송읍교(부산 4@55, S4~S7)-상부구조

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 송읍교(부산)

(3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder교

(4) 교 량 연 장 : 4@55 = 220.0m

(5) 교 량 폭 원 : B = 12.145 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(6) Girder 제원 : B = 2.500 m H = 2.700 m

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM490
부 부 재	SM400
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000 MPa

▪ 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

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

<table>
<tr><th colspan="2">강 종
응력 종류, 판두께(mm)</th><th>SS 400
SM 400
SMA400</th><th>SM 490</th><th>SM490Y
SM 520
SMA490</th><th>SM 570
SMA570</th><th>HSB500</th><th>HSB600</th><th>HSB800</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ⓐ 휨 압축응력</td><td>40 이하</td><td>140</td><td>190</td><td>215</td><td>270</td><td rowspan="3">230</td><td rowspan="3">270</td><td rowspan="3">380</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">175
(190)</td><td>200
(215)</td><td>260
(270)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>195
(215)</td><td>250
(270)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">전단응력</td><td>40 이하</td><td>80</td><td>110</td><td>125</td><td>155</td><td rowspan="3">135</td><td rowspan="3">155</td><td rowspan="3">220</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">75</td><td rowspan="2">100
(110)</td><td>115
(125)</td><td>150
(155)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>115
(125)</td><td>145
(155)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">지압응력
(강판과 강판 사이)</td><td>40 이하</td><td>210</td><td>285</td><td>325</td><td>405</td><td rowspan="3">345</td><td rowspan="3">405</td><td rowspan="3">570</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">195</td><td rowspan="2">265
(285)</td><td>300
(325)</td><td>390
(405)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>295
(325)</td><td>375
(405)</td></tr>
</table>

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.2.5)

<table>
<tr><th colspan="2">강 종
응력 종류, 판두께(mm)</th><th>SS 400
SM 400
SMA400</th><th>SM 490</th><th>SM490Y
SM 520
SMA490</th><th>SM 570
SMA570</th><th>HSB500</th><th>HSB600</th><th>HSB800</th></tr>
<tr><td rowspan="3">기준 항복점</td><td>40 이하</td><td>235</td><td>315</td><td>355</td><td>450</td><td rowspan="3">380</td><td rowspan="3">450</td><td rowspan="3">690</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">215</td><td rowspan="2">295
(315)</td><td>335
(355)</td><td>430
(450)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>325
(355)</td><td>420
(450)</td></tr>
</table>

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 [ ]안의 값을 적용한다.

▪ 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

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

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

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

▪ ⓐ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

<table>
<tr><th colspan="2">강 종 / 판두께(mm)</th><th>SS 400
SM 400
SMA400</th><th>SM 490
[SM490C-TMC]</th><th>SM490Y
SM 520
SMA490
[SM520C-TMC]</th><th>SM 570
SMA570
SM570C-TMC]</th></tr>
<tr><td rowspan="3">$\frac{A_w}{A_c} \le 2$</td><td>40 이하</td><td>$140 : \frac{l}{b} \le 4.6$
$140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$
$4.6 < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$190 : \frac{l}{b} \le 4.0$
$190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$
$4.0 < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$215 : \frac{l}{b} \le 3.8$
$215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$
$3.8 < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$
$270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$
$3.4 < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td>40 초과
75 이하</td><td rowspan="2">$130 : \frac{l}{b} \le 4.9$
$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$
$4.9 < \frac{l}{b} \le 30$</td><td rowspan="2">$175 : \frac{l}{b} \le 4.1$
$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$
$4.1 < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$200 : \frac{l}{b} \le 3.9$
$200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$
$3.9 < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$260 : \frac{l}{b} \le 3.4$
$260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$
$3.4 < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td>75 초과
100 이하</td><td>$195 : \frac{l}{b} \le 3.9$
$195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$
$3.9 < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$250 : \frac{l}{b} \le 3.5$
$250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$
$3.5 < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">$\frac{A_w}{A_c} > 2$</td><td>40 이하</td><td>$140 : \frac{l}{b} \le \frac{9.3}{K}$
$140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$
$\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$190 : \frac{l}{b} \le \frac{8.0}{K}$
$190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$
$\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$215 : \frac{l}{b} \le \frac{7.5}{K}$
$215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$
$\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$
$270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$
$\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td>40 초과
75 이하</td><td rowspan="2">$130 : \frac{l}{b} \le \frac{9.7}{K}$
$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$
$\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \le 30$</td><td rowspan="2">$175 : \frac{l}{b} \le \frac{8.3}{K}$
$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$
$\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$</td><td>$200 : \frac{l}{b} \le \frac{7.8}{K}$
$200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$
$\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$260 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$
$260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$
$\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td>75 초과
100 이하</td><td>$195 : \frac{l}{b} \le \frac{7.9}{K}$
$195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$
$\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \le 27$</td><td>$250 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$
$250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$
$\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$</td></tr>
<tr><td colspan="2">비 고</td><td colspan="4">A_w : 복부판의 총 단면적 (mm^2)
A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2)
l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm)
b : 압축플랜지의 폭 (mm)
K : $\sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$</td></tr>
</table>

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

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

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

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

▪ 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) (☞ 도.설.해 3.3.2.3)

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

② 바닥판 콘크리트 (☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})		27.0	MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)		26,702	MPa
전단 탄성계수 (G_c)		11,444	MPa
탄성계수비 (n)		7	
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차		10	℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)		0.000012	
건조수축 계수 (ε_s)		0.000270	
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1$:	4	

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400	MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000	MPa
허용압축응력 (f_{ca})	180	MPa
허용인장응력 (f_{ta})	160	MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m^3

② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m^3

③ 강 재 : 78.500 kN/m^3

④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m^3

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 11.405 m , N = 3 차로

W = 11.405 / 3 = 3.802 m > 3.600 m

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
  - 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
  - 후륜하중 : P_r = 96.000 kN
- DL-24 하중
  - 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
  - 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN

③ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 0.158 < 0.300 ∴ i = 0.158

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

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

(5) 온도변화에 대한 영향

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

3) 설 계 방 법

(1) 바 닥 판 : 강도설계법

(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)

(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)

(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)

(4) 도로설계 편람 (2008)

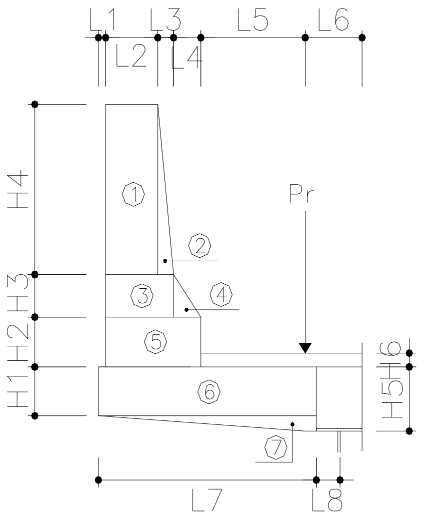
(5) 도로설계 요령 (2001)

(6) 강구조 편람 (1995)

(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

1. 바닥판설계

1-1. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000	kN/m³	H1 =	0.200	m	L1 =	0.030	m
포장 단위중량 :	23.000	kN/m³	H2 =	0.125	m	L2 =	0.230	m
설계 속도	: 120.000	km/h	H3 =	0.175	m	L3 =	0.070	m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	: 96.000	kN	H4 =	0.700	m	L4 =	0.120	m
곡선 반경(R)	: ∞	m	H5 =	0.300	m	L5 =	0.300	m
			H6 =	0.080	m	L6 =	0.120	m
						L7 =	0.820	m
						L8 =	0.050	m
						L9 =	0.000	m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)		거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	0.23 × 0.7 × 25	= 4.025	0.725	2.918
2	½ × 0.07 ×0.7 × 25	= 0.613	0.587	0.359
3	0.30 × 0.175 × 25	= 1.313	0.690	0.906
4	½ × 0.12 × 0.175 × 25	= 0.263	0.500	0.131
5	0.42 ×0.125 × 25	= 1.313	0.630	0.827
6	0.870 × 0.25 × 25	= 4.350	0.435	1.892
7	½ ×0.870 ×0.05 × 25	= 1.088	0.290	0.315
8	0.08 × 0.420 × 23	= 0.773	0.210	0.162
TOTAL		13.735		7.511

∴ Md = 7.511 kN · m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.12 + 1.14 = 1.236 m 여기서, X = 0.120 m

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.12) = 0.374 > 0.3 ∴ i = 0.3

Ml+i = Pr/E · X · (1 + i) = (96 / 1.236) × 0.12 × (1 + 0.3) = 12.117 kN·m/m

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

H =(V/60)^2 X 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 X 7.5 + 2.5 = 32.500 kN/m h = 1.000 m

Mco = 32.500 × 1.000 = 32.500 kN·m/m

라) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.320 m = 3.960 kN/m

Mw = 3.960 kN/m × 0.890 m = 3.524 kN·m/m

마) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i

= 1.3 × 7.511 + 2.15 × 12.117 = 35.816 kN·m/m

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mco

= 1.3 × 7.511 + 1.3 × 12.117 + 1.3 × 32.5 = 67.767 kN·m/m

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 0.65 Mw

= 1.3 × 7.511 + 1.3 × 12.117 + 0.65 × 3.524 = 27.807 kN·m/m

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

= 1.2 × 7.511 + 1.2 × 3.524 + 1.2 × 32.5 = 52.243 kN·m/m

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

= 1.3 × 7.511 + 1.3 × 3.524 = 14.346 kN·m/m

사용 모멘트

M = 1.0 Md + 1.0 Ml+i + 0.3 Mw

= 1.0 × 7.511 + 1.0 × 12.117 + 0.3 × 3.524 = 20.685 kN·m/m

바) 바닥판의 최소 두께 (X ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설 3.6.1.5)

h_{min} = (280 · L + 180) ={(280 × 0.12) + 180} = 214 mm

huse = 300.0 mm > 214.0 mm **O.K!!**

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck =	27	MPa	fy =	400	MPa
Mu =	67.767	kN · m			
b =	1000	mm	h =	300.0	mm
d' =	50	mm	d =	250.0	mm
Ø(Bending) =	0.85		β1 =	0.85	

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

a = As × fy / (0.85 × fck × b) = 0.0174 As = 27.692 mm

Mu = Φ × As × fy × (d − a/2) = −3.0 As^2 + 85000 As

= 67767000

εt = 0.003 × (H − a/β1 − Dc_min) / (a/β1) = 0.02002 > 0.004

O.K.!!

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 820.7 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1094.3 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm²

Min. As = 0.25 √ fck / fy × b × d = 811.9 mm²

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm²

Asuse = 1588.8 mm²

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.00636 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 **O.K.!!**

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × c= 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b)= 27.692 mm

jd = d − a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN · m > Mu = 67.767 kN · m **O.K.**

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 20.685 kN · m/m

탄성계수비(n) = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = - np + √{(np)² + 2np} = - 0.0448 + √{(0.0448)² + 2 × 0.0448} = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{20.685 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250.0^2}$$

= 56.578 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

인장연단폭(S1) = 375 (210 / fs) - 2.5Cc = 375 (210 / 56.578) - 2.5 × 42 = 1290.634 mm

인장연단폭(S2) = 300 (210 / fs) = 300 (210 / 56.578) = 1113.507 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min (S1, S2) = 1113.507 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 1113.507 mm **O.K!!**

1-2. 중앙부

가) 고정하중

철근콘크리트 :	0.300	m	×	25.000	kN/m^3	=	7.500	kN/m^2
포장 :	0.080	m	×	23.000	kN/m^3	=	1.840	kN/m^2
					Wd	=	9.340	kN/m^2

계산지간 L = 2.450 m   바닥판 지점의 수 n = 5

Md = (1 / 10) · Wd · L ² = (1 / 10) × 9.34 × 2.45^2 = 5.606 kN · m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96.0 kN)

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.45) = 0.353 > 0.3 ∴ i = 0.3

Ml+i = ((L+0.6) / 9.6) · Pr · (1+i) = ((2.45 + 0.6) / 9.6) × 96 × (1 + 0.3)

= 39.650 kN · m

연속바닥판이므로, (☞ 도.설 3.6.1.4)

Ml+i = 0.8 × 39.65 = 31.720 kN · m/m

다) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

① 계수 모멘트

Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i

= 1.3 × 5.606 + 2.15 × 31.72 = 75.486 kN · m/m

① 사용 모멘트

M = 1.0 Md + 1.0 Ml+i

= 1.0 × 5.606 + 1.0 × 31.72 = 37.326 kN · m/m

라) 바닥판의 최소 두께 (☞ 도.설 3.6.1.5)

hmin = (30 · L + 130) = {(30 × 2.45) + 130} = 204 mm

huse = 300.0 mm > 204.0 mm   O.K!!

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck =	27	MPa	fy =	400	MPa
Mu =	75.486	kN · m			
b =	1000	mm	h =	300	mm
d' =	50	mm	d =	250	mm
Ø(Bending) =	0.85		β1 =	0.85	

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ = 0.0174 As = 27.692 mm

$Mu = \Phi \times As \times fy \times (d - a/2)$ = $-3.0\ As^2 + 85000\ As$

= 75486000

$\varepsilon t = 0.003 \times (H - a/\beta 1 - Dc\_min) / (a/\beta 1)$ = 0.02002 > 0.004

O.K.!!

$0.005 < \varepsilon t \quad \varnothing f = 0.850$

∴ Req'd As = 917.4 mm^2

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1223.2 mm^2

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm^2

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm^2

Min. As = $0.25 \sqrt{fck} / fy \times b \times d$ = 811.9 mm^2

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm^2

Asuse = 1588.8 mm^2

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.0064 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 O.K.!!

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d = 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b) = 27.692 mm

jd = d − a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN · m > Mu = 75.486 kN · m O.K.

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 37.326 kN·m/m

탄성계수비(n) = Es / Ec = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = $-np+\sqrt{(np)^2+2np}$ = $-0.0448+\sqrt{(0.0448)^2+2\times0.0448}$ = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{37.326 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2}$$

= 102.095 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

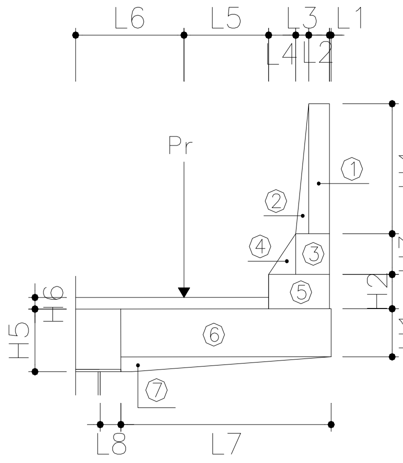
인장연단폭(S1) = 375 (210 / fs) - 2.5Cc = 375 (210 / 102.095) - 2.5 × 42 = 670.090 mm

인장연단폭(S2) = 300 (210 / fs) = 300 (210 / 102.095) = 617.072 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min (S1, S2) = 617.072 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 617.072 mm **O.K!!**

1-3. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m³	H1 =	0.200 m	L1 =	0.005 m
포장 단위중량 :	23.000 kN/m³	H2 =	0.075 m	L2 =	0.095 m
설계 속도	: 120.000 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.060 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	: 96.000 kN	H4 =	0.560 m	L4 =	0.125 m
곡선 반경(R)	: ∞ m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.300 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.295 m
				L7 =	0.830 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.000 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)		거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	0.095 × 0.56 × 25	= 1.330	0.828	1.101
2	½ × 0.06 ×0.56 × 25	= 0.420	0.760	0.319
3	0.155 × 0.175 × 25	= 0.678	0.798	0.541
4	½ × 0.125 × 0.175 × 25	= 0.273	0.678	0.185
5	0.28 × 0.075 × 25	= 0.525	0.735	0.386
6	1.025 × 0.25 × 25	= 4.400	0.440	1.936
7	½ × 0.880 ×0.100 × 25	= 1.100	0.293	0.323
8	0.08 × 0.595 × 23	= 1.095	0.298	0.326
TOTAL		9.821		5.116

∴ Md = 5.116 kN · m

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.295 + 1.14 = 1.376$ m 여기서, $X = 0.295$ m

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.295) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore \; i = 0.3$

$M_{l+i} = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.376) \times 0.295 \times (1 + 0.3) = 26.756$ kN·m/m

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 32.500$ kN/m $\quad h = 1.000$ m

$M_{co} = 32.500 \times 1.000 = 32.500$ kN·m/m

라) 풍하중

$P_w = 3.0$ kN/m² $\times$ 1.130 m = 3.390 kN/m

$M_w = 3.390$ kN/m $\times$ 0.795 m = 2.695 kN·m/m

마) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

① $M_{u1} = 1.3\ M_d + 2.15\ M_{l+i}$

$= 1.3 \times 5.116 + 2.15 \times 26.756 = 64.177$ kN·m/m

② $M_{u2} = 1.3\ M_d + 1.3\ M_{l+i} + 1.3\ M_{co}$

$= 1.3 \times 5.116 + 1.3 \times 26.756 + 1.3 \times 32.5 = 83.684$ kN·m/m

③ $M_{u3} = 1.3\ M_d + 1.3\ M_{l+i} + 0.65\ M_w$

$= 1.3 \times 5.116 + 1.3 \times 26.756 + 0.65 \times 2.695 = 43.186$ kN·m/m

④ $M_{u4} = 1.2\ M_d + 1.2\ M_w + 1.2\ M_{co}$

$= 1.2 \times 5.116 + 1.2 \times 2.695 + 1.2 \times 32.5 = 48.374$ kN·m/m

⑤ $M_{u5} = 1.3\ M_d + 1.3\ M_w$

$= 1.3 \times 5.116 + 1.3 \times 2.695 = 10.155$ kN·m/m

사용 모멘트

$M = 1.0\ M_d + 1.0\ M_{l+i} + 0.3\ M_w$

$= 1.0 \times 5.116 + 1.0 \times 26.756 + 0.3 \times 2.695 = 32.681$ kN·m/m

바) 바닥판의 최소 두께 (X > 0.25인 경우) (☞ 도.설 3.6.1.5)

hmin = (80 · L + 230) = {(80 × 0.295) + 230} = 254 mm

huse = 300.0 m > 254.0 m O.K!!

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 83.684 kN · m

b = 1000 mm h = 300.0 mm

d' = 50 mm d = 250.0 mm

Ø(Bending) = 0.85 β1 = 0.85

[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

a = As × fy / (0.85 × fck × b) = 0.0174 As = 27.692 mm

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As^2 + 85000 As

= 83684000

εt = 0.003 × (H - a/β1 - Dc_min) / (a/β1) = 0.02002 > 0.004

O.K.!!

0.005 < εt Øf = 0.850

∴ Req'd As = 1020.8 mm^2

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1361.1 mm^2

Min. As = 0.002 × b × d = 500.0 mm^2

Min. As = 1.4/fy × b × d = 875.0 mm^2

Min. As = 0.25 √ fck / fy × b × d = 811.9 mm^2

USE H 16 @ 125 = 1588.8 mm^2

Asuse = 1588.8 mm^2

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.00636 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 O.K.!!

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × c = 112.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 95.625 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b) = 27.692 mm

jd = d - a/2 = 236.154 mm

C = 0.85 × fck × a × b = 635.520 kN T = fy × As = 635.520 kN

ΦMn = Φfy × As × jd = 127.569 kN · m > Mu = 83.684 kN · m O.K.

아) 사용성(균열) 검토

Mmax = 32.681 kN·m/m

탄성계수비(n) = 7

철근비(p) = As / bd = 1588.8 / 1000 * 250 = 0.0064

중립축(k) = - np + √{(np)² + 2np} = - 0.0448 + √{(0.0448)² + 2 × 0.0448} = 0.258

중립축 거리(x) = k × d = 0.258 × 250 = 64.500 m

j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258) / 3 = 0.914

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{32.681 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2}$$

= 89.390 MPa < 0.6 fy = 240.000 MPa **O.K!!**

최소두께(Cc) = d' - 철근직경 / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 mm

인장연단폭(S1) = 375 (210 / fs) - 2.5Cc = 375 (210 / 89.39) - 2.5 × 42 = 779.721 mm

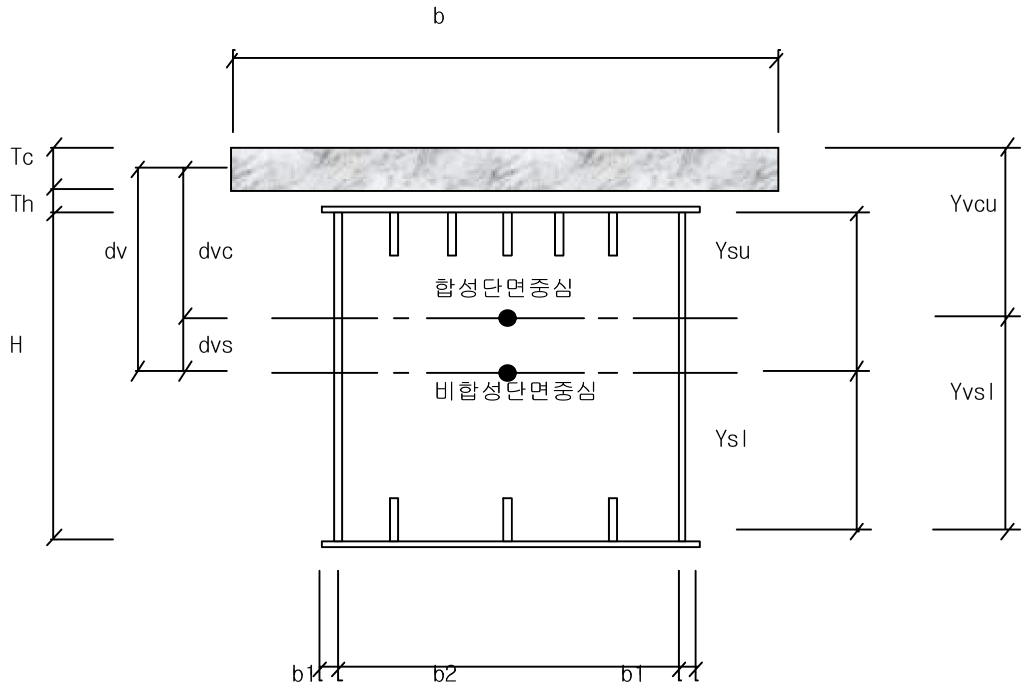
인장연단폭(S2) = 300 (210 / fs) = 300 (210 / 89.39) = 704.777 mm

철근 소요중심간격(Sa) = Min (S1, S2) = 704.777 mm

철근 평균간격 S = 125.0 mm ≤ 704.777 mm **O.K!!**

2. 단면상수 산정

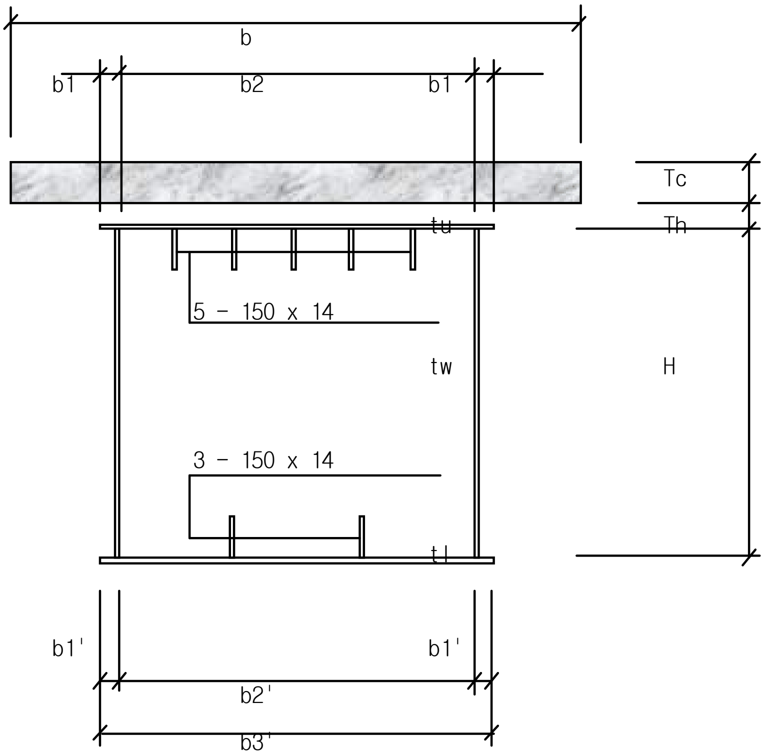
2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다.

b	- 바닥판 콘크리트의 폭
Tc	- 바닥판 콘크리트의 두께
Th	- 바닥판 콘크리트의 헌치 높이
N	- 강재와 콘크리트의 탄성계수비 (N = Es / Ec)
Ac	- 바닥판 콘크리트의 단면적
Av	- 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적
Ic	- 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트
dv	- 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
dvc	- 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
dvs	- 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)
I33	- 합성전 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
I22	- 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
Iv33	- 합성후 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
Iv22	- 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

- Section G1-1



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	-1355.00	-36585000	49572675000	225000
TOTAL						135600		5355000	126455850000	39397950000

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 126455850000 + 39397950000 = 165853800000 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 5355000 / 135600 = 39.49 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 165853800000 - 135600 \times 39.491^2 = 165642324889 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 135030110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2710.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2710^2) / (2 \times 2710/12 + 2512/10 + 2512/10)$

$= 194293879745$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 135600 + 1216000 / 8 = 287600$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 39.491 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1460.51$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1460.509 \times 135600 / 287600 = 688.61$ mm

$dvs = dv - dvc = 1460.509 - 688.613 = 771.90$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 165642324889 + 4053333333 / 8 + 135600 \times 771.896^2$

$+ 1216000 / 8 \times 688.613^2 = 319019173117$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 135030110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 603271177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

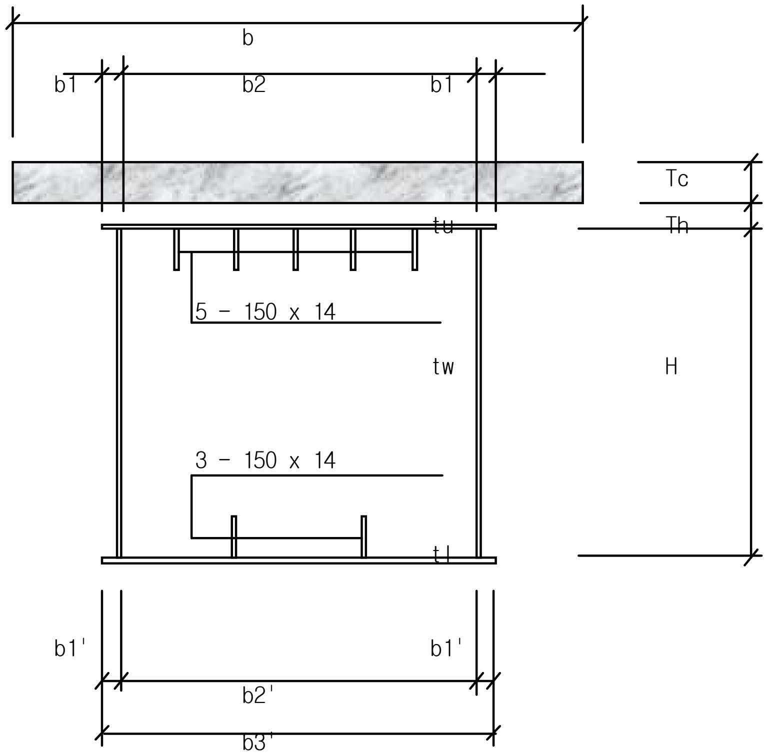
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2710^2) / (2 \times 2710/12 + 2512/35 + 2512/10)$

$= 239297957770$ mm^4

- Section G1-2



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1355.00	-36585000	49572675000	225000
TOTAL		141000		12704400	136458221400	39398113800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 12704400 / 141000 = 90.10\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 175856335200 - 141000 \times 90.102^2 = 174711641729\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/12 + 2512/10)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1216000 / 8 = 293000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 90.102 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1409.90 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1409.898 \times 141000 / 293000 = 678.48$ mm

$dvs = dv - dvc = 1409.898 - 678.483 = 731.41$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 174711641729 + 4053333333 / 8 + 141000 \times 731.415^2$

$+ 1216000 / 8 \times 678.483^2 = 320620311835$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 606551677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

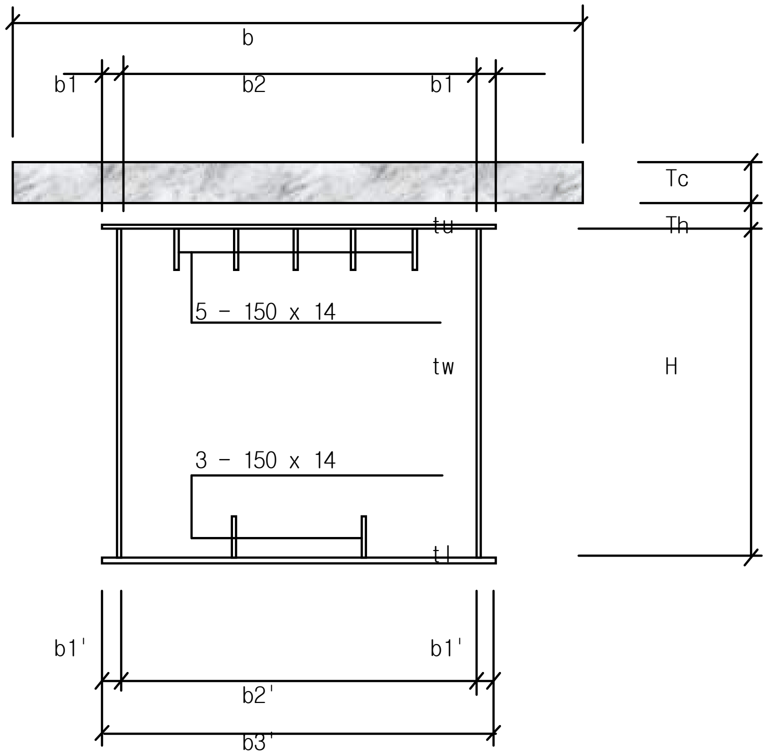
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/37 + 2512/10)$

$= 240627932897$ mm^4

- Section G1-3



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		151800		-2005200	156492318600	39398506200

Is´ = ∑AsY² + ∑Io
= 156492318600 + 39398506200 = 195890824800 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As
= -2005200 / 151800 = -13.21 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²
= 195890824800 - 151800 x -13.209 ² = 195864337138 mm⁴

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2
= (2700³ x 12 / 12) + (2700³ x 14 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)
+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 144871610400 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2
= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2713.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/12 + 2512/14)$

$= 220922393940$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 151800 + 1216000 / 8 = 303800$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -13.209 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1513.21 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1513.209 \times 151800 / 303800 = 756.11$ mm

$dvs = dv - dvc = 1513.209 - 756.107 = 757.10$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 195864337138 + 4053333333 / 8 + 151800 \times 757.103^2$

$+ 1216000 / 8 \times 756.107^2 = 370281462411$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 144871610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 613112677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

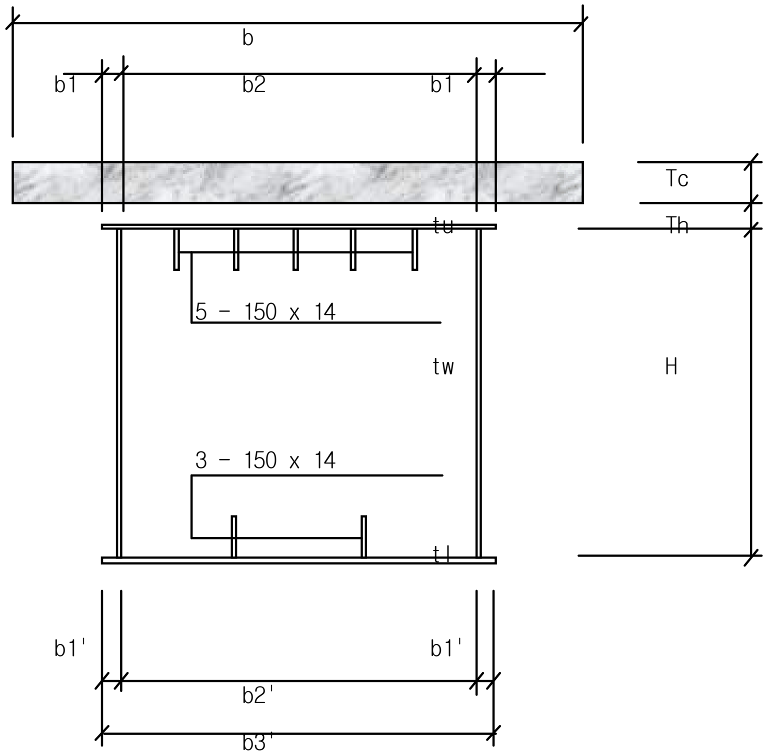
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/37 + 2512/14)$

$= 265594526573$ mm^4

- Section G1-4



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1358.00	58665600	79667884800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		162600		12726000	176585157000	39399039000

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 176585157000 + 39399039000 = 215984196000 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 12726000 / 162600 = 78.27 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 215984196000 - 162600 \times 78.266^2 = 214988186923 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 151432610400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 16.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2715.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2715^2) / (2 \times 2715/12 + 2512/16 + 2512/14)$

$= 235831191268$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 162600 + 1216000 / 8 = 314600$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 78.266 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1421.73$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1421.734 \times 162600 / 314600 = 734.82$ mm

$dvs = dv - dvc = 1421.734 - 734.819 = 686.92$ mm

$= 214988186923 + 4053333333 / 8 + 162600 \times 686.915^2$

$+ 1216000 / 8 \times 734.819^2 = 374291857339$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 151432610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 619673677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

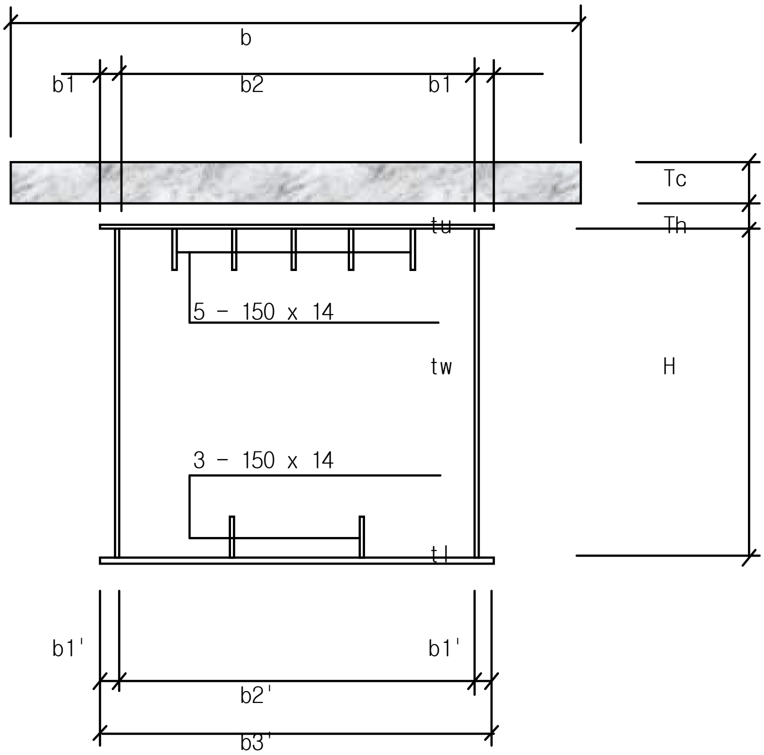
$= 16.000 + 200.000 / 8 = 41.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2715^2) / (2 \times 2715/12 + 2512/41 + 2512/14)$

