

구조안전성능 자료 _ 동항교

구조안전성능 자료 _ 동항교(2019년 2중 성능평가 보고서)

2019년 국도45호선 동항교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

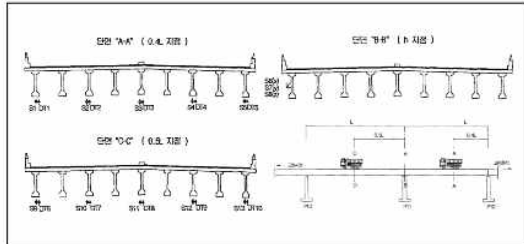
5.2 구조안전성능 평가

구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 「정력~이동간 도로확장 및 포장공사 고덕표」의 14개소 초기정검(2005.05)을 참고하였다.

5.2.1 재하시험

가. 재하시험 위치 및 게이지 부착 현황

재하시험 위치 및 게이지 부착 위치는 다음과 같다.



【그림 5.11】 재하시험 위치 및 게이지 부착 현황

나. 계측 장비

본 재하시험 시 투입된 계측장비 현황은 다음과 같다.

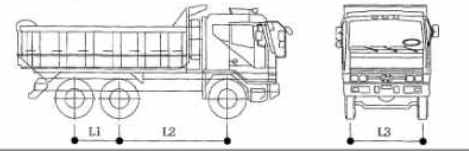
【표 5.9】 계측기기 현황

기 기 명	모 델 명	용 도	비 고
Dynamic Strain Meter	SAS-97	재하시험 Data 축적용 장치	
Notebook Computer	Samsung	Data 저장 및 기록	
Ring Gauge	OU-30	변위측정 원서	
Accelerometer	1축, 2축, 3축	가속도측정 원서	
Strain Gauge	Sokki	변형률측정 센서	

다. 재하시험 차량

【표 5.10】 재하시험 차량의 제원 및 축중량

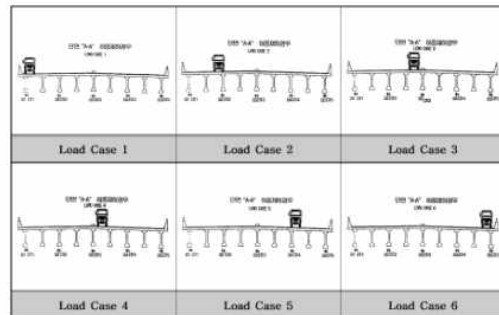
구 분	총중량 (tonf)	전축 (tonf)	중축 (tonf)	후축 (tonf)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)
13ton 덤프트럭	26.48	3.32	4.97	4.95	1.3	3.2	1.8



라. 정적재하시험

1) 하중재하 위치

정적재하시험 시 시험차량의 재하 위치는 대상구조물의 거동이 최대도 반영되는 위치를 선정하며, 각 하중경우별 재하 위치는 다음과 같다.

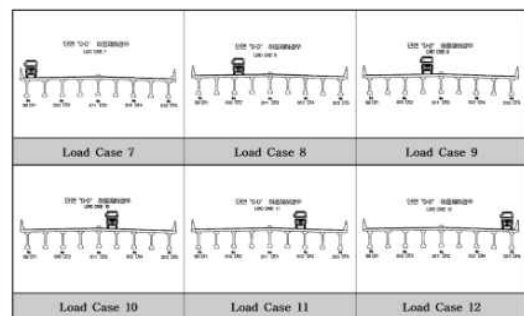


【그림 5.2】 하중재하 위치-1

제1항
제2항
제3항
제4항
제5항
제6항
제7항
제8항
제9항
제10항

II-1-93

2019년 국도45호선 동항교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역



【그림 5.3】 하중재하 위치-2

2) 측정 변형률값

정적재하시험을 통한 변형률값은 다음과 같다.

【표 5.11】 측정 변형률값

구 분	12경간								11경간				비 고
	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12	
ST1	23.003	10.221	8.738	4.333	3.023	6.463	24.141	8.896	8.104	14.784	2.778	5.067	
ST2	14.064	11.338	11.329	8.968	5.355	7.097	11.458	14.769	10.624	11.862	3.282	4.678	
ST3	6.550	9.803	10.480	11.127	7.370	6.478	8.378	9.184	11.070	3.383	3.815	4.203	
ST4	5.125	6.219	7.298	15.417	14.179	18.339	2.534	5.715	6.996	2.505	4.016	4.390	
ST5	1.555	3.181	2.821	13.661	16.770	24.126	-	-	-	-	-	-	

3) 측정 처짐값

정적재하시험을 통한 처짐값은 다음과 같다.

