제12장 오창JCT Ramp-A교

12.1 시설물의 개요

12.2 현장조사 및 시험

12.3 상태평가

12.4 교량 재하시험

12.5 안전성평가 및 내하력평가

12.6 종합평가 및 안전등급

12.7 종합결론

제12장 오창JCT Ramp-A교

12.1 시설물의 개요

12.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 오창JCT Ramp-A교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

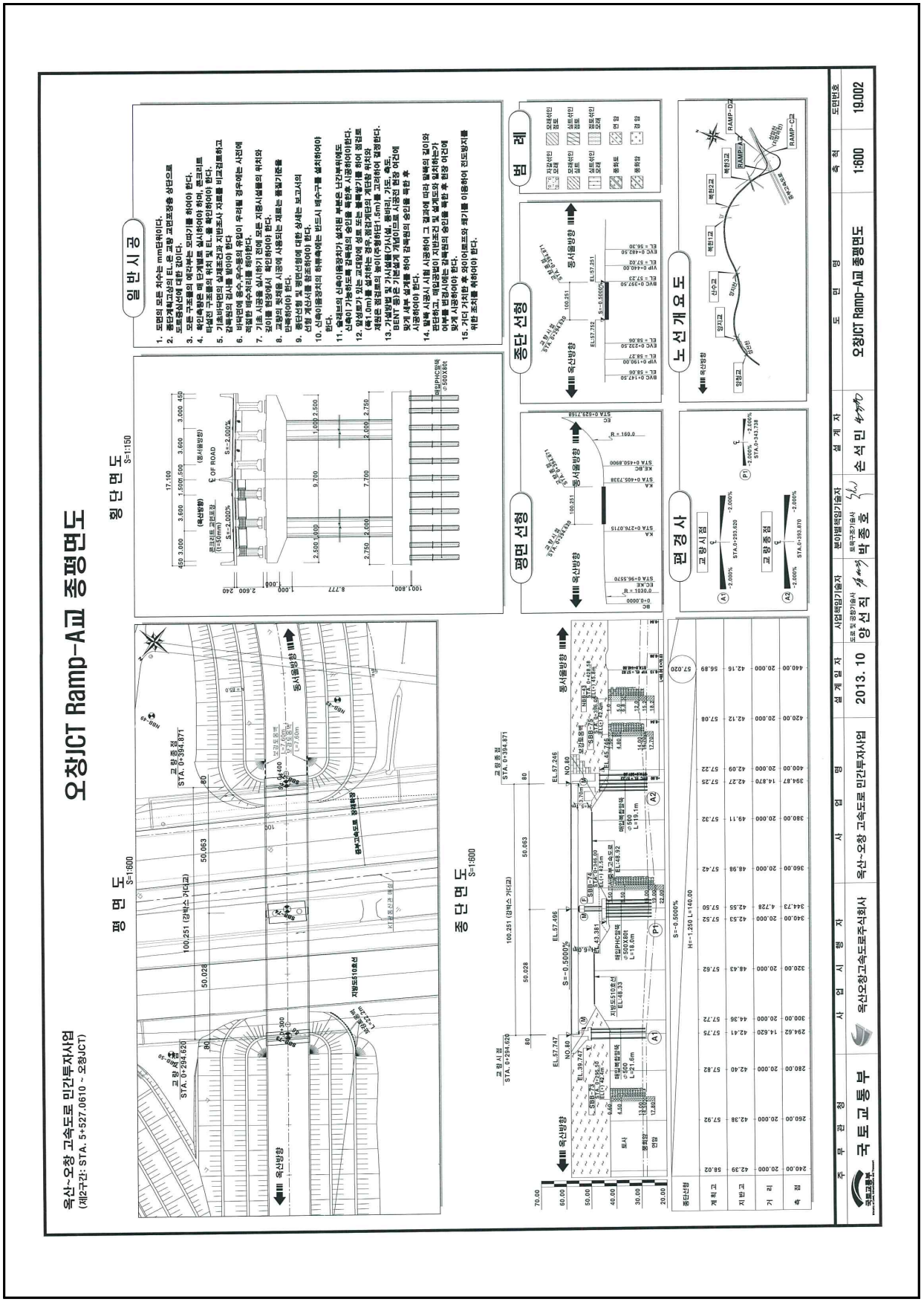
【표 2.12.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.108 + 50.143 = 100.251m			
	폭	B = 17.100m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(중부고속도로, 지방도510호선)	통과높이		5.1~6.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

