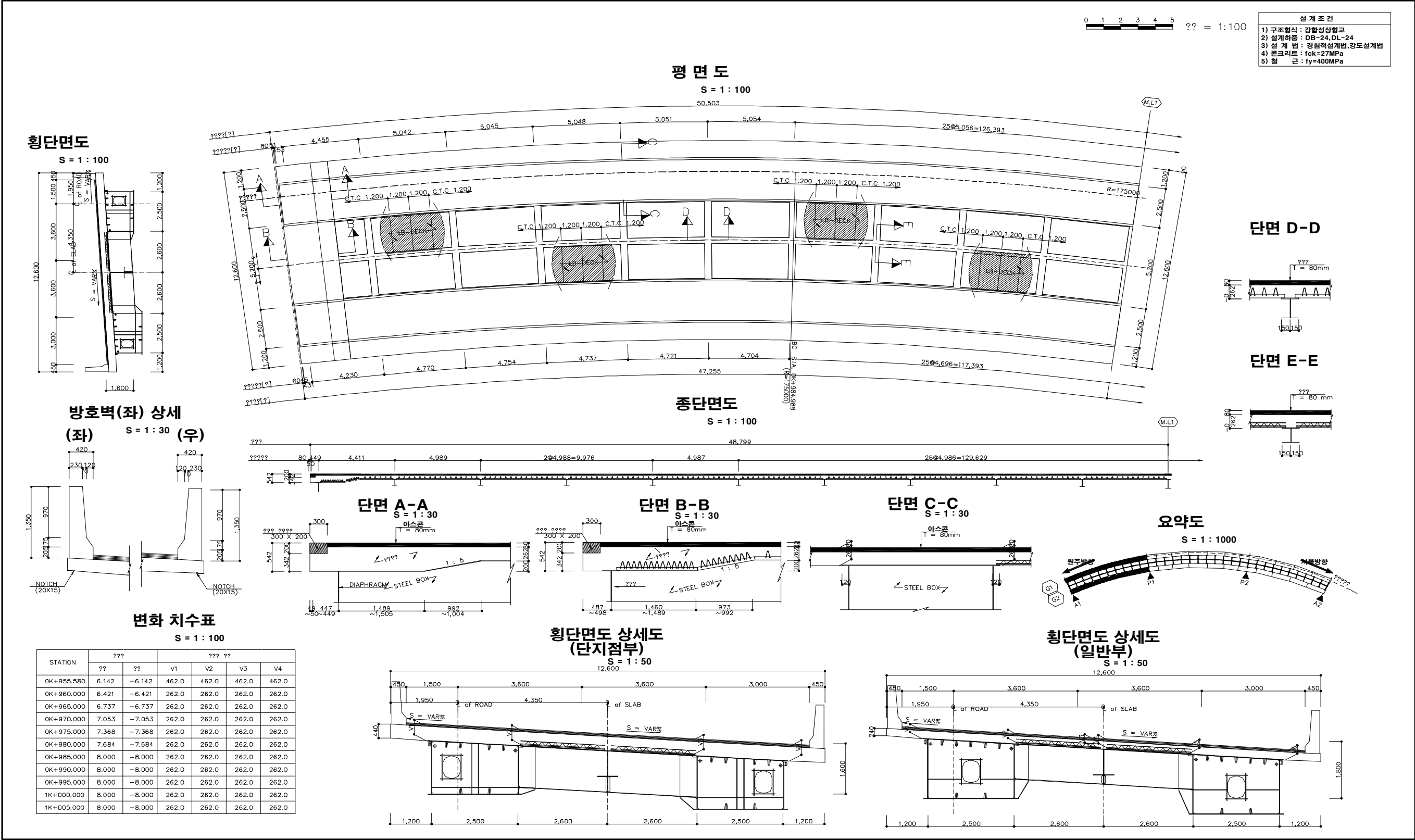


재하시험

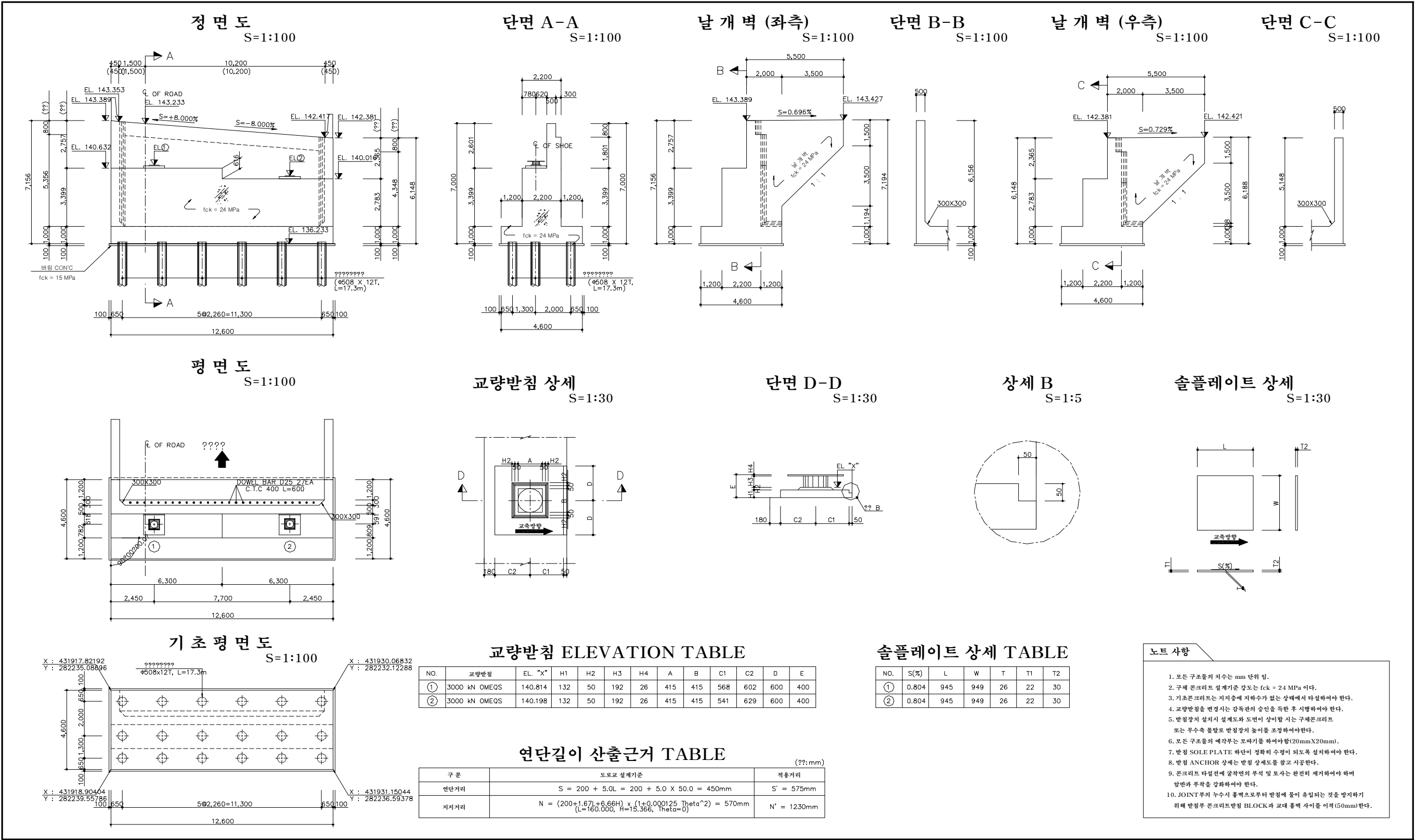
1.3 관련도면



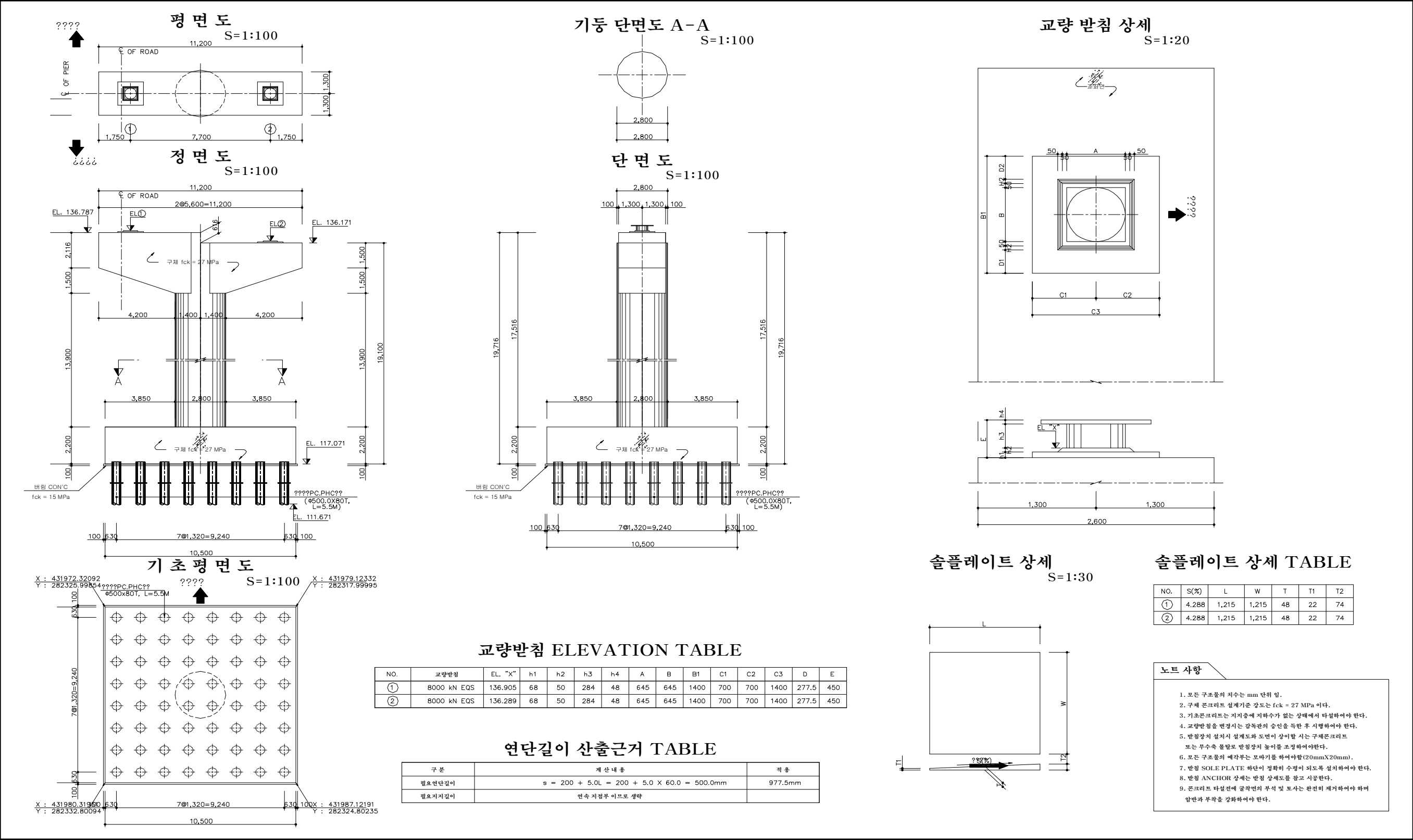
【그림 1.3-1】 종평면도



【그림 1.3-2】 슬래브 일반도



【그림 1.3-3】 교대 일반도



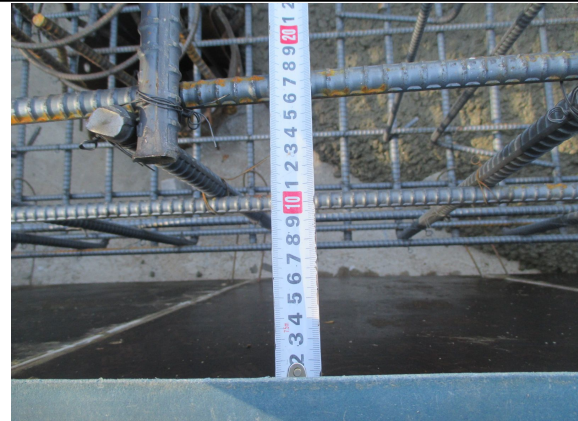
1.4 기 안전점검 결과

1.4.1 안전점검 실시현황

구 분	점검기관	책임기술자	점검기간	비고
1차	(주)케이에스알이엔씨	곽 기 현	2013. 01. 05~ 2015. 08. 30	기초공(교대, 교각)
2차	(주)케이에스알이엔씨	곽 기 현	2014. 09. 20~ 2015. 11. 30	하부공(교대, 교각)
3차	(주)케이에스알이엔씨	곽 기 현	2016. 09. 12~ 2016. 10. 20	상부공

1.4.2 차수별 공사현장 전경

(1) 1차점검(2013. 01. 05 ~ 2015. 08. 30)

	A1 기초 철근 시공 현황	2015.08.20		A1 기초 철근 배근 간격 측정	2015.08.20
	A1 기초 피복 두께 현황	2015.08.20		A1 기초 철근 배근 간격 측정	2015.08.20

	
P1 기초 철근 배근 간격 측정 2014.07.08	P1 기초 시공 상태 검측 2014.07.08

	
P1 기초 철근 조립 상태 2014.07.08	P1 기초 철근 배근 간격 측정 2014.07.08

	
P2 기초 철근 배근 간격 측정 2014.07.21	P2 기초 시공 상태 점검 2014.07.21



P2 기초 시공 상태 점검

2014.07.21



P2 기초 거푸집 상태 양호

2014.07.21



P2 기초 철근 배근 간격 측정

2014.07.21



A2 기초 시공 상태 점검

2015.07.02



A2 기초 철근 배근 간격 측정

2015.07.02



A2 거푸집 상태 양호

2015.07.02

(2) 2차점검(2014. 09. 20 ~ 2015. 11. 30)

			
A1 교대 시공 현황	2015.11.18	A1 교대 시공 현황	2015.11.18

			
P1 교각 시공 현황	2014.10.01	P1 교각 시공 현황	2014.10.01

			
P2 교각 시공 현황	2014.10.01	P2 교각 시공 현황	2014.10.01

			
A2 교대 시공 현황	2015.11.18	A2 교대 시공 현황	2015.11.18

			
A2 교대 구체 균열($C_w=0.1\text{mm}$)	2015.11.18	A2 교대 구체 균열($C_w=0.1\text{mm}$)	2015.11.18

(3) 3차점검(2016. 09. 12 ~ 2016. 10. 20)

			
상부 전경		교면 포장 시공 상태 점검	



방호벽 시공 상태 점검



방호벽 시공 상태 점검



볼트 체결 상태 점검



점검로 상태 점검



배수구 시공 상태 전경(완료전)



측면 전경



배수관 시공 상태 점검



슬래브 하부 전경



BOX 외부 시공 상태 점검



바닥판 하면(LB-DECK) 시공 상태 점검



BOX 내부 시공 상태 점검



BOX 내부 시공 상태 점검



BOX 내부 시공 상태 점검



BOX 내부 시공 상태 점검

1.4.3 기 실시한 안전점검의 주요내용

(1) 1차 안전점검(2013. 01. 05 ~ 2015. 08. 30)

점 검 항 목	점 검 결 과
공사 목적물의 품질 시공상태 등의 적정성	● 기초철근 시공상태 점검(A1 ,P1, P2, A2) - 철근 가공방법 및 조립상태 등 전반적으로 양호함. - 철근의 배근간격 적정. - 철근 이음 및 이음 위치의 적정. - 철근 교차부위의 결속 상태 적정.
임시시설 및 가설공법 안전성	● 가시설 설치상태 점검 - 띠장, 버팀보, 스티프너 등의 설치상태가 전반적으로 양호 - 스티프너의 용접상태가 양호 - 각 부재의 연결부분의 볼트, 너트 체결 상태등 양호
공사장 주변 안전조치 적정성	● 소음, 진동 저감 대책을 강구하여 공사가 이루어지고 있었으며, 본 공사로 인하여 인접한 건축물에 대한 지장 요소가 없고, 구조물의 안전성에 특별히 영향을 미칠만한 사항은 없는 것으로 평가된다. ● 본 현장으로 인해 발생하는 흙탕물, 비산먼지등으로 인하여 주변 피해가 없도록 세륜시설이 설치되어있었으며, 안전난간, 안전표지판, 방호울타리등 안전시설물을 설치하였다.
건설공사 안전관 리 적정성 평가	● 본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.
건설공사 품질관리 적정성 평가	● 본 현장의 품질관리 시험요원으로 특급품질관리원 2인, 중급품질관리원 1인, 초급품질관리원 2인이 선임되어 법적기준에 적합하며, 본 현장의 시험실 면적은 120m²로 법적기준인 100m²이상을 확보하고 있고, 시험기자재 보유현황 검토결과 건설기술관리법시행령 제42조제2항의 규정에 의한 품질시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험기구를 법적기준에 맞게 보유하고 있었다.

(2) 2차 안전점검(2014. 09. 20 ~ 2015. 11. 30)

점 검 항 목	점 검 결 과
공사 목적물의 품질 시공상태 등의 적정성	● 하부 시공상태 점검(A1) - 철근배근간격 적정. - 콘크리트 압축강도 적정. - 균열, 파손, 재료분리 등 손상이 없는 전반적으로 양호 ● 하부 시공상태 점검(P1, P2) - 철근배근간격 적정. - 콘크리트 압축강도 적정. - 균열, 파손, 재료분리 등 손상이 없는 전반적으로 양호 ● 하부 시공상태 점검(A2) - 철근배근간격 적정. - 콘크리트 압축강도 적정. - 교대 일부 국부적인 균열(균열관리대장 작성)
임시시설 및 가설공법 안전성	● 거푸집 설치 상태 점검 결과 - 굳지 않은 콘크리트의 무게, 작업시 재료, 장비, 인력 등에 의한 적재하중을 견딜 수 있도록 튼튼하고 안전하게 시공
공사장 주변 안전조치 적정성	● 소음, 진동 저감 대책을 강구하여 공사가 이루어지고 있었으며, 본 공사로 인하여 인접한 건축물에 대한 지장 요소가 없고, 구조물의 안전성에 특별히 영향을 미칠만한 사항은 없는 것으로 평가된다. ● 본 현장으로 인해 발생하는 흙탕물, 비산먼지등으로 인하여 주변 피해가 없도록 세륜시설이 설치되어있었으며, 안전난간, 안전표지판, 방호울타리등 안전시설물을 설치하였다.
건설공사 안전관리 적정성 평가	● 본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.
건설공사 품질관리 적정성 평가	● 본 현장의 품질관리 시험요원으로 특급품질관리원 2인, 중급품질관리원 1인, 초급품질관리원 2인이 선임되어 법적기준에 적합하며, 본 현장의 시험실 면적은 120m²로 법적기준인 100m²이상을 확보하고 있고, 시험기자재 보유현황 검토결과 건설기술관리법시행령 제42조제2항의 규정에 의한 품질시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험기구를 법적기준에 맞게 보유하고 있었다.

(3) 3차 안전점검((2016. 09. 12 ~ 2016. 10. 20)

점 검 항 목	점 검 결 과
공사 목적물의 품질 시공상태 등의 적정성	● 교면포장 외관조사결과 균열, 표면의 파손 및 비정상적인 변위등은 조사되지 않은 양호한 상태이며, 콘크리트의 품질관리가 적정하게 이루어진것으로 평가된다. ● 방화벽 외관조사결과 균열, 표면의 파손 및 비정상적인 변위등은 조사되지 않은 양호한 상태이며, 콘크리트의 품질관리가 적정하게 이루어진것으로 평가된다. ● 배수시설 외관조사 결과 그레이팅 파손 및 이물질 퇴적 등이 조사되지 않은 양호한 상태로 평가된다. ● 바닥판(슬래브) 하면의 조사결과 LB-DECK 형식으로 별다른 손상 없이 양호한 상태로 조사되었고, 품질관리가 적정하게 이루어진것으로 평가된다. ● 강합성 상자형교 형식으로 외관조사 결과 내·외부는 도장손상이 없고 용접부 외부결함, 부재별로 변형 및 좌굴, 파단, 수직 및 수평보강재 용접상태 등은 특별한 결함이 발생되지 않은 상태이며, 접합부(Splice) 볼트체결상태는 누락, 풀림 및 부식이 없이 전반적으로 양호한 상태인 것으로 평가된다. ● 반발경도법에 의한 비파괴 강도시험에 대한 결과, 콘크리트 압축강도는 측정한 모든 부재에서 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되어 콘크리트 품질상태는 양호한 것으로 평가된다. ● 철근탐사장비(RC-RADAR)를 이용하여 철근배근탐사 실시 결과, 철근 배근간격이 전반적으로 설계도면과 일치하고, 피복두께 또한 적정한 것으로 나타나고 있어 철근의 배근상태는 양호한 것으로 평가된다.
임시시설, 가설공법 안전성	● 상부 시공을 위해 설치된 가시설물은 없는 것으로 조사되었다. ● 공사장 주변으로 안전표지판이 적정하게 설치됨
공사장 주변 안전조치 적정성	● 소음, 진동 저감 대책을 강구하여 공사가 이루어지고 있었으며, 본 공사로 인하여 인접한 건축물에 대한 지장 요소가 없고, 구조물의 안전성에 특별히 영향을 미칠만한 사항은 없는 것으로 평가된다. ● 본 공사로 인해 발생하는 비산먼지, 흙탕물 등으로 인하여 주변에 피해가 없도록 세륜시설을 설치하였다.
건설공사 안전관리 적정성 평가	● 본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.
건설공사 품질관리 적정성 평가	● 본 현장의 품질관리 시험요원으로 특급품질관리원 2인, 중급품질관리원 1인, 초급품질관리원 2인이 선임되어 법적기준에 적합하며, 본 현장의 시험실 면적은 120m²로 법적기준인 100m²이상을 확보하고 있고, 시험기자재 보유현황 검토결과 건설기술관리법시행령 제42조제2항의 규정에 의한 품질시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험기구를 법적기준에 맞게 보유하고 있었다.

1.4.4 정기안전점검 내구성조사 결과

점검대상 구조물인 섬강교(원주방향)에 대한 비파괴 재료시험(콘크리트 압축강도, 철근배근 탐사)을 실시하여 시공 및 품질에 대한 적정성을 평가하였다.

(1) 2차 안전점검(2014. 09. 20 ~ 2015. 11. 30)

① 반발경도 측정결과

구분	측정 위치	설 계 기 준 강 도 (A)	측정강도(B)	B/A*100(%)
1	A1 구체 #1	24.0	26.7	111.3%
2	P1 기둥 #1	27.0	30.9	114.4%
3	P1 기둥 #2	27.0	31.8	117.8%
4	P2 기둥 #1	27.0	29.4	108.9%
5	P2 기둥 #2	27.0	30.2	111.9%
6	A2 구체 #1	24.0	26.8	111.7%

섬강교(원주방향)의 콘크리트의 비파괴시험 대상 부재별 표면 압축강도시험 결과, 측정강도는 설계 강도 이상으로 나타나 내구성 확보에 문제점이 없는 적정한 상태인 것으로 평가된다.

