< 구 조 계 산 서 >

목 차

1. 설계기준
2. 단면가정
3. 바닥판 설계
    3.1 캔틸레버부
        가. 좌측 캔틸레버부
        나. 우측 캔틸레버부
    3.2 중앙부
    3.3 내부지점부 바닥판의 주장율 검토
4. 주형설계
    4.1 유효폭 계산
    4.2 단면가정
    4.3 작용하중의 산정
    4.4 주형의 단면력 해석
        가. MODELING
        나. 단면 제정수
        다. 하중재하
        라. 부재력 집계
        마. 작용하중별 부재력 집계
        바. 부재력 요약
        사. 반력 집계
    4.5 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토
    4.6 2차응력에 대한 영향 검토
    4.7 단면검토
    4.8 단면요약도
5. 이음부의 설계
    5.1 현장이음의 설계
    5.2 용접부의 검토
6. 보강재 설계
    6.1 FLANGE 보강재
    6.2 WEB 보강재
    6.3 지점부 보강재
    6.4 잭업보강재
7. 가로보 및 세로보의 설계
    7.1 세로보의 설계
    7.2 가로보의 설계
    7.3 세로보의 연결
    7.4 가로보의 연결
8. 다이아프램 검토
    8.1 일반부
    8.2 지점부
    8.3 지점부 다이아프램의 응력 검토
9. 전단연결재

10. 사용성 검토
10.1 피로 검토
10.2 처짐 검토
11. 솟음(CAMBER)
12. 신축이음 검토

1. 설계기준

1) 교 량 제 원

ⅰ) 교 량 명 : 청도2교 부산방향 S1-S4

ⅱ) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

ⅲ) 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교

ⅳ) 교량연장 : L = 55.325 + 55.000 + 55.450 = 165.775 m

ⅴ) 교량폭원 : B = 12.600 m

ⅵ) 주형제원 : B = 2.500 m H = 2.600 m

ⅶ) 사 각 : 90.0 °

2) 하 중

ⅰ) 고정하중 (☞ 도.설 2.1.2)

· 철근 콘크리트 : Wc_1 = 25.000 kN/㎥

· 무근 콘크리트 : Wc_2 = 23.500 kN/㎥

· 강 재 : Ws = 78.500 kN/㎥

· 아스팔트 포장 : Wa = 23.000 kN/㎥

ⅱ) 활하중 (☞ 도.설 2.1.3)

· DB-24 - Pr = 96.000 kN

- Pf = 24.000 kN

· DL-24 - Wl = 12.700 kN/m

- Pm = 108.000 kN

- Ps = 156.000 kN

· 충격계수 : i = 15 / (40 + L) ≤ 0.3 (☞ 도.설 2.1.4)

3) 사용재료

ⅰ) 콘크리트 : 설계기준강도 fck = 27 MPa

탄 성 계 수 Ec = 26701 MPa

ⅱ) 철근(SD40) 항 복 강 도 fy = 400 MPa

탄 성 계 수 Es = 200000 MPa

ⅲ) 강 재

· 주부재 : SM490B 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)

· 부부재 : SM400B 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)

· 탄성계수 Es = 210000 MPa

- 허용 인장 응력 (MPa) (☞ 도.설 표 3.3.1)

강 종 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40 이하	140	190	210	260
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75 초과 100 이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설 표 3.3.2)

강 종 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40 이하	140 : $\ell/r \leq 20$ $140-0.84(\ell/r-20)$: $20 < \ell/r \leq 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2}$: $93 < \ell/r$	190 : $\ell/r \leq 15$ $190-1.3(\ell/r-15)$: $15 < \ell/r \leq 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2}$: $80 < \ell/r$	210 : $\ell/r \leq 14$ $210-1.5(\ell/r-14)$: $14 < \ell/r \leq 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2}$: $76 < \ell/r$	260 : $\ell/r \leq 18$ $260-2.2(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2}$: $67 < \ell/r$
40 초과 75 이하	130 : $\ell/r \leq 20$ $130-0.75(\ell/r-20)$: $20 < \ell/r \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2}$: $97 < \ell/r$	175 : $\ell/r \leq 15$ $175-1.1(\ell/r-15)$: $15 < \ell/r \leq 83$ $\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2}$: $83 < \ell/r$	200 : $\ell/r \leq 14$ $200-1.4(\ell/r-14)$: $14 < \ell/r \leq 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2}$: $78 < \ell/r$	250 : $\ell/r \leq 18$ $250-2.1(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$
75 초과 100 이하			195 : $\ell/r \leq 14$ $195-1.3(\ell/r-14)$: $14 < \ell/r \leq 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2}$: $79 < \ell/r$	245 : $\ell/r \leq 18$ $245-2.2(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm)

r ; 부재 총단면의 단면회전반경 (mm)

- 허용 휨압축응력 (MPa)

① 압축플랜지가 콘크리트상판 등에 직접 고정되어 있는 경우 및 상자형 단면, Π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우 (☞ 도.설 표3.3.4(a))

강 종 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40 이하	140	190	210	260
40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75 초과 100 이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

② ① 이외의 경우 (☞ 도.설 표 3.3.4(b))

강 종	SS 400		SM490Y	SM 570

판두께(mm)		SM400 SMA 41	SM490	SM520 SMA50	SMA 58
Aw/Ac ≤2	40 이하	140 : ℓ/b ≤4.5 140-2.4(ℓ/b-4.5): 4.5< ℓ/b ≤30	190 : ℓ/b ≤4.0 190-3.8(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤30	210 : ℓ/b ≤3.5 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5< ℓ/b ≤27	260 : ℓ/b ≤5.0 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
	40 초과 75 이하	130 : ℓ/b ≤5.0	175 : ℓ/b ≤4.0	200 : ℓ/b ≤4.0 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤27	250 : ℓ/b ≤5.0 250-6.2(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
	75 초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤30	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤30	195 : ℓ/b ≤4.0 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0< ℓ/b ≤27	245 : ℓ/b ≤5.0 245-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0< ℓ/b ≤25
Aw/Ac >2	40 이하	140 : ℓ/b ≤9/K 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K< ℓ/b ≤30	190 : ℓ/b ≤8/K 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K< ℓ/b ≤30	210 : ℓ/b ≤7/K 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< ℓ/b ≤27	260 : ℓ/b ≤10/K 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K< ℓ/b ≤25
	40 초과 75 이하	130 : ℓ/b ≤10/K	175 : ℓ/b ≤8/K	200 : ℓ/b ≤8/K 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< ℓ/b ≤27	250 : ℓ/b ≤10/K 250-3.1(ℓ/b-10): 10/K< ℓ/b ≤25
	75 초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K< ℓ/b ≤30	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K< ℓ/b ≤30	195 : ℓ/b ≤8/K 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< ℓ/b ≤27	245 : ℓ/b ≤10/K 245-3.0(Kℓ/b-10): 10/K< ℓ/b ≤25
비 고		Aw : 복부판의 총 단면적 (㎟) Ac : 압축플랜지의 총 단면적 (㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{(3+Aw/2Ac)}$			

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

- 허용 전단응력 (MPa) (☞ 도.설 표 3.3.5)

강 종 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40 이하	80	110	120	150
40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (120)	145 (145)
75 초과 100 이하			110 (120)	140 (145)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 항 복 응 력 (MPa) (☞ 도.설 표 3.2.3)

강 종 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM 570 SMA 570
40 이하	240	320	360	460
40 초과 75 이하	220	300 (320)	340 (360)	440 (460)
75 초과 100 이하			330 (360)	430 (460)

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 강재들보의 허용응력 증가율 (☞ 도.설 표 3.9.4)

하 중 의 조 합			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 강재주형과의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가 설 시 하 중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

iv) 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (1볼트 1마찰면 마다) (단위 : kN)(☞ 도.설 표 3.3.8)

볼트의 등급 / 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	비 고
M 20	31	39	39	
M 22	39	48	48	
M 24	45	56	56	

4) 설계방법

ⅰ) 바 닥 판 : 극한강도 설계법

ii) STEEL BOX GIRDER : 허용응력 설계법

5) 참고문헌

ⅰ) 도로교 설계기준(2005)

ii) 콘크리트 구조 설계기준(2003)

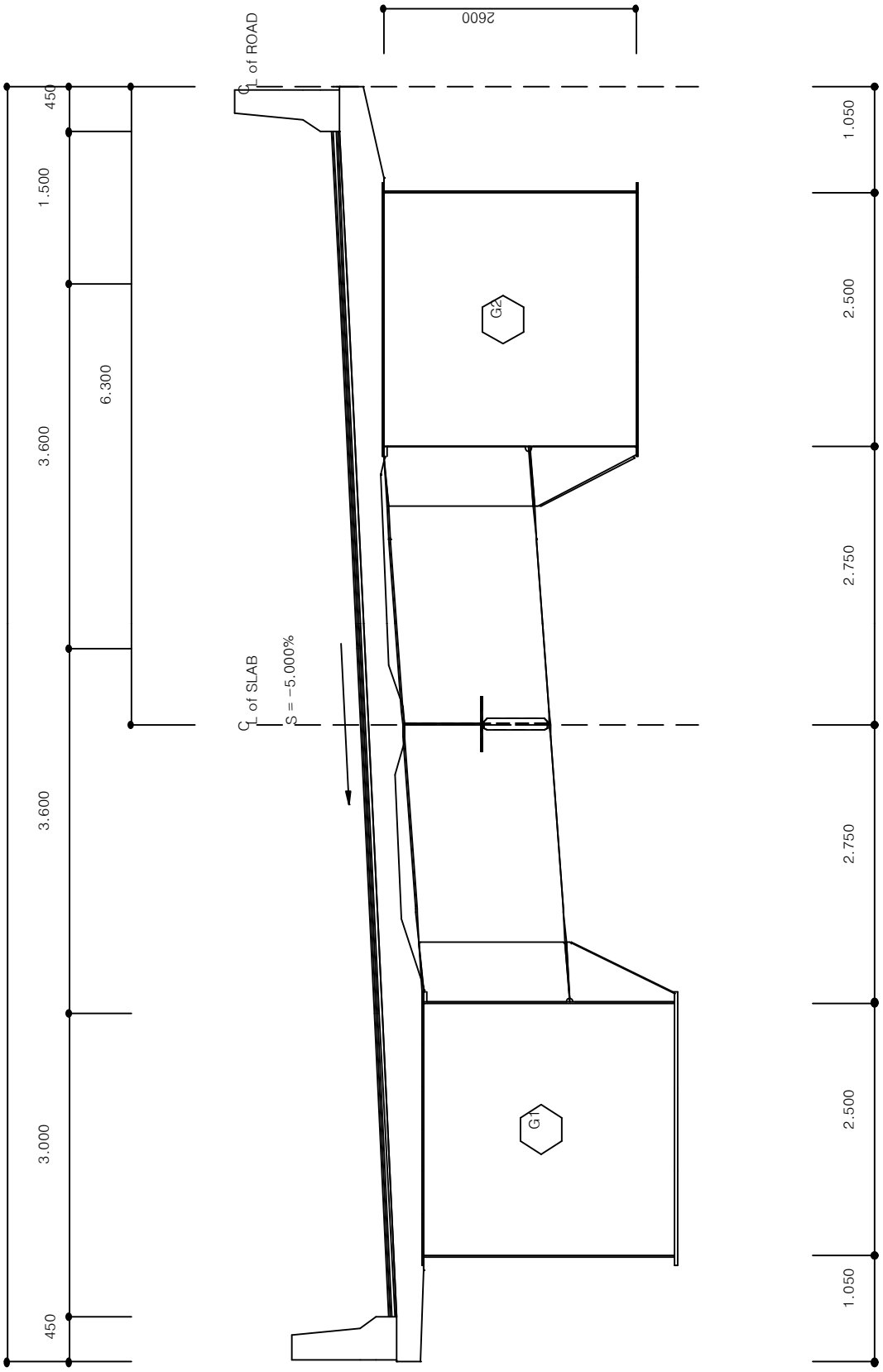
iii) 도로설계 편람(2001)

iv) 도로설계 요령(2001)

v) 강구조 편람(1995)

vi) 강도로교 상세부 설계지침(1997)

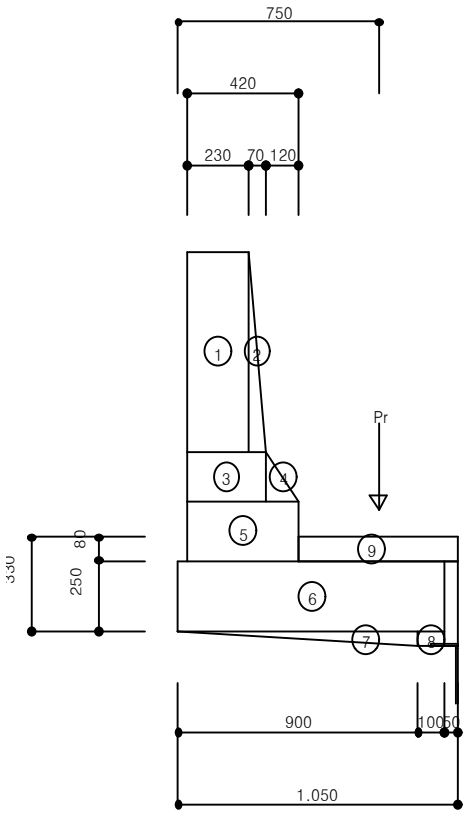
2. 단면가정


2600
℄ of ROAD
450
1.500
6.300
3.600
3.600
3.000
450
℄ of SLAB
S = −5.000%
G2
G1
1.050
2.500
2.750
2.750
2.500
1.050

3. 바닥판의 설계

3.1 캔틸레버부

가. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m³	H1 =	0.250	m	L1 =	0.030	m
아스팔트포장 단위중량	23.000 kN/m³	H2 =	0.205	m	L2 =	0.230	m
설계 속도	120.0 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)	1500 m	H5 =	0.300	m	L5 =	0.550	m
		H6 =	0.080	m	L6 =	0.900	m
					L7 =	0.100	m
					L8 =	0.050	m
					L9 =	0.750	m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)		거리 (m)	모멘트(kN·m)
1	0.23 × 0.7 × 25	= 4.025	0.855	3.441
2	½ × 0.07 × 0.7 × 25	= 0.613	0.717	0.439
3	0.3 × 0.175 × 25	= 1.313	0.820	1.076
4	½ × 0.12 × 0.175 × 25	= 0.263	0.630	0.165
5	0.42 × 0.205 × 25	= 2.153	0.760	1.636

6	1 × 0.25 × 25	= 6.250	0.500	3.125
7	½ × 0.9 × 0.05 × 25	= 0.563	0.400	0.225
8	0.1 × 0.05 × 25	= 0.125	0.050	0.006
9	0.55 × 0.08 × 23	= 1.012	0.275	0.278
TOTAL		16.315		10.392

∴ Md = 10.392 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 × 0.25 + 1.14 = 1.34 m 여기서, X = 0.250 m

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.25) = 0.373 > 0.3 ∴ i = 0.3

MI+i = Pr/E · X · (1 + i) = (96 / 1.34) × 0.25 × (1 + 0.3) = 23.284 kN · m/m

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

H = (V / 60)² × 7500 + 2500

= (120.000 / 60)² × 7500 + 2500 = 32500.000 N/m = 32.500 kN/m

작용높이 h = 1.080 m

Mco = 32.500 × 1.080 = 35.100 kN · m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10 kN/m 의 수평하중 재하시

작용높이 h = 1.080 m

Mco = 10.000 × 1.080 = 10.800 kN · m/m

곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 35.100 kN · m/m

라) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다. (☞ 도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R}(\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500}(\%) = 7.584\ (\%)$$

Pcf = Pr / E × 7.584 / 100 = 5.433 kN/m

Mcf = 5.433 × 1.8 = 9.779 kN · m/m

마) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.000 m = 3.000 kN/m

Mw = 3.000 kN/m × 0.580 m = 1.740 kN · m/m

바) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i + 1.3 Mcf

= 1.3 × 10.392 + 2.15 × 23.284 + 1.3 × 9.779 = 76.283 kN·m/m

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 1.3 Mco

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 23.284 + 1.3 × 9.779 + 1.3 × 35.1

= 102.122 kN·m/m

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 0.65 Mw

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 23.284 + 1.3 × 9.779 + 0.65 × 1.74

= 57.623 kN·m/m

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

= 1.2 × 10.392 + 1.2 × 1.74 + 1.2 × 35.1 = 56.679 kN·m/m

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 1.74

= 15.772 kN·m/m

사) 켄틸레버판 단부설계 (☞ 도.설 4.7.6.4)

① 주철근량: 들보단부 이외의 켄틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.

② 배력철근량: 들보단부 이외의 켄틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.

③ 배치범위: 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교편 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

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

hmin = (280·L + 18({(280 × 0.25) + 180} = 250 mm > 220 mm ⇒ 300 mm 사용

자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

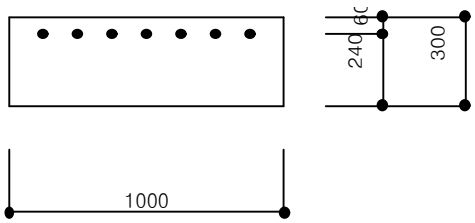
fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 102.122 kN·m

b = 1000 mm h = 300 mm

d' = 60 mm d = 240 mm

Ø(Bending) = 0.85



[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As² + 81600 As

= 102122000

∴ Req'd As = 1314.2 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1752.3 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 480.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 840.0 mm²

Min. As = 0.25 √fck / fy × b × = 779.4 mm²

USE H 16 @ 250 = 794.4 mm²

H 16 @ 250 = 794.4 mm²

Asuse = 1588.8 mm² O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.0066 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 O.K.!!

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d = 108.000 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 91.800 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b) = 27.692 mm

jd = d - a/2 = 226.154 mm

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

ΦMn = Φfy × As × jd = 122.167 kN·m > Mu = 102.122 kN·m O.K.

·배력철근의 계산 (☞ 도.설 3.6.1.4)

배력철근의 주철근에 대한 백분율 120 / √L = 120 / √1.000 = 120 % > 67 %

As × 67% = 1314.209 × 0.67 880.5 mm²

수축·온도철근량 : 0.0020 ·b · 600.0 mm²

USE H 16 @ 150 = 1324.0 mm² O.K. !!

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

Req'd d&As = 1314.2 mm² × 2 = 2628.4 mm²

USE H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

Asuse = 2865.0 mm² 0.K. !!

[배력철근]

Req'd d&As = 880.5 mm² × 2 = 1761.0 mm²

USE H 19 @ 150 = 1910.0 mm² 0.K. !!

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1m) 이상 ----> 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (☞ 콘.설 4.3)

tmin = L / 10 = 1000.0 / 10 = 100.0 mm < T = 300 mm이므로 별도의 처짐검토 필요없음.

② 균열 검토 (☞ 도.설 4.4.9)

Mmax = 43.977 kN·m/m

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

M = Md + Ml+i + Mcf + 0.3Mw = 10.392 + 23.284 + 9.779 + 0.522

= 43.977 kN·m

$n = Es / Ec = 43 / \sqrt{fck} = 8$

$p = As / bd = 1589 / (1000 \times 240) = 0.0066$

$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.053 + \sqrt{\{(0.053)^2 + 2 \times 0.053\}} = 0.2768$

$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.277 / 3) = 0.908$

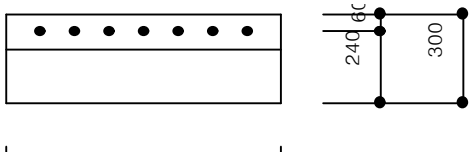
$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{43.977 \times 1000000}{0.0066 \times 1000 \times 0.908 \times 240^2}$$

= 127.054 MPa < 0.6 fy = 240 MPa 0.K.

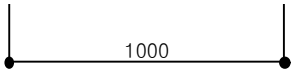
A = b·h /8 EA = 1000 × 120 / 8 = 15000.0 mm²

A : 주인장철근 주위의 콘크리트
단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이



위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

㉮ $\omega a = 0.0050 \times tc$ (철근 콘크리트 일반 환경 조건)

여기서, tc : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

㉯ $\omega a = 0.0050 \times 52 = 0.26$ mm

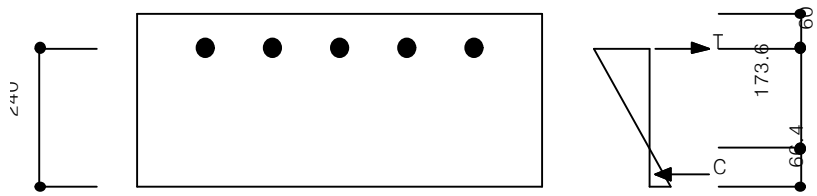
㉰ $\omega = 1.080 \times \beta c \times fs \times \sqrt[3]{dc \times A} \times 0.00001$

$= 1.080 \times 1.35 \times 127.054 \times \sqrt[3]{60 \times 15000.0} \times 0.00001$

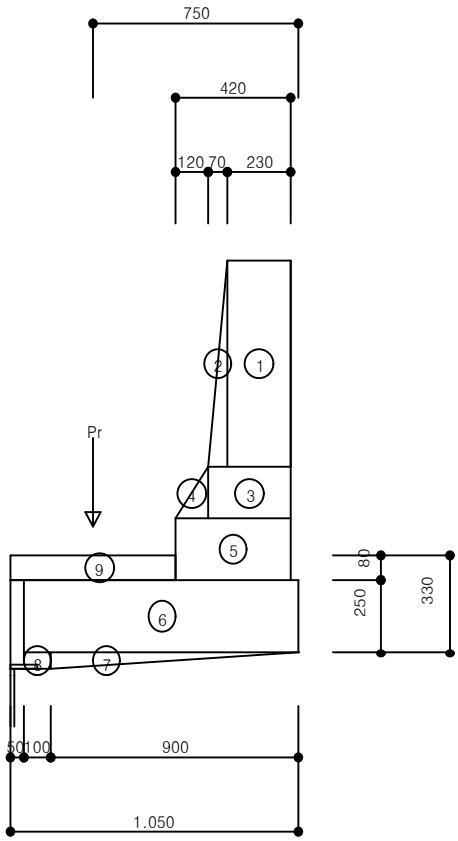
$= 0.178$ mm $< \omega a = 0.260$ ∴ O.K

여기서, βc = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리

$= 233.6 / 173.6 = 1.35$



나. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	:	25.000	kN/m³	H1 =	0.250	m	L1 = 0.230 m
아스팔트포장 단위중량		23.000	kN/m³	H2 =	0.205	m	L2 = 0.070 m
설계 속도		120.0	km/h	H3 =	0.175	m	L3 = 0.120 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)		96.000	kN	H4 =	0.700	m	L4 = 0.550 m
곡선 반경(R)		1500	m	H5 =	0.300	m	L5 = 0.900 m
				H6 =	0.080	m	L6 = 0.100 m
							L7 = 0.050 m
							L8 = 0.750 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)		거리 (m)	모멘트(kN·m)
1	0.23 × 0.7 × 25	= 4.025	0.855	3.441
2	½ × 0.07 × 0.7 × 25	= 0.613	0.717	0.439
3	0.3 × 0.175 × 25	= 1.313	0.820	1.076
4	½ × 0.12 × 0.175 × 25	= 0.263	0.630	0.165
5	0.42 × 0.205 × 25	= 2.153	0.760	1.636
6	1 × 0.25 × 25	= 6.250	0.500	3.125

7	½ × 0.9 × 0.05 × 25	= 0.563	0.400	0.225
8	0.1 × 0.05 × 25	= 0.125	0.050	0.006
9	0.55 × 0.08 × 23	= 1.012	0.275	0.278
TOTAL		16.315		10.392

∴ Md = 10.392 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 × 0.25 + 1.14 = 1.34 m 여기서, X = 0.250 m

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.25) = 0.373 > 0.3 ∴ i = 0.3

MI+i = Pr/E · X · (1 + i) = (96 / 1.34) × 0.25 × (1 + 0.3) = 23.284 kN · m/m

다) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

H = (V / 60)² × 7500 + 2500

= (120.000 / 60)² × 7500 + 2500 = 32500.000 N/m = 32.500 kN/m

작용높이 h = 1.080 m

Mco = 32.500 × 1.080 = 35.100 kN · m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10 kN/m 의 수평하중 재하시

작용높이 h = 1.080 m

Mco = 10.000 × 1.080 = 10.800 kN · m/m

곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 35.100 kN · m/m

라) 원심하중 - 교면상 1.8 M 높이에 작용하는 것으로 한다. (☞ 도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R}(\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500}(\%) = 7.584\ (\%)$$

Pcf = Pr / E × 7.584 / 100 = 5.433 kN/m

Mcf = 5.433 × 1.8 = 9.779 kN · m/m

마) 풍하중

Pw = 3.0 kN/m² × 1.000 m = 3.000 kN/m

Mw = 3.000 kN/m × 0.580 m = 1.740 kN · m/m

바) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i + 1.3 Mcf

= 1.3 × 10.392 + 2.15 × 23.284 + 1.3 × 9.779 = 76.283 kN·m/m

② Mu2 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 1.3 Mco

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 23.284 + 1.3 × 9.779 + 1.3 × 35.1

= 102.122 kN·m/m

③ Mu3 = 1.3 Md + 1.3 Ml+i + 1.3 Mcf + 0.65 Mw

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 23.284 + 1.3 × 9.779 + 0.65 × 1.74

= 57.623 kN·m/m

④ Mu4 = 1.2 Md + 1.2 Mw + 1.2 Mco

= 1.2 × 10.392 + 1.2 × 1.74 + 1.2 × 35.1 = 56.679 kN·m/m

⑤ Mu5 = 1.3 Md + 1.3 Mw

= 1.3 × 10.392 + 1.3 × 1.74 = 15.772 kN·m/m

사) 켄틸레버판 단부설계 (☞ 도.설 4.7.6.4)

① 주철근량: 들보단부 이외의 켄틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.

② 배력철근량: 들보단부 이외의 켄틸레버부 바닥판 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.

③ 배치범위: 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치범위가 명시되어 있지 않으므로 콘크리트교편 P361을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치범위로 적용한다.

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

hmin = (280·L + 18({(280 × 0.25) + 180} = 250 mm > 220 mm ⇒ 300 mm 사용

자) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

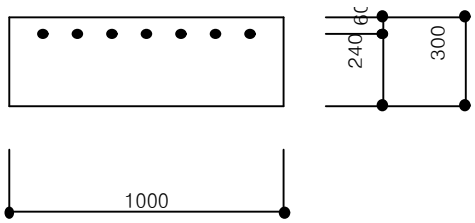
fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 102.122 kN·m

b = 1000 mm h = 300 mm

d' = 60 mm d = 240 mm

Ø(Bending) = 0.85



[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -3.0 As² + 81600 As

= 102122000

∴ Req'd As = 1314.2 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1752.3 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 480.0 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 840.0 mm²

Min. As = 0.25 √fck / fy × b × = 779.4 mm²

USE H 16 @ 250 = 794.4 mm²

H 16 @ 250 = 794.4 mm²

Asuse = 1588.8 mm² O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.0066 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 O.K.!!

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d = 108.000 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 91.800 mm > a = fy * As/(0.85*fck*b) = 27.692 mm

jd = d - a/2 = 226.154 mm

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

ΦMn = Φfy × As × jd = 122.167 kN·m > Mu = 102.122 kN·m O.K.

·배력철근의 계산 (☞ 도.설 3.6.1.4)

배력철근의 주철근에 대한 백분율 120 / √L = 120 / √1.000 = 120 % > 67 %

As × 67% = 1314.209 × 0.67 880.5 mm²

수축 ·온도철근량 : 0.0020 ·b · 600.0 mm²

USE H 19 @ 150 = 1910.0 mm² O.K. !!

② 캔틸레버판 단부설계

[Req'd d&As]

Req'd d&As = 1314.2 mm² × 2 = 2628.4 mm²

USE H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

Asuse = 2865.0 mm² 0.K. !!

[배력철근]

Req'd d&As = 880.5 mm² × 2 = 1761.0 mm²

USE H 19 @ 150 = 1910.0 mm² 0.K. !!

[배치범위]

캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간(L=1m) 이상 ----> 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (☞ 콘.설 4.3)

tmin = L / 10 = 1000.0 / 10 = 100.0 mm < T = 300 mm이므로 별도의 처짐검토 필요없음.

② 균열 검토 (☞ 도.설 4.4.9)

Mmax = 43.977 kN·m/m

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

M = Md + Ml+i + Mcf + 0.3Mw = 10.392 + 23.284 + 9.779 + 0.522

= 43.977 kN·m

$n = Es / Ec = 43 / \sqrt{fck} = 8$

$p = As / bd = 1589 / (1000 \times 240) = 0.0066$

$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.053 + \sqrt{\{(0.053)^2 + 2 \times 0.053\}} = 0.2768$

$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.277 / 3) = 0.908$

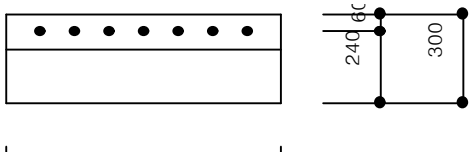
$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{43.977 \times 1000000}{0.0066 \times 1000 \times 0.908 \times 240^2}$$

= 127.054 MPa < 0.6 fy = 240 MPa 0.K.

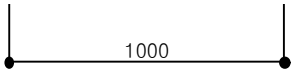
A = b·h /8 EA = 1000 × 120 / 8 = 15000.0 mm²

A : 주인장철근 주위의 콘크리트
단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이



위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

㉮ $\omega a = 0.0050 \times tc$ (철근 콘크리트 일반 환경 조건)

여기서, tc : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (mm)

㉯ $\omega a = 0.0050 \times 52 = 0.26$ mm

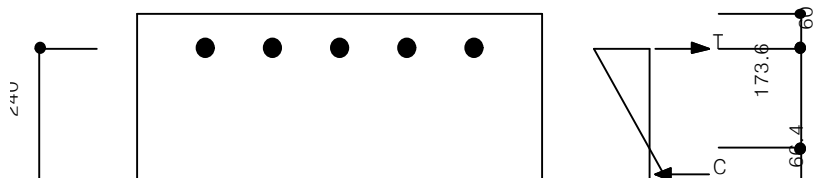
㉰ $\omega = 1.080 \times \beta c \times fs \times \sqrt[3]{dc \times A} \times 0.00001$

$= 1.080 \times 1.35 \times 127.054 \times \sqrt[3]{60 \times 15000.0} \times 0.00001$

$= 0.178$ mm $< \omega a = 0.260$ ∴ O.K

여기서, βc = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리

$= 233.6 / 173.6 = 1.35$



3.2 중앙부

가. 중앙지간부

가) 고정하중

철근콘크리트 : 0.250 m × 25.000 kN/m³ = 6.250 kN/m²

아스팔트포장 : 0.080 m × 23.000 kN/m³ = 1.840 kN/m²

Wd = 8.090 kN/m²

계산지간 L = 2.638 m 바닥판 지점의 수 n = 5

Md = (1 / 10) · Wd · L ² = (1 / 10) × 8.09 × 2.638² = 5.630 kN · m

나) 활하중 (DB-24 : Pr : 96.0 kN)

충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.638) = 0.352 > 0.3 ∴ i = 0.3

Ml+i = ((L+0.6) / 9.6) · Pr · (1+i) = ((2.638 + 0.6) / 9.6) × 96 × (1 + 0.3)

= 42.094 kN · m

연속바닥판이므로, (☞ 도.설 3.6.1.4)

Ml+i = 0.8 × 42.094 = 33.675 kN · m/m

다) 원심하중 (☞ 도.설 2.1.17)

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R}(\%) = 0.79 \frac{120^2}{1500}(\%) = 7.584\ (\%)$$

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

∴ E = 2.4 L / (L + 0.6) = 1.955

Pcf = Pr / E × 7.584 / 100 = 3.724 kN · m/m

Mcf = 3.724 × 1.8 = 6.703 kN · m/m

라) 하중 조합 (☞ 도.설 2.2.3.2)

① Mu1 = 1.3 Md + 2.15 Ml+i + 1.3 Mcf

= 1.3 × 5.63 + 2.15 × 33.675 + 1.3 × 6.703 = 88.434 kN · m/m

마) 바닥판의 최소 두께 (☞ 도.설 3.6.1.5)

hmin = (30 · L + 130) = {(30 × 2.638) + 130} = 209 mm < 220 mm ⇒ 250 mm 사용

바) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 중앙지간부

[DESIGN CONDITION]

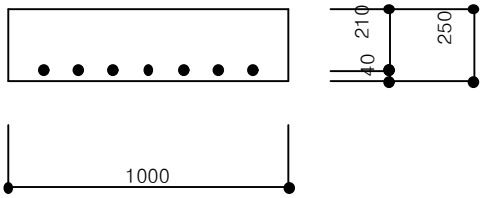
fck = 27 MPa fy = 400 MPa

Mu = 88.434 kN·m

b = 1000.00 mm h = 250.00 mm

d' = 40.00 mm d = 210.00 mm

Ø(Bending) = 0.85



[Req'd d & As] (☞ 콘.설 6.3.2)

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

Mu = Φ × As × fy × (d - a/2) = -2.96 As² + 71400 As

= 88434000

∴ Req'd As = 1309.76 mm²

Min. As = Req'd As × 4/3 = 1746.35 mm²

Min. As = 0.002 × b × d = 420.00 mm²

Min. As = 1.4/fy × b × d = 735.00 mm²

Min. As = 0.25√fck / fy × b × d = 682.00 mm²

USE H 16 @ 250 = 794.40 mm²

H 16 @ 250 = 794.40 mm²

Asuse = 1588.8 mm² O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

P = As / (b × d) = 0.0076 < Pmax = 0.75 × pb = 0.0219 O.K.!!

[DESIGN MOMENT CHECK]

Max. c = 0.75 × 600/(600 + fy) × d = 94.500 mm > c = a/0.85 = 32.578 mm

Max. a = 0.85 × c = 80.325 mm > a = fy * As/0.85 * fck * b = 27.692 mm

jd = d - a/2 = 196.154 mm

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

ΦMn = Φfy × As × jd = 105.961 kN·m > Mu = 88.434 kN·m O.K.

·배력철근의 계산 (☞ 도.설 3.6.1.4)

배력철근의 주철근에 대한 백분율 120 / √L = 120 / √2.638 = 74 % > 67 %

As × 67% = 1309.76 × 0.67 = 877.5 mm²

수축 ·온도철근량 : 0.0020 ·b · 500.0 mm²

USE H 19 @ 150 = 1910.0 mm² O.K. !!

② 중앙지간 단부

[Req'd d&As]

들보단부이외의 중간지간의 바닥판에 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

Req'd d&As = 1309.8 mm² × 2 = 2619.5 mm²

USE H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

H 19 @ 200 = 1432.5 mm²

Asuse = 2865.0 mm² O.K. !!

[배력철근]

Req'd d&As = 877.5 mm² × 2 = 1755.1 mm²

USE H 19 @ 150 = 1910.0 mm² O.K. !!

[배치범위]

중앙부 바닥판의 고정하중에 대한 지간의 ½이상(L=1.319m) --- 1.500 m 적용

◀ 사용성 검토

① 처짐 검토

처짐계산을 하지 않는 부재의 최소두께 (☞ 도.설 4.3)

tmin = L / 28 = 2638. / 28 = 94.21 mm < T = 250 mm이므로 별도의 처짐검토 필요없음.

② 균열 검토 (☞ 도.설 4.4.9)

Mmax = 46.008 kN·m/m

사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합을 사용한다.

M = Md + Ml+i + Mcf = 5.630 + 33.675 + 6.703 = 46.008 kN·m

$n = Es / Ec = 43 / \sqrt{fck} = 8$

p = As / bd = 1589 / (1000 × 210) = 0.0076

$k = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.061 + \sqrt{\{(0.061)^2 + 2 \times 0.061\}}$ 0.2926

j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.293 / 3) = 0.902

$$fsmax = \frac{Mmax}{pbjd^2} = \frac{46.008 \times 1000000}{0.0076 \times 1000 \times 0.902 \times 210^2}$$

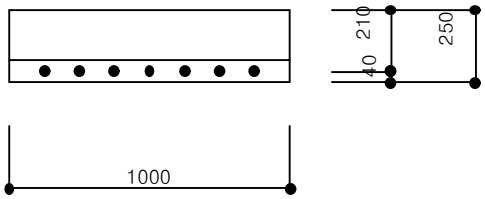
= 152.798 MPa < 0.6 fy = 240 MPa O.K. 435.38

412.30

A = b · h / 8 EA = 1000 × 80 / 8 = 10000.000 ㎟

A : 주인장철근 주위의 콘크리트
단면적을 철근의 수량으로 나눈
유효인장 단면적

dc : 인장연단에서 가장 가까이
위치한 철근 중심까지의 피복두께



③ 균열폭의 검토

㉮ ωa = 0.0050 × tc (철근 콘크리트 일반 환경 조건)

여기서, tc : 철근 콘크리트 최소피복 두께 (㎜)

㉯ ωa = 0.0050 × 32 = 0.16

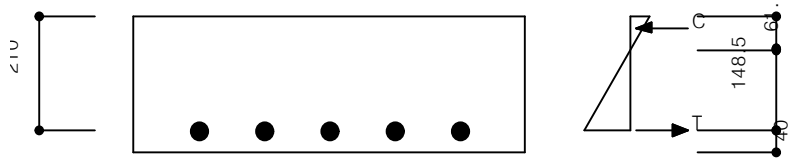
㉰ $\omega = 1.080 \times \beta c \times fs \times \sqrt[3]{dc \times A} \times 0.00001$

$= 1.080 \times 1.27 \times 152.798 \times \sqrt[3]{40 \times 10000.0} \times 0.00001$

= 0.154 ㎜ < ωa = 0.160 ∴ O.K

여기서, βc = 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 / 단면의 중립축에서 철근도심까지의 거리

= 188.5 / 148.5 = 1.27



3.3 내부지점부 주장율검토

(지점부 부모멘트 구간에 인장을 받는 바닥판 콘크리트의 교축방향 철근)

· 바닥판 콘크리트 단면적의 2% 이상 (☞ 도.설 3.9.2.3)

· 주장률 0.0045 ㎜ / ㎟ 이상

· Ac = 1000.0 × 250.0 = 250000.0 ㎟

· As' = 250000.0 × 0.02 = 5000.0 ㎟

· 사용 철근량 :

상 면	H 22	@	100	=	3871.000	㎟
하 면	H 22	@	100	=	3871.000	㎟
				As =	7742.000	㎟

∴As = 7742.000 ㎟ As' = 5000.000 ㎟ O.K.!!

$$\text{· 주장률} = \frac{\pi \times 22.2 \times 10.000 + \pi \times 22.2 \times 10.000}{250000}$$

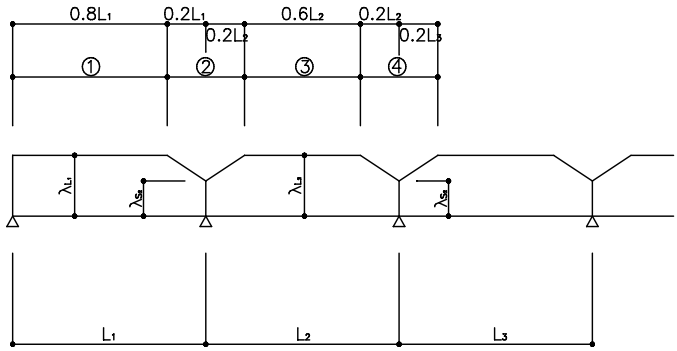
= 0.0056 > 0.0045 O.K.!!

4. 주형의 설계

4.1 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단 지연(SHEAR LAG) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려

가) 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 = 54.500 m

L2 = 55.000 m

L3 = 54.500 m

1. 제 1 지간 중앙부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL1 + be) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL1 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL1 + be) = 2.700 m

2. 제 1 중간 지점부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (54.5 + 55) = 21.900 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λS1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.115 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS1 + be) = 2.430 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λS1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.115 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS1 + be) = 2.430 m

3. 제 2 지간 중앙부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL2 + be) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 33 = 0.038

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL2 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL2 + be) = 2.700 m

4. 제 2 중간 지점부

l = 0.2 × (L2 + L3) = 0.2 × (55 + 54.5) = 21.900 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λS2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.115 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS2 + be) = 2.430 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 21.9 = 0.057

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λS2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.115 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λS2 + be) = 2.430 m

5. 제 3 지간 중앙부

l = 0.8 × L3 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

· 상 부

b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λL3 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL3 + be) = 2.700 m

· 하 부

b/l = 1.25 / 43.6 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

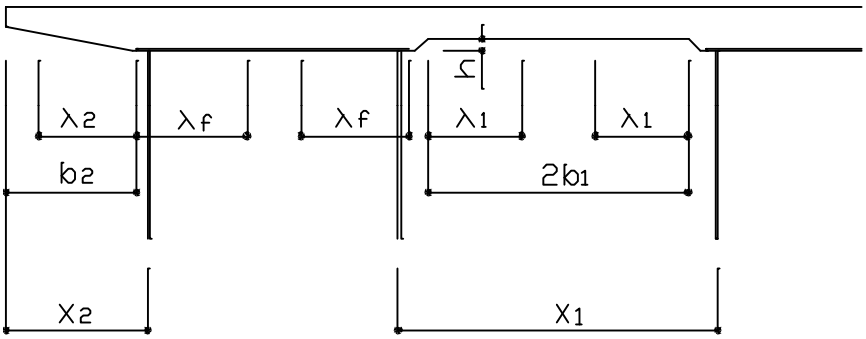
λL3 = b = 1.25 m

∴ 플랜지 유효폭 B = 2 × (λL3 + be) = 2.700 m

나) 바닥판 유효폭 (☞ 도.설 3.9.2.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1



X1 = 5.500 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 1.050 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.5 - 2 ×(0.1 + 0.05) = 5.200 m

b2 = X2 - be = 1.05 - 0.1 = 0.950 m

1. 제 1 지간 중앙부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.55 m

b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.250 m

2. 제 1 중간 지점부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (54.5 + 55) = 21.900 m

b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.933 m

b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 0.883 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.296 m

3. 제 2 지간 중앙부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.6 / 33 = 0.079

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)} · b = 2.45 m

b2 / l = 0.95 / 33 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.150 m

4. 제 2 중간 지점부

l = 0.2 × (L2 + L3) = 0.2 × (55 + 54.5) = 21.900 m

b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.933 m

b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 0.883 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.296 m

5. 제 3 지간 중앙부

l = 0.8 × L3 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.55 m

b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022

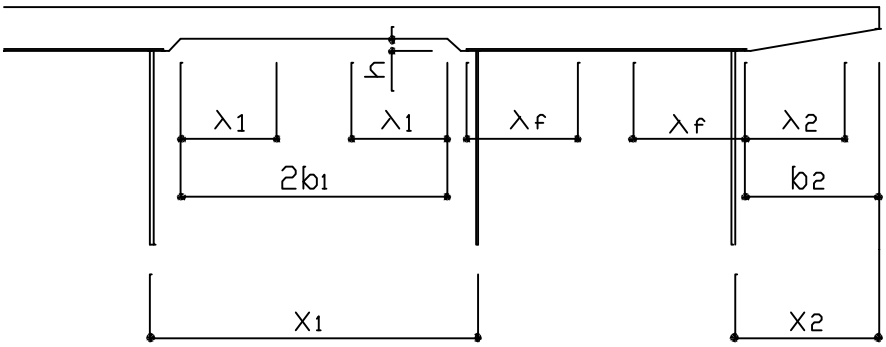
여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.250 m

2) GIRDER - 2



X1 = 5.500 : 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

X2 = 1.050 : 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

h = 0.050 : 헌치 높이

be = 0.100 : 플랜지의 돌출폭

2b1 = X1 - 2(be + h) = 5.5 - 2 ×(0.1 + 0.05) = 5.200 m

b2 = X2 - be = 1.05 - 0.1 = 0.950 m

1. 제 1 지간 중앙부

l = 0.8 × L1 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)}·b = 2.55 m

b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.250 m

2. 제 1 중간 지점부

l = 0.2 × (L1 + L2) = 0.2 × (54.5 + 55) = 21.900 m

b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.933 m

b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 0.883 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.296 m

3. 제 2 지간 중앙부

l = 0.6 × L2 = 0.6 × 55 = 33.000 m

b1 / l = 2.6 / 33 = 0.079

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)} · b = 2.45 m

b2 / l = 0.95 / 33 = 0.029

여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.150 m

4. 제 2 중간 지점부

l = 0.2 × (L2 + L3) = 0.2 × (55 + 54.5) = 21.900 m

b1 / l = 2.6 / 21.9 = 0.119

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 1.933 m

b2 / l = 0.95 / 21.9 = 0.043

여기서, 0.02 < b/l < 0.30 이므로

λ2 = {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)² } · b = 0.883 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 5.296 m

5. 제 3 지간 중앙부

l = 0.8 × L3 = 0.8 × 54.5 = 43.600 m

b1 / l = 2.6 / 43.6 = 0.060

여기서, 0.05 < b/l < 0.30 이므로

λ1 = {1.1 - 2(b/l)} · b = 2.55 m

b2 / l = 0.95 / 43.6 = 0.022

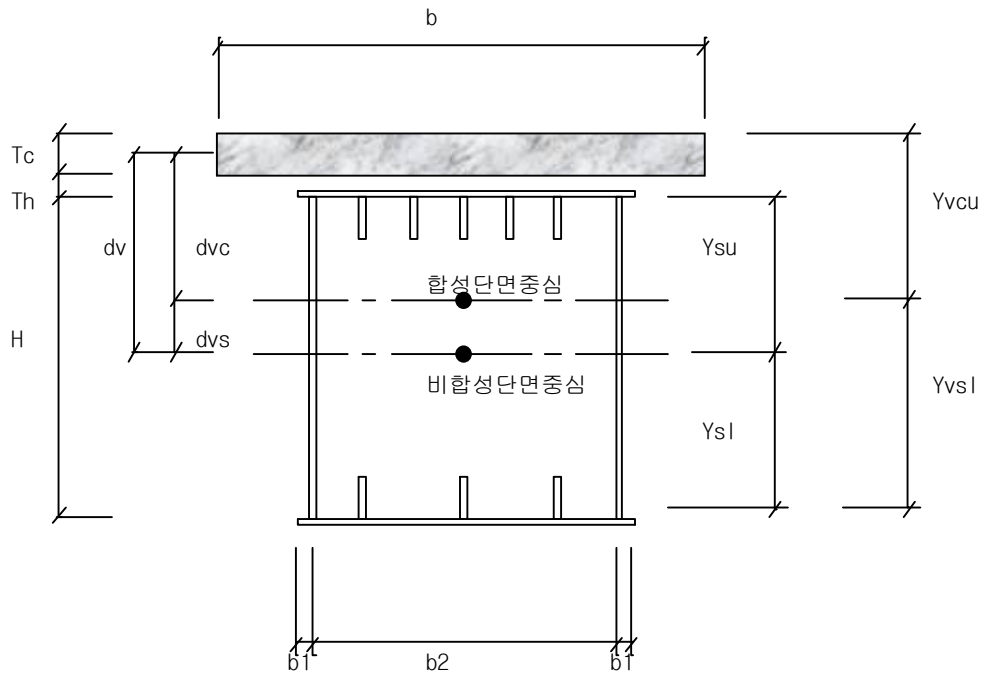
여기서, b/l ≤ 0.05 이므로

λ2 = b = 0.95 m

슬래브 유효폭

B = 플랜지 유효폭 + λ1 + λ2 + h = 6.250 m

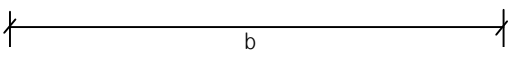
4.2 단 면 가 정

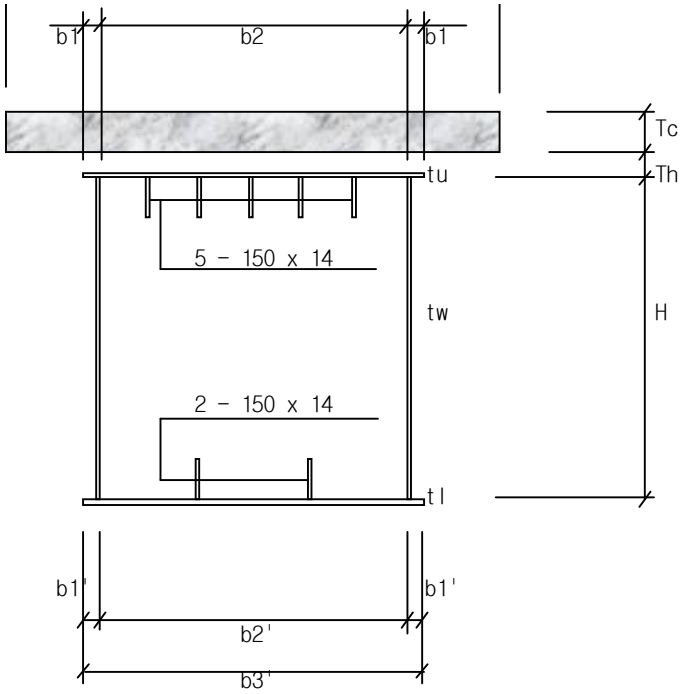


주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다. (☞ 도.설 3.9.1.2)

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

◎ 단면 < 1 >





b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	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	1205.00	32535000	39204675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1125.00	-4725000	5315625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1205.00	-32535000	39204675000	225000
TOTAL		126300		7087500	97014037500	27676012500

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 97014037500 + 27676012500 = 124690050000 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 7087500 / 126300 = 56.12 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 124690050000 - 126300 x 56.116 ² = 124292325089 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 10 / 12) + ((2400 x 12³ / 12)

+ (2400 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 123671764800 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2400.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2410.00 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2410²) / (2 x 2410/12 + 2512/10 + 2512/10)

= 162155950297 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 126300 + 1575000 / 8 = 323175 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

= 6300.000 x 250.000^3 / 12 = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2400.000 / 2 - 56.116 + 50.000 + 250.000 / 2 1318.88 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1318.884 x 126300 / 323175 = 515.43 mm

dvs = dv - dvc = 1318.884 - 515.433 = 803.45 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs^2 +Ac/N · dvc^2

= 124292325089 + 8203125000 / 8 + 126300 x 803.451^2

+ 1575000 / 8 x 515.433^2 = 259152531960 mm^4

Iv22 = I22 + b^3 x Tc / 12 / N

= 123671764800 + 6300.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 774835827300 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

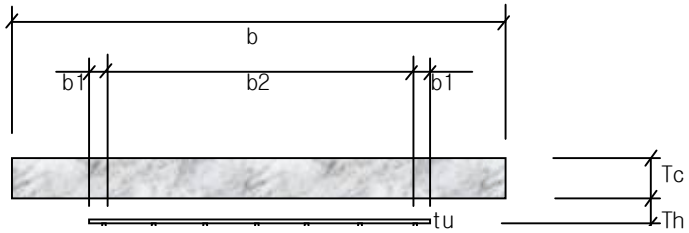
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512^2 x 2410^2) / (2 x 2410/12 + 2512/41.25 + 2512/10)

= 205389826543 mm^4

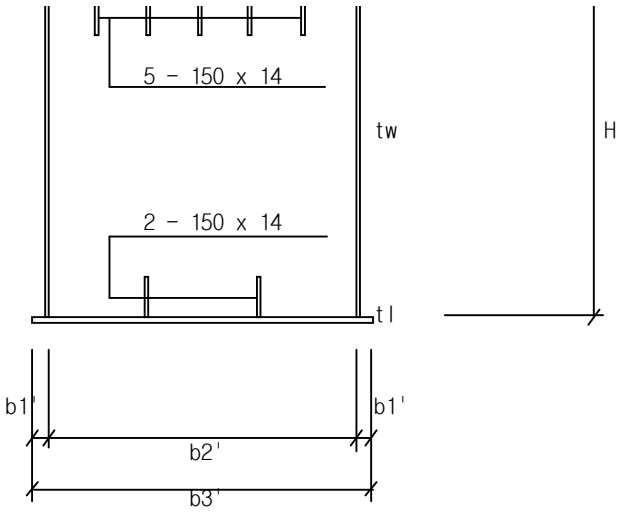
◎ 단면 < 2 >



b = 6300.000 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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1305.00	-35235000	45981675000	225000
TOTAL		131100		7717500	114022537500	35180012500

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 114022537500 + 35180012500 = 149202550000 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 7717500 / 131100 = 58.87 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 149202550000 - 131100 x 58.867 ² = 148748241791 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 10 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 131243995200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2610.00 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2610²) / (2 x 2610/12 + 2512/10 + 2512/10)

= 183423648143 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 131100 + 1575000 / 8 = 327975 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

= 6300.000 x 250.000 ^{3} / 12 = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 58.867 + 50.000 + 250.000 / 2 1416.13 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1416.133 x 131100 / 327975 = 566.06 mm

dvs = dv - dvc = 1416.133 - 566.064 = 850.07 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs^2 +Ac/N · dvc^2

= 148748241791 + 8203125000 / 8 + 131100 x 850.068 ^{2}

+ 1575000 / 8 x 566.064 ^{2} = 307593050861 mm^4

Iv22 = I22 + b^3 x Tc / 12 / N

= 131243995200 + 6300.000 ^{3}

x 250.000 / 12 / 8 = 782408057700 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

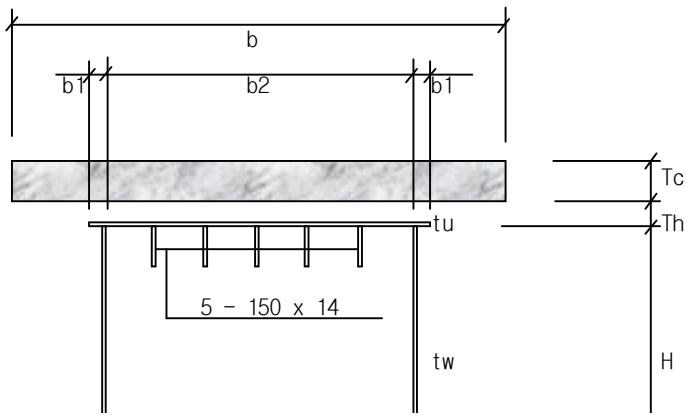
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

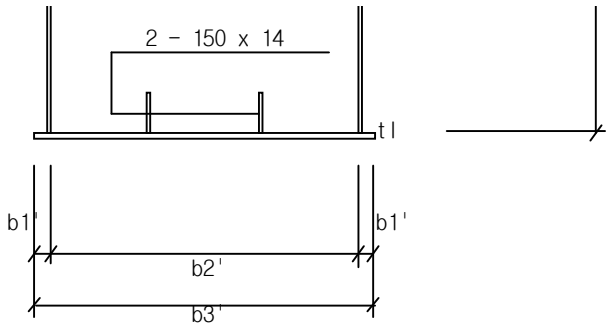
= (4 x 2512^2 x 2610^2) / (2 x 2610/12 + 2512/41.25 + 2512/10)

= 230145931176 mm^4

◎ 단면 < 3 >



b	=	6300.000	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 = 250.000 mm

Th = 50.000 mm

H = 2600.000 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	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 10.0	27000	-1305.00	-35235000	45981675000	225000
TOTAL		136500		14796900	123303468900	35180176300

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 123303468900 + 35180176300 = 158483645200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 14796900 / 136500 = 108.40 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 158483645200 - 136500 x 108.402 ² = 156879628719 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 10 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 134524495200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 10.000 / 2 = 2611.00 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2611²) / (2 x 2611/12 + 2512/12 + 2512/10)

= 192110202989 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 136500 + 1575000 / 8 = 333375 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6300.000 x 250.000 ³ / 12 = 8203125000 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 108.402 + 50.000 + 250.000 / 2 1366.60 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1366.598 x 136500 / 333375 = 559.55 mm

dvs = dv - dvc = 1366.598 - 559.552 = 807.05 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 156879628719 + 8203125000 / 8 + 136500 x 807.046 ²

+ 1575000 / 8 x 559.552 ² = 308451854372 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 134524495200 + 6300.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 785688557700 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

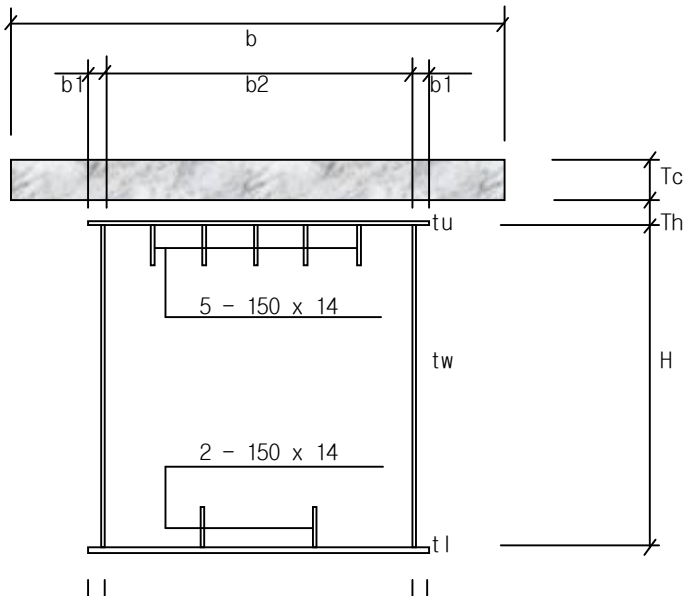
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

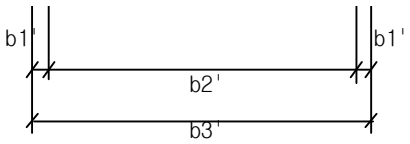
= (4 x 2512² x 2611²) / (2 x 2611/12 + 2512/43.25 + 2512/10)

= 231142004859 mm⁴

◎ 단면 < 4 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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 16.0	43200	1308.00	56505600	73909324800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		179700		-13650300	198060539700	35182879900

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 198060539700 + 35182879900 = 233243419600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -13650300 / 179700 = -75.96 mm

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

= 233243419600 - 179700 x -75.962 ² = 232206520935 mm⁴

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

= $(2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 160768495200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 16.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2619.00 mm

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

= $(4 \times 2512^2 \times 2619^2) / (2 \times 2619/12 + 2512/16 + 2512/22)$

= 244642677074 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm²

Av = $\sum As + Ac/N$

= 179700 + 1575000 / 8 = 376575 mm²

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

= 6300.000 x 250.000 ³ / 12 = 8203125000 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -75.962 + 50.000 + 250.000 / 2 1550.96 mm

dvc = dv · $\sum As$ / Av

= 1550.962 x 179700 / 376575 = 740.11 mm

dvs = dv - dvc = 1550.962 - 740.112 = 810.85 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 232206520935 + 8203125000 / 8 + 179700 x 810.849 ²

+ 1575000 / 8 x 740.112 ² = 459221928974 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 160768495200 + 6300.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 811932557700 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

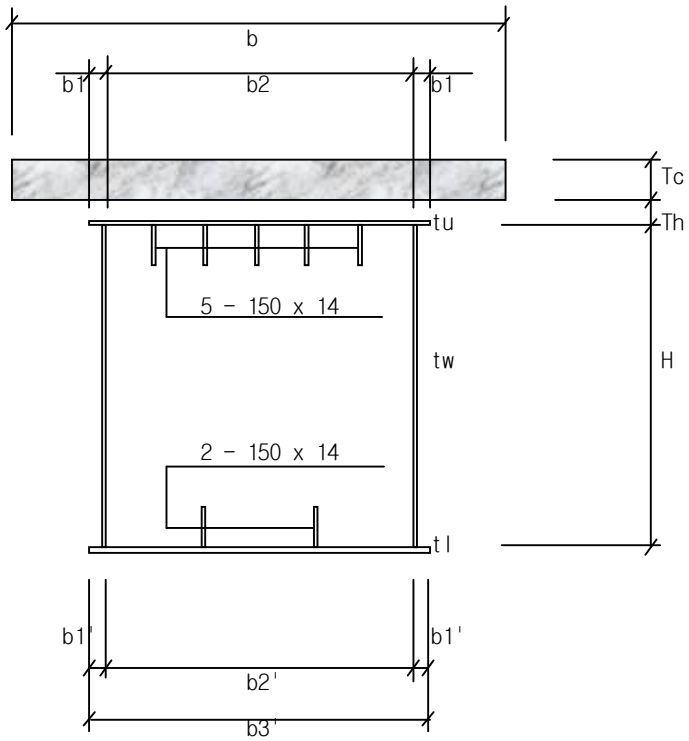
= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2619²) / (2 x 2619/12 + 2512/47.25 + 2512/22)

= 286710884196 mm⁴

◎ 단면 < 5 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	-1308.00	-56505600	73909324800	921600
TOTAL		152700		-6473700	151231118700	35180872900

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 151231118700 + 35180872900 = 186411991600 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -6473700 / 152700 = -42.39 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 186411991600 - 152700 x -42.395 ² = 186137539788 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 16 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 144365995200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2614.00 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2614²) / (2 x 2614/12 + 2512/12 + 2512/16)

= 215048322750 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 152700 + 1575000 / 8 = 349575 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6300.000 x 250.000 ³ / 12 = 8203125000 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -42.395 + 50.000 + 250.000 / 2 1517.39 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1517.395 x 152700 / 349575 = 662.82 mm

dvs = dv - dvc = 1517.395 - 662.823 = 854.57 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 186137539788 + 8203125000 / 8 + 152700 x 854.572 ²

+ 1575000 / 8 x 662.823 ² = 385172635695 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 144365995200 + 6300.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 795530057700 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

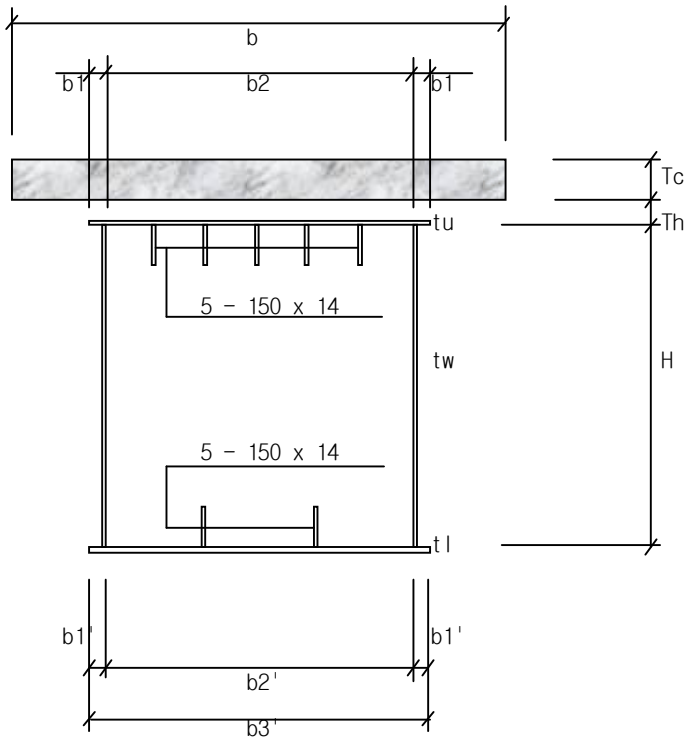
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2614²) / (2 x 2614/12 + 2512/43.25 + 2512/16)

= 265031722119 mm⁴

◎ 단면 < 6 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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	1305.00	35235000	45981675000	225000
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000

LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
TOTAL		142800		-7079400	132757406400	35191988800

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -7079400 / 142800 = -49.58 mm

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

= 167949395200 - 142800 x -49.576^2 = 167598429483 mm^4

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

= $(2700^3 \times 10 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 134524495200 mm^4

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 10.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2611.00 mm

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

= $(4 \times 2512^2 \times 2611^2) / (2 \times 2611/12 + 2512/10 + 2512/12)$

= 192110202989 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm^2

Av = $\sum As + Ac/N$

= 142800 + 1575000 / 8 = 339675 mm^2

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

= $6300.000 \times 250.000^3 / 12$ = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -49.576 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.58 mm

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

= 1524.576 x 142800 / 339675 = 640.93 mm

dvs = dv - dvc = 1524.576 - 640.934 = 883.64 mm

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

= 167598429483 + 8203125000 / 8 + 142800 x 883.641^2

+ 1575000 / 8 x 640.934^2 = 361000817239 mm^4

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

= 134524495200 + 6300.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 785688557700 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

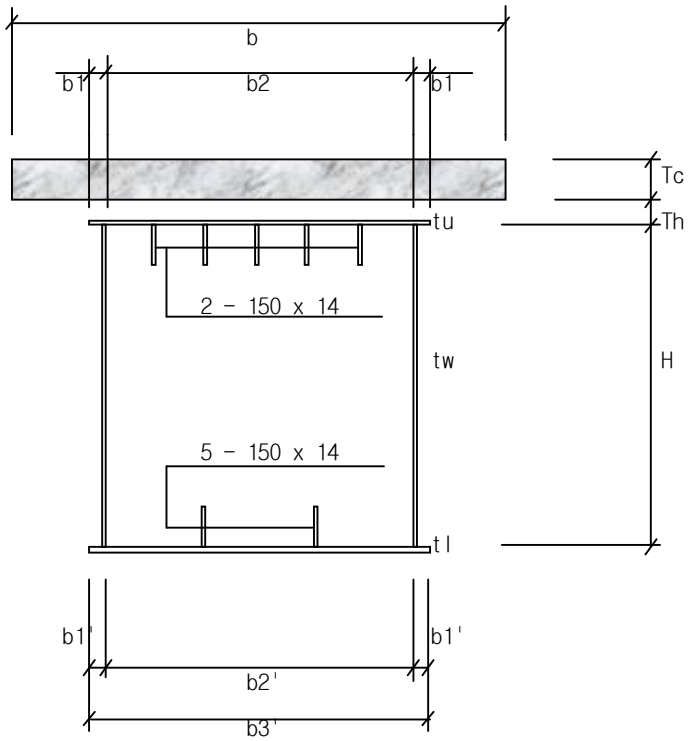
= 10.000 + 250.000 / 8 = 41.25 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2611²) / (2 x 2611/12 + 2512/41.25 + 2512/12)

= 243937975649 mm⁴

◎ 단면 < 7 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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 18.0	48600	1309.00	63617400	83275176600	1312200
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		185100		-21973500	207426391500	35183270500

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 207426391500 + 35183270500 = 242609662000 mm^4

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -21973500 / 185100 = -118.71 mm

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

= 242609662000 - 185100 x -118.712^2 = 240001154694 mm^4

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

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2600 \times 12^3 / 12)$

$+ (2600 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$ = 164048995200 mm^4

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

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

= $(4 \times 2512^2 \times 2620^2) / (2 \times 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)$

= 250956541032 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm^2

Av = $\sum As + Ac/N$

= 185100 + 1575000 / 8 = 381975 mm^2

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

= 6300.000 x 250.000^3 / 12 = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -118.712 + 50.000 + 250.000 / 2 1593.71 mm

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

= 1593.712 x 185100 / 381975 = 772.29 mm

dvs = dv - dvc = 1593.712 - 772.291 = 821.42 mm

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

= 240001154694 + 8203125000 / 8 + 185100 x 821.420^2

+ 1575000 / 8 x 772.291^2 = 483342197094 mm^4

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

= 164048995200 + 6300.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 815213057700 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