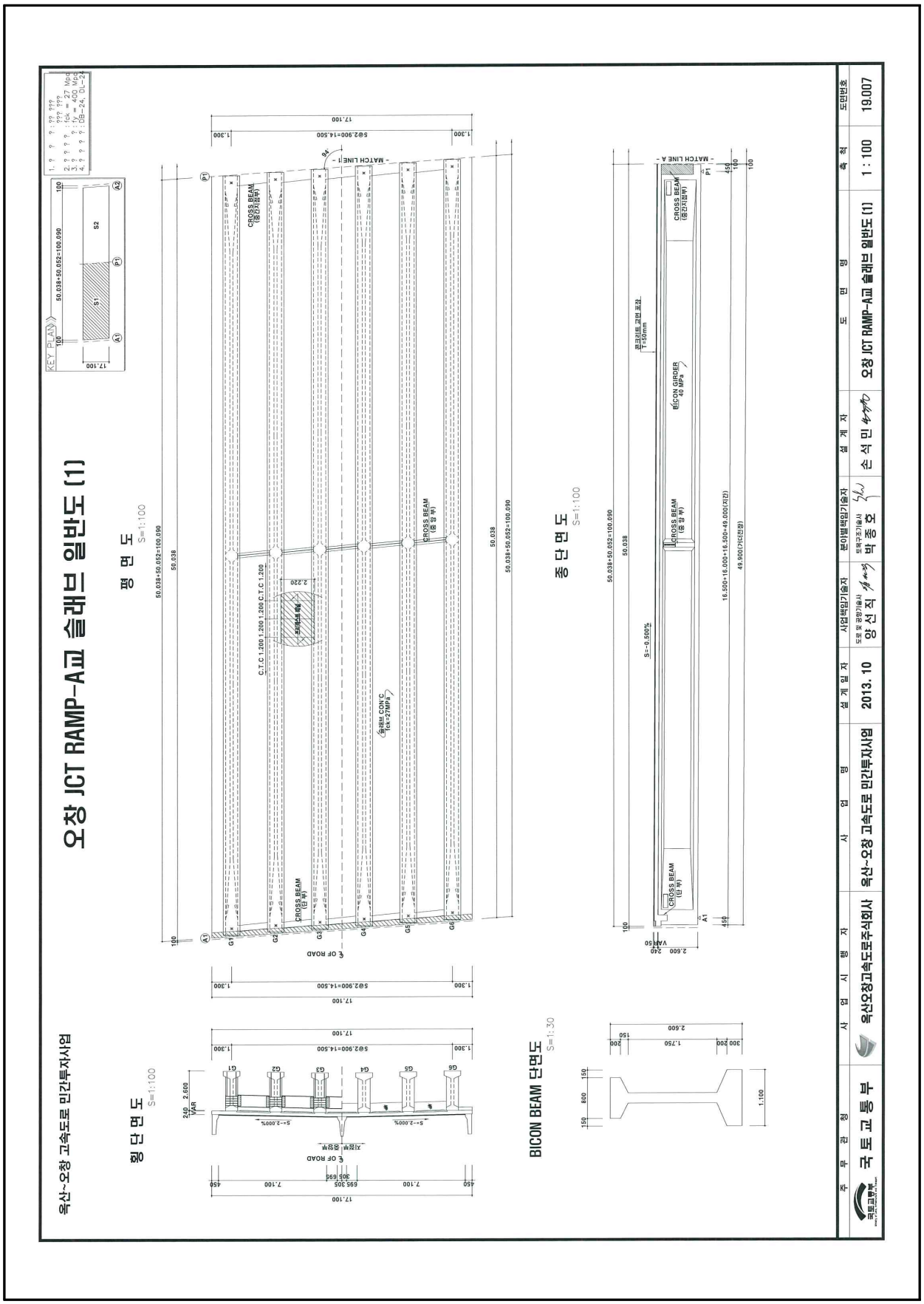
상면전경

측면전경

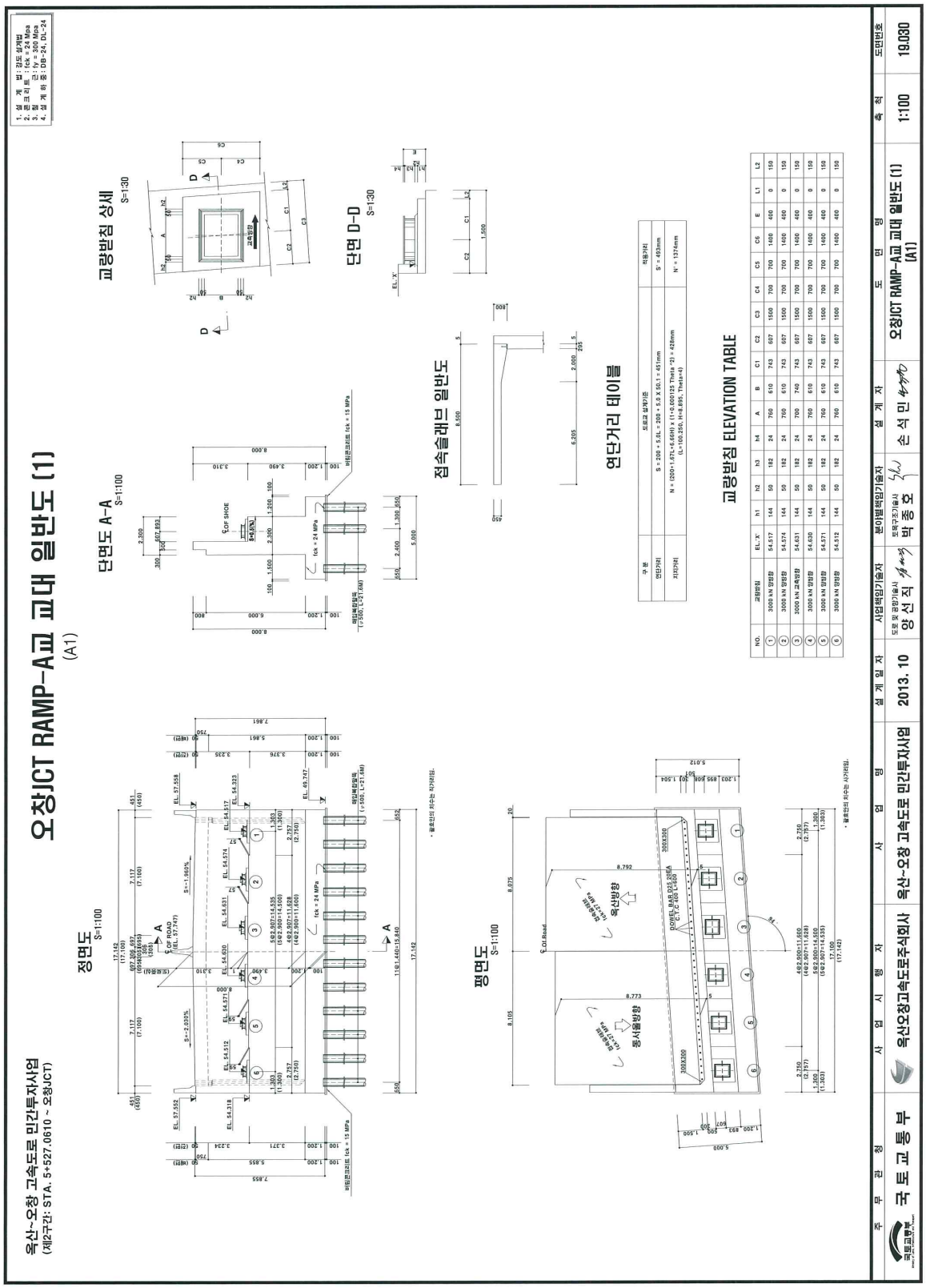
12.1.2 관련도면



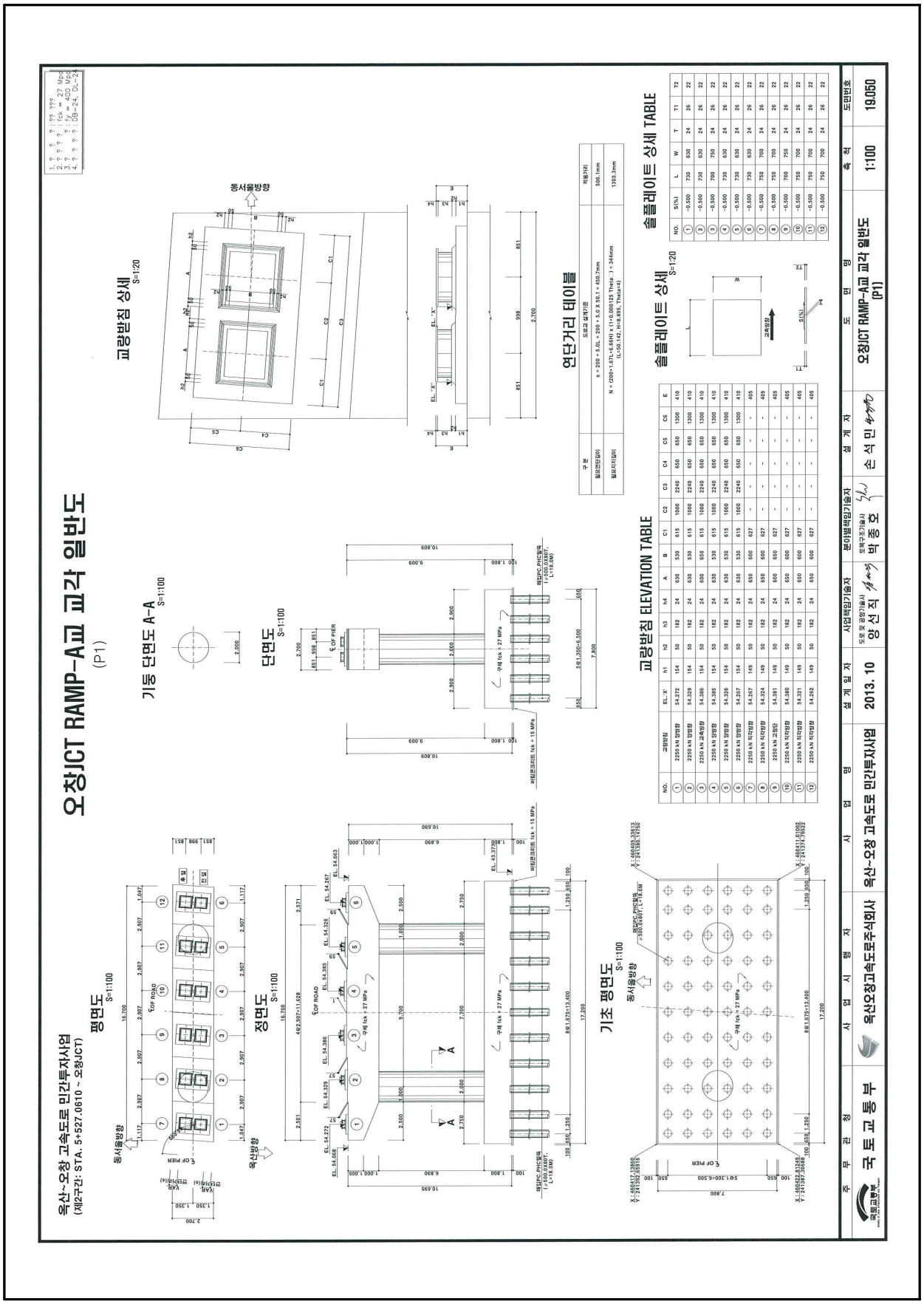
【그림 2.12.1】종평면도



【그림 2.12.2】 슬래브 일반도



【그림 2.12.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.12.4】 교각(P1) 일반도

12.2 현장조사 및 시험

12.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 오창JCT Ramp-A교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

배수구 상태양호	배수관 설치상태 양호

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.

방호벽 상태양호	중앙분리대 상태양호

라. 신축이음

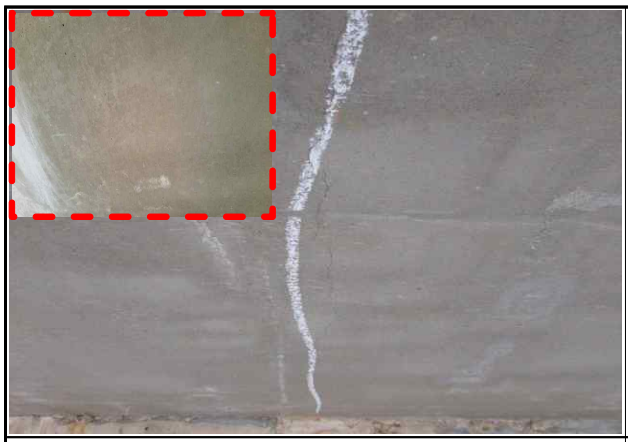
본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검 결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동 상태도 양호한 것으로 나타났다.

신축이음 상태양호(A1)	신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조이며, 중앙부는 프리캐스트 패널이 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 재료분리의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	3.2m/4ea	보수완료
	재료분리	0.42㎡/3ea	보수완료



바닥판 하면 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

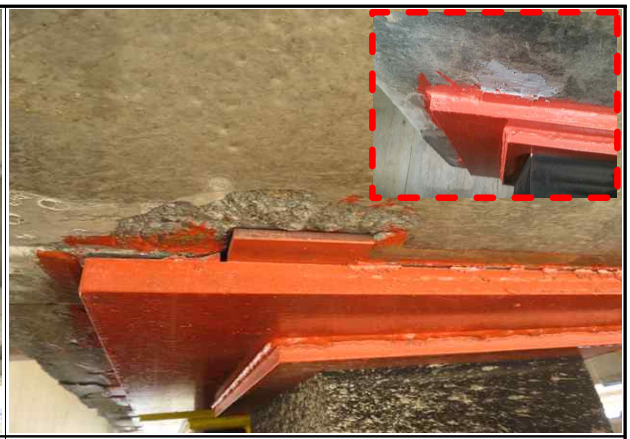
바닥판 하면 재료분리(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 거더 하면 콘크리트 박리가 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
거더	박리	0.53㎡/53ea	보수완료

상부 거더 전경



거더 하면 콘크리트 박리(보수완료)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 콘크리트 및 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트 재료분리가 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
가로보	재료분리	0.56㎡/2ea	보수완료

강재 가로보 상태양호

콘크리트 가로보 재료분리(보수완료)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 24개소(6개소/교대 1EA당, 12개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침콘크리트는 균열, 박리 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 받침본체는 부식, 도장손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 이격 및 침하, 이격, 파손, 백태, 토사유실 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	4.0m/2ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	9.0m/3ea	보수완료
	이격	1.0m/1ea	보수완료
	파손	0.3㎡/1ea	보수완료
	백태	0.05㎡/1ea	보수완료

교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)	교대 A1 이격 (L=1.0m)(보수완료)