② 철근배근 탐사

구분	측정 위치	설 계 치 (mm)		측 정 치 (mm)		피 복 두께 (mm)	
		주 철 근	배 력 철 근	주 철 근	배 력 철 근	설 계	실 측
1	A1 구체 #1	125	125	124	123	100	95~105
2	P1 기둥 #1	93	300	95	300	100	98~102
3	P1 기둥 #2	93	300	95	303	100	98~105
4	P2 기둥 #1	93	300	95	302	100	97~105
5	P2 기둥 #2	93	300	95	302	100	95~105
6	A2 구체 #1	125	125	130	120	100	95~103

섬강교(원주방향)의 철근배근탐사 실시 결과, 철근 배근간격이 전반적으로 설계도면과 일치하고, 피복두께 또한 적정한 것으로 나타나고 있어 철근의 배근상태는 양호한 것으로 평가된다.

(2) 3차 안전점검(2012. 11. 09 ~ 2013. 03. 28)

① 반발경도 측정결과

구분	측정 위치	측정 강도(A)	설계기준강도(B)	A/B*100(%)
1	A1	31.5MPa	24MPa	131.3%
2	P1	29.9MPa	27MPa	110.7%
3	P2	29.1MPa	27MPa	107.8%
4	A2	31.2MPa	24MPa	130.0%
5	S1	32.5MPa	27MPa	120.4%
6	S2	31.7MPa	27MPa	117.4%
섬강교(원주방향)의 콘크리트의 비파괴시험 대상 부재별 표면 압축강도시험 결과, 측정강도는 설계 강도 이상으로 나타나 내구성 확보에 문제점이 없는 적절한 상태인 것으로 평가된다.				

② 철근배근 탐사

구분	측정 위치	설 계 치 (mm)		측 정 치 (mm)		피복두께 (mm)	
		주철근	배력철근	주철근	배력철근	설계	실측
1	A1	125	125	123	130	90.5	93
2	P1	88	300	83	310	87.5	62
3	P2	88	300	95	280	87.5	60
4	A2	125	125	138	125	90.5	90
5	S3	200	250	200	240	42	65
섬강교(원주방향)의 철근배근탐사 실시 결과, 철근 배근간격이 전반적으로 설계도면과 일치하고, 피복두께 또한 적절한 것으로 나타나고 있어 철근의 배근상태는 양호한 것으로 평가된다.							



제 2 장 외 관 조 사



2.1 부재별 외관조사

2.2 교량받침 조사

2.3 신축이음 유간 조사



제 2 장 외 관 조 사

2.1 부제별 외관조사

2.1.1 교면포장

원주JCT Ramp-B교의 포장은 아스팔트 포장으로 T=80.0mm으로 확인되었다. 교면포장의 외관조사 결과, 설계도서와 부합되는 양호한 시공 상태로 확인되었다.

교면포장부에서 주로 발생하는 균열 및 파손 등에 대한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 점검되었다.



【표 2.1-1】 교면포장 손상물량

구 분	손상 내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
교면포장	상태양호	-	-	-	-

2.1.2 배수시설

원주JCT Ramp-B교의 배수시설은 육교형으로 설치 되었다. 배수시설에서 확인되기 쉬운 배수관의 연결 불량, 지지대 파손, 유도배수관 길이부족에 대한 손상은 외관조사 결과 없는 것으로 나타났고, 배수시설 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

다만 공용시 차량통행등 환경적 요인에 의한 배수구 이물질 퇴적이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 관찰 및 이물질 퇴적시 청소 등의 조치가 요구된다.



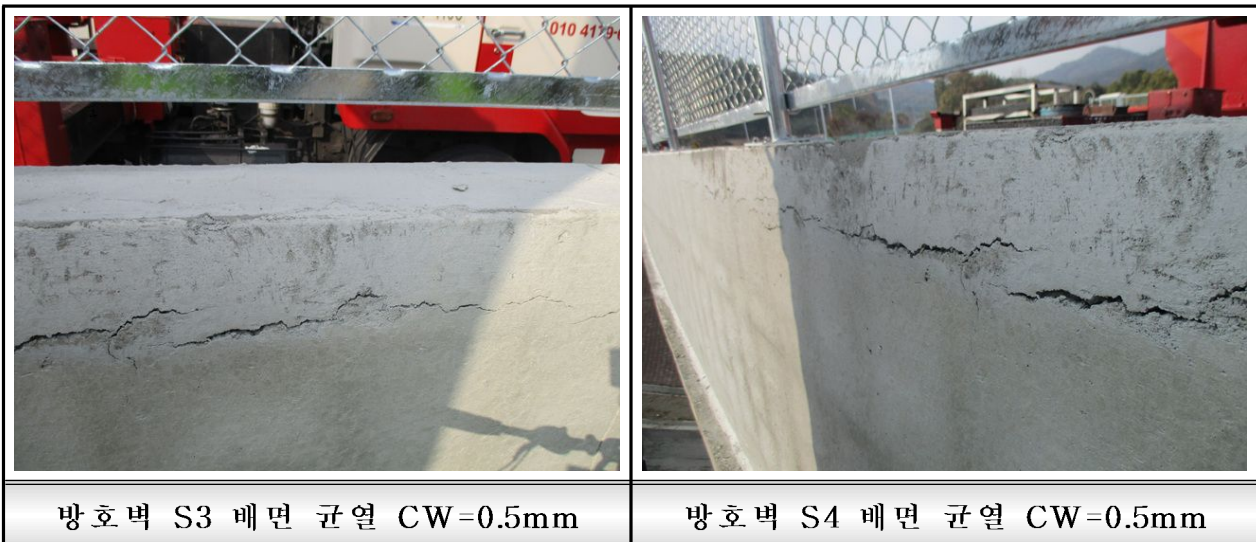
【표 2.1-2】 배수시설 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
배수시설	상태양호	-	-	-	-

2.1.3 방호벽

원주JCT Ramp-B교의 방호벽은 콘크리트 방호벽으로서 시공 및 콘크리트 표면상태는 대체로 양호하였으며, 일부구간에 국부적인 균열이 발생되었다.

발생된 손상의 위치, 규모, 양상을 분석해보았을 때 재료적 특성 및 마감불량에 의한 손상으로 판단되며, 손상부는 주입보수 등의 조치가 필요하다.



【표 2.1-3】 방호벽 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
방호벽 S3	방호벽 균열 (0.3mm 이상)	m	3.0	주입보수	-

2.1.4 신축이음

원주JCT Ramp-B교의 신축이음 장치는 Compoflex Modular Joint이다. 신축이음의 본체 부식, 파손, 접속슬래브와의 단차 등이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 지속적인 점검을 통한 손상의 발생 확인 등의 유지관리가 요구된다.



【표 2.1-4】 신축이음 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
신축이음	상태양호	-	-	-	-

2.1.5 바닥판하면

원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box 형식으로 거더 중간측에는 가로보 및 세로보가 설치되어있다.

굴절차(교량점검차)를 이용한 근접 외관조사 결과, 설계도서와 동일한 시공 상태로 확인되었으며, 콘크리트 구조물에서 발생되기 쉬운 균열, 파손, 굽힘 또한 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다.

따라서 차후 손상의 발생 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.



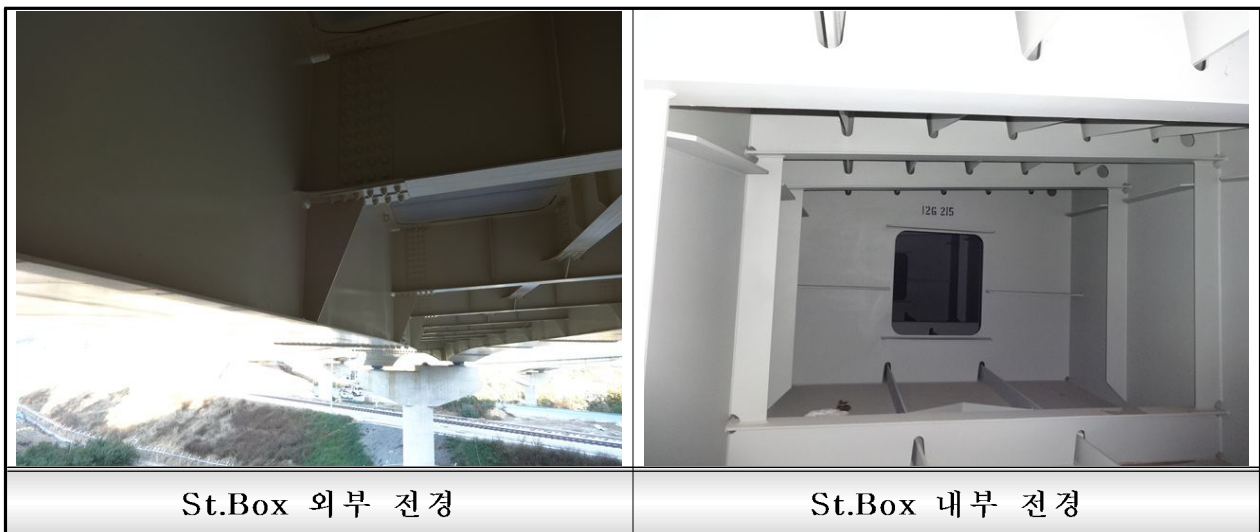
【표 2.1-5】 바닥판 하면 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
바닥판하면	상태양호	-	-	-	-

2.1.6 강거더 및 가로보, 세로보

원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box로 강재 가로보 및 세로보가 시공되었다. 외관조사는 굴절차(교량점검차)를 이용한 근접외관조사를 진행하였으며, 외관조사 결과 거더 내·외부에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 가로보 또한 양호한 상태로 조사되었다.

강 거더 및 가로보, 세로보는 차후 공용년수 증가에 따라 도장 부식, 박리 등의 손상이 발생할 우려가 있으므로 손상의 발생여부에 대한 지속적인 점검이 요구된다.



【표 2.1-6】 거더 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
거더 내·외부	상태양호	-	-	-	-
가로보 및 세로보	상태양호	-	-	-	-

2.1.7 교량받침

원주JCT Ramp-B교는 EQS+OMEQS를 적용한 구조이며, 교대의 교량받침은 일방향, 교각 부의 교량받침은 고정분리로 각각 시공되어 있다. 받침장치 본체의 외관상태는 전체적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 거푸집 미제거 등의 손상이 발생 하였으며, 손상부는 거푸집 제거 등의 정비가 요구된다.



【표 2.1-7】 받침장치 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
교량받침 A1-SH2	거푸집 미제거	m	4.0	정비	-

2.1.8 교대/교각

원주JCT Ramp-B교의 하부구조는 역T형 교대 2기와 T형 교각 2기로 구성되었다.

외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 폐콘크리트 및 폐자재 적치가 발생하였고, 손상부는 청소 등의 정비가 요구된다,

공용중 발생 가능한 균열 및 백태, 파손 등의 손상은 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.



하부 전경



교각 P2 폐자재 적치



교각 P1 폐콘크리트 퇴적



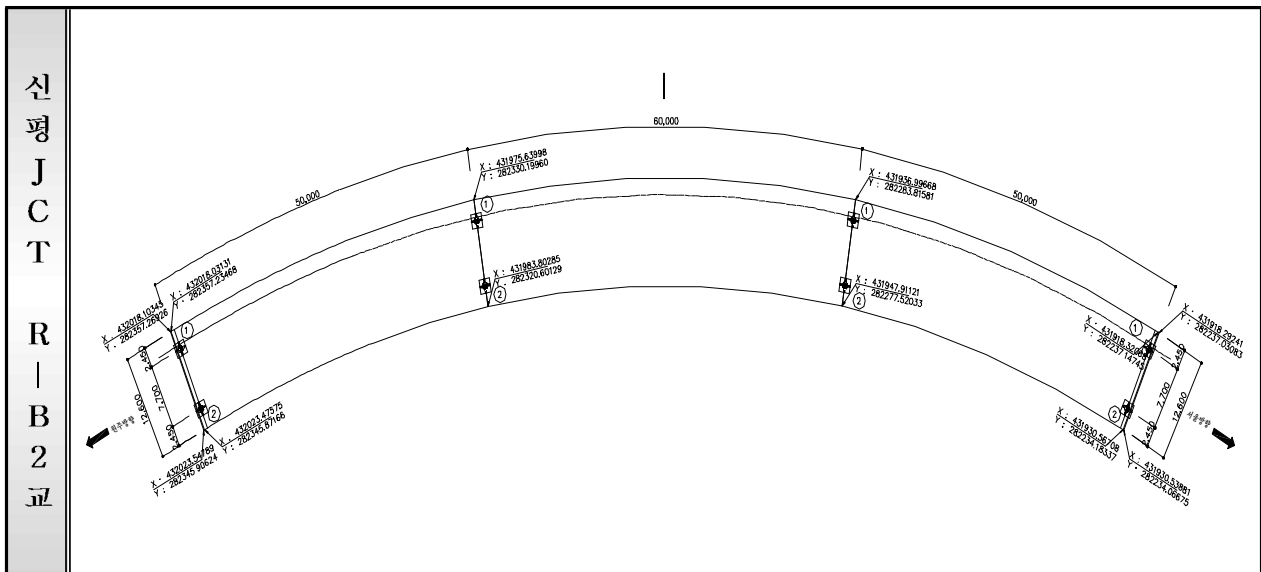
교각 P1 폐콘크리트 퇴적

【표 2.1-8】 교대 및 교각 손상물량

구 분	손상내용	단 위	손상수량	보수공법	비 고
교각 P1	폐 콘크리트 퇴적	m ²	2.0	청소	-
교각 P2	폐자재 적치	m ²	1.0	청소	-

2.2 교량받침 조사

2.2.1 교량받침 매치도



2.2.2 교량받침 이동량 조사

설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프, 건조수축, 부가여유량 및 설치여유량 등을 고려하여 산정하나, 금회 조사에서는 크리프 및 건조수축 의한 변화는 거의 종결된 것으로 간주하여 온도변화에 의한 이동량을 검토하였다.

받침장치 가동여유량에 대한 검토는 『도로교설계기준, 2010』에 따라 측정일 온도에서 설계 검토 최저, 최고온도까지 수축 및 신장거동에 대한 받침장치의 부가 여유량을 검토하였다.

받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팽창 계수

교량의 종류	온도변화		선팽창계수
	보통지방	한랭 지방	
PSC교, RC교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
강교 (하로교 및 강바닥판교)	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

- 조사시 온도 : 2016년 11월 01일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 3.0^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta \ell t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팽창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 3.0^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 13.0^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
 $40.0^{\circ}\text{C} - 3.0^{\circ}\text{C} = 37.0^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)
- 적용 경간 길이 (ℓ) = 80.0m(A1, A2), 30.0m(P1, P2)

가. 받침장치 여유량 조사 결과

위 치	구 분	설 계 이동량 (mm)	실 측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신 장	수 축	신 장	수 축	
A1	SH1	±120	+20	100	140	36	13	O.K
	SH2		+20	100	140	36	13	O.K
P1	SH1	±100	0	100	100	13	5	O.K
	SH2		0	100	100	13	5	O.K
P2	SH1	±100	0	100	100	13	5	O.K
	SH2		0	100	100	13	5	O.K
A2	SH1	±120	+10	110	130	36	13	O.K
	SH2		+10	110	130	36	13	O.K

※ 실측 이동량은 해당 받침에서 신축이음 사이 거리의 1/2을 고정단으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

2.2.4 교량받침 사진

(1) 교대

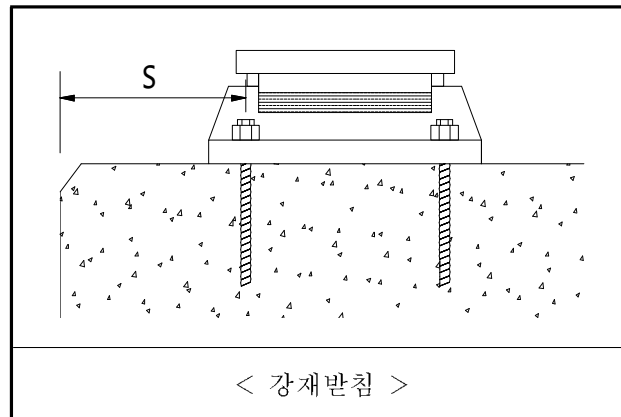
내 용	SH1	SH2	내 용	SH1	SH2
A1			A2		

(2) 교각

내 용	SH1	SH2	내 용	SH1	SH2
P1			P2		

2.2.4 교량받침 연단거리 조사

가. 측정 방법



받침별 연단거리 측정방법



나. 각 경간별 최소 연단거리 산정

- 거더의 경간 길이 100m 이하 : $S = 20 + 0.5 L$
- 거더의 경간 길이 100m 이상 : $S = 30 + 0.4 L$

경간 길이에 따른 최소 연단거리 산정

- S1, S3 : $20 + (0.5 \times 50.0) = 45.0\text{cm}$
- S2 : $20 + (0.5 \times 60.0) = 50.0\text{cm}$

다. 연단거리 측정 및 검토결과

<표 3.21> 연단거리 검토결과

구 분		측정결과(mm)		연단 기준 (mm)	평가
		Br1	Br2		
A1	종점	750	750	450	O.K
P1	시점	1050	1100	450	O.K
	종점	1050	1100	500	O.K
P2	시점	1050	1100	500	O.K
	종점	1050	1100	450	O.K
A2	시점	650	650	450	O.K

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

2.3 신축이음 유간 조사

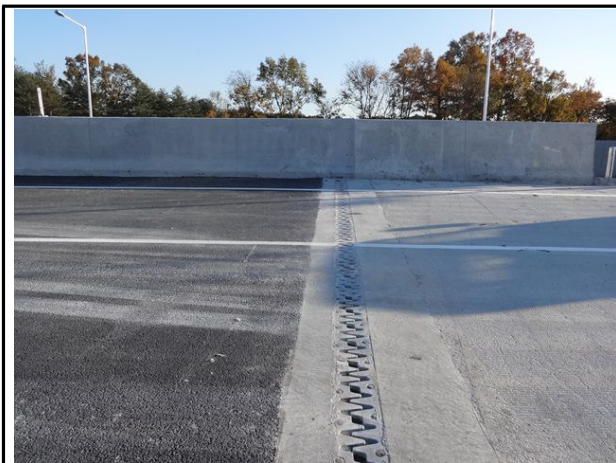
2.3.1 신축이음 유간 조사



신축이음 A1 전경



신축이음 A1 유간 측정



신축이음 A2 전경



신축이음 A2 유간 측정

2.3.2 신축이음 유간 조사결과

지역별 온도변화 범위

교량 종류	온도변화		선팽창계수
	보통지방	한랭한 지방	
콘크리트교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강 교	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
- 2016년 11월 01일, 측정시 온도 : 3.0℃			

가. 이론 신축량 산정

ㄱ. 신장량 ($\Delta l_t = \Delta T \times \alpha \times L$)

- 적용 온도 : +40℃ 적용 (강교)

- $\Delta T_s = 40^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C} = 37^\circ\text{C}$

- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)

- 신축들보의 길이 (L)

· A1 : $50+30 = 80.0\text{m}$ (신축이음 사이 거리의 1/2)

· A2 : $30+50 = 80.0\text{m}$ (신축이음 사이 거리의 1/2)

- 계산 신장량

· A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 37 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 80,000 = 35.52\text{mm}$

· A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 37 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 80,000 = 35.52\text{mm}$

ㄴ. 수축량 ($\Delta l_t = \Delta T \times \alpha \times L$)

- 적용 온도 : -10℃ 적용 (강교)

- $\Delta T_s = 3^\circ\text{C} - (-10.0^\circ\text{C}) = 13^\circ\text{C}$

- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)

- 신축들보의 길이(L) $\Rightarrow$ 위와 동일

- 계산 수축량

· A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 13 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 80,000 = 12.48\text{mm}$

· A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 13 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 80,000 = 12.48\text{mm}$

나. 유간 측정결과

유간 측정결과

위 치	측정 결과 (mm)			이론 계산량 (mm)		허용 이동량 (mm)	평가
	S	G1	G2	최대 신장시	최대 수축시		
A1	40	98	155	36	13	80	O.K
A2	60	125	175	36	13	120	O.K
- 2016년 11월 1일, 측정시 온도 : 3.0℃							

※ 유간 S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더

◎ 측정 유간 > 최대 신장시 이론 계산량 ⇒ 양호

◎ 측정 유간(신축이음=S) + 최대 수축시 이론 계산량 < 허용 이동량 ⇒ 양호

유간(신축이음, 슬래브, 거더) 측정결과를 토대로 온도변화에 따른 유간 변화량 검토결과, 하절기 최대 신장시 유간 여유량이 충분한 상태였으며, 동절기 최대 수축시 역시 허용 이동량 범위 내로 유간에 따른 교량의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

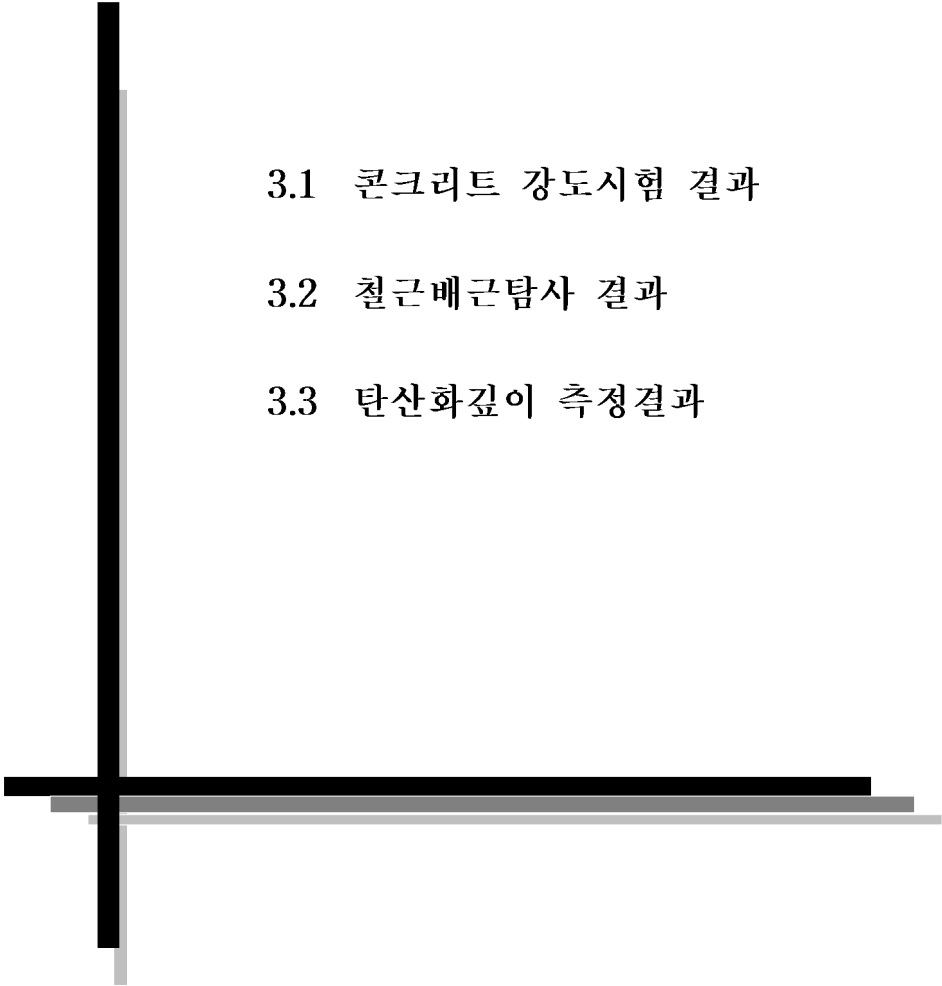
2.4 외관조사 결과

부 제	외 관 조 사 결 과	비 고
교면포장	- 원주JCT Ramp-B교의 포장은 아스팔트 포장으로 T=80.0 mm으로 확인되었다. - 외관조사 결과, 설계도서와 부합되는 양호한 시공 상태로 확인되었다. - 교면포장부에서 주로 발생하는 균열 및 파손 등에 대한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 점검되었다.	
배수시설	- 원주JCT Ramp-B교의 배수시설은 육교형으로 설치 되었다. - 배수시설에서 확인되기 쉬운 배수관의 연결 불량, 지지대 파손, 유도배수관 길이부족에 대한 손상은 외관조사 결과 없는 것으로 나타났고, 배수시설 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다. - 공용시 차량통행등 환경적 요인에 의한 배수구 이물질 퇴적이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 관찰 및 이물질 퇴적시 청소 등의 조치가 요구된다.	
방호벽	- 원주JCT Ramp-B교의 방호벽은 콘크리트 방호벽으로서 시공 및 콘크리트 표면상태는 대체로 양호하였으며, 일부 구간에 국부적인 균열이 발생되었다. - 발생된 손상의 위치, 규모, 양상을 분석해보았을 때 재료적 특성 및 마감불량에 의한 손상으로 판단되며, 손상부는 주입보수 등의 조치가 필요하다.	
신축이음장치	- 원주JCT Ramp-B교의 신축이음 장치는 Compoflex Modular Joint이다. - 신축이음의 본체 부식, 파손, 접속슬래브와의 단차 등이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 지속적인 점검을 통한 손상의 발생 확인 등의 유지관리가 요구된다.	

