

구조안전성능 자료 _ 군위JCT R-A4교

자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

9.8 구조해석 및 내하력 평가

9.8.1 개요

가. 교량제원

- 1) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- 2) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- 3) 교량연장 : L = 50.000 m
- 4) 교량폭원 : B = 15.600 m
- 5) 주형제원 : B = 2.4000 m , H = 2.500 m
- 6) 사 각 : 96.0°

나. 하중

1) 고정하중

- ① 철근 콘크리트 : $w_{01} = 25.000 \text{ kN/m}^2$
- ② 무근 콘크리트 : $w_{02} = 23.500 \text{ kN/m}^2$
- ③ 강 재 : $w_0 = 78.500 \text{ kN/m}^2$
- ④ ASPHALT 포장 : $w_0 = 23.000 \text{ kN/m}^2$

2) 활하중

- ① D B - 2.4 : Pr = 96.000 kN
Pr = 24.000 kN
- ② D L - 2.4 : Wl = 12.700 kN/m
Pm = 108.000 kN
Ps = 156.000 kN
- ③ 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$

다. 사용재료

1) 콘크리트

설계기준강도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
탄성계수 : $E_c = 25000 \text{ MPa}$

3) 허용 휨압축응력 (MPa)

- ① 압축플랜지 콘크리트상판 등에 직접 고정되어 있는 경우 및 상자형 단면, π 형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종	SS 400 SM 400 SMA 400	SM 490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570	HSB 500
판두께 (mm)					
40 이하	140	190	210	260	220[260]
40 초과 75 이하	130	175	200(210)	250(260)	
75 초과 100 이하			195(210)	245(260)	
100 이하					

② ①이외의 경우

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA570
판두께 (mm)				
Aw/Ac ≤2	40 이하 140 : ℓ/b ≤4.5 140-2.4(ℓ/b-4.5): 4.5< ℓ/r ≤30	190 : ℓ/b ≤4.0 190-3.8(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤30	210 : ℓ/b ≤3.5 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5< ℓ/b ≤27	260 : ℓ/b ≤5.0 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
	40 초과 70 이하 130 : ℓ/b ≤5.0	175 : ℓ/b ≤4.0	200 : ℓ/b ≤4.0 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤27	250 : ℓ/b ≤5.0 250-6.2(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
	75 초과 100 이하 130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤30	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤30	195 : ℓ/b ≤4.0 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤27	245 : ℓ/b ≤5.0 245-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
	40 이하 140 : ℓ/b ≤9/k 140-1.2(kℓ/b-9): 9/k< ℓ/b ≤30	190 : ℓ/b ≤8/k 190-1.9(kℓ/b-8): 8/k< ℓ/b ≤30	210 : ℓ/b ≤7/k 210-2.2(kℓ/b-7): 7/k< ℓ/b ≤27	260 : ℓ/b ≤10/k 260-3.3(kℓ/b-10): 10/k< ℓ/b ≤25
Aw/Ac >2	40 초과 75 이하 130 : ℓ/b ≤10/k	175 : ℓ/b ≤8/k	200 : ℓ/b ≤8/k 200-2.1(kℓ/b-8): 8/k< ℓ/b ≤27	250 : ℓ/b ≤10/k 250-3.1(ℓ/b-10): 10/k< ℓ/b ≤25
	75 초과 100 이하 130-11(kℓ/b-10): 10/k< ℓ/b ≤30	175-1.75(kℓ/b-8): 8/k< ℓ/b ≤30	195 : ℓ/b ≤8/k 195-2.0(kℓ/b-8): 8/k< ℓ/b ≤27	245 : ℓ/b ≤10/k 245-3.0(kℓ/b-10): 10/k< ℓ/b ≤25
비 고	Aw : 복부판의 총 단면적 (mm ²) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (mm ²) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : √ [3 + Aw/(2 · Ac)]			

2) 철근(SD40)

철근항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa}$
탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$

3) 강재

주부재 : SM490B 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 스플레이트)
부부재 : SM 400B 사용 (지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보)
탄성계수 : $E_s = 210000 \text{ MPa}$

라. 허용응력

1) 허용인장응력 (MPa)