차. 교각

교각은 π형식으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	9.5m/12ea	보수완료
	망상균열	6.0㎡/2ea	보수완료

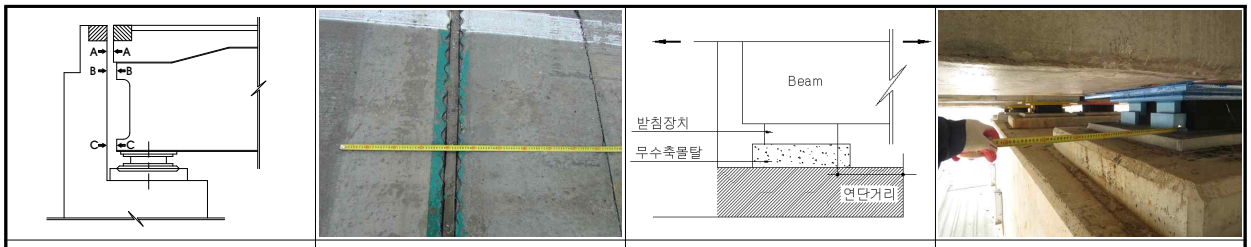
교각 전경

교각 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

12.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법	유간거리 측정전경	연단거리 측정방법	연단거리 측정전경

【그림 2.12.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.12.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃～+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,600m		
지간장(L)	50.0m(S1, S2)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15～+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1지점, A2지점] = 50.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.12.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			오창JCT Ramp-A교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	24.65	5.0	29.65	65.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	15.0	OK	OK
A2	신장	24.65	5.0	29.65	62.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	18.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=80㎜, A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L　　여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 540㎜~600㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.12.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
오창JCT Ramp-A교	A1		550~559	50	450	O.K
	P1	A1측	550~580	50	450	O.K
		A2측	540~580	50	450	O.K
	A2		580~600	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.12.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류	탄성받침		
구분	가동단 변위량(mm)						허용이동량 (mm)
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	
A1	0	0	0	0	0	0	±108
P1	Fix						-
A2	0	0	0	0	0	0	±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.2℃(2017년 11월 27일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.2℃)=31.8℃(신장), 3.2℃-(-5℃)=8.2℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1, A2지점] = 50.0m}

▷ A1, A2 = (15.9mm - 신장 / 4.1mm - 수축)

【표 2.12.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	50,000	15.9	4.1	108	108	O.K
A2	50,000	15.9	4.1	108	108	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.2℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

12.2.3 내구성조사

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0㎫, 교대 : 24.0㎫, 교각 : 27.0㎫)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.12.7】 반발경도시험 결과

구 분		설계압축강도(㎫)	반발경도법(㎫)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.8 ~ 30.2	110.4 ~ 111.9
하부구조	교 대	24.0	26.1 ~ 27.0	108.8 ~ 112.5
	교 각	27.0	28.3	104.8

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.12.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (㎫)	설계압축강도(㎫)
상부구조	S1 바닥판하면	46.2	-3.4	42.7	0.77	27.9	31.7	29.8	27.0
	S2 바닥판하면	46.7	-3.4	43.2	0.77	28.4	32.0	30.2	27.0
하부구조	교대 A1 구체	43.7	0	43.7	0.68	25.5	28.5	27.0	24.0
	교대 A2 흉벽	41.8	0	41.8	0.69	24.2	28.0	26.1	24.0
	교각 P1 기둥	44.5	0	44.5	0.7	26.9	29.7	28.3	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (㎫))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (㎫))

【그림 2.12.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.12.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@100	60	≒@100	≒50
		배력철근	@125	76	≒@125	≒65
	S2 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@100	60	≒@100	≒50
		배력철근	@125	76	≒@125	≒65
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	89	≒@250	≒100
		수평철근	@300	70	≒@300	≒80
	교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒95
		수평철근	@150	65	≒@150	≒75
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	89	≒@125	≒100
		수평철근	@300	70	≒@300	≒80

12.3 상태평가

12.3.1 상태평가 결과

본 오창JCT Ramp-A교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 『A등급』으로 평가되었다.

【표 2.12.10】 상태평가 결과

오창JCT Ramp-A교													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													0.100
2. 상태평가 결과 =													a

【표 2.12.11】 상태평가 결과표

교 량 명	오창JCT Ramp-A교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	100.0	4	400	1.000	0.100
합계(∑)			100.0		400	1.000	0.100
1. 평가지수 =							0.100
2. 상태평가 결과 =							A 등급

12.4 교량 재하시험

12.4.1 개 요

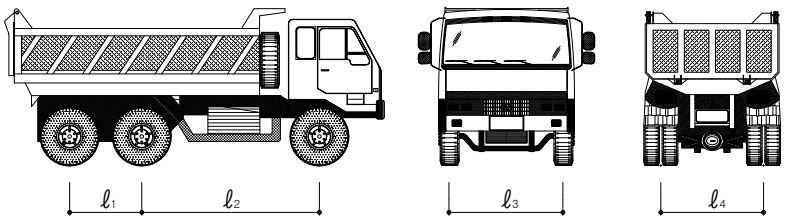
가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 19
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 60㎞/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서



계 량 확 인 서

일 자	2017-12-18
차량번호	5328
거 래 처	
품 명	공인계량
총 중 량	07시07분 26,910 kg
공 시 중 량	07시07분 18,930 kg
실 중 량	7,980 kg
감 율 / 감 량	0 kg
인 수 량	7,980 kg
단 가 / 총 액	0 원 / 0 원
계 량 자	
비 고	

상기와 같이 계량하였음을 확인함.

126-28-13456
삼손공인계량소 김은영
경기도 하남시 초이동 199-2

계 량 확 인 서

일 자	2017-12-18
차량번호	7001
거 래 처	
품 명	공인계량
총 중 량	16시39분 27,600 kg
공 시 중 량	16시39분 19,620 kg
실 중 량	7,980 kg
감 율 / 감 량	0 kg
인 수 량	7,980 kg
단 가 / 총 액	0 원 / 0 원
계 량 자	
비 고	

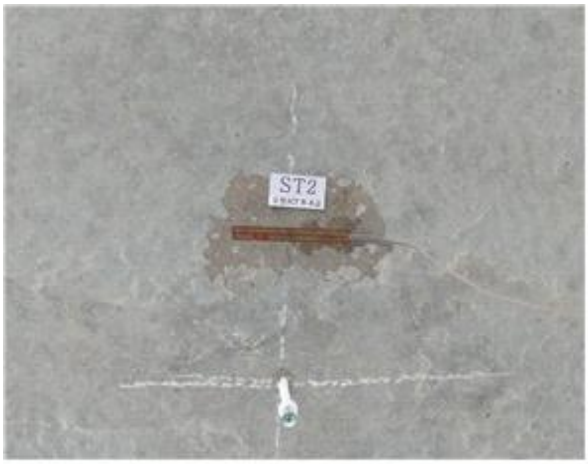
상기와 같이 계량하였음을 확인함.

126-28-13456
삼손공인계량소 김은영
경기도 하남시 초이동 199-2

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85

구 분	총 중 량 (kN)	전륜축중량 (kN)	중륜축중량 (kN)	후륜축중량 (kN)
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

	
변형률계 설치 현황	처짐계 설치 현황
가속도계 설치 현황	재하시험 계측 전경
정적 재하시험 전경	동적 재하시험 전경

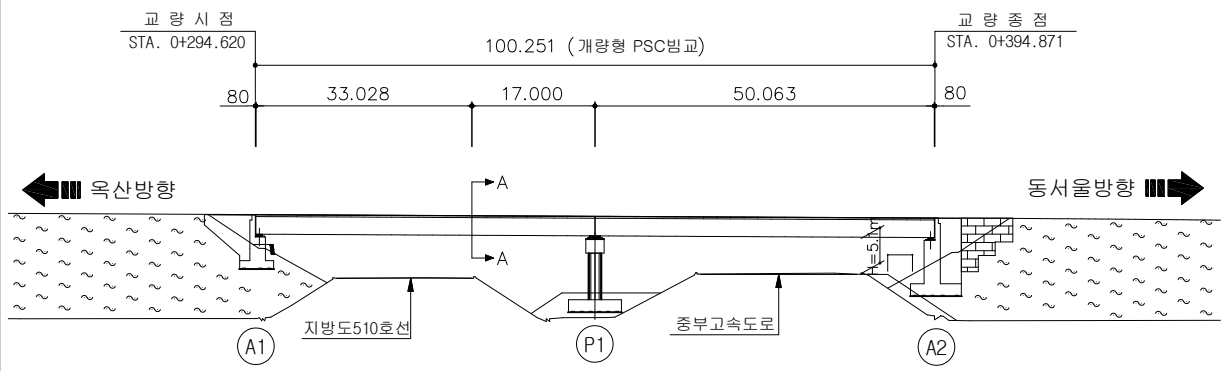
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20～+80℃ • 형식 : 전기저항식	5
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: (x10^{-6}/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0～+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				10
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 테이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

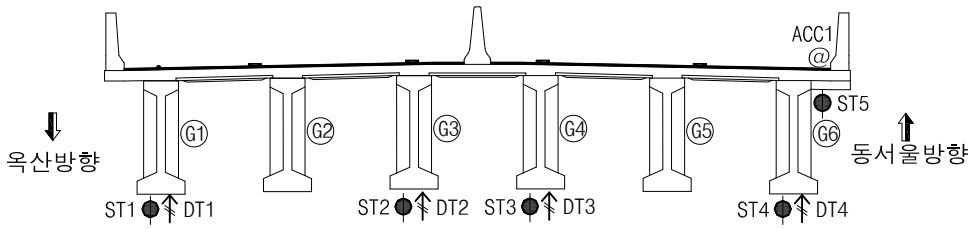
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