부 제	외 관 조 사 결 과	비 고
바닥판하면	◦ 원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box 형식으로 거더 중간측에는 가로보 및 세로보가 설치되어있다. ◦ 외관조사 결과, 설계도서와 동일한 시공 상태로 확인되었으며, 콘크리트 구조물에서 발생되기 쉬운 균열, 파손, 굽힘 또한 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다. ◦ 차후 손상의 발생 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.	
강거더 및 가로보	◦ 원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box로 강제 가로보 및 세로보가 시공되었다. ◦ 외관조사 결과 거더 내·외부에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 가로보 또한 양호한 상태로 조사되었다. ◦ 강 거더 및 가로보, 세로보는 차후 공용년수 증가에 따라 도장 부식, 박리 등의 손상이 발생할 우려가 있으므로 손상의 발생여부에 대한 지속적인 점검이 요구된다.	
교량받침	◦ 원주JCT Ramp-B교는 EQS+OMEQS를 적용한 구조이며, 교대의 교량받침은 일방향, 교각부의 교량받침은 고정분리로 각각 시공되어 있다. ◦ 받침장치 본체의 외관상태는 전체적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 거푸집 미제거 등의 손상이 발생 하였으며, 손상부는 거푸집 제거 등의 정비가 요구된다.	
교대/교각	◦ 원주JCT Ramp-B교의 하부구조는 역T형 교대 2기와 T형 교각 2기로 구성되었다. ◦ 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 폐콘크리트 및 폐자재 적치가 발생하였고, 손상부는 청소 등의 정비가 요구된다, ◦ 공용중 발생 가능한 균열 및 백태, 파손 등의 손상은 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.	



제 3 장 내구성 조사



3.1 콘크리트 강도시험 결과

3.2 철근배근탐사 결과

3.3 탄산화깊이 측정결과

제 3 장 내구성 조사

3.1 콘크리트 강도시험 결과



반발경도

3.1.1 측정결과

위 치	보정 반발경도 (Ro)	재료학회 비파괴 강도 (A)	건축학회 비파괴 강도 (B)	강도평균 (A+B)/2 (C)	설계 기준강도 (D)	(C/D) ×100 (%)
A1 교대	45.3	26.0	27.8	26.9	24.0	112.1
A2 교대	45.2	26.0	27.8	26.9	24.0	112.1
P2 교각	50.1	30.1	30.1	30.1	27.0	111.5
S2 바닥판하면	55.5	32.4	31.4	31.9	27.0	118.1
S3 바닥판하면	54.8	31.7	31.0	31.4	27.0	116.3

3.1.2 결과분석

- 비파괴시험 대상 부재별 압축강도시험 결과, 측정값은 설계값과 유사하거나 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도저하에 따른 문제점은 없으며, 반발경도법에 의한 강도가 양호함으로 내구성을 충분히 확보하고 있는 것으로 판단된다.

3.2 철근배근 탐사 결과



3.2.1 측정결과

부재	측정위치	철근종류	설계(mm)		조사(mm)		비고
			배근	피복	배근	피복	
교대	A1 홍벽	주 철근	250	50	252	62	
		배력철근	125		123		
	A2 홍벽	주 철근	250	50	252	58	
		배력철근	125		120		
교각	P2 기둥부	주 철근	100	100	98	100	
		배력철근	300		310		
바닥판 하면	S2 캔틸레버	주 철근	125	50	117	44	
		배력철근	186		200		
	S3 캔틸레버	주 철근	125	50	132	44	
		배력철근	186		189		

3.2.2 결과분석

- 상부구조 및 하부구조에 대한 철근배근탐사 결과, 배근 간격 및 피복두께는 설계치와 비교하여 거의 일치하는 것으로 나타나 양호한 것으로 판단된다.

3.3 탄산화깊이 측정결과



탄산화시험

3.3.1 측정결과

부재	시험위치	탄산화 깊이(mm)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(mm)	측정피복 두께(mm)	상태 평가	비고
교대	A1 흥벽	0.5	-	62	a	
	A2 흥벽	0.5	-	58	a	
교각	P2 기둥	0.5	-	100	a	
바닥판 하면	S2 캔틸레버	0.5	-	44	a	
	S3 캔틸레버	0.5	-	44	a	
※ 탄산화 깊이 측정방법 - 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 「한국시설안전공단-2010.12」						

3.3.2 결과분석

- 상부구조와 하부구조에 대한 탄산화 진행 깊이 측정결과 탄산화의 진행은 미미한 상태로서 탄산화 진행에 따른 철근의 부식 우려는 없는 것으로 판단된다.

제 4 장 재하시험 및 내하력평가

4.1 재하시험

4.2 내하력평가 개요

4.3 구조해석

4.4 거더 검토

4.5 구조 검토

4.6 내하력평가

제 4 장 재하시험 및 내하력평가

4.1 재하시험

4.1.1 개요

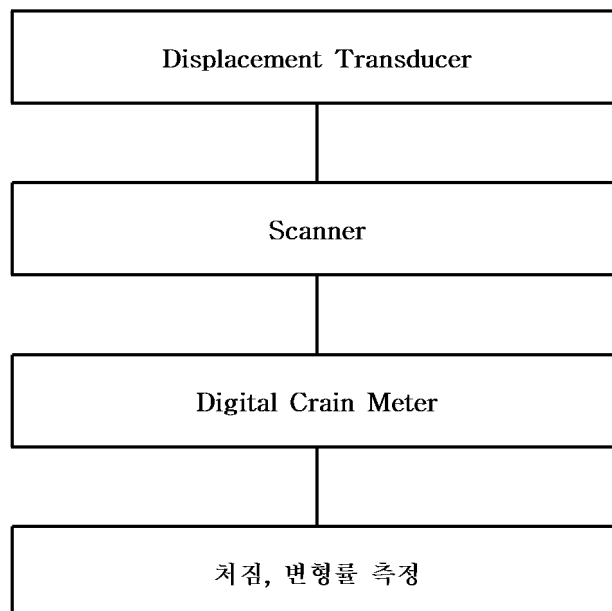
재하시험은 구조해석 검토를 수행하여 이론치와 실제 차량에 의한 처짐 및 변형률을 상호 비교·검토함으로써 교량의 내하력을 판단하고, 이에 따른 교량의 구조적인 안전성 여부를 파악하고자 하였다.

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

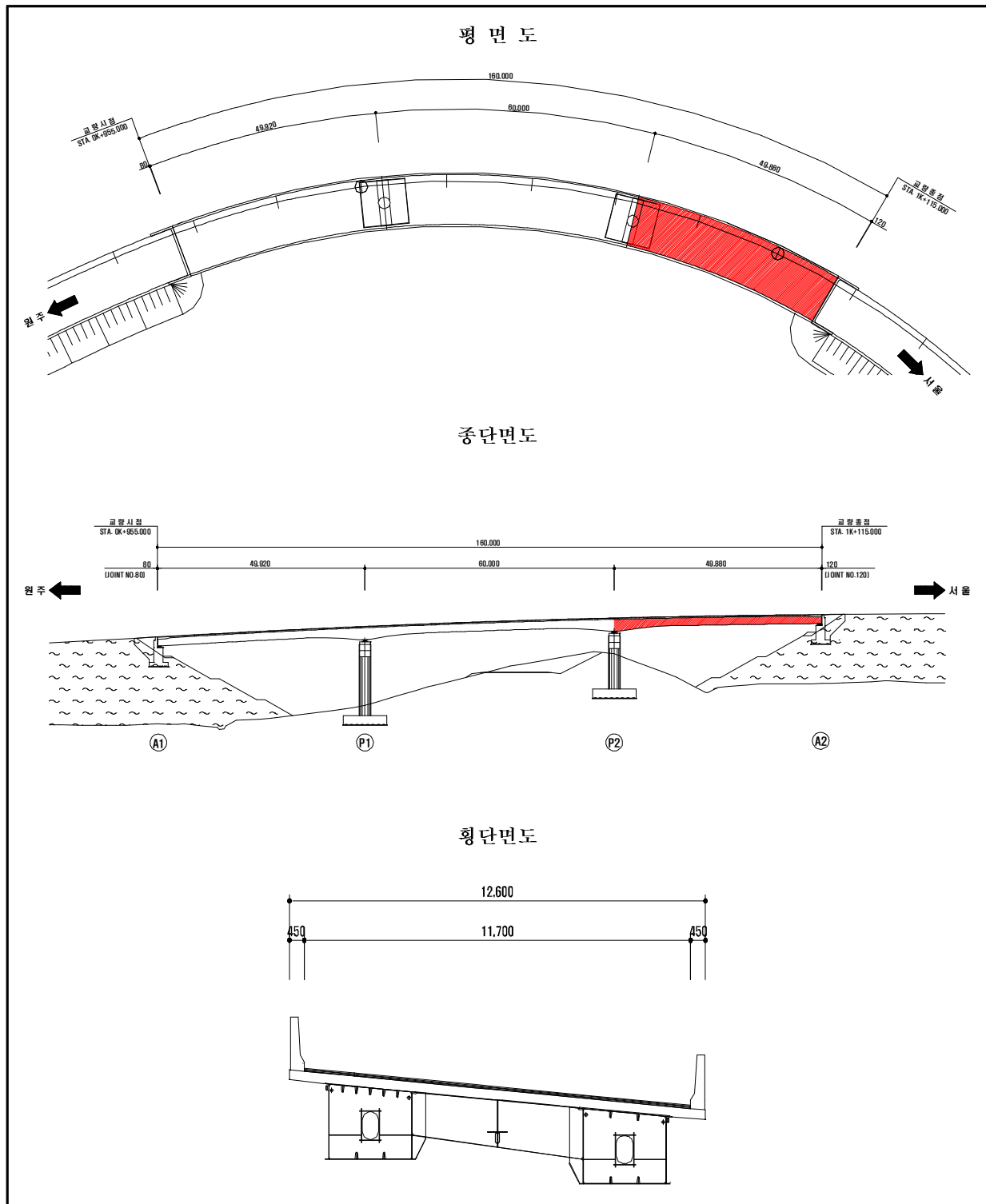
차량재하시험의 측정 시스템은 다음과 같다.



【그림 4.1-1】 처짐, 변형률 측정 과정

가. 시험경간 선정

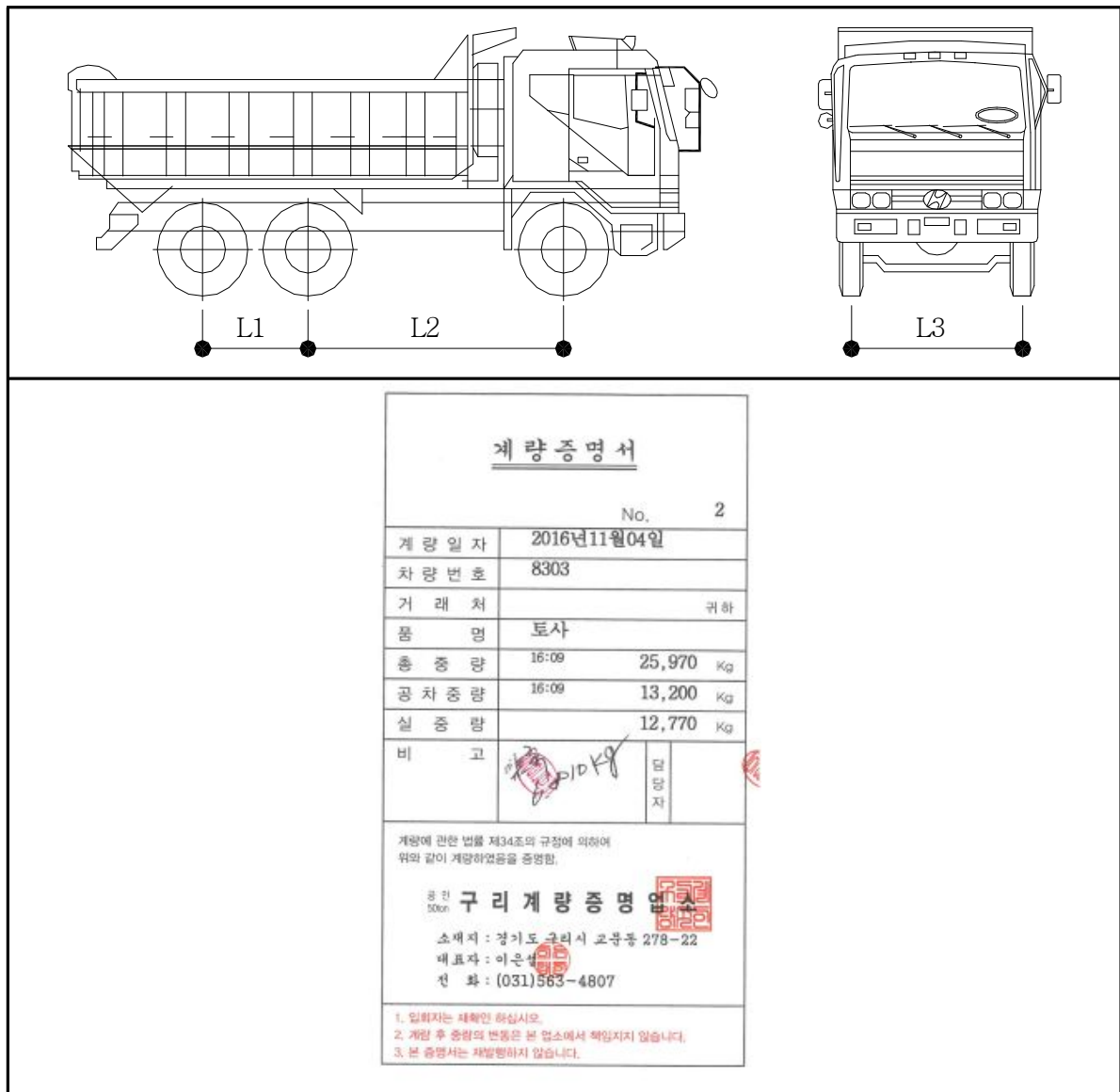
재하시험의 위치는 구조물의 심각한 손상부위가 발생된 경간 및 접근성 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다. 대상 교량은 구조물의 외관상태가 양호하여 구조물의 내하력 저하요인이 작용할 만한 손상은 발견되지 않아 단면에 최대의 모멘트가 발생하는 지점을 재하경간으로 고려하였으며 3경간을 재하시험 경간으로 선정하였다.



【그림 4.1-2】 재하시험 대상 경간

나. 시험차량

재하시험에서 적절한 재하하중의 설정은 측정응답의 크기와 노이즈 범위에 있어서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 일반적으로 시험하중에 의한 구조물의 응답특성에서 오차의 영향을 최대한 줄이기 위해서는 시험하중을 가급적 크게 하는 것이 유리하다. 본 과업의 재하시험에 사용된 시험차량은 15톤 덤프트럭 1대(폐토사 적재, 축중하중 계량)를 사용하였다.



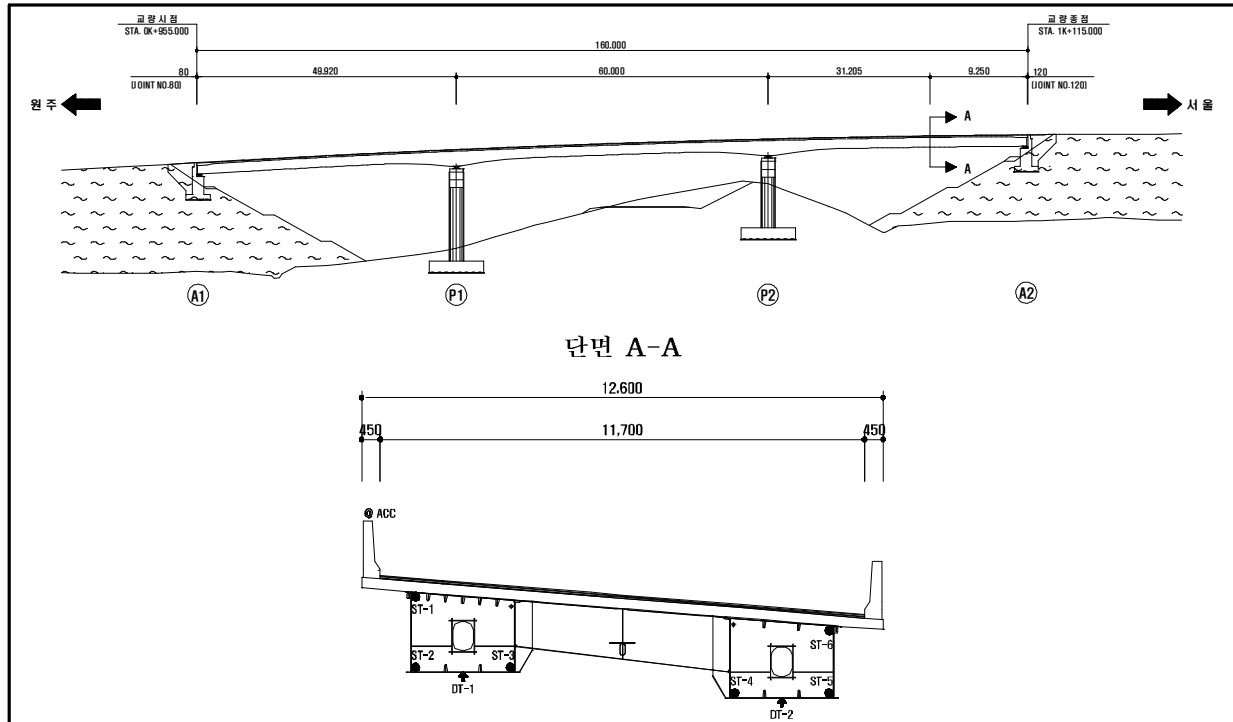
【그림 4.1-3】 재하 차량

【표 4.1-1】 시험차량의 제원 및 축중하중

구 분	총중량 (tonf)	전륜 (tonf)	중륜 (tonf)	후륜 (tonf)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)
덤프트럭	25.970	6.810	9.580	9.580	1.3	3.2	1.8

다. 센서 설치위치 및 수량

원주JCT-B의 3경간은 최대변형률 및 처짐이 발생하는 위치에 게이지를 부착하였으며, 3/8지점인 종점에서 18.75m 지점에 게이지를 부착하였다.



【그림 4.1-4】 게이지 부착 위치도

【표 4.1-2】 게이지 표시 범례

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

【표 4.1-3】 3경간 게이지 부착위치 및 용도

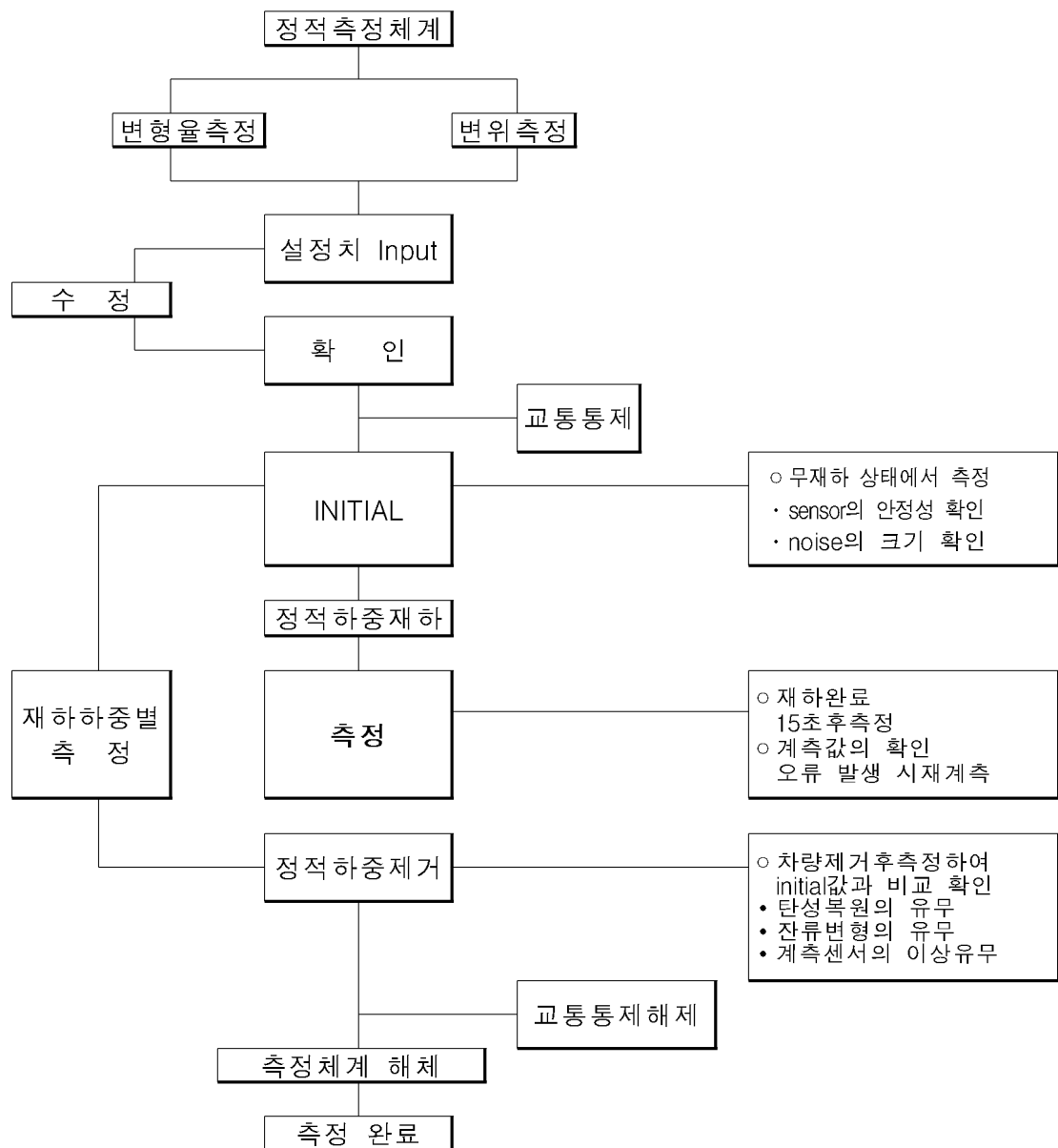
부착위치	구 분		부착위치	측정내용
3/8 지점 (A-A단면)	변형률계	ST1	G1 좌측 상면	압축 변형률
		ST2	G1 좌측 하면	인장 변형률
		ST3	G1 우측 하면	인장 변형률
		ST4	G2 좌측 하면	인장 변형률
		ST5	G2 우측 하면	인장 변형률
		ST6	G2 우측 상면	압축 변형률
3/8 지점 (A-A단면)	변위계	DT1	G1 하부	최대 처짐
		DT2	G2 하부	최대 처짐
	가속도계	Acc	좌측 방호벽	가속도(고유진동)