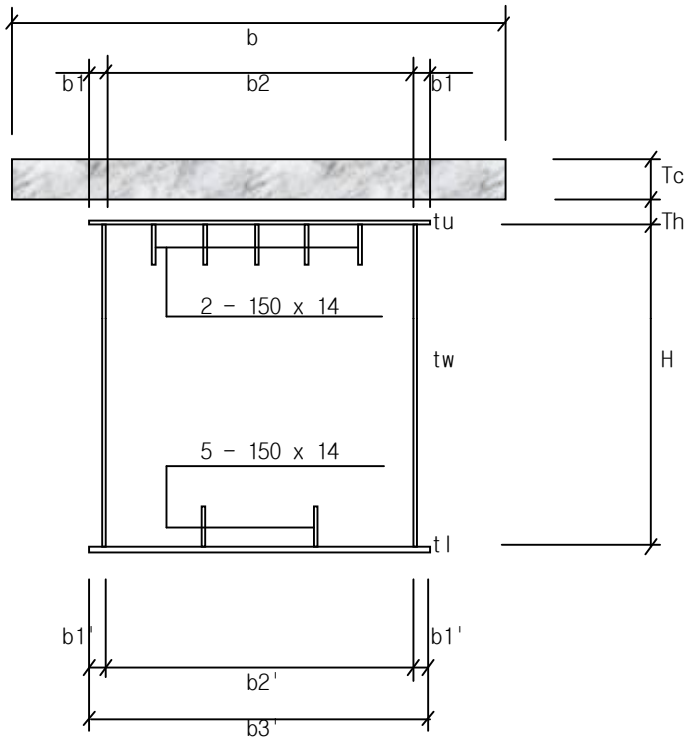
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

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

= $(4 \times 2512^2 \times 2620^2) / (2 \times 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)$

= 287879678919 mm⁴

◎ 단면 < 8 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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	1315.00	106515000	140067225000	6075000
UPPER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	-1316.00	-113702400	149632358400	7372800
TOTAL		244500		-14904900	311758770900	35193010300

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 311758770900 + 35193010300 = 346951781200 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -14904900 / 244500 = -60.96 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 346951781200 - 244500 x -60.961 ² = 346043167523 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 30 / 12) + (2700³ x 32 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 200134495200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 30.000 / 2 + 32.000 / 2 = 2631.00 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2631²) / (2 x 2631/12 + 2512/30 + 2512/32)

= 290843409396 mm⁴

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm²

Av = ∑As + Ac/N

= 244500 + 1575000 / 8 = 441375 mm²

Ic = b x Tc³ / 12

= 6300.000 x 250.000 ³ / 12 = 8203125000 mm⁴

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -60.961 + 50.000 + 250.000 / 2 1535.96 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1535.961 x 244500 / 441375 = 850.85 mm

dvs = dv - dvc = 1535.961 - 850.847 = 685.11 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs² +Ac/N · dvc²

= 346043167523 + 8203125000 / 8 + 244500 x 685.114 ²

+ 1575000 / 8 x 850.847 ² = 604357980508 mm⁴

Iv22 = I22 + b³ x Tc / 12 / N

= 200134495200 + 6300.000 ³

x 250.000 / 12 / 8 = 851298557700 mm⁴

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

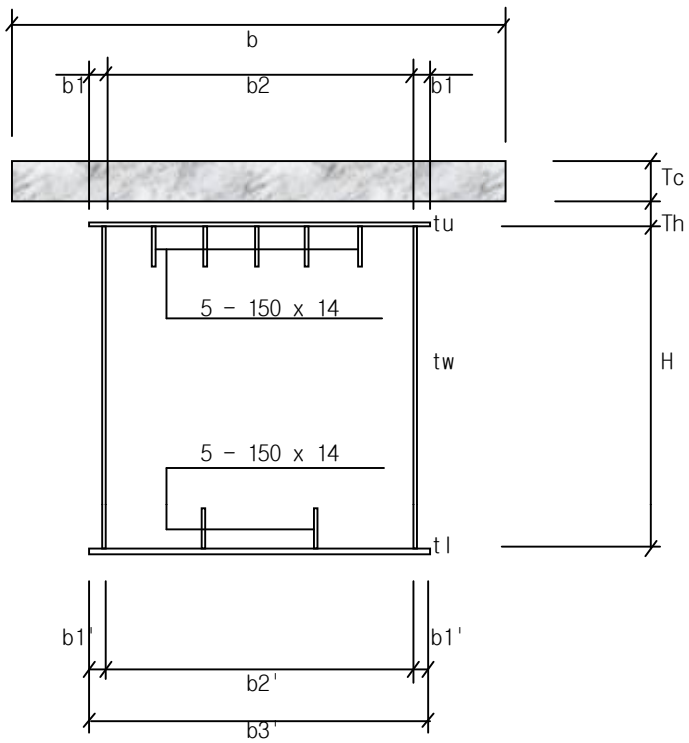
= 30.000 + 250.000 / 8 = 61.25 mm

K = (4 x bk² x Hk²) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512² x 2631²) / (2 x 2631/12 + 2512/61.25 + 2512/32)

= 313110209323 mm⁴

◎ 단면 < 9 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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 18.0	48600	1309.00	63617400	83275176600	1312200
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1311.00	-77873400	102092027400	2395800
TOTAL		191400		-14256000	216880329000	35195083000

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 216880329000 + 35195083000 = 252075412000 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -14256000 / 191400 = -74.48 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 252075412000 - 191400 x -74.483 ² = 251013585793 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 18 / 12) + (2700³ x 22 / 12) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 164048995200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 18.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2620.00 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512^2 x 2620^2) / (2 x 2620/12 + 2512/18 + 2512/22)

= 250956541032 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 191400 + 1575000 / 8 = 388275 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

= 6300.000 x 250.000^3 / 12 = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - -74.483 + 50.000 + 250.000 / 2 1549.48 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1549.483 x 191400 / 388275 = 763.82 mm

dvs = dv - dvc = 1549.483 - 763.817 = 785.67 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs^2 +Ac/N · dvc^2

= 251013585793 + 8203125000 / 8 + 191400 x 785.666^2

+ 1575000 / 8 x 763.817^2 = 485044691005 mm^4

Iv22 = I22 + b^3 x Tc / 12 / N

= 164048995200 + 6300.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 815213057700 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

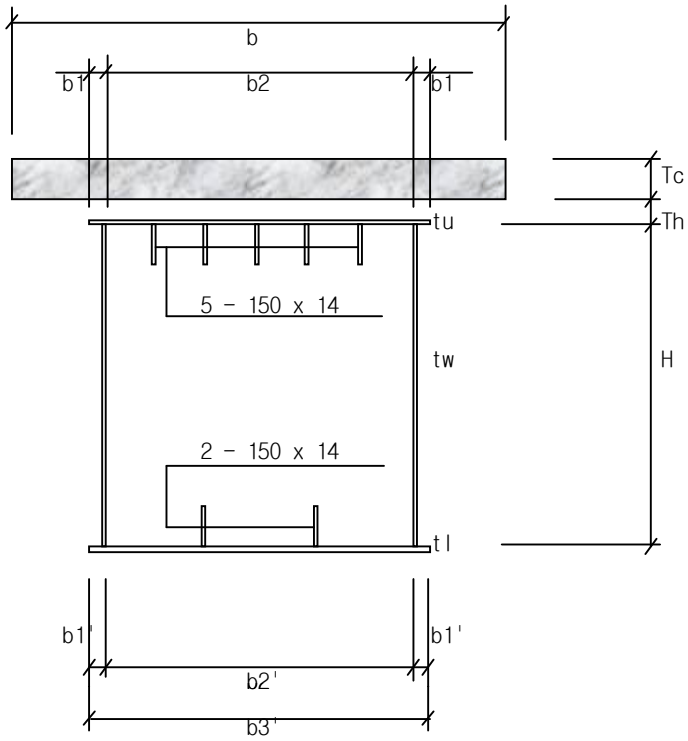
= 18.000 + 250.000 / 8 = 49.25 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512^2 x 2620^2) / (2 x 2620/12 + 2512/49.25 + 2512/22)

= 287879678919 mm^4

◎ 단면 < 10 >



b	=	6300.000	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	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2600.000	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	1306.00	42314400	55262606400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
W E B	2 - 2600.0 X 12.0	62400				35152000000
LOWER RIB	2 - 150.0 X 14.0	4200	-1225.00	-5145000	6302625000	7875000
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1307.00	-49404600	64571812200	617400
TOTAL		147300		627300	141893606100	35180568700

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 141893606100 + 35180568700 = 177074174800 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 627300 / 147300 = 4.26 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 177074174800 - 147300 x 4.259 ² = 177071503345 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) + ((2600 x 12³ / 12)

+ (2600 x 12 x (2500 / 2 + 12 / 2)²)) x 2 = 141085495200 mm⁴

- 비틀림 강성 ----- (☞ 도.설.해 P165)

bk = b2 + tw / 2 x 2

= 2500.000 + 12.000 / 2 x 2 = 2512.00 mm

Hk = H + tu / 2 + tl / 2

= 2600.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2613.00 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tu + bk / tl)

= (4 x 2512^2 x 2613^2) / (2 x 2613/12 + 2512/12 + 2512/14)

= 209080173861 mm^4

② 합성후 단면

Ac = b x Tc

= 6300.000 x 250.000 = 1575000 mm^2

Av = ∑As + Ac/N

= 147300 + 1575000 / 8 = 344175 mm^2

Ic = b x Tc^3 / 12

= 6300.000 x 250.000^3 / 12 = 8203125000 mm^4

dv = H / 2 - δs + Th + Tc / 2

= 2600.000 / 2 - 4.259 + 50.000 + 250.000 / 2 1470.74 mm

dvc = dv · ∑As / Av

= 1470.741 x 147300 / 344175 = 629.45 mm

dvs = dv - dvc = 1470.741 - 629.448 = 841.29 mm

Iv33 = I33 + Ic/N + ∑As · dvs^2 +Ac/N · dvc^2

= 177071503345 + 8203125000 / 8 + 147300 x 841.294^2

+ 1575000 / 8 x 629.448^2 = 360354893481 mm^4

Iv22 = I22 + b^3 x Tc / 12 / N

= 141085495200 + 6300.000^3

x 250.000 / 12 / 8 = 792249557700 mm^4

- 비틀림 강성

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

tcu = tu + Tc / N

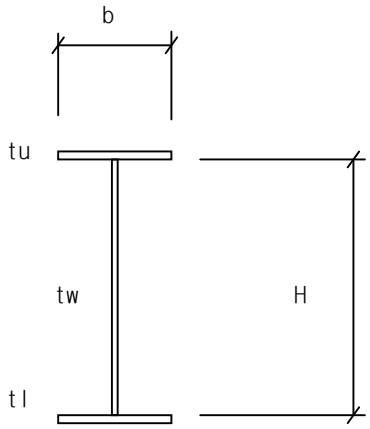
= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 mm

K = (4 x bk^2 x Hk^2) / (2 x Hk / tw + bk / tcu + bk / tl)

= (4 x 2512^2 x 2613^2) / (2 x 2613/12 + 2512/43.25 + 2512/14)

= 256068931132 mm^4

◎ 가로보 - 1



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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
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 mm⁴

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (300^3 x 12 / 12) + (300^3 x 12 / 12) + (2000 x 12^3 / 12)

= 54288000 mm⁴

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×(L'/ L)³ 에 의한다.

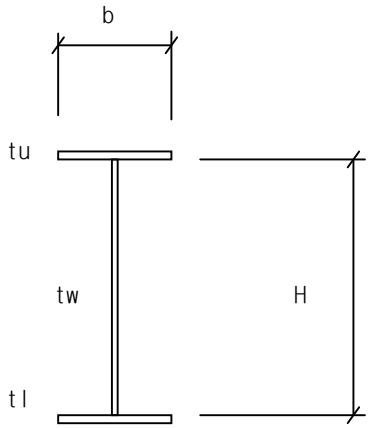
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

K = $\sum$ (b x t^3) / 3

= (300 x 12^3 + 300 x 12^3 + 2000 x 12^3) / 3 = 1497600 mm⁴

◎ 가로보 - 2



bu = 300.00 mm
bl = 300.00 mm
H = 1500.00 mm

tu = 12.00 mm
tw = 12.00 mm
tl = 12.00 mm

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	756.00	2721600	2057529600	43200
W E B	1500.00 X 12.00	18000.0				3375000000
LOWER FL.	300.00 X 12.00	3600.0	-756.00	-2721600	2057529600	43200
TOTAL		25200.0		0	4115059200	3375086400

I33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 4115059200 + 3375086400 = 7490145600 mm⁴

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (300^3 x 12 / 12) + (300^3 x 12 / 12) + (1500 x 12^3 / 12)

= 54216000 mm⁴

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×(L'/ L)³ 에 의한다.

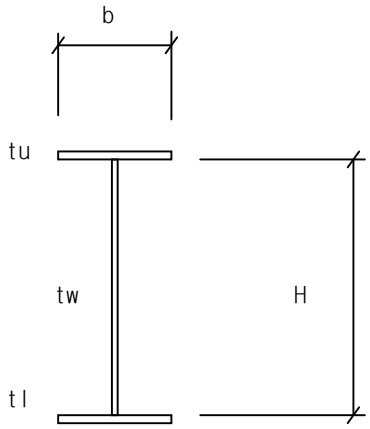
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

K = $\sum$ (b x t^3) / 3

= (300 x 12^3 + 300 x 12^3 + 1500 x 12^3) / 3 = 1209600 mm⁴

◎ 세로보 - 1



bu = 250.00 mm
bl = 250.00 mm
H = 600.00 mm

tu = 10.00 mm
tw = 10.00 mm
tl = 10.00 mm

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	305.00	762500	232562500	20833
W E B	600.00 X 10.00	6000.0				180000000
LOWER FL.	250.00 X 10.00	2500.0	-305.00	-762500	232562500	20833
TOTAL		11000.0		0	465125000	180041667

I33 = ∑AsY² + ∑Io

= 465125000 + 180041667 = 645166667 mm⁴

I22 = (bu³ x tu / 12) + (bl³ x tl / 12) + (H x tw³ / 12)

= (250³ x 10 / 12) + (250³ x 10 / 12) + ((600 x 10³ / 12)

= 26091667 mm⁴

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×(L'/ L)³ 에 의한다.

여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

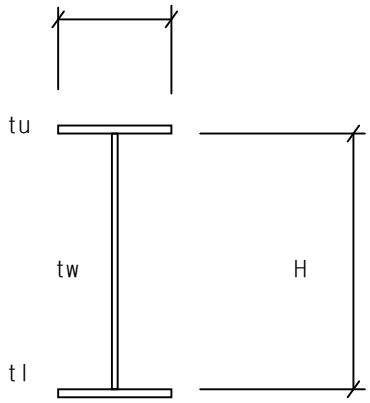
- 비틀림 강성

K = ∑ (b x t³) / 3

= (250 x 10³ + 250 x 10³ + 600 x 10³) / 3 = 366667 mm⁴

◎ 세로보 - 1

b



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(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
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 mm⁴

I22 = (bu^3 x tu / 12) + (bl^3 x tl / 12) + (H x tw^3 / 12)

= (250^3 x 10 / 12) + (250^3 x 10 / 12) + ((800 x 10^3 / 12)

= 26108333 mm⁴

모델링시의 가로보 강성보정은 I'= I ×(L'/ L)³ 에 의한다.

여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

- 비틀림 강성

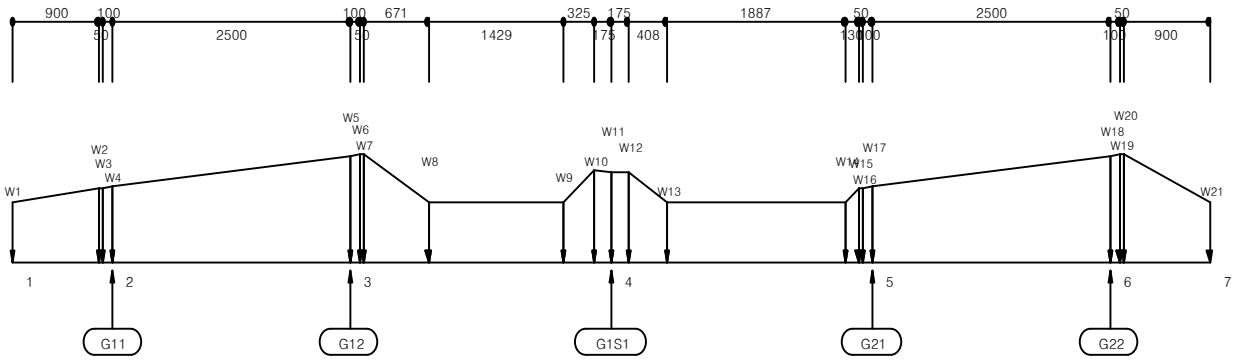
K = ∑ (b x t^3) / 3

= (250 x 10^3 + 250 x 10^3 + 800 x 10^3) / 3 = 433333 mm⁴

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



W1 =	0.250	×	25.000	kN/m³	=	6.250	kN/m²
W2 =	0.300	×	25.000	kN/m³	=	7.500	kN/m²
W3 =	0.302	×	25.000	kN/m³	=	7.550	kN/m²
W4 =	0.308	×	25.000	kN/m³	=	7.700	kN/m²
W5 =	0.432	×	25.000	kN/m³	=	10.800	kN/m²
W6 =	0.438	×	25.000	kN/m³	=	10.950	kN/m²
W7 =	0.440	×	25.000	kN/m³	=	11.000	kN/m²
W8 =	0.250	×	25.000	kN/m³	=	6.250	kN/m²
W9 =	0.250	×	25.000	kN/m³	=	6.250	kN/m²
W10 =	0.374	×	25.000	kN/m³	=	9.350	kN/m²
W11 =	0.370	×	25.000	kN/m³	=	9.250	kN/m²
W12 =	0.366	×	25.000	kN/m³	=	9.150	kN/m²
W13 =	0.250	×	25.000	kN/m³	=	6.250	kN/m²
W14 =	0.250	×	25.000	kN/m³	=	6.250	kN/m²
W15 =	0.300	×	25.000	kN/m³	=	7.500	kN/m²
W16 =	0.302	×	25.000	kN/m³	=	7.550	kN/m²
W17 =	0.308	×	25.000	kN/m³	=	7.700	kN/m²

W18 = 0.432 × 25.000 kN/m³ = 10.800 kN/m²

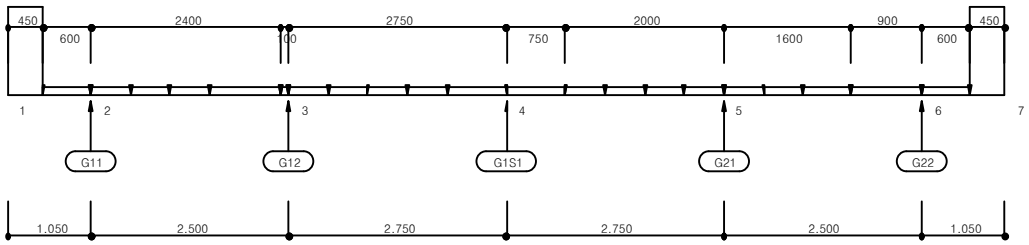
W19 = 0.438 × 25.000 kN/m³ = 10.950 kN/m²

W20 = 0.440 × 25.000 kN/m³ = 11.000 kN/m²

W21 = 0.250 × 25.000 kN/m³ = 6.250 kN/m²

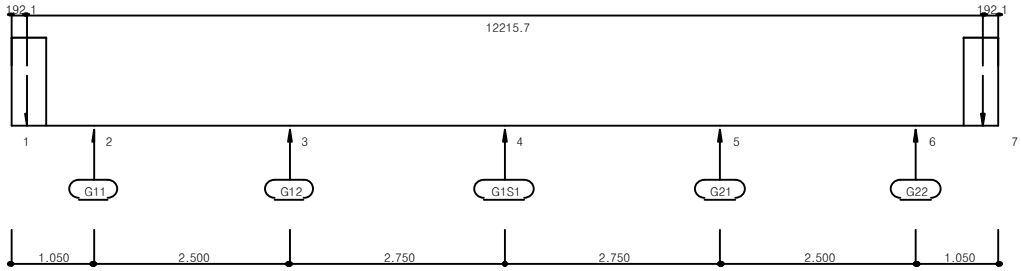
2) 합성후 고정하중

아스팔트



Wm = 0.080 × 23.000 kN/m³ = 1.840 kN/m²

방호벽 자중



P1 = 8.365 kN/m

P2 = 8.365 kN/m

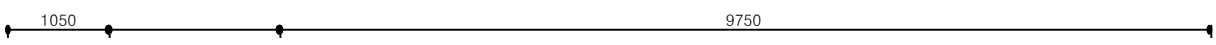
3) 활하중

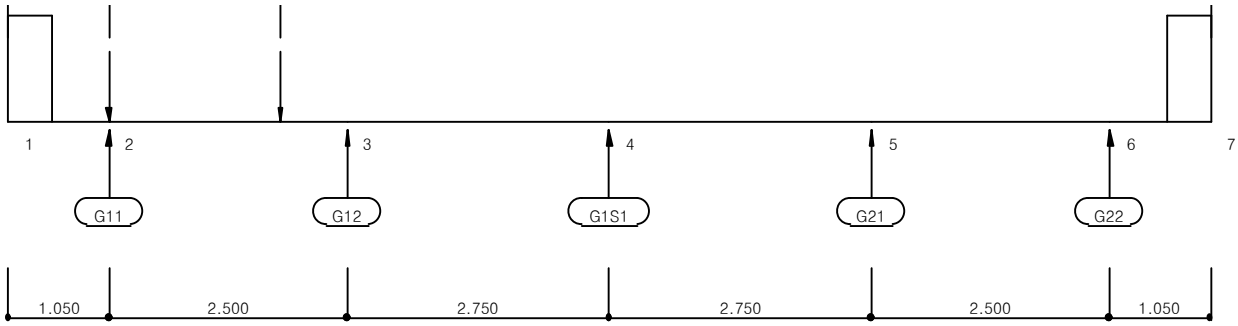
연석간의 교폭 Wc = 11.700 m

∴ 설계 차로수 N = 3 (☞ 도.설 2.1.3)

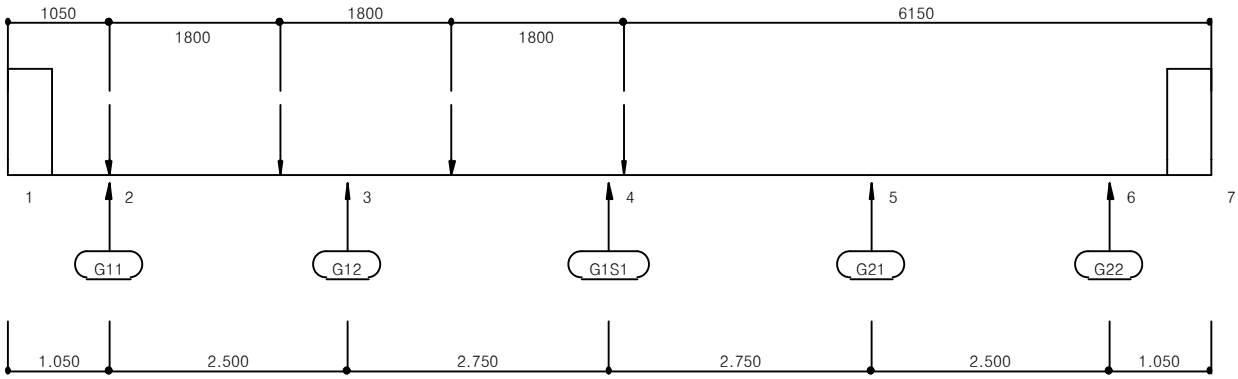
설계 차로폭 W = Wc / N = 11.700 / 3 = 3.900 m > 3.6 m ⇒ W = 3.600 m

<G1 Max DB 1선>

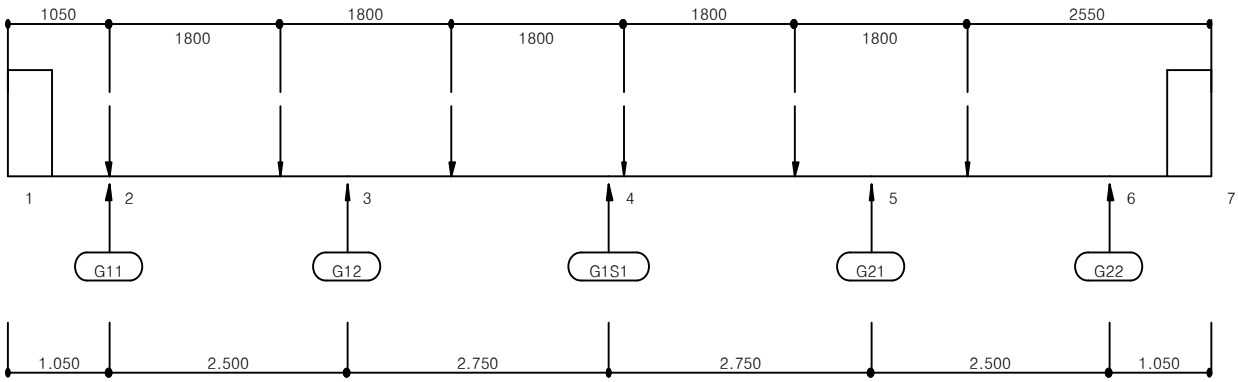




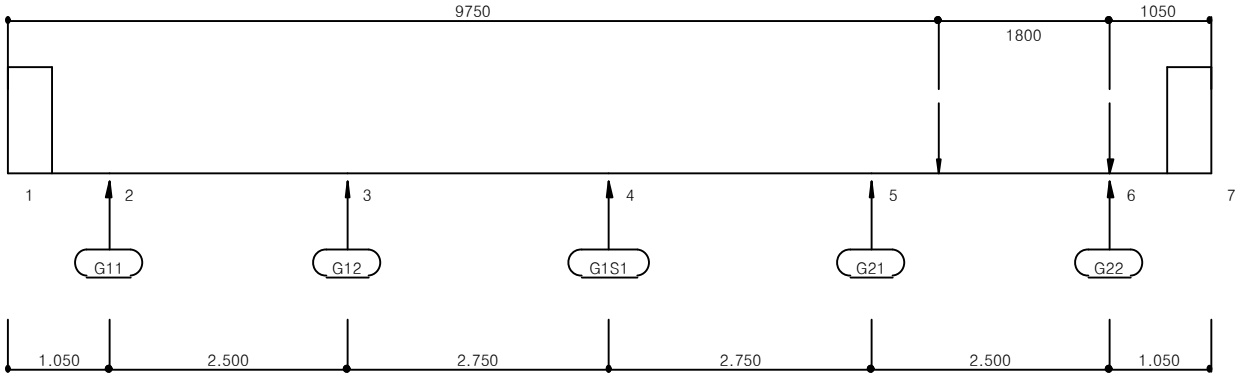
<G1 Max DB 2선>



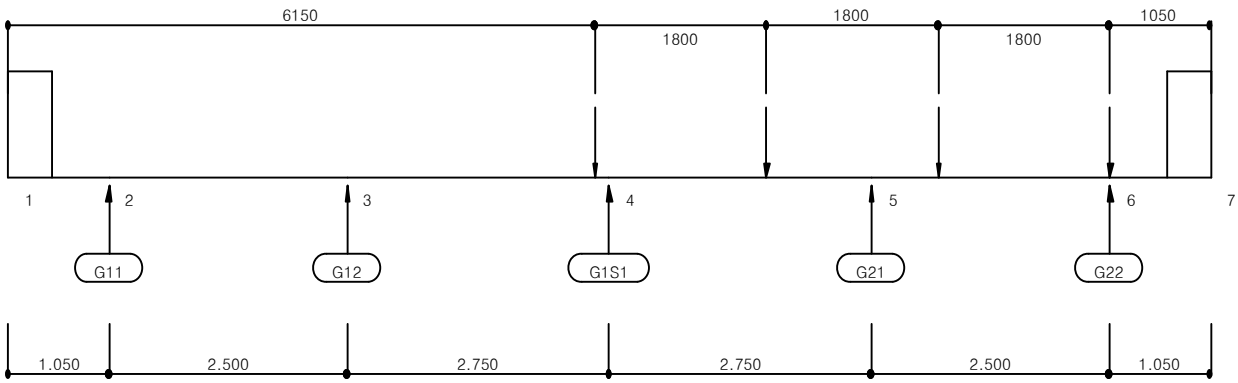
<G1 Max DB 3선>



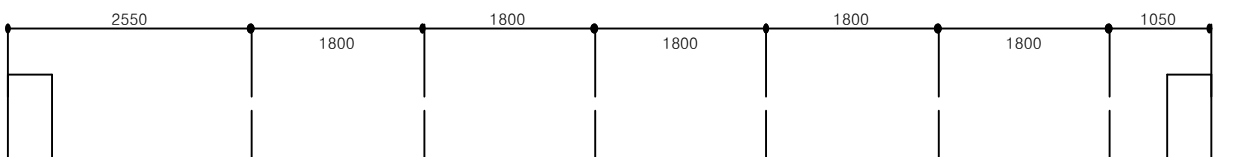
<G2 Max DB 1선>

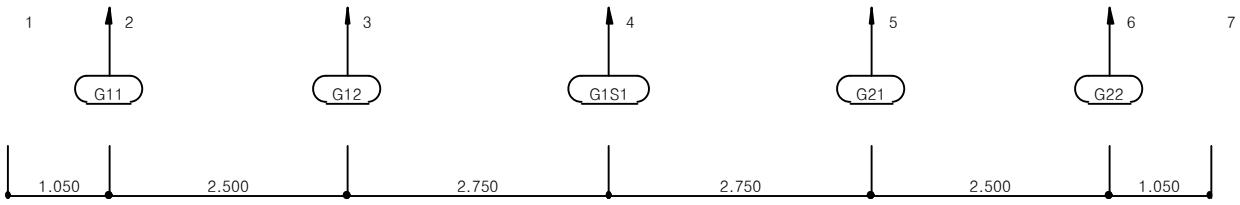


<G2 Max DB 2선>

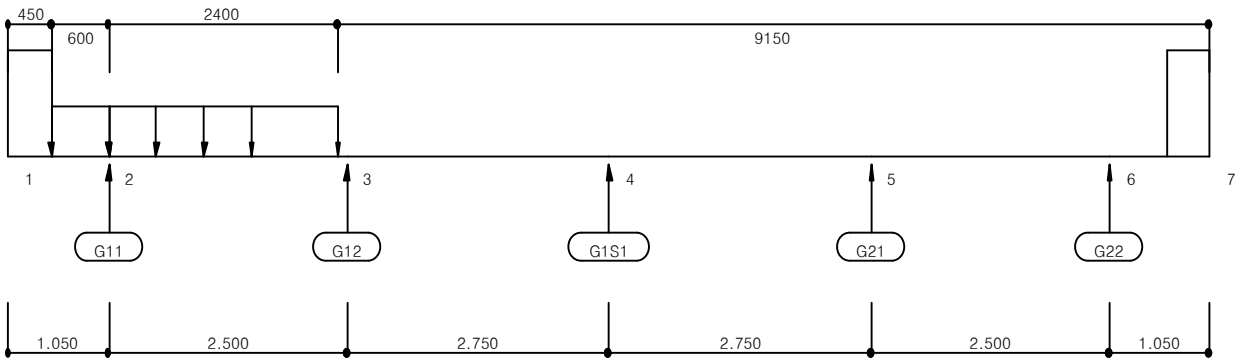


<G2 Max DB 3선>

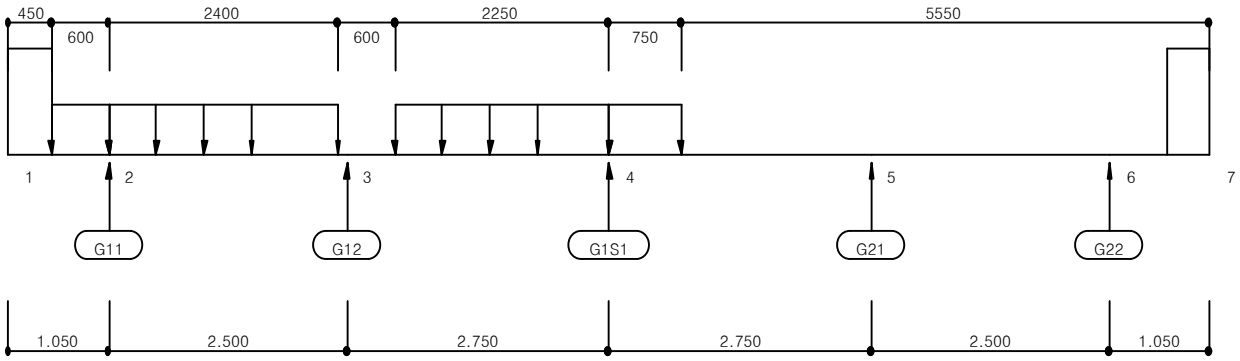




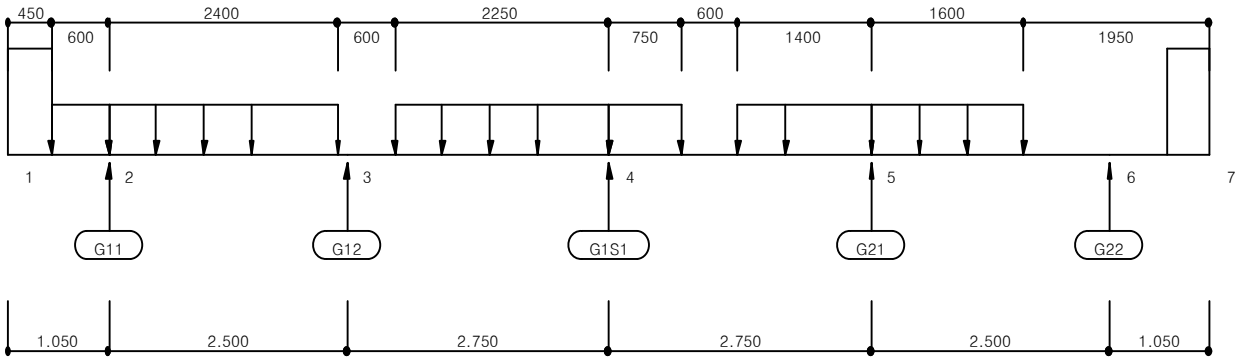
<G1 Max DL 1선>



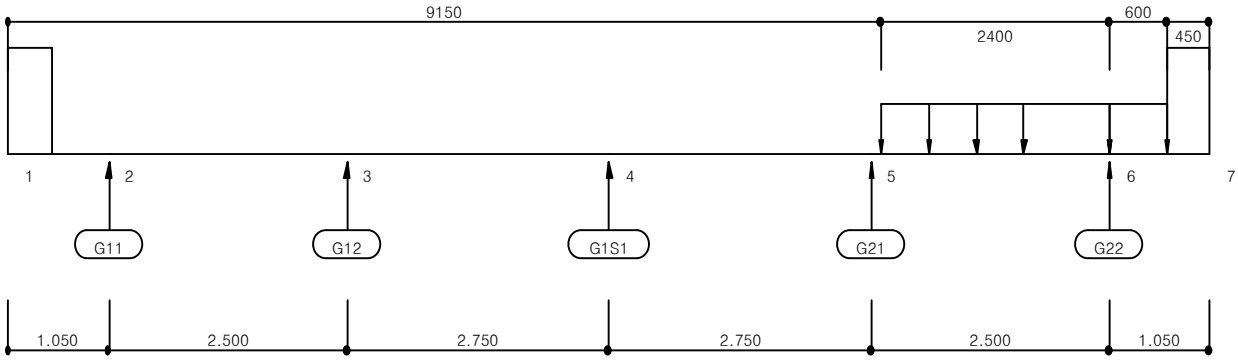
<G1 Max DL 2선>



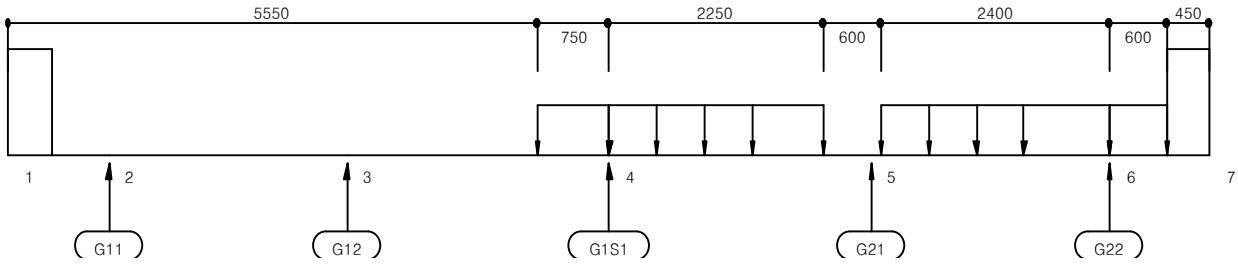
<G1 Max DL 3선>



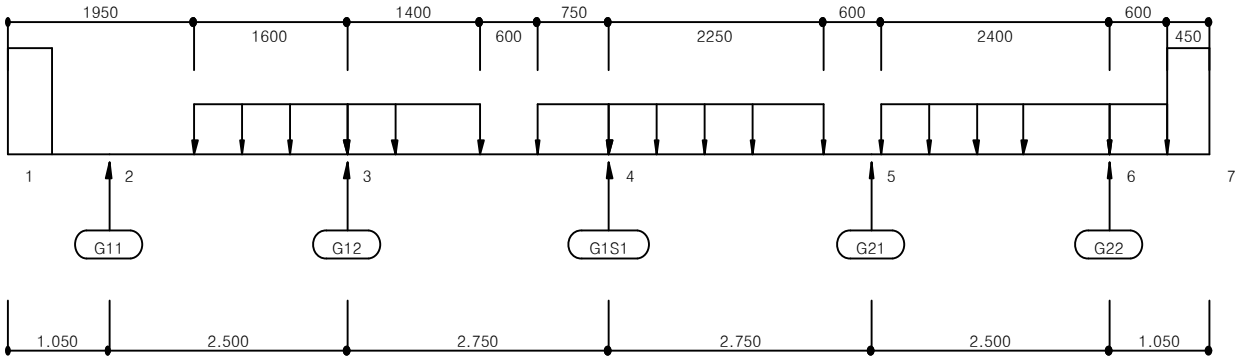
<G2 Max DL 1선>



<G2 Max DL 2선>



<G2 Max DL 3선>



4) 활하중의 크기

◁ DB-24 (윤하중)

전륜 하중 Pf = 24.000 kN

후륜 하중 Pr = 96.000 kN

◁ DL-24 (차선하중)

W = 12.700 / 3.0 = 4.233 kN/m

Pm = 108.000 / 3.0 = 36.000 kN

Ps = 156.000 / 3.0 = 52.000 kN

5) 충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

지간장 (L) = 54.500 + 55.000 + 54.500 m

따라서, 내부 지점 및 지간내에 재하되는 하중에 대한 충격계수는 아래와 같다.

다만, 탱크궤도하중과 탱크 트레일러 하중에는 일률적으로 충격계수를 0.15로 적용 한다.

◁ 제1 지간

$$i = \frac{15}{40 + 54.5} = 0.159 < 0.3 \Rightarrow 0.159$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 55} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 54.5} = 0.159 < 0.3 \Rightarrow 0.159$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (54.500 + 55.000) / 2} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (55.000 + 54.500) / 2} = 0.158 < 0.3 \Rightarrow 0.158$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.159 를 적용함.

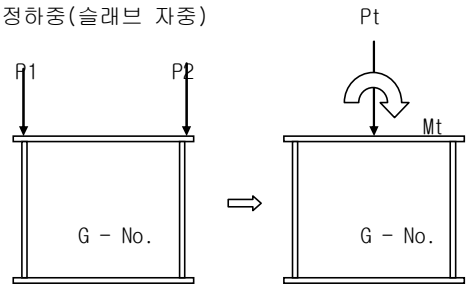
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중을 39.716 % 할증적용

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 9422.861 kN / 6744.289 kN = 1.39716

- 단 면 - 1 : 0.126 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 13.852 kN/m
- 단 면 - 2 : 0.131 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 14.379 kN/m
- 단 면 - 3 : 0.137 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 14.971 kN/m
- 단 면 - 4 : 0.180 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 19.709 kN/m
- 단 면 - 5 : 0.153 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 16.748 kN/m
- 단 면 - 6 : 0.143 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 15.662 kN/m
- 단 면 - 7 : 0.185 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 20.301 kN/m
- 단 면 - 8 : 0.245 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 26.816 kN/m
- 단 면 - 9 : 0.191 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 20.992 kN/m
- 단 면 - 10 : 0.147 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 16.155 kN/m
- 가로보 - 1 : 0.031 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 3.422 kN/m
- 가로보 - 2 : 0.025 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 2.764 kN/m
- 세로보 - 1 : 0.011 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 1.206 kN/m
- 세로보 - 2 : 0.013 m^2 × 78.50 kN/m^3 × 1.39716 = 1.426 kN/m

2) 합성전 고정하중(슬래브 자중)



합성전		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
거더폭		2.500	2.500		m
슬래브 자중	P1	17.728	20.096	18.801	kN/m
	P2	23.847	21.598		
	Pt	41.575	41.694	18.801	
	Mt	7.649	1.878		kN · m/m

3) 합성후 고정하중

합성후		G - 1	G - 2	ST - 1	비고
Pavement 및 방호벽, 중분대	P1	15.078	0.487	7.139	kN/m
	P2	0.487	15.078		
	Pt	15.565	15.565	7.139	
	Mt	-18.239	18.239		kN · m/m

상기 하중과 점검로 등의 부속설비 하중으로 500.0 N/m² 을 설계에 반영 (강도로교 상세부 설계지침 P131)

거더당 작용하는 부속설비 하중 W(kN/m) = 0.5 kN/m² × 슬래브 전폭(m) / 총거더수

W = 0.50 × 12.600 / 2 = 3.150 kN/m

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	1.191	0.033	-0.130	kN/m
	P2	0.911	-0.006		
	Pt	2.102	0.027	-0.130	
	Mt	-0.350	-0.050		kN · m/m
	e	-0.167	-1.821		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.107	-0.025	1.335	kN/m
	P2	1.579	0.005		
	Pt	2.686	-0.021	1.335	
	Mt	0.590	0.038		kN · m/m
	e	0.219	-1.825		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	1.115	1.612	1.516	kN/m
	P2	1.538	0.219		
	Pt	2.653	1.831	1.516	
	Mt	0.530	-1.740		kN · m/m
	e	0.200	-0.951		편심(e)=Mt/PT

< DB-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DB-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	-0.006	0.911	-0.130	kN/m
	P2	0.033	1.191		
	Pt	0.027	2.102	-0.130	
	Mt	0.050	0.350		kN · m/m
	e	1.821	0.167		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.005	1.579	1.335	kN/m
	P2	-0.025	1.107		
	Pt	-0.021	2.686	1.335	
	Mt	-0.038	-0.590		kN · m/m
	e	1.825	-0.219		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.219	1.538	1.516	kN/m
	P2	1.612	1.115		
	Pt	1.831	2.653	1.516	
	Mt	1.740	-0.530		kN · m/m
	e	0.951	-0.200		편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

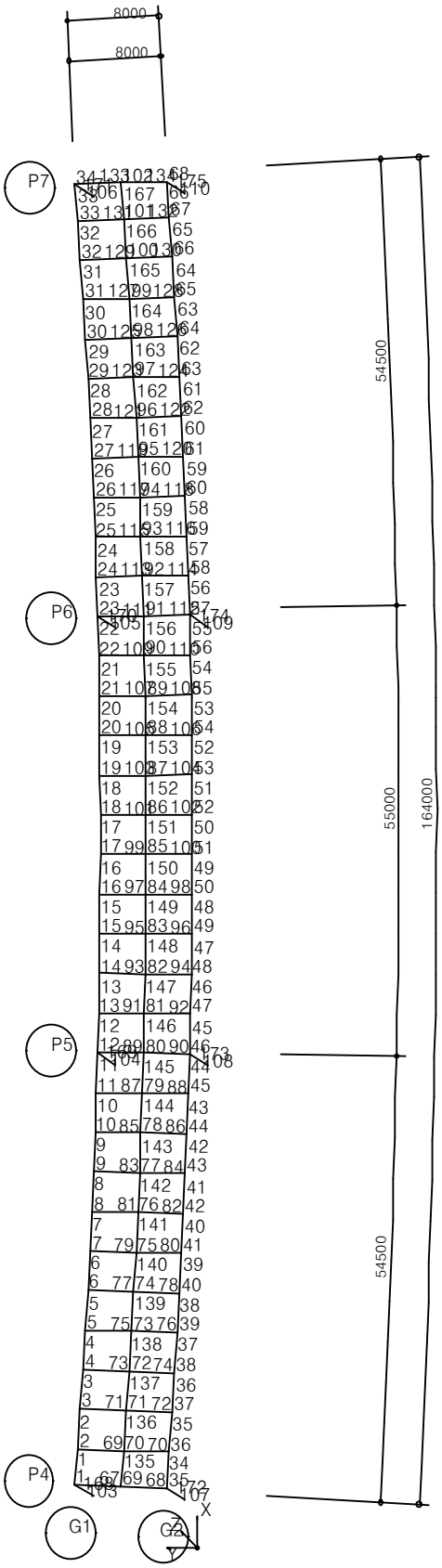
DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	1.779	0.053	-0.205	kN/m
	P2	1.383	-0.010		
	Pt	3.162	0.043	-0.205	
	Mt	-0.496	-0.079		kN · m/m
	e	-0.157	-1.821		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	1.653	-0.062	2.028	kN/m
	P2	2.368	0.012		
	Pt	4.022	-0.050	2.028	
	Mt	0.893	0.093		kN · m/m
	e	0.222	-1.864		편심(e)=Mt/PT
	P1	1.662	2.456	2.254	kN/m
	P2	2.322	0.306		

3 차선 재하시	Pt	3.984	2.762	2.254	
	Mt	0.825	-2.688		kN · m/m
	e	0.207	-0.973		편심(e)=Mt/PT

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

DL-24		G - 1	G - 2	ST - 1	단 위
거더폭		2.500	2.500		m
1 차선 재하시	P1	-0.010	1.383	-0.205	kN/m
	P2	0.053	1.779		
	Pt	0.043	3.162	-0.205	
	Mt	0.079	0.496		kN · m/m
	e	1.821	0.157		편심(e)=Mt/PT
2 차선 재하시	P1	0.012	2.368	2.028	kN/m
	P2	-0.062	1.653		
	Pt	-0.050	4.022	2.028	
	Mt	-0.093	-0.893		kN · m/m
	e	1.864	-0.222		편심(e)=Mt/PT
3 차선 재하시	P1	0.306	2.322	2.254	kN/m
	P2	2.456	1.662		
	Pt	2.762	3.984	2.254	
	Mt	2.688	-0.825		kN · m/m
	e	0.973	-0.207		편심(e)=Mt/PT

4.4 가. 모델링



나. 단면 제정수 (4.2 단면가정 참조)

구 분		A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
단면 - 1	합성전	126300.0	124292325089	123671764800	162155950297	
	합성후	323175.0	259152531960	774835827300	205389826543	
	절점번호	1, 34, 35, 68				
단면 - 2	합성전	131100.0	148748241791	131243995200	183423648143	
	합성후	327975.0	307593050861	782408057700	230145931176	
	절점번호	2, 33, 36, 67				
단면 - 3	합성전	136500.0	156879628719	134524495200	192110202989	
	합성후	333375.0	308451854372	785688557700	231142004859	
	절점번호	3, 32, 37, 66				
단면 - 4	합성전	179700.0	232206520935	160768495200	244642677074	
	합성후	376575.0	459221928974	811932557700	286710884196	
	절점번호	4, 5, 6, 7, 28, 29, 30, 31, 38, 39, 40, 41, 62, 63, 64, 65				
단면 - 5	합성전	152700.0	186137539788	144365995200	215048322750	
	합성후	349575.0	385172635695	795530057700	265031722119	
	절점번호	8, 27, 42, 61				
단면 - 6	합성전	142800.0	167598429483	134524495200	192110202989	
	합성후	339675.0	361000817239	785688557700	243937975649	
	절점번호	9, 10, 15, 20, 25, 26, 43, 44, 49, 54, 59, 60				
단면 - 7	합성전	185100.0	240001154694	164048995200	250956541032	
	합성후	381975.0	483342197094	815213057700	287879678919	
	절점번호	11, 24, 45, 58				
단면 - 8	합성전	244500.0	346043167523	200134495200	290843409396	
	합성후	441375.0	604357980508	851298557700	313110209323	
	절점번호	12, 13, 22, 23, 46, 47, 56, 57				
단면 - 9	합성전	191400.0	251013585793	164048995200	250956541032	
	합성후	388275.0	485044691005	815213057700	287879678919	
	절점번호	14, 21, 48, 55				
단면 - 10	합성전	147300.0	177071503345	141085495200	209080173861	
	합성후	344175.0	360354893481	792249557700	256068931132	
	절점번호	16, 17, 18, 19, 50, 51, 52, 53				

다. 하중 재하

1) CASE 1 : 합성전 고정하중

ⓐ STEEL 자중

ⓑ 바닥판 자중

2) CASE 2 : 합성후 고정하중

- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별 하중 재하 (부속설비 하중포함)

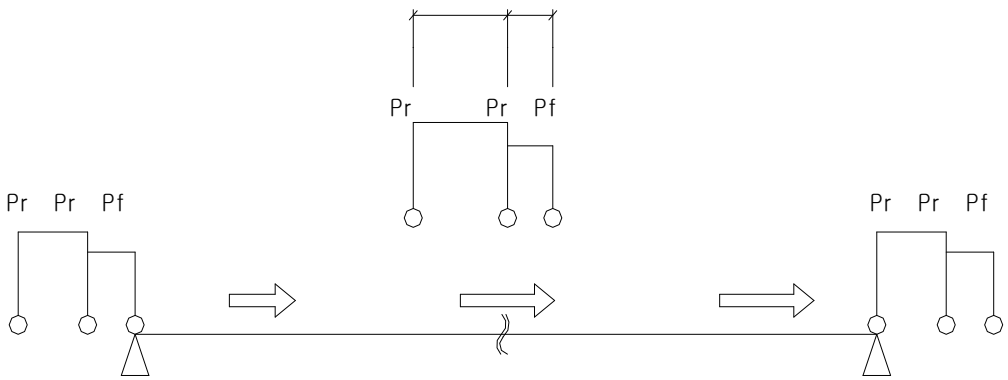
3) CASE 3 : 활하중

- 합성후 단면에 대하여 GIRDER별로 하중을 재하하였으며, SAP BRIDGE를 사용 단위하중을 재하하여 횡분배된 결과에 실하중을 곱하여 단면력을 산정

ⓐ DB-24 하중

- 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용

- 연행하중 : 4.200~9.000 4.200



ⓑ DL-24 하중

- 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하

4) CASE 4 : 지점침하

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

1 : P4 지점 침하

2 : P5 지점 침하

3 : P6 지점 침하

4 : P7 지점 침하

5 : P4, P6 지점 침하

6 : P5, P7 지점 침하

4.4 라. 부재력 집계

< BENDING MOMENT >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-0.055	0.141	-0.127	1.191	-1.071	0.024	-0.024	1.173	-1.136	P4
	2	1702.911	4275.682	1889.013	2885.834	-336.000	105.466	-105.466	10858.906	7426.140	
2	2	1702.937	4276.217	1888.938	2885.556	-336.134	105.441	-105.441	10859.089	7426.517	
	3	3192.139	7845.949	3463.902	5219.760	-706.209	222.872	-222.872	19944.622	13572.909	
3	3	3192.178	7846.398	3463.888	5219.397	-706.274	222.848	-222.848	19944.709	13573.342	
	4	4234.747	10201.756	4499.970	6817.083	-1077.856	340.696	-340.696	26094.252	17517.921	
4	4	4234.789	10202.124	4499.964	6816.729	-1078.081	340.671	-340.671	26094.277	17518.125	
	5	4734.201	11291.064	4985.136	7728.845	-1451.806	458.381	-458.381	29197.627	19100.214	
5	5	4734.215	11291.238	4985.133	7728.627	-1451.961	458.353	-458.353	29197.566	19100.272	
	6	4674.375	11119.317	4921.065	7986.994	-1825.044	576.131	-576.131	29277.882	18313.582	
6	6	4674.370	11119.341	4921.037	7986.936	-1825.140	576.100	-576.100	29277.784	18313.508	
	7	4055.338	9686.360	4307.601	7606.380	-2195.045	694.168	-694.168	26349.847	15160.086	
7	7	4055.317	9686.245	4307.553	7606.477	-2195.059	694.135	-694.135	26349.727	15159.921	
	8	2888.415	6993.270	3144.525	6599.808	-2631.691	812.791	-812.791	20438.809	9581.728	
8	8	2888.381	6993.030	3144.479	6600.051	-2631.519	812.755	-812.755	20438.696	9581.616	
	9	1232.152	3059.488	1434.309	4989.194	-3089.174	933.131	-933.131	11648.274	1703.644	
9	9	1232.128	3059.223	1434.247	4989.472	-3088.983	933.099	-933.099	11648.169	1703.516	
	10	-884.131	-2106.099	-823.573	2992.260	-3856.374	1056.435	-1056.435	234.892	-8726.612	
10	10	-884.170	-2106.453	-823.616	2992.075	-3855.477	1056.407	-1056.407	234.243	-8726.123	
	11	-3482.680	-8508.137	-3633.393	1807.848	-6231.271	1184.672	-1184.672	-12631.690	-23040.153	
11	11	-3482.736	-8508.518	-3633.428	1807.911	-6230.575	1184.652	-1184.652	-12632.119	-23039.909	
	12	-6668.756	-16130.584	-6997.312	1482.613	-10173.462	1318.994	-1318.994	-26995.045	-41289.108	P5
12	12	-6668.778	-16130.620	-6997.382	1482.635	-10173.452	1318.993	-1318.993	-26995.152	-41289.225	P5
	13	-3945.540	-9956.496	-4251.178	1554.853	-6604.226	1069.471	-1069.471	-15528.890	-25826.911	
13	13	-3945.528	-9956.253	-4251.259	1554.901	-6604.887	1069.486	-1069.486	-15528.653	-25827.413	
	14	-1930.220	-4981.398	-2055.332	2972.047	-4496.237	826.015	-826.015	-5168.888	-14289.202	
14	14	-1930.206	-4981.133	-2055.368	2972.075	-4497.018	826.037	-826.037	-5168.595	-14289.762	
	15	-508.690	-1236.747	-410.268	4297.258	-3896.055	622.078	-587.136	2763.632	-6638.896	
15	15	-508.681	-1236.536	-410.278	4297.235	-3896.135	622.106	-587.164	2763.846	-6638.795	
	16	429.310	1264.217	685.808	5265.562	-3759.192	444.885	-351.336	8089.782	-1731.194	
16	16	429.313	1264.341	685.802	5265.397	-3759.251	444.916	-351.367	8089.769	-1731.162	
	17	899.517	2517.705	1233.771	5892.008	-3753.957	269.162	-210.904	10812.162	686.131	
17	17	899.519	2517.752	1233.788	5891.946	-3754.000	269.194	-210.905	10812.199	686.154	
	18	899.560	2517.855	1233.828	5891.953	-3754.101	269.093	-210.855	10812.289	686.287	
18	18	899.561	2517.812	1233.834	5892.043	-3754.018	269.060	-210.854	10812.310	686.334	
	19	429.309	1264.311	685.773	5265.183	-3759.053	444.838	-351.224	8089.413	-1730.884	
19	19	429.311	1264.205	685.789	5265.374	-3759.026	444.808	-351.193	8089.486	-1730.915	
	20	-508.492	-1236.103	-410.035	4296.450	-3895.631	621.962	-586.874	2763.781	-6637.136	
20	20	-508.497	-1236.316	-410.013	4296.499	-3895.550	621.932	-586.846	2763.605	-6637.222	
	21	-1930.341	-4981.605	-2055.444	2970.870	-4496.618	825.636	-825.636	-5170.884	-14289.644	
21	21	-1930.349	-4981.831	-2055.420	2970.828	-4495.861	825.614	-825.614	-5171.158	-14289.075	
	22	-3945.826	-9957.127	-4251.413	1554.188	-6605.489	1068.831	-1068.831	-15531.347	-25828.686	
22	22	-3945.831	-9957.346	-4251.333	1554.129	-6604.808	1068.816	-1068.816	-15531.565	-25828.134	
	23	-6669.355	-16132.175	-6997.689	1482.616	-10173.633	1318.014	-1318.014	-26998.589	-41290.866	P6
23	23	-6668.793	-16130.564	-6997.093	1482.569	-10173.651	1319.800	-1319.800	-26994.081	-41289.901	P6
	24	-3482.620	-8508.167	-3633.302	1807.631	-6231.535	1185.114	-1185.114	-12631.344	-23040.738	

24	24	-3482.571	-8507.816	-3633.291	1807.529	-6232.151	1185.132	-1185.132	-12631.017	-23040.961	
	25	-884.010	-2106.058	-823.586	2992.325	-3856.155	1056.613	-1056.613	235.284	-8726.422	
25	25	-883.964	-2105.690	-823.522	2992.511	-3857.048	1056.641	-1056.641	235.977	-8726.864	
	26	1232.289	3059.630	1434.269	4989.774	-3089.380	933.155	-933.155	11649.117	1703.653	
26	26	1232.324	3059.940	1434.328	4989.454	-3089.564	933.189	-933.189	11649.235	1703.839	
	27	2888.234	6992.730	3144.173	6600.108	-2631.952	812.759	-812.759	20438.004	9580.426	
27	27	2888.262	6992.945	3144.244	6599.860	-2632.094	812.793	-812.793	20438.104	9580.564	
	28	4055.170	9685.955	4307.320	7606.445	-2195.507	694.093	-694.093	26348.983	15158.845	
28	28	4055.196	9686.084	4307.383	7606.315	-2195.529	694.127	-694.127	26349.105	15159.007	
	29	4674.407	11119.490	4921.052	7987.091	-1825.345	576.039	-576.039	29278.079	18313.565	
29	29	4674.410	11119.464	4921.080	7987.127	-1825.282	576.070	-576.070	29278.151	18313.602	
	30	4734.304	11291.519	4985.242	7729.080	-1452.163	458.337	-458.337	29198.482	19100.565	
30	30	4734.295	11291.365	4985.276	7729.264	-1452.058	458.365	-458.365	29198.565	19100.513	
	31	4234.914	10202.497	4500.189	6817.100	-1078.316	340.672	-340.672	26095.372	17518.612	
31	31	4234.867	10202.101	4500.203	6817.452	-1078.114	340.698	-340.698	26095.321	17518.359	
	32	3192.332	7846.741	3464.157	5219.957	-706.391	222.864	-222.864	19946.051	13573.975	
32	32	3192.295	7846.298	3464.192	5220.312	-706.304	222.889	-222.889	19945.986	13573.592	
	33	1702.873	4275.976	1888.918	2885.648	-336.125	105.445	-105.445	10858.860	7426.198	
33	33	1702.864	4275.516	1888.986	2885.887	-335.973	105.471	-105.471	10858.724	7425.922	
	34	-0.065	0.104	-0.131	1.062	-0.971	0.024	-0.024	0.995	-1.087	P7

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
34	35	-0.118	-0.297	0.068	0.935	-1.184	0.034	-0.034	0.621	-1.566	P4
	36	1731.180	4416.229	1928.549	2948.958	-349.561	107.541	-107.541	11132.457	7618.856	
35	36	1731.130	4416.136	1928.717	2949.421	-349.647	107.517	-107.517	11132.921	7618.819	
	37	3230.116	8035.373	3522.146	5321.569	-725.679	226.518	-226.518	20335.722	13835.438	
36	37	3230.109	8035.429	3522.313	5322.153	-725.810	226.495	-226.495	20336.499	13835.546	
	38	4274.394	10397.934	4564.545	6938.221	-1098.411	345.742	-345.742	26520.836	17792.720	
37	38	4274.391	10397.979	4564.658	6938.732	-1098.562	345.718	-345.718	26521.478	17792.748	
	39	4771.523	11477.182	5048.346	7855.331	-1469.444	464.783	-464.783	29617.165	19362.824	
38	39	4771.515	11477.170	5048.412	7855.623	-1469.598	464.756	-464.756	29617.476	19362.743	
	40	4708.572	11294.878	4978.322	8109.977	-1841.790	583.745	-583.745	29675.494	18556.237	
39	40	4708.554	11294.785	4978.347	8110.037	-1841.963	583.715	-583.715	29675.438	18556.008	
	41	4085.028	9849.530	4354.219	7717.708	-2218.071	702.415	-702.415	26708.900	15368.291	
40	41	4085.007	9849.377	4354.188	7717.552	-2218.236	702.383	-702.383	26708.507	15367.953	
	42	2910.208	7130.983	3174.543	6691.137	-2602.138	820.093	-820.093	20726.964	9793.503	
41	42	2910.179	7130.762	3174.478	6690.774	-2602.312	820.059	-820.059	20726.252	9793.048	
	43	1241.094	3141.308	1440.756	5052.398	-3004.220	936.165	-936.165	11811.721	1882.773	
42	43	1241.065	3141.059	1440.656	5051.912	-3004.366	936.133	-936.133	11810.825	1882.281	
	44	-892.326	-2129.534	-846.949	3030.675	-3752.670	1049.469	-1049.469	211.336	-8670.947	
43	44	-892.346	-2129.735	-847.032	3030.740	-3753.406	1049.443	-1049.443	211.070	-8671.962	
	45	-3508.449	-8706.247	-3689.170	1829.751	-6243.015	1158.823	-1158.823	-12915.292	-23305.704	
44	45	-3508.471	-8706.402	-3689.289	1829.623	-6243.495	1158.803	-1158.803	-12915.736	-23306.460	
	46	-6711.473	-16608.402	-7084.370	1496.632	-10255.479	1261.860	-1261.860	-27645.753	-41921.584	P5
45	46	-6711.497	-16608.491	-7084.421	1496.513	-10255.515	1261.868	-1261.868	-27646.028	-41921.792	P5
	47	-3969.277	-10156.777	-4312.785	1579.918	-6564.723	1042.175	-1042.175	-15816.746	-26045.737	
46	47	-3969.307	-10156.813	-4312.753	1579.877	-6564.333	1042.188	-1042.188	-15816.808	-26045.394	
	48	-1939.616	-5019.421	-2092.463	3008.163	-4381.365	815.983	-815.983	-5227.354	-14248.848	
47	48	-1939.632	-5019.351	-2092.423	3008.227	-4380.724	816.005	-816.005	-5227.174	-14248.135	
	49	-508.555	-1189.819	-427.232	4340.667	-3835.138	620.692	-585.261	2835.753	-6546.005	

48	49	-508.561	-1189.725	-427.193	4340.775	-3835.138	620.720	-585.289	2836.015	-6545.907	
	50	435.235	1351.574	682.575	5325.650	-3799.946	446.718	-352.139	8241.752	-1682.700	
49	50	435.233	1351.654	682.611	5325.901	-3799.925	446.749	-352.170	8242.148	-1682.596	
	51	908.269	2620.135	1237.606	5960.043	-3786.771	271.288	-212.821	10997.342	766.419	
50	51	908.271	2620.168	1237.619	5960.130	-3786.748	271.320	-212.822	10997.508	766.488	
	52	908.264	2620.138	1237.590	5959.901	-3786.609	271.212	-212.792	10997.105	766.590	
51	52	908.267	2620.113	1237.603	5959.787	-3786.592	271.181	-212.792	10996.950	766.599	
	53	435.348	1351.916	682.711	5325.302	-3799.502	446.605	-352.033	8241.881	-1681.561	
52	53	435.354	1351.851	682.717	5325.048	-3799.485	446.575	-352.004	8241.545	-1681.567	
	54	-508.563	-1189.740	-427.268	4339.801	-3834.339	620.630	-585.298	2834.860	-6545.207	
53	54	-508.554	-1189.827	-427.320	4339.655	-3834.302	620.602	-585.270	2834.556	-6545.273	
	55	-1939.575	-5019.183	-2092.488	3007.297	-4380.065	816.176	-816.176	-5227.773	-14247.487	
54	55	-1939.557	-5019.255	-2092.535	3007.203	-4380.764	816.153	-816.153	-5227.991	-14248.264	
	56	-3969.125	-10156.296	-4312.779	1579.448	-6564.232	1042.609	-1042.609	-15816.143	-26045.041	
55	56	-3969.094	-10156.257	-4312.808	1579.503	-6564.648	1042.595	-1042.595	-15816.061	-26045.402	
	57	-6711.058	-16607.328	-7084.284	1497.029	-10255.550	1262.609	-1262.609	-27643.032	-41920.829	P6
56	57	-6711.551	-16608.724	-7084.785	1496.703	-10256.188	1260.834	-1260.834	-27647.523	-41922.082	P6
	58	-3508.687	-8707.022	-3689.559	1829.130	-6243.982	1158.146	-1158.146	-12917.992	-23307.396	
57	58	-3508.661	-8706.855	-3689.438	1829.279	-6243.499	1158.166	-1158.166	-12917.509	-23306.619	
	59	-892.587	-2130.342	-847.196	3030.490	-3753.572	1049.059	-1049.059	209.424	-8672.756	
58	59	-892.565	-2130.131	-847.088	3030.471	-3752.854	1049.086	-1049.086	209.773	-8671.724	
	60	1240.844	3140.513	1440.575	5051.726	-3004.497	935.920	-935.920	11809.578	1881.515	
59	60	1240.870	3140.743	1440.663	5052.219	-3004.395	935.952	-935.952	11810.447	1881.929	
	61	2910.023	7130.367	3174.449	6691.010	-2602.631	819.946	-819.946	20725.795	9792.262	
60	61	2910.059	7130.605	3174.525	6691.421	-2602.495	819.981	-819.981	20726.591	9792.713	
	62	4084.973	9849.295	4354.242	7718.011	-2218.711	702.336	-702.336	26708.857	15367.463	
61	62	4085.006	9849.480	4354.275	7718.236	-2218.573	702.370	-702.370	26709.367	15367.818	
	63	4708.561	11294.831	4978.400	8110.620	-1842.400	583.687	-583.687	29676.099	18555.705	
62	63	4708.585	11294.936	4978.402	8110.604	-1842.265	583.717	-583.717	29676.244	18555.941	
	64	4771.560	11477.305	5048.454	7855.949	-1469.951	464.730	-464.730	29617.998	19362.638	
63	64	4771.574	11477.330	5048.415	7855.700	-1469.834	464.757	-464.757	29617.776	19362.728	
	65	4274.551	10398.430	4564.792	6938.989	-1098.836	345.695	-345.695	26522.457	17793.242	
64	65	4274.564	10398.415	4564.685	6938.556	-1098.730	345.721	-345.721	26521.941	17793.213	
	66	3230.423	8036.334	3522.589	5322.693	-726.019	226.483	-226.483	20338.522	13836.844	
65	66	3230.430	8036.277	3522.428	5322.115	-725.915	226.507	-226.507	20337.757	13836.713	
	67	1731.497	4417.213	1929.090	2950.081	-349.674	107.516	-107.516	11135.397	7620.610	
66	67	1731.558	4417.333	1928.934	2949.690	-349.630	107.541	-107.541	11135.056	7620.654	
	68	-0.101	-0.242	0.125	1.133	-1.341	0.029	-0.029	0.944	-1.587	P7

< SHEAR FORCE >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	-412.241	-1049.189	-464.352	81.260	-812.522	23.595	-23.595	-1820.927	-2761.899	P4
	2	-349.176	-863.443	-380.741	129.850	-694.657	23.595	-23.595	-1439.915	-2311.611	
2	2	-336.004	-821.889	-363.539	129.567	-668.064	23.643	-23.643	-1368.222	-2213.139	
	3	-263.164	-615.535	-270.651	202.211	-561.926	23.643	-23.643	-923.496	-1734.919	
3	3	-250.971	-577.373	-255.035	180.175	-547.229	23.726	-23.726	-879.478	-1654.333	
	4	-164.899	-371.011	-162.143	282.923	-455.737	23.726	-23.726	-391.405	-1177.516	
4	4	-149.458	-322.408	-144.121	240.328	-462.268	23.697	-23.697	-351.962	-1101.952	

