

목 차

1. 설계기준

2. 단면가정

3. 바닥판 설계

- 3.1 좌측 캔틸레버부
- 3.2 우측 캔틸레버부
- 3.3 가로등 설치구간
- 3.4 중앙부바닥판(경험적설계)
- 3.5 내부지점부 주장을검토
- 3.6 진입부 바닥판
- 3.7 하부콘크리트 철근량 산정

4. 주거더의 설계

- 4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산
- 4.2 단면정수 산정
- 4.3 작용하중의 산정
- 4.4 모델링 및 하중조합
 - 1) 모 델 링
 - 2) 단면제정수
 - 3) 하중조합
- 4.5 주거더의 부재력 집계
- 4.6 반력 집계
- 4.7 뒤틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토
- 4.8 2차 부정정력에 대한 영향검토

5. 주거더 응력검토

- 5.1 정모멘트구간 응력검토
- 5.2 교번구간 응력검토
- 5.3 이중합성구간 응력검토
- 5.4 응력검토 요약

6. 이음부 설계

- 6.1 정모멘트구간 현장이음 설계
- 6.2 부모멘트구간 현장이음 설계
- 6.3 용접부 검토

7. 보강재 설계

- 7.1 플랜지 보강재 설계
- 7.2 복부판 보강재 설계
- 7.3 지점보강재 설계
- 7.4 잭업보강재 설계

8. 가로보 설계

- 8.1 가로보 설계
- 8.2 가로보 연결

9. 다이아프램 설계

- 9.1 중간다이아프램(K-다이아프램)
- 9.2 교대부 다이아프램
- 9.3 교각부 다이아프램
- 9.4 다이아프램 응력검토
- 9.5 수평브레이싱 설계

10. 전단연결재 설계

- 10.1 상부바닥판 전단연결재
- 10.2 하부슬래브 전단연결재

11. 사용성 검토

- 11.1 피로 검토
- 11.2 처짐 검토

12. 솟음(CAMBER)

13. 신축이음 검토

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- ① 교 량 명 : 옥산JCT RAMP-C교
- ② 교 량 등 급 : 1등급
- ③ 교 량 형 식 : 이중합성 강박스 거더교 (DCB Girder Bridge)
- ④ 지 간 : $82 + 93 + 82 = 257$
- ⑤ 교 폭 : 9.000 m
- ⑥ 거 더 제 원 : $B = 2.200 \text{ m}$, $H = 2.500 \sim 3.700 \text{ m}$
- ⑦ 사 각 (SKEW) : 0.0°
- ⑧ 곡 선 반 경 : $R = 300 \text{ m}$
- ⑨ 설 계 속 도 : 60 km/h

2) 하 중 조 건

- ① 고 정 하 중 (도.설.기 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m^3
- 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m^3
- 강 재 : 78.500 kN/m^3
- 교면 포장 : 23.500 kN/m^3

- ② 활 하 중 (도.설.기 2.1.3)

- 활하중은 교축방향으로 차도부분에 차선당 1대의 DB하중이나 차선분의 DL하중중 설계부재에 가장 불리한 경우를 재하한다.

- 차 륜 하 중 : DB - 24 $P_r = 96.000 \text{ kN}$
 $P_f = 24.000 \text{ kN}$
- 차 선 하 중 : DL - 24 $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$
 $P_m = 108.000 \text{ kN}$
 $P_s = 156.000 \text{ kN}$

3차선이상의 활하중이 동시에 재하하는 경우에는 다음의 백분율로 감소시킨다.

(3차선 일때의 90%, 4차선이상인 경우에는 75%)

- 총 격 계 수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$ (도.설.기 2.1.4)

- ③ 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 크리프와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

- ④ 지점침하에 의한 영향

- 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

⑤ 온도변화에 대한 영향

- 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

⑥ 풍하중(kN/m)

(☞ 도.설.기 표 2.1.9)

- 단면형상이 $1 \leq B/D < 8$ 일때 : $[4.0-0.2(B/D)] \times D \geq 6$

- 단면형상이 $8 \leq B/D$ 일때 : $2.4D \geq 6$

(☞ 도.설.기 표 2.1.11)