강종	SS 400 SM 400 SMA 400	SM 490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570	HSB 500
판두께 (mm)					
40 이하	140	190	210	260	220[260]
40 초과 75 이하	130	175(190)	200(210)	250(260)	
75 초과 100 이하			195(210)	245(260)	

2) 극부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

강종	SS 400 SM 400 SMA 400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570	HSB 500
판두께 (mm)					
40 이하	$140 : \ell/r \leq 20$ $140-0.84(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \leq 93$ 1200000 $6700H(\ell/r)^{1/4} : 93 < \ell/r$	$190-1.3(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \leq 80$ 1200000 $5000H(\ell/r)^{1/4} : 80 < \ell/r$	$210-1.5(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 76$ 1200000 $4500H(\ell/r)^{1/4} : 76 < \ell/r$	$260-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 67$ 1200000 $3500H(\ell/r)^{1/4} : 67 < \ell/r$	$220 : \ell/r \leq 15$ $220-1.6(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \leq 74$ 1200000 $4200H(\ell/r)^{1/4} : 74 < \ell/r$
40 초과 75 이하	$130 : \ell/r \leq 20$	$175 : \ell/r \leq 15$	$200 : \ell/r \leq 14$ $200-1.4(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 78$ 1200000 $4700H(\ell/r)^{1/4} : 78 < \ell/r$	$250 : \ell/r \leq 18$ $250-2.1(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 69$ 1200000 $3600H(\ell/r)^{1/4} : 69 < \ell/r$	
75 초과 100 이하	$130-0.75(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \leq 97$ 1200000 $7300H(\ell/r)^{1/4} : 97 < \ell/r$	$175-1.1(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \leq 83$ 1200000 $5300H(\ell/r)^{1/4} : 83 < \ell/r$	$195 : \ell/r \leq 14$ $195-1.3(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 79$ 1200000 $4900H(\ell/r)^{1/4} : 79 < \ell/r$	$245 : \ell/r \leq 18$ $245-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 69$ 1200000 $3700H(\ell/r)^{1/4} : 69 < \ell/r$	
비 고	ℓ : 부재의 유효좌굴길이 (mm) r : 부재 축단면의 단면회전반경 (mm)				

4) 허용전단응력 (MPa)

강종	SS 400 SM 400 SMA 400	SM 490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570	HSB 500
판두께 (mm)					
40 이하	80	110	120	150	130[150]
40 초과 75 이하	75	100(110)	115(120)	145(145)	
75 초과 100 이하			110(120)	140(145)	

5) 항복응력 (MPa)

강종	SS 400 SM 400 SMA 400	SM 490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570	HSB 500
판두께 (mm)					
40 이하	240	320	360	460	390[460]
40 초과 75 이하	220	300(320)	340(360)	440(460)	
75 초과 100 이하			330(360)	430(460)	

다. 설계방법

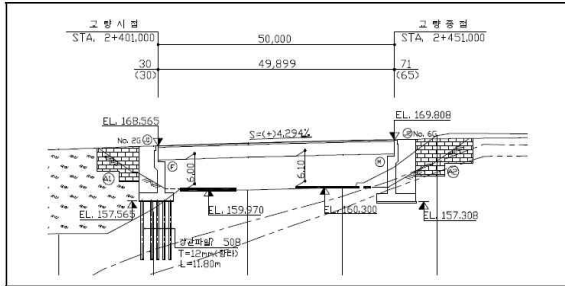
- 1) 바 닥 판 : 경험적 설계법
- 2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

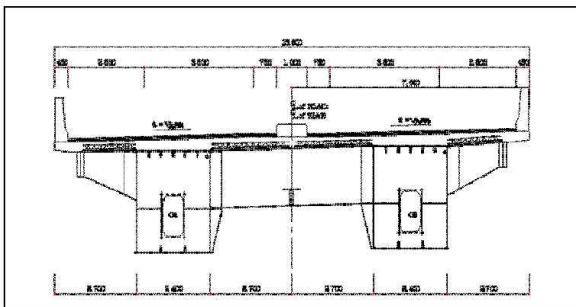
9.8.2 구조해석

가. 검토단면

1) 종단면도

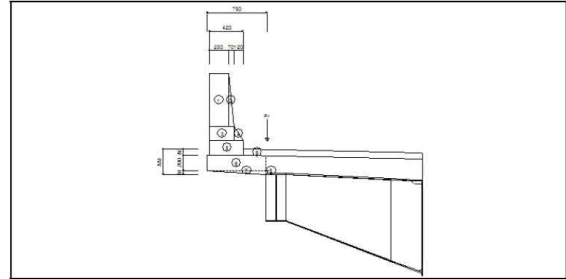


2) 횡단면도



나. 바닥판 검토

1) 캔틸레버부(좌측)