$= 268399893967$ mm^4

- Section G1-5



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	16.0	43200	1358.00	58665600	79667884800	921600
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	20.0	54000	-1360.00	-73440000	99878400000	1800000
TOTAL						178800		-9419400	206856784800	39400221600

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 206856784800 + 39400221600 = 246257006400\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -9419400 / 178800 = -52.68\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 246257006400 - 178800 \times -52.681^2 = 245760781029\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 161274110400\ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2718.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2718^2) / (2 \times 2718/12 + 2512/16 + 2512/20)$

$= 253487440149$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 178800 + 1216000 / 8 = 330800$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -52.681 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1552.68$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1552.681 \times 178800 / 330800 = 839.24$ mm

$dvs = dv - dvc = 1552.681 - 839.236 = 713.44$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 245760781029 + 4053333333 / 8 + 178800 \times 713.445^2$

$+ 1216000 / 8 \times 839.236^2 = 444333568180$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 161274110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 629515177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

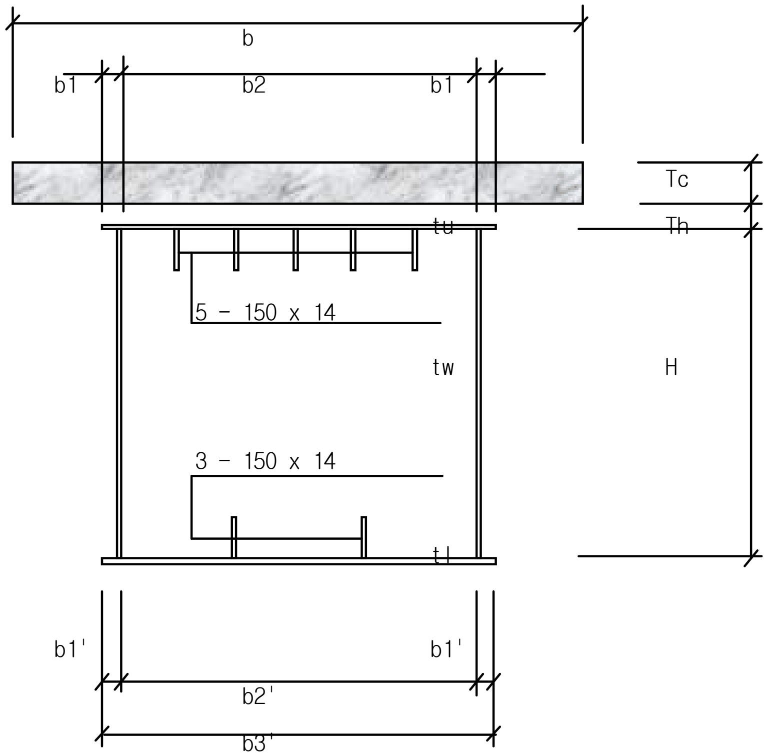
$= 16.000 + 200.000 / 8 = 41.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2718^2) / (2 \times 2718/12 + 2512/41 + 2512/20)$

$= 291412096999$ mm^4

- Section G1-6



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2 (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	-1360.00	-73440000	99878400000	1800000
TOTAL		168000		-24150600	186763946400	39399688800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 186763946400 + 39399688800 = 226163635200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -24150600 / 168000 = -143.75 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 226163635200 - 168000 \times -143.754^2 = 222691900198 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 154713110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/12 + 2512/20)$

$= 236403055350$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 168000 + 1216000 / 8 = 320000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -143.754 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1643.75 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1643.754 \times 168000 / 320000 = 862.97$ mm

$dvs = dv - dvc = 1643.754 - 862.971 = 780.78$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 222691900198 + 4053333333 / 8 + 168000 \times 780.783^2$

$+ 1216000 / 8 \times 862.971^2 = 438812245991$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 622954177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

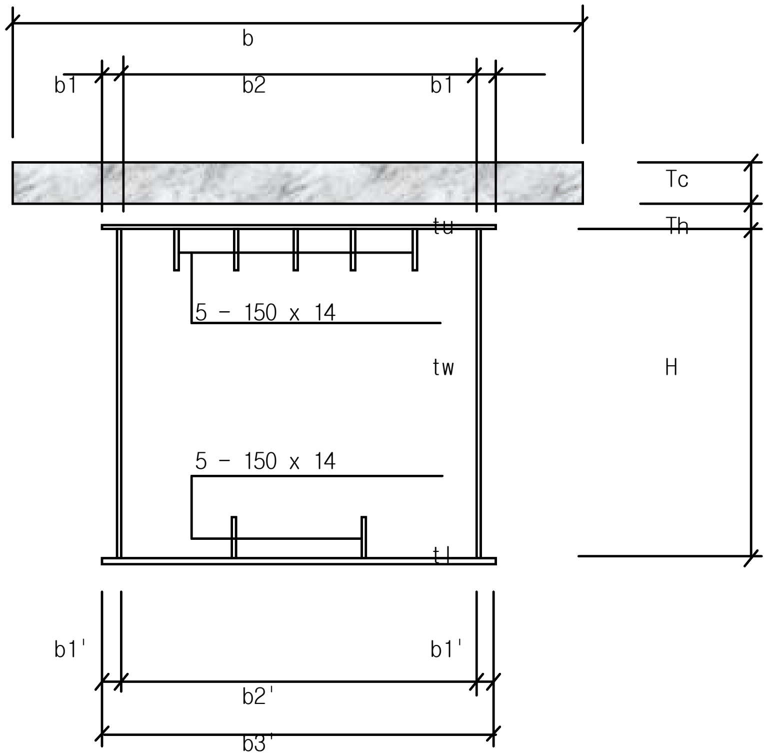
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/37 + 2512/20)$

$= 288150708410$ mm^4

- Section G1-7



b = 6080.000 mm

b1 = 100.000 mm

b2 = 2500.000 mm

b3 = 2700.000 mm

b1' = 100.000 mm

b2' = 2500.000 mm

b3' = 2700.000 mm

Tc = 200.000 mm

Th = 50.000 mm

H = 2700.000 mm

n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	AsY^2 (mm^4)	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		156000		-7360200	163319943600	39406381200

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163319943600 + 39406381200 = 202726324800 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7360200 / 156000 = -47.18 mm

I33 = Is´ - $\sum As \times \delta s^2$

= 202726324800 - 156000 x -47.181^2 = 202379064902 mm^4

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 144871610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2713.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/12 + 2512/14)$

$= 220922393940$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 156000 + 1216000 / 8 = 308000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -47.181 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1547.18 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1547.181 \times 156000 / 308000 = 783.64$ mm

$dvs = dv - dvc = 1547.181 - 783.637 = 763.54$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 202379064902 + 4053333333 / 8 + 156000 \times 763.544^2$

$+ 1216000 / 8 \times 783.637^2 = 387174805285$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 144871610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 613112677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

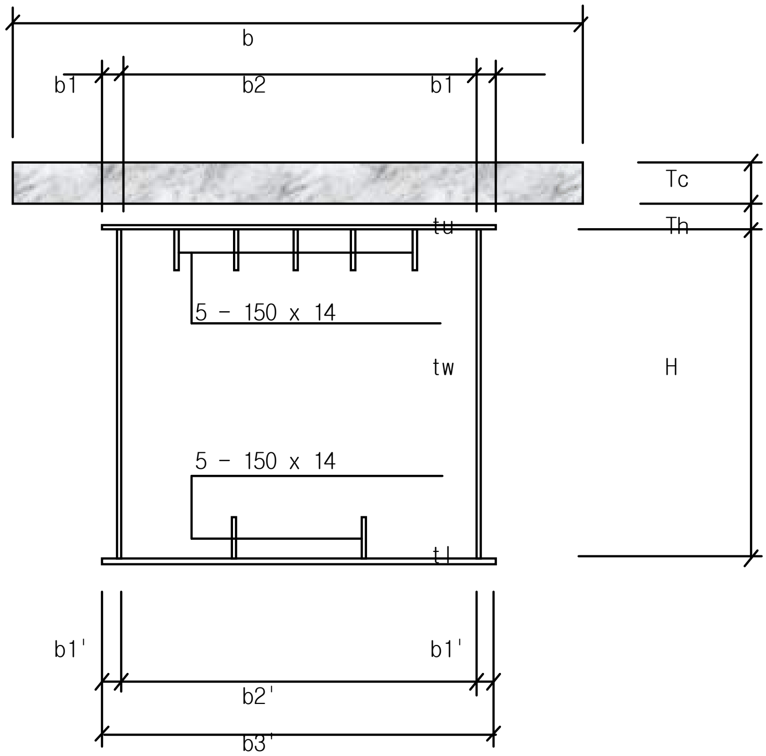
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/37 + 2512/14)$

$= 265594526573$ mm^4

- Section G1-8



b = 6080.000 mm

b1 = 100.000 mm

b2 = 2500.000 mm

b3 = 2700.000 mm

b1' = 100.000 mm

b2' = 2500.000 mm

b3' = 2700.000 mm

Tc = 200.000 mm

Th = 50.000 mm

H = 2700.000 mm

n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	AsY^2 (mm^4)	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		150600		-14709600	153317572200	39406217400

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 153317572200 + 39406217400 = 192723789600 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -14709600 / 150600 = -97.67 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 192723789600 - 150600 \times -97.673^2 = 191287054327 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141591110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2712.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/10 + 2512/14)$

$= 210329723076$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 150600 + 1216000 / 8 = 302600$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -97.673 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1597.67$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1597.673 \times 150600 / 302600 = 795.14$ mm

$dvs = dv - dvc = 1597.673 - 795.141 = 802.53$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 191287054327 + 4053333333 / 8 + 150600 \times 802.533^2$

$+ 1216000 / 8 \times 795.141^2 = 384890751269$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 141591110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 609832177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

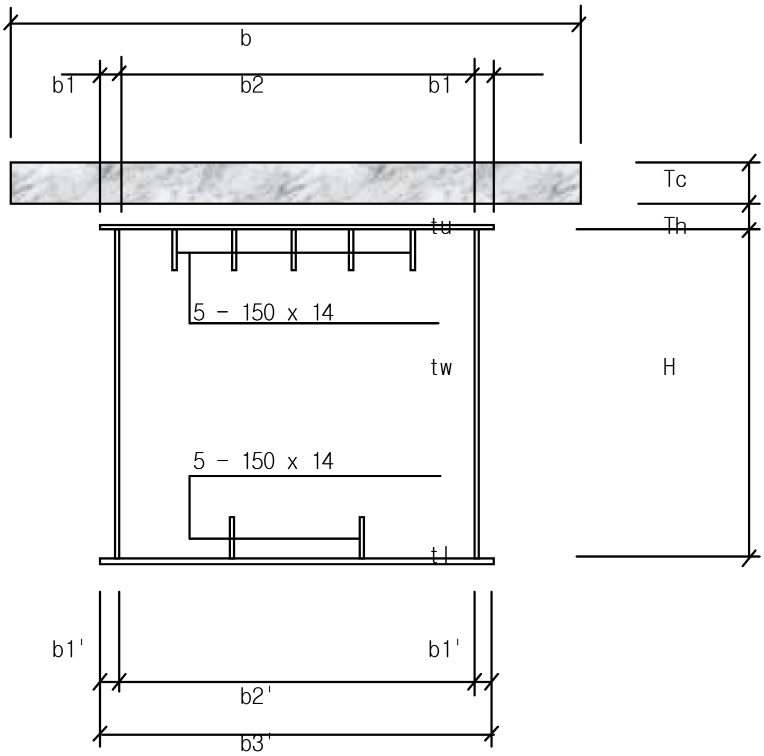
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/35 + 2512/14)$

$= 263997472992$ mm^4

- Section G1-9



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		145200		-7349400	143285846400	39405988800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 143285846400 + 39405988800 = 182691835200\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -7349400 / 145200 = -50.62\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 182691835200 - 145200 \times -50.616^2 = 182319840156\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 145200 + 1216000 / 8 = 297200$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -50.616 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1550.62 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1550.616 \times 145200 / 297200 = 757.57$ mm

$dvs = dv - dvc = 1550.616 - 757.569 = 793.05$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 182319840156 + 4053333333 / 8 + 145200 \times 793.047^2$

$+ 1216000 / 8 \times 757.569^2 = 361380576966$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 606551677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

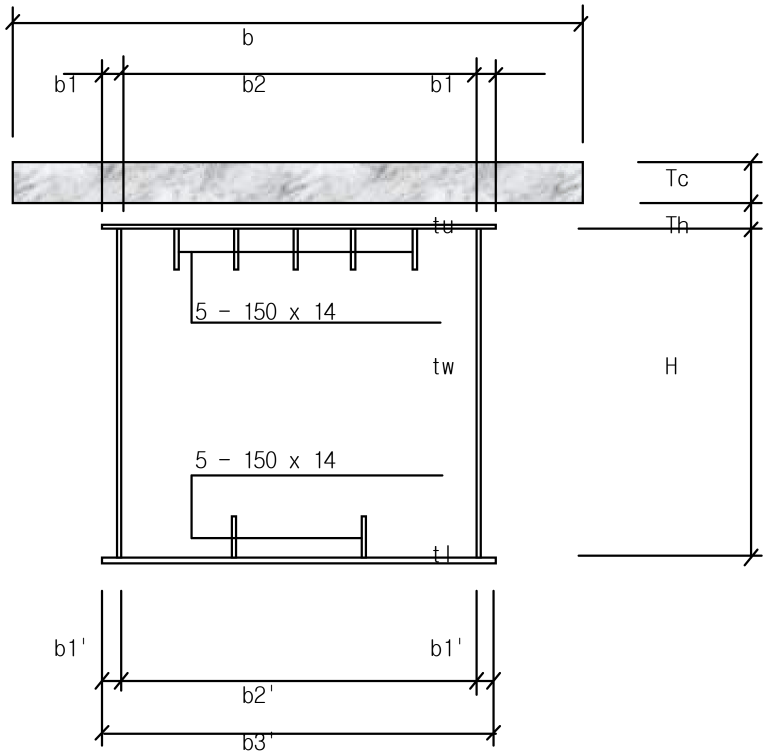
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G1-10



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		172200		29505600	193591571400	39407563800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$
= 193591571400 + 39407563800 = 232999135200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$
= 29505600 / 172200 = 171.34 mm

I33 = Is´ - $\sum As \times \delta s^2$
= 232999135200 - 172200 x 171.345 ² = 227943499710 mm^4

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$
= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$
$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 154713110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2
= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/20 + 2512/12)$

$= 236403055350$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 172200 + 1216000 / 8 = 324200$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 171.345 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1328.66$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1328.655 \times 172200 / 324200 = 705.72$ mm

$dvs = dv - dvc = 1328.655 - 705.720 = 622.94$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 227943499710 + 4053333333 / 8 + 172200 \times 622.935^2$

$+ 1216000 / 8 \times 705.720^2 = 370974234836$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 622954177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

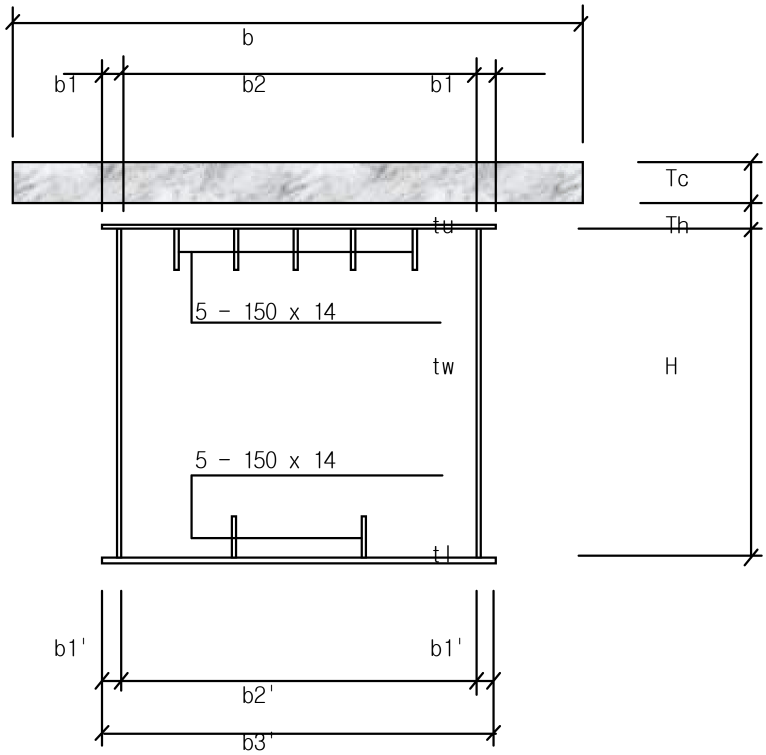
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/45 + 2512/12)$

$= 259383229760$ mm^4

- Section G1-11



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL						199200		-7403400	244044392400	39409570800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 244044392400 + 39409570800 \qquad = 283453963200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -7403400 / 199200 \qquad = -37.17 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 283453963200 - 199200 \times -37.166^2 \qquad = 283178810933 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 \qquad = 171115610400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 \qquad = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2721.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/20 + 2512/22)$

$= 269554467680$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 199200 + 1216000 / 8 = 351200$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -37.166 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1537.17 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1537.166 \times 199200 / 351200 = 871.88$ mm

$dvs = dv - dvc = 1537.166 - 871.878 = 665.29$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 283178810933 + 4053333333 / 8 + 199200 \times 665.288^2$

$+ 1216000 / 8 \times 871.878^2 = 487398955802$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 171115610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 639356677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

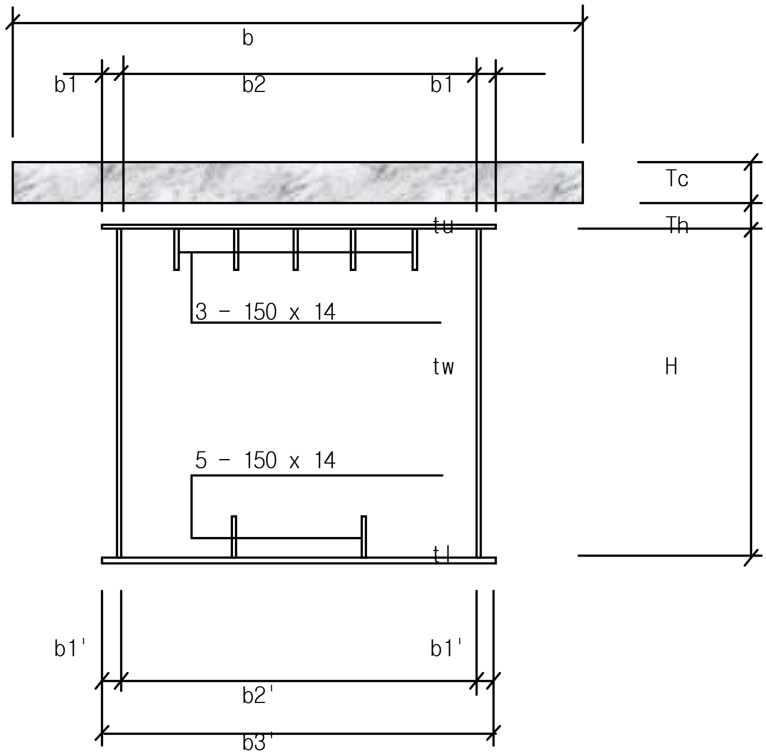
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/45 + 2512/22)$

$= 299720930968$ mm^4

- Section G1-12



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		195000		-12758400	237216767400	39401695800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 237216767400 + 39401695800 = 276618463200$ mm^4

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -12758400 / 195000 = -65.43$ mm

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 276618463200 - 195000 \times -65.428^2 = 275783710530$ mm^4

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 171115610400$ mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2721.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/20 + 2512/22)$

$= 269554467680$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 195000 + 1216000 / 8 = 347000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -65.428 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1565.43 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1565.428 \times 195000 / 347000 = 879.71$ mm

$dvs = dv - dvc = 1565.428 - 879.707 = 685.72$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 275783710530 + 4053333333 / 8 + 195000 \times 685.720^2$

$+ 1216000 / 8 \times 879.707^2 = 485612316119$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 171115610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 639356677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

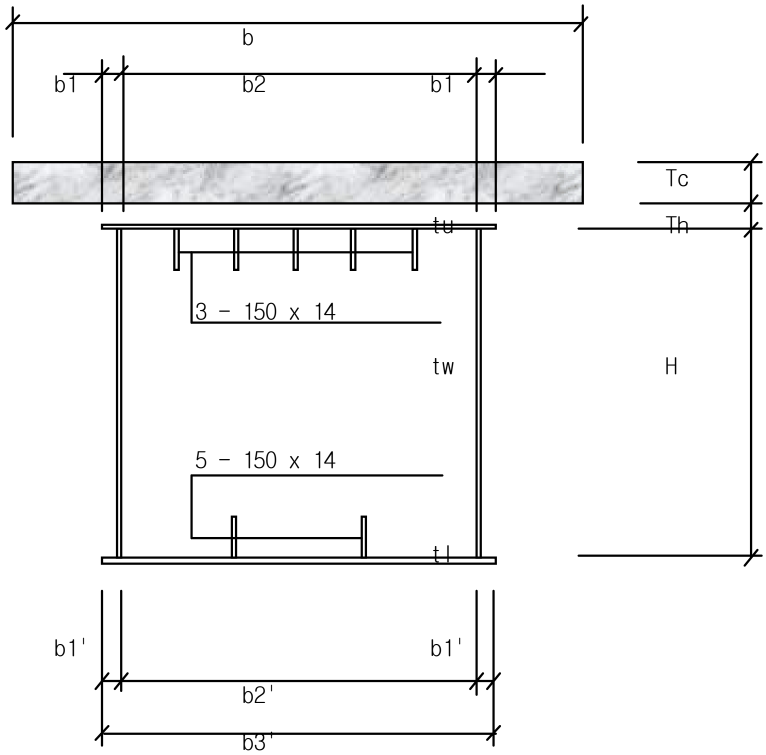
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/45 + 2512/22)$

$= 299720930968$ mm^4

- Section G1-13



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1365.00	110565000	150921225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		222000		24366600	288259592400	39405970800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 288259592400 + 39405970800 = 327665563200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 24366600 / 222000 = 109.76 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 327665563200 - 222000 \times 109.759^2 = 324991098355 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 30 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 187518110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 30.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2726.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/30 + 2512/22)$

$= 287566231117$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 222000 + 1216000 / 8 = 374000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 109.759 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1390.24$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1390.241 \times 222000 / 374000 = 825.22$ mm

$dvs = dv - dvc = 1390.241 - 825.223 = 565.02$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 324991098355 + 4053333333 / 8 + 222000 \times 565.018^2$

$+ 1216000 / 8 \times 825.223^2 = 499881051269$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 187518110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 655759177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

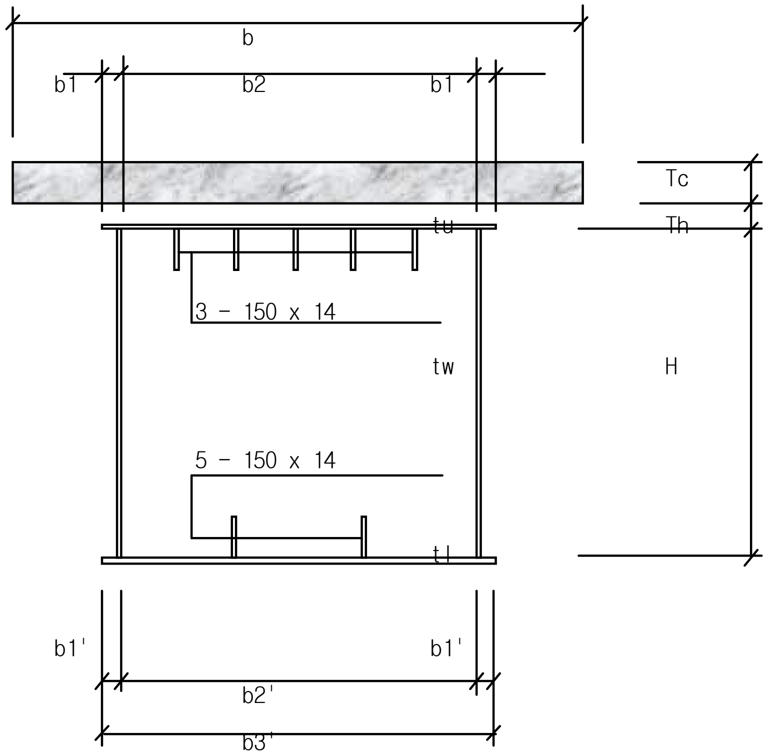
$= 30.000 + 200.000 / 8 = 55.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/55 + 2512/22)$

$= 305386421676$ mm^4

- Section G1-14



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1365.00	110565000	150921225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1366.00	-118022400	161218598400	7372800
TOTAL		249000		-12812400	339450323400	39410947800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io
= 339450323400 + 39410947800 = 378861271200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As
= -12812400 / 249000 = -51.46 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²
= 378861271200 - 249000 x -51.455 ² = 378202003755 mm^4

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2
= (2700³ x 30 / 12) + (2700³ x 32 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)
+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 203920610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2
= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 30.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2731.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2731^2) / (2 \times 2731/12 + 2512/30 + 2512/32)$

$= 304913067146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 249000 + 1216000 / 8 = 401000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -51.455 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1551.46 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1551.455 \times 249000 / 401000 = 963.37$ mm

$dvs = dv - dvc = 1551.455 - 963.373 = 588.08$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 378202003755 + 4053333333 / 8 + 249000 \times 588.083^2$

$+ 1216000 / 8 \times 963.373^2 = 605892368805$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 203920610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 672161677067$ mm^4

- 비틀림 강성

 * 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

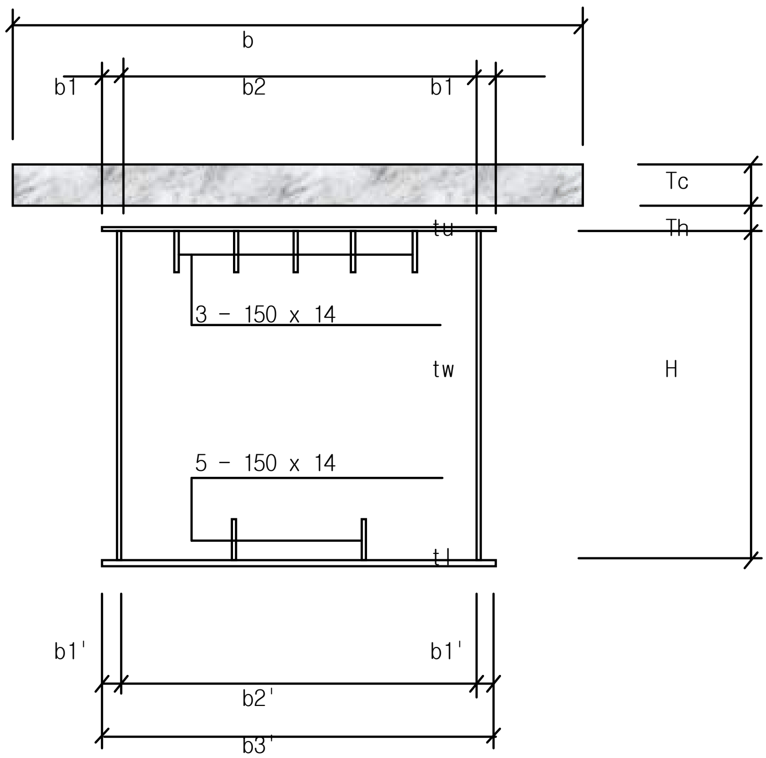
$= 30.000 + 200.000 / 8 = 55.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2731^2) / (2 \times 2731/12 + 2512/55 + 2512/32)$

$= 324944807181$ mm^4

- Section G1-15



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2 (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1366.00	-118022400	161218598400	7372800
TOTAL		222000		-49937400	288407498400	39406672800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 288407498400 + 39406672800 = 327814171200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -49937400 / 222000 = -224.94 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 327814171200 - 222000 \times -224.943^2 = 316581090485 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 187518110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2726.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/20 + 2512/32)$

$= 284865041067$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 222000 + 1216000 / 8 = 374000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -224.943 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1724.94 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1724.943 \times 222000 / 374000 = 1023.90$ mm

$dvs = dv - dvc = 1724.943 - 1023.897 = 701.05$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 316581090485 + 4053333333 / 8 + 222000 \times 701.046^2$

$+ 1216000 / 8 \times 1023.897^2 = 585544662683$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 187518110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 655759177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

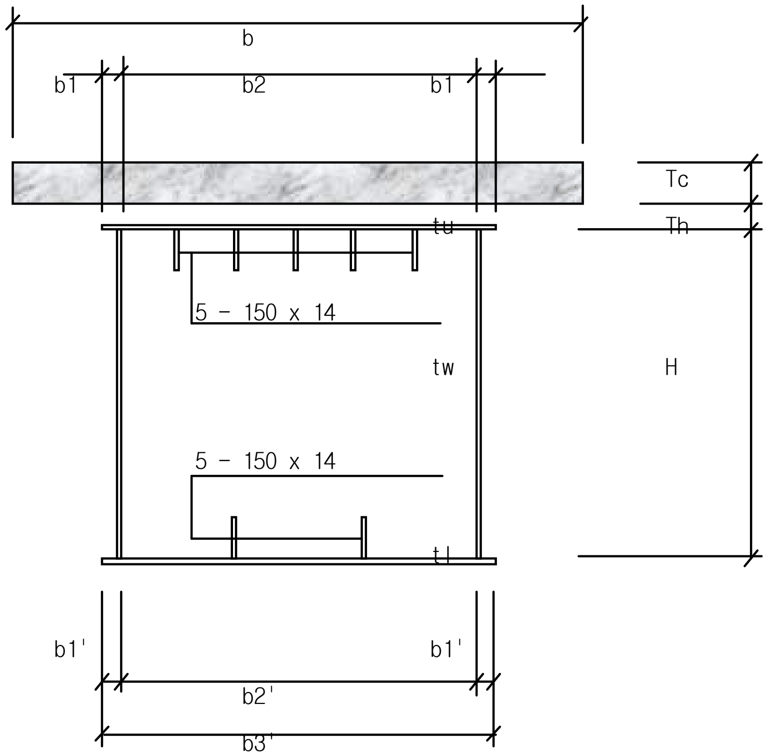
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/45 + 2512/32)$

$= 318632240484$ mm^4

- Section G1-16



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL						172200		-44258400	193738667400	39407995800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io
= 193738667400 + 39407995800 = 233146663200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As
= -44258400 / 172200 = -257.02 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²
= 233146663200 - 172200 x -257.017 ² = 221771483348 mm^4

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2
= (2700³ x 10 / 12) + (2700³ x 22 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)
+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 154713110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2
= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/10 + 2512/22)$

$= 227603925491$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 172200 + 1216000 / 8 = 324200$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -257.017 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1757.02$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1757.017 \times 172200 / 324200 = 933.25$ mm

$dvs = dv - dvc = 1757.017 - 933.246 = 823.77$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 221771483348 + 4053333333 / 8 + 172200 \times 823.771^2$

$+ 1216000 / 8 \times 933.246^2 = 471517069624$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 622954177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

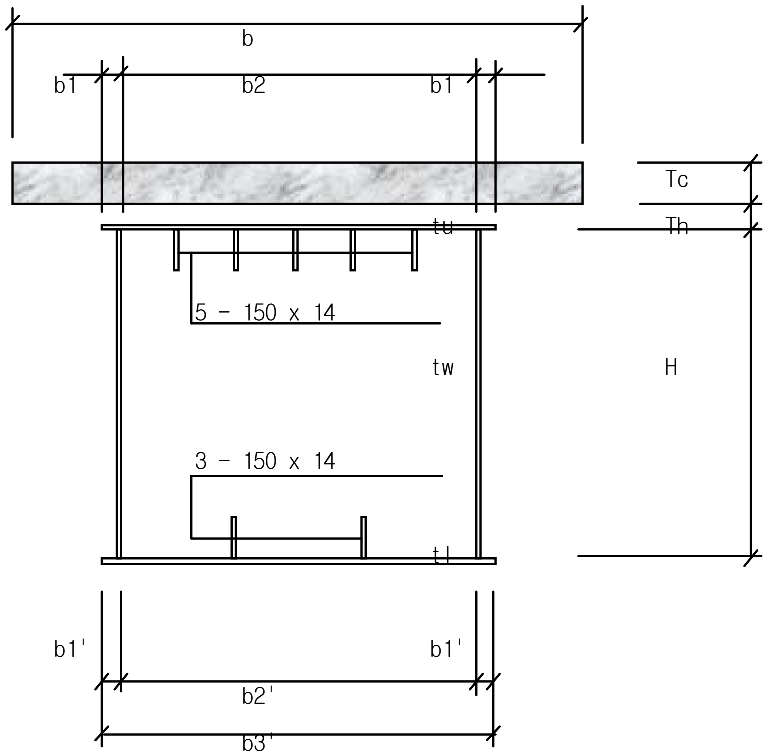
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/35 + 2512/22)$

$= 291552208882$ mm^4

- Section G1-17



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL						141000		-1994400	136458221400	39398113800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200 \text{ mm}^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -1994400 / 141000 = -14.14 \text{ mm}$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 175856335200 - 141000 \times -14.145^2 = 175828125049 \text{ mm}^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400 \text{ mm}^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1216000 / 8 = 293000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -14.145 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1514.14$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1514.145 \times 141000 / 293000 = 728.65$ mm

$dvs = dv - dvc = 1514.145 - 728.650 = 785.49$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 175828125049 + 4053333333 / 8 + 141000 \times 785.495^2$

$+ 1216000 / 8 \times 728.650^2 = 344033543739$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 606551677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

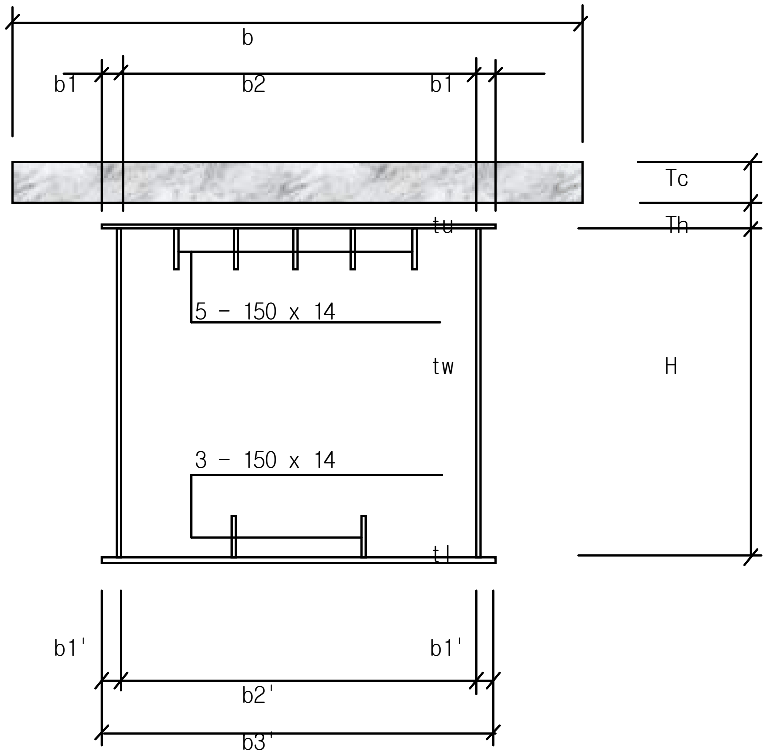
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G1-18



b = 6080.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		146400		5355000	146460592800	39398277600

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 146460592800 + 39398277600 = 185858870400\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 5355000 / 146400 = 36.58\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 185858870400 - 146400 \times 36.578^2 = 185662995912\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141591110400\ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2712.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/12 + 2512/12)$

$= 213219398554$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 146400 + 1216000 / 8 = 298400$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 36.578 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1463.42 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1463.422 \times 146400 / 298400 = 717.98$ mm

