

광명고가교(광명방향)

구 조 검 토 서

1.	검토조건 및 검토단면
1.1	검토조건
1)	교량제원 ▶ 교 량 명 : 광명고가교(광명방향) ▶ 구조형식 : 강합성 상자형교 ▶ 교량등급 : 1 등교 ▶ 지간구성 : $L = 42.5 + 2@50.000 + 45.5 = 188.000$ ▶ 계산지간 : $L = 42.0 + 2@50.000 + 45.0 = 187.000$ ▶ 교량폭원 : 12.500 m (유 효 폭 : 11.650 m) ▶ 거더높이 : 1.900 m (거 더 폭 : 2.750 m , 배치간격 : 6.250 m) (Girder : 2 EA) ▶ 곡선반경 : 3,000.0 m ▶ 교량사각 : 90.0000 °
2)	설계하중
①	고정하중 ▶ 강재 자중 : $\gamma_{st} = 78.5 \text{ kN/m}^3$ ▶ 철근콘크리트 : $\gamma_{con} = 25.0 \text{ kN/m}^3$ ▶ LMC 포장 : $\gamma_{asp} = 23.0 \text{ kN/m}^3$ ▶ 콘크리트 : $\gamma_{con} = 23.5 \text{ kN/m}^3$
②	활하중 ▶ DB-24 , (DL-24) ▶ 충격계수 : $I = 15 / (40 + L) \leq 0.3$
3)	사용재료
①	Steel Box ▶ SM 490 B (주부재 - Box Girder) ▶ SM 400 B (부부재 - Cross Beam, Longitudinal Beam) ▶ 탄성계수 : $E_s = 2.05E+05 \text{ Mpa}$ ▶ 전단탄성계수 : $G_s = E_s / 2(1+\nu) = 81,000 \text{ Mpa}$
②	바닥판 : $f_{ck} = 27 \text{ Mpa}$ $E_c = 27,556 \text{ Mpa}$: $f_y = 400 \text{ Mpa}$ SD 40 $E_{s'} = 2.0E+05 \text{ Mpa}$
③	탄성계수비 : 주거더의 탄성변형, 부정정력 및 단면응력을 계산하는 경우에 강재와 바닥판 콘크리트의 탄성계수비 n 은 8 을 표준으로 한다.

2.

2.1

1)

①

하중산정

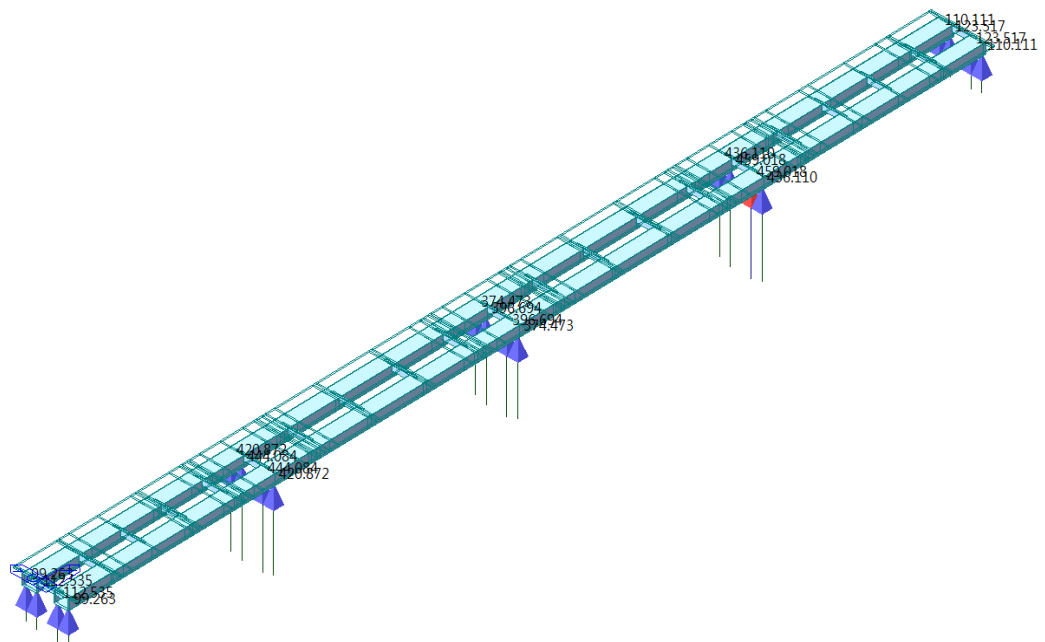
고정 하중

강재 자중 및 합성전 고정 하중

반력 산정

$$\begin{aligned}
 \text{▶ P10} &= 99.263 \text{ kN} + 112.535 \text{ kN} + 112.535 \text{ kN} + 99.263 \text{ kN} = 423.596 \text{ kN} \\
 \text{▶ P11} &= 420.872 \text{ kN} + 440.084 \text{ kN} + 440.084 \text{ kN} + 420.872 \text{ kN} = 1,721.912 \text{ kN} \\
 \text{▶ P12} &= 374.473 \text{ kN} + 396.694 \text{ kN} + 396.694 \text{ kN} + 374.473 \text{ kN} = 1,542.334 \text{ kN} \\
 \text{▶ P13} &= 436.110 \text{ kN} + 459.018 \text{ kN} + 459.018 \text{ kN} + 436.110 \text{ kN} = 1,790.256 \text{ kN} \\
 \text{▶ A2} &= 110.111 \text{ kN} + 123.517 \text{ kN} + 123.517 \text{ kN} + 110.111 \text{ kN} = 467.256 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma = 5,945.354 \text{ kN}$$



②

총 강재중량

$$\text{▶ Total} = 591.072 \text{ tonf} = 5,910.720 \text{ kN}$$

③

강재중량비

$$\text{▶ 총 강재중량} / \text{모델링 강재중량} = 5,910.720 / 5,945.354 = 0.9942$$

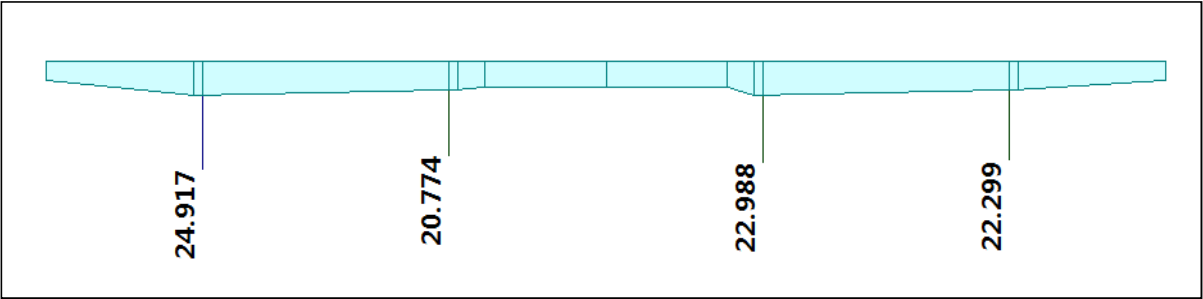
▶ 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 0.00 % 할증 적용.

2)

합성전 고정하중 (바닥판)

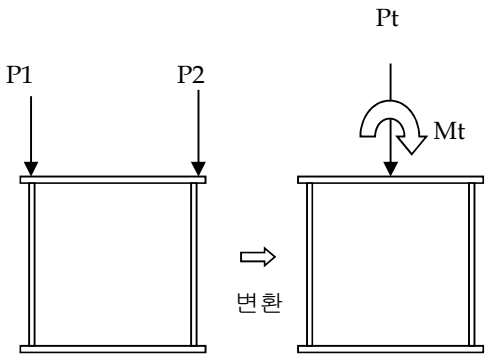
①

해석 반력



②

거더별 작용하중 산정



Web 중심간격
= 2.750 m

구분		Girder - 1		ST-1	Girder - 2	
		G-11	G-11		G-21	G-22
바닥판 자 중	P1 (kN/m)	-24.917	-20.774	0.000	-22.988	-22.299
	Pt (kN/m)	-45.691		0.000	-45.287	
	Mt (kN·m/m)	-5.697		-	-0.947	
	편심거리 (m)	0.125		-	0.021	

3)

①

합성후 고정하중

적용하중

▶ 방음벽 (H= 0.950 m)

$$\begin{aligned} \text{(우측)} &= (0.180 \times 0.950 + 0.190 \times 0.300 + 0.130 \times 0.300 / 2) \\ &\times 25.00 \times 1 \text{ EA} + 0.000 = 6.188 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

* 횡분배 해석적용하중

$$\begin{aligned} \text{－ 하중크기 : } (1) &= 0.950 \times 25.00 = 23.750 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.030 } \sim 0.210 \text{)} \\ (2) &= 0.300 \times 25.00 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.210 } \sim 0.400 \text{)} \\ (3) &= 0.300 \times 25.00 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.400)} \\ (4) &= 0.000 \times 25.00 = 0.000 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.500)} \end{aligned}$$

▶ 중분대 = (H= 0.950 m)

$$\begin{aligned} \text{(좌측)} & (0.170 \times 0.200 + 0.170 \times 0.250 / 2 + 0.055 \times 0.450 + 0.055 \times 0.500 / 2 \\ & + 0.095 \times 0.950) \times 25.00 \times 1 \times 1 \text{ EA} + 0.000 = 4.600 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

* 횡분배 해석적용하중

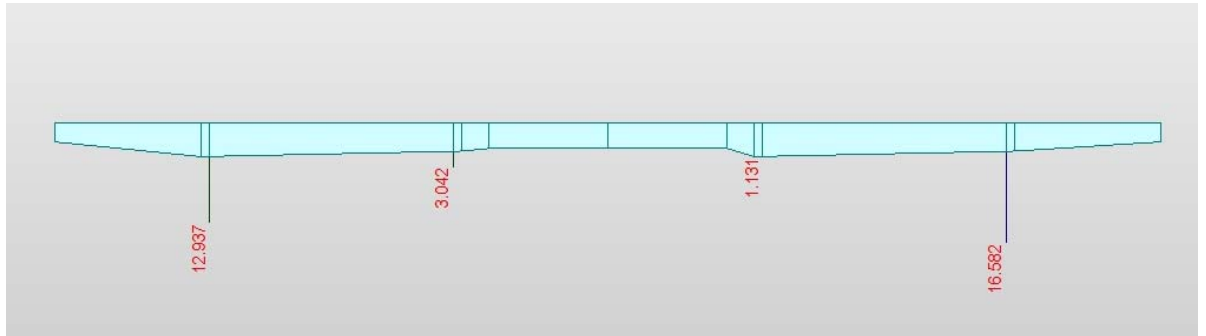
$$\begin{aligned} \text{－ 하중크기 : } (1) &= 0.200 \times 25.00 = 5.000 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.000)} \\ (2) &= 0.450 \times 25.00 = 11.250 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.170)} \\ (3) &= 0.950 \times 25.00 = 23.750 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.225)} \\ (4) &= 0.950 \times 25.00 = 23.750 \text{ kN/m}^2 \text{ (위치 : 0.225 } \sim 0.320 \text{)} \end{aligned}$$

$$\text{▶ 포장} = 0.080 \times 23.00 = 1.840 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{▶ 방음벽} = 1.000 \text{ kN/m} \text{ (높이 : 3.500 m)}$$

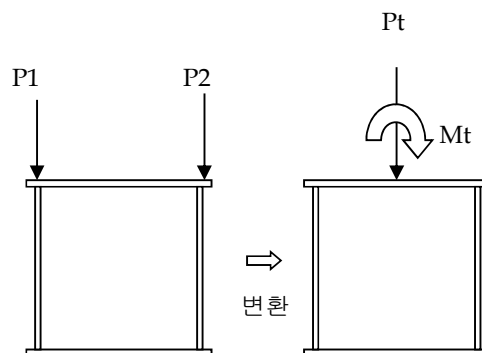
②

해석 반력



③

거더별 작용하중 산정



Web 중심간격
= 2.750 m

구분		Girder - 1		ST-1	Girder - 2	
		G-11	G-11		G-21	G-22
2nd	P1 (kN/m)	-12.937	-3.042	0.000	-1.131	-16.582
하중	Pt (kN/m)	-15.979		0.000	-17.713	
	Mt (kN·m/m)	-13.606		-	21.245	
	편심거리 (m)	0.851		-	-1.199	

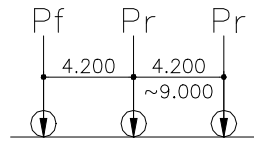
2.2

활하중

1)

설계활하중

▶ DB-24



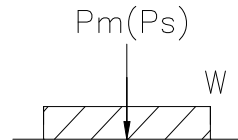
$$- Pf = 24.0 \text{ kN}$$

$$- \text{차선 점유폭} = 3.00 \text{ m}$$

$$- Pr = 96.0 \text{ kN}$$

$$- \text{차륜간 거리} = 1.80 \text{ m}$$

▶ DL-24



$$- W = 12.7 \text{ kN/m}$$

$$- \text{차선 점유폭} = 3.00 \text{ m}$$

$$- Pm = 108.0 \text{ kN}$$

$$- Ps = 156.0 \text{ kN}$$

2)

차선수 및 차로폭 결정

$$\text{▶ 연석간 교폭 : } Wc = 11.650 \text{ m}$$

$$\therefore N = 3 \text{ 차선 재하가능}$$

$$\text{▶ 설계차로폭 : } W = Wc / N = 3.883 \text{ m} > 3.60 \text{ m} \therefore W = 3.000 \text{ m 적용}$$

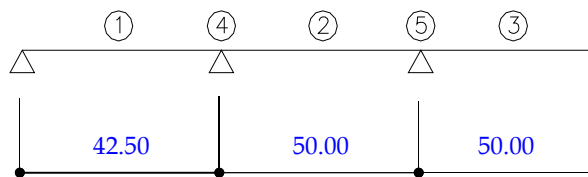
3)

충격계수

$$\text{▶ } I = 15 / (40 + L) \leq 0.3$$

여기서, L은 원칙적으로 설계부재에 최대응력이 발생하도록 재하된 등분포활하중이 재하된 지간부분의 길이(m)이다

▶ 각 위치별 충격계수



$$- \text{제1지간} : L = 42.500 \text{ m}$$

$$I = 15 / (40 + L) = 0.182$$

$$- \text{제2지간} : L = 50.00 \text{ m}$$

$$I = 15 / (40 + L) = 0.167$$

$$- \text{제3지간} : L = 50.00 \text{ m}$$

$$I = 15 / (40 + L) = 0.167$$

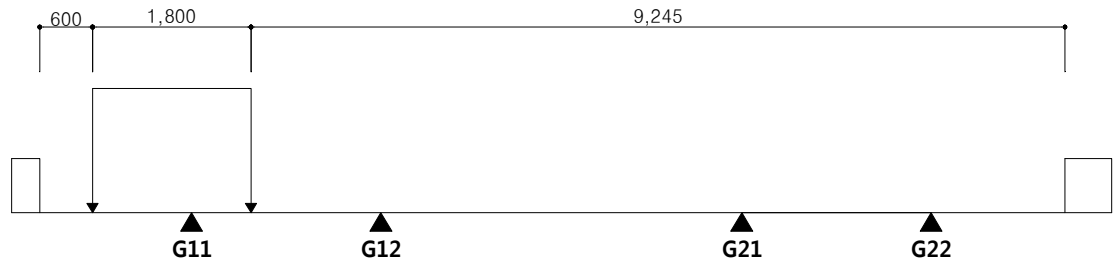
$$- \text{제4지간} : L = 45.50 \text{ m}$$

$$I = 15 / (40 + L) = 0.175$$

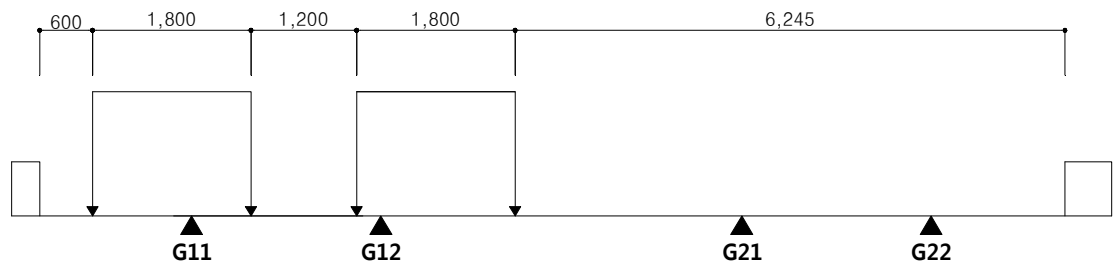
4)

활하중 재하위치

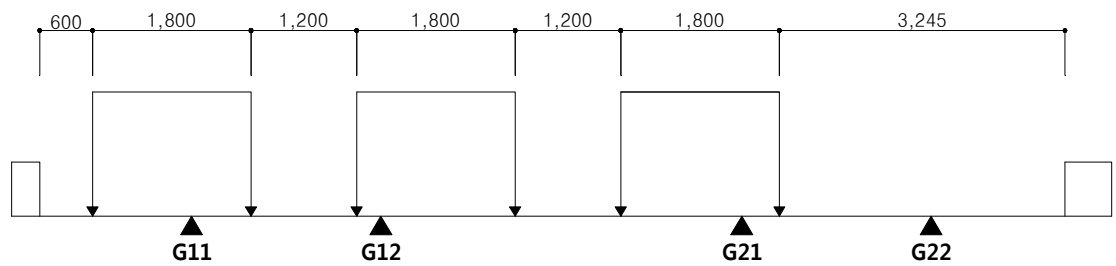
- G1 max 1차선 재하시



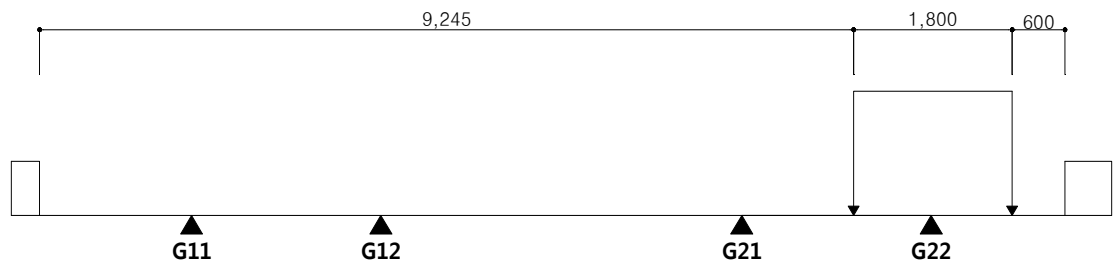
- G1 max 2차선 재하시



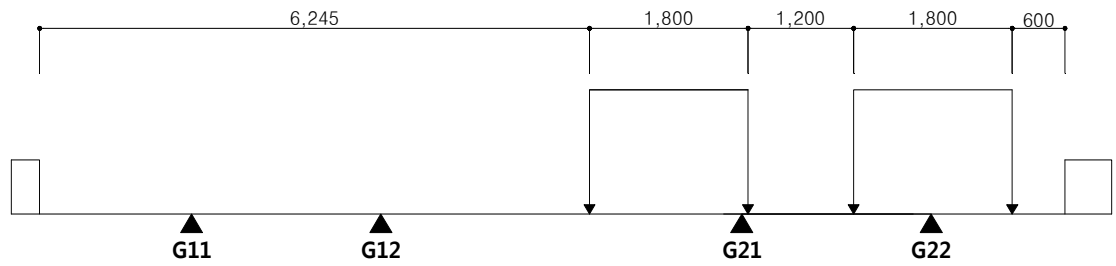
- G1 max 3차선 재하시



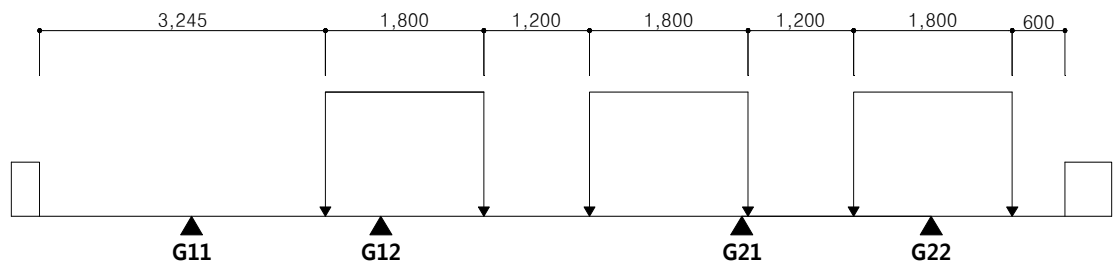
- G2 max 1차선 재하시



- G2 max 2차선 재하시



- G2 max 3차선 재하시



2.3

온도차

- ▶ $\Delta T = \pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (온도차)
- ▶ $\alpha = 1.2\text{E-}05$ (선팅창 계수)