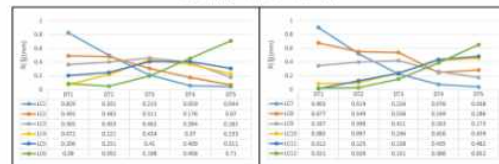
【표 5.12】 측정 처짐값

구 분	12경간								11경간				비 고
	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12	
DT1	0.829	0.482	0.365	0.072	0.206	0.090	0.903	0.077	0.347	0.085	0.012	0.021	mm
DT2	0.501	0.482	0.403	0.221	0.251	0.032	0.519	0.549	0.398	0.097	0.125	0.029	mm
DT3	0.215	0.211	0.482	0.434	0.410	0.198	0.235	0.538	0.421	0.246	0.238	0.151	mm
DT4	0.089	0.176	0.384	0.370	0.409	0.838	0.075	0.246	0.263	0.426	0.435	0.386	mm
DT5	0.044	0.070	0.182	0.233	0.311	0.710	0.038	0.286	0.173	0.459	0.482	0.652	mm

3) 평분배 검토 결과

평분배 검토 결과 구조물의 횡구배 및 재하 위치의 오차 등을 고려할 때 평가준에 의한 거더 별 평분배 상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 5.13】 평분배 검토 결과



제1항
제2항
제3항
제4항
제5항
제6항
제7항
제8항
제9항
제10항

II-1-94

II-1-95

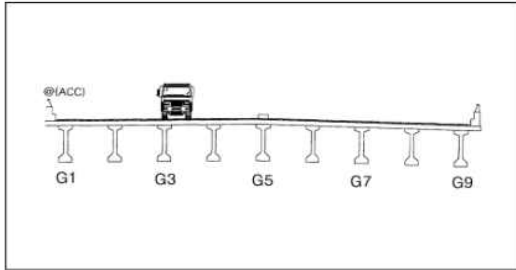
구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

II-1. 동향교

마. 동적재하시험 결과

1) 동적재하시험 주력 방향 및 위치



【그림 5.4】 하중제하 위치

2) 측정 치질값

동적재하시험을 통한 치질값은 다음과 같다.

【표 5.14】 측정 치질값

구분		10km/hr	30km/hr	60km/hr	80km/hr	비고
12정간	DT1	0.632	0.637	0.589	0.572	mm
	DT2	0.519	0.498	0.492	0.508	mm
	DT3	0.273	0.225	0.290	0.234	mm
	DT4	0.118	0.111	0.105	0.122	mm
	DT5	0.085	0.075	0.050	0.018	mm
11정간	DT6	0.722	0.675	0.767	0.813	mm
	DT7	0.519	0.529	0.587	0.634	mm
	DT8	0.271	0.293	0.323	0.327	mm
	DT9	0.125	0.124	0.133	0.124	mm
	DT10	0.077	0.059	0.038	0.047	mm

II-1-96

3) 충격계수 분석 결과

동적재하시험을 통한 충격계수 분석 결과, 30km/hr 표 주행할 때 DT6에서 0.201로 분석되었다.

구분		10km/hr	30km/hr	60km/hr	80km/hr
DT1	Ddyn	0.632	0.637	0.589	0.572
	Dsta	0.553	0.604	0.551	0.509
	D.A.F	1.143	1.055	1.009	1.124
	i	0.143	0.055	0.009	0.124
DT6	Ddyn	0.722	0.675	0.667	0.813
	Dsta	0.607	0.562	0.597	0.544
	D.A.F	1.180	1.201	1.117	1.127
	i	0.180	0.201	0.117	0.127

제1항
제2항
제3항
제4항
제5항
제6항
제7항
제8항
제9항
제10항

II-1-97

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

4) 고유진동수 분석 결과

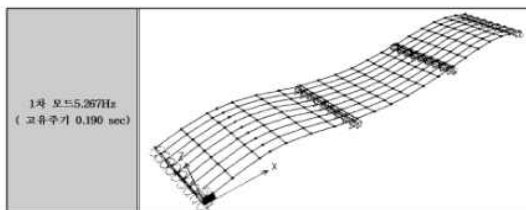
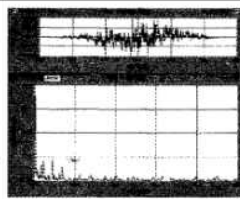
① 실측 고유진동수 분석 결과

고유진동수 분석은 동적재하시험 중 가속도계로 측정된 계측값을 이용하여 FFT(Fast Fourier Transform) 분석하였으며, 분석결과 고유진동수는 6.738Hz로 산출되었다.

또한 구조해석을 통해 분석한 고유진동수는 1차 모드 고유진동수인 5.267Hz로 실측 고유진동수 6.738Hz 보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성을 양호한 것으로 판단된다.