재하시험 경간

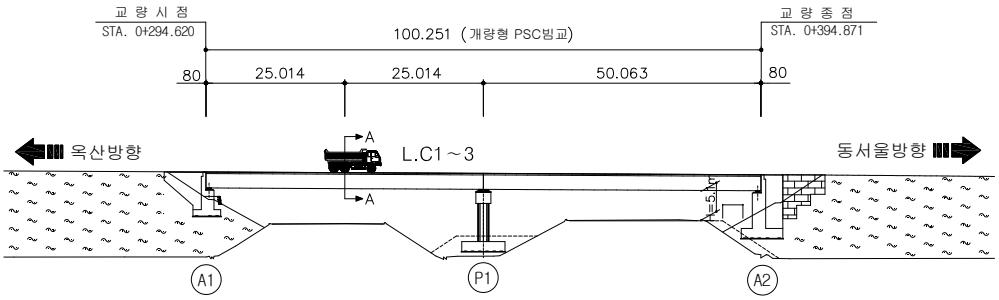
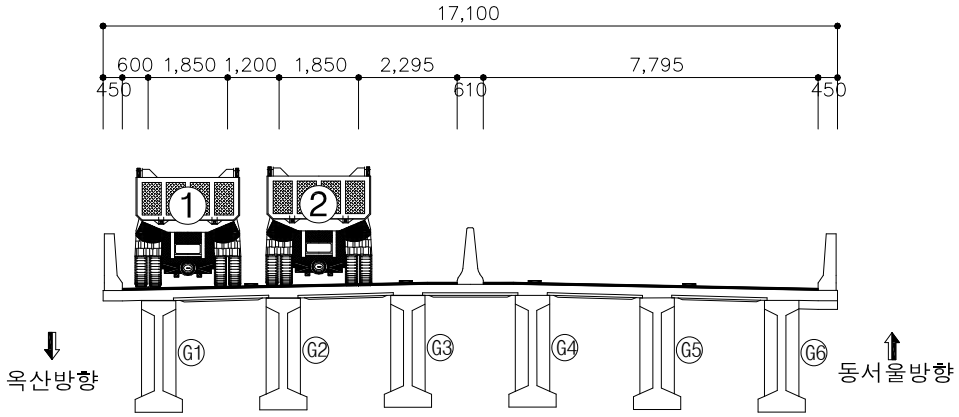
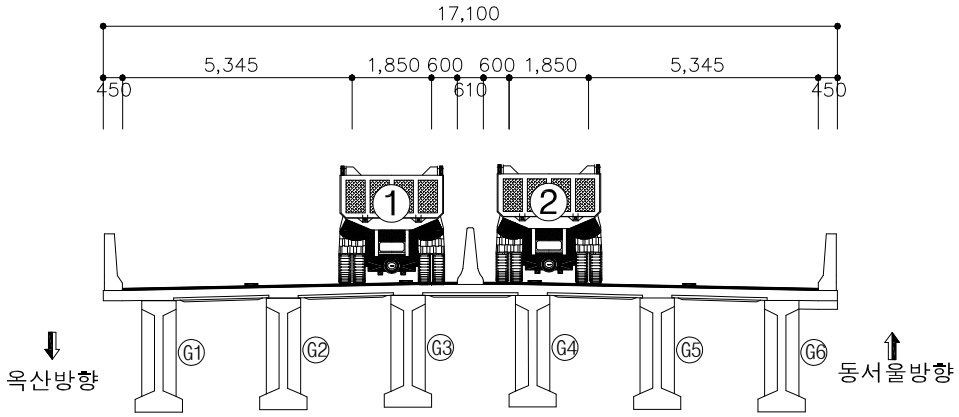
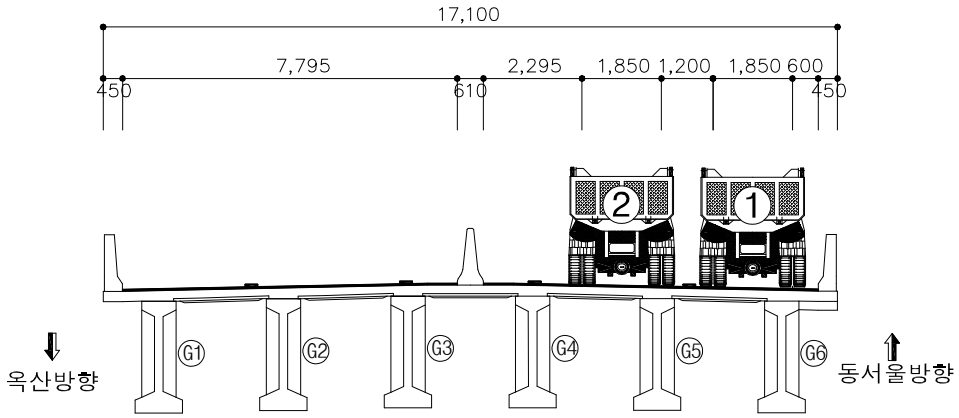
A-A단면 부착위치



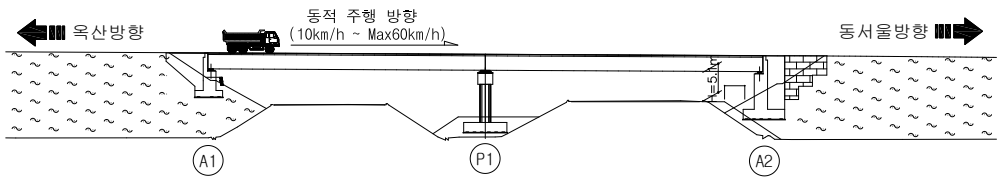
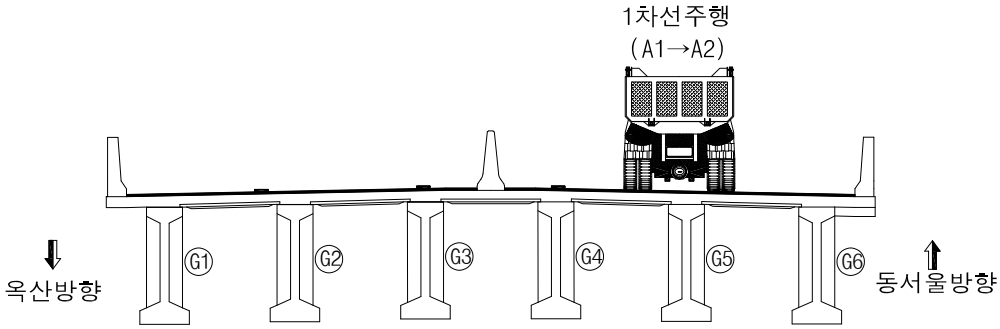
구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	5	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		9	

* S1경간 최대정모멘트부(1/2L)가 지방도510호선 통과구간으로 P1으로 8m이격, 설치함.

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	 * 계측값 확인 후 최대값이 발생되는 S1경간 최대정모멘트부(1/2L)에 재하함.
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대

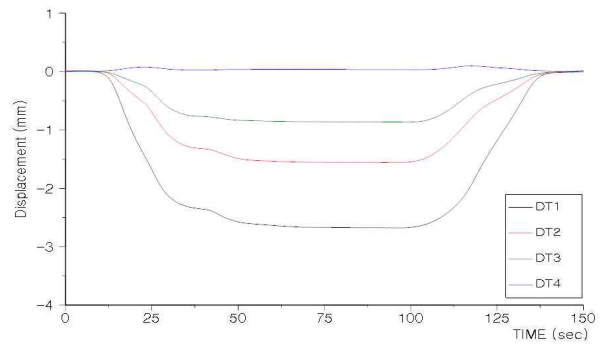
12.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

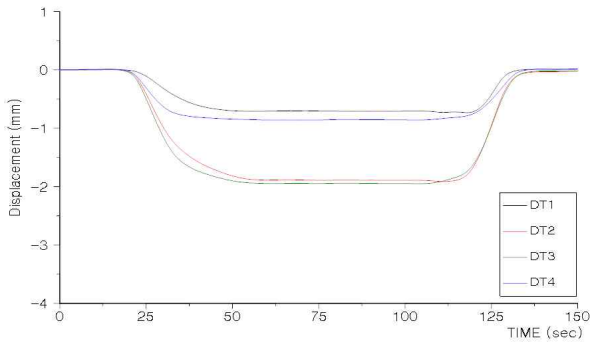
가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	18.79	3.84	-0.86	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	9.04	13.32	4.16	
ST3	3.82	14.29	9.53	
ST4	-0.21	4.93	22.05	
ST5	-0.13	-3.37	-8.07	
DT1	-2.673	-0.709	0.033	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.558	-1.889	-0.835	
DT3	-0.863	-1.943	-1.570	
DT4	0.037	-0.854	-2.917	