2.4

크리이프

- ▶ $\varphi_1 = 2.0$ (크리이프 계수)
- ▶ $n_1 = n \cdot (1 + \varphi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16$ (크리이프 계산시 탄성계수비)

2.5

건조수축

- ▶ $\varepsilon_s = 0.00018$ (최종 건조수축율)
- ▶ $\varphi_2 = 2 \varphi_1 = 4.0$ (건조수축 계수)
- ▶ $n_2 = n \cdot (1 + \varphi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$ (건조수축 계산시 탄성계수비)

2.6

지점침하

- ▶ 합성후 단면에 대하여 각 지점 위치 10 mm 의 부등침하를 조합하여 적용

2.7

1)

풍하중

상부구조에 작용하는 풍하중 (교직방향)

▶ $B = 12.500 \text{ m}$ (교량총폭 - 평균단면)

▶ $D = 1.900 + 0.300 + 4.450 = 6.650 \text{ m}$ (교량총높이)

▶ $B/D = 12.500 / 6.650 = 1.880$

→ $1 \leq B/D < 8$ 이므로 풍하중은 $(4.0 - 0.2 B/D) D \geq 6.0$ 적용

▶ $W_w = (4.0 - 0.2 \times 1.880) \times 6.650 = 24.100 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ kN/m}$

▶ $W_w = 24.100 \text{ kN/m}$ 적용 ($W_w \geq 6.0$)

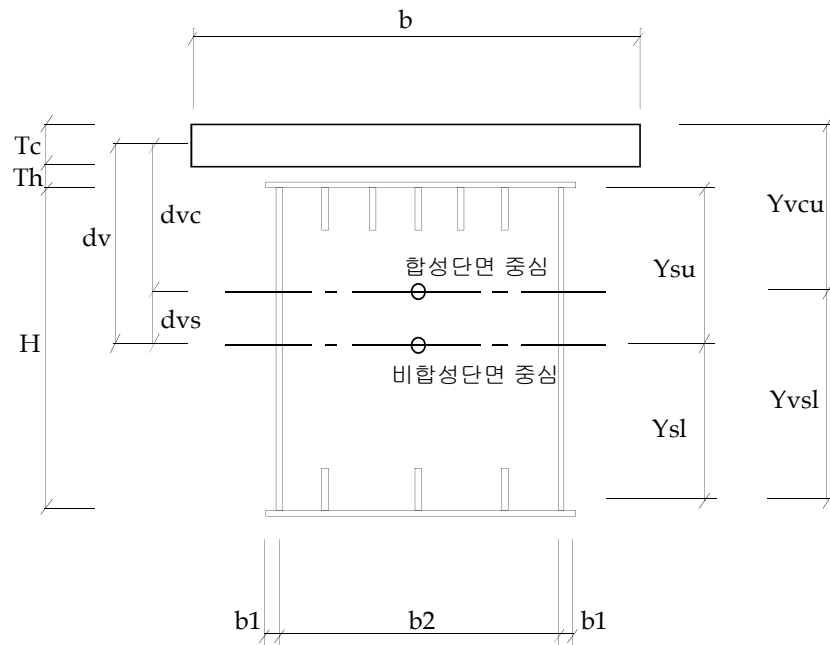
▶ $e = 6.650 / 2 - 1.900 / 2 = 2.375 \text{ m}$ (풍하중 작용위치-거더중심 기준)

▶ $M_w = 24.100 \times 2.375 = 57.238 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

※ 활하중 재하시는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3.

단면계수



- ▶ b ; 바닥판 콘크리트의 폭
- ▶ T_c ; 바닥판 콘크리트의 두께
- ▶ T_h ; 바닥판 콘크리트의 현치 높이
- ▶ A_c ; 바닥판 콘크리트의 단면적
- ▶ A_v ; 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적
- ▶ I_c ; 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트
- ▶ d_v ; 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- ▶ d_{vc} ; 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- ▶ d_{vs} ; 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)
- ▶ I_{33} ; 합성전 강재단면의 3축방향(중방향) 단면2차모멘트
- ▶ I_{22} ; 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
- ▶ I_{v33} ; 합성후 강재단면의 3축방향(중방향) 단면2차모멘트
- ▶ I_{v22} ; 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

3.1

1)

거더

Section 별 단면 요약

Section	Thickness (cm)					EA		복부판 높이 (cm)
	Flange		Web	Rib		Rib		
	Upp.	Low.		Upp.	Low.	Upp.	Low.	
Section-A	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2	5	3	190.0
Section-B	1.4	1.7	1.0	1.2	1.2	5	3	190.0
Section-C	1.2	1.4	1.0	1.2	1.2	5	3	190.0
				Rib 높이		16.0	16.0	
Section-D	1.6	2.0	1.0	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-E	1.6	2.0	1.3	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-F	2.4	2.8	1.3	1.2	2.2	3	5	190.0
Section-G	1.8	2.0	1.3	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-H	1.8	2.0	1.0	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-I	1.2	1.5	1.0	1.2	1.2	5	3	190.0
Section-J	1.6	1.8	1.0	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-K	1.6	1.8	1.3	1.2	2.2	5	5	190.0
Section-L	2.0	2.4	1.3	1.2	1.2	3	5	190.0
				Rib 높이		16.0	30.0	

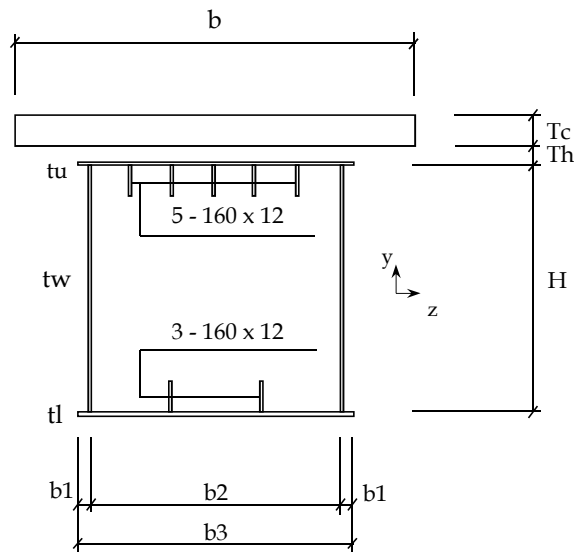
- ▶ 바닥판 폭 : $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ 플랜지 돌출폭 : $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ 복부판 간격 : $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ 플랜지 총폭 : $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ 바닥판 두께 : $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ 바닥판 헌치높이 : $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ 탄성계수비 : $N = 8$
- ▶ 바닥판 철근 피복 : $Upp = 4 \text{ cm}$ $Low = 4 \text{ cm}$

**Section 별 단면특성 : 거더**

Section		단면적	비틀림 강성	단면 2차 모멘트	
		A (cm ²)	Ixx (cm ⁴)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)
Section-A	합성전	1,242	13,223,170	8,770,805	12,371,227
	합성후	3,351	16,558,253	18,152,239	81,035,777
Section-B	합성전	1,448	15,055,320	10,680,378	13,868,782
	합성후	3,557	18,532,852	22,182,510	82,533,333
Section-C	합성전	1,301	13,770,857	9,322,728	12,799,100
	합성후	3,410	17,421,283	19,778,608	81,463,650
Section-D	합성전	1,868	16,149,286	13,313,234	14,938,464
	합성후	3,977	19,424,118	29,489,722	83,603,015
Section-E	합성전	1,982	18,539,912	13,682,926	17,129,981
	합성후	4,091	22,983,661	30,129,164	85,794,532
Section-F	합성전	2,416	22,205,953	17,840,834	20,552,964
	합성후	4,525	25,579,784	35,598,107	89,217,515
Section-G	합성전	2,041	19,161,162	14,396,108	17,557,854
	합성후	4,150	23,101,813	30,254,477	86,222,404
Section-H	합성전	1,927	16,620,288	14,036,787	15,366,337
	합성후	4,036	19,510,103	29,607,326	84,030,888
Section-I	합성전	1,381	14,003,619	9,807,179	13,013,036
	합성후	3,490	17,792,962	21,531,104	81,677,587
Section-J	합성전	1,809	15,788,223	12,912,289	14,510,591
	합성후	3,918	18,908,023	28,166,845	83,175,142
Section-K	합성전	1,923	18,067,458	13,273,729	16,702,108
	합성후	4,032	22,267,387	28,832,363	85,366,659
Section-L	합성전	2,030	20,548,591	14,864,576	18,841,472
	합성후	4,139	24,404,952	30,331,920	87,506,023

1)

Section-A



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.2	354.0	95.6	33842.4	3235333.4	42.5
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	3 - 16.0 × 1.2	57.6	-87.0	-5011.2	435974.4	1228.8
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.2	354.0	-95.6	-33842.4	3235333.4	42.5
TOTAL		1241.6	-	3340.8	7633265.3	1146528.4

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 7633265.3 + 1146528.4 = 8779794 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = 3340.800 / 1241.600 = 2.691 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 8779793.7 - 1241.6 \times 2.691^2 = 8770805 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.2/12) + (295^3 \times 1.2/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 12371227 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.200 / 2 + 1.200 / 2 = 191.200 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276^2 \times 191.2^2) / (2 \times 191.2/1 + 276/1.2 + 276/1.2) = 13223170 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1241.6 + 16875.0 / 8 = 3351.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 2.691 + 3.00 + 27.00 / 2 = 108.81 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 108.81 \times 1241.6 / 3351.0 = 40.32 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 108.81 - 40.32 = 68.49 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 8770804.5 + 1025156.3 / 8 + 1241.6 \times 68.49^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 40.316^2 = 18152239 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 12371226.7 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 81035777 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

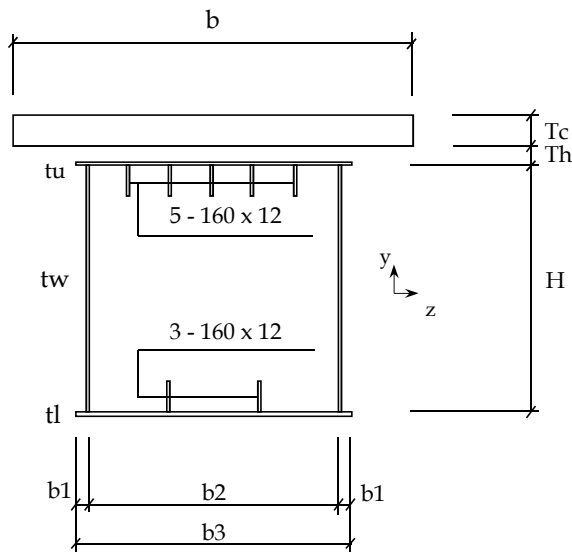
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.2 + 27.0 / 8 = 4.575 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.2^2) / (2 \times 191.2 / 1.00 + 276.0 / 4.575 \\
 &\quad + 276.0 / 1.20) = 16558253 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

2)

Section-B



$$\triangleright b = 625.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b1 = 10.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b2 = 275.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b3 = 295.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Tc = 27.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Th = 3.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright H = 190.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright N = 8$$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.4	413.0	95.7	39524.1	3782456.4	67.5
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	3 - 16.0 × 1.2	57.6	-87.0	-5011.2	435974.4	1228.8
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.7	501.5	-95.9	-48068.8	4607392.1	120.8
TOTAL		1448.1	-	-5203.9	9552446.9	1146631.7

$$\triangleright I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 9552446.9 + 1146631.7 = 10699079 \text{ cm}^4$$

$$\triangleright \delta_s = \sum AsY / \sum As = -5203.875 / 1448.100 = -3.594 \text{ cm}$$

$$\triangleright I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 10699078.6 - 1448.1 \times (-3.594)^2 = 10680378.0 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{yy} &= (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2 \\ &= (295^3 \times 1.4/12) + (295^3 \times 1.7/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 13868782 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\triangleright b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$$

$$\triangleright H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.400 / 2 + 1.700 / 2 = 191.550 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{xx} &= (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl) \\ &= (4 \times 276^2 \times 191.55^2) / (2 \times 191.55/1 + 276/1.4 + 276/1.7) = 15055320 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c &= 625.0 \times 27.0 &= 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N &= 1448.1 + 16875.0 / 8 &= 3557.5 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 &= 625.00 \times 27.0^3 / 12 &= 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 &= 190.00 / 2 - 3.594 + 3.00 + 27.00 / 2 &= 115.09 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v &= 115.09 \times 1448.1 / 3557.5 &= 46.85 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} &= 115.09 - 46.85 &= 68.24 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 10680378.0 + 1025156.3 / 8 + 1448.1 \times 68.244^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 46.850^2 &= 22182510 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 13868781.9 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 &= 82533333 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

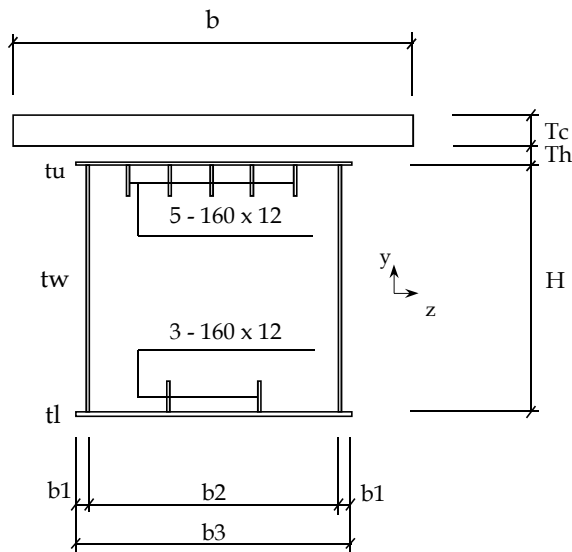
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N &= 1.4 + 27.0 / 8 &= 4.775 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.6^2) / (2 \times 191.6 / 1.00 + 276.0 / 4.775 \\
 &\quad + 276.0 / 1.70) &= 18532852 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

3)

Section-C



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.2	354.0	95.6	33842.4	3235333.4	42.5
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	3 - 16.0 × 1.2	57.6	-87.0	-5011.2	435974.4	1228.8
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.4	413.0	-95.7	-39524.1	3782456.4	67.5
TOTAL		1300.6	-	-2340.9	8180388.2	1146553.4

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 8180388.2 + 1146553.4 = 9326942 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -2340.900 / 1300.600 = -1.800 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 9326941.6 - 1300.6 \times (-1.800)^2 = 9322728 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.2/12) + (295^3 \times 1.4/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 12799100 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.200 / 2 + 1.400 / 2 = 191.300 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276^2 \times 191.3^2) / (2 \times 191.3/1 + 276/1.2 + 276/1.4) = 13770857 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c &= 625.0 \times 27.0 &= 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N &= 1300.6 + 16875.0 / 8 &= 3410.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 &= 625.00 \times 27.0^3 / 12 &= 1025156.3 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 &= 190.00 / 2 - 1.800 + 3.00 + 27.00 / 2 &= 113.30 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v &= 113.30 \times 1300.6 / 3410.0 &= 43.21 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} &= 113.30 - 43.21 &= 70.09 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 9322728.3 + 1025156.3 / 8 + 1300.6 \times 70.086^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 43.214^2 &= 19778608 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 12799099.6 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 &= 81463650 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

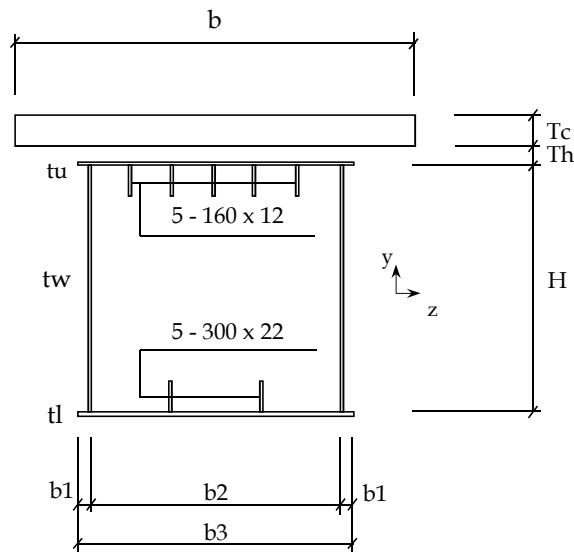
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N &= 1.2 + 27.0 / 8 &= 4.575 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.3^2) / (2 \times 191.3 / 1.00 + 276.0 / 4.575 \\
 &\quad + 276.0 / 1.40) &= 17421283 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

4)

Section-D



$$\triangleright b = 625.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b1 = 10.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b2 = 275.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b3 = 295.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Tc = 27.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Th = 3.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright H = 190.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright N = 8$$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.6	472.0	95.8	45217.6	4331846.1	100.7
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.0	590.0	-96.0	-56640.0	5437440.0	196.7
TOTAL		1868.0	-	-29470.4	12607910.1	1170262.0

$$\triangleright I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 12607910.1 + 1170262.0 = 13778172 \text{ cm}^4$$

$$\triangleright \delta_s = \sum AsY / \sum As = -29470.400 / 1868.000 = -15.776 \text{ cm}$$

$$\triangleright I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 13778172.1 - 1868.0 \times (-15.776)^2 = 13313234 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{yy} &= (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2 \\ &= (295^3 \times 1.6/12) + (295^3 \times 2/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 14938464 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\triangleright b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$$

$$\triangleright H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.600 / 2 + 2.000 / 2 = 191.800 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{xx} &= (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl) \\ &= (4 \times 276^2 \times 191.8^2) / (2 \times 191.8/1 + 276/1.6 + 276/2) = 16149286 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1868.0 + 16875.0 / 8 = 3977.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 127.28 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 127.28 \times 1868.0 / 3977.4 = 59.78 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 127.28 - 59.78 = 67.50 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 13313234.0 + 1025156.3 / 8 + 1868.0 \times 67.500^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 59.776^2 = 29489722 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 14938464.2 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 83603015 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

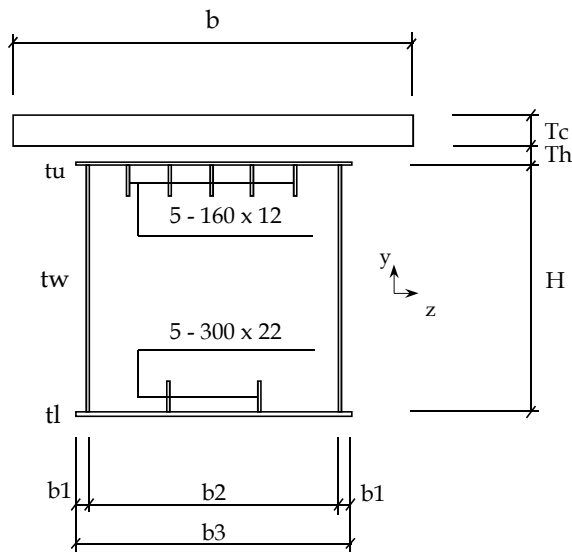
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.6 + 27.0 / 8 = 4.975 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.8^2) / (2 \times 191.8 / 1.00 + 276.0 / 4.975 \\
 &\quad + 276.0 / 2.00) = 19424118 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

5)

Section-E



$$\triangleright b = 625.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b1 = 10.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b2 = 275.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright b3 = 295.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Tc = 27.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright Th = 3.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright H = 190.0 \text{ cm}$$

$$\triangleright N = 8$$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.6	472.0	95.8	45217.6	4331846.1	100.7
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.3	494.0	-	-	-	1486116.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.0	590.0	-96.0	-56640.0	5437440.0	196.7
TOTAL		1982.0	-	-29470.4	12607910.1	1513212.0

$$\triangleright I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 12607910.1 + 1513212.0 = 14121122 \text{ cm}^4$$

$$\triangleright \delta_s = \sum AsY / \sum As = -29470.400 / 1982.000 = -14.869 \text{ cm}$$

$$\triangleright I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 14121122.1 - 1982.0 \times (-14.869)^2 = 13682926 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{yy} &= (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2 \\ &= (295^3 \times 1.6/12) + (295^3 \times 2/12) + ((190 \times 1.3^3/12) + (190 \times 1.3 \times (275/2 + 1.3/2)^2)) \times 2 = 17129981 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\triangleright b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.300 / 2 \times 2 = 276.300 \text{ cm}$$

$$\triangleright H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.600 / 2 + 2.000 / 2 = 191.800 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \triangleright I_{xx} &= (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl) \\ &= (4 \times 276.3^2 \times 191.8^2) / (2 \times 191.8/1.3 + 276.3/1.6 + 276.3/2) = 18539912 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1982.0 + 16875.0 / 8 = 4091.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 126.37 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 126.37 \times 1982.0 / 4091.4 = 61.22 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 126.37 - 61.22 = 65.15 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 13682926.1 + 1025156.3 / 8 + 1982.0 \times 65.15^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 61.22^2 = 30129164 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 17129980.8 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 85794532 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