H1 = 0.200m L1 = 0.030m 무근콘크리트 단위중량 : 23,500 kN/m³
 H2 = 0.205m L2 = 0.230m 콘크리트 단위중량 : 25,000 kN/m³
 H3 = 0.175m L3 = 0.070m 아스팔트포장 단위중량 : 23,000 kN/m³
 H4 = 0.700m L4 = 0.120m 설계속도 : 60.0 km/h
 H5 = 0.240m L5 = 0.349m 트럭의 1호분하중 (Pr) : 96,000 kN
 H6 = 0.080m L6 = 0.736m 곡선반경 (R) : 180 m
 L7 = 0.063m
 L8 = 0.063m
 L9 = 0.750m

① 고정하중

NO.	산 식	거리 (m)	모멘트 (kN·m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 23.5$	3.784	0.654
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 23.5$	0.576	0.516
3	$0.3 \times 0.175 \times 23.5$	1.234	0.619
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 23.5$	0.247	0.429
5	$0.42 \times 0.205 \times 23.5$	2.023	0.559
6	$0.799 \times 0.2 \times 25$	3.995	0.400
7	$\frac{1}{2} \times 0.736 \times 0.04 \times 25$	0.368	0.308
8	$0.063 \times 0.04 \times 25$	0.063	0.032
9	$0.349 \times 0.08 \times 23$	0.842	0.175
계		12.931	6.595

∴ Md = 6.595 kN·m

② 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 원하중 분포

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \cdot 0.049 + 1.14 = 1.179$$

여기서, $X = 0.049m$

- 충격계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.049) = 0.375 > 0.3$$

$$\therefore i = 0.3$$

$$M(1+i) = Pr / E \cdot X \cdot (1 + i)$$

$$= (96 / 1.179) \times 0.049 \times (1 + 0.3) = 5.187 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 차량 충돌 하중

㉠ 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교통을 따라 1m마다 작용시

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

$$= (60 / 60)^2 \times 7500 + 2500 = 10000 \text{ N/m} = 10.0 \text{ kN/m}$$

작용높이 $h = 1.08 \text{ m}$

$$M_{co} = 10.0 \times 1.08 = 10.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

㉡ 방호벽 상단에 횡방향으로 $H = 10 \text{ kN/m}$ 의 수평하중 재하시

작용높이 $h = 1.08 \text{ m}$

$$M_{co} = 10.0 \times 1.08 = 10.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

㉢ 곡선반경 $R \leq 200m$ 이므로 ㉠과 ㉡에 의해 계산된 값중에서 큰 값의 2배를 적용

$$M_{co} = 21.6 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

④ 원심하중

㉠ 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

$$CF = 0.79 \times (V^2 / R) (\%) = 0.79 \times (60 \times 60 / 180) (\%) = 17.775 (\%)$$

$$P_{cf} = Pr / E = 17.775 / 100 = 14.471 \text{ kN/m}$$

$$M_{cf} = 14.471 \times 1.8 = 26.048 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

⑤ 풍하중

$$P_w = 0 \text{ kN/m}^2 \times 1.0 \text{ m} = 0.0 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 0.0 \text{ kN/m} \times 0.58 \text{ m} = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

⑥ 하중조합(MAX)

$$M_u = 1.3 M_d + 1.3 M_{i+j} + 1.3 M_{ef} + 1.3 M_{co}$$

$$= 1.3 \times 6.595 + 1.3 \times 5.187 + 1.3 \times 26.048 + 1.3 \times 21.6$$

$$= 77.26 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

⑦ 바닥판의 최소두께 ($X \leq 0.25$ 인 경우)

$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) \{ (280 \times 0.049) + 180 \} = 193.7 \text{ mm} > 220 \rightarrow 240 \text{ mm 사용}$$