【표 5.15】 실측 고유진동수 분석

구분	측정치	60km/hr ACC
고유진동수 (Hz)	10km/hr	6.738
	30km/hr	6.738
	60km/hr	6.738
	80km/hr	6.641
실측 고유진동수(Hz)	6.738	



【그림 5.5】 이론 고유진동수 분석

II-1-98

구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

II-1. 동향교

5.2.2 구조검토

가. 검토조건

1) 교량 제원

- ① 교량명 : 동향교
- ② 교량등급 : 1종교(DB-24, DL-24)
- ③ 교량형식 : P.S.C BEAM교
- ④ 연장 : 14 @ 30.0 = 420.00m
- ⑤ 폭 : 19.50m
- ⑥ Beam 간격 : 2.20m (H= 2.00m)

2) 사용재료

- ① 콘크리트
 - ㉠ 슬래브 : $f_{ck} = 270 \text{ kgf/cm}^2$
 - ㉡ 주Beam : $f_{ck} = 350 \text{ kgf/cm}^2$
- ② 강재
 - ㉠ 슬래브 : SD-40
 - ㉡ 주Beam : • SD-30 • SWPS1 Ø12.7m/m 12연선 • $A_p = 11.845 \text{ cm}^2$

3) 허용응력

- ① 콘크리트
 - ㉠ 슬래브 : $f_{ca} = 0.4f_{ck} = 108.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - ㉡ 주Beam :
 - 프리스트레스 도입시의 압축강도 : $f_{ci} = 0.8f_{ck} = 280.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 프리스트레스 도입직후 :
 - 허용압축응력 : $0.55f_{ci} = 154.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 허용인장응력 : $0.75\sqrt{f_{ci}} = 12.55 \text{ kgf/cm}^2 \sqrt{f_{ci}}$
 - 설계하중 작용시 :
 - 허용압축응력 : $0.40f_{ck} = 140.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 허용인장응력 : $1.5\sqrt{f_{ci}} = 28.00 \text{ kgf/cm}^2$

II-1-99

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

② P.S 강재(직렬력제이션 강재)

③ 강도 :

- 극한강도 : $f_{pu} = 190.00 \text{ kgf/mm}^2$
- 항복강도 : $f_{py} = 160.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ⑤ 프리스트레싱시 정착부에서의 응력 : $0.90f_{py} = 144.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ⑤ Jack에 의한 최대인장력 : $P_{max} = 144 \times 11.845 = 170.568 \text{ tonf}$
- ⑤ 프리스트레싱직후 정착부에서의 응력 : $0.70f_{py} = 112.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ⑤ 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 : $0.80f_{py} = 128.00 \text{ kgf/mm}^2$

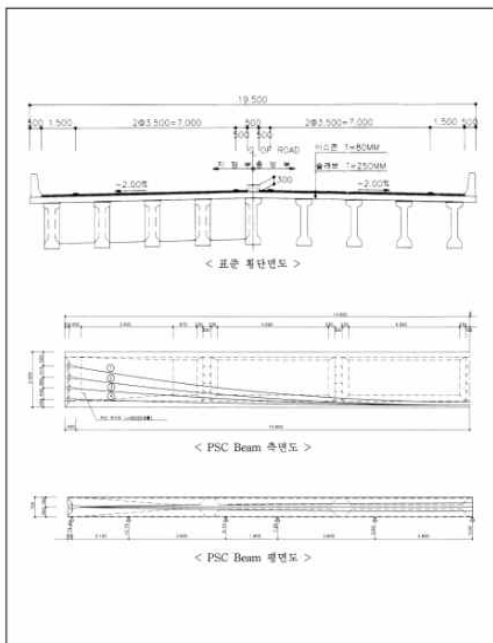
3) 탄성계수

- ① 콘크리트
 - ㉠ $E_c = 10,500 \times \sqrt{f_{ck}} + 70,000 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ (} f_{ck} > 300 \text{ kgf/cm}^2\text{)}$
 $= 15,000 \times \sqrt{f_{ck}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ (} f_{ck} \leq 300 \text{ kgf/cm}^2\text{)}$
- ② P.S 강재
 - ㉠ $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