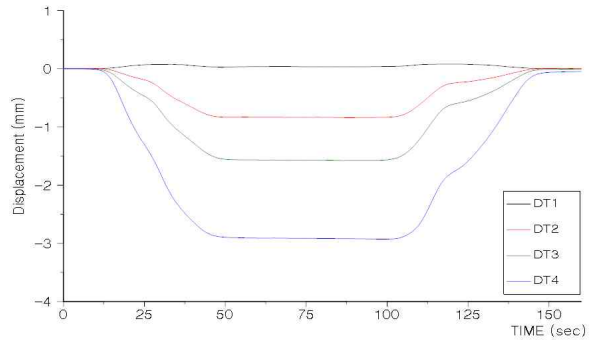
L.C1 처짐



L.C2 처짐



L.C3 처짐

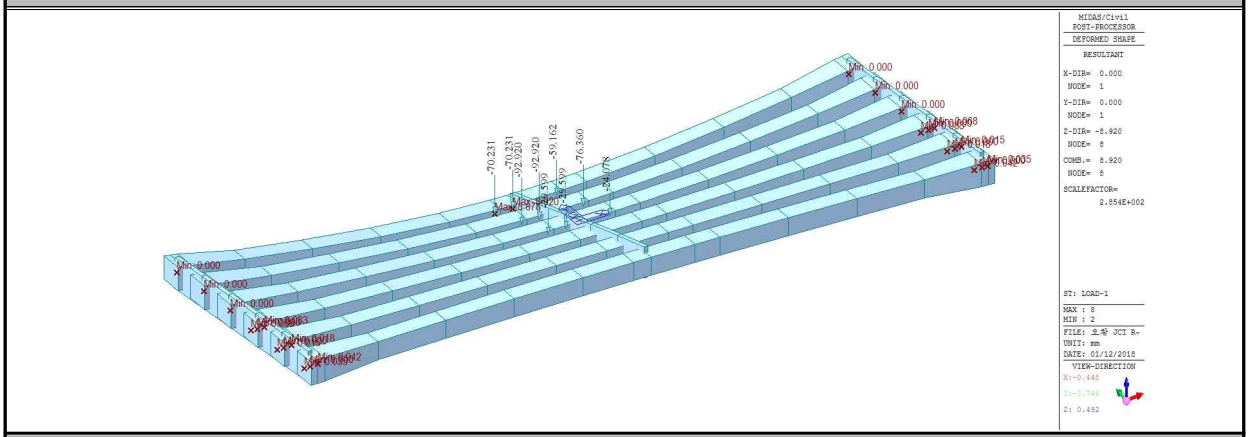


* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

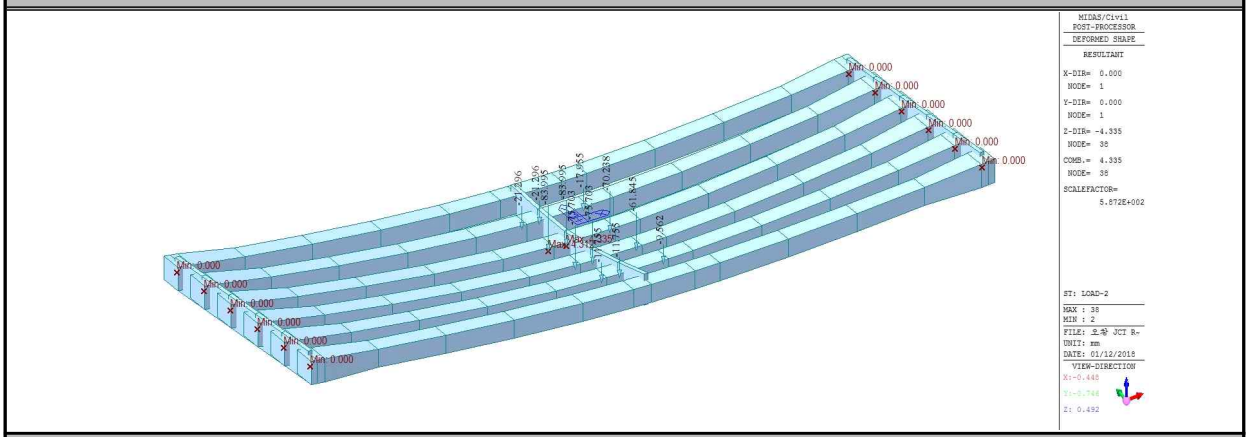
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-8.920	-3.282	1.267	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-4.579	-4.335	-2.461	
G4(DT3)	-2.461	-4.199	-4.579	
G6(DT4)	1.267	-2.709	-8.920	

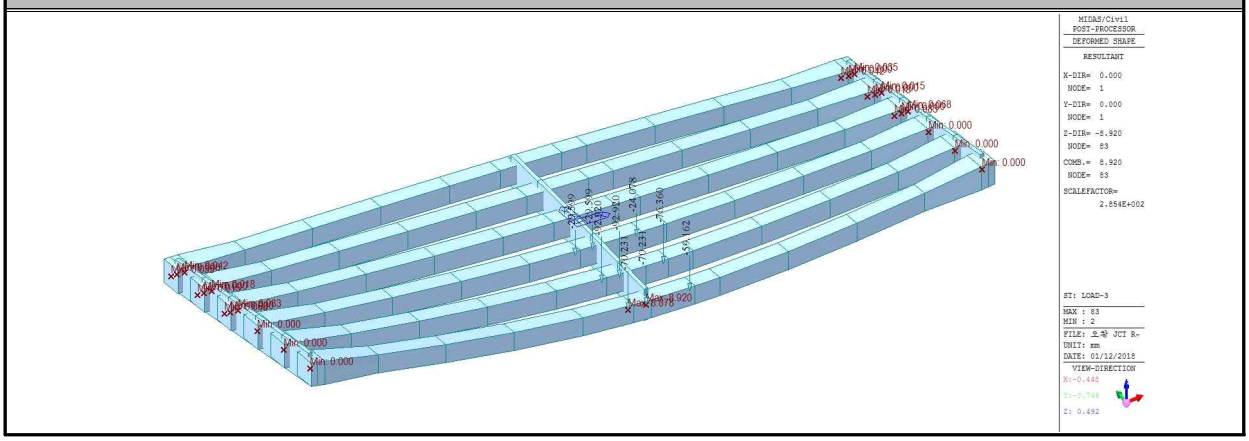
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

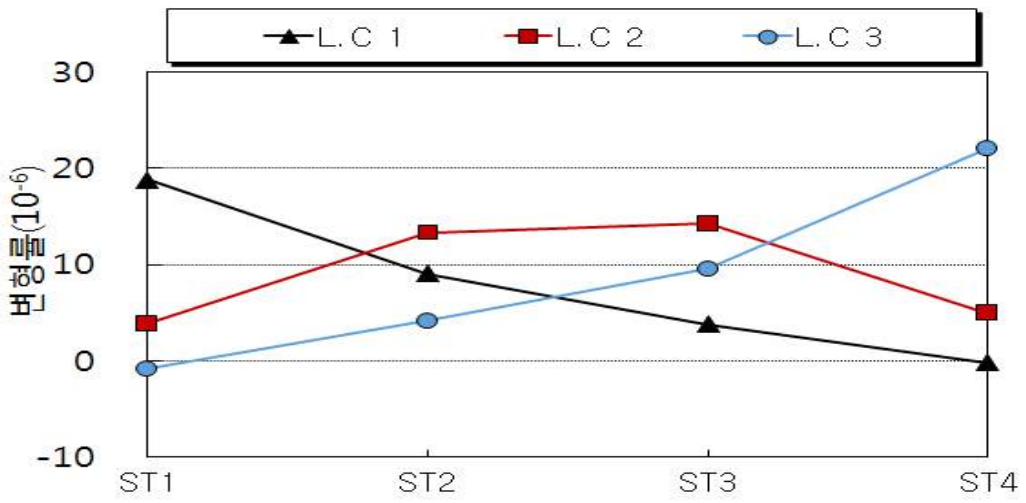


L.C3 하중재하 및 처짐

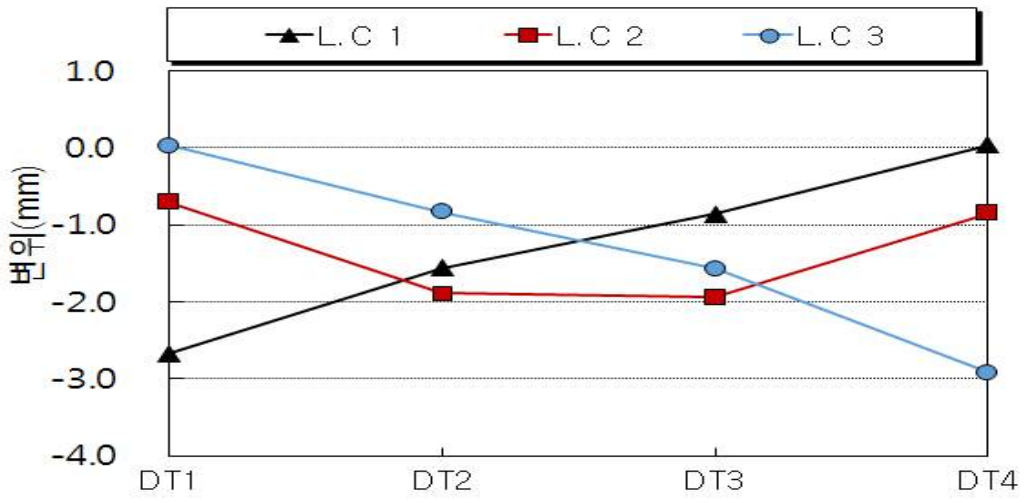


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단된다.