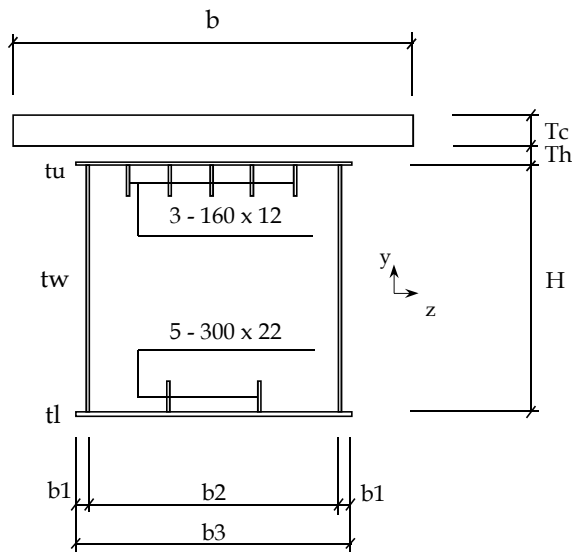
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.6 + 27.0 / 8 = 4.975 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.3^2 \times 191.8^2) / (2 \times 191.8 / 1.30 + 276.3 / 4.975 \\
 &\quad + 276.3 / 2.00) = 22983661 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

6)

Section-F



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 2.4	708.0	96.2	68109.6	6552143.5	339.8
UPP. RIB	3 - 16.0 × 1.2	57.6	87.0	5011.2	435974.4	1228.8
WEB	2 - 190.0 × 1.3	494.0	-	-	-	1486116.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.8	826.0	-96.4	-79626.4	7675985.0	539.7
TOTAL		2415.6	-	-32905.6	16776102.9	1512975.0

$$\text{▶ } I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 16776102.9 + 1512975.0 = 18289078 \text{ cm}^4$$

$$\text{▶ } \delta_s = \sum AsY / \sum As = -32905.600 / 2415.600 = -13.622 \text{ cm}$$

$$\text{▶ } I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 18289077.8 - 2415.6 \times (-13.622)^2 = 17840834 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{▶ } I_{yy} &= (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2 \\ &= (295^3 \times 2.4/12) + (295^3 \times 2.8/12) + ((190 \times 1.3^3/12) + (190 \times 1.3 \times (275/2 + 1.3/2)^2)) \times 2 = 20552964 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\text{▶ } b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.300 / 2 \times 2 = 276.300 \text{ cm}$$

$$\text{▶ } H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 2.400 / 2 + 2.800 / 2 = 192.600 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{▶ } I_{xx} &= (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl) \\ &= (4 \times 276.3^2 \times 192.6^2) / (2 \times 192.6/1.3 + 276.3/2.4 + 276.3/2.8) = 22205953 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c &= 625.0 \times 27.0 &= 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N &= 2415.6 + 16875.0 / 8 &= 4525.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 &= 625.00 \times 27.0^3 / 12 &= 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 &= 190.00 / 2 - 13.622 + 3.00 + 27.00 / 2 &= 125.12 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v &= 125.12 \times 2415.6 / 4525.0 &= 66.79 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} &= 125.12 - 66.79 &= 58.33 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 17840833.7 + 1025156.3 / 8 + 2415.6 \times 58.327^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 66.795^2 &= 35598107 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 20552964.1 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 &= 89217515 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

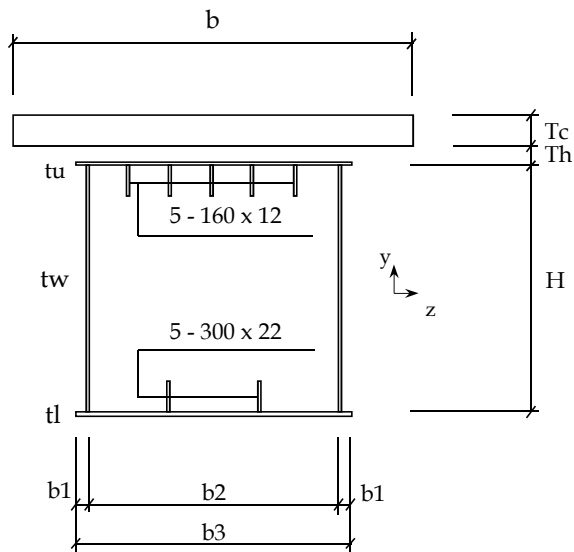
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N &= 2.4 + 27.0 / 8 &= 5.775 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.3^2 \times 192.6^2) / (2 \times 192.6 / 1.30 + 276.3 / 5.775 \\
 &\quad + 276.3 / 2.80) &= 25579784 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

7)

Section-G ;



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.8	531.0	95.9	50922.9	4883506.1	143.4
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.3	494.0	-	-	-	1486116.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.0	590.0	-96.0	-56640.0	5437440.0	196.7
TOTAL		2041.0	-	-23765.1	13159570.1	1513254.7

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 13159570.1 + 1513254.7 = 14672825 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -23765.100 / 2041.000 = -11.644 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 14672824.8 - 2041.0 \times (-11.644)^2 = 14396108 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.8/12) + (295^3 \times 2/12) + ((190 \times 1.3^3/12) + (190 \times 1.3 \times (275/2 + 1.3/2)^2)) \times 2 = 17557854 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.300 / 2 \times 2 = 276.300 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.800 / 2 + 2.000 / 2 = 191.900 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276.3^2 \times 191.9^2) / (2 \times 191.9/1.3 + 276.3/1.8 + 276.3/2) = 19161162 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 2041.0 + 16875.0 / 8 = 4150.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156.3 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 123.14 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 123.14 \times 2041.0 / 4150.4 = 60.56 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 123.14 - 60.56 = 62.59 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 14396107.5 + 1025156.3 / 8 + 2041.0 \times 62.586^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 60.558^2 = 30254477 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 17557853.7 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 86222404 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

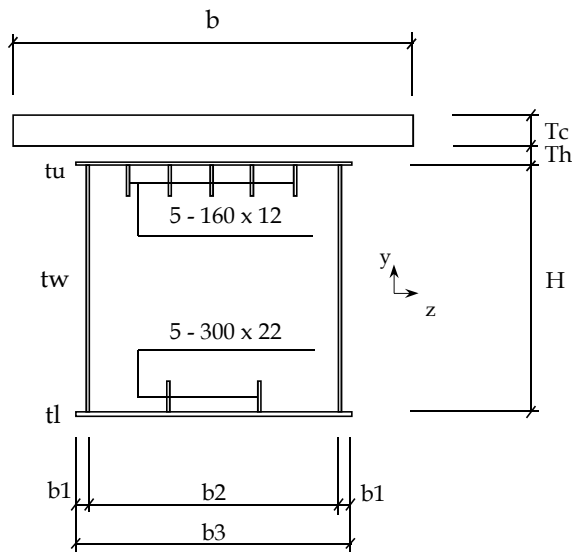
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.8 + 27.0 / 8 = 5.175 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.3^2 \times 191.9^2) / (2 \times 191.9 / 1.30 + 276.3 / 5.175 \\
 &\quad + 276.3 / 2.00) = 23101813 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

8)

Section-H ;



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.8	531.0	95.9	50922.9	4883506.1	143.4
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.0	590.0	-96.0	-56640.0	5437440.0	196.7
TOTAL		1927.0	-	-23765.1	13159570.1	1170304.7

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 13159570.1 + 1170304.7 = 14329875 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -23765.100 / 1927.000 = -12.333 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 14329874.8 - 1927.0 \times (-12.333)^2 = 14036787 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.8/12) + (295^3 \times 2/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 15366337 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.800 / 2 + 2.000 / 2 = 191.900 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276^2 \times 191.9^2) / (2 \times 191.9/1 + 276/1.8 + 276/2) = 16620288 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1927.0 + 16875.0 / 8 = 4036.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 123.83 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 123.83 \times 1927.0 / 4036.4 = 59.12 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 123.83 - 59.12 = 64.71 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 14036787.1 + 1025156.3 / 8 + 1927.0 \times 64.71^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 59.119^2 = 29607326 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 15366337.1 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 84030888 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

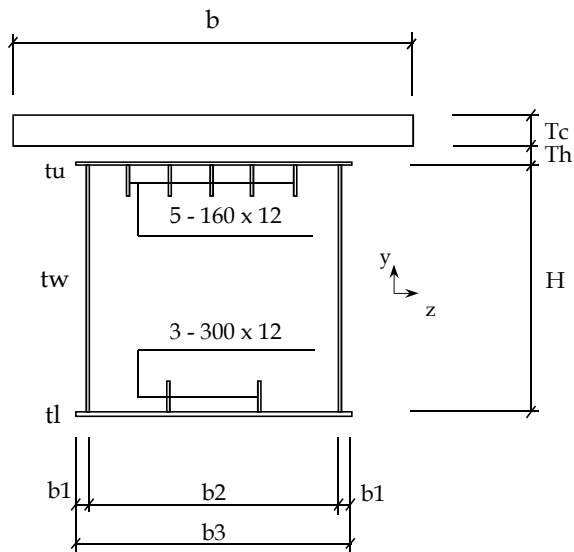
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.8 + 27.0 / 8 = 5.175 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.9^2) / (2 \times 191.9 / 1.00 + 276.0 / 5.175 \\
 &\quad + 276.0 / 2.00) = 19510103 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

9)

Section-I ;



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.2	354.0	95.6	33842.4	3235333.4	42.5
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	3 - 30.0 × 1.2	108.0	-80.0	-8640.0	691200.0	8100.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.5	442.5	-95.8	-42369.4	4056867.7	83.0
TOTAL		1380.5	-	-8815.0	8710025.1	1153440.1

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 8710025.1 + 1153440.1 = 9863465 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -8814.975 / 1380.500 = -6.385 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 9863465.2 - 1380.5 \times (-6.385)^2 = 9807179 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.2/12) + (295^3 \times 1.5/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 13013036 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.200 / 2 + 1.500 / 2 = 191.350 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276^2 \times 191.35^2) / (2 \times 191.35/1 + 276/1.2 + 276/1.5) = 14003619 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1380.5 + 16875.0 / 8 = 3489.9 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156.3 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 6.385 + 3.00 + 27.00 / 2 = 117.89 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 117.89 \times 1380.5 / 3489.9 = 46.63 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 117.89 - 46.63 = 71.25 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 9807178.5 + 1025156.3 / 8 + 1380.5 \times 71.25^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 46.63^2 = 21531104 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 13013036.0 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 81677587 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

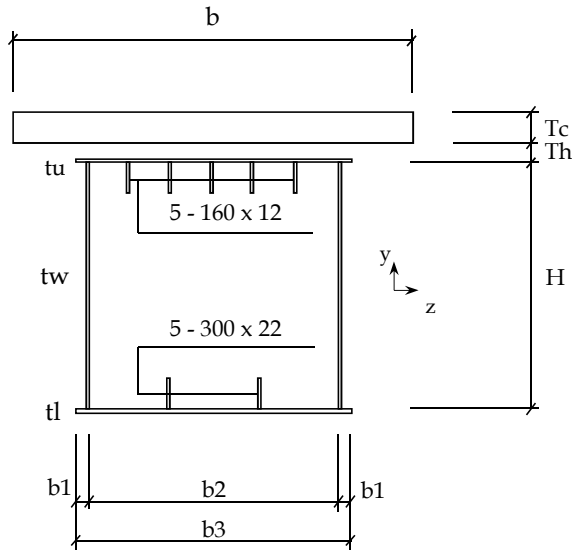
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.2 + 27.0 / 8 = 4.575 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.4^2) / (2 \times 191.4 / 1.00 + 276.0 / 4.575 \\
 &\quad + 276.0 / 1.50) = 17792962 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

10)

Section-J ; #



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b_1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b_2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b_3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $T_c = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $T_h = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.6	472.0	95.8	45217.6	4331846.1	100.7
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.0	380.0	-	-	-	1143166.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.8	531.0	-95.9	-50922.9	4883506.1	143.4
TOTAL		1809.0	-	-23753.3	12053976.2	1170208.7

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 12053976.2 + 1170208.7 = 13224185 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -23753.300 / 1809.000 = -13.131 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 13224184.9 - 1809.0 \times (-13.131)^2 = 12912289 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b_3^3 \cdot tu/12) + (b_3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b_2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.6/12) + (295^3 \times 1.8/12) + ((190 \times 1^3/12) + (190 \times 1 \times (275/2 + 1/2)^2)) \times 2 = 14510591 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b_2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.000 / 2 \times 2 = 276.000 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.600 / 2 + 1.800 / 2 = 191.700 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276^2 \times 191.7^2) / (2 \times 191.7/1 + 276/1.6 + 276/1.8) = 15788223 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c / N = 1809.0 + 16875.0 / 8 = 3918.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3 / 12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156.3 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 124.63 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 124.63 \times 1809.0 / 3918.4 = 57.54 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 124.63 - 57.54 = 67.09 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 12912289.3 + 1025156.3 / 8 + 1809.0 \times 67.09^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 57.538^2 = 28166845 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c / 12 / N \\
 &= 14510591.3 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 83175142 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

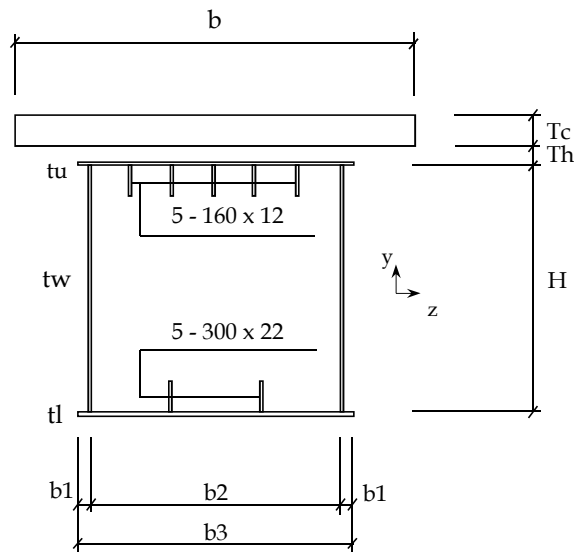
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s / N = 1.6 + 27.0 / 8 = 4.975 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.0^2 \times 191.7^2) / (2 \times 191.7 / 1.00 + 276.0 / 4.975 \\
 &\quad + 276.0 / 1.80) = 18908023 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

11)

Section-K ; #



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 1.6	472.0	95.8	45217.6	4331846.1	100.7
UPP. RIB	5 - 16.0 × 1.2	96.0	87.0	8352.0	726624.0	2048.0
WEB	2 - 190.0 × 1.3	494.0	-	-	-	1486116.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 2.2	330.0	-80.0	-26400.0	2112000.0	24750.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 1.8	531.0	-95.9	-50922.9	4883506.1	143.4
TOTAL		1923.0	-	-23753.3	12053976.2	1513158.7

- ▶ $I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 12053976.2 + 1513158.7 = 13567135 \text{ cm}^4$
- ▶ $\delta_s = \sum AsY / \sum As = -23753.300 / 1923.000 = -12.352 \text{ cm}$
- ▶ $I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 13567134.9 - 1923.0 \times (-12.352)^2 = 13273729 \text{ cm}^4$
- ▶ $I_{yy} = (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2$
 $= (295^3 \times 1.6/12) + (295^3 \times 1.8/12) + ((190 \times 1.3^3/12) + (190 \times 1.3 \times (275/2 + 1.3/2)^2)) \times 2 = 16702108 \text{ cm}^4$

- 비틀림 강성

- ▶ $b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.300 / 2 \times 2 = 276.300 \text{ cm}$
- ▶ $H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 1.600 / 2 + 1.800 / 2 = 191.700 \text{ cm}$
- ▶ $I_{xx} = (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl)$
 $= (4 \times 276.3^2 \times 191.7^2) / (2 \times 191.7/1.3 + 276.3/1.6 + 276.3/1.8) = 18067458 \text{ cm}^4$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c = 625.0 \times 27.0 = 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N = 1923.0 + 16875.0 / 8 = 4032.4 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 = 625.00 \times 27.0^3 / 12 = 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 = 190.00 / 2 - 3.00 + 27.00 / 2 = 123.85 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v = 123.85 \times 1923.0 / 4032.4 = 59.06 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 123.85 - 59.06 = 64.79 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 13273729.2 + 1025156.3 / 8 + 1923.0 \times 64.788^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 59.064^2 = 28832363 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 16702107.9 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 = 85366659 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

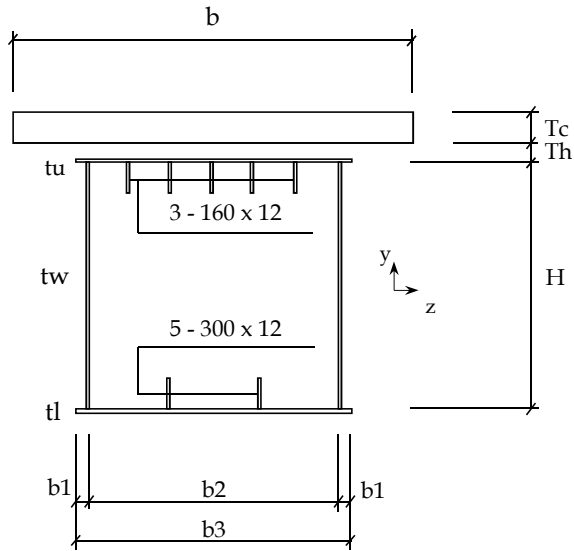
- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N = 1.6 + 27.0 / 8 = 4.975 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.3^2 \times 191.7^2) / (2 \times 191.7 / 1.30 + 276.3 / 4.975 \\
 &\quad + 276.3 / 1.80) = 22267387 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

12)

Section-L ; #



- ▶ $b = 625.0 \text{ cm}$
- ▶ $b1 = 10.0 \text{ cm}$
- ▶ $b2 = 275.0 \text{ cm}$
- ▶ $b3 = 295.0 \text{ cm}$
- ▶ $Tc = 27.0 \text{ cm}$
- ▶ $Th = 3.0 \text{ cm}$
- ▶ $H = 190.0 \text{ cm}$
- ▶ $N = 8$

①

합성전 단면

구 분	규 격	As(cm ²)	Y(cm)	AsY(cm ³)	AsY ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)
UPP. FLG.	1 - 295.0 × 2.0	590.0	96.0	56640.0	5437440.0	196.7
UPP. RIB	3 - 16.0 × 1.2	57.6	87.0	5011.2	435974.4	1228.8
WEB	2 - 190.0 × 1.3	494.0	-	-	-	1486116.7
LOW. RIB	5 - 30.0 × 1.2	180.0	-80.0	-14400.0	1152000.0	13500.0
LOW. FLG.	1 - 295.0 × 2.4	708.0	-96.2	-68109.6	6552143.5	339.8
TOTAL		2029.6	-	-20858.4	13577557.9	1501382.0

$$\text{▶ } I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io = 13577557.9 + 1501382.0 = 15078940 \text{ cm}^4$$

$$\text{▶ } \delta_s = \sum AsY / \sum As = -20858.400 / 2029.600 = -10.277 \text{ cm}$$

$$\text{▶ } I_{zz} = I_s' - \sum As \times \delta_s^2 = 15078939.9 - 2029.6 \times (-10.277)^2 = 14864576 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{▶ } I_{yy} &= (b3^3 \cdot tu/12) + (b3^3 \cdot tl/12) + ((H \cdot tw^3/12) + (H \cdot tw \cdot (b2/2 + tw/2)^2)) \times 2 \\ &= (295^3 \times 2/12) + (295^3 \times 2.4/12) + ((190 \times 1.3^3/12) + (190 \times 1.3 \times (275/2 + 1.3/2)^2)) \times 2 = 18841472 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\text{▶ } b_k = b2 + tw/2 \times 2 = 275.000 + 1.300 / 2 \times 2 = 276.300 \text{ cm}$$

$$\text{▶ } H_k = H + tu/2 + tl/2 = 190.000 + 2.000 / 2 + 2.400 / 2 = 192.200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{▶ } I_{xx} &= (4 \times b_k^2 \times H_k^2) / (2 \times H_k/tw + b_k/tu + b_k/tl) \\ &= (4 \times 276.3^2 \times 192.2^2) / (2 \times 192.2/1.3 + 276.3/2 + 276.3/2.4) = 20548591 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

②

합성후 단면

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright A_c &= b \cdot T_c &= 625.0 \times 27.0 &= 16875.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright A_v &= \sum A_s + A_c/N &= 2029.6 + 16875.0 / 8 &= 4139.0 \text{ cm}^2 \\
 \blacktriangleright I_c &= b \cdot T_c^3/12 &= 625.00 \times 27.0^3 / 12 &= 1025156 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright d_v &= H/2 - \delta_s + T_h + T_c/2 &= 190.00 / 2 - 10.28 + 3.00 + 27.00 / 2 &= 121.78 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v &= 121.78 \times 2029.6 / 4139.0 &= 59.71 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright d_{vs} &= d_v - d_{vc} &= 121.78 - 59.71 &= 62.06 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{zz}} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 14864576.1 + 1025156.3 / 8 + 2029.6 \times 62.062^2 \\
 &\quad + 16875.0 / 8 \times 59.715^2 &= 30331920 \text{ cm}^4 \\
 \blacktriangleright I_{v_{yy}} &= I_{22} + b^3 \cdot T_c/12 / N \\
 &= 18841472.5 + 625.0^3 \times 27.0 / 12 / 8 &= 87506023 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 $I_{v_{xx}}$ 값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright t_{cu} &= t_u + H_s/N &= 2.0 + 27.0 / 8 &= 5.375 \text{ cm} \\
 \blacktriangleright I_{v_{xx}} &= (4 \times b_k^3 \times H_k^2) / (2 \times H_k / t_w + b_k / t_{cu} + b_k / t_l) \\
 &= (4 \times 276.3^2 \times 192.2^2) / (2 \times 192.2 / 1.30 + 276.3 / 5.375 \\
 &\quad + 276.3 / 2.40) &= 24404952 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

3.