⑧ 단면 검토

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa}, f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 77.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm}, h = 240 \text{ mm}$$

$$d' = 60 \text{ mm}, d = 180 \text{ mm}$$

$$\phi_f = 0.85$$

$$\therefore \phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 109.857 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 77.26 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{OK}$$

자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

2) 브라켓 중앙부(좌측)

① 고정하중

-철근콘크리트 : $0.240 \text{ m} \times 25,000 \text{ kN/m}^2 = 6,000 \text{ kN/m}^2$

-아스팔트포장 : $0.060 \text{ m} \times 23,000 \text{ kN/m}^2 = 1,840 \text{ kN/m}^2$

$Wd = 7840 \text{ kN/m}^2$

계산지간 $L = 1.713 \text{ m}$ 바닥판 지점의 수 $n = 7$

$Md = (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 7.84 \times 1.713^2 = 2.301 \text{ kN} \cdot \text{m}$

② 활하중(DB-24 : $Pr = 96 \text{ kN}$)

-충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 1.713) = 0.36 > 0.3$

$\therefore i = 0.3$

$M(I+i) = (L+0.6) / 9.6 \cdot Pr \cdot (1+i)$

$= ((1.713 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) = 30.069 \text{ kN} \cdot \text{m}$

-연속바닥판이므로

$M(I+i) = 0.8 \times 30.069 = 24.055 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

③ 원심하중

$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} \% = 0.79 \frac{60^2}{160} \% = 17.775\%$

$(P/E) L / 4 = (L + 0.6) P / 9.6$

$\therefore E = 2.4L / (L + 0.6) = 1.777$

$Pcf = Pr / E \times 17.775 / 100 = 9.600 \text{ kN/m}$

$Mcf = 9.600 \times 1.8 = 17.280 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

④ 하중조합(MAX)

$Mu1 = 1.3 M_d + 2.15 M_{i+1} + 1.3 M_{cf}$

$= 1.3 \times 2.301 + 2.15 \times 24.055 + 1.3 \times 17.28$

$= 77.174 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑤ 바닥판의 최소두께 ($X \leq 0.25$ 인 경우)

$h_{min} = (30 \cdot L + 130) \{ (30 \times 1.713) + 130 \} = 181 \text{ mm} > 220 \text{ mm} \rightarrow 240 \text{ mm}$ 사용

⑥ 단면 검토

$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$

$M_u = 77.174 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$b = 1000 \text{ mm}$, $h = 240 \text{ mm}$

$d' = 45.3 \text{ mm}$, $d = 194.7 \text{ mm}$

$\phi f = 0.85$

$\therefore \phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 97.409 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 77.174 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{OK}$

다. Steel Box Girder 검토

1) 작용하중 산정

① 합성전 고정하중(슬래브하중)

② 합성후 고정하중(방호벽, 중분대, 아스콘)

③ 활하중 : DB-24(윤하중), DL-24(차선하중)

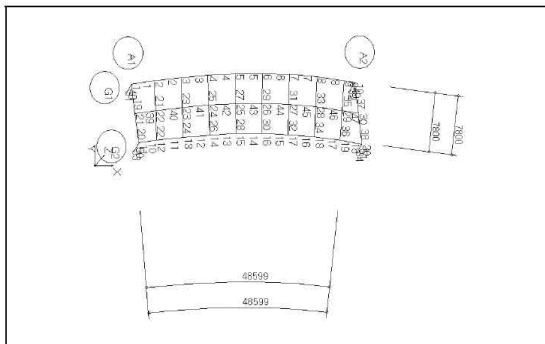
④ 충격계수 : $= \frac{15}{40 + 0.3} = \frac{15}{40 + 35.599} = 0.169$

(지간별 계산된 충격계수 중 가장 큰 값 적용함 : 제1지간)