4	5	-51.622	-116.035	-51.225	346.718	-371.738	23.697	-23.697	151.533	-614.316	
5	5	-36.875	-68.585	-33.554	300.908	-394.015	23.709	-23.709	185.603	-556.738	
	6	60.967	137.801	59.348	401.094	-305.784	23.709	-23.709	682.919	-71.377	
6	6	75.715	185.321	77.057	374.113	-342.812	23.771	-23.771	735.976	-28.489	
	7	173.544	391.681	169.948	462.458	-244.777	23.771	-23.771	1221.402	466.626	
7	7	188.441	438.935	187.681	466.509	-293.009	23.887	-23.887	1305.452	498.161	
	8	278.929	645.313	280.579	554.299	-197.301	23.887	-23.887	1783.006	983.633	
8	8	292.712	688.595	297.791	570.694	-242.930	24.231	-24.231	1874.024	1011.939	
	9	373.163	894.993	390.699	662.819	-150.656	24.231	-24.231	2345.905	1483.968	
9	9	387.151	936.644	408.073	687.054	-189.473	24.829	-24.829	2443.751	1517.566	
	10	464.899	1143.021	500.971	783.907	-101.296	24.829	-24.829	2917.627	1982.766	
10	10	480.446	1185.661	519.243	821.926	-128.269	25.823	-25.823	3033.099	2031.257	
	11	569.701	1392.023	612.134	924.873	-77.304	25.823	-25.823	3524.554	2470.730	
11	11	585.571	1431.143	630.705	978.915	-120.246	27.043	-27.043	3653.378	2500.130	
	12	702.523	1637.530	723.607	1089.983	-89.833	27.043	-27.043	4180.687	2946.785	P5
12	12	-614.786	-1346.130	-599.300	168.174	-1042.036	50.233	-50.233	-2341.810	-3652.485	P5
	13	-481.670	-1139.755	-506.403	193.324	-928.428	50.233	-50.233	-1884.272	-3106.489	
13	13	-467.465	-1104.738	-488.538	156.979	-875.927	49.016	-49.016	-1854.746	-2985.685	
	14	-348.811	-898.374	-395.646	208.767	-772.437	49.016	-49.016	-1385.047	-2464.284	
14	14	-333.886	-857.046	-377.657	192.504	-736.382	48.099	-48.099	-1327.987	-2353.070	
	15	-242.918	-650.689	-284.768	253.501	-640.717	48.099	-48.099	-876.776	-1867.191	
15	15	-228.099	-606.590	-267.091	232.798	-617.463	47.471	-47.471	-821.511	-1766.715	
	16	-149.122	-400.198	-174.187	301.063	-526.979	47.471	-47.471	-374.973	-1297.958	
16	16	-134.763	-355.528	-156.771	282.146	-514.668	47.184	-47.184	-317.733	-1208.915	
	17	-54.580	-149.181	-63.887	356.996	-428.901	47.184	-47.184	136.533	-743.732	
17	17	-40.108	-103.214	-46.459	346.318	-426.955	47.096	-47.096	203.633	-663.831	
	18	40.091	103.173	46.443	426.939	-346.337	47.096	-47.096	663.742	-203.726	
18	18	54.562	149.137	63.874	428.866	-356.963	47.176	-47.176	743.615	-136.565	
	19	134.762	355.526	156.777	514.664	-282.101	47.176	-47.176	1208.905	317.788	
19	19	149.131	400.231	174.188	526.989	-300.964	47.452	-47.452	1297.991	375.135	
	20	228.092	606.581	267.074	617.476	-232.734	47.452	-47.452	1766.674	821.561	
20	20	242.918	650.698	284.759	640.685	-253.378	48.067	-48.067	1867.126	876.930	
	21	333.904	857.097	377.666	736.393	-192.397	48.067	-48.067	2353.127	1328.204	
21	21	348.846	898.465	395.661	772.361	-208.535	48.965	-48.965	2464.299	1385.472	
	22	467.500	1104.829	488.553	875.850	-156.685	48.965	-48.965	2985.697	1855.231	
22	22	481.728	1139.896	506.433	928.211	-192.698	50.167	-50.167	3106.435	1885.192	
	23	614.842	1346.269	599.329	1041.748	-167.627	50.167	-50.167	3652.356	2342.646	P6
23	23	-702.555	-1637.599	-723.590	89.372	-1089.725	27.112	-27.112	-2947.260	-4180.582	P6
	24	-585.602	-1431.211	-630.687	119.715	-978.729	27.112	-27.112	-2500.673	-3653.342	
24	24	-569.710	-1392.036	-612.118	76.979	-924.749	25.875	-25.875	-2471.011	-3524.488	
	25	-480.456	-1185.677	-519.229	128.058	-821.799	25.875	-25.875	-2031.429	-3033.036	
25	25	-464.902	-1143.032	-500.970	101.188	-783.889	24.859	-24.859	-1982.857	-2917.653	
	26	-387.154	-936.654	-408.072	189.343	-687.015	24.859	-24.859	-1517.678	-2443.754	
26	26	-373.156	-894.975	-390.691	150.583	-662.795	24.246	-24.246	-1483.993	-2345.864	
	27	-292.722	-688.620	-297.803	242.843	-570.672	24.246	-24.246	-1012.055	-1874.063	
27	27	-278.933	-645.326	-280.591	197.288	-554.320	23.896	-23.896	-983.667	-1783.066	
	28	-188.445	-438.949	-187.693	293.004	-466.521	23.896	-23.896	-498.187	-1305.504	
28	28	-173.564	-391.728	-169.979	244.756	-462.485	23.770	-23.770	-466.744	-1221.524	
	29	-75.715	-185.327	-77.070	342.813	-374.119	23.770	-23.770	28.471	-736.001	
29	29	-60.970	-137.815	-59.361	305.782	-401.096	23.705	-23.705	71.341	-682.947	
	30	36.852	68.531	33.523	393.998	-300.936	23.705	-23.705	556.609	-185.734	
30	30	51.617	116.022	51.209	371.746	-346.706	23.694	-23.694	614.288	-151.551	
	31	149.451	322.393	144.104	462.279	-240.322	23.694	-23.694	1101.921	351.933	

31	31	164.893	371.013	162.137	455.747	-282.943	23.723	-23.723	1177.513	391.377	
	32	250.965	577.377	255.029	547.261	-180.214	23.723	-23.723	1654.355	879.434	
32	32	263.139	615.485	270.639	561.903	-202.220	23.641	-23.641	1734.807	923.402	
	33	335.993	821.880	363.545	668.049	-129.585	23.641	-23.641	2213.109	1368.192	
33	33	349.174	863.431	380.743	694.680	-129.859	23.597	-23.597	2311.626	1439.893	
	34	412.240	1049.176	464.354	812.542	-81.275	23.597	-23.597	2761.908	1820.898	P7

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
34	35	-416.757	-1076.413	-471.158	84.131	-823.549	23.938	-23.938	-1856.259	-2811.815	P4
	36	-353.366	-889.170	-387.116	131.783	-705.701	23.938	-23.938	-1473.931	-2359.292	
35	36	-336.536	-828.771	-365.772	129.891	-673.000	23.829	-23.829	-1377.358	-2227.908	
	37	-263.298	-620.691	-272.378	202.233	-566.597	23.829	-23.829	-930.305	-1746.794	
36	37	-250.403	-577.101	-255.391	180.378	-549.300	23.878	-23.878	-878.640	-1656.073	
	38	-163.863	-369.016	-161.994	283.247	-457.564	23.878	-23.878	-387.748	-1176.314	
37	38	-148.724	-320.134	-143.549	241.520	-462.465	23.840	-23.840	-347.046	-1098.712	
	39	-50.355	-112.038	-50.147	347.961	-371.965	23.840	-23.840	159.261	-608.346	
38	39	-36.573	-67.529	-32.659	302.831	-393.822	23.828	-23.828	189.898	-554.410	
	40	61.782	140.538	60.731	402.765	-305.722	23.828	-23.828	689.644	-66.499	
39	40	75.674	185.357	78.278	376.429	-342.078	23.769	-23.769	739.507	-26.538	
	41	174.036	393.440	171.674	464.733	-244.288	23.769	-23.769	1227.652	471.093	
40	41	188.498	440.232	189.489	469.504	-292.109	23.568	-23.568	1311.291	502.542	
	42	279.479	648.332	282.893	557.607	-196.704	23.568	-23.568	1791.879	990.432	
41	42	293.337	694.827	300.471	574.390	-241.974	23.250	-23.250	1886.275	1023.411	
	43	374.210	902.906	393.865	666.782	-150.149	23.250	-23.250	2361.013	1497.582	
42	43	388.161	951.475	411.430	690.973	-188.845	22.697	-22.697	2464.735	1539.524	
	44	466.316	1159.532	504.814	788.086	-101.161	22.697	-22.697	2941.446	2006.805	
43	44	480.907	1212.838	522.411	825.262	-128.132	21.902	-21.902	3063.320	2066.121	
	45	570.648	1420.921	615.807	928.491	-78.057	21.902	-21.902	3557.769	2507.417	
44	45	585.200	1478.033	633.037	980.922	-121.262	20.633	-20.633	3697.826	2554.375	
	46	702.788	1686.142	726.445	1092.321	-90.888	20.633	-20.633	4228.330	3003.854	P5
45	46	-616.083	-1396.094	-601.759	167.950	-1043.547	43.997	-43.997	-2401.989	-3701.481	P5
	47	-482.270	-1188.039	-508.376	193.084	-929.580	43.997	-43.997	-1941.603	-3152.261	
46	47	-468.488	-1132.732	-491.280	156.714	-878.234	45.294	-45.294	-1890.492	-3016.029	
	48	-349.189	-924.646	-397.882	209.119	-774.416	45.294	-45.294	-1417.304	-2491.427	
47	48	-334.514	-870.883	-380.143	193.350	-739.204	46.205	-46.205	-1345.984	-2370.948	
	49	-243.051	-662.804	-286.749	254.371	-643.274	46.205	-46.205	-892.028	-1882.083	
48	49	-228.484	-612.928	-268.926	233.959	-620.402	46.688	-46.688	-829.692	-1777.429	
	50	-149.094	-404.857	-175.534	302.230	-529.704	46.688	-46.688	-380.567	-1305.877	
49	50	-135.026	-358.022	-157.822	283.457	-517.152	46.976	-46.976	-320.438	-1214.998	
	51	-54.390	-149.911	-64.413	358.408	-431.161	46.976	-46.976	136.669	-746.851	
50	51	-40.308	-104.028	-46.689	348.138	-428.882	47.063	-47.063	204.178	-666.970	
	52	40.311	104.039	46.700	428.899	-348.127	47.063	-47.063	667.013	-204.139	
51	52	54.394	149.926	64.424	431.182	-358.387	46.984	-46.984	746.910	-136.627	
	53	135.014	357.996	157.814	517.168	-283.452	46.984	-46.984	1214.975	320.388	
52	53	149.072	404.793	175.524	529.660	-302.219	46.708	-46.708	1305.758	380.464	
	54	228.479	612.906	268.934	620.395	-233.940	46.708	-46.708	1777.422	829.672	
53	54	243.040	662.771	286.744	643.242	-254.290	46.238	-46.238	1882.036	892.028	
	55	334.503	870.849	380.139	739.193	-193.293	46.238	-46.238	2370.921	1345.959	
54	55	349.164	924.576	397.873	774.337	-208.928	45.345	-45.345	2491.294	1417.341	
	56	468.464	1132.662	491.271	878.158	-156.594	45.345	-45.345	3015.899	1890.458	

55	56	482.216	1187.904	508.341	929.388	-192.589	44.061	-44.061	3151.910	1941.811	
	57	616.029	1395.958	601.724	1043.280	-167.531	44.061	-44.061	3701.052	2402.119	P6
56	57	-702.767	-1686.097	-726.480	90.467	-1092.139	20.560	-20.560	-3004.317	-4228.043	P6
	58	-585.178	-1477.988	-633.072	120.766	-980.815	20.560	-20.560	-2554.913	-3697.613	
57	58	-570.639	-1420.914	-615.825	77.728	-928.458	21.847	-21.847	-2507.803	-3557.684	
	59	-480.899	-1212.832	-522.429	127.911	-825.212	21.847	-21.847	-2066.401	-3063.220	
58	59	-466.322	-1159.549	-504.829	101.046	-788.100	22.663	-22.663	-2006.991	-2941.463	
	60	-388.167	-951.490	-411.444	188.701	-690.972	22.663	-22.663	-1539.736	-2464.735	
59	60	-374.224	-902.939	-393.878	150.048	-666.813	23.229	-23.229	-1497.763	-2361.083	
	61	-293.352	-694.863	-300.485	241.870	-574.402	23.229	-23.229	-1023.600	-1886.331	
60	61	-279.505	-648.397	-282.910	196.645	-557.653	23.555	-23.555	-990.612	-1792.020	
	62	-188.525	-440.298	-189.506	292.046	-469.548	23.555	-23.555	-502.726	-1311.432	
61	62	-174.041	-393.457	-171.672	244.283	-464.716	23.765	-23.765	-471.122	-1227.651	
	63	-75.679	-185.375	-78.277	342.064	-376.429	23.765	-23.765	26.498	-739.525	
62	63	-61.789	-140.555	-60.723	305.740	-402.758	23.828	-23.828	66.502	-689.652	
	64	36.566	67.514	32.667	393.836	-302.825	23.828	-23.828	554.411	-189.905	
63	64	50.333	111.977	50.133	371.962	-347.963	23.839	-23.839	608.245	-159.358	
	65	148.701	320.072	143.535	462.457	-241.526	23.839	-23.839	1098.605	346.943	
64	65	163.837	368.938	161.970	457.540	-283.296	23.876	-23.876	1176.162	387.573	
	66	250.377	577.023	255.367	549.275	-180.422	23.876	-23.876	1655.918	878.469	
65	66	263.286	620.654	272.358	566.609	-202.253	23.827	-23.827	1746.734	930.218	
	67	336.523	828.732	365.752	673.015	-129.970	23.827	-23.827	2227.848	1377.210	
66	67	353.361	889.182	387.092	705.726	-131.815	23.932	-23.932	2359.293	1473.888	
	68	416.765	1076.465	471.152	823.613	-84.161	23.932	-23.932	2811.928	1856.289	P7

< TORSION MOMENT >

< Girder 1 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1	1	57.618	315.866	-32.945	905.125	-726.047	1.677	-2.715	1247.341	-388.222	P4
	2	57.618	281.673	48.598	858.873	-743.937	1.677	-2.715	1248.440	-358.762	
2	2	53.139	272.555	-32.245	924.958	-798.428	1.580	-3.009	1219.987	-507.988	
	3	53.139	234.568	58.346	923.489	-820.178	1.580	-3.009	1271.122	-477.134	
3	3	45.600	223.850	-28.872	831.350	-693.808	1.765	-2.869	1073.693	-456.099	
	4	45.600	185.862	61.723	811.684	-715.559	1.765	-2.869	1106.633	-425.244	
4	4	25.727	141.786	-38.910	693.339	-558.759	2.310	-2.181	824.252	-432.337	
	5	25.727	103.797	51.689	626.956	-576.841	2.310	-2.181	810.478	-397.810	
5	5	6.943	62.956	-50.482	571.217	-486.658	2.849	-1.905	593.484	-469.145	
	6	6.943	24.963	40.123	480.757	-523.003	2.849	-1.905	555.636	-452.879	
6	6	-12.150	-14.918	-63.724	518.519	-476.984	3.472	-3.424	431.200	-571.200	
	7	-12.150	-52.905	26.869	486.948	-579.899	3.472	-3.424	452.233	-621.509	
7	7	-28.235	-82.287	-74.404	569.762	-613.534	5.025	-5.025	389.862	-803.485	
	8	-28.235	-120.278	16.198	551.739	-666.923	5.025	-5.025	424.450	-804.263	
8	8	-37.879	-129.130	-80.441	678.119	-757.493	6.475	-6.475	437.144	-1011.418	
	9	-37.879	-167.124	10.168	656.364	-777.979	6.475	-6.475	468.005	-979.289	
9	9	-42.193	-155.402	-80.506	792.377	-891.778	7.154	-7.154	521.431	-1177.032	
	10	-42.193	-193.393	10.096	774.295	-904.273	7.154	-7.154	555.959	-1136.916	
10	10	-44.236	-165.844	-75.246	907.255	-965.191	6.972	-6.972	628.901	-1257.488	
	11	-44.236	-203.831	15.348	889.174	-1017.307	6.972	-6.972	663.426	-1256.998	
11	11	-38.876	-143.121	-60.604	960.348	-995.415	6.153	-6.153	723.899	-1244.169	

11	12	-38.876	-181.114	30.001	944.992	-1084.917	6.153	-6.153	761.156	-1281.058	P5
12	12	-7.112	61.137	-78.648	1041.548	-942.463	1.307	-1.243	1018.231	-968.329	P5
	13	-7.112	23.147	11.951	955.073	-957.904	1.307	-1.243	984.366	-931.161	
13	13	3.892	99.128	-60.717	979.576	-887.637	2.822	-1.518	1024.701	-846.852	
	14	3.892	61.140	29.878	918.974	-905.718	2.822	-1.518	1016.705	-812.326	
14	14	7.535	103.548	-50.521	856.412	-752.073	3.528	-2.339	920.503	-693.850	
	15	7.535	65.562	40.071	803.836	-770.153	3.528	-2.339	920.532	-659.325	
15	15	6.933	85.735	-45.690	712.697	-588.678	3.689	-2.719	763.364	-544.419	
	16	6.933	47.741	44.917	646.598	-606.761	3.689	-2.719	749.879	-509.889	
16	16	4.482	56.854	-44.358	612.861	-496.746	3.393	-2.728	633.232	-482.495	
	17	4.482	18.869	46.230	523.094	-515.815	3.393	-2.728	596.067	-448.962	
17	17	0.042	19.137	-45.397	542.697	-452.721	2.903	-2.913	519.383	-481.853	
	18	0.042	-18.856	45.208	452.622	-542.740	2.903	-2.913	481.920	-519.259	
18	18	-4.408	-18.626	-46.427	515.966	-523.391	2.759	-3.410	449.264	-596.263	
	19	-4.408	-56.619	44.178	496.799	-613.203	2.759	-3.410	482.710	-633.462	
19	19	-6.819	-47.405	-44.972	607.003	-646.434	2.727	-3.633	510.534	-749.264	
	20	-6.819	-85.391	45.617	588.923	-712.584	2.727	-3.633	545.057	-762.811	
20	20	-7.390	-65.160	-40.116	769.530	-803.681	2.511	-3.590	659.374	-919.938	
	21	-7.390	-103.155	50.493	751.446	-856.241	2.511	-3.590	693.906	-919.883	
21	21	-4.251	-62.066	-30.383	904.060	-917.730	1.600	-2.729	808.960	-1017.159	
	22	-4.251	-100.054	60.213	885.979	-978.610	1.600	-2.729	843.486	-1025.431	
22	22	6.551	-24.593	-12.595	955.426	-953.246	1.010	-1.208	925.800	-985.090	
	23	6.551	-62.583	78.005	939.995	-1039.920	1.010	-1.208	962.978	-1019.155	P6
23	23	40.479	184.976	-28.341	1084.186	-942.044	5.579	-5.579	1286.879	-750.508	P6
	24	40.479	146.983	62.264	994.600	-957.388	5.579	-5.579	1249.906	-713.240	
24	24	44.329	204.018	-15.163	1017.060	-888.069	6.940	-6.940	1257.184	-661.825	
	25	44.329	166.030	75.431	964.891	-906.150	6.940	-6.940	1257.620	-627.299	
25	25	42.217	193.459	-9.914	904.619	-773.988	7.205	-7.205	1137.586	-555.431	
	26	42.217	155.468	80.687	892.095	-792.070	7.205	-7.205	1177.672	-520.903	
26	26	37.610	166.497	-10.300	778.087	-656.589	6.399	-6.399	978.294	-469.181	
	27	37.610	128.510	80.291	757.827	-678.340	6.399	-6.399	1010.639	-438.327	
27	27	28.508	120.981	-15.722	667.428	-551.265	5.146	-5.146	806.341	-422.643	
	28	28.508	82.991	74.878	614.039	-569.288	5.146	-5.146	805.562	-388.056	
28	28	11.700	51.900	-27.147	579.850	-486.827	3.406	-3.517	619.709	-453.892	
	29	11.700	13.904	63.464	476.639	-518.539	3.406	-3.517	569.113	-432.988	
29	29	-7.470	-26.153	-40.463	522.835	-480.272	1.886	-2.903	450.635	-557.260	
	30	-7.470	-64.138	50.123	486.127	-570.780	1.886	-2.903	466.529	-595.167	
30	30	-25.341	-102.810	-51.071	576.320	-625.392	2.148	-2.401	399.246	-807.016	
	31	-25.341	-140.800	39.527	558.238	-691.670	2.148	-2.401	433.773	-820.685	
31	31	-46.039	-186.906	-62.007	714.326	-810.836	2.876	-1.827	422.249	-1107.616	
	32	-46.039	-224.894	28.587	692.575	-830.492	2.876	-1.827	453.104	-1074.666	
32	32	-53.485	-235.422	-58.570	819.033	-922.495	3.011	-1.523	474.566	-1271.495	
	33	-53.485	-273.416	32.039	797.278	-923.925	3.011	-1.523	505.426	-1220.311	
33	33	-57.628	-281.759	-48.428	743.244	-857.997	2.705	-1.609	358.135	-1247.421	
	34	-57.628	-315.951	33.115	725.354	-904.137	2.705	-1.609	387.594	-1246.210	P7

< Girder 2 >

부재	절점	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		비 고
번 호	번 호	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
34	35	30.000	71.126	118.269	791.050	-837.253	1.947	-2.789	1012.392	-620.647	P4
	36	30.000	62.691	36.306	809.116	-776.316	1.947	-2.789	940.059	-650.108	
35	36	38.039	119.414	121.503	871.952	-846.329	1.968	-3.172	1152.877	-570.545	

35	37	38.039	110.041	30.420	893.821	-831.556	1.968	-3.172	1074.288	-656.229	
36	37	27.048	89.942	100.012	758.580	-763.713	1.712	-2.797	977.294	-549.509	
	38	27.048	80.568	8.924	780.450	-733.419	1.712	-2.797	898.702	-619.677	
37	38	16.563	55.309	80.339	594.763	-651.287	2.207	-2.212	749.180	-501.288	
	39	16.563	45.934	-10.752	612.943	-579.716	2.207	-2.212	666.895	-530.183	
38	39	0.863	1.724	58.458	501.534	-556.808	2.756	-1.786	565.335	-497.548	
	40	0.863	-7.649	-32.621	527.860	-463.677	2.756	-1.786	491.209	-504.870	
39	40	-15.585	-55.219	36.822	455.165	-524.021	3.390	-3.317	424.574	-561.320	
	41	-15.585	-64.592	-54.264	559.472	-509.039	3.390	-3.317	428.422	-646.797	
40	41	-27.484	-99.961	19.497	575.206	-610.790	4.678	-4.678	471.936	-723.415	
	42	-27.484	-109.336	-71.596	625.958	-592.609	4.678	-4.678	422.220	-805.703	
41	42	-37.387	-135.834	5.004	689.119	-738.322	6.148	-6.148	527.050	-912.688	
	43	-37.387	-145.207	-86.080	708.013	-716.454	6.148	-6.148	445.487	-991.276	
42	43	-41.409	-149.630	-4.125	803.167	-855.248	7.050	-7.050	615.053	-1057.462	
	44	-41.409	-159.002	-95.201	823.926	-833.382	7.050	-7.050	535.364	-1136.043	
43	44	-37.280	-129.637	-6.964	877.836	-955.604	7.058	-7.058	711.013	-1136.542	
	45	-37.280	-139.011	-98.050	933.765	-937.425	7.058	-7.058	666.482	-1218.823	
44	45	-23.977	-68.839	-2.435	929.263	-993.774	5.935	-5.935	839.947	-1094.960	
	46	-23.977	-78.214	-93.533	1011.441	-978.113	5.935	-5.935	821.652	-1179.772	P5
45	46	-19.437	-44.221	50.544	933.791	-1008.575	0.928	-1.274	921.604	-1022.963	P5
	47	-19.437	-53.594	-40.530	949.524	-933.964	0.928	-1.274	836.892	-1048.798	
46	47	-6.625	16.446	56.580	897.321	-936.435	2.778	-1.465	966.501	-871.498	
	48	-6.625	7.072	-34.507	915.501	-884.831	2.778	-1.465	884.219	-920.356	
47	48	1.989	48.834	59.123	771.547	-815.425	3.588	-2.357	885.081	-707.837	
	49	1.989	39.461	-31.961	789.725	-758.635	3.588	-2.357	802.802	-751.504	
48	49	4.989	50.740	57.233	610.948	-680.641	3.569	-2.542	727.479	-570.220	
	50	4.989	41.367	-33.849	629.126	-610.793	3.569	-2.542	645.203	-600.828	
49	50	3.409	32.356	52.176	516.808	-600.026	3.211	-2.510	607.958	-514.596	
	51	3.409	22.981	-38.922	534.291	-508.281	3.211	-2.510	524.969	-523.324	
50	51	0.125	4.992	45.541	462.820	-541.705	2.736	-2.752	516.215	-493.799	
	52	0.125	-4.381	-45.538	541.650	-462.904	2.736	-2.752	494.592	-515.450	
51	52	-3.158	-22.374	38.934	508.685	-534.940	2.540	-3.233	524.627	-524.770	
	53	-3.158	-31.747	-52.146	600.360	-517.408	2.540	-3.233	515.849	-607.692	
52	53	-4.656	-40.535	34.021	612.030	-629.939	2.546	-3.515	603.407	-644.624	
	54	-4.656	-49.910	-57.079	681.760	-611.758	2.546	-3.515	572.661	-726.918	
53	54	-1.649	-38.618	32.109	759.509	-790.076	2.412	-3.532	753.764	-801.765	
	55	-1.649	-47.991	-58.974	816.319	-771.898	2.412	-3.532	710.117	-884.043	
54	55	7.360	-5.200	35.088	884.954	-914.819	1.748	-2.875	923.950	-880.445	
	56	7.360	-14.574	-55.999	936.727	-896.639	1.748	-2.875	875.261	-962.728	
55	56	20.146	55.387	41.119	933.675	-948.250	1.026	-1.022	1051.353	-832.620	
	57	20.146	46.014	-49.955	1008.413	-932.526	1.026	-1.022	1025.644	-917.343	P6
56	57	23.196	76.282	92.730	974.459	-1008.826	5.857	-5.857	1172.524	-822.476	P6
	58	23.196	66.907	1.633	990.110	-926.380	5.857	-5.857	1087.703	-840.501	
57	58	37.191	138.809	98.034	935.396	-932.061	6.831	-6.831	1216.261	-664.858	
	59	37.191	129.436	6.948	953.575	-875.698	6.831	-6.831	1133.980	-708.955	
58	59	41.295	158.755	95.206	832.535	-823.046	6.905	-6.905	1134.696	-534.696	
	60	41.295	149.383	4.131	854.402	-802.389	6.905	-6.905	1056.115	-614.486	
59	60	37.479	145.463	86.368	716.415	-707.362	6.241	-6.241	991.967	-444.294	
	61	37.479	136.089	-4.715	738.284	-688.442	6.241	-6.241	913.379	-525.830	
60	61	27.563	109.548	71.901	592.705	-625.661	4.798	-4.798	806.515	-421.447	
	62	27.563	100.174	-19.192	610.885	-574.943	4.798	-4.798	724.228	-471.196	
61	62	14.944	63.095	53.798	508.687	-559.768	3.292	-3.438	643.816	-431.368	
	63	14.944	53.721	-37.288	523.620	-455.457	3.292	-3.438	558.289	-427.517	

62	63	-1.496	6.200	32.190	463.462	-528.154	1.766	-2.814	502.121	-494.075	
	64	-1.496	-3.174	-58.889	556.554	-501.772	1.766	-2.814	494.761	-568.144	
63	64	-17.247	-47.514	10.260	579.489	-613.527	2.242	-2.266	527.230	-670.294	
	65	-17.247	-56.888	-80.832	650.953	-595.347	2.242	-2.266	498.228	-752.580	
64	65	-26.912	-80.171	-8.549	733.984	-780.395	2.790	-1.796	621.142	-897.822	
	66	-26.912	-89.545	-99.636	764.269	-758.525	2.790	-1.796	550.967	-976.413	
65	66	-38.493	-111.099	-30.713	831.589	-894.503	3.193	-1.926	654.477	-1076.735	
	67	-38.493	-120.473	-121.797	846.340	-872.634	3.193	-1.926	568.770	-1155.324	
66	67	-30.063	-62.710	-36.221	776.868	-809.675	2.802	-1.898	650.677	-940.566	
	68	-30.063	-71.147	-118.201	837.966	-791.606	2.802	-1.898	621.358	-1012.914	P7

4.4 마. 작용하중별 부재력 집계

< DB 하중 >

< Girder 1 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	1.051	-0.951	59.259	-749.069	2.002	808.328	P4
	2	2832.884	-264.919	97.070	-633.604	3097.803	730.675	
2	2	2833.069	-264.919	97.070	-633.604	3097.988	730.675	
	3	4917.963	-558.429	202.211	-525.602	5476.392	727.813	
3	3	4917.975	-558.429	202.211	-539.546	5476.404	741.757	
	4	6248.196	-852.365	282.923	-444.817	7100.561	727.740	
4	4	6248.196	-852.365	282.923	-462.268	7100.561	745.191	
	5	6921.564	-1148.638	346.718	-371.738	8070.202	718.455	
5	5	6921.584	-1148.692	346.718	-394.015	8070.276	740.732	
	6	6989.235	-1446.106	401.094	-305.784	8435.341	706.878	
6	6	6989.314	-1446.137	401.094	-342.812	8435.451	743.905	
	7	6566.966	-1740.574	462.458	-244.777	8307.540	707.235	
7	7	6566.966	-1740.574	462.458	-293.009	8307.540	755.467	
	8	5638.090	-2041.949	532.967	-197.301	7680.039	730.267	
8	8	5638.119	-2041.949	532.967	-242.930	7680.068	775.896	
	9	4302.289	-2362.319	600.610	-150.656	6664.608	751.266	
9	9	4302.297	-2362.319	600.610	-189.473	6664.616	790.083	
	10	2695.890	-2714.179	667.436	-101.296	5410.069	768.732	
10	10	2695.936	-2714.179	667.436	-128.269	5410.115	795.705	
	11	1190.949	-3122.130	736.565	-59.581	4313.079	796.147	
11	11	1191.356	-3122.216	736.565	-98.570	4313.572	835.135	
	12	1141.066	-4407.511	811.884	-65.697	5548.577	877.581	P5
12	12	1141.080	-4407.511	811.884	-788.895	5548.591	1600.780	P5
	13	1317.942	-3754.891	110.883	-699.199	5072.833	810.082	
13	13	1317.942	-3754.891	110.883	-699.588	5072.833	810.471	
	14	2972.047	-3172.024	170.515	-609.493	6144.071	780.008	
14	14	2972.075	-3172.024	170.515	-617.101	6144.099	787.617	
	15	4297.258	-2643.560	227.152	-527.230	6940.818	754.382	
15	15	4297.258	-2643.618	227.152	-541.648	6940.876	768.800	
	16	5218.344	-2149.563	280.937	-450.131	7367.907	731.068	
16	16	5218.344	-2149.644	280.937	-467.480	7367.988	748.417	
	17	5687.772	-1673.364	337.667	-374.611	7361.136	712.277	
17	17	5687.772	-1673.454	337.667	-396.054	7361.226	733.720	
	18	5687.724	-1673.216	396.078	-301.264	7360.940	697.342	
18	18	5687.782	-1673.216	396.078	-337.604	7360.998	733.682	
	19	5217.974	-2149.397	467.509	-244.281	7367.371	711.790	
19	19	5218.032	-2149.397	467.509	-280.785	7367.429	748.294	
	20	4296.450	-2643.006	541.735	-193.574	6939.456	735.310	
20	20	4296.499	-2643.006	541.735	-226.985	6939.505	768.720	
	21	2970.870	-3171.118	617.207	-141.818	6141.988	759.025	
21	21	2970.870	-3171.142	617.207	-170.264	6142.012	787.471	
	22	1314.874	-3753.241	699.687	-94.844	5068.115	794.531	
22	22	1315.351	-3753.348	699.687	-110.401	5068.699	810.088	
	23	1141.191	-4404.810	788.816	-96.111	5546.001	884.927	P6
23	23	1141.191	-4408.718	788.816	-811.803	5549.909	1600.619	P6

23	24	1190.176	-3121.961	98.116	-730.836	4312.137	828.952	
24	24	1190.176	-3121.961	98.116	-736.598	4312.137	834.714	
	25	2695.922	-2714.312	128.058	-654.125	5410.234	782.183	
25	25	2695.922	-2714.316	128.058	-667.476	5410.238	795.534	
	26	4302.602	-2362.560	189.343	-583.573	6665.162	772.916	
26	26	4302.602	-2362.632	189.343	-600.626	6665.234	789.968	
	27	5638.138	-2042.260	242.843	-514.774	7680.398	757.617	
27	27	5638.138	-2042.344	242.843	-532.973	7680.482	775.817	
	28	6566.875	-1740.918	293.004	-445.244	8307.793	738.248	
28	28	6566.898	-1740.953	293.004	-462.485	8307.851	755.489	
	29	6989.404	-1446.366	342.813	-373.543	8435.770	716.357	
29	29	6989.404	-1446.366	342.813	-401.096	8435.770	743.909	
	30	6921.819	-1148.948	393.998	-300.936	8070.767	694.933	
30	30	6921.831	-1148.948	393.998	-346.706	8070.779	740.703	
	31	6248.424	-852.484	462.279	-240.322	7100.908	702.602	
31	31	6248.472	-852.535	462.279	-282.943	7101.007	745.223	
	32	4918.254	-558.489	539.549	-171.748	5476.743	711.297	
32	32	4918.254	-558.526	539.549	-202.220	5476.780	741.769	
	33	2833.084	-264.880	631.885	-86.198	3097.964	718.083	
33	33	2833.084	-264.911	633.623	-97.086	3097.995	730.709	
	34	1.004	-0.911	749.094	-59.256	1.915	808.350	P7

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
34	35	0.796	-0.921	61.333	-754.284	1.717	815.616	P4
	36	2874.654	-275.668	97.615	-639.720	3150.322	737.335	
35	36	2874.663	-275.752	97.615	-639.720	3150.415	737.335	
	37	4992.971	-574.388	202.233	-528.806	5567.359	731.039	
36	37	4993.075	-574.497	202.233	-540.909	5567.572	743.141	
	38	6339.859	-870.932	283.247	-446.183	7210.791	729.430	
37	38	6339.993	-871.048	283.247	-462.465	7211.041	745.712	
	39	7017.521	-1166.003	347.961	-371.965	8183.524	719.926	
38	39	7017.575	-1166.114	347.961	-393.822	8183.689	741.782	
	40	7080.786	-1462.050	402.765	-305.722	8542.836	708.487	
39	40	7080.786	-1462.166	402.765	-342.078	8542.952	744.843	
	41	6647.806	-1761.119	464.733	-244.288	8408.925	709.022	
40	41	6647.806	-1761.222	464.733	-292.109	8409.028	756.843	
	42	5702.324	-2066.580	535.607	-196.704	7768.904	732.311	
41	42	5702.324	-2066.670	535.607	-241.974	7768.994	777.581	
	43	4347.274	-2386.425	603.585	-150.149	6733.699	753.734	
42	43	4347.274	-2386.477	603.585	-188.845	6733.751	792.430	
	44	2724.168	-2735.160	670.174	-101.161	5459.328	771.335	
43	44	2724.168	-2735.160	670.174	-128.132	5459.328	798.306	
	45	1195.562	-3137.552	738.226	-60.401	4333.114	798.627	
44	45	1195.562	-3137.552	738.226	-99.782	4333.114	838.007	
	46	1150.813	-4450.674	812.419	-66.706	5601.487	879.125	P5
45	46	1150.813	-4451.024	812.419	-789.021	5601.837	1601.440	P5
	47	1335.716	-3796.382	111.584	-699.337	5132.098	810.922	
46	47	1336.213	-3796.573	111.584	-700.077	5132.786	811.661	
	48	3008.163	-3209.325	170.245	-609.992	6217.488	780.237	
47	48	3008.227	-3209.389	170.245	-618.168	6217.616	788.413	

47	49	4340.667	-2675.459	227.032	-528.426	7016.126	755.458	
48	49	4340.775	-2675.459	227.032	-543.076	7016.234	770.108	
	50	5269.039	-2175.971	280.933	-451.725	7445.010	732.657	
49	50	5269.141	-2175.971	280.933	-468.714	7445.112	749.647	
	51	5743.330	-1693.536	337.978	-375.925	7436.866	713.903	
50	51	5743.392	-1693.536	337.978	-396.638	7436.928	734.617	
	52	5743.147	-1693.055	396.681	-302.157	7436.202	698.838	
51	52	5743.147	-1693.150	396.681	-337.917	7436.297	734.597	
	53	5268.388	-2175.255	468.759	-244.531	7443.643	713.290	
52	53	5268.388	-2175.322	468.759	-280.892	7443.710	749.651	
	54	4339.801	-2674.688	543.108	-193.820	7014.489	736.928	
53	54	4339.801	-2674.713	543.108	-226.886	7014.514	769.994	
	55	3007.297	-3208.220	618.238	-141.849	6215.517	760.087	
54	55	3007.297	-3208.220	618.238	-170.028	6215.517	788.266	
	56	1333.685	-3794.586	700.188	-94.994	5128.271	795.183	
55	56	1333.685	-3794.586	700.188	-111.166	5128.271	811.355	
	57	1151.080	-4447.876	788.991	-96.870	5598.956	885.861	P6
56	57	1151.080	-4452.944	788.991	-812.380	5604.024	1601.371	P6
	58	1193.959	-3136.604	99.348	-731.619	4330.563	830.967	
57	58	1194.425	-3136.807	99.348	-738.311	4331.232	837.659	
	59	2723.598	-2735.021	127.911	-656.212	5458.619	784.123	
58	59	2723.743	-2735.071	127.911	-670.254	5458.814	798.165	
	60	4346.864	-2386.693	188.701	-586.807	6733.557	775.508	
59	60	4347.000	-2386.693	188.701	-603.643	6733.693	792.345	
	61	5702.296	-2067.026	241.870	-518.124	7769.322	759.994	
60	61	5702.429	-2067.026	241.870	-535.652	7769.455	777.522	
	62	6648.130	-1761.639	292.046	-448.120	8409.769	740.166	
61	62	6648.190	-1761.639	292.046	-464.716	8409.829	756.762	
	63	7081.025	-1462.526	342.064	-375.902	8543.551	717.966	
62	63	7081.141	-1462.526	342.064	-402.758	8543.667	744.822	
	64	7017.728	-1166.380	393.836	-302.825	8184.108	696.661	
63	64	7017.728	-1166.380	393.836	-347.963	8184.108	741.799	
	65	6340.152	-871.227	462.457	-241.526	7211.379	703.983	
64	65	6340.152	-871.227	462.457	-283.296	7211.379	745.753	
	66	4993.563	-574.609	540.860	-171.881	5568.172	712.741	
65	66	4993.563	-574.609	540.860	-202.253	5568.172	743.113	
	67	2875.231	-275.786	634.935	-86.415	3151.017	721.350	
66	67	2875.231	-275.786	639.723	-97.666	3151.017	737.389	
	68	1.060	-1.222	754.318	-61.340	2.282	815.659	P7

< DL 하중 >

< Girder 1 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	1.191	-1.071	81.260	-812.522	2.262	893.782	P4
	2	2885.834	-336.000	129.850	-694.657	3221.834	824.507	
2	2	2885.834	-336.134	129.850	-694.657	3221.968	824.507	
	3	5219.760	-706.209	199.718	-561.926	5925.969	761.644	
3	3	5219.760	-706.274	199.718	-561.926	5926.034	761.644	
	4	6817.083	-1077.856	252.598	-455.737	7894.939	708.335	

4	4	6817.083	-1078.081	252.598	-455.737	7895.164	708.335	
	5	7728.845	-1451.806	307.021	-360.353	9180.651	667.374	
5	5	7728.845	-1451.961	307.021	-360.353	9180.806	667.374	
	6	7986.994	-1825.044	373.912	-282.059	9812.038	655.970	
6	6	7986.994	-1825.140	374.113	-293.354	9812.134	667.466	
	7	7606.380	-2195.045	457.609	-218.110	9801.425	675.719	
7	7	7606.477	-2195.059	466.509	-244.537	9801.536	711.046	
	8	6599.808	-2631.691	554.299	-167.939	9231.499	722.238	
8	8	6600.051	-2631.691	570.694	-200.036	9231.742	770.730	
	9	4989.194	-3089.174	662.819	-129.755	8078.368	792.574	
9	9	4989.472	-3089.174	687.054	-157.376	8078.646	844.431	
	10	2992.260	-3856.374	783.907	-94.887	6848.634	878.794	
10	10	2992.260	-3856.374	821.926	-119.830	6848.634	941.756	
	11	1807.848	-6231.271	924.873	-77.304	8039.119	1002.178	
11	11	1807.911	-6231.271	978.915	-120.246	8039.182	1099.161	
	12	1482.613	-10173.462	1089.983	-89.833	11656.075	1179.816	P5
12	12	1482.635	-10173.462	1089.983	-1042.036	11656.097	2132.019	P5
	13	1554.853	-6604.226	193.324	-928.428	8159.079	1121.751	
13	13	1554.901	-6604.887	193.324	-928.428	8159.788	1121.751	
	14	2482.672	-4496.237	208.767	-772.437	6978.909	981.204	
14	14	2482.905	-4497.018	208.767	-772.437	6979.923	981.204	
	15	4016.784	-3896.055	253.501	-640.717	7912.839	894.218	
15	15	4016.784	-3896.135	253.501	-640.717	7912.919	894.218	
	16	5265.562	-3759.192	301.063	-526.979	9024.754	828.042	
16	16	5265.562	-3759.251	301.063	-526.979	9024.813	828.042	
	17	5892.008	-3753.957	356.996	-428.901	9645.965	785.897	
17	17	5892.008	-3754.000	356.996	-428.901	9646.008	785.897	
	18	5891.953	-3754.101	426.939	-346.337	9646.054	773.276	
18	18	5892.043	-3754.101	428.866	-356.963	9646.144	785.829	
	19	5265.183	-3759.053	514.664	-282.101	9024.236	796.766	
19	19	5265.374	-3759.053	526.989	-300.964	9024.427	827.953	
	20	4016.079	-3895.631	617.476	-232.734	7911.710	850.210	
20	20	4016.359	-3895.631	640.685	-253.378	7911.990	894.063	
	21	2482.036	-4496.618	736.393	-192.397	6978.654	928.789	
21	21	2482.036	-4496.618	772.361	-208.535	6978.654	980.896	
	22	1554.188	-6605.489	875.850	-156.685	8159.677	1032.535	
22	22	1554.188	-6605.489	928.211	-192.698	8159.677	1120.909	
	23	1482.616	-10173.633	1041.748	-167.627	11656.249	1209.375	P6
23	23	1482.616	-10173.651	1041.748	-1089.725	11656.267	2131.473	P6
	24	1807.631	-6231.535	119.715	-978.729	8039.166	1098.444	
24	24	1807.631	-6232.151	119.715	-978.729	8039.782	1098.444	
	25	2992.325	-3856.155	119.532	-821.799	6848.480	941.331	
25	25	2992.511	-3857.048	119.532	-821.799	6849.559	941.331	
	26	4989.774	-3089.380	157.311	-687.015	8079.154	844.325	
26	26	4989.774	-3089.564	157.311	-687.015	8079.338	844.325	
	27	6600.108	-2631.952	199.975	-570.672	9232.060	770.647	
27	27	6600.108	-2632.094	199.975	-570.672	9232.202	770.647	
	28	7606.445	-2195.507	244.529	-466.521	9801.952	711.050	
28	28	7606.445	-2195.529	244.529	-466.521	9801.974	711.050	
	29	7987.091	-1825.345	293.352	-374.119	9812.436	667.471	
29	29	7987.127	-1825.345	293.352	-374.119	9812.472	667.471	
	30	7729.080	-1452.163	360.131	-294.360	9181.243	654.491	
30	30	7729.264	-1452.163	360.363	-307.030	9181.427	667.393	

30	31	6817.100	-1078.316	444.100	-230.961	7895.416	675.061	
31	31	6817.452	-1078.316	455.747	-252.622	7895.768	708.370	
	32	5219.957	-706.391	547.261	-180.214	5926.348	727.475	
32	32	5220.312	-706.391	561.903	-199.730	5926.703	761.633	
	33	2885.648	-336.125	668.049	-129.585	3221.773	797.635	
33	33	2885.887	-336.125	694.680	-129.859	3222.012	824.539	
	34	1.062	-0.971	812.542	-81.275	2.034	893.817	P7

< Girder 2 >

부재	절점	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
번호	번호	Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
34	35	0.935	-1.184	84.131	-823.549	2.119	907.680	P4
	36	2948.958	-349.561	131.783	-705.701	3298.519	837.484	
35	36	2949.421	-349.647	131.783	-705.701	3299.068	837.484	
	37	5321.569	-725.679	199.998	-566.597	6047.248	766.595	
36	37	5322.153	-725.810	199.998	-566.597	6047.963	766.595	
	38	6938.221	-1098.411	252.952	-457.564	8036.632	710.516	
37	38	6938.732	-1098.562	252.952	-457.564	8037.294	710.516	
	39	7855.331	-1469.444	308.029	-360.802	9324.775	668.831	
38	39	7855.623	-1469.598	308.029	-360.802	9325.221	668.831	
	40	8109.977	-1841.790	375.838	-282.298	9951.767	658.136	
39	40	8110.037	-1841.963	376.429	-293.368	9952.000	669.798	
	41	7717.708	-2218.071	460.229	-218.142	9935.779	678.371	
40	41	7717.708	-2218.236	469.504	-244.318	9935.944	713.822	
	42	6691.137	-2602.138	557.607	-167.841	9293.275	725.448	
41	42	6691.137	-2602.312	574.390	-199.635	9293.449	774.025	
	43	5052.398	-3004.220	666.782	-129.590	8056.618	796.373	
42	43	5052.398	-3004.366	690.973	-157.019	8056.764	847.991	
	44	3030.675	-3752.670	788.086	-94.664	6783.345	882.750	
43	44	3030.740	-3753.406	825.262	-120.258	6784.146	945.519	
	45	1829.751	-6243.015	928.491	-78.057	8072.766	1006.548	
44	45	1829.751	-6243.495	980.922	-121.262	8073.246	1102.184	
	46	1496.632	-10255.479	1092.321	-90.888	11752.111	1183.209	P5
45	46	1496.632	-10255.515	1092.321	-1043.547	11752.147	2135.868	P5
	47	1579.918	-6564.723	193.084	-929.580	8144.641	1122.663	
46	47	1579.918	-6564.723	193.084	-929.580	8144.641	1122.663	
	48	2522.715	-4381.365	209.119	-774.416	6904.080	983.534	
47	48	2522.715	-4381.365	209.119	-774.416	6904.080	983.534	
	49	4062.816	-3835.138	254.371	-643.274	7897.954	897.645	
48	49	4063.142	-3835.138	254.371	-643.274	7898.280	897.645	
	50	5325.650	-3799.946	302.230	-529.704	9125.596	831.934	
49	50	5325.901	-3799.946	302.230	-529.704	9125.847	831.934	
	51	5960.043	-3786.771	358.408	-431.161	9746.814	789.569	
50	51	5960.130	-3786.771	358.408	-431.161	9746.901	789.569	
	52	5959.901	-3786.609	428.899	-348.127	9746.510	777.025	
51	52	5959.901	-3786.609	431.182	-358.387	9746.510	789.569	
	53	5325.302	-3799.502	517.168	-283.452	9124.804	800.620	
52	53	5325.302	-3799.502	529.660	-302.219	9124.804	831.879	
	54	4062.211	-3834.339	620.395	-233.940	7896.550	854.335	
53	54	4062.211	-3834.339	643.242	-254.290	7896.550	897.532	
	55	2521.855	-4380.065	739.193	-193.293	6901.920	932.487	
54	55	2522.076	-4380.764	774.337	-208.928	6902.840	983.265	

54	56	1579.448	-6564.232	878.158	-156.594	8143.680	1034.752	
55	56	1579.503	-6564.648	929.388	-192.589	8144.151	1121.976	
	57	1497.029	-10255.550	1043.280	-167.531	11752.579	1210.811	P6
56	57	1497.029	-10256.188	1043.280	-1092.139	11753.217	2135.419	P6
	58	1829.130	-6243.982	120.766	-980.815	8073.112	1101.581	
57	58	1829.279	-6243.982	120.766	-980.815	8073.261	1101.581	
	59	3030.490	-3753.572	119.987	-825.212	6784.062	945.200	
58	59	3030.490	-3753.572	119.987	-825.212	6784.062	945.200	
	60	5051.726	-3004.497	156.961	-690.972	8056.223	847.933	
59	60	5052.219	-3004.497	156.961	-690.972	8056.716	847.933	
	61	6691.010	-2602.631	199.573	-574.402	9293.641	773.975	
60	61	6691.421	-2602.631	199.573	-574.402	9294.052	773.975	
	62	7718.011	-2218.711	244.278	-469.548	9936.722	713.826	
61	62	7718.236	-2218.711	244.278	-469.548	9936.947	713.826	
	63	8110.620	-1842.400	293.362	-376.429	9953.020	669.791	
62	63	8110.620	-1842.400	293.362	-376.429	9953.020	669.791	
	64	7855.949	-1469.951	360.416	-296.003	9325.900	656.419	
63	64	7855.949	-1469.951	360.808	-308.052	9325.900	668.860	
	65	6938.989	-1098.836	444.663	-231.717	8037.825	676.380	
64	65	6938.989	-1098.836	457.540	-253.001	8037.825	710.541	
	66	5322.693	-726.019	549.275	-180.422	6048.712	729.697	
65	66	5322.693	-726.019	566.609	-200.054	6048.712	766.663	
	67	2950.081	-349.674	673.015	-129.970	3299.755	802.985	
66	67	2950.081	-349.674	705.726	-131.815	3299.755	837.541	
	68	1.133	-1.341	823.613	-84.161	2.473	907.774	P7

4.4 바. 부재력 요약

1. 단면 - 1

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	790.087	1998.419	883.621	1375.289	46.860	5094.277	절점 1 에서 1.98 M
G2	803.151	2062.503	901.979	1393.267	47.780	5208.681	절점 67 에서 2.50 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-384.490	-966.635	-427.191	-757.339	-23.595	-2559.250	절점 1 에서 1.98 M
G2	388.865	993.228	433.792	768.405	23.932	2608.222	절점 67 에서 2.50 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	57.618	300.669	3.296	862.094	1.677	1225.355	절점 1 에서 1.98 M
G2	-30.063	-67.397	-81.765	-798.741	-1.898	-979.863	절점 67 에서 2.50 M

2. 단면 - 2

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1906.284	4771.120	2107.812	3201.102	120.149	12106.468	절점 32 에서 4.34 M
G2	1936.277	4919.107	2150.474	3270.435	122.414	12398.707	절점 66 에서 4.37 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	327.010	796.039	351.914	653.663	23.641	2152.266	절점 32 에서 4.34 M
G2	327.493	802.680	354.059	658.585	23.827	2166.644	절점 66 에서 4.37 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-53.485	-268.660	20.694	-923.230	-1.523	-1226.203	절점 32 에서 4.34 M
G2	-38.493	-119.299	-110.393	-875.372	-1.926	-1145.484	절점 66 에서 4.37 M

3. 단면 - 3

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3629.587	8842.113	3903.140	5864.220	267.052	22506.111	절점 31 에서 3.10 M
G2	3668.785	9035.775	3964.391	5974.073	271.197	22914.220	절점 65 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	221.261	499.990	220.194	510.939	23.723	1476.107	절점 31 에서 3.10 M
G2	220.511	498.991	220.343	512.860	23.876	1476.581	절점 65 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-46.039	-210.649	-5.386	-810.868	-1.827	-1074.769	절점 31 에서 3.10 M
G2	-26.912	-86.029	-65.478	-766.726	-1.796	-946.941	절점 65 에서 3.12 M

4. 단면 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4765.088	11333.597	5010.826	7898.882	517.203	29525.596	절점 29 에서 2.48 M
G2	4801.466	11515.998	5071.722	8023.986	524.224	29937.396	절점 63 에서 2.50 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-12.059	-34.642	-12.919	-348.866	-23.705	-432.191	절점 29 에서 2.48 M
G2	-12.611	-36.520	-14.028	-350.560	-23.828	-437.548	절점 63 에서 2.50 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-7.470	-45.145	4.830	-522.206	-2.903	-572.893	절점 29 에서 2.48 M
G2	-1.496	1.513	-13.349	-501.772	-2.814	-517.918	절점 63 에서 2.50 M

5. 단면 - 5

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3374.882	8115.264	3631.133	7010.769	768.295	22900.342	절점 7 에서 3.10 M
G2	3400.169	8264.060	3667.933	7109.506	775.951	23217.619	절점 41 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	246.603	567.921	245.742	519.947	23.887	1604.100	절점 7 에서 3.10 M
G2	246.978	570.294	247.866	523.133	23.568	1611.839	절점 41 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-28.235	-106.031	-17.778	-631.252	-5.025	-788.321	절점 7 에서 3.10 M
G2	-27.484	-105.820	-37.436	-599.427	-4.678	-774.845	절점 41 에서 3.12 M

6. 단면 - 6

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2128.009	-5179.170	-2170.831	-4843.062	-1120.539	-15441.611	절점 10 에서 2.48 M
G2	-2144.376	-5288.095	-2209.798	-4789.073	-1104.133	-15535.475	절점 44 에서 2.50 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	522.195	1288.842	565.689	872.208	25.823	3274.757	절점 10 에서 2.48 M
G2	522.883	1316.879	569.109	875.661	21.902	3306.434	절점 44 에서 2.50 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-44.236	-184.838	-29.949	-969.260	-6.972	-1235.254	절점 10 에서 2.48 M
G2	-37.280	-134.324	-52.507	-946.514	-7.058	-1177.683	절점 44 에서 2.50 M

7. 단면 - 7

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-3854.286	-9412.908	-4032.143	-6655.265	-1201.950	-25156.551	절점 23 에서 4.34 M
G2	-3882.150	-9646.012	-4092.094	-6686.302	-1170.982	-25477.538	절점 57 에서 4.37 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-598.705	-1457.010	-642.300	-992.225	-27.112	-3717.352	절점 23 에서 4.34 M
G2	-598.352	-1504.002	-644.748	-994.335	-20.560	-3761.997	절점 57 에서 4.37 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	40.479	151.733	50.938	998.458	5.579	1247.187	절점 23 에서 4.34 M
G2	23.196	68.079	13.020	987.837	5.857	1097.989	절점 57 에서 4.37 M

8. 단면 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치

번호	Steel	Concrete	고정하중	활 하 중	침 하	합 계	위 치
G1	-6669.355	-16132.175	-6997.689	-10173.633	-1318.014	-41290.866	절점 23 에서 0.00 M
G2	-6711.551	-16608.724	-7084.785	-10256.188	-1260.834	-41922.082	절점 57 에서 0.00 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-702.555	-1637.599	-723.590	-1089.725	-27.112	-4180.582	절점 23 에서 0.00 M
G2	-702.767	-1686.097	-726.480	-1092.139	-20.560	-4228.043	절점 57 에서 0.00 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	40.479	184.976	-28.341	1084.186	5.579	1286.879	절점 23 에서 0.00 M
G2	23.196	76.282	92.730	974.459	5.857	1172.524	절점 57 에서 0.00 M

9. 단면 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2380.087	-6129.558	-2561.161	-4898.481	-886.418	-16855.705	절점 21 에서 1.24 M
G2	-2392.317	-6206.343	-2603.807	-4797.056	-872.534	-16872.057	절점 47 에서 3.74 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	375.800	950.056	418.884	797.086	48.965	2590.791	절점 21 에서 1.24 M
G2	-376.289	-976.668	-421.232	-799.192	-45.294	-2618.674	절점 47 에서 3.74 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4.251	-71.563	-7.734	-918.501	-2.729	-1004.778	절점 21 에서 1.24 M
G2	-6.625	9.415	-11.736	910.956	2.778	904.790	절점 47 에서 3.74 M

10. 단면 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	949.340	2645.961	1291.496	5928.677	181.573	10997.047	절점 17 에서 2.48 M
G2	958.590	2750.030	1295.899	5996.552	183.334	11184.405	절점 51 에서 2.50 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-0.008	-0.021	-0.008	-384.772	-47.096	-431.904	절점 17 에서 2.48 M

G2	0.001	0.006	0.006	386.632	47.063	433.708	절점 51 에서 2.50 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	0.042	0.141	-0.095	490.603	2.903	493.595	절점 17 에서 2.48 M
G2	0.125	0.306	0.001	487.997	2.736	491.165	절점 51 에서 2.50 M

13. 현장이음 - 1

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2673.316	6619.402	2923.752	4406.885	178.836	16802.190	절점 2 에서 3.10 M
G2	2708.057	6791.814	2975.623	4494.971	181.893	17152.357	절점 36 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-290.800	-692.918	-305.484	-599.017	-23.643	-1911.863	절점 2 에서 3.10 M
G2	-291.085	-698.721	-307.401	-603.774	-23.829	-1924.810	절점 36 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	53.139	248.813	24.374	923.509	1.580	1251.415	절점 2 에서 3.10 M
G2	38.039	113.556	64.576	885.620	1.968	1103.759	절점 36 에서 3.12 M

14. 현장이음 - 2

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4475.222	10722.599	4732.375	7200.657	384.812	27515.664	절점 4 에서 1.86 M
G2	4514.550	10916.354	4797.063	7324.644	390.367	27942.977	절점 38 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-112.769	-245.018	-109.285	-426.861	-23.697	-917.631	절점 4 에서 1.86 M
G2	-111.836	-242.098	-108.523	-427.065	-23.840	-913.362	절점 38 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	25.727	127.540	-4.936	659.954	2.310	810.596	절점 4 에서 1.86 M

G2	16.563	51.793	46.180	601.580	2.207	718.323	절점 38 에서 1.87 M

15. 현장이음 - 3

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4340.623	10335.836	4588.104	7783.532	649.893	27697.986	절점 6 에서 3.10 M
G2	4372.578	10505.159	4639.282	7899.177	657.902	28074.098	절점 40 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	136.858	314.296	135.114	428.182	23.771	1038.221	절점 6 에서 3.10 M
G2	137.150	315.409	136.650	430.509	23.769	1043.486	절점 40 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-12.150	-38.660	-7.104	-531.490	-3.424	-592.827	절점 6 에서 3.10 M
G2	-15.585	-61.077	-20.106	-512.812	-3.317	-612.898	절점 40 에서 3.12 M

16. 현장이음 - 4

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1896.848	4646.715	2126.105	5623.972	887.990	15181.630	절점 8 에서 3.10 M
G2	1911.068	4751.007	2141.914	5697.454	892.625	15394.068	절점 42 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	343.584	817.594	355.858	626.939	24.231	2168.206	절점 8 에서 3.10 M
G2	344.475	824.876	358.843	630.793	23.250	2182.236	절점 42 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-37.879	-152.876	-23.810	-757.528	-6.475	-978.568	절점 8 에서 3.10 M
G2	-37.387	-141.692	-51.924	-724.654	-6.148	-961.806	절점 42 에서 3.12 M

17. 현장이음 - 5

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2459.303	-5995.397	-2529.263	-5166.880	-1136.572	-17287.414	절점 10 에서 3.10 M
G2	-2477.940	-6126.396	-2572.353	-5128.480	-1117.806	-17422.975	절점 44 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	533.711	1314.637	577.300	885.279	25.823	3336.750	절점 10 에서 3.10 M
G2	534.463	1342.890	580.784	888.774	21.902	3368.812	절점 44 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-44.236	-189.586	-18.625	-980.994	-6.972	-1240.412	절점 10 에서 3.10 M
G2	-37.280	-135.496	-63.892	-944.242	-7.058	-1187.968	절점 44 에서 3.12 M

18. 현장이음 - 6

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2622.060	-6734.855	-2828.339	-5140.796	-917.317	-18243.365	절점 13 에서 3.10 M
G2	-2636.152	-6832.280	-2874.055	-5047.637	-900.810	-18290.933	절점 47 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-390.144	-975.760	-430.481	-809.958	-49.016	-2655.360	절점 13 에서 3.10 M
G2	-390.747	-1002.678	-432.907	-812.032	-45.294	-2683.659	절점 47 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	3.892	75.385	-4.095	926.532	2.822	1004.536	절점 13 에서 3.10 M
G2	-6.625	10.587	-0.350	908.683	2.778	915.075	절점 47 에서 3.12 M

19. 현장이음 - 7

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	506.756	1469.052	775.923	5358.139	422.947	8532.817	절점 16 에서 0.62 M
G2	513.242	1558.938	773.855	5419.535	424.816	8690.385	절점 50 에서 0.62 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-124.740	-329.735	-145.161	-503.342	-47.184	-1150.162	절점 16 에서 0.62 M
G2	-124.947	-332.009	-146.146	-505.795	-46.976	-1155.872	절점 50 에서 0.62 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4.482	52.106	-33.034	600.498	3.393	627.444	절점 16 에서 0.62 M
G2	3.409	31.184	40.788	518.668	3.211	597.259	절점 50 에서 0.62 M

20. 현장이음 - 8

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	506.766	1469.058	775.914	5357.963	422.865	8532.566	절점 18 에서 4.34 M
G2	513.334	1559.145	773.933	5418.975	424.677	8690.064	절점 52 에서 4.37 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	124.737	329.727	145.164	503.334	47.176	1150.138	절점 18 에서 4.34 M
G2	124.936	331.987	146.140	505.812	46.984	1155.859	절점 52 에서 4.37 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4.408	-51.870	32.852	-600.830	-3.410	-627.665	절점 18 에서 4.34 M
G2	-3.158	-30.576	-40.761	-519.284	-3.233	-597.011	절점 52 에서 4.37 M

21. 현장이음 - 9

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2622.252	-6735.454	-2828.451	-5140.730	-916.821	-18243.708	절점 21 에서 1.86 M
G2	-2636.047	-6831.983	-2874.110	-5047.229	-901.074	-18290.442	절점 55 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	390.180	975.852	430.495	809.888	48.965	2655.380	절점 21 에서 1.86 M
G2	390.722	1002.608	432.897	811.959	45.345	2683.531	절점 55 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-4.251	-76.312	3.591	-925.438	-2.729	-1005.139	절점 21 에서 1.86 M
G2	7.360	-8.716	0.930	-908.001	-2.875	-911.301	절점 55 에서 1.87 M

22. 현장이음 - 10

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-2459.175	-5995.049	-2529.188	-5167.655	-1136.938	-17288.004	절점 24 에서 1.86 M
G2	-2478.164	-6127.003	-2572.582	-5128.851	-1117.252	-17423.851	절점 58 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-533.721	-1314.651	-577.285	-885.149	-25.875	-3336.681	절점 24 에서 1.86 M
G2	-534.454	-1342.883	-580.802	-888.736	-21.847	-3368.723	절점 58 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	44.329	189.772	18.810	980.737	6.940	1240.588	절점 24 에서 1.86 M
G2	37.191	135.294	63.877	942.213	6.831	1185.406	절점 58 에서 1.87 M

23. 현장이음 - 11

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	1896.882	4646.841	2125.983	5624.159	888.027	15181.891	절점 26 에서 1.86 M
G2	1910.870	4750.505	2141.845	5697.431	892.450	15393.099	절점 60 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-343.583	-817.592	-355.858	-626.914	-24.246	-2168.193	절점 26 에서 1.86 M
G2	-344.489	-824.911	-358.856	-630.818	-23.229	-2182.303	절점 60 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	37.610	152.252	23.672	757.862	6.399	977.796	절점 26 에서 1.86 M
G2	37.479	141.948	52.212	724.616	6.241	962.496	절점 60 에서 1.87 M

24. 현장이음 - 12

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4340.569	10335.765	4587.993	7783.577	649.844	27697.747	절점 28 에서 1.86 M
G2	4372.567	10505.145	4639.337	7899.679	657.863	28074.590	절점 62 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		

G1	-136.871	-314.327	-135.138	-428.201	-23.770	-1038.307	절점 28 에서 1.86 M
G2	-137.155	-315.426	-136.649	-430.491	-23.765	-1043.486	절점 62 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	11.700	37.651	6.832	531.115	3.406	590.705	절점 28 에서 1.86 M
G2	14.944	59.580	19.641	512.436	3.292	609.892	절점 62 에서 1.87 M

25. 현장이음 - 13

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	4475.335	10722.943	4732.567	7201.081	384.807	27516.732	절점 30 에서 3.10 M
G2	4514.669	10916.691	4797.172	7324.938	390.344	27943.812	절점 64 에서 3.12 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	112.763	245.004	109.268	426.872	23.694	917.601	절점 30 에서 3.10 M
G2	111.813	242.036	108.510	427.059	23.839	913.257	절점 64 에서 3.12 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-25.341	-126.554	5.553	-658.288	-2.401	-807.031	절점 30 에서 3.10 M
G2	-17.247	-53.373	-46.673	-602.164	-2.266	-721.723	절점 64 에서 3.12 M

26. 현장이음 - 14

< BENDING MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	2673.406	6619.575	2923.946	4407.195	178.847	16802.967	절점 32 에서 1.86 M
G2	2708.391	6792.782	2975.940	4495.544	181.885	17154.541	절점 66 에서 1.87 M

< SHEAR FORCE >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	290.781	692.883	305.479	599.008	23.641	1911.792	절점 32 에서 1.86 M
G2	291.073	698.683	307.381	603.784	23.827	1924.748	절점 66 에서 1.87 M

< TORSION MOMENT >

거더	합성전 고정하중		합성후	활 하 중	지 점	합 계	위 치
번호	Steel	Concrete	고정하중		침 하		
G1	-53.485	-249.670	-24.592	-922.514	-1.523	-1251.784	절점 32 에서 1.86 M
G2	-38.493	-114.614	-64.869	-886.302	-1.926	-1106.206	절점 66 에서 1.87 M

4.4 사. 반력 집계

A. G1 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	500.297	-31.278	23.215	-23.215	2421.870	1843.866	103
G2	443.705	########	488.727	13.059	-16.480	24.405	-24.405	2114.168	2035.818	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	536.926	-57.132	79.941	-79.941	6312.571	5558.630	104
G2	########	########	########	34.379	-33.380	62.034	-62.034	5935.079	5743.252	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	536.927	-57.146	79.928	-79.928	6313.221	5559.293	105
G2	########	########	########	34.396	-33.387	62.044	-62.044	5934.509	5742.638	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	500.294	-31.119	23.234	-23.234	2421.835	1843.952	106
G2	443.704	########	488.734	13.101	-16.616	24.382	-24.382	2114.233	2035.752	110

b. 2차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	763.589	-52.421	23.215	-23.215	2685.162	1822.723	103
G2	443.705	########	488.727	177.883	-37.232	24.405	-24.405	2278.992	2015.066	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	821.860	-99.697	79.941	-79.941	6597.506	5516.065	104
G2	########	########	########	226.819	-71.194	62.034	-62.034	6127.520	5705.438	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중	합성후	DB 하중	지 점 침 하	합 계	절 점

위치	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	821.849	-99.700	79.928	-79.928	6598.142	5516.738	105
G2	########	########	########	226.851	-71.217	62.044	-62.044	6126.964	5704.808	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	763.559	-52.236	23.234	-23.234	2685.099	1822.835	106
G2	443.704	########	488.734	177.930	-37.403	24.382	-24.382	2279.062	2014.966	110

c. 3차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	743.930	-60.160	23.215	-23.215	2665.504	1814.984	103
G2	443.705	########	488.727	519.620	-60.604	24.405	-24.405	2620.729	1991.694	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	818.504	########	79.941	-79.941	6594.150	5494.611	104
G2	########	########	########	587.847	########	62.034	-62.034	6488.547	5667.440	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	818.557	########	79.928	-79.928	6594.851	5495.293	105
G2	########	########	########	587.857	########	62.044	-62.044	6487.970	5666.790	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	743.916	-60.095	23.234	-23.234	2665.456	1814.976	106
G2	443.704	########	488.734	519.652	-60.674	24.382	-24.382	2620.784	1991.694	110

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	572.926	-42.763	23.215	-23.215	2494.500	1832.381	103
G2	443.705	########	488.727	17.441	-30.757	24.405	-24.405	2118.550	2021.541	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	-81.144	79.941	-79.941	6973.135	5534.618	104
G2	########	########	########	55.505	-50.081	62.034	-62.034	5956.205	5726.550	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	-81.157	79.928	-79.928	6973.896	5535.282	105
G2	########	########	########	55.457	-50.135	62.044	-62.044	5955.571	5725.890	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	572.728	-42.517	23.234	-23.234	2494.268	1832.554	106
G2	443.704	########	488.734	17.501	-30.822	24.382	-24.382	2118.633	2021.547	110

b. 2차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	871.086	-71.900	23.215	-23.215	2792.660	1803.244	103
G2	443.705	########	488.727	217.260	-51.312	24.405	-24.405	2318.369	2000.986	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.941	-79.941	7620.421	5474.139	104
G2	########	########	########	503.878	-99.255	62.034	-62.034	6404.578	5677.377	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.928	-79.928	7621.204	5474.820	105
G2	########	########	########	503.758	-99.283	62.044	-62.044	6403.871	5676.742	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	870.860	-71.658	23.234	-23.234	2792.400	1803.414	106
G2	443.704	########	488.734	217.406	-51.484	24.382	-24.382	2318.538	2000.884	110

c. 3차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호

G1	417.327	########	460.627	845.950	-81.676	23.215	-23.215	2767.524	1793.468	103
G2	443.705	########	488.727	611.168	-83.510	24.405	-24.405	2712.277	1968.788	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.941	-79.941	7616.604	5445.205	104
G2	########	########	########	########	########	62.034	-62.034	7208.388	5623.174	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.928	-79.928	7617.367	5445.907	105
G2	########	########	########	########	########	62.044	-62.044	7207.729	5622.512	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	845.900	-81.611	23.234	-23.234	2767.440	1793.461	106
G2	443.704	########	488.734	611.172	-83.561	24.382	-24.382	2712.304	1968.808	110

B. G2 최대인 경우

1) DB 하중

a. 1차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	11.945	-20.116	23.215	-23.215	1933.519	1855.028	103
G2	443.705	########	488.727	503.320	-35.026	24.405	-24.405	2604.429	2017.273	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	35.659	-34.697	79.941	-79.941	5811.304	5581.065	104
G2	########	########	########	536.800	-57.347	62.034	-62.034	6437.500	5719.284	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	35.684	-34.695	79.928	-79.928	5811.978	5581.744	105
G2	########	########	########	536.775	-57.369	62.044	-62.044	6436.888	5718.655	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	12.003	-19.963	23.234	-23.234	1933.543	1855.108	106
G2	443.704	########	488.734	503.278	-34.878	24.382	-24.382	2604.410	2017.491	110

b. 2차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	170.880	-31.134	23.215	-23.215	2092.453	1844.010	103
G2	443.705	########	488.727	769.231	-59.209	24.405	-24.405	2870.340	1993.090	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	228.899	-73.164	79.941	-79.941	6004.544	5542.599	104
G2	########	########	########	821.213	-99.511	62.034	-62.034	6721.914	5677.121	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	228.946	-73.146	79.928	-79.928	6005.240	5543.292	105
G2	########	########	########	821.182	-99.555	62.044	-62.044	6721.295	5676.470	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	170.902	-31.332	23.234	-23.234	2092.442	1843.739	106
G2	443.704	########	488.734	769.211	-59.045	24.382	-24.382	2870.343	1993.323	110

c. 3차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	510.681	-52.115	23.215	-23.215	2432.254	1823.029	103
G2	443.705	########	488.727	751.460	-68.953	24.405	-24.405	2852.570	1983.346	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	589.965	########	79.941	-79.941	6365.611	5504.759	104
G2	########	########	########	816.829	########	62.034	-62.034	6717.530	5656.571	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중	합성후	DB 하중	지 점 침 하	합 계	절 점

위치	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	590.001	########	79.928	-79.928	6366.295	5505.449	105
G2	########	########	########	816.829	########	62.044	-62.044	6716.942	5655.916	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DB 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	510.697	-52.193	23.234	-23.234	2432.237	1822.878	106
G2	443.704	########	488.734	751.446	-68.892	24.382	-24.382	2852.578	1983.476	110

2) DL 하중

a. 1차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	15.766	-40.322	23.215	-23.215	1937.339	1834.821	103
G2	443.705	########	488.727	587.319	-48.151	24.405	-24.405	2688.428	2004.148	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	59.292	-51.796	79.941	-79.941	5834.938	5563.966	104
G2	########	########	########	########	-81.819	62.034	-62.034	7102.496	5694.813	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	59.286	-51.820	79.928	-79.928	5835.580	5564.619	105
G2	########	########	########	########	-81.844	62.044	-62.044	7101.963	5694.181	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	15.849	-40.264	23.234	-23.234	1937.389	1834.807	106
G2	443.704	########	488.734	587.103	-47.942	24.382	-24.382	2688.235	2004.427	110

b. 2차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합	계	절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	199.034	-50.241	23.215	-23.215	2120.607	1824.903	103
G2	443.705	########	488.727	897.282	-81.462	24.405	-24.405	2998.391	1970.837	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	511.415	########	79.941	-79.941	6287.060	5513.481	104
G2	########	########	########	########	########	62.034	-62.034	7748.472	5634.851	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	511.379	########	79.928	-79.928	6287.672	5514.196	105
G2	########	########	########	########	########	62.044	-62.044	7747.947	5634.187	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	199.160	-50.361	23.234	-23.234	2120.700	1824.710	106
G2	443.704	########	488.734	897.040	-81.258	24.382	-24.382	2998.172	1971.111	110

c. 3차선 재하

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.327	########	460.627	583.098	-78.496	23.215	-23.215	2504.672	1796.648	103
G2	443.705	########	488.727	879.929	-93.909	24.405	-24.405	2981.039	1958.390	107

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.941	-79.941	7087.950	5459.779	104
G2	########	########	########	########	########	62.034	-62.034	7740.376	5607.381	108

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	########	########	########	########	########	79.928	-79.928	7088.636	5460.491	105
G2	########	########	########	########	########	62.044	-62.044	7739.785	5606.713	109

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	DL 하중		지 점 침 하		합 계		절 점
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호
G1	417.323	########	460.619	583.077	-78.459	23.234	-23.234	2504.617	1796.613	106
G2	443.704	########	488.734	879.827	-93.851	24.382	-24.382	2980.959	1958.517	110

C. 최대 반력 집계

< P4 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	417.327	########	460.627	871.086	-81.676	23.215	-23.215	2792.660	1793.468	103	3500
G2	443.705	########	488.727	897.282	-93.909	24.405	-24.405	2998.391	1958.390	107	3500

< P5 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	########	########	########	########	########	79.941	-79.941	7620.421	5445.205	104	8000
G2	########	########	########	########	########	62.034	-62.034	7748.472	5607.381	108	8000

< P6 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	########	########	########	########	########	79.928	-79.928	7621.204	5445.907	105	8000
G2	########	########	########	########	########	62.044	-62.044	7747.947	5606.713	109	8000

< P7 >

위치	합성전 고정하중		합성후	활 하 중		지 점 침 하		합 계		절 점	사 용
	Steel	Concrete	고정하중	Max	Min	Max	Min	Max	Min	번 호	Shoe
G1	417.323	########	460.619	870.860	-81.611	23.234	-23.234	2792.400	1793.461	106	3500
G2	443.704	########	488.734	897.040	-93.851	24.382	-24.382	2998.172	1958.517	110	3500

4.5 2차 부정정력에 대한 영향 검토

※ 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생한다.
더구나, 강합성형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축,크리프,온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차모멘트라고 한다.