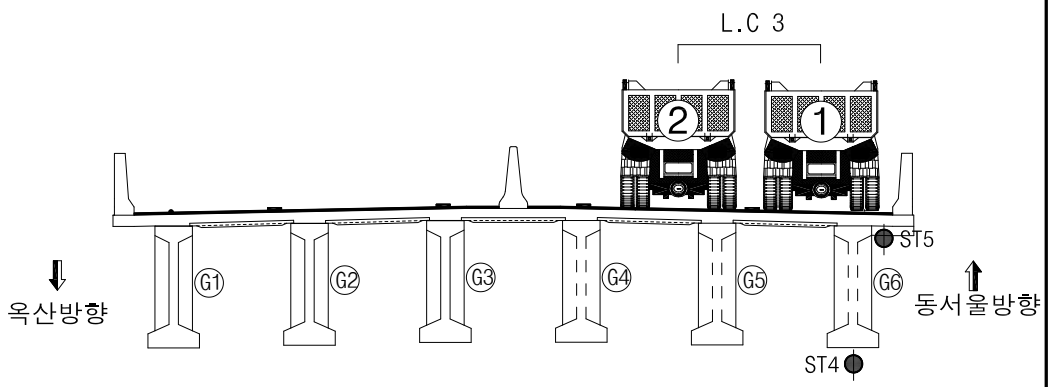
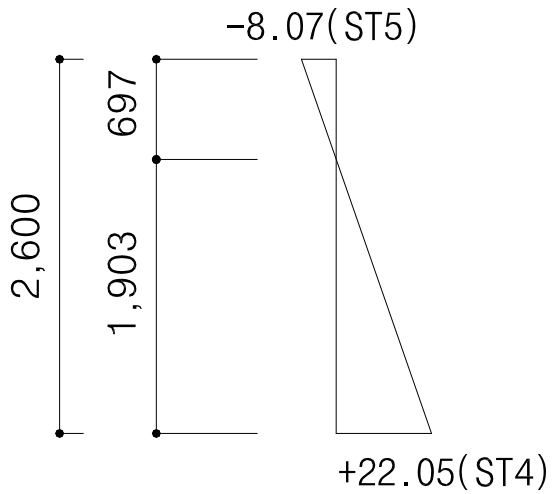
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 3</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G6)</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,664</td><td>1,903</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

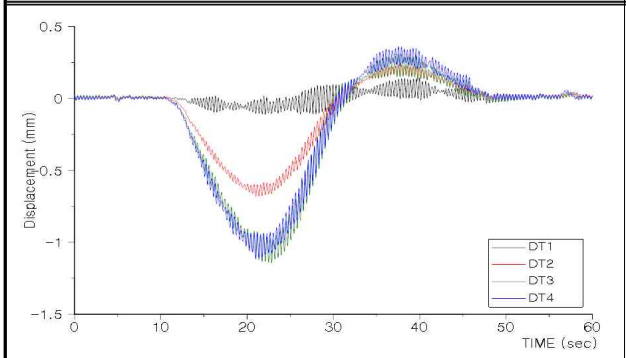
12.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

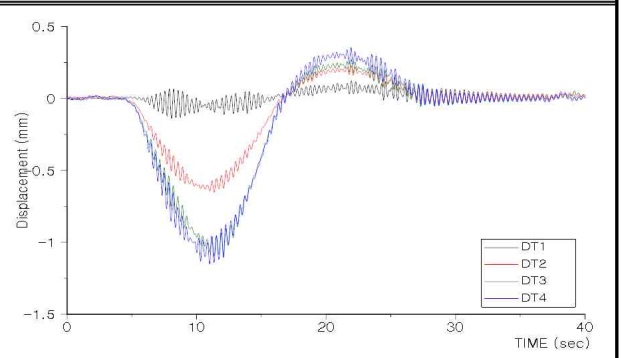
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
1경간	G1(DT1)	-0.112	-0.140	-0.082	-0.179	-0.184	-0.274	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-0.681	-0.654	-0.635	-0.693	-0.720	-0.658	
	G4(DT3)	-1.143	-1.098	-1.059	-1.130	-1.179	-1.092	
	G6(DT4)	-1.109	-1.151	-1.105	-1.145	-1.182	-1.162	

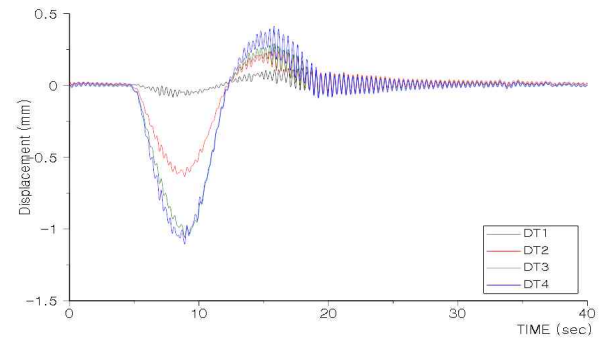
10km/hr



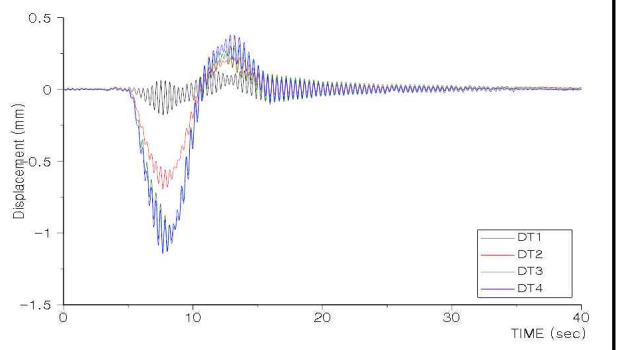
20km/hr



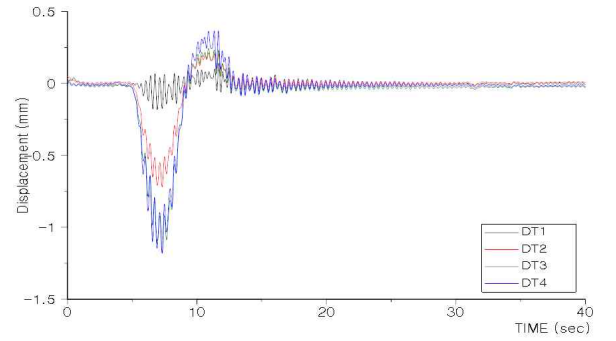
30km/hr



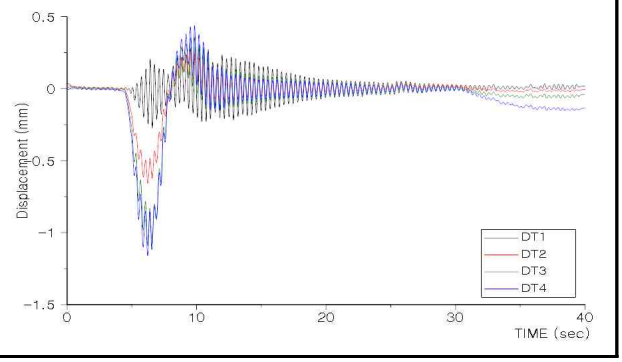
40km/hr



50km/hr



60km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

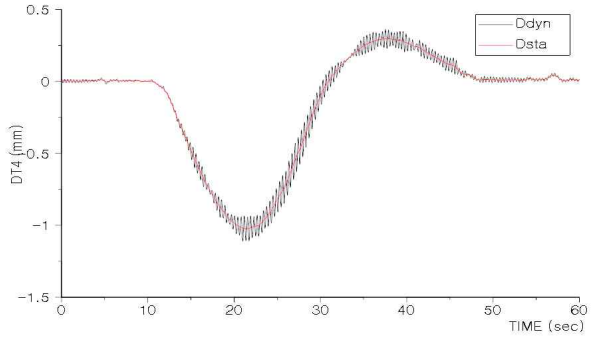
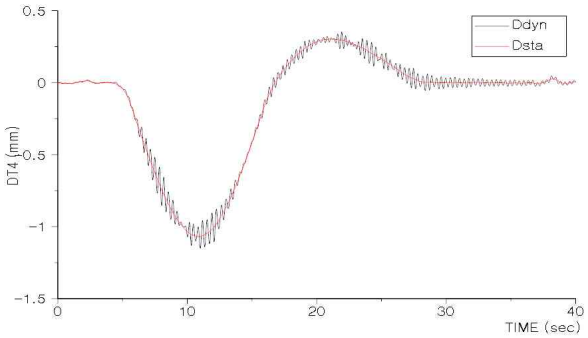
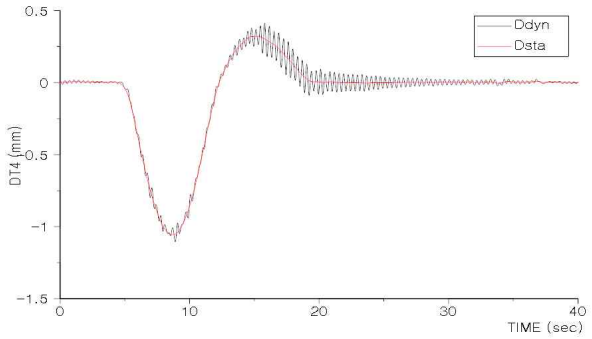
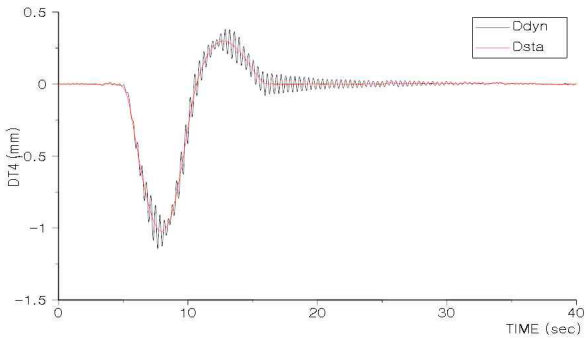
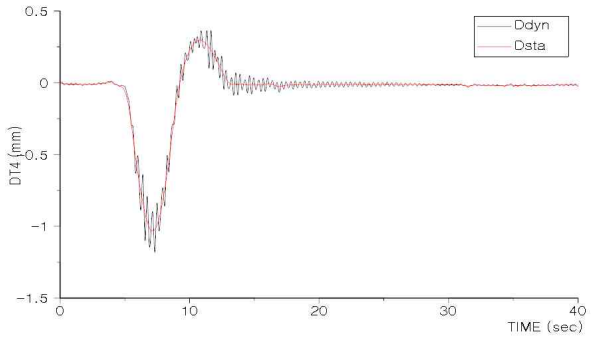
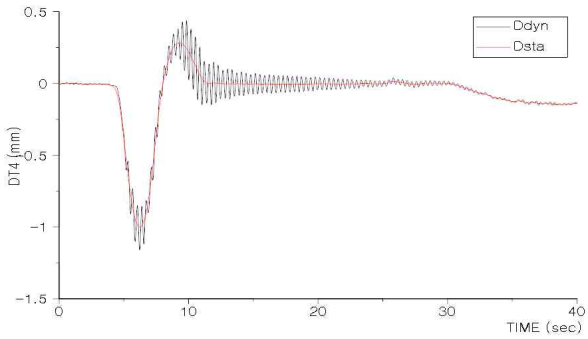
· 실측충격계수 i = (D−1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\mathrm{max}}/(\delta_{static})_{\mathrm{max}}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
1경간	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.143	-1.098	-1.059	-1.130	-1.179	-1.092	0.139
		$\delta_{sta(max)}$	-1.060	-1.023	-1.019	-1.030	-1.042	-0.959	
		충격계수(i)	0.078	0.073	0.039	0.097	0.131	0.139	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-1.109	-1.151	-1.105	-1.145	-1.182	-1.162	0.161
		$\delta_{sta(max)}$	-1.025	-1.069	-1.055	-1.024	-1.032	-1.001	
		충격계수	0.082	0.077	0.047	0.118	0.145	0.161	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = 0.167(1경간, L=50.028) • 실측충격계수 : 1경간-0.161(60km, DT4)						