II-1-100

II-1. 동향교

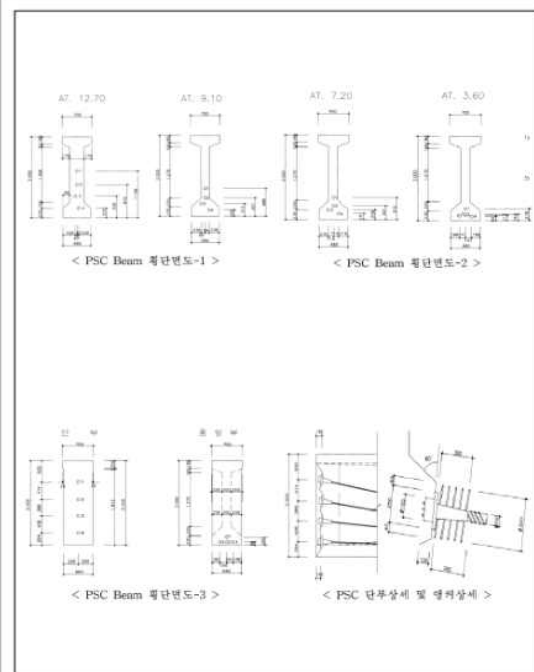
나. 검토단면



【그림 5.6】 표준 횡단면도, PSC Beam 측면도 및 평면도

II-1-101

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역



【그림 5.7】 PSC Beam 횡단면도, 단부상세 및 앵커상세

II-1-102

구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

II-1. 동향교

다. 작용하중

1) 고정하중

① 주거하중량 : 60.678 ton-f/m

② 합설전 하중

③ 슬래브 중량 :

-내측 : 1.375 ton-f/m

-외측 : 1.410 ton-f/m

④ 가로보 중량 : 1.375 ton-f/EA

⑤ 합설후 중량

⑥ 방호벽 중량 : 1.348 ton-f/m

⑦ 모상하중 : 0.294 ton-f/m

2) 활하중

① 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) = 0.214$

② 적용 활하중 : DB-24, DL-24

라. 단면특성

【표 5.16】 단면세면



1) 플랜지 유효폭 산정

① 외측BEAM : $b_1 = 95.0 \times 10 = 105.0\text{cm}$

- $6 \times b_1 = 6 \times 25 \times 105.0 = 255.0\text{cm}$

-보의경간/12 $\times b_1 = 2.910/12 \times 105.0 = 347.5\text{cm}$

-인필보와의 내측거리/2 $\times b_1 = 200/2 \times 105.0 = 205.0\text{cm} \therefore 205.0\text{cm}$

II-1-103

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

② 내측BEAM : $b_0 = 20.0\text{cm}$

- $12 \times b_0 = 12 \times 25 \times 20.0 = 255.0\text{cm}$

-보의경간/4 = $2.910/4 = 347.5\text{cm}$

-양측 거더의 중심간 거리 = $220.0\text{cm} \therefore 220.0\text{cm}$

2) 중단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거더	6,714.00	104.07	95.93	33,048.818	317.563

3) 순단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거더	6,577.15	102.3	97.70	32,045.030	313.246

4) PS강선 환산단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거더	6,932.81	106.75	93.25	34,578.973	323.916

5) 슬래브 환산단면

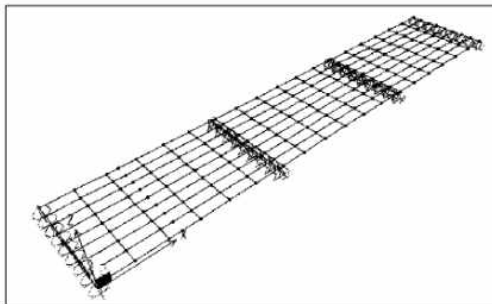
구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
내측주형	12,020.81	56.28	143.72	76,567.648	1,360.477
외측주형	11,673.44	58.32	141.68	74,865.025	1,283.694

II-1-104

II-1. 동향교

바. 구조물 모델링

구조물의 모델링은 주형의 중심선을 따라 적자형으로 모델링 한 후, 가로보의 위치에 결점을 두어 가로보의 집중하중을 줄 수 있도록 고려하였다.



【그림 5.8】 구조물 모델링

II-1-105

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

라. 바닥판 검토

1) 캔틸레버판의 검토

① 바닥판두께 검토

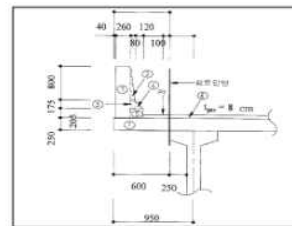
② 캔틸레버 바닥판의 지간 : 고정하중에 의한 지간 $L = 0.60\text{m}$

활하중에 의한 지간 $L = 0.00\text{m}$

③ 바닥판의 최소두께 : $T_{min} = 28L + 18 = 18.00\text{cm}$

$\therefore T = 25.00\text{cm} > T_{min} = 18.00\text{cm} \quad \text{O.K.}$

② 하중 및 단면력 산정



【그림 5.9】 캔틸레버 분할단면

③ 고정하중 : 방호벽 모멘트 팔길이 $I = 0.383$

바닥판	0.60×0.25×2.50	0.375×0.300	0.113
포장	0.00×0.08×2.50	0.000×0.000	0.000
①	1.18×0.26×2.50	0.767×0.430	0.330
②	0.80×0.08×2.50×1/2	0.080×0.273	0.022
③	0.18×0.08×2.50	0.035×0.260	0.009
④	0.18×0.12×2.50×1/2	0.036×0.180	0.005
중	0.21×0.20×2.50	0.103×0.200	0.021
소계		1.081	0.387
충격		1.386	0.500