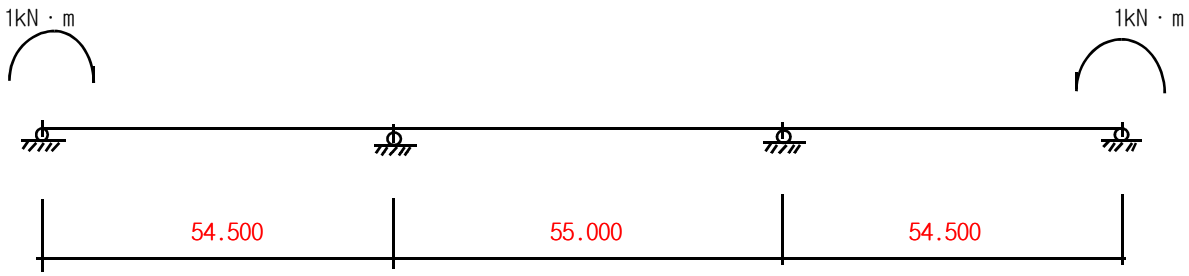
가. 정정계의 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법

1) 전 산 이 용

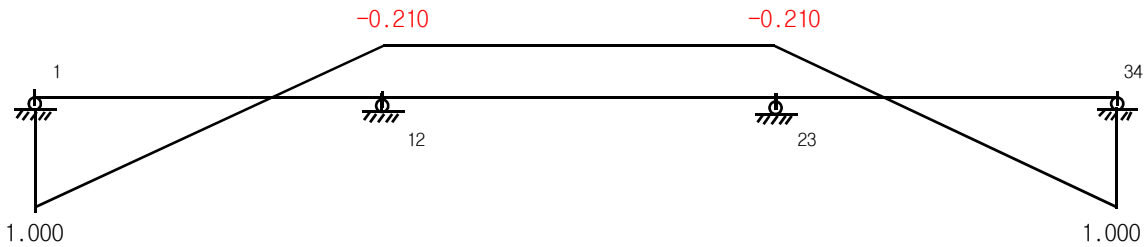
※ 양단에 단위모멘트 M = 1.0 kN·m 을 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k값으로 취한다

< 거더 - 1 >

ⓐ INPUT



ⓑ OUTPUT

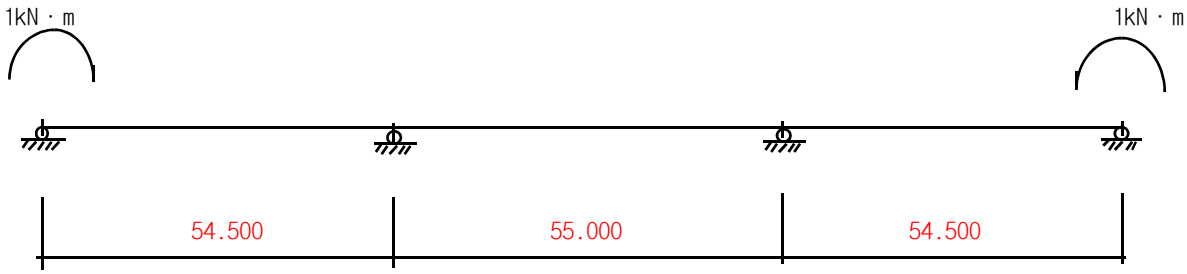


위 치	절점 1	절점 2	절점 3	절점 4	절점 5	절점 6	절점 7	절점 8	절점 9	절점 10
k 값	1.000	0.900	0.789	0.678	0.567	0.456	0.345	0.234	0.123	0.012
위 치	절점 11	절점 12	절점 13	절점 14	절점 15	절점 16	절점 17	절점 18	절점 19	절점 20
k 값	-0.099	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210
위 치	절점 21	절점 22	절점 23	절점 24	절점 25	절점 26	절점 27	절점 28	절점 29	절점 30
	-0.210	-0.210	-0.210	-0.099	0.012	0.123	0.234	0.345	0.456	0.567

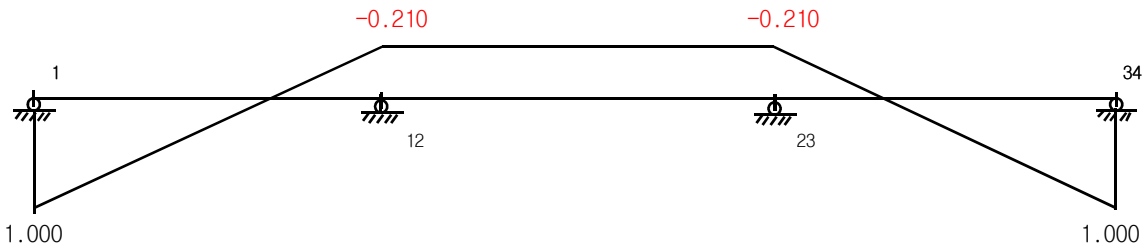
위 치	절점 31	절점 32	절점 33	절점 34						
k 값	0.678	0.789	0.900	1.000						

< 거더 - 2 >

ⓐ INPUT



ⓑ OUTPUT



위 치	절점 35	절점 36	절점 37	절점 38	절점 39	절점 40	절점 41	절점 42	절점 43	절점 44
k 값	1.000	0.900	0.789	0.678	0.567	0.456	0.345	0.234	0.123	0.012
위 치	절점 45	절점 46	절점 47	절점 48	절점 49	절점 50	절점 51	절점 52	절점 53	절점 54
k 값	-0.099	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210	-0.210
위 치	절점 55	절점 56	절점 57	절점 58	절점 59	절점 60	절점 61	절점 62	절점 63	절점 64
k 값	-0.210	-0.210	-0.210	-0.099	0.012	0.123	0.234	0.345	0.456	0.567
위 치	절점 65	절점 66	절점 67	절점 68						
k 값	0.678	0.789	0.900	1.000						

※ k값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내에 발생하는 2차 모멘트를 계산하는데 이용된다.

1) 바닥판 콘크리트의 크리프

$$\Delta\sigma_c = \frac{1}{n_1}\left(\frac{P\Phi}{Av_1} + \frac{M\Phi}{Iv1}\cdot Yv_1\right) - Ec_1\frac{\sigma c}{Ec_1}\Phi_1 + \frac{\Delta M}{(n_1\cdot Iv_1)}\cdot Yv_1$$

$$= \frac{1}{n_1}\left(\frac{P\Phi}{Av_1} + k\frac{M\Phi}{Iv1}\cdot Yv_1\right) - Ec_1\frac{\sigma c}{Ec_1}\Phi_1$$

$$\Delta\sigma_s = \frac{P\Phi}{Av_1} + \frac{M\Phi}{Iv1}\cdot Yv_1 + \frac{\Delta M}{Iv1}\cdot Yv_1$$

$$= \frac{P\Phi}{Av_1} + k\frac{M\Phi}{Iv1}\cdot Yv_1$$

2) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차

$$\Delta\sigma_c = \frac{1}{n}\left(\frac{P_1}{Av} + \frac{Mv}{Iv}\cdot Yv\right) - Ec\cdot\varepsilon t + \frac{\Delta M}{(n\cdot Iv)}\cdot Yv$$

$$= \frac{1}{n}\left(\frac{P_1}{Av} + k\frac{Mv}{Iv}\cdot Yv\right) - Ec\cdot\varepsilon t$$

$$\Delta\sigma_s = \frac{P_1}{Av} + \frac{Mv}{Iv}\cdot Yv + \frac{\Delta M}{Iv}\cdot Yv$$

$$= \frac{P_1}{Av} + k\frac{Mv}{Iv}\cdot Yv$$

3) 바닥판 콘크리트의 건조 수축

$$\Delta\sigma_c = \frac{1}{n_2}\left(\frac{P_2}{Av_2} + \frac{Mv_2}{Iv_2}\cdot Yv_2\right) - Ec_2\ \varepsilon s + \frac{\Delta M}{(n_2\cdot Iv_2)}\cdot Yv_2$$

$$= \frac{1}{n_2}\left(\frac{P_2}{Av_2} + k\frac{Mv_2}{Iv_2}\cdot Yv_2\right) - Ec_2\ \varepsilon s$$

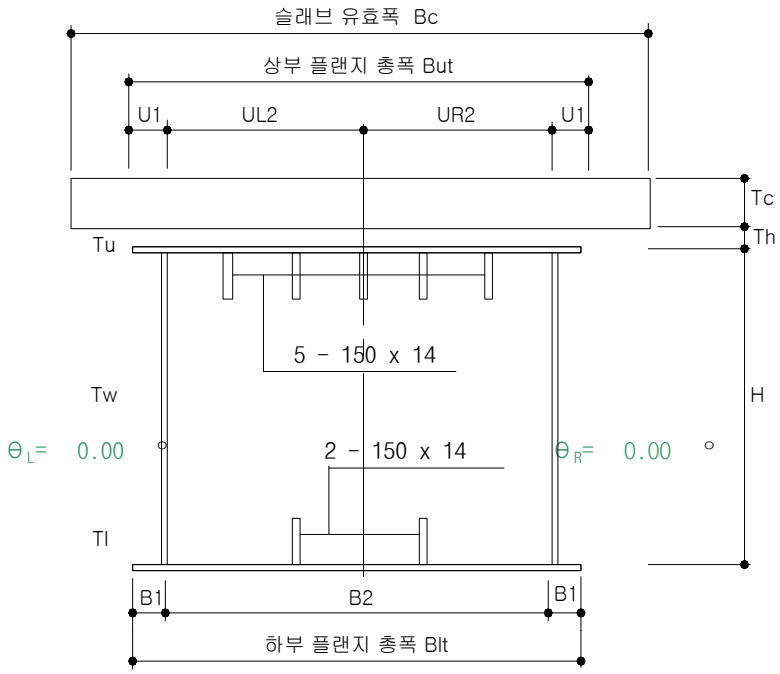
$$\Delta\sigma_s = \frac{P_2}{Av_2} + \frac{Mv_2}{Iv_2}\cdot Yv_2 + \frac{\Delta M}{Iv_2}\cdot Yv_2$$

$$= \frac{P_2}{Av_2} + k\frac{Mv_2}{Iv_2}\cdot Yv_2$$

4.7 단 면 검 토

< 단 면 - 1 > : 절점 35 로 부터 이격 거리 1.998 m

1) 단면가정 및 설계조건 주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.400 m
Bc = 6.250 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 = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.010 m
Tl = 0.010 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	2864.900
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	901.757
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	1440.810
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1382.056
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-433.806
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-792.338
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	97.377
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	81.841
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	800.130

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

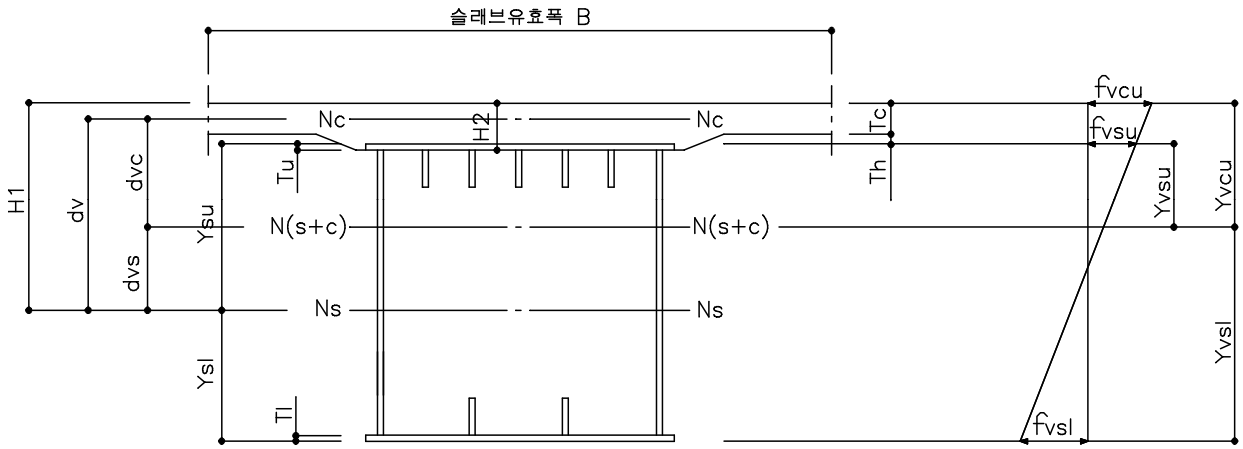
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	10.0	27000	1205.0	32535000	39204675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1125.0	-4725000	5315625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1205.0	-32535000	39204675000	225000
강단면 합계			126300		7087500	97014037500	27676012500
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1375.0	2148405963	2954058199598	8137901376

* As = 126300 mm² , Ac = 1562477.1 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 97014037500 + 27676012500.0 = 124690050000 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = 7087500 / 126300 = 56.116 mm

Is = Is' - As · δs² = 124690050000 - 126300 × 56.116² = 124292325089 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2400.0 / 2 + 10.0 - 56.116 = 1153.884 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1153.884 - 2420.000 = -1266.116 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6053920.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = 26.597 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -29.184 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 24.664 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 321609.6 mm²

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1318.9 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 517.9 mm

dvs = dv - dvc = 800.9 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 642.9 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 392.9 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 352.9 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2067.1 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 258726482248 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6093170.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.280 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.171 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 1.230 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -7.204 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 8.091 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 0.448 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.274 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 1.965 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -11.511 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 19.227 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 223954.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 743.8 mm K = 0.956

ds1 = dv - dc1 = 575.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 868.8 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 618.8 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 578.8 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1841.2 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 220597424626 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 352576 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 352576 N

Mφ = Pφ · dc1 = 262242237 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.280 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.171 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.120 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.029 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 2.232 MPa

fvsl1=Pϕ/Av1 + k*Mϕ · Yv1sl/Iv1 = -0.518 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 191403.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 870.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 448.6 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 995.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 745.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 705.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1714.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 199357016786.2 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3212521707 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -0.920 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.081 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 30.151 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = -7.130 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 2549206271 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.330 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.624 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 18.628 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = -4.167 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 51.983 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)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 121.1

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 126.720 MPa

사용 tu = 10.0 mm

따라서, fca = 121.100 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	26.597	-29.184	121.100	190.000
1+2+3	0.728	0.445	10.800	10.800	29.792	-47.899	121.100	190.000
1+2+3+4	0.608	0.416	10.800	10.800	32.024	-48.417	139.265	190.000
1+2+3+4+5	-0.312	-0.665	1.890	1.890	62.175	-55.547	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.642	-1.289	2.174	2.174	80.803	-59.714	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	0.018	-0.040	12.420	2.174	43.547	-51.381	157.430	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 \text{ ###### } \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{80.803}{157.430}\right)^2 + \left(\frac{51.983}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.263 + 0.223 = 0.487 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\ \#\#\#\#\#\#\ \frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-55.547}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{51.983}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.085 + 0.223 = 0.309 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 10 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 10 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm > t = 10 mm N.G.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.1 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/26.597) = 2.673 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 2.7 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/80.803) = 1.533 > 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 = 0.280 MPa

합성후 활하중 응력 = 0.728 - 0.28 = 0.448 MPa

Σf = 1.3 ×0.28 + 2.15 ×0.448 + (-0.12) + (-0.92) + (0.33)

= 0.616 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.28 + 2.15 ×0.448 + (0.33)

= 1.656 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 26.597 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.230 MPa

합성후 활하중 응력 = 29.792 - 26.597 - 1.23 = 1.965 MPa

Σf = 1.3 × (26.597 + 1.23) + 2.15 × 1.965 + (2.232) + (30.151) + (18.628)

= 91.411 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (26.597 + 1.23) + 2.15 × 1.965 + (18.628)

= 59.028 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -29.184 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -7.204 MPa

합성후 활하중 응력 = -47.899 - -29.184 - -7.204 = -11.511 MPa

Σf = 1.3 × (-29.184 + -7.204) + 2.15 × -11.511 + (-0.518) + (-7.13) + (-4.167)

= -83.868 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

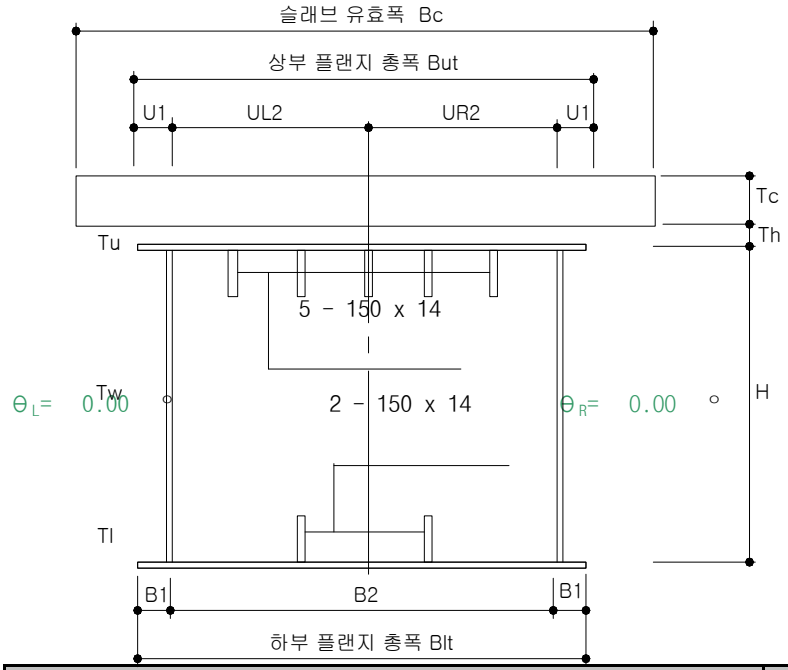
Σf = 1.3 × (-29.184 + -7.204) + 2.15 × -11.511 + (-4.167)

= -76.220 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 2 > : 절점 66 로 부터 이격 거리 4.369 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.010 m

Tl = 0.010 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	6855.384
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	2150.474
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	3392.849
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1130.173
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	354.059
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	682.412
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-157.792
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-110.393
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-877.299

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

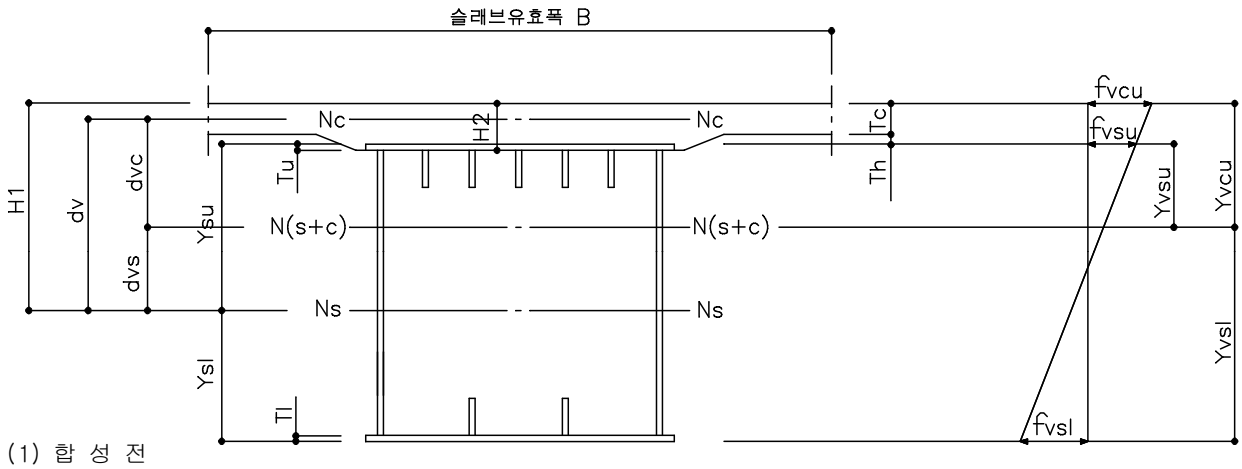
단 면 제 원

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	10.0	27000	1305.0	35235000	45981675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1305.0	-35235000	45981675000	225000
강단면 합계			131100		7717500	1.14023E+11	35180012500
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 131100 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 114022537500 + 35180012500.0 = 149202550000 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = 7717500 / 131100 = 58.867 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 149202550000 - 131100 × 58.867² = 148748241791 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 10.0 - 58.867 = 1251.133 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1251.133 - 2620.000 = -1368.867 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6556320.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 57.661 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -63.087 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 19.115 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 326409.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1416.1 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 568.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 847.4 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 693.8 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 443.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 403.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2216.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 307080903454 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6595570.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.607 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.388 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.828 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -15.520 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.371 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 0.958 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.613 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 4.461 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -24.486 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 16.478 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 228754.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 811.6 mm K = 0.886

ds1 = dv - dc1 = 604.5 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 936.6 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 686.6 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 646.6 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1973.4 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 261493338523 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 777945 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 777945 N

Mφ = Pφ · dc1 = 631371632 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.607 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.388 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.270 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.084 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 4.784 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = -0.821 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 196203.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 946.2 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 469.9 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1071.2 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 821.2 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 781.2 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1838.8 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 236325563363.4 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3492898837 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -0.994 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.130 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 29.044 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = -5.265 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 2799418882 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.415 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.667 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 18.340 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = -2.822 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 41.964 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 × (0.0 / 6)² + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 121.1

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 126.720 MPa

사용 tu = 10.0 mm

따라서, fca = 121.100 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	57.661	-63.087	121.100	190.000
1+2+3	1.565	1.001	10.800	10.800	64.950	-103.094	121.100	190.000
1+2+3+4	1.296	0.917	10.800	10.800	69.734	-103.914	139.265	190.000
1+2+3+4+5	0.302	-0.213	10.800	1.890	98.778	-109.179	139.265	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.113	-0.880	2.174	2.174	117.118	-112.001	157.430	218.500
1+2+3+4+5-6	0.717	0.454	12.420	12.420	80.438	-106.358	157.430	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{117.118}{157.430}\right)^2 + \left(\frac{41.964}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.553 + 0.146 = 0.699 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-109.179}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{41.964}{110.000}\right)^2$$

= 0.330 + 0.146 = 0.476 < 1.2 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (48·i·n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 10 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 10 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm > t = 10 mm N.G.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/57.661) = 1.815 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.1 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/117.118) = 1.274 > 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 = 0.607 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.565 - 0.607 = 0.958 MPa

Σf = 1.3 ×0.607 + 2.15 ×0.958 + (-0.27) + (-0.994) + (0.415)

= 2.001 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.607 + 2.15 ×0.958 + (0.415)

= 3.264 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 57.661 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.828 MPa

합성후 활하중 응력 = 64.95 - 57.661 - 2.828 = 4.461 MPa

Σf = 1.3 × (57.661 + 2.828) + 2.15 × 4.461 + (4.784) + (29.044) + (18.34)

= 140.395 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (57.661 + 2.828) + 2.15 × 4.461 + (18.34)

= 106.567 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -63.087 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -15.520 MPa

합성후 활하중 응력 = -103.094 - -63.087 - -15.52 = -24.487 MPa

Σf = 1.3 × (-63.087 + -15.52) + 2.15 × -24.487 + (-0.821) + (-5.265) + (-2.822)

= -163.743 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

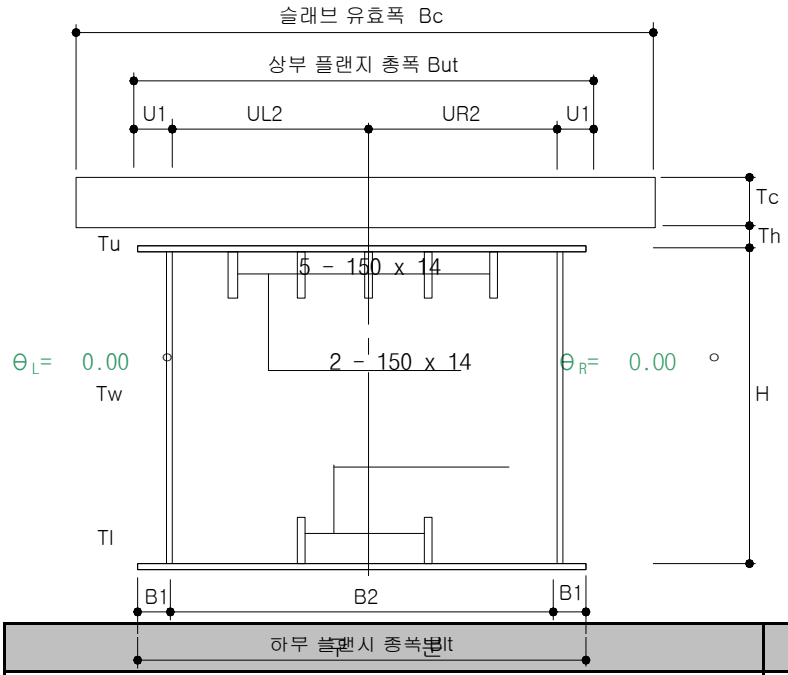
Σf = 1.3 × (-63.087 + -15.52) + 2.15 × -24.487 + (-2.822)

= -157.657 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 3 > : 절점 65 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.010 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	12704.559
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3964.391
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	6245.270
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	719.502
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	220.343
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	536.736
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-112.941
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-65.478
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-768.522

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

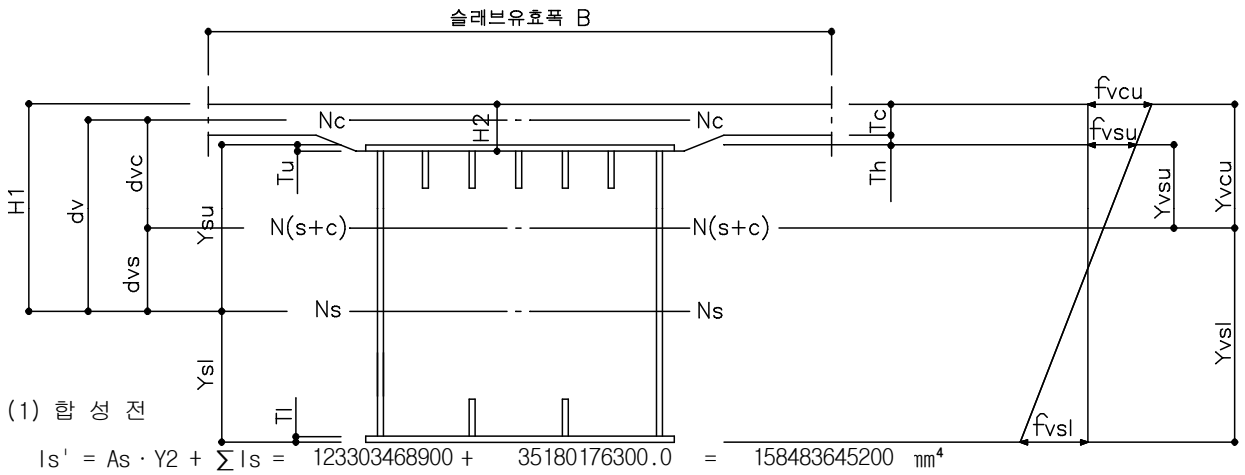
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1305.0	-35235000	45981675000	225000
강단면 합계			136500		14796900	1.23303E+11	35180176300
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 136500 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 123303468900 + 35180176300.0 = 158483645200 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = 14796900 / 136500 = 108.402 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 158483645200 - 136500 × 108.402² = 156879628719 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - 108.402 = 1203.598 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1203.598 - 2622.000 = -1418.402 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558832.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 97.471 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -114.866 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 12.248 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 331809.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1366.6 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 562.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 804.4 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 687.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 437.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 399.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2222.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 307951275522 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6598082.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.106 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.704 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 5.139 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -28.615 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 3.945 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.742 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.108 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 8.096 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -45.079 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 13.455 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 234154.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 796.7 mm K = 0.747

ds1 = dv - dc1 = 569.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 921.7 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 671.7 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 633.7 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1988.3 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 263705724106 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1413522 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1413522 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1126089194 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.106 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.704 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.545 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.192 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 8.058 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = -0.306 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 201603.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 925.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 441.3 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1050.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 800.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 762.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1859.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 239541302870.9 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3415555861 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.133 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.244 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 26.429 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = -1.498 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 2766996335 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.569 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.779 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 17.513 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = -0.086 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 29.647 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	97.471	-114.866	148.183	190.000
1+2+3	2.848	1.812	10.800	10.800	110.705	-188.560	148.183	190.000
1+2+3+4	2.303	1.619	10.800	10.800	118.763	-188.866	170.410	190.000
1+2+3+4+5	1.170	0.375	10.800	10.800	145.193	-190.364	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.600	-0.404	12.420	2.174	162.705	-190.450	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.739	1.154	12.420	12.420	127.680	-190.278	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{145.193}{170.410}\right)^2 + \left(\frac{29.647}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.726 + 0.073 = 0.799 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-190.364}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{29.647}{110.000}\right)^2$$

= 1.004 + 0.073 = 1.076 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm > t = 10 mm N.G.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/97.471) = 1.396 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.081) = 3.4 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/162.705) = 1.081 < 1.2 ⇒ 1.081

(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 = 1.106 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.848 - 1.106 = 1.742 MPa

Σf = 1.3 ×1.106 + 2.15 ×1.742 + (-0.545) + (-1.133) + (0.569)

= 4.074 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.106 + 2.15 ×1.742 + (0.569)

= 5.752 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 97.471 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 5.139 MPa

합성후 활하중 응력 = 110.705 - 97.471 - 5.139 = 8.095 MPa

Σf = 1.3 × (97.471 + 5.139) + 2.15 × 8.095 + (8.058) + (26.429) + (17.513)

= 202.798 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (97.471 + 5.139) + 2.15 × 8.095 + (17.513)

= 168.311 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -114.866 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -28.615 MPa

합성후 활하중 응력 = -188.56 - -114.866 - -28.615 = -45.079 MPa

Σf = 1.3 × (-114.866 + -28.615) + 2.15 × -45.079 + (-0.306) + (-1.498) + (-0.086)

= -285.336 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-114.866 + -28.615) + 2.15 × -45.079 + (-0.086)

= -283.531 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 4 > : 절점 63 로 부터 이격 거리 2.497 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

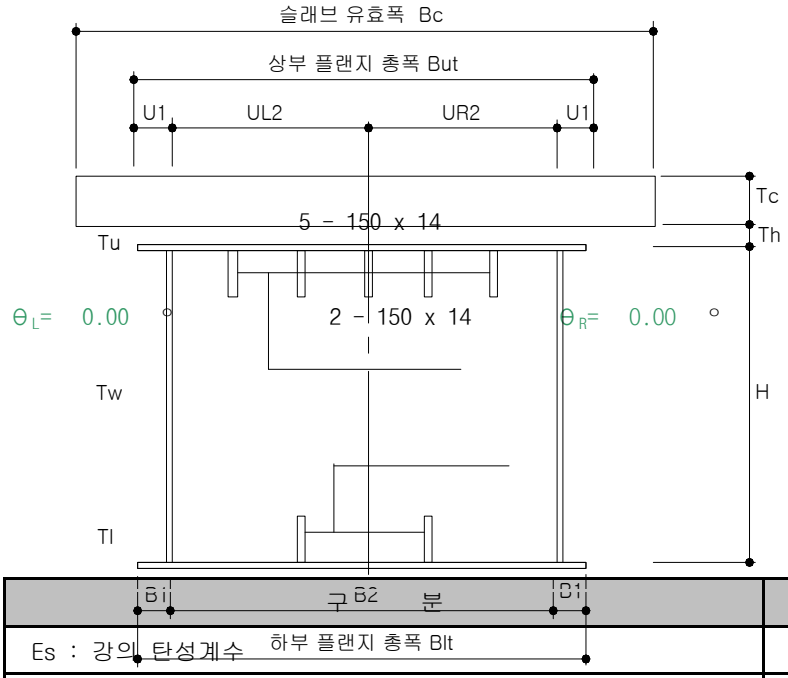
Tl = 0.022 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	16317.464
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	5071.722
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	8548.210
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-49.131
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-14.028
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-374.388
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.017
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-13.349
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-504.586

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

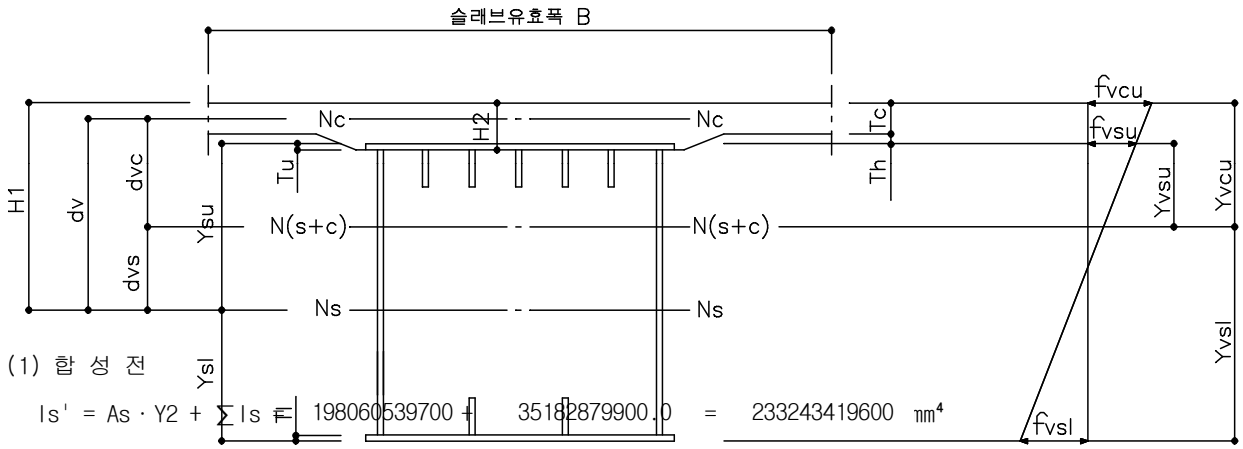
단 면 제 원

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	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 179700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -13650300 / 179700 = -75.962 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 233243419600 - 179700 × -75.962² = 232206520935 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 97.815 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -87.561 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 0.787 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 375009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1551.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 743.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 807.8 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 868.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 618.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 584.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 458352741620 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.201 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.855 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 6.464 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -22.725 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.309 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.024 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.441 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.895 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -38.303 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 9.177 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 277354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 mm K = 0.511

ds1 = dv - dc1 = 546.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1129.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 879.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 384912852370 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1606150 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1606150 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1613984580 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.201 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.855 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.688 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.375 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 7.603 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 1.951 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1138.5 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 412.5 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1263.5 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1013.5 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 979.5 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1658.5 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 347502612577.0 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 4202594437 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.409 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.473 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 21.132 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 4.830 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3657892215 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.917 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.044 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 15.507 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 4.749 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 10.273 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

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	97.815	-87.561	182.038	190.000
1+2+3	3.225	2.296	10.800	10.800	115.175	-148.589	182.038	190.000
1+2+3+4	2.537	1.921	10.800	10.800	122.778	-146.638	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.128	0.448	10.800	10.800	143.910	-141.809	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.211	-0.597	12.420	2.174	159.417	-137.060	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	2.045	1.492	12.420	12.420	128.403	-146.558	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{143.910}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{10.273}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.473 + 0.009 = 0.481 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-148.589}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.273}{110.000}\right)^2$$

= 0.612 + 0.009 = 0.620 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 22 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/97.815) = 1.394 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.092) = 4.9 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/159.417) = 1.092 < 1.2 ⇒ 1.092

(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 = 1.201 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.225 - 1.201 = 2.024 MPa

Σf = 1.3 ×1.201 + 2.15 ×2.024 + (-0.688) + (-1.409) + (0.917)

= 4.733 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.201 + 2.15 ×2.024 + (0.917)

= 6.830 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 97.815 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 6.464 MPa

합성후 활하중 응력 = 115.175 - 97.815 - 6.464 = 10.895 MPa

Σf = 1.3 × (97.815 + 6.464) + 2.15 × 10.895 + (7.603) + (21.132) + (15.507)

= 203.230 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (97.815 + 6.464) + 2.15 × 10.895 + (15.507)

= 174.495 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -87.561 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -22.725 MPa

합성후 활하중 응력 = -148.589 - -87.561 - -22.725 = -38.303 MPa

Σf = 1.3 × (-87.561 + -22.725) + 2.15 × -38.303 + (1.951) + (4.83) + (-4.749)

= -223.692 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-87.561 + -22.725) + 2.15 × -38.303 + (-4.749)

= -230.472 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 5 > : 절점 41 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

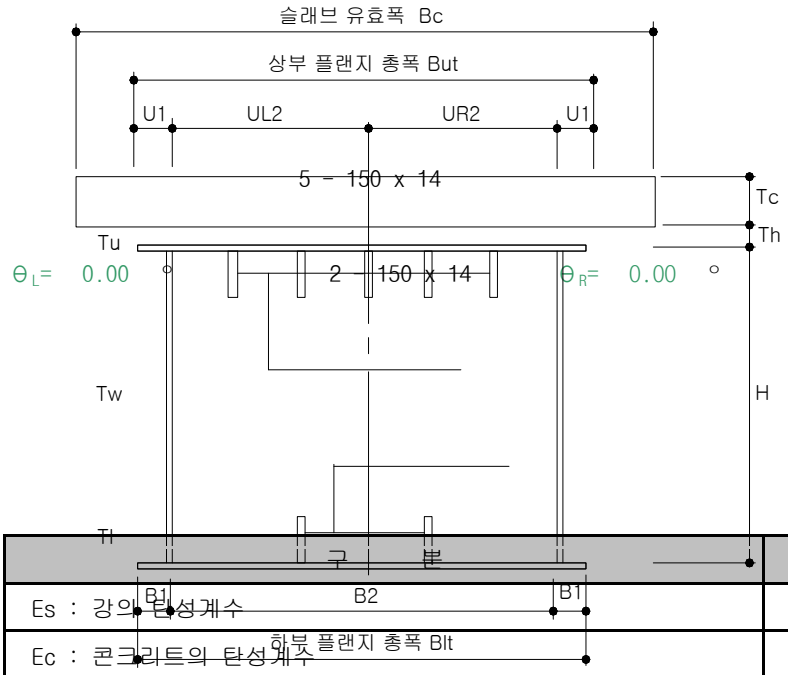
Tl = 0.016 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	11664.229
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	3667.933
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	7885.457
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	817.272
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	247.866
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	546.701
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-133.304
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-37.436
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-604.105

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

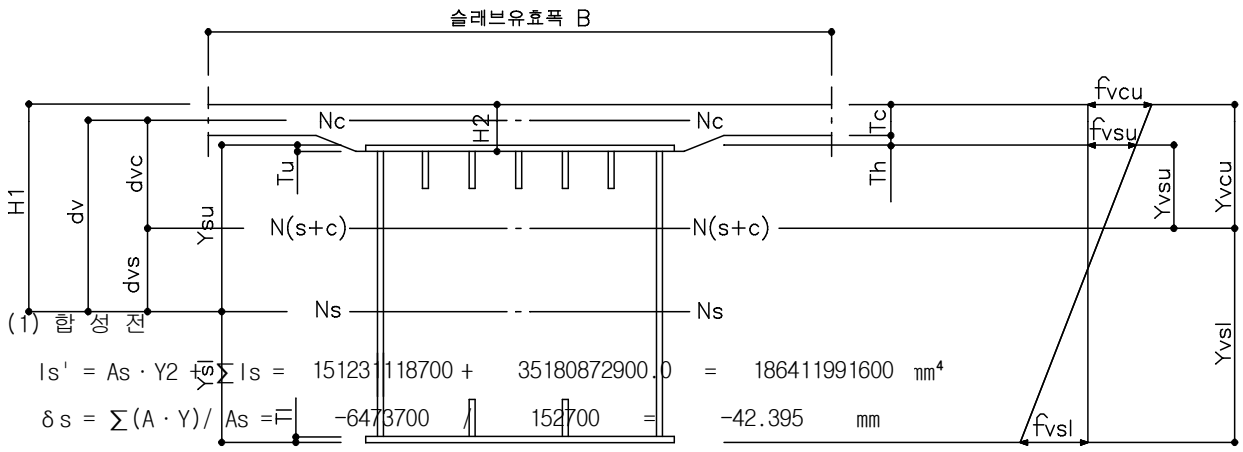
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	16.0	43200	-1308.0	-56505600	73909324800	921600
강단면 합계			152700		-6473700	1.51231E+11	35180872900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 152700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 151231118700 + 35180872900.0 = 186411991600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -6473700 / 152700 = -42.395 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 186411991600 - 152700 × -42.395² = 186137539788 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -42.395 = 1354.395 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1354.395 - 2628.000 = -1273.605 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6566368.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 84.873 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -79.810 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 13.943 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 348009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1517.4 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 665.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 851.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 790.8 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 540.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 502.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 384473670789 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6605618.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.943 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.645 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 4.797 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -20.275 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 4.208 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.027 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.386 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.312 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -43.587 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 12.572 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 250354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 925.5 mm K = 0.276

ds1 = dv - dc1 = 591.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1050.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 800.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 762.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1865.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 323789267379 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1240580 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1240580 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1148170930 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.943 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.645 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.569 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.286 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 5.702 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 3.130 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 217803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1063.8 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 453.6 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1188.8 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 938.8 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 900.8 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1727.2 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 291569767607.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3926981405 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.472 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.511 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 20.297 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 10.528 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3276955879 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.000 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.073 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 15.326 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 9.143 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 30.723 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	84.873	-79.810	148.183	190.000
1+2+3	2.970	2.031	10.800	10.800	99.982	-143.672	148.183	190.000
1+2+3+4	2.401	1.745	10.800	10.800	105.683	-140.542	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.929	0.234	10.800	10.800	125.980	-130.015	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.070	-0.839	2.174	2.174	141.306	-120.871	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.929	1.307	12.420	12.420	110.655	-139.158	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{125.980}{170.410}\right)^2 + \left(\frac{30.723}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.547 + 0.078 = 0.625 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-143.672}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{30.723}{110.000}\right)^2$$

= 0.572 + 0.078 = 0.650 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 16 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 16 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/84.873) = 1.496 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.160) = 3.9 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/141.306) = 1.160 < 1.2 ⇒ 1.160

(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 = 0.943 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.97 - 0.943 = 2.027 MPa

Σf = 1.3 ×0.943 + 2.15 ×2.027 + (-0.569) + (-1.472) + (1)

= 4.543 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.943 + 2.15 ×2.027 + (1)

= 6.584 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 84.873 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 4.797 MPa

합성후 활하중 응력 = 99.982 - 84.873 - 4.797 = 10.312 MPa

Σf = 1.3 × (84.873 + 4.797) + 2.15 × 10.312 + (5.702) + (20.297) + (15.326)

= 180.065 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (84.873 + 4.797) + 2.15 × 10.312 + (15.326)

= 154.067 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -79.810 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -20.275 MPa

합성후 활하중 응력 = -143.672 - -79.81 - -20.275 = -43.587 MPa

Σf = 1.3 × (-79.81 + -20.275) + 2.15 × -43.587 + (3.13) + (10.528) + (-9.143)

= -219.309 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-79.81 + -20.275) + 2.15 × -43.587 + (-9.143)

= -232.966 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 10 > : 절점 51 로 부터 이격 거리 2.497 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.150 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

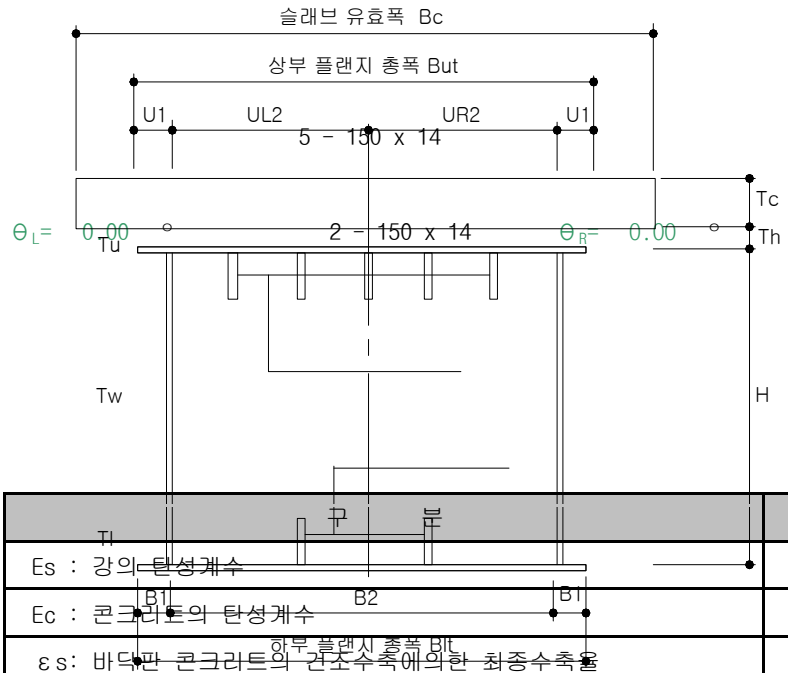
Tl = 0.014 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	3708.620
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	1295.899
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	6179.886
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	0.007
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	0.006
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	433.695
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.431
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.001
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	490.733

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

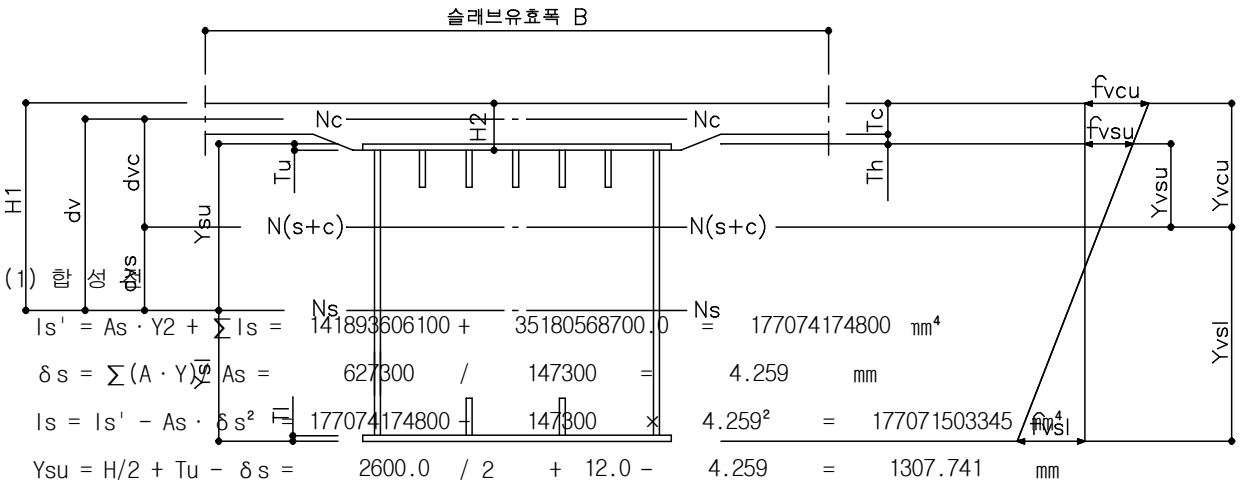
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 147300 ㎟ , Ac = 1537575.8 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y) / As = 627300 / 147300 = 4.259 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 177074174800 + 147300 × 4.259² = 177071503345 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 27.390 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -27.610 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 0.003 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 339497.0 ㎟

Ic/n = 1001025884 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1470.7 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 638.1 ㎜

dvs = dv - dvc = 832.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 763.1 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 513.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 475.1 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2150.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 358451532530 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.345 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.232 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 1.718 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -7.776 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 0.000 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.645 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.106 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 8.191 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -37.082 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 10.047 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 243398.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 890.1 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 580.7 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1015.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 765.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 727.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1898.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 303370098093 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 443395 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 443395 N

Mφ = Pφ · dc1 = 394649514 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.345 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.232 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.248 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.131 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 1.623 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 2.340 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211365.657 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1025.0 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 445.8 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1150.0 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 900.0 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 862.0 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1764.0 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 273980510084.7 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3632523 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3723170845 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.783 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.753 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 14.726 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 22.220 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4843364 N

Mvt = P1 · dvc = 3090652820 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.389 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.333 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 13.406 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 18.161 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 10.050 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	27.390	-27.610	148.183	190.000
1+2+3	1.989	1.338	10.800	10.800	37.299	-72.468	148.183	190.000
1+2+3+4	1.741	1.207	10.800	10.800	38.922	-70.128	170.410	190.000
1+2+3+4+5	-0.042	-0.547	1.890	1.890	53.648	-47.908	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.431	-1.880	2.174	2.174	67.054	-29.747	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.347	0.786	12.420	12.420	40.242	-66.068	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{67.054}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{10.050}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.121 + 0.008 = 0.130 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-72.468}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{10.050}{110.000}\right)^2$$

= 0.145 + 0.008 = 0.154 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/27.39) = 2.634 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/67.054) = 1.683 > 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 = 0.345 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.989 - 0.345 = 1.645 MPa

Σf = 1.3 ×0.345 + 2.15 ×1.645 + (-0.248) + (-1.783) + (1.389)

= 3.342 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.345 + 2.15 ×1.645 + (1.389)

= 5.374 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 27.390 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.718 MPa

합성후 활하중 응력 = 37.299 - 27.39 - 1.718 = 8.191 MPa

Σf = 1.3 × (27.39 + 1.718) + 2.15 × 8.191 + (1.623) + (14.726) + (13.406)

= 85.206 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (27.39 + 1.718) + 2.15 × 8.191 + (13.406)

= 68.856 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -27.610 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -7.776 MPa

합성후 활하중 응력 = -72.468 - -27.61 - -7.776 = -37.082 MPa

Σf = 1.3 × (-27.61 + -7.776) + 2.15 × -37.082 + (2.34) + (22.22) + (-18.161)

= -119.329 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

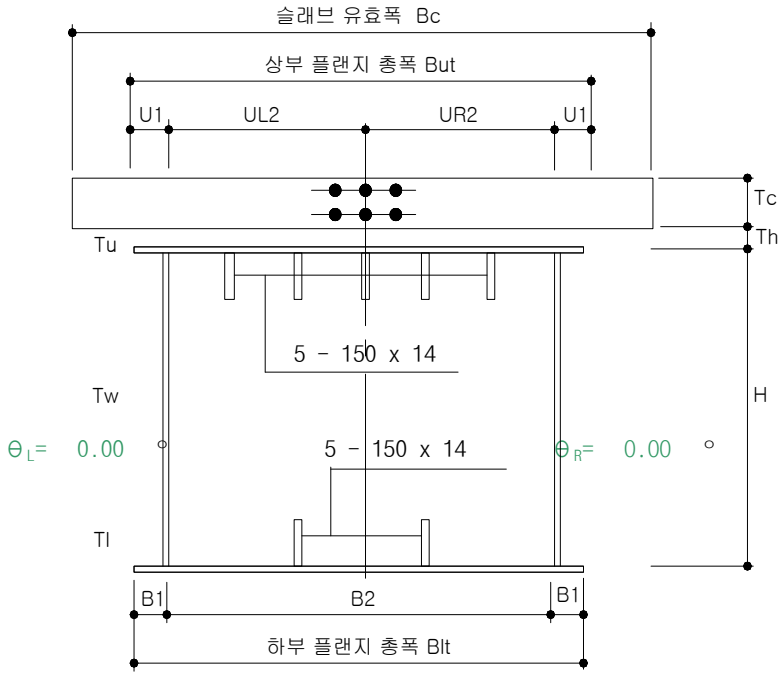
Σf = 1.3 × (-27.61 + -7.776) + 2.15 × -37.082 + (-18.161)

= -143.889 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 6 > : 절점 44 로 부터 이격 거리 2.497 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.010 m

Tl = 0.012 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-7432.471
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2209.798
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-5893.206
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1839.762
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	569.109
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	897.563
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-171.604
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-52.507
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-953.572
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

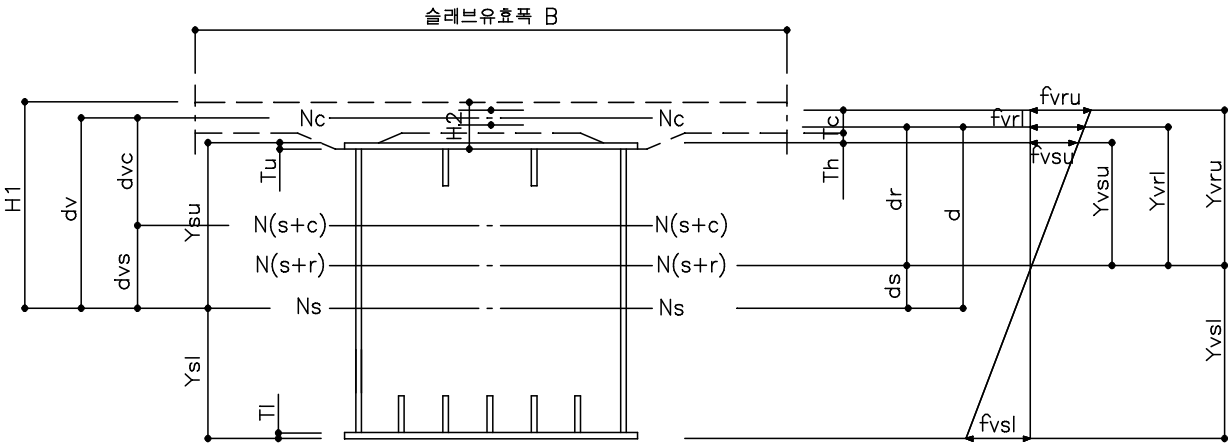
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	10.0	27000	1305.00	35235000	45981675000	225000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	12.0	32400	-1306.00	-42314400	55262606400	388800
강단면 합계			142800		-7079400	132757406400	35191988800
UPPER RE-BAR	-	-	24193	1540.00	37257821	57377043724	-
LOWER RE-BAR	-	-	24193	1390.00	33628812	46744048819	-
RE-BAR 합계			48387		70886633	104121092543	-
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477	1475.00	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 142800 mm² , Ac = 1562477 mm² , Ar = 48387 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 132757406400 + 35191988800 = 167949395200 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -7079400 / 142800 = -49.576 mm

Is = Is' - As · δs² = 167949395200 - 142800 × -49.576² = 167598429483 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 10.0 - -49.576 = 1359.576 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1359.576 - 2622.000 = -1262.424 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558832.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -60.293 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 55.985 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 30.574 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 191187 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1514.576 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1131.257 mm

ds = d - dr = 383.319 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1206.257 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1056.257 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 976.257 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1645.743 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 250503100455 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6598082.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -10.641 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -9.318 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -8.612 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 14.518 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 9.452 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -28.378 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -24.849 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -22.967 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 38.717 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 20.406 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 338109.633 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1524.576 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 643.902 mm

dvs = dv - dvc = 880.674 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 240454.817 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 905.407 mm K = -0.044

ds1 = dv - dc1 = 619.169 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 360346639176.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -771215 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -771215 N

Mφ = Pφ · dc1 = -698263114 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.886 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.904 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.914 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -4.236 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 207903.211 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1047.167 mm

ds2 = dv - dc2 = 477.409 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3865462391 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 18.489 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 18.590 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 18.645 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 20.425 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3169157632 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -0.128 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -0.045 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 25.200 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 26.660 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 60.431 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 148.183

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b }= 182.477 MPa

사용 tl = 12.0 mm

따라서, fca = 148.183 MPa

* RE-BAR의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD40 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	-60.293	55.985	190.000	148.183
1+2+3	-39.019	-34.167	160.000	-91.872	109.219	190.000	148.183
1+2+3+4	-42.905	-38.071	160.000	-95.786	104.984	190.000	148.183
1+2+3+4+5	-24.416	-19.481	160.000	-77.141	125.409	190.000	148.183
1+2+3+4+5+6	-24.544	-19.525	184.000	-51.941	152.068	218.500	170.411
1+2+3+4+5-6	-24.288	-19.436	184.000	-102.341	98.749	218.500	170.411

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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-95.786}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{60.431}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.254 + 0.302 = 0.556 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{152.068}{170.411}\right)^2 + \left(\frac{60.431}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.796 + 0.302 = 1.098 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 10 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 6) = 5.2 mm ≤ t = 10 mm O.K.

tmin = 10 mm ≤ t = 12 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 = 12 mm O.K.

tmin = b / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 12 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/55.985) = 1.842 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.118) = 7.5 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/152.068) = 1.118 < 1.2 ⇒ 1.118

(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 = -10.641 MPa

합성후 활하중 응력 = -39.019 - -10.641 = -28.378 MPa

Σf = 1.3 ×-10.641 + 2.15 ×-28.378 + (-3.886) + (18.489) + (-0.128)

= -60.371 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-10.641 + 2.15 ×-28.378 + (-0.128)

= -74.973 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -60.293 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -8.612 MPa

합성후 활하중 응력 = -91.872 - -60.293 - -8.612 = -22.967 MPa

Σf = 1.3 × (-60.293 + -8.612) + 2.15 × -22.967 + (-3.914) + (18.645) + (-25.2)

= -149.425 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-60.293 + -8.612) + 2.15 × -22.967 + (-25.2)

= -164.155 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 55.985 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 14.518 MPa

합성후 활하중 응력 = 109.219 - 55.985 - 14.518 = 38.717 MPa

Σf = 1.3 × (55.985 + 14.518) + 2.15 × 38.717 + (-4.236) + (20.425) + (26.66)

= 217.743 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

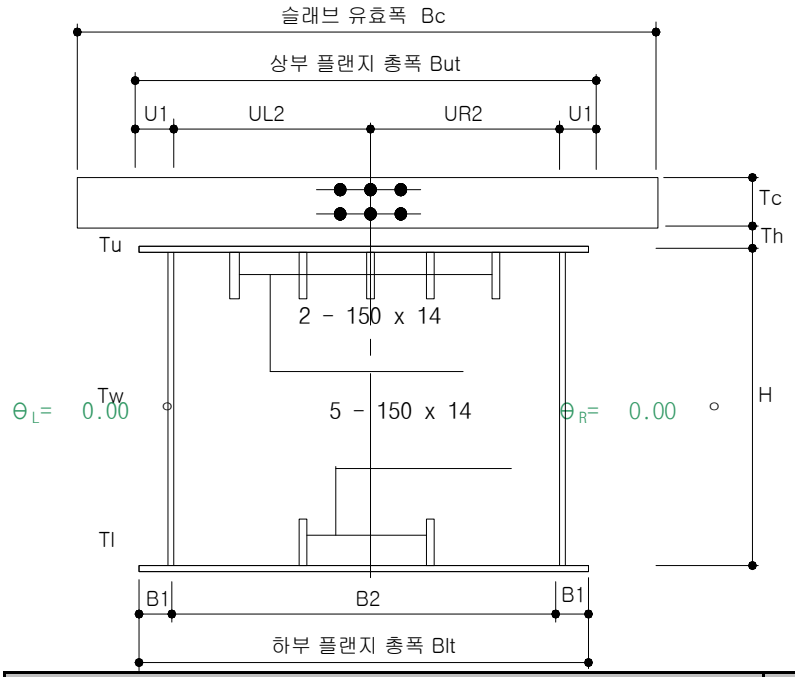
Σf = 1.3 × (55.985 + 14.518) + 2.15 × 38.717 + (26.66)

= 201.554 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 7 > : 절점 57 로 부터 이격 거리 4.370 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-13528.161
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-4092.093
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-7857.283
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-2102.354
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-644.748
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-1014.894
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	91.275
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	13.020
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	993.694
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