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G4~G6의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT3, DT4(1경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.161(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.167(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

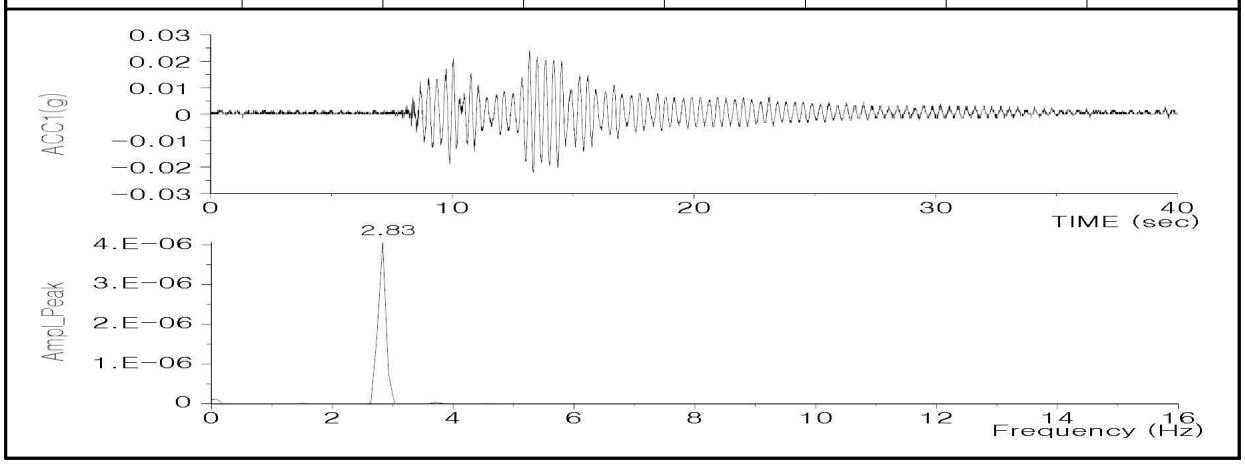
10km/hr, DT4	20km/hr, DT4
	
30km/hr, DT4	**40km/hr, DT4**
	
50km/hr, DT4	**60km/hr, DT4**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

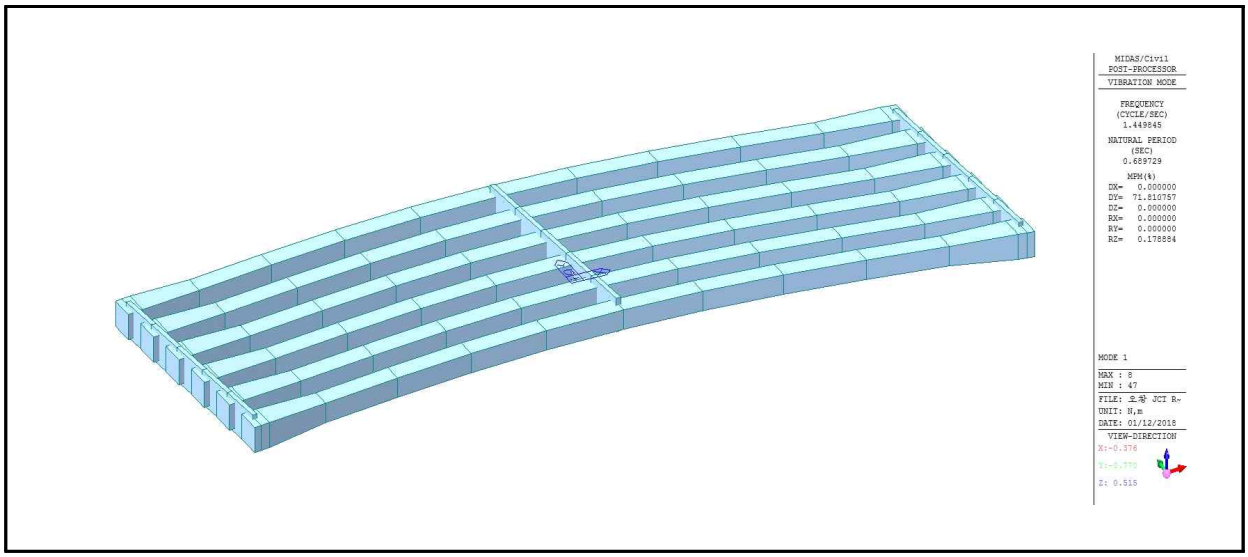
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.450Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

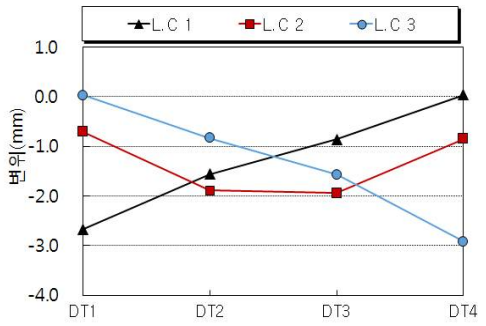
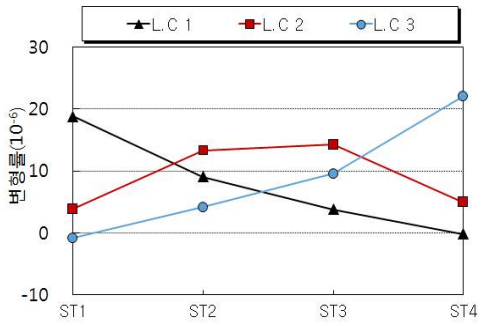
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-8.920	-3.282	1.267	DT1
	실측처짐	-2.673	-0.709	0.033	
	응답비	**3.337**	4.629	38.394	
G3	계산처짐	-4.579	-4.335	-2.461	DT2
	실측처짐	-1.558	-1.889	-0.835	
	응답비	2.939	**2.295**	2.947	
G4	계산처짐	-2.461	-4.199	-4.579	DT3
	실측처짐	-0.863	-1.943	-1.570	
	응답비	2.852	**2.161**	2.917	
G6	계산처짐	1.267	-2.709	-8.920	DT4
	실측처짐	0.037	-0.854	-2.917	
	응답비	34.243	3.172	**3.058**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	3.337	0.167	0.161	1.005	3.354
	DT2(G3)	2.295				2.306
	DT3(G4)	2.161				2.172
	DT4(G6)	3.058				3.073

정·동적 재하시험 고찰

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.917 ㎜ • 변형률 : 22.05 με
	횡방향 거동특성	 처짐  변형률 • 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.161(DT4)로 이론 충격계수 0.167보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.450Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

12.5 안전성평가 및 내하력평가

12.5.1 구조해석 방법 및 개요

오창JCT Ramp-A교는 연장 100.00m, 총폭 24.640m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 69.4~74.7°이며 평면선형 R=1030.0 곡선교 이다. 상부구조는 개량형 PSC BEAM(Bi con)으로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

12.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : 개량형 PSC BEAM(Bicon) 교
2) 연　　장 : 50.000m
3) 교　　폭 : B = 24.640m
4) 거더높이 : H = 2.100m
5) 거더간격 : 2.750m
6) 사　　각 : 69.4~74.7°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/m³
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/m³
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.12.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.12.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4\times f_{ck}$ = 0.4×27 = 10.800 MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN($0.94\times f_{pyt}$, $0.8\times f_{put}$) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN($0.74\times f_{pyt}$, $0.82\times f_{put}$) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN($0.74\times f_{pyt}$, $0.82\times f_{put}$) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0㎫