④ 활하중 : DB-24, Pr = 9.600tonf

-충격계수(i) : $i = 15 / (40 + L) = 0.375 > 0.3 \therefore i = 0.300$

-윤하중 분포폭(E) : $E = 0.8 \times x \times 1.14 = 1.140\text{m}$

-모멘트(MI) : $MI = Pr(1+i)/E = 9.600 \times (1+0.300) / 0.000 / 1.140 = 0.000\text{tonf} \cdot \text{m}$

II-1-106

구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

II-1. 동향교

①중하중

-설계기준 속도 V = 80 km/hr

-충돌모멘트(Mco) Mco = $(V/60)^2 \times 0.75 \times 0.25 = 1.583 \text{tonf-m}$

②방호벽에 작용하는 풍하중

-B/D = $19.500/3.430 = 5.685 < 8.0$

w = $(400 \times 20 \times 5.685) \times 3.430 = 982.00 \text{kgf/m} > 600 \text{kgf/m} \therefore w = 0.982 \text{tonf-m}$

-Mw = $w \times H/2 = 0.982 \times 1.180/2 = 0.579 \text{tonf-m}$

③극한하중의 산정

-Mu = $1.30 \times Md + 2.15 \times MI = 0.650 \text{tonf-m} (0.500 \text{tonf-m})$

-Mu = $1.30 \times Md + 1.30 \times Mw = 1.403 \text{tonf-m} (1.079 \text{tonf-m})$

-Mu = $1.30 \times Md + 1.30 \times MI + 0.650 \times Mw = 1.026 \text{tonf-m} (1.079 \text{tonf-m})$

-Mu = $1.25 \times Md + 1.25 \times MI + 0.625 \times Mw = 0.987 \text{tonf-m} (1.079 \text{tonf-m})$

-Mu = $1.30 \times Md + 1.30 \times MI + 1.30 \times Mco = 2.708 \text{tonf-m} (2.083 \text{tonf-m})$

-Mu = $1.20 \times Md + 1.20 \times Mw + 1.20 \times Mco = 3.194 \text{tonf-m} (2.662 \text{tonf-m})$

$\therefore Mu = 3.194 \text{tonf-m} (2.662 \text{tonf-m})$ (이른 사용하중 상태에서의 모멘트)

④단면검토

단면 높이 h = 25,000cm, 단면폭 b = 100,000cm

철근단면 d' = 6,000cm, 유효깊이 d = 19,000cm

콘크리트 압축강도 fck = 27,000kgf/cm², 철근 항복강도 fy = 400,000kgf/cm²

사용철근량 As = D16@200 + D16@200 = 1,986*5 + 1,986*5 = 19,860cm²

극한모멘트 Mu = 3.194tonf-m

유효등가응력 길이 a = $As \times fy / (0.85 \times fck \times b) = 3.46 \text{cm}$

휨강도 $\phi Mn = As \times fy / (d - a/2) = 11.661 \text{tonf-m} > Mu = 3.194 \text{tonf-m} \therefore O.K$

2)공간바닥판의 검토

①바닥판두께 검토

②공간바닥판의 지간 : L = 2,200 - 0.700 = 1,500m

③바닥판의 최소두께 : Tmin = 3L + 13 = 17,500cm

$\therefore T = 25,000 \text{cm} > Tmin = 17,500 \text{cm} \quad O.K$

제1장
제2장
제3장
제4장
제5장
제6장
제7장
제8장
제9장
제10장

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

②하중 및 단면력 산정

③고정하중 : MI = $wl^2/10 = 0.392 \text{tonf-m}$

바닥판	1.0~0.25~2.50	0.0825
로장	1.00~0.08~2.30	0.184
총계		0.800

④활하중 : DB-24, Pr = 9,600tonf

-충격계수(I) : I = $15/(40+L) = 0.361 > 0.3 \therefore I = 0.300$

-모멘트(MI) : MI = $0.8Pr(I+L)/(L+0.6)/E = 2.184 \text{tonf-m}$

⑤현상하중 : V = 60 km/hr, R = 6,000m

-CF = $0.79 \times V^2/R\% = 0.790 \times 3600.0/6000 = 0.000\%$

-Mcf = $0.000 \times 2.184 = 0.000 \text{tonf-m}$

⑥극한하중의 산정

-Mu = $1.30 \times Md + 2.15 \times MI + 1.30 \times Mcf = 5.205 \text{tonf-m} (2.576 \text{tonf-m})$

$\therefore Mu = 5.205 \text{tonf-m} (2.576 \text{tonf-m})$ (이른 사용하중 상태에서의 모멘트)