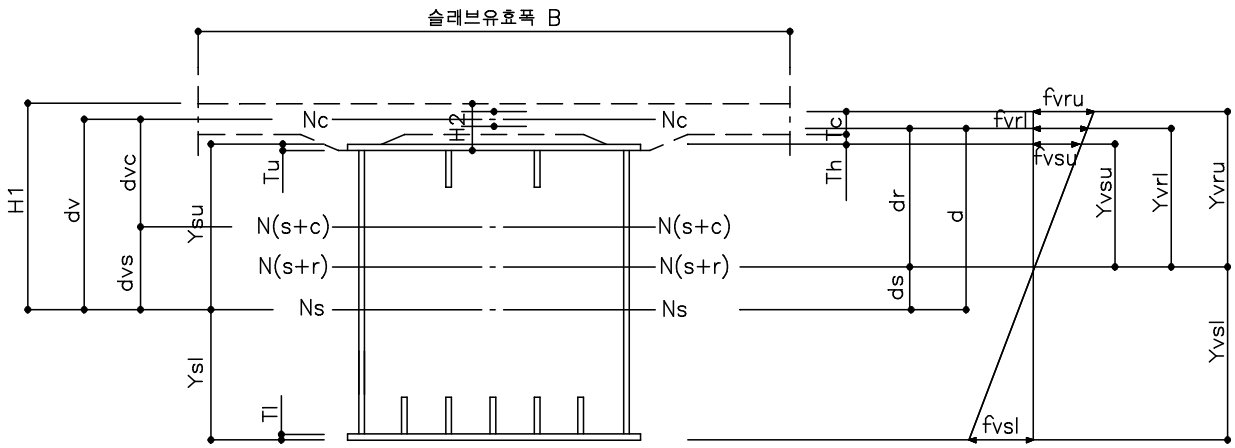
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			174301		-20548058	188891721673	35182899741
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573342	48622946372	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28498016	39612242657	-
RE-BAR 합계			41004		60071358	88235189029	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 174301 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 188891721673 + 35182899741 = 224074621414 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -20548058 / 174301 = -117.888 mm

Is = Is' - As · δs² = 224074621414 - 174301 × -117.888² = 221652247454 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -117.888 = 1435.888 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1435.888 - 2640.000 = -1204.112 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -87.637 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 73.491 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 34.269 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 215306 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1582.888 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1281.432 mm

ds = d - dr = 301.457 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1356.432 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1206.432 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1134.432 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1505.568 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 304823930568 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -18.209 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -16.196 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -15.229 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 20.211 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 10.414 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -34.964 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -31.098 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -29.242 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 38.808 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 22.518 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 339812.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1592.888 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 817.047 mm

dvs = dv - dvc = 775.842 mm

n1 = n · (1 + ϕ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 257056.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1080.082 mm K = -0.113

ds1 = dv - dc1 = 512.806 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 437920743526.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -1263640 N

Pϕ = Nc · 2 · ϕ1 / (2+ϕ1) = -1263640 N

Mϕ = Pϕ · dc1 = -1364835270 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + ϕ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvru/Irv = -5.183 MPa

fvrl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvrl/Irv = -5.259 MPa

fvsu1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsu / Irv = -5.295 MPa

fvsl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsl / Irv = -6.631 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 229471.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1209.921 mm

ds2 = dv - dc2 = 382.967 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3784820704 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 12.626 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 12.836 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 12.937 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 16.641 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3407798944 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -7.542 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -7.352 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 17.939 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 21.274 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 67.202 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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-87.637	73.491	190.000	190.000
1+2+3	-53.173	-47.293	160.000	-132.108	132.511	190.000	190.000
1+2+3+4	-58.356	-52.552	160.000	-137.403	125.880	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-45.730	-39.716	160.000	-124.466	142.521	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-53.272	-47.068	184.000	-106.527	163.795	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-38.189	-32.363	184.000	-142.404	121.247	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-137.403}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{67.202}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.523 + 0.373 = 0.896 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{142.521}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{67.202}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.563 + 0.373 = 0.936 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/73.491) = 1.608 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.077) = 7.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/163.795) = 1.077 < 1.2 ⇒ 1.077

(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 = -18.209 MPa

합성후 활하중 응력 = -53.173 - -18.209 = -34.964 MPa

Σf = 1.3 ×-18.209 + 2.15 ×-34.964 + (-5.183) + (12.626) + (-7.542)

= -98.943 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-18.209 + 2.15 ×-34.964 + (-7.542)

= -106.386 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -87.637 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -15.229 MPa

합성후 활하중 응력 = -132.108 - -87.637 - -15.229 = -29.242 MPa

Σf = 1.3 × (-87.637 + -15.229) + 2.15 × -29.242 + (-5.295) + (12.937) + (-17.939)

= -206.892 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-87.637 + -15.229) + 2.15 × -29.242 + (-17.939)

= -214.534 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 73.491 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 20.211 MPa

합성후 활하중 응력 = 132.511 - 73.491 - 20.211 = 38.808 MPa

Σf = 1.3 × (73.491 + 20.211) + 2.15 × 38.808 + (-6.631) + (16.641) + (21.274)

= 236.535 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

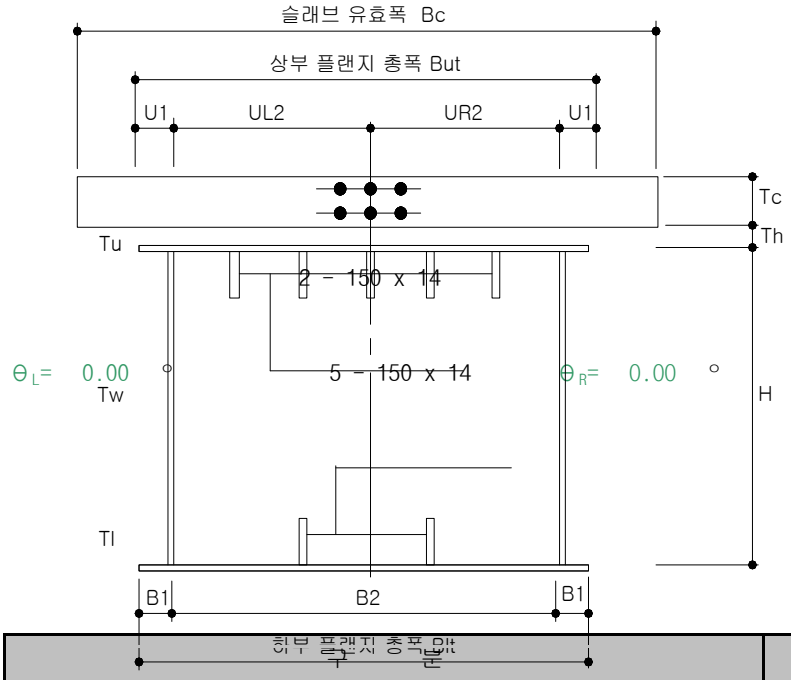
Σf = 1.3 × (73.491 + 20.211) + 2.15 × 38.808 + (21.274)

= 226.524 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 8 > : 절점 57 로 부터 이격 거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-23320.275
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-7084.785
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-11517.022
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-2388.864
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-726.480
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-1112.699
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	99.478
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	92.730
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	980.316
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

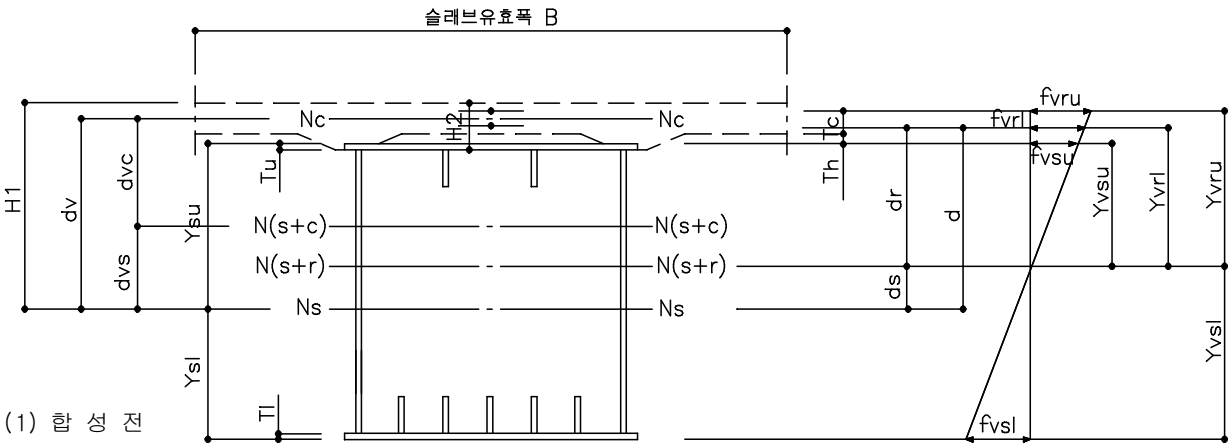
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2430.0	30.0	72901	1315.00	95864678	126062051955	5467567
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	32.0	77761	-1316.00	-102333418	134670777826	6635602
강단면 합계			227762		-14186240	282792017281	35191665669
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573342	48622946372	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28498016	39612242657	-
RE-BAR 합계			41004		60071358	88235189029	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 227762 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 282792017281 + 35191665669 = 317983682950 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -14186240 / 227762 = -62.285 mm

Is = Is' - As · δs² = 317983682950 - 227762 × -62.285² = 317100087256 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 30.0 - -62.285 = 1392.285 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1392.285 - 2662.000 = -1269.715 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6609072.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -102.392 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 93.378 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 38.910 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 268766 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1527.285 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1294.275 mm

ds = d - dr = 233.010 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1369.275 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1219.275 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1159.275 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1502.725 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 398154483903 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6648322.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -24.365 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -21.696 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -20.628 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 26.740 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 12.223 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -39.608 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -35.269 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -33.533 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 43.468 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 23.976 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 393272.745 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1537.285 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 890.311 mm

dvs = dv - dvc = 646.975 mm

n1 = n · (1 + ϕ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 310517.298 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1127.586 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 409.699 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 544490559270.7 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -1917364 N

Pϕ = Nc · 2 · ϕ1 / (2+ϕ1) = -1917364 N

Mϕ = Pϕ · dc1 = -2161992755 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + ϕ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvru/Irv = -5.573 MPa

fvrl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvrl/Irv = -5.744 MPa

fvsu1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsu / Irv = -5.812 MPa

fvsl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsl / Irv = -8.848 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 282932.150 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1237.523 mm

ds2 = dv - dc2 = 299.763 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3871164058 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 8.843 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 9.149 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 9.272 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 14.707 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3713374606 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -12.363 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -12.069 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 13.248 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 18.462 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 75.109 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 232.819

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-102.392	93.378	190.000	190.000
1+2+3	-63.973	-56.965	160.000	-156.553	163.585	190.000	190.000
1+2+3+4	-69.545	-62.708	160.000	-162.365	154.738	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-60.702	-53.559	160.000	-153.093	169.445	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-73.065	-65.628	184.000	-139.845	187.907	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-48.339	-41.489	184.000	-166.341	150.983	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-162.365}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{75.109}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.730 + 0.466 = 1.196 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{169.445}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{75.109}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.795 + 0.466 = 1.262 > 1.2 \quad \text{N.G.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 30 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 32 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/93.378) = 1.426 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.006) = 8.3 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/187.907) = 1.006 < 1.2 ⇒ 1.006

(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 = -24.365 MPa

합성후 활하중 응력 = -63.973 - -24.365 = -39.608 MPa

Σf = 1.3 ×-24.365 + 2.15 ×-39.608 + (-5.573) + (8.843) + (-12.363)

= -125.924 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-24.365 + 2.15 ×-39.608 + (-12.363)

= -129.194 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -102.392 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -20.628 MPa

합성후 활하중 응력 = -156.553 - -102.392 - -20.628 = -33.533 MPa

Σf = 1.3 × (-102.392 + -20.628) + 2.15 × -33.533 + (-5.812) + (9.272) + (-13.248)

= -241.811 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-102.392 + -20.628) + 2.15 × -33.533 + (-13.248)

= -245.271 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 93.378 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 26.740 MPa

합성후 활하중 응력 = 163.585 - 93.378 - 26.74 = 43.468 MPa

Σf = 1.3 × (93.378 + 26.74) + 2.15 × 43.468 + (-8.848) + (14.707) + (18.462)

= 273.930 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (93.378 + 26.74) + 2.15 × 43.468 + (18.462)

= 268.070 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< 단 면 - 9 > : 절점 47 로 부터 이격 거리 3.745 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 m

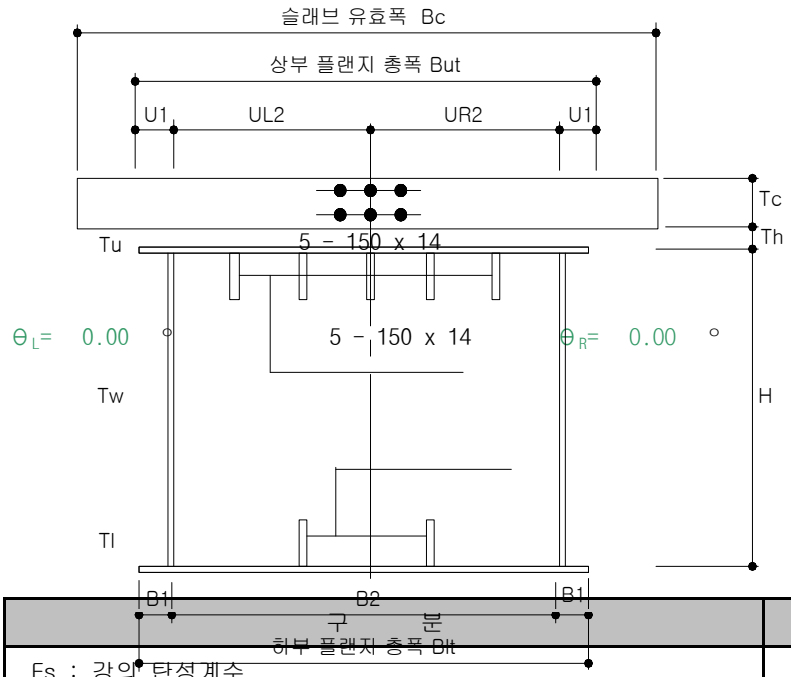
Tl = 0.022 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-8598.660
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2603.807
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-5669.590
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1352.956
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-421.232
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-844.486
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	2.791
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-11.736
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	913.734
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

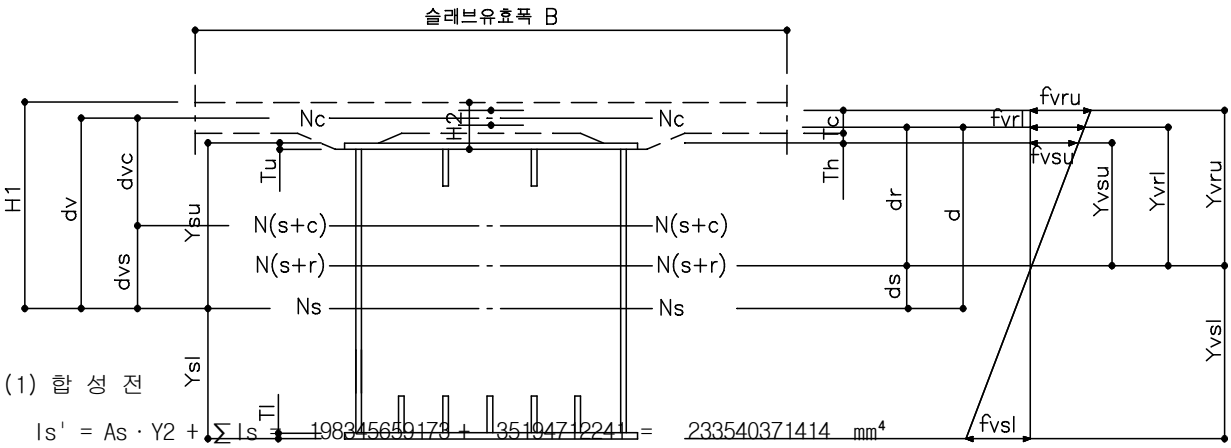
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.00	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			180601		-12830558	198345659173	35194712241
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573342	48622946372	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28498016	39612242657	-
RE-BAR 합계			41004		60071358	88235189029	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 180601 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 198345659173 + 35194712241 = 233540371414 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -12830558 / 180601 = -71.044 mm

Is = Is' - As · δs² = 233540371414 - 180601 × -71.044² = 232628842500 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -71.044 = 1389.044 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1389.044 - 2640.000 = -1250.956 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -51.343 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 46.239 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 21.700 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 221606 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1536.044 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1251.825 mm

ds = d - dr = 284.219 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1326.825 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1176.825 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1104.825 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1535.175 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 311474344765 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -11.092 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -9.838 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -9.236 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 12.833 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.824 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -24.151 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -21.421 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -20.110 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 27.944 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 19.284 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 346112.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1546.044 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 806.725 mm

dvs = dv - dvc = 739.318 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 263356.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1060.225 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 485.818 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 439921397407.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -790289 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -790289 N

Mφ = Pφ · dc1 = -837884107 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -2.817 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -2.901 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -2.942 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -4.433 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 235771.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1184.271 mm

ds2 = dv - dc2 = 361.773 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3704584011 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 10.802 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 11.177 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 11.356 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 17.950 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3364749289 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -9.389 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -9.049 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 16.315 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 22.304 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 47.660 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-51.343	46.239	190.000	190.000
1+2+3	-35.243	-31.259	160.000	-80.690	87.017	190.000	190.000
1+2+3+4	-38.060	-34.160	160.000	-83.632	82.583	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-27.258	-22.984	160.000	-72.275	100.533	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-36.647	-32.032	184.000	-55.961	122.837	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-17.869	-13.935	184.000	-88.590	78.230	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-83.632}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{47.660}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.194 + 0.188 = 0.381 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{122.837}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{47.660}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.316 + 0.188 = 0.504 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 6) = 5.2 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/46.239) = 2.027 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/122.837) = 1.244 > 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 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -11.092 MPa

합성후 활하중 응력 = -35.243 - -11.092 = -24.151 MPa

Σf = 1.3 ×-11.092 + 2.15 ×-24.151 + (-2.817) + (10.802) + (-9.389)

= -67.748 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-11.092 + 2.15 ×-24.151 + (-9.389)

= -75.734 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -51.343 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -9.236 MPa

합성후 활하중 응력 = -80.69 - -51.343 - -9.236 = -20.111 MPa

Σf = 1.3 × (-51.343 + -9.236) + 2.15 × -20.111 + (-2.942) + (11.356) + (-16.315)

= -129.891 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-51.343 + -9.236) + 2.15 × -20.111 + (-16.315)

= -138.305 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 46.239 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 12.833 MPa

합성후 활하중 응력 = 87.017 - 46.239 - 12.833 = 27.944 MPa

Σf = 1.3 × (46.239 + 12.833) + 2.15 × 27.944 + (-4.433) + (17.95) + (22.304)

= 172.694 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (46.239 + 12.833) + 2.15 × 27.944 + (22.304)

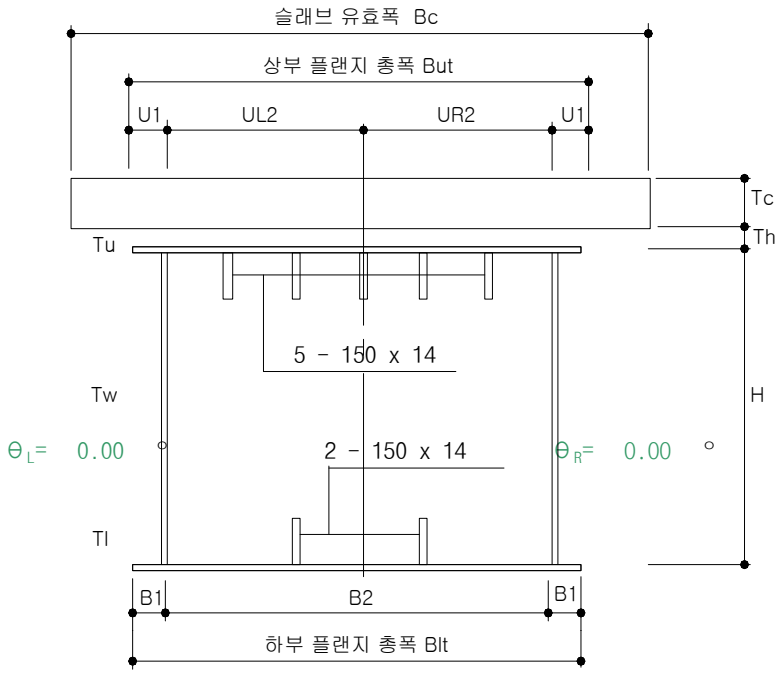
= 159.178 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

4.8 SPLICE부의 응력검토

< S P L I C E - 1 > : 절점 36 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

Tl = 0.010 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	9499.871
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	2975.623
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	4676.863
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-989.807
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-307.401
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-627.603
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	151.595
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	64.576
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	887.588

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

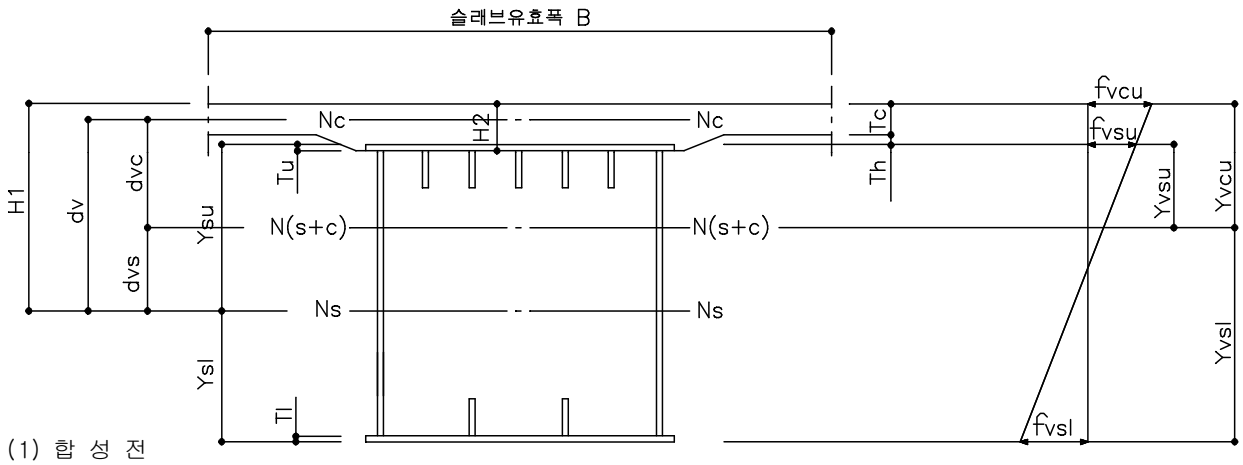
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1305.0	-35235000	45981675000	225000
강단면 합계			136500		14796900	1.23303E+11	35180176300
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 136500 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 123303468900 + 35180176300.0 = 158483645200 ㎟

δs = ∑(A · Y)/ As = 14796900 / 136500 = 108.402 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 158483645200 - 136500 × 108.402² = 156879628719 ㎟

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - 108.402 = 1203.598 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1203.598 - 2622.000 = -1418.402 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558832.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 72.884 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -85.892 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 16.825 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 331809.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎟

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1366.6 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 562.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 804.4 mm

Yvcu = dvc + Tc/2 = 687.2 mm

Yvcl = Yvcu - Tc = 437.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 399.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2222.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 307951275522 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6598082.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.830 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.528 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 3.857 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -21.478 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 5.334 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.305 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.830 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 6.063 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -33.758 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 15.663 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 234154.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 796.7 mm K = 0.831

ds1 = dv - dc1 = 569.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 921.7 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 671.7 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 633.7 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1988.3 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 263705724106 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1060972 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1060972 N

Mφ = Pφ · dc1 = 845228664 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.830 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.528 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.393 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.133 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 6.219 MPa

fvsl1=Pϕ/Av1 + k*Mϕ · Yv1sl/Iv1 = -0.765 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 201603.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 925.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 441.3 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1050.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 800.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 762.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1859.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 239541302870.9 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3415555861 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.081 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.204 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 27.342 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = -3.726 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 2766996335 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.504 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.738 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 17.814 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = -1.764 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 37.822 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)

$$tu \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	72.884	-85.892	148.183	190.000
1+2+3	2.135	1.358	10.800	10.800	82.804	-141.128	148.183	190.000
1+2+3+4	1.741	1.225	10.800	10.800	89.023	-141.893	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.660	0.020	10.800	10.800	116.365	-145.618	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.156	-0.717	12.420	2.174	134.179	-147.382	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.165	0.758	12.420	12.420	98.551	-143.855	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 \text{ ###### } \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{134.179}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{37.822}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.485 + 0.118 = 0.603 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 \text{######} \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-145.618}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{37.822}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.587 + 0.118 = 0.706 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm > t = 10 mm N.G.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/72.884) = 1.615 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.190) = 3.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/134.179) = 1.190 < 1.2 ⇒ 1.190

(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 = 0.830 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.135 - 0.83 = 1.305 MPa

Σf = 1.3 ×0.83 + 2.15 ×1.305 + (-0.393) + (-1.081) + (0.504)

= 2.914 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.83 + 2.15 ×1.305 + (0.504)

= 4.388 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 72.884 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 3.857 MPa

합성후 활하중 응력 = 82.804 - 72.884 - 3.857 = 6.063 MPa

Σf = 1.3 × (72.884 + 3.857) + 2.15 × 6.063 + (6.219) + (27.342) + (17.814)

= 164.173 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (72.884 + 3.857) + 2.15 × 6.063 + (17.814)

= 130.612 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -85.892 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -21.478 MPa

합성후 활하중 응력 = -141.128 - -85.892 - -21.478 = -33.757 MPa

Σf = 1.3 × (-85.892 + -21.478) + 2.15 × -33.757 + (-0.765) + (-3.726) + (-1.764)

= -218.414 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

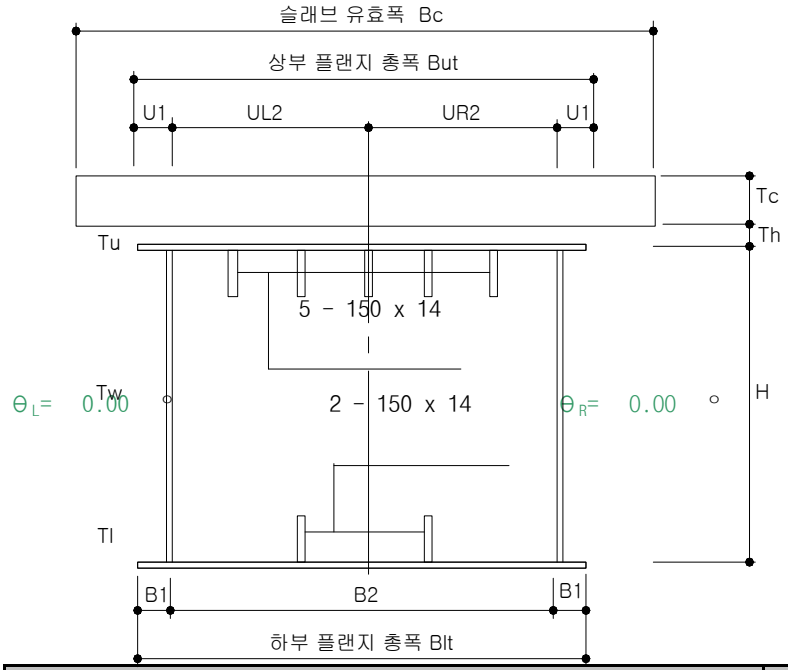
Σf = 1.3 × (-85.892 + -21.478) + 2.15 × -33.757 + (-1.764)

= -213.923 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 2 > : 절점 38 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	15430.903
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	4797.063
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	7715.011
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-353.934
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-108.523
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-450.905
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	68.356
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	46.180
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	603.787

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

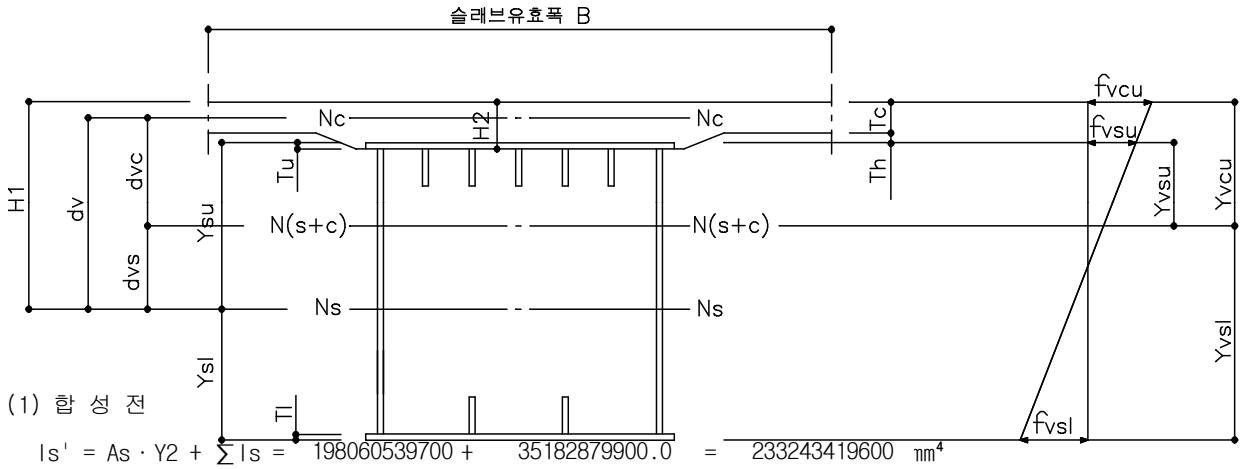
단 면 제 원

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	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 179700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -13650300 / 179700 = -75.962 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 233243419600 - 179700 × -75.962² = 232206520935 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 92.501 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -82.803 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 6.105 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 375009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1551.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 743.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 807.8 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 868.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 618.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 584.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 458352741620 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.136 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.809 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 6.114 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -21.495 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.030 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.827 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.301 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 9.833 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.570 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 11.027 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 277354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 mm K = 0.636

ds1 = dv - dc1 = 546.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1129.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 879.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 384912852370 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1519169 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1519169 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1526579279 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.136 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.809 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.615 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.328 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 7.611 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 0.957 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1138.5 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 412.5 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1263.5 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1013.5 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 979.5 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1658.5 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 347502612577.0 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 4202594437 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.329 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.409 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 22.613 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 2.322 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3657892215 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.809 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.967 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 16.090 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 2.700 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 19.162 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 × (0.0 / 6)² + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ 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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

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	92.501	-82.803	182.038	190.000
1+2+3	2.963	2.109	10.800	10.800	108.448	-138.868	182.038	190.000
1+2+3+4	2.347	1.782	10.800	10.800	116.059	-137.911	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.018	0.372	10.800	10.800	138.672	-135.589	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.209	-0.595	12.420	2.174	154.761	-132.888	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.826	1.340	12.420	12.420	122.582	-138.289	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{138.672}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{19.162}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.439 + 0.030 = 0.469 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-138.868}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{19.162}{110.000}\right)^2$$

= 0.534 + 0.030 = 0.565 < 1.2 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 / (48·i·n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 22 mm O.K.

tmin = b / (80·n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/92.501) = 1.433 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.108) = 4.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/154.761) = 1.108 < 1.2 ⇒ 1.108

(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 = 1.136 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.963 - 1.136 = 1.827 MPa

Σf = 1.3 ×1.136 + 2.15 ×1.827 + (-0.615) + (-1.329) + (0.809)

= 4.268 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.136 + 2.15 ×1.827 + (0.809)

= 6.213 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 92.501 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 6.114 MPa

합성후 활하중 응력 = 108.448 - 92.501 - 6.114 = 9.833 MPa

Σf = 1.3 × (92.501 + 6.114) + 2.15 × 9.833 + (7.611) + (22.613) + (16.09)

= 195.654 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (92.501 + 6.114) + 2.15 × 9.833 + (16.09)

= 165.430 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -82.803 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -21.495 MPa

합성후 활하중 응력 = -138.868 - -82.803 - -21.495 = -34.570 MPa

Σf = 1.3 × (-82.803 + -21.495) + 2.15 × -34.57 + (0.957) + (2.322) + (-2.7)

= -209.334 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

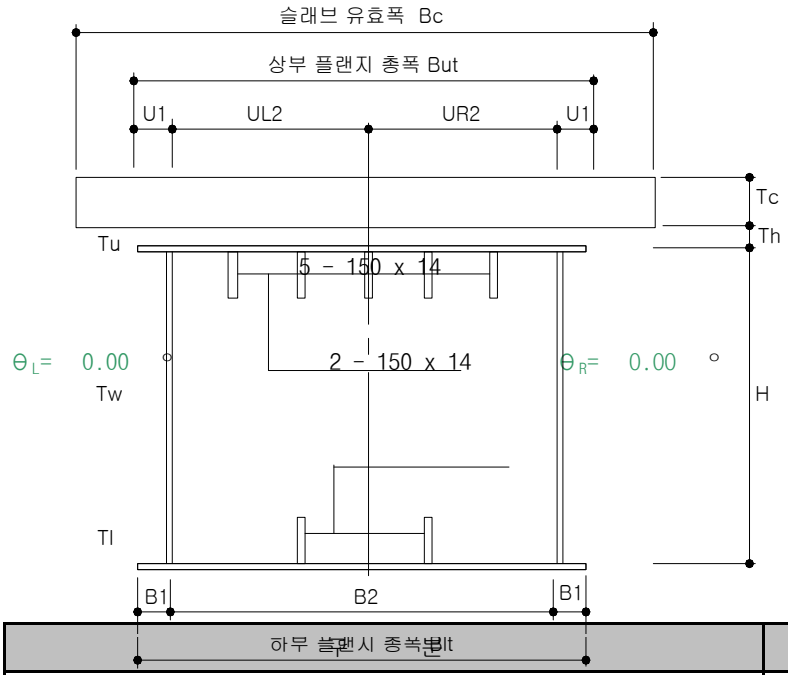
Σf = 1.3 × (-82.803 + -21.495) + 2.15 × -34.57 + (-2.7)

= -212.613 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 3 > : 절점 40 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 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

	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	14877.737
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	4639.282
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	8557.079
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	452.559
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	136.650
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	454.277
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-76.662
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-20.106
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-516.129

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

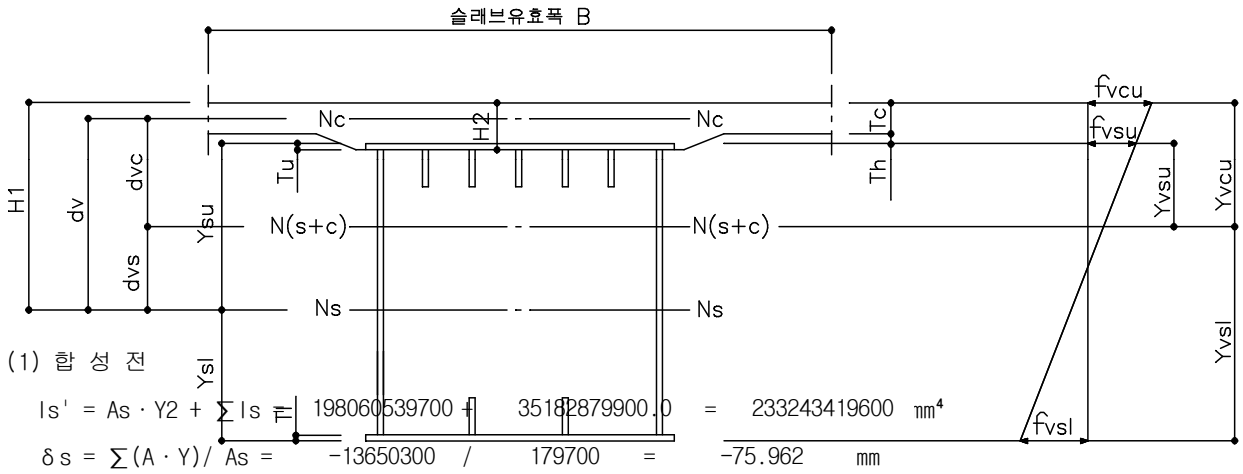
단 면 제 원

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	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 179700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 ㎟

δs = ∑(A · Y)/ As = -13650300 / 179700 = -75.962 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 233243419600 - 179700 × -75.962² = 232206520935 ㎟

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 89.185 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -79.835 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 7.738 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 375009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎟

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1551.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 743.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 807.8 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 868.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 618.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 584.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 458352741620 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.098 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.782 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 5.913 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -20.788 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.316 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.026 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.443 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.907 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -38.343 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 10.530 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 277354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 mm K = 0.387

ds1 = dv - dc1 = 546.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1129.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 879.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 384912852370 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1469201 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1469201 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1476368305 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.098 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.782 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.663 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.369 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 6.553 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 2.637 MPa

(5) 건 조 수 축

$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$

$Av2 = As + Ac/n2 = 244803.211 \ mm^2$

$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1138.5 \ mm$

$ds2 = dv - dc2 = 412.5 \ mm$

$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1263.5 \ mm$

$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1013.5 \ mm$

$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 979.5 \ mm$

$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1658.5 \ mm$

$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 347502612577.0 \ mm^4$

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n2 = 3691352 \ N$

$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 4202594437 \ N \cdot mm$

$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \ MPa$

$fvcu2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s = -1.488 \ MPa$

$fvcl2=1/n2 \cdot (P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \varepsilon s = -1.537 \ MPa$

$fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 19.663 \ MPa$

$fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 7.317 \ MPa$

(6) 온 도 차

$\varepsilon t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$

$P1 = Es \cdot \varepsilon t \cdot Ac/n = 4921803 \ N$

$Mvt = P1 \cdot dvc = 3657892215 \ N \cdot mm$

$fcut=1/n \cdot (P1/Av + k*Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t = -1.024 \ MPa$

$fclt=1/n \cdot (P1/Av + K*Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \varepsilon t = -1.121 \ MPa$

$fsut=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.929 \ MPa$

$fslt=P1/Av + K*Mvt \cdot Yvsl/Iv = 6.781 \ MPa$

(7) 전단 및 비틀림

$\upsilon = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw))$ 20.584 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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

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	89.185	-79.835	182.038	190.000
1+2+3	3.125	2.225	10.800	10.800	106.004	-138.966	182.038	190.000
1+2+3+4	2.462	1.855	10.800	10.800	112.557	-136.329	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.974	0.319	10.800	10.800	132.220	-129.012	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.050	-0.802	2.174	2.174	147.149	-122.231	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.998	1.440	12.420	12.420	117.291	-135.793	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.220}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{20.584}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.399 + 0.035 = 0.434 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-138.966}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{20.584}{110.000}\right)^2$$

= 0.535 + 0.035 = 0.570 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 22 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/89.185) = 1.460 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.136) = 4.7 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/147.149) = 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 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 1.098 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.125 - 1.098 = 2.026 MPa

Σf = 1.3 ×1.098 + 2.15 ×2.026 + (-0.663) + (-1.488) + (1.024)

= 4.658 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.098 + 2.15 ×2.026 + (1.024)

= 6.808 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 89.185 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 5.913 MPa

합성후 활하중 응력 = 106.004 - 89.185 - 5.913 = 10.906 MPa

Σf = 1.3 × (89.185 + 5.913) + 2.15 × 10.906 + (6.553) + (19.663) + (14.929)

= 188.220 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (89.185 + 5.913) + 2.15 × 10.906 + (14.929)

= 162.004 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -79.835 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -20.788 MPa

합성후 활하중 응력 = -138.966 - -79.835 - -20.788 = -38.343 MPa

Σf = 1.3 × (-79.835 + -20.788) + 2.15 × -38.343 + (2.637) + (7.317) + (-6.781)

= -210.075 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-79.835 + -20.788) + 2.15 × -38.343 + (-6.781)

= -220.028 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 4 > : 절점 42 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

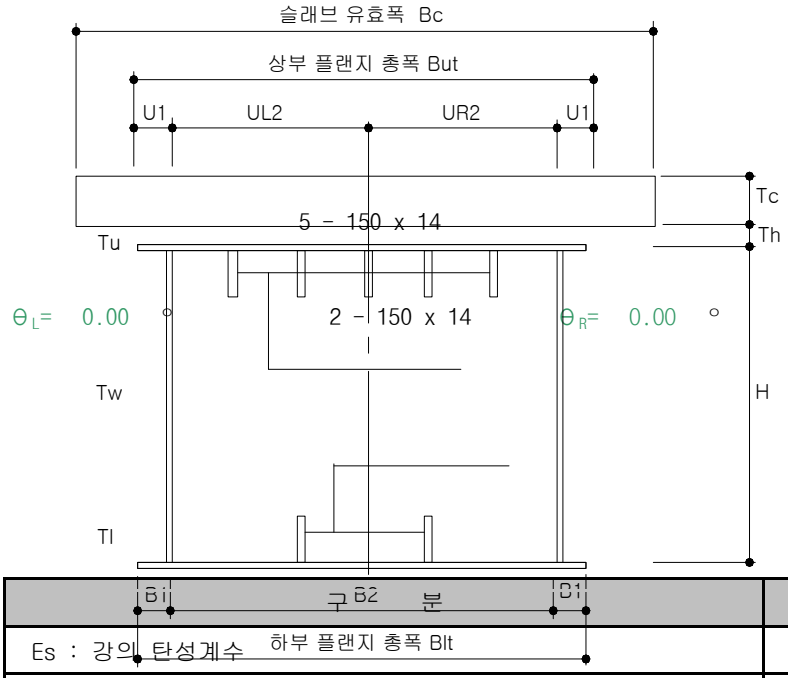
Tl = 0.016 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	6662.075
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	2141.914
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	6590.079
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1169.352
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	358.843
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	654.042
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-179.079
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-51.924
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-730.803

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

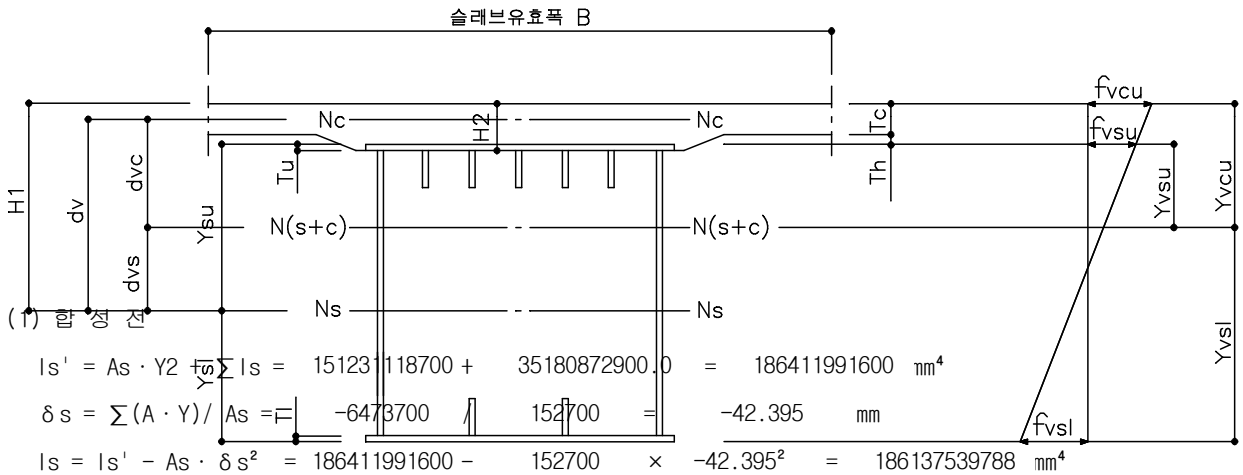
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	16.0	43200	-1308.0	-56505600	73909324800	921600
강단면 합계			152700		-6473700	1.51231E+11	35180872900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 152700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 151231118700 + 35180872900.0 = 186411991600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -6473700 / 152700 = -42.395 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 186411991600 - 152700 × -42.395² = 186137539788 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -42.395 = 1354.395 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1354.395 - 2628.000 = -1273.605 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6566368.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 48.475 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -45.584 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 19.876 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 348009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1517.4 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 665.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 851.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 790.8 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 540.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 502.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 384473670789 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6605618.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.551 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.377 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.801 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -11.840 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.078 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.694 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.159 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 8.618 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -36.427 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 15.091 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 250354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 925.5 mm K = 0.164

ds1 = dv - dc1 = 591.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1050.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 800.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 762.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1865.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 323789267379 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 724445 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 724445 N

Mφ = Pφ · dc1 = 670482091 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.551 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.377 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.348 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.179 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 3.153 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 2.260 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 217803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1063.8 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 453.6 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1188.8 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 938.8 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 900.8 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1727.2 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 291569767607.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3926981405 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.547 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.570 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 18.938 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 13.133 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3276955879 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.094 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.138 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 14.846 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 11.172 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 41.045 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	48.475	-45.584	148.183	190.000
1+2+3	2.245	1.535	10.800	10.800	59.895	-93.850	148.183	190.000
1+2+3+4	1.898	1.357	10.800	10.800	63.047	-91.590	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.351	-0.213	10.800	1.890	81.985	-78.457	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.743	-1.351	2.174	2.174	96.831	-67.285	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.445	0.924	12.420	12.420	67.140	-89.629	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{96.831}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{41.045}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.253 + 0.139 = 0.392 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-93.850}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{41.045}{110.000}\right)^2$$

= 0.244 + 0.139 = 0.383 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 16 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 16 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/48.475) = 1.980 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/96.831) = 1.401 > 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 = 0.551 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.245 - 0.551 = 1.694 MPa

Σf = 1.3 ×0.551 + 2.15 ×1.694 + (-0.348) + (-1.547) + (1.094)

= 3.558 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.551 + 2.15 ×1.694 + (1.094)

= 5.453 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 48.475 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.801 MPa

합성후 활하중 응력 = 59.895 - 48.475 - 2.801 = 8.619 MPa

Σf = 1.3 × (48.475 + 2.801) + 2.15 × 8.619 + (3.153) + (18.938) + (14.846)

= 122.125 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (48.475 + 2.801) + 2.15 × 8.619 + (14.846)

= 100.035 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -45.584 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -11.840 MPa

합성후 활하중 응력 = -93.85 - -45.584 - -11.84 = -36.427 MPa

Σf = 1.3 × (-45.584 + -11.84) + 2.15 × -36.427 + (2.26) + (13.133) + (-11.172)

= -148.747 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-45.584 + -11.84) + 2.15 × -36.427 + (-11.172)

= -164.140 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 7 > : 절점 50 로 부터 이격 거리 0.624 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.150 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

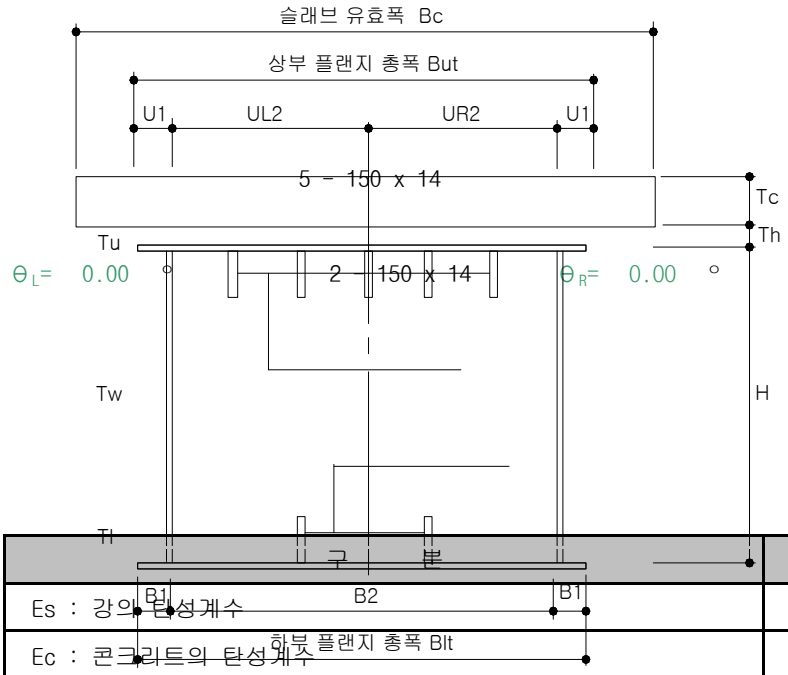
Tl = 0.014 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	2072.180
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	773.855
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	5844.351
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-456.955
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-146.146
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-552.771
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	34.593
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	40.788
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	521.878

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

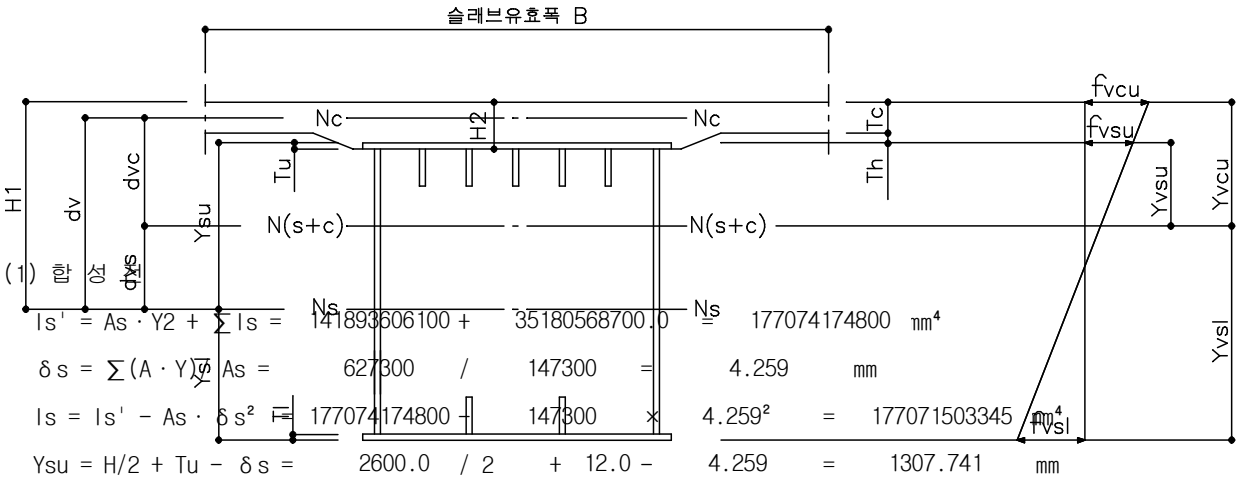
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 147300 ㎟ , Ac = 1537575.8 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y) / As = 627300 / 147300 = 4.259 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 177074174800 - 147300 × 4.259² = 177071503345 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 15.304 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -15.427 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 7.543 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 339497.0 ㎟

Ic/n = 1001025884 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1470.7 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 638.1 ㎜

dvs = dv - dvc = 832.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 763.1 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 513.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 475.1 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2150.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 358451532530 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.206 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.138 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 1.026 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -4.643 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.599 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.555 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.046 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 7.747 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -35.069 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 12.152 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 243398.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 890.1 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 580.7 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1015.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 765.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 727.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1898.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 303370098093 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 264776 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 264776 N

Mφ = Pφ · dc1 = 235667671 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.206 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.138 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.148 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.078 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 0.969 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 1.398 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211365.657 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1025.0 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 445.8 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1150.0 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 900.0 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 862.0 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1764.0 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 273980510084.7 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3632523 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3723170845 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.783 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.753 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 14.726 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 22.220 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4843364 N

Mvt = P1 · dvc = 3090652820 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.389 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.333 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 13.406 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 18.161 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 22.294 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	15.304	-15.427	148.183	190.000
1+2+3	1.761	1.184	10.800	10.800	24.076	-55.139	148.183	190.000
1+2+3+4	1.613	1.106	10.800	10.800	25.045	-53.742	170.410	190.000
1+2+3+4+5	-0.170	-0.647	1.890	1.890	39.772	-31.522	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.560	-1.980	2.174	2.174	53.178	-13.361	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.219	0.685	12.420	12.420	26.366	-49.682	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{53.178}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{22.294}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.076 + 0.041 = 0.117 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-55.139}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{22.294}{110.000}\right)^2$$

= 0.084 + 0.041 = 0.125 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/15.304) = 3.524 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/53.178) = 1.890 > 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 = 0.206 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.761 - 0.206 = 1.555 MPa

Σf = 1.3 ×0.206 + 2.15 ×1.555 + (-0.148) + (-1.783) + (1.389)

= 3.070 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.206 + 2.15 ×1.555 + (1.389)

= 5.001 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 15.304 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.026 MPa

합성후 활하중 응력 = 24.076 - 15.304 - 1.026 = 7.746 MPa

Σf = 1.3 × (15.304 + 1.026) + 2.15 × 7.746 + (0.969) + (14.726) + (13.406)

= 66.985 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (15.304 + 1.026) + 2.15 × 7.746 + (13.406)

= 51.289 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -15.427 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -4.643 MPa

합성후 활하중 응력 = -55.139 - -15.427 - -4.643 = -35.069 MPa

Σf = 1.3 × (-15.427 + -4.643) + 2.15 × -35.069 + (1.398) + (22.22) + (-18.161)

= -96.033 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-15.427 + -4.643) + 2.15 × -35.069 + (-18.161)

= -119.650 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 8 > : 절점 52 로 부터 이격 거리 4.370 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.150 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

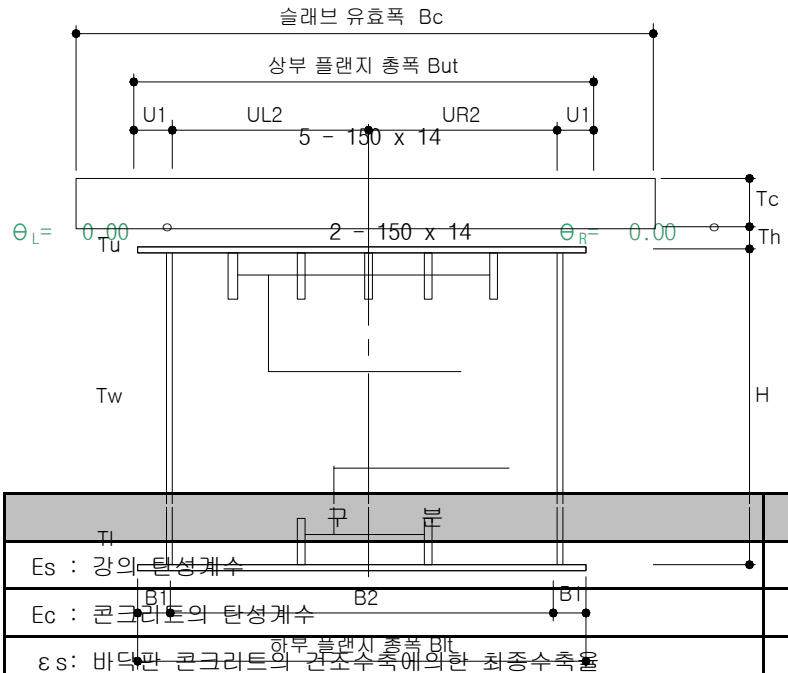
Tl = 0.014 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	2072.479
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	773.933
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	5843.652
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	456.923
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	146.140
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	552.795
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-33.734
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-40.761
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-522.517

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

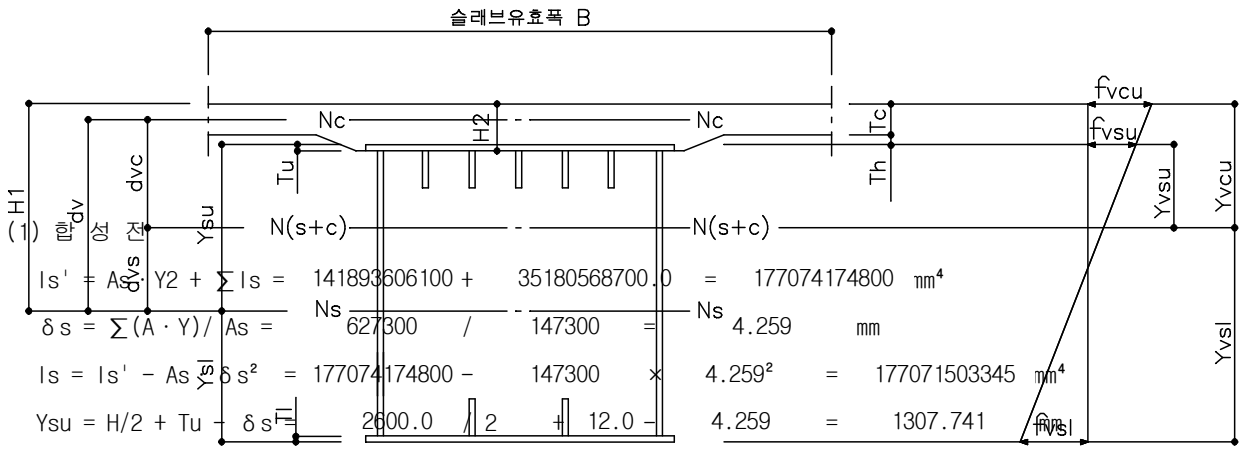
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	14.0	37800	-1307.0	-49404600	64571812200	617400
강단면 합계			147300		627300	1.41894E+11	35180568700
1 - RC SLAB	6150.3	250.0	1537575.8	1475.0	2267924242	3345188257411	8008207070

* As = 147300 ㎟ , Ac = 1537575.8 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 141893606100 + 35180568700.0 = 177074174800 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y) / As = 627300 / 147300 = 4.259 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 177074174800 - 147300 × 4.259² = 177071503345 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs - Tl = 2600.0 / 2 + 12.0 - 4.259 = 1307.741 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1307.741 - 2626.000 = -1318.259 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6563856.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 15.306 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -15.429 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 7.537 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 339497.0 ㎟

Ic/n = 1001025884 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1470.7 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 638.1 ㎜

dvs = dv - dvc = 832.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 763.1 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 513.1 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 475.1 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2150.9 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 358451532530 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6603106.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.206 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.138 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 1.026 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -4.644 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.599 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.555 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.046 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 7.746 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -35.065 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 12.156 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 243398.5 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 890.1 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 580.7 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1015.1 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 765.1 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 727.1 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1898.9 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 303370098093 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 264803 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 264803 N

Mφ = Pφ · dc1 = 235691425 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.206 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.138 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.148 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.078 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 0.969 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 1.398 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 211365.657 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1025.0 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 445.8 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1150.0 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 900.0 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 862.0 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1764.0 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 273980510084.7 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3632523 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3723170845 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.783 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.753 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 14.726 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 22.220 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4843364 N

Mvt = P1 · dvc = 3090652820 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.389 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.333 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 13.406 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 18.161 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 22.292 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	15.306	-15.429	148.183	190.000
1+2+3	1.761	1.184	10.800	10.800	24.078	-55.138	148.183	190.000
1+2+3+4	1.613	1.106	10.800	10.800	25.047	-53.740	170.410	190.000
1+2+3+4+5	-0.170	-0.648	1.890	1.890	39.773	-31.520	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-1.560	-1.980	2.174	2.174	53.179	-13.359	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.219	0.685	12.420	12.420	26.367	-49.681	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{53.179}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{22.292}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.076 + 0.041 = 0.117 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-55.138}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{22.292}{110.000}\right)^2$$

= 0.084 + 0.041 = 0.125 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 14 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/15.306) = 3.523 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.6 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/53.179) = 1.890 > 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 = 0.206 MPa

합성후 활하중 응력 = 1.761 - 0.206 = 1.555 MPa

Σf = 1.3 ×0.206 + 2.15 ×1.555 + (-0.148) + (-1.783) + (1.389)

= 3.069 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.206 + 2.15 ×1.555 + (1.389)

= 5.001 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 15.306 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 1.026 MPa

합성후 활하중 응력 = 24.078 - 15.306 - 1.026 = 7.746 MPa

Σf = 1.3 × (15.306 + 1.026) + 2.15 × 7.746 + (0.969) + (14.726) + (13.406)

= 66.986 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (15.306 + 1.026) + 2.15 × 7.746 + (13.406)

= 51.291 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -15.429 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -4.644 MPa

합성후 활하중 응력 = -55.138 - -15.429 - -4.644 = -35.065 MPa

Σf = 1.3 × (-15.429 + -4.644) + 2.15 × -35.065 + (1.398) + (22.22) + (-18.161)

= -96.027 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-15.429 + -4.644) + 2.15 × -35.065 + (-18.161)

= -119.645 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 11 > : 절점 60 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

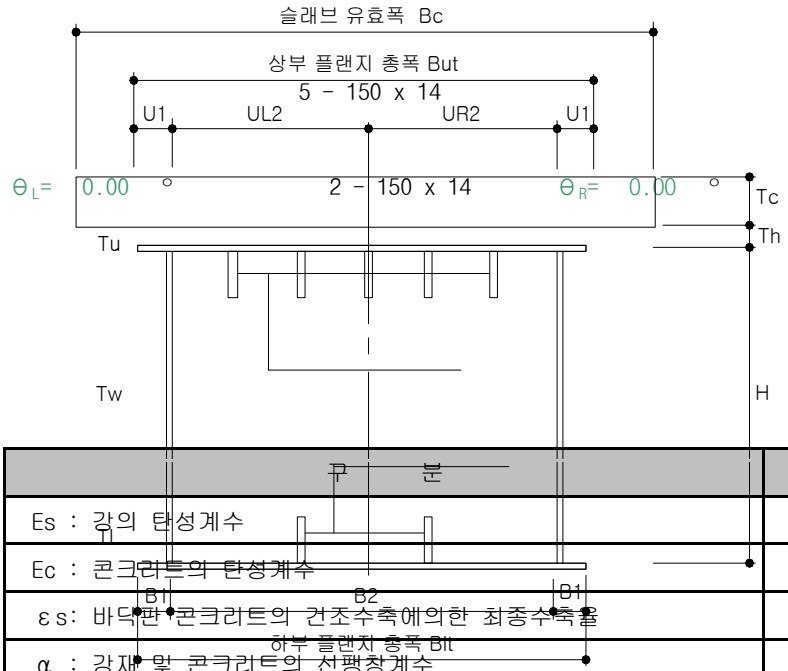
Tl = 0.016 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축률		0.00027
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	6661.374
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	2141.845
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	6589.880
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1169.400
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-358.856
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-654.048
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	179.427
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	52.212
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	730.858

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

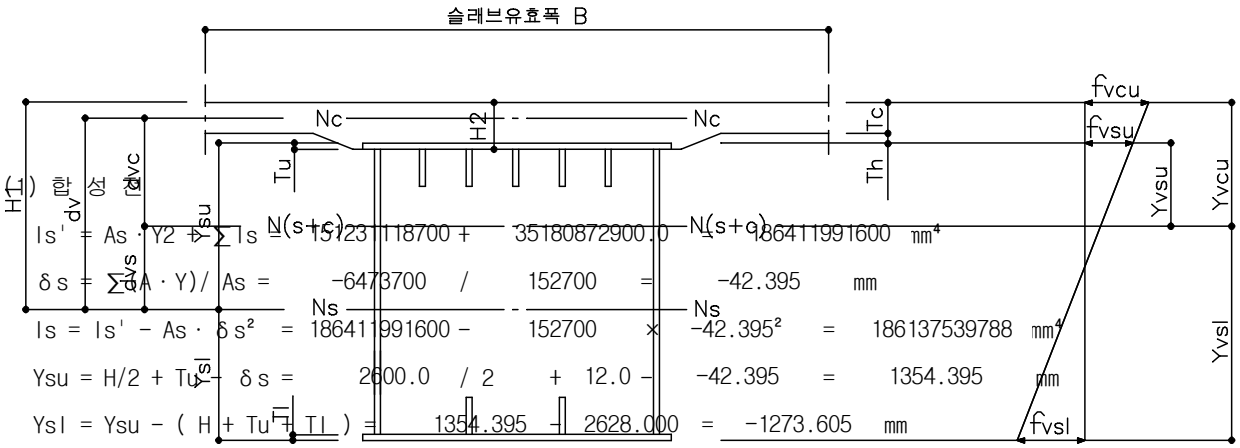
단 면 제 원

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	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	16.0	43200	-1308.0	-56505600	73909324800	921600
강단면 합계			152700		-6473700	1.51231E+11	35180872900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 152700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑ Is = 15123118700 + 35180872900.0 = 186411991600 ㎜⁴

δs = ∑(dA · Y) / As = -6473700 / 152700 = -42.395 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 186411991600 - 152700 × -42.395² = 186137539788 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - -42.395 = 1354.395 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1354.395 - 2628.000 = -1273.605 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6566368.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 48.470 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -45.579 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 19.879 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 348009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1517.4 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 665.8 ㎜

dvs = dv - dvc = 851.6 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 790.8 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 540.8 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 502.8 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2125.2 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 384473670789 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6605618.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.551 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.377 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 2.801 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -11.839 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.080 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.694 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.159 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 8.618 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -36.426 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 15.092 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 250354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 925.5 mm K = 0.164

ds1 = dv - dc1 = 591.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1050.5 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 800.5 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 762.5 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1865.5 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 323789267379 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 724422 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 724422 N

Mφ = Pφ · dc1 = 670460492 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.551 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.377 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.348 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.179 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 3.153 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 2.260 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 217803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1063.8 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 453.6 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1188.8 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 938.8 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 900.8 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1727.2 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 291569767607.3 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3926981405 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.547 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.570 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 18.938 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 13.133 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3276955879 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.094 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.138 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 14.846 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 11.172 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 41.051 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	48.470	-45.579	148.183	190.000
1+2+3	2.245	1.535	10.800	10.800	59.889	-93.844	148.183	190.000
1+2+3+4	1.897	1.357	10.800	10.800	63.042	-91.584	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.351	-0.213	10.800	1.890	81.980	-78.451	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.743	-1.351	2.174	2.174	96.825	-67.279	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.445	0.924	12.420	12.420	67.134	-89.623	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{96.825}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{41.051}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.253 + 0.139 = 0.392 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-93.844}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{41.051}{110.000}\right)^2$$

= 0.244 + 0.139 = 0.383 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 16 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 16 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/48.47) = 1.980 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.200) = 3.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/96.825) = 1.401 > 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 = 0.551 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.245 - 0.551 = 1.694 MPa

Σf = 1.3 ×0.551 + 2.15 ×1.694 + (-0.348) + (-1.547) + (1.094)

= 3.558 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.551 + 2.15 ×1.694 + (1.094)

= 5.453 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 48.470 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 2.801 MPa

합성후 활하중 응력 = 59.889 - 48.47 - 2.801 = 8.618 MPa

Σf = 1.3 × (48.47 + 2.801) + 2.15 × 8.618 + (3.153) + (18.938) + (14.846)

= 122.118 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (48.47 + 2.801) + 2.15 × 8.618 + (14.846)

= 100.027 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -45.579 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -11.839 MPa

합성후 활하중 응력 = -93.844 - -45.579 - -11.839 = -36.426 MPa

Σf = 1.3 × (-45.579 + -11.839) + 2.15 × -36.426 + (2.26) + (13.133) + (-11.172)

= -148.738 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-45.579 + -11.839) + 2.15 × -36.426 + (-11.172)

= -164.131 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 12 > : 절점 62 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

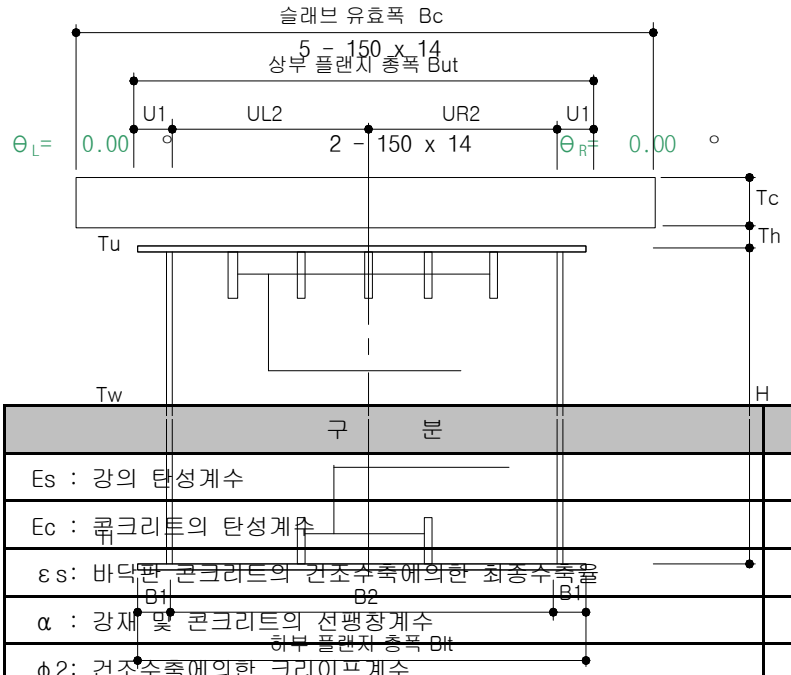
Tl = 0.022 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	14877.712
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	4639.337
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	8557.542
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-452.582
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-136.649
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-454.256
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	74.524
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	19.641
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	515.727