$dvs = dv - dvc = 1463.422 - 717.979 = 745.44$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 185662995912 + 4053333333 / 8 + 146400 \times 745.443^2$

$+ 1216000 / 8 \times 717.979^2 = 345877078538$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 141591110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 609832177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

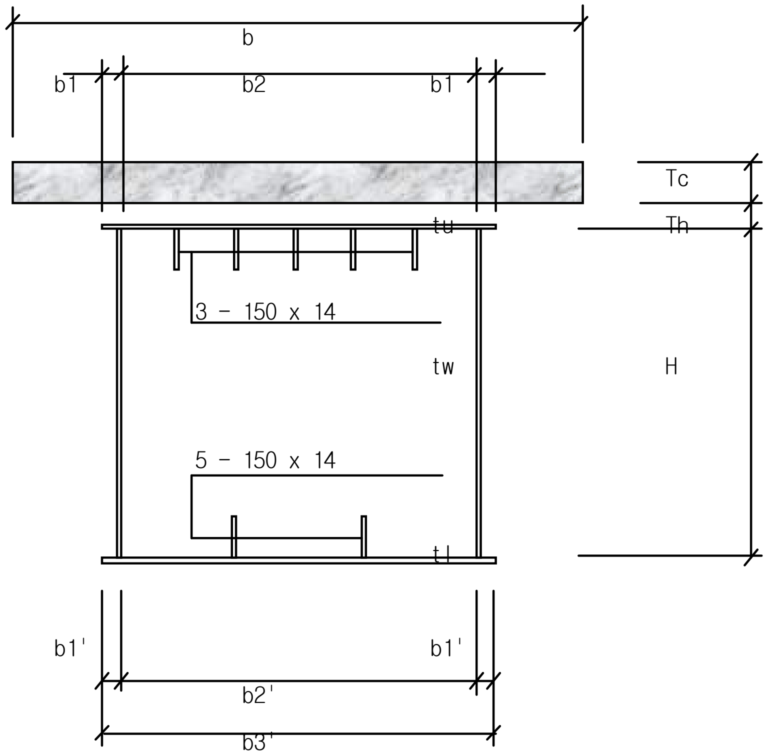
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/37 + 2512/12)$

$= 254575701150$ mm^4

- Section G1-19



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		141000		-12704400	136458221400	39398113800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As

= -12704400 / 141000 = -90.10 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 175856335200 - 141000 x -90.102 ² = 174711641729 mm^4

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2

= (2700³ x 10 / 12) + (2700³ x 12 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 138310610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1216000 / 8 = 293000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -90.102 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1590.10 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1590.102 \times 141000 / 293000 = 765.20$ mm

$dvs = dv - dvc = 1590.102 - 765.203 = 824.90$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 174711641729 + 4053333333 / 8 + 141000 \times 824.899^2$

$+ 1216000 / 8 \times 765.203^2 = 360164382824$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 606551677067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

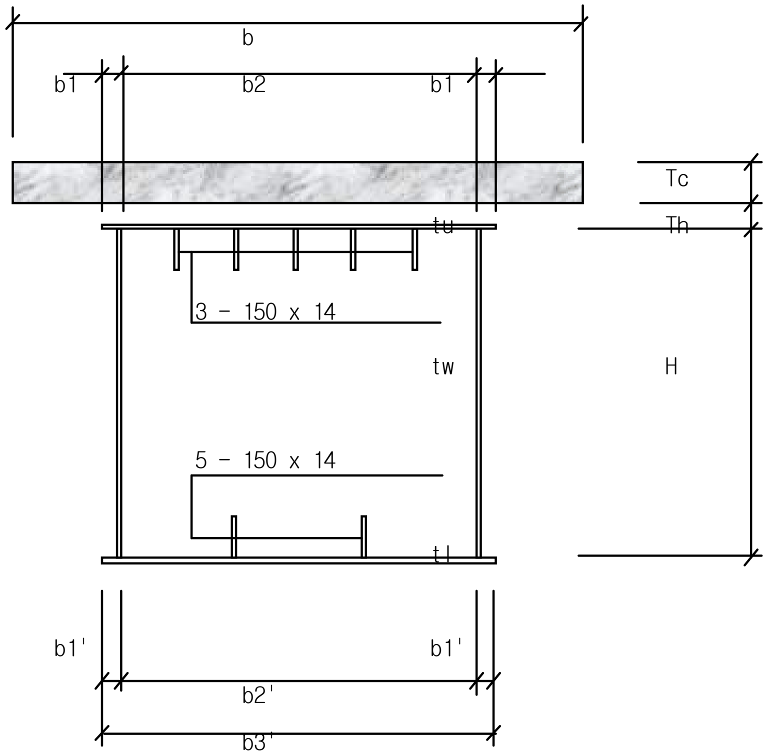
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G1-20



b	=	6080.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		168000		-49613400	186911042400	39400120800

Is´ = ∑AsY^2 + ∑Io

= 186911042400 + 39400120800 = 226311163200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As

= -49613400 / 168000 = -295.32 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs^2

= 226311163200 - 168000 x -295.318 ^{2} = 211659440226 mm^4

I22 = (b3^3 x tu / 12) + (b3'^{3} x tl / 12) + ((H x tw^3 / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2

= (2700^3 x 10 / 12) + (2700^3 x 22 / 12) + ((2700 x 12^3 / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) x 2 = 154713110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/10 + 2512/22)$

$= 227603925491$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6080.000 \times 200.000 = 1216000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 168000 + 1216000 / 8 = 320000$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6080.000 \times 200.000^3 / 12 = 4053333333$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -295.318 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1795.32$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1795.318 \times 168000 / 320000 = 942.54$ mm

$dvs = dv - dvc = 1795.318 - 942.542 = 852.78$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 211659440226 + 4053333333 / 8 + 168000 \times 852.776^2$

$+ 1216000 / 8 \times 942.542^2 = 469374770306$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6080.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 622954177067$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

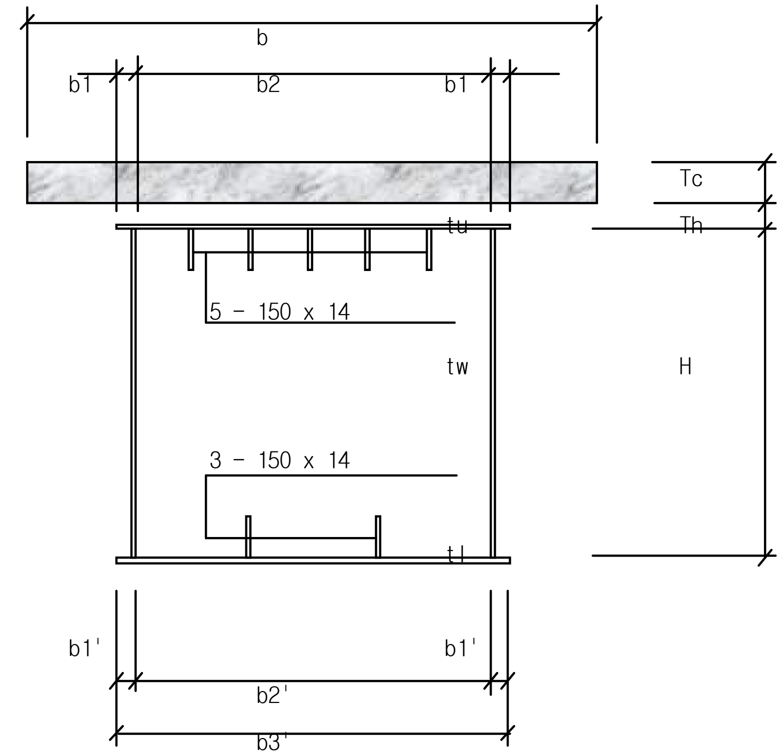
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/35 + 2512/22)$

$= 291552208882$ mm^4

- Section G2-1



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구　분	규　　격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W　E　B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	-1355.00	-36585000	49572675000	225000
TOTAL						135600		5355000	126455850000	39397950000

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 126455850000 + 39397950000 = 165853800000 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As

= 5355000 / 135600 = 39.49 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 165853800000 - 135600 x 39.491 ² = 165642324889 mm^4

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2

= (2700³ x 10 / 12) + (2700³ x 10 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 135030110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2710.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2710^2) / (2 \times 2710/12 + 2512/10 + 2512/10)$

$= 194293879745$ mm⁴

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 135600 + 1214000 / 8 = 287350$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 39.491 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1460.51 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1460.509 \times 135600 / 287350 = 689.21$ mm

$dvs = dv - dvc = 1460.509 - 689.212 = 771.30$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 165642324889 + 4046666667 / 8 + 135600 \times 771.297^2$

$+ 1214000 / 8 \times 689.212^2 = 318899689798$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 135030110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 600964574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

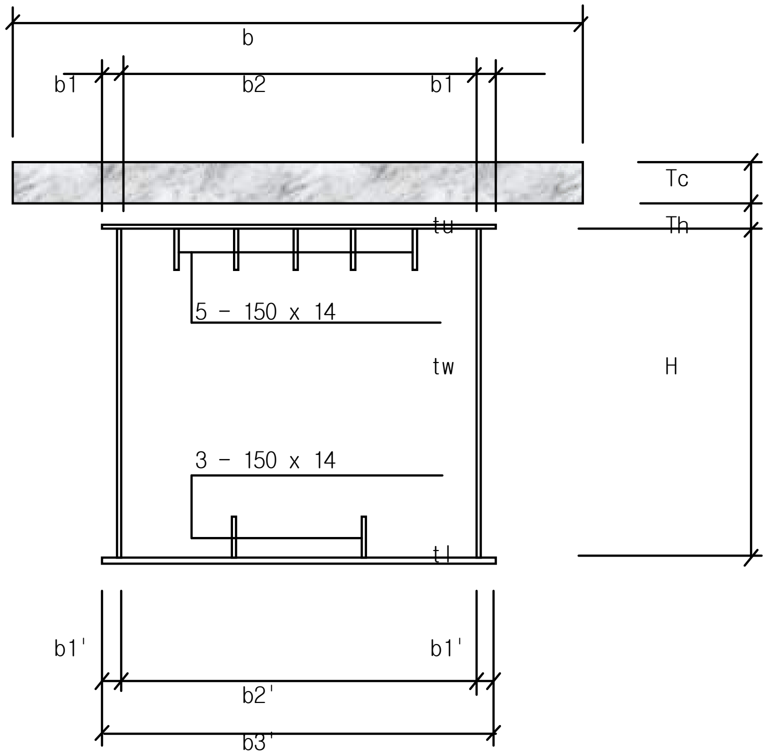
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2710^2) / (2 \times 2710/12 + 2512/35 + 2512/10)$

$= 239297957770$ mm⁴

- Section G2-2



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1355.00	-36585000	49572675000	225000
TOTAL		141000		12704400	136458221400	39398113800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200$ mm⁴

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 12704400 / 141000 = 90.10$ mm

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 175856335200 - 141000 \times 90.102^2 = 174711641729$ mm⁴

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 10 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400$ mm⁴

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00$ mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/12 + 2512/10)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1214000 / 8 = 292750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 90.102 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1409.90 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1409.898 \times 141000 / 292750 = 679.06$ mm

$dvs = dv - dvc = 1409.898 - 679.063 = 730.84$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 174711641729 + 4046666667 / 8 + 141000 \times 730.835^2$

$+ 1214000 / 8 \times 679.063^2 = 320504295333$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 604245074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

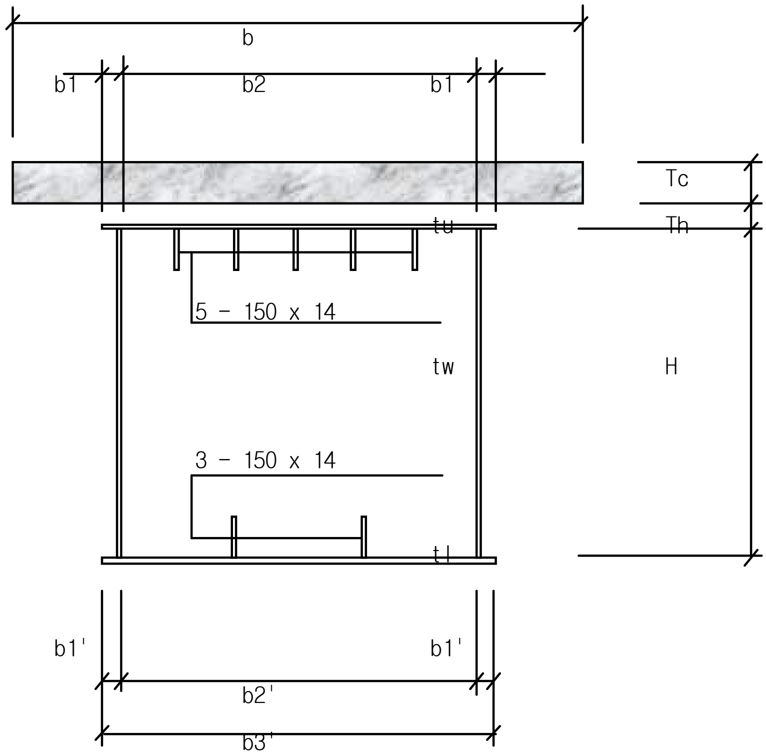
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/37 + 2512/10)$

$= 240627932897$ mm^4

- Section G2-3



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		151800		-2005200	156492318600	39398506200

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 156492318600 + 39398506200 = 195890824800 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -2005200 / 151800 = -13.21 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 195890824800 - 151800 \times -13.209^2 = 195864337138 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 144871610400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2713.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/12 + 2512/14)$

$= 220922393940$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 151800 + 1214000 / 8 = 303550$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -13.209 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1513.21 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1513.209 \times 151800 / 303550 = 756.73$ mm

$dvs = dv - dvc = 1513.209 - 756.729 = 756.48$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 195864337138 + 4046666667 / 8 + 151800 \times 756.480^2$

$+ 1214000 / 8 \times 756.729^2 = 370137587051$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 144871610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 610806074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

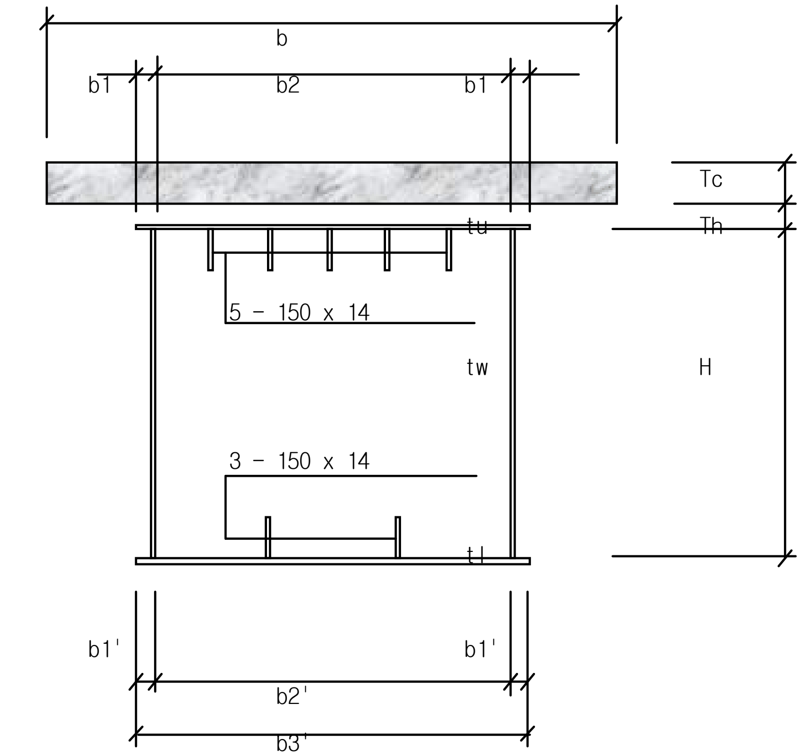
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/37 + 2512/14)$

$= 265594526573$ mm^4

- Section G2-4



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2(mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1358.00	58665600	79667884800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		162600		12726000	176585157000	39399039000

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 176585157000 + 39399039000 = 215984196000 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 12726000 / 162600 = 78.27 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 215984196000 - 162600 \times 78.266^2 = 214988186923 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 151432610400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 16.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2715.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2715^2) / (2 \times 2715/12 + 2512/16 + 2512/14)$

$= 235831191268$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 162600 + 1214000 / 8 = 314350$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 78.266 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1421.73 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1421.734 \times 162600 / 314350 = 735.40$ mm

$dvs = dv - dvc = 1421.734 - 735.403 = 686.33$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 214988186923 + 4046666667 / 8 + 162600 \times 686.331^2$

$+ 1214000 / 8 \times 735.403^2 = 374155926976$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 151432610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 617367074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

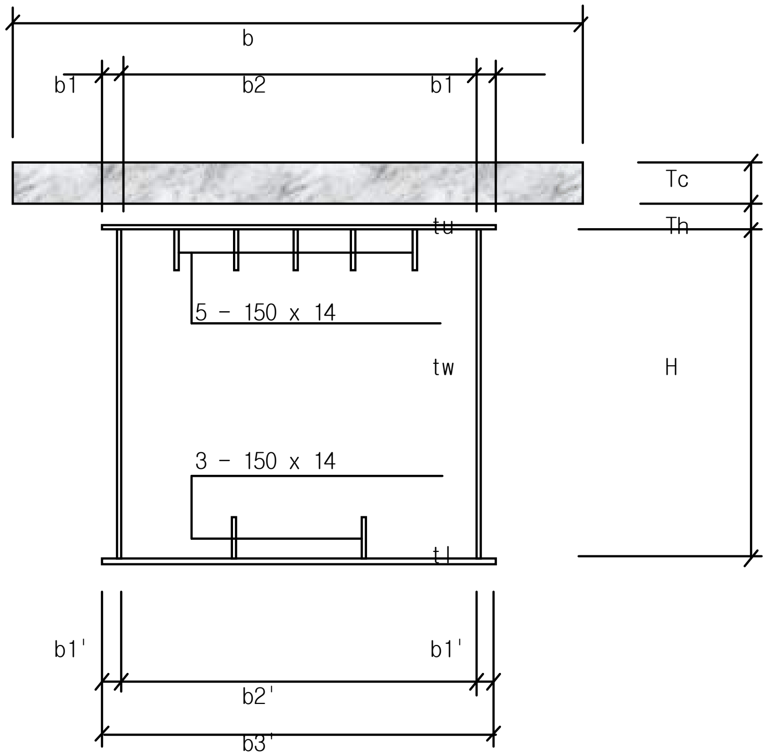
$= 16.000 + 200.000 / 8 = 41.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2715^2) / (2 \times 2715/12 + 2512/41 + 2512/14)$

$= 268399893967$ mm^4

- Section G2-5



b = 6070.000 mm

b1 = 100.000 mm

b2 = 2500.000 mm

b3 = 2700.000 mm

b1' = 100.000 mm

b2' = 2500.000 mm

b3' = 2700.000 mm

Tc = 200.000 mm

Th = 50.000 mm

H = 2700.000 mm

n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1358.00	58665600	79667884800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	-1360.00	-73440000	99878400000	1800000
TOTAL		178800		-9419400	206856784800	39400221600

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 206856784800 + 39400221600 = 246257006400\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -9419400 / 178800 = -52.68\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 246257006400 - 178800 \times -52.681^2 = 245760781029\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 161274110400\ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2718.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2718^2) / (2 \times 2718/12 + 2512/16 + 2512/20)$

$= 253487440149$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 178800 + 1214000 / 8 = 330550$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -52.681 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1552.68 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1552.681 \times 178800 / 330550 = 839.87$ mm

$dvs = dv - dvc = 1552.681 - 839.871 = 712.81$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 245760781029 + 4046666667 / 8 + 178800 \times 712.810^2$

$+ 1214000 / 8 \times 839.871^2 = 444156522243$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 161274110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 627208574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

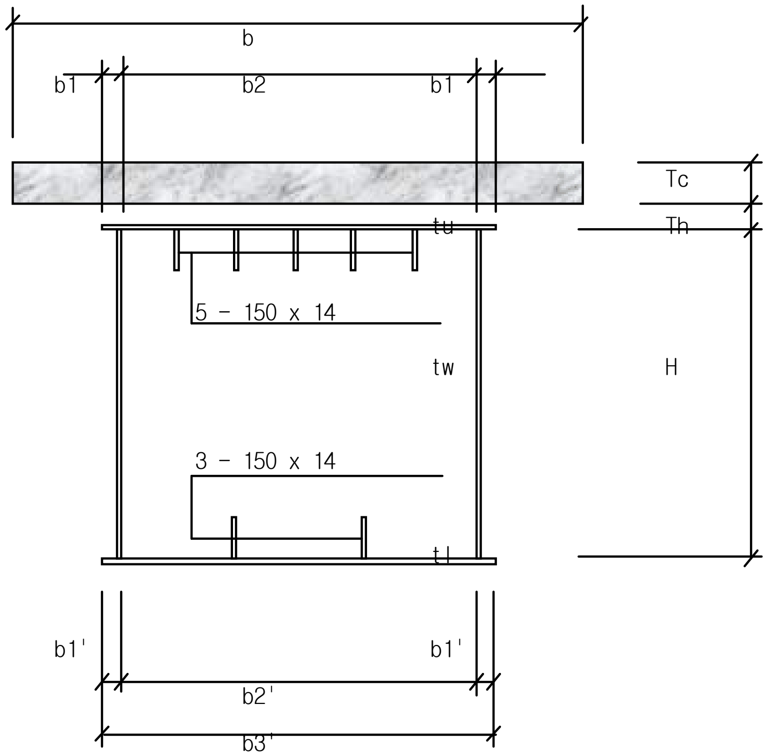
$= 16.000 + 200.000 / 8 = 41.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2718^2) / (2 \times 2718/12 + 2512/41 + 2512/20)$

$= 291412096999$ mm^4

- Section G2-6



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	-1360.00	-73440000	99878400000	1800000
TOTAL		168000		-24150600	186763946400	39399688800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 186763946400 + 39399688800 = 226163635200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -24150600 / 168000 = -143.75 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 226163635200 - 168000 \times -143.754^2 = 222691900198 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 154713110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/12 + 2512/20)$

$= 236403055350$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 168000 + 1214000 / 8 = 319750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -143.754 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1643.75 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1643.754 \times 168000 / 319750 = 863.65$ mm

$dvs = dv - dvc = 1643.754 - 863.645 = 780.11$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 222691900198 + 4046666667 / 8 + 168000 \times 780.108^2$

$+ 1214000 / 8 \times 863.645^2 = 438625087516$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 620647574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

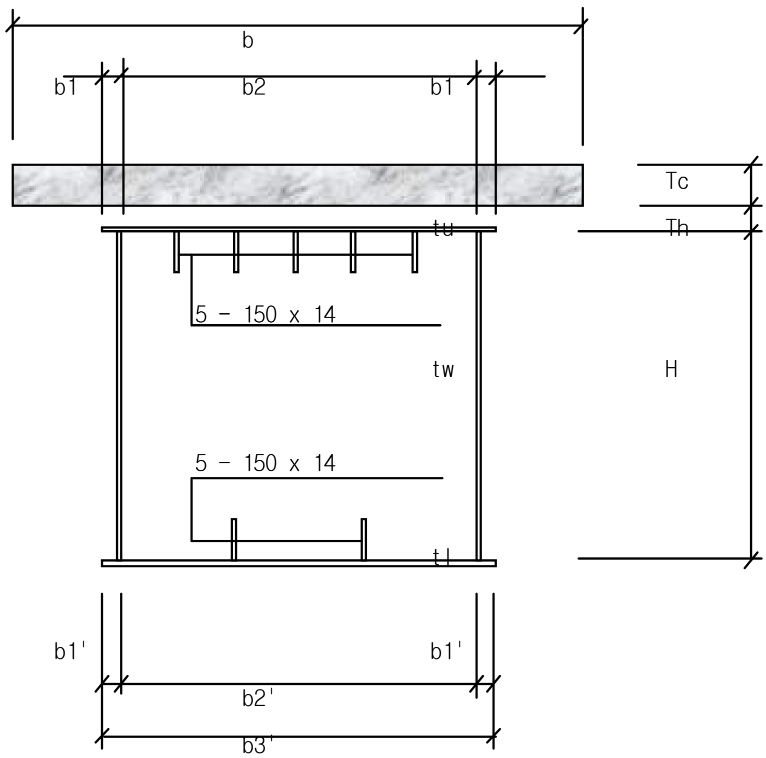
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/37 + 2512/20)$

$= 288150708410$ mm^4

- Section G2-7



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	AsY^2 (mm^4)	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		156000		-7360200	163319943600	39406381200

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 163319943600 + 39406381200 = 202726324800 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7360200 / 156000 = -47.18 mm

I33 = Is´ - $\sum As \times \delta s^2$

= 202726324800 - 156000 x -47.181^2 = 202379064902 mm^4

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 144871610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2713.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/12 + 2512/14)$

$= 220922393940$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 156000 + 1214000 / 8 = 307750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -47.181 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1547.18 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1547.181 \times 156000 / 307750 = 784.27$ mm

$dvs = dv - dvc = 1547.181 - 784.274 = 762.91$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 202379064902 + 4046666667 / 8 + 156000 \times 762.907^2$

$+ 1214000 / 8 \times 784.274^2 = 387020325496$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 144871610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 610806074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

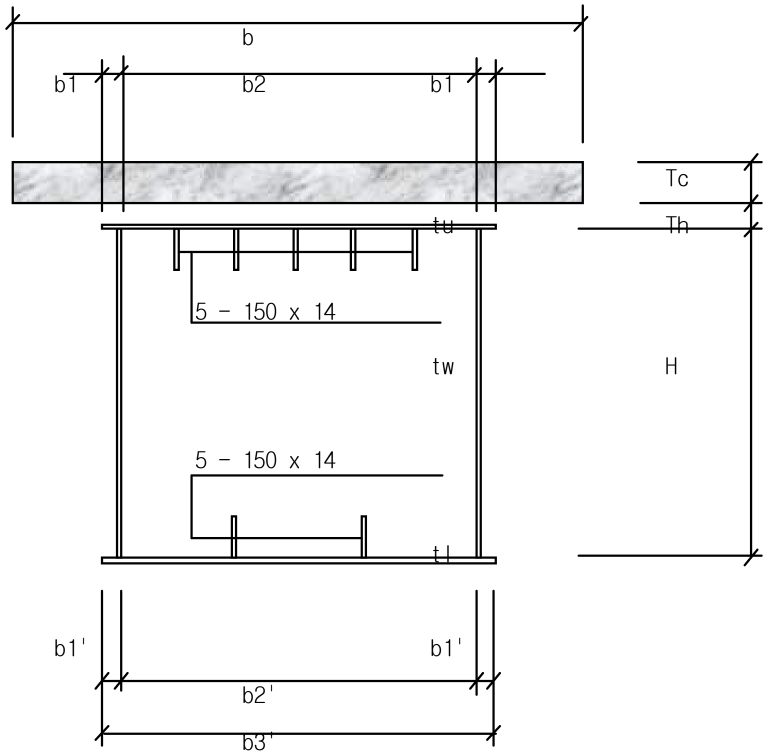
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2713^2) / (2 \times 2713/12 + 2512/37 + 2512/14)$

$= 265594526573$ mm^4

- Section G2-8



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1357.00	-51294600	69606772200	617400
TOTAL		150600		-14709600	153317572200	39406217400

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 153317572200 + 39406217400 = 192723789600\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -14709600 / 150600 = -97.67\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 192723789600 - 150600 \times -97.673^2 = 191287054327\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141591110400\ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2712.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/10 + 2512/14)$

$= 210329723076$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 150600 + 1214000 / 8 = 302350$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -97.673 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1597.67 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1597.673 \times 150600 / 302350 = 795.80$ mm

$dvs = dv - dvc = 1597.673 - 795.798 = 801.88$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 191287054327 + 4046666667 / 8 + 150600 \times 801.875^2$

$+ 1214000 / 8 \times 795.798^2 = 384731725026$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 141591110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 607525574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

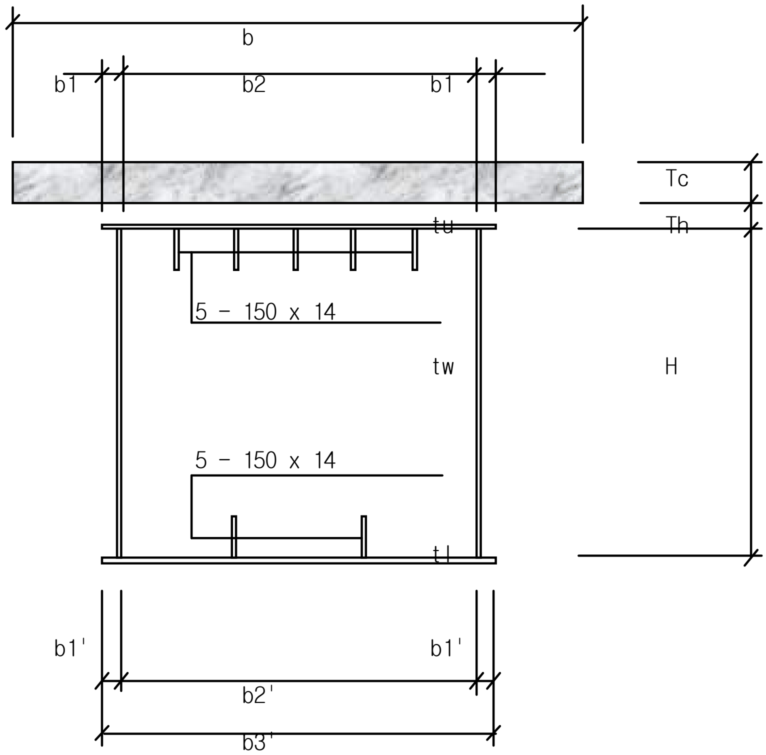
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/35 + 2512/14)$

$= 263997472992$ mm^4

- Section G2-9



b = 6070.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL						145200		-7349400	143285846400	39405988800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 143285846400 + 39405988800 = 182691835200$ mm⁴

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -7349400 / 145200 = -50.62$ mm

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 182691835200 - 145200 \times -50.616^2 = 182319840156$ mm⁴

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400$ mm⁴

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00$ mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 145200 + 1214000 / 8 = 296950$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -50.616 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1550.62$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1550.616 \times 145200 / 296950 = 758.21$ mm

$dvs = dv - dvc = 1550.616 - 758.206 = 792.41$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 182319840156 + 4046666667 / 8 + 145200 \times 792.409^2$

$+ 1214000 / 8 \times 758.206^2 = 361236145279$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 604245074983$ mm^4

- 비틀림 강성

 * 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

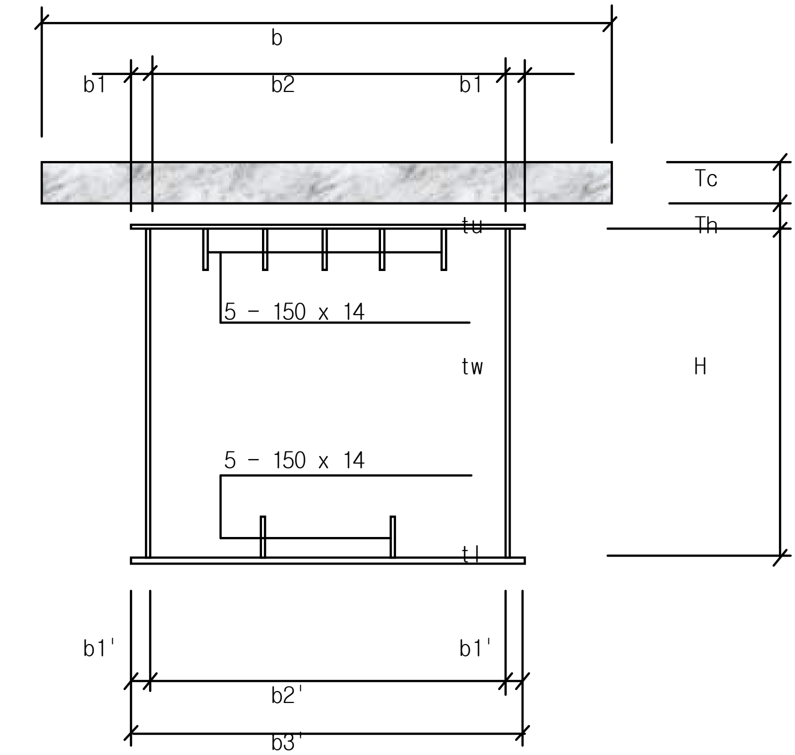
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G2-10



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	AsY^2 (mm^4)	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		172200		29505600	193591571400	39407563800

Is´ = $\sum AsY^2$ + $\sum Io$

= 193591571400 + 39407563800 = 232999135200 mm^4

δs = $\sum AsY$ / $\sum As$

= 29505600 / 172200 = 171.34 mm

I33 = Is´ - $\sum As$ x δs^2

= 232999135200 - 172200 x 171.345^2 = 227943499710 mm^4

I22 = $(b3^3$ x tu / 12) + $(b3'^3$ x tl / 12) + ((H x tw^3 / 12) + (H x tw x $(b2 / 2 + tw / 2)^2$)) * 2

= $(2700^3$ x 20 / 12) + $(2700^3$ x 12 / 12) + ((2700 x 12^3 / 12)

+ (2700 x 12 x $(2500 / 2 + 12 / 2)^2$)) x 2 = 154713110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/20 + 2512/12)$

$= 236403055350$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 172200 + 1214000 / 8 = 323950$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 171.345 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1328.66 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1328.655 \times 172200 / 323950 = 706.26$ mm

$dvs = dv - dvc = 1328.655 - 706.265 = 622.39$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 227943499710 + 4046666667 / 8 + 172200 \times 622.391^2$

$+ 1214000 / 8 \times 706.265^2 = 370848795262$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 620647574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

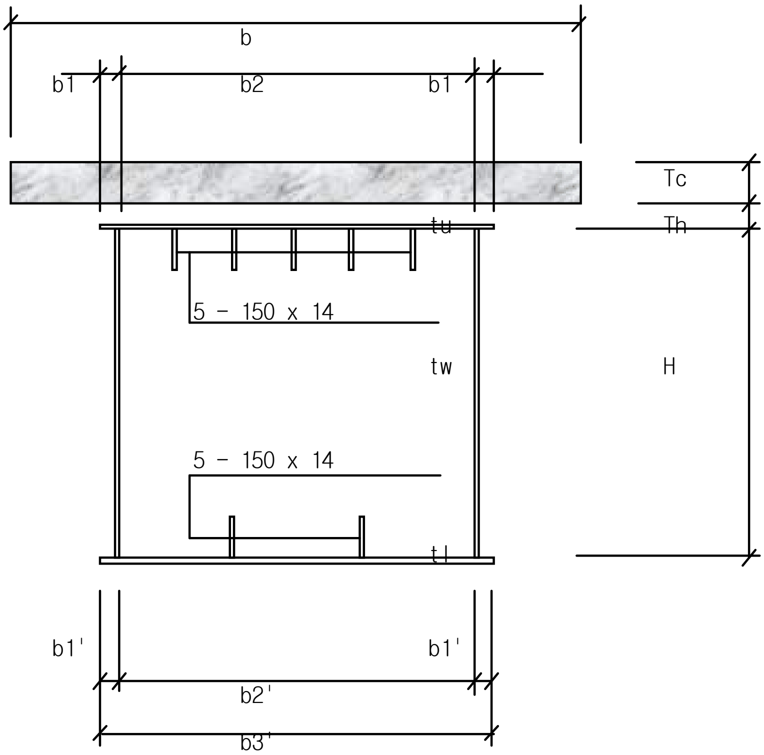
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/45 + 2512/12)$