⑦단면검토

단면 높이 h = 25,000cm, 단면폭 b = 100,000cm

철근단면 d' = 6,000cm, 유효깊이 d = 19,000cm

콘크리트 압축강도 fck = 27,000kgf/cm², 철근 항복강도 fy = 400,000kgf/cm²

사용철근량 As = D16@200 + D16@200 = 1,986*5 + 1,986*5 = 19,860cm²

극한모멘트 Mu = 5.205tonf-m

유효등가응력 길이 a = $As \times fy / (0.85 \times fck \times b) = 3.46 \text{cm}$

휨강도 $\phi Mn = As \times fy / (d - a/2) = 11.661 \text{tonf-m} > Mu = 5.205 \text{tonf-m} \therefore O.K$

II-1. 동향교

라. 주립의 검토

1)단면력 집계표

【표 5.17】 단면력 집계표

구분	검정	BEAM	활하중	활하중	활하중	계
외측 B E A M	전단력 (tonf)	1	20.683	23.063	23.891	29.864
		2	20.490	17.934	17.918	25.733
		3	13.498	11.786	11.946	21.603
		4	6.535	5.638	5.973	17.473
		5	0.000	0.000	0.000	13.342
	모멘트 (tonf-m)	1	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	89.281	74.564	75.041	333.490
		3	150.324	128.000	130.356	566.042
		4	187.477	160.308	162.945	703.327
		5	200.141	171.490	173.808	747.277
내측 B E A M	전단력 (tonf)	1	29.683	25.101	5.893	37.347
		2	20.490	20.099	4.420	32.182
		3	13.498	13.060	2.946	27.016
		4	6.535	6.020	1.473	21.551
		5	0.000	0.000	0.000	16.586
	모멘트 (tonf-m)	1	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	89.281	82.308	18.756	117.062
		3	150.324	141.281	32.153	196.541
		4	187.477	177.219	40.191	240.858
		5	200.141	190.021	42.870	252.415

2)활용력

①외측BEAM

【표 5.18】 외측BEAM 활용력

구분	모멘트 (tonf-m)	단면계수 (cm ²)	콘크리트단면 휨 용력(kgf/cm ²)			P.S.C BEAM		P.S강선 (kgf/cm ²)
			상면	하면	하면	P.S강선 도설위치	P.S강선 도설위치	
주BEAM	200.141	313.246	-	63.89	-	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-	-
			-369.698	-	-	-54.15	-	406.45
			323.016	-	58.06	-	-	-
			-370.810	-	-	-46.25	-	-
활성전 교정하중	171.490	420.402	-	-	-	-40.79	-	306.17
			1,283.694	-	13.54	-	-	-
			-326.409	-	-	-32.89	-	-
			898.524	19.34	-	-	-	-
			-572.888	-	-	-30.34	-	227.73
활성후 교정하중	173.808	1,283.694	-	-	-	-	-	-
			-528.409	-	15.72	-	-	-
			808.524	22.45	-	-38.20	-	-
			-572.888	-	-	-35.23	-	264.44
			-	-	-	-160.51	-	798.34
계	747.277	-	41.80	146.09	-178.36	-160.51	-	798.34

제1장
제2장
제3장
제4장
제5장
제6장
제7장
제8장
제9장
제10장

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

②내측BEAM

【표 5.19】 내측BEAM 활용력

구분	모멘트 (tonf-m)	단면계수 (cm ²)	콘크리트단면 휨 용력(kgf/cm ²)			P.S.C BEAM		P.S강선 (kgf/cm ²)
			상면	하면	하면	P.S강선 도설위치	P.S강선 도설위치	
주BEAM	200.141	313.246	-	63.89	-	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-	-
			-369.698	-	-	-54.15	-	406.45
			323.016	-	58.06	-	-	-
			-370.810	-	-	-46.25	-	-
활성전 교정하중	190.021	420.402	-	-	-	-40.79	-	306.17
			1,283.694	-	13.54	-	-	-
			-326.409	-	-	-32.89	-	-
			898.524	19.34	-	-	-	-
			-572.888	-	-	-30.34	-	227.73
활성후 교정하중	42.870	1,283.694	-	-	-	-	-	-
			-528.409	-	15.72	-	-	-
			808.524	22.45	-	-38.20	-	-
			-572.888	-	-	-35.23	-	264.44
			-	-	-	-160.51	-	798.34
계	685.447	-	31.34	144.25	-167.69	-150.53	-	723.43

3)단면검토 결과

①허용응력범에 의한 활용력 검토

【표 5.20】 외측BEAM

구분	유요부리 스트레스	활하중 (교정, 활하중)	계	유요부리 스트레스	활하중 (교정, 활하중)	계
주	상면	-57.509	63.890	6.381	-48.515	146.090
BEAM	하면	191.967	-61.020	130.947	161.943	-178.350
활용율		-28.00 < 계 < 108.00		-28.00 < 계 < 108.00		
SLAB						41.800 41.800
허용응력						0.00 < 계 < 108.00