3.1

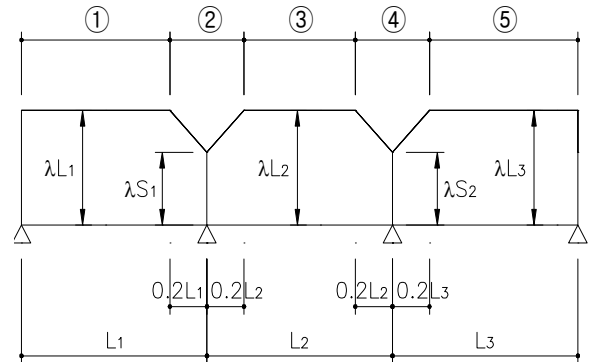
1)

유효폭산정

플랜지 유효폭

등가 지간장

- ▶ $L_1 = 42.500 \text{ m}$
- ▶ $L_2 = 50.000 \text{ m}$
- ▶ $L_3 = 50.000 \text{ m}$
- ▶ $L_4 = 45.500 \text{ m}$
- ▶ $b_1 = 0.100 \text{ m}$ (플랜지 돌출폭)
- ▶ $b_2 = 1.375 \text{ m}$ (복부판 간격/2)
- ▶ $\lambda L_1 = 0.8 L_1 = 34.000 \text{ m}$
- ▶ $\lambda S_1 = 0.2 (L_1 + L_2) = 18.500 \text{ m}$
- ▶ $\lambda L_2 = 0.6 L_2 = 40.000 \text{ m}$
- ▶ $\lambda S_2 = 0.2 (L_2 + L_3) = 20.000 \text{ m}$
- ▶ $\lambda L_3 = 0.6 L_3 = 27.300 \text{ m}$
- ▶ $\lambda S_4 = 0.2 (L_3 + L_4) = 19.100 \text{ m}$



2)

제1지간 중앙부 - ①

- ▶ $b_1 = 0.100 \text{ m}$ $b_1 / \lambda L_1 = 0.100 / 34.000 = 0.003 \leq 0.05$
- ∴ $\lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$
- ▶ $b_2 = 1.375 \text{ m}$ $b_2 / \lambda L_1 = 1.375 / 34.000 = 0.040 \leq 0.05$
- ∴ $\lambda_2 = b_2 = 1.375 \text{ m}$

- ▶ 상부 플랜지 유효폭 : $b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m}$ (플랜지 유효폭의 100%)
- ▶ 하부 플랜지 유효폭 : $b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m}$ (플랜지 유효폭의 100%)

3)

제1지간 지점부 - ②

- ▶ $b_1 = 0.100 \text{ m}$ $b_1 / \lambda S_1 = 0.100 / 18.500 = 0.005 \leq 0.02$
- ∴ $\lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$
- ▶ $b_2 = 1.375 \text{ m}$ $b_2 / \lambda S_1 = 1.375 / 18.500 = 0.074 \leq 0.30$
- ∴ $\lambda_2 = \{ 1.06 - 3.2 (b_2 / \lambda S_1) + 4.5 (b_2 / \lambda S_1)^2 \} \times b = 1.166 \text{ m}$

- ▶ 상부 플랜지 유효폭 : $b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.532 \text{ m}$ (플랜지 유효폭의 85.8%)
- ▶ 하부 플랜지 유효폭 : $b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.532 \text{ m}$ (플랜지 유효폭의 85.8%)

4)

제2,3지간 중앙부 - ③

$$\triangleright b_1 = 0.100 \text{ m} \quad b_1/\lambda L_2 = 0.100 / 40.000 = 0.003 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.375 \text{ m} \quad b_2/\lambda L_2 = 1.375 / 40.000 = 0.034 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_2 = b_2 = 1.375 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{상부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 100\%)$$

$$\triangleright \text{하부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 100\%)$$

5)

제2지간 지점부 - ④

$$\triangleright b_1 = 0.100 \text{ m} \quad b_1/\lambda S_2 = 0.100 / 20.000 = 0.005 \leq 0.02$$

$$\therefore \lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.375 \text{ m} \quad b_2/\lambda S_2 = 1.375 / 20.000 = 0.069 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_2 = \{ 1.06 - 3.2 (b_2 / \lambda S_2) + 4.5 (b_2 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.183 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{상부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.566 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 87\%)$$

$$\triangleright \text{하부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.566 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 87\%)$$

6)

제3지간 지점부 - ④

$$\triangleright b_1 = 0.100 \text{ m} \quad b_1/\lambda S_2 = 0.100 / 19.100 = 0.005 \leq 0.02$$

$$\therefore \lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.375 \text{ m} \quad b_2/\lambda S_2 = 1.375 / 19.100 = 0.072 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_2 = \{ 1.06 - 3.2 (b_2 / \lambda S_2) + 4.5 (b_2 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.173 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{상부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.546 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 86.3\%)$$

$$\triangleright \text{하부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.546 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 86.3\%)$$

7)

제4지간 중앙부 - ⑤

$$\triangleright b_1 = 0.100 \text{ m} \quad b_1/\lambda L_3 = 0.100 / 27.300 = 0.004 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_1 = b_1 = 0.100 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.375 \text{ m} \quad b_2/\lambda L_3 = 1.375 / 27.300 = 0.050 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_2 = b_2 = 1.375 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{상부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 100\%)$$

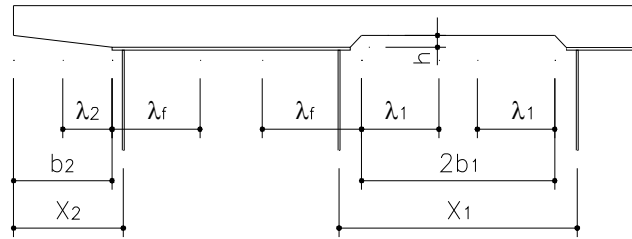
$$\triangleright \text{하부 플랜지 유효폭} : b_e = 2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2.950 \text{ m} \quad (\text{플랜지 유효폭의 } 100\%)$$

3.2

1)

바닥판 유효폭

거더



- ▶ $X_1 = 3.500 \text{ m}$
- ▶ $X_2 = 1.750 \text{ m}$
- ▶ $h = 0.030 \text{ m}$ (헌치 높이)
- ▶ $b_e = 0.100 \text{ m}$ (플랜지의 돌출폭)
- ▶ $b_1 = [X_1 - 2(b_e + h)]/2 = 1.620 \text{ m}$
- ▶ $b_2 = X_2 - b_e = 1.650 \text{ m}$

①

제1지간 중앙부 - ①

- ▶ $b_1 = 1.620 \text{ m}$ $b_1/\lambda L_1 = 1.620 / 34.000 = 0.048 \leq 0.05$
- ∴ $\lambda_1 = b_1 = 1.620 \text{ m}$
- ▶ $b_2 = 1.650 \text{ m}$ $b_2/\lambda L_1 = 1.650 / 34.000 = 0.049 \leq 0.05$
- ∴ $\lambda_2 = b_2 = 1.650 \text{ m}$
- ▶ $2\lambda_f = 2.950 \text{ m}$

- ▶ 바닥판 유효폭 $b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 6.250 \text{ m}$ (바닥판 유효폭의 100%)

②

제1지간 지점부 - ②

- ▶ $b_1 = 1.620 \text{ m}$ $b_1/\lambda S_1 = 1.620 / 18.500 = 0.088 \leq 0.30$
- ∴ $\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b_1 / \lambda S_1) + 4.5(b_1 / \lambda S_1)^2\} \times b = 1.317 \text{ m}$
- ▶ $b_2 = 1.650 \text{ m}$ $b_2/\lambda S_1 = 1.650 / 18.500 = 0.089 \leq 0.30$
- ∴ $\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b_2 / \lambda S_1) + 4.5(b_2 / \lambda S_1)^2\} \times b = 1.338 \text{ m}$
- ▶ 플랜지 유효폭 : 2.532 m

- ▶ 바닥판 유효폭 $b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 5.217 \text{ m}$ (바닥판 유효폭의 89.5%)

③

제2,3지간 중앙부 - ③

$$\triangleright b_1 = 1.620 \text{ m} \quad b_1/\lambda L_2 = 1.620 / 40.000 = 0.041 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_1 = b_1 = 1.620 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.650 \text{ m} \quad b_2/\lambda L_2 = 1.650 / 40.000 = 0.041 \leq 0.05$$

$$\therefore \lambda_2 = b_2 = 1.650 \text{ m}$$

$$\triangleright 2\lambda_f = 2.950 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{바닥판 유효폭 } b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 6.250 \text{ m} \quad (\text{바닥판 유효폭의 } 100\%)$$

④

제2지간 지점부 - ④

$$\triangleright b_1 = 1.620 \text{ m} \quad b_1/\lambda S_2 = 1.620 / 20.000 = 0.081 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_1 = \{ 1.06 - 3.2 (b_1 / \lambda S_2) + 4.5 (b_1 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.345 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.650 \text{ m} \quad b_2/\lambda S_2 = 1.650 / 20.000 = 0.083 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_2 = \{ 1.06 - 3.2 (b_2 / \lambda S_2) + 4.5 (b_2 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.362 \text{ m}$$

$$\triangleright 2\lambda_f = 2.566 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{바닥판 유효폭 } b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 5.303 \text{ m} \quad (\text{바닥판 유효폭의 } 90.4\%)$$

⑤

제3지간 지점부 - ④

$$\triangleright b_1 = 1.620 \text{ m} \quad b_1/\lambda S_2 = 1.620 / 19.100 = 0.085 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_1 = \{ 1.06 - 3.2 (b_1 / \lambda S_2) + 4.5 (b_1 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.329 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.650 \text{ m} \quad b_2/\lambda S_2 = 1.650 / 19.100 = 0.086 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_2 = \{ 1.06 - 3.2 (b_2 / \lambda S_2) + 4.5 (b_2 / \lambda S_2)^2 \} \times b = 1.350 \text{ m}$$

$$\triangleright 2\lambda_f = 2.546 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{바닥판 유효폭 } b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 5.255 \text{ m} \quad (\text{바닥판 유효폭의 } 89.9\%)$$

⑥

제4지간 중앙부 - ⑤

$$\triangleright b_1 = 1.620 \text{ m} \quad b_1/\lambda L_2 = 1.620 / 27.300 = 0.059 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_1 = \{ 1.1 - 2 (b_1 / \lambda L_2) \} \times b_1 = 1.591 \text{ m}$$

$$\triangleright b_2 = 1.650 \text{ m} \quad b_2/\lambda L_2 = 1.650 / 27.300 = 0.060 \leq 0.30$$

$$\therefore \lambda_2 = \{ 1.1 - 2 (b_2 / \lambda L_2) \} \times b_2 = 1.617 \text{ m}$$

$$\triangleright 2\lambda_f = 2.950 \text{ m}$$

$$\triangleright \text{바닥판 유효폭 } b_e = (\lambda_1 + \lambda_2 + h + 2\lambda_f) = 6.188 \text{ m} \quad (\text{바닥판 유효폭의 } 99\%)$$

Unit : m

구 분		상부 플랜지	하부플랜지	바닥판
거더	제1지간 중앙부	2.950	2.950	6.250
	제1지간 지점부	2.532	2.532	5.217
	제2,3지간 중앙부	2.950	2.950	6.250
	제2지간 지점부	2.566	2.566	5.303
	제3지간 지점부	2.546	2.546	5.255
	제4지간 중앙부	2.950	2.950	6.188

4.	구조해석 단면력 집계 Composite Steel Box Girder 교량의 해석 절차 해석 개요 연속 합성형 강상자 거더 교량의 해석은 시공단계를 고려할 때 합성전/후의 구조적 특성을 반영하여 일괄적으로 구조해석을 수행한다. 하나의 모델로 두개의 다른 해석을 수행하기 위하여 동일한 요소에 합성전 단면의 성질과 합성후 단면의 성질을 부여한다. 또한, 구조해석시 합성전 단면에는 Steel Box와 Slab의 고정하중을 재하하여 해석하며, 합성후 단면에는 추가되는 고정하중과 활하중을 재하하여 해석한 후 이들의 결과를 조합하여 응력 분포를 수행한다. 시공단계를 고려할 때 합성전(Step1)과 합성후(Step2) 단계로 분리해서 수행하게 되며 단계별 내용은 다음 표와 같다. 해석 Program : MIDAS/CIVIL <table> <tr> <th>해석단계</th><th>시 공 단 계</th><th>Modeling 내 용</th></tr> <tr> <td>STEP 1. (합성전 해석)</td><td> 하부공사 완료 후 상부 Girder 거치 Slab 및 Cross Beam 타설 </td><td> Beam 요소를 사용한 Girder 연속보 Modeling Girder 자중 및 Slab 자중 재하 지점 조건 입력 </td></tr> <tr> <td>STEP 2. (합성후 이동 하중 해석)</td><td> Slab 양생 완료 방호벽(연석) 및 포장시공 차량 운행 </td><td> Slab단면 Modeling 적용 2차 고정하중 재하 및 이동하중 해석 </td></tr> </table> 구조해석 절차 [합 성 전 해 석] 합성전 해석을 위한 Modeling ↓ ; 기하 형상, 재질 입력 경계 및 기구학적 조건 입력 ↓ ; 지점조건, 받침 및 Rigid Link 입력 하 중 재 하 ↓ ; Girder 자중, Slab, Cross Beam 하중입력 구 조 해 석 ↓ ; 정적 구조해석 수행 해 석 결 과 확 인 ; Steel Box 부재력 확인 [합 성 후 이 동 하 중 해 석] 합성후 이동하중 해석을 위한 Modeling 수정 ↓ Slab와 Steel Box 합성단면 적용 ↓ 하 중 재 하 ↓ ; 2차 고정하중, 이동하중 재하 구 조 해 석 ↓ ; 이동하중해석 수행 해 석 결 과 확 인 ; Steel Box 부재력 확인	해석단계	시 공 단 계	Modeling 내 용	STEP 1. (합성전 해석)	하부공사 완료 후 상부 Girder 거치 Slab 및 Cross Beam 타설	Beam 요소를 사용한 Girder 연속보 Modeling Girder 자중 및 Slab 자중 재하 지점 조건 입력	STEP 2. (합성후 이동 하중 해석)	Slab 양생 완료 방호벽(연석) 및 포장시공 차량 운행	Slab단면 Modeling 적용 2차 고정하중 재하 및 이동하중 해석
해석단계	시 공 단 계	Modeling 내 용								
STEP 1. (합성전 해석)	하부공사 완료 후 상부 Girder 거치 Slab 및 Cross Beam 타설	Beam 요소를 사용한 Girder 연속보 Modeling Girder 자중 및 Slab 자중 재하 지점 조건 입력								
STEP 2. (합성후 이동 하중 해석)	Slab 양생 완료 방호벽(연석) 및 포장시공 차량 운행	Slab단면 Modeling 적용 2차 고정하중 재하 및 이동하중 해석								

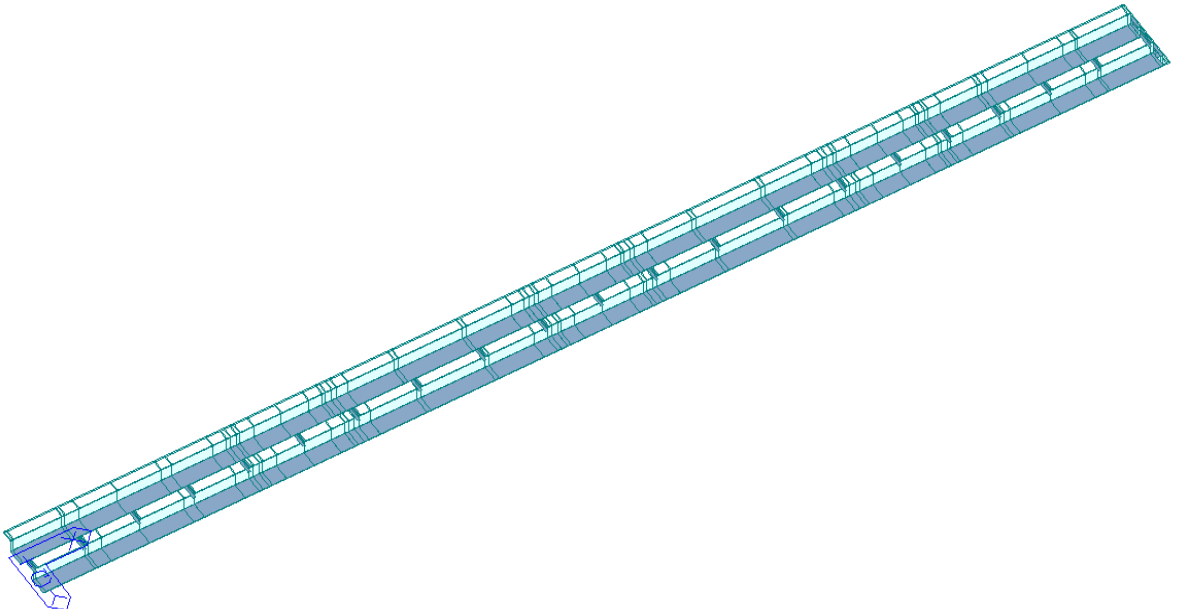
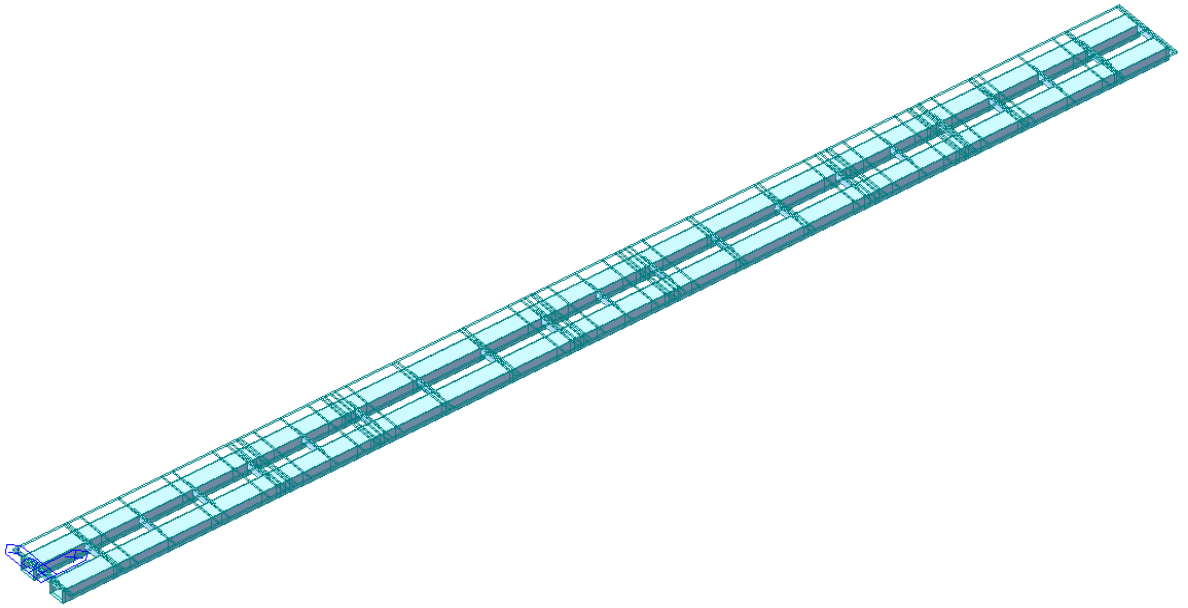
4.2

구조해석

1)

해석 Modeling

- ▶ 해석 Model은 보요소를 사용하여 연속보로 Steel Box와 Slab를 동시에 Modeling 한다.
Girder, Cross Beam, Stringer, Bearing의 배치형상과 위치를 고려하여 Rigid Link로 연결 Modeling 하여 실제의 거동과 유사하도록 이상화하였다.