4.1.2 정적재하시험

가. 개요

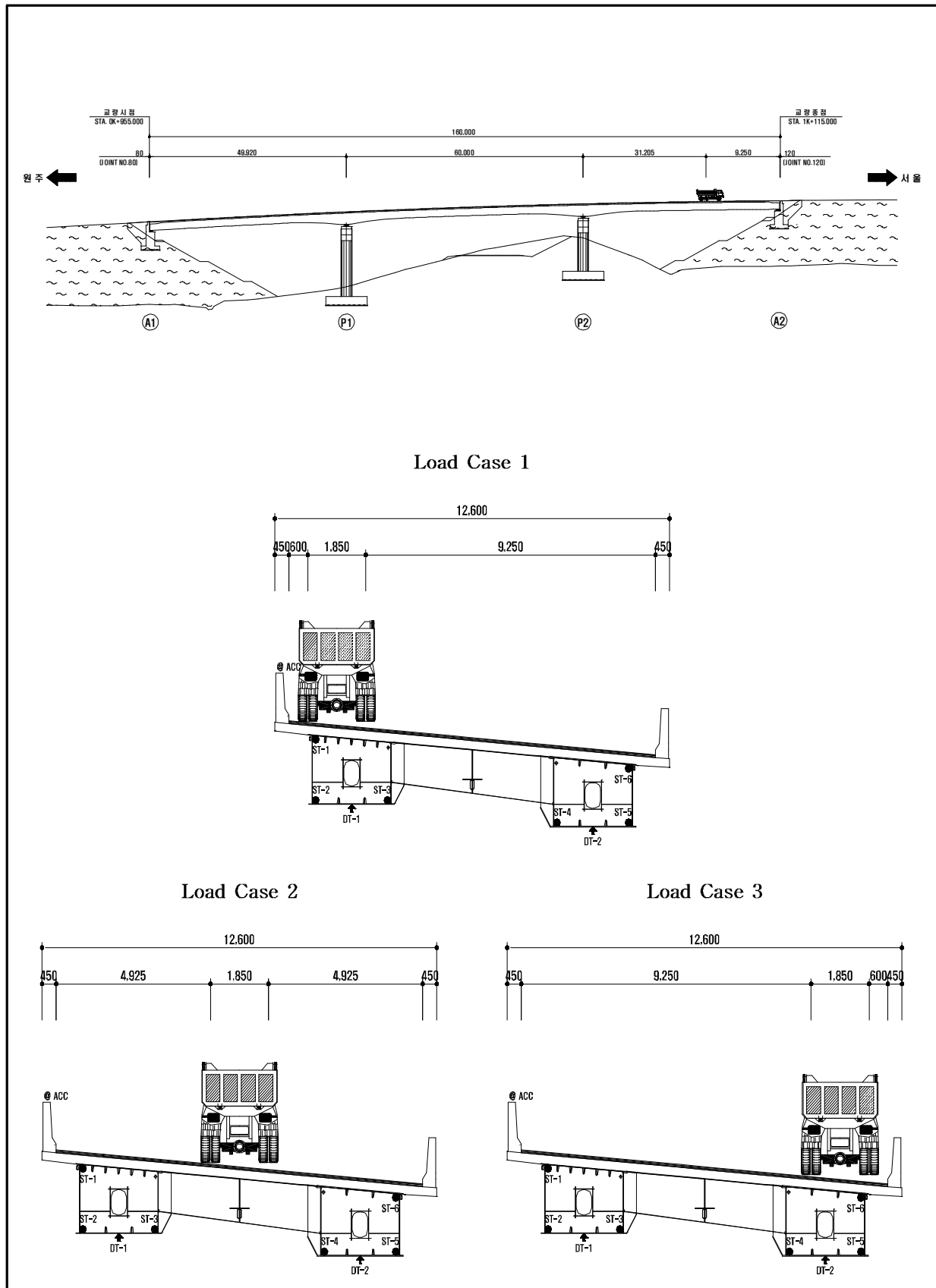
정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동특성을 파악하고 내하력 평가를 위한 정적변위 및 응력의 응답비 등을 구하기 위해 실시하였다. 시험측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 휨모멘트에 의한 변형을 및 처짐이 최대가 되는 지점에 재하차량을 재하하여 거더의 정적 처짐을 측정하였다. 정적재하 시험에 대한 흐름은 다음과 같다.

나. 정적 재하시험 수행절차



【그림 4.1-5】 정적 재하시험 흐름도

다. Loadcase별 재하위치



【그림 4.1-6】 Loadcase별 재하위치도

라. 정적 재하시험 결과

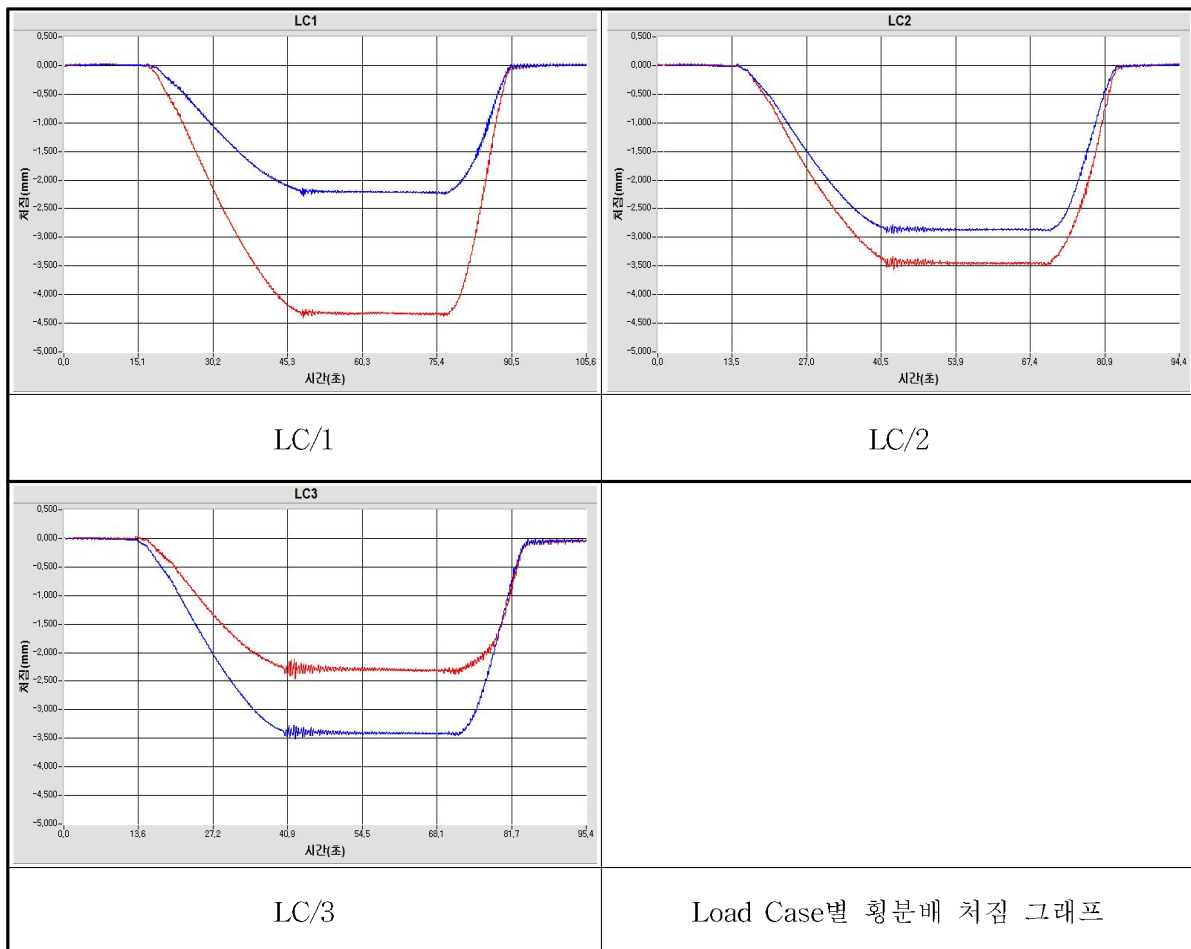
1) 처짐 측정결과

3경간에 대하여 정적재하시험을 시행하였으며 처짐에 대한 결과는 【표 4.1-4】에 정리하였으며 측정결과 Load Case 1의 DT1에서 최대처짐 -4.328mm로 측정되었다.

【표 4.1-4】 처짐 측정 결과표

(단위 : mm)

구 분	DT 1	DT 2	비 고
LC/1	-4.328	-2.211	
LC/2	-3.453	-2.862	
LC/3	-2.305	-3.411	



【그림 4.1-7】 Load case별 횡분배 처짐 그래프

2) 변형율 측정결과

3경간에 대하여 정적재하시험을 시행하였으며 변형율값에 대한 결과는 【표 4.1-5】에 정리하였으며 측정결과 Load Case 1의 ST2에서 최대 변형율값은 44.558으로 측정되었다.

【표 4.1-5】 변형률 측정 결과표

(단위 : strain)

구 분	S3					
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
LC/1	-12.611	44.558	40.332	24.777	20.634	-8.194
LC/2	-10.334	32.087	36.552	35.875	31.827	-10.849
LC/3	-7.840	20.123	24.638	40.218	43.369	-12.184

4.1.3 동적재하시험

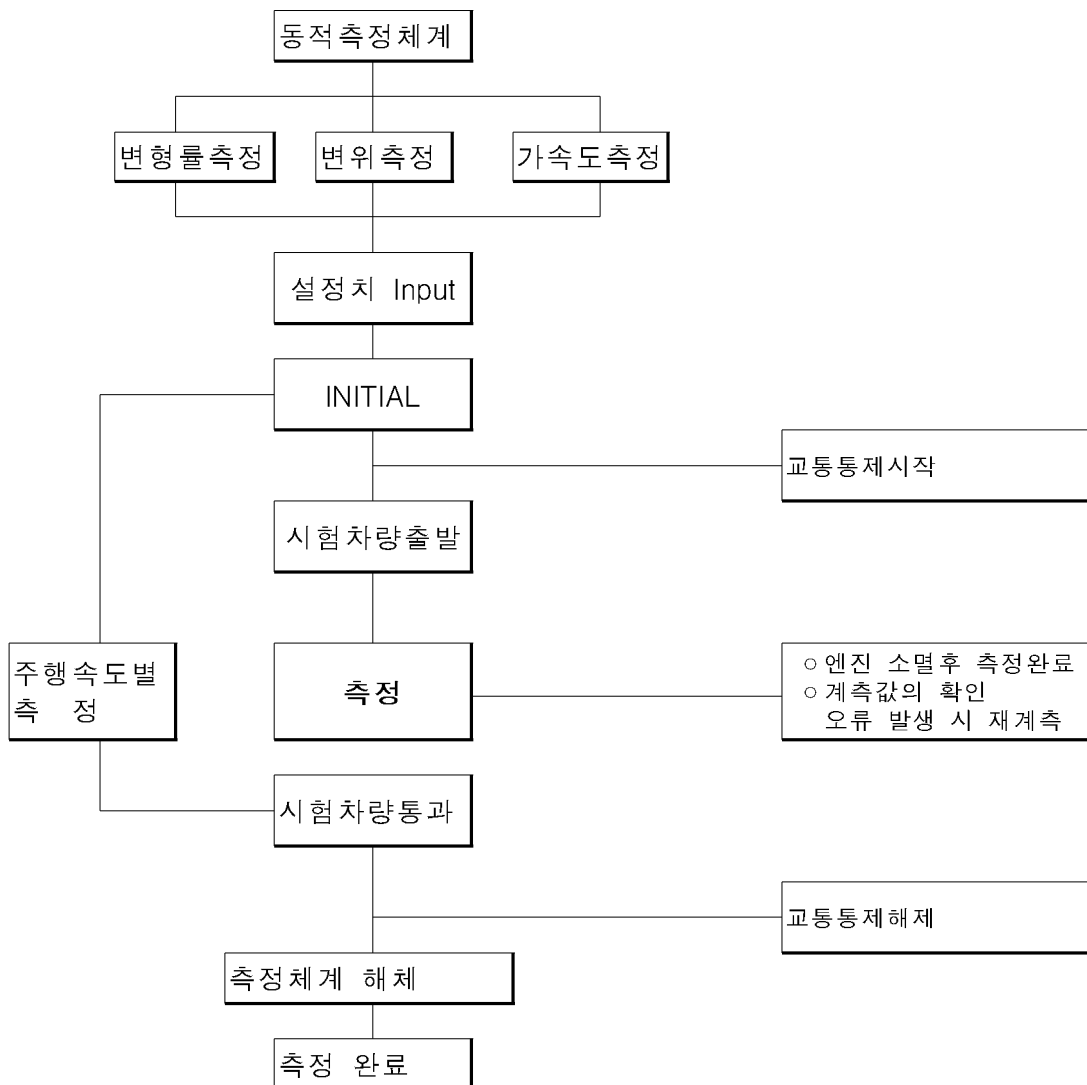
가. 개요

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 최초 10km/hr부터 10km/hr씩 증가하면서 가능한 최고속도까지 속도별로 주행시켰다.

나. 동적 재하시험 수행절차



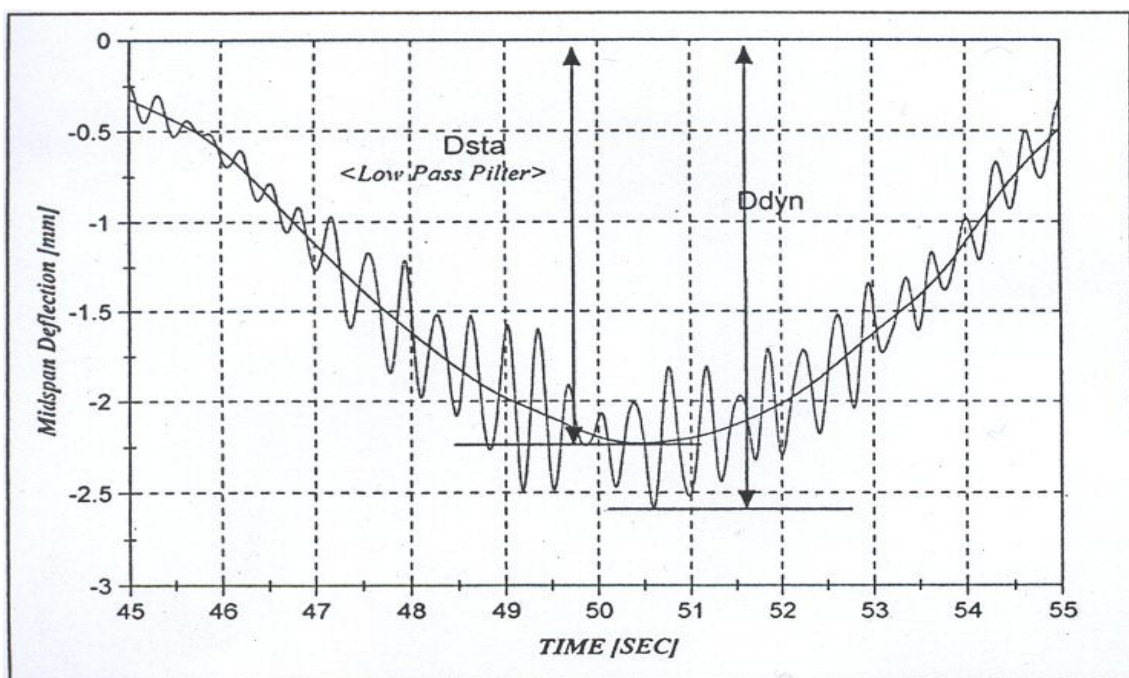
【그림 4.1-9】 동적 재하시험 흐름도

다. 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, 의사정적 주행시에도 노면의 요철 등의 원인으로 대상 교량에 가해지는 충격이 각 속도별로 다르게 나타나고 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 4.1-10】 처짐이력곡선

$$\text{동적충격율(Dynamic Load Factor : D.L.F)} = \frac{D_{\text{dyn}}}{D_{\text{sta(Max)}}$$

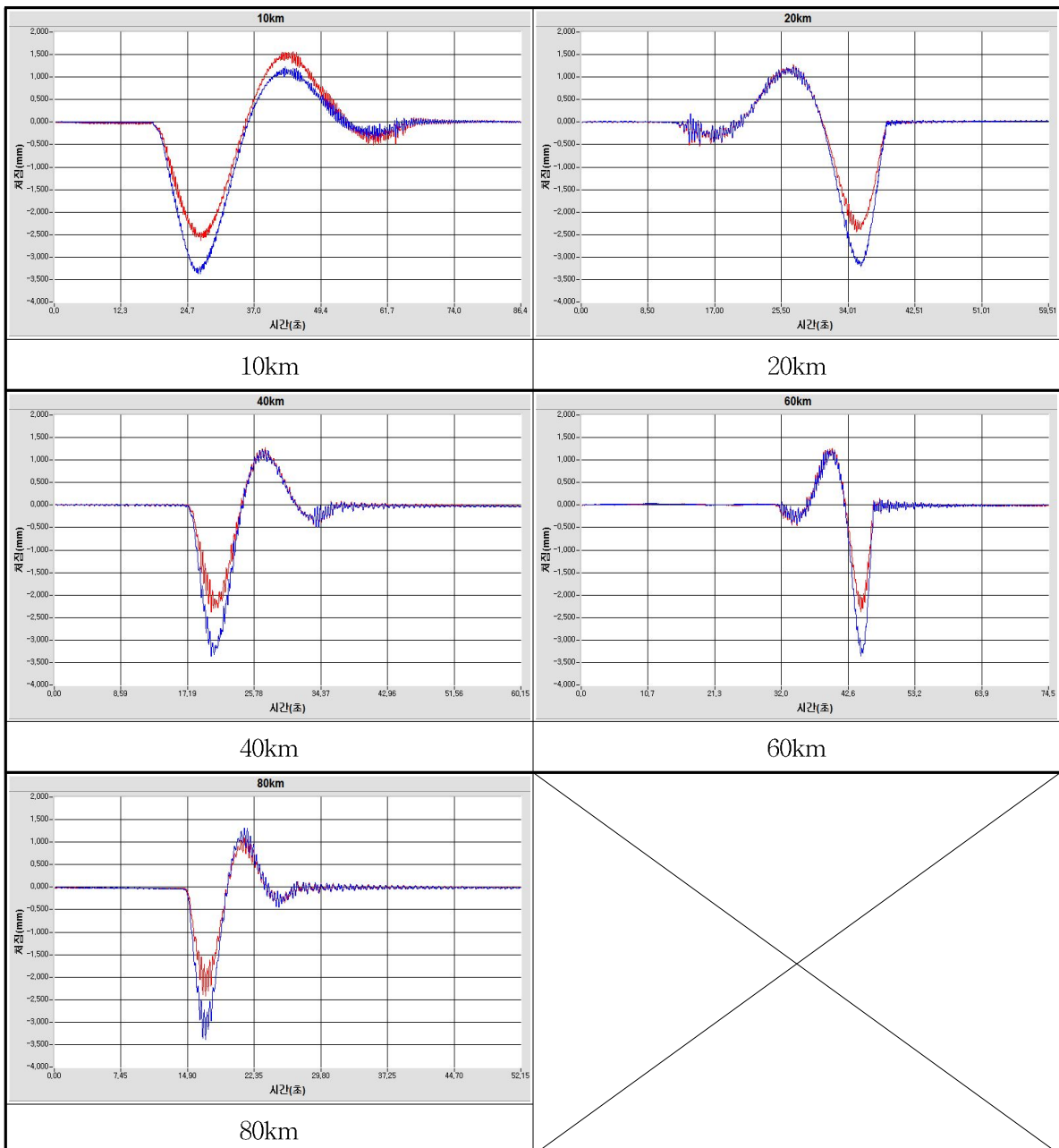
$$\text{실측충격계수(Impact Factor), I} = \text{D.L.F} - 1$$

라. 1경간 동적 재하시험 결과

1) 주행속도별 처짐 측정결과

【표 4.1-6】 동적처짐 측정 결과표

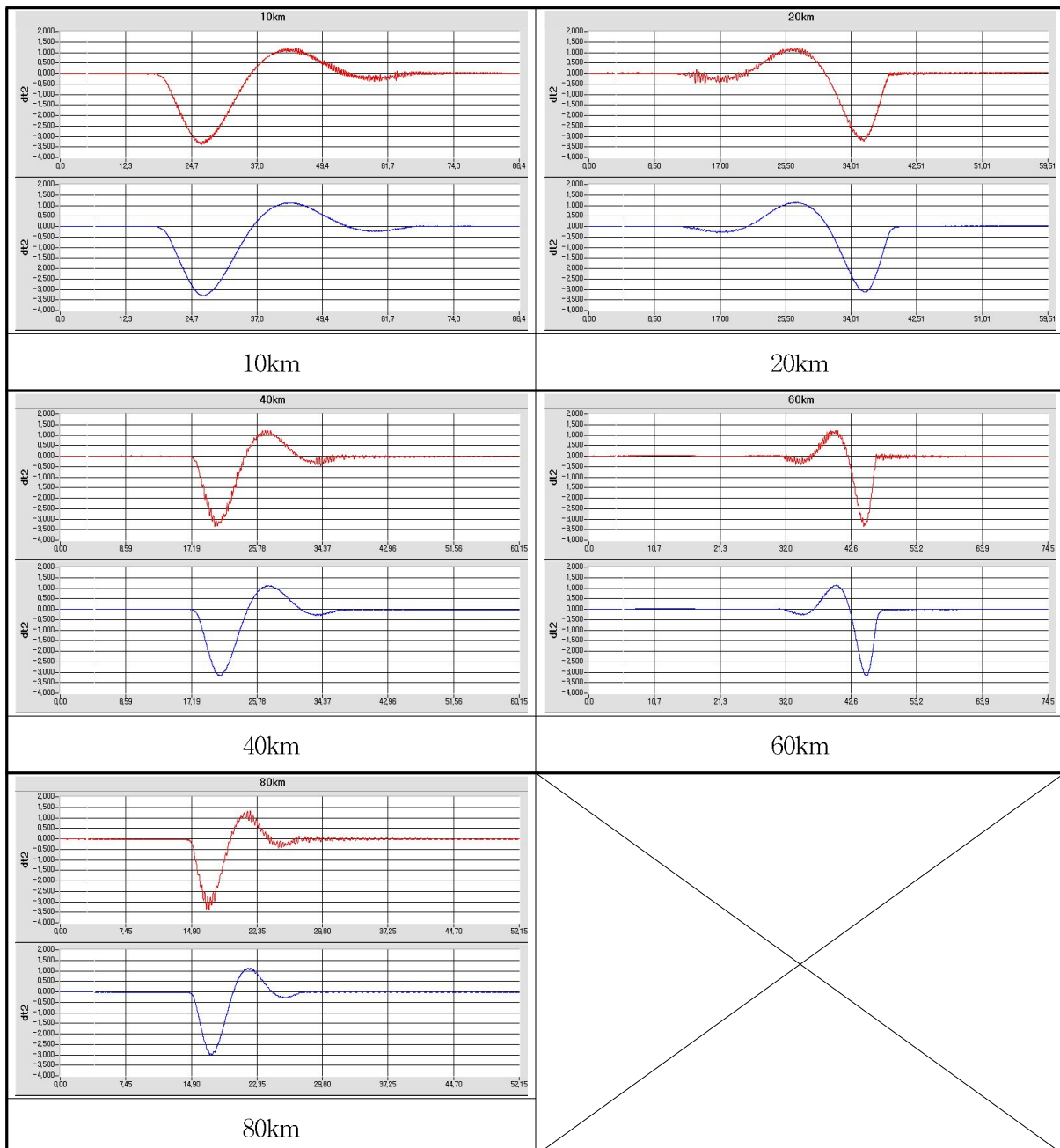
구 분	DT1	DT2
10km	-2.636	-3.374
20km	-2.438	-3.213
40km	-2.376	-3.361
60km	-2.374	-3.352
80km	-2.417	-3.383