부재의 단면형상		풍하중(kN/m ²)
트러스	활하중 재하시	$1.25/\sqrt{\phi}$
	활하중 비재하시	$2.50/\sqrt{\phi}$
교량의 바닥판	활하중 재하시	1.500
	활하중 비재하시	3.000

⑦ 충돌하중

(☞ 도.설.해 P112)

- 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며,
이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

- 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며,
이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

- 수평 충돌력 H는 노면상 1.0 m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음식으로 구한다

$$H = \left(\frac{V}{60}\right)^2 \times 7.5 + 2.5 \text{ (kN/m)}$$

- 방호벽 상단에 횡방향으로 10 kN/m의 수평하중을 재하한다.

(다만, 곡률반지름 $R \leq 200\text{m}$ 인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

⑧ 원심하중

(☞ 도.설.기 2.1.17)

- 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%)$$

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.
- 원심하중은 교면상 또는 레일면상 1.8 m 높이에서 횡방향으로 작용하는 것으로 한다.

3) 사 용 재 료

① 상부 바닥판 콘크리트 (상부슬래브)

- 강 도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 27,804 \text{ MPa}$
- 탄성계수비 : $n = 7$

② 하부 바닥판 콘크리트 (지점부 하부슬래브)

- 강 도 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 30,891 \text{ MPa}$
- 탄성계수비 : $n = 7$

③ 철 근 (SD400)

- 항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

④ 강 재

- 주부재 : HSB500 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400 사용 (지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 : $E_{st} = 205,000 \text{ MPa}$
- 전단탄성계수 : $G = 79,000 \text{ MPa}$

⑤ 강재의 허용응력

- 허용 인장 응력 (MPa) (도.설.기 표 3.3.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
	축방향 인장응력 및 휨 인장응력							

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 압축/전단/지압 응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.4(a), 표 3.3.5)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께(mm)								
휨 압축응력 ^{a)}	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

a) 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π 형 단면과 같이
횡좌굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

- 항복 응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.2.3)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께(mm)								
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

- 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.2)

강종 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{l}{r} - 18.6 \right) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{l}{r} - 16.0 \right) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{l}{r} - 15.1 \right) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{l}{r} - 19.4 \right) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{l}{r} - 16.6 \right) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{l}{r} - 15.5 \right) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하	$195 : \frac{l}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35 \left(\frac{l}{r} - 15.8 \right) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{l}{r} - 13.9 \right) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$		
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

* TMC 강재일 경우에는 판두께에 상관없이 판두께 40mm이하에 해당하는 값을 적용한다.

강종 판두께	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \leq 14.6$ $230 - 1.72 \left(\frac{l}{r} - 14.6 \right) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{l}{r} - 18.0 \right) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa)

(도.설.기 표 3.3.4(a))

강 종 판두께 (mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

* TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa) (계속)

(도.설.기 표 3.3.4(a))

강 종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

- 강재 주거더의 허용응력 증가율

(도.설.기 표 3.9.4)

하중의 조합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중 + 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

- 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다)

(도.설.기 표 3.3.3)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

4) 설 계 방 법

- ① 바닥판 : 극한강도 설계법 + 경험적설계법
- ② 강합성거더 : 허용응력 설계법

5) 참 고 문 헌

- ① 도로교설계기준----- 국토해양부 (2010) [도.설]
- ② 도로교설계기준 해설----- 대한토목학회 (2008) [도.설.해]
- ③ 도로설계요령----- 한국도로공사 (2009) [도.설.요]
- ④ 도로설계편람----- 국토해양부 (2008) [도.설.편]
- ⑤ 콘크리트구조기준----- 국토해양부 (2012) [콘.기]
- ⑥ 강도로교상세부설계지침----- 국토해양부 (2006)
- ⑦ 강구조편람----- 한국강구조학회 (1995)
- ⑧ 개구제형 강거더 설계지침----- 한국도로공사 (2002)
- ⑨ 강교설계의 기초----- 도서출판 건설도서 (2005)
- ⑩ STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES----- AASHTO (1996)
- ⑪ DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES----- HEINS,C.P. (1979)
- ⑫ ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION----- AISC (1984)

2. 단면가정