$= 259383229760$ mm^4

- Section G2-11



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL						199200		-7403400	244044392400	39409570800

Is´ = ∑AsY^2 + ∑Io

= 244044392400 + 39409570800 = 283453963200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As

= -7403400 / 199200 = -37.17 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs^2

= 283453963200 - 199200 x -37.166 ^{2} = 283178810933 mm^4

I22 = (b3^3 x tu / 12) + (b3'^{3} x tl / 12) + ((H x tw^3 / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2

= (2700^3 x 20 / 12) + (2700^3 x 22 / 12) + ((2700 x 12^3 / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) x 2 = 171115610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2721.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/20 + 2512/22)$

$= 269554467680$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 199200 + 1214000 / 8 = 350950$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -37.166 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1537.17 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1537.166 \times 199200 / 350950 = 872.50$ mm

$dvs = dv - dvc = 1537.166 - 872.499 = 664.67$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 283178810933 + 4046666667 / 8 + 199200 \times 664.667^2$

$+ 1214000 / 8 \times 872.499^2 = 487207944470$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 171115610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 637050074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

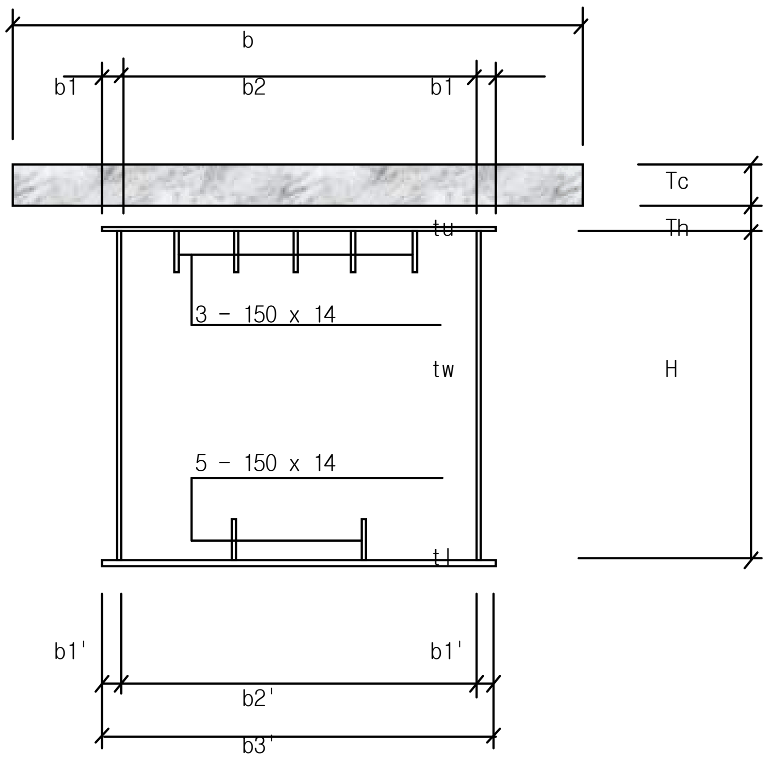
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/45 + 2512/22)$

$= 299720930968$ mm^4

- Section　G2-12



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구　분	규　　격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY² (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		195000		-12758400	237216767400	39401695800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 237216767400 + 39401695800 = 276618463200 mm^4

δs = ∑AsY / ∑As

= -12758400 / 195000 = -65.43 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 276618463200 - 195000 x -65.428 ² = 275783710530 mm^4

I22 = $(b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

= $(2700^3 \times 20 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 171115610400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2721.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/20 + 2512/22)$

$= 269554467680$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 195000 + 1214000 / 8 = 346750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -65.428 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1565.43 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1565.428 \times 195000 / 346750 = 880.34$ mm

$dvs = dv - dvc = 1565.428 - 880.341 = 685.09$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 275783710530 + 4046666667 / 8 + 195000 \times 685.086^2$

$+ 1214000 / 8 \times 880.341^2 = 485417872105$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 171115610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 637050074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

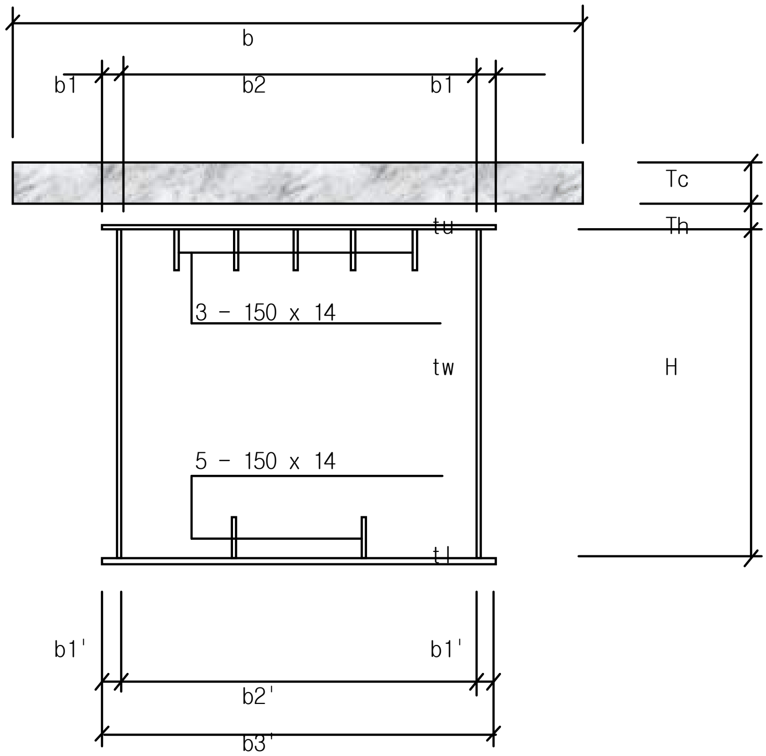
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2721^2) / (2 \times 2721/12 + 2512/45 + 2512/22)$

$= 299720930968$ mm^4

- Section G2-13



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1365.00	110565000	150921225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		222000		24366600	288259592400	39405970800

Is´ = $\sum$AsY^2 + $\sum$Io

= 288259592400 + 39405970800 = 327665563200 mm^4

δs = $\sum$AsY / $\sum$As

= 24366600 / 222000 = 109.76 mm

I33 = Is´ - $\sum$As x δs^2

= 327665563200 - 222000 x 109.759 ^{2} = 324991098355 mm^4

I22 = ($b3^3$ x tu / 12) + ($b3'^3$ x tl / 12) + ((H x tw^3 / 12) + (H x tw x $(b2 / 2 + tw / 2)^2$)) * 2

= (2700^3 x 30 / 12) + (2700^3 x 22 / 12) + ((2700 x 12^3 / 12)

+ (2700 x 12 x $(2500 / 2 + 12 / 2)^2$)) x 2 = 187518110400 mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 30.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2726.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/30 + 2512/22)$

$= 287566231117$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 222000 + 1214000 / 8 = 373750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 109.759 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1390.24 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1390.241 \times 222000 / 373750 = 825.77$ mm

$dvs = dv - dvc = 1390.241 - 825.775 = 564.47$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 324991098355 + 4046666667 / 8 + 222000 \times 564.466^2$

$+ 1214000 / 8 \times 825.775^2 = 499709855809$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 187518110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 653452574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

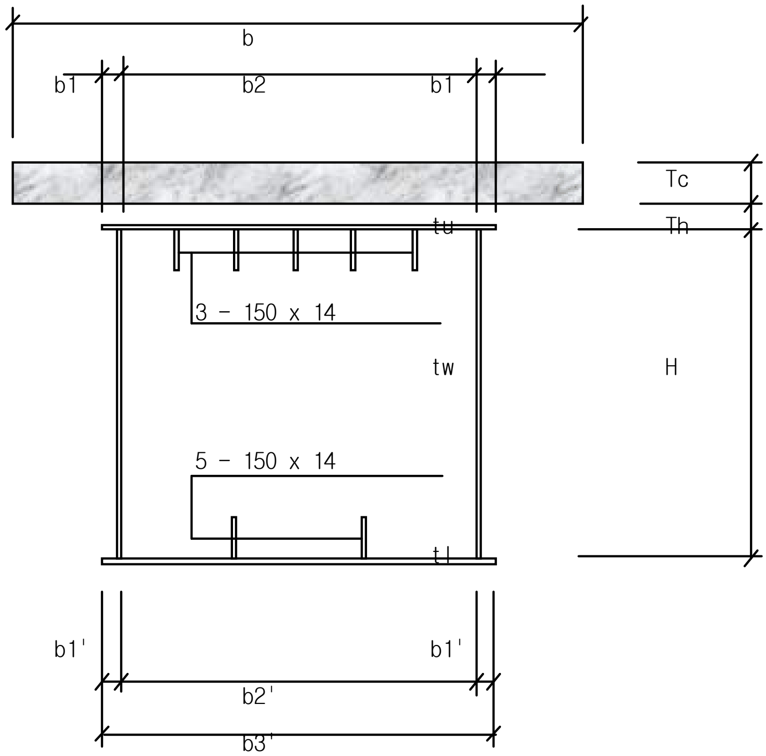
$= 30.000 + 200.000 / 8 = 55.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/55 + 2512/22)$

$= 305386421676$ mm^4

- Section G2-14



b = 6070.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 30.0	81000	1365.00	110565000	150921225000	6075000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1366.00	-118022400	161218598400	7372800
TOTAL		249000		-12812400	339450323400	39410947800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 339450323400 + 39410947800 = 378861271200\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -12812400 / 249000 = -51.46\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 378861271200 - 249000 \times -51.455^2 = 378202003755\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 30 / 12) + (2700^3 \times 32 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 203920610400\ mm^4$

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 30.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2731.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2731^2) / (2 \times 2731/12 + 2512/30 + 2512/32)$

$= 304913067146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 249000 + 1214000 / 8 = 400750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -51.455 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1551.46$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1551.455 \times 249000 / 400750 = 963.97$ mm

$dvs = dv - dvc = 1551.455 - 963.974 = 587.48$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 378202003755 + 4046666667 / 8 + 249000 \times 587.482^2$

$+ 1214000 / 8 \times 963.974^2 = 605659369053$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 203920610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 669855074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

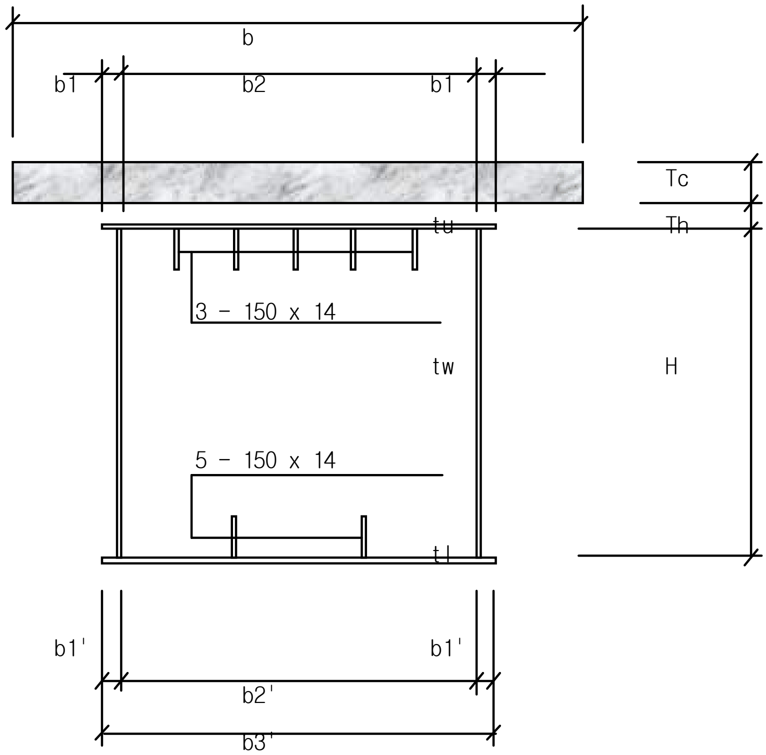
$= 30.000 + 200.000 / 8 = 55.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2731^2) / (2 \times 2731/12 + 2512/55 + 2512/32)$

$= 324944807181$ mm^4

- Section G2-15



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 20.0	54000	1360.00	73440000	99878400000	1800000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1366.00	-118022400	161218598400	7372800
TOTAL		222000		-49937400	288407498400	39406672800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 288407498400 + 39406672800 = 327814171200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -49937400 / 222000 = -224.94 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 327814171200 - 222000 x -224.943 ² = 316581090485 mm⁴

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2

= (2700³ x 20 / 12) + (2700³ x 32 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 187518110400 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 20.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2726.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/20 + 2512/32)$

$= 284865041067$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 222000 + 1214000 / 8 = 373750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -224.943 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1724.94 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1724.943 \times 222000 / 373750 = 1024.58$ mm

$dvs = dv - dvc = 1724.943 - 1024.582 = 700.36$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 316581090485 + 4046666667 / 8 + 222000 \times 700.362^2$

$+ 1214000 / 8 \times 1024.582^2 = 585281562878$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 187518110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 653452574983$ mm^4

- 비틀림 강성

 * 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

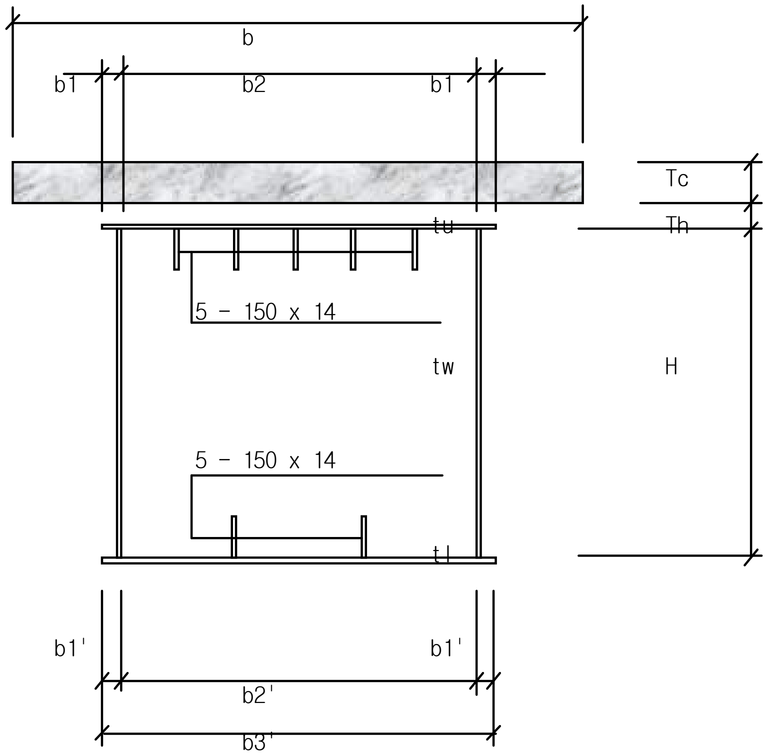
$= 20.000 + 200.000 / 8 = 45.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2726^2) / (2 \times 2726/12 + 2512/45 + 2512/32)$

$= 318632240484$ mm^4

- Section G2-16



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL		172200		-44258400	193738667400	39407995800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 193738667400 + 39407995800 = 233146663200 \ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -44258400 / 172200 = -257.02 \ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 233146663200 - 172200 \times -257.017^2 = 221771483348 \ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 154713110400 \ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \ mm$

Hk = $H + tu / 2 + tl / 2$

= 2700.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2716.00 mm

K = $(4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

= $(4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/10 + 2512/22)$

= 227603925491 mm^4

② 합성후 단면

Ac = $b \times Tc$

= 6070.000 x 200.000 = 1214000 mm^2

Av = $\sum As + Ac/N$

= 172200 + 1214000 / 8 = 323950 mm^2

Ic = $b \times Tc^3 / 12$

= $6070.000 \times 200.000^3 / 12$ = 4046666667 mm^4

dv = $H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

= 2700.000 / 2 - -257.017 + 50.000 + 200.000 / 2 1757.02 mm

dvc = $dv \cdot \sum As / Av$

= 1757.017 x 172200 / 323950 = 933.97 mm

dvs = dv - dvc = 1757.017 - 933.966 = 823.05 mm

Iv33 = $I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

= $221771483348 + 4046666667 / 8 + 172200 \times 823.051^2$

$+ 1214000 / 8 \times 933.966^2$ = 471298331167 mm^4

Iv22 = $I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

= $154713110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8$ = 620647574983 mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

tcu = $tu + Tc / N$

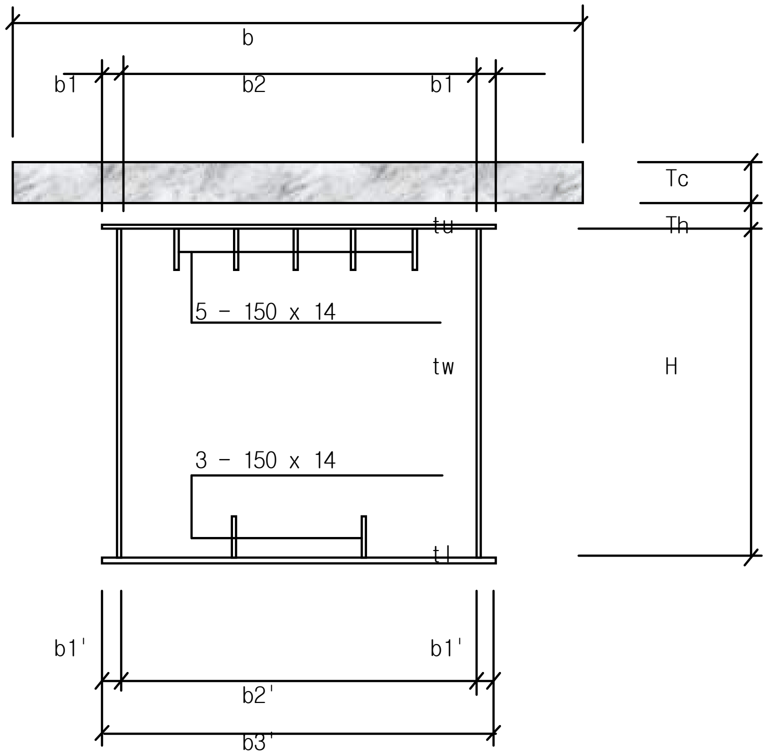
= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00 mm

K = $(4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

= $(4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/35 + 2512/22)$

= 291552208882 mm^4

- Section G2-17



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		141000		-1994400	136458221400	39398113800

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -1994400 / 141000 = -14.14 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 175856335200 - 141000 x -14.145 ² = 175828125049 mm⁴

I22 = (b3³ x tu / 12) + (b3'³ x tl / 12) + ((H x tw³ / 12) + (H x tw x (b2 / 2 + tw / 2)²)) * 2

= (2700³ x 10 / 12) + (2700³ x 12 / 12) + ((2700 x 12³ / 12)

+ (2700 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 138310610400 mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1214000 / 8 = 292750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -14.145 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1514.14 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1514.145 \times 141000 / 292750 = 729.27$ mm

$dvs = dv - dvc = 1514.145 - 729.272 = 784.87$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 175828125049 + 4046666667 / 8 + 141000 \times 784.873^2$

$+ 1214000 / 8 \times 729.272^2 = 343899864413$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 604245074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

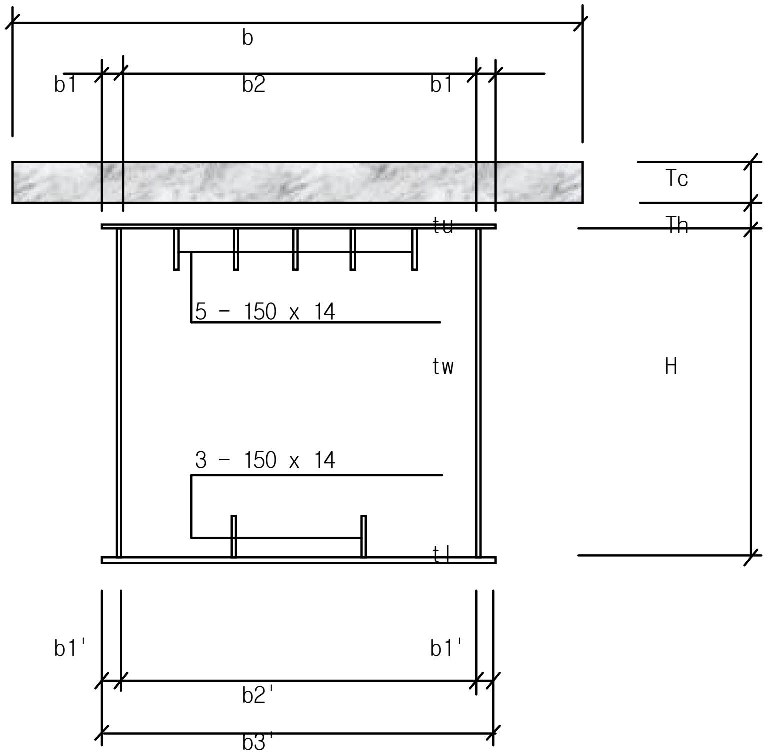
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G2-18



b	= 6070.000	mm
b1	= 100.000	mm
b2	= 2500.000	mm
b3	= 2700.000	mm
b1'	= 100.000	mm
b2'	= 2500.000	mm
b3'	= 2700.000	mm
Tc	= 200.000	mm
Th	= 50.000	mm
H	= 2700.000	mm
n	= 8	

① 합성전 단면

구 분	규 격					$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	12.0	32400	1356.00	43934400	59575046400	388800
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1275.00	13387500	17069062500	19687500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	-1275.00	-8032500	10241437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL						146400		5355000	146460592800	39398277600

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 146460592800 + 39398277600 = 185858870400\ mm^4$

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= 5355000 / 146400 = 36.58\ mm$

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 185858870400 - 146400 \times 36.578^2 = 185662995912\ mm^4$

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 141591110400\ mm^4$

- 비틀림 강성

$bk = b2 + tw / 2 \times 2$

$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00\ mm$

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2712.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/12 + 2512/12)$

$= 213219398554$ mm⁴

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm²

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 146400 + 1214000 / 8 = 298150$ mm²

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm⁴

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - 36.578 + 50.000 + 200.000 / 2 \quad 1463.42$ mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1463.422 \times 146400 / 298150 = 718.58$ mm

$dvs = dv - dvc = 1463.422 - 718.581 = 744.84$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 185662995912 + 4046666667 / 8 + 146400 \times 744.841^2$

$+ 1214000 / 8 \times 718.581^2 = 345747263603$ mm⁴

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 141591110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 607525574983$ mm⁴

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

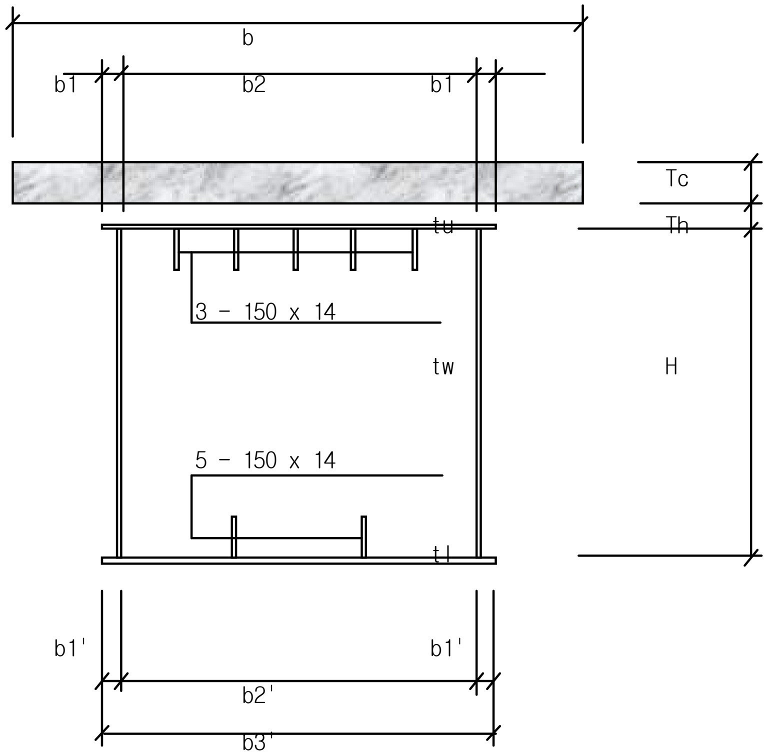
$= 12.000 + 200.000 / 8 = 37.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2712^2) / (2 \times 2712/12 + 2512/37 + 2512/12)$

$= 254575701150$ mm⁴

- Section G2-19



b = 6070.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 200.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2700.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2 - 2700.0 X 12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1356.00	-43934400	59575046400	388800
TOTAL		141000		-12704400	136458221400	39398113800

$Is´ = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 136458221400 + 39398113800 = 175856335200$ mm^4

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -12704400 / 141000 = -90.10$ mm

$I33 = Is´ - \sum As \times \delta s^2$

$= 175856335200 - 141000 \times -90.102^2 = 174711641729$ mm^4

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 138310610400$ mm^4

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2711.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/10 + 2512/12)$

$= 203324113146$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 141000 + 1214000 / 8 = 292750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -90.102 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1590.10 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1590.102 \times 141000 / 292750 = 765.86$ mm

$dvs = dv - dvc = 1590.102 - 765.856 = 824.25$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 174711641729 + 4046666667 / 8 + 141000 \times 824.246^2$

$+ 1214000 / 8 \times 765.856^2 = 360017040679$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 138310610400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 604245074983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

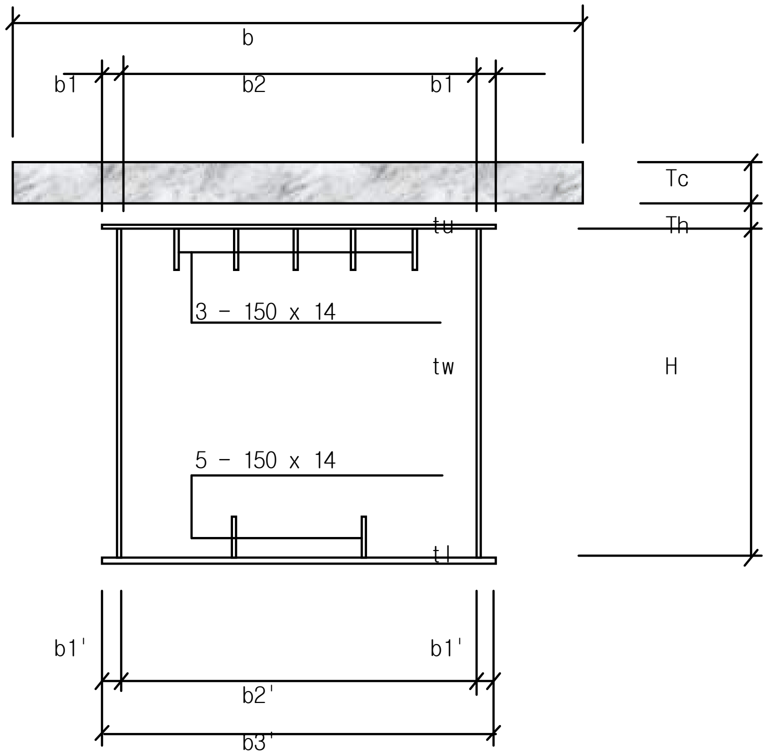
$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2711^2) / (2 \times 2711/12 + 2512/35 + 2512/12)$

$= 253099333449$ mm^4

- Section G2-20



b	=	6070.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	200.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2700.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구 분	규 격					As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	10.0	27000	1355.00	36585000	49572675000	225000
UPPER RIB	3	-	150.0	X	14.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
W E B	2	-	2700.0	X	12.0	64800				39366000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	22.0	59400	-1361.00	-80843400	110027867400	2395800
TOTAL						168000		-49613400	186911042400	39400120800

$Is' = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 186911042400 + 39400120800 = 226311163200$ mm⁴

$\delta s = \sum AsY / \sum As$

$= -49613400 / 168000 = -295.32$ mm

$I33 = Is' - \sum As \times \delta s^2$

$= 226311163200 - 168000 \times -295.318^2 = 211659440226$ mm⁴

$I22 = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) * 2$

$= (2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2700 \times 12^3 / 12)$

$+ (2700 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 154713110400$ mm⁴

- 비틀림 강성

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

$Hk = H + tu / 2 + tl / 2$

$= 2700.000 + 10.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2716.00$ mm

$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/10 + 2512/22)$

$= 227603925491$ mm^4

② 합성후 단면

$Ac = b \times Tc$

$= 6070.000 \times 200.000 = 1214000$ mm^2

$Av = \sum As + Ac/N$

$= 168000 + 1214000 / 8 = 319750$ mm^2

$Ic = b \times Tc^3 / 12$

$= 6070.000 \times 200.000^3 / 12 = 4046666667$ mm^4

$dv = H / 2 - \delta s + Th + Tc / 2$

$= 2700.000 / 2 - -295.318 + 50.000 + 200.000 / 2$ 1795.32 mm

$dvc = dv \cdot \sum As / Av$

$= 1795.318 \times 168000 / 319750 = 943.28$ mm

$dvs = dv - dvc = 1795.318 - 943.279 = 852.04$ mm

$Iv33 = I33 + Ic/N + \sum As \cdot dvs^2 + Ac/N \cdot dvc^2$

$= 211659440226 + 4046666667 / 8 + 168000 \times 852.039^2$

$+ 1214000 / 8 \times 943.279^2 = 469151667027$ mm^4

$Iv22 = I22 + b^3 \times Tc / 12 / N$

$= 154713110400 + 6070.000^3$

$\times 200.000 / 12 / 8 = 620647574983$ mm^4

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$tcu = tu + Tc / N$

$= 10.000 + 200.000 / 8 = 35.00$ mm

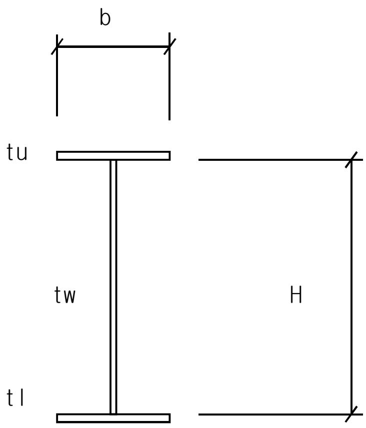
$K = (4 \times bk^2 \times Hk^2) / (2 \times Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)$

$= (4 \times 2512^2 \times 2716^2) / (2 \times 2716/12 + 2512/35 + 2512/22)$

$= 291552208882$ mm^4

2-2. 가로보 및 세로보 단면상수 산정

- 가로보 Section 1 : 교대 및 교각



bu = 300.00 mm
bl = 300.00 mm
H = 2000.00 mm

tu = 12.00 mm
tw = 12.00 mm
tl = 12.00 mm

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	1006.00	3621600	3643329600	43200
W E B	2000.00 X 12.00	24000.0				8000000000
LOWER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	-1006.00	-3621600	3643329600	43200
TOTAL		31200.0		0	7286659200	8000086400

$I33 = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 7286659200 + 8000086400 = 15286745600\ mm^4$

$I22 = (bu^3 \times tu / 12) + (bl^3 \times tl / 12) + (H \times tw^3 / 12)$

$= (300^3 \times 12 / 12) + (300^3 \times 12 / 12) + (2000 \times 12^3 / 12)$

$= 54288000\ mm^4$

모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

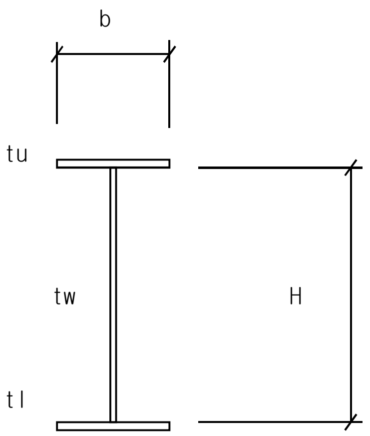
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

$K = \sum (b \times t^3) / 3$

$= (300 \times 12^3 + 300 \times 12^3 + 2000 \times 12^3) / 3 = 1497600\ mm^4$

- 가로보 Section 2 : 일반부



bu	=	300.00	mm
bl	=	300.00	mm
H	=	1500.00	mm
tu	=	10.00	mm
tw	=	10.00	mm
tl	=	10.00	mm

구 분	규 격	$As(mm^2)$	Y(mm)	$AsY(mm^3)$	$AsY^2\ (mm^4)$	$Io(mm^4)$
UPPER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	755.00	2265000	1710075000	25000
W E B	1500.00 X 10.00	15000.0				2812500000
LOWER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	-755.00	-2265000	1710075000	25000
TOTAL		21000.0		0	3420150000	2812550000

$I33 = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 3420150000 + 2812550000 = 6232700000\ mm^4$

$I22 = (bu^3 \times tu / 12) + (bl^3 \times tl / 12) + (H \times tw^3 / 12)$

$= (300^3 \times 10 / 12) + (300^3 \times 10 / 12) + (1500 \times 10^3 / 12)$

$= 45125000\ mm^4$

모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

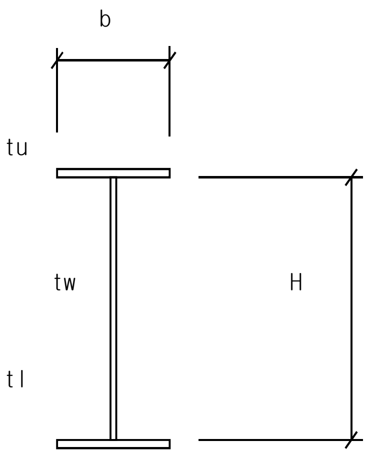
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

$K = \sum (b \times t^3) / 3$

$= (300 \times 10^3 + 300 \times 10^3 + 1500 \times 10^3) / 3 = 700000\ mm^4$

- 세로보 Section 1



bu = 250.00 mm

bl = 250.00 mm

H = 800.00 mm

tu = 10.00 mm

tw = 10.00 mm

tl = 10.00 mm

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	405.00	1012500	410062500	20833
W E B	800.00 X 10.00	8000.0				426666667
LOWER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	-405.00	-1012500	410062500	20833
TOTAL		13000.0		0	820125000	426708333

$I33 = \sum AsY^2 + \sum Io$

$= 820125000 + 426708333 = 1246833333$ mm^4

$I22 = (bu^3 \times tu / 12) + (bl^3 \times tl / 12) + (H \times tw^3 / 12)$

$= (250^3 \times 10 / 12) + (250^3 \times 10 / 12) + (800 \times 10^3 / 12)$

$= 26108333$ mm^4

모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

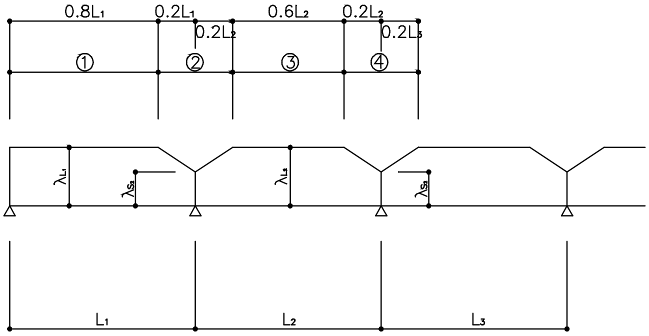
- 비틀림 강성

$K = \sum (b \times t^3) / 3$

$= (250 \times 10^3 + 250 \times 10^3 + 800 \times 10^3) / 3 = 433333$ mm^4

3. 플랜지 및 슬래브 유효폭

3-1. 플랜지 유효폭 (☞ 도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

하부 : 복부간격 2b = 2.500 m, 플랜지돌출폭 be = 0.100 m

L1 = 55.000 m

L2 = 55.000 m

L3 = 55.000 m

L4 = 55.000 m

1. 제 4, 7 경간 정모멘트부

$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 55 =$ 44.000 m

· 상 부

$b/l = 1.25 / 44 =$ 0.028

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$\lambda L1 = b = 1.25$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda L1 + be) =$ 2.700 m