2)

부재력 집계

①

외측경간 (정모멘트 최대)

작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	- -
1차합성고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{D1} T _{D1} S _{D1}	159	8,437.351 41.494 350.166	-	- - -	-	- - -
합성후고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{D2} T _{D2} S _{D2}		2,303.274 64.218 94.691		- - -		- - -
활하중 에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{L+I} T _{L+I} S _{L+I}		5,990.833 630.386 441.100		- - -		- - -
지점침하 에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{SET} T _{SET} S _{SET}		397.080 0.000 22.821		- - -		- - -
풍하중 에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _W T _W S _W		291.929 44.838 8.185		- - -		- - -
부정정력에 대한 영향계수		K		0.682		-		-

②

중앙지점부 (부모멘트 최대)

작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	- -
합성전고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{D1} T _{D1} S _{D1}	149	-15,579.788 98.116 1,754.715	-	- - -	-	- - -
합성후고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{D2} T _{D2} S _{D2}		-4,141.531 213.199 453.403		- - -		- - -
활하중 에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{L+I} T _{L+I} S _{L+I}		-8,499.135 1,009.833 930.726		- - -		- - -
지점침하 에 의한 단면력	휨모멘트 (kN · m) 비틀림모멘트 (kN · m) 전 단 력 (kN)	M _{SET} T _{SET} S _{SET}		1,026.931 0.000 43.586		- - -		- - -

작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	-
풍하중	휨모멘트 (kN · m)	M _W	149	-691.956	-	-	-	-
에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _W		31.983		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _W		66.266		-		-
부정정력에 대한 영향계수		K		-0.300		-		-

③

내측경간 (정모멘트 최대)

작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	-
1차합성고정	휨모멘트 (kN · m)	M _{D1}	124	5,144.666	-	-	-	-
하중에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{D1}		31.308		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _{D1}		347.279		-		-
합성후고정	휨모멘트 (kN · m)	M _{D2}		1,395.261		-		-
하중에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{D2}		74.775		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _{D2}		95.367		-		-
활하중	휨모멘트 (kN · m)	M _{L+1}		5,157.264		-		-
에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{L+1}		478.854		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _{L+1}		413.974		-		-
지점침하	휨모멘트 (kN · m)	M _{SET}		378.353		-		-
에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{SET}		0.000		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _{SET}		44.654		-		-
풍하중	휨모멘트 (kN · m)	M _W		237.150		-		-
에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _W		0.391		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _W		0.371		-		-
부정정력에 대한 영향계수		K		-0.116		-		-

④

현장이음(S (부모멘트 최대)

작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	-
합성전고정	휨모멘트 (kN · m)	M _{D1}	147	-6,323.372	-	-	-	-
하중에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{D1}		68.041		-		-
단면력	전 단 력 (kN)	S _{D1}		1,161.084		-		-

	작용하중	구 분	표시 기호	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	거더 Force	Ele. No.	- -
	합성후고정	휨모멘트 (kN · m)	M _{D2}	147	-1,680.431	-	-	-	-
	하중에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{D2}		120.187		-		-
	단면력	전 단 력 (kN)	S _{D2}		305.162		-		-
	활하중	휨모멘트 (kN · m)	M _{L+I}		-3,906.365		-		-
	에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{L+I}		880.040		-		-
	단면력	전 단 력 (kN)	S _{L+I}		813.506		-		-
	지점침하	휨모멘트 (kN · m)	M _{SET}		728.802		-		-
	에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _{SET}		0.000		-		-
	단면력	전 단 력 (kN)	S _{SET}		43.586		-		-
	풍하중	휨모멘트 (kN · m)	M _W		-238.696		-		-
	에 의한	비틀림모멘트 (kN · m)	T _W		5.587		-		-
	단면력	전 단 력 (kN)	S _W		66.266		-		-
	부정정력에 대한 영향계수		K		-0.238		-		-

5.

단면검토

5.1

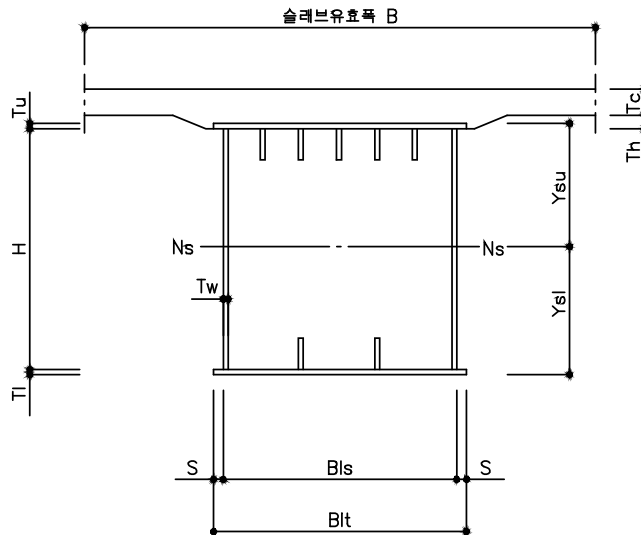
거더 (정모멘트구간)

1)

외측경간 (Section-B)

①

검토단면 및 검토조건



▶ RIB 160 × 12 mm 상연 5 EA 하연 3 EA

▶ 주부재 사용강종 : SM 490 B

- ▶ H = 1.900 m
- ▶ B = 6.250 m
- ▶ Bls = 2.750 m
- ▶ Blt = 2.950 m (전체폭)
- ▶ Ble = 2.950 m (유효폭)
- ▶ Tc = 0.200 m
- ▶ Th = 0.050 m
- ▶ Tu = 0.014 m
- ▶ Tl = 0.017 m
- ▶ Tw = 0.010 m
- ▶ S = 0.100 m

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성 계수	Mpa	205,000
Ec : 콘크리트의 탄성 계수	Mpa	27,556
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창 계수		0.000012
φ2 : 건조수축에 의한 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성 계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	8,437.351
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,303.274
Mv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 모멘트	kN·m	8,691.187
Mv2 : 활하중에 의한 모멘트	kN·m	5,990.833
Mv3 : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	291.929
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	350.166
Sv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 전단력	kN	558.612
Sv2 : 풍하중에 의한 전단력	kN	8.185
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	41.494
Mvt1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 비틀림모멘트	kN·m	694.604
Mvt2 : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	44.838
K : 2차 부정정력 영향계수		0.682

※ 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중 합성후 고정하중 : 난간및 방호벽(연석)자중 + PAVEMENT자중

▶ 단면제원

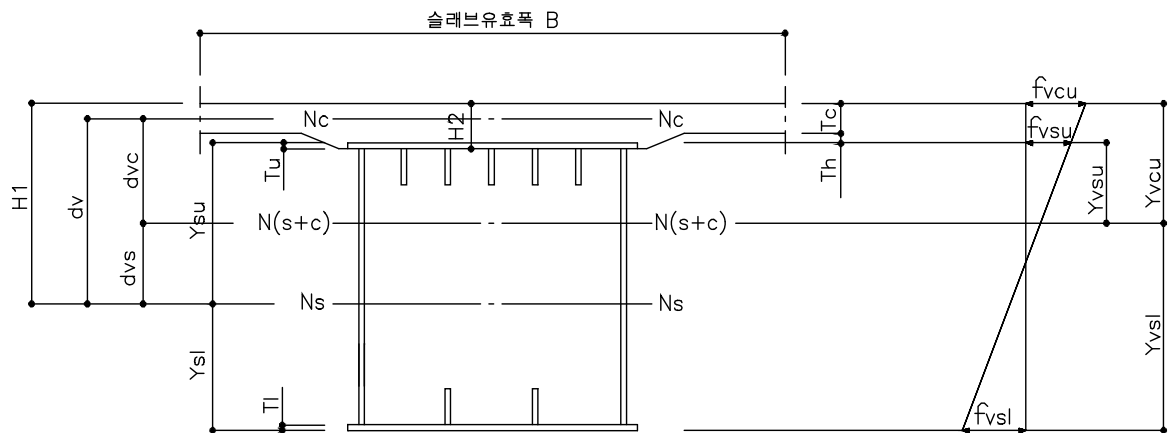
단 면	B (mm)	H (mm)	Area (mm ²)	Y (mm)	A · Y (mm ³)	A · Y ² (mm ⁴)	Ix (mm ⁴)
1 - UPP. FLG.	2950	14	41,300	957	39,524,100	37,824,563,700	674,567
5 - UPP. RIB	12	160	9,600	870	8,352,000	7,266,240,000	20,480,000
2 - WEB	10	1900	38,000	0	0	0	11,431,666,667
3 - LOW. RIB	12	160	5,760	-870	-5,011,200	4,359,744,000	12,288,000
1 - LOW. FLG.	2950	17	50,150	-959	-48,068,775	46,073,920,838	1,207,779
강단면 합계			144,810		-5,203,875	9.552447E+10	11,466,317,013
1 - RC SLAB	6250	200	1,250,000	1,055	1.31875E+09	1.391281E+12	4,166,666,667

▶ $A_s = 144,810 \text{ mm}^2$

▶ $A_c = 1,250,000 \text{ mm}^2$

②

응력 검토



a.

합성전

▶ $I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 95,524,468,537.50 + 11,466,317,012.50 = 106,990,785,550.00 \text{ mm}^4$

▶ $\delta_s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -5,203,875.00 / 144,810.00 = -35.94 \text{ mm}$

▶ $I_s = I_s' - A_s \delta_s^2 = 106,990,785,550.00 - 144,810.00 \times (-35.94)^2 = 106,803,736,847.88 \text{ mm}^4$

▶ $Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1,900.0 / 2 + 14.0 - (-35.94) = 999.94 \text{ mm}$

▶ $Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 999.94 - 1,931.00 = -931.06 \text{ mm}$

▶ $F = b \cdot h = (B l_s + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 5,286,780.00 \text{ mm}^2$

▶ $f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -78.994 \text{ Mpa}$

▶ $f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 73.552 \text{ Mpa}$

▶ $v_s = S_s / A(\text{Web}) = 9.215 \text{ Mpa}$

▶ $v_{st} = M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.392 \text{ Mpa}$

b.

합성후 + 활하중 + 지점침하

$$\begin{aligned}
 & \triangleright A_v = A_s + A_c/n = 301,060.00 \text{ mm}^2 \\
 & \triangleright I_c/n = 520,833,333.33 \text{ mm}^4 \\
 & \triangleright d_v = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1,135.94 \text{ mm} \\
 & \triangleright d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 546.39 \text{ mm} \\
 & \triangleright d_{vs} = d_v - d_{vc} = 589.55 \text{ mm} \\
 & \triangleright Y_{vcu} = d_{vc} + T_c/2 = 646.39 \text{ mm} \\
 & \triangleright Y_{vcl} = Y_{vcu} - T_c = 446.39 \text{ mm} \\
 & \triangleright Y_{vsu} = Y_{vcu} - H_2 + T_u = 410.39 \text{ mm} \\
 & \triangleright Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1,520.61 \text{ mm} \\
 & \triangleright I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 204,303,258,909.23 \text{ mm}^4 \\
 & \triangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = -3.437 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = -2.374 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = -17.458 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = 64.688 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 14.700 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.569 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

c.

합성후 + 풍하중

$$\begin{aligned}
 & \triangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = -1.026 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = -0.709 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = -5.213 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = 19.316 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 2.707 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.031 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

d.

합성후 + 활하중 + 풍하중(1/2)

$$\begin{aligned}
 & \triangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = -3.338 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = -2.305 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = -16.954 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = 62.819 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 14.207 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.781 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

e.

합성후 + 풍하중(1/2)

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	-0.969	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	-0.669	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	-4.920	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	18.229	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	2.600	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	0.819	Mpa

f.

크리이프

▶ $n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) =$	$8 \times (1 + 2.0 / 2) =$	16
▶ $A_{v1} = A_s + A_c / n_1 =$	222,935.00	mm ²
▶ $d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) =$	737.86	mm
▶ $d_{s1} = d_v - d_{c1} =$	398.08	mm
▶ $Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 =$	837.86	mm
▶ $Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c =$	637.86	mm
▶ $Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u =$	601.86	mm
▶ $Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) =$	-1,329.14	mm
▶ $I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 =$	172,546,029,461.48	mm ⁴
▶ $N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) =$	962,479	N
▶ $P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) =$	962,479	N
▶ $M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} =$	710,177,511	N·mm
▶ $E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) =$	13,778	Mpa
▶ $f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	0.911	Mpa
▶ $f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	0.629	Mpa
▶ $f_{vcu1} = 1 / n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c =$	0.494	Mpa
▶ $f_{vcl1} = 1 / n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c =$	0.247	Mpa
▶ $f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1} =$	-6.007	Mpa
▶ $f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1} =$	-0.586	Mpa

g.

건조수축

$$\begin{aligned}
 & \triangleright n2 = n \cdot (1 + \phi2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 & \triangleright Av2 = As + Ac/n2 = 196,893.33 \text{ mm}^2 \\
 & \triangleright dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 835.45 \text{ mm} \\
 & \triangleright ds2 = dv - dc2 = 300.49 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 935.45 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2cl = Yv2cu - Tc = 735.45 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 699.45 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1,231.55 \text{ mm} \\
 & \triangleright Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 156,405,810,118.63 \text{ mm}^4 \\
 & \triangleright P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2,882,813 \text{ kgf} \\
 & \triangleright Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2,408,459,409 \text{ kgf cm} \\
 & \triangleright Ec2 = Es / n2 = 8,542 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = 1.287 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = 1.374 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvsu2 = P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = -21.987 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvsl2 = P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -1.708 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

h.

온도차

$$\begin{aligned}
 & \triangleright \epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 & \triangleright P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3,843,750 \text{ N} \\
 & \triangleright Mvt = P1 \cdot dvc = 2,100,177,600 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 & \triangleright fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = 1.144 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fcclt = 1/n \cdot (P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = 1.320 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = -15.645 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fsclt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = -2.107 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

i.

전단및 비틀림

$$\begin{aligned}
 & \triangleright F = b \cdot h = (Bl_s + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5,286,780.00 \text{ mm}^2 \\
 & \triangleright v = (S_s + S_v)/Aw + (M_{st} + M_{vt})/(2 \cdot F \cdot Tw) = 30.877 \text{ Mpa} < v_a = 110 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

j.

조합응력의 검토

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) \times 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n: 종방향보강재에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i: 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

▶ 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ Mpa}$$

▶ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{24 \times 1.000 \times 6} = 19.10 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{49 \times 1.000 \times 6} = 9.35 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 155.92 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.73 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220,000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 205.27 \text{ Mpa}$$

$$\text{사용 } t_u = 14 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 155.92 \text{ Mpa}$$

▶ 철근콘크리트의 허용응력 (도로교 설계기준 P151)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = -10.80 \text{ Mpa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ Mpa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.89 \text{ Mpa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)		작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
COMB1			-10.800	-10.800	-78.994	73.552	-155.92	190.00
COMB2	-3.437	-2.374	-10.800	-10.800	-96.452	138.240	-155.92	190.00
COMB3	-2.943	-2.126	-10.800	-10.800	-102.459	137.653	-155.92	190.00
COMB4	-1.656	-0.752	-10.800	-10.800	-124.446	135.946	-155.92	190.00
COMB5	-0.512	0.568	-12.420	2.174	-140.091	133.839	-179.31	218.50
COMB6	-2.801	-2.072	-12.420	-12.420	-108.802	138.052	-179.31	218.50
COMB7	-1.026	-0.709	-12.960	-12.960	-5.213	19.316	-187.10	228.00
COMB8	-3.338	-2.305	-13.500	-13.500	-16.954	62.819	-194.90	237.50
COMB9	-0.475	-0.422	-12.960	-12.960	-10.927	17.643	-187.10	228.00
COMB10	-1.761	-1.796	-12.960	-12.960	-32.914	15.935	-187.10	228.00
COMB11	-0.617	-0.476	-12.960	-12.960	-48.558	13.829	-187.10	228.00
COMB12	-2.906	-3.116	-12.960	-12.960	-17.269	18.042	-187.10	228.00

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도로교 설계기준 P152참조)

COMB1 : 합성전 고정하중

COMB2 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하

COMB3 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프

COMB4 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축

COMB5 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB6 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

COMB7 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중

COMB8 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 풍하중(1/2)

COMB9 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프

COMB10 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축

COMB11 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB12 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

k. 합성응력의 검토

▶ 거더 상면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{-124.446}{-155.920} \right]^2 + \left[\frac{30.877}{110.000} \right]^2$$

$$= 0.637 + 0.079 = 0.716 < 1.2$$

O.K.

▶ 거더 하면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{138.240}{190.000} \right]^2 + \left[\frac{30.877}{110.000} \right]^2$$

$$= 0.529 + 0.079 = 0.608 < 1.2$$

O.K.

l. 항복에 대한 안전도 검사

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중}) + 2.1 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

▶ 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 고정하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -0.911 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -3.437 - -0.911 = -2.526 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.911 + 2.1 \times -2.526 + (0.494) + (1.287) + (-1.144)$$

$$= -5.853 \text{ Mpa} < (3/5) f_{ck} = 16.20 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -0.911 + 2.1 \times -2.526 + (-1.144)$$

$$= -7.634 \text{ Mpa} < (3/5) f_{ck} = 16.20 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 상부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = -78.994 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_v) \times Y_{vsu} = -4.627 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -96.452 - -78.994 - -4.627 = -12.832 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.994 + -4.627) + 2.1 \times -12.832 + (-6.007) + (-21.987) + (-15.645)$$

$$= -179.291 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-78.994 + -4.627) + 2.1 \times -12.832 + (-15.645)$$

$$= -151.298 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 하부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = 73.552 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_v) \times Y_{vsl} = 17.143 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 138.24 - (73.552) - (17.143) = 47.545 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (73.552 + 17.143) + 2.1 \times 47.545 + (-0.586) + (-1.708) + (2.107)$$

$$= 217.560 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (73.552 + 17.143) + 2.1 \times 47.545 + (2.107)$$

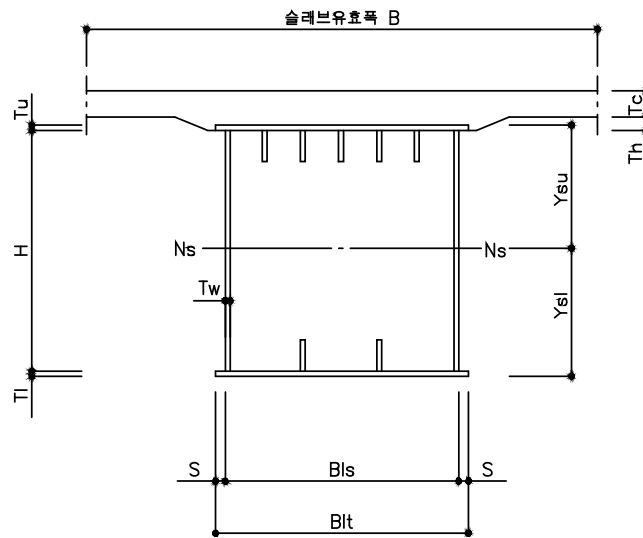
$$= 219.854 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

2)

내측경간 (Section-I)

①

검토단면 및 검토조건



▶ RIB 160 × 12 mm 상연 5 EA 하연 3 EA

▶ 주부재 사용강종 : SM 490 B

- ▶ H = 1.900 m
- ▶ B = 6.250 m
- ▶ Bls = 2.750 m
- ▶ Blt = 2.950 m (전체폭)
- ▶ Ble = 2.950 m (유효폭)
- ▶ Tc = 0.200 m
- ▶ Th = 0.050 m
- ▶ Tu = 0.012 m
- ▶ Tl = 0.015 m
- ▶ Tw = 0.010 m
- ▶ S = 0.100 m