2) 각 속도별 충격계수 분석

【표 4.1-7】 DT2충격계수 결과표

주행속도 (km/hr)	게이지 번호	의사적정적 변위(mm)	동적변위 (mm)	동적 증폭계수	충격계수	비 고
10	DT2	-3.298	-3.374	1.023	0.023	계산충격계수 $= 0.167 \frac{15}{40 + L}$
20		-3.121	-3.213	1.029	0.029	
40		-3.151	-3.361	1.067	0.067	
60		-3.169	-3.352	1.058	0.058	
80		-2.996	-3.383	1.129	0.129	



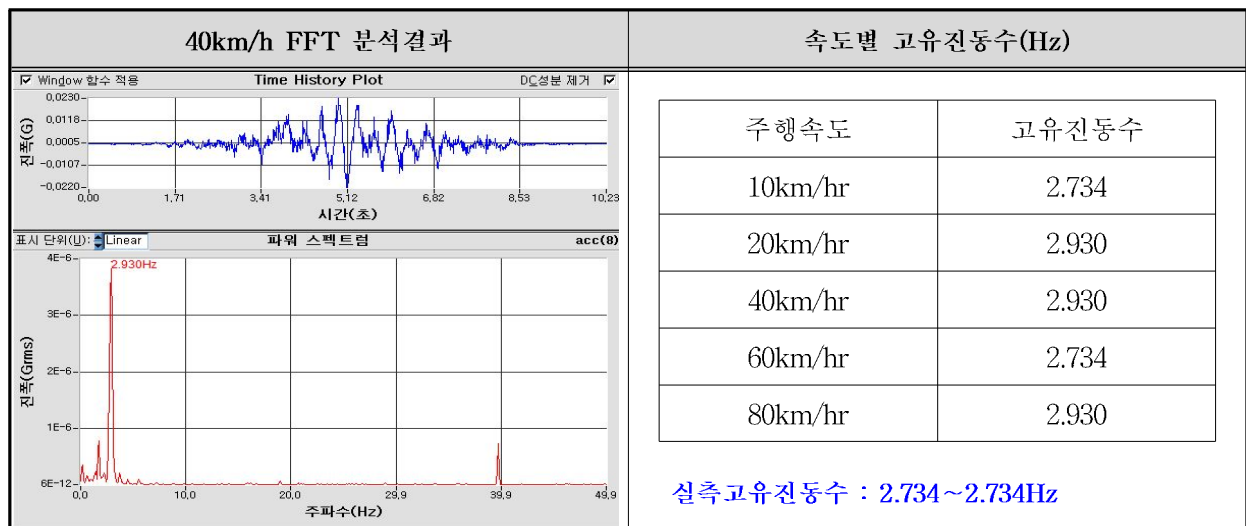
• 결과분석

동적재하에 의한 최대 충격계수는 0.129로 측정되어 계산충격계수 0.167보다 모두 작은 것으로 나타나 활하중 충격의 영향은 양호한 상태로 평가된다.

마. 고유진동수 분석

1) 고유진동수 분석

교량의 고유진동수는 강성의 변화시 그에 따라 진동수가 변하므로 교량의 강성변화여부 검토를 위하여 측정경간 정모멘트부에 가속도계를 설치하고 동적특성을 계측하였으며, 그 결과는 다음과 같다.



【그림 4.1-13】 가속도 이력곡선 FFT 분석결과

동적주행시험에 의한 고유진동수의 분석결과 2.734~2.930Hz의 범위로 분석되었으며 이론치인 2.470Hz보다 다소 크게 측정되었으며 이는 대상구조물이 공용하중에 요구되는 강성을 확보(이상)하고 있는 것으로 확인되었다.

4.1.4 재하시험 결과요약

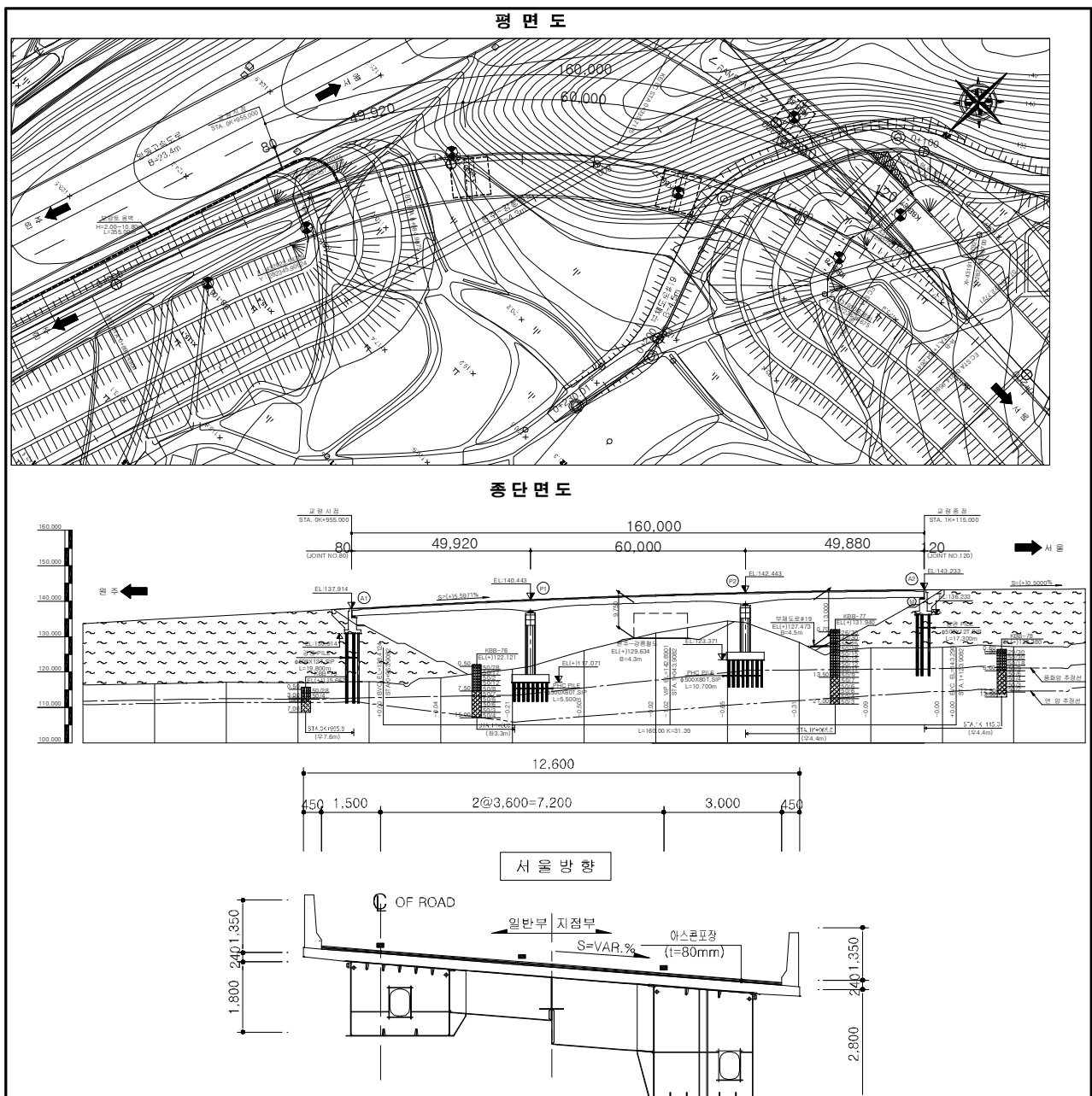
【표4.1-9】 재하시험 결과 요약

분석항목	분 석 결 과				
시험트럭	· 재하하중 : 설계하중의 60.1% · 총중량 : 259.70kN				
정적 DATA	구 분	게이지	LC1	LC2	LC3
	처 짐	DT1	-4.328	-3.4536	-2.305
		DT2	-2.211	-2.862	-3.411
	변형률	ST1	-12.611	-10.334	-7.840
		ST2	44.558	32.087	20.123
		ST3	40.332	36.552	24.638
		ST4	24.777	35.875	40.218
		ST5	20.634	31.827	43.369
		ST6	-8.194	-10.849	-12.184
하중횡분배	· 처짐 및 변형률에 의한 하중의 횡분배 분석결과 교량의 횡분배 효과는 양호한 상태로 판단된다.				
충격계수	구 분	실측 충격계수	이론충격계수	비 고	
	분석값	0.129	0.167		
	· 충격계수 분석결과 실측 충격계수는 이론 충격계수에 비해 낮은 수준으로 분석됨에 따라 충격의 효과가 작은 상태로 판단된다.				
고유진동수	구 분	실측 고유진동수	이론고유진동수	비 고	
	분석값	2.734~2.930	2.470		
	· 실측고유진동수가 이론고유진동수에 비해 큰 것으로 분석되어 교량의 거동 상태는 양호한 것으로 판단된다.				

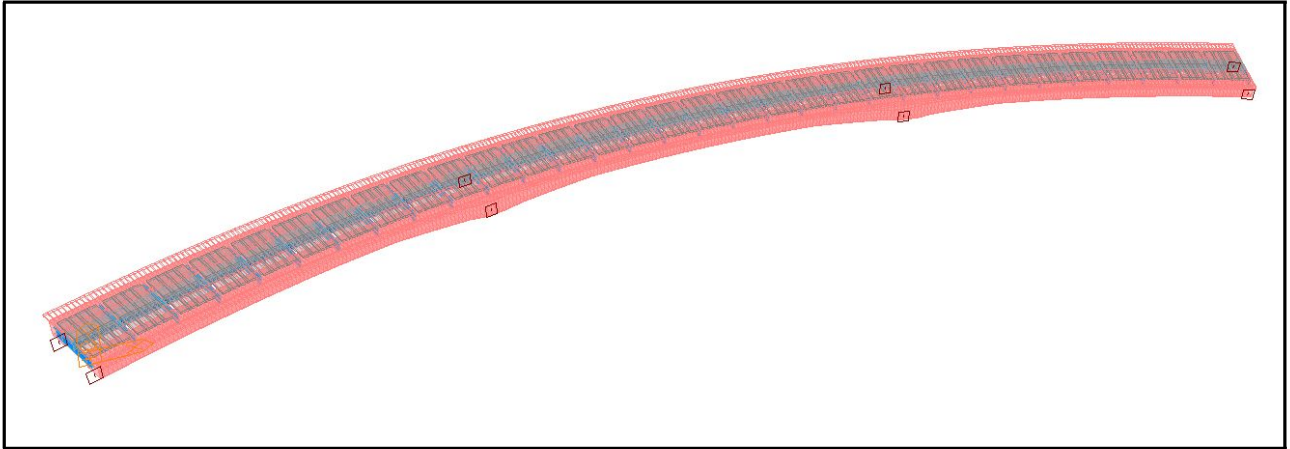
4.2 내하력평가 개요

4.2.1 개요

구조물의 안전성평가는 그 기능과 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는 것이므로 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료에 대한 검토, 부재별 상태평가 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통한 기초자료를 확보하여 이를 바탕으로 구조검토·해석에 의해 안전성 여부를 판단하여야 한다. 본 장에서는 기 구조계산서를 참조하여 기본내하력을 평가하고 재하시험을 통하여 공용내하력을 평가하였다.



4.3 구조해석



4.3.1 설계기준

1) 교 량 제 원

- 교 량 명 : 원주 JCT R-B교
- 교 량 등 급 : 1등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- 교 량 형 식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER교
- 교 량 연 장 : $L=50.000+60.000+50.000 = 160.000\text{m}$
- 교 량 폭 원 : $B=12.600\text{m}$
- 주 형 제 원 : $B=2.500\text{m}$, $H=1.800\sim 2.800\text{m}$

2) 하 중

- 고 정 하 중

철근 콘크리트 : $W_{c1} = 25.000 \text{ kN/m}^3$

무근 콘크리트 : $W_{c2} = 23.500 \text{ kN/m}^3$

강 재 : $W_s = 78.500 \text{ kN/m}^3$

아스팔트 포장 : $W_a = 23.000 \text{ kN/m}^3$

- 활 하 중

DB-24 -Pr = 96.000 kN

-Pf = 24.000 kN

DL-24 -W1 = 12.700 kN/m

-Pm = 108.000 kN

-Ps = 156.000 kN

충격계수 : $I = 15 / (40 + L) \leq 0.3$

3) 사용 재료

(1) 콘크리트

- 설계 기준강도 : $f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$
- 탄 성 계 수 : $E_c = 25000 \text{ MPa}$

(2) 철 근 (SD40)

- 항 복 강 도 : $f_y = 400.0 \text{ MPa}$
- 탄 성 계 수 : $E_s = 200,000.0 \text{ MPa}$

(3) 강재

- 주 부 재 : SM520B 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부 부 재 : SM400B 사용 (지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보)
- 탄 성 계 수 : $E_s = 210,000.0 \text{ MPa}$

4) 허 용 응 력

- 콘크리트 바닥판의 허용압축응력 : $f_{ca} = 0.4 \times f_{ck} = 10.80 \text{ MPa}$
- 콘크리트 바닥판의 합성작용때 허용압축응력 : $f_{ca} = 0.3 \times f_{ck} = 8.10 \text{ MPa}$
- 콘크리트 허용전단응력 : $\tau_{ca} = 0.25 \times \sqrt{f_{ck}} = 4.10 \text{ MPa}$

하중의 조합			허용응력(MPa)
1	주하중	1) 바닥판으로서의 작용	0.4fck
		2) 주거더 단면의 일부로서의 작용	
		3) 1)과 2)를 동시에 고려할 때	
2	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차		1.1)항의 15%증가

- 철근의 허용응력(SD40) : $f_{sa} = 190 \text{ MPa}$
- 강재의 허용휨압축응력

강 중 판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	140	190	210	260
40초과 75 이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75초과 100이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

강 종 판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	$140 : \ell / r \leq 20$	$190 : \ell / r \leq 15$	$210 : \ell / r \leq 14$	$260 : \ell / r \leq 18$
	$140-0.84(\ell / r-20):$	$190-1.3(\ell / r-15):$	$210-1.5(\ell / r-14):$	$260-2.2(\ell / r-18):$
	$20 < \ell / r \leq 93$	$15 < \ell / r \leq 80$	$14 < \ell / r \leq 76$	$18 < \ell / r \leq 67$
	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
	$6,700+(\ell / r)^2$	$5,000+(\ell / r)^2$	$4,500+(\ell / r)^2$	$3,500+(\ell / r)^2$
	$93 < \ell / r$	$80 < \ell / r$	$76 < \ell / r$	$67 < \ell / r$
40초과 75 이하			$200 : \ell / r \leq 14$	$250 : \ell / r \leq 18$
	$130 : \ell / r \leq 20$	$175 : \ell / r \leq 15$	$200-1.4(\ell / r-14):$	$250-2.1(\ell / r-18):$
			$14 < \ell / r \leq 78$	$18 < \ell / r \leq 69$
			1,200,000	1,200,000
			$4,700+(\ell / r)^2$	$3,600+(\ell / r)^2$
	$130-0.75(\ell / r-20):$	$175-1.1(\ell / r-15):$	$78 < \ell / r$	$69 < \ell / r$
75초과 100이하	$20 < \ell / r \leq 97$	$15 < \ell / r \leq 83$	$195 : \ell / r \leq 14$	$245 : \ell / r \leq 18$
			$195-1.3(\ell / r-14):$	$245-2.2(\ell / r-18):$
	1,200,000	1,200,000	$14 < \ell / r \leq 79$	$18 < \ell / r \leq 69$
	$7,300+(\ell / r)^2$	$5,300+(\ell / r)^2$	1,200,000	1,200,000
	$97 < \ell / r$	$83 < \ell / r$	$4,900+(\ell / r)^2$	$3,700+(\ell / r)^2$
			$79 < \ell / r$	$69 < \ell / r$

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

- 강재의 허용휨압축응력

강 종 판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	80	110	120	150
40초과 75 이하	75	100 (110)	115 (120)	145 (145)
75초과 100이하			110 (120)	140 (145)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재의 항복응력

강 종 판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	240	320	360	460
40초과 75 이하	220	300 (320)	340 (360)	440 (460)
75초과 100이하			330 (360)	430 (460)

- 강재 들보의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판콘크리트와 강재주거터와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

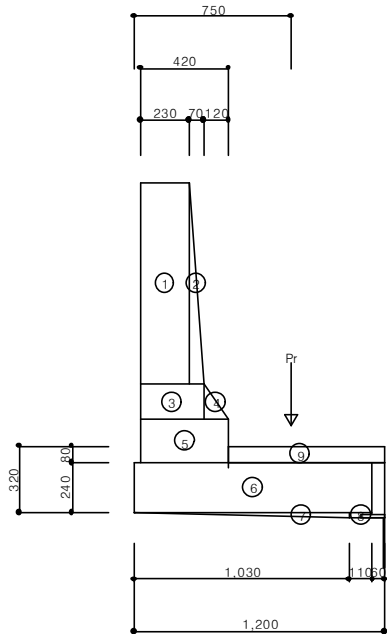
5) 참고 문헌

- i) 도로교 설계기준(2005)
- ii) 콘크리트 구조 설계기준(2007)
- iii) 도로설계 편람(2008)
- iv) 도로설계 요령(2008)
- v) 강구조 편람(1995)
- vi) 강도로교 상세부 설계지침(1997)

4.3.2 슬래브 검토

1) 켄틸레버부

① 고정하중



No	작용하중(kN)	거리(m)	모멘트(kN*m)
1	$0.23 \times 0.97 \times 25 = 5.578$	0.995	5.550
2	$0.07 \times 0.97 \times 25 \times 1/2 = 0.849$	0.857	0.727
3	$0.3 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.960	1.260
4	$1/2 \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.770	0.202
5	$0.42 \times 0.205 \times 25 = 2.153$	0.900	1.937
6	$1.14 \times 0.24 \times 25 = 6.840$	0.570	3.899
7	$1/2 \times 1.03 \times 0.022 \times 25 = 0.238$	0.453	0.128
8	$0.11 \times 0.022 \times 25 = 0.061$	0.055	0.003
9	$0.69 \times 0.08 \times 23 = 1.270$	0.345	0.438
10			
합계	전체Σ = 18.607		14.145

② 활하중

윤하중 분포폭

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.39 + 1.14 = 1.452 \text{ m (X=0.390m)}$$

충격계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.39) = 0.371 > 0.3 \quad i = 0.3$$

$$Ml+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.452) \times 0.39 \times (1 + 0.3) = 33.521 \text{ kN m/m}$$

③ 차량충돌 하중

- 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

$$H = (V / 60)^2 \times 7500 + 2500$$

$$= (60 / 60)^2 \times 7500 + 2500 = 10.000 \text{ kN/m}$$

$$\text{작용높이 } h = 1.080 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.080 = 10.800 \text{ kN m/m}$$

- 방호벽 상단에 횡방향으로 H=10kN/m의 수평하중 재하시

$$\text{작용높이 } h = 1.350 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.350 = 13.500 \text{ kN m/m}$$

곡선반경 $R < 200\text{m}$ 이므로 큰 값의 2배 적용

$$\therefore Mco = 27.000 \text{ kN m/m}$$

④ 풍하중

$$P_w = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.27\text{m} = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.810 \text{ kN/m} \times 0.715\text{m} = 2.724 \text{ kNm/m}$$

⑤ 원심하중

$$CF = 0.79 V^2/R (\%) = 0.79 \times 60^2/200 = 14.220\%$$

$$P_{cf} = P_r / E \times 14.220/100 = 9.402 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 9.402 \times 1.8 = 16.924 \text{ kNm/m}$$

⑤ 하중 조합

하중조합	사하중	활하중	충돌하중	풍하중	작용력 (kN m/m)
Case 1	1.3	2.15			112.459
Case 2	1.3	1.3	1.3		119.067
Case 3	1.3	1.3		0.65	85.737
Case 4	1.2		1.2	1.2	52.643
Case 5	1.3			1.3	21.929
검토단면 부재력					119.067

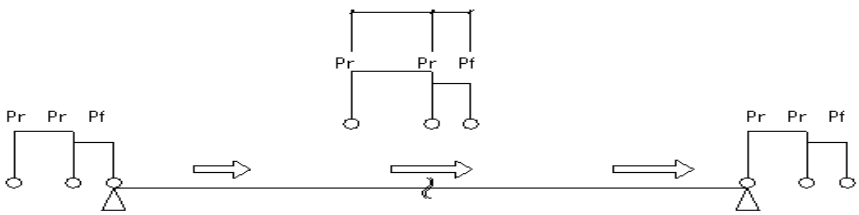
⑥ 단면검토

유효높이 d	202mm	철근 항복강도 f_y	400MPa
단 면 폭 b	1,000mm	사용 철근량 A_s	1986.0mm ²
철근덮개 d'	60.0mm	계수모멘트 M_u	119.067kN · m
콘크리트 압축강도 f_{ck}	27MPa		

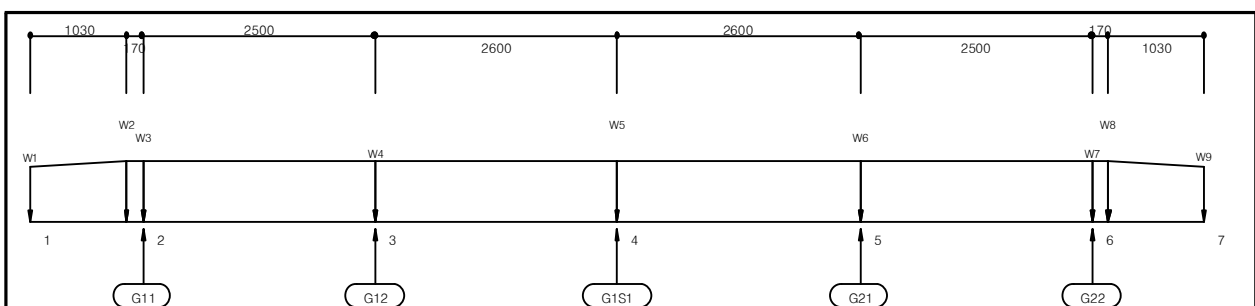
$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 124.712 \text{ kN} \cdot \text{m} > 119.067 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad O.K$$