③ 탄성계수 : Ep = 200,000㎫

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840㎫

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777㎫

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777㎫

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

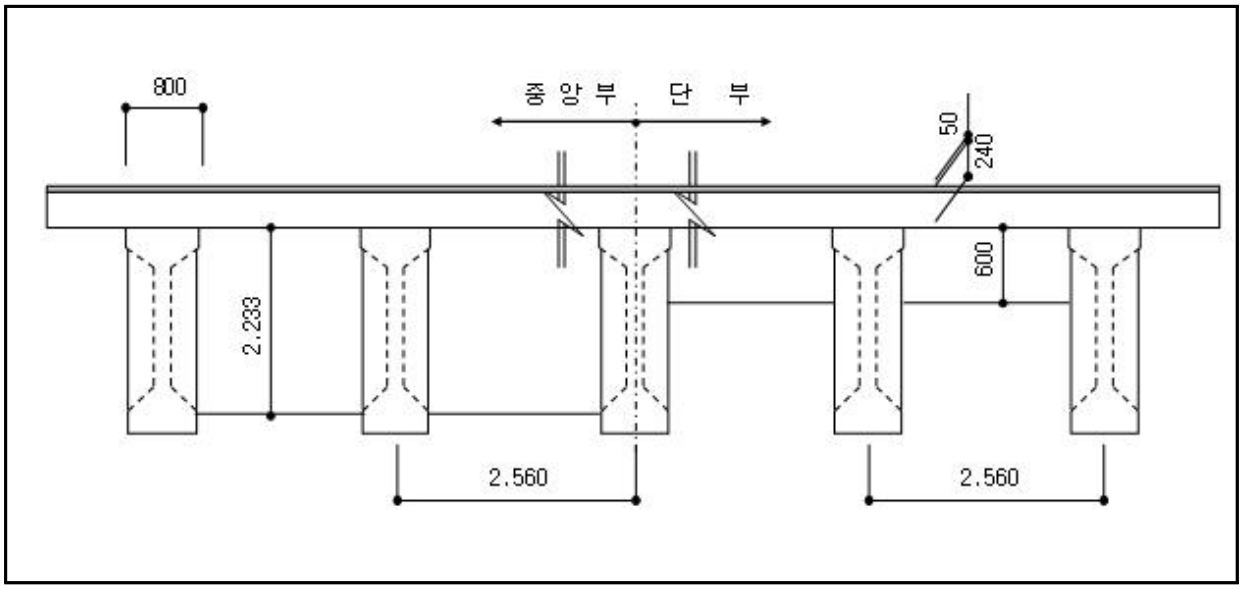
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

12.5.3 검토 조건

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1060	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.762	9.544
바닥판	0.248	25.000	6.200	0.518	3.209
포 장	0.021	23.500	0.488	0.208	0.101
방음판			2.000	0.805	1.610
합 계			21.213		14.464

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1030 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	CF = $0.79\times V^2/R$	Pcf = Pr/E×CF/100	Mcf = Pcf×1.8
1030	7.7%	5.977 kN/m	10.758kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	6.863
활하중 비재하시	0.0030	1670	15.281

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		36.871
Case 2	1.30		1.30			29.745
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		43.734
Case 4	1.30	1.30		1.30		36.871
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		43.734
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	60.204
Case 7	1.20		1.20		1.20	53.078

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 78.266kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	78.266	91.703	O.K S.F=1.172

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	212.894㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	212.20㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

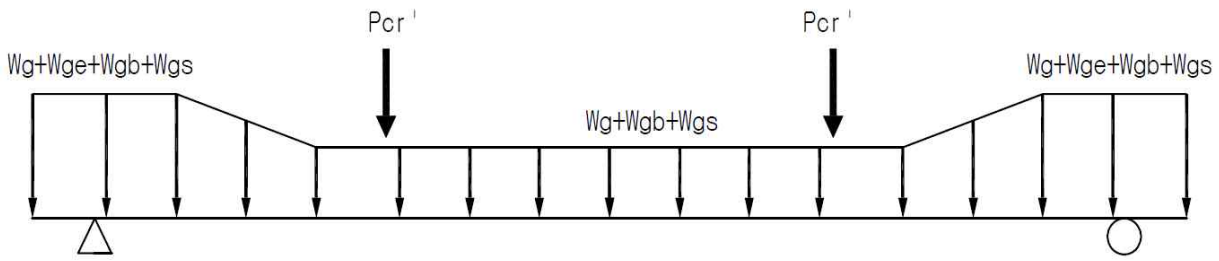
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분		산 출 근 거										
거더본체	(Wg)	Anet×wgc	=	1.011	×	25000					=	25274 N/m
단부보강	(Wge)	Avar×wgc	=	1.135	×	25000					=	28375 N/m
가 로 보	(Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.135	×	1	×	25000	×	1 EA	=	17025 N
강 봉	(Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA					=	204 N/m
T1 강연선	(Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA					=	77 N/m
T2~T5 강연선	(Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	16 EA			=	705 N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.690 × 25000 = 16140 N/m

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.24 × 2.750 × 25000 = 16500 N/m

㉢ G9 거더 : 0.24 × 2.700 × 25000 = 16200 N/m

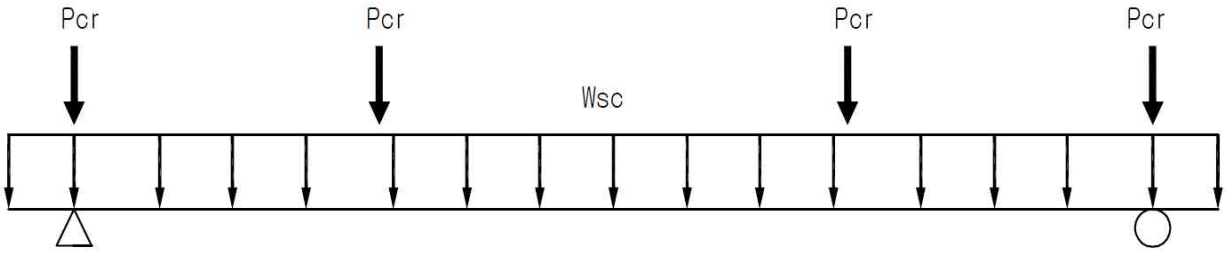
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.300 × 2.233 × 2.75 × 25000 = 46063 N

㉢ G9 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

③ 중앙부 하중

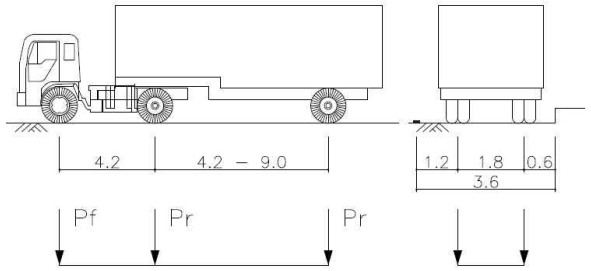
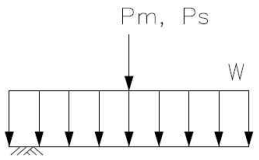
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 6 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)

DB하중	DL하중
	

㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	5124.5	5514.7	5142.5	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2679.6	2365.8	2499.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	2966.8	3545.3	4228.9		
DL 활하중	3297.6	3762.4	4549.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3297.6	3762.4	4549.3		
합 계	19317.2	19858.4	20406.5		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	407.0	427.3	408.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	292.0	192.6	246.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	232.3	424.2	421.2		
DL 활하중	242.9	413.1	430.5		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	242.9	424.2	430.5		
합 계	1667.7	1770.0	1811.1		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.995	-5.762	47.480	-33.056	
4	fal	1.443	1.150	1.278	-2.241	7.178	-13.422	
5	fll	1.775	1.415	1.573	-2.758	8.834	-16.517	
6	fsh	0.103	0.043	0.047	-0.674	0.083	4.138	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.813	0.346	17.282	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.268	0.033	1.647	
10	f2	2.636	2.725	-5.389	1.428	-4.943	1.265	
계		6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	±2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	±1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G8거더 응력산출

㉠ G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.604	-6.201	51.096	-35.573	
4	fal	1.256	0.999	1.110	-1.974	6.228	-11.826	
5	fll	1.997	1.589	1.766	-3.139	9.905	-18.807	
6	fsh	0.100	0.040	0.045	-0.671	0.068	4.122	
7	fcr	0.415	0.168	0.187	-2.785	0.283	17.109	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.037	0.003	-0.230	0.010	
9	frgs	0.040	0.016	0.018	-0.268	0.027	1.646	
10	f2	2.806	2.861	-5.719	1.515	-5.246	1.343	
계		6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G9거더 응력산출

㉠ G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.024	-5.782	47.647	-33.172	
4	fal	1.342	1.070	1.189	-2.089	6.676	-12.514	
5	fll	2.443	1.947	2.164	-3.803	12.152	-22.779	
6	fsh	0.102	0.042	0.047	-0.673	0.080	4.135	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.827	0.338	17.370	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.267	0.032	1.641	
10	f2	2.638	2.726	-5.412	1.434	-4.964	1.270	
계		6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.12.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	1.691		2.418		1.524	
G2~G8	응력	6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.643		2.327		1.514	
G9	응력	6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.552		2.264		1.515	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.12.15】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.172		-
	최소안전율	S.F = 1.172		
거 더	구 분	G1	G2~G8	G7
	안전율	1.524	1.514	1.515
	최소안전율	S.F = 1.514		

12.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.12.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	M_l(1+i)(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	14.464	11.649	2.911
	중앙부	-	-	-	-

【표 2.12.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.872	1.573	7.710	
	하연	-3.162	7.283	-2.758	**3.787**	
G9	상연	18.000	5.787	2.164	5.644	
	하연	-3.162	7.408	-3.803	**2.779**	
G2~G8	상연	18.000	5.969	1.766	6.813	
	하연	-3.162	7.231	-3.139	**3.311**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.12.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1	3.787	3.787	DB, DL-24 이상
	G9	1	2.779	2.779	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1	3.311	3.311	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

12.6 종합평가 및 안전등급

12.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

오창JCT Ramp-A교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.12.19】종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

12.6.2 안전등급 지정

오창JCT Ramp-A교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.12.20】오창JCT Ramp-A교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	오창JCT Ramp-A교	A등급(우수)

12.7 종합결론

오창JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.