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

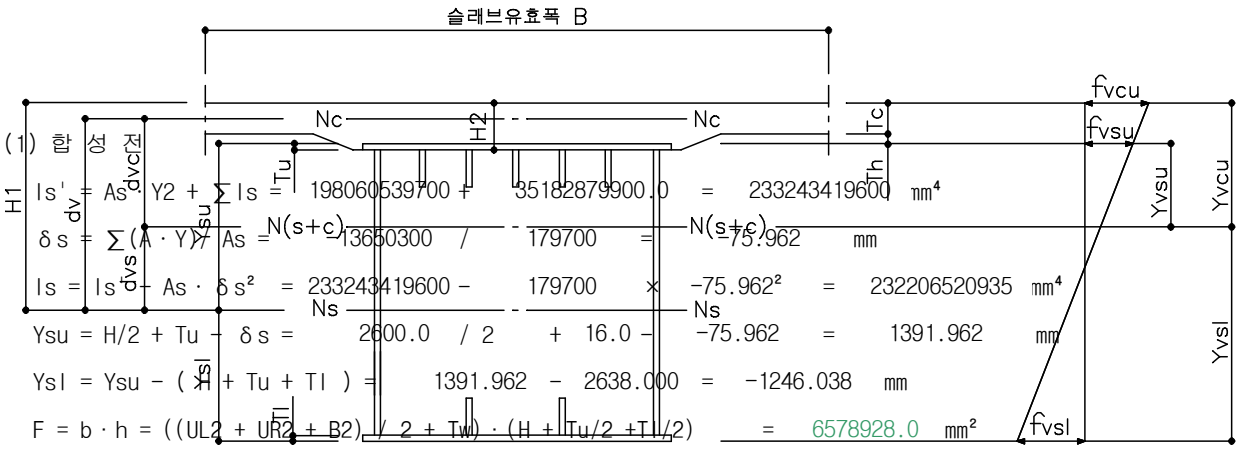
단 면 제 원

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	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 179700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑ Is = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 ㎜⁴

δs = ∑(A · Y) / As = -13650300 / 179700 = -75.962 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 233243419600 - 179700 × -75.962² = 232206520935 ㎜⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 ㎜

Ysl = Ysu - (Th + Tu + Tl) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 + Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 89.184 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -79.835 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 7.725 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 375009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎜⁴

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1551.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 743.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 807.8 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 868.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 618.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 584.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 458352741620 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.098 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.782 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 5.913 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -20.788 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.314 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 2.026 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.443 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 10.907 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -38.345 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 10.527 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 277354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 mm K = 0.387

ds1 = dv - dc1 = 546.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1129.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 879.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 384912852370 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1469219 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1469219 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1476385808 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.098 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.782 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.663 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.369 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 6.553 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 2.637 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1138.5 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 412.5 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1263.5 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1013.5 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 979.5 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1658.5 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 347502612577.0 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 4202594437 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.488 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.537 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 19.663 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 7.317 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3657892215 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -1.024 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -1.121 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 14.929 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 6.781 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 20.565 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 × (0.0 / 6)² + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ 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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

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	89.184	-79.835	182.038	190.000
1+2+3	3.125	2.225	10.800	10.800	106.005	-138.968	182.038	190.000
1+2+3+4	2.462	1.855	10.800	10.800	112.558	-136.331	209.344	190.000
1+2+3+4+5	0.974	0.319	10.800	10.800	132.221	-129.014	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.050	-0.802	2.174	2.174	147.150	-122.233	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.999	1.440	12.420	12.420	117.292	-135.796	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{132.221}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{20.565}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.399 + 0.035 = 0.434 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-138.968}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{20.565}{110.000}\right)^2$$

= 0.535 + 0.035 = 0.570 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 22 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/89.184) = 1.460 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.136) = 4.7 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/147.15) = 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 바닥판 콘크리트

합성후 사하중 응력 = { Msc / (n · Iv)} × Yvcu = 1.098 MPa

합성후 활하중 응력 = 3.125 - 1.098 = 2.026 MPa

Σf = 1.3 ×1.098 + 2.15 ×2.026 + (-0.663) + (-1.488) + (1.024)

= 4.658 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.098 + 2.15 ×2.026 + (1.024)

= 6.809 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 89.184 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 5.913 MPa

합성후 활하중 응력 = 106.005 - 89.184 - 5.913 = 10.908 MPa

Σf = 1.3 × (89.184 + 5.913) + 2.15 × 10.908 + (6.553) + (19.663) + (14.929)

= 188.222 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (89.184 + 5.913) + 2.15 × 10.908 + (14.929)

= 162.006 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -79.835 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -20.788 MPa

합성후 활하중 응력 = -138.968 - -79.835 - -20.788 = -38.345 MPa

Σf = 1.3 × (-79.835 + -20.788) + 2.15 × -38.345 + (2.637) + (7.317) + (-6.781)

= -210.079 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-79.835 + -20.788) + 2.15 × -38.345 + (-6.781)

= -220.033 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 13 > : 절점 64 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.016 m

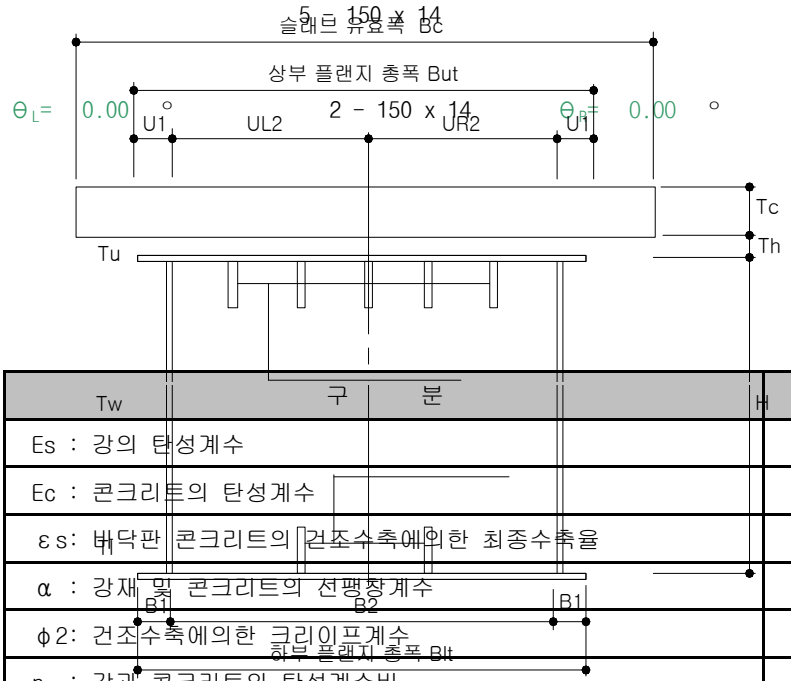
Tl = 0.022 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	15431.359
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	4797.172
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	7715.282
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	353.850
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	108.510
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	450.898
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-70.620
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-46.673
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-604.430

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

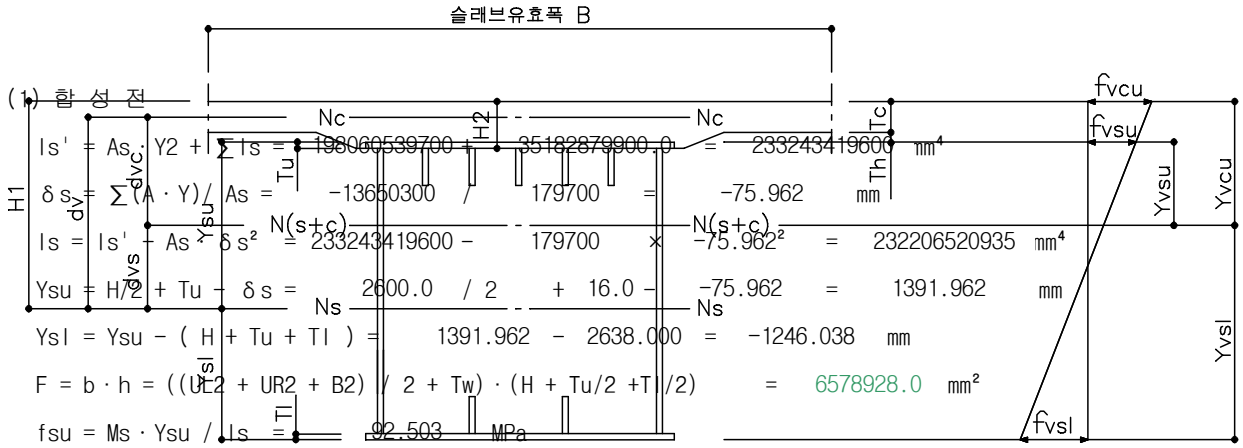
단 면 제 원

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	1308.0	56505600	73909324800	921600
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	22.0	59400	-1311.0	-77873400	1.02092E+11	2395800
강단면 합계			179700		-13650300	1.98061E+11	35182879900
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 179700 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + Σ Is = 198060539700 + 35182879900.0 = 233243419600 ㎟

δs = Σ(A · Y) / As = -13650300 / 179700 = -75.962 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 233243419600 - 179700 × -75.962² = 232206520935 ㎟

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 16.0 - -75.962 = 1391.962 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1391.962 - 2638.000 = -1246.038 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6578928.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 92.503 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -82.806 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 6.118 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 375009.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎟

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1551.0 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 743.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 807.8 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 868.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 618.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 584.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2053.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 458352741620 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6618178.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 1.136 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.809 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 6.114 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -21.495 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 2.033 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.827 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 1.301 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 9.834 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -34.571 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 11.031 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 277354.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1004.9 mm K = 0.636

ds1 = dv - dc1 = 546.1 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 1129.9 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 879.9 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 845.9 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1792.1 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 384912852370 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1519203 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1519203 N

Mφ = Pφ · dc1 = 1526613966 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 1.136 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.809 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.615 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.328 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 7.611 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = 0.957 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 244803.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1138.5 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 412.5 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1263.5 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 1013.5 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 979.5 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1658.5 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 347502612577.0 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 4202594437 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.329 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.409 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 22.613 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = 2.322 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 3657892215 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.809 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.967 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 16.090 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = 2.700 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 19.182 MPa < υa = 110 MPa O.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 182.0

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

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	92.503	-82.806	182.038	190.000
1+2+3	2.963	2.110	10.800	10.800	108.451	-138.872	182.038	190.000
1+2+3+4	2.347	1.782	10.800	10.800	116.062	-137.915	209.344	190.000
1+2+3+4+5	1.018	0.372	10.800	10.800	138.675	-135.593	209.344	190.000
1+2+3+4+5+6	0.209	-0.595	12.420	2.174	154.765	-132.893	236.649	218.500
1+2+3+4+5-6	1.827	1.340	12.420	12.420	122.585	-138.293	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{138.675}{209.344}\right)^2 + \left(\frac{19.182}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.439 + 0.030 = 0.469 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-138.872}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{19.182}{110.000}\right)^2$$

= 0.534 + 0.030 = 0.565 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 22 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/92.503) = 1.433 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.108) = 4.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/154.765) = 1.108 < 1.2 ⇒ 1.108

(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 = 1.136 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.963 - 1.136 = 1.827 MPa

Σf = 1.3 ×1.136 + 2.15 ×1.827 + (-0.615) + (-1.329) + (0.809)

= 4.268 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×1.136 + 2.15 ×1.827 + (0.809)

= 6.213 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 92.503 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 6.114 MPa

합성후 활하중 응력 = 108.451 - 92.503 - 6.114 = 9.834 MPa

Σf = 1.3 × (92.503 + 6.114) + 2.15 × 9.834 + (7.611) + (22.613) + (16.09)

= 195.659 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (92.503 + 6.114) + 2.15 × 9.834 + (16.09)

= 165.435 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -82.806 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -21.495 MPa

합성후 활하중 응력 = -138.872 - -82.806 - -21.495 = -34.571 MPa

Σf = 1.3 × (-82.806 + -21.495) + 2.15 × -34.571 + (0.957) + (2.322) + (-2.7)

= -209.340 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-82.806 + -21.495) + 2.15 × -34.571 + (-2.7)

= -212.619 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 14 > : 절점 66 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 6.250 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 = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.012 m

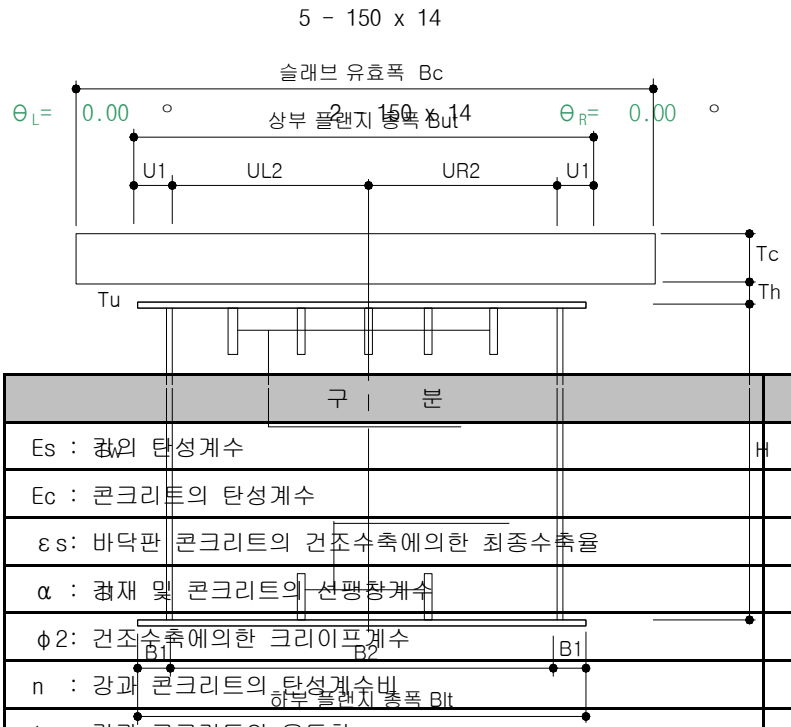
Tl = 0.010 m

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 : 강재의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	9501.173
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	2975.940
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	4677.429
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	989.756
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	307.381
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	627.611
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-153.107
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-64.869
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-888.229

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

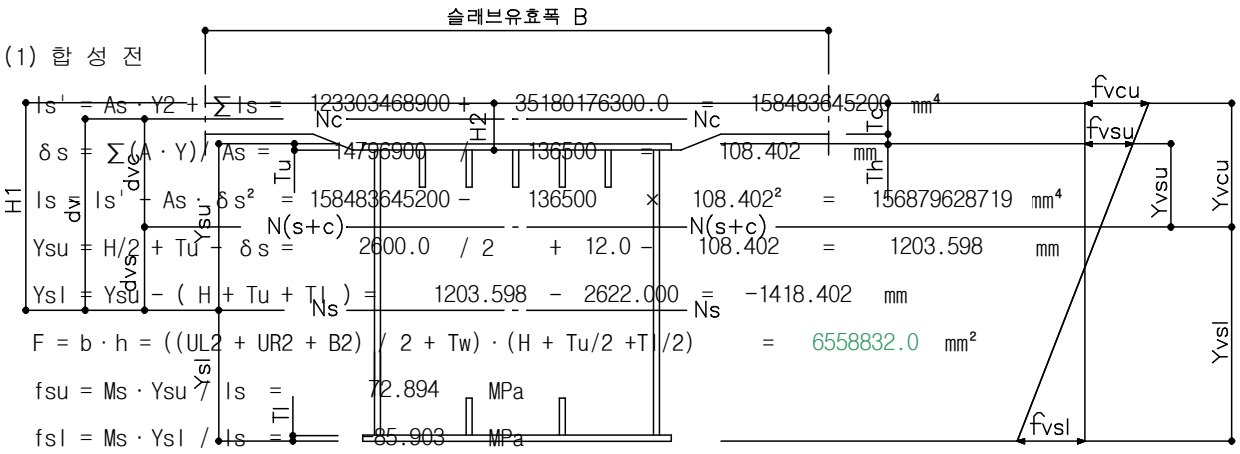
단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm^2)	Y(mm)	A*Y(mm^3)	A*Y2(mm^4)	Ix(mm^4)

1 - UPPER FLANGE	2700.0	12.0	32400	1306.0	42314400	55262606400	388800
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1225.0	12862500	15756562500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.0	0	0	17576000000
2 - LOWER RIB	14.0	150.0	4200	-1225.0	-5145000	6302625000	7875000
1 - LOWER FLANGE	2700.0	10.0	27000	-1305.0	-35235000	45981675000	225000
강단면 합계			136500		14796900	1.23303E+11	35180176300
1 - RC SLAB	6249.9	250.0	1562477.1	1475.0	2304653670	3399364162909	8137901376

* As = 136500 ㎟ , Ac = 1562477.1 ㎟

2) 응 력 검 토

(1) 합 성 전



Is' = As · Y2 + ∑Is = 123303468900 + 35180176300.0 = 158483645200 ㎟

δs = ∑(A · Y) / As = 14796900 / 136500 = 108.402 ㎜

Is = Is' - As · δs² = 158483645200 - 136500 × 108.402² = 156879628719 ㎟

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 12.0 - 108.402 = 1203.598 ㎜

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1203.598 - 2622.000 = -1418.402 ㎜

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6558832.0 ㎟

fsu = Ms · Ysu / Is = 72.894 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = -85.903 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 16.834 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ac/n = 331809.6 ㎟

Ic/n = 1017237672 ㎟

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1366.6 ㎜

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 562.2 ㎜

dvs = dv - dvc = 804.4 ㎜

Yvcu = dvc + Tc/2 = 687.2 ㎜

Yvcl = Yvcu - Tc = 437.2 mm

Yvsu = Yvcu - H2 + Tu = 399.2 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -2222.8 mm

Iv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 307951275522 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6598082.0 mm²

fvcu = Msc · Yvcu/(n · Iv) = 0.830 MPa

fvcl = Msc · Yvcl/(n · Iv) = 0.528 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Iv = 3.858 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Iv = -21.480 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 5.336 MPa

(3) 활 하 중

fvcu = Mv · Yvcu/(n · Iv) = 1.305 MPa

fvcl = Mv · Yvcl/(n · Iv) = 0.830 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Iv = 6.063 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Iv = -33.762 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 15.667 MPa

(4) 크 리 이 프

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 234154.8 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 796.7 mm K = 0.831

ds1 = dv - dc1 = 569.9 mm

Yv1cu = dc1 + Tc/2 = 921.7 mm

Yv1cl = Yv1cu - Tc = 671.7 mm

Yv1su = Yv1cu - H2 + Tu = 633.7 mm

Yv1sl = Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1988.3 mm

Iv1 = Is + Ic/n1 + As · ds1² + Ac/n1 · dc1² = 263705724106 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Iv) = 1061085 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = 1061085 N

Mφ = Pφ · dc1 = 845318708 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fcu = Msc · Yvcu / (n · Iv) = 0.830 MPa

fcl = Msc · Yvcl / (n · Iv) = 0.528 MPa

fvcu1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cu/Iv1) - Ec1 · fcu · φ1/ Ec = -0.393 MPa

fvcl1=1/n1 · (Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1cl/Iv1) - Ec1 · fcl · φ1/ Ec = -0.133 MPa

fvsu1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1su/Iv1 = 6.219 MPa

fvsl1=Pφ/Av1 + k*Mφ · Yv1sl/Iv1 = -0.765 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 201603.211 ㎟

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 925.3 ㎜

ds2 = dv - dc2 = 441.3 ㎜

Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1050.3 ㎜

Yv2cl = Yv2cu - Tc = 800.3 ㎜

Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 762.3 ㎜

Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1859.7 ㎜

Iv2 = Is + Ic/n2 + As · ds2² + Ac/n2 · dc2² = 239541302870.9 ㎜⁴

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3691352 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3415555861 N · ㎜

Ec2 = Es · /n2 = 8750 MPa

fvcu2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cu/Iv2) - Ec2 · εs = -1.081 MPa

fvcl2=1/n2 · (P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2cl/Iv2) - Ec2 · εs = -1.204 MPa

fvsu2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2su/Iv2 = 27.342 MPa

fvsl2=P2/Av2 + k*Mv2 · Yv2sl/Iv2 = -3.726 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4921803 N

Mvt = P1 · dvc = 2766996335 N · ㎜

fcut=1/n · (P1/Av + k*Mvt · Yvcu/Iv) - Ec · εt = -0.504 MPa

fclt=1/n · (P1/Av + K*Mvt · Yvcl/Iv) - Ec · εt = -0.738 MPa

fsut=P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Iv = 17.814 MPa

fslt=P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Iv = -1.764 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ= (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw) + (Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) 37.837 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 × (0.0 / 6)² + 0.130 × (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000

∵ ϕ = (f_1 - f_2)/f_1 ≒ 0

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ: 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

(단,f_1 ≥ 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

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.7 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tu · i · n)- 24) = 148.2

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tu \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 220000 × { (tu · i · n) / b }= 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	72.894	-85.903	148.183	190.000
1+2+3	2.135	1.358	10.800	10.800	82.815	-141.146	148.183	190.000
1+2+3+4	1.741	1.225	10.800	10.800	89.034	-141.911	170.410	190.000
1+2+3+4+5	0.660	0.021	10.800	10.800	116.377	-145.637	170.410	190.000
1+2+3+4+5+6	0.156	-0.717	12.420	2.174	134.191	-147.400	192.638	218.500
1+2+3+4+5-6	1.165	0.758	12.420	12.420	98.563	-143.873	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{134.191}{192.638}\right)^2 + \left(\frac{37.837}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.485 + 0.118 = 0.604 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-145.637}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{37.837}{110.000}\right)^2$$

= 0.588 + 0.118 = 0.706 < 1.2 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 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 = 10 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm > t = 10 mm N.G.

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (220 × 1.200) = 9.8 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/72.894) = 1.614 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = bc /(220 × 1.190) = 3.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/134.191) = 1.190 < 1.2 ⇒ 1.190

(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 = 0.830 MPa

합성후 활하중 응력 = 2.135 - 0.83 = 1.305 MPa

Σf = 1.3 ×0.83 + 2.15 ×1.305 + (-0.393) + (-1.081) + (0.504)

= 2.914 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×0.83 + 2.15 ×1.305 + (0.504)

= 4.389 MPa < (3/5) fck = 16.2 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = 72.894 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsu = 3.858 MPa

합성후 활하중 응력 = 82.815 - 72.894 - 3.858 = 6.063 MPa

Σf = 1.3 × (72.894 + 3.858) + 2.15 × 6.063 + (6.219) + (27.342) + (17.814)

= 164.189 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (72.894 + 3.858) + 2.15 × 6.063 + (17.814)

= 130.627 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = -85.903 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Iv × Yvsl = -21.480 MPa

합성후 활하중 응력 = -141.146 - -85.903 - -21.48 = -33.762 MPa

Σf = 1.3 × (-85.903 + -21.48) + 2.15 × -33.762 + (-0.765) + (-3.726) + (-1.764)

= -218.442 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

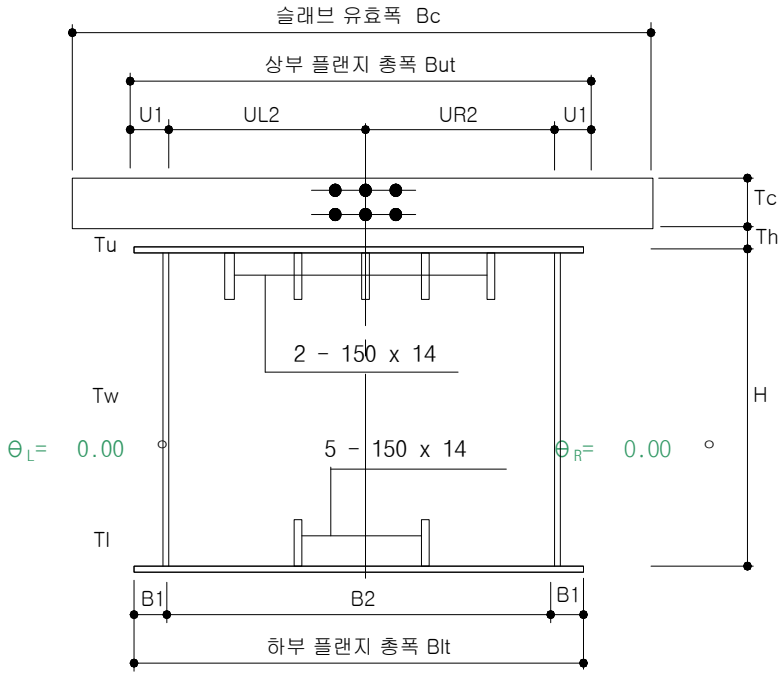
Σf = 1.3 × (-85.903 + -21.48) + 2.15 × -33.762 + (-1.764)

= -213.951 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 5 > : 절점 44 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-8604.336
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2572.353
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-6246.286
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1877.352
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	580.784
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	910.676
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-172.776
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-63.892
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-951.300
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

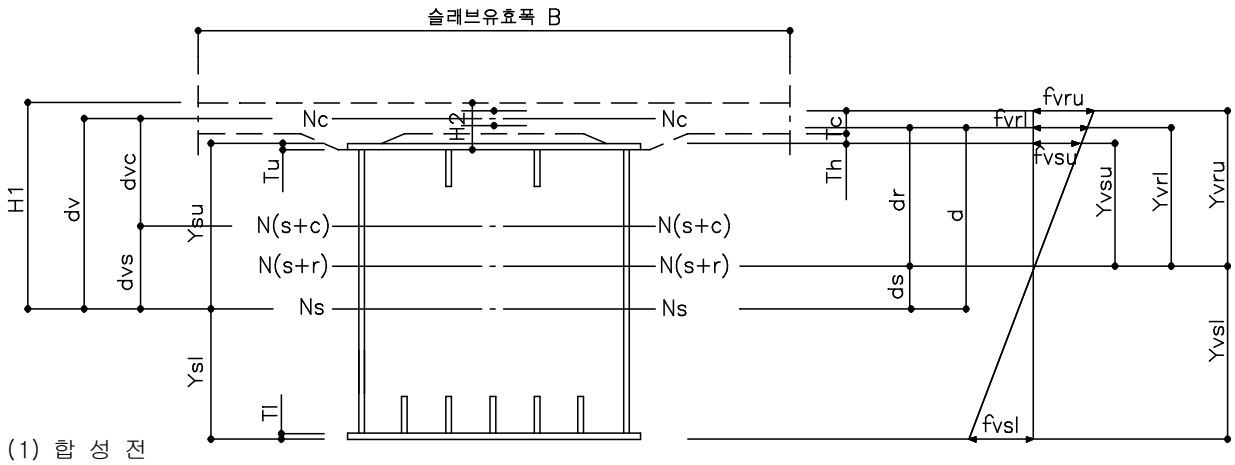
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			174301		-20548058	188891721673	35182899741
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 174301 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 188891721673 + 35182899741 = 224074621414 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -20548058 / 174301 = -117.888 mm

Is = Is' - As · δs² = 224074621414 - 174301 × -117.888² = 221652247454 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -117.888 = 1435.888 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1435.888 - 2640.000 = -1204.112 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -55.740 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 46.743 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 31.180 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 215305 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1582.888 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1281.434 mm

ds = d - dr = 301.455 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1356.434 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1206.434 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1134.434 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1505.566 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 304823372265 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -11.447 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -10.181 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -9.573 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 12.705 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 9.710 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -27.795 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -24.722 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -23.246 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 30.851 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 20.581 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 339812.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1592.888 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 817.047 mm

dvs = dv - dvc = 775.842 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 257056.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1080.082 mm K = -0.058

ds1 = dv - dc1 = 512.806 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 437920743526.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -794344 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -794344 N

Mφ = Pφ · dc1 = -857956576 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.468 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.492 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.504 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -3.935 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 229471.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1209.921 mm

ds2 = dv - dc2 = 382.967 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3784820704 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 13.552 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 13.660 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 13.712 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 15.613 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3407798944 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -6.708 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -6.610 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 18.636 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 20.348 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 61.470 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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-55.740	46.743	190.000	190.000
1+2+3	-39.242	-34.903	160.000	-88.559	90.299	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.710	-38.395	160.000	-92.064	86.364	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-29.158	-24.735	160.000	-78.352	101.977	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-35.866	-31.345	184.000	-59.715	122.325	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-22.450	-18.124	184.000	-96.988	81.629	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-92.064}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{61.470}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.235 + 0.312 = 0.547 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{122.325}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{61.470}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.313 + 0.312 = 0.626 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/46.743) = 2.016 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/122.325) = 1.246 > 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 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -11.447 MPa

합성후 활하중 응력 = -39.242 - -11.447 = -27.795 MPa

Σf = 1.3 ×-11.447 + 2.15 ×-27.795 + (-3.468) + (13.552) + (-6.708)

= -71.264 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-11.447 + 2.15 ×-27.795 + (-6.708)

= -81.348 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -55.740 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -9.573 MPa

합성후 활하중 응력 = -88.559 - -55.74 - -9.573 = -23.246 MPa

Σf = 1.3 × (-55.74 + -9.573) + 2.15 × -23.246 + (-3.504) + (13.712) + (-18.636)

= -143.315 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-55.74 + -9.573) + 2.15 × -23.246 + (-18.636)

= -153.523 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 46.743 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 12.705 MPa

합성후 활하중 응력 = 90.299 - 46.743 - 12.705 = 30.851 MPa

Σf = 1.3 × (46.743 + 12.705) + 2.15 × 30.851 + (-3.935) + (15.613) + (20.348)

= 175.638 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

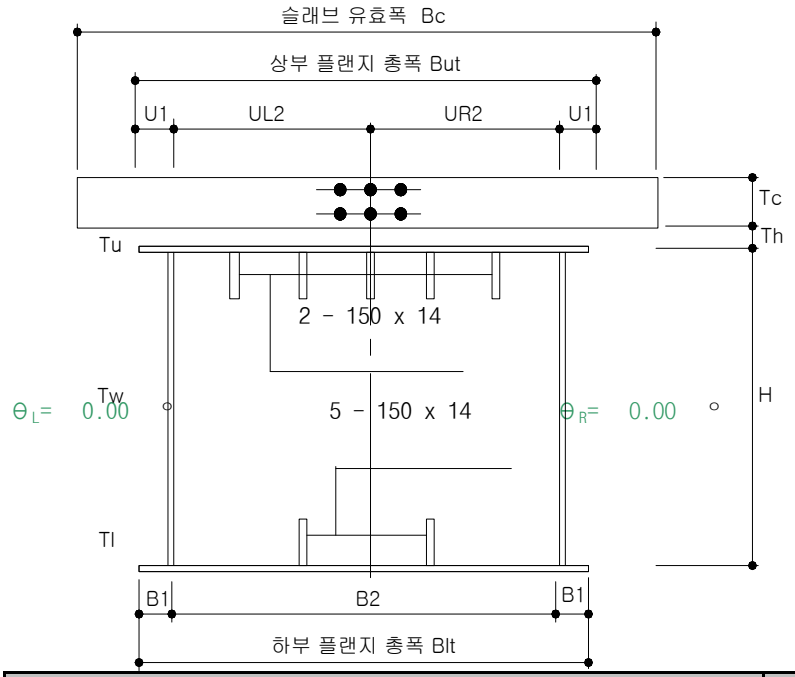
Σf = 1.3 × (46.743 + 12.705) + 2.15 × 30.851 + (20.348)

= 163.960 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 6 > : 절점 47 로 부터 이격 거리 3.121 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-9468.432
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2874.055
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-5948.447
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1393.425
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-432.907
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-857.327
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	3.963
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-0.350
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	911.462
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

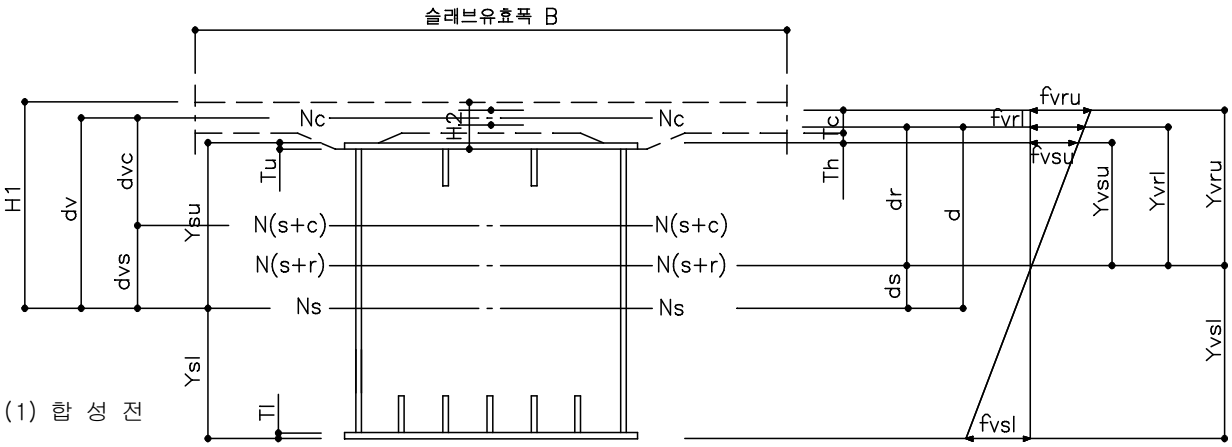
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			174301		-20548058	188891721673	35182899741
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 174301 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 188891721673 + 35182899741 = 224074621414 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -20548058 / 174301 = -117.888 mm

Is = Is' - As · δs² = 224074621414 - 174301 × -117.888² = 221652247454 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -117.888 = 1435.888 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1435.888 - 2640.000 = -1204.112 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -61.338 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 51.437 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 22.356 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 215305 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1582.888 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1281.434 mm

ds = d - dr = 301.455 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1356.434 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1206.434 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1134.434 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1505.566 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 304823372265 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -12.789 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -11.375 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -10.696 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 14.195 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.940 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -26.470 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -23.543 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -22.138 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 29.380 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 19.475 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 339812.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1592.888 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 817.047 mm

dvs = dv - dvc = 775.842 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 257056.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1080.082 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 512.806 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 437920743526.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -887509 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -887509 N

Mφ = Pφ · dc1 = -958583207 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.226 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.325 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.373 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -5.116 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 229471.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1209.921 mm

ds2 = dv - dc2 = 382.967 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3784820704 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 10.992 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 11.383 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 11.571 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 18.455 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3407798944 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -9.013 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -8.660 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 16.709 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 22.907 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 48.766 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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-61.338	51.437	190.000	190.000
1+2+3	-39.259	-34.918	160.000	-94.171	95.012	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.486	-38.243	160.000	-97.544	89.896	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-31.493	-26.860	160.000	-85.973	108.351	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-40.506	-35.520	184.000	-69.265	131.257	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-22.481	-18.200	184.000	-102.682	85.444	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-97.544}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.766}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.264 + 0.197 = 0.460 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.257}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{48.766}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.361 + 0.197 = 0.557 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/51.437) = 1.922 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.257) = 1.203 > 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 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -12.789 MPa

합성후 활하중 응력 = -39.259 - -12.789 = -26.470 MPa

Σf = 1.3 ×-12.789 + 2.15 ×-26.47 + (-3.226) + (10.992) + (-9.013)

= -74.783 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-12.789 + 2.15 ×-26.47 + (-9.013)

= -82.549 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -61.338 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -10.696 MPa

합성후 활하중 응력 = -94.171 - -61.338 - -10.696 = -22.137 MPa

Σf = 1.3 × (-61.338 + -10.696) + 2.15 × -22.137 + (-3.373) + (11.571) + (-16.709)

= -149.750 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-61.338 + -10.696) + 2.15 × -22.137 + (-16.709)

= -157.948 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 51.437 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 14.195 MPa

합성후 활하중 응력 = 95.012 - 51.437 - 14.195 = 29.380 MPa

Σf = 1.3 × (51.437 + 14.195) + 2.15 × 29.38 + (-5.116) + (18.455) + (22.907)

= 184.734 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

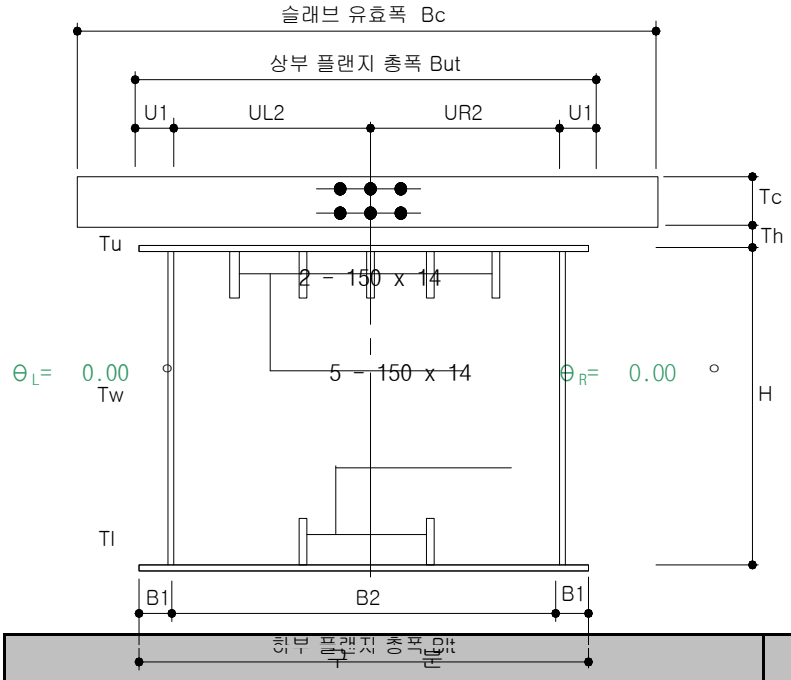
Σf = 1.3 × (51.437 + 14.195) + 2.15 × 29.38 + (22.907)

= 171.395 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 9 > : 절점 55 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B



H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-9468.030
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2874.110
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-5948.302
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1393.331
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	432.897
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	857.303
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-1.356
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	0.930
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	-910.876
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

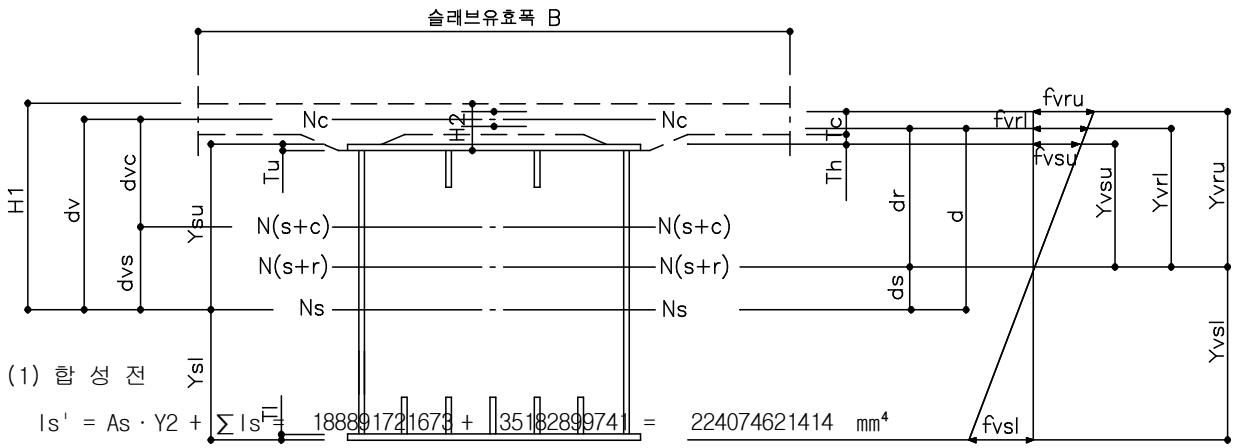
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			174301		-20548058	188891721673	35182899741
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 174301 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 188891721673 + 35182899741 = 224074621414 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -20548058 / 174301 = -117.888 mm

Is = Is' - As · δs² = 224074621414 - 174301 × -117.888² = 221652247454 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -117.888 = 1435.888 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1435.888 - 2640.000 = -1204.112 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -61.335 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 51.434 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 22.338 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 215305 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1582.888 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1281.434 mm

ds = d - dr = 301.455 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1356.434 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1206.434 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1134.434 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1505.566 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 304823372265 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -12.790 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -11.375 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -10.696 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 14.196 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 6.943 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -26.469 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -23.542 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -22.137 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 29.380 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 19.471 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 339812.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1592.888 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 817.047 mm

dvs = dv - dvc = 775.842 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 257056.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1080.082 mm K = -0.210

ds1 = dv - dc1 = 512.806 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 437920743526.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -887526 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -887526 N

Mφ = Pφ · dc1 = -958601551 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.226 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.325 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.373 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -5.116 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 229471.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1209.921 mm

ds2 = dv - dc2 = 382.967 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3784820704 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 10.992 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 11.383 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 11.571 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 18.455 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3407798944 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -9.013 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -8.660 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 16.709 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 22.907 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 48.741 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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-61.335	51.434	190.000	190.000
1+2+3	-39.259	-34.917	160.000	-94.169	95.010	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.485	-38.243	160.000	-97.542	89.893	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-31.493	-26.860	160.000	-85.971	108.348	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-40.506	-35.520	184.000	-69.262	131.254	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-22.481	-18.199	184.000	-102.679	85.441	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-97.542}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.741}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.264 + 0.196 = 0.460 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{131.254}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{48.741}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.361 + 0.196 = 0.557 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/51.434) = 1.922 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/131.254) = 1.203 > 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 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -12.790 MPa

합성후 활하중 응력 = -39.259 - -12.79 = -26.469 MPa

Σf = 1.3 ×-12.79 + 2.15 ×-26.469 + (-3.226) + (10.992) + (-9.013)

= -74.782 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-12.79 + 2.15 ×-26.469 + (-9.013)

= -82.548 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -61.335 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -10.696 MPa

합성후 활하중 응력 = -94.169 - -61.335 - -10.696 = -22.137 MPa

Σf = 1.3 × (-61.335 + -10.696) + 2.15 × -22.137 + (-3.373) + (11.571) + (-16.709)

= -149.746 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-61.335 + -10.696) + 2.15 × -22.137 + (-16.709)

= -157.944 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 51.434 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 14.196 MPa

합성후 활하중 응력 = 95.01 - 51.434 - 14.196 = 29.380 MPa

Σf = 1.3 × (51.434 + 14.196) + 2.15 × 29.38 + (-5.116) + (18.455) + (22.907)

= 184.730 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (51.434 + 14.196) + 2.15 × 29.38 + (22.907)

= 171.392 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

< S P L I C E - 10 > : 절점 58 로 부터 이격 거리 1.873 m

1) 단면가정 및 설계조건

주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.600 m

Bc = 5.296 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.430 , Ble= 2.430 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.018 m

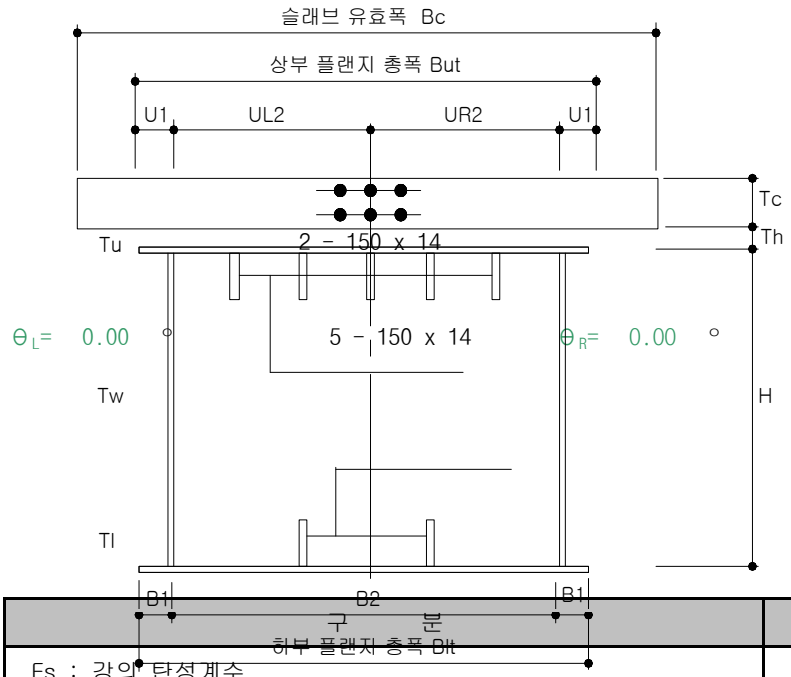
Tl = 0.022 m

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	25000
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
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	-8605.166
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN·m	-2572.582
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN·m	-6246.102
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	-1877.337
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	-580.802
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	-910.584
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	172.485
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	63.877
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN·m	949.044
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	60 , 40

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

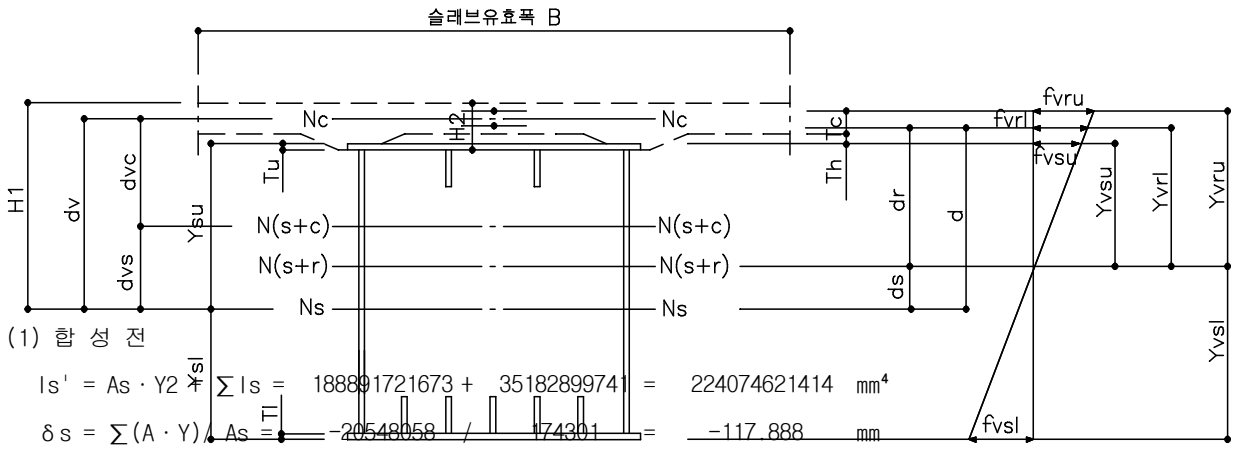
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	2430.0	18.0	43741	1309.00	57256364	74948580149	1180995
2 - UPPER RIB	14.0	150.0	4200	1225.00	5145000	6302625000	7875000
1 - L_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
1 - R_WEB	12.0	2600.0	31200	0.00	0	0	17576000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1225.00	-12862500	15756562500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2430.0	22.0	53461	-1311.00	-70086921	91883954025	2156247
강단면 합계			174301		-20548058	188891721673	35182899741
UPPER RE-BAR	-	-	20502	1540.00	31573080	48622543200	-
LOWER RE-BAR	-	-	20502	1390.00	28497780	39611914200	-
RE-BAR 합계			41004		60070860	88234457400	-
1 - RC SLAB	5296.3	250.0	1324087	1475.00	1953028539	2880717094841	6896287214

* As = 174301 mm² , Ac = 1324087 mm² , Ar = 41004 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y2 + ∑Is = 188891721673 + 35182899741 = 224074621414 mm⁴

δs = ∑(A · Y) / As = -20548058 / 174301 = -117.888 mm

Is = Is' - As · δs² = 224074621414 - 174301 × -117.888² = 221652247454 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 2600.0 / 2 + 18.0 - -117.888 = 1435.888 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1435.888 - 2640.000 = -1204.112 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 6581440.0 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -55.745 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 46.747 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 31.178 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 215305 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1582.888 mm

dr = d · As / (As + Ar) = 1281.434 mm

ds = d - dr = 301.455 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl) · Arl/Ar = 1356.434 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl) · Aru/Ar = 1206.434 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1134.434 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1505.566 mm

Irv = Is + As · ds² + Ar · dr² = 304823372265 mm⁴

Fv = b · hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 6620690.0 mm²

fvru = Msc · Yvru/Irv = -11.448 MPa

fvrl = Msc · Yvrl/Irv = -10.182 MPa

fvsu = Msc · Yvsu/Irv = -9.574 MPa

fvsl = Msc · Yvsl/Irv = 12.706 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2 · Fv · Tw) = 9.710 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv · Yvru/Irv = -27.795 MPa

fvrl = Mv · Yvrl/Irv = -24.721 MPa

fvsu = Mv · Yvsu/Irv = -23.246 MPa

fvsl = Mv · Yvsl/Irv = 30.850 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2 · Fv · Tw) = 20.565 MPa

(4) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 339812.088 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1592.888 mm

dvc = dv · As / (Ac/n + As) = 817.047 mm

dvs = dv - dvc = 775.842 mm

n1 = n · (1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 257056.641 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv · As / (Ac/n1 + As) = 1080.082 mm K = -0.058

ds1 = dv - dc1 = 512.806 mm

Icv = Is + Ic/n + As · dvs² + Ac/n · dvc² = 437920743526.2 mm⁴

Nc = Msc · dvc · Ac/(n · Icv) = -794414 N

Pφ = Nc · 2 · φ1 / (2+φ1) = -794414 N

Mφ = Pφ · dc1 = -858032955 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + φ1 / 2) = 12500 MPa

fvru1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvru/Irv = -3.468 MPa

fvrl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvrl/Irv = -3.493 MPa

fvsu1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsu / Irv = -3.505 MPa

fvsl1 = Pφ/Av + k*Mφ · Yvsl / Irv = -3.936 MPa

(5) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 229471.492 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1209.921 mm

ds2 = dv - dc2 = 382.967 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 3128156 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3784820704 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 13.552 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 13.660 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 13.712 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 15.613 MPa

(6) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 4170875 N

Mvt = P1 · dvc = 3407798944 N · mm

Ert = Es · εt = 25.200 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -6.708 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -6.610 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 18.636 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 20.348 MPa

(7) 전단 및 비틀림

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 61.453 MPa < υa = 110 MPa 0.K.

(8) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

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)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.0 MPa

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.681 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n)- 24) = 209.736

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > tl \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

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 (SD40 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	-55.745	46.747	190.000	190.000
1+2+3	-39.242	-34.903	160.000	-88.565	90.304	190.000	190.000
1+2+3+4	-42.711	-38.395	160.000	-92.069	86.368	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-29.158	-24.735	160.000	-78.357	101.981	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-35.866	-31.346	184.000	-59.721	122.330	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-22.451	-18.125	184.000	-96.994	81.633	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)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-92.069}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{61.453}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.235 + 0.312 = 0.547 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{122.330}{218.500}\right)^2 + \left(\frac{61.453}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.313 + 0.312 = 0.626 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

tmin = 자유돌출폭 / 16 = 100 / 16 = 6.3 mm ≤ t = 18 mm O.K.

tmin = b / (80 · n) = 2500 / (80 × 3) = 10.4 mm ≤ t = 18 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 / (48 · i · n) = 2500 / (48 × 1.00 × 6) = 8.7 mm ≤ t = 22 mm O.K.

복부판 수평보강재 사용단수 2 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

합성전 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/46.747) = 2.016 > 1.2 ⇒ 1.200

합성후 tmin = b / (310 × 1.200) = 7.0 mm ≤ t = 12 mm O.K.

여기서, √(fca/fc) = √(190/122.33) = 1.246 > 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 상부바닥판 REBAR

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvru = -11.448 MPa

합성후 활하중 응력 = -39.242 - -11.448 = -27.795 MPa

Σf = 1.3 ×-11.448 + 2.15 ×-27.795 + (-3.468) + (13.552) + (-6.708)

= -71.264 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-11.448 + 2.15 ×-27.795 + (-6.708)

= -81.348 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

② 강재주형 상판

합성전 사하중 응력 = -55.745 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsu = -9.574 MPa

합성후 활하중 응력 = -88.565 - -55.745 - -9.574 = -23.246 MPa

Σf = 1.3 × (-55.745 + -9.574) + 2.15 × -23.246 + (-3.505) + (13.712) + (-18.636)

= -143.322 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-55.745 + -9.574) + 2.15 × -23.246 + (-18.636)

= -153.530 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

③ 강재주형 하판

합성전 사하중 응력 = 46.747 MPa

합성후 사하중 응력 = Msc / Irv × Yvsl = 12.706 MPa

합성후 활하중 응력 = 90.304 - 46.747 - 12.706 = 30.850 MPa

Σf = 1.3 × (46.747 + 12.706) + 2.15 × 30.85 + (-3.936) + (15.613) + (20.348)

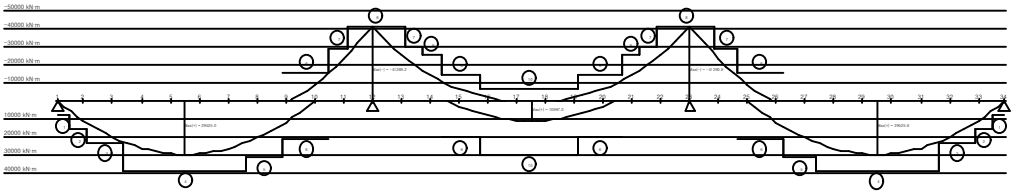
= 175.644 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

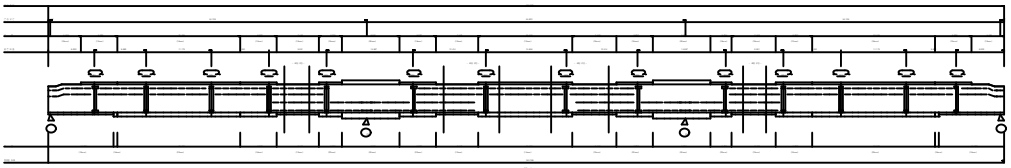
Σf = 1.3 × (46.747 + 12.706) + 2.15 × 30.85 + (20.348)

= 163.966 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

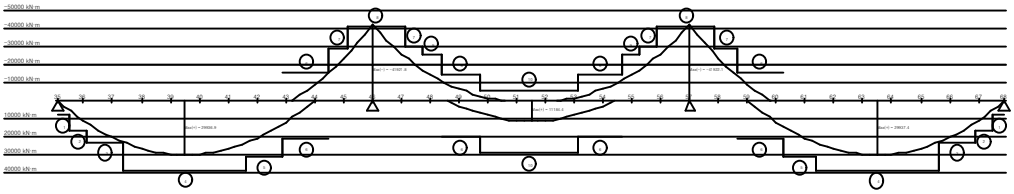
4.9 단면 요약도

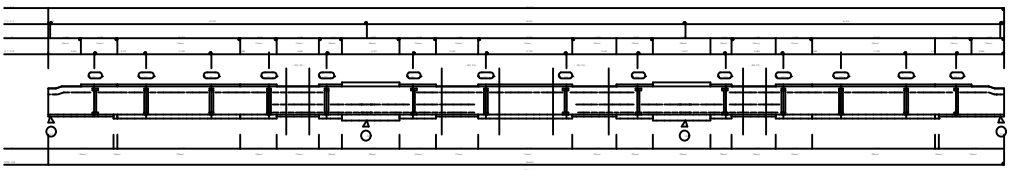
< 거더 1 >





< 거더 2 >





5.이음부의 설계

5.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 1 거더:2

합성전 휨모멘트 : Ms = 9499.870 kN·m

합성후 휨모멘트 : Mv = 7652.490 kN·m

합성전 전단력 : Ss = 989.807 kN

합성후 전단력 : Sv = 935.004 kN

총 비틀림 모멘트 : Mt = 1103.760 kN·m

상부 FLANGE의응력 : fu = 134.2 MPa

하부 FLANGE의응력 : fl = -145.6 MPa

강 종 : SM490 B fa = 190 MPa υa = 110 MPa

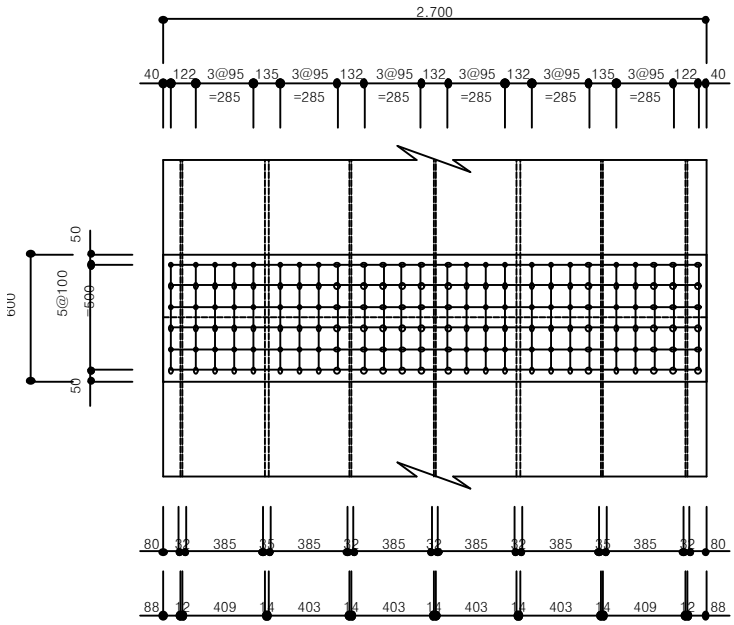
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T) ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 134.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 24300.0 mm² O.K

$$이음판의\ 응력 fs = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78\ EA} = 59192.3\ N/EA < \rho a\ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.898E+05 \times 3.880E+07}{1.56880E+11} + \frac{9.350E+05 \times 1.274E+07}{3.07951E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 9813\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(989.81 kN) , Sv : 합성후 전단력(935.00 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1203.60 − 6.0) = 38802240 mm³

Qv = 2700.0 × 12 × (399.19 − 6.0) = 12739421 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.56880E+11 mm⁴ , Iv = 3.07951E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

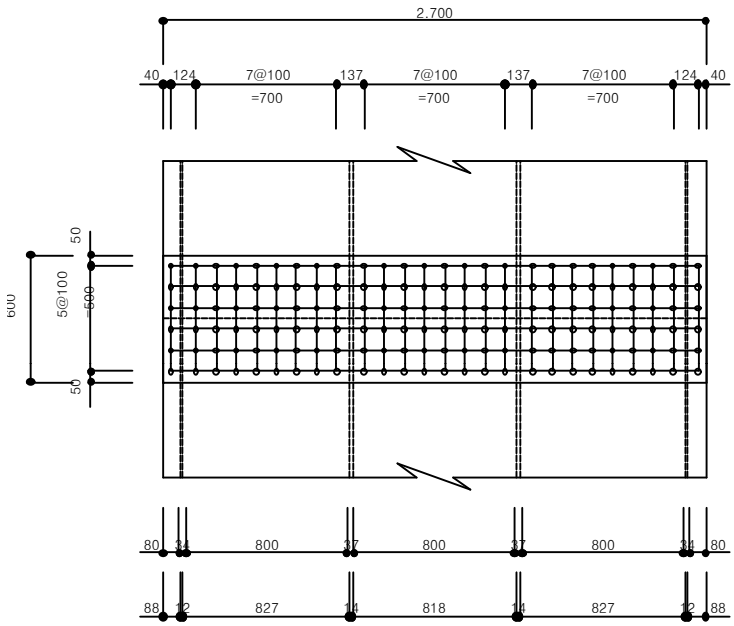
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 9813.3^2)} = 60000.3 \text{ N/EA} < \rho a, \text{ O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 145.6 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 145.6 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 10 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{10 \times 2700.0 \times 145.6}{96000.0} \fallingdotseq 41 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{10.0 \times 2700.0 \times 145.6}{190.0} = 20691.7 \text{ mm}^2$$

사용이음판 :	2-PL	80 ×	12	× 600	=	1920.0 mm²
	3-PL	800 ×	12	× 600	=	28800.0 mm²
	1-PL	######	12	× 600	=	32400.0 mm²
					Σ =	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 20691.7 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{10 \times 2700 \times 145.6}{47520.0} = 82.7 \text{ MPa} < fsa\ ,\ \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{10 \times 2700.0 \times 145.6}{78\ EA} = 50402.8 \text{ N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.898E+05 \times 3.816E+07}{1.56880E+11} + \frac{9.350E+05 \times 5.988E+07}{3.07951E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 14628 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(989.807 kN) , Sv : 합성후 전단력(935.004 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 10 × (1418.40 − 5.0) = 38161800 mm³

Qv = 2700.0 × 10 × (2222.81 − 5.0) = 59880816 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.56880E+11 mm⁴ , Iv = 3.07951E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(50402.8^2 + 14628.0^2)} = 52482.6 \text{ N/EA} < \rho a\ ,\ \text{O.K}$$

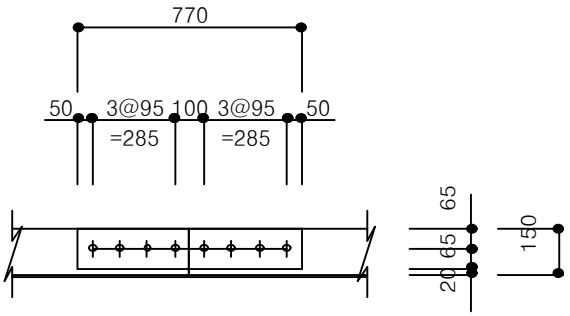
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 10 × 2700 = 27000.0 mm²

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 10 × (2700 − 25 × 26) = 20500.0 mm²

$$\text{모재의 응력 } fl = \frac{27000.0 \times 145.6}{20500.0} = 191.8 > fa \quad \text{N.G}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{96000.0} \fallingdotseq 3.2\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{190.0} = 1609.4\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

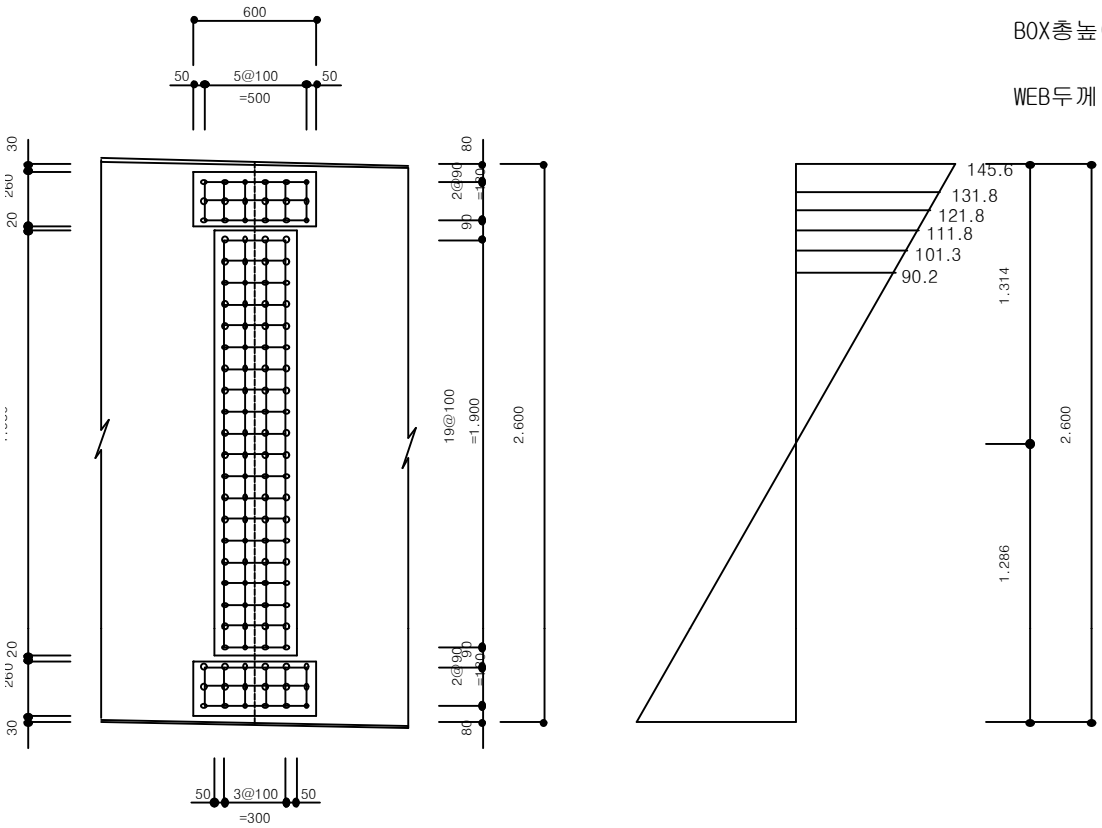
An = 2600.0 - 25.0 × 10 × 2 EA = 2100 mm² > Asreq'd = 1609.4 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{2100.00} = 145.7\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1314 mm

f_1 = fl = 145.608 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 131.757 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 121.784 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 111.811 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 101.284 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 90.203 MPa

제1열 : $\frac{145.608 + 131.757}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 69341.3 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{131.757 + 121.784}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 45637.4$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{121.784 + 111.811}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 42047.1$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{111.811 + 101.284}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 60732.1$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{101.284 + 90.203}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 57446.1$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1924.8 \times 1000}{2} + \frac{1103.8 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 20381.1\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{69341^2 + 20381.1^2} = 72274.5\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 9499.9 \times \frac{1.80134E+10}{1.56880E+11} = 1090.8\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 7652.5 \times \frac{4.41451E+10}{3.07951E+11} = 1097.0 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 9499.9 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 7652.5 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.56880E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.07951E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1418.40)² = 1.34925E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2222.81 − 1300.00)² = 4.66597E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1203.6 mm Ysl = 1418.4 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 399.2 mm Yvl = 2222.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1090.803 \times 1E+06}{13492454976} \times 1203.600 + \frac{1096.992 \times 1E+06}{46659674353} \times 399.192$$

$$= 97.306 + 9.385 = 106.691 \ MPa < fsa , \ O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1090.803 \times 1E+06}{13492454976} \times 1418.400 + \frac{1096.992 \times 1E+06}{46659674353} \times 2222.808$$

$$= 114.671 + 52.259 = 166.930 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

2) SPLICE - 2　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 15430.900 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 12512.100 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 353.934 kN

합성후 전단력　　: Sv = 559.428 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 718.323 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 138.7 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -138.9 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

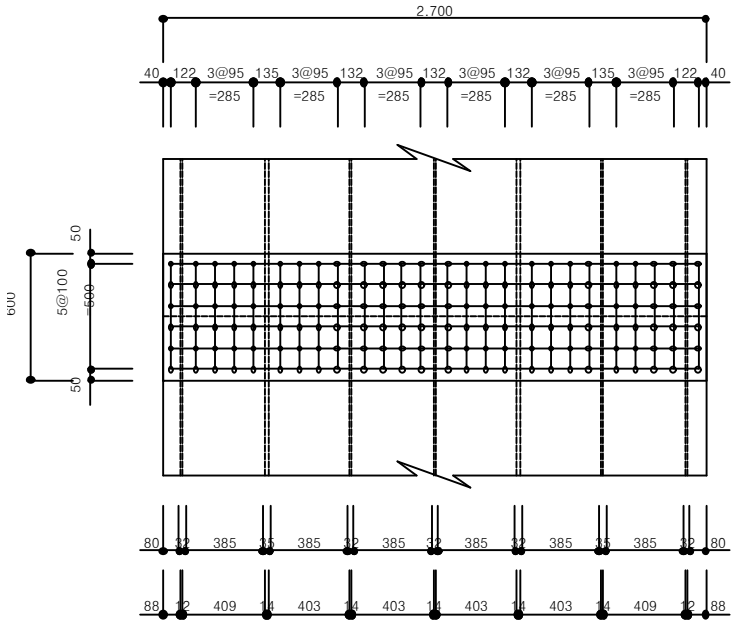
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 138.7 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm^2