· 하 부

$b/l = 1.25 / 44 =$ 0.028

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$\lambda L1 = b = 1.25$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda L1 + be) =$ 2.700 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (55 + 55) =$ 22.000 m

· 상 부

$b/l = 1.25 / 22 =$ 0.057

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2 \} \cdot b = 1.116$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda S1 + be) =$ 2.432 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 22 = 0.057

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$\lambda S1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.116$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda S1 + be) =$ 2.432 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 55 =$ 33.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$\lambda L2 = b = 1.25$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda L2 + be) =$ 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

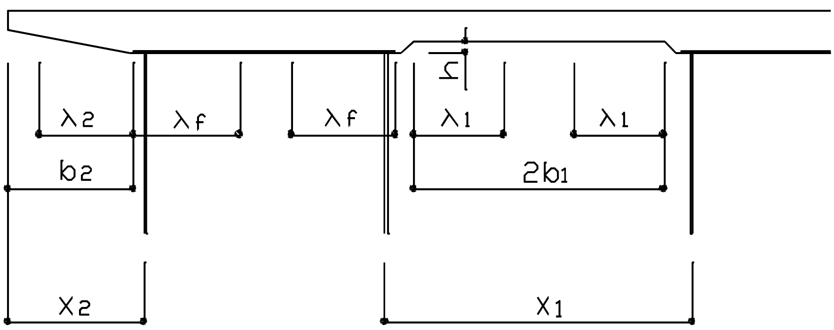
$\lambda L2 = b = 1.25$ m

∴ 플랜지 유효폭 $B = 2 \times (\lambda L2 + be) =$ 2.700 m

3-2. 슬래브 유효폭 (☞ 도.설 3.8.3.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1



X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.930 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.100 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

$2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 \times (0.1 + 0.1)$ = 4.900 m

$b2 = X2 - be = 0.93 - 0.1$ = 0.830 m

1. 제 4, 7 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

b1 / l = 2.45 / 44 = 0.056

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda 1$ = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.422 m

b2 / l = 0.83 / 44 = 0.019

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

$\lambda 2$ = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + $\lambda 1$ + $\lambda 2$ + h = 6.052 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

b1 / l = 2.45 / 22 = 0.111

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda 1$ = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2 }·b = 1.861 m

b2 / l = 0.83 / 22 = 0.038

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda 2$ = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2 }·b = 0.785 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + $\lambda 1$ + $\lambda 2$ + h = 5.178 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.45 / 33 = 0.074

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

$\lambda 1$ = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.331 m

b2 / l = 0.83 / 33 = 0.025

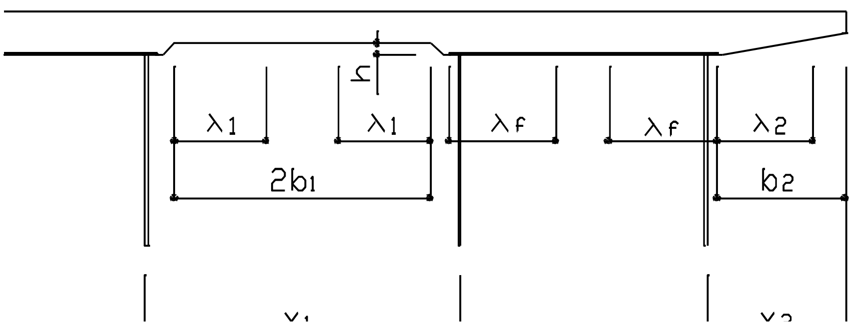
여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

$\lambda 2$ = b = 0.83 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + $\lambda 1$ + $\lambda 2$ + h = 5.961 m

2) GIRDER - 2



X1 = 5.300 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 0.920 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.100 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.3 - 2 ×(0.1 + 0.1) = 4.900 m

b2 = X2 - be = 0.92 - 0.1 = 0.820 m

1. 제 4, 5 경간 정모멘트부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 55 = 44.000 m

b1 / l = 2.45 / 44 = 0.056

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.422 m

b2 / l = 0.82 / 44 = 0.019

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.042 m

2. 제 4, 5, 6 경간 부모멘트부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (55 + 55) = 22.000 m

b1 / l = 2.45 / 22 = 0.111

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2 }·b = 1.861 m

b2 / l = 0.82 / 22 = 0.037

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2 }·b = 0.777 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.170 m

3. 제 5, 6 경간 정모멘트부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.45 / 33 = 0.074

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.331 m

b2 / l = 0.82 / 33 = 0.025

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.82 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.951 m

4. 부재력 요약

[4경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	12,882.160	3,188.440	7,179.830	568.093	0.53
G2	12,873.070	3,485.380	7,940.110	567.856	0.53

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	209.620	49.920	338.800	23.140	
G2	209.400	61.230	349.590	23.130	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	0.820	9.480	569.870	0.009	
G2	-1.000	9.530	345.430	0.008	

[5경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	5,503.290	1,371.040	5,700.450	436.111	-0.09
G2	5,498.380	1,579.670	6,288.920	435.932	-0.09

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	3.090	-0.180	345.470	48.801	
G2	3.000	6.710	631.710	48.781	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.160	1.690	540.330	0.026	
G2	0.100	1.770	312.400	0.024	

[6경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	5,503.290	1,371.040	5,700.450	436.111	-0.09
G2	5,498.380	1,579.670	6,288.920	435.932	-0.09

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	3.090	-0.180	345.470	48.801	
G2	3.000	6.710	361.710	48.781	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	0.160	-1.690	535.750	0.026	
G2	-0.100	-1.770	305.160	0.024	

[7경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	12,882.160	3,188.440	7,179.830	568.093	0.53
G2	12,873.070	3,485.380	7,940.110	567.856	0.53

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	209.620	49.920	338.800	23.140	
G2	209.400	61.230	349.590	23.130	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.820	-9.480	545.700	0.009	
G2	1.000	-9.530	-334.710	0.008	

[4경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-20,278.140	-4,923.770	-7,803.640	-1,262.657	-0.3
G2	-20,260.380	-5,676.430	-9,572.830	-1,262.125	-0.3

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,764.560	-412.210	-846.570	-48.822	
G2	-1,762.800	-497.160	-1,004.280	-48.801	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.250	-35.110	-931.240	-0.038	
G2	0.020	-36.820	-795.540	-0.038	

[5경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-12,613.500	-3,067.250	-6,676.970	-1,422.439	0.16
G2	-12,600.680	-3,682.950	-8,175.210	-1,421.835	0.16

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	1,160.240	278.040	723.210	-48.760	
G2	1,159.020	338.350	873.250	-48.739	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.240	-19.590	-870.100	-0.126	
G2	-0.200	-21.400	-721.710	-0.128	

[6경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-20,278.140	-4,923.770	-7,803.640	-1,262.657	-0.3
G2	-20,260.380	-5,676.430	-9,572.820	-1,262.125	-0.3

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,764.560	-412.210	-846.570	-48.822	
G2	-1,762.800	-497.160	-1,004.280	-48.801	

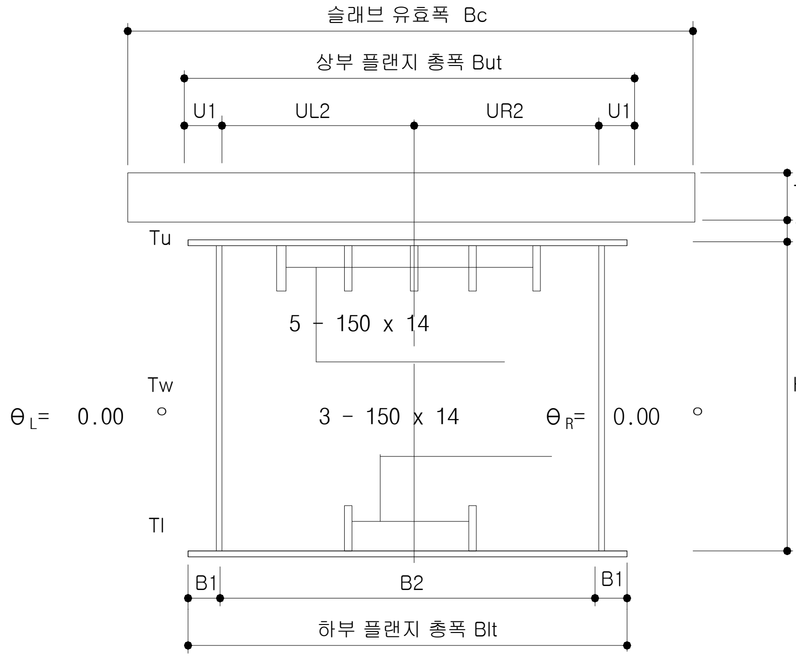
[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-0.350	-11.290	-898.300	-0.038	
G2	-0.430	-13.180	-763.900	-0.038	

5. 단면검토

5-1. 4경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 6.042 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	12873.070
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3485.380
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	8507.966
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	209.400
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	61.230
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	372.720
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-1.000
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	9.530
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	345.438

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

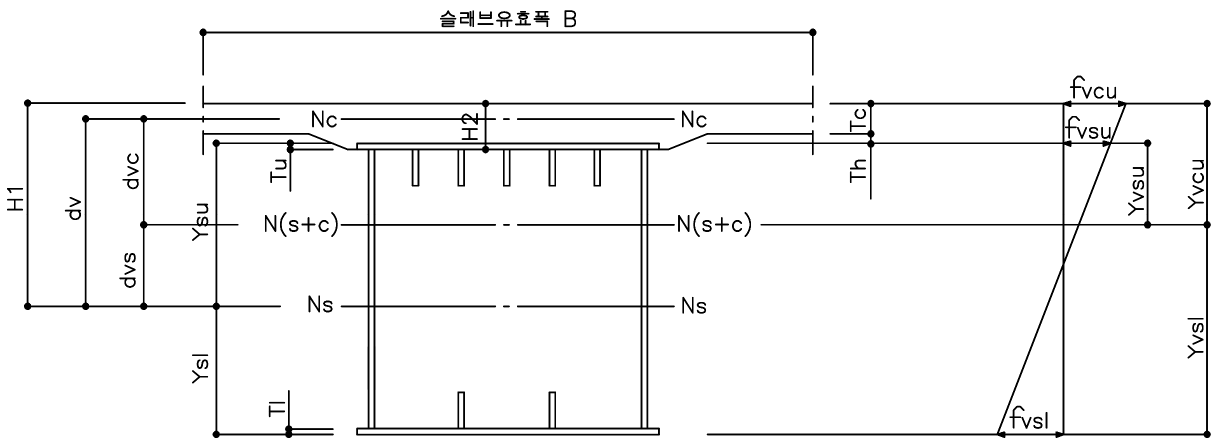
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단　　면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1358.0	58665600	79667884800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1360.0	-73440000	99878400000	1800000
강단면 합계			178800		-9419400	2.06857E+11	39400221600
1 - RC SLAB	6042.0	200.0	1208400	1550.0	1873020000	2903181000000	4028000000

* As = 178800 mm^2 , Ac = 1208400 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$I_s' = A_s \cdot Y2 + \sum I_s$ = ########### + 39400221600.0 = 246257006400 mm^4

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s$ = -9419400 / 178800 = -52.681 mm

$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2$ = ########### - 178800 × -52.681^2 = 245760781029 mm^4

$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s$ = 2700.0 / 2 + 16.0 - -52.681 = 1418.681 mm

$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l)$ = 1418.681 - 2736.000 = -1317.319 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2)$ = 6827616.0 mm^2

$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s$ = **74.311** MPa

$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s$ = **-69.002** MPa

$\upsilon = S_s / A(Web) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w)$ = 3.238 MPa

(2) 합 성 후

$A_v = A_s + A_c/n$ = 329850.0 mm^2

I_c/n = 503500000 mm^4

868.8

$dvs = dv - dvc =$ 733.9 mm

$Yvcu = dvc + Tc/2 =$ 968.8 mm

$Yvcl = Yvcu - Tc =$ 768.8 mm

$Yvsu = Yvcu - H2 + Tu =$ 684.8 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -2051.2 mm

$Iv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 456577245526 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6859016.0 mm^2

$fvcu = Msc \cdot Yvcu/(n \cdot Iv) =$ 0.924 MPa

$fvcl = Msc \cdot Yvcl/(n \cdot Iv) =$ 0.734 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Iv =$ 5.227 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Iv =$ -15.659 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 1.003 MPa

(3) 활 하 중

$fvcu = Mv \cdot Yvcu/(n \cdot Iv) =$ 2.257 MPa

$fvcl = Mv \cdot Yvcl/(n \cdot Iv) =$ 1.791 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Iv =$ 12.760 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Iv =$ -38.223 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 7.850 MPa

(4) 크 리 이 프

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 254325.0 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1126.7 mm K = 0.530

$ds1 = dv - dc1 =$ 475.9 mm

$Yv1cu = dc1 + Tc/2 =$ 1226.7 mm

$Yv1cl = Yv1cu - Tc =$ 1026.7 mm

$Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu =$ 942.7 mm

$Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) =$ -1793.3 mm

$Iv1 = Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 =$ 382396550176 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Iv) =$ 1001739 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ 1001739 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ 1128704814 $N \cdot mm$

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fcu = Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) =$ 0.924 MPa

$fcl = Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) =$ 0.734 MPa

$fvcu1=1/n1 \cdot (P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1cu/Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1/ Ec =$ -0.558 MPa

$fvcl1=1/n1 \cdot (P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1cl/Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1/ Ec =$ -0.387 MPa

$fvsu1=P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1su/Iv1$ = 5.414 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 229150.000 mm^2

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1250.5 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 352.1 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1350.5 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1150.5 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 1066.5 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1669.5 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 346840289886.7 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1903230 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2380049954 N·mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.024 MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.055 MPa

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 =$ 12.184 MPa

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 =$ 2.234 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3806460 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 3306887657 N·mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.297 MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.393 MPa

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv =$ 14.169 MPa

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv =$ 3.666 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2\ F\ Tw) + (Msct+Mvt)/(2\ FvTw) =$ 12.078 MPa $<$ $\upsilon a =$ 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 φ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

f_{ta} = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : f_{ca} = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : f_{ca} = 190 − 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : f_{ca} = 220000 × { (tu · i · n) / b } = 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, f_{ca} = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

f_{ca} = 0.4 f_{ck} = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 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
1			10.800	10.800	74.311	-69.002	182.038	190.000
1+2+3	3.181	2.524	10.800	10.800	92.298	-122.884	182.038	190.000
1+2+3+4	2.623	2.137	10.800	10.800	97.712	-121.750	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.598	1.083	10.800	10.800	109.896	-119.516	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.301	-0.310	12.420	2.174	124.065	-115.850	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.895	2.475	12.420	12.420	95.728	-123.182	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{109.896}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{12.078}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.276 + 0.012 = 0.288 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-122.884}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{12.078}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 20 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 74.311) = 1.599 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 5.2 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/124.065) = 1.238 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.924 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.181 - 0.924 = 2.257 MPa

Σf = 1.3 ×0.924 + 2.15 ×2.257 + (-0.558) + (-1.024) + (1.297)

= 5.768 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.924 + 2.15 ×2.257 + (1.297)

= 7.350 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 74.311 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 5.227 MPa

합성후 활하중 응력 = 92.298 - 74.311 - 5.227 = 12.760 MPa

Σf = 1.3 × (74.311 + 5.227) + 2.15 × 12.76 + (5.414) + (12.184) + (14.169)

= 162.601 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (74.311 + 5.227) + 2.15 × 12.76 + (14.169)

= 145.003 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -69.002 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -15.659 MPa

합성후 활하중 응력 = -122.884 - -69.002 - -15.659 = -38.223 MPa

Σf = 1.3 × (-69.002 + -15.659) + 2.15 × -38.223 + (1.133) + (2.234) + (-3.666)

= -192.537 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-69.002 + -15.659) + 2.15 × -38.223 + (-3.666)

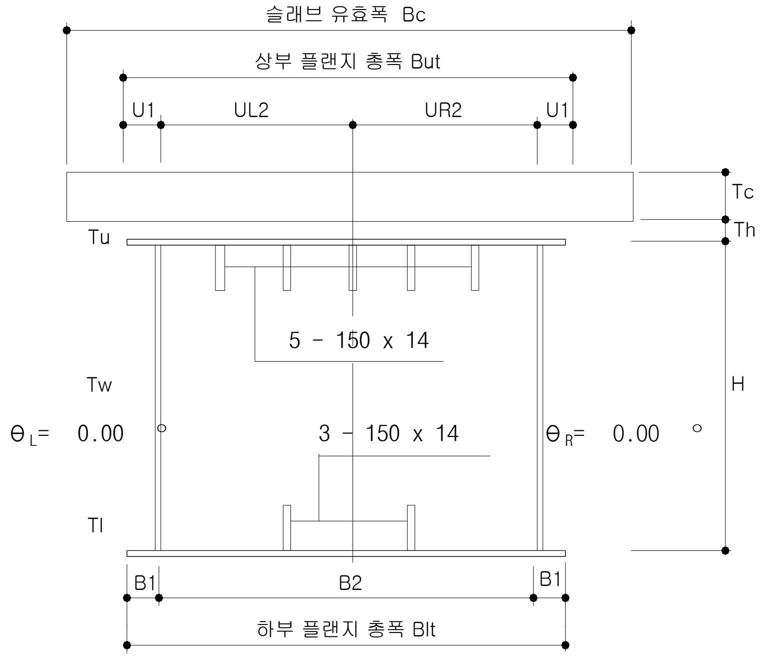
-195.904 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.768	16.200	O.K!!!	2.80
	크리프,건조수축제외시	7.350	16.200	O.K!!!	2.20
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	162.601	315.000	O.K!!!	1.93
	크리프,건조수축제외시	145.003	315.000	O.K!!!	2.17
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-192.537	315.000	O.K!!!	1.63
	크리프,건조수축제외시	-195.904	315.000	O.K!!!	1.60

5-2. 5경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.951 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5498.380
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1579.670
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6724.852
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	3.000
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	6.710
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	680.491
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.100
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	1.770
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	312.424

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

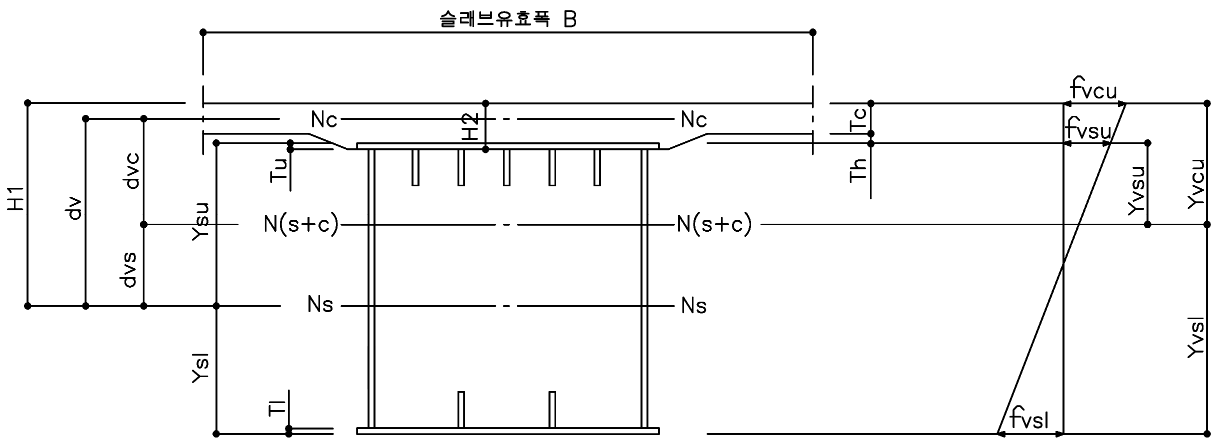
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1356.0	43934400	59575046400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1357.0	-51294600	69606772200	617400
강단면 합계			151800		-2005200	1.56492E+11	39398506200
1 - RC SLAB	5951.0	200.0	1190200	1550.0	1844810000	2859455500000	3967333333

* As = 151800 mm² , Ac = 1190200 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########### + 39398506200.0 = 195890824800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -2005200 / 151800 = -13.209 mm

Is = Is' - As · δs² = ########### - 151800 × -13.209² = 195864337138 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2700.0 / 2 + 12.0 - -13.209 = 1375.209 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1375.209 - 2726.000 = -1350.791 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6815056.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = 38.605 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -37.920 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 0.047 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 300575.0 mm²

Ic/n = 495916667 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 773.7 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 889.5 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 689.5 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 601.5 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2124.5 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs^2 + Ac/n · dvc^2 = 379964718805 mm^4

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6846456.0 mm^2

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.462 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.358 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.501 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -8.833 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.114 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.968 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.525 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.645 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -37.601 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 12.403 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 226187.5 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1049.1 mm   K = -0.090

ds1 = dv - dc1 = 514.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1149.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 949.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 861.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1864.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · $ds1^2$ + Ac/n1 · $dc1^2$ = 318106022064 mm^4

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 488303 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 488303 N

Mφ = Pφ · dc1 = 512282485 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.462 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.358 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.338 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.232 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 2.034 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 201391.667 mm^2

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1178.3 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 384.9 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1278.3 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1078.3 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 990.3 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1735.7 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 287372237252.4 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1874565 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2208757115 N · mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.224 MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.218 MPa

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 =$ 8.623 MPa

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 =$ 10.509 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3749130 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 2959828839 N · mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.723 MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.705 MPa

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv =$ 12.052 MPa

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv =$ 13.963 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) =$ 12.564 MPa < $\upsilon a =$ 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 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
1			10.800	10.800	38.605	-37.920	148.183	190.000
1+2+3	2.430	1.884	10.800	10.800	51.751	-84.354	148.183	190.000
1+2+3+4	2.092	1.652	10.800	10.800	53.785	-81.925	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.868	0.433	10.800	10.800	62.408	-71.416	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.855	-1.272	2.174	2.174	74.460	-57.453	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	2.591	2.139	12.420	12.420	50.357	-85.378	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{74.460}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{12.564}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.149 + 0.013 = 0.162 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-84.354}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{12.564}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.197 + 0.013 = 0.210 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

t_{min} = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm O.K.

t_{min} = 10 mm ≤ t = 12 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm O.K.

t_{min} = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 t_{min} = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, $\sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/38.605)}$ = 2.218 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 t_{min} = bc /(219 × 1.200) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, $\sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/74.46)}$ = 1.597 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.462 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.43 - 0.462 = 1.968 MPa

Σf = 1.3 ×0.462 + 2.15 ×1.968 + (-0.338) + (-1.224) + (1.723)

= 4.993 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.462 + 2.15 ×1.968 + (1.723)

= 6.555 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 38.605 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.501 MPa

합성후 활하중 응력 = 51.751 - 38.605 - 2.501 = 10.646 MPa

Σf = 1.3 × (38.605 + 2.501) + 2.15 × 10.646 + (2.034) + (8.623) + (12.052)

= 99.034 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (38.605 + 2.501) + 2.15 × 10.646 + (12.052)

= 88.377 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -37.920 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -8.833 MPa

합성후 활하중 응력 = -84.354 - -37.92 - -8.833 = -37.601 MPa

Σf = 1.3 × (-37.92 + -8.833) + 2.15 × -37.601 + (2.429) + (10.509) + (-13.963)

= -142.646 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-37.92 + -8.833) + 2.15 × -37.601 + (-13.963)

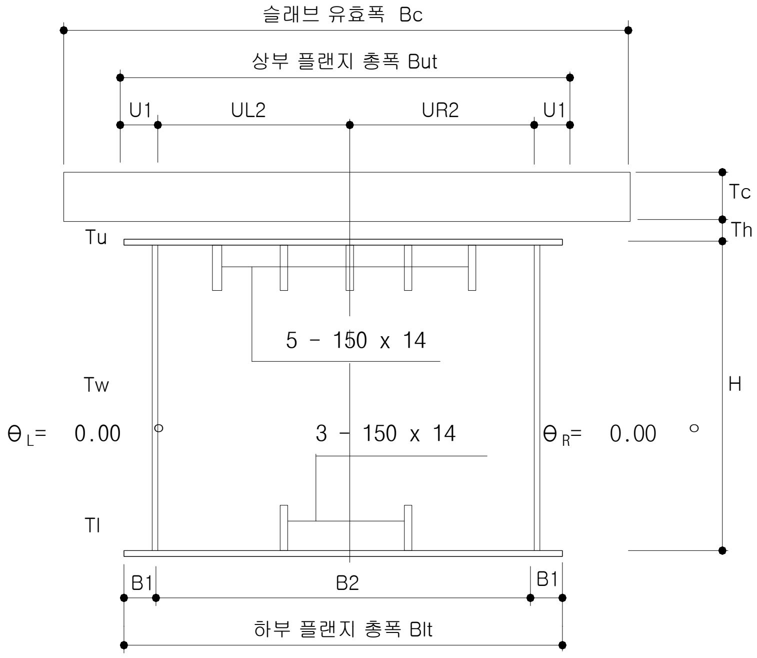
-155.583 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.993	16.200	O.K!!!	3.24
	크리프,건조수축제외시	6.555	16.200	O.K!!!	2.47
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	99.034	315.000	O.K!!!	3.18
	크리프,건조수축제외시	88.377	315.000	O.K!!!	3.56
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-142.646	315.000	O.K!!!	2.20
	크리프,건조수축제외시	-155.583	315.000	O.K!!!	2.02

5-3. 6경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.951 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5498.380
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1579.670
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6724.852
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	3.000
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	6.710
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	410.491
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.100
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-1.770
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	305.184

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

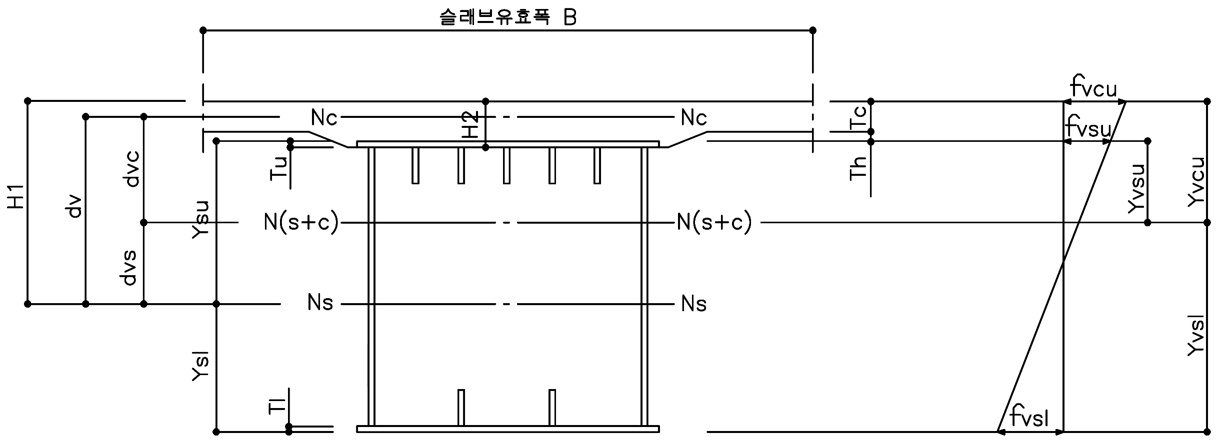
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1356.0	43934400	59575046400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1357.0	-51294600	69606772200	617400
강단면 합계			151800		-2005200	1.56492E+11	39398506200
1 - RC SLAB	5951.0	200.0	1190200	1550.0	1844810000	2859455500000	3967333333

* As = 151800 mm² , Ac = 1190200 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########### + 39398506200.0 = 195890824800 ㎣

δs = ∑(A · Y)/ As = -2005200 / 151800 = -13.209 mm

Is = Is' - As · δs² = ########### - 151800 × -13.209² = 195864337138 ㎣

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2700.0 / 2 + 12.0 - -13.209 = 1375.209 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1375.209 - 2726.000 = -1350.791 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6815056.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = 38.605 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -37.920 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 0.047 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 300575.0 mm²

Ic/n = 495916667 ㎣

dvs = dv - dvc = 773.7 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 889.5 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 689.5 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 601.5 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2124.5 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs^2 + Ac/n · dvc^2 = 379964718805 mm^4

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6846456.0 mm^2

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.462 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.358 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.501 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -8.833 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.114 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.968 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.525 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.645 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -37.601 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 8.192 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + ϕ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 226187.5 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1049.1 mm   K = -0.090

ds1 = dv - dc1 = 514.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1149.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 949.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 861.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1864.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · $ds1^2$ + Ac/n1 · $dc1^2$ = 318106022064 mm^4

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 488303 N

Pϕ = Nc · 2 · ϕ1 / (2+ϕ1) = 488303 N

Mϕ = Pϕ · dc1 = 512282485 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + ϕ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.462 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.358 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pϕ/Av1 + k*Mϕ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · ϕ1/ Ec = -0.338 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pϕ/Av1 + k*Mϕ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · ϕ1/ Ec = -0.232 MPa

fvsu1=Pϕ/Av1 + k*Mϕ · Yv1su/Iv1 = 2.034 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 201391.667 mm^2

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1178.3 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 384.9 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1278.3 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1078.3 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 990.3 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1735.7 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 287372237252.4 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1874565 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2208757115 N · mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.224 MPa

$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.218 MPa

$fvsu2 = P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2$ = 8.623 MPa

$fvsl2 = P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2$ = 10.509 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3749130 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 2959828839 N · mm

$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.723 MPa

$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.705 MPa

$fsut = P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv$ = 12.052 MPa

$fslt = P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv$ = 13.963 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) =$ 8.331 MPa $<$ $\upsilon a =$ 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = $220000 \times \{ (tu \cdot i \cdot n) / b \}^2$ = 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 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
1			10.800	10.800	38.605	-37.920	148.183	190.000
1+2+3	2.430	1.884	10.800	10.800	51.751	-84.354	148.183	190.000
1+2+3+4	2.092	1.652	10.800	10.800	53.785	-81.925	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.868	0.433	10.800	10.800	62.408	-71.416	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.855	-1.272	2.174	2.174	74.460	-57.453	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	2.591	2.139	12.420	12.420	50.357	-85.378	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{74.460}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{8.331}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.149 + 0.006 = 0.155 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-84.354}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{8.331}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.197 + 0.006 = 0.203 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 38.605) = 2.218 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 74.46) = 1.597 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.462 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.43 - 0.462 = 1.968 MPa

Σf = 1.3 ×0.462 + 2.15 ×1.968 + (-0.338) + (-1.224) + (1.723)
= 4.993 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.462 + 2.15 ×1.968 + (1.723)
= 6.555 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 38.605 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.501 MPa

합성후 활하중 응력 = 51.751 - 38.605 - 2.501 = 10.646 MPa

Σf = 1.3 × (38.605 + 2.501) + 2.15 × 10.646 + (2.034) + (8.623) + (12.052)
= 99.034 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (38.605 + 2.501) + 2.15 × 10.646 + (12.052)
= 88.377 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -37.920 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -8.833 MPa

합성후 활하중 응력 = -84.354 - -37.92 - -8.833 = -37.601 MPa

Σf = 1.3 × (-37.92 + -8.833) + 2.15 × -37.601 + (2.429) + (10.509) + (-13.963)
= -142.646 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

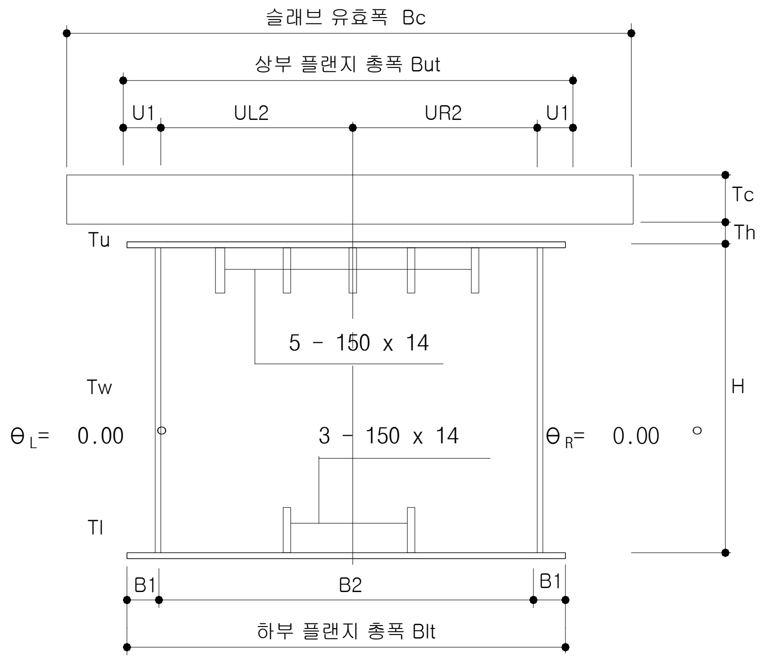
Σf = 1.3 × (-37.92 + -8.833) + 2.15 × -37.601 + (-13.963)
-155.583 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.993	16.200	O.K!!!	3.24
	크리프,건조수축제외시	6.555	16.200	O.K!!!	2.47
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	99.034	315.000	O.K!!!	3.18
	크리프,건조수축제외시	88.377	315.000	O.K!!!	3.56
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-142.646	315.000	O.K!!!	2.20
	크리프,건조수축제외시	-155.583	315.000	O.K!!!	2.02

5-4. 7경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 6.042 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	12873.070
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3485.380
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	8507.966
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	209.400
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	61.230
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	372.720
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	1.000
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-9.530
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	-334.702

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

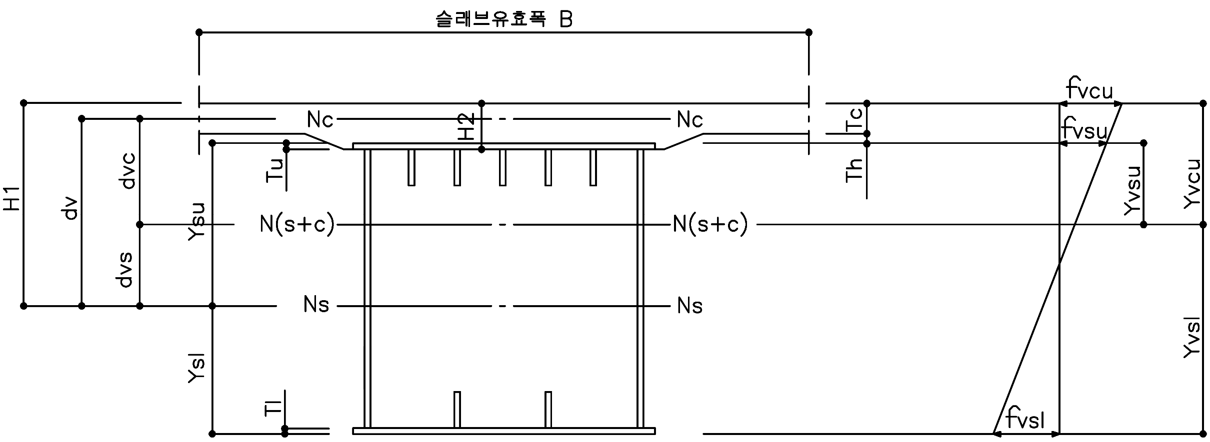
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단　　면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1358.0	58665600	79667884800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1360.0	-73440000	99878400000	1800000
강단면 합계			178800		-9419400	2.06857E+11	39400221600
1 - RC SLAB	6042.0	200.0	1208400	1550.0	1873020000	2903181000000	4028000000

* As = 178800 mm² , Ac = 1208400 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ ########### + 39400221600.0 = 246257006400 ㎜⁴