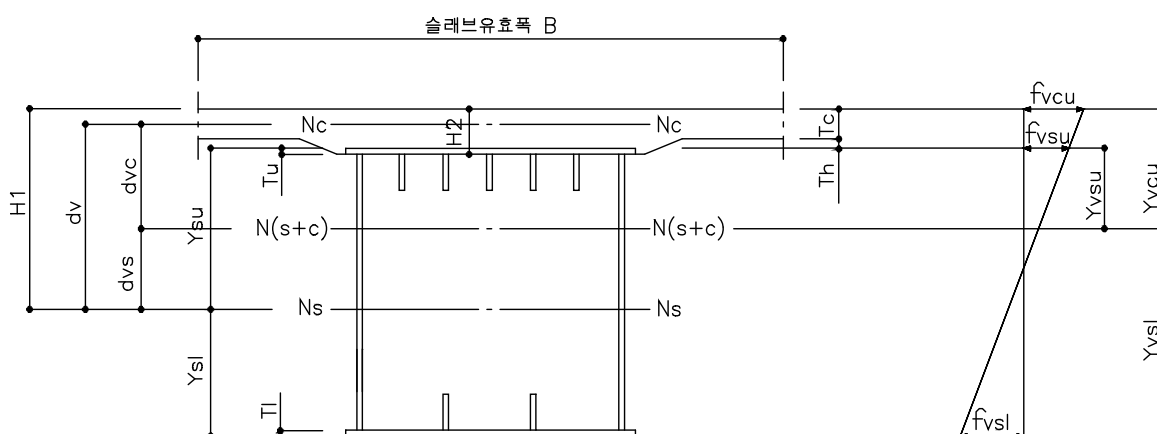
구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	Mpa	205,000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	Mpa	27,556
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ ₂ : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	5,144.666
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,395.261
Mv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 모멘트	kN·m	6,930.878
Mv2 : 활하중에 의한 모멘트	kN·m	5,157.264
Mv3 : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	237.150
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	347.279
Sv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 전단력	kN	553.995
Sv2 : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.371
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	31.308
Mvt1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 비틀림모멘트	kN·m	553.629
Mvt2 : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	0.391
K : 2차 부정정력 영향계수		-0.116

※ 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중 합성후 고정하중 : 난간및 방호벽(연석)자중 + PAVEMENT자중

단 면	B (mm)H (mm)		Area (mm ²)	Y (mm)	A · Y (mm ³)	A · Y ² (mm ⁴)	Ix (mm ⁴)
1 - UPP. FLG.	2,950	12	35,400	956	33,842,400	##	424,800
5 - UPP. RIB	12	160	9,600	870	8,352,000	7,266,240,000	20,480,000
2 - WEB	10	1,900	38,000	0	0	0	11,431,666,667
3 - LOW. RIB	12	160	5,760	-870	-5,011,200	4,359,744,000	12,288,000
1 - LOW. FLG.	2,950	15	44,250	-958	-42,369,375	##	829,688
강단면 합계			133,010		-5,186,175	8.4547995E+10	11,465,689,154
1 - RC SLAB	6,250	200	1,250,000	1,055	##i	1.3912813E+12	4,166,666,667

► $A_c = 1,250,000 \text{ mm}^2$

응력 검토



합성전

► $\sigma_{st} = M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.296 \text{ Mpa}$

b. 합성후 + 활하중 + 지점침하

▶ $A_v = A_s + A_c/n =$	289,260.00	mm ²
▶ $I_c/n =$	520,833,333.33	mm ⁴
▶ $dv = Y_{su} - Tu + Th + Tc/2 =$	1,138.99	mm
▶ $dvc = dv \cdot A_s / (A_c/n + A_s) =$	523.74	mm
▶ $dvs = dv - dvc =$	615.25	mm
▶ $Y_{vcu} = dvc + Tc/2 =$	623.74	mm
▶ $Y_{vcl} = Y_{vcu} - Tc =$	423.74	mm
▶ $Y_{vsu} = Y_{vcu} - H2 + Tu =$	385.74	mm
▶ $Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + Tu + Tl) =$	-1,541.26	mm
▶ $I_v = I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 =$	189,540,864,675.12	mm ⁴
▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	-2.851	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	-1.937	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	-14.105	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	56.359	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	14.579	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	5.241	Mpa

c. 합성후 + 풍하중

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	-0.671	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	-0.456	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	-3.322	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	13.274	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	2.519	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	0.712	Mpa

d. 합성후 + 활하중 + 풍하중(1/2)

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	-2.744	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	-1.864	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	-13.577	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	54.246	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	13.409	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	5.243	Mpa

e.

합성후 + 풍하중(1/2)

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	-0.623	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	-0.423	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	-3.081	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	12.310	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	2.515	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	0.710	Mpa

f.

크리이프

▶ $n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) =$	$8 \times (1 + 2.0 / 2) =$	16
▶ $A_{v1} = A_s + A_c / n_1 =$	211,135.00	mm ²
▶ $d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) =$	717.54	mm
▶ $d_{s1} = d_v - d_{c1} =$	421.45	mm
▶ $Y_{v1cu} = d_{c1} + T_c / 2 =$	817.54	mm
▶ $Y_{v1cl} = Y_{v1cu} - T_c =$	617.54	mm
▶ $Y_{v1su} = Y_{v1cu} - H_2 + T_u =$	579.54	mm
▶ $Y_{v1sl} = Y_{v1su} - (H + T_u + T_l) =$	-1,347.46	mm
▶ $I_{v1} = I_s + I_c / n_1 + A_s \cdot d_{s1}^2 + A_c / n_1 \cdot d_{c1}^2 =$	159,920,868,919.96	mm ⁴
▶ $N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_v) =$	602,405	N
▶ $P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) =$	602,405	N
▶ $M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} =$	432,247,429	N · mm
▶ $E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) =$	13,778	Mpa
▶ $f_{cu} = M_{sc} \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	0.574	Mpa
▶ $f_{cl} = M_{sc} \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	0.390	Mpa
▶ $f_{vcu1} = 1 / n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cu} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu} \cdot \phi_1 / E_c =$	0.412	Mpa
▶ $f_{vcl1} = 1 / n_1 \cdot (P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1cl} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl} \cdot \phi_1 / E_c =$	0.224	Mpa
▶ $f_{vsu1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1su} / I_{v1}$	=	-2.671 Mpa
▶ $f_{vsl1} = P_\phi / A_{v1} + k \cdot M_\phi \cdot Y_{v1sl} / I_{v1}$	=	-3.276 Mpa

g.

건조수축

$$\begin{aligned}
 & \triangleright n2 = n \cdot (1 + \phi2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24 \\
 & \triangleright Av2 = As + Ac/n2 = 185,093.33 \text{ mm}^2 \\
 & \triangleright dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 818.49 \text{ mm} \\
 & \triangleright ds2 = dv - dc2 = 320.50 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 918.49 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2cl = Yv2cu - Tc = 718.49 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 680.49 \text{ mm} \\
 & \triangleright Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1,246.51 \text{ mm} \\
 & \triangleright Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 144,539,884,126.65 \text{ mm}^4 \\
 & \triangleright P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2,882,813 \text{ kgf} \\
 & \triangleright Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2,359,553,476 \text{ kgf cm} \\
 & \triangleright Ec2 = Es / n2 = 8,542 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = 1.730 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = 1.714 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvsu2 = P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = -14.286 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fvsl2 = P2/Av2 + K \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = -17.935 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

h.

온도차

$$\begin{aligned}
 & \triangleright \epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 & \triangleright P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3,843,750 \text{ N} \\
 & \triangleright Mvt = P1 \cdot dvc = 2,013,125,990 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 & \triangleright fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = 1.742 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fccl = 1/n \cdot (P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = 1.711 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = -12.813 \text{ Mpa} \\
 & \triangleright fscl = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = -15.187 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

i.

전단및 비틀림

$$\begin{aligned}
 & \triangleright F = b \cdot h = (Bl_s + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 5,281,260.00 \text{ mm}^2 \\
 & \triangleright v = (S_s + S_v)/Aw + (M_{st} + M_{vt})/(2 \cdot F \cdot Tw) = 29.256 \text{ Mpa} < v_a = 110 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

j.

조합응력의 검토

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) \times 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n: 종방향보강재에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i: 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

- ▶ 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ Mpa}$$

- ▶ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{24 \times 1.000 \times 6} = 19.10 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{49 \times 1.000 \times 6} = 9.35 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_u \cdot i \cdot n) - 24) = 134.64 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2,750}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.73 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220,000 \times \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 150.81 \text{ Mpa}$$

$$\text{사용 } t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 134.64 \text{ Mpa}$$

- ▶ 철근콘크리트의 허용응력 (도로교 설계기준 P151)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = -10.80 \text{ Mpa} \quad (f_{ck} = 27 \text{ Mpa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.89 \text{ Mpa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)		작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
COMB1			-10.80	-10.80	-53.749	49.723	-134.64	190.00
COMB2	-2.851	-1.937	-10.80	-10.80	-67.854	106.082	-134.64	190.00
COMB3	-2.439	-1.713	-10.80	-10.80	-70.526	102.806	-154.84	190.00
COMB4	-0.710	0.001	-10.80	1.89	-84.812	84.871	-154.84	190.00
COMB5	1.032	1.712	2.17	2.17	-97.625	69.684	-154.84	218.50
COMB6	-2.451	-1.710	-12.42	-12.42	-71.999	100.058	-154.84	218.50
COMB7	-0.671	-0.456	-12.960	-12.960	-57.071	62.997	-161.57	228.00
COMB8	-2.744	-1.864	-13.500	-13.500	-67.326	103.969	-168.30	237.50
COMB9	-0.211	-0.199	-12.960	-12.960	-59.501	58.757	-161.57	228.00
COMB10	-1.941	-1.913	-12.960	-12.960	-127.537	90.545	-161.57	228.00
COMB11	-0.199	-0.202	-12.960	-12.960	-140.350	75.358	-161.57	228.00
COMB12	-3.683	-3.624	-12.960	-12.960	-114.724	105.732	-161.57	228.00

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활중 (도로교 설계기준 P152참조)

COMB1 : 합성전 고정하중

COMB2 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하

COMB3 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프

COMB4 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축

COMB5 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB6 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

COMB7 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중

COMB8 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 풍하중(1/2)

COMB9 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프

COMB10 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축

COMB11 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB12 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

h. 합성응력의 검토

▶ 거더 상면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{-97.625}{-154.84} \right]^2 + \left[\frac{29.256}{110.00} \right]^2$$

$$= 0.398 + 0.071 = 0.468 < 1.2$$

O.K.

▶ 거더 하면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{106.082}{190.00} \right]^2 + \left[\frac{29.256}{110.00} \right]^2$$

$$= 0.312 + 0.071 = 0.382 < 1.2$$

O.K.

1. 항복에 대한 안전도 검사

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중}) + 2.1 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

▶ 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 고정하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = -0.574 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -2.851 - (-0.574) = -2.277 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-0.574) + 2.1 \times (-2.277) + (0.412) + (1.73) + (-1.742)$$

$$= -5.128 \text{ Mpa} < (3/5) f_{ck} = 16.20 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-0.574) + 2.1 \times (-2.277) + (-1.742)$$

$$= -7.270 \text{ Mpa} < (3/5) f_{ck} = 16.20 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 상부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = -53.749 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_v) \times Y_{vsu} = -2.840 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -67.854 - (-53.749) - (-2.84) = -11.266 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.749 + -2.84) + 2.1 \times -11.266 + (-2.671) + (-14.286) + (-12.813)$$

$$= -126.994 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-53.749 + -2.84) + 2.1 \times -11.266 + (-12.813)$$

$$= -110.036 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 하부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = 49.723 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_v) \times Y_{vsl} = 11.346 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 106.082 - (49.723) - (11.346) = 45.013 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.723 + 11.346) + 2.1 \times 45.013 + (-3.276) + (-17.935) + (15.187)$$

$$= 167.893 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.723 + 11.346) + 2.1 \times 45.013 + (15.187)$$

$$= 189.104 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

5.3

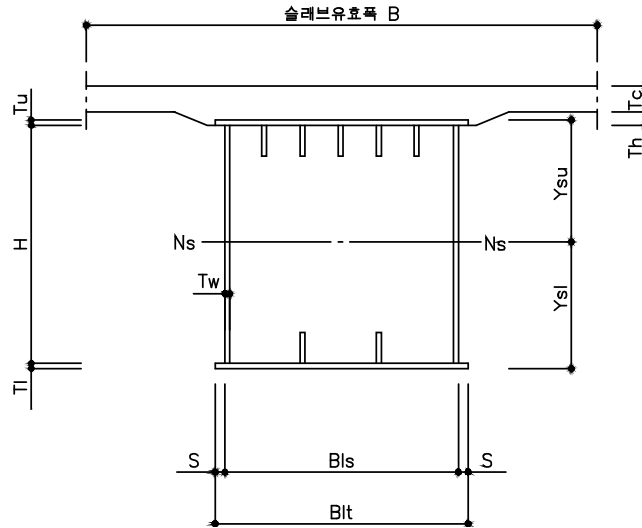
거더 (부모멘트 구간)

1)

중앙지점부 (Section-F)

①

검토단면 및 검토조건



▶ RIB 160 × 12 mm 상면 3 EA 하면 5 EA

▶ 주부재 사용강종 : SM 490 B

- ▶ H = 1.900 m
- ▶ B = 5.217 m
- ▶ Bls = 2.750 m
- ▶ Blt = 2.950 m (전체폭)
- ▶ Ble = 2.532 m (유효폭)
- ▶ Tc = 0.270 m
- ▶ Th = 0.030 m
- ▶ Tu = 0.024 m
- ▶ Tl = 0.028 m
- ▶ Tw = 0.013 m
- ▶ S = 0.100 m

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	Mpa	205,000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	Mpa	27,556
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ ₂ : 건조수축에 의한 크리이프 계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-15,579.79
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	-4,141.53
Mv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 모멘트	kN·m	-11,613.74
Mv2 : 활하중에 의한 모멘트	kN·m	-8,499.14
Mv3 : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	-691.956
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,754.72
Sv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 전단력	kN	1,427.72
Sv2 : 풍하중에 의한 전단력	kN	66.266
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	98.12
Mvt1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 비틀림모멘트	kN·m	1,223.03
Mvt2 : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	31.983
K : 2차 부정정력 영향계수		-0.300

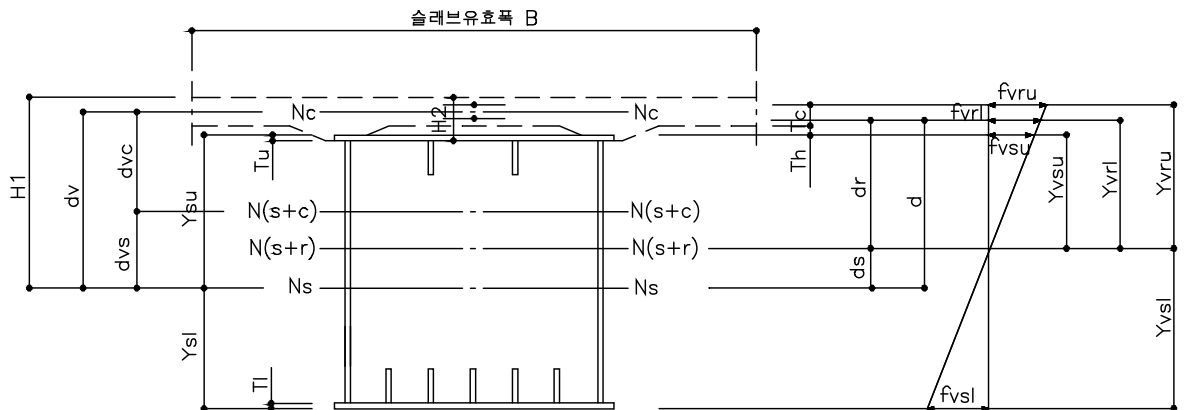
※ 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중 합성후 고정하중 : 난간및 방호벽(연석)자중 + PAVEMENT자중

▶ 단면제원

단 면	B (mm)	H (mm)	Area (mm ²)	Y (mm)	A · Y (mm ³)	A · Y ² (mm ⁴)	Ix (mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2,532	24	60,768	962	58,458,816	56,237,380,992	2,916,864
3 - UPPER RIB	12	160	5,760	870	5,011,200	4,359,744,000	12,288,000
2 - WEB	13	1,900	49,400	0	0	0	14,861,166,667
5 - LOWER RIB	22	300	33,000	-800	-26,400,000	21,120,000,000	247,500,000
1 - LOWER FLANGE	2,532	28	70,896	-964	-68,343,744	65,883,369,216	4,631,872
강단면 합계			219,824		-31,273,728	1.476005E+11	1.5128503E+10
UPPER RE-BAR	피복	40	12,413	1,183	14,683,988	17,371,157,213	-
LOWER RE-BAR	두께	40	12,413	993	12,325,613	12,239,333,213	-
RE-BAR 합계			24,825		27,009,600	2.961049E+10	-
1 - RC SLAB	5,217	270	1,408,590	1,088	1.53255E+09	1.667410E+12	8.5571843E+09

► Ar = 24,825 mm²

영력 검토



a.	합성전
----	-----

$$\blacktriangleright I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 147,600,494,208.00 + 15,128,503,402.67 = 162,728,997,611 \text{ mm}^4$$

$$\blacktriangleright \delta_s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -31,273,728.00 / 219,824.00 = -142.27 \text{ mm}$$

$$\blacktriangleright I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta_s^2 = 162,728,997,610.67 - 219,824.00 \times (-142.27)^2 = 158,279,594,345.18 \text{ mm}^4$$

$$\blacktriangleright Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 1,900.00 / 2 + 24.0 - 142.27 = 1,116.27 \text{ mm}$$

$$\blacktriangleright Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1,116.27 - 1,952.00 = -835.73 \text{ mm}$$

$$\blacktriangleright F = b \cdot h = (Bls + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 7,106,058.00 \text{ mm}^2$$

► $f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 109.877 \text{ Mpa}$

► $f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -82.263 \text{ Mpa}$

► $\sigma_s = S_s / A(\text{Web}) = 35.521 \text{ Mpa}$

► $\sigma_{st} = M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.531 \text{ Mpa}$

b.

합성후 + 활하중 + 지점침하

$$\begin{aligned}
 & \blacktriangleright A_v = A_s + A_r = 244,649.00 \text{ mm}^2 \\
 & \blacktriangleright d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1,257.27 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1,129.69 \text{ mm} \quad \blacktriangleright d_s = d - d_r = 127.58 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright Y_{vru} = d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1,224.69 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright Y_{vrl} = d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1,034.69 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 988.69 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -963.31 \text{ mm} \\
 & \blacktriangleright I_{rv} = I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 193,539,246,550.90 \text{ mm}^4 \\
 & \blacktriangleright f_{vru} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 73.490 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vrl} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 62.089 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 59.329 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -57.805 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 28.901 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.620 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

c.

합성후 + 풍하중

$$\begin{aligned}
 & \blacktriangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 30.586 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 25.841 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 24.692 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -24.058 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 10.520 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 1.327 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

d.