⑤ 주형별 작용하중

강재하중 : 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재하중을 55.313% 활중 적용

2) 모델링



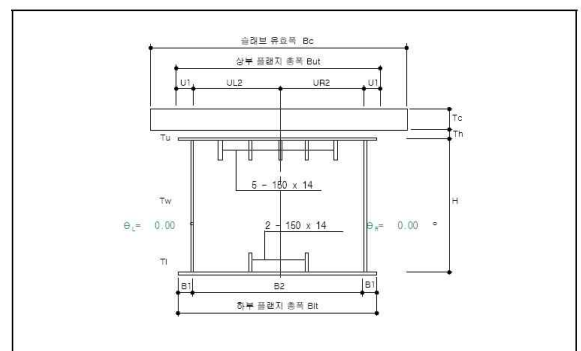
3) 부재력 요약

① 단면-4

부재력	거더 번호	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중+정하중/2	지점침하	합 계	위 치
		Steel	Concrete					
모멘트 (kN·m)	G1	6081.985	15237.231	7143.843	8965.191	0.008	37428.258	결점4에서 2.36 M
	G2	5649.136	14243.976	6498.949	8041.866	0.203	34434.129	결점14에서 2.29 M
전단력 (kN)	G1	-132.632	-346.520	-145.400	-505.770	-0.006	-1130.328	결점4에서 2.36 M
	G2	-114.570	-302.795	-136.185	-494.468	-0.013	-1048.031	결점14에서 2.29 M
비틀림 (kN·m)	G1	299.819	729.356	120.026	698.041	0.725	1845.968	결점4에서 2.36 M
	G2	277.391	726.980	232.272	826.938	0.662	2064.264	결점14에서 2.29 M

4) 응력검토

① 단면 (4)



자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

② 단면 제원 및 특성

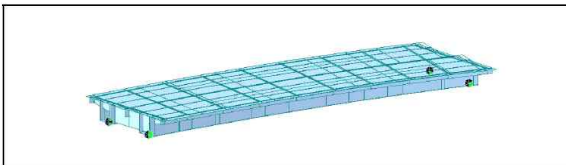
구 분	B(mm)	H(mm)	A(mm)	y(mm)	A*y(mm ³)	A*y ² (mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1-UPPER FLANGE	2600.0	18.0	46800	1259.0	58921200	74181790800	1263600
5-UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1175.0	12337500	14498562500	19687500
1-L-WEB	12.0	2500.0	30000	0.0	0	0	15625000000
1-R-WEB	12.0	2500.0	30000	0.0	0	0	15625000000
2-LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1175.0	-4935000	5798625000	7875000
1-LOWER FLANGE	2600.0	28.0	72800	-1264.0	-92019200	6312 × 10 ¹	4756266.667
광단면 합계			194300		-25695500	2.10789 × 10 ¹¹	31283582367
1-RC SLAB	7763.6	240.0	1863266.4	1370.0	2552674952	3497164684088	8943678664

* As=194300 mm², Ac=1863266 mm²,

구 분	합성전	구 분	합성후
I _s ' (mm ⁴)	242072829467	A _v (mm ²)	427208.3
		I _c /n(mm ⁴)	1117959833
δ s(mm)	-132.247	d _v (mm)	1502.2
		d _{vc} (mm)	683.2
I _s (mm ⁴)	-132.247 ²	d _{vs} (mm)	819.0
		Y _{vcu} (mm)	803.2
Y _{su} (mm)	1400.247	Y _{vcl} (mm)	563.2
		Y _{vsu} (mm)	581.2
Y _{sl} (mm)	-1145.753	Y _{vsl} (mm)	-1964.8
		I _v (mm ⁴)	478849117327
F(mm ²)	6085476.0	F _v (mm ²)	6121656.0

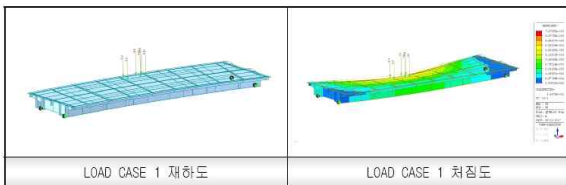
라. 시험차량에 의한 처짐해석

시험차량에 의한 구조해석은 이론적인 계산 처짐값과 현장 재하시험에서 측정된 실험 처짐값을 비교하여 응답비를 산출하기 위해 범용 프로그램인 MIDAS/Civil을 이용하여 모델링을 하였으며, 각각의 LOAD CASE별 처짐치와 실험치를 비교하였다.