4.4 거더 검토

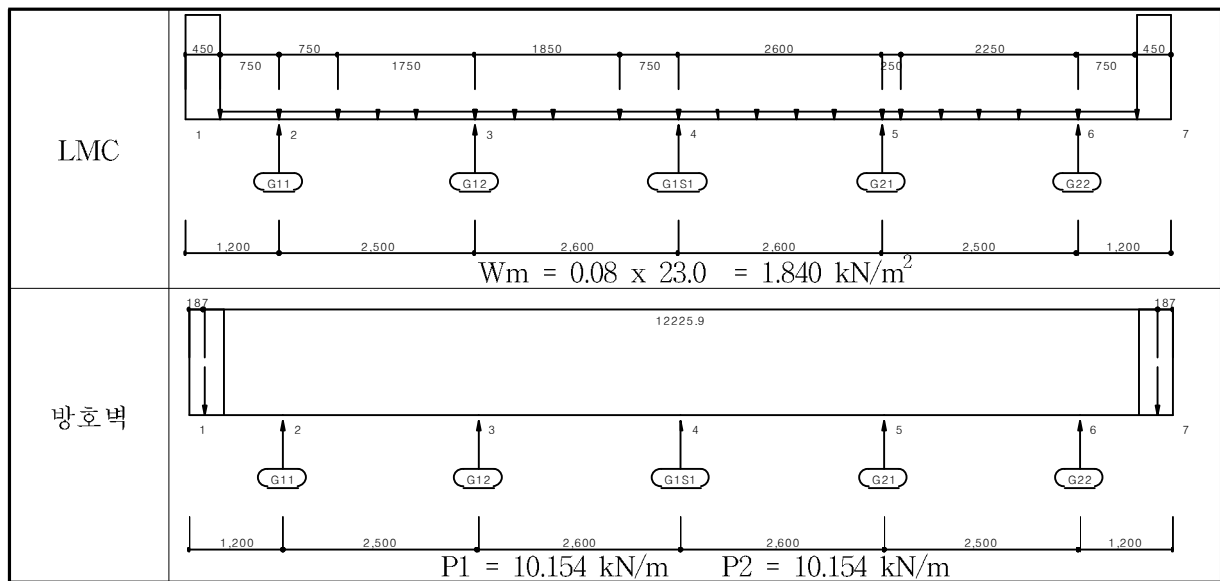
4.4.1 작용하중 산정

Case 1 합성전 고정하중	- Steel 자중, - 바닥판 자중
Case 2 합성후 고정하중	- 합성후 단면에 대하여 거더별 하중재하(부속설비 하중 포함)
Case 3 활하중	- DB-24 하중 : 표준 트럭하중을 연행하중으로 적용 - 연행하중 : 4,200~9,000 4,200  - DL-24 하중 : Ps 및 Pm하중은 재하 공간내에서 최대단면력을 발생시키는 위치에 대해
Case 4 지점침하	합성후 단면에 대하여 각 지점 위치별 10mm 부등침하를 조합하여 적용 - 1 : A1 지점침하 - 2 : P1 지점침하 - 3 : P2 지점침하 - 4 : A2 지점침하 - 5 : A1, P2 지점침하 - 6 : P1, A2 지점침하

① 합성전 고정하중(슬래브 자중)



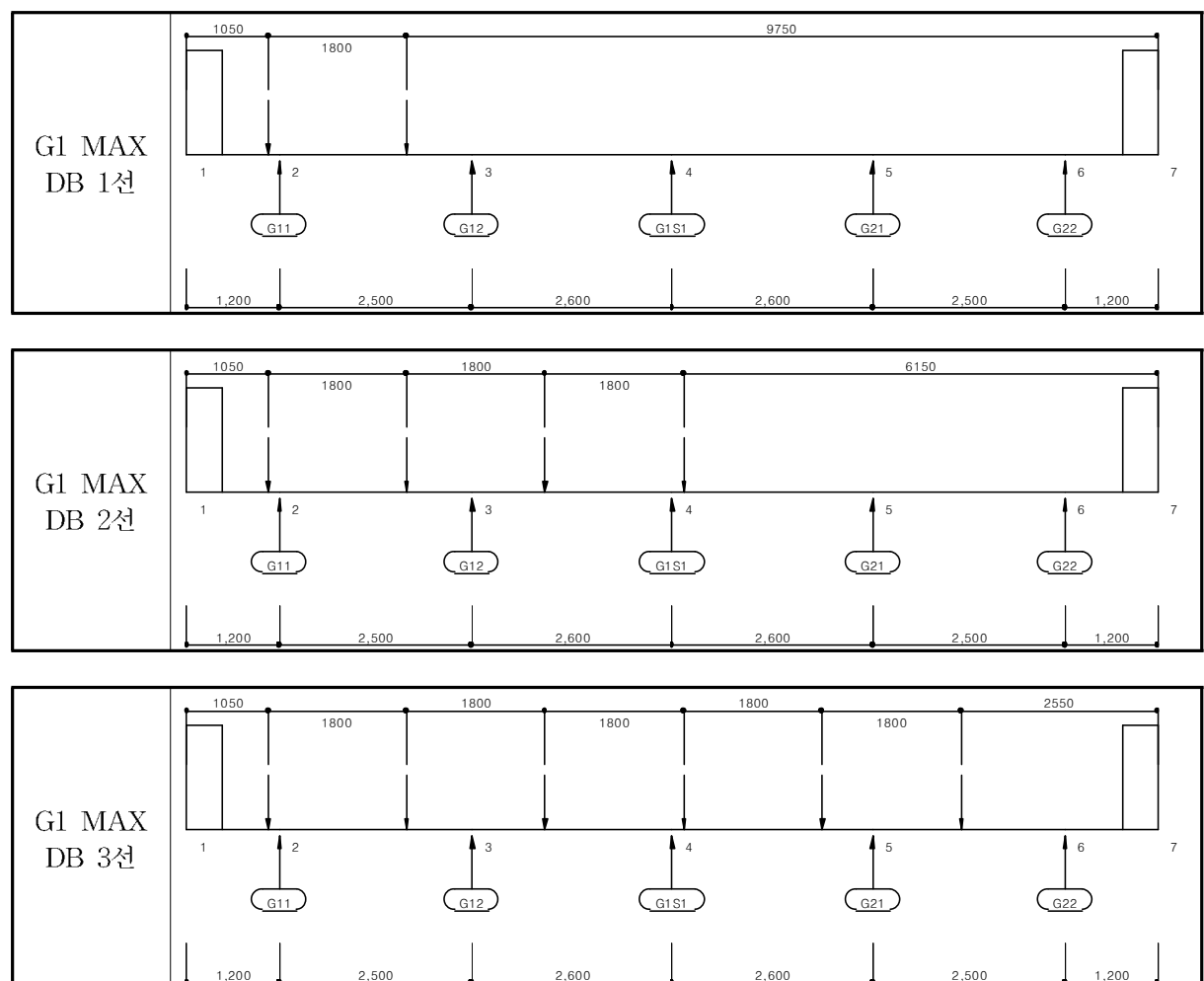
② 합성후 고정하중

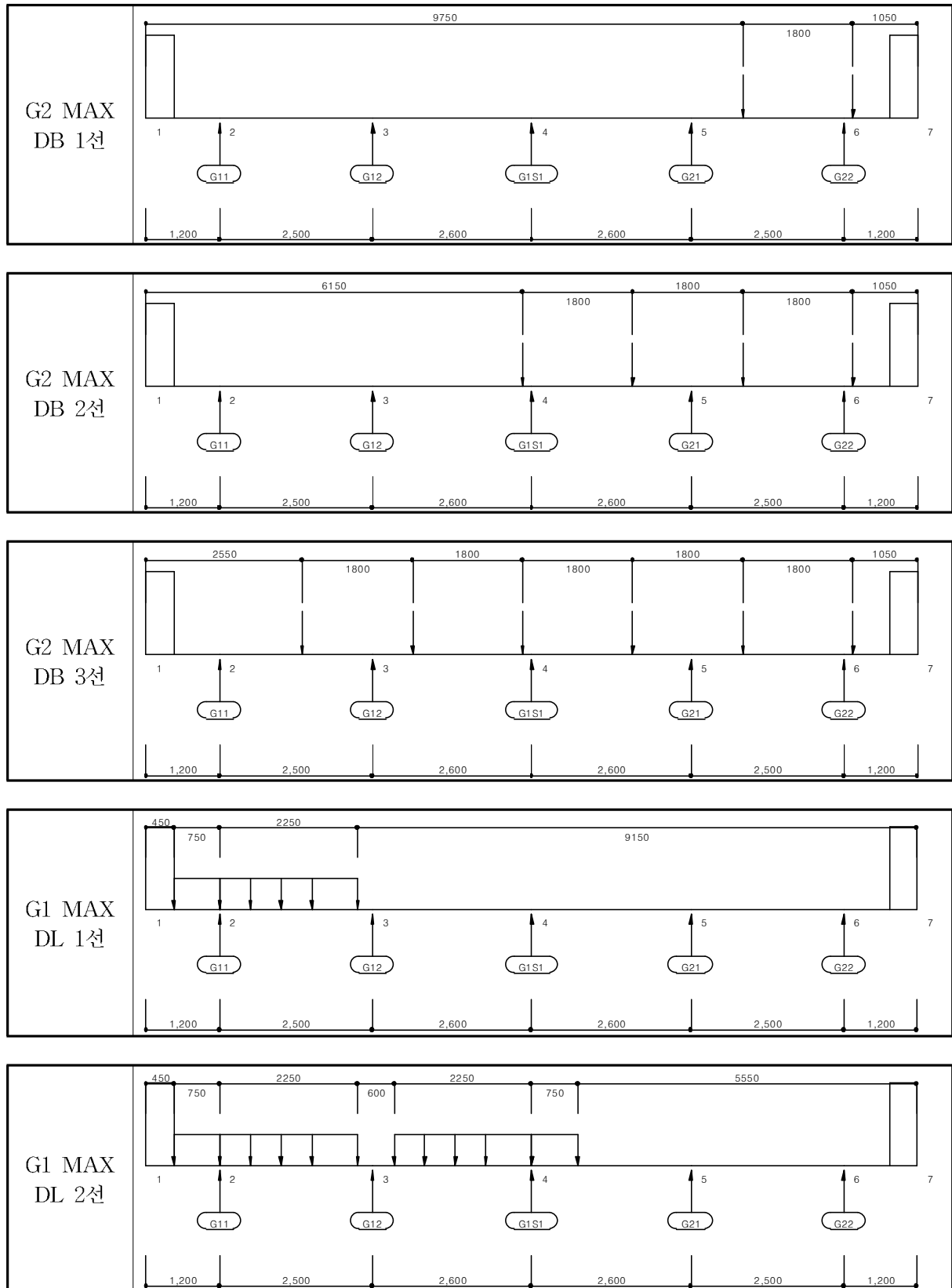


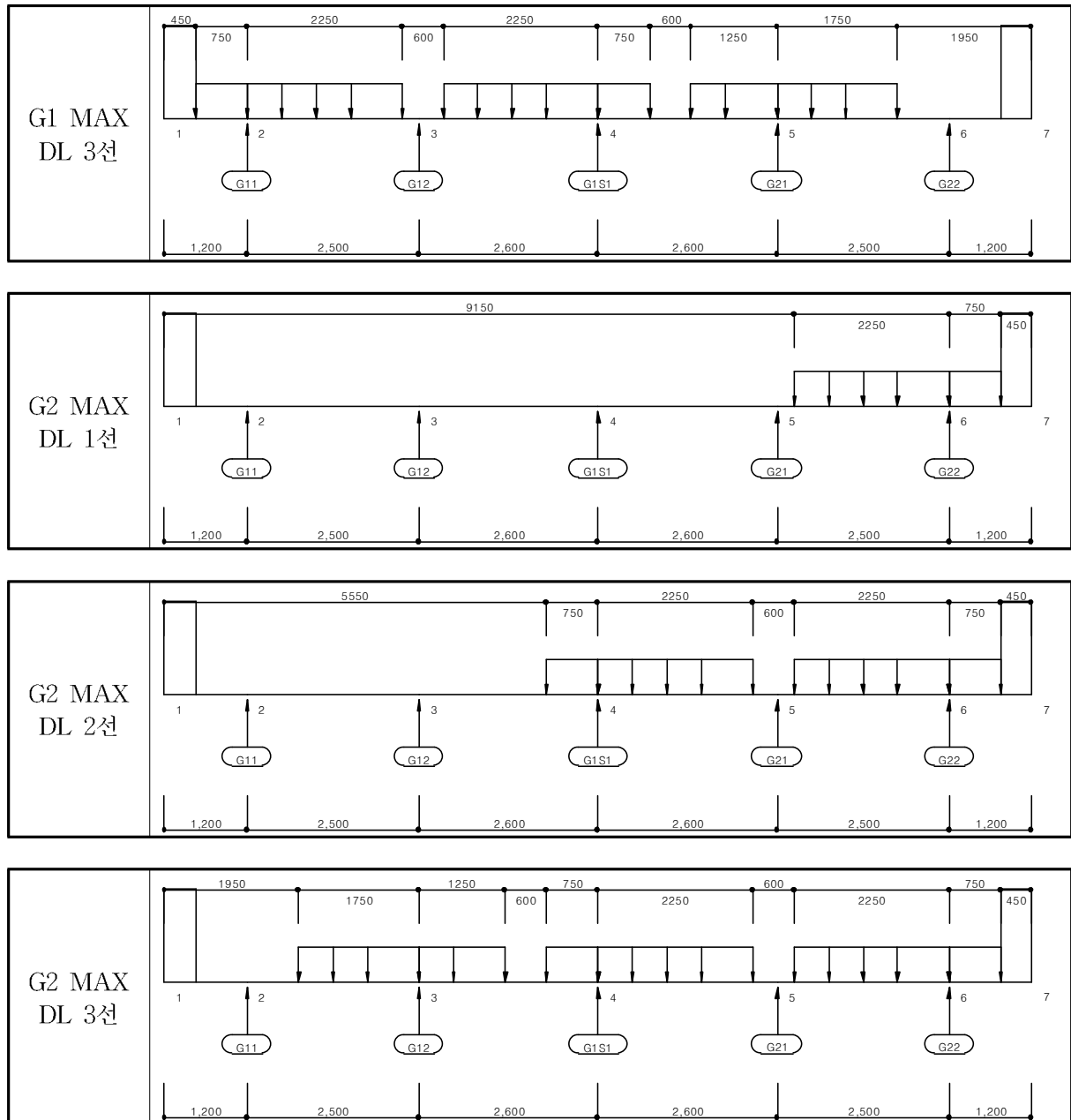
③ 활하중

연석간의 교폭 $W_c = 11.700 \text{ m}$ $\therefore$ 설계 차로수 $N = 3$

설계 차로폭 $W = \text{설계 차로폭}$ $W = 11.700 / 3 = 3.900 \text{ m} > 3.6 \text{ m}$ $W = 3.6 \text{ m}$







- DB-24 하중(윤하중)

전륜하중 : $P_f = 24 \text{ KN}$, 후륜하중 : $P_r = 96 \text{ KN}$

- DL-24 하중(차선하중)

$W = 12.7/3.0 = 4.233 \text{ KN/m}$, $P_m = 108/3.0 = 36.000 \text{ KN}$, $P_s = 156/3.0 = 52.000 \text{ KN}$

④ 충격계수

$i = 15 / (40 + L)$

⑤ 주형별 작용하중

(1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 40.035% 할증적용

(총강재중량 / 모델링 강재중량 = $5885.527 \text{ kN} / 4202.904 \text{ kN} = 1.400$)

(2) 합성전 고정하중 (슬래브 자중) : 고정하중은 단면이 변하는 위치마다 다르나 본 보고서에서는 대표 단면만을 표시하였다.

Sta.0+955.58		G-1	G-2	ST-1	비고
거더폭		2.500	2.500		m
슬래브 자중	P1	16.26	15.945	17.555	kN/m
	P2	15.945	16.26		
	Pt	32.205	32.205	17.555	
	Mt	-0.394	0.394		kN·m/m

(3) 합성후 고정하중

Sta.0+955.58		G-1	G-2	ST-3	비고
Pavement 및 방호벽,중분대	P1	18.858	-1.957	8.024	kN/m
	P2	-1.957	18.858		
	Pt	16.901	16.901	8.024	
	Mt	-26.019	26.019		kN·m/m

상기 하중과 점검로 등의 부속설비 하중으로 500.0 N/m^2 을 설계에 반영

(강도로교 상세부 설계지침 P131)

거더당 작용하는 부속설비 하중 $W(\text{kN/m}) = 0.5 \text{ kN/m}^2 \times \text{슬래브 전폭(m)} / \text{총거더수}$

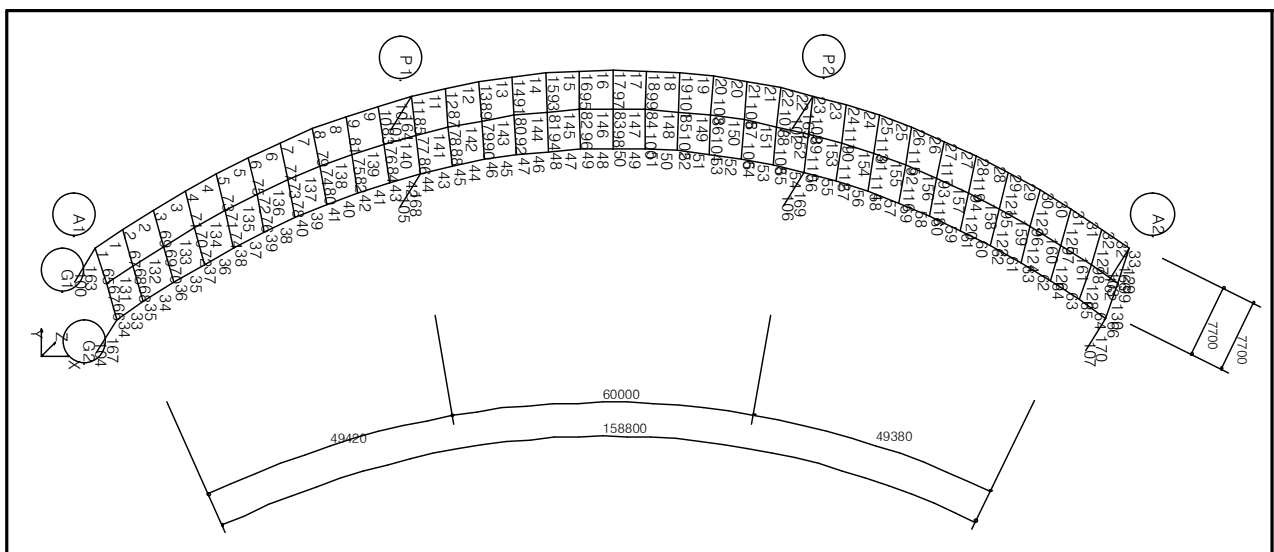
$$W = 0.50 \times 12.600 / 2 = 3.150 \text{ kN /m}$$

(4) 활하중

- G1에 대한 DB-24 및 DL-24 Max, G2에 대한 DB-24 및 DL-24 Max 생략

(1차선~3차선 재하시)

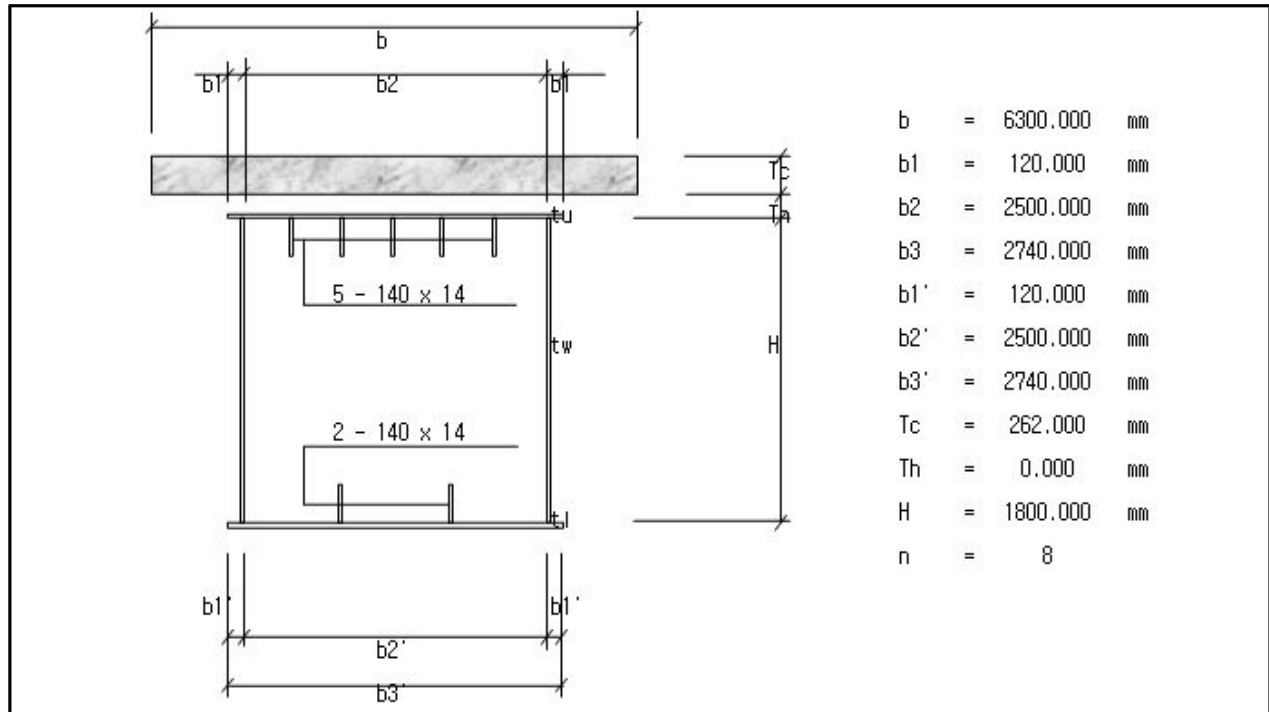
4.4.2 모델링



4.4.3 단면 특성

① 정모멘트 구간 단면 특성

(1) 측경간 단면특성



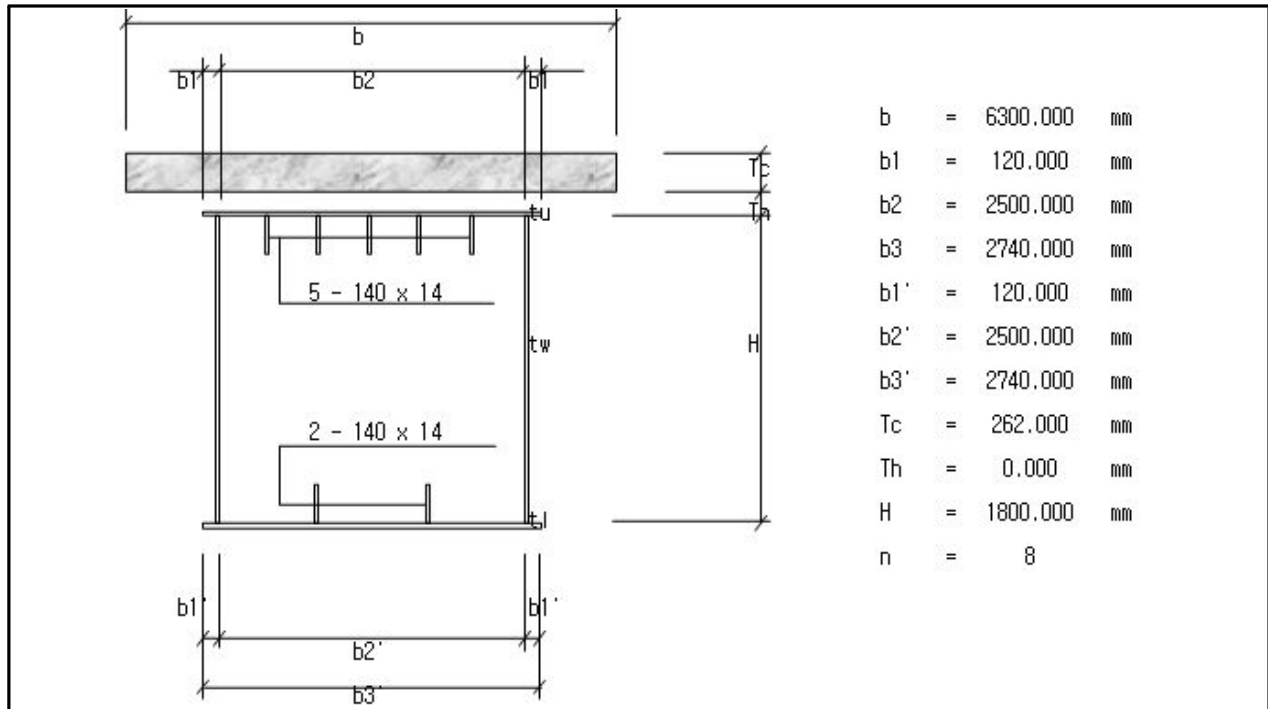
- 단면계수

단 면	B (mm)	H (mm)	As(mm ²)	Y(mm)	As*Y (mm ³)	As*Y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
1 UPPER FL.	2740	12	32880	906.00	29789280	26989087680	394560
5 UPPER RIB	140	14	9800	830.00	8134000	6751220000	16006667
2 WEB	1800	12	43200				11664000000
2 LOWER RIB	140	14	3920	-830.00	-3253600	2700488000	6402667
1 LOWER FL.	2740	18	49320	-909.00	-44831880	40752178920	1331640
강단면합계			139120				-10162200