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm^2

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm^2

Σ = 51700.0 mm^2 > Asreq'd = 32400.0 mm^2 O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \ MPa < fsa \ , \ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 78923.1 \ N/EA < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{3.539E+05 \times 5.979E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.594E+05 \times 2.489E+07}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 4206 \ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(353.93 kN) , Sv : 합성후 전단력(559.43 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1391.96 − 8.0) = 59787072 mm^3

Qv = 2700.0 × 16 × (584.20 − 8.0) = 24891926 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm^4 , Iv = 4.58353E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

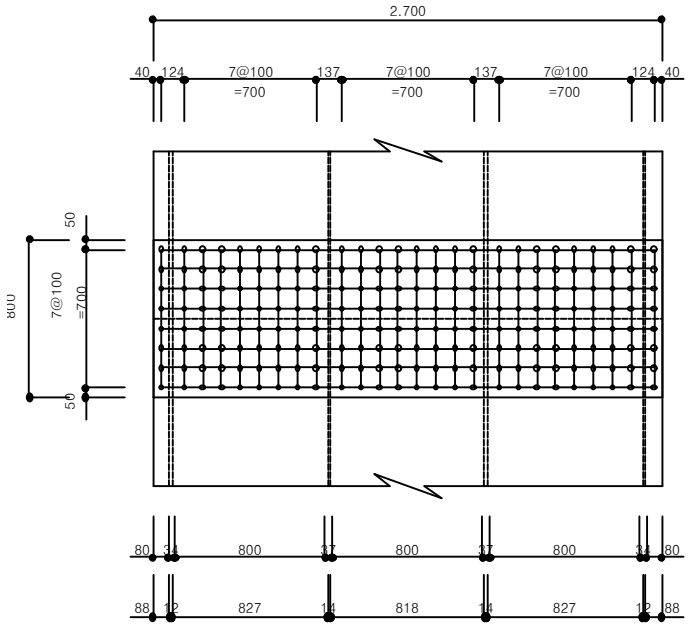
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 4206.1^2)} = 79035.1 \ N/EA < \rho a \ , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 138.9 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 81389.4$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{3.539E+05 \times 7.336E+07}{2.32207E+11} + \dfrac{5.594E+05 \times 1.213E+08}{4.58353E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{4\ EA} = 6748$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(353.934 kN) , Sv : 합성후 전단력(559.428 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1246.04 − 11.0) = 73361376 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (2053.80 − 11.0) = 121342201 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm^4 , Iv = 4.58353E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 6747.9^2)} = 81668.7$ N/EA < ρa , O.K

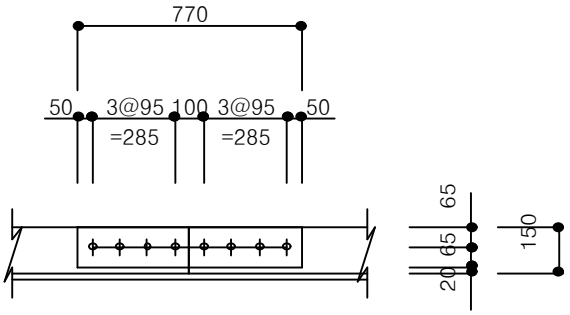
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 22 × 2700 = 59400.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn =22 ×(2700 - 25 ×26) = 45100.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq fa$ O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

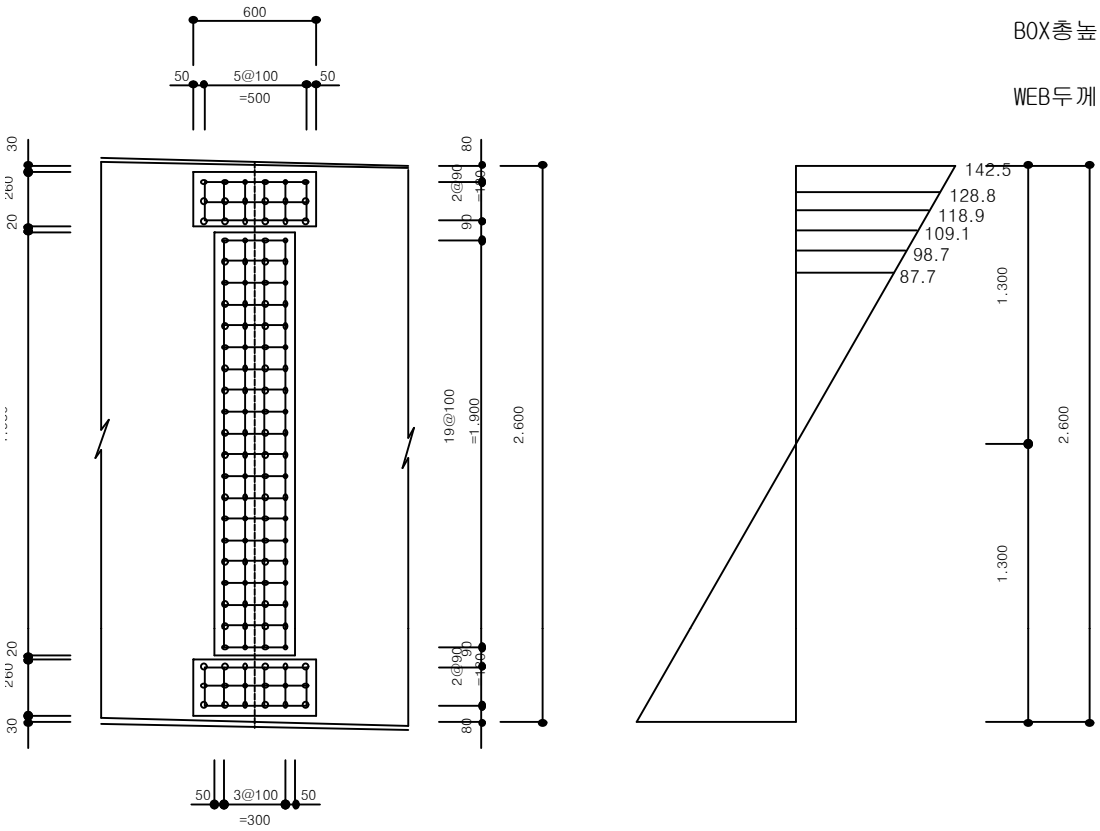
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{913.4 \times 1000}{2} + \frac{718.3 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 10339.0\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 10339.0^2} = 68608.0\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 15430.9 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1174.0\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 12512.1 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 963.7 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 15430.9 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 12512.1 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.32207E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 4.58353E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 ×(1300.00 − 1246.04)² = 1.30526E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 ×(2053.80 − 1300.00)² = 3.54385E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1392.0 mm Ysl = 1246.0 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 584.2 mm Yvl = 2053.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1174.021 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{963.733 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202$$

$$= 125.200 + 15.887 = 141.087 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1174.021 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{963.733 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798$$

$$= 112.075 + 55.852 = 167.927 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

3) SPLICE - 3　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 14877.700 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 13196.400 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 452.559 kN

합성후 전단력　　: Sv = 590.927 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 612.898 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 132.2 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -139.0 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

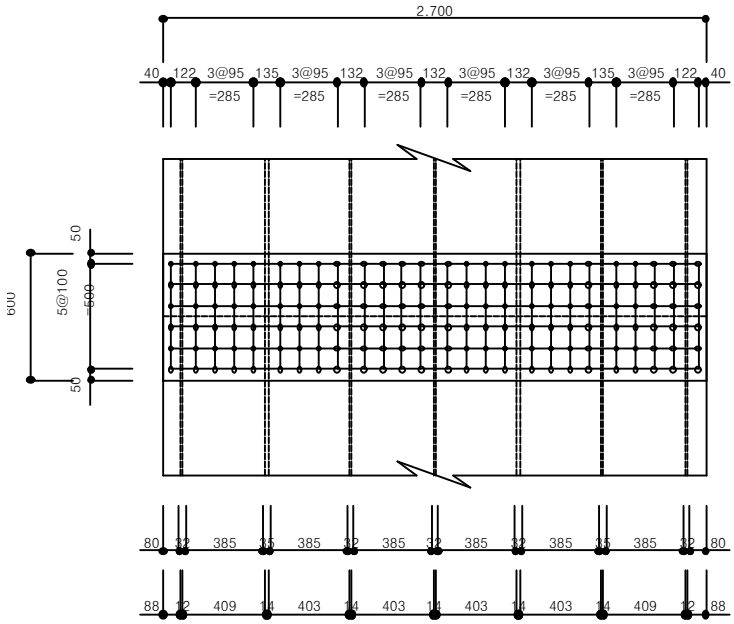
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 132.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 32400.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \ \text{EA}} = 78923.1 \ \text{N/EA} < \rho a \ \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.526E+05 \times 5.979E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.909E+05 \times 2.489E+07}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ \text{EA}} = 5144 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(452.56 kN) , Sv : 합성후 전단력(590.93 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1391.96 − 8.0) = 59787072 mm³

Qv = 2700.0 × 16 × (584.20 − 8.0) = 24891926 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm⁴ , Iv = 4.58353E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

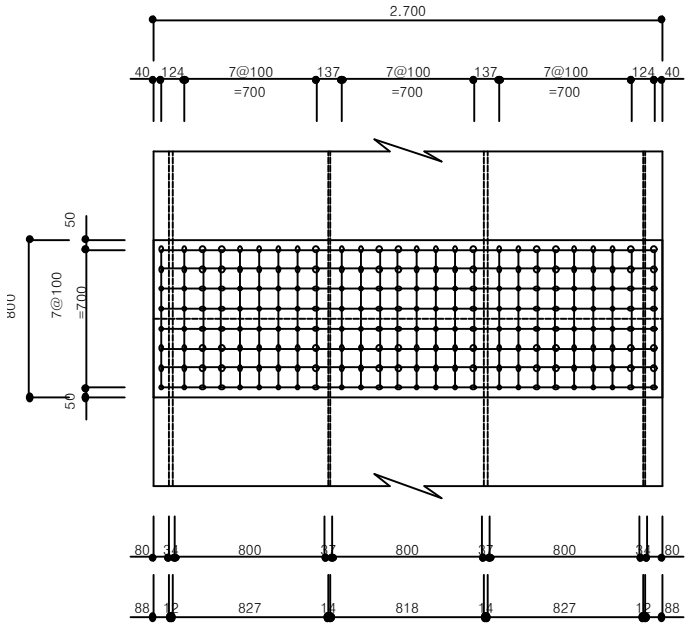
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 5144.3^2)} = 79090.6 \ \text{N/EA} < \rho a \ , \ \text{O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 139.0 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 81389.4\ N/EA < \rho a\ \ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.526E+05 \times 7.336E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.909E+05 \times 1.213E+08}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{4\ EA} = 7773\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(452.559 kN) , Sv : 합성후 전단력(590.927 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1246.04 − 11.0) = 73361376 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (2053.80 − 11.0) = 121342201 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm^4 , Iv = 4.58353E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 7773.3^2)} = 81759.8\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

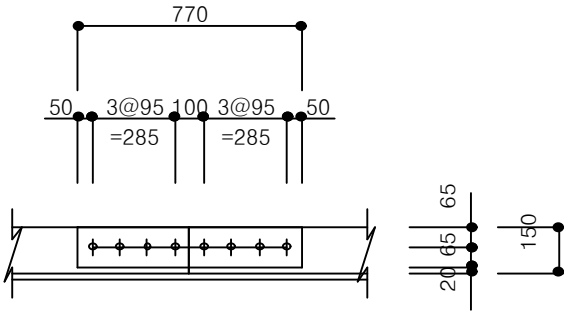
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 22 × 2700 = 59400.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn =22 ×(2700 − 25 ×26) = 45100.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq fa$ O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

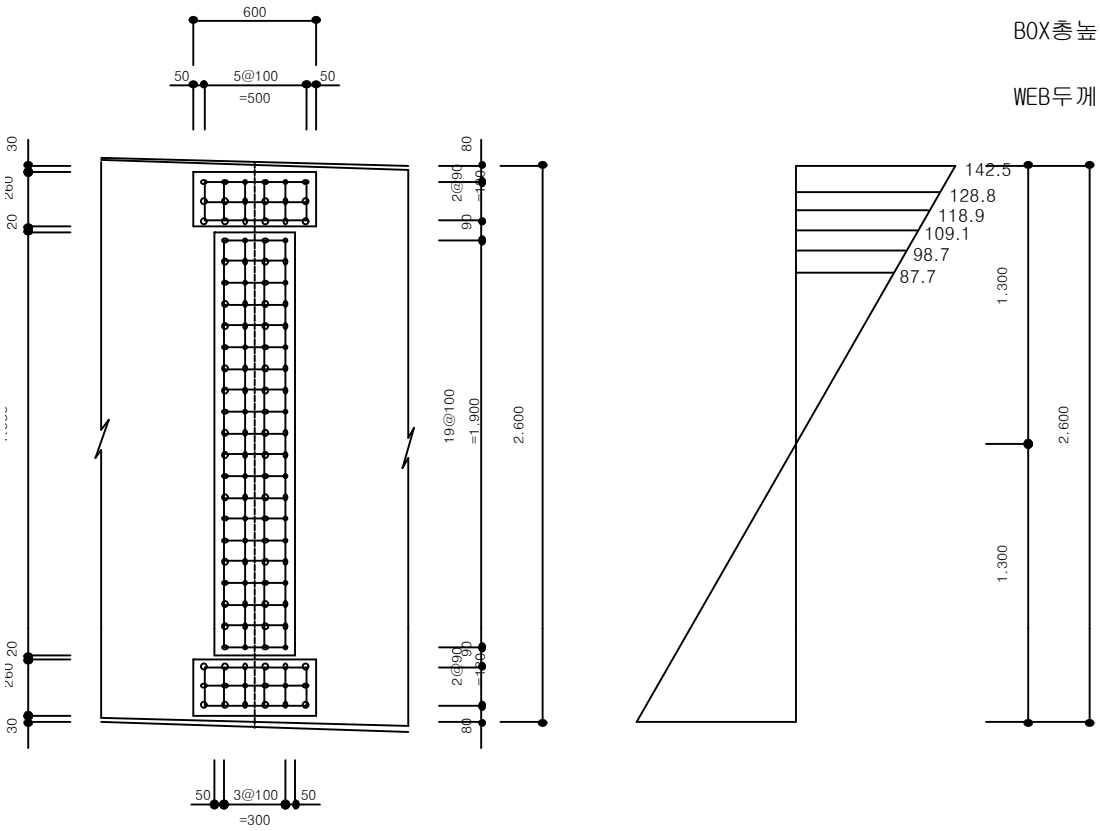
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1043.5 \times 1000}{2} + \frac{612.9 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 11098.9\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 11098.9^2} = 68726.6\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 14877.7 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1131.9\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 13196.4 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 1016.4 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 14877.7 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 13196.4 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.32207E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 4.58353E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1246.04)² = 1.30526E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2053.80 − 1300.00)² = 3.54385E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1392.0 mm Ysl = 1246.0 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 584.2 mm Yvl = 2053.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1131.932 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{1016.440 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202$$

= 120.712 + 16.756 = 137.468 MPa < fsa , O.K

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1131.932 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{1016.440 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798$$

$$= 108.057 + 58.907 = 166.964 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

4) SPLICE - 4　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 6662.070 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 8731.990 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 1169.350 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1012.880 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 961.806 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 96.8 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -93.9 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

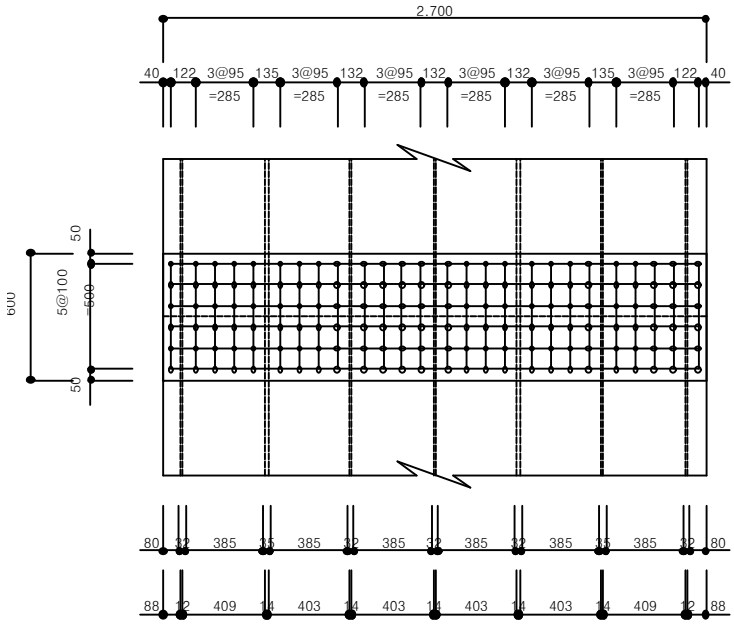
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 96.8 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm^2

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm^2

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm^2

$\Sigma =$ 51700.0 mm^2 > Asreq'd = 24300.0 mm^2 O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \ MPa < fsa \text{ , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 59192.3 \ N/EA < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.169E+06 \times 4.369E+07}{1.86138E+11} + \frac{1.013E+06 \times 1.610E+07}{3.84474E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 10968 \ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(1169.35 kN) , Sv : 합성후 전단력(1012.88 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1354.39 − 6.0) = 43687836 mm^3

Qv = 2700.0 × 12 × (502.80 − 6.0) = 16096450 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.86138E+11 mm^4 , Iv = 3.84474E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

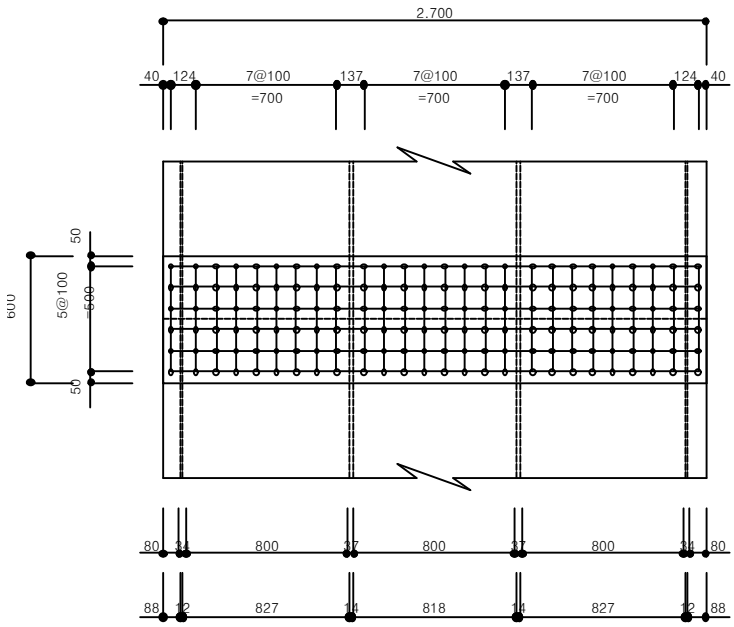
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 10968.2^2)} = 60199.9 \ N/EA < \rho a \text{ , O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 93.9 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{16.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 32400.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 600	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 600	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 600	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 32400.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 129.5 \text{ MPa} < fsa\ ,\ \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700.0 \times 142.5}{78\ EA} = 78923.1 \text{ N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.169E+06 \times 5.467E+07}{1.86138E+11} + \frac{1.013E+06 \times 9.146E+07}{3.84474E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 20230 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(1169.350 kN) , Sv : 합성후 전단력(1012.880 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1273.61 − 8.0) = 54674352 mm^3

Qv = 2700.0 × 16 × (2125.20 − 8.0) = 91462867 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.86138E+11 mm^4 , Iv = 3.84474E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 20230.2^2)} = 81474.7 \text{ N/EA} < \rho a\ ,\ \text{O.K}$$

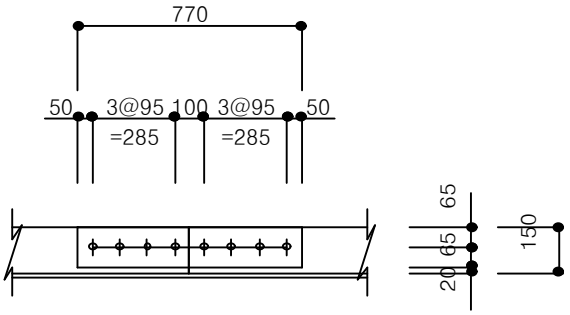
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 16 × 2700 = 43200.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 16 × (2700 − 25 × 26) = 32800.0 mm^2

$$\text{모재의 응력 } fl = \frac{43200.0 \times 142.5}{32800.0} = 187.7 \leq fa \quad \text{O.K}$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

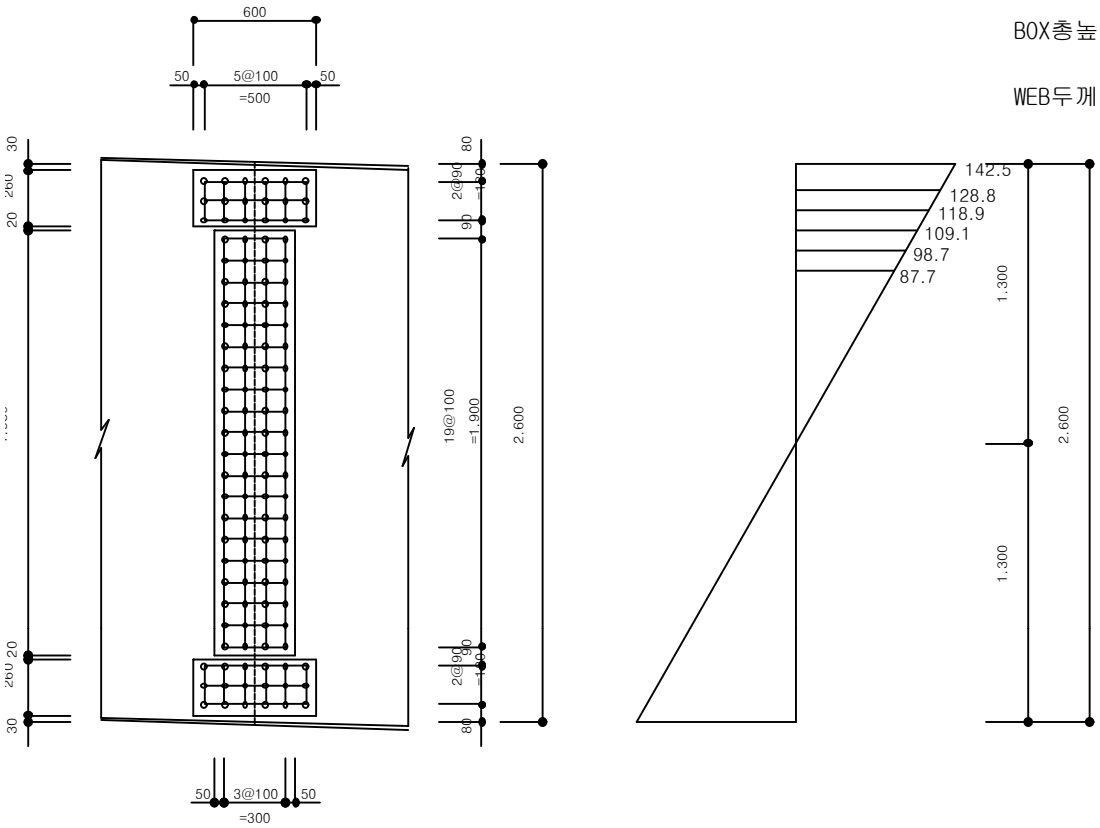
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t), A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{2182.2 \times 1000}{2} + \frac{961.8 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 22113.1\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 22113.1^2} = 71338.3\ N/EA < \rho a,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 6662.1 \times \frac{1.75977E+10}{1.86138E+11} = 629.8\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8732.0 \times \frac{3.88216E+10}{3.84474E+11} = 881.7 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 6662.1 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 8732.0 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.86138E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.84474E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1273.61)² = 1.29649E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2125.20 − 1300.00)² = 3.99029E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1354.4 mm Ysl = 1273.6 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 502.8 mm Yvl = 2125.2 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{629.842 \times 1E+06}{12964898711} \times 1354.390 + \frac{881.698 \times 1E+06}{39902878161} \times 502.804$$

$$= 65.797 + 11.110 = 76.907 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvl$$

$$= \frac{629.842 \times 1E+06}{12964898711} \times 1273.610 + \frac{881.698 \times 1E+06}{39902878161} \times 2125.196$$

$$= 61.873 + 46.959 = 108.831 \text{ MPa} < fsa, \quad 0.K$$

5) SPLICE - 5　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = -8604.340 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = -8818.640 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 1877.350 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1491.460 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 1187.970 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = -92.1 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = 122.3 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

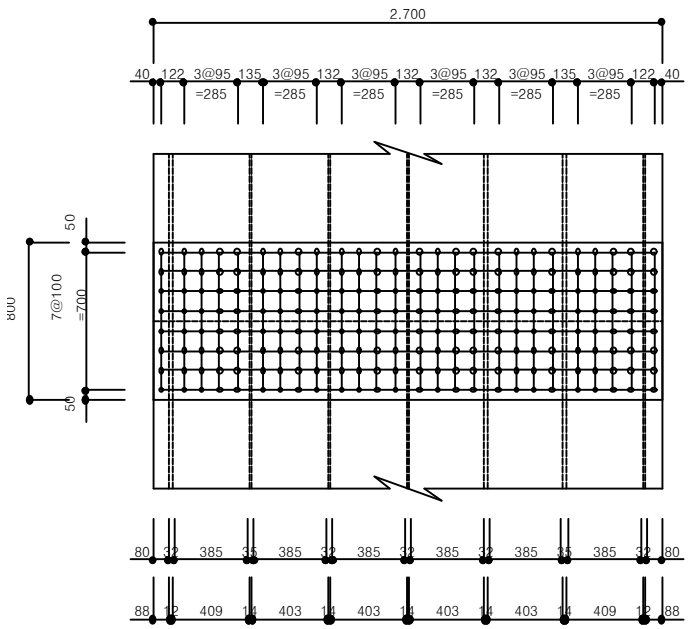
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 122.3 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 800 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 800 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 800 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \ EA} = 81389.4 \ \text{N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.877E+06 \times 7.087E+07}{2.21652E+11} + \frac{1.491E+06 \times 8.878E+07}{3.04824E+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \ EA} = 26861 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(1877.35 kN) , Sv : 합성후 전단력(1491.46 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1204.11 − 11.0) = 70870734 mm³

Qv = 2700.0 × 22 × (1505.57 − 11.0) = 88777458 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm⁴ , Iv = 3.04824E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

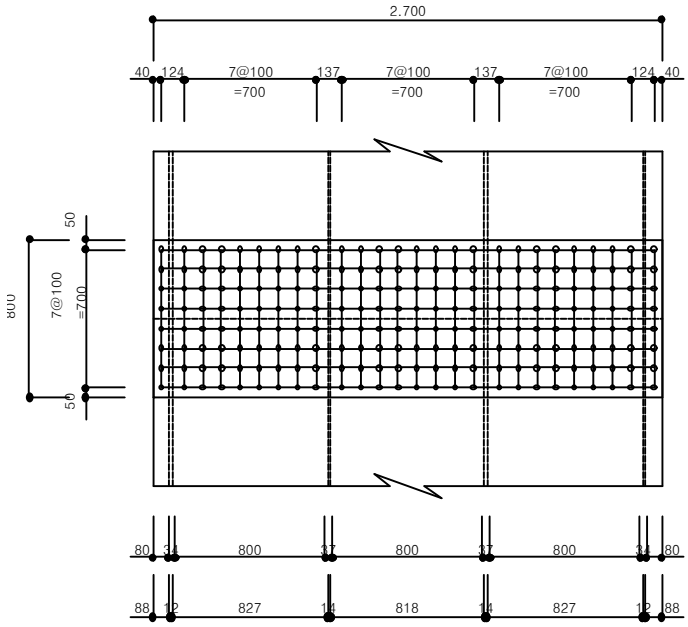
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 26860.8^2)} = 85707.3 \ \text{N/EA} < \rho a \ , \ \text{O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 92.1 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 18 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 73\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{18.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 36450.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 36450.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{18 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 145.7$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 66591.3$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{1.877E+06 \times 6.935E+07}{2.21652E+11} + \dfrac{1.491E+06 \times 5.470E+07}{3.04824E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{4\ EA} = 22196$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(1877.350 kN) , Sv : 합성후 전단력(1491.460 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 18 × (1435.89 − 9.0) = 69346854 mm^3

Qv = 2700.0 × 18 × (1134.43 − 9.0) = 54695898 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm^4 , Iv = 3.04824E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(66591.3^2 + 22196.4^2)} = 70193.3$ N/EA < ρa , O.K

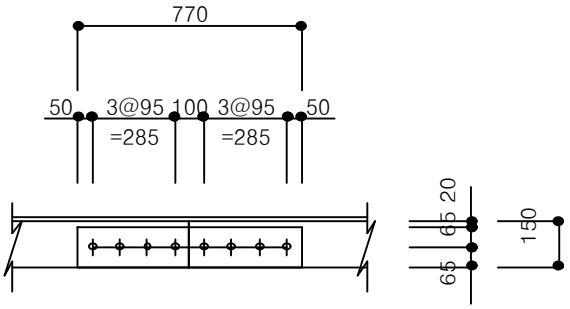
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 18 × 2700 = 48600.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 18 × (2700 − 25 × 26) = 36900.0 mm^2

모재의 응력 $fu = \dfrac{48600.0 \times 142.5}{36900.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

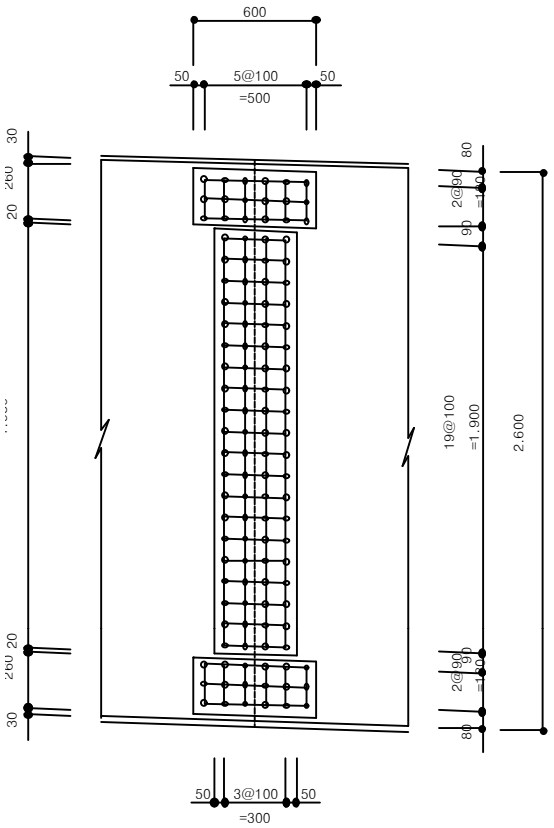
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

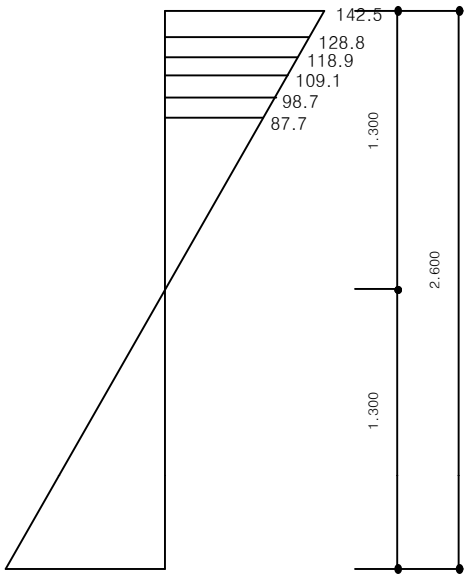
① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fl = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{3368.8 \times 1000}{2} + \frac{1188.0 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 33118.3 \text{ N/EA} < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 33118.3^2} = 75478.4 \text{ N/EA} < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 8604.3 \times \frac{1.78629E+10}{2.21652E+11} = 693.4\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8818.6 \times \frac{1.88945E+10}{3.04824E+11} = 546.6 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 8604.3 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 8818.6 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.21652E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.04824E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 ×(1300.00 − 1204.11)² = 1.33014E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 ×(1505.57 − 1300.00)² = 1.46108E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1435.9 mm Ysl = 1204.1 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 1134.4 mm Yvl = 1505.6 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{693.421 \times 1E+06}{13301437727} \times 1435.890 + \frac{546.623 \times 1E+06}{14610777386} \times 1134.430$$

$$= 74.855 + 42.442 = 117.296 \ MPa < fsa , \ O.K$$

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvl$$

$$= \frac{693.421 \times 1E+06}{13301437727} \times 1204.110 + \frac{546.623 \times 1E+06}{14610777386} \times 1505.570$$

$$= 62.772 + 56.327 = 119.099 \text{ MPa} < fsa, \quad 0.K$$

6) SPLICE - 6　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = -9468.430 kN · m

합성후 휨모멘트　　: Mv = -8822.500 kN · m

합성전 전단력　　: Ss = 1393.430 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1290.230 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 915.075 kN · m

상부 FLANGE의응력　　: fu = -97.5 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = 131.3 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

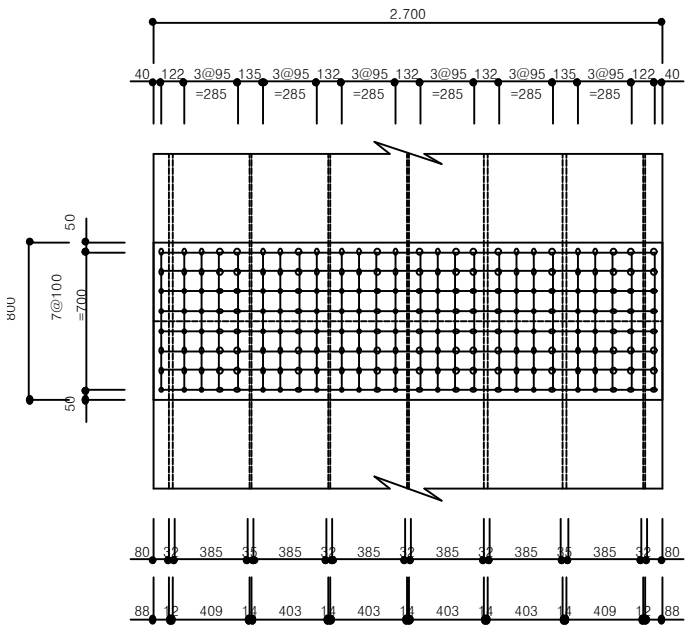
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 131.3 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 800 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 800 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 800 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

$$이음판의\ 응력 fs = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104\ EA} = 81389.4\ N/EA < \rho a\ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.393E+06 \times 7.087E+07}{2.21652E+11} + \frac{1.290E+06 \times 8.878E+07}{3.04824E+11} \right) \times \frac{103.8}{4\ EA} = 21322\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(1393.43 kN) , Sv : 합성후 전단력(1290.23 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1204.11 − 11.0) = 70870734 mm³

Qv = 2700.0 × 22 × (1505.57 − 11.0) = 88777458 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm⁴ , Iv = 3.04824E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

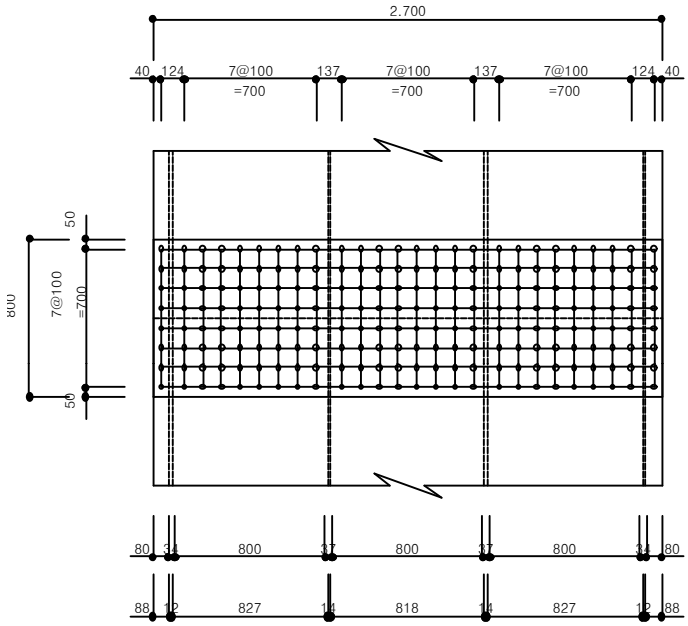
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 21322.3^2)} = 84136.1 \text{ N/EA} < \rho a, \text{ O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 97.5 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 18 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 73 \text{ EA} \Rightarrow n = 104 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{18.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 36450.0 \text{ mm}^2$$

사용이음판 :	2-PL	80 ×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800 ×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######	12	× 800	=	32400.0 mm²
					Σ =	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 36450.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{18 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 145.7 \text{ MPa} < fsa\ ,\ \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 66591.3 \text{ N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.393E+06 \times 6.935E+07}{2.21652E+11} + \frac{1.290E+06 \times 5.470E+07}{3.04824E+11} \right) \times \frac{103.8}{4\ EA} = 17328 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(1393.430 kN) , Sv : 합성후 전단력(1290.230 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 18 × (1435.89 − 9.0) = 69346854 mm³

Qv = 2700.0 × 18 × (1134.43 − 9.0) = 54695898 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm⁴ , Iv = 3.04824E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(66591.3^2 + 17328.4^2)} = 68809.1 \text{ N/EA} < \rho a\ ,\ \text{O.K}$$

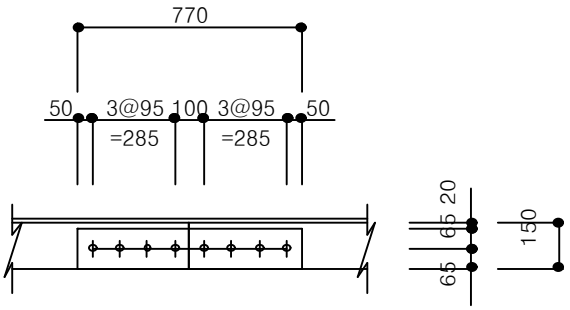
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 18 × 2700 = 48600.0 mm²

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 18 × (2700 − 25 × 26) = 36900.0 mm²

모재의 응력 $fu = \dfrac{48600.0 \times 142.5}{36900.0} = 187.7 \leq fa$ 0.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$n = \dfrac{As\ fs}{\rho a} = \dfrac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1$ EA ⇒ n = 4 EA 사용

② 이음판의 결정

필요단면적 : $As = \dfrac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0$ mm²

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

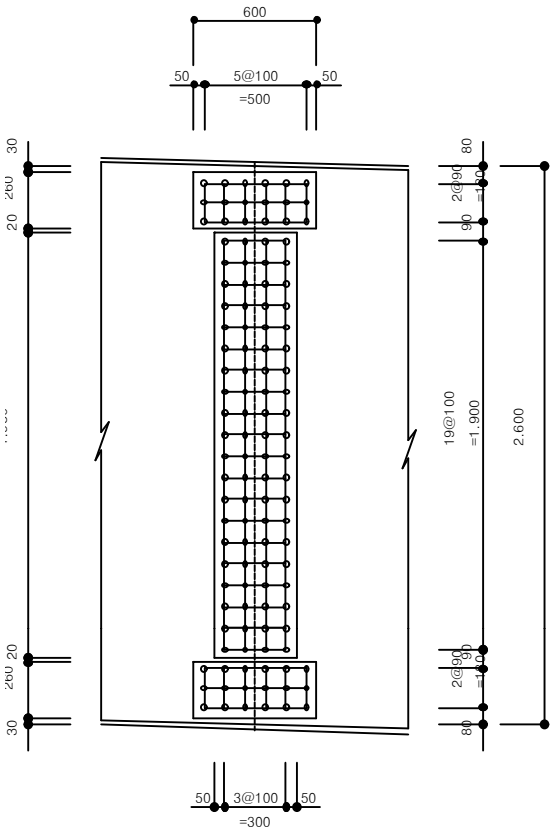
An = 2600.0 - 25.0 × 10 × 2 EA = 2100 mm² > Asreq'd = 1575.0 mm² 0.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5$ MPa < fsa , 0.K

4) WEB 연결부의 계산

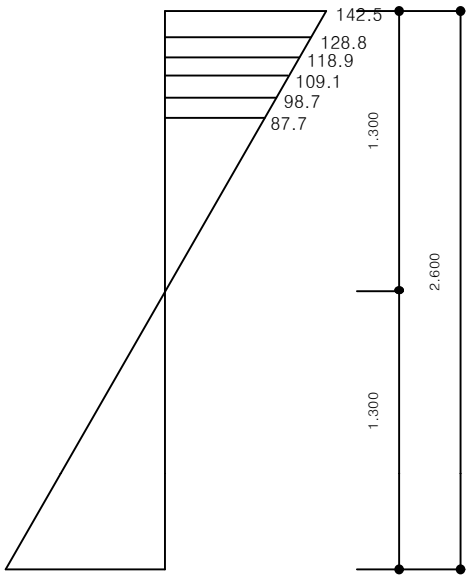
① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fl = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t), A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{2683.7 \times 1000}{2} + \frac{915.1 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 26275.4\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 26275.4^2} = 72736.2\ N/EA < \rho a,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 9468.4 \times \frac{1.78629E+10}{2.21652E+11} = 763.1\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8822.5 \times \frac{1.88945E+10}{3.04824E+11} = 546.9 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 9468.4 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 8822.5 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.21652E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.04824E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1204.11)² = 1.33014E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (1505.57 − 1300.00)² = 1.46108E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1435.9 mm Ysl = 1204.1 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 1134.4 mm Yvl = 1505.6 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{763.058 \times 1E+06}{13301437727} \times 1435.890 + \frac{546.862 \times 1E+06}{14610777386} \times 1134.430$$

$$= 82.372 + 42.460 = 124.832 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{763.058 \times 1E+06}{13301437727} \times 1204.110 + \frac{546.862 \times 1E+06}{14610777386} \times 1505.570$$

$$= 69.076 + 56.351 = 125.427 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad \text{O.K}$$

7) SPLICE - 7　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 2072.180 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 6618.210 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 456.955 kN

합성후 전단력　　: Sv = 698.916 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 597.259 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 53.2 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -55.1 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

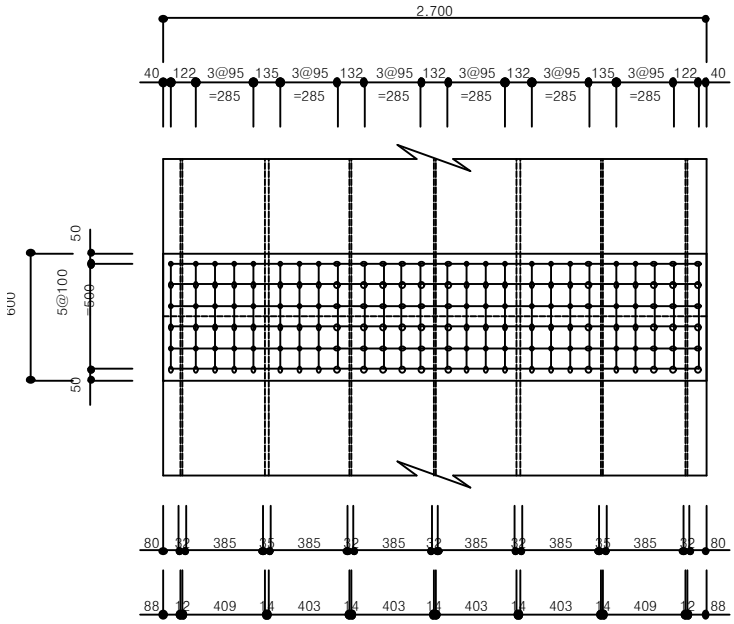
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 53.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 24300.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 59192.3 \ \text{N/EA} < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.570E+05 \times 4.218E+07}{1.77072E+11} + \frac{6.989E+05 \times 1.520E+07}{3.58451E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 4794 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(456.96 kN) , Sv : 합성후 전단력(698.92 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1307.74 − 6.0) = 42176376 mm³

Qv = 2700.0 × 12 × (475.12 − 6.0) = 15199520 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.77072E+11 mm⁴ , Iv = 3.58451E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

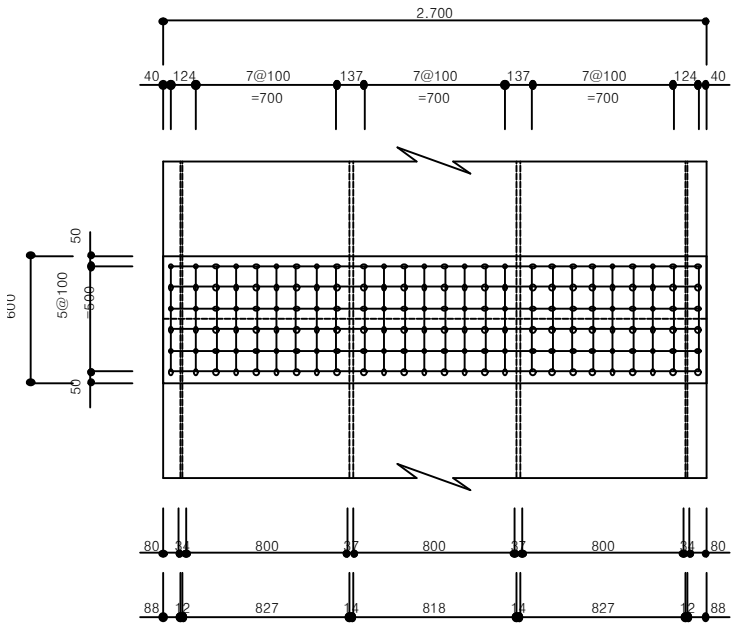
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 4793.5^2)} = 59386.1 \ \text{N/EA} < \rho a , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 55.1 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 14 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 57\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 600	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 600	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 600	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 28350.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78\ EA} = 69057.7$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{4.570E+05 \times 4.957E+07}{1.77072E+11} + \dfrac{6.989E+05 \times 8.104E+07}{3.58451E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{3\ EA} = 9897$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(456.955 kN) , Sv : 합성후 전단력(698.916 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 14 × (1318.26 − 7.0) = 49565628 mm^3

Qv = 2700.0 × 14 × (2150.88 − 7.0) = 81038626 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.77072E+11 mm^4 , Iv = 3.58451E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 9897.3^2)} = 69763.4$ N/EA < ρa , O.K

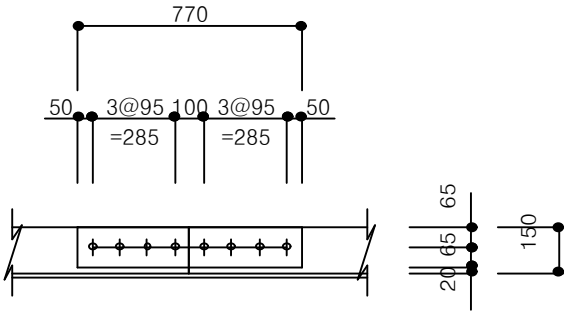
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 14 × 2700 = 37800.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 14 × (2700 − 25 × 26) = 28700.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

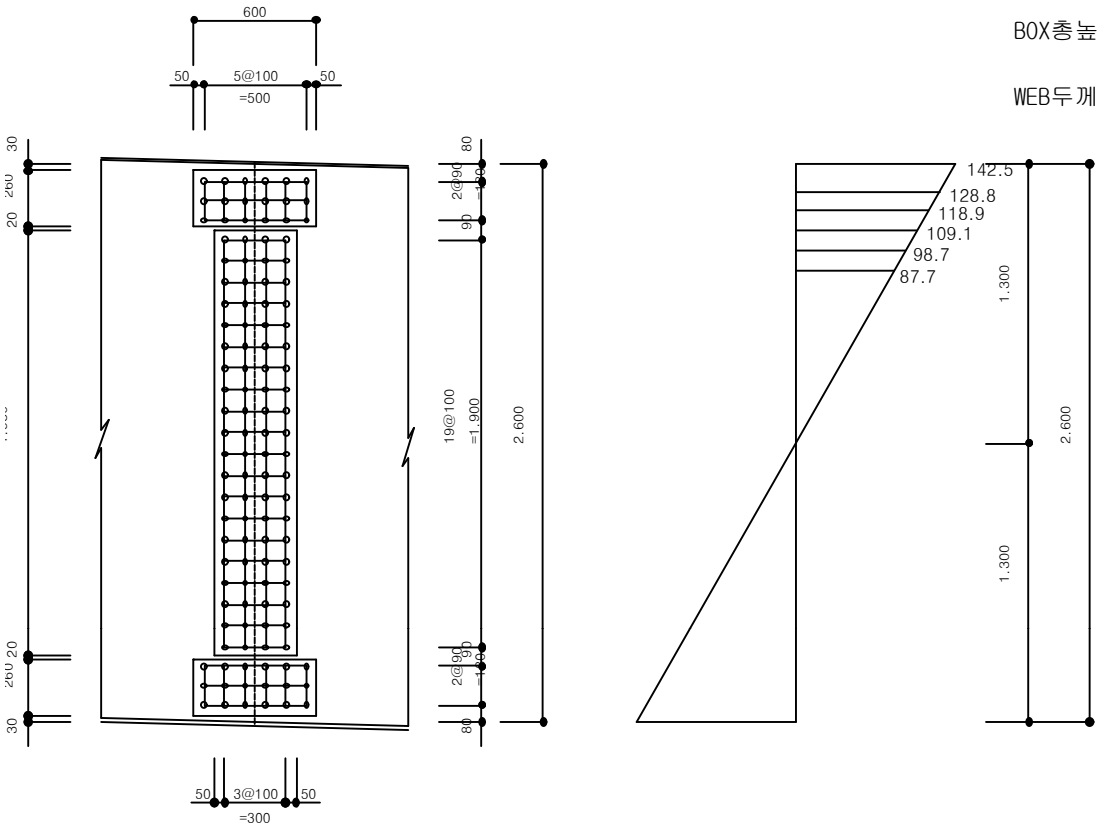
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ O.K$$

$$이음판의\ 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t), A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1155.9 \times 1000}{2} + \frac{597.3 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 12014.1\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 12014.1^2} = 68880.3\ N/EA < \rho a,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 2072.2 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 205.8\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 6618.2 \times \frac{4.01646E+10}{3.58451E+11} = 741.6 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 2072.2 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 6618.2 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.77072E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.58451E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1318.26)² = 1.29505E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2150.88 − 1300.00)² = 4.16075E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1307.7 mm Ysl = 1318.3 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 475.1 mm Yvl = 2150.9 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{205.805 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{741.573 \times 1E+06}{41607524877} \times 475.121$$

$$= 20.782 + 8.468 = 29.250 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{205.805 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{741.573 \times 1E+06}{41607524877} \times 2150.879$$

$$= 20.949 + 38.335 = 59.285 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

8) SPLICE - 8　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 2072.480 kN · m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 6617.580 kN · m

합성전 전단력　　: Ss = 456.923 kN

합성후 전단력　　: Sv = 698.936 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 597.011 kN · m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 53.2 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -55.1 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

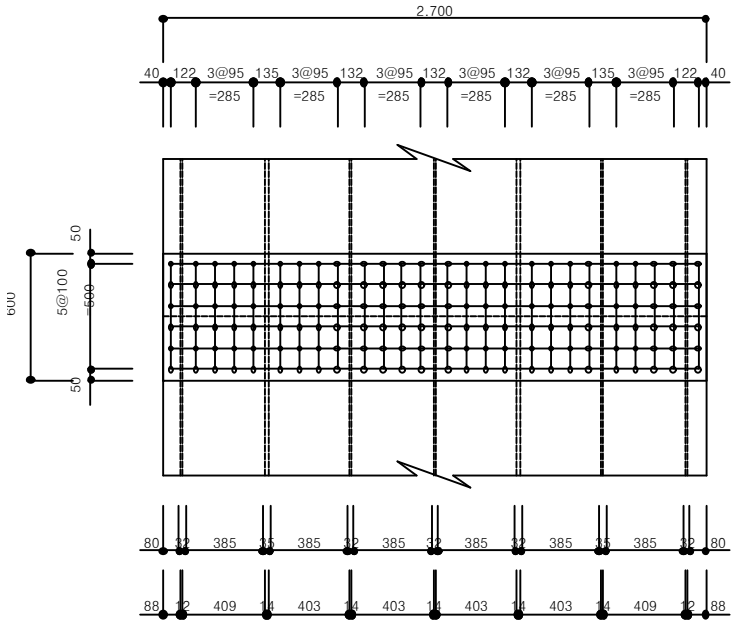
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 53.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 24300.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 59192.3 \ \text{N/EA} < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.569E+05 \times 4.218E+07}{1.77072E+11} + \frac{6.989E+05 \times 1.520E+07}{3.58451E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 4793 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(456.92 kN) , Sv : 합성후 전단력(698.94 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1307.74 − 6.0) = 42176376 mm³

Qv = 2700.0 × 12 × (475.12 − 6.0) = 15199520 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.77072E+11 mm⁴ , Iv = 3.58451E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

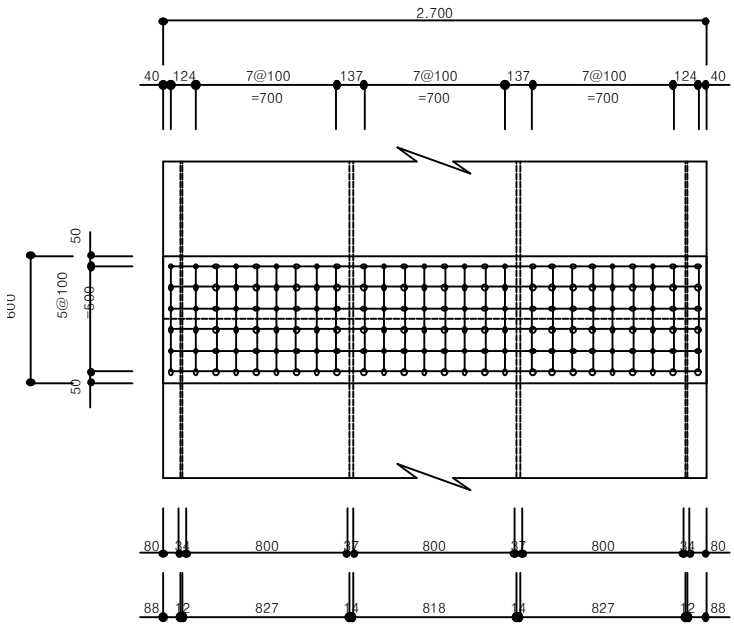
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 4793.2^2)} = 59386.1 \ \text{N/EA} < \rho a , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 55.1 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 14 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 57\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 28350.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 600	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 600	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 600	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 28350.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{14 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 113.4$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{14 \times 2700.0 \times 142.5}{78\ EA} = 69057.7$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{4.569E+05 \times 4.957E+07}{1.77072E+11} + \dfrac{6.989E+05 \times 8.104E+07}{3.58451E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{3\ EA} = 9897$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(456.923 kN) , Sv : 합성후 전단력(698.936 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 14 × (1318.26 − 7.0) = 49565628 mm^3

Qv = 2700.0 × 14 × (2150.88 − 7.0) = 81038626 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.77072E+11 mm^4 , Iv = 3.58451E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(69057.7^2 + 9897.1^2)} = 69763.3$ N/EA < ρa , O.K

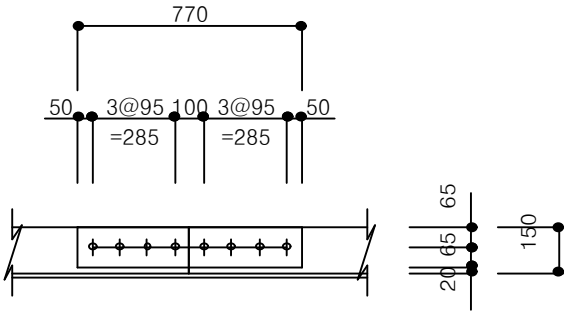
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 14 × 2700 = 37800.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 14 × (2700 − 25 × 26) = 28700.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{37800.0 \times 142.5}{28700.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

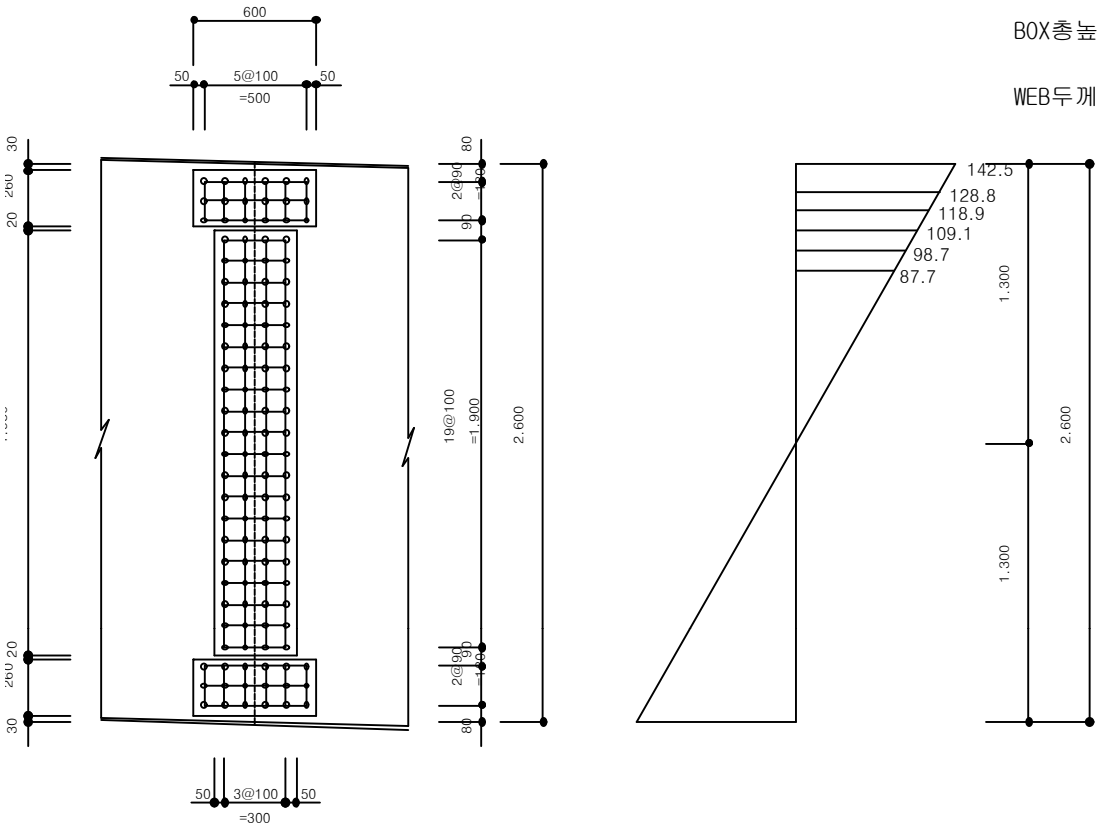
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ O.K$$

$$이음판의\ 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t), A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1155.9 \times 1000}{2} + \frac{597.0 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 12013.1\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 12013.1^2} = 68880.2\ N/EA < \rho a,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 2072.5 \times \frac{1.75864E+10}{1.77072E+11} = 205.8\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 6617.6 \times \frac{4.01646E+10}{3.58451E+11} = 741.5 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 2072.5 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 6617.6 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.77072E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.58451E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 ×(1300.00 − 1318.26)² = 1.29505E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 ×(2150.88 − 1300.00)² = 4.16075E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1307.7 mm Ysl = 1318.3 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 475.1 mm Yvl = 2150.9 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{205.835 \times 1E+06}{12950523733} \times 1307.740 + \frac{741.503 \times 1E+06}{41607524877} \times 475.121$$

$$= 20.785 + 8.467 = 29.252 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{205.835 \times 1E+06}{12950523733} \times 1318.260 + \frac{741.503 \times 1E+06}{41607524877} \times 2150.879$$

$$= 20.952 + 38.332 = 59.284 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

9) SPLICE - 9　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = -9468.030 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = -8822.410 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 1393.330 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1290.200 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 911.301 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = -97.5 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = 131.3 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

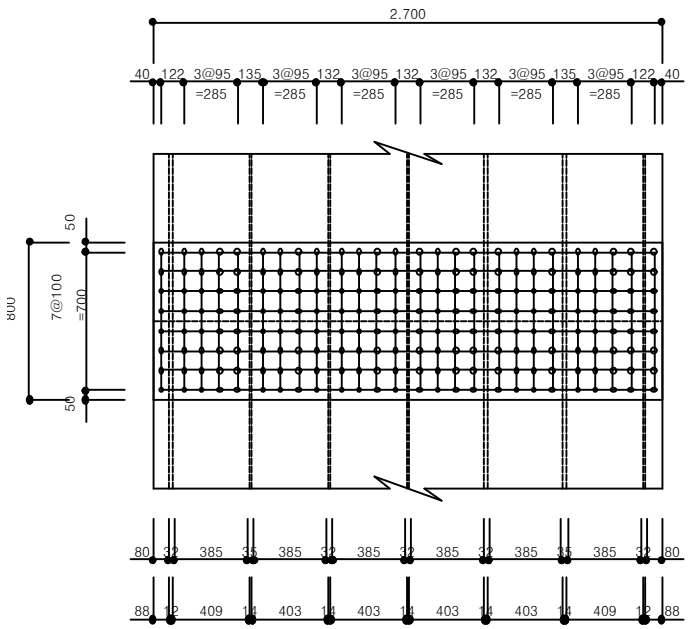
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 131.3 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 800 = 1600.0 mm^2

6-PL 385 × 10 × 800 = 23100.0 mm^2

1-PL ###### 10 × 800 = 27000.0 mm^2

Σ = 51700.0 mm^2 > Asreq'd = 44550.0 mm^2 O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \ MPa < fsa \ , \ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \ EA} = 81389.4 \ N/EA < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.393E+06 \times 7.087E+07}{2.21652E+11} + \frac{1.290E+06 \times 8.878E+07}{3.04824E+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \ EA} = 21321 \ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(1393.33 kN) , Sv : 합성후 전단력(1290.20 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1204.11 − 11.0) = 70870734 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (1505.57 − 11.0) = 88777458 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm^4 , Iv = 3.04824E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

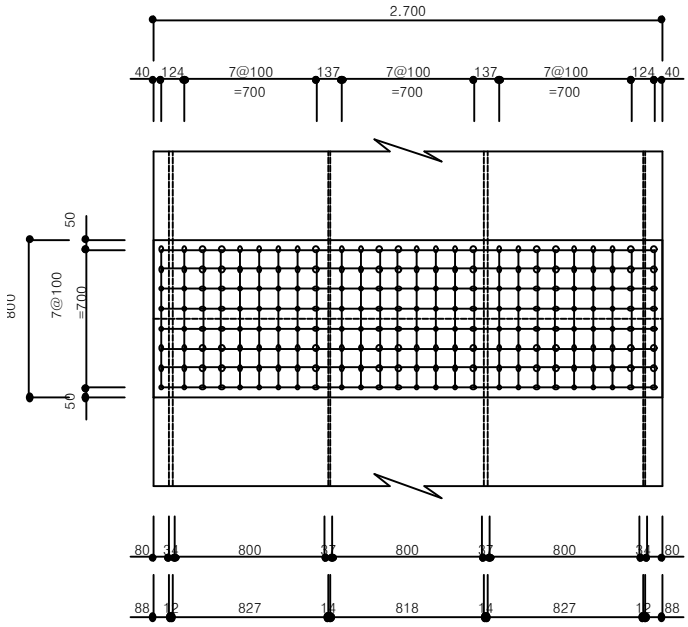
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 21321.2^2)} = 84135.8 \ N/EA < \rho a \ , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 97.5 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 18 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 73\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{18.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 36450.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 36450.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{18 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 145.7$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 66591.3$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{1.393E+06 \times 6.935E+07}{2.21652E+11} + \dfrac{1.290E+06 \times 5.470E+07}{3.04824E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{4\ EA} = 17328$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(1393.330 kN) , Sv : 합성후 전단력(1290.200 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 18 × (1435.89 − 9.0) = 69346854 mm^3

Qv = 2700.0 × 18 × (1134.43 − 9.0) = 54695898 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm^4 , Iv = 3.04824E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(66591.3^2 + 17327.5^2)} = 68808.8$ N/EA < ρa , O.K

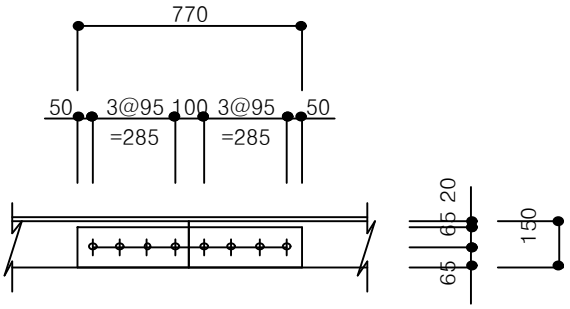
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 18 × 2700 = 48600.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 18 × (2700 − 25 × 26) = 36900.0 mm^2

모재의 응력 $fu = \dfrac{48600.0 \times 142.5}{36900.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

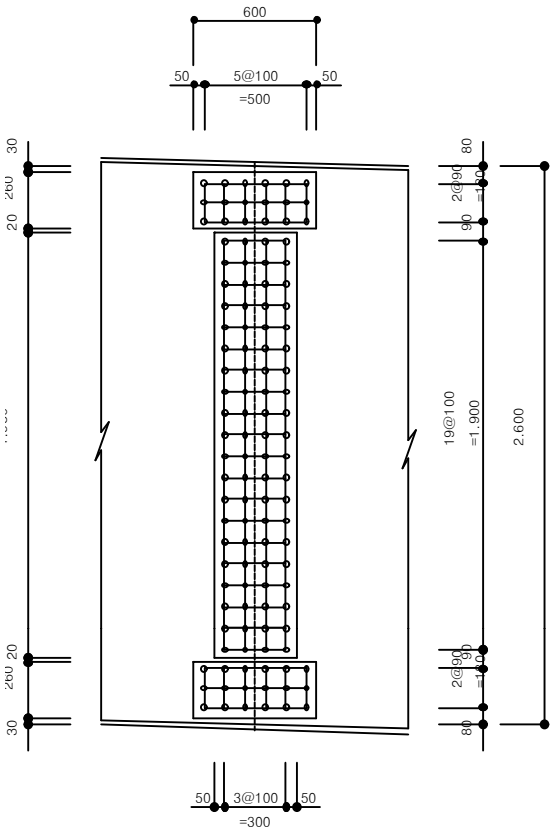
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

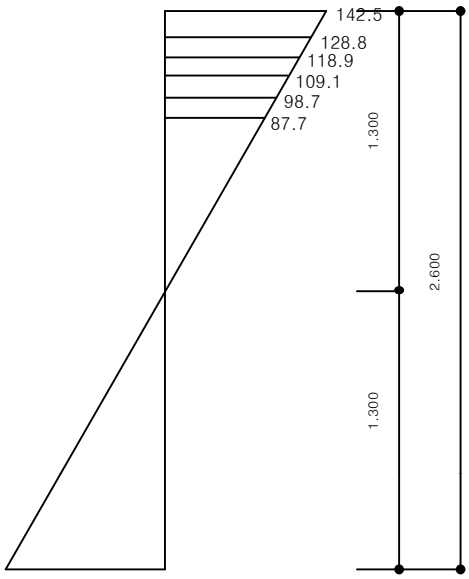
① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fl = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{2683.5 \times 1000}{2} + \frac{911.3 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 26261.3\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 26261.3^2} = 72731.1\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 9468.0 \times \frac{1.78629E+10}{2.21652E+11} = 763.0\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8822.4 \times \frac{1.88945E+10}{3.04824E+11} = 546.9 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 9468.0 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 8822.4 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.21652E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.04824E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 ×(1300.00 − 1204.11)² = 1.33014E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 ×(1505.57 − 1300.00)² = 1.46108E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1435.9 mm Ysl = 1204.1 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 1134.4 mm Yvl = 1505.6 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{763.025 \times 1E+06}{13301437727} \times 1435.890 + \frac{546.856 \times 1E+06}{14610777386} \times 1134.430$$

$$= 82.369 + 42.460 = 124.828 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvl$$

$$= \frac{763.025 \times 1E+06}{13301437727} \times 1204.110 + \frac{546.856 \times 1E+06}{14610777386} \times 1505.570$$

$$= 69.073 + 56.351 = 125.424 \text{ MPa} < fsa, \quad O.K$$

10) SPLICE - 10　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = -8605.170 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = -8818.680 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 1877.340 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1491.390 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 1185.410 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = -92.1 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = 122.3 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