합성후 + 활하중 + 풍하중(1/2)

$$\begin{aligned}
 & \blacktriangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 82.178 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 69.429 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 66.342 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -64.639 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_s = S_v / A(\text{Web}) = 28.690 \text{ Mpa} \\
 & \blacktriangleright v_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 6.706 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

e. 합성후 + 풍하중(1/2)

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	28.396	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	23.991	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	22.924	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	-22.336	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	9.849	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	1.240	Mpa

f. 크리이프

▶ $A_{vc} = A_s + A_c/n =$	395,897.75	mm ²
▶ $d_v = Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 =$	1,230.27	mm
▶ $d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) =$	683.11	mm
▶ $d_{vs} = d_v - d_{vc} =$	547.16	mm
▶ $n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) =$	$8 \times (1 + 2.0 / 2) =$	16
▶ $A_{v1} = A_s + A_c/n_1 =$	307,860.88	mm ²
▶ $d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) =$	878.46	mm
▶ $d_{s1} = d_v - d_{c1} =$	351.81	mm
▶ $I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 =$	307,323,971,745.40	mm ⁴
▶ $N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) =$	-1,620,883	N
▶ $P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) =$	-1,620,883	N
▶ $M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} =$	-1,423,877,543	N · mm
▶ $E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) =$	13,778	Mpa
▶ $f_{vru1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv}$	=	3.922 Mpa
▶ $f_{vrl1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv}$	=	4.342 Mpa
▶ $f_{vsu1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv}$	=	4.443 Mpa
▶ $f_{vsl1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv}$	=	8.751 Mpa

g. 건조수축

▶ $n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) =$	$8 \times (1 + 4.0 / 2) =$	24
▶ $A_{v2} = A_s + A_c/n_2 =$	278,515.25	mm ²
▶ $d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c/n_2 + A_s) =$	971.02	mm
▶ $d_{s2} = d_v - d_{c2} =$	259.25	mm
▶ $P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 =$	3,248,561	N

$$\begin{aligned}
 \triangleright M_v2 &= P2 \cdot d_c2 = 3,154,405,670 \text{ N} \cdot \text{cm} \\
 \triangleright f_{vru2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -7.290 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vrl2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -8.219 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vsu2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -8.444 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vsl2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -17.989 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

h. 온도차

$$\begin{aligned}
 \triangleright \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 \triangleright P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4,331,414 \text{ N} \\
 \triangleright M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2,958,845,085 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 \triangleright E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 24.600 \text{ N/mm}^2 \\
 \triangleright f_{rut} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 12.512 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{rlt} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 11.641 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{sut} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -13.170 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{slt} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -22.123 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

i. 전단 및 비틀림

$$\begin{aligned}
 \triangleright F &= b \cdot h = (B_{ls} + T_w) \cdot (H + T_u / 2 + T_l / 2) = 7,106,058.00 \text{ mm}^2 \\
 \triangleright v &= (S_s + S_v) / A_w + (M_{st} + M_{vt}) / (2 \cdot F \cdot T_w) = 71.572 \text{ Mpa} < v_a = 110.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

j. 조합응력의 검토

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

$$(\because \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0)$$

여기서, n : 종방향보강재에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

$$\triangleright \text{인장 (상부)플랜지의 허용응력} \quad (\text{SM 490 사용})$$

$$f_{ta} = 190.00 \text{ Mpa}$$

▶ 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \text{ in}} = \frac{2,750}{24 \times 1,000 \times 6} = 19.10 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{24 \text{ in}} > t_l \geq \frac{b}{49 \text{ in}} = \frac{2,750}{49 \times 1,000 \times 6} = 9.35 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t \text{ in}) - 24) = 219.76 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{49 \text{ in}} > t_l \geq \frac{b}{80 \text{ in}} = \frac{2,750}{80 \times 1,000 \times 6} = 5.73 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220,000 \times \{ (t \text{ in}) / b \}^2 = 821.06 \text{ Mpa}$$

$$\text{사용 } t_l = 28 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa} \quad \text{사용}$$

▶ RE-BAR의 허용응력 (도로교 설계기준 p3-75)

$$f_{ta} = 160.00 \text{ Mpa} \quad f_{ca} = 180.00 \text{ Mpa} \quad (\text{SD } 40 \text{ 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
COMB1	0.000	0.000	160.00	109.877	-82.263	190.00	-190.00
COMB2	73.490	62.089	160.00	169.205	-140.068	190.00	-190.00
COMB3	77.413	66.431	160.00	173.649	-131.316	190.00	-190.00
COMB4	70.122	58.211	160.00	165.204	-149.305	190.00	-190.00
COMB5	82.635	69.852	160.00	152.034	-171.428	218.50	-218.50
COMB6	57.610	46.570	160.00	178.374	-127.182	218.50	-218.50
COMB7	30.586	25.841	160.00	134.569	-106.320	228.00	-228.00
COMB8	82.178	69.429	160.00	176.219	-146.901	237.50	-237.50
COMB9	32.319	28.333	160.00	180.662	-138.150	228.00	-228.00
COMB10	25.028	20.113	160.00	172.218	-156.139	228.00	-228.00
COMB11	37.541	11.894	160.00	159.048	-178.261	228.00	-228.00
COMB12	32.319	28.333	160.00	185.388	-134.016	228.00	-228.00

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도로교 설계기준 P152참조)

COMB1 : 합성전 고정하중

COMB2 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하

COMB3 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프

COMB4 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축

COMB5 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB6 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

COMB7 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중

COMB8 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 풍하중(1/2)

COMB9 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프

COMB10 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축

COMB11 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB12 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

k. 합성응력의 검토(부모멘트부 강성고려)

▶ 거더 상면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{162.139}{190.00} \right]^2 + \left[\frac{71.572}{110.00} \right]^2$$
$$= 0.728 + 0.423 = 1.152 < 1.2$$

O.K.

▶ 거더 하면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{-149.305}{-190.00} \right]^2 + \left[\frac{71.572}{110.00} \right]^2$$
$$= 0.618 + 0.423 = 1.041 < 1.2$$

O.K.

1. 항복에 대한 안전도 검사

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중}) + 2.1 \times (\text{활하중에 의한 응력(충격포함)})$
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

▶ 상부 바닥판 RE - BAR

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{rvu} = 26.207 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 73.49 - (26.207) = 47.283 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (26.207) + 2.1 \times (47.283) + (3.922) + (-7.29) + (12.512)$$

$$= 142.508 \text{ Mpa} < f_y = 400.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (26.207) + 2.1 \times (47.283) + (12.512)$$

$$= 145.876 \text{ Mpa} < f_y = 400.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 상부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = 109.877 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{vsu} = 21.157 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 169.205 - (109.877) - (21.157) = 38.172 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (109.877 + 21.157) + 2.1 \times (38.172) + (4.443) + (-8.444) + (13.17)$$

$$= 259.673 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (109.877 + 21.157) + 2.1 \times (38.172) + (13.17)$$

$$= 263.674 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 하부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = -82.263 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{vsl} = -20.614 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -140.068 - (-82.263) - (-20.614) = -37.192 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.263 + -20.614) + 2.1 \times -37.192 + (8.751) + (-17.989) + -22.123$$

$$= -243.201 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

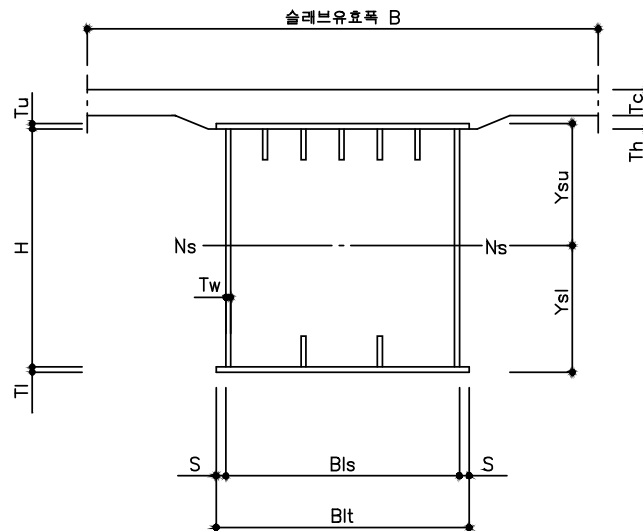
$$\Sigma f = 1.3 \times (-82.263 + -20.614) + 2.1 \times -37.192 + -22.123 =$$

$$= -233.964 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

현장이음(SP4) (Section-G)

①

검토단면 및 검토조건



▶ RIB 160 × 12 mm 상연 5 EA 하연 5 EA

▶ 주부재 사용강종 : SM 490 B

- ▶ H = 1.900 m
- ▶ B = 5.303 m
- ▶ Bls = 2.750 m
- ▶ Blt = 2.950 m (전체폭)
- ▶ Ble = 2.566 m (유효폭)
- ▶ Tc = 0.270 m
- ▶ Th = 0.030 m
- ▶ Tu = 0.018 m
- ▶ Tl = 0.020 m
- ▶ Tw = 0.013 m
- ▶ S = 0.100 m

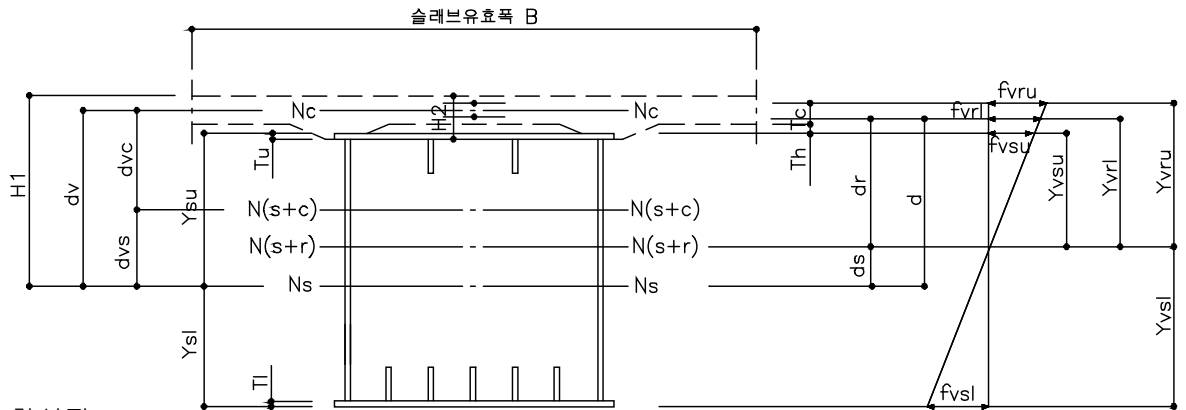
구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강 의 탄성계수	Mpa	205,000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	Mpa	27,556
es : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-6,323.37
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-1,680.43
Mv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 모멘트	kN · m	-4,857.99
Mv2 : 활하중에 의한 모멘트	kN · m	-3,906.37
Mv3 : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	-238.696
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,161.08
Sv1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 전단력	kN	1,162.25
Sv2 : 풍하중에 의한 전단력	kN	66.266
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	68.04
Mvt1 : (합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하) 에 의한 비틀림모멘트	kN · m	1,000.23
Mvt2 : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	5.587
K : 2차 부정정력 영향계수		-0.238

※ 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중 합성후 고정하중 : 난간및 방호벽(연석)자중 + PAVEMENT자중

단 면	B (mm)H (mm)		Area (mm ²)	Y (mm)	A · Y (mm ³)	A · Y ² (mm ⁴)	Ix (mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2,566	18	46,188	959	44,294,292	4.247823E+10	1,247,076
5 - UPPER RIB	12	160	9,600	870	8,352,000	7,266,240,000	20,480,000
2 - WEB	13	1,900	49,400	0	0	0	14,861,166,667
5 - LOWER RIB	22	300	33,000	-800	-26,400,000	##	247,500,000
1 - LOWER FLANGE	2,566	20	51,320	-960	-49,267,200	4.729651E+10	1,710,667
강단면 합계			189,508		-23,020,908	1.181610E+11	1.5132104E+10
UPPER RE-BAR	피복	40	12,413	1,183	14,683,988	##	-
LOWER RE-BAR	두께	40	12,413	993	12,325,613	##	-
RE-BAR 합계			24,825		27,009,600	2.961049E+10	-
1 - RC SLAB	5,303	270	1,431,810	1,088	##	1.694896E+12	8.6982458E+09

► $A_r = 24,825 \text{ mm}^2$

응력 검토



합성전

► $\sigma_{st} = M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.363 \text{ Mpa}$

b. 합성후 + 활하중 + 지점침하

$$\begin{aligned}
 &\triangleright A_v = A_s + A_r = 214,333.00 \text{ mm}^2 \\
 &\triangleright d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 1,236.48 \text{ mm} \\
 &\triangleright d_r = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1,093.27 \text{ mm} \quad \triangleright d_s = d - d_r = 143.21 \text{ mm} \\
 &\triangleright Y_{vru} = d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl} / A_r = 1,188.27 \text{ mm} \\
 &\triangleright Y_{vrl} = d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru} / A_r = 998.27 \text{ mm} \\
 &\triangleright Y_{vsu} = Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 946.27 \text{ mm} \\
 &\triangleright Y_{vsl} = Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -991.73 \text{ mm} \\
 &\triangleright I_{rv} = I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 164,054,893,638.89 \text{ mm}^4 \\
 &\triangleright f_{vru} = M_v \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 35.187 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vrl} = M_v \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 29.561 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 28.021 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -29.367 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_s = S_v / A(\text{Web}) = 23.527 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.342 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

c. 합성후 + 풍하중

$$\begin{aligned}
 &\triangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 13.900 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 11.678 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 11.069 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -11.601 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_s = S_v / A(\text{Web}) = 7.519 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 0.672 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

d. 합성후 + 활하중 + 풍하중(1/2)

$$\begin{aligned}
 &\triangleright f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) = 41.330 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) = 34.722 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v = 32.913 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v = -34.494 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_s = S_v / A(\text{Web}) = 23.316 \text{ Mpa} \\
 &\triangleright \sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 5.357 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

e.

합성후 + 풍하중(1/2)

▶ $f_{vcu} = M_v \cdot Y_{vcu} / (n \cdot I_v) =$	13.036	Mpa
▶ $f_{vcl} = M_v \cdot Y_{vcl} / (n \cdot I_v) =$	10.952	Mpa
▶ $f_{vsu} = M_v \cdot Y_{vsu} / I_v =$	10.381	Mpa
▶ $f_{vsl} = M_v \cdot Y_{vsl} / I_v =$	-10.880	Mpa
▶ $\sigma_s = S_v / A(\text{Web}) =$	6.848	Mpa
▶ $\sigma_{st} = M_{vt} / (2 \cdot F \cdot T_w) =$	0.657	Mpa

f.

크리이프

▶ $A_{vc} = A_s + A_c / n =$	657,744.25	mm ²
▶ $d_v = Y_{su} - T_u + T_h + T_c / 2 =$	1,209.48	mm
▶ $d_{vc} = d_v \cdot A_s / (A_c / n + A_s) =$	622.02	mm
▶ $d_{vs} = d_v - d_{vc} =$	587.46	mm
▶ $n_1 = n \cdot (1 + \phi_1 / 2) =$	$8 \times (1 + 2.0 / 2) =$	16
▶ $A_{v1} = A_s + A_c / n_1 =$	278,996.13	mm ²
▶ $d_{c1} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_1 + A_s) =$	821.54	mm
▶ $d_{s1} = d_v - d_{c1} =$	387.94	mm
▶ $I_{cv} = I_s + I_c / n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / n \cdot d_{vc}^2 =$	266,232,184,167.44	mm ⁴
▶ $N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) =$	-702,688	N
▶ $P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) =$	-702,688	N
▶ $M_\phi = P_\phi \cdot d_{c1} =$	-577,285,849	N · mm
▶ $E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) =$	13,778	Mpa
▶ $f_{vru1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv}$	=	2.283 Mpa
▶ $f_{vrl1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv}$	=	2.442 Mpa
▶ $f_{vsu1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv}$	=	2.486 Mpa
▶ $f_{vsl1} = P_\phi / A_v + K \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv}$	=	4.109 Mpa

g.

건조수축

▶ $n_2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) =$	$8 \times (1 + 4.0 / 2) =$	24
▶ $A_{v2} = A_s + A_c / n_2 =$	249,166.75	mm ²
▶ $d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) =$	919.89	mm
▶ $d_{s2} = d_v - d_{c2} =$	289.59	mm
▶ $P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 =$	3,302,112	N

$$\begin{aligned}
 \triangleright M_v2 &= P2 \cdot d_c2 = 3,037,581,413 \text{ N} \cdot \text{cm} \\
 \triangleright f_{vru2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -10.170 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vrl2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -11.007 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vsu2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -11.237 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{vsl2} &= P2 / A_v + K \cdot M_v2 \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -19.777 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

h. 온도차

$$\begin{aligned}
 \triangleright \epsilon_t &= \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012 \\
 \triangleright P1 &= E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 4,402,816 \text{ N} \\
 \triangleright M_{vt} &= P1 \cdot d_{vc} = 2,738,658,124 \text{ N} \cdot \text{m} \\
 \triangleright E_{rt} &= E_s \cdot \epsilon_t = 24.600 \text{ N/mm}^2 \\
 \triangleright f_{rut} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 8.779 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{rllt} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = 8.024 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{sut} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -16.782 \text{ Mpa} \\
 \triangleright f_{slt} &= P1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -24.482 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

i. 전단 및 비틀림

$$\begin{aligned}
 \triangleright F &= b \cdot h = (B_{ls} + T_w) \cdot (H + T_u / 2 + T_l / 2) = 7,201,479.00 \text{ mm}^2 \\
 \triangleright v &= (S_s + S_v) / A_w + (M_{st} + M_{vt}) / (2 \cdot F \cdot T_w) = 52.737 \text{ Mpa} < v_a = 110.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

j. 조합응력의 검토

$$\begin{aligned}
 i &= 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 \\
 &= 0.65 \times (0.0 / 6)^2 + 0.13 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000
 \end{aligned}$$

$$(\because \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0)$$

여기서, n : 종방향보강재에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수

ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

$\triangleright$ 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$f_{ta} = 190.00 \text{ Mpa}$$

▶ 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM 490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \text{ in}} = \frac{2,750}{24 \times 1,000 \times 6} = 19.10 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{24 \text{ in}} > t_l \geq \frac{b}{49 \text{ in}} = \frac{2,750}{49 \times 1,000 \times 6} = 9.35 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t \text{ in}) - 24) = 194.23 \text{ Mpa}$$

$$\frac{b}{49 \text{ in}} > t_l \geq \frac{b}{80 \text{ in}} = \frac{2,750}{80 \times 1,000 \times 6} = 5.73 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220,000 \times \{ (t \text{ in}) / b \}^2 = 418.91 \text{ Mpa}$$

$$\text{사용 } t_l = 20 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.00 \text{ Mpa 사용}$$

▶ RE-BAR의 허용응력 (도로교 설계기준 p3-75)

$$f_{ta} = 160.00 \text{ Mpa} \quad f_{ca} = 180.00 \text{ Mpa} \quad (\text{SD 40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	작용응력 (Mpa)		허용응력 (Mpa)	
	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
COMB1	0.000	0.000	160.00	52.792	-41.116	190.00	-190.00
COMB2	35.187	29.561	160.00	80.813	-70.483	190.00	-190.00
COMB3	37.470	32.003	160.00	83.299	-66.374	190.00	-190.00
COMB4	27.300	20.996	160.00	72.062	-86.151	190.00	-190.00
COMB5	36.079	29.020	160.00	55.280	-110.633	218.50	-218.50
COMB6	18.521	12.971	160.00	88.845	-61.669	218.50	-218.50
COMB7	13.900	11.678	160.00	63.862	-52.718	228.00	-228.00
COMB8	41.330	34.722	160.00	85.705	-75.611	237.50	-237.50
COMB9	15.319	13.394	160.00	88.191	-71.501	228.00	-228.00
COMB10	5.149	2.387	160.00	76.955	-91.278	228.00	-228.00
COMB11	13.928	-8.621	160.00	60.172	-115.760	228.00	-228.00
COMB12	15.319	13.394	160.00	93.737	-66.796	228.00	-228.00

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도로교 설계기준 P152참조)

COMB1 : 합성전 고정하중

COMB2 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하

COMB3 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프

COMB4 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축

COMB5 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB6 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 지점침하 + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

COMB7 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중

COMB8 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중 + 풍하중(1/2)

COMB9 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프

COMB10 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축

COMB11 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 + 온도하중

COMB12 : 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 풍하중(1/2) + 크리프 + 건조수축 - 온도하중

k. 합성응력의 검토

▶ 거더 상면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{83.299}{190.00} \right]^2 + \left[\frac{52.737}{110.00} \right]^2$$
$$= 0.192 + 0.230 = 0.422 < 1.2$$

O.K.

▶ 거더 하면

$$\left[\frac{f}{f_a} \right]^2 + \left[\frac{v}{v_a} \right]^2 = \left[\frac{-110.633}{-218.50} \right]^2 + \left[\frac{52.737}{110.00} \right]^2$$
$$= 0.256 + 0.230 = 0.486 < 1.2$$

O.K.

1. 항복에 대한 안전도 검사

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 고정하중 응력} + \text{합성후 고정하중}) + 2.1 \times (\text{활하중에 의한 응력(충격포함)})$
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

▶ 상부 바닥판 RE - BAR

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{rvu} = 12.172 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 35.187 - (12.172) = 23.015 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (12.172) + 2.1 \times (23.015) + (2.283) + (-10.17) + (8.779)$$

$$= 65.048 \text{ Mpa} < f_y = 400.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (12.172) + 2.1 \times (23.015) + (8.779)$$

$$= 72.934 \text{ Mpa} < f_y = 400.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 상부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = 52.792 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{vsu} = 9.693 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 80.813 - (52.792) - (9.693) = 18.328 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.792 + 9.693) + 2.1 \times (18.328) + (2.486) + (-11.237) + (16.782)$$

$$= 127.751 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (52.792 + 9.693) + 2.1 \times (18.328) + (16.782)$$

$$= 136.502 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

▶ 강재 거더 하부플랜지

$$\text{합성전 고정하중 응력} = -41.116 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 고정하중 응력} = (M_{sc} / I_{rv}) \times Y_{vsl} = -10.158 \text{ Mpa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -70.483 - (-41.116) - (-10.158) = -19.209 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.116 + -10.158) + 2.1 \times -19.209 + (4.109) + (-19.777) + -24.482$$

$$= -147.145 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-41.116 + -10.158) + 2.1 \times -19.209 + -24.482 =$$

$$= -131.478 \text{ Mpa} < f_y = 315.0 \text{ Mpa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

6.