합성 전 : $I_{33} = 88138799115\text{mm}^2$, $I_{22} = 119577133600\text{mm}^2$

합성 후 : $I_{33} = 190602168446\text{mm}^2$, $I_{22} = 801997071100\text{mm}^2$

(2) 중앙경간 단면특성



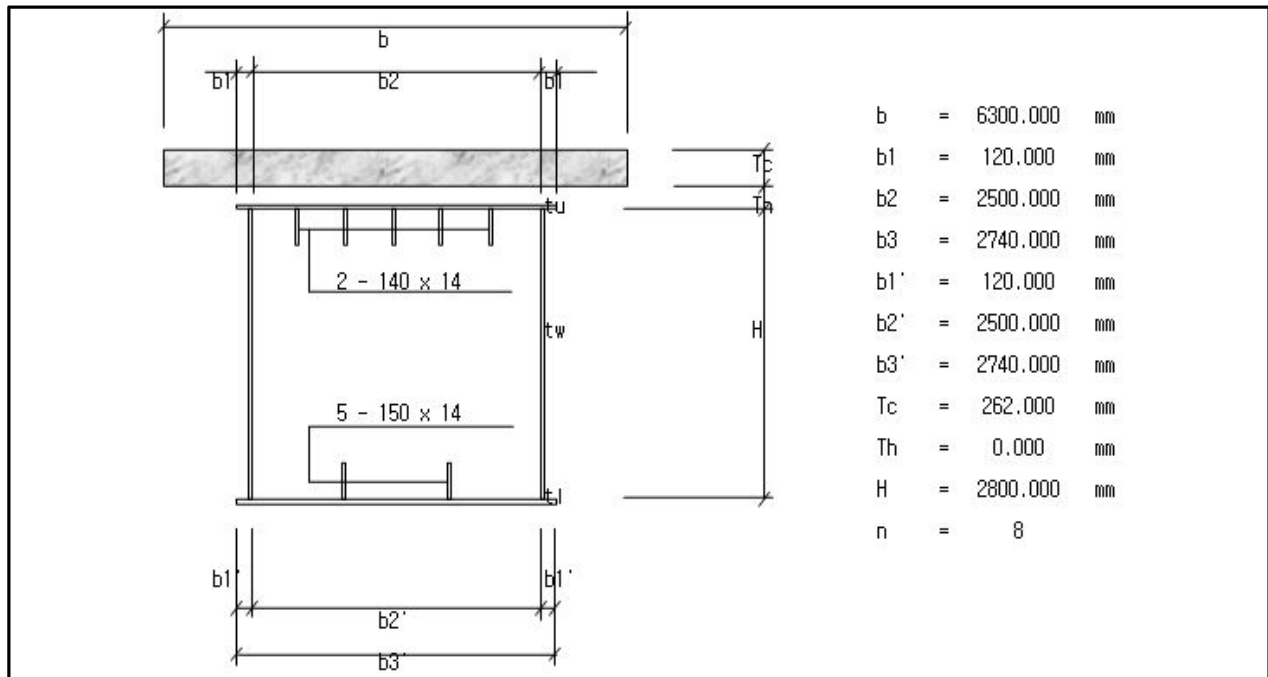
- 단면계수

단 면	B (mm)	H (mm)	As(mm ²)	Y(mm)	As*Y (mm ³)	As*Y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
1 UPPER FL.	2640	12	32880	906.00	29789280	26989087680	394560
5 UPPER RIB	140	14	9800	830.00	8134000	6751220000	16006667
2 WEB	1800	12	43200				11664000000
2 LOWER RIB	150	14	3920	-830.00	-3253600	2700488000	6402667
1 LOWER FL.	2640	12	32880	-906.00	-29789280	26989087680	394560
강단면합계			122680				4880400

합성 전 : $I_{33} = 74922931958\text{mm}^2$, $I_{22} = 109291721600\text{mm}^2$

합성 후 : $I_{33} = 151692750855\text{mm}^2$, $I_{22} = 791711659100\text{mm}^2$

② 부모멘트 구간 단면 특성



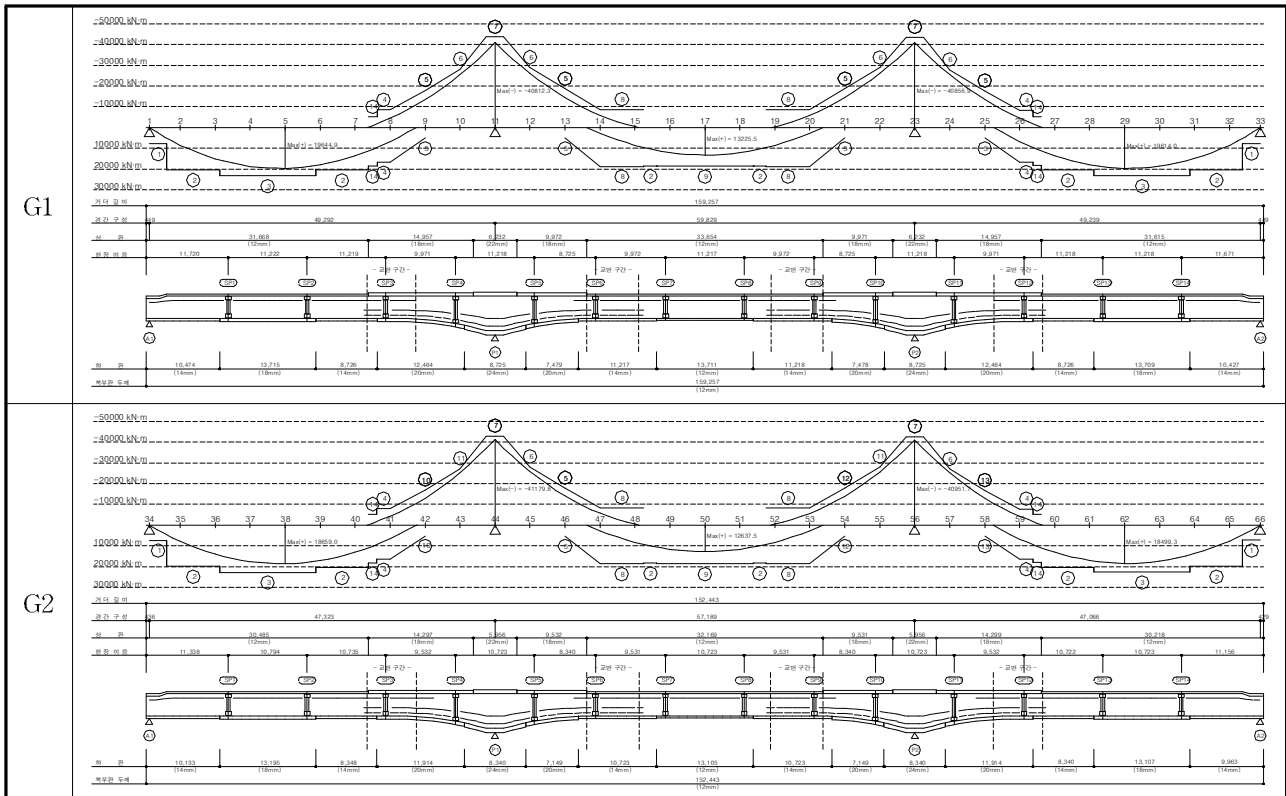
- 단면계수

단 면	B (mm)	H (mm)	As(mm ²)	Y(mm)	As*Y (mm ³)	As*Y ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
1 UPPER FL.	2740	22	60280	1411.00	85055080	120012717880	2431293
2 UPPER RIB	140	14	3920	1330.00	5213600	6934088000	6402667
2 WEB	2800	12	67200				43904000000
5 LOWER RIB	150	14	10500	-1325.00	-13912500	18434062500	19687500
1 LOWER FL.	2740	24	65760	-1412.00	-92853120	131108605440	3156480
강단면합계			207660				-16496940

합성 전 : $I_{33} = 319114600718\text{mm}^2$, $I_{22} = 184866050933\text{mm}^2$

합성 후 : $I_{33} = 588712029953\text{mm}^2$, $I_{22} = 867285988433\text{mm}^2$

1) 해석 결과 (단면요약도)



2) 응력 검토

정, 부모멘트구간의 응력검토는 중앙부 거더와 지점부 거더에 대해서 최대 정모멘트 및 최대 부모멘트에 관해서 수행하였으며 압축을 정(+)으로 하고 인장을 부(-)로 규약하였다.

적용 하중조합

- LCB 1 : 합성전 고정하중
- LCB 2 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중
- LCB 3 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프
- LCB 4 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축
- LCB 5 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축+온도차
- LCB 6 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중+크리프+건조수축-온도차

① 정모멘트부

(1) 측경간측

하중 조합	콘크리트				강재			
	작용 응력(MPa)		허용 응력(MPa)		작용 응력(MPa)		허용 응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
LCB1			10.800	10.800	96.023	-82.367	152.750	210.000
LCB2	4.074	2.228	10.800	10.800	114.527	-167.007	152.750	210.000
LCB3	3.335	2.044	10.800	10.800	123.458	-164.592	175.663	210.000
LCB4	2.128	0.723	10.800	10.800	148.570	-158.540	175.663	210.000
LCB5	1.461	-0.152	12.420	2.174	165.647	-153.094	198.575	241.500
LCB6	2.794	1.598	12.420	12.420	131.493	-163.985	198.575	241.500

(2) 중앙경간측

하중 조합	콘크리트				강재			
	작용 응력(MPa)		허용 응력(MPa)		작용 응력(MPa)		허용 응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
LCB1			10.800	10.800	57.418	-62.655	152.750	210.000
LCB2	3.409	1.637	10.800	10.800	71.162	-147.579	152.750	210.000
LCB3	2.773	1.483	10.800	10.800	75.580	-141.463	175.663	210.000
LCB4	1.114	-0.130	10.800	10.800	93.521	-115.686	175.663	210.000
LCB5	-0.087	-1.245	12.420	2.174	108.571	-95.866	198.575	241.500
LCB6	2.314	0.985	12.420	12.420	78.471	-135.507	198.575	241.500

② 부멘트부

하중 조합	콘크리트				강재			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
LCB1			-160.000	-160.000	<i>-103.213</i>	<i>92.283</i>	-210.000	210.000
LCB2	<i>-72.299</i>	<i>-63.887</i>	-160.000	-160.000	<i>-166.166</i>	<i>177.108</i>	-210.000	210.000
LCB3	<i>-79.704</i>	<i>-71.507</i>	-160.000	-160.000	<i>-173.810</i>	<i>165.687</i>	-210.000	210.000
LCB4	<i>-68.950</i>	<i>-60.395</i>	-160.000	-160.000	<i>-162.658</i>	<i>183.133</i>	-210.000	210.000
LCB5	<i>-78.520</i>	<i>-69.637</i>	-184.000	-184.000	<i>-146.664</i>	<i>204.880</i>	-241.500	241.500
LCB6	<i>-59.380</i>	<i>-51.153</i>	-184.000	-184.000	<i>-178.652</i>	<i>161.387</i>	-241.500	241.500

③ 검토결과

시공단계별 하중조건에 대한 발생응력을 조합한 결과, 정모멘트 및 부모멘트구간의 측경간 측 주형과 중앙경간측 주형에 대한 휨응력에 대한 응력 검토결과 1.0이상의 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

4.5 구조검토

4.5.1 안전성 평가기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 대상구조물과 같은 강구조물의 경우 허용응력법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상교량의 설계개념에 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다. 상기와 같은 내용을 근간으로 검토한 후, 진단, 압축 등의 구조적 최저 안전율 정도에 따라 구조물의 안전성에 대한 평가기준을 설정하면 다음 【표 4.5-1】와 같다.

【표 4.5-1】 구조물의 안전성 평가기준

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

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

4.5.2 안전성 평가결과

원주 JCT R-B교의 상부구조는 강박스 연속교로 바닥판과 주형에 대하여 안전성 평가를 실시하였다. 주형은 중앙부와 지점부를 나누어 외측주형과 내측주형별로 최대 정모멘트 및 최대 부모멘트에 대한 평가를 실시하였으며, 부재별 해석차이로 슬래브는 강도설계법, 거더는 허용응력 설계법으로 안전성 평가를 검토하여 요약, 정리하였다.

1) 바닥판 안정성 평가 (강도설계법)

구 분	설계강도(kN.m)	극한강도(kN.m)	안전율	등급
슬래브 지점부 (캔틸레버부)	124.712	119.067	1.05	a

2) 주형 응력 안전성 평가

① 최대 정모멘트부 응력 안전성 평가

부 재			허용응력(MPa)	작용력(MPa)	안전율	등 급
측경간	콘크리트	상연	10.800	4.074	2.65	a
		하연	10.800	2.228	4.85	a
	강재	상연	175.663	148.570	1.18	a
		하연	-210.000	-167.007	1.26	a
중앙경간	콘크리트	상연	10.800	3.409	3.17	a
		하연	10.800	1.637	6.60	a
	강재	상연	198.575	108.571	1.83	a
		하연	-210.000	-147.579	1.42	a

② 최대 부모멘트부 응력 안전성 평가

부 재			허용응력(MPa)	작용력(MPa)	안전율	등 급
측경간	콘크리트	상연	160.000	79.704	2.01	a
		하연	160.000	71.507	2.24	a
	강재	상연	-210.000	-173.810	1.21	a
		하연	210.000	183.133	1.15	a

3) 안전성 평가 검토결과

슬래브 바닥판 및 외측거더, 내측거더에 대한 안전성 평가결과 최소안전율이 1.0 이상으로 검토되어 안전성 평가 등급은 A등급으로 평가되었다.

4.6 내하력평가

본 교량에 대한 내하력 평가는 주형(Steel Box) 및 슬래브에 대하여 실시하였고, 정적재하시험의 측정치와 구조계산 결과에 의해 얻어진 계산치로부터 응답비(계산치/실측치)를 산출하고 구조물의 동적 특성을 반영하기 위하여 동적재하시험시 얻어진 실측충격계수를 적용하여 내하력을 산정하였다.

4.6.1 내하율 산정

■ 강도설계법에 의한 내하율

$$\cdot \quad RF = \frac{\psi M_n - \gamma_b M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, RF = 내하율

ψM_n = 공칭 휨모멘트

M_d = 사하중에 의한 모멘트

M_l = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_l = 활하중계수 = 2.15

γ_d = 사하중계수 = 1.30

i = 충격계수

■ 허용응력설계법에 의한 내하율

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

여기서, RF = 내하율

f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

$f_l(1+i)$ = 활하중(충격포함)에 의한 응력

- 모든 부재의 공용내하력은 다음과 같이 계산하였다.

$$\cdot \quad P = \frac{K_s}{K_m} \times RF \times P_r$$

여기서, P = 공용내하력

K_s = 응력보정계수

K_m = 보정계수

P_r = 설계활하중

4.6.2 기본 내하력 평가

$$\text{기본 내하력} : P_o = RF(\text{내하율}) \times Pr(\text{설계하중})$$

1) 거더 기본내하력

허용응력설계법에 의한 거더의 기본내하력 평가(MPa)

구분		정모멘트부				부모멘트부			
		허용응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)
측경간	상연	152.75	102.167	12.360	4.09	-210.00	-115.039	-51.127	1.86
	하연	-210.00	-110.470	-56.537	1.76	210.00	152.274	24.834	2.32
중앙 경간	상연	152.75	61.034	10.128	9.06	-210.00	-115.039	-51.127	1.86
	하연	-210.000	-85.000	-62.579	2.00	210.00	152.274	24.834	2.32
정모멘트부 기본내하력(P_o)= $Pr(\text{설계하중}) \times R.F(\text{내하율}) = DB-24 \times 1.42 = DB-24$ 이상 부모멘트부 기본내하력(P_o)= $Pr(\text{설계하중}) \times R.F(\text{내하율}) = DB-24 \times 1.71 = DB-24$ 이상									

2) 슬래브 (캔틸레버) 기본내하력

바닥판은 강도설계법에 의한 내하력 평가를 실시하였다.

강도설계법에 의한 바닥판 기본내하력 평가(MPa)

구분	내하율 계산	내하율(R.F)	기본내하력	비고
캔틸레버부	$\frac{124.712 - 1.3 \times 14.145}{2.15 \times 33.521} =$	1.47	DB-24이상	

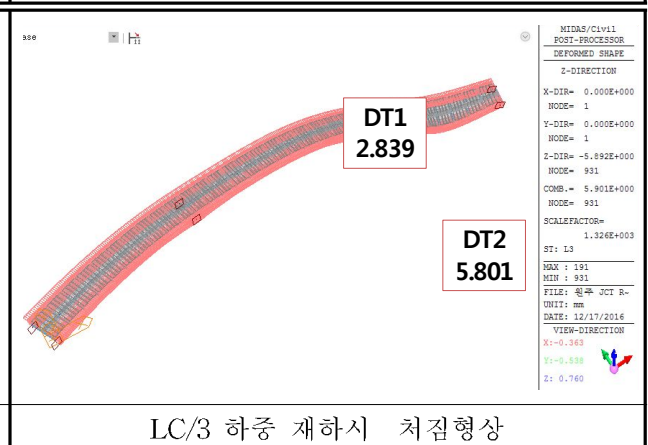
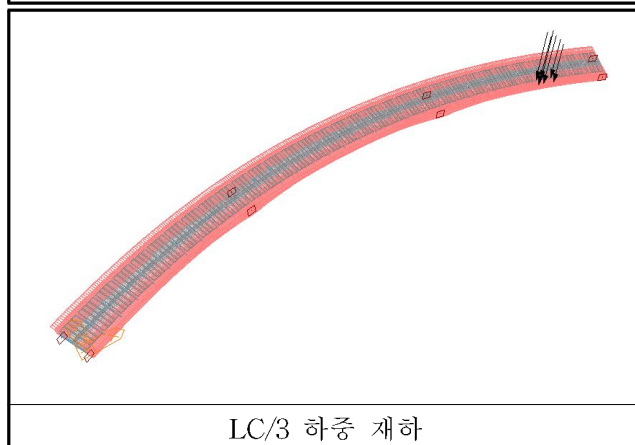
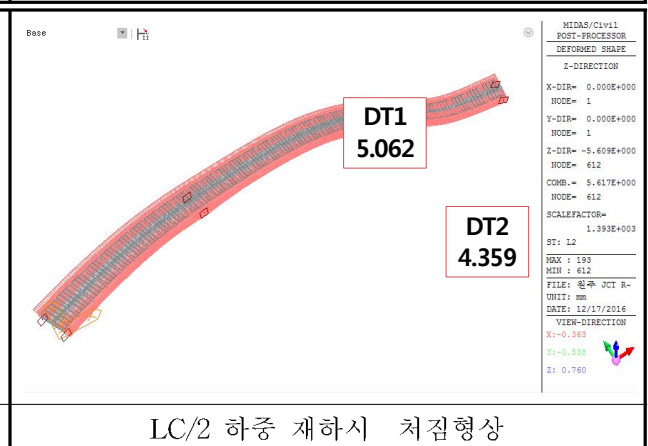
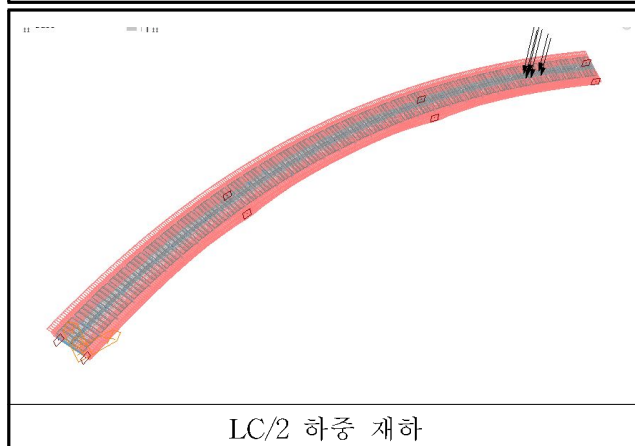
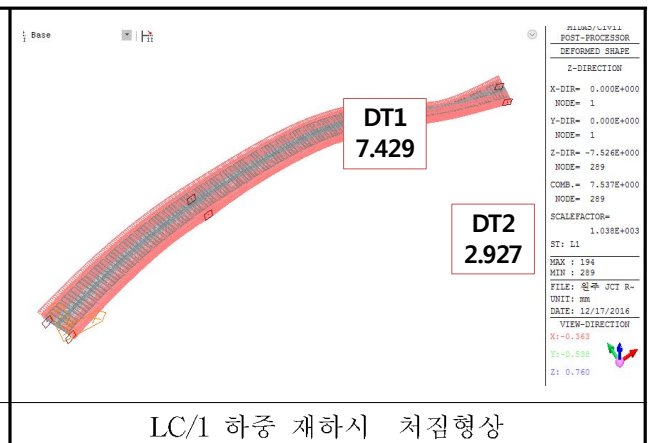
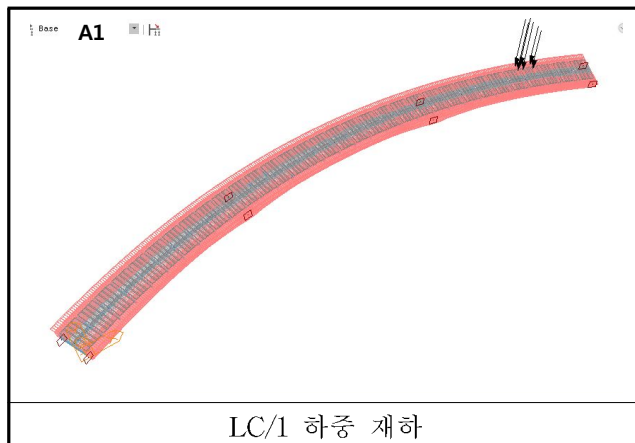
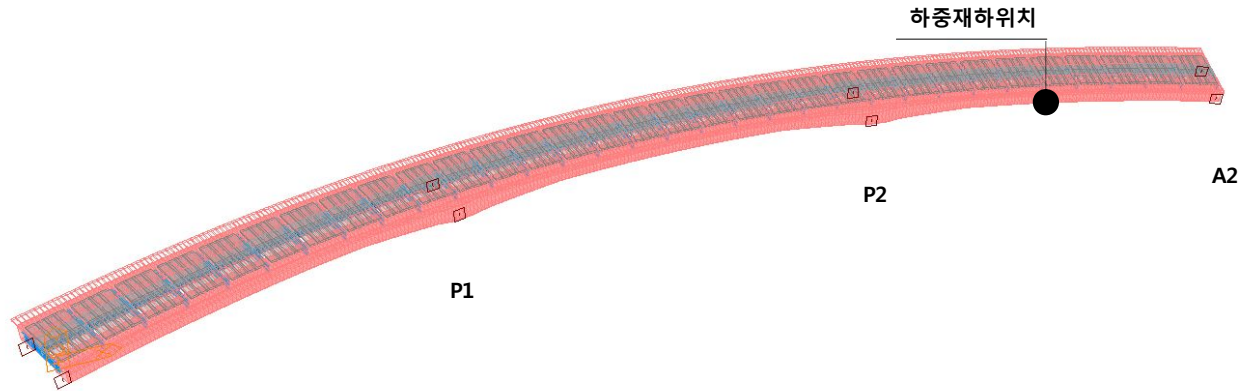
4.6.3 공용 내하력 평가

$$\text{공용 내하력} : P = RF(\text{내하율}) \times Pr(\text{설계하중}) \times K_s(\text{응답비})$$

(1) 응답보정계수(K_s)

• 이론치짐 산정

재하시험 결과에 의한 실측치와 비교하기 위한 이론치를 계산하여 응답비 계산의 기초 자료를 제공하였다. 이론치를 구하기 위한 구조해석은 대상 구조물을 3차원 Frame 격자 모델링하였으며, 재하시험시와 동일한 하중상태를 재하하여 구조해석 범용 프로그램인 MIDAS/CIVIL로 해석하였다.