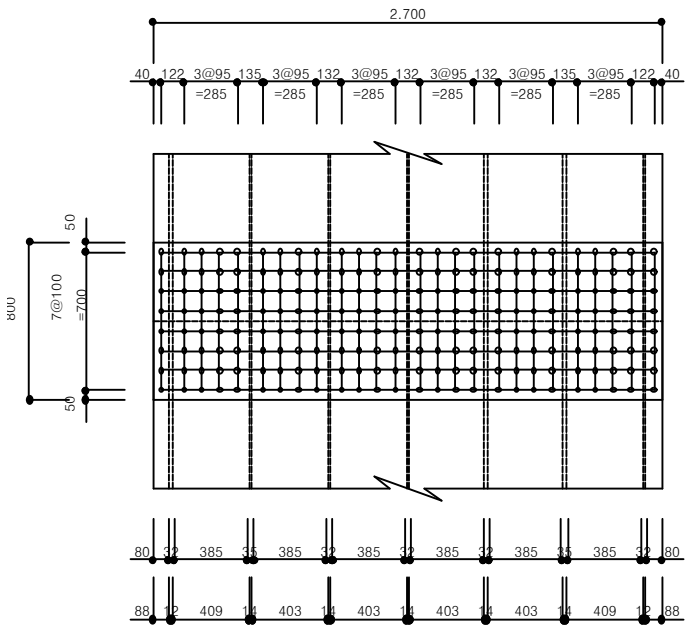
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 122.3 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 44550.0 \ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 800 = 1600.0 mm^2

6-PL 385 × 10 × 800 = 23100.0 mm^2

1-PL ###### 10 × 800 = 27000.0 mm^2

Σ = 51700.0 mm^2 > Asreq'd = 44550.0 mm^2 O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 163.723 \ MPa < fsa \ , \ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700 \times 142.5}{104 \ EA} = 81389.4 \ N/EA < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.877E+06 \times 7.087E+07}{2.21652E+11} + \frac{1.491E+06 \times 8.878E+07}{3.04824E+11} \right) \times \frac{103.8}{4 \ EA} = 26860 \ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(1877.34 kN) , Sv : 합성후 전단력(1491.39 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1204.11 − 11.0) = 70870734 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (1505.57 − 11.0) = 88777458 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm^4 , Iv = 3.04824E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

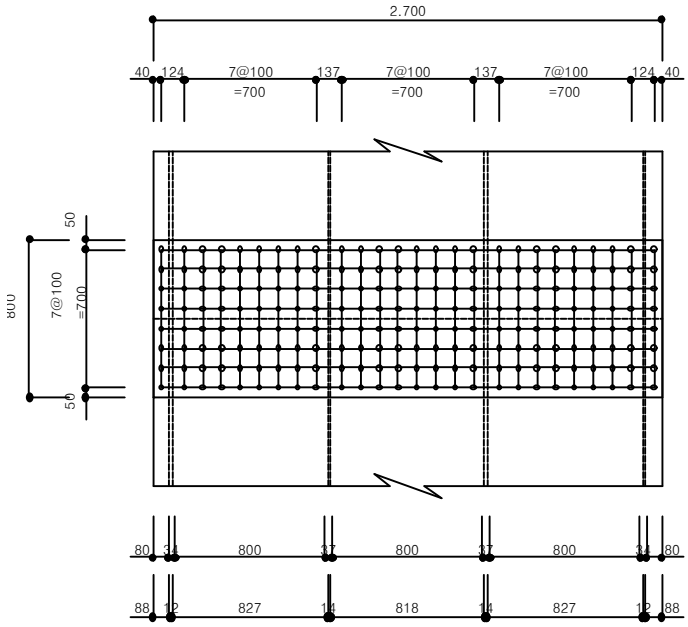
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 26860.1^2)} = 85707.1 \ N/EA < \rho a \ , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 92.1 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 18 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 73\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{18.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 36450.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 36450.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{18 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 145.7$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{18 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 66591.3$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{1.877E+06 \times 6.935E+07}{2.21652E+11} + \dfrac{1.491E+06 \times 5.470E+07}{3.04824E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{4\ EA} = 22196$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(1877.340 kN) , Sv : 합성후 전단력(1491.390 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 18 × (1435.89 − 9.0) = 69346854 mm^3

Qv = 2700.0 × 18 × (1134.43 − 9.0) = 54695898 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.21652E+11 mm^4 , Iv = 3.04824E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(66591.3^2 + 22196.0^2)} = 70193.1$ N/EA < ρa , O.K

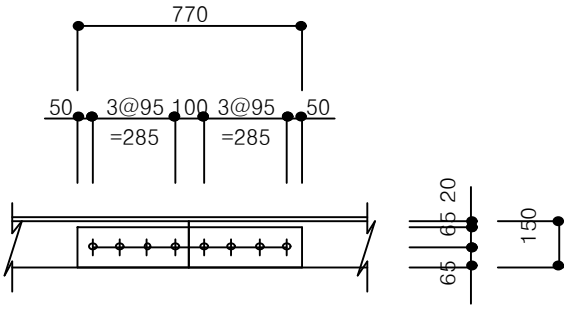
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 18 × 2700 = 48600.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 18 × (2700 − 25 × 26) = 36900.0 mm^2

모재의 응력 $fu = \dfrac{48600.0 \times 142.5}{36900.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

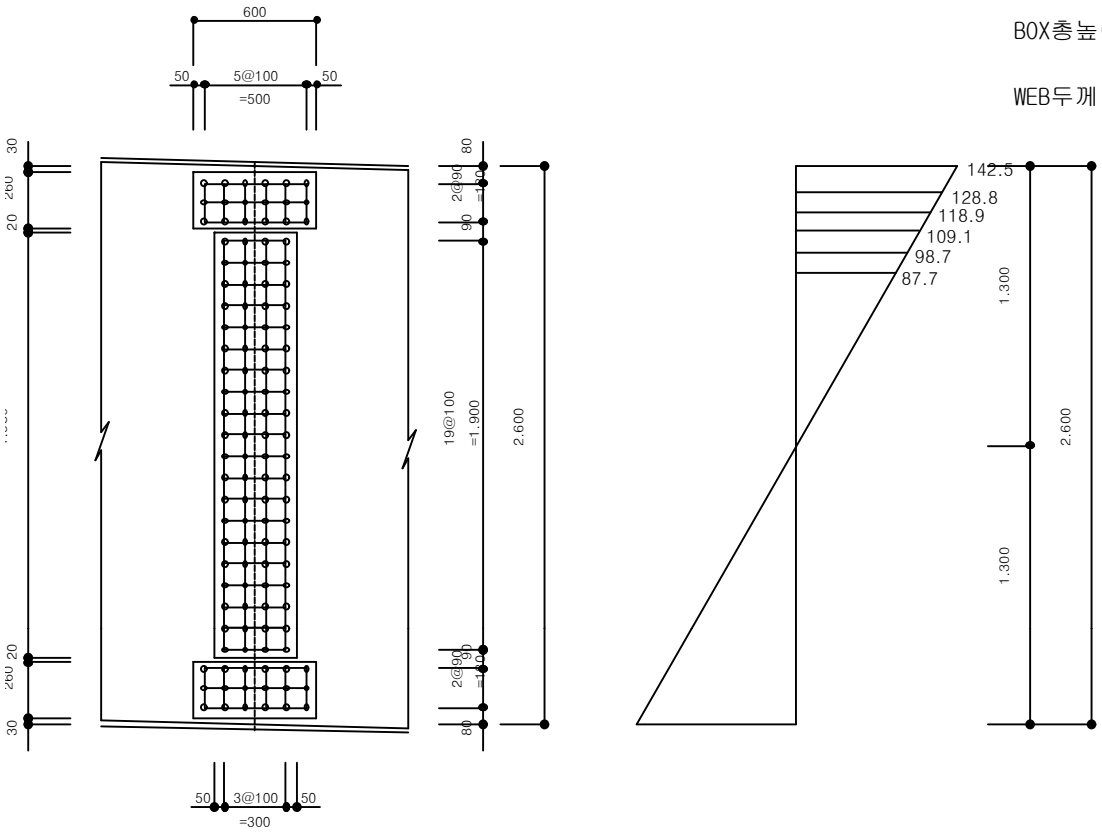
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fl = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{3368.7 \times 1000}{2} + \frac{1185.4 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 33108.9\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 33108.9^2} = 75474.2\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 8605.2 \times \frac{1.78629E+10}{2.21652E+11} = 693.5\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8818.7 \times \frac{1.88945E+10}{3.04824E+11} = 546.6 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 8605.2 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 8818.7 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.21652E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.04824E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1204.11)² = 1.33014E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (1505.57 − 1300.00)² = 1.46108E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1435.9 mm Ysl = 1204.1 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 1134.4 mm Yvl = 1505.6 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{693.488 \times 1E+06}{13301437727} \times 1435.890 + \frac{546.625 \times 1E+06}{14610777386} \times 1134.430$$

$$= 74.862 + 42.442 = 117.304 \ MPa < fsa , \ O.K$$

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvl$$

$$= \frac{693.488 \times 1E+06}{13301437727} \times 1204.110 + \frac{546.625 \times 1E+06}{14610777386} \times 1505.570$$

$$= 62.778 + 56.327 = 119.105 \text{ MPa} < fsa, \quad O.K$$

11) SPLICE - 11　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 6661.370 kN · m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 8731.720 kN · m

합성전 전단력　　: Ss = 1169.400 kN

합성후 전단력　　: Sv = 1012.900 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 962.496 kN · m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 96.8 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -93.8 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

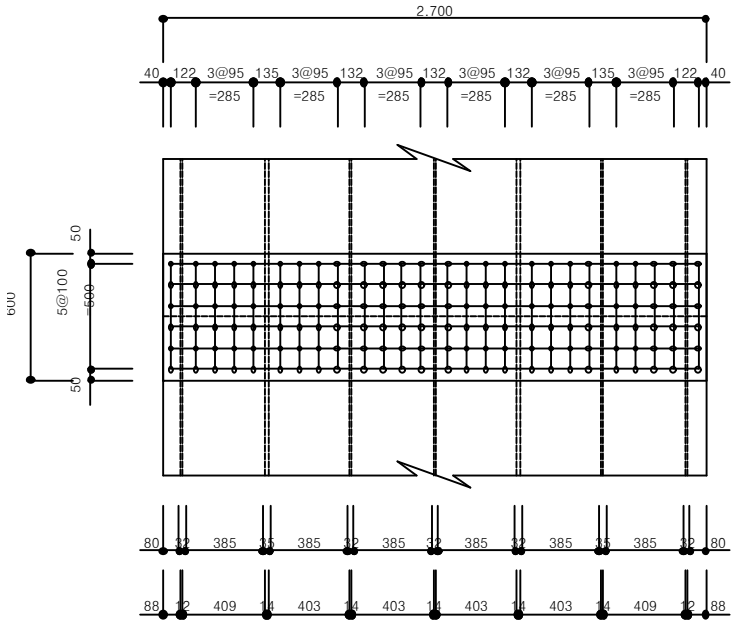
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 96.8 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 24300.0 mm² O.K

$$이음판의\ 응력 fs = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78\ EA} = 59192.3\ N/EA < \rho a\ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.169E+06 \times 4.369E+07}{1.86138E+11} + \frac{1.013E+06 \times 1.610E+07}{3.84474E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 10969\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(1169.40 kN) , Sv : 합성후 전단력(1012.90 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1354.39 − 6.0) = 43687836 mm³

Qv = 2700.0 × 12 × (502.80 − 6.0) = 16096450 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.86138E+11 mm⁴ , Iv = 3.84474E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

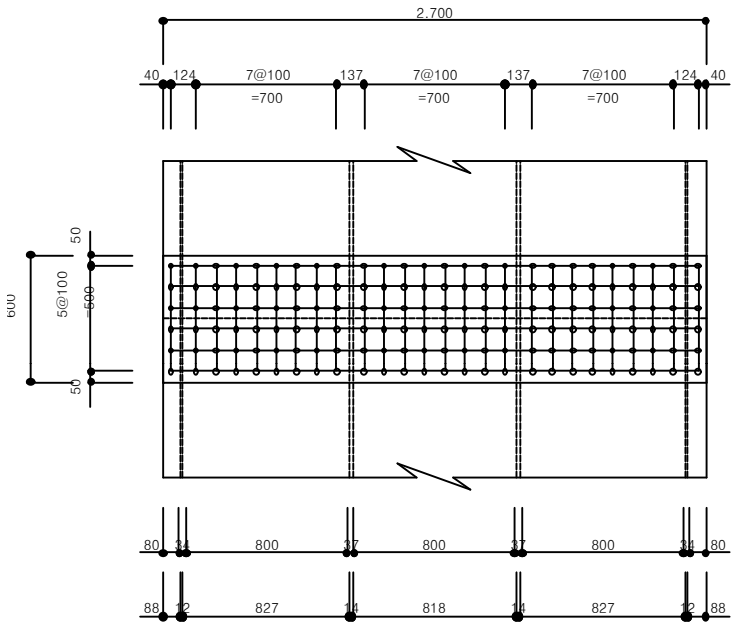
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 10968.7^2)} = 60200.0 \text{ N/EA} < \rho a, \text{ O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 93.8 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65 \text{ EA} \Rightarrow n = 78 \text{ EA 사용}$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{16.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \text{ mm}^2$$

사용이음판 :	2-PL	80 ×	12	× 600	=	1920.0 mm²
	3-PL	800 ×	12	× 600	=	28800.0 mm²
	1-PL	######	12	× 600	=	32400.0 mm²
					Σ =	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 32400.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 129.5 \text{ MPa} < fsa\ ,\ \text{O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700.0 \times 142.5}{78\ EA} = 78923.1 \text{ N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{1.169E+06 \times 5.467E+07}{1.86138E+11} + \frac{1.013E+06 \times 9.146E+07}{3.84474E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 20231 \text{ N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(1169.400 kN) , Sv : 합성후 전단력(1012.900 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1273.61 − 8.0) = 54674352 mm³

Qv = 2700.0 × 16 × (2125.20 − 8.0) = 91462867 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.86138E+11 mm⁴ , Iv = 3.84474E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 20230.9^2)} = 81474.8 \text{ N/EA} < \rho a\ ,\ \text{O.K}$$

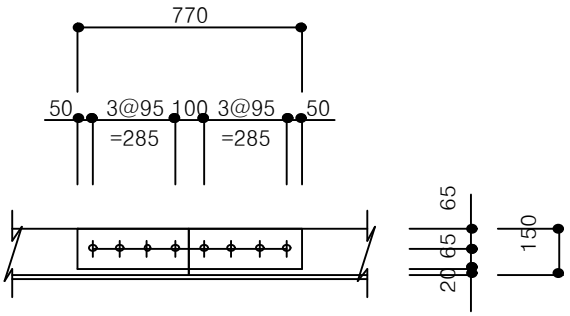
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 16 × 2700 = 43200.0 mm²

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 16 × (2700 − 25 × 26) = 32800.0 mm²

$$\text{모재의 응력} \quad fl = \frac{43200.0 \times 142.5}{32800.0} = 187.7 \leq fa \quad 0.K$$

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적} : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

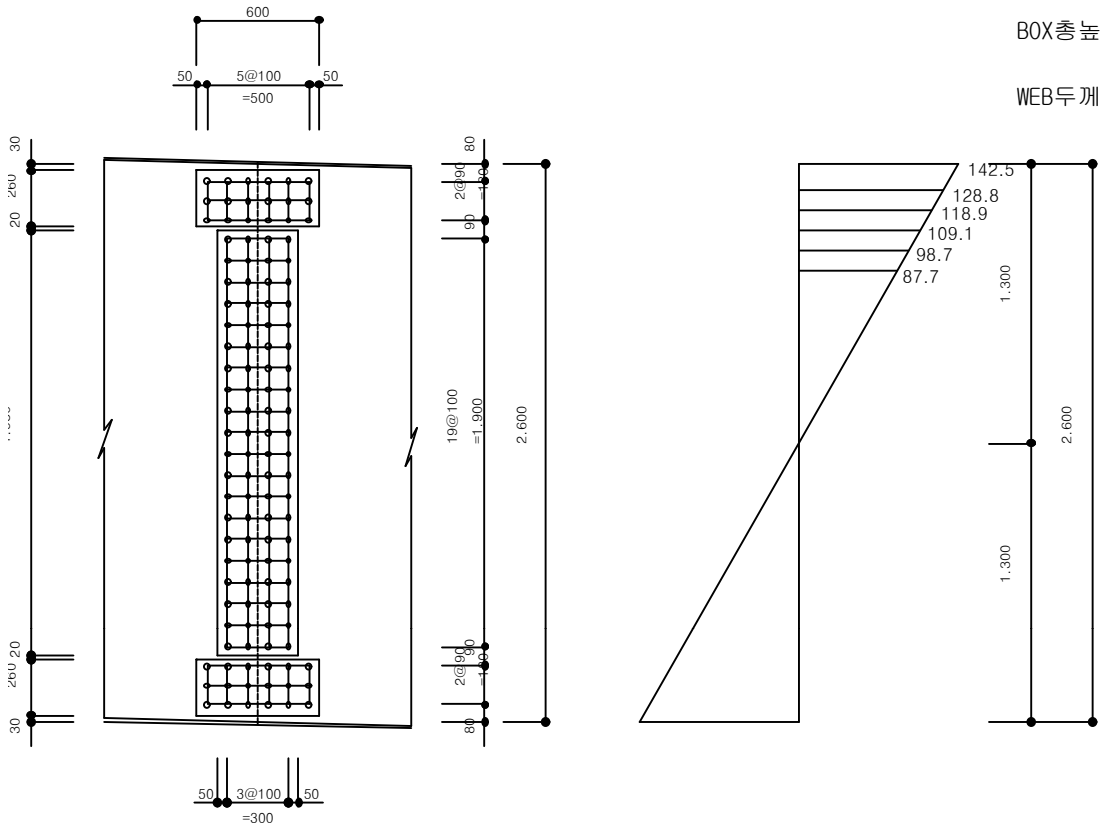
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2 \quad 0.K$$

$$\text{이음판의 응력} \quad fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ 0.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{2182.3 \times 1000}{2} + \frac{962.5 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 22116.0\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 22116.0^2} = 71339.2\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 6661.4 \times \frac{1.75977E+10}{1.86138E+11} = 629.8\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 8731.7 \times \frac{3.88216E+10}{3.84474E+11} = 881.7 \quad kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms : 6661.4 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv : 8731.7 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.86138E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.84474E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1273.61)² = 1.29649E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2125.20 − 1300.00)² = 3.99029E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1354.4 mm Ysl = 1273.6 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 502.8 mm Yvl = 2125.2 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{629.776 \times 1E+06}{12964898711} \times 1354.390 + \frac{881.671 \times 1E+06}{39902878161} \times 502.804$$

$$= 65.790 + 11.110 = 76.900 \quad MPa < fsa , \quad O.K$$

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvl$$

$$= \frac{629.776 \times 1E+06}{12964898711} \times 1273.610 + \frac{881.671 \times 1E+06}{39902878161} \times 2125.196$$

$$= 61.866 + 46.957 = 108.823 \text{ MPa} < fsa, \quad 0.K$$

12) SPLICE - 12　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 14877.700 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 13196.900 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 452.582 kN

합성후 전단력　　: Sv = 590.905 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 609.892 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 132.2 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -139.0 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

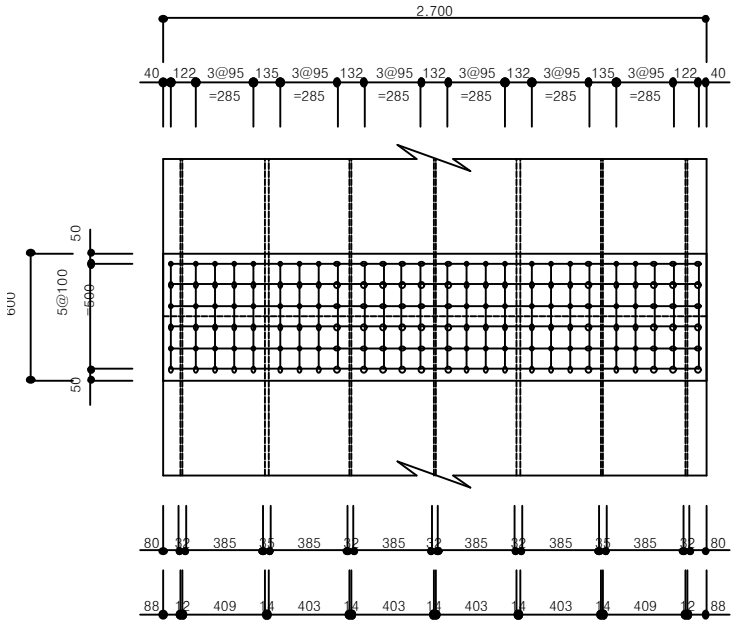
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 132.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 32400.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \ \text{EA}} = 78923.1 \ \text{N/EA} < \rho a \quad \text{O.K}$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.526E+05 \times 5.979E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.909E+05 \times 2.489E+07}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ \text{EA}} = 5145 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(452.58 kN) , Sv : 합성후 전단력(590.91 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1391.96 − 8.0) = 59787072 mm³

Qv = 2700.0 × 16 × (584.20 − 8.0) = 24891926 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm⁴ , Iv = 4.58353E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

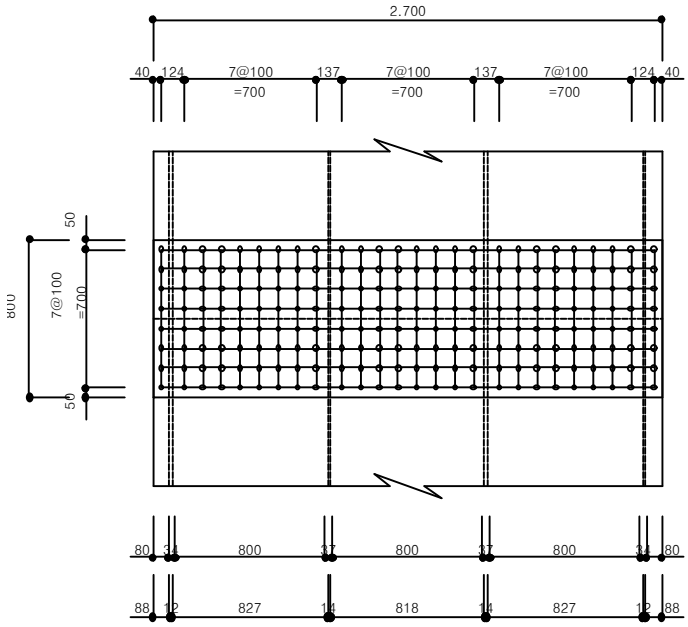
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 5144.5^2)} = 79090.6 \ \text{N/EA} < \rho a \ , \ \text{O.K}$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 139.0 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 81389.4\ N/EA < \rho a\ \ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{4.526E+05 \times 7.336E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.909E+05 \times 1.213E+08}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{4\ EA} = 7773\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(452.582 kN) , Sv : 합성후 전단력(590.905 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1246.04 − 11.0) = 73361376 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (2053.80 − 11.0) = 121342201 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm^4 , Iv = 4.58353E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 7773.4^2)} = 81759.8\ N/EA < \rho a , O.K$$

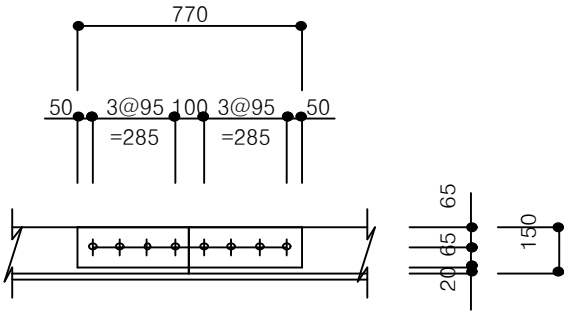
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 22 × 2700 = 59400.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn =22 ×(2700 − 25 ×26) = 45100.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7 \leq fa$ O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

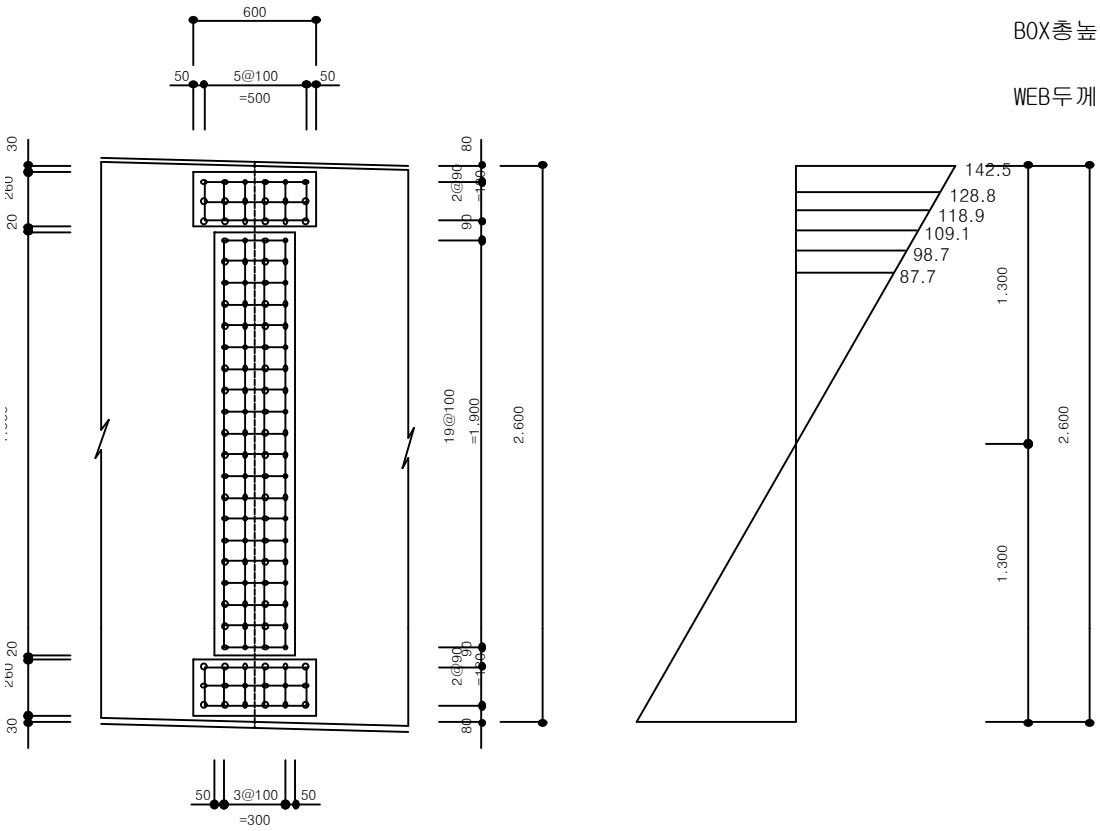
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1043.5 \times 1000}{2} + \frac{609.9 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 11088.6\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 11088.6^2} = 68725.0\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 14877.7 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1131.9\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 13196.9 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 1016.5 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 14877.7 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 13196.9 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.32207E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 4.58353E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1246.04)² = 1.30526E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2053.80 − 1300.00)² = 3.54385E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1392.0 mm Ysl = 1246.0 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 584.2 mm Yvl = 2053.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1131.932 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{1016.479 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202$$

$$= 120.712 + 16.757 = 137.468 \ MPa < fsa , \ O.K$$

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1131.932 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{1016.479 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798$$

$$= 108.057 + 58.909 = 166.966 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

13) SPLICE - 13　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 15431.400 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 12512.500 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 353.850 kN

합성후 전단력　　: Sv = 559.408 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 721.723 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 138.7 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -138.9 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

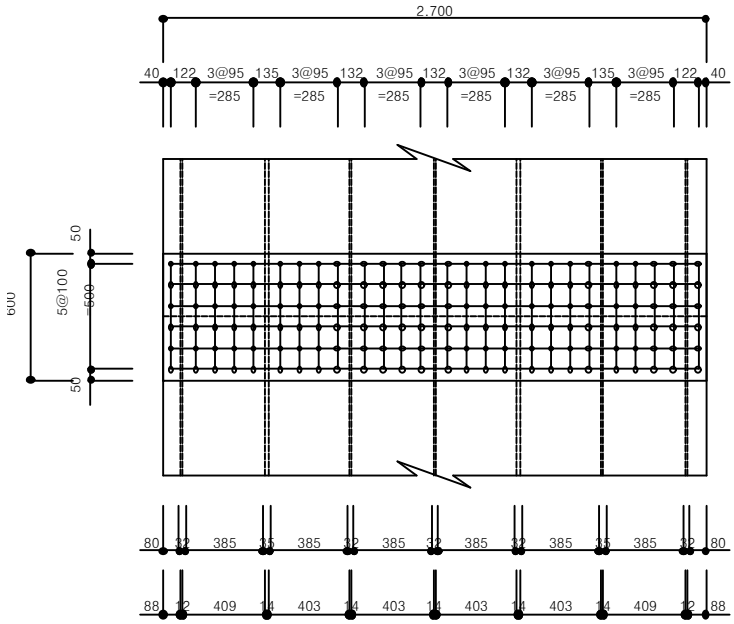
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 138.7 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 16 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 65\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : As} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 32400.0 \ \text{mm}^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm²

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm²

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm²

Σ = 51700.0 mm² > Asreq'd = 32400.0 mm² O.K

$$\text{이음판의 응력 fs} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 119.072 \ \text{MPa} < \text{fsa , O.K}$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 78923.1 \ \text{N/EA} < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{3.539E+05 \times 5.979E+07}{2.32207E+11} + \frac{5.594E+05 \times 2.489E+07}{4.58353E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 4205 \ \text{N/EA}$$

Ss : 합성전 전단력(353.85 kN) , Sv : 합성후 전단력(559.41 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 16 × (1391.96 − 8.0) = 59787072 mm³

Qv = 2700.0 × 16 × (584.20 − 8.0) = 24891926 mm³

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm⁴ , Iv = 4.58353E+11 mm⁴)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

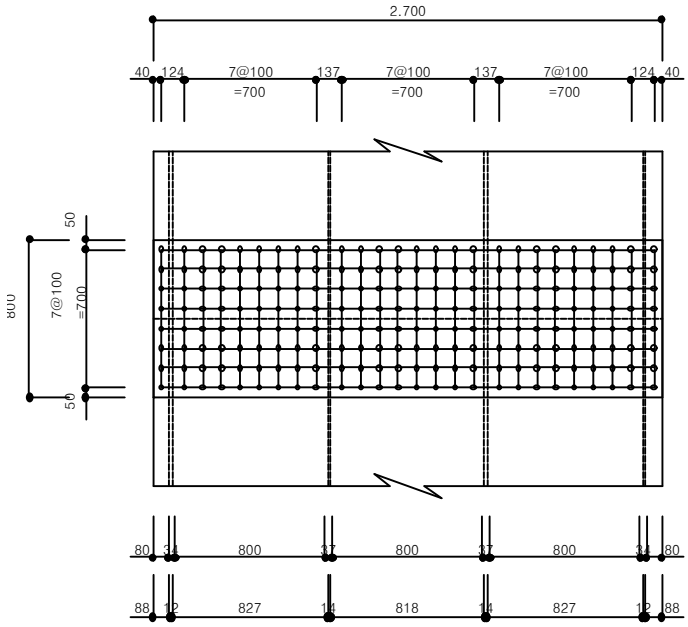
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(78923.1^2 + 4205.3^2)} = 79035.0 \ \text{N/EA} < \rho a , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 138.9 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 22 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 89\ EA \Rightarrow n = 104\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{22.0 \times 2700.0 \times 142.5}{190.0} = 44550.0\ mm^2$$

사용이음판 :	2-PL	80	×	12	× 800	=	1920.0 mm²
	3-PL	800	×	12	× 800	=	28800.0 mm²
	1-PL	######		12	× 800	=	32400.0 mm²
						Σ=	63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 44550.0 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{22 \times 2700 \times 142.5}{47520.0} = 178.1$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$\rho p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{22 \times 2700.0 \times 142.5}{104\ EA} = 81389.4$ N/EA < ρa O.K

· 휨전단 응력

$\rho h = \left(\dfrac{Ss\ Qs}{Is} + \dfrac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \dfrac{p}{n}$

$= \left(\dfrac{3.539E+05 \times 7.336E+07}{2.32207E+11} + \dfrac{5.594E+05 \times 1.213E+08}{4.58353E+11} \right) \times \dfrac{103.8}{4\ EA} = 6747$ N/EA

Ss : 합성전 전단력(353.850 kN) , Sv : 합성후 전단력(559.408 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 22 × (1246.04 − 11.0) = 73361376 mm^3

Qv = 2700.0 × 22 × (2053.80 − 11.0) = 121342201 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.32207E+11 mm^4 , Iv = 4.58353E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(81389.4^2 + 6747.1^2)} = 81668.7$ N/EA < ρa , O.K

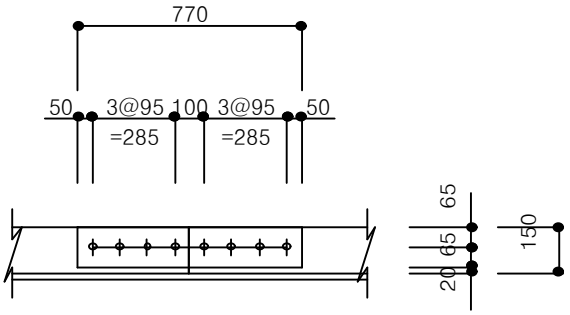
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 22 × 2700 = 59400.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn =22 ×(2700 − 25 ×26) = 45100.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{59400.0 \times 142.5}{45100.0} = 187.7$ ≤ fa O.K

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 3.1\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{190.0} = 1575.0\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

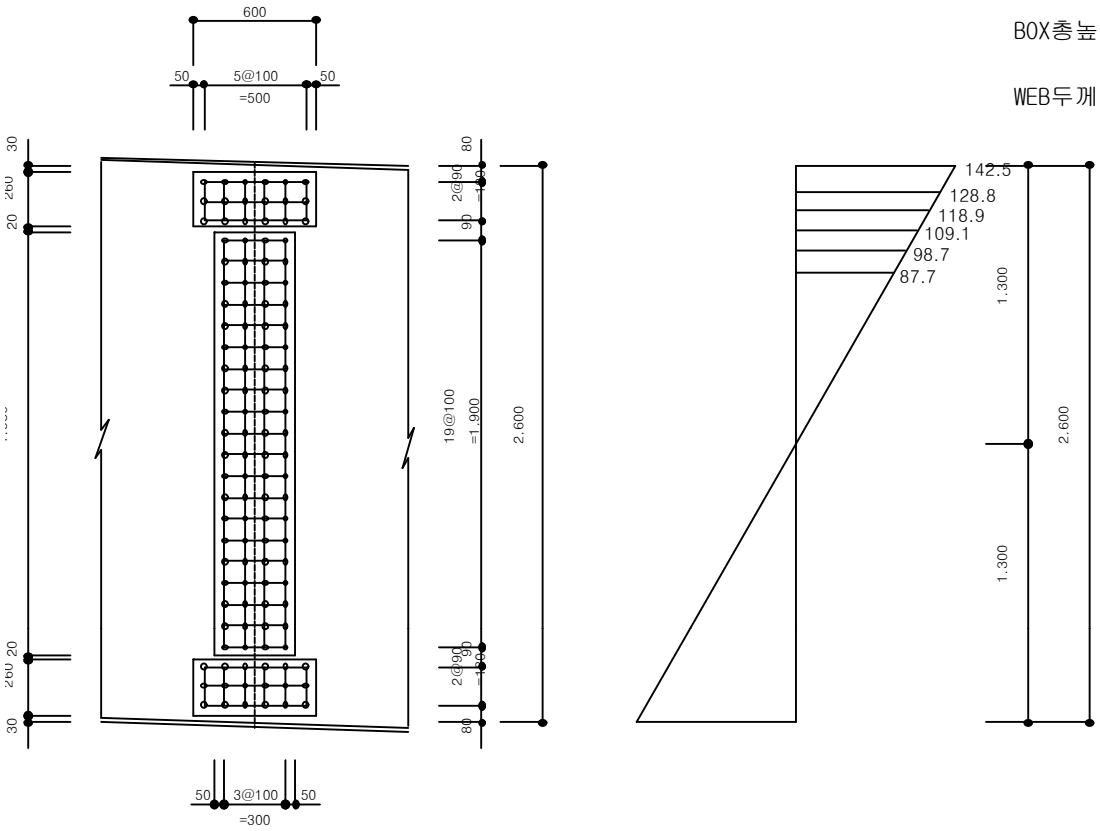
$$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1575.0\ mm^2\ \ O.K$$

$$이음판의 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 142.5}{2100.00} = 142.5\ MPa < fsa\ ,\ O.K$$

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1300 mm

f_1 = fu = 142.500 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 128.798 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 118.933 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 109.067 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 98.654 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 87.692 MPa

제1열 : $\frac{142.500 + 128.798}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 67824.5 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{128.798 + 118.933}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 44591.6$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{118.933 + 109.067}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 41040.0$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{109.067 + 98.654}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 59200.5$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{98.654 + 87.692}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 55903.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t), A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{913.3 \times 1000}{2} + \frac{721.7 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 10349.7\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{67825^2 + 10349.7^2} = 68609.6\ N/EA < \rho a,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 15431.4 \times \frac{1.76668E+10}{2.32207E+11} = 1174.1\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 12512.5 \times \frac{3.53042E+10}{4.58353E+11} = 963.8 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 15431.4 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 12512.5 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 2.32207E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 4.58353E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1246.04)² = 1.30526E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2053.80 − 1300.00)² = 3.54385E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1392.0 mm Ysl = 1246.0 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 584.2 mm Yvl = 2053.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1174.059 \times 1E+06}{13052622591} \times 1391.960 + \frac{963.764 \times 1E+06}{35438492422} \times 584.202$$

= 125.204 + 15.888 = 141.092 MPa < fsa , O.K

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1174.059 \times 1E+06}{13052622591} \times 1246.040 + \frac{963.764 \times 1E+06}{35438492422} \times 2053.798$$

$$= 112.079 + 55.854 = 167.933 \text{ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

14) SPLICE - 14　　거더:2

합성전 휨모멘트　　: Ms = 9501.170 kN·m

합성후 휨모멘트　　: Mv = 7653.370 kN·m

합성전 전단력　　: Ss = 989.756 kN

합성후 전단력　　: Sv = 934.992 kN

총 비틀림 모멘트　　: Mt = 1106.210 kN·m

상부 FLANGE의응력　　: fu = 134.2 MPa

하부 FLANGE의응력　　: fl = -145.6 MPa

강 종 : SM490 B　fa = 190 MPa　　υa = 110 MPa

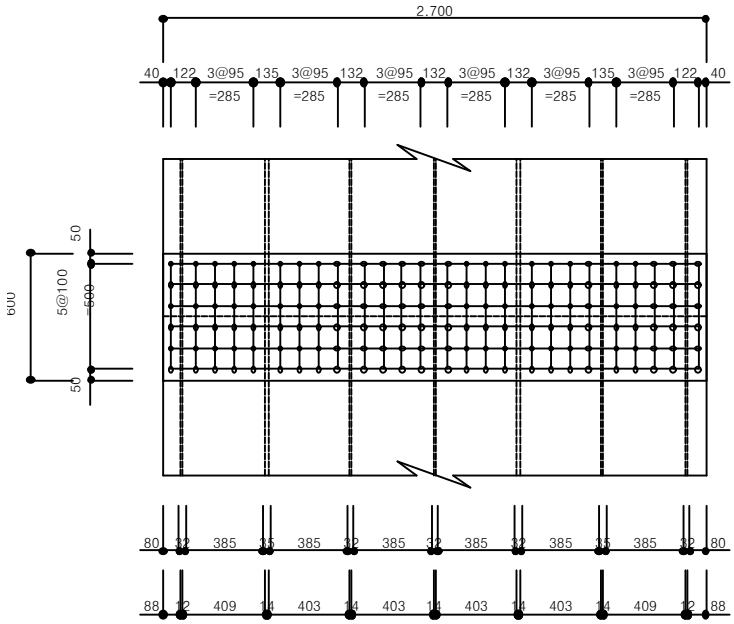
BOLT :H.T.B (M22 F 10 T)　ρa = 48000 × 2 면마찰 = 96000 N

1) 압축부 플랜지 (상부 플랜지) 의 이음

fs = 134.2 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa　　(☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fu)은 142.5 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 12 mm

모재길이:L = 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{96000.0} \fallingdotseq 49\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$\text{필요단면적 : } As = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{190.0} = 24300.0 \ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 10 × 600 = 1600.0 mm^2

6-PL 385 × 10 × 600 = 23100.0 mm^2

1-PL ###### 10 × 600 = 27000.0 mm^2

Σ= 51700.0 mm^2 > Asreq'd = 24300.0 mm^2 O.K

$$\text{이음판의 응력 } fs = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{51700.0} = 89.304 \ MPa < fsa \ , \ O.K$$

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2700 \times 142.5}{78 \ EA} = 59192.3 \ N/EA < \rho a \quad O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv \ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.898E+05 \times 3.880E+07}{1.56880E+11} + \frac{9.350E+05 \times 1.274E+07}{3.07951E+11} \right) \times \frac{103.8}{3 \ EA} = 9813 \ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(989.76 kN) , Sv : 합성후 전단력(934.99 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 12 × (1203.60 − 6.0) = 38802240 mm^3

Qv = 2700.0 × 12 × (399.19 − 6.0) = 12739421 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.56880E+11 mm^4 , Iv = 3.07951E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

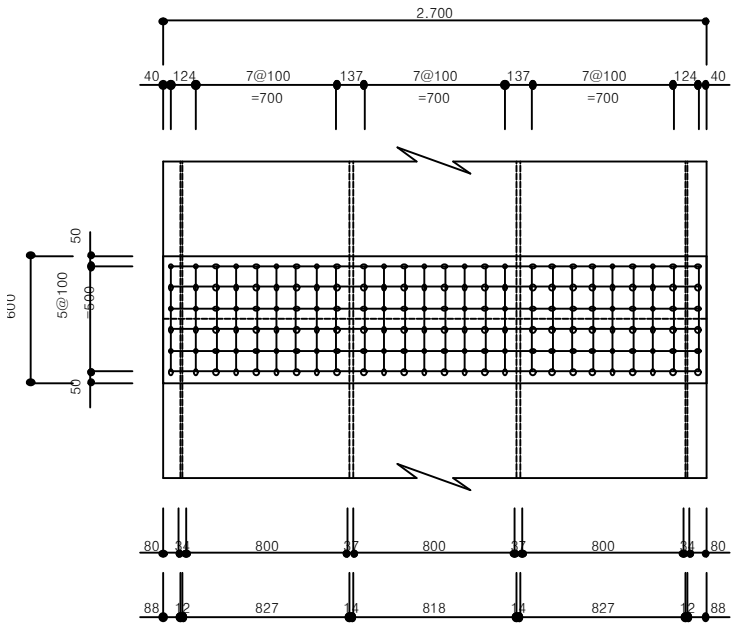
$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(59192.3^2 + 9812.9^2)} = 60000.2 \ N/EA < \rho a \ , \ O.K$$

2) 인장부 플랜지 (하부 플랜지) 의 이음

fs = 145.6 MPa

fs' = 0.75 × 190 = 142.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fl)은 145.6 MPa 을적용한다.



모재두께:Tu= 10 mm

모재길이:L= 2700 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{10 \times 2700.0 \times 145.6}{96000.0} \fallingdotseq 41\ EA \Rightarrow n = 78\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{10.0 \times 2700.0 \times 145.6}{190.0} = 20694.2\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 80 × 12 × 600 = 1920.0 mm²

3-PL 800 × 12 × 600 = 28800.0 mm²

1-PL ###### 12 × 600 = 32400.0 mm²

Σ = 63120.0 mm²

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

An = 63120 − 25.0 × 12.0 × 26 열 × 2 EA

= 47520.0 mm² > Asreq'd = 20694.2 mm² O.K

이음판의 응력 $fs = \dfrac{10 \times 2700 \times 145.6}{47520.0} = 82.7$ MPa < fsa , O.K

③ BOLT의 응력검토

· 직응력

$$\rho p = \frac{P}{n} = \frac{10 \times 2700.0 \times 145.6}{78\ EA} = 50409.0\ N/EA < \rho a\ \ O.K$$

· 휨전단 응력

$$\rho h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv\ Qv}{Iv} \right) \times \frac{p}{n}$$

$$= \left(\frac{9.898E+05 \times 3.816E+07}{1.56880E+11} + \frac{9.350E+05 \times 5.988E+07}{3.07951E+11} \right) \times \frac{103.8}{3\ EA} = 14628\ N/EA$$

Ss : 합성전 전단력(989.756 kN) , Sv : 합성후 전단력(934.992 kN)

Qs,Qv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 10 × (1418.40 − 5.0) = 38161800 mm^3

Qv = 2700.0 × 10 × (2222.81 − 5.0) = 59880816 mm^3

Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.56880E+11 mm^4 , Iv = 3.07951E+11 mm^4)

p : 접합선 방향의 BOLT의 평균 핏치(cm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 26 = 103.8 mm

n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(50409.0^2 + 14627.5^2)} = 52488.4\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

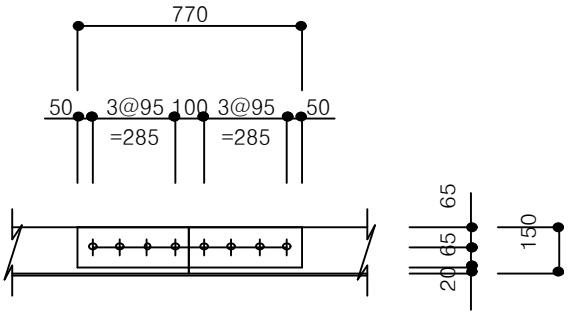
④ 모재의 응력검토

플랜지의 총단면적 As = 10 × 2700 = 27000.0 mm^2

볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적 Asn = 10 × (2700 − 25 × 26) = 20500.0 mm^2

모재의 응력 $fl = \dfrac{27000.0 \times 145.6}{20500.0} = 191.8 > fa$ N.G

3) RIB연결부의 계산



RIB 폭 : 150 mm

RIB 두께: 14 mm

① 필요BOLT수의 결정

$$n = \frac{As\ fs}{\rho a} = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{96000.0} \fallingdotseq 3.2\ EA \Rightarrow n = 4\ EA\ 사용$$

② 이음판의 결정

$$필요단면적 : As = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{190.0} = 1609.6\ mm^2$$

사용이음판 : 2-PL 130 × 10 × 770 = 2600.0 mm^2

이음판의 순단면적 : 인장부의 순단면적은 BOLT지름을공제

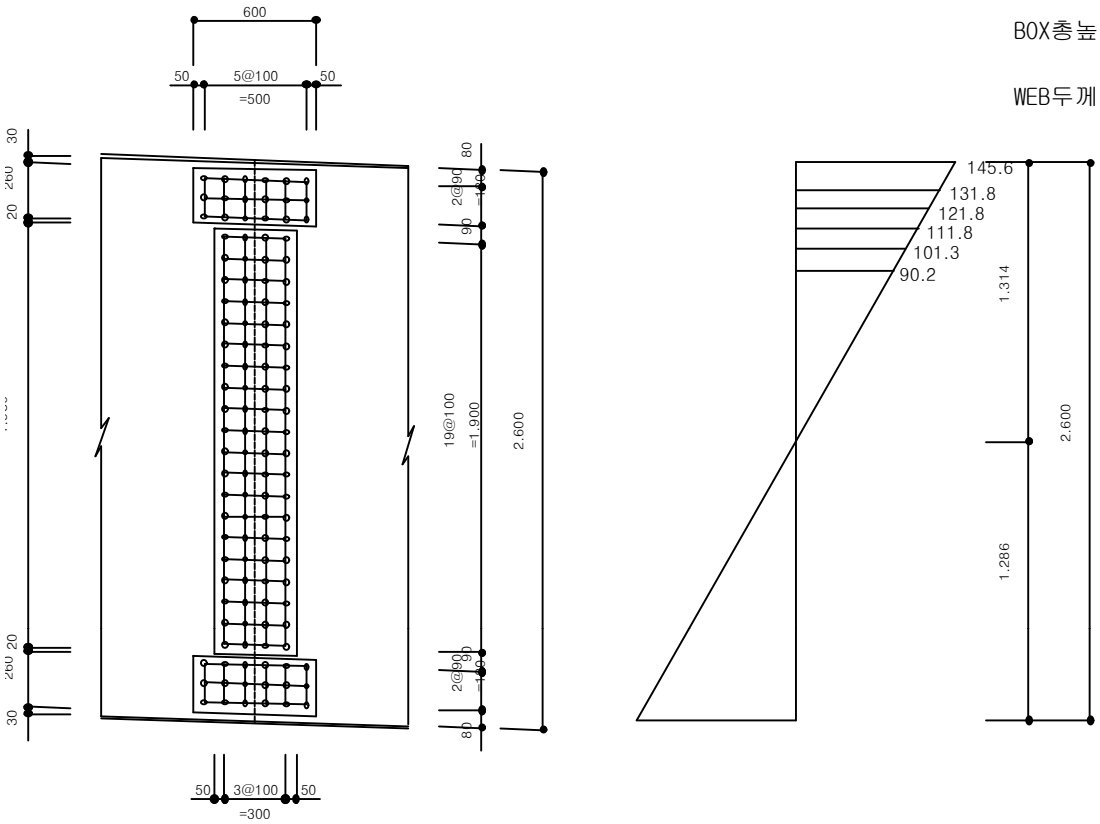
$An = 2600.0 - 25.0 \times 10 \times 2\ EA = 2100\ mm^2 > Asreq'd = 1609.6\ mm^2$ O.K

$$이음판의\ 응력\ fs = \frac{14 \times 150 \times 145.6}{2100.00} = 145.7\ MPa < fsa\ ,$$ O.K

4) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

· 휨에의한 BOLT의 응력



BOX총높이 2600 mm

WEB두께 12 mm

중립축에서 연단까지의 거리 ho = 1314 mm

f_1 = fl = 145.626 MPa

f_2 = f_1 · (ho − 125)/ho = 131.774 MPa

f_3 = f_1 · (ho − 215)/ho = 121.800 MPa

f_4 = f_1 · (ho − 305)/ho = 111.827 MPa

f_5 = f_1 · (ho − 400)/ho = 101.299 MPa

f_6 = f_1 · (ho − 500)/ho = 90.217 MPa

제1열 : $\frac{145.626 + 131.774}{2}$ × 125.0 × 12.0 / 3 EA = 69350.0 N/EA < ρa

제2열 : $\frac{131.774 + 121.800}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 45643.3$ N/EA < ρa

제3열 : $\frac{121.800 + 111.827}{2} \times 90.0 \times 12.0 / 3EA = 42052.9$ N/EA < ρa

제4열 : $\frac{111.827 + 101.299}{2} \times 95.0 \times 12.0 / 2EA = 60740.9$ N/EA < ρa

제5열 : $\frac{101.299 + 90.217}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 57454.8$ N/EA < ρa

· 전단력에의한 BOLT의 응력

한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : (Ss + Sv) / 2

비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : St = Mt / (2 b)

∵ St= Mt ·(h t) / (2 b h t), υt = Mt / (2· A· t) , A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho s = \left[\frac{1924.7 \times 1000}{2} + \frac{1106.2 \times 1000000}{2 \times 2512.0} \right] / 58\ EA = 20389.0\ N/EA < \rho a$$

· 합성응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{69350^2 + 20389.0^2} = 72285.1\ N/EA < \rho a\ ,\ O.K$$

② 이음판의 응력계산

복부판의 단면2차모멘트

$$Isw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

$$Ivw' = \frac{12 \times 2600^3}{12} + 12.0 \times 2600 \times (\#\#\#\#\#\# - \#\#\#\#\#\#)^2 = \#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\ mm^4$$

복부판에 작용하는 모멘트

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 9501.2 \times \frac{1.80134E+10}{1.56880E+11} = 1091.0\ kN \cdot m$$

$$Mvw = Mv \cdot \frac{Isv'}{Iv} = 7653.4 \times \frac{4.41451E+10}{3.07951E+11} = 1097.1 \ kN \cdot m$$

Msw : 복부에작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트, Ms = 9501.2 kN · m

Mvw : 복부에작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트, Mv = 7653.4 kN · m

Is : 강재보단면의 단면2차모멘트 Is = 1.56880E+11 mm^4

Iv : 합성단면의 단면2차모멘트 , Iv = 3.07951E+11 mm^4

이음판의 단면2차모멘트

	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 260 × 0	0.0	1140.0	0.00	0.0	0.0
2-PL 1980 × 10	39600.0	-	-	-	12937320000.0
Σ	39600.0			0.0	12937320000.0

$I = Io + AY^2 =$ ########## + 0 = ########## mm^4

Isw = ########## + 39600.00 × (1300.00 − 1418.40)² = 1.34925E+10 mm^4

Ivw = ########## + 39600.00 × (2222.81 − 1300.00)² = 4.66597E+10 mm^4

Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

Ivw : 합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

이음판의응력

Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Ysu = 1203.6 mm Ysl = 1418.4 mm

Yvu,Yvl : 합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

Yvu = 399.2 mm Yvl = 2222.8 mm

fu : 이음판의 상연응력 fl : 이음판의 하연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mvw}{Ivw} \cdot Yvu$$

$$= \frac{1090.952 \times 1E+06}{13492454976} \times 1203.600 + \frac{1097.118 \times 1E+06}{46659674353} \times 399.192$$

= 97.319 + 9.386 = 106.705 MPa < fsa , O.K

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{vw}}{I_{vw}} \cdot Y_{vl}$$

$$= \frac{1090.952 \times 1E+06}{13492454976} \times 1418.400 + \frac{1097.118 \times 1E+06}{46659674353} \times 2222.808$$

$$= \underline{114.687} + \underline{52.265} = \underline{166.952\ MPa} < f_{sa}, \quad O.K$$

5.2 용접부의 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한(☞ 도.설 3.5.2.4)

$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2}$

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (mm)

t_2 : 두꺼운쪽 모재의 두께 (mm)

S : 필렛용접 치수 (mm)

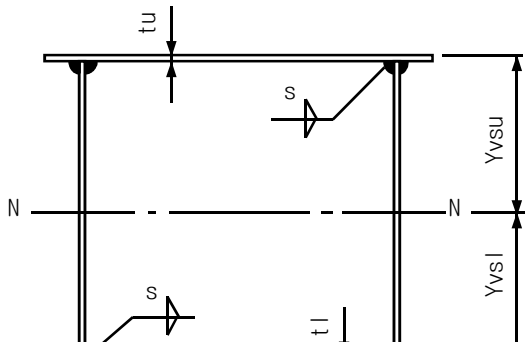
가) 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛용접 치수 검토

tu : 상부 플랜지 두께, tl : 하부 플랜지 두께, tw : 복부판 두께 (단위 : mm)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	tu	tl	tw	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면 - 1	10	10	12	6.0	10	6	OK	6.0	10	6	OK
단면 - 2	10	10	12	6.0	10	6	OK	6.0	10	6	OK
단면 - 3	12	10	12	6.0	12	6	OK	6.0	10	6	OK
단면 - 4	16	22	12	6.0	12	6	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 5	12	16	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 6	10	12	12	6.0	10	6	OK	6.0	12	6	OK
단면 - 7	18	22	12	6.0	12	6	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 8	30	32	12	7.7	12	8	OK	8.0	12	8	OK
단면 - 9	18	22	12	6.0	12	6	OK	6.6	12	7	OK
단면 - 10	12	14	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK

2) 용접부의 응력 검토

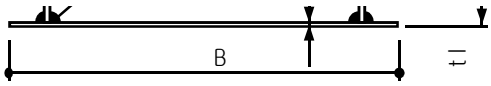


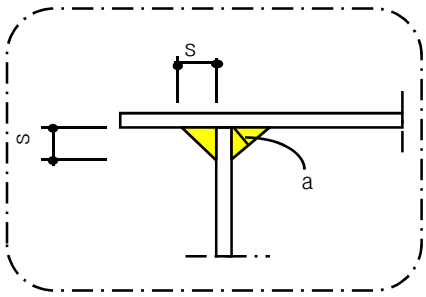
용접부에 작용하는 전단응력 (용접강도로교 표준시방서 P26)

$$\upsilon = \frac{S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a} < \upsilon a$$

υ 전단 응력 (MPa)

υa : 허용 전단 응력 (☞ 도.설 3.3.2.1)





S : 총 작용전단력 (N)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3) = $A(mm^2) \cdot y(mm)$

$y = Yvsu(I) - tu(I)/2$

Iv : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm^4)

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 (mm) = $4EA \times s / \sqrt{2}$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

응력 검토 결과

① 상부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	υ (MPa)	υa (MPa)	비고
단면-1	2811.82	10	2700	27000	353	9.393E+06	2.587E+11	6	17	6.0	110	OK
단면-2	2608.22	10	2700	27000	404	1.077E+07	3.071E+11	6	17	5.4	110	OK
단면-3	2166.69	12	2700	32400	399	1.274E+07	3.080E+11	6	17	5.3	110	OK
단면-4	1611.99	16	2700	43200	584	2.489E+07	4.584E+11	6	17	5.2	110	OK
단면-5	2301.38	12	2700	32400	503	1.610E+07	3.845E+11	6	17	5.7	110	OK
단면-6	3306.43	10	2700	27000	479	1.280E+07	3.603E+11	6	17	6.9	110	OK
단면-7	3762.22	18	2700	48600	1134	5.469E+07	3.048E+11	6	17	39.8	110	OK
단면-8	4228.33	30	2700	81000	1159	9.269E+07	3.982E+11	8	23	43.5	110	OK
단면-9	2618.67	18	2700	48600	1105	5.326E+07	3.115E+11	6	17	26.4	110	OK
단면-10	1422.66	12	2700	32400	475	1.520E+07	3.585E+11	6	17	3.6	110	OK

② 하부 플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	υ (MPa)	υa (MPa)	비고
단면-1	2811.82	10	2700	27000	2067	5.568E+07	2.587E+11	6	17	35.7	110	OK
단면-2	2608.22	10	2700	27000	2216	5.970E+07	3.071E+11	6	17	29.9	110	OK
단면-3	2166.69	10	2700	27000	2223	5.988E+07	3.080E+11	6	17	24.8	110	OK
단면-4	1611.99	22	2700	59400	2054	1.213E+08	4.584E+11	7	20	21.6	110	OK
단면-5	2301.38	16	2700	43200	2125	9.146E+07	3.845E+11	6	17	32.3	110	OK
단면-6	3306.43	12	2700	32400	2143	6.924E+07	3.603E+11	6	17	37.4	110	OK
단면-7	3762.22	22	2700	59400	1506	8.878E+07	3.048E+11	7	20	55.3	110	OK
단면-8	4228.33	32	2700	86400	1503	1.285E+08	3.982E+11	8	23	60.3	110	OK
단면-9	2618.67	22	2700	59400	1535	9.054E+07	3.115E+11	7	20	38.4	110	OK
단면-10	1422.66	14	2700	37800	2151	8.104E+07	3.585E+11	6	17	19.0	110	OK

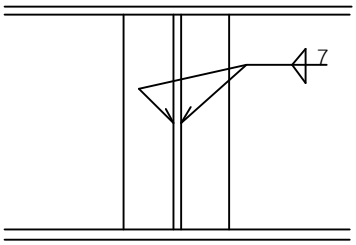
나) 지점부 보강재 용접부 검토

· 교대부

Rmax = 2998.391 kN

필렛용접 치수 s = 7.0 mm

사용보강재 : 4 PL - 240 × 20 × 2400



용접 목두께 a = s / √2 = 4.95 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{2998.391 \times 10^{3}}{8\ EA \times 4.95 \times 2400}$$

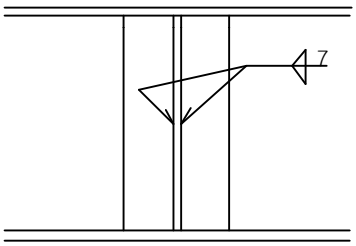
= 31.550 MPa ≤ υa = 110 MPa O.K

· 교각부

Rmax = 7748.472 kN

필렛용접 치수 s = 7.0 mm

사용보강재 : 4 PL - 240 × 20 × 2600



용접 목두께 a = s / √2 = 4.95 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{7748.472 \times 10^{3}}{8\ EA \times 4.95 \times 2600}$$

= 75.261 MPa ≤ υa = 110 MPa O.K

6. 사용성 검토

6.1 피로 검토 (☞ 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)

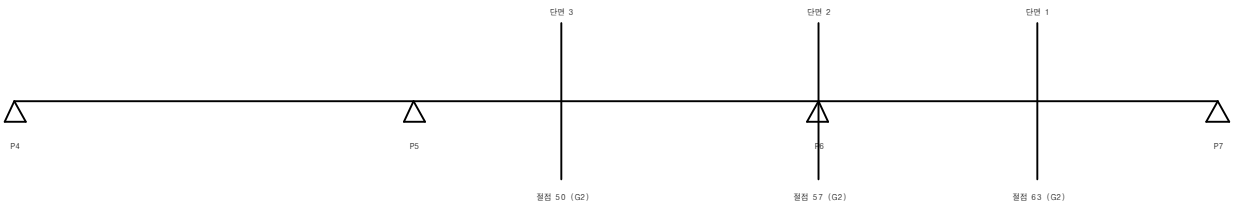
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	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

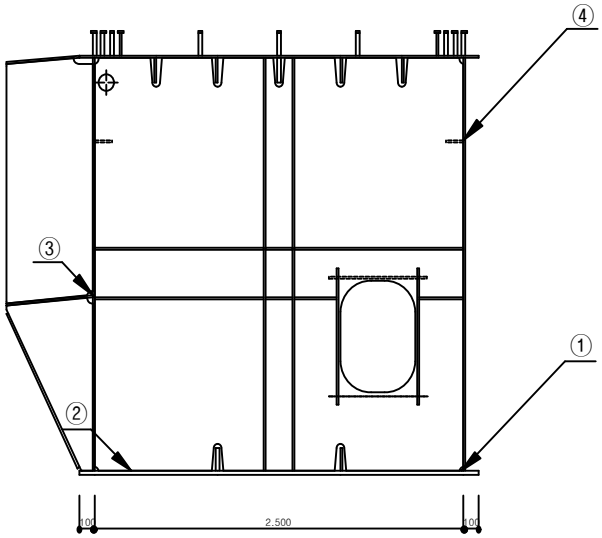
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



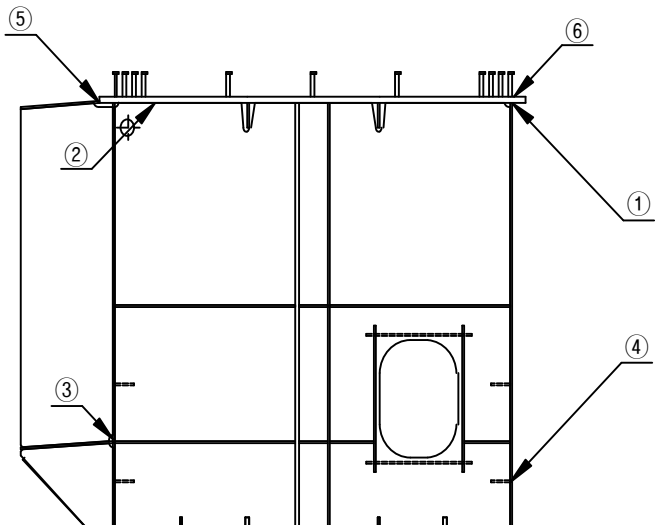
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

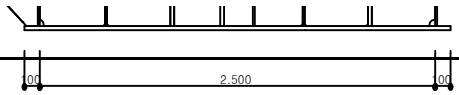
단면 I



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

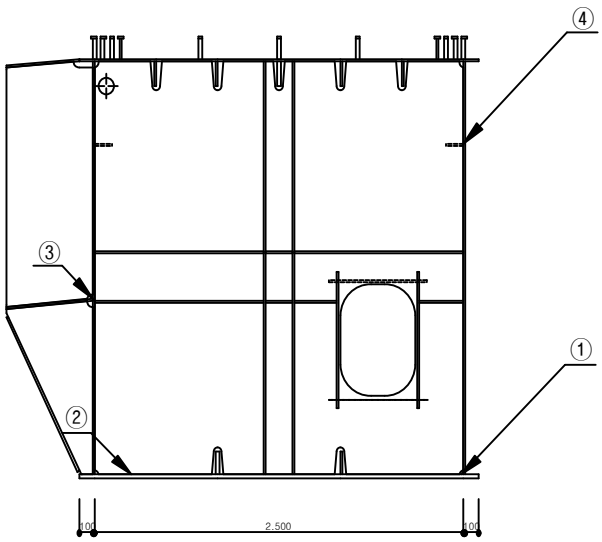
단면 II





구분	상 세	응력 범주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 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	

단면 III



구분	상 세	응력 범주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv} y$$

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)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	8543.667	9953.02	4.584E+11	1999.8	37.276	43.425	B	126	203	O.K.
②				1999.8	37.276	43.425	C	91	147	O.K.
③				905.8	16.884	19.669	E	56	91	O.K.
④				80.2	1.495	1.742	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5604.024	11753.217	3.982E+11	1159.3	16.317	34.222	B	126	203	O.K.
②				1159.3	16.317	34.222	C	91	147	O.K.
③				816.7	11.495	24.108	E	56	91	O.K.
④				1046.7	14.732	30.898	E	56	91	O.K.
⑤				1174.3	16.528	34.664	E	56	91	O.K.
⑥				1189.3	16.739	35.107	C	91	147	O.K.

단면 III

구분	ΔM (kN·m)		Iv (mm^4)	y (mm)	Δf (MPa)		응력 범주	fsr (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	7445.112	9125.847	3.585E+11	2112.9	43.885	53.793	B	126	203	O.K.
②				2112.9	43.885	53.793	C	91	147	O.K.
③				1018.9	21.163	25.940	E	56	91	O.K.
④				32.9	0.683	0.838	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 46 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)

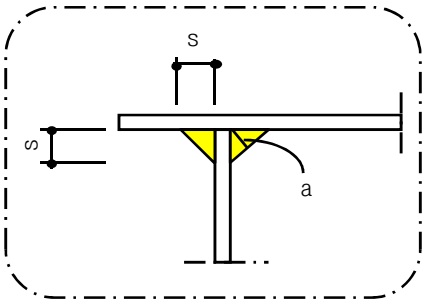
Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3 = $A(mm^2) \cdot y(mm)$

y = Yvsu(l) - tu(l)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 (mm) = 4EA $\times s / \sqrt{2}$

s : 필렛 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	1601.44	30	2700	81000	1159	9.378E+07	######	8	22.6	16.7	63	OK
DL하중	2135.868									22.2	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	1601.44	32	2700	86400	1503	1.297E+08	######	8	22.6	23.1	63	OK
DL하중	2135.868									30.7	84	OK