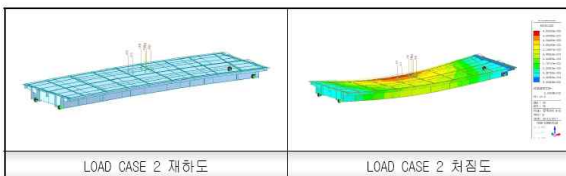


1) CASE별 하중 재하도 및 처짐도

① LOAD CASE 1



② LOAD CASE 2



5) 검토결과

① 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot T_w)$$

$$= 31.445 \text{ MPa} < u_a = 120 \text{ MPa} \text{ ----- } 0.K$$

② 조합응력의 검토

- 하중1 : 합성전
- 하중2 : 합성후
- 하중3 : 활하중
- 하중4 : 크리프
- 하중5 : 건조수축
- 하중6 : 온도차

하중 조합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)	허용 응력(MPa)	상연	하연	작용응력(MPa)	허용 응력(MPa)	상연	하연
1			10.800	10.800	125.075	-102.343	190.000	190.000
1+2+3	3.378	2.369	10.800	10.800	144.628	-168.439	190.000	190.000
1+2+3+4	2.723	2.079	10.800	10.800	156.895	-170.241	218.500	190.000
1+2+3+4+5	1.680	0.906	10.800	10.800	185.683	-174.480	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	1.238	0.213	12.420	12.420	204.289	-177.198	247.000	218.500
1+2+3+4+5+6	2.122	1.599	12.420	12.420	167.077	-171.765	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

③ 합성응력의 검토

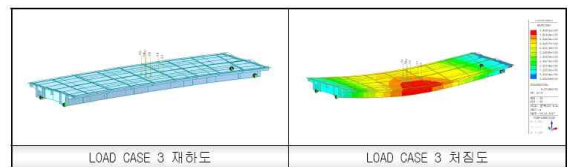
$$\left(\text{상 연} \right) \left[\frac{f}{f_c} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_c} \right]^2 = \left[\frac{185.683}{218.500} \right]^2 + \left[\frac{31.445}{120.000} \right]^2$$

$$= 0.722 + 0.069 = 0.791 < 1.2 \text{ ----- } 0.K$$

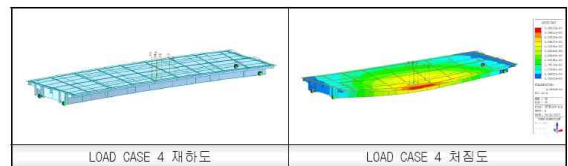
$$\left(\text{하 연} \right) \left[\frac{f}{f_c} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_c} \right]^2 = \left[\frac{-174.480}{190.000} \right]^2 + \left[\frac{31.445}{120.000} \right]^2$$

$$= 0.843 + 0.069 = 0.912 < 1.2 \text{ ----- } 0.K$$

③ LOAD CASE 3



④ LOAD CASE 4



2) Load Case별 응력보정계수 산정

재하시험 결과로부터 산출한 실험 및 이론적인 응력 값의 관계 및 실험 처짐과 재하 경우별 구조해석에 의한 이론적인 처짐의 관계를 비교하여 응답비를 산출하였다.

구 분 (mm)		ST2	ST5
S1	Load Case 1	실험치	33.5
		이론치	41.5
	Load Case 2	응답비	1.239
		실험치	22.8
	Load Case 3	응답비	1.382
		실험치	18.8
	Load Case 4	응답비	1.170
		실험치	11.4
		이론치	17.0
		응답비	1.491
		실험치	13.6
		이론치	17.5

자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

3) 응력보정계수

내하력 평가시 응력보정계수 적용은 재하시험 차량의 후륜축과 동일한 위치에 서의 이론적인 처짐 값과 실측된 처짐 값이 실제 거동과 유사한 지점에서의 응답비를 적용하였으며, 응답비 및 충격계수를 고려한 처짐 보정계수(Ks)를 적용하였다. 응력보정계수는 변형률의 실측치와 계산치로 구하는 것이 일반적이지만, 처짐에 비해 변형률의 측정값에 포함된 오차가 크며, 여러 가지 요인에 의하여 국부적인 응력의 변동이 크게 발생하는 경우가 있으므로 교량의 전반적인 거동을 나타내는 처짐으로 구할 수도 있다.