교량의 정적거동에 있어서 국부적인 이상거동의 유무를 분석하기 위하여 정적재하 시험의 측정 결과 값과 구조해석 결과 얻은 계산 값과의 비로써 응답비를 구하였으며 Load Case 별 최소응답비를 적용하여 공용내하력 평가에 반영하였다.

< 응답비 산정 >

구 분			DT1	DT2	비 고
원주 JCT R-B교	L/C-1	실측치	4.328	2.211	최소응답비 Ks = 1.23
		이론치	7.529	2.927	
		응답비	1.73	1.32	
	L/C-2	실측치	3.453	2.862	
		이론치	5.062	4.359	
		응답비	1.46	1.52	
	L/C-3	실측치	2.305	3.411	
		이론치	2.839	5.801	
		응답비	1.23	1.70	

(2) 공용 내하력 산정

구 분			내하율(RF)	설계하중	응답비(Ks)	공용내하력	비 고
슬래브			1.473	DB-24	1.0	DB-24이상	DB-24 이상 확보
측경간	정모멘트	상연	4.09	DB-24	1.23	DB-24이상	
		하연	1.76	DB-24	1.23	DB-24이상	
	부모멘트	상연	1.86	DB-24	1.00	DB-24이상	
		하연	2.32	DB-24	1.00	DB-24이상	
중앙경간	정모멘트	상연	9.06	DB-24	1.23	DB-24이상	
		하연	2.00	DB-24	1.23	DB-24이상	
	부모멘트	상연	1.86	DB-24	1.00	DB-24이상	
		하연	2.32	DB-24	1.00	DB-24이상	

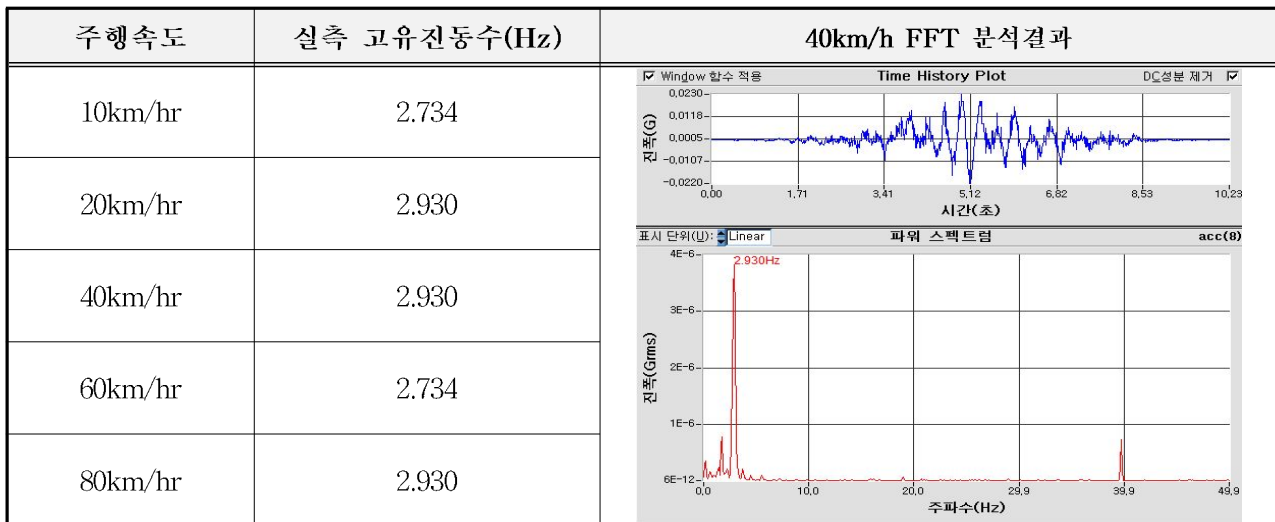
4.6.4 내하력평가 고찰

내하력 평가결과 공용내하력은 설계하중인 DB-24를 상회하는 것으로 평가되었다.

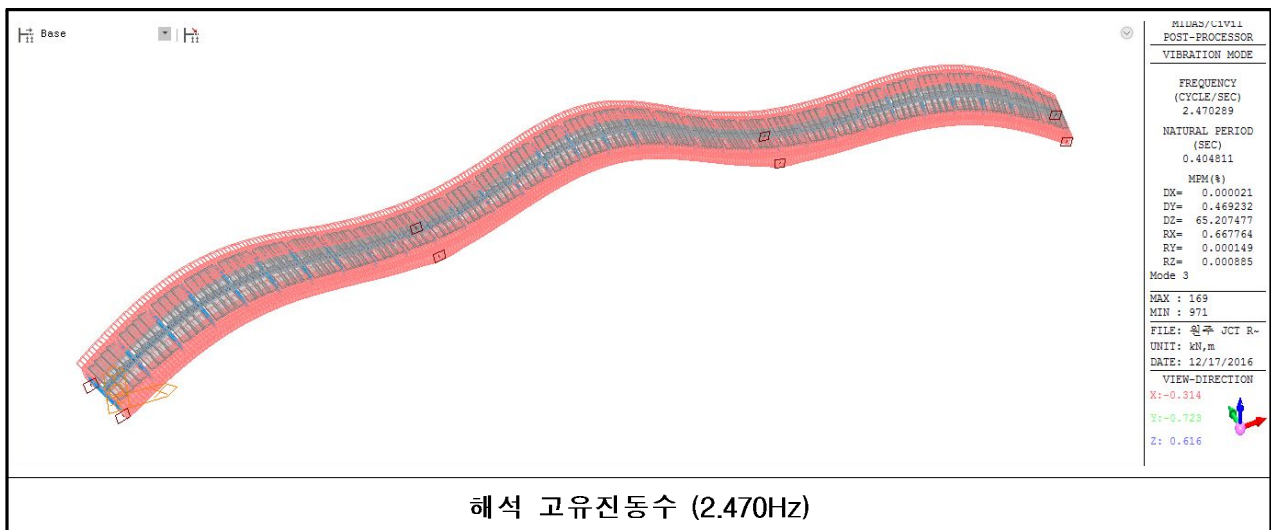
4.6.5 고유진동수 분석

(2) 실측 고유진동수(Hz)

교량의 고유진동수는 강성의 변화시 그에 따라 진동수가 변하므로 교량의 강성변화여부 검토를 위하여 측정경간 정모멘트부에 가속도계를 설치하고 동적특성을 계측하였으며, 그 결과는 다음과 같다.



(2) 해석 고유진동수(Hz)



(3) 고유진동수(Hz) 고찰

구 분	실측 고유진동수(Hz)	해석 고유진동수(Hz)	판 정
10km/hr	2.734	2.470	O.K
20km/hr	2.930		
40km/hr	2.930		
60km/hr	2.734		
80km/hr	2.930		

제 5 장 상태평가 및 안전성평가

5.1 외관상태에 의한 평가

5.2 비파괴조사에 의한 평가

5.3 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

5.4 종 합 평 가

제 5 장 상태평가 및 안전성 평가

5.1 외관상태에 의한 평가

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	신축 이음	포장	배수 시설	난간 연석	교량 받침	교대 교각	기초	탄산화		염화물	
												(상)	(하)	(상)	(하)
S1,A1	STB	a	a	a	a	a	a	a	b	a	q	x	a	x	x
S2,P1	STB	a	a	a	x	a	a	a	a	b	q	a	x	x	x
S3,P2	STB	a	a	a	x	a	a	a	a	b	q	a	a	x	x
A2	STB				a				a	a	q		a	x	x
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.125	0.150	0.000	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치		18	20	5	9	7	3	2	9	20	0	4	3	0	0
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.009	0.007	0.003	0.002	0.011	0.030	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산 결함도 점수												0.112			
2. 상태평가 결과												A			

5.2 내구성조사에 의한 평가

5.2.1 콘크리트 강도

구 분	측정 회수	반발경도법 (MPa)	설 계 강도 (MPa)	판 정
교대	2	26.9	24.0	양호
교각	1	30.1	27.0	양호
바닥판하면	2	31.4~31.9	27.0	양호

- 비파괴시험 대상 부재별 압축강도시험 결과, 측정값은 설계값과 유사하거나 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도저하에 따른 문제점은 없는 것으로 판단된다.

5.2.2 철근배근 탐사

구 분	주철근 간격(mm)		주철근 피복두께(mm)		판 정
	측정치	설계치	측정치	설계치	
교대	252	250	58~62	50	양 호
교각	98	100	100	100	양 호
바닥판	117~132	132	44	50	양 호

- 각 부재의 배근간격은 설계도와 거의 일치하는 것으로 조사되었으며, 피복두께는 다소의 편차는 있으나 시방기준 이상의 최소피복을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

5.2.3 탄산화깊이 측정결과

구 분	탄산화 깊이	순 피복두께	평가결과	판 정
교대	0.5mm	58~62mm	a 등급	양 호
교각	0.5mm	100mm	a 등급	양 호
바닥판하면	0.5mm	44mm	a 등급	양 호

- 탄산화 진행깊이의 측정결과 전구간의 각 부재에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 나타나 탄산화에 의한 철근의 부식발생 가능성은 없는 것으로 검토되었다.

5.3 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

원주JCT Ramp-B교에 대한 안전율(SF) 산정결과, 작용력에 대한 저항력의 범위가 허용응력 범위 안에 있으며, 안전율이 1.0이상이므로 안전성 평가기준에 의거 평가결과는 “A”로 평가되었다.

본 구간의 내하력평가 결과는 각 부재별 내하력이 DB-24이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났으며, 재하시험에 의한 응답보정계수를 고려한 공용내하력이 1.0 이상이므로 안전

성은 확보하고 있는 것으로 판단된다.

5.4 종합평가

종합평가등급			
평가구분	상태평가	안전성 평가	종합평가
평가등급	a등급 (결합지수=0.112)	a등급 SF > 1.0	A등급
종합평가 결 과	• 종합평가등급 : A등급		



제 6 장 보수 및 유지관리방안



6.1 보수 방안

6.2 유지 관리 방안



제 6 장 보수 및 유지관리 방안

6.1 보수 방안

구 분	손상내용	단 위	손상수 량	보수공법	비 고
교면포장	상태양호	-	-	-	-
배수시설	상태양호	-	-	-	-
방호벽 S3	방호벽 균열 (0.3mm 이상)	m	3.0	주입보수	-
신축이음	상태양호	-	-	-	-
바닥판하면	상태양호	-	-	-	-
거더 내·외부	상태양호	-	-	-	-
가로보 및 세로보	상태양호	-	-	-	-
교량받침 A1-SH2	거푸집 미제거	m	4.0	정비	-
교대	상태양호	-	-	-	-
교각 P1	폐 콘크리트 퇴적	m ²	2.0	청소	-
교각 P2	폐자재 적치	m ²	1.0	청소	-

6.2 유지관리 방안

본 교량에 대한 초기점검 결과에 따라 본 절에서는 향후 실시할 점검시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여 수행하여야 할 주요 유지관리 항목을 설정하였다. 이러한 항목들은 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰함으로써 향후 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하고자 중점유지관리 방안을 제시하였다.

구 분		중 점 유 지 관 리 방 안
교면포장		- 주요 점검항목 - 공통 : 균열, 파손 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 접속도로 침하 - 배수구 주변 : 이물질 및 토사퇴적
신축장치		- 주요 점검항목 - 본체 : 충격음, 본체유동 및 파손, 유간부족 및 유간과다, 유간부 오물퇴적, 방수재(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 구조물 경계부 포장침하로 인한 단차, 콘크리트 품질불량·열화에 의한 균열·파손, 단차·충격에 의한 후타재 균열·파손
방호벽		- 주요 점검항목 - 방호벽 : 균열, 박리, 파손
배수시설		- 주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
바닥판		- 주요 점검항목 - 균열, 박락 - 백태, 변색, 열화 - 철근노출 및 부식 - 재료분리
받침장치		- 주요 점검항목 - 가동받침의 신축유간 부족, 가동받침 전·후방의 가동장애 요소, 받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기상태, 가동면 부식, 신축유간 부족, 연단거리 부족 - 받침콘크리트 : 균열 및 파손
하부구조	교대교각	- 주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 교각두부 : 교각두부 및 받침부 균열 및 파손 - 교대두부 : 두부 물고임, 받침부 균열 및 파손, 두부와 홍벽 경계부 균열, 거더와 홍벽 신축유간 부족 - 교대벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
	기초	- 주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 철근노출, 백태, 침식, 세굴, 측방유동, 침하, 하부구조물 기울음 및 전도



제 7 장 결 론



7.1 현장조사 결과

7.2 내구성조사 결과

7.3 재하시험 및 내하력평가 결과

7.4 시설물 평가

7.5 종합결론



제 7 장 결 론

7.1 현장조사 결과

원주JCT Ramp-B교의 현장조사 시 상부구조 및 하부구조에 대한 점검을 위하여 굴절차 (교량 점검차)를 이용하였다. 대상 구조물에 대한 외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 손상은 없는 것으로 판단된다.

부 제	외 관 조 사 결 과	비 고
교면포장	- 원주JCT Ramp-B교의 포장은 아스팔트 포장으로 T=80.0 mm으로 확인되었다. - 외관조사 결과, 설계도서와 부합되는 양호한 시공 상태로 확인되었다. - 교면포장부에서 주로 발생하는 균열 및 파손 등에 대한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 점검되었다.	
배수시설	- 원주JCT Ramp-B교의 배수시설은 육교형으로 설치 되었다. - 배수시설에서 확인되기 쉬운 배수관의 연결 불량, 지지대 파손, 유도배수관 길이부족에 대한 손상은 외관조사 결과 없는 것으로 나타났고, 배수시설 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다. - 공용시 차량통행등 환경적 요인에 의한 배수구 이물질 퇴적이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 관찰 및 이물질 퇴적시 청소 등의 조치가 요구된다.	
방호벽	- 원주JCT Ramp-B교의 방호벽은 콘크리트 방호벽으로서 시공 및 콘크리트 표면상태는 대체로 양호하였으며, 일부 구간에 국부적인 균열이 발생되었다. - 발생된 손상의 위치, 규모, 양상을 분석해보았을 때 재료적 특성 및 마감불량에 의한 손상으로 판단되며, 손상부는 주입보수 등의 조치가 필요하다.	

부 제	외 관 조 사 결 과	비 고
신축이음장치	◦ 원주JCT Ramp-B교의 신축이음 장치는 Compoflex Modular Joint이다. ◦ 신축이음의 본체 부식, 파손, 접속슬래브와의 단차 등이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 지속적인 점검을 통한 손상의 발생 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
바닥판하면	◦ 원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box 형식으로 거더 중간측에는 가로보 및 세로보가 설치되어있다. ◦ 외관조사 결과, 설계도서와 동일한 시공 상태로 확인되었으며, 콘크리트 구조물에서 발생되기 쉬운 균열, 파손, 굽힘 또한 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다. ◦ 차후 손상의 발생 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.	
거더 및 가로보	◦ 원주JCT Ramp-B교의 상부구조는 ST. Box로 강재 가로보 및 세로보가 시공되었다. ◦ 외관조사 결과 거더 내·외부에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 가로보 또한 양호한 상태로 조사되었다. ◦ 강 거더 및 가로보, 세로보는 차후 공용년수 증가에 따라 도장 부식, 박리 등의 손상이 발생할 우려가 있으므로 손상의 발생여부에 대한 지속적인 점검이 요구된다.	
교량받침	◦ 원주JCT Ramp-B교는 EQS+OMEQS를 적용한 구조이며, 교대의 교량받침은 일방향, 교각부의 교량받침은 고정분리로 각각 시공되어 있다. ◦ 받침장치 본체의 외관상태는 전체적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 거푸집 미제거 등의 손상이 발생 하였으며, 손상부는 거푸집 제거 등의 정비가 요구된다.	

부 재	외 관 조 사 결 과	비 고
교대/교각	◦ 원주JCT Ramp-B교의 하부구조는 역T형 교대 2기와 T형 교각 2기로 구성되었다. ◦ 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이며, 일부 구간에서 폐콘크리트 및 폐자재 적치가 발생하였고, 손상부는 청소 등의 정비가 요구된다, ◦ 공용중 발생 가능한 균열 및 백태, 파손 등의 손상은 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.	

7.2 내구성조사 결과

- 비파괴시험 대상 부재별 압축강도시험 결과, 측정값은 설계값과 유사하거나 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도저하에 따른 문제점은 없는 것으로 판단된다.
- 각 부재별 철근배근탐사 결과, 철근배근 간격 및 피복두께는 설계치와 비교하여 거의 일치하는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근상태는 적절한 것으로 평가된다.
- 철근배근탐사 위치에서의 탄산화깊이 측정 결과, 탄산화의 진행은 거의 없는 상태로서 탄산화 진행에 따른 철근의 부식 우려는 없는 것으로 판단된다.

7.3 재하시험 및 내하력평가 결과

7.3.1 재하시험 결과요약

분석항목	분 석 결 과				
시험트럭	· 재하하중 : 설계하중의 60.1% · 총중량 : 259.70kN				
정적 DATA	구 분	게이지	LC1	LC2	LC3
	치 집	DT1	-4.328	-3.4536	-2.305
		DT2	-2.211	-2.862	-3.411
	변형률	ST1	-12.611	-10.334	-7.840
		ST2	44.558	32.087	20.123
		ST3	40.332	36.552	24.638
		ST4	24.777	35.875	40.218
		ST5	20.634	31.827	43.369
		ST6	-8.194	-10.849	-12.184
하중횡분배	· 치집 및 변형률에 의한 하중의 횡분배 분석결과 교량의 횡분배 효과는 양호한 상태로 판단된다.				
충격계수	구 분	실측 충격계수	이론충격계수	비 고	
	분석값	0.129	0.167		
	· 충격계수 분석결과 실측 충격계수는 이론 충격계수에 비해 낮은 수준으로 분석됨에 따라 충격의 효과가 작은 상태로 판단된다.				
고유진동수	구 분	실측 고유진동수	이론고유진동수	비 고	
	분석값	2.734~2.930	2.470		
	· 실측고유진동수가 이론고유진동수에 비해 큰 것으로 분석되어 교량의 거동 상태는 양호한 것으로 판단된다.				

7.3.2 기본내하력 평가

허용응력설계법에 의한 거더의 기본내하력 평가(MPa)

구분		정모멘트부				부모멘트부			
		허용응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)
측경간	상연	152.75	102.167	12.360	4.09	-210.00	-115.039	-51.127	1.86
	하연	-210.00	-110.470	-56.537	1.76	210.00	152.274	24.834	2.32
중앙 경간	상연	152.75	61.034	10.128	9.06	-210.00	-115.039	-51.127	1.86
	하연	-210.000	-85.000	-62.579	2.00	210.00	152.274	24.834	2.32
정모멘트부 기본내하력(Po)=Pr(설계하중)×R.F(내하율)=DB-24×1.42=DB-24이상 부모멘트부 기본내하력(Po)=Pr(설계하중)×R.F(내하율)=DB-24×1.71=DB-24이상									

강도설계법에 의한 바닥판 기본내하력 평가(MPa)

구 분	내하율 계산	내하율(R.F)	기본내하력	비 고
켄틸레버부	$\frac{124.712 - 1.3 \times 14.145}{2.15 \times 33.521} =$	1.47	DB-24이상	

7.3.3 공용내하력 평가

구 분			내하율(RF)	설계하중	응답비(Ks)	공용내하력	비 고
슬래브			1.473	DB-24	1.0	DB-24이상	DB-24 이상 확보
측경간	정모멘트	상연	4.09	DB-24	1.23	DB-24이상	
		하연	1.76	DB-24	1.23	DB-24이상	
	부모멘트	상연	1.86	DB-24	1.00	DB-24이상	
		하연	2.32	DB-24	1.00	DB-24이상	
중앙경간	정모멘트	상연	9.06	DB-24	1.23	DB-24이상	
		하연	2.00	DB-24	1.23	DB-24이상	
	부모멘트	상연	1.86	DB-24	1.00	DB-24이상	
		하연	2.32	DB-24	1.00	DB-24이상	

내하력 평가결과 공용내하력은 설계하중인 DB-24를 상회하는 것으로 평가되었다.

7.4 시설물 평가

종합평가등급			
평가구분	상태평가	안전성 평가	종합평가
평가등급	a등급 (결함지수=0.112)	a등급 SF > 1.0	A등급
종합평가 결 과	• 종합평가등급 : A등급		

원주JCT Ramp-B교에 대한 안전율(SF) 산정결과, 작용력에 대한 저항력의 범위가 허용응력 범위 안에 있으며, 안전율이 1.0이상이므로 안전성 평가기준에 의거 평가결과는 “A”로 평가되었다.

본 구간의 내하력평가 결과는 각 부재별 내하력이 DB-24이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 나타났으며, 재하시험에 의한 응답보정계수를 고려한 공용내하력이 1.0 이상이므로 안전성은 확보하고 있는 것으로 판단된다.

7.5 종합결론

점검대상 교량인 원주JCT Ramp-B교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 관찰된 손상부에 대한 보수가 대부분 완료된 상태로서 외관조사에 의한 상태평가 등급은 A등급으로 평가되었으며, 관찰된 결함이 경미고 안전성을 저해할 만한 손상은 없는 것으로 조사되었다. 본 구조물에 대한 상태평가 및 안전성 평가를 종합한 결과 종합평가는 A등급으로 산정되었다.

향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 적극적인 유지관리가 요구된다.