6.1

1)

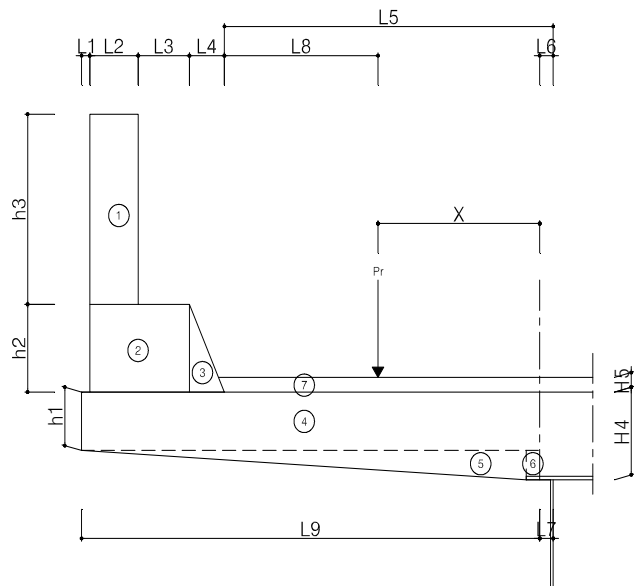
①

바닥판 검토

켄틸레버부

G2축

고정하중



- ▶ $h1 = 0.200$ m
- ▶ $h2 = 0.300$ m
- ▶ $h3 = 0.650$ m
- ▶ $h4 = 0.300$ m
- ▶ $h5 = 0.080$ m
- ▶ $L1 = 0.030$ m
- ▶ $L2 = 0.180$ m
- ▶ $L3 = 0.190$ m
- ▶ $L4 = 0.130$ m
- ▶ $L5 = 1.220$ m
- ▶ $L6 = 0.050$ m
- ▶ $L7 = 0.100$ m
- ▶ $L8 = 0.300$ m
- ▶ $L9 = 1.650$ m

- ▶ 철근콘크리트 단위중량 : 25.00 kN/m^3
- ▶ LMC포장 단위중량 : 23.00 kN/m^3
- ▶ 무근콘크리트 단위중량 : 23.50 kN/m^3
- ▶ 트럭의 1후륜하중 (Pr) : 96.00 kN

- ▶ 설계속도(R) : 60 km/hr
- ▶ 곡선 반경(R) : 3000 m

구 분	작용하중	거 리 (m)	모 멘 트 (kN · m)
①	$0.65 \times 0.18 \times 25 = 2.925$	1.630	4.768
②	$0.3 \times 0.37 \times 25 = 2.775$	1.535	4.260
③	$0.3 \times 0.13 / 2 \times 25 = 0.488$	1.307	0.638
④	$0.2 \times 1.65 \times 0.1 / 2 \times 25 = 8.500$	0.900	7.650
⑤	$0.1 \times 1.65 / 2 \times 25 = 2.063$	0.650	1.341
⑥	$0.1 \times 0.05 \times 25 = 0.125$	0.075	0.009
⑦	$0.08 \times 1.22 \times 23 = 0.092$	0.610	0.056
방음벽	$= 1.000$	1.580	1.580
ΣM_D			20.302

②

활하중 : DB-24

- ▶ $Pr = 96.0 \text{ kN}$
- ▶ $X = 0.870 \text{ m}$
- ▶ $I = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.870) = 0.367 > 0.30 \quad \therefore I = 0.30$
- ▶ $E = 0.8X + 1.14 = 0.8 \times 0.870 + 1.14 = 1.836 \text{ m}$
- ▶ $M_{L+I} = Pr / E \cdot X \cdot (1+I) = (96.0 / 1.836) \times 0.870 \times (1 + 0.300) = 59.137 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

③

차량 충돌하중 : 수평충돌력 H가 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

- ▶ $P_{CO} = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (60 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m}$
- ▶ $M_{CO} = P_O \cdot h = 10.000 \times 1.250 \times 1.000 = 12.500 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

④

풍하중

- ▶ $P_W = p_w \cdot h = 12.050 \times 4.750 = 57.238 \text{ kN/m}$
- ▶ $M_W = 57.238 \times (4.750 / 2 + 0.300 / 2) = 144.525 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑤

원심하중 : $R = 3,000\text{m}$ 이므로 무시.

⑥

극한 모멘트

- ▶ $M_{U1} = 1.3 M_D + 2.15 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} = 1.3 \times 20.302 + 2.15 \times 59.137 + 1.3 \times 0.000 = 153.537 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U2} = 1.3 M_D + 1.3 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} + 1.3 M_{CC} = 1.3 \times 20.302 + 1.3 \times 59.137 + 1.3 \times 0.000 + 1.3 \times 12.500 = 119.521 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U3} = 1.3 M_D + 1.3 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} + 0.65 M_1 = 1.3 \times 20.302 + 1.3 \times 59.137 + 1.3 \times 0.000 + 0.65 \times 144.525 = 197.212 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U4} = 1.2 M_D + 1.2 M_W + 1.2 M_{CO} = 1.2 \times 20.302 + 1.2 \times 144.525 + 1.2 \times 12.500 = 190.326 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
- $\therefore M_u = 197.212 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑦

사용 모멘트

- ▶ $M_{O1} = 1.0 M_D + 1.0 M_{L+I} + 1.0 M_{CF} + 1.0 M_{CC} = 1.0 \times 20.302 + 1.0 \times 59.137 + 1.0 \times 0.000 + 1.0 \times 12.500 = 91.939 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{O2} = 1.0 M_D + 1.0 M_{L+I} + 1.0 M_{CF} + 0.5 M_W = 1.0 \times 20.302 + 1.0 \times 59.137 + 1.0 \times 0.000 + 0.5 \times 144.525 = 151.702 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
- $\therefore M_O = 151.702 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑧

바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

- ▶ $H_{\min} = (80X + 230) = (80 \times 0.870) + 230 = 299.6 \text{ mm}$ 또는 $220 \text{ mm} \leq H = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$

⑥

단면검토

▷ 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ Mpa} \quad f_y = 400.0 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \phi_f = 0.850 \quad \phi_v = 0.800$$

$$p_{min} = \max(0.25\sqrt{f_{ck}}/f_y, 1.4/f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 197.212 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 300.0 \text{ mm} \quad \text{단면의 폭 } B = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 256.0 \text{ mm} \quad \text{피복 두께 } D_c = 44.0 \text{ mm}$$

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\text{사용철근량} = H \text{ } 19 @ 100 \text{ mm} + H \text{ } 19 @ 200 \text{ mm} \quad (d_c = 44 \text{ mm})$$

$$= 4,297.5 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.01679$$

$$\text{공칭강도시 등가응력깊이 } a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 74.902 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 인장철근 변형률 } \epsilon_t = 0.005715 \geq 0.005 \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\dots \text{여기서 } \epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1)$$

$0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$$\phi M_n = \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 319,332,900.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= 319.333 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 197.212 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K.} \quad [S.F = 1.619]$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 $a = 43.122 \text{ mm}$ 로 가정

$$A_s = M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\} = 2,474.1 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 43.122 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K.}$$

$$P_{req} = [M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\}] / (B \cdot D) = 0.00966 \Rightarrow 4/3 P_{req} = 0.01289$$

$$\therefore \text{필요철근량 } req.A_s = P_{req} \times (B \cdot D) = 2,474.1 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\text{철근비검토 } P_{min} \leq P \quad \therefore \text{O.K.}$$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$$M_o = 151.702 \text{ kN m}$$

$$n = E_s/E_c = 200,000 / (0.077 \text{ m}_c^{1.5} \sqrt{f_{cm}})^2 \quad n_p = 0.1175$$

$$p = A_s/(B \cdot D) = 0.01679$$

$$k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.3813$$

$$j = 1 - k/3 = 0.873$$

$$x = k \cdot D = 97.617 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 13.909 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 157.970 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = 157.970 \text{ MPa} \leq 0.6 f_y = 240.00 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K}$$

최외단철근 소요중심간격

$$C_c = d_c - \text{주철근직경}/2 = 34.50 \text{ mm}$$

$$s_1 = 375 (210/f_{st}) - 2.5 C_c = 412.26 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 (210/f_{st}) = 398.81 \text{ mm}$$

$$s_a = \text{Min} [s_1, s_2] = 398.81 \text{ mm}$$

최외단철근 평균배근간격

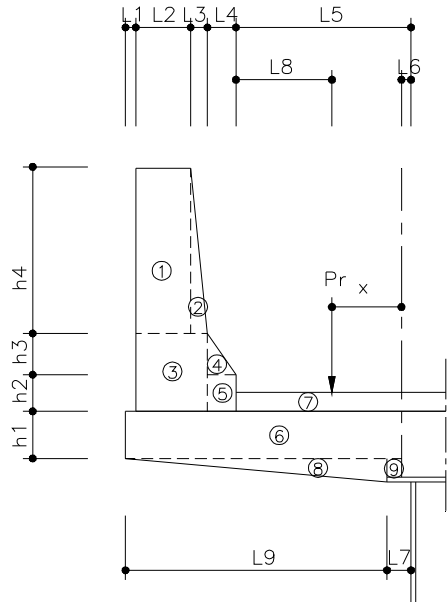
$$s = 50.00 \text{ mm} \leq s_a = 398.81 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

2)

①

G1축

고정하중



- ▶ $h1 = 0.200$ m ▶ $L1 = 0.000$ m
- ▶ $h2 = 0.200$ m ▶ $L2 = 0.095$ m
- ▶ $h3 = 0.250$ m ▶ $L3 = 0.055$ m
- ▶ $h4 = 0.500$ m ▶ $L4 = 0.170$ m
- ▶ $h5 = 0.355$ m ▶ $L5 = 1.425$ m
- ▶ $h6 = 0.080$ m ▶ $L6 = 0.050$ m
- ▶ $L7 = 0.100$ m
- ▶ $L8 = 0.300$ m
- ▶ $L9 = 1.645$ m

- ▶ 철근콘크리트 단위중량 : 25.00 kN/m^3
- ▶ LMC포장 단위중량 : 23.00 kN/m^3
- ▶ 콘그리트 단위중량 : 23.50 kN/m^3
- ▶ 트럭의 1후륜하중 (Pr) : 96.00 kN

- ▶ 설계속도(R) : 60 km/hr
- ▶ 곡선 반경(R) : 3000 m

구 분	작용하중	거 리 (m)	모 멘 트 (kN · m)
①	$0.5 \times 0.095 \times 25 = 1.188$	1.648	1.958
②	$0.5 \times 0.055 / 2 \times 25 = 0.344$	1.563	0.538
③	$0.45 \times 0.15 \times 25 = 1.688$	1.620	2.735
④	$0.25 \times 0.17 / 2 \times 25 = 0.531$	1.432	0.760
⑤	$0.2 \times 0.17 \times 25 = 0.850$	1.460	1.241
⑥	$0.2 \times 1.695 \times 25 = 8.475$	0.848	7.187
⑦	$0.08 \times 1.375 \times 23 = 2.530$	0.688	1.741
⑧	$0.155 \times 1.645 / 2 \times 25 = 3.187$	0.598	1.906
⑨	$0.155 \times 0.05 \times 25 = 0.194$	0.025	0.005
ΣM_D			18.071

②

활하중 : DB-24

- ▶ $P_r = 96.00 \text{ kN}$
- ▶ $X = 1.075 \text{ m}$
- ▶ $I = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 1.075) = 0.365 > 0.30 \quad \therefore I = 0.30$
- ▶ $E = 0.8 X + 1.14 = 0.8 \times 1.075 + 1.14 = 2.000 \text{ m}$
- ▶ $M_{L+I} = P_r / E \cdot X \cdot (1+I) = (96.0 / 2.000) \times 1.075 \times (1 + 0.300) = 67.080 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

③

차량 충돌하중 : 수평충돌력 H가 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

- ▶ $P_{CO} = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (60 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m}$
- ▶ $M_{CO} = P_O \cdot h = 10.000 \times 0.950 \times 2.000 = 19.000 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$ ($R < 200$ 이므로 2배 적용)

④

풍하중

- ▶ $P_w = p_w \cdot h = 3.00 \times 0.950 = 2.850 \text{ kN/m}$
- ▶ $M_w = 2.850 \times (0.950 / 2 + 0.178) = 1.860 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑤

원심하중 : $R = 3,000\text{m}$ 이므로 무시.

⑥

극한 모멘트

- ▶ $M_{U1} = 1.3 M_D + 2.15 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} = 1.3 \times 18.071 + 2.15 \times 67.080 + 1.3 \times 0.000 = 167.714 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U2} = 1.3 M_D + 1.3 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} + 1.3 M_{CC} = 1.3 \times 18.071 + 1.3 \times 67.080 + 1.3 \times 0.000 + 1.3 \times 19.000 = 135.396 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U3} = 1.3 M_D + 1.3 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} + 0.65 M_i = 1.3 \times 18.071 + 1.3 \times 67.080 + 1.3 \times 0.000 + 0.65 \times 1.860 = 111.905 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{U4} = 1.2 M_D + 1.2 M_w + 1.2 M_{CO} = 1.2 \times 18.071 + 1.2 \times 1.860 + 1.2 \times 19.000 = 25.032 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
- $\therefore M_u = 167.714 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑦

사용 모멘트

- ▶ $M_{O1} = 1.0 M_D + 1.0 M_{L+I} + 1.0 M_{CF} + 1.0 M_{CC} = 1.0 \times 18.071 + 1.0 \times 67.080 + 1.0 \times 0.000 + 1.0 \times 19.000 = 104.15 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
 - ▶ $M_{O2} = 1.0 M_D + 1.0 M_{L+I} + 1.0 M_{CF} + 0.5 M_w = 1.0 \times 18.071 + 1.0 \times 67.080 + 1.0 \times 0.000 + 0.5 \times 1.860 = 86.081 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$
- $\therefore M_O = 104.151 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑧

바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

- ▶ $H_{\min} = (80 X + 230) = (80 \times 1.075) + 230 = 316 \text{ mm}$ 또는 $220 \text{ mm} \leq H = 355 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K}$

⑥

단면검토

▷ 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ Mpa} \quad f_y = 400.0 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \phi_f = 0.850 \quad \phi_v = 0.800$$

$$p_{min} = \max(0.25\sqrt{f_{ck}}/f_y, 1.4/f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 167.714 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 355.0 \text{ mm} \quad \text{단면의 폭 } B = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 311.0 \text{ mm} \quad \text{피복 두께 } D_c = 44.0 \text{ mm}$$

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\text{사용철근량} = H \text{ } 19 @ 100 \text{ mm} + H \text{ } 19 @ 200 \text{ mm} \quad (d_c = 44 \text{ mm})$$

$$= 4,297.5 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.01382$$

$$\text{공칭강도시 등가응력깊이 } a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 74.902 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 인장철근 변형률 } \epsilon_t = 0.007588 \geq 0.005 \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\dots \text{여기서 } \epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1)$$

$0.005 \leq \epsilon_t$ 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$$\phi M_n = \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 399,696,150.0 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$= 399.696 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 167.714 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K.} \quad [S.F = 2.383]$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 $a = 28.997 \text{ mm}$ 로 가정

$$A_s = M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\} = 1,663.7 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 28.997 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K.}$$

$$P_{req} = [M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\}] / (B \cdot D) = 0.00535 \Rightarrow 4/3 P_{req} = 0.00713$$

$$\therefore \text{필요철근량 } req.A_s = P_{req} \times (B \cdot D) = 1,663.7 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\text{철근비검토 } P_{min} \leq P \quad \therefore \text{O.K.}$$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$$M_o = 104.151 \text{ kN m}$$

$$n = E_s/E_c = 200,000 / (0.077 m_c^{1.5} \sqrt{f_{cm}}) = 7 \quad n_p = 0.0967$$

$$p = A_s/(B \cdot D) = 0.01382$$

$$k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.3536$$

$$j = 1 - k/3 = 0.882$$

$$x = k \cdot D = 109.976 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.904 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 88.340 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = 88.340 \text{ MPa} \leq 0.6 f_y = 240.00 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K}$$

최외단철근 소요중심간격

$$C_c = d_c - \text{주철근직경}/2 = 34.50 \text{ mm}$$

$$s_1 = 375 (210/f_{st}) - 2.5 C_c = 805.19 \text{ mm}$$

$$s_1 = 300 (210/f_{st}) = 713.16 \text{ mm}$$

$$s_a = \text{Min} [s_1, s_2] = 713.16 \text{ mm}$$

최외단철근 평균배근간격

$$s = 50.00 \text{ mm} \leq s_a = 713.16 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

7.2

연속부

①

고정하중

구 분	두께 (m)	단위중량 (kN/m ³)	하중 (kN/m)
바닥판	0.270	25.000	6.750
LMC 포장	0.080	23.000	1.840
Σ Wd			8.590

▶ 연속판의 지간 : $L = 3.400 \text{ m}$

▶ $M_d = \Sigma W_d \cdot L^2 / 10 = 9.930 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

②

활하중 : DB-24

▶ $Pr = 96.00 \text{ kN}$

▶ $I = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 3.4) = 0.346 > 0.30 \therefore I = 0.30$

▶ $M_{L+I} = (1+0.6) / 9.6 \cdot Pr \cdot (1+I) = (3.400+0.6) / 9.6 \times 96 \times (1+0.3) = 52.000 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

→ 바닥판이 3개이상의 지점을 가지므로 위의 값의 80%를 취한다.

$\therefore M_{L+I} = 41.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

③

원심하중 : $R = 3,000\text{m}$ 이므로 무시.

④

극한 모멘트

▶ $M_U = 1.3 M_D + 2.15 M_{L+I} + 1.3 M_{CF} = 1.3 \times 9.930 + 2.15 \times 41.600 + 1.3 \times 0.000 = 102.349 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑤

사용 모멘트

▶ $M_O = 1.0 M_D + 1.0 M_{L+I} + 1.0 M_{CF} = 1.0 \times 9.930 + 1.0 \times 41.600 + 1.0 \times 0.000 = 51.530 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

⑥

바닥판의 최소 두께

▶ $H_{\min} = (30 X + 130) = 30 \times 3.400 + 130 = 232 \text{ mm}$ 또는 $220 \text{ mm} \leq H = 270 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K.}$

⑥

단면검토

▷ 검토 조건

$$f_{ck} = 27.0 \text{ Mpa} \quad f_y = 400.0 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.850 \quad \phi_f = 0.850 \quad \phi_v = 0.800$$

$$p_{min} = \max(0.25\sqrt{f_{ck}}/f_y, 1.4/f_y) = 0.00350$$

$$\text{계수 모멘트 } M_u = 102.349 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{단면의 두께 } H = 270.0 \text{ mm} \quad \text{단면의 폭 } B = 1,000.0 \text{ mm}$$

$$\text{유효 깊이 } D = 226.0 \text{ mm} \quad \text{피복 두께 } D_c = 44.0 \text{ mm}$$

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 19 @ 200 \text{ mm} + H \text{ } 19 @ 200 \text{ mm} \quad (d_c = 44 \text{ mm}) \\ &= 2,865.0 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.01268 \end{aligned}$$

$$\text{공칭강도시 등가응력깊이 } a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 49.935 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 인장철근 변형률 } \epsilon_t = 0.008541 \geq 0.005 \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\dots \text{여기서 } \epsilon_t = 0.003 \cdot (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1)$$

0.005 ≤ ϵ_t 이므로 인장지배단면, $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 195,825,933.3 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 195.826 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 102.349 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K.} \quad [S.F = 1.913] \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 $a = 24.549 \text{ mm}$ 로 가정

$$A_s = M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\} = 1,408.5 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 24.549 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K.}$$

$$P_{req} = [M_u / \{\phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\}] / (B \cdot D) = 0.00623 \Rightarrow 4/3 P_{req} = 0.00831$$

$$\therefore \text{필요철근량 } req.A_s = P_{req} \times (B \cdot D) = 1,408.5 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \quad \therefore \text{O.K.}$$

$$\text{철근비검토 } P_{min} \leq P \quad \therefore \text{O.K.}$$

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

$$M_o = 51.530 \text{ kN m}$$

$$n = E_s/E_c = 200,000 / (0.077 m_c^{1.5} \sqrt{f_{cm}})^2 \quad n_p = 0.0887$$

$$p = A_s/(B \cdot D) = 0.01268$$

$$k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.3418$$

$$j = 1 - k/3 = 0.886$$

$$x = k \cdot D = 77.244 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.663 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 89.817 \text{ MPa}$$

$$f_{st} = 89.817 \text{ MPa} \leq 0.6 f_y = 240.00 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K}$$

최외단철근 소요중심간격

$$C_c = d_c - \text{주철근직경}/2 = 34.50 \text{ mm}$$

$$s_1 = 375 (210/f_{st}) - 2.5 C_c = 790.53 \text{ mm}$$

$$s_2 = 300 (210/f_{st}) = 701.43 \text{ mm}$$

$$s_a = \text{Min} [s_1, s_2] = 701.43 \text{ mm}$$

최외단철근 평균배근간격

$$s = 100.00 \text{ mm} \leq s_a = 701.43 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$