【표 5.21】 내측BEAM

구분	유요부리 스트레스	활하중 (교정, 활하중)	계	유요부리 스트레스	활하중 (교정, 활하중)	계
주	상면	-57.509	63.890	6.381	-47.784	144.250
BEAM	하면	191.967	-61.020	130.947	159.505	-167.890
활용율		-12.55 < 계 < 154.00		-28.00 < 계 < 140.00		
SLAB						31.340 31.340
허용응력						0.00 < 계 < 108.00

구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

II-1. 동향교

② 강도설계법에 의한 휨응력 검토

㉓ 외측 BEAM

- 설계모멘트 강도 : ϕM_n

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi (A_p f_{ps} d_p (1 - 0.59 \rho_p f_{ps} / f_{ck})) \\ &= 0.85 \times (47.380 \times 17,670 \times 21,400 \times (1 - 0.59 \times 0.00108 \times 17,670 / 270)) \\ &= 145,916,891 \text{ kgf-cm} = 1,459,369 \text{ tcf-m} \end{aligned}$$

- 극한하중 작용시 휨모멘트 : M_u

$$\begin{aligned} M_u &= 1.3 \times (\text{주빔} \cdot \text{합성전 고정하중} + \text{합성후 고정하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중}) \\ &= 1.3 \times (200.141 + 171.490 + 173.808) \times 2.15 \times 201.838 \\ &= 1,143,022 \text{ tcf-m} \end{aligned}$$

$$\therefore F_s = \phi M_n / M_u = 1,459,369 / 1,143,022 = 1.28 > 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

㉔ 내측 BEAM

- 설계모멘트 강도 : ϕM_n

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi (A_p f_{ps} d_p (1 - 0.59 \rho_p f_{ps} / f_{ck})) \\ &= 0.85 \times (47.380 \times 17,670 \times 21,400 \times (1 - 0.59 \times 0.00101 \times 17,670 / 270)) \\ &= 145,369,888 \text{ kgf-cm} = 1,463,699 \text{ tcf-m} \end{aligned}$$

- 극한하중 작용시 휨모멘트 : M_u

$$\begin{aligned} M_u &= 1.3 \times (\text{주빔} \cdot \text{합성전 고정하중} + \text{합성후 고정하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중}) \\ &= 1.3 \times (200.141 + 190.021 + 42.870) \times 2.15 \times 252.415 \\ &= 1,105,634 \text{ tcf-m} \end{aligned}$$

$$\therefore F_s = \phi M_n / M_u = 1,459,699 / 1,105,634 = 1.32 > 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

㉕ 결과분석

상부구조에 대하여 구조검토를 수행한 결과, 작용 고정하중 및 설계활하중에 의한 주철 상 하연의 용력은 허용응력 이내로 계산되어 구조적 안전성이 확보된 것으로 평가되었으며, 극한모멘트(M_u)와 단면의 설계강도(ϕM_n)를 비교한 결과 파괴 안전율($\phi M_n / M_u$)이 최소 1.28로 계산되어 구조적으로 안전한 것으로 계산되었다.

II-1-111

2019년 국토45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

5.2.3 내하력평가

가. 응력검토

	구분	프리스트레스	임차중	슬래브하중	추가사하중	활하중
외측	슬래브 상면	-	-	-	19.340	22.490
	거더 상면	-48.515	63.890	52.940	13.540	15.720
	거더 하면	161.943	-61.020	-46.250	-32.890	-38.200
내측	PC 강선	8,208.354	406.450	306.170	227.730	264.440
	슬래브 상면	-	-	-	4.550	26.790
	거더 상면	-47.784	63.890	58.660	3.150	18.550
내측	거더 하면	139.505	-61.020	-51.240	-8.050	-47.380
	PC 강선	8,085.329	406.450	339.270	55.770	328.390