$\delta s = \sum(A \cdot Y)/ As =$ -9419400 / 178800 = -52.681 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2 =$ ########### - 178800 × -52.681^2 = 245760781029 ㎜⁴

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s =$ 2700.0 / 2 + 16.0 - -52.681 = 1418.681 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) =$ 1418.681 - 2736.000 = -1317.319 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6827616.0 mm²

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is =$ **74.311** MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is =$ **-69.002** MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) =$ 3.238 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ac/n =$ 329850.0 mm²

$Ic/n =$ 503500000 ㎜⁴

868.8

$dvs = dv - dvc =$ 733.9 mm

$Yvcu = dvc + Tc/2 =$ 968.8 mm

$Yvcl = Yvcu - Tc =$ 768.8 mm

$Yvsu = Yvcu - H2 + Tu =$ 684.8 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -2051.2 mm

$Iv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 456577245526 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6859016.0 mm^2

$fvcu = Msc \cdot Yvcu/(n \cdot Iv) =$ 0.924 MPa

$fvcl = Msc \cdot Yvcl/(n \cdot Iv) =$ 0.734 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Iv =$ 5.227 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Iv =$ -15.659 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 1.003 MPa

(3) 활 하 중

$fvcu = Mv \cdot Yvcu/(n \cdot Iv) =$ 2.257 MPa

$fvcl = Mv \cdot Yvcl/(n \cdot Iv) =$ 1.791 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Iv =$ 12.760 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Iv =$ -38.223 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 7.785 MPa

(4) 크 리 이 프

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 254325.0 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1126.7 mm K = 0.530

$ds1 = dv - dc1 =$ 475.9 mm

$Yv1cu = dc1 + Tc/2 =$ 1226.7 mm

$Yv1cl = Yv1cu - Tc =$ 1026.7 mm

$Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu =$ 942.7 mm

$Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) =$ -1793.3 mm

$Iv1 = Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 =$ 382396550176 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Iv) =$ 1001739 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ 1001739 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ 1128704814 N·mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fcu = Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) =$ 0.924 MPa

$fcl = Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) =$ 0.734 MPa

$fvcu1=1/n1 \cdot (P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1cu/Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1/ Ec =$ -0.558 MPa

$fvcl1=1/n1 \cdot (P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1cl/Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1/ Ec =$ -0.387 MPa

$fvsu1=P\phi/Av1 + k*M\phi \cdot Yv1su/Iv1 =$ 5.414 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 229150.000 mm^2

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1250.5 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 352.1 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1350.5 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1150.5 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 1066.5 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1669.5 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 346840289886.7 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1903230 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2380049954 N·mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.024 MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.055 MPa

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 =$ 12.184 MPa

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 =$ 2.234 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3806460 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 3306887657 N·mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.297 MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.393 MPa

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv =$ 14.169 MPa

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv =$ 3.666 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) =$ 12.013 MPa $< \upsilon a =$ 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 φ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

f_{ta} = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : f_{ca} = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9\,(\,b/(t_u \cdot i \cdot n) - 24\,) = 182.0$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{\,(t_u \cdot i \cdot n)/b\,\}^2 = 324.403$ MPa

사용 t_u = 16.0 mm

따라서, f_{ca} = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

f_{ca} = 0.4 f_{ck} = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 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
1			10.800	10.800	74.311	-69.002	182.038	190.000
1+2+3	3.181	2.524	10.800	10.800	92.298	-122.884	182.038	190.000
1+2+3+4	2.623	2.137	10.800	10.800	97.712	-121.750	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.598	1.083	10.800	10.800	109.896	-119.516	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.301	-0.310	12.420	2.174	124.065	-115.850	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.895	2.475	12.420	12.420	95.728	-123.182	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{109.896}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{12.013}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.276 + 0.012 = 0.288 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-122.884}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{12.013}{110.000}\right)^2$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 20 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 74.311) = 1.599 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 5.2 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/124.065) = 1.238 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.924 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.181 - 0.924 = 2.257 MPa

Σf = 1.3 ×0.924 + 2.15 ×2.257 + (-0.558) + (-1.024) + (1.297)

= 5.768 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.924 + 2.15 ×2.257 + (1.297)

= 7.350 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 74.311 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 5.227 MPa

합성후 활하중 응력 = 92.298 - 74.311 - 5.227 = 12.760 MPa

Σf = 1.3 × (74.311 + 5.227) + 2.15 × 12.76 + (5.414) + (12.184) + (14.169)

= 162.601 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (74.311 + 5.227) + 2.15 × 12.76 + (14.169)

= 145.003 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -69.002 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -15.659 MPa

합성후 활하중 응력 = -122.884 - -69.002 - -15.659 = -38.223 MPa

Σf = 1.3 × (-69.002 + -15.659) + 2.15 × -38.223 + (1.133) + (2.234) + (-3.666)

= -192.537 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-69.002 + -15.659) + 2.15 × -38.223 + (-3.666)

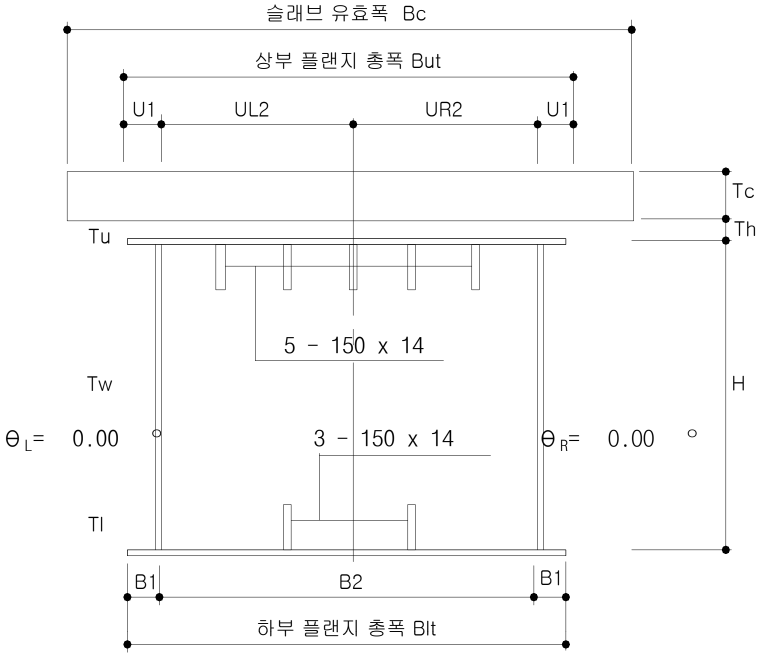
-195.904 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.768	16.200	O.K!!!	2.80
	크리프,건조수축제외시	7.350	16.200	O.K!!!	2.20
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	162.601	315.000	O.K!!!	1.93
	크리프,건조수축제외시	145.003	315.000	O.K!!!	2.17
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-192.537	315.000	O.K!!!	1.63
	크리프,건조수축제외시	-195.904	315.000	O.K!!!	1.60

5-5. 4경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 6.052 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	12882.160
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3188.440
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	7747.923
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	209.620
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	49.920
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	361.940
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.820
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	9.480
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	569.879

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중

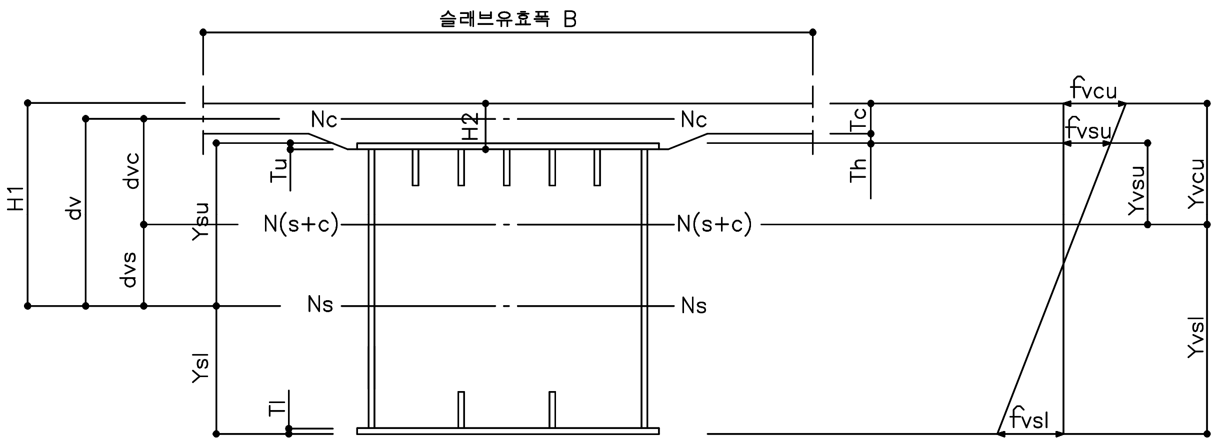
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 　 면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1358.0	58665600	79667884800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1360.0	-73440000	99878400000	1800000
강단면 합계			178800		-9419400	2.06857E+11	39400221600
1 - RC SLAB	6052.0	200.0	1210400	1550.0	1876120000	2907986000000	4034666667

* As = 178800 mm^2 , Ac = 1210400 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########### + 39400221600.0 = 246257006400 mm^4

δs = ∑(A · Y)/ As = -9419400 / 178800 = -52.681 mm

Is = Is' - As · δs^2 = ########### - 178800 × -52.681^2 = 245760781029 mm^4

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2700.0 / 2 + 16.0 - -52.681 = 1418.681 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1418.681 - 2736.000 = -1317.319 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6827616.0 mm^2

fsu = Ms · Ysu / Is = **74.364** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-69.051** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 3.240 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 330100.0 mm^2

Ic/n = 504333333 mm^4

dvs = dv - dvc = 734.6 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 968.1 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 768.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 684.1 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2051.9 mm

$Iv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2$ = 456766620514 mm^4

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6859016.0 mm^2

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.845 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.670 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 4.775 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -14.323 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.828 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.053 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.629 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 11.604 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.805 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.047 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 254450.0 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1126.2 mm K = 0.530

ds1 = dv - dc1 = 476.5 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1226.2 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 1026.2 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 942.2 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1793.8 mm

$Iv1 = Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2$ = 382555583146 mm^4

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 916837 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 916837 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1032533513 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.845 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.670 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.510 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.353 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 4.951 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

Av2 = As + Ac/n2 = 229233.333 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1250.1 mm

ds2 = dv - dc2 = 352.6 mm

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1350.1 mm

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1150.1 mm

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 1066.1 mm

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1669.9 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 346970839472.6 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1906380 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2383122476 N · mm

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.024 MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.054 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 12.197 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 2.237 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3812760 N

Mvt = P1 · dvc = 3309852220 N · mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.296 MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.392 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 14.178 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 3.670 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 13.115 MPa < υa = 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 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
1			10.800	10.800	74.364	-69.051	182.038	190.000
1+2+3	2.897	2.299	10.800	10.800	90.743	-118.179	182.038	190.000
1+2+3+4	2.388	1.946	10.800	10.800	95.694	-117.142	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.364	0.892	10.800	10.800	107.891	-114.905	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.068	-0.500	12.420	2.174	122.069	-111.235	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.659	2.283	12.420	12.420	93.714	-118.575	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{122.069}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{13.115}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.266 + 0.014 = 0.280 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-118.179}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{13.115}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.387 + 0.014 = 0.401 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 20 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 74.364) = 1.598 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 5.2 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/122.069) = 1.248 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.845 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.897 - 0.845 = 2.053 MPa

Σf = 1.3 ×0.845 + 2.15 ×2.053 + (-0.51) + (-1.024) + (1.296)

= 5.273 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.845 + 2.15 ×2.053 + (1.296)

= 6.807 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 74.364 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.775 MPa

합성후 활하중 응력 = 90.743 - 74.364 - 4.775 = 11.604 MPa

Σf = 1.3 × (74.364 + 4.775) + 2.15 × 11.604 + (4.951) + (12.197) + (14.178)

= 159.155 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (74.364 + 4.775) + 2.15 × 11.604 + (14.178)

= 142.007 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -69.051 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -14.323 MPa

합성후 활하중 응력 = -118.179 - -69.051 - -14.323 = -34.805 MPa

Σf = 1.3 × (-69.051 + -14.323) + 2.15 × -34.805 + (1.037) + (2.237) + (-3.67)

= -183.613 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-69.051 + -14.323) + 2.15 × -34.805 + (-3.67)

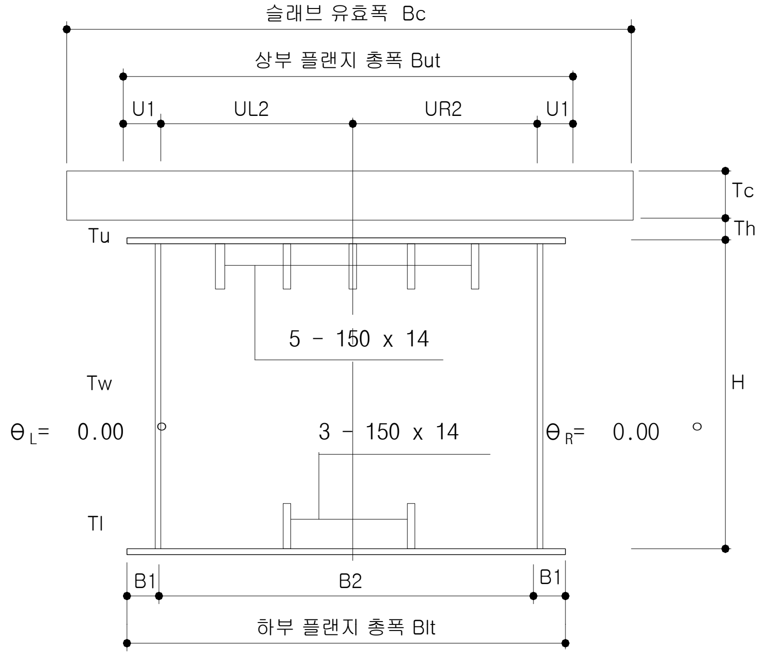
-186.887 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.273	16.200	O.K!!!	3.07
	크리프,건조수축제외시	6.807	16.200	O.K!!!	2.37
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	159.155	315.000	O.K!!!	1.97
	크리프,건조수축제외시	142.007	315.000	O.K!!!	2.21
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-183.613	315.000	O.K!!!	1.71
	크리프,건조수축제외시	-186.887	315.000	O.K!!!	1.68

5-6. 5경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.961 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5503.290
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1371.040
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6136.561
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	3.090
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-0.180
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	394.271
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.160
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	1.690
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	540.356

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

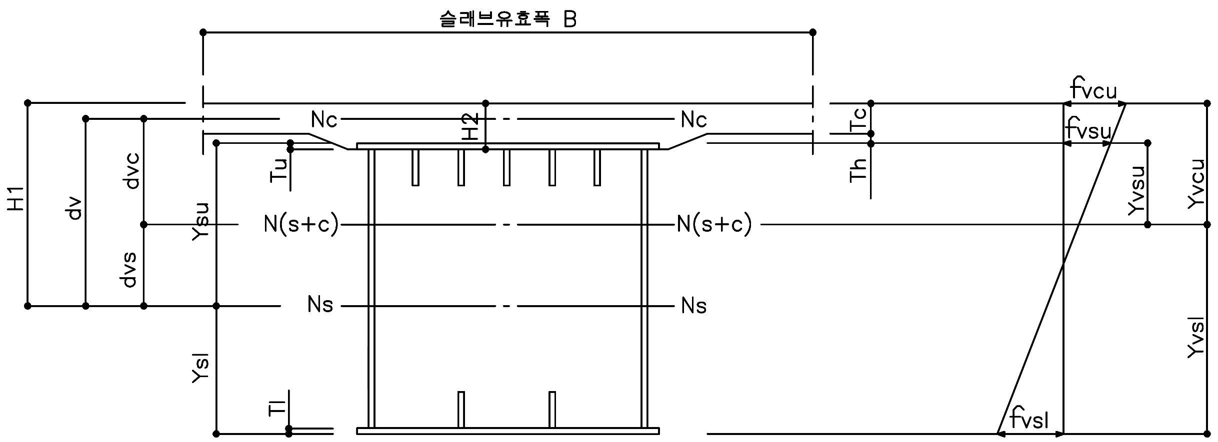
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1356.0	43934400	59575046400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1357.0	-51294600	69606772200	617400
강단면 합계			151800		-2005200	1.56492E+11	39398506200
1 - RC SLAB	5961.0	200.0	1192200	1550.0	1847910000	2864260500000	3974000000

* As = 151800 mm² , Ac = 1192200 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ ########### + 39398506200.0 = 195890824800 ㎜⁴

$\delta s = \sum(A \cdot Y)/ As =$ -2005200 / 151800 = -13.209 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2 =$ ########### - 151800 × -13.209^2 = 195864337138 ㎜⁴

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s =$ 2700.0 / 2 + 12.0 - -13.209 = 1375.209 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) =$ 1375.209 - 2726.000 = -1350.791 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6815056.0 mm²

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is =$ **38.640** MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is =$ **-37.954** MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) =$ 0.049 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ac/n =$ 300825.0 mm²

$Ic/n =$ 496750000 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 774.4 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 888.8 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 688.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 600.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs^2 + Ac/n · dvc^2 = 380121238702 mm^4

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6846456.0 mm^2

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.401 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.311 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.167 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -7.665 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.013 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.794 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.390 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 9.699 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.308 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.373 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 226312.5 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1048.5 mm K = -0.090

ds1 = dv - dc1 = 514.7 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1148.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 948.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 860.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1865.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1^2 + Ac/n1 · dc1^2 = 318243941289 mm^4

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 423996 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 423996 N

Mφ = Pφ · dc1 = 444572464 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.401 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.311 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.293 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.201 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 1.765 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 201475.000 mm^2

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1177.8 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 385.4 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1277.8 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1077.8 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 989.8 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1736.2 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 287488161931.4 mm^4

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1877715 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2211553575 N · mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.224 MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.218 MPa

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 =$ 8.635 MPa

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 =$ 10.522 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3755430 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 2962338612 N · mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.722 MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.704 MPa

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv =$ 12.062 MPa

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv =$ 13.974 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) =$ 9.427 MPa $< \upsilon a =$ 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

f_{ta} = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : f_{ca} = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9\ (\ b\ /\ (t_u \cdot i \cdot n) - 24\ ) = 148.2$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{\ (t_u \cdot i \cdot n)\ /\ b\ \}^2 = 182.477$ MPa

사용 t_u = 12.0 mm

따라서, f_{ca} = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

f_{ca} = 0.4 f_{ck} = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 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
1			10.800	10.800	38.640	-37.954	148.183	190.000
1+2+3	2.194	1.701	10.800	10.800	50.506	-79.927	148.183	190.000
1+2+3+4	1.902	1.500	10.800	10.800	52.272	-77.819	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.678	0.282	10.800	10.800	60.906	-67.297	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.044	-1.422	2.174	2.174	72.969	-53.323	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	2.400	1.986	12.420	12.420	48.844	-81.272	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{72.969}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{9.427}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.143 + 0.007 = 0.151 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-79.927}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{9.427}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.177 + 0.007 = 0.184 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 38.64) = 2.217 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 72.969) = 1.614 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.401 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.194 - 0.401 = 1.794 MPa

Σf = 1.3 ×0.401 + 2.15 ×1.794 + (-0.293) + (-1.224) + (1.722)

= 4.583 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.401 + 2.15 ×1.794 + (1.722)

= 6.099 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 38.640 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.167 MPa

합성후 활하중 응력 = 50.506 - 38.64 - 2.167 = 9.699 MPa

Σf = 1.3 × (38.64 + 2.167) + 2.15 × 9.699 + (1.765) + (8.635) + (12.062)

= 96.365 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (38.64 + 2.167) + 2.15 × 9.699 + (12.062)

= 85.965 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -37.954 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -7.665 MPa

합성후 활하중 응력 = -79.927 - -37.954 - -7.665 = -34.308 MPa

Σf = 1.3 × (-37.954 + -7.665) + 2.15 × -34.308 + (2.108) + (10.522) + (-13.974)

= -134.412 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-37.954 + -7.665) + 2.15 × -34.308 + (-13.974)

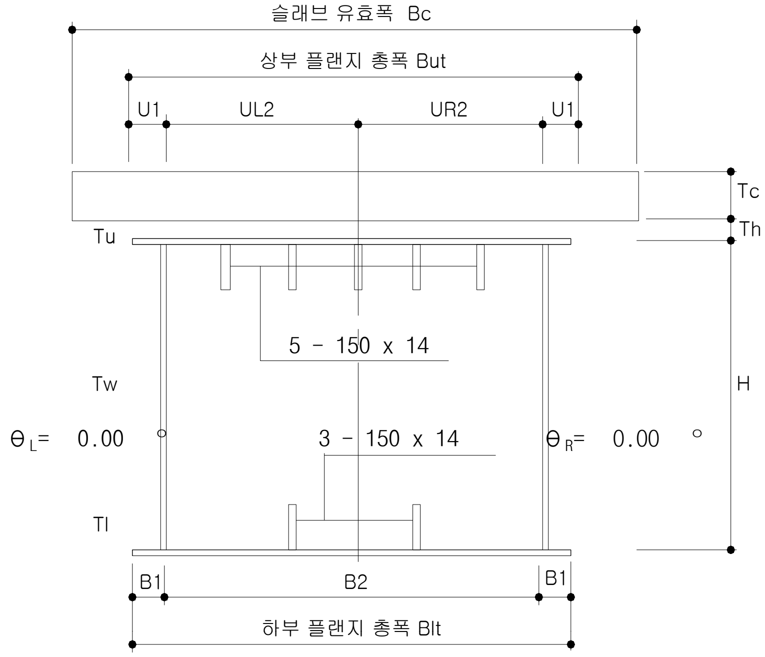
-147.042 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.583	16.200	O.K!!!	3.53
	크리프,건조수축제외시	6.099	16.200	O.K!!!	2.65
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	96.365	315.000	O.K!!!	3.26
	크리프,건조수축제외시	85.965	315.000	O.K!!!	3.66
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-134.412	315.000	O.K!!!	2.34
	크리프,건조수축제외시	-147.042	315.000	O.K!!!	2.14

5-7. 6경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.961 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.014 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5503.290
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1371.040
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN·m	6136.561
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	3.090
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-0.180
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	394.271
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.160
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-1.690
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN·m	535.776

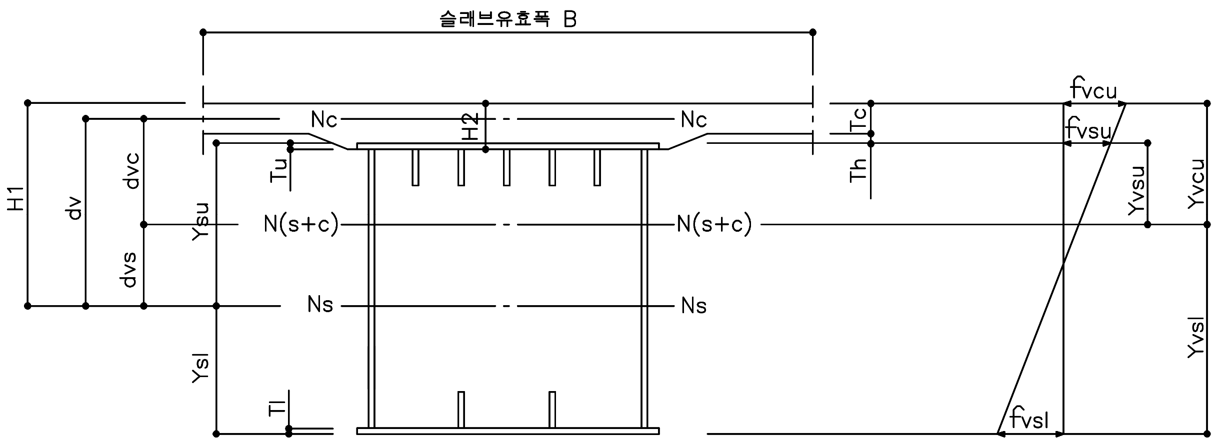
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1356.0	43934400	59575046400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1357.0	-51294600	69606772200	617400
강단면 합계			151800		-2005200	1.56492E+11	39398506200
1 - RC SLAB	5961.0	200.0	1192200	1550.0	1847910000	2864260500000	3974000000

* As = 151800 mm^2 , Ac = 1192200 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = ########### + 39398506200.0 = 195890824800 mm^4

δs = ∑(A · Y)/ As = -2005200 / 151800 = -13.209 mm

Is = Is' - As · δs^2 = ########### - 151800 × -13.209^2 = 195864337138 mm^4

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2700.0 / 2 + 12.0 - -13.209 = 1375.209 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1375.209 - 2726.000 = -1350.791 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6815056.0 mm^2

fsu = Ms · Ysu / Is = **38.640** MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = **-37.954** MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 0.049 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 300825.0 mm^2

Ic/n = 496750000 mm^4

788.8

dvs = dv - dvc = 774.4 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 888.8 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 688.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 600.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 380121238702 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6846456.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.401 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.311 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.167 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -7.665 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.013 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.794 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.390 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 9.699 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.308 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.345 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 226312.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1048.5 mm K = -0.090

ds1 = dv - dc1 = 514.7 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1148.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 948.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 860.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1865.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 318243941289 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 423996 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 423996 N

Mφ = Pφ · dc1 = 444572464 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.401 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.311 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.293 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.201 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 1.765 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 = 201475.000$ mm²

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1177.8$ mm

$ds2 = dv - dc2 = 385.4$ mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1277.8$ mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1077.8$ mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 989.8$ mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1736.2$ mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 287488161931.4$ mm⁴

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 = 1877715$ N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2211553575$ N·mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750$ MPa

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s = -1.224$ MPa

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s = -1.218$ MPa

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 8.635$ MPa

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 10.522$ MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 3755430$ N

$Mvt = P1 \cdot dvc = 2962338612$ N·mm

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t = -1.722$ MPa

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t = -1.704$ MPa

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv = 12.062$ MPa

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv = 13.974$ MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 FvTw) = 9.381$ MPa $< \upsilon a = 110$ MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 　 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }² = 182.477 MPa

사용 tu = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 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
1			10.800	10.800	38.640	-37.954	148.183	190.000
1+2+3	2.194	1.701	10.800	10.800	50.506	-79.927	148.183	190.000
1+2+3+4	1.902	1.500	10.800	10.800	52.272	-77.819	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.678	0.282	10.800	10.800	60.906	-67.297	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.044	-1.422	2.174	2.174	72.969	-53.323	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	2.400	1.986	12.420	12.420	48.844	-81.272	192.638	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{72.969}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{9.381}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.143 + 0.007 = 0.151 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-79.927}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{9.381}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.177 + 0.007 = 0.184 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 12 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 12 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 14 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 38.64) = 2.217 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 4.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 72.969) = 1.614 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.401 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.194 - 0.401 = 1.794 MPa

Σf = 1.3 ×0.401 + 2.15 ×1.794 + (-0.293) + (-1.224) + (1.722)

= 4.583 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.401 + 2.15 ×1.794 + (1.722)

= 6.099 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 38.640 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.167 MPa

합성후 활하중 응력 = 50.506 - 38.64 - 2.167 = 9.699 MPa

Σf = 1.3 × (38.64 + 2.167) + 2.15 × 9.699 + (1.765) + (8.635) + (12.062)

= 96.365 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (38.64 + 2.167) + 2.15 × 9.699 + (12.062)

= 85.965 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -37.954 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -7.665 MPa

합성후 활하중 응력 = -79.927 - -37.954 - -7.665 = -34.308 MPa

Σf = 1.3 × (-37.954 + -7.665) + 2.15 × -34.308 + (2.108) + (10.522) + (-13.974)

= -134.412 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-37.954 + -7.665) + 2.15 × -34.308 + (-13.974)

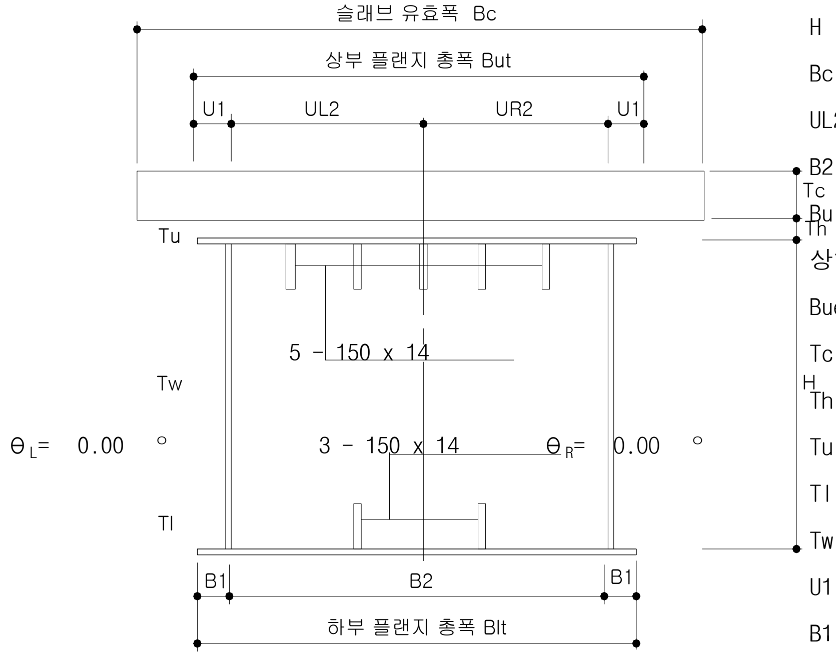
-147.042 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.583	16.200	O.K!!!	3.53
	크리프,건조수축제외시	6.099	16.200	O.K!!!	2.65
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	96.365	315.000	O.K!!!	3.26
	크리프,건조수축제외시	85.965	315.000	O.K!!!	3.66
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-134.412	315.000	O.K!!!	2.34
	크리프,건조수축제외시	-147.042	315.000	O.K!!!	2.14

5-8. 7경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 6.052 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.016 m

Tl = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	12882.160
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	3188.440
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	7747.923
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	209.620
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	49.920
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	361.940
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.820
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-9.480
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	545.709

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중

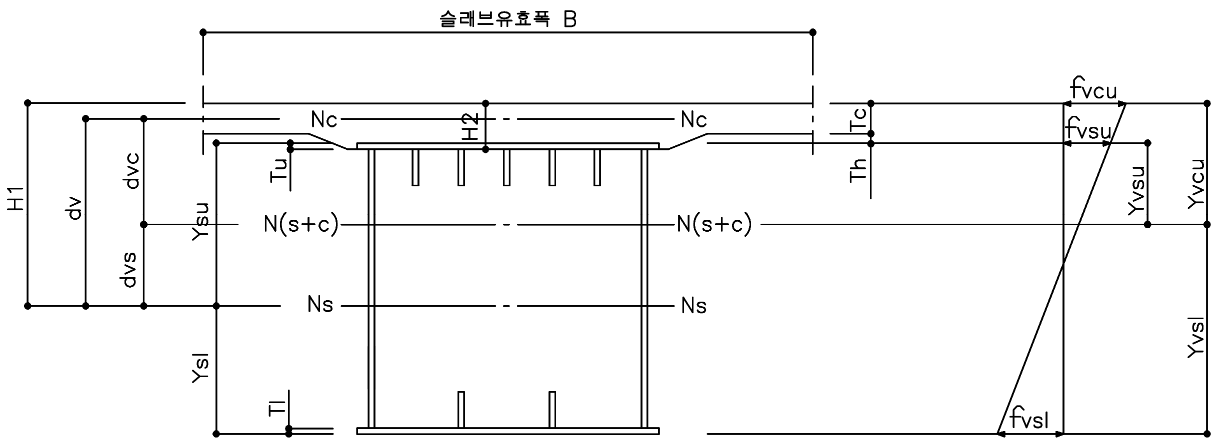
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	16.0	43200	1358.0	58665600	79667884800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1275.0	13387500	17069062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1275.0	-8032500	10241437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1360.0	-73440000	99878400000	1800000
강단면 합계			178800		-9419400	2.06857E+11	39400221600
1 - RC SLAB	6052.0	200.0	1210400	1550.0	1876120000	2907986000000	4034666667

* As = 178800 mm² , Ac = 1210400 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ ########### + 39400221600.0 = 246257006400 ㎜⁴

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / As =$ -9419400 / 178800 = -52.681 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2 =$ ########### - 178800 × -52.681^2 = 245760781029 ㎜⁴

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s =$ 2700.0 / 2 + 16.0 - -52.681 = 1418.681 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) =$ 1418.681 - 2736.000 = -1317.319 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6827616.0 mm²

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is =$ **74.364** MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is =$ **-69.051** MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) =$ 3.240 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ac/n =$ 330100.0 mm²

$Ic/n =$ 504333333 ㎜⁴

dvs = dv - dvc = 734.6 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 968.1 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 768.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 684.1 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2051.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs^2 + Ac/n · dvc^2 = 456766620514 mm^4

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6859016.0 mm^2

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.845 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.670 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 4.775 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -14.323 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.828 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.053 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.629 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 11.604 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.805 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 8.901 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 254450.0 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1126.2 mm K = 0.530

ds1 = dv - dc1 = 476.5 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1226.2 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 1026.2 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 942.2 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1793.8 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1^2 + Ac/n1 · dc1^2 = 382555583146 mm^4

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 916837 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 916837 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1032533513 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.845 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.670 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.510 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.353 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 4.951 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 229233.333 mm²

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1250.1 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 352.6 mm

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 =$ 1350.1 mm

$Yv2cl = Yv2cu - Tc =$ 1150.1 mm

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu =$ 1066.1 mm

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) =$ -1669.9 mm

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 =$ 346970839472.6 mm⁴

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1906380 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2383122476 N·mm

$Ec2 = Es \cdot /n2 =$ 8750 MPa

$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.024 MPa

$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s =$ -1.054 MPa

$fvsu2 = P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 =$ 12.197 MPa

$fvsl2 = P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 =$ 2.237 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3812760 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 3309852220 N·mm

$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.296 MPa

$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t =$ -1.392 MPa

$fsut = P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv =$ 14.178 MPa

$fslt = P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv =$ 3.670 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + Mst/(2\,F\,Tw) + (Msct+Mvt)/(2\,FvTw) =$ 12.843 MPa $<$ $\upsilon a =$ 110 MPa **O.K.**

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because\ \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 　　 φ: 응력구배

f_1 , f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b = 324.403 MPa

사용 tu = 16.0 mm

따라서, fca = 182.038 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 3.9.3)

fca = 0.4 fck = 10.800 MPa (fck = 27 MPa 사용)

fta = 0.07 fck = 1.890 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
1			10.800	10.800	74.364	-69.051	182.038	190.000
1+2+3	2.897	2.299	10.800	10.800	90.743	-118.179	182.038	190.000
1+2+3+4	2.388	1.946	10.800	10.800	95.694	-117.142	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.364	0.892	10.800	10.800	107.891	-114.905	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.068	-0.500	12.420	2.174	122.069	-111.235	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.659	2.283	12.420	12.420	93.714	-118.575	236.649	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{122.069}{236.649}\right)^2 + \left(\frac{12.843}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.266 + 0.014 = 0.280 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-118.179}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{12.843}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.387 + 0.014 = 0.401 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 16 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 16 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 4) = 7.8 mm ≤ t = 20 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/ 74.364) = 1.598 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(219 × 1.200) = 5.2 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/122.069) = 1.248 > 1.2 ⇒ 1.200

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 0.845 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.897 - 0.845 = 2.053 MPa

Σf = 1.3 ×0.845 + 2.15 ×2.053 + (-0.51) + (-1.024) + (1.296)
= 5.273 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.845 + 2.15 ×2.053 + (1.296)
= 6.807 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 74.364 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.775 MPa