본 과업에 해당되는 교량의 경우 변형률 측정결과에 비해 처짐의 측정결과가 신뢰성이 높은 것으로 판단되어 처짐으로 응답보정계수(Ks)를 구하였으며, 하중 CASE에 따른 응답비중 최소값을 적용하였다.

$$\begin{aligned} \text{○ } K_s : \text{응력보정계수} &= \frac{\delta_{\text{계산}}(\epsilon_{\text{계산}})}{\delta_{\text{측}}(\epsilon_{\text{측}})} \times \frac{1+i(\text{계산})}{1+i(\text{측})} \\ &= 1.092 \times \frac{1+0.167}{1+0.124} = 1.134 \end{aligned}$$

3) 공용 내하력 산정

$$P = P_o \times K_s$$

$$\text{여기서, } K_s = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{측}}}$$

구 분	내하율	응력보정계수(K _s)	기본내하력 (=24 x RF)	공용내하력
ST.BOX Girder	상연	1.134	506.8	DB-240이상
	하연		130.5	

9.8.3 내하력 평가

가) 허용응력법에 의한 내하력 평가

1) 내하율 평가

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 DL(1+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$F = \frac{f_a - f_d}{f(1+i)}$$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 설계 사하중 응력(활하중 이외의 응력)

f_i = 설계 활하중 응력

i = 실측 충격계수

구 분		f_a	f_d	$f_i(1+i)$	RF
ST.BOX Girder	상연	247.00	8.15	11.311	21.117
	하연	-218.50	-25.57	-35.484	5.437

2) 기본 내하력 산정

$$P_o = R.F \times P_r$$

여기서, P_r : 설계하중

구 분		내하율	설계하중	기본내하력
ST.BOX Girder	상연	21.117	DB-24	설계하중 이상
	하연	5.437	DB-24	설계하중 이상

나, 강도설계법에 의한 내하력 평가

1) 내하율 평가

강도 설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.30 + 2.15L (1.0 + 1)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 적용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL 하중)을 사용하여 구조해석을 수행한 후 구한다.

강도 설계법에 의한 내하율은 다음과 같다.

$$P = P_r \times R.F \times K_s, \quad P_r \text{ : 제하중}$$

$$R.F = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l}$$

여기서, ϕ = 강도 감소계수 (= 0.85)

γ_d = 사하중 계수 (= 1.3)

γ_l = 활하중 계수 (= 2.15)

M_n = 공칭 모멘트

M_d = 사하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트(실측 충격계수 고려)

구 분		ϕM_n	M_d	$M_l(1+i)$	RF
캔틸레버부(좌측)		109.857	6.595	4.485	10.504
브라켓 중앙부(좌측)		97.409	2.301	25.998	1.689

2) 기본 내하력 산정

구 분		내하율	설계하중	기본내하력
캔틸레버부(좌측)		10.504	DB-24	설계하중 이상
브라켓 중앙부(좌측)		1.689	DB-24	설계하중 이상

자료 _ 군위JCT R-A4교(초기안전점검 보고서)

다. 내하력 평가결과

구 분		내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
ST.BOX Girder	상면	21.117	1.134	D8-24이상	D8-24이상
	하면	5.437			
바닥판	캔틸레버부(좌측)	10.504	-	D8-24이상	-
	브라켓 중앙부(좌측)	1.689			

내하력 평가 결과

군위JCT R-A4교에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 D8-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 D8-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

라. 안전성 평가

구조물의 안전성 평가는 주요 구조부재의 정밀측안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다.

1) 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	$SF > 1.0$	· 허용응력 설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{생응력}} = \frac{fa}{+I}$ · 강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{u}$
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)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 (A, B, C, D, E)로 표기함.

2) 안전성평가 결과

① 주형

구 분		fa(허용응력) (MPa)	fs(발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
ST.BOX Girder	상면	247.00	145.58	1.697	A
	하면	-218.50	-149.68	1.460	A

평 가 결 과

· 군위JCT R-A4교에 대한 안전성평가 결과 주형의 안전율(SF)이 1.0이상이므로 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.

② 바닥판

구 분		$\phi Mn(\text{설계강도})$ (kN·m)	$Mu(\text{소요강도})$ (kN·m)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
캔틸레버부(좌측)		109.86	77.26	1.422	A
브라켓 중앙부(좌측)		97.41	77.17	1.262	A

평 가 결 과

· 군위JCT R-A4교에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.0이상이므로 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.