II-1-112

II-1. 동향교

나. 응답비 산정

【표 5.22】 응답비 산정 결과

	구분	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5
LC1	이론치점	1.782	0.773	0.182	-0.073	-0.161
	실측치점	0.829	0.501	0.215	0.059	0.044
	응답비	0.470	0.648	1.227	-0.808	-0.273
LC2	이론치점	0.973	0.863	0.416	0.083	-0.136
	실측치점	0.492	0.482	0.311	0.176	0.070
	응답비	0.506	0.559	0.748	2.120	-0.515
LC3	이론치점	0.388	0.658	0.737	0.363	-0.019
	실측치점	0.365	0.403	0.492	0.394	0.182
	응답비	1.362	0.612	0.627	1.085	-9.579
LC4	이론치점	-0.020	0.630	0.736	0.656	0.264
	실측치점	0.072	0.221	0.434	0.370	0.233
	응답비	-3.600	0.351	0.590	0.564	0.883
LC5	이론치점	-0.135	0.082	0.414	0.861	0.966
	실측치점	0.206	0.251	0.410	0.409	0.311
	응답비	-1.526	3.061	0.990	0.475	0.322
LC6	이론치점	-0.159	-0.073	0.190	0.768	1.757
	실측치점	0.090	0.052	0.198	0.458	0.710
	응답비	-0.596	-0.712	1.238	0.596	0.404
LC7	이론치점	1.302	0.506	0.067	-0.057	-0.073
	실측치점	0.903	0.499	0.236	0.076	0.038
	응답비	0.694	0.986	3.373	-1.333	-0.521
LC8	이론치점	0.645	0.637	0.275	0.041	-0.085
	실측치점	0.677	0.549	0.538	0.249	0.286
	응답비	1.050	0.862	1.566	6.073	-3.305
LC9	이론치점	0.122	0.479	0.564	0.240	-0.005
	실측치점	0.347	0.398	0.421	0.353	0.173
	응답비	2.844	0.831	0.746	1.006	-34.600
LC10	이론치점	-0.050	0.240	0.564	0.479	0.122
	실측치점	0.085	0.097	0.246	0.426	0.459
	응답비	-1.700	0.404	0.436	0.889	3.762
LC11	이론치점	-0.085	0.041	0.275	0.637	0.645
	실측치점	0.012	0.125	0.238	0.435	0.482
	응답비	-0.141	3.049	0.865	0.683	0.747
LC12	이론치점	-0.073	-0.057	0.067	0.506	1.302
	실측치점	0.021	0.029	0.151	0.386	0.632
	응답비	-0.288	-0.509	2.254	0.763	0.501

1) 최대실측 응력계수 = 0.201, 계산 응력계수 = 0.214

2) 외측거더 보정계수 = 1.442, 내측거더 보정계수 = 1.161

II-1-113

2019년 국토45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

다. 허용응력설계법에 의한 내하력평가

1) 내하율 산정

구분	실측 허용응력	실측 고정하중에 의한 응력	설계활하중* (1+설계충격계수)	내하율	비고
외측	슬래브 상면	108.00	19.34	22.46	3.947
	거더 상면	140.00	81.86	15.72	3.699
	거더 하면	-28.00	21.78	-38.20	1.303
내측	PC 강선	12,800.00	9148.70	264.44	13.808
	슬래브 상면	108.00	4.55	26.79	3.862
	거더 상면	140.00	77.92	18.55	3.347
내측	거더 하면	-28.00	39.20	-47.38	1.418
	PC 강선	12,800.00	8,886.82	328.39	11.916

2) 내하력 평가

① 기본내하력

구분	내하율	설계하중	기본내하력	비고
외측거더	1.303	24	31.27	
내측거더	1.418	24	34.03	

② 공동내하력

구분	보정계수	기본내하력	공동내하력	비고
외측거더	1.442	31.270	45.09	
내측거더	1.161	34.030	39.51	

라. 강도설계법에 의한 내하력평가

1) 내하율 산정

구분	극한지점모멘트	실측 고정하중모멘트	설계활하중* (1+설계충격계수)	내하율	비고
외측거더	1,459,369	545,439	201,838	1.729	
내측거더	1,463,699	433,032	252,415	1.660	

II-1-114

구조안전성능 자료 _ 동향교(2019년 2종 성능평가 보고서)

II-1. 동향교

2) 내하력 평가

① 기본내하력

구분	내하력	설계하중	기본내하력	비고
외측거더	1.729	24	41.50	
내측거더	1.660	24	39.84	

② 공용내하력

구분	보정계수	기본내하력	공용내하력	비고
외측거더	1.442	41.500	59.84	
내측거더	1.161	39.840	46.25	

동향교에 대한 내하력 평가를 실시한 결과, 공용내하력이 설계내하력인 DB-24이상인 것으로 판정되었다.

5.2.4 세굴에 대한 안전성평가

본 교량은 하천(해상)을 횡단하는 교량은 아니므로 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 제외하였다.

5.2.5 구조안전성능 평가

구조안전성능 평가는 내하력평가와 기초안전성 평가 중 최저등급으로 평가되며, 다음과 같은 결과가 산정되었다.

【표 5.23】 구조안전성능 평가 결과

평가항목	평가	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가)
내하력평가	a	a (0.130)
기초안전성 평가	-	

제1종
제2종
제3종
제4종
제5종
제6종
제7종
제8종
제9종
제10종

2019년 국토45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

5.3 시설물의 안전성능 평가

안전성능 평가는 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가 중 최저등급으로 산정되며, 대상 시설물의 안전성능 평가는 B등급(일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준)으로 평가되었다.

【표 5.24】 시설물의 안전성능 평가 결과

평가항목	평가	안전성능 평가 = Min(상태안전성능, 구조안전성능)
상태안전성능 평가	b (0.222)	b (0.222)
구조안전성능 평가	a (0.130)	