합성후 활하중 응력 = 90.743 - 74.364 - 4.775 = 11.604 MPa

Σf = 1.3 × (74.364 + 4.775) + 2.15 × 11.604 + (4.951) + (12.197) + (14.178)
= 159.155 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (74.364 + 4.775) + 2.15 × 11.604 + (14.178)
= 142.007 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -69.051 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -14.323 MPa

합성후 활하중 응력 = -118.179 - -69.051 - -14.323 = -34.805 MPa

Σf = 1.3 × (-69.051 + -14.323) + 2.15 × -34.805 + (1.037) + (2.237) + (-3.67)
= -183.613 MPa < fy = 315.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

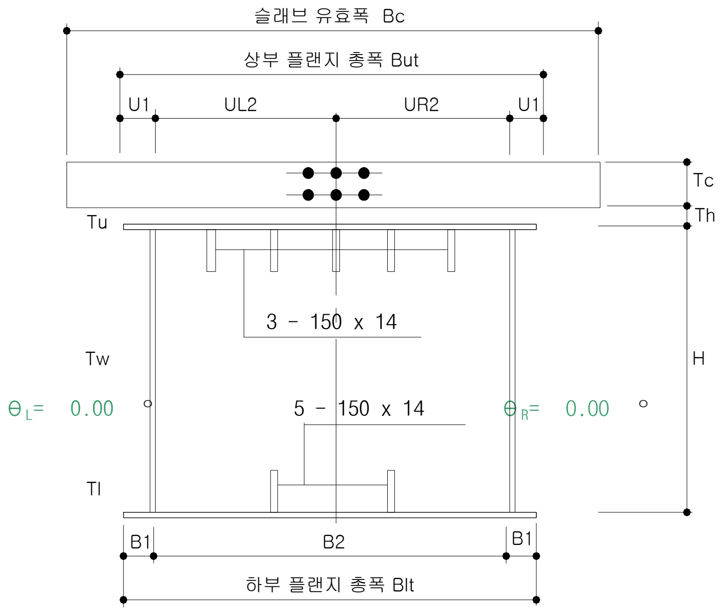
Σf = 1.3 × (-69.051 + -14.323) + 2.15 × -34.805 + (-3.67)
-186.887 315.0

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	5.273	16.200	O.K!!!	3.07
	크리프,건조수축제외시	6.807	16.200	O.K!!!	2.37
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	159.155	315.000	O.K!!!	1.97
	크리프,건조수축제외시	142.007	315.000	O.K!!!	2.21
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-183.613	315.000	O.K!!!	1.71
	크리프,건조수축제외시	-186.887	315.000	O.K!!!	1.68

5-9. 4경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.170 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-20230.380
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-5676.430
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-10834.955
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1762.800
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-497.160
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-1053.081
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	0.020
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-36.820
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-795.578
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

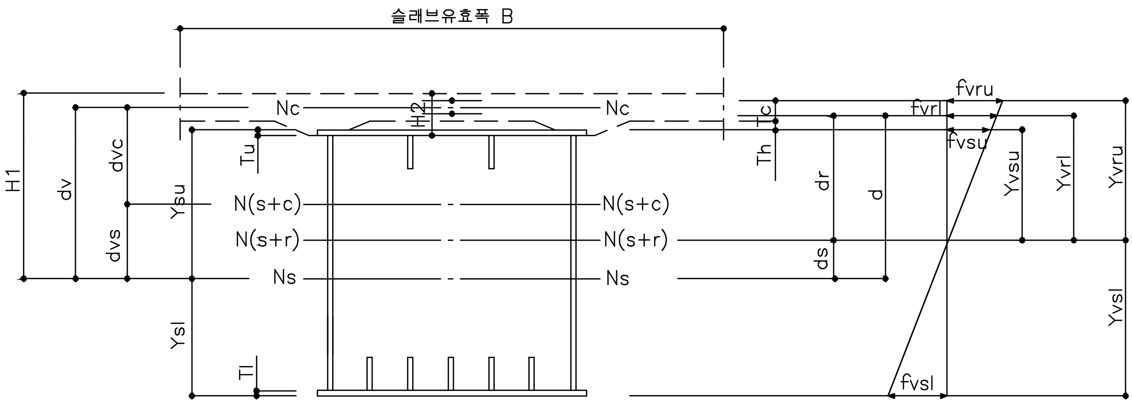
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단　　면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1365.00	99590400	135940896000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1366.00	-106307584	145216159744	6640981
강단면 합계			232384		-12072184	308467555744	39409612981
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1600.00	6037440	9659904000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1500.00	10128600	15192900000	-
RE-BAR 합계			10526		16166040	24852804000	-
1 - RC SLAB	5170.0	200.0	1034000	1550.00	1602700000	248418500000	3446666667

* As = 232384 mm^2 , Ac = 1034000 mm^2 , Ar = 10526 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is$ = 308467555744 + 39409612981 = 347877168725 mm^4

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / As$ = -12072184 / 232384 = -51.949 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2$ = 347877168725 - 232384 × -51.949^2 = 347250027328 mm^4

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s$ = 2700.0 / 2 + 30.0 - -51.949 = 1431.949 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl)$ = 1431.949 - 2762.000 = -1330.051 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6860272.0 mm^2

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is$ = -83.424 MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is$ = 77.487 MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw)$ = 27.204 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ar =$ 242910 mm^2

$d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1587.798 mm

$dr = d \cdot As / (As + Ar) =$ 1518.996 mm

$ds = d - dr =$ 68.803 mm

$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl/Ar =$ 1583.147 mm

$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1483.147 mm

$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu =$ 1363.147 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -1398.853 mm

$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 =$ 372636770616 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6891672.0 mm^2

$fvru = Msc \cdot Yvru/Irv =$ -24.116 MPa

$fvrl = Msc \cdot Yvrl/Irv =$ -22.593 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Irv =$ -20.765 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Irv =$ 21.309 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 7.895 MPa

(3) 활 하 중

$fvru = Mv \cdot Yvru/Irv =$ -46.032 MPa

$fvrl = Mv \cdot Yvrl/Irv =$ -43.125 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Irv =$ -39.635 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Irv =$ 40.674 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 21.061 MPa

(4) 크 리 이 프

$Avc = As + Ac/n =$ 361634.000 mm^2

$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 =$ 1601.949 mm

$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) =$ 1029.404 mm

$dvs = dv - dvc =$ 572.546 mm

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 297009.000 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1253.388 mm K = -0.300

$ds1 = dv - dc1 =$ 348.562 mm

$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 560820903438.7 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Icv) =$ -1346689 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ -1346689 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ -1687923485 N·mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fvru1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvru/Irv =$ -3.393 MPa

$fvrl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvrl/Irv =$ -3.529 MPa

$fvsu1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsu / Irv =$ -3.692 MPa

$fvsl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsl / Irv =$ -7.445 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 275467.333 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1351.403 mm

ds2 = dv - dc2 = 250.546 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 1628550 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2200827375 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 3.899 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 4.076 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 4.289 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 9.183 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3257100 N

Mvt = P1 · dvc = 3352870848 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -16.065 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -15.795 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 9.729 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 17.185 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 56.160 MPa < υa = 110 MPa O.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-83.424	77.487	190.000	190.000
1+2+3	-70.149	-65.718	160.000	-143.824	139.470	190.000	190.000
1+2+3+4	-73.541	-69.246	160.000	-147.516	132.025	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-69.642	-65.170	160.000	-143.227	141.208	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-85.707	-80.964	184.000	-133.498	158.392	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-53.577	-49.375	184.000	-152.956	124.023	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-147.516}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{56.160}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.603 + 0.261 = 0.863 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{141.208}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{56.160}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.552 + 0.261 = 0.813 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 77.487) = 1.566 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.095) = 11.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 158.392) = 1.095 < 1.2 ⇒ 1.095

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -24.116 MPa

합성후 활하중 응력 = -70.149 - -24.116 = -46.032 MPa

Σf = 1.3 ×-24.116 + 2.15 ×-46.032 + (-3.393) + (3.899) + (-16.065)

= -145.879 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-24.116 + 2.15 ×-46.032 + (-16.065)

= -146.385 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -83.424 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.765 MPa

합성후 활하중 응력 = -143.824 - -83.424 - -20.765 = -39.635 MPa

Σf = 1.3 × (-83.424 + -20.765) + 2.15 × -39.635 + (-3.692) + (4.289) + (-9.729)

= -229.793 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-83.424 + -20.765) + 2.15 × -39.635 + (-9.729)

= -230.390 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 77.487 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 21.309 MPa

합성후 활하중 응력 = 139.47 - 77.487 - 21.309 = 40.674 MPa

Σf = 1.3 × (77.487 + 21.309) + 2.15 × 40.674 + (-7.445) + (9.183) + (17.185)

= 234.806 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (77.487 + 21.309) + 2.15 × 40.674 + (17.185)

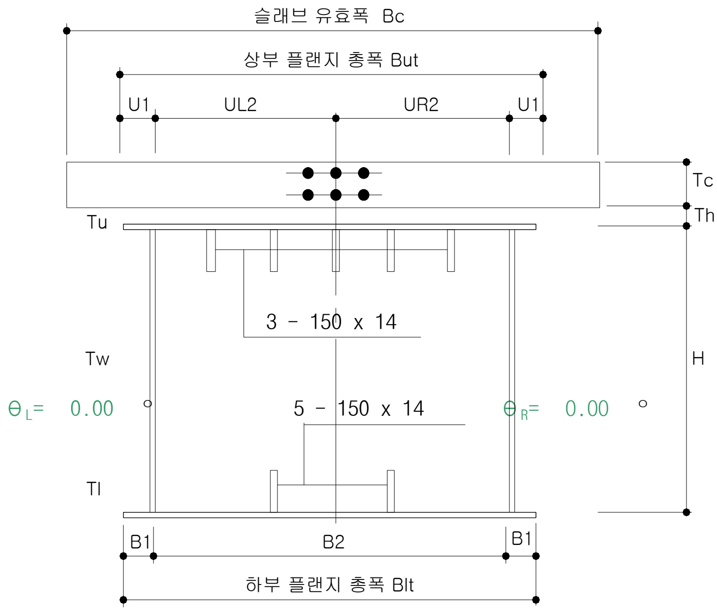
= 233.068 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-145.879	400.000	O.K!!!	2.74
	크리프,건조수축제외시	-146.385	400.000	O.K!!!	2.73
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-229.793	315.000	O.K!!!	1.37
	크리프,건조수축제외시	-230.390	315.000	O.K!!!	1.36
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	234.806	315.000	O.K!!!	1.34
	크리프,건조수축제외시	233.068	315.000	O.K!!!	1.35

5-10. 5경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.170 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-12600.680
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3682.950
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-9597.045
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1159.020
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	338.350
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	824.511
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.200
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-21.400
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-721.838
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

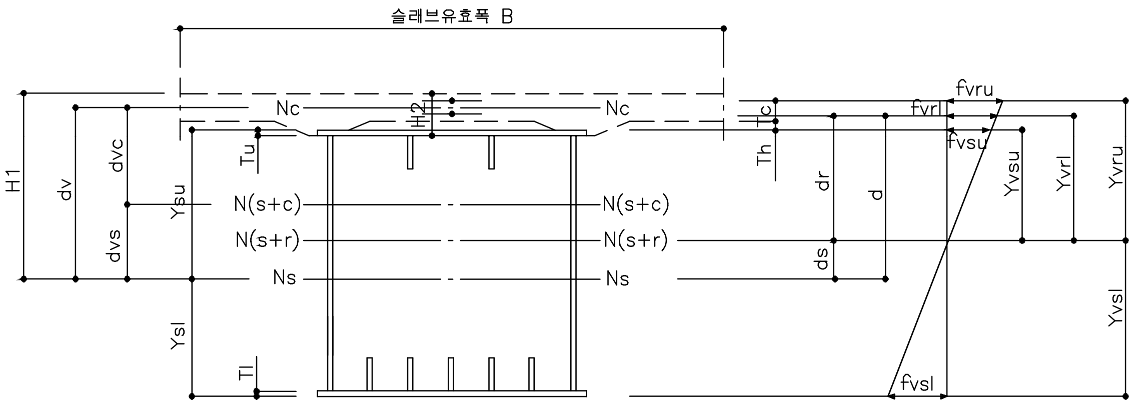
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	20.0	48640	1360.00	66150400	89964544000	1621333
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	22.0	53504	-1361.00	-72818944	99106582784	2157995
강단면 합계			183744		-12023544	216381626784	39401279328
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1600.00	6037440	9659904000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1500.00	10128600	15192900000	-
RE-BAR 합계			10526		16166040	24852804000	-
1 - RC SLAB	5170.0	200.0	1034000	1550.00	1602700000	2484185000000	3446666667

* As = 183744 mm² , Ac = 1034000 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ 216381626784 + 39401279328 = 255782906112 mm⁴

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / As =$ -12023544 / 183744 = -65.436 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2$ = 255782906112 - 183744 × -65.436^2 = 254996128801 mm⁴

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s$ = 2700.0 / 2 + 20.0 - -65.436 = 1435.436 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl)$ = 1435.436 - 2742.000 = -1306.564 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6835152.0 mm²

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is$ = -70.932 MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is$ = 64.564 MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw)$ = 17.887 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ar =$ 194270 mm^2

$d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1601.285 mm

$dr = d \cdot As / (As + Ar) =$ 1514.526 mm

$ds = d - dr =$ 86.760 mm

$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl/Ar =$ 1578.677 mm

$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1478.677 mm

$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu =$ 1348.677 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -1393.323 mm

$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 =$ 280523171224 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6866552.0 mm^2

$fvru = Msc \cdot Yvru/Irv =$ -20.726 MPa

$fvrl = Msc \cdot Yvrl/Irv =$ -19.413 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Irv =$ -17.707 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Irv =$ 18.293 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 5.351 MPa

(3) 활 하 중

$fvru = Mv \cdot Yvru/Irv =$ -54.008 MPa

$fvrl = Mv \cdot Yvrl/Irv =$ -50.587 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Irv =$ -46.140 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Irv =$ 47.667 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 17.104 MPa

(4) 크 리 이 프

$Avc = As + Ac/n =$ 312994.000 mm^2

$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 =$ 1615.436 mm

$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) =$ 948.346 mm

$dvs = dv - dvc =$ 667.090 mm

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 248369.000 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1195.104 mm K = 0.160

$ds1 = dv - dc1 =$ 420.333 mm

$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 453437101432.7 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Icv) =$ -995580 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ -995580 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ -1189821953 N·mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fvru1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvru/Irv =$ -6.196 MPa

$fvrl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvrl/Irv =$ -6.128 MPa

$fvsu1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsu / Irv =$ -6.040 MPa

$fvsl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsl / Irv =$ -4.179 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

Av2 = As + Ac/n2 = 226827.333 mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1308.602 mm

ds2 = dv − dc2 = 306.834 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 1628550 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2131124088 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 10.302 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 10.180 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 10.022 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 6.689 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3257100 N

Mvt = P1 · dvc = 3088859173 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv − Es · εt = -5.653 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv − Es · εt = -5.829 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 19.142 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 14.311 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 40.343 MPa < υa = 110 MPa O.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tl · i · n)− 24) = 209.736

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 613.325 MPa

사용 tl = 22.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-70.932	64.564	190.000	190.000
1+2+3	-74.735	-70.001	160.000	-134.779	130.524	190.000	190.000
1+2+3+4	-80.931	-76.129	160.000	-140.819	126.345	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-70.629	-65.949	160.000	-130.797	133.034	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-76.282	-71.778	184.000	-111.655	147.345	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-64.976	-60.120	184.000	-149.938	118.723	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-140.819}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{40.343}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.549 + 0.135 = 0.684 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{133.034}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{40.343}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.490 + 0.135 = 0.625 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm 0.K!!!

tmin = 10 mm ≤ t = 22 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm 0.K!!!

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 22 mm 0.K!!!

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm 0.K!!!

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 64.564) = 1.715 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.136) = 10.9 mm ≤ t = 12 mm 0.K!!!

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 147.345) = 1.136 < 1.2 ⇒ 1.136

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -20.726 MPa

합성후 활하중 응력 = -74.735 - -20.726 = -54.008 MPa

Σf = 1.3 ×-20.726 + 2.15 ×-54.008 + (-6.196) + (10.302) + (-5.653)

= -144.609 MPa < fy = 400.0 MPa 0.K!!! (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-20.726 + 2.15 ×-54.008 + (-5.653)

= -148.715 MPa < fy = 400.0 MPa 0.K!!! (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -70.932 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -17.707 MPa

합성후 활하중 응력 = -134.779 - -70.932 - -17.707 = -46.140 MPa

Σf = 1.3 × (-70.932 + -17.707) + 2.15 × -46.14 + (-6.04) + (10.022) + (-19.142)

= -229.591 MPa < fy = 315.0 MPa 0.K!!(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-70.932 + -17.707) + 2.15 × -46.14 + (-19.142)

= -233.574 MPa < fy = 315.0 MPa 0.K!!(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 64.564 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 18.293 MPa

합성후 활하중 응력 = 130.524 - 64.564 - 18.293 = 47.667 MPa

Σf = 1.3 × (64.564 + 18.293) + 2.15 × 47.667 + (-4.179) + (6.689) + (14.311)

= 227.020 MPa < fy = 315.0 MPa 0.K!!! (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (64.564 + 18.293) + 2.15 × 47.667 + (14.311)

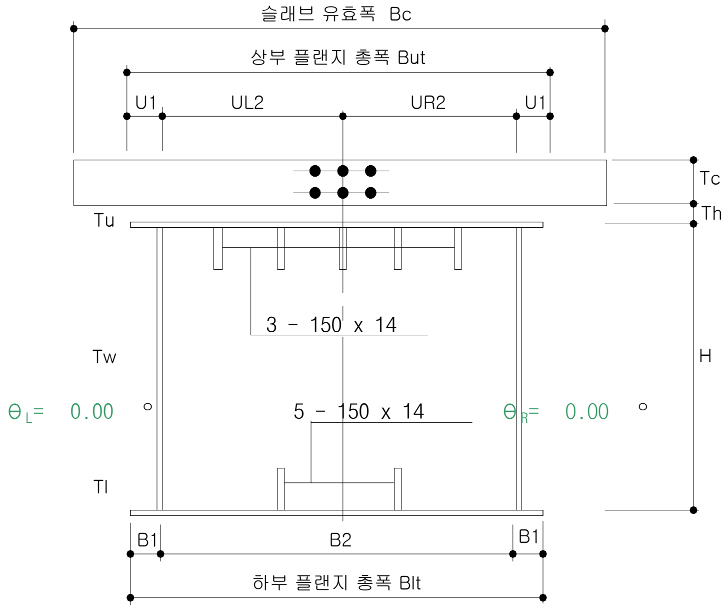
= 224.510 MPa < fy = 315.0 MPa 0.K!!! (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-144.609	400.000	O.K!!!	2.76
	크리프,건조수축제외시	-148.715	400.000	O.K!!!	2.68
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-229.591	315.000	O.K!!!	1.37
	크리프,건조수축제외시	-233.574	315.000	O.K!!!	1.34
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	227.020	315.000	O.K!!!	1.38
	크리프,건조수축제외시	224.510	315.000	O.K!!!	1.40

5-11. 6경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.700 m

Bc = 5.170 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-20260.380
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-5676.430
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-10834.945
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1762.800
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-497.160
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-1053.081
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.430
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-13.180
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-763.938
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

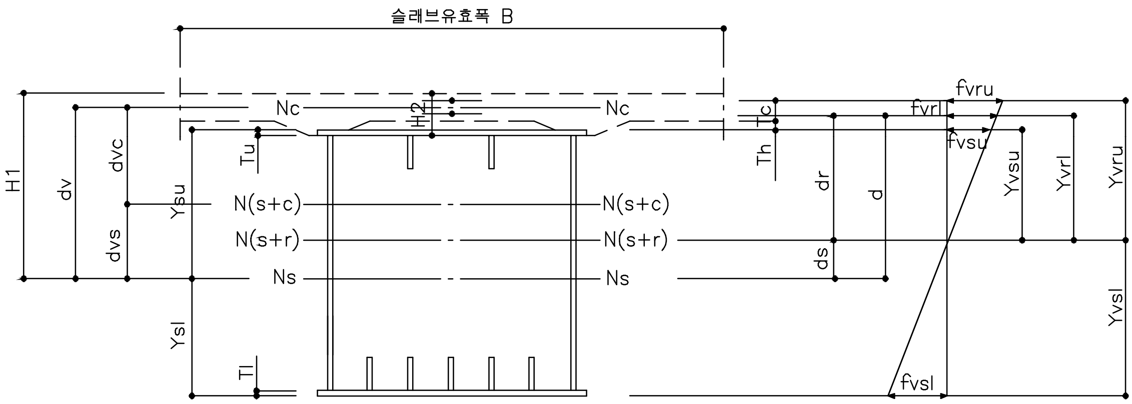
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1365.00	99590400	135940896000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1366.00	-106307584	145216159744	6640981
강단면 합계			232384		-12072184	308467555744	39409612981
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1600.00	6037440	9659904000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1500.00	10128600	15192900000	-
RE-BAR 합계			10526		16166040	24852804000	-
1 - RC SLAB	5170.0	200.0	1034000	1550.00	1602700000	2484185000000	3446666667

* As = 232384 mm² , Ac = 1034000 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is$ = 308467555744 + 39409612981 = 347877168725 mm⁴

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / As$ = -12072184 / 232384 = -51.949 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2$ = 347877168725 - 232384 × -51.949² = 347250027328 mm⁴

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s$ = 2700.0 / 2 + 30.0 - -51.949 = 1431.949 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl)$ = 1431.949 - 2762.000 = -1330.051 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6860272.0 mm²

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is$ = -83.547 MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is$ = 77.602 MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw)$ = 27.206 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 242910 ㎟

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1587.798 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1518.996 mm

ds = d - dr = 68.803 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1583.147 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1483.147 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1363.147 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1398.853 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 372636770616 ㎜⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6891672.0 ㎟

fvru = Msc · Yvru/Irv = -24.116 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -22.593 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -20.765 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 21.309 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 7.752 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -46.032 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -43.125 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -39.635 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 40.674 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 20.870 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 361634.000 ㎟

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1601.949 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 1029.404 mm

dvs = dv - dvc = 572.546 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 297009.000 ㎟ # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1253.388 mm K = -0.300

ds1 = dv - dc1 = 348.562 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 560820903438.7 ㎜⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -1346689 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -1346689 N

Mφ = Pφ · dc1 = -1687923485 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.393 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.529 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.692 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -7.445 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) =$ 24

Av2 = As + Ac/n2 = 275467.333 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1351.403 mm

ds2 = dv - dc2 = 250.546 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 1628550 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2200827375 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 3.899 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 4.076 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 4.289 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 9.183 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t =$ 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3257100 N

Mvt = P1 · dvc = 3352870848 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -16.065 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -15.795 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 9.729 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 17.185 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 55.828 MPa < υa = 110 MPa O.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 φ : 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tl · i · n)− 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-83.547	77.602	190.000	190.000
1+2+3	-70.149	-65.718	160.000	-143.948	139.585	190.000	190.000
1+2+3+4	-73.541	-69.246	160.000	-147.639	132.140	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-69.642	-65.170	160.000	-143.350	141.323	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-85.707	-80.964	184.000	-133.621	158.507	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-53.577	-49.375	184.000	-153.079	124.138	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2 = \left(\frac{-147.639}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{55.828}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.604 + 0.258 = 0.861 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2 = \left(\frac{141.323}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{55.828}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.553 + 0.258 = 0.811 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 77.602) = 1.565 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.095) = 11.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 158.507) = 1.095 < 1.2 ⇒ 1.095

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -24.116 MPa

합성후 활하중 응력 = -70.149 - -24.116 = -46.032 MPa

Σf = 1.3 ×-24.116 + 2.15 ×-46.032 + (-3.393) + (3.899) + (-16.065)

= -145.879 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-24.116 + 2.15 ×-46.032 + (-16.065)

= -146.385 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -83.547 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.765 MPa

합성후 활하중 응력 = -143.948 - -83.547 - -20.765 = -39.636 MPa

Σf = 1.3 × (-83.547 + -20.765) + 2.15 × -39.636 + (-3.692) + (4.289) + (-9.729)

= -229.954 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-83.547 + -20.765) + 2.15 × -39.636 + (-9.729)

= -230.552 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 77.602 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 21.309 MPa

합성후 활하중 응력 = 139.585 - 77.602 - 21.309 = 40.674 MPa

Σf = 1.3 × (77.602 + 21.309) + 2.15 × 40.674 + (-7.445) + (9.183) + (17.185)

= 234.955 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (77.602 + 21.309) + 2.15 × 40.674 + (17.185)

= 233.217 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

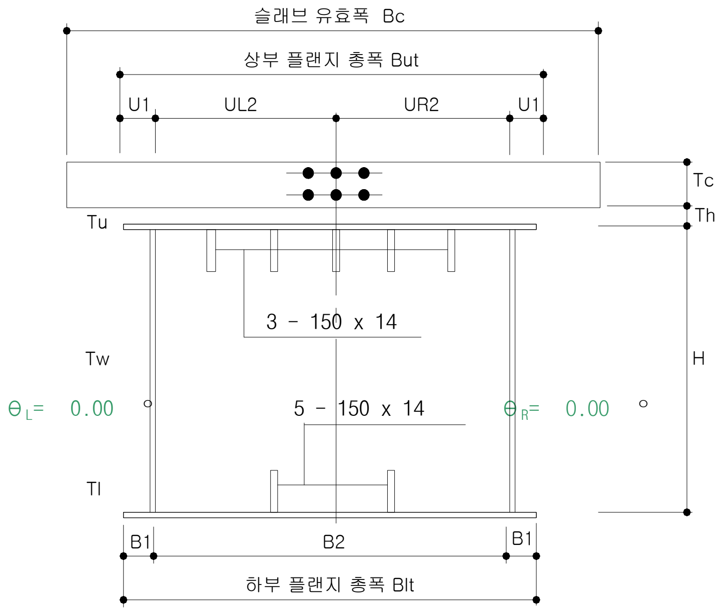
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-145.879	400.000	O.K!!!	2.74
	크리프,건조수축제외시	-146.385	400.000	O.K!!!	2.73
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-229.954	315.000	O.K!!!	1.36
	크리프,건조수축제외시	-230.552	315.000	O.K!!!	1.36
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	234.955	315.000	O.K!!!	1.34
	크리프,건조수축제외시	233.217	315.000	O.K!!!	1.35

5-12. 4경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.700 m

Bc = 5.178 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-20278.140
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-4923.770
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-9066.297
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1764.560
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-412.210
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-895.392
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.250
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-35.110
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-931.278
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

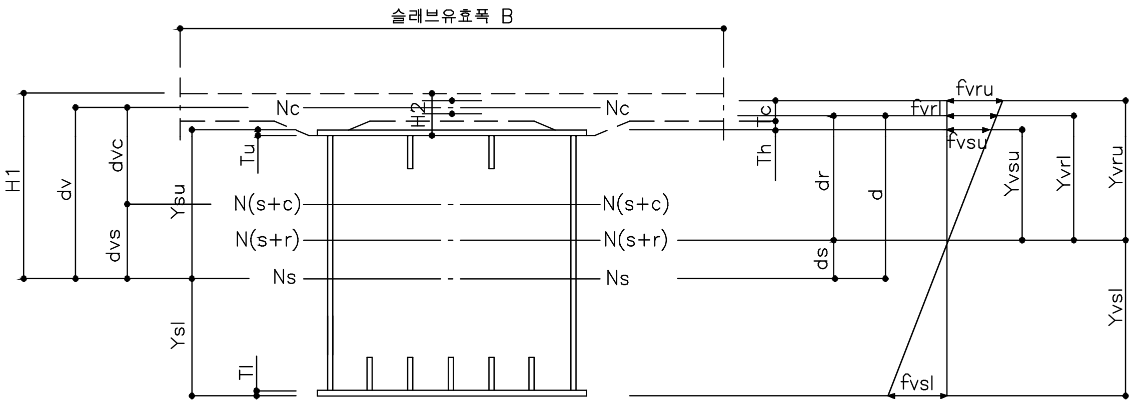
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1365.00	99590400	135940896000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1366.00	-106307584	145216159744	6640981
강단면 합계			232384		-12072184	308467555744	39409612981
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1600.00	6831840	10930944000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1500.00	9383850	14075775000	-
RE-BAR 합계			10526		16215690	25006719000	-
1 - RC SLAB	5178.0	200.0	1035600	1550.00	1605180000	2488029000000	3452000000

* As = 232384 mm² , Ac = 1035600 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ 308467555744 + 39409612981 = 347877168725 mm^4

$\delta s = \sum (A \cdot Y) / As =$ -12072184 / 232384 = -51.949 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2 =$ 347877168725 - 232384 × -51.949^2 = 347250027328 mm^4

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s =$ 2700.0 / 2 + 30.0 - -51.949 = 1431.949 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) =$ 1431.949 - 2762.000 = -1330.051 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) =$ 6860272.0 mm^2

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is =$ -83.621 MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is =$ 77.670 MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) =$ 27.232 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ar =$ 242910 mm^2

$d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1592.515 mm

$dr = d \cdot As / (As + Ar) =$ 1523.508 mm

$ds = d - dr =$ 69.007 mm

$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl/Ar =$ 1582.942 mm

$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1482.942 mm

$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu =$ 1362.942 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -1399.058 mm

$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 =$ 372787830935 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6891672.0 mm^2

$fvru = Msc \cdot Yvru/Irv =$ -20.907 MPa

$fvrl = Msc \cdot Yvrl/Irv =$ -19.587 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Irv =$ -18.002 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Irv =$ 18.479 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 6.574 MPa

(3) 활 하 중

$fvru = Mv \cdot Yvru/Irv =$ -38.498 MPa

$fvrl = Mv \cdot Yvrl/Irv =$ -36.066 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Irv =$ -33.147 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Irv =$ 34.025 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 19.448 MPa

(4) 크 리 이 프

$Avc = As + Ac/n =$ 361834.000 mm^2

$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 =$ 1601.949 mm

$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) =$ 1028.835 mm

$dvs = dv - dvc =$ 573.115 mm

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 297109.000 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1252.966 mm K = -0.300

$ds1 = dv - dc1 =$ 348.984 mm

$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 561033387363.6 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Icv) =$ -1168844 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ -1168844 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ -1464521998 N·mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fvru1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvru/Irv =$ -2.946 MPa

$fvrl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvrl/Irv =$ -3.064 MPa

$fvsu1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsu / Irv =$ -3.206 MPa

$fvsl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsl / Irv =$ -6.461 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 275534.000 mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1351.076 mm

ds2 = dv - dc2 = 250.873 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 1631070 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2203699587 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 3.907 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 4.085 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 4.298 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 9.196 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3262140 N

Mvt = P1 · dvc = 3356202911 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -16.046 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -15.776 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 9.748 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 17.208 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 53.254 MPa < υa = 110 MPa 0.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tl · i · n)− 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-83.621	77.670	190.000	190.000
1+2+3	-59.405	-55.652	160.000	-134.769	130.174	190.000	190.000
1+2+3+4	-62.351	-58.716	160.000	-137.975	123.714	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-58.444	-54.631	160.000	-133.677	132.909	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-74.490	-70.407	184.000	-123.929	150.118	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-42.398	-38.856	184.000	-143.426	115.701	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-137.975}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.254}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.527 + 0.234 = 0.762 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{132.909}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.254}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.489 + 0.234 = 0.724 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm O.K!!!

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm O.K!!!

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm O.K!!!

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm O.K!!!

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 77.670) = 1.564 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.125) = 11.0 mm ≤ t = 12 mm O.K!!!

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 150.118) = 1.125 < 1.2 ⇒ 1.125

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -20.907 MPa

합성후 활하중 응력 = -59.405 - -20.907 = -38.498 MPa

Σf = 1.3 ×-20.907 + 2.15 ×-38.498 + (-2.946) + (3.907) + (-16.046)

= -125.034 MPa < fy = 400.0 MPa O.K!!! (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-20.907 + 2.15 ×-38.498 + (-16.046)

= -125.995 MPa < fy = 400.0 MPa O.K!!! (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -83.621 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -18.002 MPa

합성후 활하중 응력 = -134.769 - -83.621 - -18.002 = -33.147 MPa

Σf = 1.3 × (-83.621 + -18.002) + 2.15 × -33.147 + (-3.206) + (4.298) + (-9.748)

= -212.031 MPa < fy = 315.0 MPa O.K!!(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-83.621 + -18.002) + 2.15 × -33.147 + (-9.748)

= -213.123 MPa < fy = 315.0 MPa O.K!!(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 77.670 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 18.479 MPa

합성후 활하중 응력 = 130.174 - 77.67 - 18.479 = 34.026 MPa

Σf = 1.3 × (77.67 + 18.479) + 2.15 × 34.026 + (-6.461) + (9.196) + (17.208)

= 218.092 MPa < fy = 315.0 MPa O.K!!! (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (77.67 + 18.479) + 2.15 × 34.026 + (17.208)

= 215.356 MPa < fy = 315.0 MPa O.K!!! (크리프,건조수축 제외시)

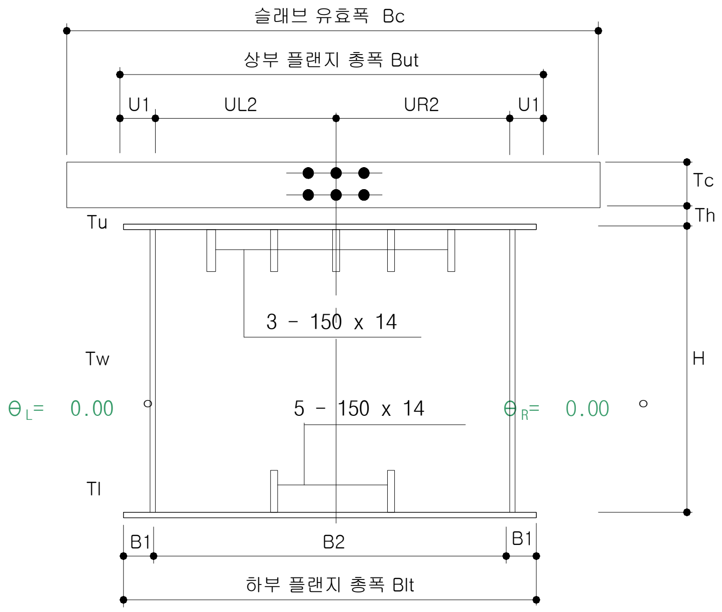
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-125.034	400.000	O.K!!!	3.19
	크리프,건조수축제외시	-125.995	400.000	O.K!!!	3.17
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-212.031	315.000	O.K!!!	1.48
	크리프,건조수축제외시	-213.123	315.000	O.K!!!	1.47
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	218.092	315.000	O.K!!!	1.44
	크리프,건조수축제외시	215.356	315.000	O.K!!!	1.46

5-13. 5경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.700 m

Bc = 5.178 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.022 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-12613.500
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-3067.250
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-8099.409
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1160.240
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	278.040
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	674.450
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.240
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-19.590
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-870.226
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

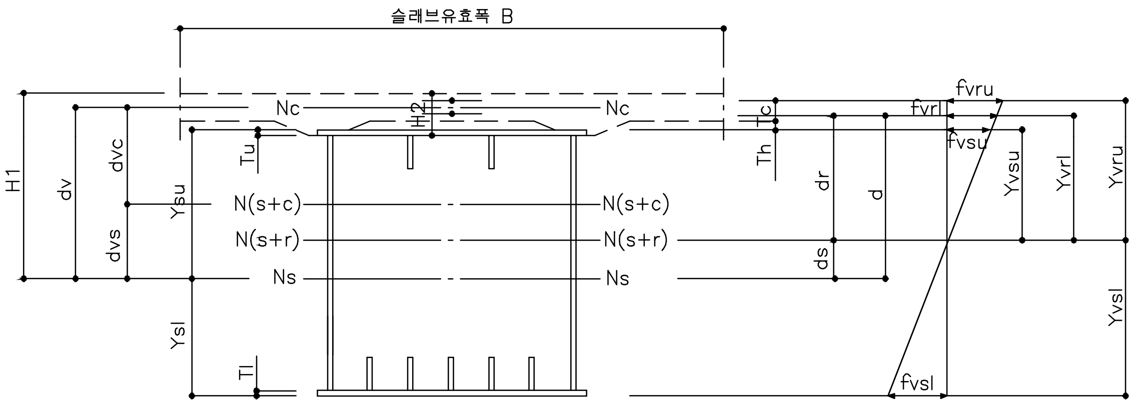
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	20.0	48640	1360.00	66150400	89964544000	1621333
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	22.0	53504	-1361.00	-72818944	99106582784	2157995
강단면 합계			183744		-12023544	216381626784	39401279328
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1600.00	6831840	10930944000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1500.00	9383850	14075775000	-
RE-BAR 합계			10526		16215690	25006719000	-
1 - RC SLAB	5178.0	200.0	1035600	1550.00	1605180000	2488029000000	3452000000

* As = 183744 mm^2 , Ac = 1035600 mm^2 , Ar = 10526 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$Is' = As \cdot Y2 + \sum Is =$ 216381626784 + 39401279328 = 255782906112 mm^4

$\delta s = \sum(A \cdot Y) / As =$ -12023544 / 183744 = -65.436 mm

$Is = Is' - As \cdot \delta s^2$ = 255782906112 - 183744 × -65.436^2 = 254996128801 mm^4

$Ysu = H/2 + Tu - \delta s =$ 2700.0 / 2 + 20.0 - -65.436 = 1435.436 mm

$Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) =$ 1435.436 - 2742.000 = -1306.564 mm

$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2)$ = 6835152.0 mm^2

$fsu = Ms \cdot Ysu / Is$ = -71.005 MPa

$fsl = Ms \cdot Ysl / Is$ = 64.630 MPa

$\upsilon = Ss / A(Web) + Mst / (2 \cdot F \cdot Tw) =$ 17.906 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ar =$ 194270 mm^2

$d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1606.002 mm

$dr = d \cdot As / (As + Ar) =$ 1518.987 mm

$ds = d - dr =$ 87.015 mm

$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl/Ar =$ 1578.421 mm

$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1478.421 mm

$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu =$ 1348.421 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -1393.579 mm

$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 =$ 280673785129 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6866552.0 mm^2

$fvru = Msc \cdot Yvru/Irv =$ -17.249 MPa

$fvrl = Msc \cdot Yvrl/Irv =$ -16.156 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Irv =$ -14.736 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Irv =$ 15.229 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 4.410 MPa

(3) 활 하 중

$fvru = Mv \cdot Yvru/Irv =$ -45.549 MPa

$fvrl = Mv \cdot Yvrl/Irv =$ -42.663 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Irv =$ -38.911 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Irv =$ 40.215 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 15.689 MPa

(4) 크 리 이 프

$Avc = As + Ac/n =$ 313194.000 mm^2

$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 =$ 1615.436 mm

$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) =$ 947.741 mm

$dvs = dv - dvc =$ 667.696 mm

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 248469.000 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1194.623 mm $K =$ 0.160

$ds1 = dv - dc1 =$ 420.814 mm

$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 453617525428.3 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Icv) =$ -829566 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ -829566 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ -991018623 N · mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fvru1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvru/Irv =$ -5.162 MPa

$fvrl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvrl/Irv =$ -5.105 MPa

$fvsu1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsu / Irv =$ -5.032 MPa

$fvsl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsl / Irv =$ -3.483 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 =$ 226894.000 mm²

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) =$ 1308.218 mm

$ds2 = dv - dc2 =$ 307.219 mm

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 =$ 1631070 N

$Mv2 = P2 \cdot dc2 =$ 2133794624 N·mm

$fvru2 = P2/Av + K{*}Mv2 \cdot Yvru/Irv =$ 10.316 MPa

$fvrl2 = P2/Av + K{*}Mv2 \cdot Yvrl/Irv =$ 10.194 MPa

$fvsu2 = P2/Av + K{*}Mv2 \cdot Yvsu/Irv =$ 10.036 MPa

$fvsl2 = P2/Av + K{*}Mv2 \cdot Yvsl/Irv =$ 6.701 MPa

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n =$ 3262140 N

$Mvt = P1 \cdot dvc =$ 3091663297 N·mm

$Ert = Es \cdot \varepsilon t =$ 25.200 MPa

$frut = P1/Av + K{*}Mvt \cdot Yvru/Irv - Es \cdot \varepsilon t =$ -5.626 MPa

$frlt = P1/Av + K{*}Mvt \cdot Yvrl/Irv - Es \cdot \varepsilon t =$ -5.803 MPa

$fsut = P1/Av + K{*}Mvt \cdot Yvsu/Irv =$ 19.168 MPa

$fslt = P1/Av + K{*}Mvt \cdot Yvsl/Irv =$ 14.336 MPa

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2\ F\ Tw)+(Msct+Mvt)/(2\ Fv\ Tw)) =$ 38.005 MPa $< \upsilon a =$ 110 MPa O.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1 , f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 613.325 MPa

사용 tl = 22.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-71.005	64.630	190.000	190.000
1+2+3	-62.798	-58.819	160.000	-124.652	120.074	190.000	190.000
1+2+3+4	-67.960	-63.925	160.000	-129.684	116.591	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-57.644	-53.730	160.000	-119.648	123.291	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-63.270	-59.533	184.000	-100.479	137.627	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-52.017	-47.928	184.000	-138.816	108.956	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음. 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{-129.684}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{38.005}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.466 + 0.119 = 0.585 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon_a}\right)^2 = \left(\frac{123.291}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{38.005}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.421 + 0.119 = 0.540 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 20 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 22 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 22 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 64.630) = 1.715 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.175) = 10.5 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 137.627) = 1.175 < 1.2 ⇒ 1.175

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -17.249 MPa

합성후 활하중 응력 = -62.798 - -17.249 = -45.549 MPa

Σf = 1.3 ×-17.249 + 2.15 ×-45.549 + (-5.162) + (10.316) + (-5.626)

= -120.826 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-17.249 + 2.15 ×-45.549 + (-5.626)

= -125.980 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -71.005 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -14.736 MPa

합성후 활하중 응력 = -124.652 - -71.005 - -14.736 = -38.911 MPa

Σf = 1.3 × (-71.005 + -14.736) + 2.15 × -38.911 + (-5.032) + (10.036) + (-19.168)

= -209.286 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-71.005 + -14.736) + 2.15 × -38.911 + (-19.168)

= -214.290 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 64.630 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 15.229 MPa

합성후 활하중 응력 = 120.074 - 64.63 - 15.229 = 40.214 MPa

Σf = 1.3 × (64.63 + 15.229) + 2.15 × 40.214 + (-3.483) + (6.701) + (14.336)

= 207.831 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (64.63 + 15.229) + 2.15 × 40.214 + (14.336)

= 204.614 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

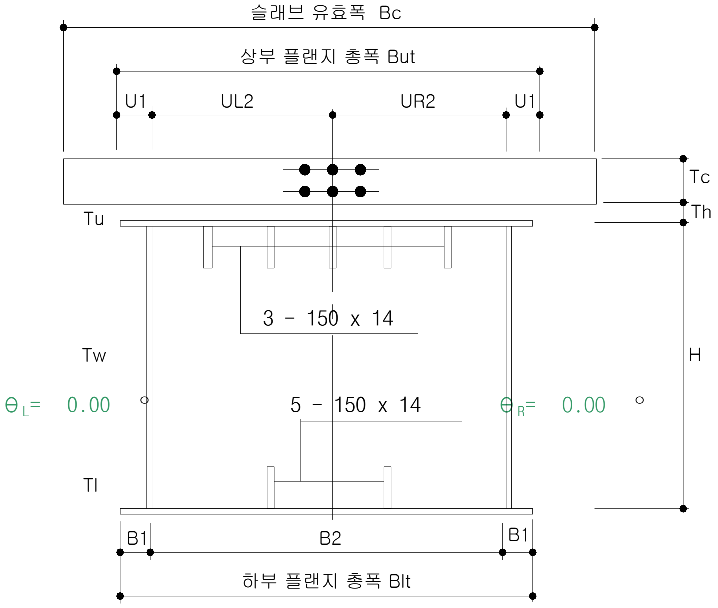
- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-120.826	400.000	O.K!!!	3.31
	크리프,건조수축제외시	-125.980	400.000	O.K!!!	3.17
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-209.286	315.000	O.K!!!	1.50
	크리프,건조수축제외시	-214.290	315.000	O.K!!!	1.46
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	207.831	315.000	O.K!!!	1.51
	크리프,건조수축제외시	204.614	315.000	O.K!!!	1.53

5-14. 6경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490



H = 2.700 m

Bc = 5.178 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.432 , Ble= 2.432 m

Tc = 0.200 m

Th = 0.100 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.032 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-20278.140
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-4923.770
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-9066.297
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1764.560
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-412.210
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-895.392
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-0.350
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-11.290
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	-898.338
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

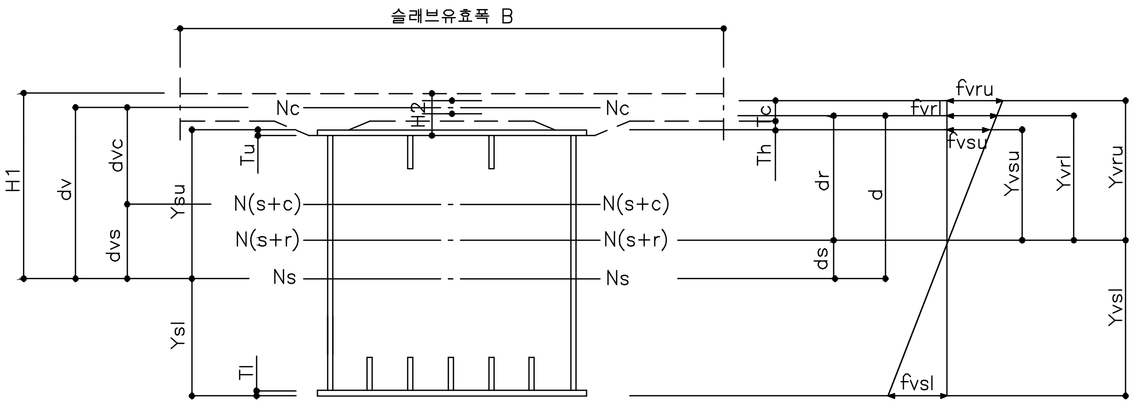
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2432.0	30.0	72960	1365.00	99590400	135940896000	5472000
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1275.00	8032500	10241437500	11812500
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.00	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1275.00	-13387500	17069062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2432.0	32.0	77824	-1366.00	-106307584	145216159744	6640981
강단면 합계			232384		-12072184	308467555744	39409612981
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1600.00	6831840	10930944000	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1500.00	9383850	14075775000	-
RE-BAR 합계			10526		16215690	25006719000	-
1 - RC SLAB	5178.0	200.0	1035600	1550.00	1605180000	2488029000000	3452000000

* As = 232384 mm² , Ac = 1035600 mm² , Ar = 10526 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 308467555744 + 39409612981 = 347877168725 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -12072184 / 232384 = -51.949 mm

Is = Is' - As · δs² = 347877168725 - 232384 × -51.949² = 347250027328 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2700.0 / 2 + 30.0 - -51.949 = 1431.949 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1431.949 - 2762.000 = -1330.051 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6860272.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -83.621 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 77.670 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 27.233 MPa

(2) 합 성 후

$Av = As + Ar =$ 242910 mm^2

$d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1592.515 mm

$dr = d \cdot As / (As + Ar) =$ 1523.508 mm

$ds = d - dr =$ 69.007 mm

$Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) \cdot Arl/Ar =$ 1582.942 mm

$Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) \cdot Aru/Ar =$ 1482.942 mm

$Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu =$ 1362.942 mm

$Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) =$ -1399.058 mm

$Irv = Is + As \cdot ds^2 + Ar \cdot dr^2 =$ 372787830935 mm^4

$Fv = b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) =$ 6891672.0 mm^2

$fvru = Msc \cdot Yvru/Irv =$ -20.907 MPa

$fvrl = Msc \cdot Yvrl/Irv =$ -19.587 MPa

$fvsu = Msc \cdot Yvsu/Irv =$ -18.002 MPa

$fvsl = Msc \cdot Yvsl/Irv =$ 18.479 MPa

$\upsilon = Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 6.430 MPa

(3) 활 하 중

$fvru = Mv \cdot Yvru/Irv =$ -38.498 MPa

$fvrl = Mv \cdot Yvrl/Irv =$ -36.066 MPa

$fvsu = Mv \cdot Yvsu/Irv =$ -33.147 MPa

$fvsl = Mv \cdot Yvsl/Irv =$ 34.025 MPa

$\upsilon = Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) =$ 19.249 MPa

(4) 크 리 이 프

$Avc = As + Ac/n =$ 361834.000 mm^2

$dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 =$ 1601.949 mm

$dvc = dv \cdot As / (Ac/n + As) =$ 1028.835 mm

$dvs = dv - dvc =$ 573.115 mm

$n1 = n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) =$ 16

$Av1 = As + Ac/n1 =$ 297109.000 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$dc1 = dv \cdot As / (Ac/n1 + As) =$ 1252.966 mm K = -0.300

$ds1 = dv - dc1 =$ 348.984 mm

$Icv = Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 =$ 561033387363.6 mm^4

$Nc = Msc \cdot dvc \cdot Ac/(n \cdot Icv) =$ -1168844 N

$P\phi = Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2+\phi 1) =$ -1168844 N

$M\phi = P\phi \cdot dc1 =$ -1464521998 N · mm

$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) =$ 13351 MPa

$fvru1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvru/Irv =$ -2.946 MPa

$fvrl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvrl/Irv =$ -3.064 MPa

$fvsu1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsu / Irv =$ -3.206 MPa

$fvsl1 = P\phi/Av + k*M\phi \cdot Yvsl / Irv =$ -6.461 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

Av2 = As + Ac/n2 = 275534.000 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1351.076 mm

ds2 = dv - dc2 = 250.873 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 1631070 N

Mv2 = P2 · dc2 = 2203699587 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 3.907 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 4.085 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 4.298 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 9.196 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3262140 N

Mvt = P1 · dvc = 3356202911 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -16.046 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -15.776 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 9.748 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 17.208 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 52.912 MPa < υa = 110 MPa O.K!!!

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

$\because \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190.0 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력　　(SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 − 3.9 (b / (tl · i · n)− 24) = 232.819

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b = 1297.613 MPa

사용 tl = 32.0 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* RE-BAR의 허용응력　　(☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa　　fca = 180.000 MPa　　(SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-83.621	77.670	190.000	190.000
1+2+3	-59.405	-55.652	160.000	-134.769	130.174	190.000	190.000
1+2+3+4	-62.351	-58.716	160.000	-137.975	123.714	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-58.444	-54.631	160.000	-133.677	132.909	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-74.490	-70.407	184.000	-123.929	150.118	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-42.398	-38.856	184.000	-143.426	115.701	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.　　허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토　(☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-137.975}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{52.912}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.527 + 0.231 = 0.759 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.909}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{52.912}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.489 + 0.231 = 0.721 < 1.2 \quad \text{O.K!!!}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm **O.K!!!**

tmin = 10 mm ≤ t = 32 mm O.K. (합성형 스터드 설치)

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

tmin = b / (49 · i · n) = 2500 / (49 × 1.00 × 6) = 8.5 mm ≤ t = 32 mm **O.K!!!**

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (219 × 1.200) = 10.3 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 77.670) = 1.564 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (219 × 1.125) = 11.0 mm ≤ t = 12 mm **O.K!!!**

여기서, √(fca/fc) = √(190.0 / 150.118) = 1.125 < 1.2 ⇒ 1.125

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)

+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서

가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -20.907 MPa

합성후 활하중 응력 = -59.405 - -20.907 = -38.498 MPa

Σf = 1.3 ×-20.907 + 2.15 ×-38.498 + (-2.946) + (3.907) + (-16.046)

= -125.034 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-20.907 + 2.15 ×-38.498 + (-16.046)

= -125.995 MPa < fy = 400.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -83.621 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -18.002 MPa

합성후 활하중 응력 = -134.769 - -83.621 - -18.002 = -33.147 MPa

Σf = 1.3 × (-83.621 + -18.002) + 2.15 × -33.147 + (-3.206) + (4.298) + (-9.748)

= -212.031 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-83.621 + -18.002) + 2.15 × -33.147 + (-9.748)

= -213.123 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!**(크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 77.670 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 18.479 MPa

합성후 활하중 응력 = 130.174 - 77.67 - 18.479 = 34.026 MPa

Σf = 1.3 × (77.67 + 18.479) + 2.15 × 34.026 + (-6.461) + (9.196) + (17.208)

= 218.092 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (77.67 + 18.479) + 2.15 × 34.026 + (17.208)

= 215.356 MPa < fy = 315.0 MPa **O.K!!!** (크리프,건조수축 제외시)

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-125.034	400.000	O.K!!!	3.19
	크리프,건조수축제외시	-125.995	400.000	O.K!!!	3.17
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-212.031	315.000	O.K!!!	1.48
	크리프,건조수축제외시	-213.123	315.000	O.K!!!	1.47
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	218.092	315.000	O.K!!!	1.44
	크리프,건조수축제외시	215.356	315.000	O.K!!!	1.46

6. 받침용량 검토

구분		고정하중	활하중		지점침하		거더 평균		받침용량
			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
P3	SH1	1610.910	732.840	-62.183	23.162	-23.156	2261.882	1488.553	3500
	SH2	1537.725	595.955	-63.016	23.172	-23.174			3500
P4	SH1	4836.857	786.441	-96.924	72.023	-72.022	5387.209	4575.033	8500
	SH2	4645.840	361.203	-91.632	72.053	-72.054			8000
P5	SH1	3612.839	627.214	-114.970	97.763	-97.763	4495.893	3482.414	7000
	SH2	3783.596	772.652	-121.153	97.721	-97.721			6500
P6	SH1	4645.840	631.203	-91.632	72.053	-72.056	5522.209	4575.031	8500
	SH2	4836.857	786.441	-96.924	72.023	-72.024			8000
A2	SH1	1537.725	595.955	-63.016	23.172	-23.172	2261.882	1488.552	3500
	SH2	1610.910	732.840	-62.183	23.162	-23.160			3500

7. 현장이음부 검토

7.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 2 [G1]

(강종 : SM490) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

휨 모멘트(kN·m)		전 단 력(kN)		총비틀림 모멘트 M_t(kN·m)	상부FL. 응력f_u(MPa)	하부FL. 응력f_l(MPa)	허용휨 인장응력 f_{sa}(MPa)
합성전M_s	합성후M_v	합성전V_s	합성후V_v				
12,873.07	3,485.38	209.400	61.230	353.968	74.31	-69.00	190.00

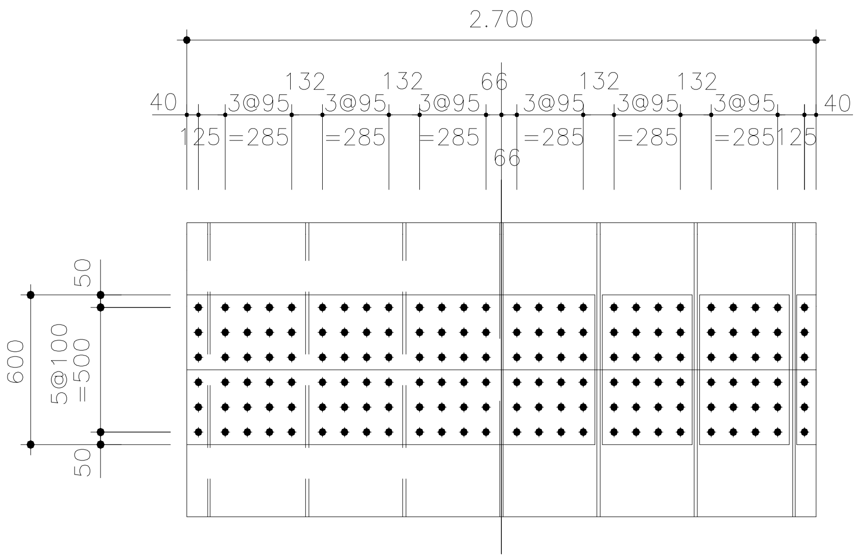
사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) ρ_{sa} = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.2.3)

(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 74.311 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (fu) f_s' = 142.5 MPa 적용



모재두께 = 10 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

n_{req} = A_s × f_s' / ρ_{sa} = 27,000.0 × 142.5 / 96,000.0 = 41ea ⇒ n_t = 78ea ...O.K !!

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

A_{req} = A_s × f_s' / f_{sa} = 27,000.0 × 142.5 / 190.0 = 20,250.0 mm^2

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

1 PL	-	2,700	×	10.0	×	600	=	27,000.0
6 PL	-	385	×	10.0	×	600	=	23,100.0
2 PL	-	80	×	10.0	×	600	=	1,600.0

Σ = 51,700.0 mm^2 ≥ A_{req} ...O.K !!

- 이음판의 응력

f_s = A_s×f_s' / A_{use} = 27,000.0 × 142.5 / 51,700.0 = 74.4 MPa ≤ f_{sa} ...O.K !!

③ BOLT의 응력검토 (☞ 도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

ρ_n = P / n_t = 27,000.0 × 142.5 / 78.0 = 49,326.9 N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

• 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q_s = 2,700.0 × 10.0 × (1,428.7 - 5.0) = 3.844E+07 mm^3

Q_v = 2,700.0 × 10.0 × (694.8 - 5.0) = 1.862E+07 mm^3

I_s = 2.458E+11 mm^4 (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

I_v = 4.566E+11 mm^4 (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 mm (볼트의 피치)

n = 3ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (209.4×38,439,387.0/245,760,781,029.0 + 61.2

×18,624,600.0/456,577,245,526.0)×(103.8/3.0) = 1,220.2 N/ea

• 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

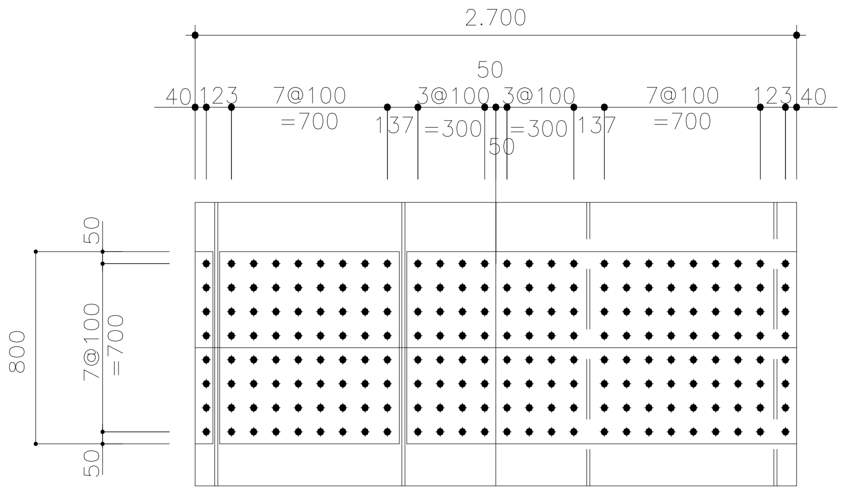
$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.433E+09 + 1.489E+06 = **49,342.0** N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

• 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 69.002 MPa

f_s' = 0.75 × 190.0 = 142.5 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (fl) = 142.5 MPa 적용



모재두께 = 14 mm

모재길이 = 2,700 mm

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 96,000.0 = 57ea ⇒ n_t = 104ea ...O.K !!

② 이음판의 결정

• 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 37,800.0 × 142.5 / 190.0 = 28,350.0 mm^2

• 사용 이음판 전단면적 A_{use}

1 PL	-	2,700	×	14.0	×	800	=	37,800.0
4 PL	-	800	×	14.0	×	800	=	44,800.0
2 PL	-	80	×	14.0	×	800	=	2,240.0
						Σ	=	84,840.0 mm^2

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (☞ 도.설.해 3.5.3.7)

A_n = 84,840.0 - 25.0 × 14.0 × 26.0열 × 4ea = **48,440.0** mm^2 ≥ A_{req} ...O.K !!

- 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 37,800.0 × 142.5 / 48,440.0 = **111.2** MPa ≤ f_{sa} ...O.K !!

③ BOLT의 응력검토 (☞ 도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 37,800.0 × 142.5 / 104.0 = **51,793.3** N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q_s = 2,700.0 × 14.0 × (1,295.3 - 7.0) = 4.870E+07 mm^3

Q_v = 2,700.0 × 14.0 × (2,029.2 - 7.0) = 7.644E+07 mm^3

I_s = 2.458E+11 mm^4 (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

I_v = 4.566E+11 mm^4 (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)

p = 플랜지전폭/휭방향1열BOLT수 = 2,700.0 / 26ea = 103.8 mm (볼트의 피치)

n = 4ea (접합선에 직각방향의 볼트의 수)

$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p/n$

= (209.4×48,698,458.2/245,760,781,029.0 + 61.2

×76,439,160.0/456,577,245,526.0)×(103.8/4.0) = 1,343.4 N/ea

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 2.683E+09 + 1.805E+06 = **51,810.7** N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

④ 모재의 응력검토

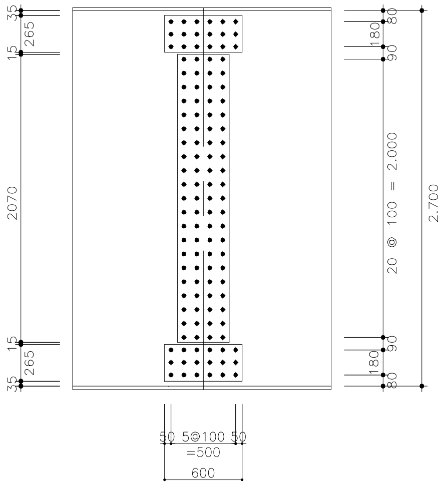
A_{sn} = 14.0 × (2,700.0 - 25.0 × 26.0) = 28,700.0 mm^2

$fl = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 37,800.0 × 142.5 / 28,700.0 = **187.7** MPa ≤ f_{sa} ...O.K !!

(3) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

- 휨에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이	=	2,700	mm
Box 계산 높이	=	2,700	mm
WEB 두께	=	10	mm
중립축에서 연단까지 거리 h_o	=	1,350	mm

$f_1 = fu$	=	142.50	MPa
$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 125) / h_o$	=	129.31	MPa
$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 215) / h_o$	=	119.81	MPa
$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 305) / h_o$	=	110.31	MPa
$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 400) / h_o$	=	100.28	MPa
$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 500) / h_o$	=	89.72	MPa

제1열 ρ_p = (142.500 + 129.306) / 2 × 125.0 × 10.0 / 3ea = **56,626.2** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... 0.K !!

제2열 ρ_p = (129.306 + 119.806) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **37,366.7** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... 0.K !!

제3열 ρ_p = (119.806 + 110.306) / 2 × 90.0 × 10.0 / 3ea = **34,516.7** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... 0.K !!

제4열 ρ_p = (110.306 + 100.278) / 2 × 95.0 × 10.0 / 2ea = **50,013.5** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... 0.K !!

제5열 ρ_p = (100.278 + 89.722) / 2 × 100.0 × 10.0 / 2ea = **47,500.0** N/ea ≤ ρ_{sa} ..... 0.K !!

$\sum y_i^2$ = 3열 x 4193400 x 2 + 2열 x 3850000 x 2 = 40,560,400 ㎟

M_w = (f_s x t_w x h_w^2) / 6 = (142.5 x 10 x 2700 ^2) / 6 = 1,731,375,000 Nmm = 1,731,375 kNmm

ρ_p = (Mw / $\sum y_i^2$) x y_n = (1731375 / 40560400) x 1350 = 57.627 kN < 96.000 kN 0.K!!!

• 전단력에 의한 BOLT의 응력 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

∵ 전단응력 $\upsilon = V \ / \ A_w + M_t \ / \ (2 \cdot F \cdot t_w)$ [비틀림 모멘트 고려시]

- 한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(V_s + V_v) \ / \ 2$ = (209.4 + 61.2)/2 = 135,315.0 N
- 비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $M_t \ / \ (2 \cdot b)$ = 354.0 / (2×400) = 442,460.0 N

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

ρ_s = (135,315.0 + 442,460.0) / 60ea = 9,629.6 N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

• 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(56{,}626.2^2 + 9{,}629.6^2)}$ = 57,439.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ...O.K !!

② 이음판의 응력계산

• 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

I_{sw}' = (10.0 × 2,700.0³) / 12 + 10.0 × 2,700.0 × (1,350.0 - 1,295.3)² = 1.648E+10 mm^4

- 합성후 단면2차 모멘트

I_{vw}' = (10.0 × 2,700.0³) / 12 + 10.0 × 2,700.0 × (2,029.2 - 1,350.0)² = 2.886E+10 mm^4

• 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$M_{sw} = M_s \times I_{sw}' \ / \ I_s$ = 12,873.1 × 16,483,230,317.5 × 245,760,781,029.0 = 863.4 kN·m

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$M_{vw} = M_v \times I_{vw}' \ / \ I_v$ = 3,485.4 × 28,857,941,280.0 × 456,577,245,526.0 = 220.3 kN·m

• 복부 이음판의 단면2차모멘트

규 격	$A_s(mm^2)$	$Y(mm)$	$A_s \cdot Y(mm^3)$	$A_s \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
4 - 265.0 × 10.0	10,600.0	1,182.5	1.253E+07	1.482E+10	6.203E+07
2 - 2,070.0 × 10.0	41,400.0	-	-	-	1.478E+10
합 계	52,000.0	1,182.5	1.253E+07	1.482E+10	1.484E+10

$I = I_o + AY^2$ = 14,844,937,083.3 + 14,822,046,250.0 = 2.967E+10 mm^4

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{sw} = 29,666,983,333.3 + 52,000.0 × (1,350.0 - 1,295.3)² = 2.982E+10 mm^4

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

I_{vw} = 29,666,983,333.3 + 52,000.0 × (2,029.2 - 1,350.0)² = 5.366E+10 mm^4

• 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

y_{su} = 1,428.7 mm y_{sl} = 1,295.3 mm

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$y_{su,v}$ = 694.8 mm $y_{sl,v}$ = 2,029.2 mm

- 이음판의 상연 응력 검토

$f_u = (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw}$

= (863.4 × 1,428.7) / 29,822,463,944.9 + (220.3 × 694.8) / 53,655,240,613.3

= 41.362 + 2.853 = 44.215 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa ...O.K !!

- 이음판의 하연 응력 검토

$f_l = (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw}$

= (863.4 × 1,295.3) / 29,822,463,944.9 + (220.3 × 2,029.2) / 53,655,240,613.3

= 37.501 + 8.331 = 45.833 MPa ≤ f_{sa} = 190.000 MPa ...O.K !!

8. 피로검토 (☞ 도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 / 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로,국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

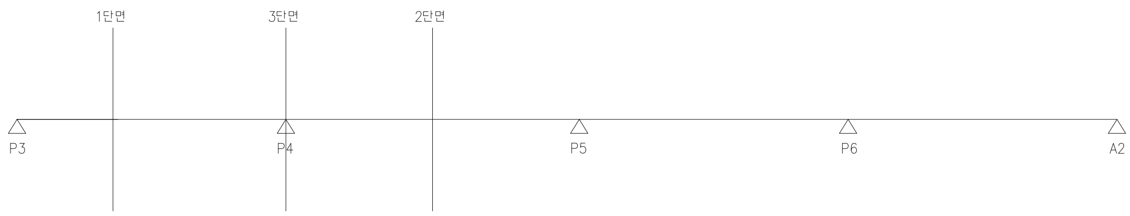
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

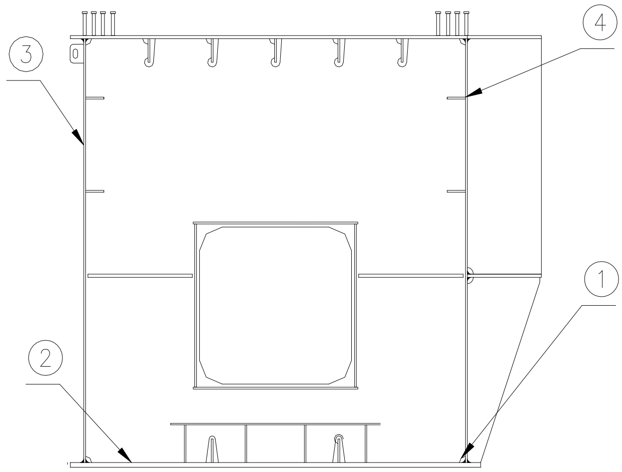
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



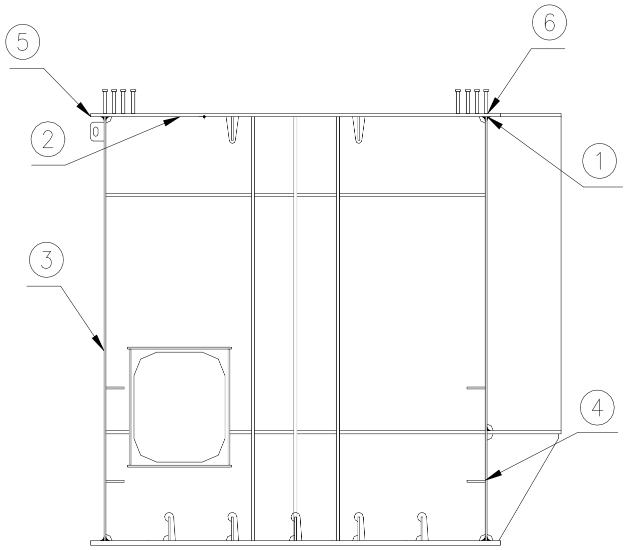
본 교량은 고속도로 에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I, II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv} y$$

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8348.773	9904.864	4.566E+11	2039	37.288	44.238	B	126	203	O.K.
②				2039	37.288	44.238	C	91	147	O.K.
③				1139	20.827	24.709	E	56	91	O.K.
④				119	2.174	2.579	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	3912.007	3178.086	3.800E+11	2125	21.873	17.770	B	126	203	O.K.
②				2125	21.873	17.770	C	91	147	O.K.
③				1270	13.070	10.618	E	56	91	O.K.
④				204	2.102	1.708	E	56	91	O.K.

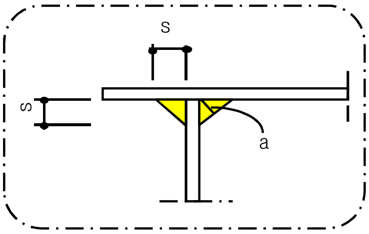
단면 III

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5494.009	10891.191	3.726E+11	1399	20.624	40.885	B	126	203	O.K.
②				1399	20.624	40.885	C	91	147	O.K.
③				620	9.142	18.123	E	56	91	O.K.
④				902	13.299	26.363	E	56	91	O.K.
⑤				1415	20.860	41.352	E	56	91	O.K.
⑥				1431	21.096	41.820	C	91	147	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 180 을 설정 하였음

$$\Delta \upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$



여기서, $\Delta \upsilon$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔS = Smax - Smin (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3 = A(mm^2) · y(mm)

y = Yvsu(l) - tu(l)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 (mm = 4EA × s / $\sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)

- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1296.178	30	2500	75000	1084	8.119E+07	######	8	22.6	12.5	63	OK
DL하중	2038.253									19.6	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1296.178	32	2500	80000	1382	1.104E+08	######	8	22.6	17.0	63	OK
DL하중	2038.253									26.7	84	OK